보안 과제( ), 일반 과제(○) / 공개( ), 비공개( )발간등록번호( )
국토교통기술촉진연구사업 제2차 연도 최종보고서

R&D / 18CTAP-C143696-01-000000

10^{-4}㎝/sec 이상의 투수성능을 보유한 토목용 프리믹스 충전재 개발 및 사업화 최종보고서

2020. 02. 20.

주관연구기관 / ㈜에이지
참여연구기관 / 재인스기초건설(주)
위탁연구기관 / 동부엔지니어링(주)

국 토 교 통 부
(전문기관) 국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

'10^{-4}㎝/sec 이상의 투수성능을 보유한 토목용 프리믹스 충진재 개발 및 사업화' (연구개발 기간 : 2018. 4. ~ 2019. 12.) 과제의 최종보고서 1부를 제출합니다.

2020 . 02 . 20 .

주관연구기관명 : 주식회사 에이지 민 성 기 (인)

협동연구기관명 : (대표자) (인)

참 여 기 관 명 : 재인스기초건설(주) 박 경 택 (인)

주관연구기관책임자: 우 양 이

협동연구기관책임자:

참여기관 책 임 자: 마 영

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제 고유 번호</td><td>18CTAP-C143696-01-000000</td><td>해당 단계 연구 기간</td><td>개발</td><td>단계구분</td><td>(해당단계)/(총단계)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>중사업명</td><td colspan="4">국토교통기술촉진연구사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4">사회이슈해결</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">10^{-4}㎝/sec 이상의 투수성능을 보유한 토목용 프리믹스 충진재 개발 및 사업화</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td rowspan="2">우 양 이</td><td>해당단계 참여연구원 수</td><td>총: 12 명
내부: 12 명
외부: 명</td><td>해당단계 연구비</td><td>정부:400,000천원
민간:134,000천원
정부외:
천원
상대국:
천원
계:534,000천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간 참여연구원 수</td><td>총: 25 명
내부: 명
외부: 명</td><td>총 연구비</td><td>정부:550,000천원
민간:184,000천원
정부외:
천원
상대국:
천원
계:734,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및 소속 부서명</td><td colspan="2">주식회사 에이지 / 기술연구소</td><td colspan="2">참여기업명
재인스기초건설(주)</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="2">상대국명:</td><td colspan="2">상대국 연구기관명:</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="2">연구기관명:동부엔지니어링(주)</td><td colspan="2">연구책임자:송헌영</td></tr>
<tr><td colspan="5">※ 국내·외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 갈음</td></tr>
<tr><td>연구개발성과의
보안등급 및 사유</td><td colspan="4">일반</td></tr>
</table>

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설·장비	기술요약 정보	소프트웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호											

국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

연구의 목적 및 내용	○ 싱크홀 보수용 충진재 제조용 원료 확보와 원료 가공기술 개발 ○ 투수계수 조절을 위한 충진재 제조조건 최적화 ○ 경량기포 콘크리트용 충진재 사용시 투수성 평가 ○ 현장 시공 제품에 대한 품질 평가 ○ 개발된 장비의 적용 및 효율성 검증 ○ 싱크홀 현장 시공 및 특성과 경제성 평가 ○ 기존기술과의 비교를 통한 경제성 검토
연구개발성과	○ 경량이며 투수성이 큰 충진재 제조 기술 개발 ○ 경량 기포 충진재 양산기술 확보 ○ 싱크홀, 지하 공동 복구용 이동 장비 개발 ○ 싱크홀, 지하 공동 복구 시공기술 개발
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	< 기술적 측면 > ○ 싱크홀 및 지하 공동의 안정적 복구를 위한 재료와 복구기술 확보 ○ 토양 특성과 유사한 투수성을 가지는 경량 기포 충진재 개발 및 시공기술 개발 ○ 공동 주입재(충진재)와 유사한 분야의 적용 확대 ○ 산업부산물의 고부가가치화 < 경제적・산업적 측면 > ○ 다량 배출 산업부산물의 재활용 촉진 ○ 산업부산물의 고부가 가치 소재로의 사업화 연계 ○ 건설 현장에서 시멘트 사용량을 저감으로 인한 온실가스 저감 ○ 기존 재료 대비 가격 경쟁력을 통한 원가 절감 효과 < 사회적 측면 > ○ 새로운 재료 개발에 따른 산업부산물의 고부가가치화 ○ 신공법 개발에 따른 관련 분야 전문가 양성 및 설계 영업을 통한 신규 시장 창출

핵심어 (5개 이내)	싱크홀	지하 공동	충진재	산업부산물	투수성 충진재

〈 SUMMARY 〉

Purpose & Contents	• Finding industrial by-products that can satisfy permeability and material technology • Acquired technology of filling material securing permeability by adding developed material • Obtain customized filler technology that can be modified in response to various site conditions • Development of automatic management system using automated mixing equipment and injection equipment • Sinkhole Case Study and Analysis • Examination of differentiation plan and technology applicability through investigation of existing technology • Cost-effectiveness analysis through cost analysis
Results	• Development of lightweight and permeable filler manufacturing technology • Development of mass production technology for lightweight foam filler • Development of mobile equipment for sink hole or underground cavity recovery • Development of construction technology for sinkhole or underground cavity recovery
Expected Contribution	• Development of filler materials by utilizing material characteristics and development of materials through industrial by-products and pre-mix mixing facilities • Development of Lightweight Foam Concrete with Water Permeability • Development of materials for heavy emission industrial byproducts • Commercialization of industrial by-products into high-value-added materials • High value added of industrial standards and industrial by-products due to new material development • Developing experts in related fields and developing new markets through design sales

Keywords	sink hole	underground cavity	filler	by-product	lightweight concrete

〈 CONTENS 〉

1. Overview of R & D Projects ---------- 1
2. Technology development status ---------- 7
3. Research Performance and Accomplishment ---------- 66
4. Goal Completion and Related Sector Contribution ---------- 156
5. Utilization plan of R & D performance ---------- 160
6. Overseas science and technology information collected during research -- 163
7. Security level of R & D performance ---------- 163
8. Status of research facilities and equipment registered to the NDSI ----- 163
9. Performance of safety measures implemented by laboratories in accordance with R & D projects ---------- 163
10. Representative research results of R & D projects ---------- 164
11. Etc. ---------- 164
12. Reference ---------- 165

<제목 차례>

제 1 장 연구개발과제의 개요 ····· 1

1. 연구개발 목적 ····· 1
2. 연구개발의 필요성 ····· 1
3. 연구개발 범위 ····· 3
4. 연구개발 배경 ····· 5
5. 연구개발 추진 전략 ····· 6

제 2 장 국내외 기술개발 현황 ····· 7

1. 국내 현황 ····· 7
   가. 지반함몰, 침하이론, 원인분석 ····· 7
   나. 지반함몰에 대한 복구기술 조사 ····· 26
   다. 복구 사례 ····· 38
   라. 국내 장비 개발 현황 ····· 41
   마. 연구개발 실적 현황조사 및 분석 ····· 45
   바. 지반함몰 관련 유사 특허조사 ····· 48
2. 해외 현황 ····· 57
3. 투수성 충진재 적용 방안 ····· 63
4. 투수성 충진재 유지보수 안 ····· 64

제 3 장 연구수행내용 및 성과 ····· 66

1. 충진재 제조용 원료 개발 ····· 67
2. Lab. Scale 충진재 배합비 선정 ····· 71
   가. 실험계획 ····· 72
   나. 실험방법 ····· 73
   다. 실험결과 ····· 74
   라. 충진재 제조용 원료 최적 배합비 ····· 86
3. 충진재 양산 ····· 88
4. 투수성 충진재 제조조건 최적화 ····· 90
   가. 투수성 충진재의 희석비율별 기포 단위중량 ····· 90

나. 제조된 기포의 경시변화 ····· 92
다. 투수성 충진재 제조조건 검토 ····· 94
라. 투수성 충진재 경화 특성 검토 ····· 101
마. 투수성 충진재 특성 개선 ····· 104
5. 현장 시공기술 개발 ····· 111
가. 지반함몰 및 지하공동 복구 시공장비 개발 ····· 111
나. 시공 장비 평가 ····· 122
6. 투수성 충진재 현장 적용성 평가 ····· 126
가. 개요 ····· 126
나. 1차 실험 (9월10일) ····· 129
다. 2차 실험 (10월4일) ····· 132
라. 3차 실험 (10월18일) ····· 136
마. 현장 적용성 평가시험 (11월 29일) ····· 140
7. 경제성 분석 ····· 149
가. 경제성 분석 개요 ····· 149
나. 효과 분석 ····· 153
8. 충진재 생산 · 시공 품질관리 매뉴얼 ····· 155

제 4 장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 ····· 156

1. 목표 달성도 ····· 156
2. 관련 분야 기여도 ····· 158
가. 충전용 재료 제조기술 개발 ····· 158
나. 투수성 경량 기포 콘크리트 제조기술 개발 ····· 158
다. 지하공동 복구 기술 개발 ····· 158

3. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책 ····· 159

제 5 장 연구개발성과의 활용 계획 ····· 160

1. 사업화 계획 ····· 160
가. 생산 & 매출 ····· 160
나. 투자계획 ····· 160
2. 사업화 전략 ····· 161

가. 사업화 추진방안 ····· 161

나. 생산계획 ····· 161
다. 홍보 및 판매 계획 ····· 162

제 6 장 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보 ····· 163

제 7 장 연구개발성과의 보안등급 ····· 163

제 8 장 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황 ····· 163

제 9 장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적 ····· 163

제 10 장 연구개발과제의 대표적 연구 실적 ····· 164

제 11 장 기타 사항 ····· 164

제 12 장 참고 문헌 ····· 165

부 록 ····· 167

<표 차례>

표 2-1 침하 유형별 특징 ····· 13
표 2-2 이론의 적용성 ····· 21
표 2-3 보강공법 종류 ····· 28
표 2-4 싱크홀 복구 방법 ····· 28
표 2-5 보강공법 분류 ····· 31
표 2-6 그라우트 충전 공법 비교 ····· 32
표 2-7 혼합방식에 의한 분류 ····· 36
표 2-8 관련 과제 유사 연구 검토 ····· 45
표 2-9 특허 출원 현황 ····· 49
표 2-10 흙 종류에 따른 투수계수 ····· 64
표 3-1 원료 화학조성표 ····· 67
표 3-2 원료 Density ····· 68
표 3-3 산업 부산자원의 평균입경(D50) ····· 70
표 3-4 부산자원의 광물조성 ····· 71
표 3-5 부산자원의 중금속 용출량 ····· 71
표 3-6 원료 배합비 선정을 위한 실험 배치표 ····· 72
표 3-7 유동화제 선정을 위한 충전재 원료배합 조건 ····· 73
표 3-8 혼합물 실험계획에 의한 실험수준별 압축강도 ····· 77
표 3-9 Regression Coefficient of Compressive strength (3days) ····· 78
표 3-10 ANOVA table of Compressive strength (3days) ····· 78
표 3-11 투수성 충진재 원료 배합 조성 ····· 86
표 3-12. 충진재 화학성분 ····· 86
표 3-13 투수성 충진재 제조를 위한 기포제 조건과 W/C 조건 ····· 94
표 3-14 투수성 충진재 특성평가 결과 ····· 99
표 3-15 투수성 충진재 경화특성 평가 실험조건 ····· 102
표 3-16 실험수준 및 조건 ····· 105
표 3-17 경량 투수성 충진재 특성 ····· 106
표 3-18 속경성 재료의 화학성분 ····· 108
표 3-19 CSA 비율에 대한 초결시간 ····· 109
표 3-20 속경성 재료 첨가에 의한 투수성 충진재 특성 ····· 110
표 3-21 현장 시공장비 기술 개발 개요 ····· 111

표 3-22 기포 혼합 펌프 ····· 120
표 3-23 장비 개선 사항 ····· 123
표 3-24 현장 시험 일정 및 검토 사항 ····· 126
표 3-25 1차 계획 배합비율 ····· 129
표 3-26 1차 시험 개소 ····· 129
표 3-27 1차 배합비 ····· 130
표 3-28 1차 시험 결과 (7일) ····· 131
표 3-29 2차 계획 배합비율 ····· 132
표 3-30 2차 시험 개소 및 시험방법 ····· 133
표 3-31 2차 현장 시험 배합비 ····· 134
표 3-32 2차 시험 결과(7일) ····· 134
표 3-33 2차 시험 결과(28일) ····· 134
표 3-34 3차 계획 배합비율 ····· 136
표 3-35 3차 시험 개소 ····· 137
표 3-36 3차 시험시공 배합비 ····· 138
표 3-37 3차 시험 결과(7일) ····· 138
표 3-38 3차 시험 결과(49일) ····· 139
표 3-39 계획 혼합 비율 ····· 140
표 3-40 배합 중량 ····· 142
표 3-41 4차 시험 개소 ····· 143
표 3-42 4차 시험 결과(7일) ····· 143
표 3-43 4차 시험 결과 (28일) ····· 144
표 3-44 경제성 분석 근거 ····· 149
표 3-45 공법 비교 ····· 150
표 3-46 경비 비교 ····· 151
표 3-47 시공원가 비교 ····· 152
표 3-48 현장 공사비 비교 ····· 153

<그림 차례>

그림 1-1 최종 제품 개발시 품질 특성 및 시공 사례 ····· 1
그림 1-2 싱크홀 발생 및 복구 현장 ····· 2
그림 1-3 도로 함몰지역의 긴급 복구 현장 ····· 3
그림 1-4 연구개발 추진체계 (참여기관) ····· 6
그림 2-1 서울시 도로함몰 발생 현황(출처: 워터저널) ····· 10
그림 2-2 지하 하수 누출에 의한 공동 발생 (출처: 워터저널) ····· 10
그림 2-3 지반 침하 발생 현황 및 원인 (출처: 국토교통부) ····· 22
그림 2-4 서울시 연도별 지반 함몰(출처:싱크홀 진단과 대책 정책 토론회 자료) ····· 23
그림 2-5 서울시 지반함몰 발생원인 분석 ····· 24
그림 2-6 서울시 하수관 경과 년수 ····· 24
그림 2-7 서울시 굴착공사로 인한 지반함몰 원인 ····· 24
그림 2-8 서울 지하철 9호선 공사(상성중앙역) 부실시공 하수관에 의한 지반침하 ····· 24
그림 2-9 지반함몰 발생원인, 출처: 서울시) ····· 25
그림 2-10 서울시 동공 관리 등급, (출처: 서울시) ····· 25
그림 2-11 주입방식에 따른 그라우팅 공법 분류 ····· 26
그림 2-12 재료에 의한 분류 ····· 35
그림 2-13 그라우팅 주입 방법 ····· 38
그림 2-14 문곡~무릉간 도로 현장 개요도 ····· 39
그림 2-15 보강 개요도 ····· 39
그림 2-16 배합 공정 ····· 41
그림 2-17 몰탈 믹서 ····· 43
그림 2-18 몰탈 믹서, 펌프 ····· 43
그림 2-19 혼합장비 플랜트 ····· 44
그림 2-20 지하공동 그라우트 충전법 ····· 60
그림 2-21 에어몰탈 시공장비 ····· 62
그림 2-22 일본 현장 몰탈 플랜트 전경 ····· 62
그림 2-23 흙의 입경에 따른 투수계수 ····· 63
그림 2-24 투수성 블록포장의 구조설계 ····· 65
그림 3-1 충진재용 원료 선정 및 투수성 충진재 Lab. 제조조건 선정 Flow ····· 66
그림 3-2 부산물 원료 미세구조 ····· 69
그림 3-3 원료 입도분포 ····· 69

그림 3-4 각 원료의 초기 발열특성 (고:액=1:1) ····· 70
그림 3-5 부산자원 원료의 XRD pattern ····· 70
그림 3-6 유동성 측정용 원형 몰드와 측정 예 ····· 74
그림 3-7 유동화제 종류(Maker)와 첨가량에 대한 유동성 변화 ····· 75
그림 3-8 압축강도 측정용 시료 제조 예 ····· 76
그림 3-9 혼합물 등고선도 (압축강도 (재령 3일)) ····· 80
그림 3-10 그림 3-10 혼합물 등고선도 (압축강도 (재령 7일)) ····· 82
그림 3-11 Relationship between of strength and mixing ratio(Ⅰ) ····· 83
그림 3-12 Relationship between of strength and mixing ratio(Ⅱ) ····· 83
그림 3-13 Relationship between of strength and mixing ratio((Ⅲ) ····· 84
그림 3-14. Compressive Strength at maximum condition ····· 85
그림 3-15 Compressive Strength at selected mixing ratio ····· 85
그림 3-16 충진재 미세구조 ····· 87
그림 3-17 충진재 XRD Pattern ····· 87
그림 3-18 제조된 충진재의 입도분포 ····· 87
그림 3-19 충진재 제조 공정도 ····· 88
그림 3-20 충진재 생산용 혼합기 ····· 89
그림 3-21 충진재 (컨테이너백 포장) ····· 89
그림 3-22 기포 발생기와 제조된 기포 형상 ····· 91
그림 3-23 기포제 희석농도별 기포 단위중량 ····· 92
그림 3-24 기포제 희석 농도와 시간에 따른 기포 현상 변화 ····· 93
그림 3-25 투수성 충진재 제조, 평가용 공시체 제조 순서 ····· 96
그림 3-26 투수성 충진재 공시체 압축강도 측정 ····· 97
그림 3-27 투수성 충전재 흡수율, 기공률 측정 ····· 97
그림 3-28 투수성 충진재 투수계수 측정 ····· 98
그림 3-29 기포첨가량~겉보기 기공률 관계 ····· 100
그림 3-30 기포 첨가량~압축강도(재령 3일) 관계 ····· 100
그림 3-31 기포 첨가량~압축강도(재령 7일) 관계 ····· 100
그림 3-32 경량투수성 충진재 표면 상태 변화 실체현미경 사진 ····· 103
그림 3-33 경량투수성 충진재 내부 상태 변화 실체현미경 사진 ····· 104
그림 3-34 경량 투수성 충진재 미세구조 ····· 106
그림 3-35 기포 첨가량에 따른 압축강도 변화 ····· 107
그림 3-36 표준주도 결정 및 응결(초결) 측정 ····· 108

그림 3-37 CSA 치환량에 따른 응결시간(초결) 변화 ····· 109
그림 3-38 투수성 충진재 현장시공 혼합작업 순서도 ····· 111
그림 3-39 시멘트 혼합 작업 ····· 112
그림 3-40 장비 배치 개요 ····· 112
그림 3-41 주입재 배합 흐름도 ····· 113
그림 3-42 투수성 충진재 제조설비 전경 ····· 113
그림 3-43 교반기와 충진재 슬러리와 기포 혼합 교반날개 ····· 114
그림 3-44 자동화 패널, 작업 화면 ····· 115
그림 3-45 충진재 교반기 개념도 ····· 115
그림 3-46 교반기 탱크 ····· 116
그림 3-47 바닥 프레임 ····· 116
그림 3-48 교반기 탱크 ····· 117
그림 3-49 기포 발생 및 충진재 펌프 ····· 121
그림 3-50 유량계 개요도 ····· 121
그림 3-51 그라우트 유량계 전경 ····· 122
그림 3-52 로드셀, 기록장치 ····· 123
그림 3-53 유량계 ····· 123
그림 3-54 시험 시공 위치 (1~3차) ····· 127
그림 3-55 군산 시험 시공 위치 (4차) ····· 127
그림 3-56 확인 보링 코어 채취 ····· 128
그림 3-57 실내시험 ····· 128
그림 3-58 시험시공 전경 ····· 130
그림 3-59 2차 시험 결과 그래프 ····· 131
그림 3-60 2차 시험 전경 ····· 133
그림 3-61 2차 시험 결과 ····· 135
그림 3-62 3차 시험시공전경 ····· 137
그림 3-63 3차 시험 결과 ····· 139
그림 3-64 현장복구기술 ····· 140
그림 3-65 시험시공 전경 ····· 141
그림 3-66 시험시공 전경 ····· 141
그림 3-67 양생 1일차 ····· 142
그림 3-68 4차 시험 결과 ····· 144
그림 3-69 침하시험 & 비중 측정 ····· 145

그림 3-70 토조 형상 검토 ····· 145
그림 3-71 투수시험 사진 ····· 146
그림 3-72 충진재의 지반주입 Process ····· 151
그림 3-73 기술별 경제성 비교 ····· 152
그림 3-74 공사비 비교 절감 효과 ····· 154

제 1 장 연구개발과제의 개요

1. 연구개발 목적

본 사업화 연구의 경우 “공동”이라는 시대적 이슈와 함께 최근 토목 분야에서 CO_2 저감 및 산업부산물 사용 확대 기술인 “충진재” 기술의 적용을 위한 기술확보를 최종목표로 하고 있다.

일반적으로 지반함몰 복구에는 주변 토양이나 모래를 채운후 다짐하거나, 시멘트 등을 혼합하여 타설하고 있다. 그리고 채움용 재료로서 개발되는 대부분 재료는 채운 후 불투수성을 나타낸다. 불투수성 재료를 사용하여 채운 경우에는 지하에 지하수가 흐르거나 지표로부터 우수가 흘러들어가는 경우에 수류 흐름 방향의 변화가 생기고, 따라서 주변 토양이 유실될 가능성이 있다. 따라서 본 연구에서는 지반함몰 복구를 위해 채운 후, 투수성을 가지게 함으로써 지하수 흐름방향과 표면으로부터 우수의 흐름 방향을 변화시키지 않으며, 이로 인한 주변 토양의 유실을 방지함으로써 지반침하의 재발을 방지할 수 있는 지반 침하 복구용 충진재를 제조하고자 한다.

본 연구에서는 지반함몰 복구용 또는 지하 공동 채움을 위한 경량 투수성 충진재원료로서 산업 부산자원을 적극적으로 활용함으로써 시멘트 사용량을 줄인 경제적이고 친환경 재료를 개발하고자 한다. 이를 위해 산업 부산자원 중 높은 함량의 CaO와 $CaSO_4$, SiO_2, Al_2O_3 성분을 다량 포함하고 있는 플라이애시와 각종 소각재를 사용한 충진재를 제조하고자 한다.



그림 1-1 최종 제품 개발시 품질 특성 및 시공 사례

2. 연구개발의 필요성

석촌동 지반 침하 사건을 계기로 언론은 필요 이상으로 불안감을 키운다는 지적에도 불구하고 ‘싱크홀(Sink hole)’이라는 표현을 본격 사용하기 시작했다. 그러한 추세에 맞추어 비슷한 유형의 사고도 꾸준히 늘어났다. 통계에 의하면 2011년부터 지반 침하 형태의 지반함몰

은 매년 500건 이상 발생하고 있으며, 그 흐름도 점차 증가하는 추세로 나타났다.

석촌지하차도와 백석동에서 일어난 지반 침하는 모두 인간의 편의를 위한 개발행위에 따른 안전사고다. 두 사고처럼 공사 도중에 일어나는 것도 있지만, 대부분의 지반함몰은 노후 상·하수도 주변에서 발생하는 것으로 분석되고 있다. 2016년 통계에 따르면, 하수관 손상에 의한 지반 침하는 모두 555건으로, 전체 지반 침하의 67%를 차지하는 것으로 분석됐다.

시특법은 2018년부터 “시설물의 안전관리 및 유지관리에 관한 특별법”으로 개정되어 시행되고 있으며, 구조물의 안전확보가 주된 목적이었던 기존 법에서 한 단계 발전해, 시설물의 유지관리로 개념을 확대하고 취약시설(3종)까지 새로 관리하게 되었다.

정부는 2017년 11월 21일, 지하 안전법 전면 시행을 앞두고 시행령을 공포했다. 시행령은 ▲면적 4㎡ 이상 또는 깊이 2m 이상의 지반 침하가 발생하거나 지반 침하로 사망·실종자 또는 부상자가 3명 이상 발생하면 '중앙지하사고조사위원회'를 가동해 정부가 직접 사고 경위 등을 조사하고 ▲지하개발사업자가 깊이 20m 이상의 굴착공사를 수반하는 사업이나 터널 공사가 포함된 사업을 할 경우 반드시 지하 안전영향평가를 통과해야 하며 ▲면적 1㎡ 또는 깊이 1m 이상 지반 침하나 사망·실종자 또는 부상자가 1명 이상 사고 때는 관할 지자체의 장에게 사고 발생 사실을 알려야 한다는 것 등을 골자로 하고 있다.

싱크홀은 발생 후에도 잠재적 위험성을 내포하고 있으므로 긴급 복구가 필요하며, 추후 정밀조사를 통해 대책공법 선정하는 것이 필요하다. 싱크홀 등 관련 부분의 긴급 보수 등에 대한 새로운 기술의 요구가 있으나, 적절하게 대처하지 못하고 자갈이나 흙 등으로 공간을 충전하고 콘크리트로 상부를 마무리하는 것으로 응급대처 공사를 마무리하고 있는 것이 현실이다.



장성 싱크홀/공동 복구



송파구 석촌동 싱크홀/공동 복구

그림 1-2 싱크홀 발생 및 복구 현장

하지만 이와 같은 응급처치식 방법은 현장의 토양 조건을 반영하지 않는 대처 방법으로 현장 토양 조건에 따라 향후 지하수 흐름의 변화로 다른 부분으로 공동(싱크홀)이 발생할 수 있는

추가 지반 변화의 문제점이 발생할 수 있는 개연성이 남아 있는 상태라 할 수 있다.



일본 후쿠오카 긴급 복구



동래 미남도 복구

그림 1-3 도로 함몰지역의 긴급 복구 현장

따라서 공동에 경량 기포콘크리트의 기술을 바탕으로 관련 재료 및 시공 장비, 시공 공법 등을 개선 또는 새로운 기술을 개발하여 제안하고, 이를 현장에 적용하여 그 성능을 확인함으로써 최종 재료에 대한 성능 시방과 공법에 대한 기술확보를 통하여, 향후 상품화 및 신기술 추진을 위한 기본 과제로 진행해 보고자 한다.

3. 연구개발 범위

최종 목표	■ ㈜에이지 ① 투수 성능을 만족할 수 있는 산업부산물 발굴 및 소재 기술확보 ② 소재, 채움재 특성평가 기술 표준화 ③ 개발된 소재를 첨가하여 투수성능이 확보된 충진재 기술확보 ④ 다양한 현장 조건에 대응하여 제품 변형이 가능한 맞춤형 충진재 기술확보 ⑤ 싱크홀, 지하 공동 채움재(시멘트계 조성물) 개발 및 시제품 생산 ■ 재인스기초건설(주) ① 주입재에 균질한 기포군을 형성시키는 주입 시공 방법 개발 ② 자동화 배합 장치 및 주입 장비 개발 ③ 자동화된 배합 장치 및 주입 장비를 사용한 자동관리 시스템 개발 ④ 싱크홀 현장 시공 및 평가 ■ 동부엔지니어링(주) 기술연구소 ① 경량기포 콘크리트용 충진재 및 싱크홀 복구 시공 장비의 현장 적용성 평가 ② 싱크홀 유형 분석 및 선행기술 사례 분석 ③ 원가 분석을 통한 경제성 평가

기관	연구목표	주요연구내용
주관연구기관 (㈜에이지)	■ 충진재의 경량기포 콘크리트 적용 조건 선정 ■ 충진재 물성 경시 변화 평가 ■ 생산/품질관리 표준화 ■ 사업모델 개발 ■ 개발된 제품 상품화 - 설비 운영을 통한 대량생산 - 대량생산 제품 품질 안정화 - 품질 보완점 개선	- 충진재~기포(발포) 상관관계 규명 (투수성 조절방안 확립) - 시공단계에서 물성 변화 평가 (공극 구조, 강도, 투수성, 응결 시간) - 생산관리, 품질관리, 평가 방법 표준 매뉴얼 제작 - 시공/제조원가 경쟁력, 품질 경쟁력 확보 방안 도출 - 대량생산 시 품질 편차에 대한 성능평가 - 운송 및 현장 장비 이송시 재료 분리 평가 - 현장 시공 제품에 대한 품질 평가
공동연구기관 (재인스기초건설):	■ 지반함몰/지하 동공 복구기술 분석 ■ 시공 장비 모델설계 ■ 시공 장비 제작/Modification ■ 현장 장비 운용 - 장비 현장 적용성 - 장비 운용 효율성 - 최종 작업 시공성 ■ 현장 시공 및 평가	- 지반함몰/지하 동공 복구기술, 장비 & 시공 사례 조사 - 요구 특성 분석 & Structure Design - 유사 장비 분석, 제작업체 선정 - 장비 제작 & 평가/보완 - 개선 및 개발된 장비의 적용 및 효율성 - 최종 시공 성능 및 경제성 - 싱크홀(지하 공동) 현장 시공 시행 - 현장 시공 후 채움재의 물성 모니터링
위탁연구기관 (동부엔지니어링)	■ 경제성 검토 - 기존기술과의 원가 비교 - 경제성 향상을 위한 개선 검토	- 기존기술과의 비교를 통한 경제성 검토

4. 연구개발 배경

도로함몰 이슈가 대두되자 각 언론에서는 정확한 정보 없이 '싱크홀'이라는 표현을 사용했다. 해외의 싱크홀 사례와 비교하여 보도하였고 그로 인해 국민들의 공포심은 심각해졌다. 자연적 요인에 의한 싱크홀과는 다른 국내 도로함몰 현상을 바로 알고 그에 맞는 단어를 사용하는 것이 중요하다.

본 보고서에서 사용하는 용어는 다음과 같다.

(1) 침하(沈下) Depression : 지반이나 포장면이 아래로 처지는 현상을 광의적으로 표현.

(2) 도로함몰(道路陷沒) Cave-in : 서울과 같은 도시 지역에서 지하시설물 노후화나 굴착 복구공사 등으로 인하여 땅속에 생긴 빈 공간(동공)이 그 상부지반의 지지력을 잃고 꺼지는 지반 붕괴 현상.

(3) 동공(洞空), 공동 Cavity : 함몰 직전의 땅속에 숨은 공간. 서울 지역에서는 주로 노후 하수관 손상부로 흙이 유실되거나 복구 당시 땅속에 매립된 관로, 불량 재료 사이에 공간을 제대로 메우지 못하면서 생긴 현상. 서울시는 과거부터 본 용어를 계속 사용.

※ 국토교통부에서는 2016년 1월에 '지하안전관리에 관한 특별법'을 제정하면서 지하의 공간을 '공동'으로 명시.

(4) 싱크홀 : 땅속에 지하수가 흘러 형성된 공간이 주저앉아 발생하는 웅덩이
서울시는 지반 침하 형태에 따른 분류를 침하, 함몰, 싱크홀, 동공으로 구분하고, 최근 국내에서 발생하고 있는 싱크홀(도로함몰)의 경우 "싱크홀"이 아닌 "도로함몰"로 표현.

(5) 지반함몰 : 지표면이 수직 방향으로 꺼지는 현상

(6) 지반 침하 : 지반이 가라앉는 현상

본 보고서에서는 용어의 혼돈을 피하기 위해 아래와 같이 정의하여 사용하고자 한다.

(7) 충진재(充塡材) : 광석이나 석탄을 캔 공간이 무너지지 않도록 하기 위하여 채우는 재료를 말하며, 지반함몰 충전을 위한 "분체"를 말한다.

(8) 충진재 슬러리 : 충진재(분체)와 물이 혼합되어 있는 상태

(9) 투수성 충진재 : 충진재(분체)와 물, 기포가 혼합되어 있는 경화되기 전의 상태

(10) 투수성 개량체 : 투수성 충진재가 경화된 고화체

(11) 기포제 : 거품(기포)를 생성하는 물질로서 기포 모르타르 제조에 사용되는 기포제는 식물성 기포제와 동물성 기포제가 있다.

(12) 기포제 희석액 : 기포를 일게 하는 물질에 대해서 일정한 양의 물을 가하여 균일하게 혼합한 액체를 말한다. 예를 들어 10% 기포제 희석액은 용액(물과 기포제가 혼합된 액체) 100g에 대해서 기포제 10g이 균일하게 혼합된 용액을 말한다. (기포제 비중 ≒1)

(13) 기포 : 기포제 또는 기포제 희석액을 기포 발생기를 통과시켜서 만들어진 거품

5. 연구개발 추진 전략

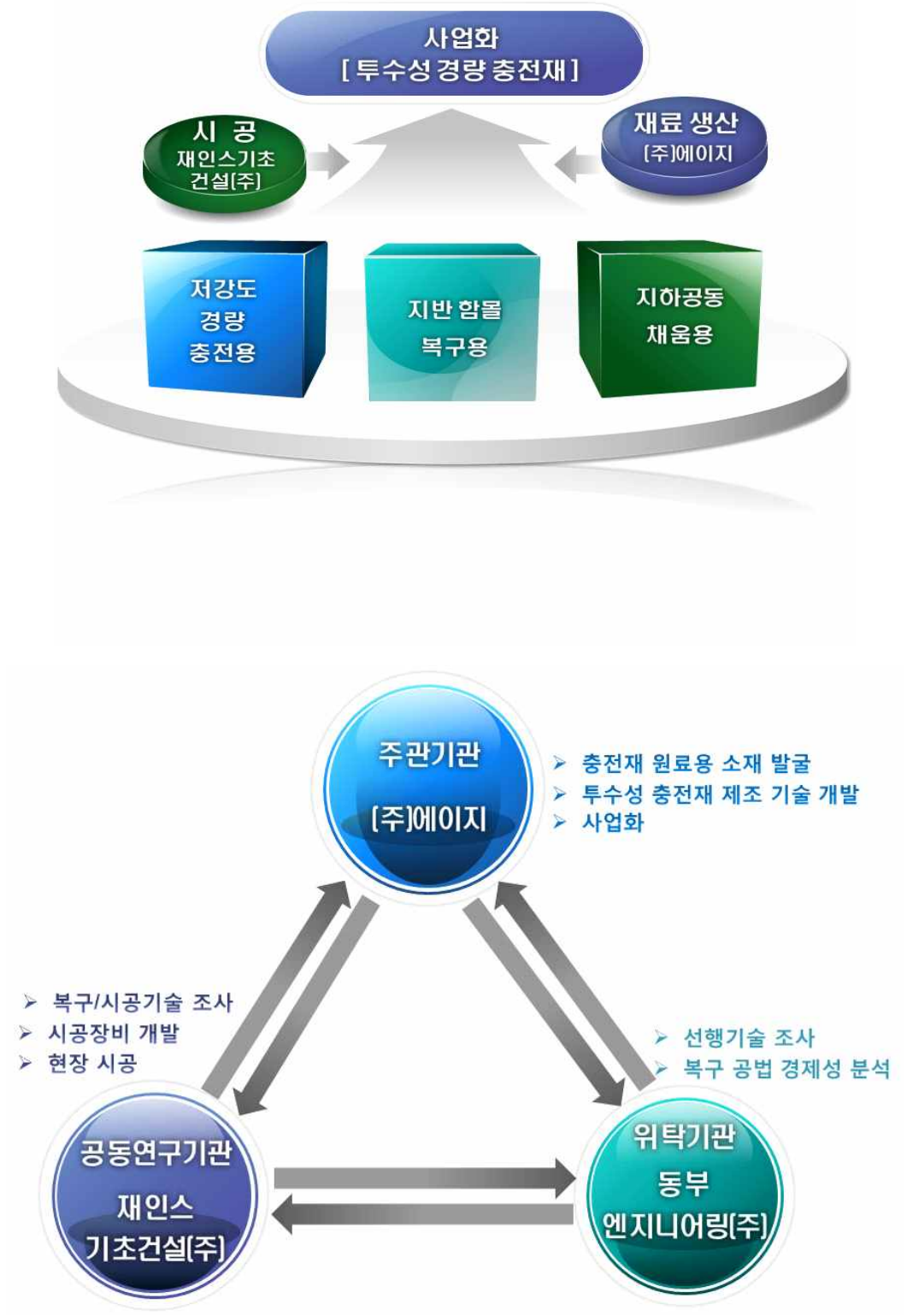


그림 1-4 연구개발 추진체계 (참여기관)

제 2 장 국내외 기술개발 현황

1. 국내 현황

가. 지반함몰, 침하이론, 원인분석

(1) 지반함몰

도심지 지반함몰로 인한 인적·물적 피해사례는 지속적으로 증가하고 있다. 서울시 지반함몰 발생 원인분석 자료를 참조하면, 하수관 손상으로 인한 지반함몰이 전체의 84%로 가장 높은 것으로 확인할 수 있고, 다음으로 굴착공사 등의 이유가 14%, 상수관 손상이 2%로 확인되었다.

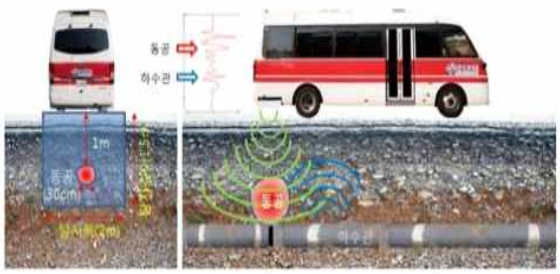
서울시는 도로함몰을 예방하기 위해 2014년 국내 최초로 지하 동공 탐사기술 도입으로 민·관·연 협업으로 기술혁신을 병행하였다.

'차량형 멀티 GPR 장비'를 개발하여 지하 공동을 탐사하기 시작하였다. 2019년 8월 기준으로 1,574km 도로에서 GPR 탐사를 진행해 3,516개 공동을 발견했고, 3,495개를 복구했다.

부산시는 2017년 서울시를 벤치마킹하여 6월 20일부터 한 달간 연산교차로와 수영교차로, 괴정사거리 등 시내 5개 도로 총 43km 구간을 대상으로 공동(지반함몰) 시범 탐사를 시행하였다. 시범 탐사 지역은 시민 발길이 잦은 도심부 지하철역 및 교차로와 노후하수관로 등 지하매설물이 많은 곳으로 지난해 8월 동래구 사직동 하수 배관 누수로 인한 공동 발견 이후 고조된 시민 불안을 해소할 계획으로 시행되었다. 탐사는 1차 공동탐사, 2차 공동 확인조사 형식으로 진행하고, 탐사에 활용되는 차량탑재형 GPR 장비는 한번에 30km/h 속도로 폭 2.4m를 조사할 수 있으며, 내시경 장비는 땅속을 360도 회전하며 단면을 촬영하는 최첨단 장비로 구성하였다.



서울시 차량형 멀티 GPR



GPR 탐사 개요도

부산시는 도로 지반 탐사 장비(차량형 멀티 GPR)를 이용해 주요 도로를 점검한 결과 2018년 7월까지 140여 개의 동공을 발견해 복구한 것으로 확인하였다. 부산 서면일대의 경

우 지반함몰에 대한 구체적인 원인분석 없이 긴급 복구하였다가 다시 지반함몰이 발생한 사례이다. 이처럼 임시 방편의 복구 공사는 2차 피해를 불러 올 수 있는 문제가 항상 잔존하고 있다.

본 연구과제에서는 사회적 이슈로 대두되고 있는 지반함몰이 발생했을 때, 어떻게 하면 신속하게 복구하여 2차 피해가 발생하지 않을 수 있을지에 관한 연구를 진행하고자 한다.

<table>
<tr>
<td> 
</td>
<td> 
</td>
</tr>
<tr>
<td>부산시 차량형 멀티 GPR</td>
<td>GPR 탐사 개요도</td>
</tr>
</table>

최근 도심지 지반함몰 사고가 빈번히 발생하고 있는 실정이다. 이에 따라 관련 지자체 들은 지하 동공 탐사 장비를 이용하여 노후 하수관 주변 및 연약 지반에 대한 정밀조사를 하고 있다. 주요 도시에 최근 발생한 지반함몰 사례를 조사해 보았다.

<table>
<tr>
<td colspan="2">  </td>
<td colspan="2"> 
</td>
</tr>
<tr>
<td>발생 장소</td>
<td>부산 번영로</td>
<td>발생 장소</td>
<td>부산 서면</td>
</tr>
<tr>
<td>발생 일자</td>
<td>2018년 07월 11일</td>
<td>발생일</td>
<td>2018년 04월</td>
</tr>
<tr>
<td>출처</td>
<td>경향신문 기사자료
(http://news.khan.co.kr/kh_news/khan_art_view.html?artid=201807161123011&code=620102)</td>
<td>출처</td>
<td>부산일보 기사자료
(https://twitter.com/busantweet/status/981468214679846914)</td>
</tr>
</table>

			
발생 장소	포항남구 희망대로	발생 장소	서울 중구 청계천(모전교 앞)
발생 일자	2019년 10월 31일	발생일	2019년 8월 1일
출처	프레시안 기사자료 (http://www.pressian.com/news/article/?no=263507&utm_source=naver&utm_medium=search)	출처	매일경제 기사자료 (https://www.mk.co.kr/news/society/view/2019/08/590013/)

			
발생 장소	광주광역시	발생 장소	의정부시 사패산 회룡사 입구
발생 일자	2018년 11월 11일	발생일	2018년 08월 31일
출처	연합뉴스 기사자료 (https://www.yna.co.kr/view/AKR20181111027100054)	출처	노컷뉴스 기사자료 (https://www.nocutnews.co.kr/news/5027041)

			
발생장소	강릉시 송정동	발생장소	대전 동구 삼성동
발생일자	2019년 6월 7일	발생일	2017년 8월 3일
출처	조선일보 기사자료 (https://news.chosun.com/site/data/html_dir/2019/06/08/2019060800202.html)	출처	충청투데이 기사자료 (https://www.cctoday.co.kr/news/articleView.html?idxno=1083730)

현재 서울시의 통계에 따르면 경미한 도로함몰, 공동이 연평균 681건 발생하고, 매년 20% 이상 증가하고 있다. 지반 침하는 하천 주변이나 하류의 퇴적층인 충적층에서 주로 발생하고 일부만 편마, 화강암에서 발생하는 것으로 조사됐다. 서울시에는 석회암층이 없어 해외 사례와 같은 싱크홀 발생 가능성은 낮다.

기간별로는 집중호우 기간인 6~8월에 홍수량이 하수관 통수능을 초과하여 하수관거에 많은 부하를 주고 지하수 변동이 많아져 도로함몰의 40%가 이때 발생한다. 이제까지 대부분 도로함몰은 면적 1㎡, 깊이 1m 미만의 소규모로 발생했으나, 최근 들어 면적 1㎡, 깊이 1m 이상의 함몰도 발생하고 있어 인명피해 발생 개연성이 존재한다. 5년간 인명피해는 없지만, 보행 및 교통안전을 감안해 2m 이상 규모는 특별관리 대상으로 분류해 관리하고 있다.

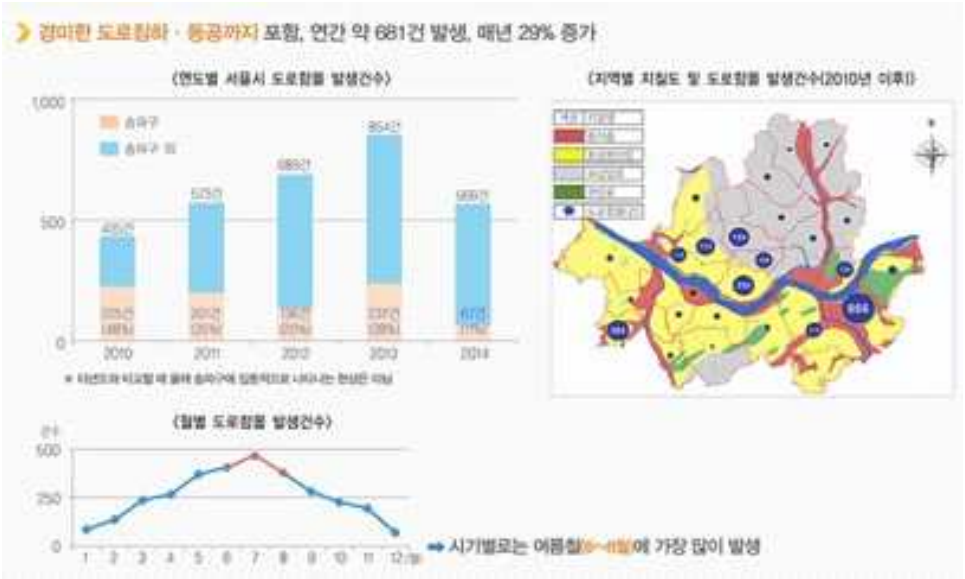


그림 2-1 서울시 도로함몰 발생 현황(출처: 워터저널)



▲ 개구부 마감 불량 및 상수 동공 발생 / 연결관 불량 토사 유입 / 노후화에 의한 이음부 이격 및 누수

그림 2-2 지하 하수 누출에 의한 공동 발생 (출처: 워터저널)

(2) 지반 침하 형태 [1)]

(가) 침하의 유형

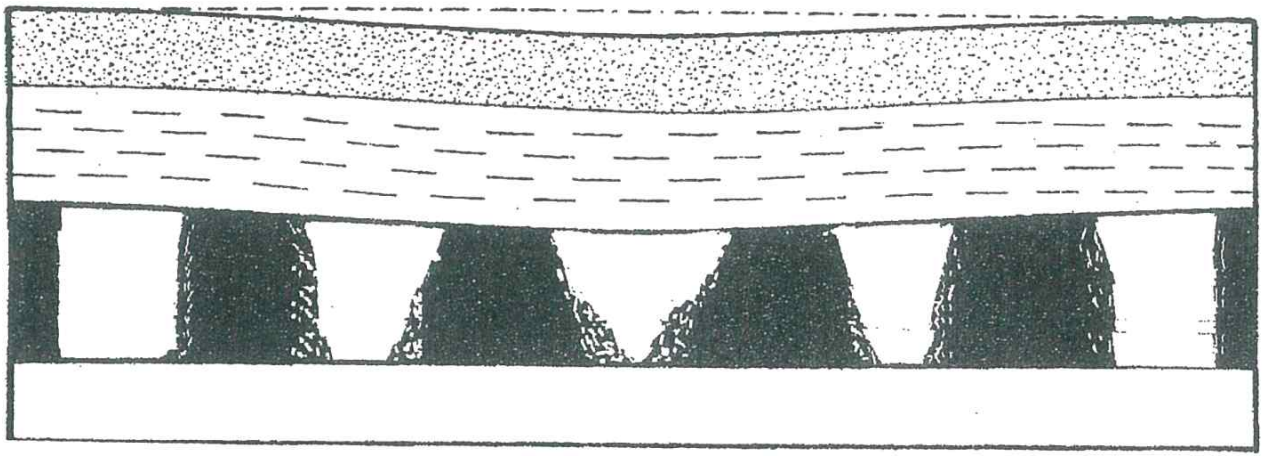
발생하는 지반 침하에 대한 침하 형태 이론 및 분류 방법을 검토하였다. 침하를 형태에 따라 분류하면 Trough형 침하와 Sink-hole형 (혹은 Chimney형) 침하로 크게 나눌 수 있다.

① Trough형 침하

◎ 잔주파괴에 의한 Trough형 침하

- 주방식 채탄법과 같은 부분 채탄법으로 채굴이 이루어진 경우, 남겨진 잔주는 풍화나 Creep변형에 의해 표면부가 탈락하면서 폭이 좁아져 응력집중으로 파괴됨

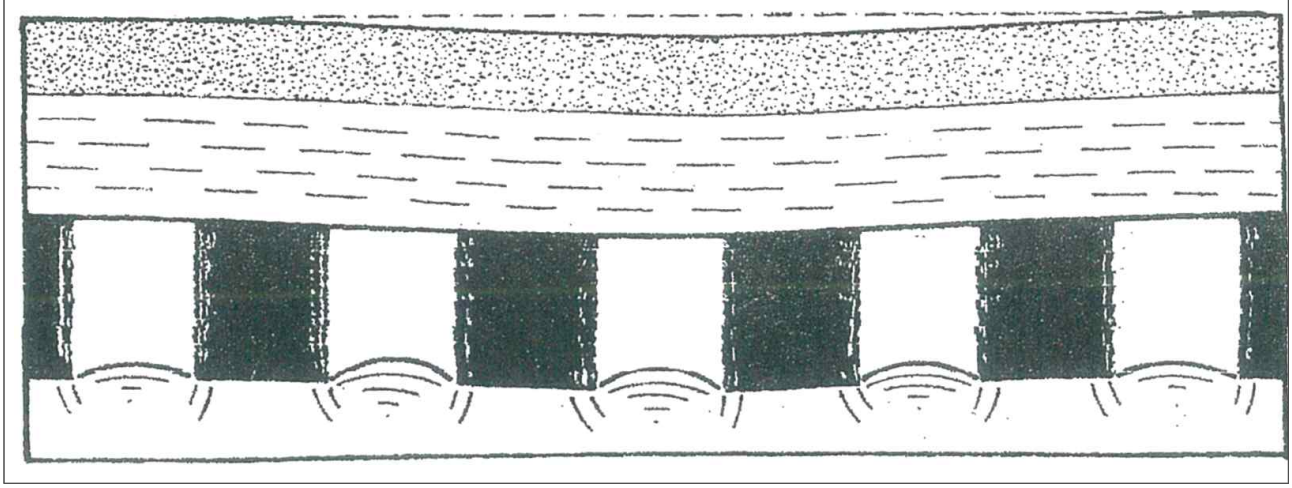
- 잔주가 파괴되기 시작하면 이 잔주가 지탱하던 하중은 인접 잔주로 전가되어 점진적으로 파괴가 확대되면서 지표의 침하로 연결됨



◎ 잔주펀칭에 의한 Trough형 침하

- 하반의 지내력을 초과하는 자중이 가해질 때 연약한 탄층이나 세일 등으로 구성된 하반이 소성변형을 일으킴

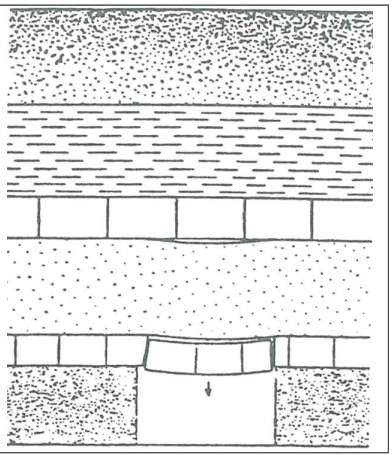
- 이때 잔주가 하반으로 관입하면서 파괴 발생



② Sink-hole형 침하

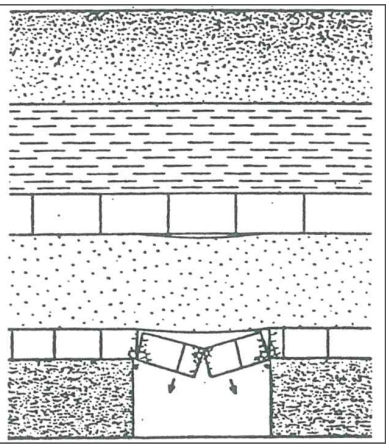
◎ 층분리에 의한 Sink-hole형 침하

- 셰일이나 사암과 같은 층상 암반에서 채굴적 상단의 지층에 휨 변형이 발생하면서 상위 지층과 분리 발생
- 수직 응력에 대한 수평 응력의 비가 낮고, 천정부의 암층이 박층이며 상위 지층과 분리가 용이할 경우, 휨에 의한 인장 응력이 암석의 강도를 초과하면 휨 파괴(Flexural failure) 발생



◎ 천반의 전단파괴에 의한 Sink-hole형 침하

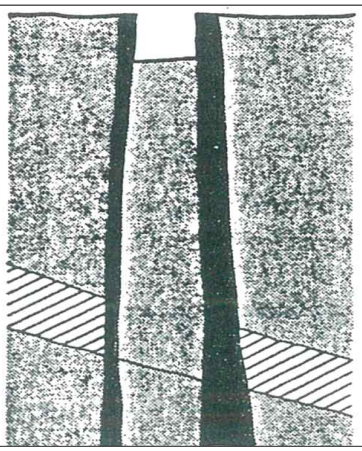
- 수직 응력에 대한 수평 응력의 비가 크고 잔주가 천정부 암층보다 상대적으로 강할 때, 잔주 측면에 형성된 전단응력이 천반의 전단 강도보다 크면 전단파괴(Shear failure) 발생



◎ Plug 침하

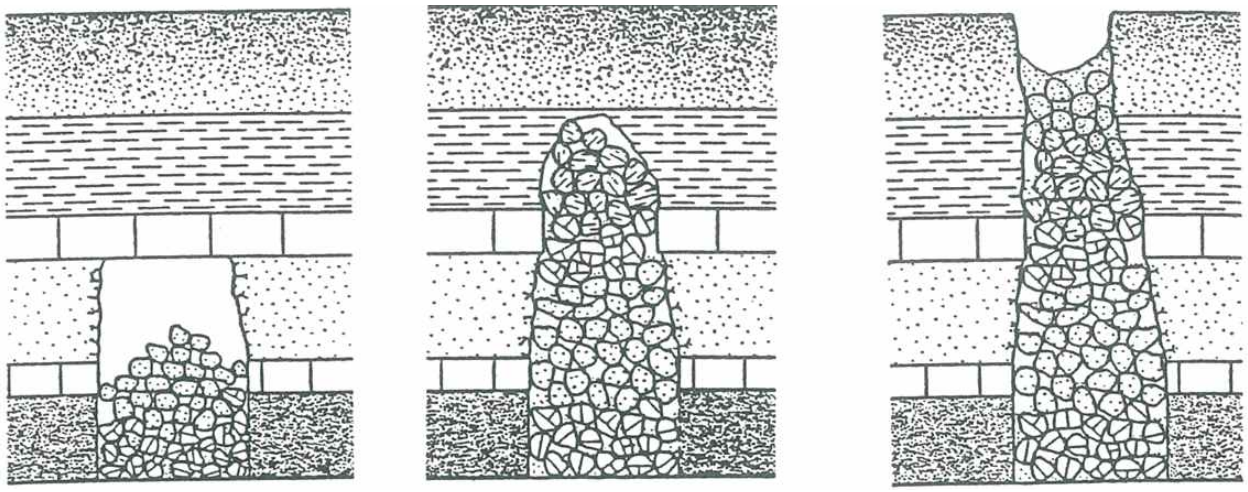
- 만약 Shink-hole형 침하가 점진적으로 발생하지 않고 갑작스럽게 발생하면 이를 Plug 침하라고 함

Plug 침하는 일반적으로 전단 강도가 약한 취약 면을 가지는 맥암이나 단층과 같은 구조적인 특성과 연관되어 발생



◎ 파괴의 진행 과정

- 최초의 천정부 파괴가 일어난 후 붕괴는 점점 상부로 진행되다가 자립이 가능한 견고한 지층을 만나 중단될 수 있으며
- 파쇄된 암편들의 체적팽창에 의해 중단되기도 하나
- 지하수의 유동 등에 의한 암편의 다짐작용 또는 경사진 채굴적을 따른 암편의 이동으로 공간이 확대되면 붕괴는 점진적으로 연결되기도 함



③ 침하 유형별 특징

표 2-1 침하 유형별 특징

구 분	Trough 형	Sink-hole 형
경 사	대체로 완만	급경사
범위(규모)	대체로 넓은 구역 (최소 10m 이상)	대체로 작은 규모 (3m 내외)
침 하 량	최대 침하량 1m 정도	수 m ~ 수 10m
발생 속도	서서히 발생	갑자기 발생
형 태	타원형, Tilting, 접시 형태	원통형 혹은 원추형
발생 시기	얕은 심도, 완전채굴 ⇒ 침하 초기에 발생 깊은 심도, 불규칙 채굴 ⇒ 장기간에 걸쳐 발생	예측 곤란 (대체로 채굴 후 10년 이내~100년 경과 후에도 발생)
발생원인	잔주파괴와 잔주펀칭 등에 의함	채굴적 천정부의 파괴 (채굴 폭, 채굴 심도, Bulking과 Migration 작용에 의해
채굴 심도	다양한 심도에서 발생	대체로 50m 미만에서 발생
피해(위험성)	지상 구조물에 피해 가능	인명 및 시설물에 심각한 타격을 줌

(나) 지반 침하량 산출방법

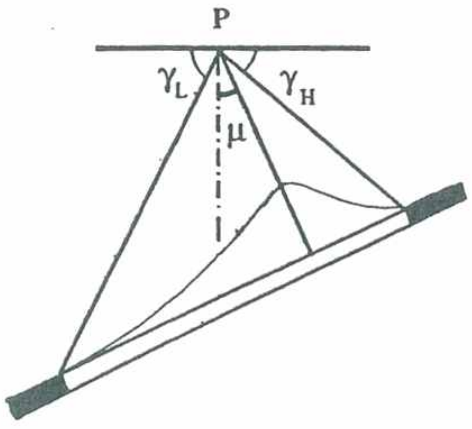
① 도식법

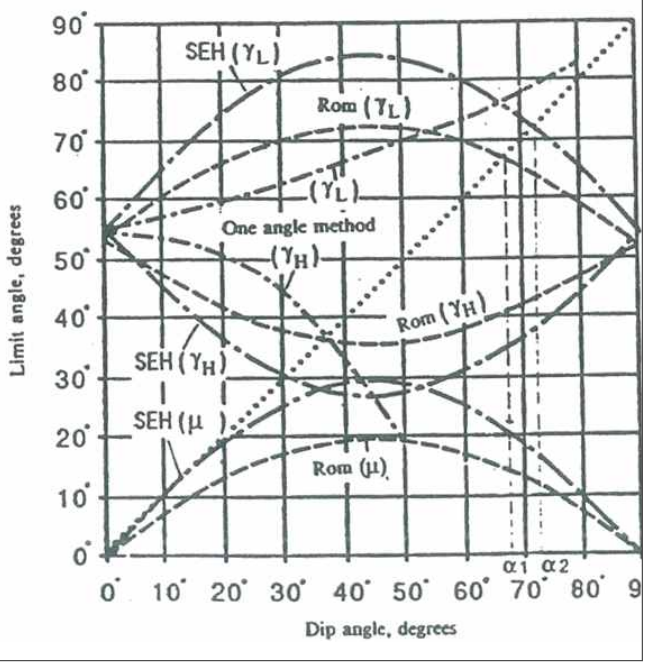
- 제안자 : 영국석탄공사
- 적용성 : 지하 채굴적에 의한 지표의 영향 범위 예측
  지상 구조물에 영향을 미치는 채굴적의 범위 예측
- 주요인자 : 탄층경사, 한계각

◎ 탄층경사와 한계각 사이의 관계

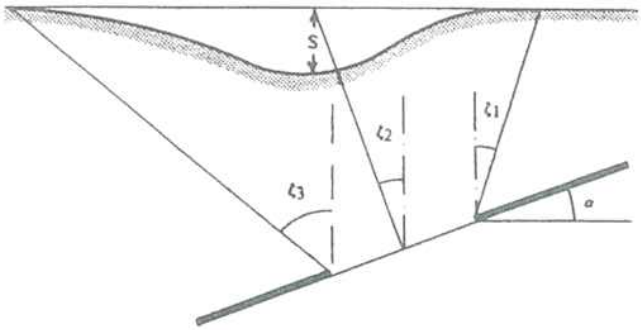
- 경사진 판상의 탄층을 비교적 넓은 범위에 걸쳐 높은 채수율로 채굴한 경우, 채굴적 상부 지층에 발생하는 지반 거동의 영향 범위는 채굴면적보다 더 넓은 범위에 걸쳐 나타남
- 영향 범위는 탄층경사와 한계각 사이의 관계를 도식적으로 표현하여 예측할 수 있음 (여기에서 한계각이란 채굴적 선단과 침하지역 선단을 연결하는 선이 수직면과 이루는 각)
- 또한, 지표상에 한 지점이 주어질 때, 이 점에 대한 영향 범위도 한계각에 의해 도식적으로 표현될 수 있으며 이 범위 내의 채굴적은 이 점에 영향을 미침
- Rom(1964), SEH(1975), Ren, Reddish & Whittaker(1988)은 현장에서 수집한 자료를 근거로 탄층경사와 한계각 사이의 관계를 제시

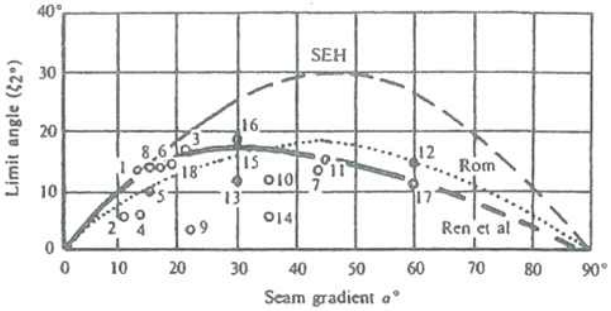
◎ 지표상에 주어진 임의의 지점에 대한 탄층경사와 한계각 사이의 관계

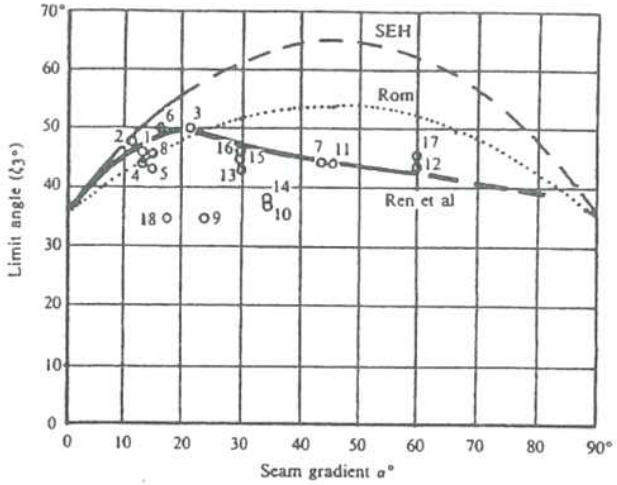


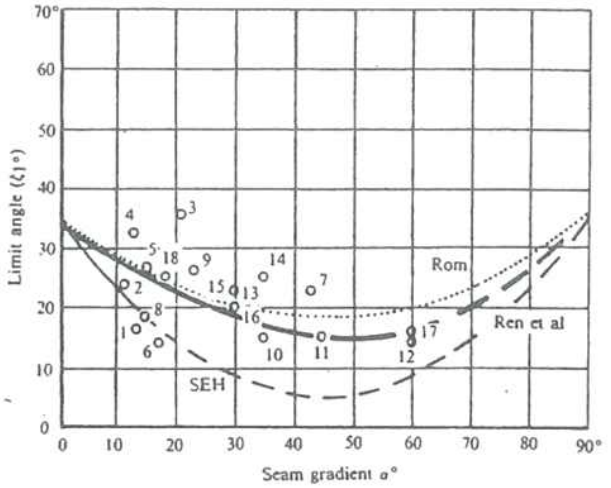


◎ 채굴적을 기준으로 한 탄층경사와 한계각 사이의 관계









◎ 최대 침하량 계산

- 최대 침하량을 탄층경사와 채굴고의 관계로 표현하면

  $S = a \cdot M \cdot \cos\alpha$

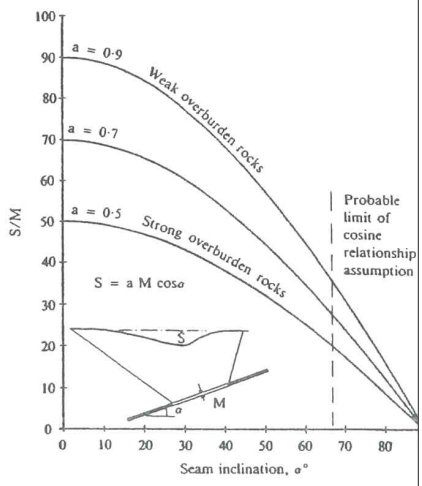
  S : 최대 침하량

  a : 침하계수

  M : 채굴고

  α : 탄층경사

- 여기서 침하계산(a)은 채굴적의 충전 여부 및 상부지반의 물리적 특성과 관련이 있으며 지역별 지반 조건에 따라 현장 관측을 통해 결정



② 응력 아치-체적팽창 이론

- 제안자 : Piggott & Eynon(1977)이 Karfakis의 응력아치 이론을 지반 침하에 적용
- 적 용 : 채굴적 상반 지층이 암반으로 구성되어 있을 때 붕락대의 형상과 암층의 체적 팽창률로부터 붕락고 예측
- 주요 인사 : 체적 팽창률, 붕락대의 형상

◎ 채굴 공동 상반의 응력 아치 형성

- 지하에 채굴 공동이 생기면 채굴적의 직상반은 응력해방 상태에 놓이게 되며 지층이 아래로 처지면서 붕괴
- 붕괴는 자립 가능한 응력 아치가 형성되면서 중지되거나, 붕괴된 지층이 암편으로 파쇄되면서 체적팽창을 일으켜 공동을 채울 때까지 상부로 진행
- 이 과정에서 응력 아치의 높이가 상반의 두께를 초과하거나, 붕락고가 안정한 응력 아치의 높이를 능가한다면 붕괴는 지표까지 전이되어 침하가 발생됨

◎ 경사탄층에서의 체적팽창과 붕락고의 관계

- 아치효과를 배제하고 체적팽창에 의해서만 침하를 분석하면 체적 팽창률로부터 간단하게 채굴고와 붕락고의 관계를 유도할 수 있음

$$B = \frac{V_f - V_i}{V_i} = \frac{(V_s + V_v) - V_s}{V_s} = \frac{V_v}{V_s}$$

$$\frac{1}{B} = \frac{1}{4t}(4H\cos\theta - W\sin 2\theta)$$

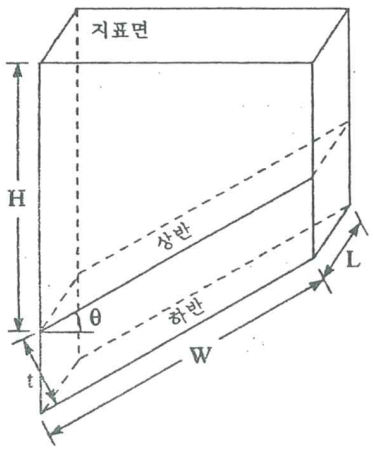
- 상기 식을 붕락대의 기하학적 형상에 따라 적용하면

$$- \frac{H}{t} = \frac{1}{B\cos\theta} + \frac{w}{t}\frac{\sin\theta}{2} \quad : \text{직각 기둥형}$$

$$- \frac{H}{t} = \frac{3}{2B\cos\theta} + \frac{w}{t}\frac{3\sin\theta}{4} \quad : \text{타원형}$$

$$- \frac{H}{t} = \frac{2}{B\cos\theta} + \frac{w}{t}\sin\theta \quad : \text{쐐기형}$$

$$- \frac{H}{t} = \frac{3}{B\cos\theta} + \frac{w}{t}\frac{3\sin\theta}{2} \quad : \text{원뿔형}$$

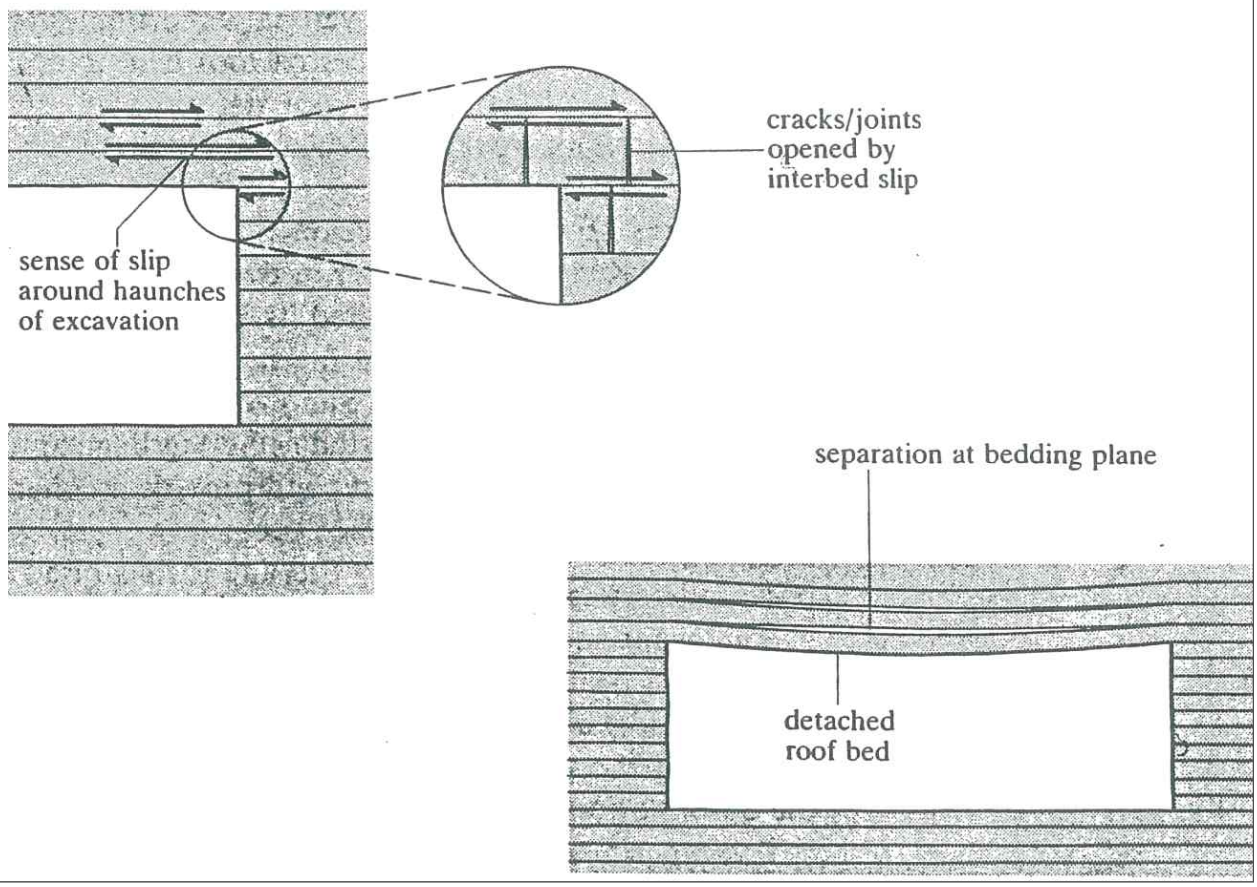


③ 빔-기둥 이론

- 제안자 : Tang & Peng(1983)
- 적용성 : 채굴적의 상반이 다층의 층상암반으로 구성되어 있을 때 각 지층 사이의 층분리 현상에 의해 발생하는 침하예측
- 주요 인사 : 단위 중량, 변형계수

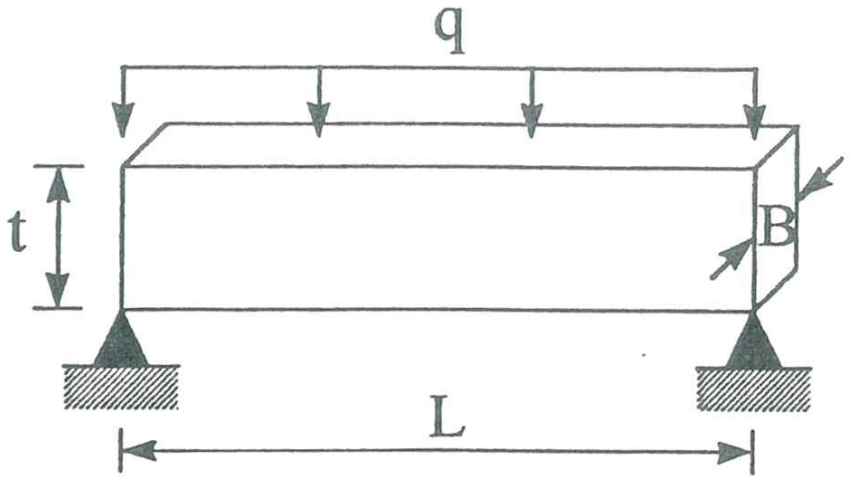
◎ 채굴적 상반의 층분리 현상

- 채굴적 상반이 다층의 평행하게 연속된 층상 암반으로 구성되어 있을 때 각 층의 두께가 채굴 공동의 폭보다 매우 작은 경우 상부의 층상 암반이 밑으로 처지면서 층분리현상을 일으킴



◎ 다층상반의 응력과 휨 변형량

- Tang과 Peng은 수평한 다층 암반에 수평 응력이 작용한 경우에 빔-기둥 이론을 적용하여 휨 변형량 산정 공식 제안
- 채굴 공동의 상반이 다층으로 형성된 경우에 응력 및 휨. 변형량은 다음과 같이 표현됨



$$\gamma_a = \frac{\frac{E_1 t_1^2}{S_1}(\gamma_1 t_1 + \gamma_2 t_2 + \cdots + \gamma_n t_n)}{\frac{E_1 t_1^3}{S_1} + \frac{E_2 t_2^3}{S_2} + \cdots + \frac{E_n t_n^3}{S_n}}$$

$$\sigma_x' = \frac{q_a}{12}(6Lx - L^2 - 6x^2)F$$

$$v_x' = \frac{(q_1 + q_2 + \cdots + q_n)x^2(L-x)^2}{24(\frac{E_1 I_1}{S_1} + \frac{E_2 I_2}{S_2} + \cdots + \frac{E_n I_n}{S_n})}$$

where, γ_a : 최하층의 수정된 단위 중량

σ_x' : 각 층의 휨. 응력

v_x' : 휨 변형량

q_a : 결합된 층에 가해지는 분포하중

n : 층의 개수

q : 단위 길이당 분포하중 ($\gamma \cdot B \cdot t$)

t : 층 두께

E : 변형계수

I : 관성모멘트($B \cdot t^3/12$)

B : 빔의 폭

L : 채굴적의 폭

상기식에 사용된 변수들은 F, S, u, X(u), η(u), λ(u) 등이 있음

④ 한계 평형이론

- 제안자 : Brady & Brown(1985)이 Atkinson의 한계 평형이론을 광산지역의 침하해석에 적용

- 적용성 : 지반을 강체 거동하는 블록 모델로 가정하여 침하에 대한 안전율을 구하고 한계 심도를 결정하는데 적용

- 주요 인자 : 내부마찰각, 점착력, 단위 중량, 측방계수

◎ 적용 방법

- 채굴 공동 상반 블록의 자중에 의한 연직전단응력이 블록과 인접지반 사이의 경계면에 작용하는 전단 강도를 초과하면 블록이 강체 운동을 하여 채굴 공동으로 함몰됨

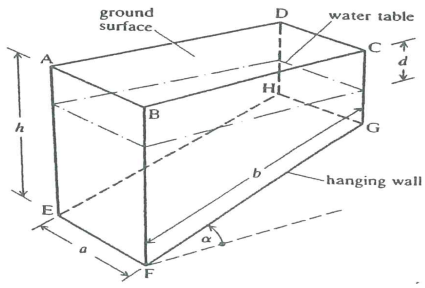
- 유효수직 응력을 심도에 따른 자중 즉, $\sigma_{zz} = \gamma \cdot Z$로, 수평 응력은 $\sigma_{xx} = \sigma_{yy} = k \cdot \gamma \cdot Z$로 가정함. 여기서, k는 측압계수이며 전단강도는 모아-쿨롱의 법칙을 적용

- 침하에 대한 안전율은

- 지하수위가 채굴 공동의 하부에 위치할 경우($d \geq h$)

$$F_1 = \frac{2c'(a+b\cos\alpha)}{\gamma ab\cos\alpha} + \frac{k\tan\phi}{2h-b\sin\alpha}\left\{\frac{h^2+(h-b\sin\alpha)^2}{b\cos\alpha} + \frac{2}{b}\left[h(h-b\sin\alpha + \frac{b^2\sin^2\alpha}{3}\right]\right\}$$

- 지하수위가 채굴 공동에 위치할 경우($h > d \geq h\sin\alpha$)



$$F = F_1 - \frac{2\gamma_w(h-d)^2\tan\phi}{3\gamma b(2h-b\sin\alpha)}\left[\sec\alpha + \frac{2(h-d)}{3a\sin\alpha}\right]$$

- 지하수위가 채굴 공동상부에 위치할 경우($h-b\sin\alpha > d \geq 0$)

$$F = F_1 - \frac{2\gamma_w\tan\phi}{3\gamma(2h-b\sin\alpha)} \times$$

$$\left\{\frac{h^2+(h-b\sin\alpha)^2-2d(2h-b\sin\alpha-d)}{b\cos\alpha} + \frac{2}{3a}\left[3h(h-b\sin\alpha)+b^2\sin^2\alpha-3d(2h-b\sin\alpha-d)\right]\right\}$$

⑤ 확률이론

- 제안자 : Goel과 Page(1982)

- 적용성 : 침하 발생지역의 현장 자료들을 이용하여 유사한 지역에서의 침하 발생 가능성을 평가하는 역해석 방법

◎ 적용 방법

- 채굴적의 높이, 붕락고, 채굴적의 평면적과 같은 기하학적인 변수들의 관계를 선형 관계식으로 정의하고 이 식을 이용하여 유사한 지역에서의 침하 발생 가능성을 분석하는 방법임

- 첫 번째 변수는 채굴고와 심도의 비 : Sink-hole형 침하가 진전되는 높이는 채굴고에 따라 증가함

- 두 번째 변수는 침하 발생지역에서의 단위 면적당 Sink-hole형 침하의 발생 횟수는 채굴적인 평면적에 비례

- 두 변수 간의 상호 관계는

$$\frac{\text{함몰침하의발생횟수}}{\text{채굴적의평면적}} = \mathrm{f}\left(\frac{\text{채굴고}}{\text{채굴적심도}}\right)$$

- 이때 채굴적의 평면적은 붕락고에 대한 채굴고의 백분율을 평면도에 표시하여 같은 값을 가지는 위치마다 등고선으로 연결하여 계산되어지는 등고선 사이의 면적이며 채굴적의 심도와 채굴고는 지질도 및 갱내도를 바탕으로 계산하였음

- Goel과 Page는 두 변수 간의 관계식을 Gumbel의 외항 이론을 이용하여 다음과 같은 관계식을 제안

- 주요 인사 : 침하 발생 횟수, 채굴적 면적, 채굴고, 채굴 심도

$y = \exp[-\exp - a + bx)]$

여기에서 $y = \frac{\text{함몰침하의발생횟수}}{\text{채굴적의평면적}}$, $x = \frac{\text{채굴고}}{\text{채굴적심도}}$

- 위 식을 간단히 하면,

Y=a+bX으로 표현됨

여기에서 Y=-ln(-lny), X=ln(1/x)

- 이 이론은 지질 조건이 유사한 지역에 한하여 적용성이 있다는 점과 함몰 침하의 발생 횟수를 정확히 파악하기 힘들다는 점 등의 한계가 있음

(다) 침하이론에 대한 적용성의 문제점

◎ 지반침하이론 적용의 한계

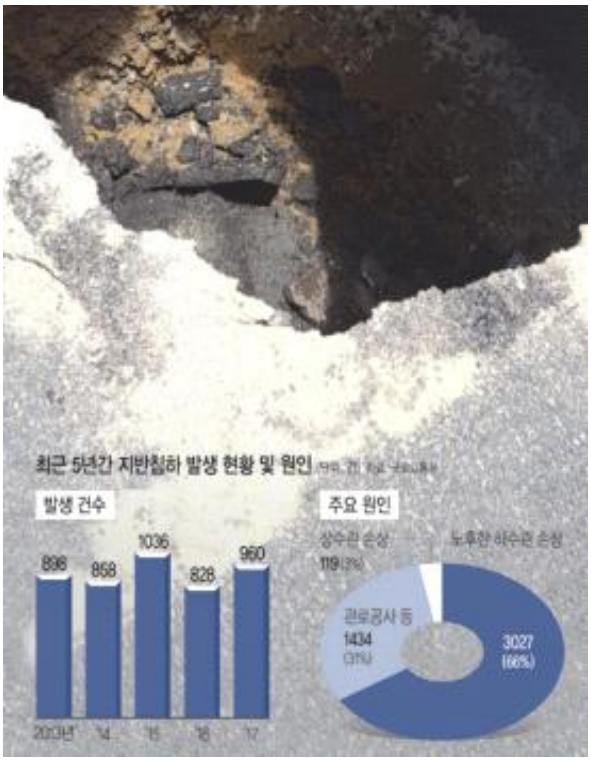
- 지반침하이론은 19C말부터 유럽 등지에서 기본적인 개념 정립이 시작되었으며 연구사례는 지질구조가 단순하고 수평에 가까운 탄층을 장벽식 또는 주방식채탄법을 적용하여 채굴한 지역에 집중되어있음
- 국내의 경우 탄층의 부존 여건 및 채굴법이 외국의 경우와 큰 차이를 보이고 있어 기존의 이론을 그대로 적용하는 데는 한계가 있음
- 국내에서는 80년대 중반부터 기초적인 연구가 시작되어 현재로서는 국내 여건에 적합한 이론의 정립은 미미한 상태임
- 따라서 기존이론을 적용할 때에는 신중히 처리하여야 하며, 대상지역의 제반 조건을 면밀히 검토하고 가능한 한 이들 조건에 가장 근접하는 여러 이론을 선택하여 적용하고 그 결과를 비교분석하는 것이 타당함

표 2-2 이론의 적용성

이 론	적 용 성
도 식 법	- 지하채굴적 자료를 근거로 이 채굴적이 영향을 미치는 지표상의 범위를 설정하여 Trough형 침하의 가능성을 예측하는데 적용 - 지상의 주요 대상 구조물을 기준으로 영향 범위를 설정하고 이 범위내에 지상 구조물의 안정에 영향을 미칠 수 있는 채굴적이 분포하는지를 파악하는데 적용
응력아치 - 체적팽창이론	- 지반이 주로 암반으로 구성된 지질 조건에서 상반 지층의 붕괴에 의한 체적팽창과 채굴적고의 관계를 통하여 붕락고를 추정함으로써 채굴적 붕락에 의한 영향 심도를 예측하는데 적용
빔-기둥 이론	- 채굴적의 상부지반이 다층의 층상 암반으로 구성된 경우 이들 지층이 층분리를 일으켜 채굴적으로 처지면서 발생하는 침하와 그 영향 심도를 예측하는데 적용
한계평형법	- 고경사 절리가 발달해 있는 지반 조건에서는 이들 절리면을 따라 지반이 채굴적으로 함몰할 수 있으므로 이에 대한 안정성을 평가하고 그 한계 심도를 구하는데 적용
확률이론	- 본 과업 지역과 지질 및 채굴조건이 유사한 지역에서 시행된 연구 결과를 적용하여 침하 발생 가능성을 평가하는 데 활용 가능

(3) 국내 지반함몰의 주요 원인분석

여름철 집중호우로 인해 지반이 약해지면서 땅 꺼짐 현상이 발생하는 등 전국 곳곳에서 지반함몰에 대한 공포가 커지고 있다. 지반함몰은 지난 2017년 국내에서만 하루 2.6개소가 발생했다. 한반도가 아열대성 기후로 바뀌면서 집중호우에 따른 지질 변화가 예상돼 땅 꺼짐 현상은 더욱 빈번하게 나타날 것으로 전망된다. 최근에는 도심지에서 주로 발생하는 노후 상·하수도관 파손이나 부실 공사 등으로 흙이 빠져나가면서 땅이 내려앉는 '지반함몰'이 많이 발생하고 있는 실정이다. 금천구 가산동의 한 아파트 인근에서 강한 비에 지반이 약해져 가로 30m, 세로 10m, 깊이 6m의 대형 지반함몰이 발생해 주민들이 불안에 떨어야 하는 경우도 있었고, 동작구 상도초등학교 유치원 건물이 기울어지는 등 사회적으로 지반함몰에 대한 문제점 이슈가 대두되고 있다.



최근 2013년부터 2017년 까지 5년간 지반함몰 발생 현황 및 원인에 대한 국토교통부 자료를 확인해 본 결과 노후 하수관 손상으로 인한 지반함몰이 3,027건으로 66%, 관로공사로 인한 지반함몰이 1,434건으로 31%, 상수관 손상이 119건으로 3%로 확인되었다.

그림 2-3 지반 침하 발생 현황 및 원인 (출처: 국토교통부)

이러한 지반함몰은 갑자기 땅이 꺼져 행인이나 운전자들이 미처 구멍을 발견하지 못해 사고로 이어지는 경우가 빈번하다. 2012년 2월 18일 인천 서구 왕길동 한 아파트 앞에서 6차선 도로가 무너져 내려 미처 싱크홀을 발견하지 못한 50대 오토바이 배달원이 땅속으로 떨어져 사망하는 사고가 있었다. 그 지반함몰은 인천지하철 2호선 공사로 인해 발생했으며 지름이 10m, 깊이가 26m에 달했다. 2018년 여름철에 내린 집중호우로 경기 의정부시의 화룡

사로 가는 시멘트 포장도로가 깊이 5m가량 함몰이 발생하여 이곳을 지나던 지게차가 추락해 운전자 1명이 다치는 사고도 발생하였다.

2014년 9월 싱크홀 진단과 대책 정책 토론회 자료를 참조하여 서울시 연도별 지반함몰 발생 건수를 확인해 본 결과 2010년부터 2017년까지 서울시의 지반함몰 발생 건수는 연평균 20% 이상 증가하는 것을 확인해 볼 수 있다.



그림 2-4 서울시 연도별 지반 함몰(출처:싱크홀 진단과 대책 정책 토론회 자료)

국내에서 지반함몰은 2014년 8월 송파구 석촌호수에서 발생한 이후 사회적 이슈로 대두되었다. 하지만 사실상 지반함몰은 2010년 435건, 2011년 573건 등 상기 그래프와 같이 이미 발생하고 있는 실정이었다. 문제는 매년 20% 이상씩 늘어나고 있는 것이고, 향후 대형 재난의 위험성이 있기 때문에 명확한 원인 파악이 중요하다.

서울시에 따르면 국내 도심지 지반함몰 발생은 약 84%가 하수관 손상으로 인한 것으로 조사되었다. 그 외의 원인으로는 인접 굴착공사 등 기타 시공이 14%, 상수관 손상이 2%로 뒤를 이었다. 하수관 손상의 원인은 노후화이다. 하수관이 설치된 전체 연장별로 조사한 결과 30년 이상 된 하수관이 5,023km로 전체의 48%를 차지했고, 20년~30년이 2,597km로 25%, 10년~20년이 1,454km로 14%, 10년 이내가 1,316km로 13% 조사 되었다. 노후된 하수관을 교체하지 않으면 노후화는 계속 진행되고, 이로 인해 지반함몰은 계속적으로 발생할 수 있다. 따라서 노후 하수관에 대한 정밀진단 및 이를 위한 보수 방법을 강구하여 지반함몰을 예방하는 것이 우선적인 과제이다.

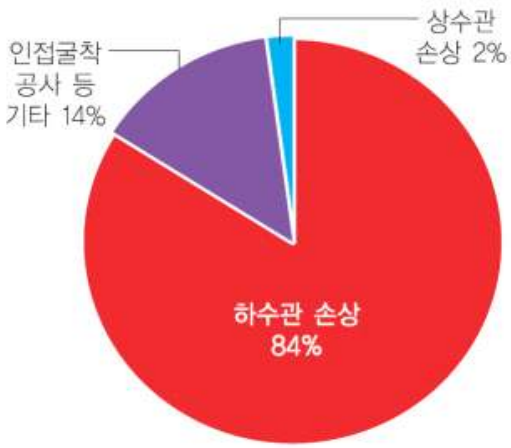


그림 2-5 서울시 지반함몰 발생원인 분석

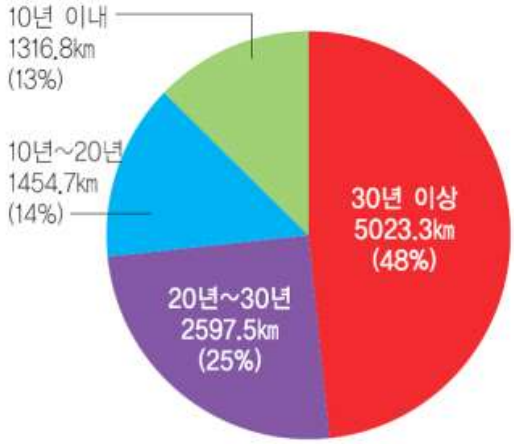


그림 2-6 서울시 하수관 경과 년수
(출처: 싱크홀 진단과 대책 정책 토론회 자료)

도심지 지반함몰의 또 다른 원인은 굴착공사에 의한 것이다. 굴착공사로 인한 지반함몰은 지반조사 부실(27%), 가시설구조제 불안정(20%), 차수·배수·지하수(20%), 시공상 불안정(14%), 과다 굴착(7%), 보일링·히빙(5%), 관리 소홀(5%), 사면활동(2%)이 원인으로 조사 됐으며, 대부분 설계나 시공의 잘못으로 비롯된 사례가 많았다. 이는 제도적으로 공사의 시공 및 설계에 대한 감시를 철저히 하고 공사를 진행하는 관리자가 부실 공사를 방지하려고 노력한다면 지반함몰에 대한 사고는 줄어들 수 있을 것으로 생각된다.

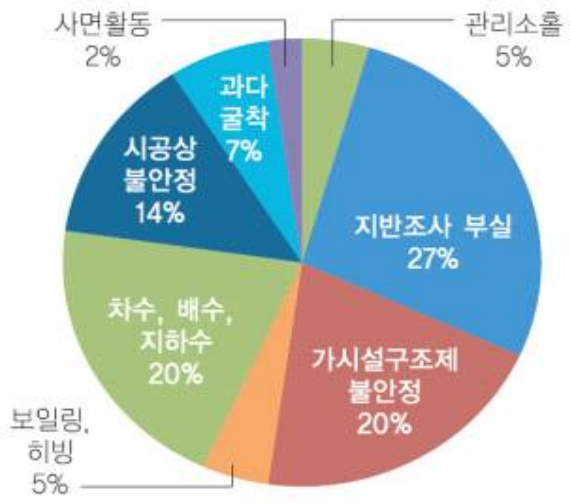


그림 2-7 서울시 굴착공사로 인한 지반함몰 원인



그림 2-8 서울지하철 9호선(상성중앙역)
부실시공 하수관에 의한 지반 침하

서울시 행정 구역별로 지반함몰의 발생 횟수로 조사한 결과 송파구가 866건으로 가장 많았고, 구로구가 284건으로 뒤를 이었다. 종로구, 서대문구, 중구, 용산구 등의 도심지에서도

상당수 발생했다. 지역별 발생 횟수는 지반 특성, 하수관의 길이(밀도)와 노후도, 지하 공간의 개발 정도 등과 밀접한 관련이 있다. 최근 지반 함몰사고가 잇달아 발생하며 관련 유관단체에서 여러 조사대책을 시행해 왔다. 환경부는 5월부터 2016년 말까지 설치된 지 20년이 경과하거나, 대형 공사장에 인접한 하수도 4만km에 대해 육안 및 CCTV 조사를 시행하고, 조사 후에는 침하 발생 우려 지역에 하수관로 교체 및 개량을 실시할 계획이다. 서울시에서는 지난해 말 GPR(Ground Penetrating Radar) 탐사를 실시하고, 발견된 공동에 위험 등급을 부여해 관리 및 조치를 취한 바 있다. 국토교통부는 3D 지하지도 작성, 지하개발 안전관리 강화 등 지반 침하 예방대책을 마련하고 있다. 다만, 지반 함몰사고는 2014년 이전에도 지속적으로 발생해 왔다는 의문점을 고려했을 때 이러한 관련 대책들이 사고 발생 후에야 제기되기 시작했다는 문제점이 있다고 생각되어진다.



그림 2-9 지반함몰 발생원인, 출처: 서울시)

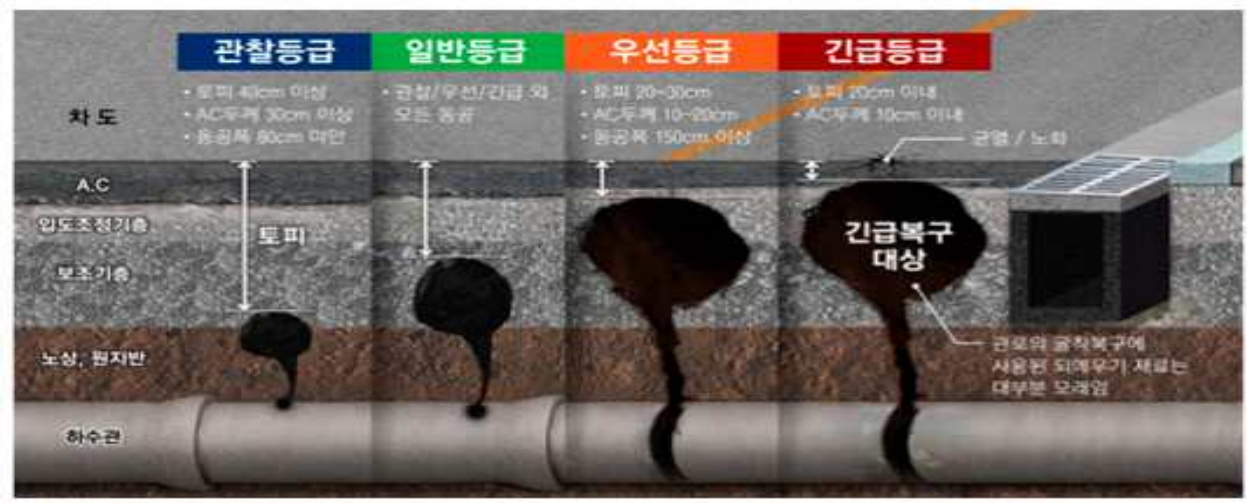


그림 2-10 서울시 동공 관리 등급, (출처: 서울시)

나. 지반함몰에 대한 복구기술 조사

(1) 그라우팅 공법의 종류 및 분류

그라우팅 공법은 주입재, 주입방식, 주입목적에 따라 분류 방법이 달리 적용되고, 일반적으로는 주입방식에 따른 분류가 많이 사용된다. 주입방식은 크게 고압 분사 주입, 저압(침투) 주입, 기계식 교반, 말뚝 타설, 기타 등으로 구분된다. 고압 분사 주입공법은 중·대형 장비를 활용한 대규모 공사에서 많이 활용하여 시공성과 효율성이 우수하고 균일한 품질을 유지하는 장점을 지녔지만, 공사비가 비싸고 타 공법에 비해 슬라임(Slime)이 많이 발생하며, 초고압으로 주입하기 때문에 지반이 융기하는 등의 문제가 발생할 소지가 있다. 저압(침투) 주입공법은 세부 공법의 차수 효과가 뛰어나지만 환경 문제에서 자유롭지 못하다. 저유동성 모르타르 주입공법은 유동성이 적은 주입재를 지중에 주입하여 주변 지반을 압축·강화 및 충전시키면서 지반의 강도를 증진시키는 공법으로써, 소형장비를 사용하기 때문에 작업공간에 제약이 없고, 고결체 강도가 커서 구조 안정성이 우수하다. 한편 기계식 교반 공법은 차수 효과가 가장 훌륭하고 공사비가 비교적 저렴한 장점을 지닌 반면, 대형장비를 사용하기 때문에 협소한 장소에서는 시공이 불가능하고 심도가 깊을 경우 중첩 효과가 저하되는 단점이 있다.

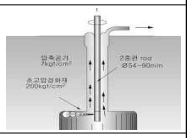
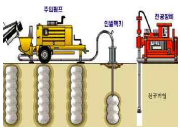
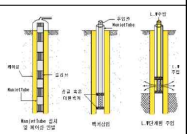
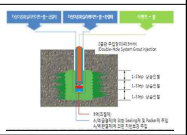
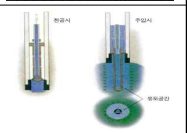


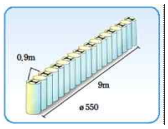
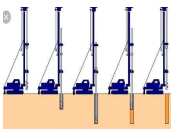
그림 2-11 주입방식에 따른 그라우팅 공법 분류

주입방식별로 장단점이 존재하기 때문에 보강할 지반의 여건에 따라 적용할 공법을 선택하여 시공한다. 본 연구개발과제에서 도출하고자 하는 결론은 지반함몰 발생

시 모래 수준의 투수 계수를 확보한 기포콘크리트를 그라우팅 충전하는 방식을 채택하고, 그 성능을 검증해 보고자 한다. 이에 관련 유사 기술들에 대해 주입방식, 공법 종류, 특징에 대해 한번 조사해 보았다.

표 2-3 보강공법 종류

주입방식	공법 종류		특징
고압 분사 주입공법	J.S.P 공법		• 주입관 선단부 모니터 노즐을 통한 고압 분사와 동시에 상부로 회전 인발시 지중에 원주형의 조성체 형성
	S.Q.J 공법		• 선단부의 고압 분사와 동시에 선단부가 굴절 요동하면서 인발시 사각형상의 조성체 형성
정적 압입/ 저유동성 모르타르 주입공법	C.G.S 공법		• 연약한 지반 및 사석층을 천공 후 단관 케이싱으로서 슬럼프치 모르타르 주입재를 아날로그 방식으로 지중에 주입하여 지반을 보강 및 충전하는 공법
	T.C.S 공법		• 연한한 지반 및 사석층을 천공 후 저 슬럼프치 모르타르 주입재를 클라우드기술을 이용하여 지중에 다중 동시 주입하여 지반을 보강 및 충전하는 공법
저압 (침투) 주입공법	C.W.G 공법		• C.W.G 약액의 주입재를 공저부터 1Step식 주입하면서 인발하면서 대상지층의 공극 내에 충전
	J.C.M 공법		• J.C.M 약액의 주입재를 공저부터 1Step식 주입하면서 인발하면서 대상 지층의 공극 내에 충전
	L.W 공법		• 주입관의 내부로 Y자형의 주입관과 팩커 설치에 의한 L.W 주입재를 지층 공극 내에 충전
	N.D.S 공법		• N.D.S 약액의 주입재를 공저부터 1Step식 주입하면서 인발하면서 대상 지층의 공극 내에 충전
	S.G.R 공법		• S.G.R 약액의 주입재를 공저부터 1Step식 주입하면서 인발하면서 대상 지층의 공극 내에 충전
기계식 교반 공법	D.W.M 공법		• 혼합날개를 이용하여 계획 심도까지 천공하여 지반 개량재를 주입과 동시에 회전·인발하여 현지토와 혼합 개량

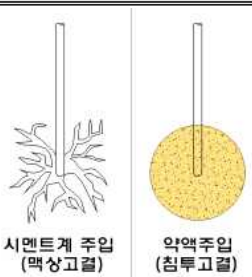
주입방식	공법 종류		특징
	I.B.F 공법		• 3축 오가 장비의 회전축을 종방향으로 시공하는 장비를 사용하고 지반개량재를 주입하면서 현지토와 혼합 개량
	S.C.W 공법		• 시멘트밀크의 주입재를 주입과 동시에 회전·인발하는 방법으로 현지토와 혼합 개량
	S.R.T 공법		• 지반개량재를 주입과 동시에 회전·인발하여 현지토와 혼합 개량

(2) 싱크홀 복구 공법 및 현황

일반적인 싱크홀의 북구 방법은 채움재료 즉 일반적인 흙 등을 사용하여 발생한 싱크홀을 메우는 공법과 약액, 시멘트 등 주입 재료를 사용한 그라우팅 공법을 통하여 복구하는 방법, 이 두 가지 공법을 병행하여 시행하는 방법 등이 주로 사용되고 있음.

본 연구과제인 『10^{-4}cm/sec 이상의 투수 성능을 보유한 토목용 프리믹스 충진재 개발 및 사업화』에서 개발된 충진재는 기존 그라우팅 주입재의 재료 분리 및 유실, 플랜트 설치 시간에 따른 긴급 복구의 어려움, 지하수 흐름을 방해하는 등의 단점을 보완하는 방향으로 개발이 추진되고 있음.

표 2-4 싱크홀 복구 방법

구분	되메우기	일반 그라우팅	투수 채움 그라우팅
모식도			 
주입재료	흙, 골재	약액, 시멘트	경량투수성 충진재
장점	-소규모 싱크홀 발생 시 긴급 복구 가능	-비개착 보강이 가능 -초속경용 주입재 사용으로	-기존 지하수의 흐름에 영향 없이 친환경적 복구가

	-흙과 같은 일반재료 사용으로 경제적	긴급 복구 가능	가능 -소규모 장비로 긴급 복구 가능 -지하수에 의한 주입재의 분리 및 유실 없이 보강이 가능
단점	-개착으로 인한 원지반 교란에 따른 지반 강도 저하 -지하수에 의한 토사 유실 -다짐에 따른 지중구조물에 악영향 -추가 침하 발생 우려	-지하수에 의한 주입재의 분리 및 유실 우려 -플랜트 설치에 따른 준비기간이 필요함 -주입압에 의한 근접 구조물에 유해한 영향이 있을 수 있음	-경제성 확보 필요

(3) 복구 보강공법

(가) 보강공법

① 침하 영향권 설정 및 영향 심도 계산

• 보강공법설계에 대한 기초자료로 활용하기 위하여 지반 침하 이론에서 제시한 이론들을 검토하여 침하 영향권과 영향 심도를 적용 적정성을 검토하였다.

◎ 이론의 적용

• 영향권 설정

- 도식법 : 지상의 주요 대상 구조물을 기준으로 한계각을 적용하여 영향 범위를 설정하고 그 범위 내에 대상 구조물의 안정에 영향을 줄 수 있는 채굴적의 존재 유무와 규모파악. 단, SEH가 제시한 한계각은 주로 유럽지역의 20°미만의 저경사 탄층에서 수집한 자료에 근거한 것으로 본 과업 지역의 탄층부존 여건에는 부적합하다고 판단하여, 본 검토에서는 자료수집 지역이 광범위하고 60°정도의 고경사 탄층까지 사례를 수집한 Ren, Reddish & Whittaker의 한계각을 적용함

• 영향 심도 계산

- 응력 아치-체적팽창이론 : 이 이론은 본 과업구역과 같이 지반이 주로 암반으로 구성된 지역에서 Sink-hole형 침하를 예측하는데 적합한 이론으로 채굴적 상부지반이 붕괴하여 암편으로 분리되면서 발생하는 체적팽창과 채굴적고의 상관관계에서 붕락고를 추정

- 한계 평형 이론;; 이 이론은 침하는 지반의 자중과 주변 지반과의 접촉면에서 발생하는 마찰저항의 관계를 통해 안전율을 구하는 이론으로 본 검토에서는 안전율 1.0일 때의 심도를 구하여 이를 채굴적으로 부터의 영향심도로 설정함

• 보강범위검토

- 도식법 : 지하채굴적을 기준으로 한계각을 적용하여 침하범위를 설정하고 제시된 보강범위가 이 범위내에 포함되는지를 검토하여 보강범위의 적정성 여부 판단

(나) 그라우트 충전법

• 그라우트 충전법은 채굴적과 상부지반의 충전시켜 채굴적과 공극으로부터의 파괴발달을 원천적으로 방지하는 공법으로 일반적으로 적용되고 있는 공법들을 비교 검토하면 다음과 같다.

표 2-5 보강공법 분류

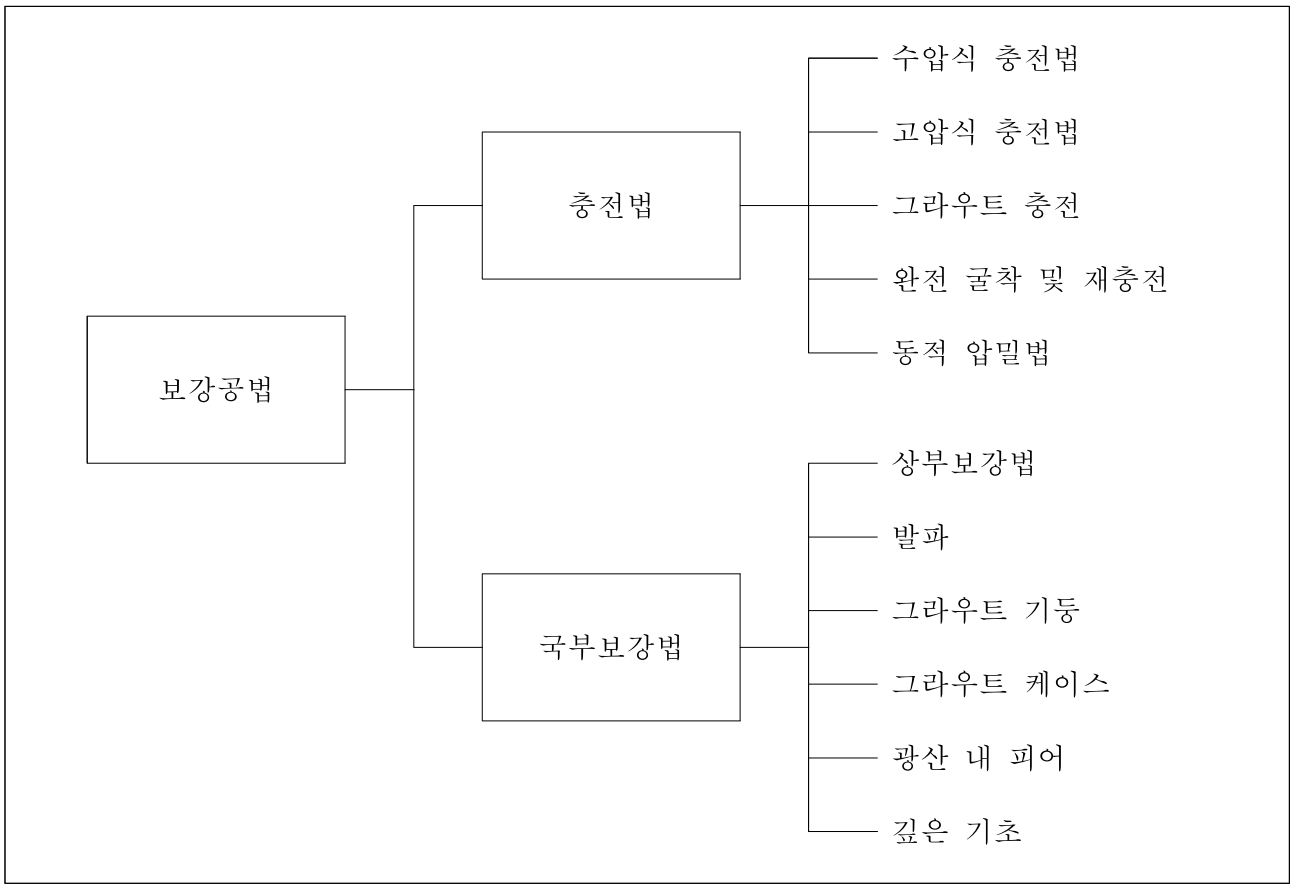
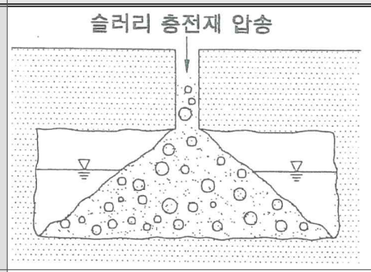
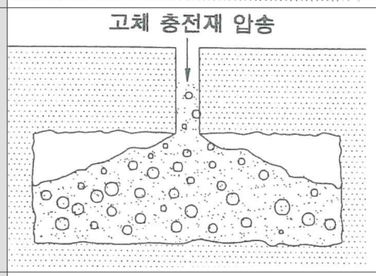
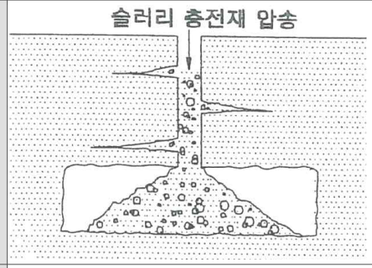
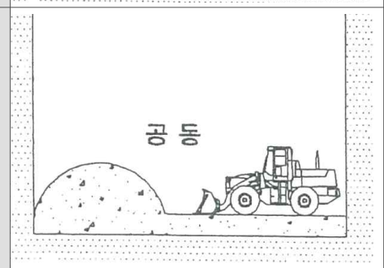
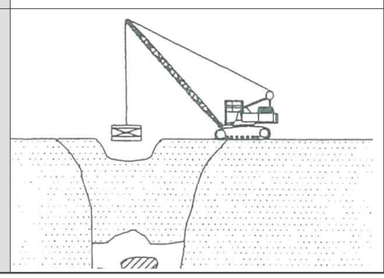
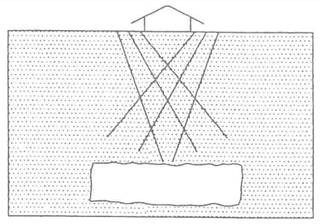
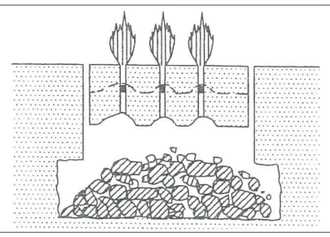
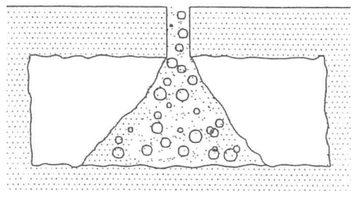
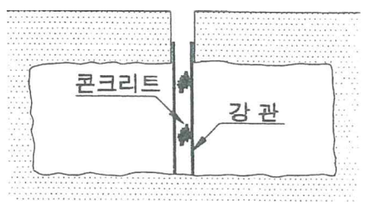
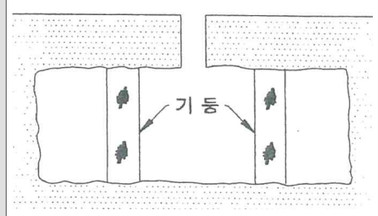
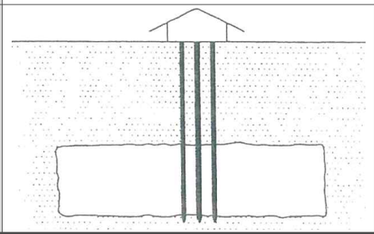


표 2-6 그라우트 충전 공법 비교

구 분	C.G.S	S.I.G	시멘트몰탈 그라우팅
공 법 개 요	• 저유동성 몰탈을 방사시켜 고결체 기둥 형성	• 고압의 물과 공기로 지반을 절삭 굴착한 후 시멘트 밀크를 분사하여 고결체 기둥 형성	• 채굴적은 시멘트 몰탈, 채굴적 상부의 공극은 시멘트 밀크를 주입하여 충전시킴
시 공 순 서	① 천공 ② 주입관 설치 ③ Sealing ④ 저유동성 몰탈주입	① 천공 ② 고압의 물과 공기로 지반 절삭 ③ 시멘트 밀크분사	① 천공 ② 철근망과 강관 슬래브 설치 ③ Sealing ④ 시멘트 몰탈 주입 ⑤ 시멘트 밀크 주입
주재료	시멘트	시멘트	시멘트 및 모래
장·단점	• 주입재가 주변 지반을 압축 강화시킴 • 함몰된 공동에서는 고결체 기둥이 제대로 형성되지 않음	• 주변 지반이 연약한 경우 비교적 큰 고결체 형성 가능 • 고압수로 인해 채굴적 붕괴 가능성 있음	• 큰 공극과 작은 공극을 모두 충전시키므로 충전 효과 우수 • 주입관으로 강관을 사용하므로 충전뿐만 아니라 Micro Pile과 같이 지반 봉합 및 보강 효과 발휘

(다) 보강공법 비교

구 분	공 법	개 요 도	공 법 개 요	재 료	장 점	단 점	시공상 유의점
충 전 법	수 압 식 충 전 법		• 물을 이용하여 입자형 재료를 slurry형태로 이송시켜 공동을 충전시킴	• 골재, 모래, 광산폐기물, Fly ash 등	• 많은 양의 재료를 단기간에 충전가능 • 펌프압송이므로 작업공 주변에 중기계류가 접근하지 않음	• 충진재의 관리 곤란 • 충전의 정도는 충전물질의 안식각에 좌우됨 • 많은 양의 물을 사용하므로 공동 내 배수가 안 되는 경우 별도 배수 처리 필요	• 탄층의 경사가 심한 곳에서는 충진재의 유출을 방지하기 위해 차단벽 필요함
	공 압 식 충 전 법		• 공기압에 의해 충전물을 이송시켜 공동을 충전시킴	• 골재, 모래, 광산폐기물, Fly ash 등	• 충전성이 좋음 • 수압식 충전법에 비해 배수처리 문제없음	• 금속 광산에서 사용되고 폐탄광 충전에는 사용이 제한됨 • 대규모 공동에는 적용성 없음	• 수압식 충전법보다 장비가 더 필요함
	그라우트 충 전		• 시멘트를 혼합한 충진재를 slurry형태로 이송시켜 공동 및 암석층의 충전시킴	• 시멘트, 모래, 골재, Fly ash, 벤토나이트 등	• 충진재의 강성이 좋음 • 충전 효과 좋음	• 공사비가 고가임	• 대공동은 콘크리트 충전, 소공동은 몰탈충전 유리
	완전굴착 및 재충전		• 공동을 노출시킨 후 충전시킴	• 토사	• 공동의 심도가 얕은 경우 효과적임 • 확실한 충전 방법	• 상부 구조물이 있는 경우 적용 불가 • 공동심도가 깊은 경우 적용 곤란 • 중장비 접근 가능해야 됨	• 건조 공동에 적용함
	동 적 압 밀 법		• 공동상부 지반에 높은 에너지의 타격을 가하여 강제적으로 지반을 함몰 충전시킴 • 함몰부는 성토함	• 토사	• 공동의 심도가 얕고 공동 상부지반이 약한 경우 효과적임 • 경제적임	• 지상 및 주변에 진동에 영향받는 구조물이 없어야 됨 • 중장비 접근 가능해야 됨 • 함몰된 부분에 추가적인 지반보강 필요함	

구 분	공 법	개 요 도	공 법 개 요	재 료	장 점	단 점	시공상 유의점
국부보강법	상부보강법		• 공동 상부지반에 그라우팅 또는 micro pile을 시공하여 침하 및 과도한 부등침하를 감소시키고 붕괴의 전파에 의한 함몰 차단시킴	• 그라우트재 • 철근 등	• 지상에서 시공 • 시공간편 • 부분적인 지반이나 구조물 보강 시 경제성 좋음	• 침하를 완전히 억제 시키기 위해서는 공사비 다소 고가임	
	발 파		• 공동 상부지반을 발파하여 발차석이 자중에 의해 공동에 충전되도록 함	• 토사	• 공동심도 얕은 경우 효과적임	• 발파에 따른 위험성 있음 • 주변에 구조물 있을 경우 적용 곤란 • 고가이며 함몰된 부분에 추가적인 보강 필요함	• 발파진동에 의한 주변 건물 안전성 검토 필요함
	그라우트 기 둥		• 시추공을 통하여 골재투입 후 그라우트재를 주입하여 공동 내에 기둥을 형성시킴	• 시멘트, Fly ash, 모래, 자갈	• 지상에서 시공 • 시공 간편	• 주입재의 주입상황 파악 곤란 • 상반과의 접촉율 불량	
	그라우트 케 이 스		• 공동 하부부터 공동 상반 일정 부분까지 강관을 설치한 후 콘크리트를 타설하여 기둥을 형성시킴	• 강관 • 콘크리트	• 지상에서 시공	• 일시적 함몰방지 • 대형 크레인 등이 작업구역에 접근	
	광 산 내 피 어		• 공동 내에서 기둥을 설치하여 공동상부 암반을 지지시킴	• 콘크리트 • 골재	• 공동상태를 확인하면서 작업 가능	• 일시적인 함몰방지 • 공동 내 작업이므로 작업성 제한되고 위험함	• 상부 암반의 자립성이 있어야 됨 • 기둥과 상부 암반의 접촉부 충전 필요함
	깊은 기초		• 파일을 공동 하반의 안정층까지 설치하여 상부 구조물을 직접적으로 지지시킴	• 강관 Pile • 콘크리트 Pile	• 구조물 지지 효과 확실함 • 지상에서 시공	• 공동심도가 깊을 경우 비경제적임 • 보강대상 공동 하부에 다른 공동있을 경우 적용 곤란 • 기존구조물 보강에 부적절	• 천공 후 파일 설치할 때 슬라임 처리 확실히 해야 함

(라) 주입 재료에 의한 분류

- 일반적인 주입공법의 주입 재료는 광의의 약액과 협의의 약액 2가지로 나누어 볼 수 있는데 전자는 현탁액 형의 비약액계를 말하며, 후자는 약액계를 말한다.

- 비약액계의 가장 대표적인 시멘트는 강도나 경제적인 면에서 보아 가장 일반적이긴 하지만 조립토 이외에는 주입되지 않으며 경화시간이 길어 긴급을 요하는 용수, 누수 등의 지하수 처리나 유수 중에서의 주입 효과는 기대할 수 없게 된다. 더욱이 입자로 되어 있어서 암반의 균열이 협소하거나 연장거리가 멀 경우는 주입 효과는 기대할 수 없다.

- 일반적인 물유리계, 고분자계의 약액은 점성이 낮고 입자가 아니어서 시멘트로는 기대할 수 없는 협소한 균열 깊숙이까지 주입 충전될 수 있으며 시멘트와의 병용으로 부족한 강도를 증대시킬 수도 있다. 그러나 현재 고분자계 약액은 주입으로 인한 공해 문제로 특수한 목적 외에는 거의 쓰이지 않고 있으며 대부분 물유리계만이 쓰이고 있다.

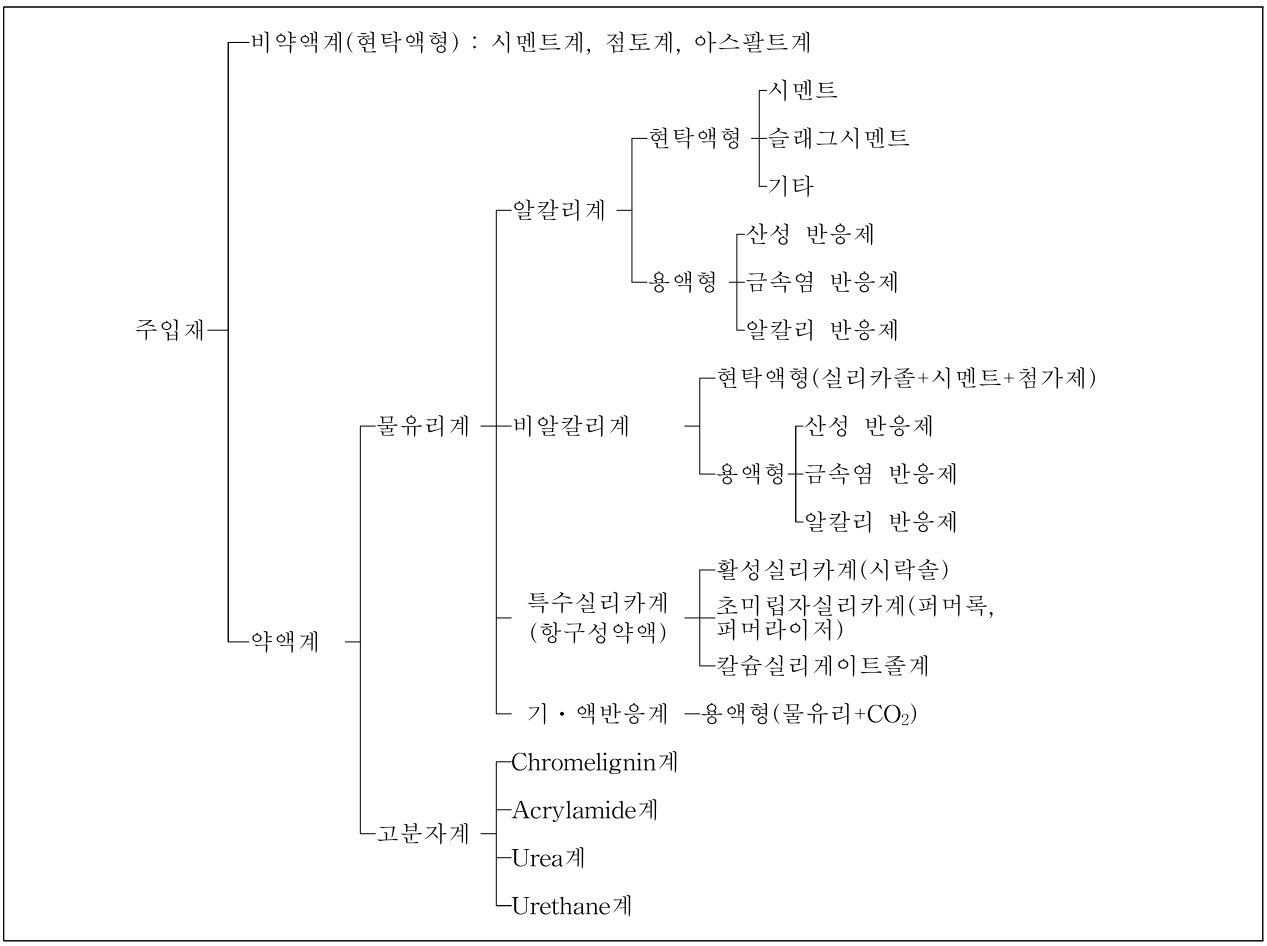


그림 2-12 재료에 의한 분류

- 현재 공동보강 및 싱크홀 보강시에는 발생된 넓은 빈 공간을 채우고 원지반보다 큰 강

도 및 내구성을 가진 현탁액형인 시멘트 페이스트 또는 몰탈 등을 주 주입 재료로 쓰고 있음.

(마) 주입 방법에 의한 분류

① 주입재의 혼합방식에 의한 분류

- 주입재의 gel time의 길고 짧음에 따라 1 shot, 1.5 shot, 2 shot의 세가지 혼합방식이 사용되고 있다. 보편적으로는 1.5 shot 방식을 사용되어지고 있으나 지하수 유속이 크지 않을 경우에는 1 shot 방식을 쓰며, 용수 및 누수가 많을 경우에는 2 shot 방식이 상용된다.

표 2-7 혼합방식에 의한 분류

혼합방식	특 징
1 shot	·한 개의 믹서로 충분히 혼합하면 균일한 주입재가 얻어진다. ·gel time이 긴 주입재에 사용된다.
1.5 shot	·주입지점 부근에서 Y자관 등으로 A재와 B재를 합류하여 지반에 주입하는 방식으로 gel화 시간이 비교적 짧은 주입재에 사용된다.
2 shot	·주입관의 토출공 부근에서 합류 및 혼합하여 지반에 주입하는 방식으로 gel화 시간이 짧은 주입재에 사용된다.

(바) 주입관의 설치 방법에 의한 분류

① 단관 rod 주입공법

- 시기적으로 주입공법 중 가장 오래된 이 방법은 1.5 shot방식을 적용하고 있으며 별도의 주입관을 설치하지 않고 보링 로드를 그대로 주입관으로 이용하는 것으로 착공 작업의 종료와 함께 바로 주입작업으로 시행되기 때문에 작업이 간단하고 경제적이다. 그러나 주입재의 전량이 주입관 선단에서 토출되므로 주입 저항이 증가하는 점과 롯드 주변과 지반 사이의 공극을 따라 주입재가 지표면으로 유출되며 의도하지 않은 구간에도 주입이 되는 단점이 있다. 따라서 암반의 균열에 대한 주입을 제외하고는 사용되는 예가 적어지고 있다.

② strainer주입공법

- 측벽에 직경 2~5mm 정도의 구멍이 많이 뚫린 일명 strainer관이라 불리는 주입관을 이용하여 주입하는 공법으로서 각 구멍을 통하여 주입하는 다유선평면 주입방식이기 때문에 주입압은 상당히 떨어지지만 균일한 침투가 가능하다. 이 공법은 하강식 스텝주입에 의해 주입재의 지표 유출이 억제되며 토층 구성에 따라 스텝의 분할이 가능하고, 주입관의 설치 및 주입작업이 독립되어 있어 작업의 효율성이 높으며 여러 주입공을 동시에 주입할 수

있으므로 인접 공과의 상승효과를 기대할 수 있는 장점이 있다. 반면 주입관의 가공작업과 설치작업이 필요하며 주입단가가 rod주입에 비해 높으며, 경제심도가 20m 정도로 주입 심도에 한계가 있고 주입관을 원칙적으로 회수하지 않으므로 차후 굴착작업을 할 때 어려움이 있는 단점이 있다.

③ 이중관 double packer주입공법

- 프랑스에서 개발된 Soletanche Tube-a-Manchette공법이 그 원형인 이 공법은 일정 간격으로 구멍이 뚫려 있고, 고무슬리브로 피복된 외관을 지중에 고정한 뒤 double packer를 장착한 내관을 외관 소정의 위치에 삽입하고, 관 밖에서 혼합한 그라우트 액을 압송하여 주입하는 공법이다. 본 공법은 불균질한 지반을 포함하여 대부분의 토질에 적용 가능하며 각 주입 포인트를 임의의 시기에 수압시험이나 시험 주입으로 체크할 수 있어서 시공관리 및 주입 효과 판정이 용이하다. 또한, 지상으로 분출하는 것을 방지하기 위하여 슬리브 파이프와 보링 공벽 사이를 먼저 그라우팅하고 슬리브 파이프 속에 packer를 실시하는 것에 의해 반복 주입이 가능하며 단위 토출량을 적게 하여 비교적 긴 gel time을 이용하기 때문에 높은 침투성을 얻을 수 있는 공법이다.

④ 이중관 rod 주입공법

- 이중관 rod 주입공법은 gel time이 수 초 정도로 매우 짧기 때문에 2 Shot방식이 이용된다. 이중관 Rod를 이용하여 A액과 B액을 별도로 압송하며 이중관 rod의 선단에 있는 특수 장치에서 합류 또는 혼합시켜 지반 내로 분사시킨다. 2 shot방식에 이용한 순결성 물유리 약액을 주입하는 방식은 굴착부의 국부적 용수를 멈추게 하는 데 효과가 있다.

⑤ 특수 이중관 주입공법

- 일본 건설성 토목연구소에서 개발된 공법으로,1개의 주입관으로 순결형 주입과 gel time이 긴 침투주입 등 2종류의 주입을 가능하게 한 주입공법이다. 즉, 특수한 이중관을 써서 소정의 깊이까지 보링한 후 우선 순결 배합의 약액을 1차로 주입하여 팩커효과를 얻은 후 계속해서 gel time이 긴 배합액을 주입하는 방법으로 필요시 1차 주입과 2차 주입의 공정을 반복함으로써 한정된 범위 내에 균질한 고결이 이루어지도록 한다.

⑥ 고속분사 주입공법

- 고속분사 주입공법은 고속회전의 보링기계의 Rod선단에 특수한 노즐을 장착시켜 지중에 지반을 절삭하고 주입재를 고속으로 분사시켜 지중의 절삭된 토립자와 혼합 교 반하거나 치환하여 개량체를 조성하는 공법으로 차수 및 지반 강화를 목적으로 개발되어 왔으며,

차수 목적 또는 지반 강화를 목적으로 실시되고 있다.

- 기계발전에 따라 400~700kg/㎠정도의 초고압 펌프가 개발되어 분출수력이 더욱 커지고 또한 분사 시스템의 개량으로 초대형 직경(1.2~3.0m)을 갖는 개량체를 조성하는 것이 가능해졌다. 이는 젯 그라우팅의 기본원리에 그동안 축적된 기술을 바탕으로 개발한 분사 시스템을 합하여 더욱 개량 발전시킨 공법으로 초고압 분류체가 갖고 있는 운동에너지를 이용하여 지반의 조직구성을 파쇄하고 파괴된 토립자와 경화재를 혼합교반하거나 경화재로 치환하여 초대형 고결체를 조성하는 방식으로 진행된다.

- 고압 분사 주입공법은 장비, 분사압력, 시공 방법에 있어서 CCP공법 → JSP공법 → RJP공법 → FJS공법으로 발전단계를 거쳐 왔다.

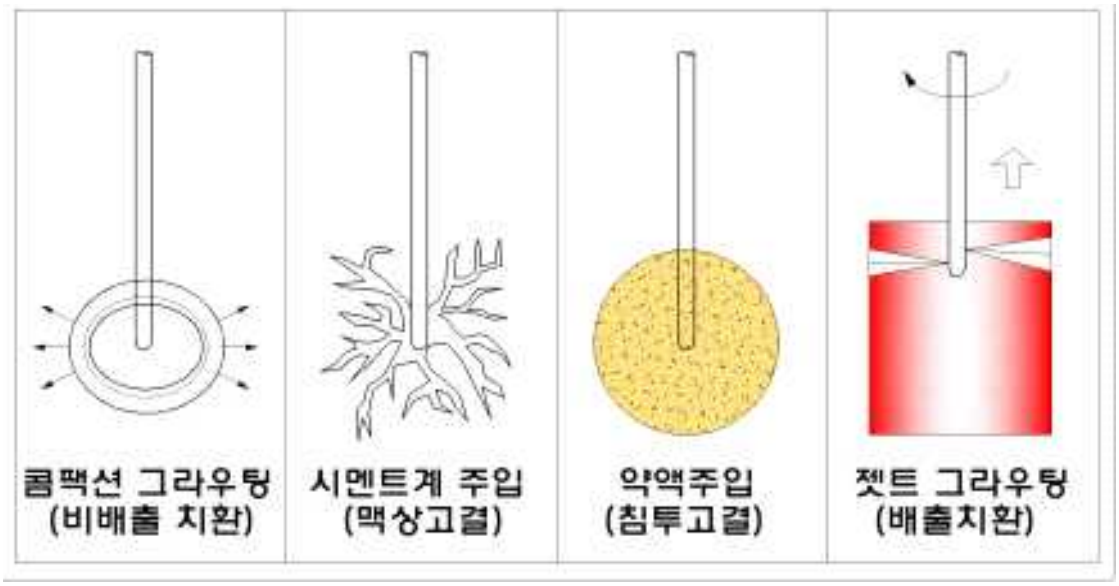


그림 2-13 그라우팅 주입 방법

다. 복구 사례

(1) 문곡~무릉 도로 확장 및 포장공사 자연동굴 정밀탐사 및 보강 [2)]

(가) 개요

- 문곡~무릉간 도로 확장 및 포장공사를 진행 중에 교대 위치에서 자연동굴이 발견되어 자연동굴 정밀조사를 수행하여 이를 바탕으로 교대기초에 대한 보강대책을 수립하여 장기적인 안정된 구조물을 건설하고자 함.

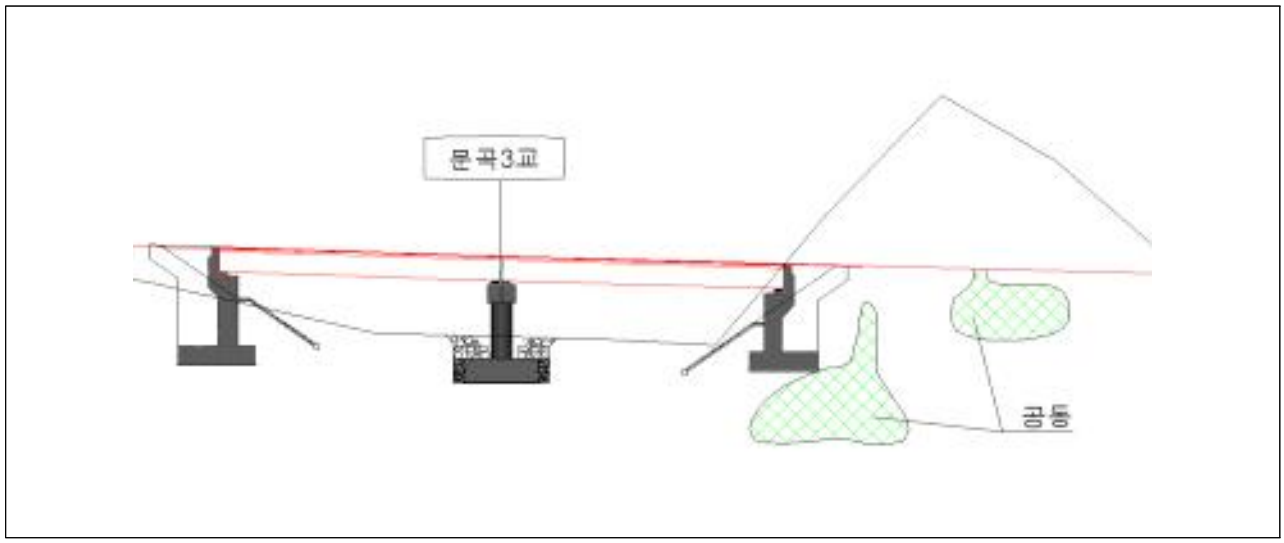


그림 2-14 문곡~무릉간 도로 현장 개요도

(나) 채택된 보강공법

① 지표 충전 그라우팅 + 고압 분사 주입공 개요

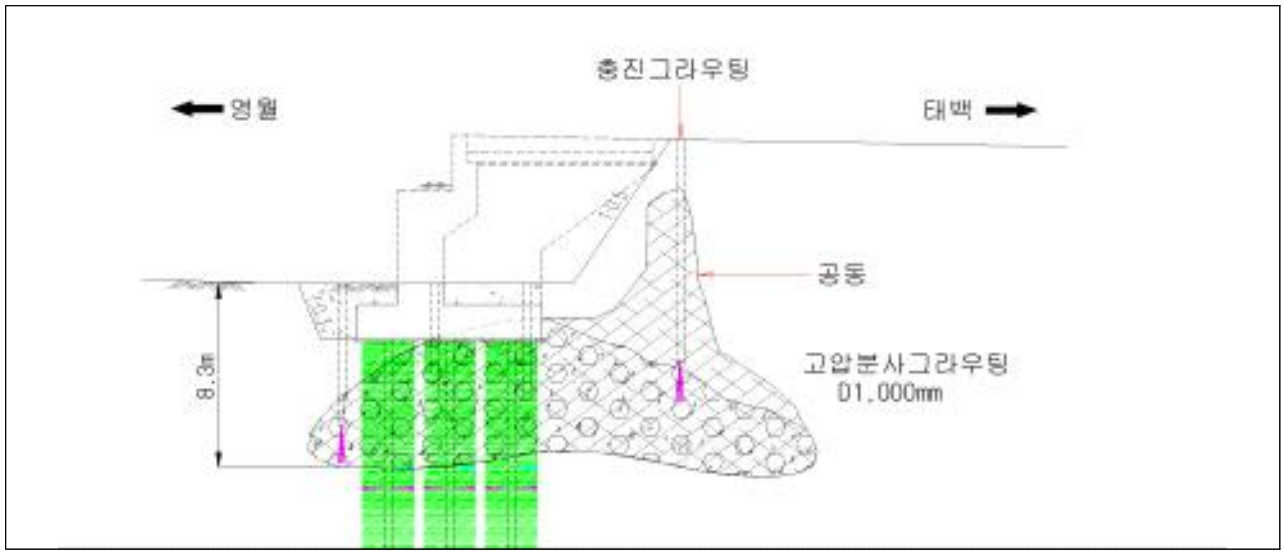


그림 2-15 보강 개요도

- 지상 그라우팅을 시행하여 지표면 노출 공동부를 충전
- 지반 내 석회암 공동에 대한 안정성 확보를 위하여 고압 분사 주입공을 수행
- 교대시공 및 되메움

② 고압 분사 그라우팅 선정기준

- 본 과업은 암반층 사이 소규모 빈공동 또는 점토 충전 공동, 연약 파쇄대 구간을 지반 개량(침하량 감소) 목적으로 하였으며, 강도 증진 효과가 좋은 고압분사주입공법(3중관 사용)이 적절.

- 고압 분사 주입공법의 보강 효과 측면을 살펴보면 공동과 점토 충전 공동 그리고 연약 파쇄대 구간에서는 시멘트페이스트를 주입 재료로 하는 공법이 유리한 반면, 대규모 공동의 발달로 공동충진이 요구되는 구간에서는 시멘트몰탈을 주입재로 하는 SRC 공법이 유리하다고 판단된다. 따라서 본 구간에서는 전자가 적합하고 후자는 부적합함.

- 본 과업 구간의 개량체 설계기준 강도가 최소 11kg/㎠은 요구되므로 RJP 및 F-JET Grouting 공법은 적절하지 못한 것으로 판단되며 경제성에서도 상대적으로 떨어짐.

- 본 과업에서는 개량체의 강도를 70kg/㎠ 에 구근 형성을 D=1,000mm(점성토에서의 개량체 강도를 가장 높이 제시하여 최소공사비가 소요되는 SIG제품) 기준으로 설계를 수행하였으며, 시공시 공법에 따라 최소강도와 구근형성이 상이할 경우 설계시 수치해석을 통해 산정된 허용 침하량을 만족시키는 공동구간 변형계수를 만족시킬 수 있도록 보강 수량을 조정 변경하여 감독원의 승인을 받아야 한다.

(2) 철암지역

- 채굴대상 : 석탄광
- 침하유형 : sink hole 및 Trough형 침하
- 보강대상 : 철도, 도로 및 교량
- 적용공법
  상부보강법 : micro pile 공법
  그라우트 충전법 : 시멘트 몰탈, 조골재 + 시멘트 밀크 충전

(3) 화전지역

- 채굴대상 : 석탄광
- 침하유형 : sink hole 및 Trough형 침하
- 보강대상 : 철도, 도로 및 터널
- 적용공법
  상부보강법 : TAM공법
  그라우트 충전법 : 저유동성 몰탈 그라우팅

라. 국내 장비 개발 현황

- 국내 유사 연구과제, 건축에서 사용하는 유사 기포콘크리트 믹싱 장비 검토하였다.
- 현장 적용성 및 문제점을 파악하는 데 주력하였다..
- 본 과업 적용 시 장비 개발 방향성을 검토하였다.

(1) 굴착 복구용 속경형 경량기포 모르타르 현장 생산 장비 개발

- 한국건설기술연구원에서 2017년 레미콘에서 생산된 일반 모르타르 혼합물을 현장에서 첨가제를 효과적으로 투입하여 굴착 복구용 속경형 경량기포 모르타르로 재생산할 수 있는 장비 제작
- 레미콘 플랜트에서 생산한 시멘트 혼합물을 되메움 재료로 현장 적용해야 함.
- 이는 시멘트 경화체가 흙의 밀도와 유사해야 하고, 빠른 응결에 도달해야 하기 때문에 (작업시간을 고려할 때), 현장에서 재료를 개선하는 작업이 필요하며, 이에 현장 생산 장비가 필요함

(가) 장비 개요

① 장비 개념도

- 본 과업에서 제작하는 장비는 아래 그림에서 2차 배합 공정에 해당함



○ 1차 배합

-레미콘 공장에서 일반 모르타르 생산

- 기포제, 지연제 혼합

○ 2차 배합 공정

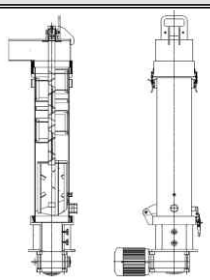
- 혼합물 배출
- 급결제 주입
- 스크류 교반기
- 최종혼합물 배출

그림 2-16 배합 공정

② 모르타르 펌프

개요도	제원
	- 구동 : 3상 380V, 8.6KW(7,5KW) - 속도 : 35 – 280 RPM - 토출량 : 최대 6 ~ 140 L/min - 이송 거리 : 수직-60m, 수평-100m - 크기 : 2255×725×745 mm
특징	- 인버터 가변속 구동으로 토출량 조절기능, 원터치 2등분 분해조립이 가능해야 함 - 충분한 이송능력과 토출량을 가지고 있어야 함 - 기계작동 시 모터를 보호하는 급작동 방지 장치/전기장치가 있어야 함 - 다른 장비와의 조합이 가능해야 함, 특히 펌프 호스 라인에서 교반기와 연결이 가능해야 함
기타	- 몰탈호스(커플링 포함) 20m - 메인 케이블 6SQ, 4P 63A 플러그 포함 40m

③ 급결제 믹싱 유닛

개요도	제원
	- 구동 : 3상 380V, 5.5KW - 속도 : 인버터 탑재 속도 조절 타입 - 믹싱용량 : 최대 100L/min
특징	- 세척 작업을 고려한 오픈 타입 - 급결제 정량 공급 장치 및 차단 장치 설치 : 정량 펌프(분당 110ml, max pressure 10kgf/㎠) : 전원 AC 220V, 60HZ, 25W - 단시간 내 완벽한 재료 혼합을 위한 믹싱 샤프트 - 메인컨트롤 판넬 구성
기타	- 급결제 탱크(PE Tank) 50L 포함 - 급결제 믹싱유닛 인버터 포함 - 기계장동 시 모터를 보호하는 급작동 방지장치/전기장치가 있어야 함

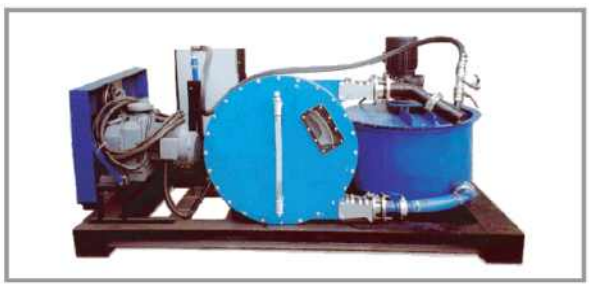
(나) 검토사항

- 레미탈로 작업 시 배합된 기포제와 기포제 작업을 통한 기포 발생 및 잔유 여부 확인이 어려우며, 시간 경과에 따른 기포제 효과 저하, 기포 소실 문제 발생
- 이에 현장 배합조건으로 적용되는 장비 개발이 필요
- 현장 몰탈 배합조건으로 몰탈 배합 후 형성된 기포를 추가하는 장비를 검토 함.

(2) 경량 투수성 충진재 장비

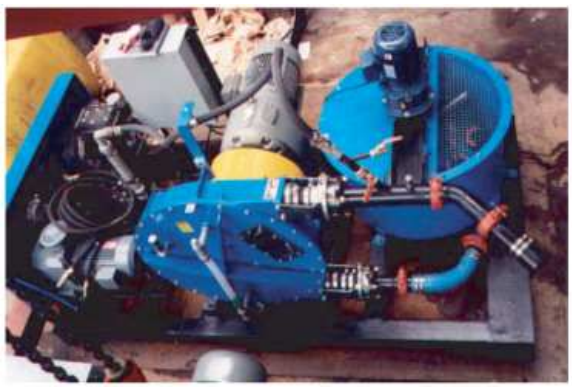
- 건축에서 바닥 단열 및 차음 재료로 사용하기 위한 장비가 개발되고 있는 중으로 기배합된 몰탈과 기포제조기에서 생성된 기포가 추가 투입되어 경량투수성 충진재을 배합하는 시스템으로 정량적인 배합시스템의 부재로 균질한 경량 투수성 충진재의 생성이 어려움.
- 투수성이 생명인 본 투수 몰탈의 경우 기포가 균질하게 분포되어 있는 주입재의 배합이 어려움.

(가) 기존 경량투수성 충진재 배합 및 펌프



내 용	사 양		
경량기포 몰탈 제조 용량	최대 35m3/시간	최대 35m³/시간	최대 25m³/시간
		기포 제조기	10 m³/시간
		몰탈 스러리 펌프	350 리터
장비 구성	기포 제조기	JSG-400/15	
	몰탈 스러리 펌프	DSC-65	
	교반기	A350-2H	
	콘트롤 박스	전원 공급용 소켓, 플러그, 스위치	
최대 시공 거리	200m		
최고 시공 높이	80 m		
사용 전원	380VAC, 60 Hz, 3 상		
소용 동력	20 kW (기포발생기 + 슬러리 펌프)		
장비 크기	L 2700 x W 1450 x H 1200 mm, 1500 kG		

그림 2-17 몰탈 믹서



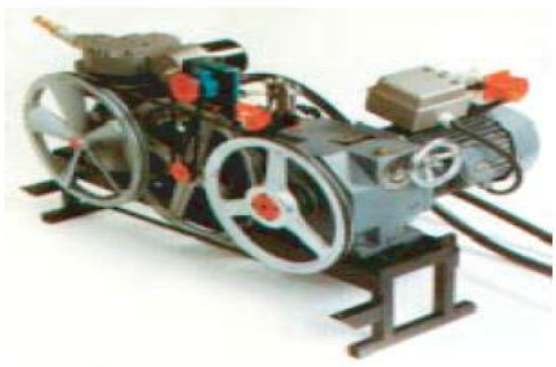


그림 2-18 몰탈 믹서, 펌프

(3) 재활용 자재를 사용하는 경량 개발 장치 (동창기업주식회사)



그림 2-19 혼합장비 플랜트

(4) 유압식 기포장비 (유압 펌프를 사용한 건축 미장용 펌프 검토)

<table>
<tr><td colspan="2">개요도</td><td colspan="2">-재래식에 비해 기포 발생 약품을 줄임.
재래식 1㎥ 0.8~1.2ℓ
유압식 1㎥ 0.4ℓ
- 소모품 비용이 적다
- 단열 발포제 사용</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="4">주요제원</td></tr>
<tr><td>모 델 명</td><td>JI-505</td><td>출 력</td><td>40hp, 380V</td></tr>
<tr><td>최대 토출량</td><td>15~20㎥/h</td><td>중 량</td><td>1.7t</td></tr>
<tr><td>최대 압송 높이</td><td>100~150m</td><td>이송 방법</td><td>유압 피스톤 방식</td></tr>
<tr><td>최고 압송 거리</td><td>800~1000m</td><td>장 × 폭 × 고</td><td>2200×1600×1600mm</td></tr>
</table>

- 건축 미장 방수, 단열용 장비로 소형장비
- 현장 적용 시 몰탈 믹서 장비 등 추가 장비 검토가 필요함.

마. 연구개발 실적 현황조사 및 분석

(1) 국가 연구개발사업 유사 연구 검토

- 국토교통과학기술진흥원 및 국가과학기술 지식정보지식서비스 홈페이지 검색을 통해 유사 연구를 검토하였으며, 유사 연구 검색 결과는 다음과 같다.

표 2-8 관련 과제 유사 연구 검토

부처명	사업명	과제명	예산 (백만원)	비고
미래창조과학부 (국가과학기술연구회)	융합 연구사업	- 사물인터넷(IoT) 기반 도시 지하매설물 모니터링 및 관리 시스템 기술개발	36,000	- 상시계측 시스템을 활용한 연구로써 본 연구목적 및 범위가 상이함
국토교통부 (국토교통과학 기술진흥원)	건설기술 연구사업	- 지반함몰 발생 및 피해 저감을 위한 지반 안정성 평가 및 굴착·복구 기술개발 - 과제수행기관 : 한국건설기술연구원(연구단) - 총 연구 기간 : 2015.12~2018.12 - 연구목표 : 도심지 굴착 공사시 지반함몰 예측을 위한 해석 및 ·탐사기술과 지반 변위를 최소화하는 굴착·보강기술 개발	15,000	- 본 연구는 굴착시 차수 성능 향상과 무기질계 혼화재를 이용한 비개착 주입기술에 중점을 둔 과제로 연구목적과 범위가 제한 적임.
환경부 (한국환경산업 기술원)	환경정책 기반공공 기술개발 사업	- 하수관로 누수에 기인하는 지반 침하 (공 동)탐지 및 평가 기법 개발 - 과제수행기관 : 한국건설기술연구원 - 총 연구 기간 : 2014.12~2016.09 - 연구목표 : 비파괴탐사기술의 하수관거 적용성 분석과 지반 특성에 따른 보수보강 평가	235	- GPR 조사와 탐지법에 중점을 둔 과제로 본 연구와 연구목적 및 범위가 상이함
국토해양부	정부 연구용역	- 싱크홀 예방대책 및 제도개선 방안 마련 연구	20	- 본 연구의 복구시스템 기반 기준 매뉴얼 개발과 목적 및 범위가 상이함.

(2) 연구개발 현황

(가) 저신도 무기계 3D직물을 적용한 지중시설 보강용 현장 수화 콘크리트 매트 개발 (2019/산업통상자원부)

① 연구목표

- 시험시공 및 계측: 2개의 적용 분야에 대한 2회 시험시공 실시
- 3D 직물 조직/설계 다양화
  - 유리섬유, 탄소섬유 등의 소재 다양성 검토
  - 2중구조 및 3중 구조, 격자구조 등의 조직에 대한 다양한 제품 개발
- 3D 직물 양산기술 확립 o 다양한 직물 설계 방안에 따른 제직 구조 선정
- 경량 시멘트 혼화재의 특성평가를 통한 레시피 결정
- 1차, 2차년도 개발제품의 해양 환경에 노출에 대한 평가
- 1차, 2차년도 개발제품의 화재시 내화성능에 대한 평가
- 3D 그리드 직물 전용편기를 이용한 제품화 공정기술개발

② 연구내용

- 3D 그리드 제직 전용 편직기를 통한 저신도 고강도 직물제직과 이를 사용한 콘크리트 매트 제조
- 제직된 3D 3중 조직을 적용한 콘크리트 매트 제조기술 개발
- 시험시공 및 계측: 2개의 적용 분야에 대한 2회 시험시공 실시
- 3D 직물 설계 다양화
- 3D 직물 양산기술 확립
- 다양한 직물 구조에 따른 물성 분석 및 Data 피드백
- 다층구조에 따른 3D직물의 자립성 및 복원력 향상 방안 연구
- 1차, 2차년도 개발제품의 화재시 내화성능에 대한 평가

(나) ICT 유지관리가 가능한 팽창 시트를 활용한 저다짐 능동 지반함몰 긴급 복구기술 (2016/국토교통부)

① 연구목표.

- 도심지역에서 확인된 지반 공동이나 싱크홀 내부에 지반이완영역 및 교란 부위의 압축 가능한 팽창시트재와 관리가 용이하도록 표지 기술을 일원화하는 효율적이고 능동적인 자가다짐 지반함몰 보수/보강/복구기술을 개발 및 사업화하는데 본 연구의 최종목표가 있음.

② 연구내용

- 1단계 : 팽창시트재 개발
- 2단계 : 팽창 기능제의 특성 파악 및 성능 개선과 적용성 실증
- 3단계 : 국내 여건에 적합한 공동 및 함몰 복구 성능평가
- 4단계 : ICT 적용 성능 개선기술의 적용 표준안 및 유지관리 플랫폼 개발

(다) 충진재료를 활용한 지반함몰 긴급 복구 기술개발 (2016/국토교통부)

① 연구목표

- 본 연구개발사업의 최종목표는 지반 공동에 의한 함몰 발생 지반의 긴급 복구를 위하여 시간 의존성이 고려된 지반 공동보강용 무기질계 자기 치유 혼화재 개발 및 이를 이용한 지반 공동 내 비개착 주입기술을 이용한 긴급복구기술 개발임. 이와 같은 최종목표 달성을 위한 세부목표는 다음과 같음.
  - 지반함몰을 야기하는 지반 공동의 긴급 복구를 위한 수용성 폴리머 기반의 무기질계 자가치유 혼화재 개발
  - 개발된 혼화재 기반의 그라우팅 시공기술을 이용한 지반 비개착 공동 주입기술 개발
  - 개발 주입기술을 이용한 긴급 지반보강 효과에 대한 평가 및 분석
  - 개발재료 및 주입기술을 활용한 합리적인 긴급 복구 설계 및 시공 매뉴얼 구축

② 연구내용

- 1단계
  - 지반 공동의 긴급 복구를 위한 무기질계 혼화재의 선정 및 품질 특성평가
  - 수용성 폴리머 기반의 파우치 재료 선정 및 품질 특성평가
  - 공동의 보강 효과 확인을 위한 기본 메커니즘 규명
  - 시공성 평가 및 현장 주입시스템 최적화를 위한 모형실험용 소형 주입 시스템 구축
- 2단계 ; 수용성 폴리머 기반의 무기질계 자가치유 혼화재의 개발 및 안정성/품질 평가
  - 지반 조건을 고려한 공동보강에 따른 지반의 응력-변형 발생 인자 분석/도출
  - 개발재료를 이용한 공동 충전 전/후에 대한 설계 및 위험도 평가 인자 도출
  - 지반의 공학적 특성에 따른 주입 시스템의 한계 조건 기준제시를 위한 요소 및 모형실험
- 3단계
  - 개발재료 주입 시스템의 시공성 평가
  - Pilot Test-bed 지반조사 및 구축
  - Pilot Test-bed 기반의 실대형 현장 적용성 평가
- 4단계 ; 긴급복구설계 인자 도출 및 검증 ; 긴급 복구 설계 가이드라인 제시
  - 긴급 복구 설계 소프트웨어 개발
  - 긴급 복구에 따른 합리적 시공 매뉴얼 제시
  - 긴급 복구 대응 매뉴얼 구축

(라) 발포성 충진재료를 활용한 지반동공(싱크홀)복구기술 (2016/중소기업청)

① 연구목표

- 지반 공동의 긴급 복구를 위한 혼화재 및 충진재의 선정 및 품질 특성평가
- 시간 의존적 반응이 가능한 충진재료 선정 및 품질 특성평가
- 동공의 보강 효과 확인을 위한 기본 메커니즘 규명
- 충진재 개발 빛 안정성 품질 평가
- 충진재의 유동성 및 발포성 실험
- 개발재료의 지반 공동 충전율 평가를 위한 모형실험
- 개발재료의 공동 내 충전 전/후에 따른 지반의 상태 확인
- pilot test 기반의 실대형 현장 적용성 평가
- 다양한 형태의 동공부를 가정한 주입 팽창평가
- 유동성에 의한 미세공극 충진성 확인

② 연구내용

- 동공부에 충진하기 위한 혼화재의 성능(강도 등) 기준 정립 및 선정
- 충진재의 물리적 (반응 후 투수성, 팽창성, 건조수축, 동결융해 저항성 및 내구성 등)환경적 (내화학성, 오염물 용출 정도, ph 시험 분석)
- 재료
  - 슬러리 밀도
  - 플로우치
  - 믹스직후 공기량
  - 팽창 후 공기량
  - 재료 밀도
  - 압축강도 시험
- 충진재의 품질 특성 (충격강도 및 인장강도 등) 평가 시험/분석
- 개발재료를 이용한 동공 보강 이후의 지반의 강도 발현 효과 평가를 위한 모형실험
- 동공의 보강 효과 확인을 위한 지반함몰 메커니즘 규명 기초 모형실험 수행
- 개발재료의 지반 공동 충전율 평가를 위한 모형실험 수행

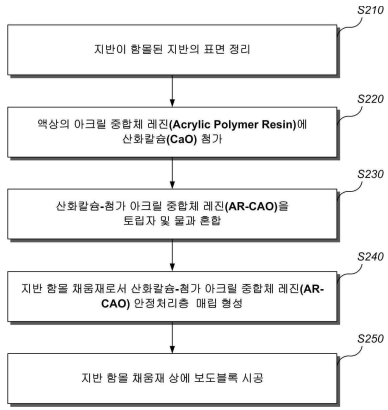
바. 지반함몰 관련 유사 특허조사

국내·외에서 최근 유사 기술개발 방향을 파악하기 위하여 선행 조사한 시행한 결과 하기와 같은 지식재산권이 검색되었다.

표 2-9 특허 출원 현황

구분	발명의 명칭/출원인	기술내용	조성물	특이사항
1	다기능성 경량기포 콘크리트 조성물 및 그 제조 방법 (10-2015-66416,거절)	섬유상 물질이 결합되어 있어 경량기포 콘크리트에서 발생하기 쉬운 균열을 감소시키며, 다공성으로 이루어진 셀 구조에 의해 공동주택 상하층 세대간 충격음 저감 효과가 있는 발포 EVA 칩, 폐우레탄 폼 또는 무기질 경량골재를 본 발명의 경량기포 콘크리트에 사용하고, 무기질 발포성 재료의 사용에 의한 기포의 다공성 향상, 공지의 기포제에 생성 기포의 안정성을 향상시켜 기포의 소포를 방지하기 위한 기포 안정제가 혼합된 개질 기포제의 사용으로 구성되어, 건축물에서의 상하층간 충격 소음 저감과 단열성능을 향상시키고, 폐광산의 폐공동이나 지하구조물의 지하 공동구 충전용으로 사용이 가능한 다기능성 경량기포 콘크리트 조성물 및 그 제조 방법에 관한 것이다.	*시멘트 80~90중량%, *경량골재 혼합물 5~20중량% (분쇄된 폐기물 유기질 다공성 섬유상재료 40~80중량%, 입자30~100㎛ 팽창 질석 20~60중량%,), *개질 기포제(기포제90~97중량%,기포 안정제3~10중량%(폴리비닐알콜5%수용액~60중량%,셀루로오스 에테르 40~60중량%)), *물	섬유물질이 포함된 경량기포 콘크리트 조성물
2	구조물 뒤채움용 경량 기포 유동성 채움재 및 이의 제조 방법 (10-1161531,한양대산학협력단)	구조물 뒤채움용 경량 기포 유동성 채움재는 화력발전소에서 부산되는 석탄회를 대량으로 재활용하므로 경제적이고 친환경적이며, 일정한 범위의 유동성을 가져 별도의 다짐 공정이 불필요하고, 소정의 강도를 발현할 수 있어 재굴착이 용이하며, 경량 기포제를 첨가하여 구조물에 가해지는 토압을 경감할 수 있다. 경량 기포 유동성 채움재의 구성 성분 중 하나인 물을 분리 첨가하여 재굴착이 용이하면서 소정의 강도가 발현되어 구조적으로 안정한 구조물을 시공할 수 있다.	*석탄회 60 ~65 중량%, *시멘트 5 ~10 중량%, *경량 기포제 1~ 3 중량%, *물 20 ~28 중량%	석탄회가 포함된 경량기포 유동성 채움재

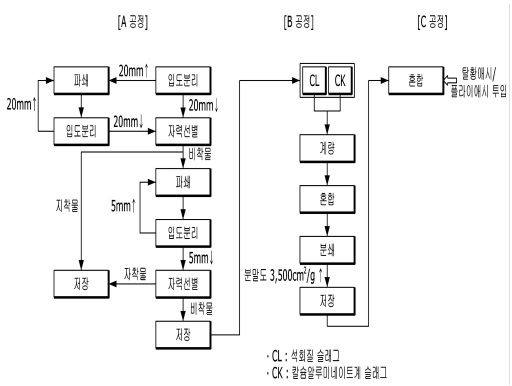
구분	발명의 명칭/출원인	기술내용	조성물	특이사항
3	싱크홀 방지용 경량 성토재 (10-1583257, 지엘기술(주)외 1)	지중에 매립되는 지하구조물의 뒷채움을 위한 싱크홀 방지용 경량 성토재에 관한 것으로, 더욱 바람직하게는 지하구조물인 하수관거로 성토재의 다짐 불량으로 생기는 부등침하 발생 및 하수관거 주변에 생성되는 공동에 의해 형성되는 싱크홀을 방지할 수 있는 싱크홀 방지용 경량 성토재에 대한 것이다.	*물, *재활용토사, *결합재(시멘트 20~30중량%, 플라이애시 10~20중량%, 고로슬래그 50~70중량%), *기포제, *폴리카르본산계의 고성능 감수제	재활용 토사를 이용한 경량 성토재
4	연약지반 보강용 고화제 (10-0913268, 손우홍외2)	조강성이 우수하고 중금속 고정화 효과가 뛰어난 연약지반 보강용 고화재에 관한 것으로, 빠른 시간에 응결 경화시킬 수 있고, 시멘트에 함유되어 있는 6가 크롬이 용출되지 않도록 하고, 나아가 함수비가 높고 유기물이나 중금속 화합물이 다량 함유되어 있는 토양의 경우에도 시멘트의 고화 저해현상이 발생되지 않도록 하는 효과를 가진 것이며, 종래의 CSA계 고화재와 비교할 때, 그 가격이 저렴하여 경제성이 높다.	*CSA계 혼화재(Al2O3성분 30~38% 함유 클린커 분말) 5~30중량%, *천연무수석고 10~20중량%, *생석회(또는 소석회) 1~10중량%, *고로슬래그 20~50중량%, *감수제 0.1~10중량%, *불규화염 0.1~10중량%	CSA계 혼화재가 포함된 연약지반 보강용 고화재

구분	발명의 명칭/출원인	기술내용	조성물	특이사항
5	산화칼슘-첨가 아크릴 중합체 레진을 이용한 토립자 안정처리층을 구비한 흙 포장 시공방법, 지반 함몰 채움재 형성 방법, 및 도로 하부지반 안정처리 방법 (10-1747110,한국건설기술연구원)	아크릴 중합체 레진에 흡착 결합되도록 산화칼슘(CaO)이 첨가된 산화칼슘-첨가 아크릴중합체 레진(AR-CAO)이 토립자와 결합된 상태에서 고분자 계열의 양전하가 토립자의 음전하와 결합하여 토립자를 경화시킬 수 있고, 이에 따라 현지 토사에 분사 또는 혼합하여 비산을 방지할 수 있고, 지반을 안정화시킬 수 있고, 기존의 무기계열의 지반 안정처리 방법보다 환경적 및 기술적으로 토립자를 결합시키는 방법에 의해 현장에서의 현지토사와 물을 혼합 또는 포설만으로 지반을 강화시킬 수 있으며, 또한, 토사의 자연상태 그대로 다짐장비를 이용하여 하중이 비교적 적은 곳에 적용할 수 있고, 도로 하부지반의 지반 함몰 또는 지반 싱크홀 등에 용이하게 적용할 수 있는, 산화칼슘-첨가 아크릴 중합체 레진을 이용한 토립자 안정처리층을 구비한 흙 포장 시공 방법, 지반 함몰 채움재 형성 방법, 및 도로 하부지반 안정처리 방법이 제공된다.		산화칼슘-첨가 아크릴 중합체 레진을 이용한 지반 함몰 채움재

구분	발명의 명칭/출원인	기술내용	조성물	특이사항
6	친환경 연약지반 개량용 고화제 및 그 제조방법 (10-1035876, (주)이콘스)	기존 고화제에 비해 속성 경화가 가능하고, 동시에 압축강도를 향상시키면서 자연광에 의한 경화 촉진기능까지 포함하며, 성분 조성을 통해 환경부 규제에 부합될 수 있도록 유해물질의 용출량이 거의 없어 친환경적이다. 폐기 처분되던 고로 슬래그를 회수하여 재활용함으로써 자원 재활용 효과도 얻을 수 있다.단순히 고로 슬래그만을 혼합하는 것이 아니라, 이를 최대로 활용하면서 유해물질 용출을 거의 배제시키면서 유동성은 향상시키고 속성 경화가 가능하면서 충분한 압축강도를 가질 수 있도록 한 것을 기술적 요지로 한다.	*포틀랜트시멘트 20~50%, *고로 슬래그 10~30%, *무수석고 5~20%, *생석회 5~10%, *소석회 5~10%, *유동화제 1~3%, *메타카올린 16~32%, *폴리에스터 폴리올2~5%, *비정질 칼슘알루미네이트 5~10%, *이소시아네이트 0.6~2.0%, *알루민산소다 0.2~1.5%, *폴리퍼티 0.2~0.5%	고로슬래그를 재활용한 연악지반 개량용 고화제
7	지반 채움용 유동성 액상화토 (10-1541877, (주)도건이엔씨)	느슨한 지반에 대한 보강하기 위한 지반 채움용 유동성 액상화토에 관한 것으로, 시멘트를 사용하지 않고 혼합토사, 혼화제 및 많은 양의 물을 사용하여 초기 시공시에는 고유동성이기 때문에 지반에 용이하게 침투함으로써 느슨한 토사 및 굴착공사 이후 되메우기 불량으로 인한 지반 침하 현상을 방지할 수 있고, 수중불분리성을 부여하여 수중에서 흐트러짐을 방지하고, 시멘트를 사용하지 않으면서 친환경적인 혼합토사를 이용하기 때문에 되메우기 시공시 일부가 누수되는 상, 하수도관으로 유입되더라도 환경오염을 유발하지 않음 액체에서 고체로 빠른 전환	*혼화제(석고 10 ~ 60중량%, 바텀애쉬 10 ~40중량%, 플라이 애쉬 5 ~25중량%, 석회 5 ~ 25중량%,수축 저감제, 팽창제 중 선택된 어느 하나 이상의 성분으로 이루어진 첨가제 3 ~5중량%) 4 ~ 8중량%, *물 15 ~ 40중량%, *혼합토사(입도 0.01 ~ 0.075㎜인 토사 40 ~ 80중량%, 입도 0.075 ~ 2.0㎜인 토사 10 ~ 35중량%, 입도 2.00 ~ 4.75㎜인 토사 10~ 25중량%)	혼합토사을 이용한 지반 채움용 유동화성 액상화토

구분	발명의 명칭/출원인	기술내용	조성물	특이사항
8	지반 그라우트 및 충진재용 무기 결합재 (10-1351300, (주)한일)	지반 그라우트 및 충진재용 무기 결합재으로 포틀랜드 시멘트의 사용량을 최대한 줄이되, 이를 대체하여 사업장 폐기물로 발생하는 순환자원인 플라이 애쉬(fly ash) 및 초미립 형태의 바이패스 더스트(bypass dust)를 적용하고, 여기에 수용성 폴리머를 활성제로 사용한 지반 그라우트 및 충진재용 무기 결합재	*시멘트 15 ~ 25 중량%, *4000 ~ 5000㎠/g의 분말도 플라이 애쉬 50 ~ 75 중량%, *8,000 ~ 10,000㎠/g의 분말도 바이패스 더스트 9 ~ 20 중량%, *수용성 폴리머 1 ~ 5 중량%	플라이애쉬와 바이패스더스트를 활용한 충진재용 무기 결합재
9	순환자원을 이용한 고화재 조성물 및 이를 이용한 시공방법 (10-1393201, 신우에코텍(주) 외1)	산업현장에서 발생되는 부산물인 순환자원을 이용하여 시멘트를 포함하지 않고서도 기존의 고화재 조성물과 동등 이상의 강도와 유동성을 확보함으로써, 고함수 유기질 토·사질토·마사토 그리고 실트질 점성토 등 시공 토질에 따라 배합하여 사용할 수 있는 고화재 조성물에 관한 것이다.	*포졸란 합성물질 65~85중량%(고로슬래그 미분말 45 ~ 65중량%,플라이 애시 10 ~ 45중량%,열발전 발전소의 보일러로부터 생성된 연소재 10 ~ 45중량%,제올라이트계 유동 접촉 분해 순환 촉매 0~ 30중량%) *강도촉진 활성화제 10.0~34.9중량%(망초 25 ~ 65중량%,탈황석고 20 ~ 55중량%, 정련슬래그 5 ~ 45중량%) *분산제 0.1~5.0중량%	시멘트를 사용하지 않는 순환자원을 이용한 고화재조성물
10	활성화 슬래그 및 포졸란 반응을 이용한 연약지반 개량용 지반 고화재 조성물 및 그 제조방법 (10-1194871, 에스아이(주))	연약지반용 물성 개선재가 사용되는 연약지반용 지반 고화재 조성물 및 그 제조방법에 관한 것으로,보다 상세하게는 비결정형 고로 슬래그 미분말, 배연탈황 과정에서 발생되는 탈황석고 분말, 유연탄 또는 패트롤코크스를 연료로 사용하는 열병합발전소의 연료 소각시 발생되는 산화칼슘(CaO)의 함량이 40%이상인 플라이애쉬 팽창재(고칼슘 팽창재), 부산 소석회 및, 제지슬러지 소각재로 이뤄진 그룹에서 적어도 세개 이상의 혼합물을 활성화 슬래그 및 포졸란 반응을 이용하여 제조하는 연약지반 개량용 지반고화재 조성물 및 그 제조방법에 관한 것이다.	*고로슬래그 미분말 45~65 중량%, *플라이애쉬 10~40 중량%(열병합발전소의 연료 소각시 발생된 산화칼슘(CaO)의 함량이 40% 이상), *탈황석고 5~30 중량%(산화칼슘(CaO)의 함량이 50%이상이고 황산화물의 함량이 10%이상), *부산 소석회 1.5~10중량%(산화칼슘(CaO)의 함량이 50%이상)	활성화 슬래그를 이용한연약지반용 고화재

구분	발명의 명칭/출원인	기술내용	조성물	특이사항
11	토양 고화재 및 이를 이용한 연약지반 처리공법 (10-0857916, (주)지오시스)	토양 고화재 및 이를 이용한 연약지반 처리공법에 관한 것으로서, 유동성 및 토양과의 혼합성, 압축강도발현이 우수한 토양 고화재를 제공할 수 있다는 장점과 이와 같은 고화재를 이용하는 경우 유동성의 향상으로 기계부하가 감소되고 작업성이 매우 향상되며 고화재 사용량을 저감하거나 개량체의 갯수를 대폭 줄임으로서 시멘트류의 사용량을 줄인 친환경적인 연약지반 처리공법을 제공할 수 있다.	*포졸란 물질(고로슬래그 미분말, 플라이애쉬, 제지애쉬 및 실리카흄 이루어진군 중 어느 하나 이상) 10~90중량%, *포틀랜트시멘트 5~50중량%, *무수석고 1~50중량%, *칼슘설포네이트계 화합물 1~10중량%,표면장력 저감제(알콜류,알칸올아민화합물류) 포졸란 물질의 0.01~5중량%,강도 증진용 화합물(황산염, 인산염, 소디움알루미네이트계 화합물 및 알카리 금속염계 화합물로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나 이상) 0.1~10중량%, *유동화제(리그닌계 화합물,나프탈렌계화합물,멜라민계화합,폴리카르본산계 화합물군 중 어느 하나 이상) 0.01~5중량%	포졸란 물질과 강도 증진용 화합물을 이용한 토양 고화재
12	합성 제올라이트가 혼입된 저강도 고유동성 무시멘트 채움재 및 그 제조방법 (10-1565549, 한국과학기술원)	유동성 뒤채움재(CLSM) 및 그 제조방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 시멘트를 사용하지 않고 바인더(결합재)로서 산업부산물인 플라이애쉬와 슬래그를 사용하고, 산업부산물과 활성화제의 지오폴리머 반응(polymerization)을 통해 산업부산물이 가지는 중금속 용출 문제를 감소시킬 수 있는 친환경적인 저강도 고유동성 무시멘트 채움재 및 그 제조방법에 관한 것이다.	*결합재(플라이애쉬 65~88중량%, 슬래그 10~20중량%,합성 제올라이트 2~15 중량%) 70~90중량% *바텀애쉬(결합재의 1.5배) *알칼리 활성제(수산화나트륨, 수산화칼슘, 수산화칼륨, 수산화바륨으로 이루어진 그룹)1.5~2.5중량% *물(결합재의 70~90%)	합성제올라이트를 사용한 무시멘트 채움재

구분	발명의 명칭/출원인	기술내용	조성물	특이사항
13	지반보강 충전 및 고화용 비소성 무기질 결합재, 이의 제조방법 및 이를 이용하여 생성한 복토재 (10-1586818, (주)대우건설외 2)	연약지반의 조직을 치밀화하거나, 강도를 증진시켜 토질을 안정화하는 지반보강용 충진재 및 고화재를 제공하기 위한 비소성 무기질 결합재로서, 국토개발에 따른 점성토, 뻘층 등 연약지반 및 친환경 사업의 일환인 쓰레기 매립장, 하수슬러지 고화-복토재 활용을 위한 토질안정화재 개발하도록 하는 지반보강 충전 및 고화용 비소성 무기질 결합재, 이의 제조방법 및 이를 이용하여 생성한 복토재에 관한 것이다. 본 발명에 따르면 산업부산물을 단순 폐기가 아닌 지반 보강용 충진재 및 고화재로 활용함으로서 에너지, CO2 저감 등 친환경적 유효자원 이용의 자원순환에 기여할 수 있다.		비소성 무기질 결합재를 이용한 복토재
14	산업 부산물을 이용한 지반 채움재 (10-16990012, 에코엔텍(주))	산업 부산물을 이용한 지반 채움재에 관한 것으로, 고로슬래그와, 플라이 애쉬 및 전로슬래그 더스트 등의 산업 부산물을 사용함으로써, 제조단가가 저렴하면서도 품질이 우수한 지반 채움재를 제공하는데 그 목적이 있다. 또한, 고로에서 제조된 선철을 전로에서 정련할 때 발생하는 전로슬래그 더스트의 알칼리 자극효과를 통한 고로슬래그 및 플라이 애쉬의 활성도가 증진되어 황산염 자극에 의한 포졸란 반응과 잠재수경성 반응을 유도하여 다량의 수화생성물을 생성시킴으로써 강도가 우수하고 치밀한 구조를 갖는 지반 채움재를 제공하는데 그 목적이 있다.	*고로슬래그 미분말 20~50중량% *전로슬래그 더스트 5~40중량% *플라이 애쉬 10~20중량% *천연무수석고 5~10중량% *탈황부산물(폐기물 중 탈황과정에서 발생 CaO의 함량 40~50중량%이고 SO3의 함량이 20~40중량%)2~5중량% *자극제 1~5중량%	산업부산물을 이용한 지반 채움재

구분	발명의 명칭/출원인	기술내용	조성물	특이사항
15	열병합발전소에서 발생된 플라이애시를 이용한 유동화 채움재 조성물 (10-1835795, (주)신성프라스틱)	열병합발전소에서 발생된 플라이애시를 이용한 유동화 채움재 조성물에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 관로 채움, 구조물 뒷채움, 땅꺼짐이나 싱크홀 채움, 공동이나 폐광 등의 채움재로 활용될 수 있으며 열병합발전소에서 발생되어 수경성이 있는 플라이애시를 기본물질로 하고 재료의 배합비를 조절하여 강도 및 응결시간, 단위중량의 조절이 용이한 무다짐 방식의 유동화 채움재 조성물에 관한 것이다.	*제 1플라이애시(미분탄에 석회석을 첨가하여 연소시키는 열병합발전소의 집진시설에서 포집된 석탄재)30~80중량%, *강도조절제(시멘트 및 고로슬래그분말) 1~40중량%, *응결조절제(무수석고나 반수석고) 1~30중량%, *단위중량조절재(기포제 및 골재) 1~50중량%	풀라이애시를 이용한 유동화 채움재

2. 해외 현황

(1) 지반함몰 사례 조사

지반함몰에 의한 피해사례는 국내뿐 아니라 해외에서도 심각한 문제로 대두되고 있다. 일부 국가에서는 노후 하수관 누수로 인한 지하 동공 발생 등의 문제도 있지만, 건설 안전에 대한 관심이 부족했던 점이 잦은 지반침하 사고의 원인으로 꼽히기도 한다. 이러한 지반함몰에 대한 대비 방안도 중요한 이슈이지만, 이러한 사고가 발생했을 때 얼마만큼 신속하게 원인을 진단하고, 복구할 수 있느냐가 중요한 문제이기도 하다. 본 연구는 지반함몰 위험예상지역의 원인분석을 통해 사전 예방을 하는 진단 기술이 아니라, 사고로 인해 발생한 지반함몰 지역에 신속하게 투입되어 긴급 복구할 수 있는 기술을 개발하는 것이다.

			
발생장소	중국 광저우	발생장소	중국 란저우
발생일자	2019년 12월	발생일	2018년 11월
출처	해동주말 기사자료 (https://www.haidongzhoumo.com/news/article.html?no=5294)	출처	YTN 기사자료 (https://www.ytn.co.kr/_ln/0104_201811131100063513)

			
발생장소	일본 후쿠오카	발생장소	시베리아 야말지역
발생일자	2016년 11월	발생일	2014년 7월
출처	중앙일보 기사자료 (https://news.joins.com/article/20844545)	출처	전자신문 기사자료 (http://www.etnews.com/20140730000359?m=1)

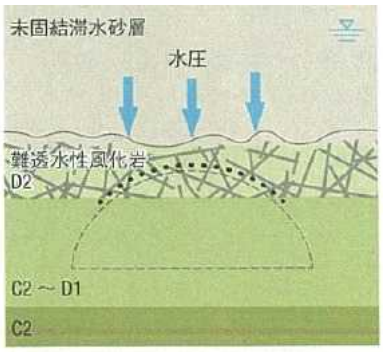
(가) 일본 후쿠오카 하카타역 복구 사례

① 함몰사고 현황

JR博多역에서 서쪽으로 뻗어 있는“하카타역전 거리(博多驛前通り)”에서 폭 27m, 깊이 30m, 깊이 15m 의 규모로 함몰이 발생됨.

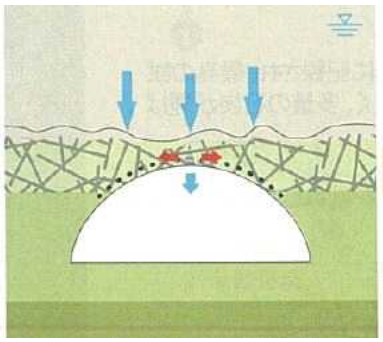


② 함몰사고의 발생 원인



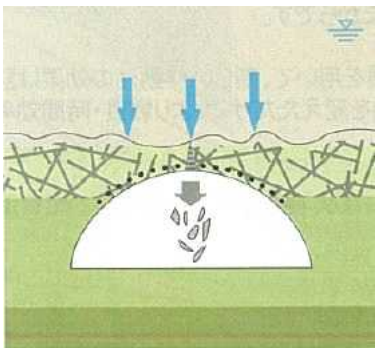
위 그림과 같은 강풍화, 저강도의 난투수성 풍화암에, 미고결 대수사층으로 부터 지하수압이 작용.

⇒



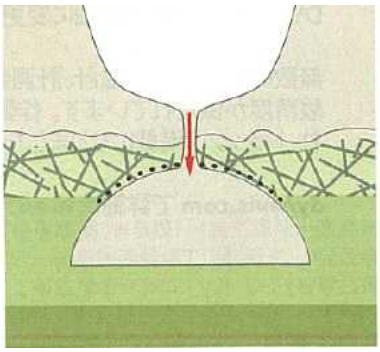
터널 굴착에 의해 얇게 남아있는 난투수성 풍화암에 이완이나 균열이 발전. 또는 잠재적인 약부에 물길이 형성.

⇒



연속적인 박락, 누수를 동반하면서 터널 천정 부근의 난투수성 풍화암의 파괴가 진행

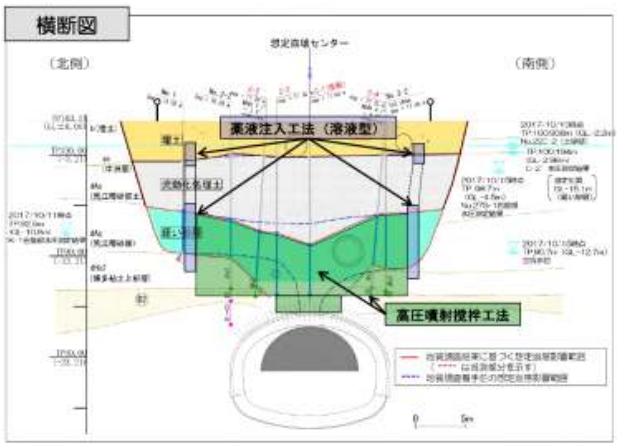
⇒



미고결 대수사층이 자하수와 함께 터널 안으로 유입하여 대규모의 도로 함몰에 이르렀다.

③ 함몰사고의 복구 방법





함몰사고로부터 3일 후의 현장. 유동화 처리토로 되메우기 하는 작업과 Life Line 의 복구를 하고 있으며, 이후 지하수 차수를 위한 약액주입 공법과 하부 터널 재굴착을 위한 고압분사교반공법으로 보강이 이루어졌다.

(2) 기타 지반함몰 복구 사례

(가) Sheffield (미국)

- 채굴대상 : 석탄광
- 침하유형 : sink hole 형 침하
- 보강대상 : 건물 (18층)부지
- 적용 공법

  그라우트 충전법 : 자갈 직접 투하 후 시멘트 밀크 주입

  공동 상부 시멘트 밀크 주입 : 주입재는 fly ash 와 시멘트

(나) Rock Spring (미국)

- 채굴대상 : 석탄광
- 침하유형 : sink hole 형 침하
- 보강대상 : 도시 지반
- 적용 공법

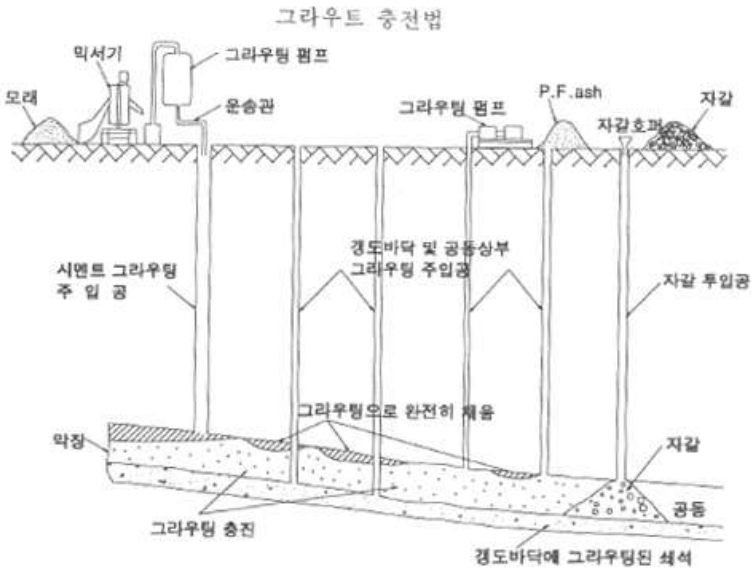
  수압식 충전법 : 넓은 지역 보강

  그라우트 기둥 형성법 : 좁은지역 보강

(다) Superior (미국)

- 채굴대상 : 석탄광
- 침하유형 : Trough 형 침하
- 보강대상 : 초등학교 부지
- 적용 공법

  공동상부 보강법 : 공동상부에 분포하는 높은 강도의 사암층 상부지반을 그라우팅으로 보강



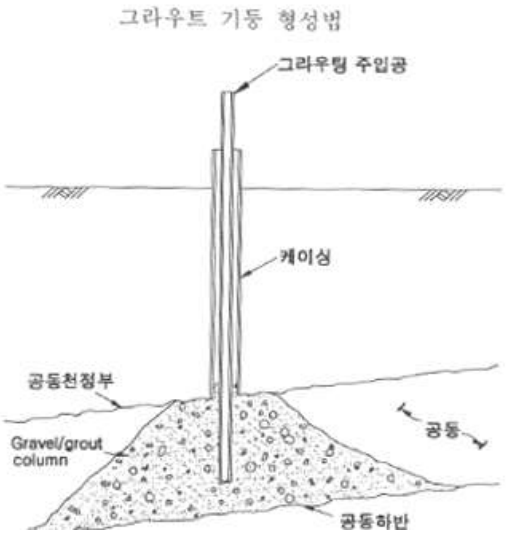
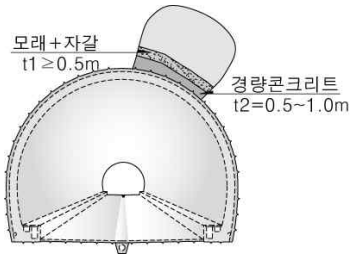
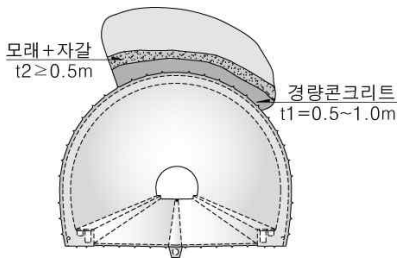
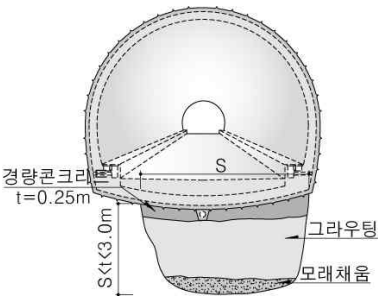
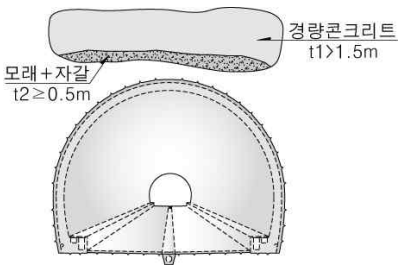
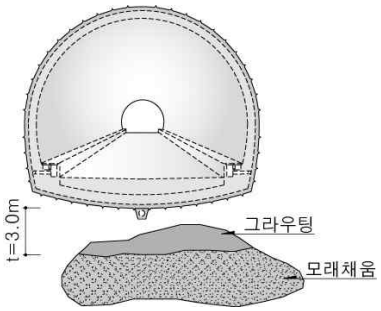


그림 2-20 지하공동 그라우트 충전법

(3) 해외 연구개발 실적 조사 및 분석

(가) 독일 석회암 공동보강(터널)

구 분		공동이 상부에 위치	공동이 측벽 및 하부에 위치
석회암 공동이 터널과 접할 경우	최대크기 < R, 체적 < R3		
		· 모래+자갈로 채운 후 터널과 접촉된 구간 경량콘크리트 타설 · 최대타설두께 1.0m 이하	· 모래로 채운뒤 그라우팅 · 그라우팅 보강두께는 터널과 접촉된 폭과 동일(최대 3m 이하)
	최대크기 < 2R, 체적 < 8R3		
		· 모래+자갈로 채운 후 터널과 접촉된 구간 경량콘크리트 타설 · 타설두께 1.0m 이상	· 모래로 채운 뒤 그라우팅 · 그라우팅 보강두께 최대 3m 이하
석회암 공동이 터널과 이격시 될 경우	최대크기 < 2R, 체적 < 8R3		
		· 모래+자갈로 채운 후 하부에 경량콘크리트 최대 1.5m 타설	· 모래로 채운 뒤 그라우팅 · 인버트 하부 경량콘크리트 타설 (d=25cm)

주 1) R은 터널반경

2) t1 : 공동내 충전(모래, 모래+자갈) 두께, t2 : 경량콘크리트 타설 두께, s : 터널과 공동과의 접촉거리

(나) 일본 지반함몰 복구장비 적용 사례

- 일본의 경우 에어 밀크, 에어 몰탈 그라우팅으로 뒷채움용, 관로 되메우기용 등에 적용되고 있음.

① 에어몰탈시공장비(株式會社タック)



대용량 시공 플랜트



기포발생장치



투수성 충진재 타설 전경



기포 발생 사진

그림 2-21 에어몰탈 시공장비

② 에어 몰탈 되메우기 현장(エースコン工業) (시공 플랜트 및 타설 전경)





그림 2-22 일본 현장 몰탈 플랜트 전경

3. 투수성 충진재 적용 방안

자연현장에 의한 싱크홀을 제외한 지반함몰의 발생원인은 대부분 ① Life Line(상하수도, 전력통신구 및 가스관로) 중 상하수도 지하 매설관로 노후로 인한 누수 발생 후 주변지반의 급속한 동공화, ② 상하수도 지하 매설관로 부실 접합부분의 누수로 인한 주변지반의 급속한 동공화, ③ 조립토(실트질 지반 일부) 지반 내에 개착공법으로 시공된 지하차도 하부의 지하수 이동에 의한 국부적인 동공화로 인하 지표면 싱크홀 발생, ④ 조립토(실트질 지반 일부) 지반 내에 대규모건축물 기초터파기 공사 시 양수를 목적으로 하는 무분별한 지하수 방출로 인한 주변지반의 지하수 흐름의 급변으로 인한 싱크홀 발생, ⑤ 조립토(실트질 지반 일부) 지반 내에 대규모건축물 기초터파기 공사 중 암반 내 피압대수층(Confined Aquifer)을 교란시켜 다량의 대수층의 지하수를 양수하게 됨으로써 지표층의 대수층 유입을 유도하게 되어 발생하는 싱크홀 현상, ⑥ 조립토(실트질 지반 일부) 지반 내에 지하구조물 건설시 막장면 관리 부실로 다량의 지하수 유입으로 인한 상부 지표면 동공발생, ⑦ 조립토(실트질 지반 일부) 지반 내 건설된 지하구조물의 공법 차이로 인한 구조물 접하부 지하수 누수 현상 발생으로 인한 상부 지반의 동공화 발생에 의한다.[5]

그러므로 지반함 복구후에 지하수 흐름을 원활하게 하기 위해서는 충진재의 투수특성이 주변토양의 투수특성과 유사한 특성을 가져야 한다.

일반적으로 토양의 투수계수는 토입자의 형상과 크기, 間隙比(간극비가 커짐에 따라 투수증가), 포화도(포화도가 높으면 투수 증가), 토입자의 구성, 흙의 구조, 침투수의 점도, 침투수의 밀도와 농도에 따라 영향을 받는다.[6]

따라서 투수성 충진재를 사용한 함몰지반의 복구는 주변 토양의 투수성과 유사한 투수값을 가지도록 투수성 충진재 특성을 설계하고 시공하여야 한다. 토양의 투수계수는 그림 2-23, 표 2-10과 같으며, 지반함몰 복구를 위하여 주변 토양의 특성을 평가한 후, 투수성 충진재의 투수계수를 결정하고 기포량을 조절하여 예비실험을 통해 투수성 충진재 슬러리 단위중량을 평가한 후 지반함몰 복구에 적용한다.

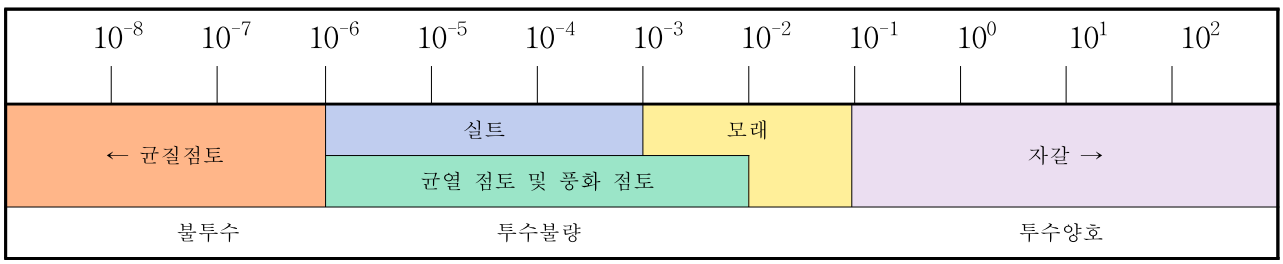


그림 2-23 흙의 입경에 따른 투수계수

표 2-10 흙 종류에 따른 투수계수

흙 종류	투수계수 k (x ㎜/sec)
자갈	$10 \sim 10^{3}$
가는 자갈, 조립 또는 중간모래	$10^{-2} \sim 10$
가는 모래, 느슨한 실트	$10^{-4} \sim 10^{-2}$
조밀한 실트, 점토질 실트	$10^{-5} \sim 10^{-4}$
실트질 점토, 점토	$10^{-8} \sim 10^{-5}$

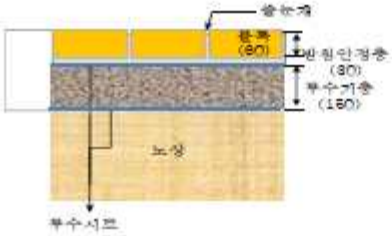
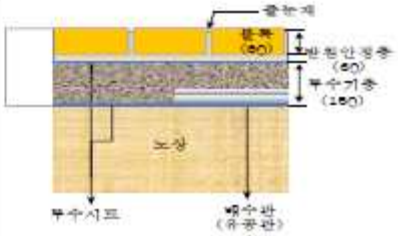
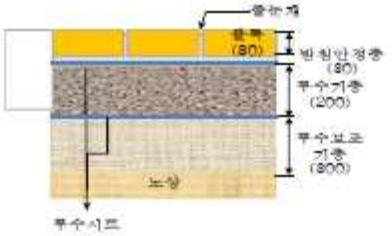
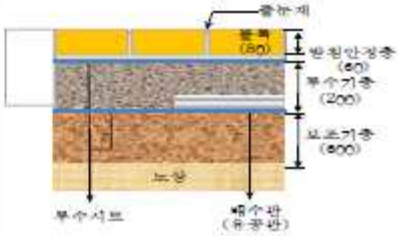
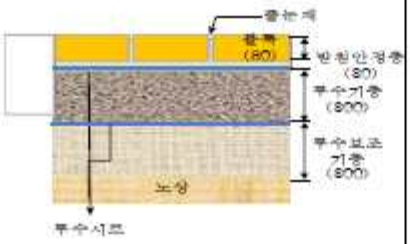
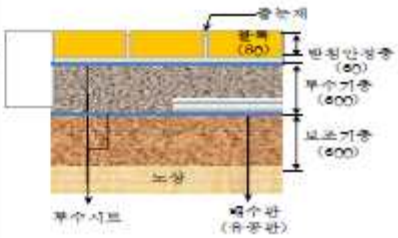
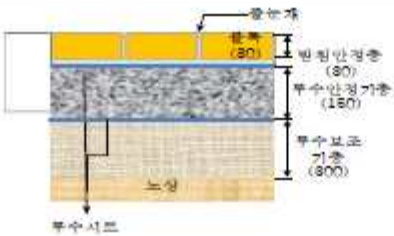
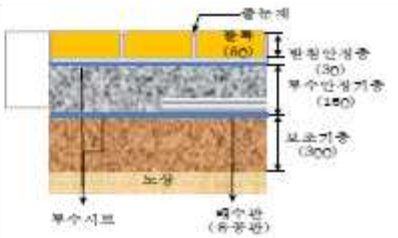
4. 투수성 충진재 유지보수 안

함몰지반에 투수성 충진재를 채운 경우에 시간이 지남에 따라 지하수 흐름과 우수의 유입에 따라 토양입자 또는 이물질이 유입되고, 이로 인한 투수성 충진재의 기공 폐쇄가 진행된다. 투수성 충진재의 기공 폐쇄는 지하수의 흐름에 영향을 미칠것으로 예상된다. 따라서 이에 대한 보완방안을 유사한 사례를 검토하였다.

서울특별시의 「투수블록 포장설계, 시공 및 유지관리 기준」에 의하면 투수성능 지속성 검증시험결과 3등급 이상의 제품을 사용한다. 투수성능 지속성 기준 3등급은 투수계수 0.1 ㎜/sec 이상 0.5㎜/sec 미만의 투수계수를 가지는 것을 말한다. 그리고 배수성 향상을 위해 블록 하부의 지반에 그림 2-24와 같이 투수기층과 투수보조기층을 설치한다. 그리고 2년마다 투수성능을 측정하고, 6년째부터는 매년 투수성능을 평가하며, 투수성능이 기준 미달인 경우에는 투수능력 유지를 위해 공극확보작업을 진행하며, 공극확보 작업은 블록 표면을 고진공으로 흡입한다.

그러나 지반함몰 복구에 사용된 투수성 충진재는 지하에 매립되어 있는 저강도 구조물이므로 투수블록과 같은 방식의 투수성 확보는 불가능한다. 다만, 시공단계에서 향후 투수성 충진재 내부로 미세한 입자의 침입에 의한 기공 폐쇄를 방지하기 위해서 함몰된 측벽에 필터재로서 부직포를 설치하고 투수성 충진재를 주입하거나, 투수성 충진재를 주입할 때 일정한 간격으로 유공관을 설치하고, 기간이 지남에 따라 투수성이 저하된 경우, 고압수 또는 고압의 압축공기를 주입하여 세척하는 방안을 고려해 볼수 있으나, 지속적인 관리에 의한 유지비용 상승, 세척 방법의 효과와 타당성이 검증되지 않았고, 기간 경과에 따른 미세입자의 유입과 투수성 저하에 대한 자료가 부족하여 효과를 예측할 수 없는 문제점이 있다. 따라서 이에 대한 문제는 장기간에 걸친 투수성능과 수류(水流) 변화에 대한 검토와 더불어 투수성 회복에 대한 검토가 이루어져야 할 것이다.

(단위: mm)

구분	노상 투수 계수 1.0×10^{-3} mm/sec이상	노상 투수 계수 1.0×10^{-5} mm/sec미만
구분A (보도)	 A-1	 A-2
구분B (N<500)	 B-1	 B-2
구분C (500<N<1,500)	 C-1	 C-2
구분D (N>1,500)	 D-1	 D-2

N : 목표연도 연평균일교통량(AADT), 대/일

동상방지층은 표준단면에 따로 제시되지 않아 3.2.6에 따라 보조기층 아래에 설치한다.

그림 2-24 투수성 블록포장의 구조설계

「투수블록 포장설계, 시공 및 유지관리 기준」, 서울특별시

제 3 장 연구수행내용 및 성과

지반함몰 충진재 개발은 첫째, 산업 부산자원을 사용한 충진재 원료 배합비 선정, 둘째, 선정된 원료배합비에서 지반함몰 복구를 위한 투수성 충진재를 제조조건을 선정하고, 셋째 충진재 재료를 사용하여 기포제, 기포 혼합량 등 투수성 충진재 제조조건에 따른 투수성 충진재의 특성을 검토하였으며, 넷째 현장에서 충진재 양산조건을 검토하고, 시작품 양산을 하였으며, 양산된 시작품으로 현장 적용성 평가 시험을 실시하였다.

지반함몰 복구용 충진재 원료로서 각종 연소로에서 발생되는 산업 부산자원을 사용하였다. 충진재 제조에 사용된 산업 부산자원은 화력발전소의 미분탄 보일러에서 연소 후 포집되는 플라이애시와 유동층 연소로에서 발생되는 배연탈황석고와 석탄, 바이오매스를 연료로 사용하는 유동층 연소로 플라이애시, 그리고 고로 슬래그 미분말을 사용하였다. 이들 중 유동층 연소로에서 발생되는 배연탈황석고와 플라이애시에는 대기오염방지를 석회석을 연소로에 공급하여 혼합하여 연소하게 되며, 이때 석회석의 탈탄산반응으로 인하여 생석회가 생성되어 연료 중의 S와 반응하여 석고를 생성하고, 일부는 CaO로서 존재하게 된다. 따라서 유동층 연소로에서 발생되는 플라이애시는 높은 수화 반응성을 보인다. 또한, 고로 슬래그와 화력발전소에서 발생되는 플라이애시는 포졸란 물질로서 시멘트의 대체재로 사용되고 있다.

따라서 유동층 연소로에서 발생되는 플라이애시는 초기 수화반응에 기여하게 되고, 화력발전소에서 발생되는 플라이애시와 고로 슬래그 미분말은 장기 강도 증가에 기여를 한다. 그러므로 이들 산업 부산자원을 사용함으로써 보통 포틀랜드 시멘트 사용량을 줄일 수 있으므로, 충진재 재료 비용 절감뿐만 아니라 시멘트 생산할 때 발생되는 온실가스 발생을 줄이는 효과를 얻을 수 있다.

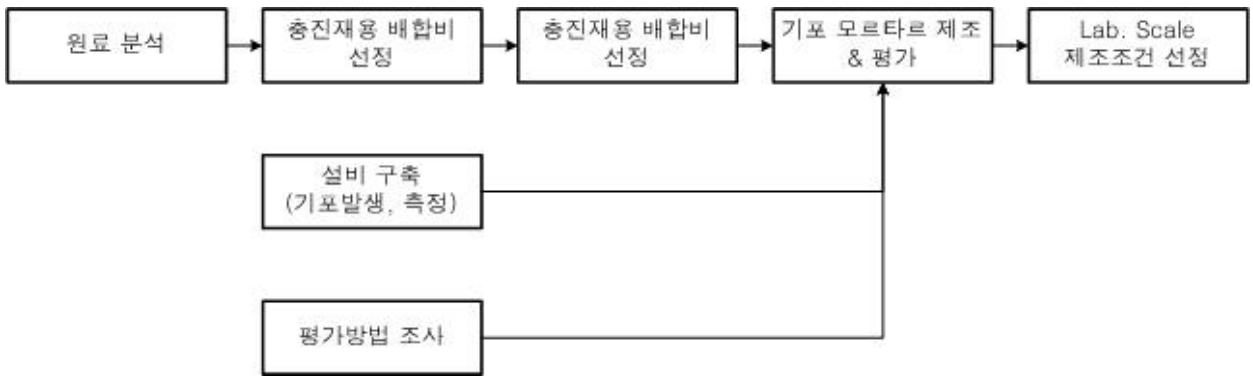


그림 3-1 충진재용 원료 선정 및 투수성 충진재 Lab. 제조조건 선정 Flow

1. 충진재 제조용 원료 개발

충진재 제조용 원료로서 화력발전소에서 발생되는 플라이애시, 페트로코크스를 연료로 사용하는 유동층 보일러에서 발생하는 배연 탈황석고, 그리고 석탄 또는 바이오매스를 연료로 사용하는 유동층 보일러에서 발생되는 플라이애시와 고로 슬래그 미분말을 주원료로 하고, 기존 재료에서 주원료가 되는 시멘트의 사용량은 최소화하는 배합비를 선정하고자 한다.

표 3-1은 원료로 사용하는 산업 부산자원과 보통 포틀랜드 시멘트 화학조성을 나타낸 것이다. 유동층 연소로 플라이애시, 배연탈황석고는 화력발전소에서 발생되는 미분탄 플라이애시보다 CaO 함량이 높으며, 특히 탈황석고의 경우에는 높은 수화 반응성을 나타낸다. 그림 3-4는 산업 부산자원의 초기 반응성을 알아보기 위해 물과 1:1로 혼합하였을 때 발열에 의한 온도변화를 나타낸 것으로, 탈황석고는 물과 반응하여 높은 온도 상승을 보이고 있다. 이것은 탈황석고에 존재하는 미반응 CaO가 물과 반응하여 $Ca(OH)_2$로 되고, 이때 생성되는 열에 의한 온도상승을 보여준다. 그리고 유동층 보일러의 플라이애시에서도 소량의 열이 발생하는 것을 나타낸다. 이와같은 수화반응성을 이용하여 이러한 부산물들은 연약지반 보강을 위한 고화재의 원료로도 사용되고 있다. 따라서 이러한 산업 부산자원의 최적 배합비를 선정함으로써 시멘트 사용량을 감소시킨 충진재 제조를 위한 원료로 사용하였다.

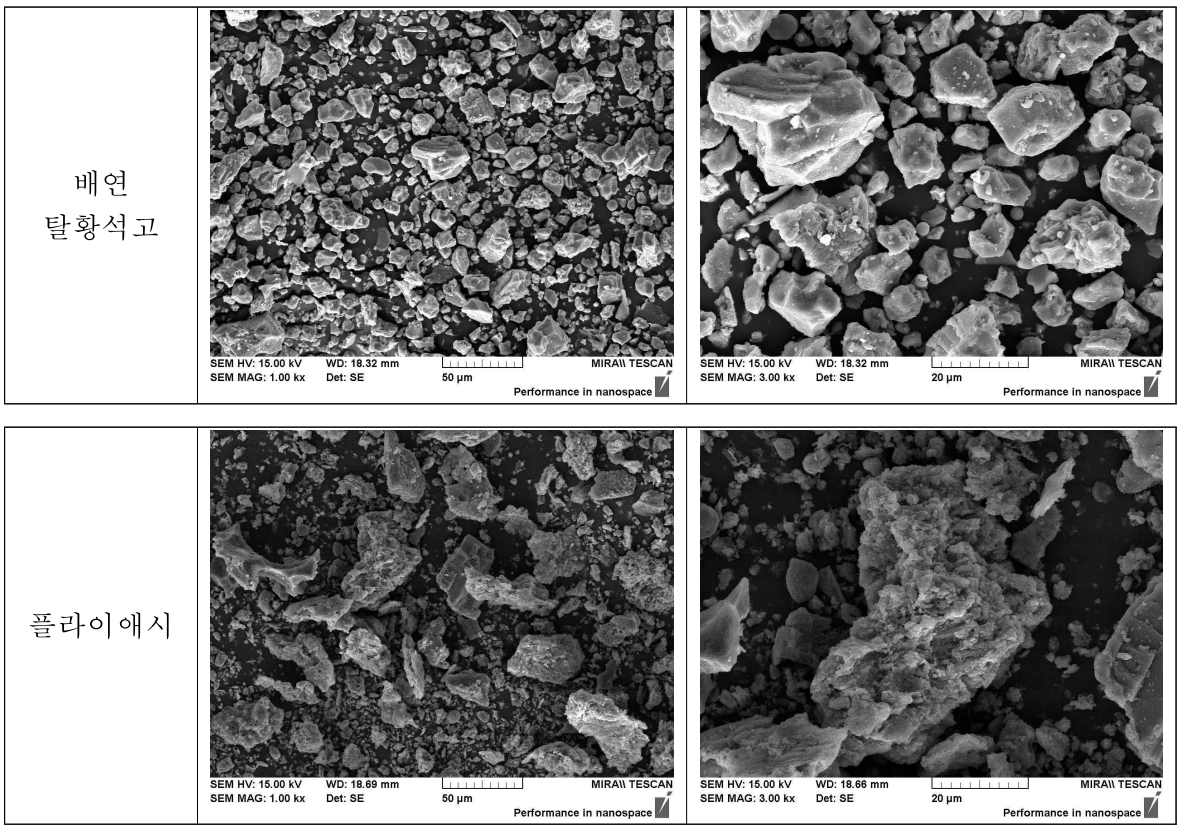
표 3-1 원료 화학조성표

원료명	SiO2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	K_2O	Na_2O	TiO_2	etc.	합 계
유동층 연소로 플라이애시	43.06	18.72	4.27	18.47	4.00	2.91	3.08	2.56	1.09	1.84	98.16
배연 탈황석고	2.82	1.16	0.61	65.95	2.14	25.99	0.26	0.00	0.00	1.09	98.91
보통 포틀랜드 시멘트(1종)	20.43	6.31	4.51	60.03	2.13	3.63	1.22	0.28	0.45	1.01	98.99
고로 슬래그미분말	31.05	12.90	0.46	45.27	5.52	2.69	0.53	0.33	0.69	0.55	99.45
플라이애쉬 (미분탄)	52.35	22.77	7.28	6.28	2.92	0.80	2.14	1.25	1.12	3.07	96.93

표 3-2 원료 Density

원료명	진비중	부피비중	다짐비중
유동층 연소로 플라이애시	2.60	0.36	0.68
배연 탈황석고	3.03	0.96	1.50
보통 포틀랜드 시멘트(1종)	2.97	0.72	1.31
고로 슬래그미분말	2.91	0.79	1.38
플라이애쉬	2.36	0.40	1.26

그림 3-2는 충진재 제조용 원료로 검토한 산업 부산자원의 미세구조를 나타낸 것이며, 그림 3-3은 부산자원의 입도분포를 나타낸 것으로, 평균입경(D_{50}) 약 10㎛ 이하의 분말상태로서 수분량은 0.2~0.3%로 수분을 포함하고 있지 않다.



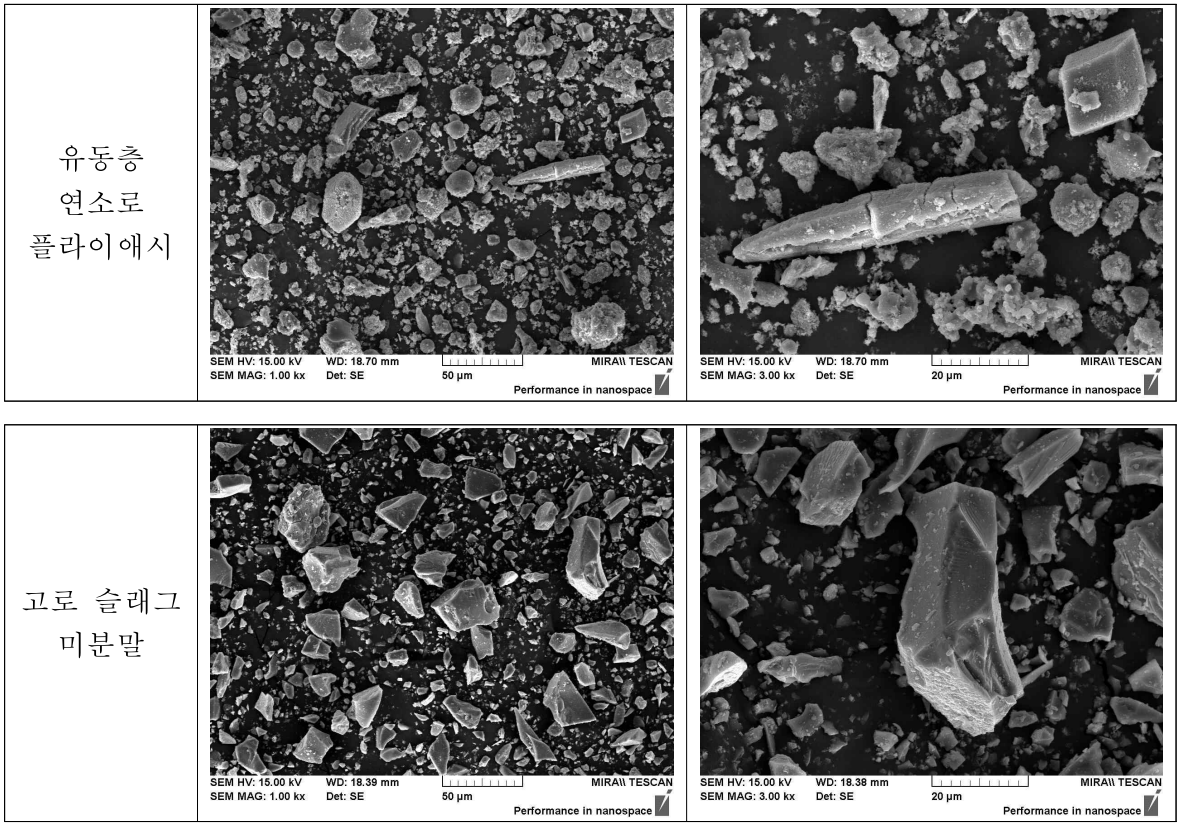


그림 3-2 부산물 원료 미세구조

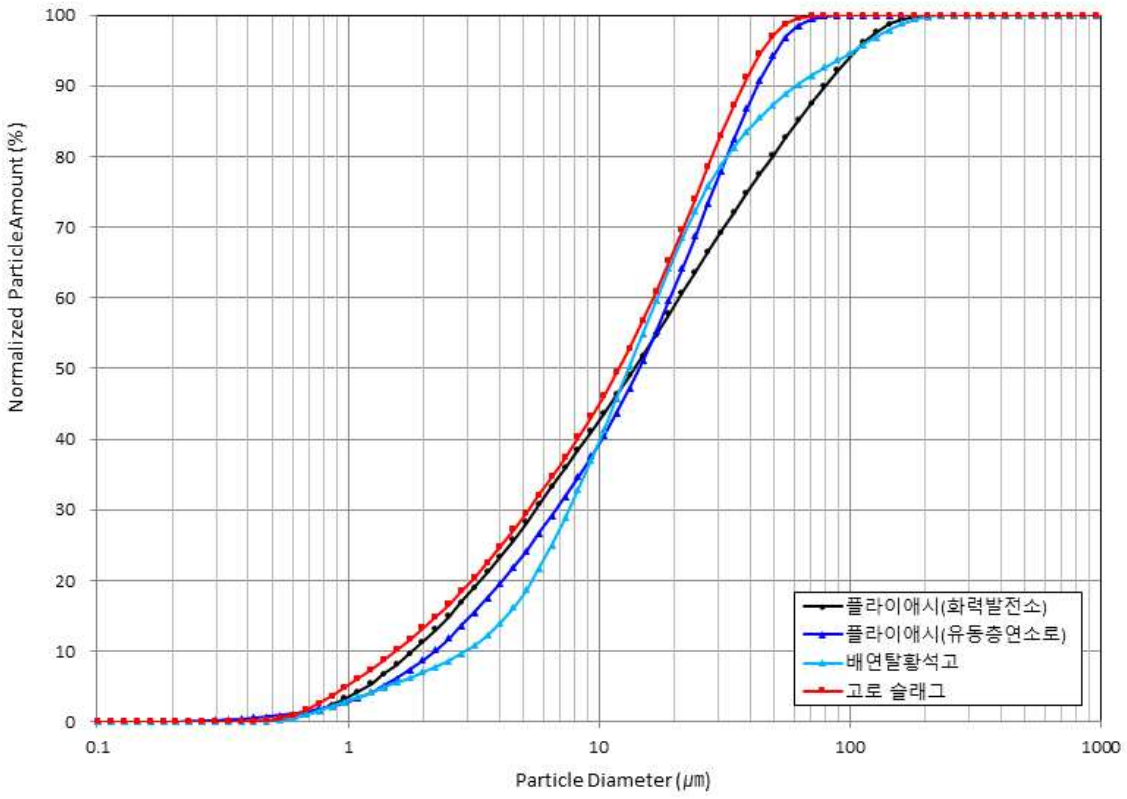


그림 3-3 원료 입도분포

표 3-3 산업 부산자원의 평균입경(D_{50})

구분	평균 입경 (D_{50})
플라이애시	6.3 ㎛
유동층 플라이애시	10.8 ㎛
탈황석고	9.4 ㎛
고로 슬래그 미분말	8.7 ㎛

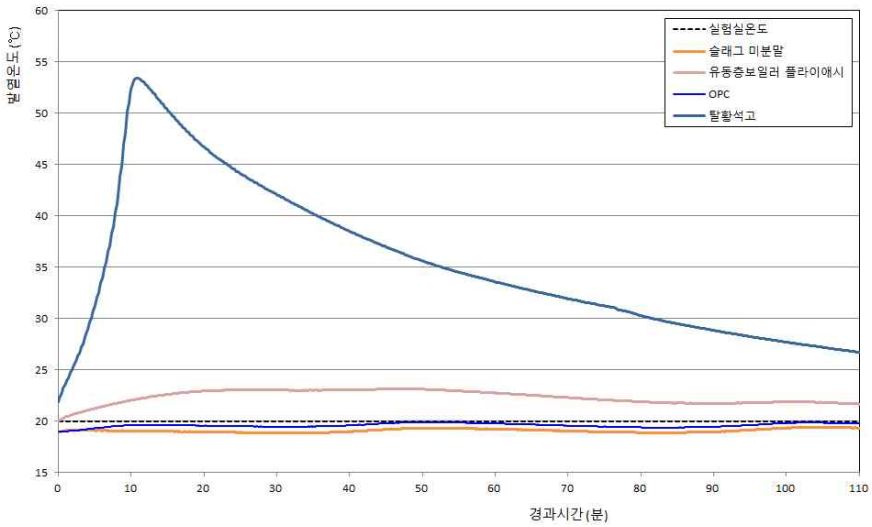


그림 3-4 각 원료의 초기 발열특성 (고:액=1:1)

그림 3-5와 표 3-4는 원료로 사용된 부산자원의 광물조성을 나타낸 것이며, 이들 원료중 고로 슬래그 미분말은 비정질이며, 석회석이 포함되어 있다.

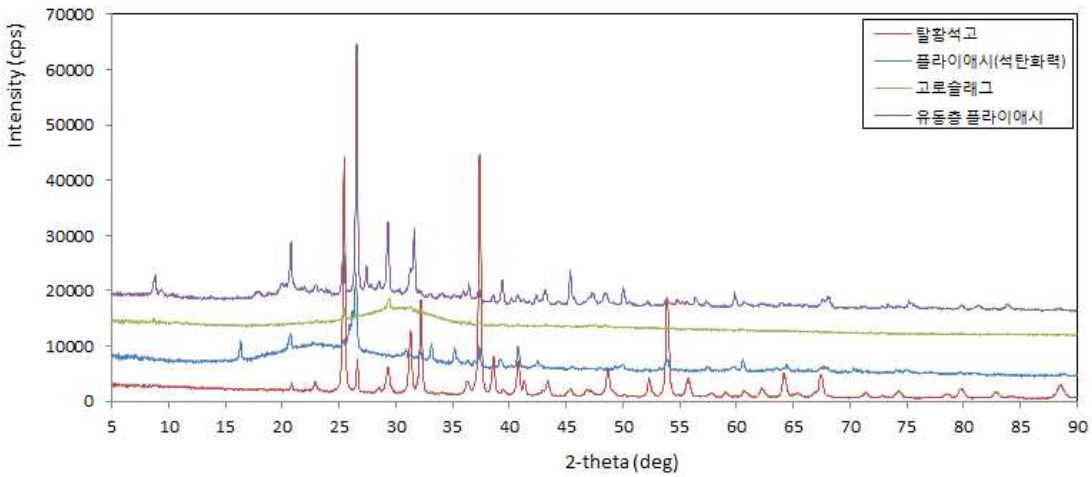


그림 3-5 부산자원 원료의 XRD pattern

표 3-4 부산자원의 광물조성

플라이애시 (석탄화력)	Mulite, Quartz
고로 슬래그	비정질, Calcite
탈황석고	Calcium Oxide, Quartz, Anhydrite, Calcite
유동층 플라이애시	Quzrtz, Lime, Cristobalite, Ankerite, Potassium tecto-alumotrisilicate, Potassium carbonate, Bustamite

표 3-5는 사용된 원료의 환경 유해성 평가를 위해 폐기물공정시험기준에 따른 폐기물용출 시험 결과로서 모든 부산자원에서 중금속 용출량이 기준 이하를 나타낸다.

표 3-5 부산자원의 중금속 용출량

	단위	플라이애시	고로슬래그 미분말	탈황석고	유동층 플라이애시	기준[1]
Pb	㎎/L	불검출	불검출	불검출	불검출	3
Cu	㎎/L	불검출	0.006	불검출	불검출	3
As	㎎/L	불검출	불검출	불검출	불검출	1.5
Hg	㎎/L	불검출	불검출	불검출	불검출	0.005
Cd	㎎/L	불검출	불검출	불검출	불검출	0.3
Cr^{+6}	㎎/L	불검출	불검출	불검출	불검출	1.5
CN	㎎/L	불검출	불검출	불검출	불검출	1
기름성분	%	불검출	불검출	불검출	불검출	5

따라서 화력발전소의 플라이애시, 탈황석고, 유동층 연소로의 플라이애시, 그리고 고로 슬래그 미분말은 충진재로서 사용할 때 지하수 또는 우수와 접촉하는 경우에도 중금속 등 유해물질의 용출이 되지 않으며, 수화반응성과 포졸란 반응성이 있으므로 충진재 원료로서 사용가능한 재료이다.

2. Lab. Scale 충진재 배합비 선정

투수성 충진재의 최적 배합비 선정을 위해서 사용하는 산업 부산자원의 배합비에 따른 압축강도를 평가하여 최적배합비를 선정하였다. 이를 위해 혼합물 실험계획법을 사용하여 실험배합 수준을 선정하였고, 각 실험수준에서 압축강도를 측정하였다. 혼합물 실험배치를 위

1) 폐기물관리법시행규칙 [별표 1] 지정폐기물에 함유된 유해물질 (제2조 제1항 관련)

한 배합수준 선정과 실험결과 해석은 MINITAB 프로그램을 사용하였다.

가. 실험계획

원료 배합비 선정을 위한 혼합물실험계획에 의한 실험배치는 표 3-6과 같다. 이때 시멘트는 산업 부산자원에 대하여 10wt.%를 외할로 첨가하였다.

표 3-6 원료 배합비 선정을 위한 혼합물 실험 배치표

실험 번호	실험인자					
	(외할)	A	B	C	D	SUM
	OPC	플라이애시	유동층애시	탈황석고	슬래그미분말	
10	0.10	0.330	0.000	0.000	0.670	1.00
20	0.10	0.000	0.000	0.000	1.000	1.00
19	0.10	0.000	0.000	0.330	0.670	1.00
18	0.10	0.000	0.000	0.670	0.330	1.00
25	0.10	0.125	0.125	0.125	0.625	1.00
16	0.10	0.000	0.330	0.000	0.670	1.00
9	0.10	0.333	0.000	0.333	0.333	1.00
8	0.10	0.330	0.000	0.670	0.000	1.00
4	0.10	0.670	0.000	0.000	0.330	1.00
24	0.10	0.125	0.125	0.625	0.125	1.00
17	0.10	0.000	0.000	1.000	0.000	1.00
13	0.10	0.000	0.670	0.000	0.330	1.00
15	0.10	0.000	0.333	0.333	0.333	1.00
7	0.10	0.333	0.333	0.000	0.333	1.00
21	0.10	0.250	0.250	0.250	0.250	1.00
3	0.10	0.670	0.000	0.330	0.000	1.00
1	0.10	1.000	0.000	0.000	0.000	1.00
22	0.10	0.625	0.125	0.125	0.125	1.00
6	0.10	0.333	0.333	0.333	0.000	1.00
2	0.10	0.670	0.330	0.000	0.000	1.00
14	0.10	0.000	0.330	0.670	0.000	1.00
23	0.10	0.125	0.625	0.125	0.125	1.00
5	0.10	0.330	0.670	0.000	0.000	1.00
11	0.10	0.000	1.000	0.000	0.000	1.00
12	0.10	0.000	0.670	0.330	0.000	1.00

나. 실험방법

(1) 유동화제 검토

투수성 충진재를 제조하여 지반함몰 부분에 충전을 할때에는 유동성이 중요한 인자가 될 수 있다. 이때 유동성을 증가시키기 위해서는 충진재 슬러리 농도를 묽게하여야 한다. 즉, 충진재 재료 대비 물 첨가비율을 증가시켜야 한다. 그러나 물 첨가 비율을 증가시킬 경우에는 필연적으로 강도 저하와 블리딩이 증가하게. 따라서 충진재 재료에 첨가되는 충진재(시멘트)물비를 줄이면서 유동성을 유지하기 위해 유동화제를 첨가하였다.

첨가되는 유동화제와 첨가비율은 실험을 통하여 선정하였다. 실험에 사용한 유동화제는 PC계 유동화제로서 3개사(동남기업, 에코넥스, KMB)의 유동화제를 대상으로 무첨가, 0.2% 첨가, 0.3% 첨가하였을 때의 유동성을 비교하였다. 이때 대상 충진재의 배합조건은 표 3-6의 배합조건 중에서 4종류의 부산자원이 동일한 비율로 혼합된 조건과 흡수율이 커서 유동성에 큰 영향을 미칠것으로 예상되는 3종(플라이애시, 탈황석고, 유동층 연소로 플라이애시) 부산자원으로 구성된 배합조건(표 3-7)에 대해서 실험을 실시하였으며, 유동성을 측정하고 유동성이 우수한 유동화제를 선정하였다.

유동성 측정은 내부 직경 80㎜, 높이 80㎜의 원통형 몰드에 슬러리를 상부까지 붓고 남은 윗부분을 수평하게 제거한후, 원통을 살며시 들어올려 1분 후에 시료가 퍼진 4방향에 대해서 등간격으로 측정하여 평균값을 구하였으며, 슬러리 유동성은 20~30㎝가 되는 첨가량을 선정하였다.

표 3-7 유동화제 선정을 위한 충진재 원료배합 조건

실험번호	OPC	FA(PCC)	FA(FBC)	탈황석고	고로 슬래그	SUM
21	0.1	0.25	0.25	0.25	0.25	1.00
6	0.1	0.33	0.33	0.33	0.00	1.00

(2) 압축강도 측정용 시편 제조

충진재용 배합비 선정을 위한 평가항목으로 압축강도 측정용 공시체 제조는 표 3-6의 원료 조합에 대해서 슬러리 유동성이 10~15㎝가 되도록 충진재(C)와 물(W)의 비(W/C)를 결정하고, 유동화제를 첨가한 후, 각 실험수준에 대해서 압축강도 평가용 공시체를 제조하였다. 공시체 제조를 위한 실험순서는 배합원료 무게를 측정하고, 유동화제를 첨가하지 않은 슬러리의 유동성이 10~15㎝가 되는 W/C의 물량을 첨가한 후 충진재 믹서에서 1분간 교반하고, 유동화제를 첨가한 후, 30초간 교반하여 슬러리를 제조하고, 제조된 슬러리를 40㎜ x 40㎜ x 160㎜ 몰드에 채운 후 습기함에서 1일 양생한 후, 수중양생하였다.

다. 실험결과

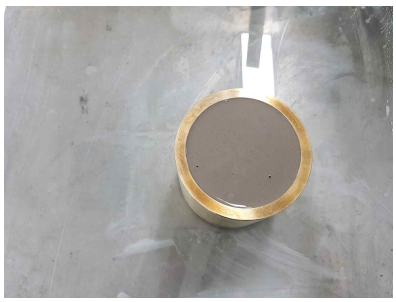
(1) 유동화제 선정

그림 3-6은 유동성 측정을 위한 원형 몰드, 퍼짐 길이 측정기구와 유동성 측정 예를 나타낸 것이다. 그림 3-7의 원료조합에서 유동화제 종류와 유동화제 첨가량에 따른 유동성을 측정한 결과를 나타낸 것이다. 이때 각 배합수준의 W/C는 각각 50%로 하였으며, 유동화제를 첨가하기 전의 슬러리 유동성은 실험번호 #21이 16㎝이고, 실험번호 #6은 11㎝을 나타냈다. 실험번호 #6과 #21의 동일한 W/C에서 유동성 차이는 각 실험번호의 흡수율 차이에 의한 것으로 실험번호 #21의 흡수율은 34.4%이고, 실험번호 #6의 흡수율은 44.4%를 나타냈다. 이들 조건의 흡수율 차이는 탈황석고와 유동층 연소로의 플라이애시의 흡수율이 높은것에 기인하는 것으로 실험번호 #6의 탈황석고와 유동층 연소로의 플라이애시 비율이 높은 것에 의한 것이다.

그림 3-7에서 유동화제 종류별 유동성 변화는 거의 나타나지 않으나, KMB사 유동화제의 유동성이 약간 우세하게 나타났으며, 유동화제를 0.2% 첨가하였을 때 슬러리 유동성이 27~34㎝의 유동성을 나타냈다. 따라서 최적 배합비 선정을 위한 압축강도 측정용 공시체 제조를 위해 KMB사 유동화제를 0.2% 첨가 하였다.



(a) 유동성 측정용 원형 몰드



(b) 유동성 측정용 원형 몰드에 슬러리 충전

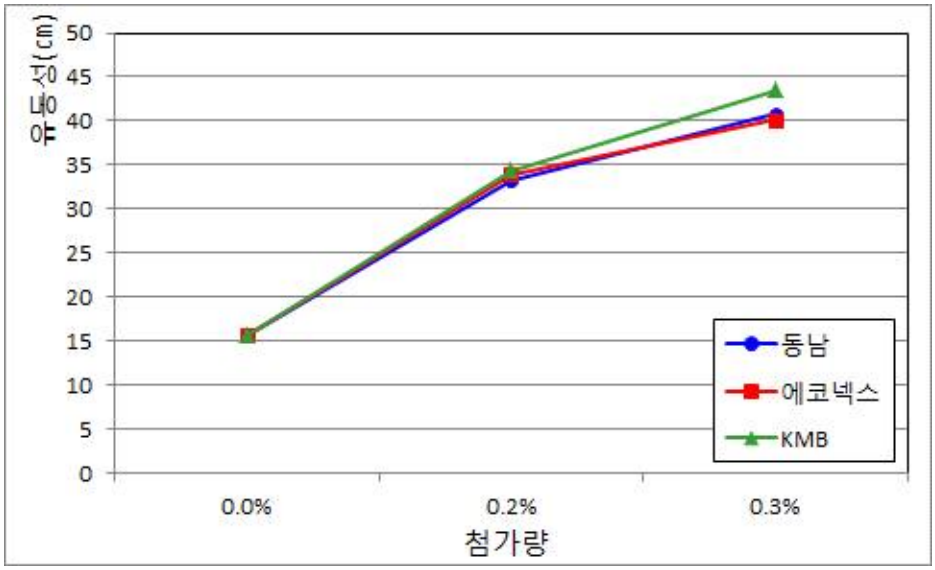


(c) 원형 몰드 제거 후

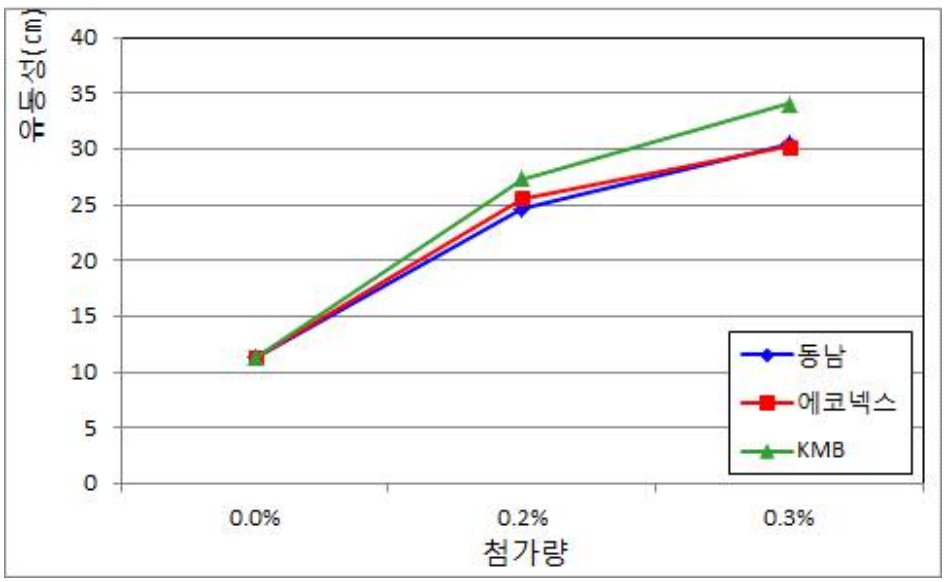


(d) 슬러리의 퍼짐 길이 측정

그림 3-6 유동성 측정용 원형 몰드와 측정 예



(a) 실험번호 #21의 유동성 변화



(b) 실험번호 #6의 유동성 변화

그림 3-7 유동화제 종류(Maker)와 첨가량에 대한 유동성 변화

(2) 압축강도

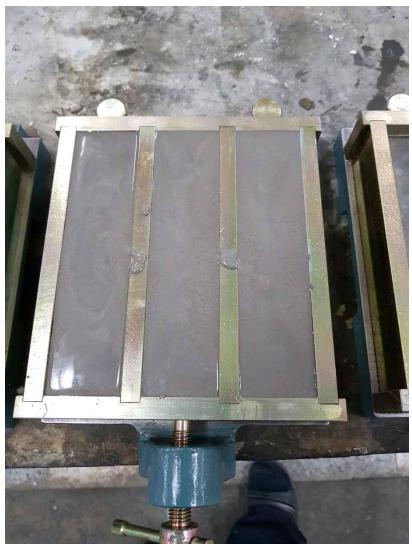
그림 3-8은 압축강도 측정용 공시체 제조 예를 나타낸 것이며, 표 3-8은 표 3-6의 혼합물 실험계획법에 의한 실험배치에 대한 압축강도 측정결과를 나타낸 것이다. 이들 결과 분석은 MINITAB 프로그램을 사용하여 분석하였으며, 재령 3일의 압축강도를 사용하여 분석을 실시하였다.



(a) 배합원료



(b) 혼합



(c) 공시체 제작



(d) 공시체 (수중양생, 3일 재령)



(e) 압축강도 측정

그림 3-8 압축강도 측정용 시료 제조 예

표 3-9와 표 3-10은 MINITAB으로 분석한 혼합물 실험계획에 의한 압축강도의 회귀분석 결과와 분산분석표를 나타낸 것이다. 회귀계수에서 플라이애시(PCC), 플라이애시(CFBC), 페트로 코크스 유동층 연소로 플라이애시 및 고로 슬래그 미분말의 회귀계수는 각각 0.92, 0.96, 4.65, 12.09이며, 표 3-9에서 교호작용이 마이너스를 나타내는 것은 상호작용하여 압축강도를 저하시킨다는 것을 나타낸다.

그림 3-9와 그림 3-10은 3일과 7일의 원료로 사용된 부산자원의 함량변화에 따른 압축강도 변화를 등고선으로 나타낸 것이다.

표 3-8 혼합물 실험계획에 의한 실험수준별 압축강도

표준 순서	실험인자						W/C (%)	특성치		
	-	A	B	C	D	SUM		압축강도 (MPa)		
	OPC	플라이 애시	유동층 애시	탈황 석고	슬래그 미분말			3일	7일	28일
1	0.10	1.000	0.000	0.000	0.000	1.00	35.0%	1.34	2.44	3.71
2	0.10	0.670	0.330	0.000	0.000	1.00	60.0%	0.61	1.78	4.46
3	0.10	0.670	0.000	0.330	0.000	1.00	40.0%	1.62	3.63	11.08
4	0.10	0.670	0.000	0.000	0.330	1.00	35.0%	4.56	14.19	20.10
5	0.10	0.330	0.670	0.000	0.000	1.00	75.0%	0.47	2.18	4.96
6	0.10	0.333	0.333	0.333	0.000	1.00	55.0%	1.05	3.48	11.42
7	0.10	0.333	0.333	0.000	0.333	1.00	60.0%	2.60	7.02	15.56
8	0.10	0.330	0.000	0.670	0.000	1.00	37.5%	4.90	7.92	21.84
9	0.10	0.333	0.000	0.333	0.333	1.00	40.0%	4.92	10.88	21.25
10	0.10	0.330	0.000	0.000	0.670	1.00	35.0%	11.14	23.47	31.02
11	0.10	0.000	1.000	0.000	0.000	1.00	100.0%	0.41	0.76	1.51
12	0.10	0.000	0.670	0.330	0.000	1.00	80.0%	0.27	1.50	11.41
13	0.10	0.000	0.670	0.000	0.330	1.00	70.0%	3.60	11.36	18.80
14	0.10	0.000	0.330	0.670	0.000	1.00	57.5%	0.55	2.23	7.48
15	0.10	0.000	0.333	0.333	0.333	1.00	55.0%	3.33	8.46	15.17
16	0.10	0.000	0.330	0.000	0.670	1.00	57.5%	7.11	14.50	21.14
17	0.10	0.000	0.000	1.000	0.000	1.00	37.5%	3.71	3.93	13.98
18	0.10	0.000	0.000	0.670	0.330	1.00	40.0%	8.27	17.58	27.42
19	0.10	0.000	0.000	0.330	0.670	1.00	40.0%	9.84	25.43	36.19
20	0.10	0.000	0.000	0.000	1.000	1.00	42.5%	10.99	22.03	32.57
21	0.10	0.250	0.250	0.250	0.250	1.00	55.0%	2.08	6.12	24.35
22	0.10	0.625	0.125	0.125	0.125	1.00	47.5%	1.13	4.20	15.24
23	0.10	0.125	0.625	0.125	0.125	1.00	80.0%	0.48	3.42	-
24	0.10	0.125	0.125	0.625	0.125	1.00	45.0%	3.92	9.35	16.13
25	0.10	0.125	0.125	0.125	0.625	1.00	50.0%	7.69	19.63	38.42

표 3-9 Regression Coefficient of Compressive strength (3days)

	Coef.	SE Coef.	T	P	VIF
A	0.92	1.026	*	*	2.759
B	0.96	1.026	*	*	2.759
C	4.65	1.026	*	*	2.759
D	12.09	1.026	*	*	2.759
A*B	-4.15	4.396	-0.94	0.360	2.028
A*C	-0.06	4.396	-0.01	0.989	2.028
A*D	1.94	4.396	0.44	0.666	2.028
B*C	-11.66	4.396	-2.65	0.018	2.028
B*D	-8.06	4.396	-1.83	0.087	2.028
C*D	0.44	4.396	0.10	0.922	2.028

S = 1.15537 PRESS = 102.467

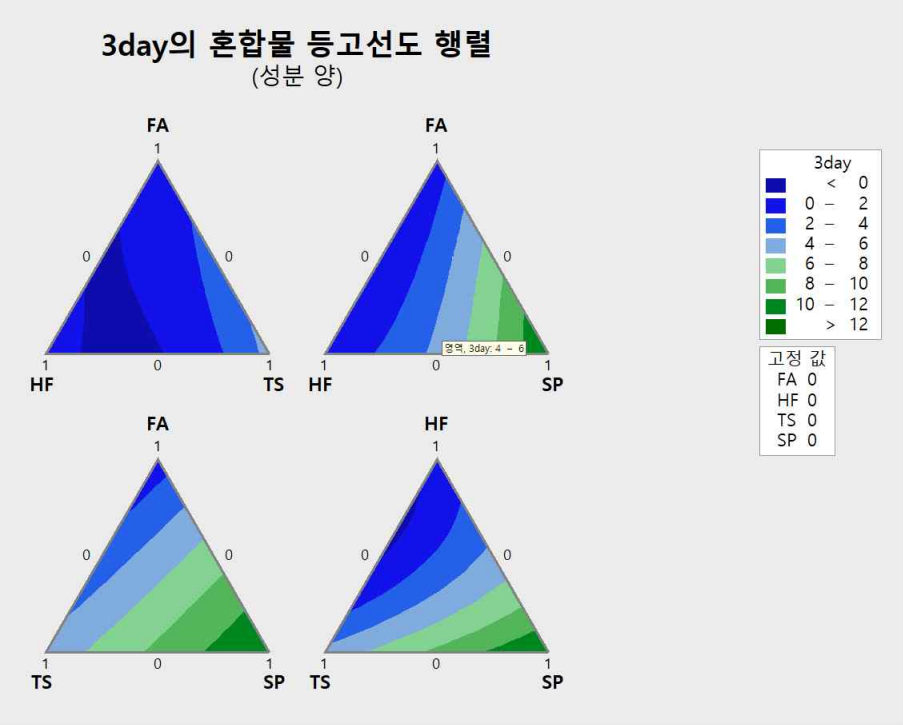
R^2 = 93.05% R^2 (Prediction) = 64.43% R^2(Adj.) = 88.88%

* A:PCC Ash, B:C-CFBC Ash, C:P-CFBC Ash, D:BFS

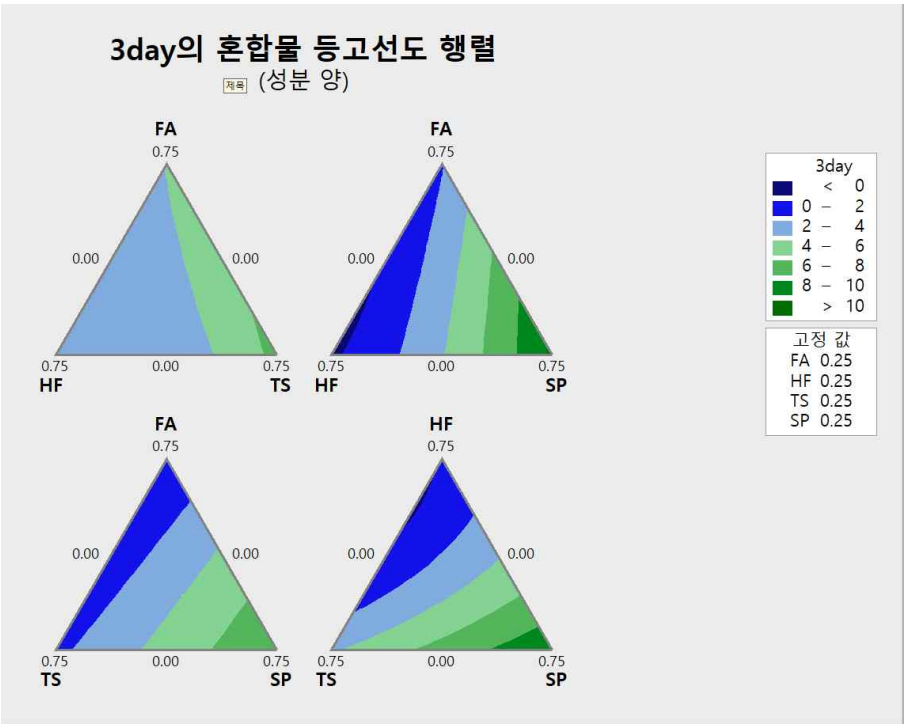
표 3-10 ANOVA table of Compressive strength (3days)

	DF	Seq. SS	Adj. SS	Adj. MS	F	P
Regression Analysis	9	268.020	268.020	29.7800	22.31	0.000
Linear	3	254.502	107.500	35.8333	26.84	0.000
2nd Order	6	13.519	13.519	2.2531	1.69	0.192
A*B	1	0.305	1.191	1.1909	0.89	0.360
A*C	1	0.012	0.000	0.0003	0.00	0.989
A*D	1	0.271	0.259	0.2591	0.19	0.666
B*C	1	8.293	9.385	9.3853	7.03	0.018
B*D	1	4.623	4.487	4.4871	3.36	0.087
C*D	1	0.013	0.013	0.0134	0.01	0.922
Residual Err.	15	20.023	20.023	1.3349		
Total	24	288.043				

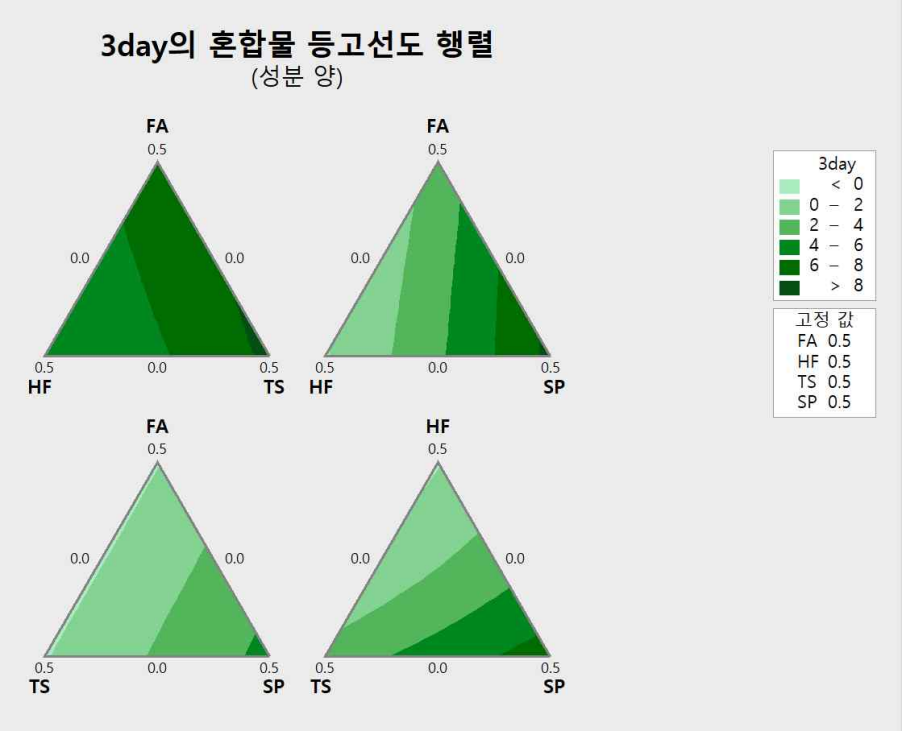
* A:PCC Ash, B:C-CFBC Ash, C:P-CFBC Ash, D:BFS



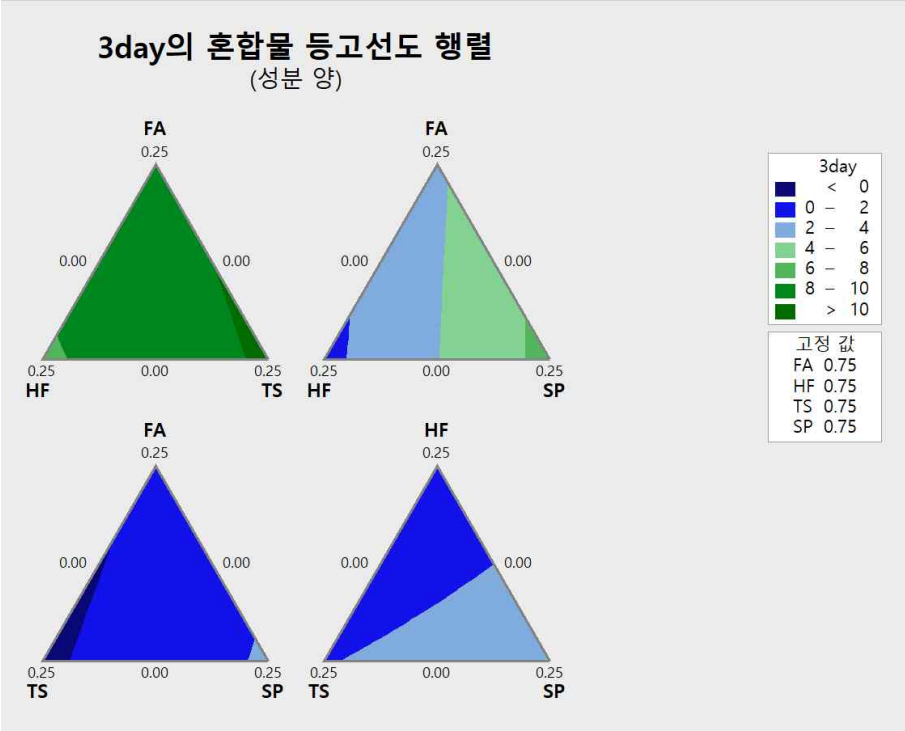
(a) FA, HF, TS, SP 함량이 0% 일 경우 3성분 배합비에 따른 3일 압축강도 거동



(b) FA, HF, TS, SP 함량이 25% 일 경우 3성분 배합비에 따른 3일 압축강도 거동



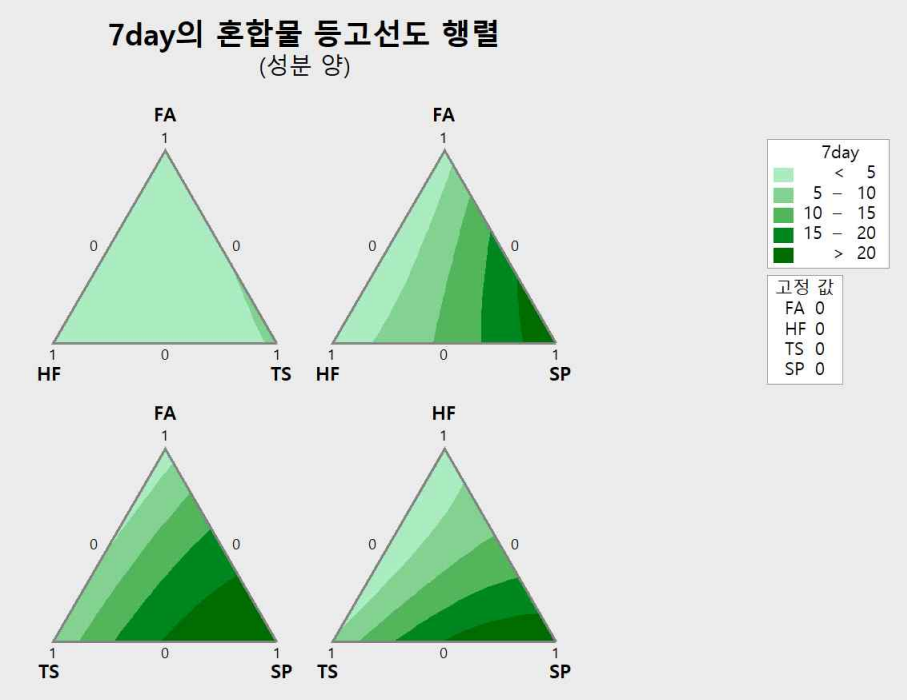
(c) FA, HF, TS, SP 함량이 50% 일 경우 3성분 배합비에 따른 3일 압축강도 거동



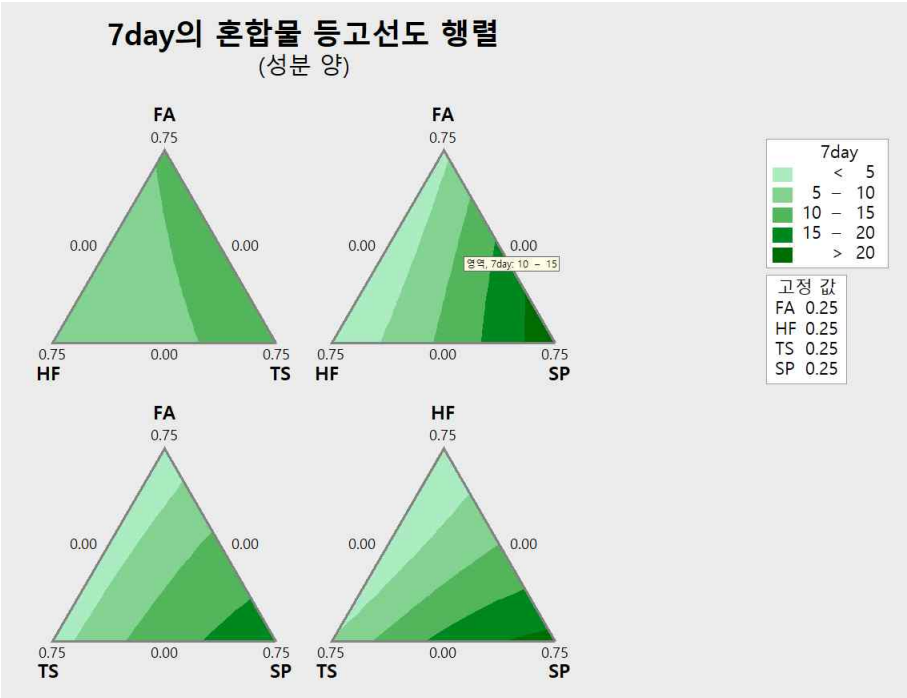
(d) FA, HF, TS, SP 함량이 75% 일 경우 3성분 배합비에 따른 3일 압축강도 거동

그림 3-9 혼합물 등고선도 (압축강도 (재령 3일))

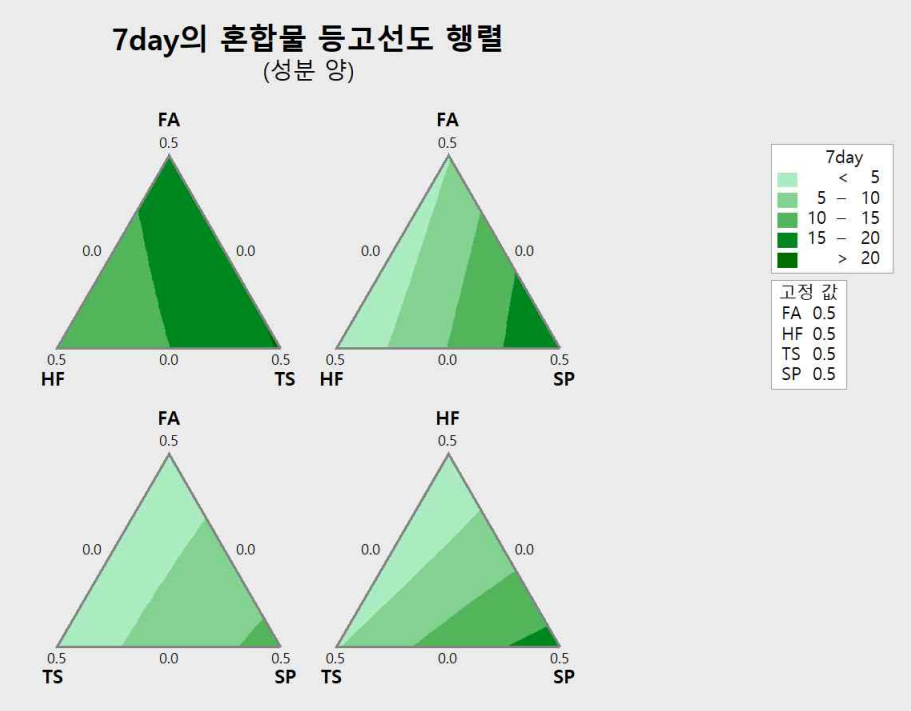
(FA:화력발전소 플라이애시, HF:유동층 보일러 플라이애시, TS:배연탈황석고, SP:고로 슬래그 미분말)



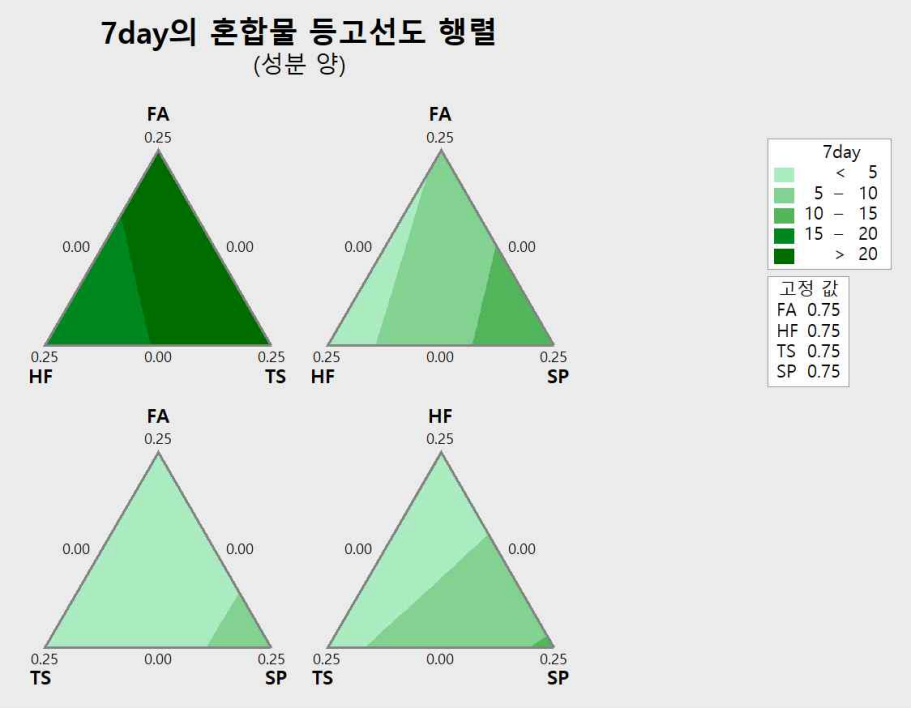
(a) FA, HF, TS, SP 함량이 0% 일 경우 3성분 배합비에 따른 7일 압축강도 거동



(b) FA, HF, TS, SP 함량이 25% 일 경우 3성분 배합비에 따른 7일 압축강도 거동



(c) FA, HF, TS, SP 함량이 50% 일 경우 3성분 배합비에 따른 7일 압축강도 거동



(d) FA, HF, TS, SP 함량이 75% 일 경우 3성분 배합비에 따른 7일 압축강도 거동

그림 3-10 혼합물 등고선도 (압축강도 (재령 7일))

(FA:화력발전소 플라이애시, HF:유동층 보일러 플라이애시, TS:배연탈황석고, SP:고로 슬래그 미분말)

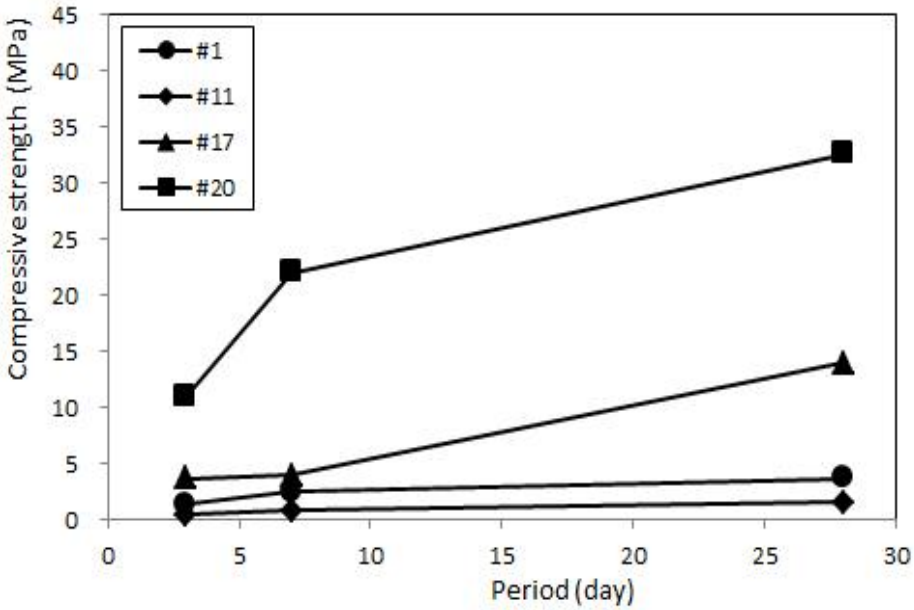


그림 3-11 Relationship between of strength and mixing ratio(Ⅰ)

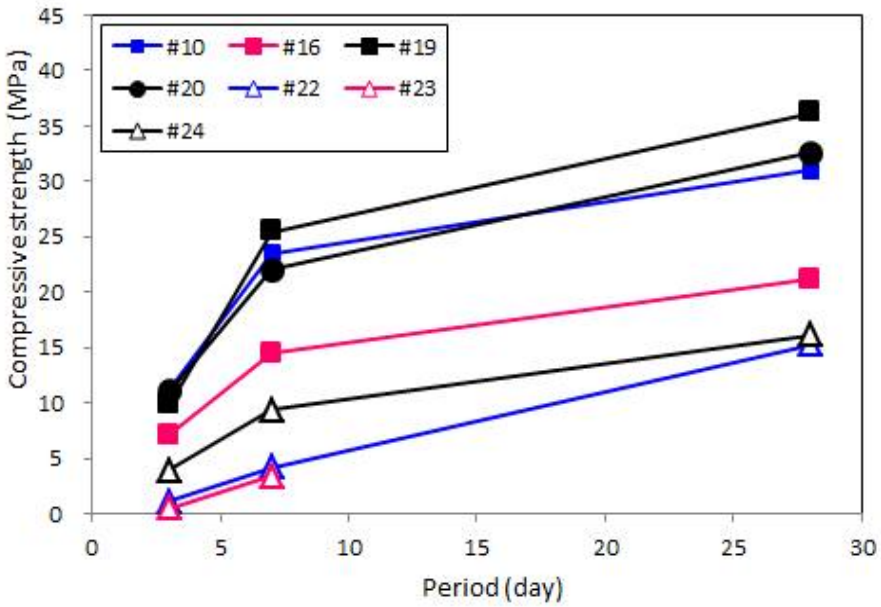


그림 3-12 Relationship between of strength and mixing ratio(Ⅱ)

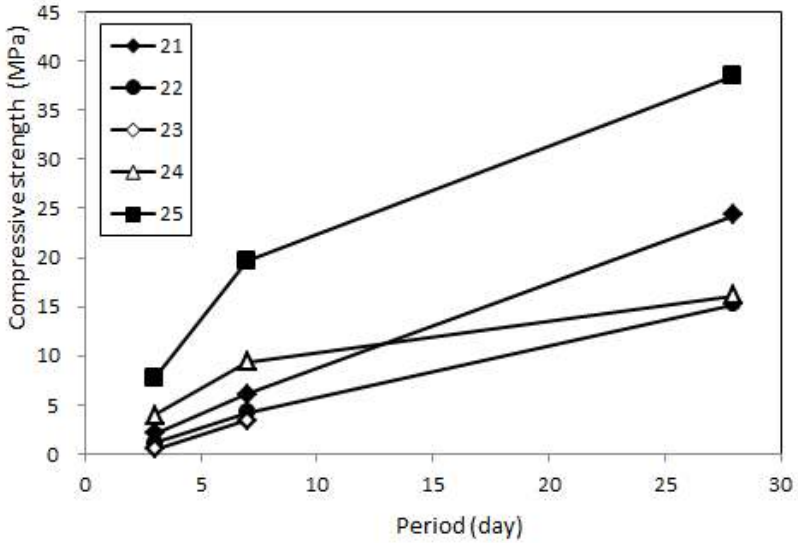


그림 3-13 Relationship between of strength and mixing ratio(Ⅲ)

그림 3-11은 단일성분의 산업부산물과 보통포틀랜드시멘트 10%가 혼합된 수준의 압축강도 값이며, 고로 슬래그 미분말의 압축강도(#20)가 다른 수준보다 높은데, 이것은 보통 포틀랜드 시멘트 함유량이 고로 슬래그 시멘트 3종(고로 슬래그 함유량 60 초과 70 이하) 보다 적지만, 고로 슬래그 시멘트와 같은 잠재 수경성 반응에 의한 것으로 판단된다. 그러나 미분탄 보일러 플라이애시는 Ca 함유량이 적고, 초기 반응성이 거의 없고, 강도를 나타내기 위한 시멘트 절대량이 부족하므로 강도가 낮은 것으로 판단된다. 또한, 유동층 연소 보일러 발생 플라이애시는 탈황을 위한 석회석 사용으로 인한 f-CaO가 다량 존재하므로 수화-팽창이 일어나므로 압축강도가 낮은 것으로 판단된다.

고로 슬래그가 압축강도에 미치는 영향은 그림 3-12에서와 같이 고로 슬래그 혼합량에 따라 큰 상관성을 보이며, 표 3-9의 회귀계수에서 알 수 있다.

그림 3-13은 산업부산물 4종을 모두 혼합한 경우의 압축강도를 나타낸 것으로 고로 슬래그 양이 적을 경우 초기, 후기 강도 발현이 저조하게 된다. 강도 발현이 저조한 이유로서는 사용되는 보통 포틀랜드 시멘트량이 전체의 10%로서 소량이므로, 시멘트에 의한 강도 증가 영향은 미약하며, 플라이애시(PCC)의 경우 그림 7에서와 같이 강도 증가를 기대할 수 없으며, 유동층 플라이애시와 페트로 코크스 연소 보일러의 애시의 경우 존재하는 f-CaO가 물고 반응하여 Ca(OH)2를 생성하며, 발열, 팽창을 일으켜 수화에 의한 치밀화를 기대할 수 없게 되는 것으로 판단된다. 따라서 적정량의 고로 슬래그 사용이 반드시 필요할 것으로 보인다.

그림 3-14는 MINITAB의 반응 최적화 도구를 사용하여 얻어진 압축강도 값이 최대가 되는 조건을 나타낸 것이다. 압축강도가 최대가 되는 조건은 플라이애시(PCC) 15wt.%와 고로

슬래그 미분말 84wt.%를 사용하였을 때이며, 이때 추정 압축강도(3일)는 12.3MPa를 나타낸다. 그리고 플라이애시(PCC Ash) 및 플라이애시(C-CFBC Ash), 페트로 코크스 유동층 연소로 플라이애시(P-CFBC Ash)는 사용량의 증가에 따라 압축강도는 감소하고, 고로 슬래그 미분말의 사용량 증가에 따라 압축강도는 증가하는 경향을 나타낸다. 그리고, 이러한 경향은 7일과 28일 압축강도 추정값에서도 동일한 경향을 보인다.

그러나 본 연구에서는 재료의 원가를 고려하여 원료 산업 부산자원을 적극적으로 활용하고, 경량 기포 충진재용 소재의 조성을 선정하고자 하므로 배합조성의 3일 압축강도가 5MPa 이상이 되는 조성을 선정하였으며, 이때 각 성분의 함량과 추정 압축강도(3일)는 그림 3-15과 같다.

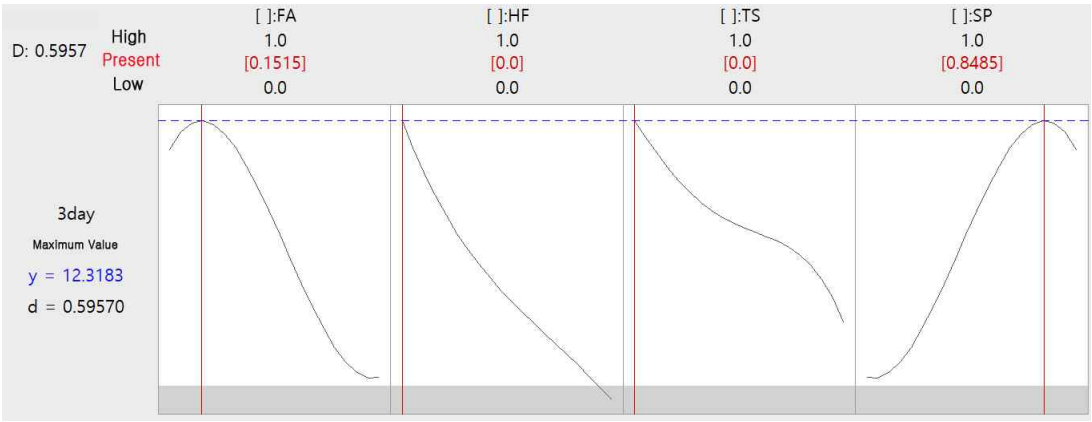


그림 3-14. Compressive Strength at maximum condition

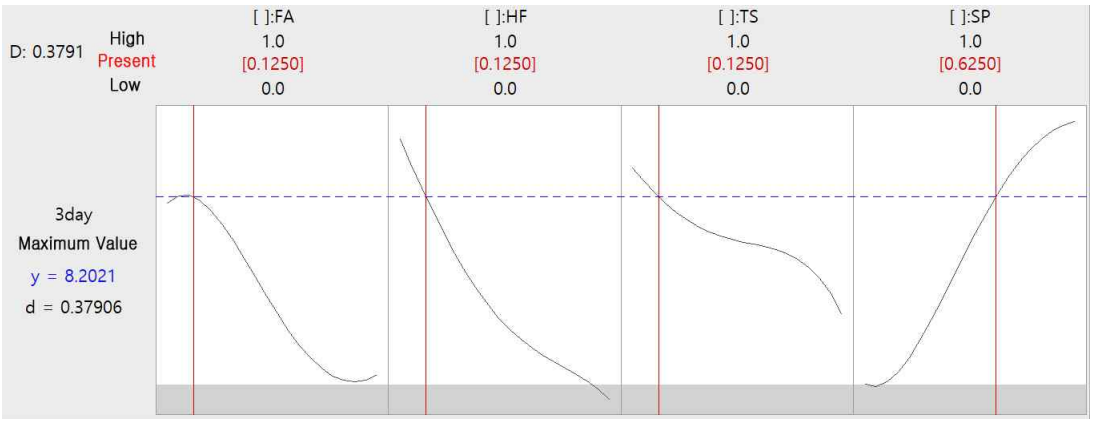


그림 3-15 Compressive Strength at selected mixing ratio

라. 충진재 제조용 원료 최적 배합비

분석결과로부터 재령 3일 압축강도 5MPa 이상을 나타내는 수준에서 원료수급 용이성과 비용을 고려하여 표준순서 중에서『25』(표 3-11)수준을 선정하여 기포 투수성 충진재 제조를 위한 기본조성으로 선정하였으며, 초기 강도 발현을 촉진시키기 위해 보통 포틀랜드 시멘트를 부산자원 첨가량에 대해서 10wt.% 외할 첨가한다.

그리고 싱크홀 복구시 충진재의 유동성 증진을 위해 유동화제를 충진재 분체 중량의 0.2% 혼합하여 사용하며, 투수성 충진재 슬러리 제조를 위한 W/C는 50%를 기준으로 한다.

표 3-11 투수성 충진재 원료 배합 조성

원 료					
-	A	B	C	D	SUM
OPC	플라이애시	유동층 플라이애시	탈황석고	슬래그 미분말	
0.10	0.125	0.125	0.125	0.625	1.00

표 3-11의 배합으로 제조된 충진재는 평균입경(D_{50}) 9.39㎛을 가지며, 화학성분은 표 3-12(신)과 같이 CaO 성분이 53% 수준으로 보통 포틀랜드 시멘트의 CaO 함량보다 조금낮은 값을 보인다.

표 3-12. 충진재 화학성분

구분	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	K_2O	Na_2O	TiO_2	P_2O_5	Cl	etc.	SUM
충진재	24.27	7.53	3.13	53.37	4.32	3.78	1.01	0.57	1.20	0.34	0.02	0.46	100

그림 3-16은 제조된 충진재의 미세구조이며, 그림 3-17은 충진재의 XRD 패턴으로, Calcite, Calcium Oxide, Hatrurite, Sodium aluminum phosphate, Anhydrite로 구성되어 있다. 그림 3-18은 제조된 충진재의 입도분포를 나타낸 것이며, 평균입경(D_{50})은 9.4㎛이다.

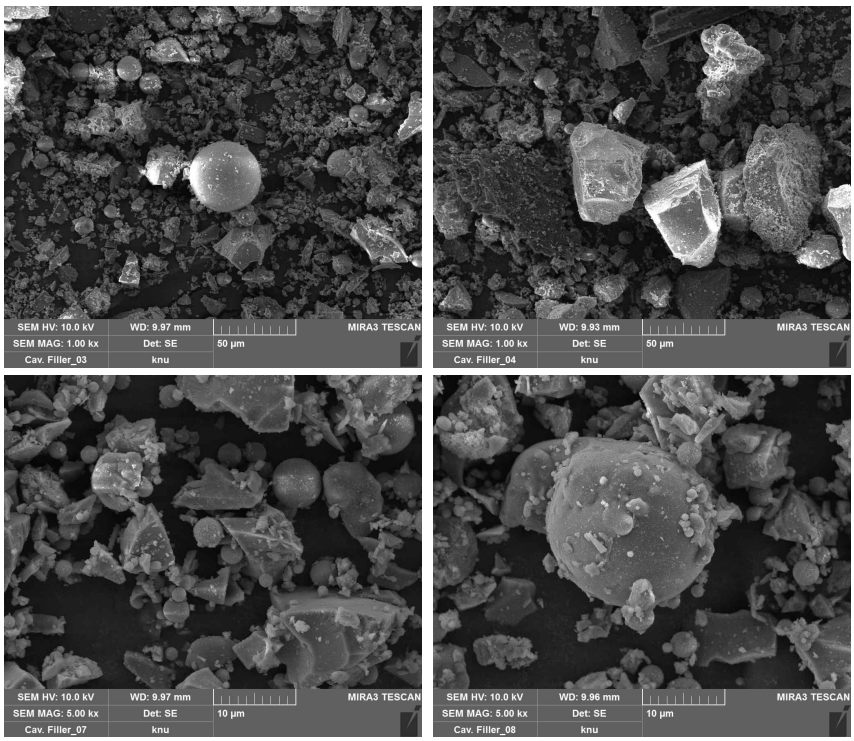


그림 3-16 충진재 미세구조

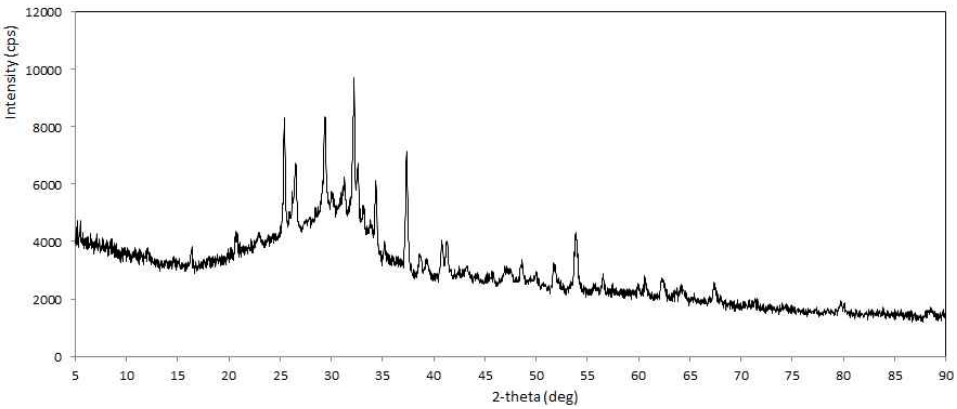


그림 3-17 충진재 XRD Pattern

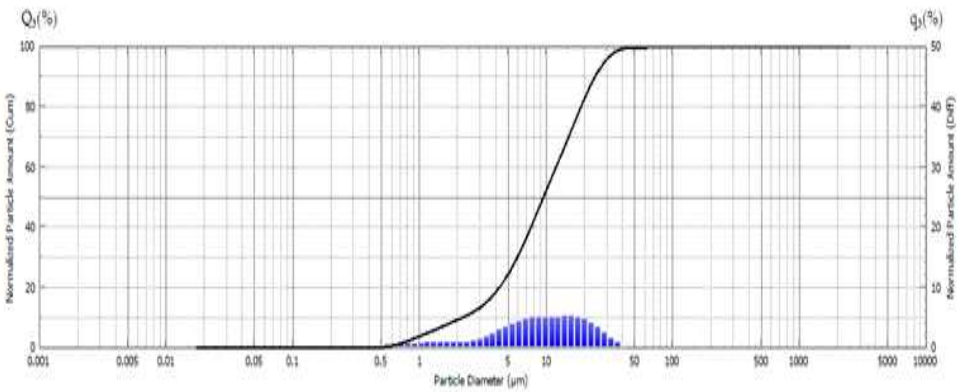


그림 3-18 제조된 충진재의 입도분포

3. 충진재 양산

충진재 원료 최적배합비 선정 실험을 통해 선정된 충진재를 현장실험에 적용하기 위한 양산시험을 실시하였다. 사용되는 원료는 보통 포틀랜드 시멘트, 화력발전소 플라이애시, 유동층 보일러 플라이애시, 탈황석고, 고로슬래그 미분말이며, 부산자원은 모두 건조된 분말상태로 반입되어 사일로에 저장된다.

충전제 제조공정은 그림 3-19와 같으며 원료 저장단계, 원료 계량단계, 계량된 원료 혼합단계, 혼합하여 제조된 충진재를 제품 사일로에 저장하는 단계를 거쳐 완성된다. 제조된 충진재의 출고는 현장의 요구조건에 따라 벌크상태 또는 컨테이너백으로 포장하여 출고되며, 현장실험을 위해서는 500㎏, 1톤 컨테이너백으로 포장하여 출고하였다.

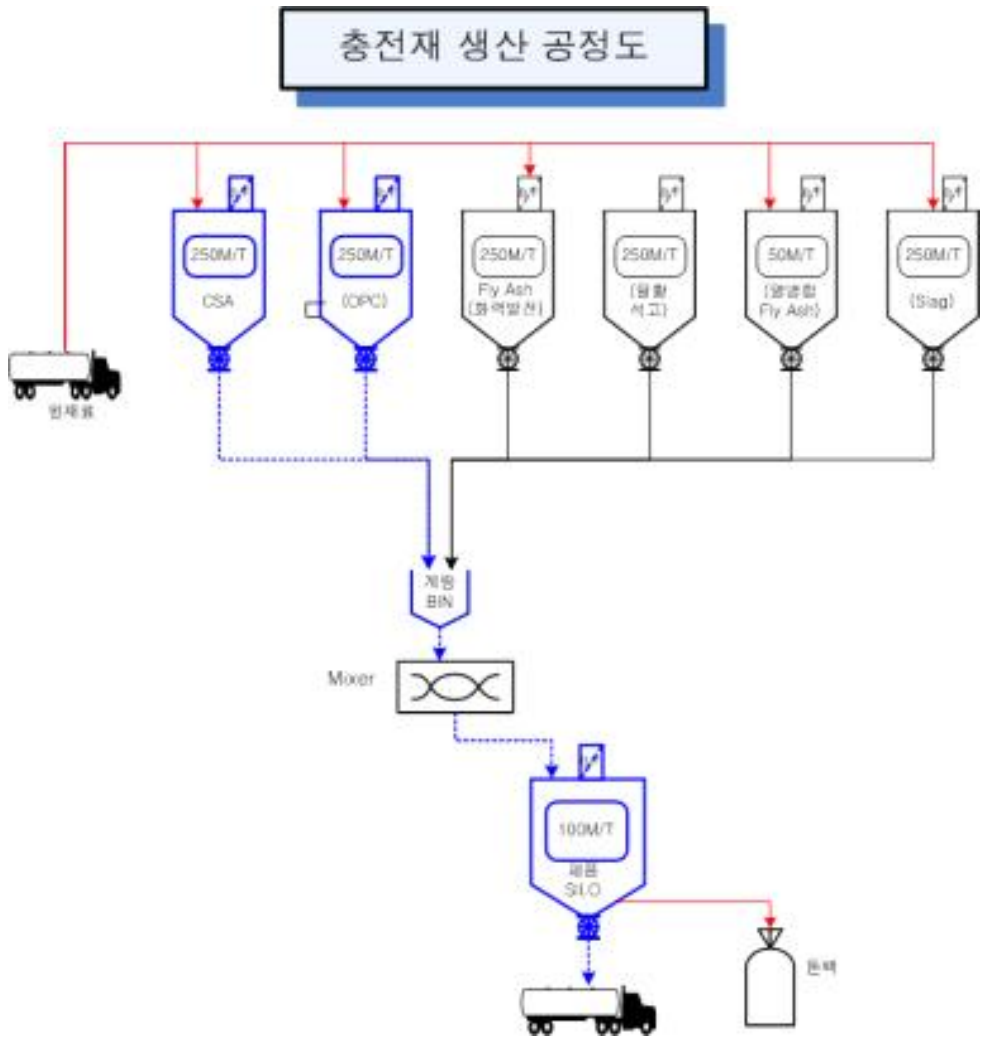


그림 3-19 충진재 제조 공정도

제조조건은 원료의 설정된 배합비에 따라 각각의 원료가 계량 Bin에서 계량된 후 믹서로 보내진다. 믹서는 2톤 용량의 리본 믹서로서 1분간 혼합후 혼합기 하부로 배출되어, 스크류 컨베이어와 버켓 엘리베이터를 거쳐 제품 사일로에 저장된다.

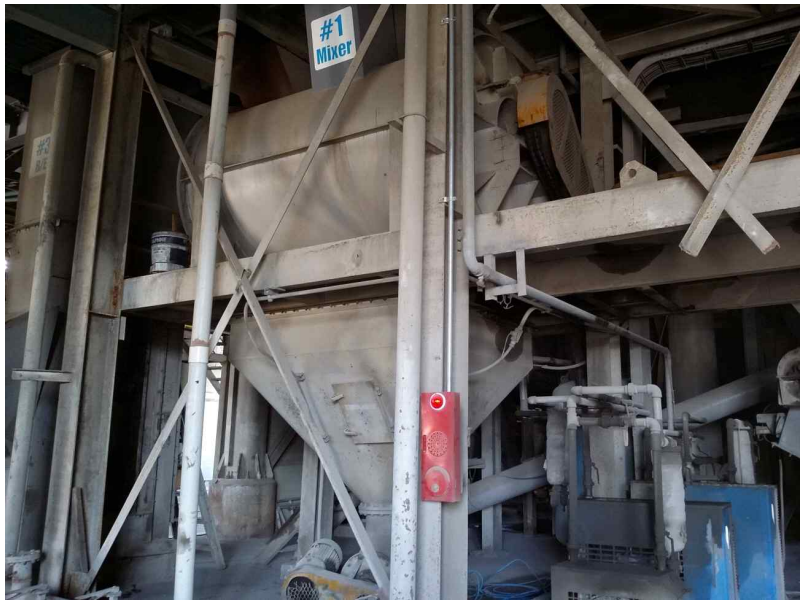


그림 3-20 충진재 생산용 혼합기



그림 3-21 충진재 (컨테이너백 포장)

충진재 생산량은 계량 1분, 혼합 2분, 배출 1분의 사이클로 운전되며, 단위시간당 생산량

은 30톤/hr 이다.

현장 적용실험을 위해 시험 생산량은 1차 5톤, 2차 25톤을 생산하여 현장적용 시험을 실시하였다.

4. 투수성 충진재 제조조건 최적화

가. 투수성 충진재의 희석비율별 기포 단위중량

지반함몰 복구를 위한 투수성 충진재는 산업 부산자원으로부터 제조된 충진재의 슬러리를 제조하고, 제조된 슬러리와 기포제로부터 만들어진 기포를 혼합하여 제조된다. 이때 혼합되는 기포량을 조절하고, 적정한 기포제 희석비율을 선정하기 위하여 식물성 기포제와 기포 안정성을 향상시킨 독립 기포제에 대하여 희석비율별로 기포기를 통과하여 제조된 기포의 단위중량을 측정하였다.

기포제 희석농도 0.5%, 2%, 4%, 6%, 10%, 15%, 20%, 30%에 대해서 기포기를 통과시켜 기포를 제조한 후 단위중량을 측정하였으며, 이때 기포기의 공기 압력은 3kg/㎠로 고정하였다.

그림 3-22는 기포 발생기와 기포발생기로부터 만들어진 기포 형상을 나타낸 것이며, 그림 3-23은 기포제 희석 농도별 식물성 기포제와 독립기포제의 단위중량을 나타낸 것이다.

기포제 희석농도가 5% 이하에서는 기포제 희석농도가 증가함에 따라 생성된 기포의 단위중량이 급격히 감소하며, 기포제 희석농도가 10% 이상에서는 기포제 농도가 증가하여도 생성된 기포의 단위중량 변화는 거의 없이 일정하다. 기포 단위중량의 급격한 변화는 생성된 기포에 포함된 수분의 양이 감소하는 것에 의한 것이며, 기포제 희석농도가 5% 이하에서는 기포에 수분이 다량 존재하게 되며 기포제 희석 농도변화에 따라 수분량이 크게 변한다. 이러한 현상은 충진재 슬러리를 제조하기 위해 사용되는 물 양의 조절을 어렵게 한다. 즉 충진재 슬러리 제조를 위해 투입되는 물의 양 이외에 기포를 첨가할 때 추가로 물이 공급되며, 기포제 희석 농도에 따라 기포를 혼합할 때 추가로 혼합되는 물의 양이 다르게 되어 W/C 조절이 어렵게 된다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 기포에 포함된 물의 양이 최소가 되며 기포제 희석농도에 따라 물의 양이 변화가 없는 기포제 희석농도를 선정하여 기포를 제조하고자 한다.

그리고 투수성 충진재 제조를 위하여 혼합되는 기포량은 충진재 슬러리 부피에 대한 비율로 첨가하며, 이때 첨가되는 기포의 부피는 중량으로 환산하여 무게를 측정하여 충진재 슬러리에 혼합하는 것으로 한다.



(a) 기포발생기



(b) 제조된 기포 형상

그림 3-22 기포 발생기와 제조된 기포 형상

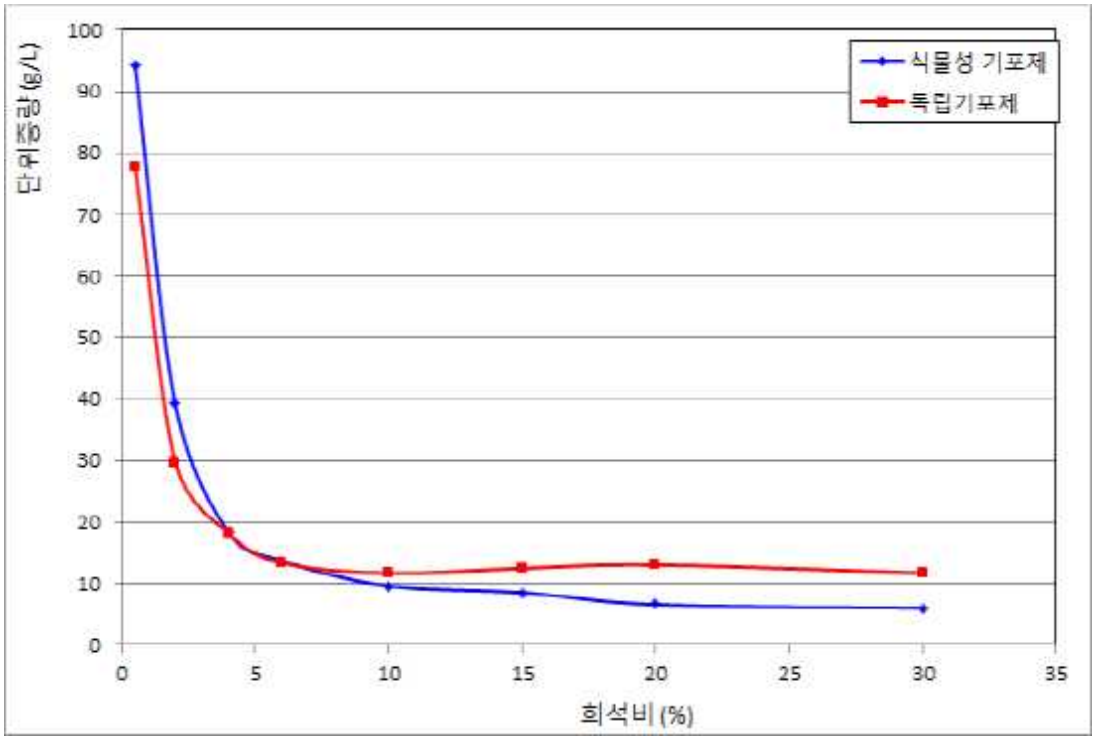


그림 3-23 기포제 희석농도별 기포 단위중량

나. 제조된 기포의 경시변화

기포기에서 제조된 기포는 기포 발생 직후에 기포 크기는 0.2~0.5㎜가 대부분을 차지하고 있다. 그러나 시간이 지남에 따라 기포는 인접한 기포와 연결되며 기포 크기는 점점 커지게 된다. 약 10분이 지나면 기포는 5㎜ 이상으로 커져간다. 그리고 기포의 연결에 의해 기포 크기는 커지고 기포벽은 점점 두꺼워진다. 이와같은 상태에서는 충진재 슬러리와 기포가 혼합되었을 때 기포 꺼짐이 촉진되어 안정된 기포 다공체를 얻을수 없게된다. 따라서 기포기에서 기포를 제조한 후에는 즉시 슬러리와 혼합하여 투수성 충진재 제조에 사용해야 안정된 경량 투수성 충진재를 제조할 수 있을것으로 판단된다.

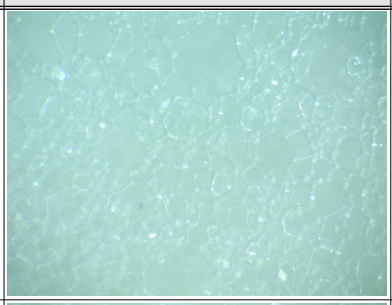
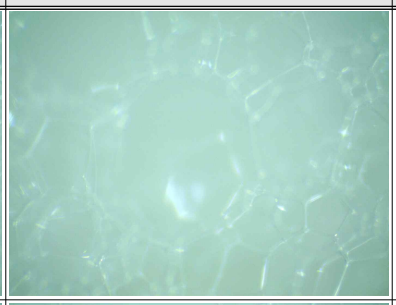
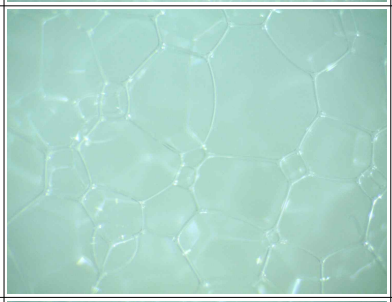
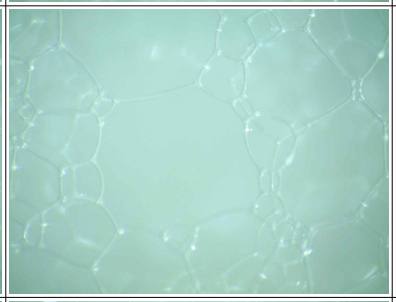
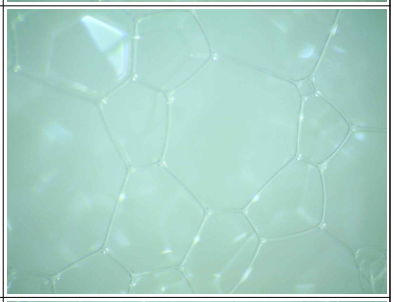
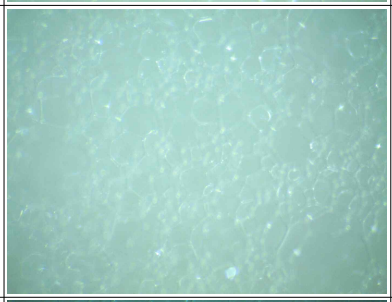
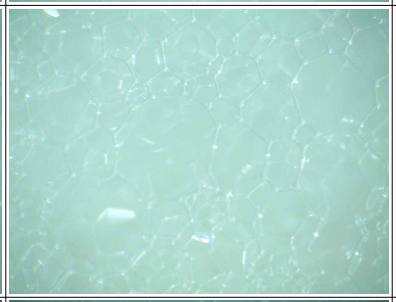
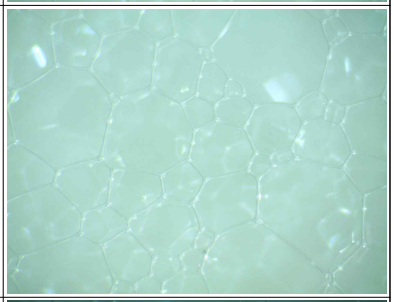
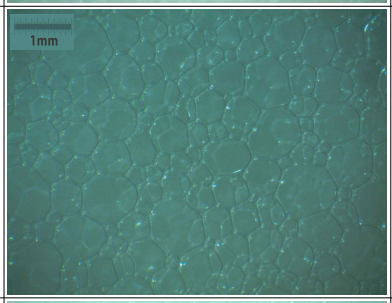
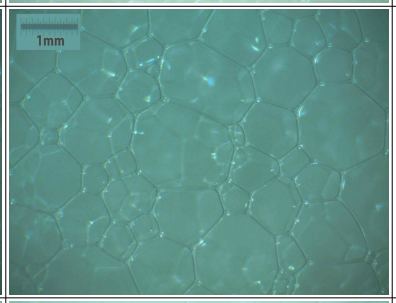
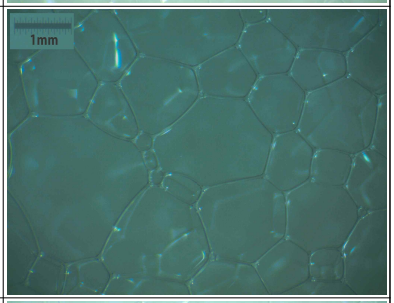
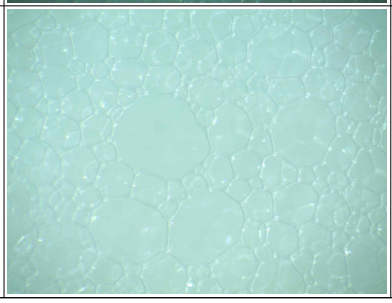
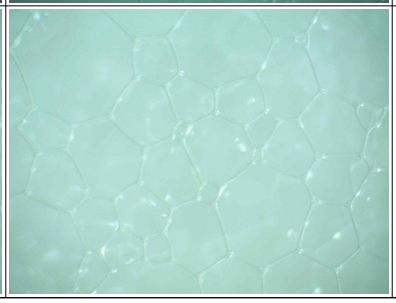
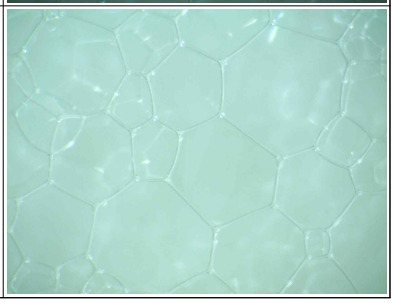
구분	0 분	5분	10분
0.5 %			
2%			
4%			
10%			
30%			

그림 3-24 기포제 희석 농도와 시간에 따른 기포 현상 변화

다. 투수성 충진재 제조조건 검토

여기서는 조성이 결정된 충진재를 사용하여 투수성 충진재를 제조하기 위한 조건을 검토하였다. 충진재가 투수성을 가지기 위해서는 고화체 내부에 개기공(Open Pore)를 가져야 하며, 개기공을 가지며, 28일 압축강도 1MPa 이상이고, 투수계수 10^{-4}㎝/sec 이상을 투수성 충진재 제조 조건을 검토하였다.

(1) 실험배치

표 3-13 투수성 충진재 제조를 위한 기포제 조건과 W/C 조건

기포제 종류	기포제 농도	기포 첨가량[2] (Vol.%)	유동화제[3] (wt.%)	W/C (%)
식물성	10.0%	80	0.1	50
	10.0%	110	0.1	50
	10.0%	140	0.1	50
	10.0%	110	0.1	45
	15.0%	80	0.1	50
	15.0%	110	0.1	50
	15.0%	140	0.1	50
	15.0%	110	0.1	45
독립	10.0%	80	0.1	50
	10.0%	110	0.1	50
	10.0%	140	0.1	50
	10.0%	110	0.1	45
	15.0%	80	0.1	50
	15.0%	110	0.1	50
	15.0%	140	0.1	50
	15.0%	110	0.1	45

(2) 실험방법

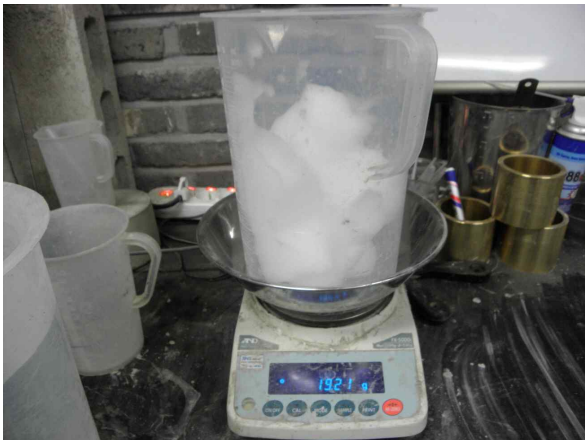
기공을 포함하는 투수성 충진재 제조는 1) 충진재 분체를 계량하고, 실험조건의 W/C에 대한 물을 첨가한 후 모르타르 믹서에서 1분간 혼합하고, 유동화제를 0.2% 첨가하고 30초간 혼합한다. 2) 실험수준의 기포 부피에 대한 중량을 측정하여 모르타르 믹서에 넣고 충진재 슬러리와 30초간 급속 혼합한다. 3) 메스실린더를 사용하여 기포가 혼합된 충진재 슬러리의

2) 결합재(주원료+보통포틀랜드 시멘트) 슬러리 부피에 대한 비율 (기포 첨가량 계량은 기포의 단위중량으로부터 첨가할 부피를 무게로 환산하여 계량후 첨가)
3) 기포 첨가시 유동성 증가에 따라 첨가된 기포 꺼짐현상으로 인하여 0.1wt.% 첨가

단위중량, 유동성을 측정한다. 4) 직경 5㎝ 길이 10㎝ 원형 몰드에 압축강도 측정용 공시체를 만들고, 직경 10㎝ 길이 10㎝ 원형 아크릴 몰드를 사용하여 투수시험용 공시체를 제조한다. 5) 압축강도 측정용 공시체는 습기함에서 양생한다.


⇒


⇒



⇒

⇒



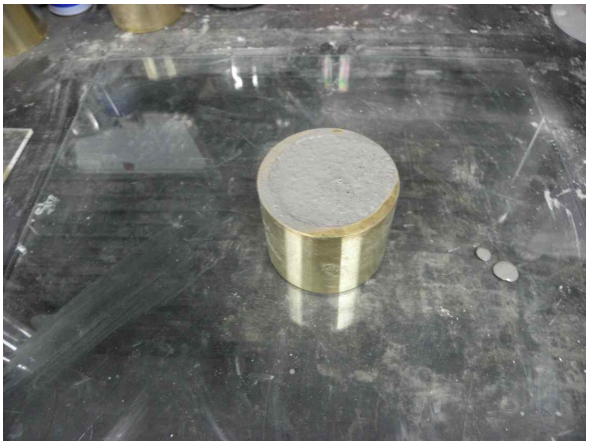




<충진재 슬러리 단위중량 측정>



<압축강도, 투수계수 측정 시료>



<유동성 측정 Jig & 측정(1)>



<유동성 측정 (2)>

그림 3-25 투수성 충진재 제조, 평가용 공시체 제조 순서



<압축강도용 공시체 양생-습기함>



<압축강도 측정 공시체>



<압축강도 측정 공시체>



<압축강도 측정>

그림 3-26 투수성 충진재 공시체 압축강도 측정

■ 투수성 충진재의 다공체 특성 측정 (흡수율, 겉보기 기공률, 겉보기 비중, 부피비중)



<수중무게 측정>



<흡수 무게 측정>

그림 3-27 투수성 충진재 흡수율, 기공률 측정

$$\text{흡수율}\,(\%) = \frac{W_3 - W_1}{W_1} \times 100$$

$$\text{겉보기 기공률}\,(\%) = \frac{W_3 - W_1}{W_3 - W_2} \times 100$$

$$\text{겉보기 비중} = \frac{W_1}{W_1 - W_2}$$

$$\text{부피비중} = \frac{W_1}{W_3 - W_2}$$

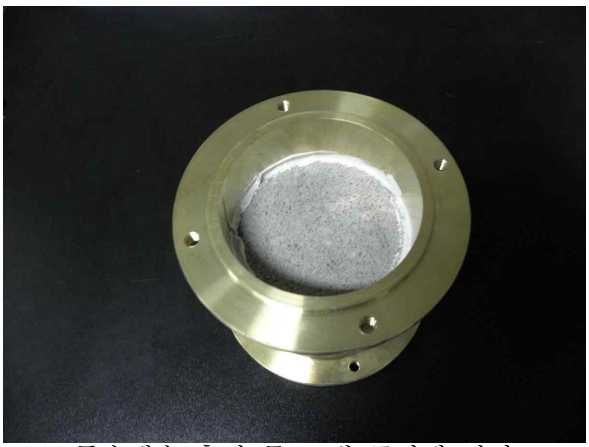
W_1 : 건조무게
W_2 : 포수시료의 물 속 무게
W_3 : 흡수무게

■ 투수계수 측정



<무게 측정>

⇒


<투수계수 측정 몰드 내 공시체 설치>

⇒



<공시체 침적-탈기>

⇒


<몰드 설치>

⇒


<투수계수 측정>

그림 3-28 투수성 충진재 투수계수 측정

(3) 결과

표 3-14 투수성 충진재 특성평가 결과

실험 번호	기포제 종류	기포제 농도 (%)	기포 첨가량4) (%)	유동화제 (%)	W/C (%)	슬러리		투수성 충진재 (경화 충진재)						
						비중	유동성 (㎜)	흡수율 (%)	겉보기 기공률	겉보기 비중	부피 비중	투수계수 (㎝/sec)	압축강도 (3일, MPa)	압축강도 (7일, MPa)
01	식물성	10.0%	80	0.1	50	1.58	294	7.6%	12.2%	1.83	1.61	$9.6x10^{-3}$	6.75	15.04
02		10.0%	110	0.1	50	1.05	268	64.2%	52.4%	1.71	0.82	$6.0x10^{-1}$	0.84	1.37
03		10.0%	140	0.1	50	0.93	232	72.4%	55.2%	1.70	0.76	$2.0x10^{-1}$	0.77	0.92
04		10.0%	110	0.1	45	1.04	206	55.8%	50.0%	1.79	0.90	$3.3x10^{-1}$	1.23	1.30
05		15.0%	80	0.1	50	1.19	282	27.4%	30.5%	1.60	1.11	$4.2x10^{-3}$	1.42	1.95
06		15.0%	110	0.1	50	1.10	251	44.8%	43.1%	1.69	0.96	$5.6x10^{-2}$	1.27	1.61
07		15.0%	140	0.1	50	1.07	229	52.3%	47.9%	1.75	0.91	$9.6x10^{-2}$	1.27	1.59
08		15.0%	110	0.1	45	1.07	221	56.2%	49.8%	1.77	0.89	$1.7x10^{-3}$	0.98	2.50
09	독립	10.0%	80	0.1	50	1.09	283	23.5%	23.2%	1.29	0.99	$4.9x10^{-4}$	1.87	3.59
10		10.0%	110	0.1	50	0.90	235	55.4%	44.9%	1.47	0.81	$8.5x10^{-2}$	0.92	1.65
11		10.0%	140	0.1	50	0.77	192	84.6%	58.1%	1.64	0.69	$2.7x10^{-1}$	0.57	1.19
12		10.0%	110	0.1	45	0.33	191	48.1%	44.8%	1.69	0.93	$6.4x10^{-3}$	0.81	1.25
13		15.0%	80	0.1	50	0.27	246	30.3%	30.7%	1.46	1.01	$8.1x10^{-3}$	1.92	3.28
14		15.0%	110	0.1	50	0.35	239	48.6%	44.5%	1.65	0.91	$2.4x10^{-3}$	1.03	2.20
15		15.0%	140	0.1	50	0.65	186	91.5%	59.5%	1.61	0.65	$2.7x10^{-1}$	0.74	1.05
16		15.0%	110	0.1	45	0.84	175	61.9%	51.4%	1.71	0.83	$9.4x10^{-3}$	0.50	0.98

4) 단위 : vol.%. 슬러리 부피를 메스실린더로 측정한 후, 첨가할 기포 부피를 산출하고, 산출된 부피의 기포양을 무게로 환산하여 계량후 슬러리에 혼합 (기포의 부피↔무게는 이전에 측정된 기포 단위중량으로부터 계산)

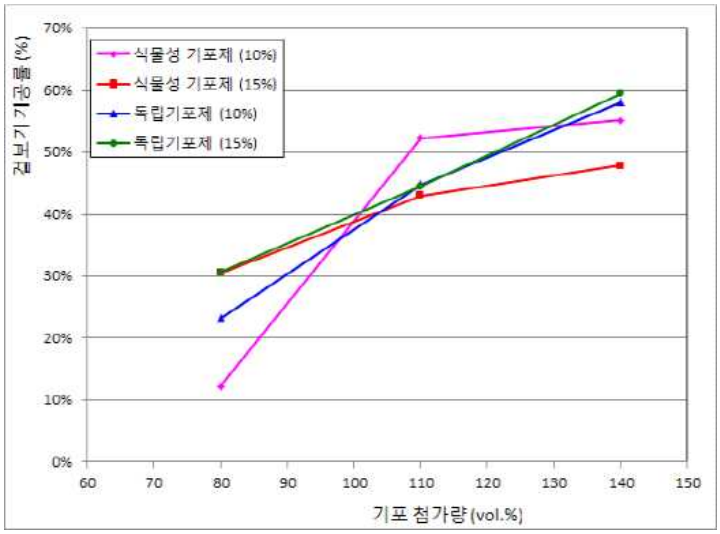


그림 3-29 기포첨가량~겉보기 기공률 관계

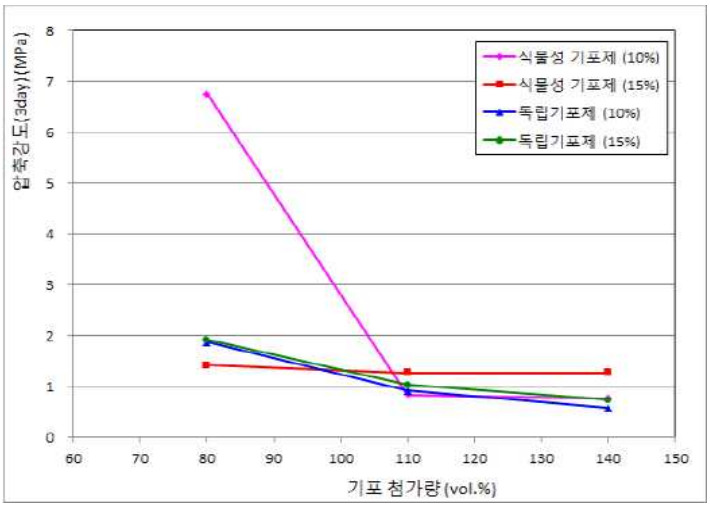


그림 3-30 기포 첨가량~압축강도(재령 3일) 관계

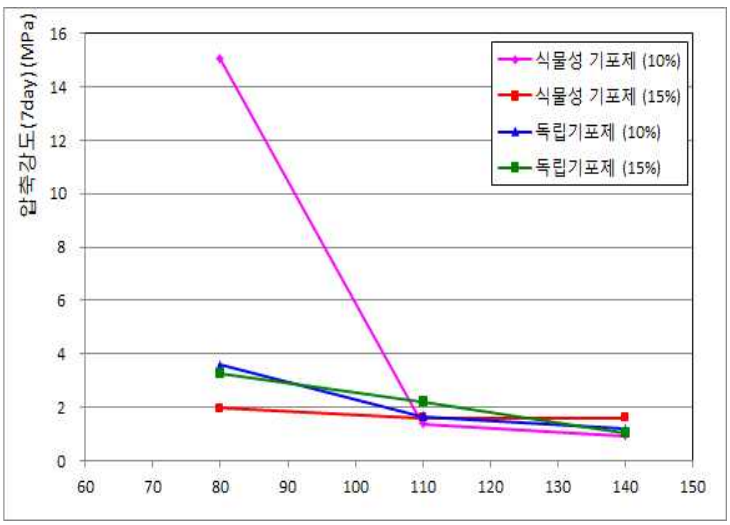


그림 3-31 기포 첨가량~압축강도(재령 7일) 관계

(4) 소결

- 개기공 생성량은 독립기포제 사용시 우수하며, 식물성 기포제 사용시 대비 개기공양의 증가에 따른 압축강도의 저하도 크지 않음
- 식물성 기포제 농도 10% 사용시 기포 첨가량 100vol.% 이하에서 높은 압축강도와 낮은 기공율은 기포내 수분으로 인해 기포 꺼짐에 의한 영향으로 예상됨
- 투수성 충진재의 투수계수는 목표값인 10^{-4}㎝/sec 이상의 값을 나타내고 있으나, 투수계수 측정을 위한 다공체 측정시료 제작(측정 몰드 설치 등)에 따라 차이가 있음
- 투수성 충진재 제조 조건
  - 기포제 : 독립기포제 (HIFAC)
  - 기포제 농도 : 10vol.%
  - 기포 첨가량 : 140vol.%

라. 투수성 충진재 경화 특성 검토

(1) 개요

경량이며 투수성을 가지는 싱크홀 또는 지하공동 충진재는 기포 콘크리트와 동일한 과정을 거쳐 제조된다. 다만 기포 콘크리트와 다른점은 토양과 비슷한 투수성능을 가지고 있으므로, 싱크홀 또는 지하공동에 채웠을 때 불투수성 그라우트 또는 채움재와 달리 지하수 또는 지하로 스며드는 우수가 충진재 내부를 통해서 지하로 이동하게 된다. 따라서 불투수 충진재에서 발생하는 지하수 또는 우수 등 유로의 변경에 의한 토양의 유실 등이 일어나지 않으며, 일정한 강도를 가지고 있어 재료의 유실이 일어나지 않기 때문에 싱크홀 등 지반 함몰을 예방할 수 있다.

여기서는 기포와 충진재 슬러리를 혼합한 후 경화단계에서 투수성 충진재의 변화를 검토한다.

(2) 실험방법

표 3-15 의 조건으로 경량 투수성 충진재를 제조하고, 경화될 때까지 변화를 검토하고자 한다. 표 3-15 조건으로 경량 투수성 충진재를 제조한 후 시간 경과에 따라 경량투수성 충진재를 실체 현미경으로 관찰하였다.

표 3-15 투수성 충진재 경화특성 평가 실험조건

기포제 종류	기포제 농도 (%)	기포 첨가량[5] (%)	유동화제 (%)	침강방지제 (%)	W/C (%)
독립 기포제	10.0%	140	0.1	0.01	50

(3) 결과

시간 경과에 따라 경량투수성 충진재 상태 변화의 실체 현미경 사진에서 경량 투수성 충진재 제조 직후 내부에는 기포제에 의해서 생성된 구형의 기공이 생성되어 있으며, 기공 내부는 물로 채워져 있다. 그리고 내부의 기공은 표면으로 떠올라 표면에 기공을 형성하기도 한다. 내부 기공은 거대기공과 미세기공이 있으며, 미세기공은 인접한 미세기공과 결합하여 기공 성장이 일어난다. 그리고 거대기공은 인접한 거대기공과 충돌하며 기공간 막이 파괴되어 연속기공을 형성하며, 이러한 연속기공은 투수성 향상에 기여하게 된다.

경량투수성 충진재의 유동성은 약 12시간 후에는 수분의 증발, 수화반응에 의한 수분 감소로 인해 저하되며, 내부에 있는 기공과 기공을 구분하는 막은 일정한 형상을 유지하며 경화되어 구형의 기공을 형성하게 된다.

경량 투수성 충진재의 투수성을 좌우하게 되는 개기공은 초기부터 수분이 감소되어 유동성이 저하되는 시점까지 기포와 기포의 충돌에 의한 결합, 기공 막의 파괴에 의해 유로를 형성하여 개기공이 됨으로써 투수성이 증가하게 된다.

그러나 수분이 많은 초기에 기포가 표면으로 떠오르게 되면 내부 공극이 메워지게 되고, 내부 기공 감소에 따른 기공사이의 간격이 멀어지게 되어 기공간 충돌에 의한 확장이 제한되므로 내부의 기공은 폐기공으로 남게되어 투수율을 떨어뜨리게 될 것으로 판단된다. 따라서 일부 기공은 외부로 유출되어 외부와 연결되는 통로를 형성하는 것이 필요하지만 대부분 기공은 내부에서 안정된 상태로 존재하며, 기공간 충돌 및 결합을 통해 개기공을 형성하게 하는 것이 투수율 향상에 유리하게 작용할 것이라 판단된다.

5) 단위 : vol.%. 충진재 슬러리 부피를 메스실린더로 측정한 후, 첨가할 기포 부피를 산출하고, 산출된 부피의 기포양을 무게로 환산하여 계량후 충진재 슬러리에 혼합 (기포의 부피↔무게는 이전에 측정된 기포 단위중량으로부터 계산)

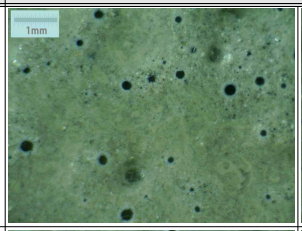
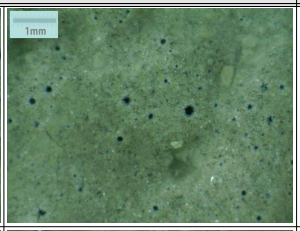
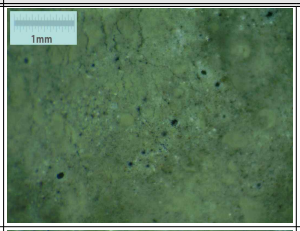
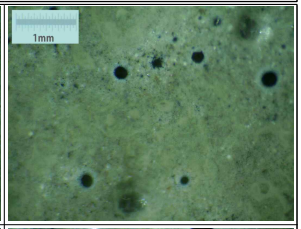
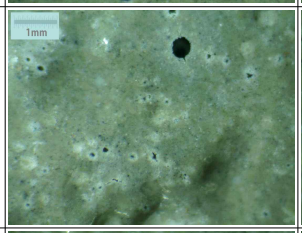
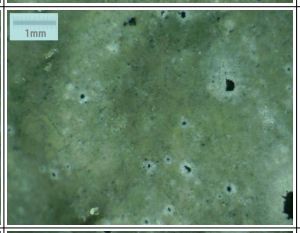
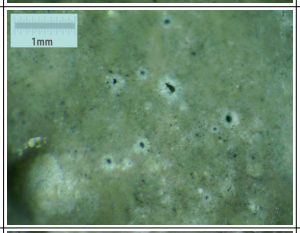
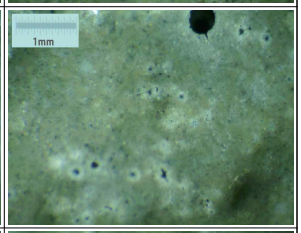
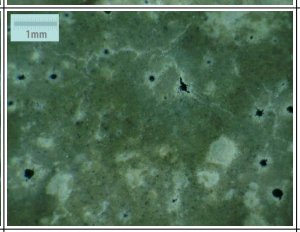
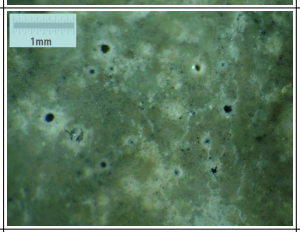
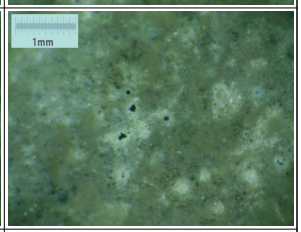
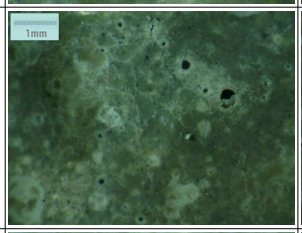
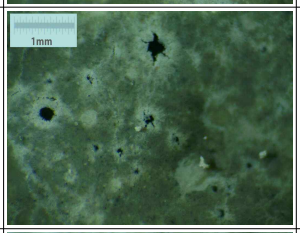
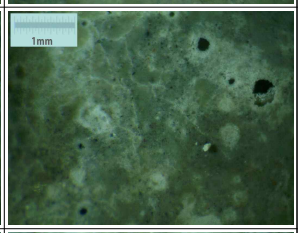
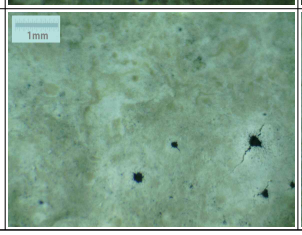
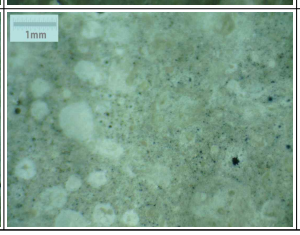
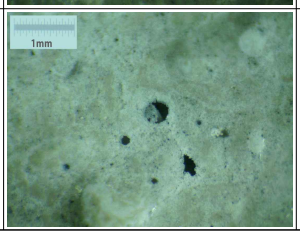
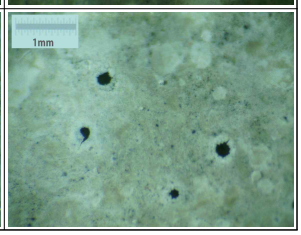
구분	1.0K x		1.5K x	
0 day				
0.5day				
1 day				
2 day				
3 day				

그림 3-32 경량투수성 충진재 표면 상태 변화 실체현미경 사진

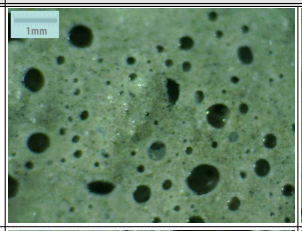
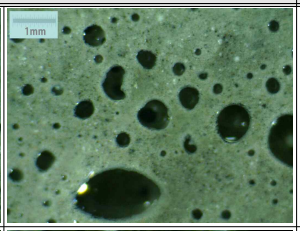
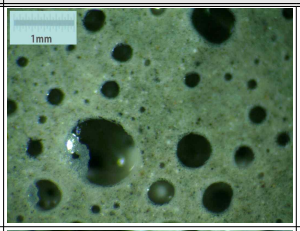
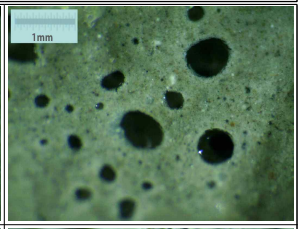
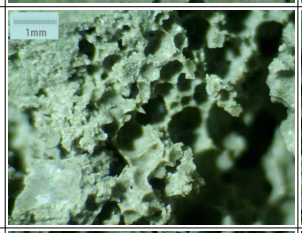
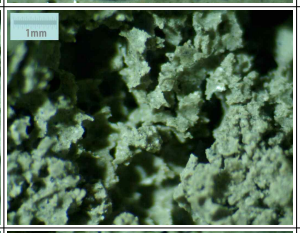
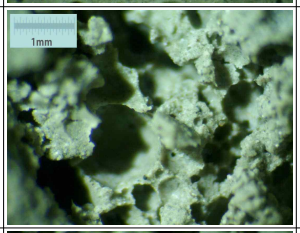
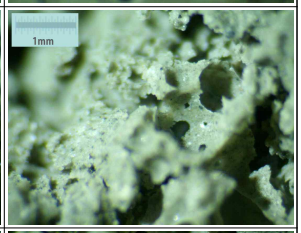
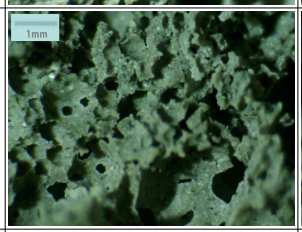
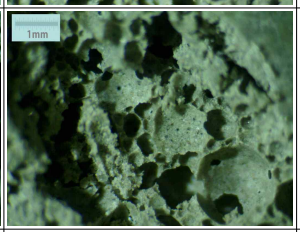
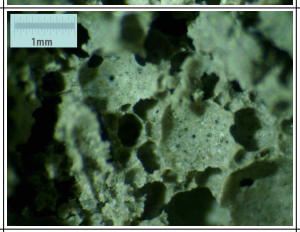
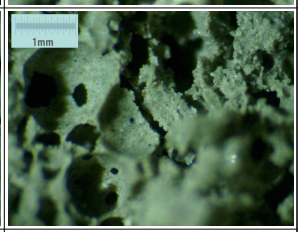
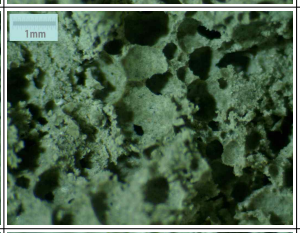
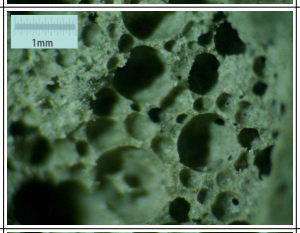
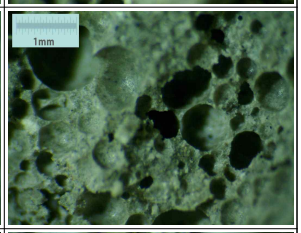
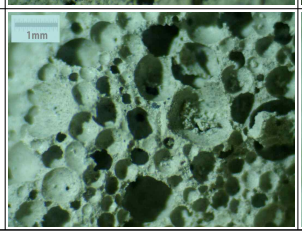
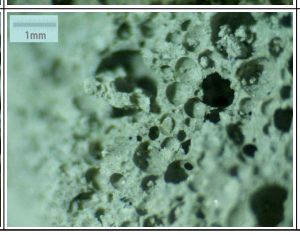
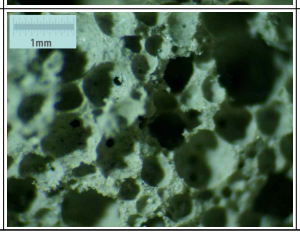
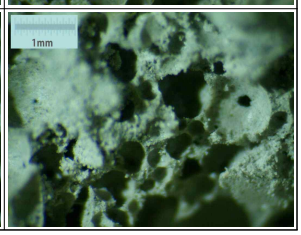
구분	1.0K x		1.5K x	
0 day				
0.5day				
1 day				
2 day				
3 day				

그림 3-33 경량투수성 충진재 내부 상태 변화 실체현미경 사진

마. 투수성 충진재 특성 개선

싱크홀이나 지하공동 충진을 위한 경량 투수성 충진재는 투수성을 가지고 있어서 지반에 주입된 후 경화되어서 일정한 강도를 가지며 동시에 토양과 유사한 투수성를 가지는 것이 특징이다. 투수성을 가지므로써 지하에 충전된 후 지하수 또는 외부에서 유입되는 우수 등을 투수시킴으로써 유실된 토양을 대체하고 지하수 등의 유로 변경에 의한 재굴착을 방지하는 역할을 한다.

또한 차량 통행이나 사람의 왕래가 빈번한 장소에 발생한 싱크홀이나 지하공동은 복구한 후 신속한 통행이 필요하다. 이와같이 신속한 복구가 필요한 곳의 적용을 위한 조기 강도발현을 위한 방안을 검토하였다.

(1) 투수성 증가를 위한 기공량 증대

(가) 개요

재료의 투수성은 개기공의 특성에 영향을 받으며, 재료의 압축강도 역시 기공특성에 크게 영향을 받으며, 기공의 양에 반비례하는 특성이 있다. 그러므로 투수성을 증가 시키기 위해 기공을 증가시키는데 한계가 있으므로, 이에 대한 영향을 검토한다.

(나) 실험방법

경량 투수성 충진재의 기공률을 증가기시키 위하여 기포 첨가량을 증가시키며 압축강도와 투수성 변화를 검토하였다. 실험인자 및 조건은 표 3과 같다. 유동화제와 침강방지제는 충진재 분체 무게 대비 각각 0.1%와 0.01%를 첨가하였으며, 기포 첨가는 충전제 슬러리의 부피를 기준으로 기포를 첨가하였다.

표 3-16 실험수준 및 조건

실험 번호	기포제 종류	기포제 농도 (%)	기포 첨가량[6] (%)	유동화제 (%)	침강방지제 (%)	W/C (%)
01	독립 기포제	10.0%	140	0.1	0.01	50
02		10.0%	170	0.1	0.01	50
03		10.0%	200	0.1	0.01	50

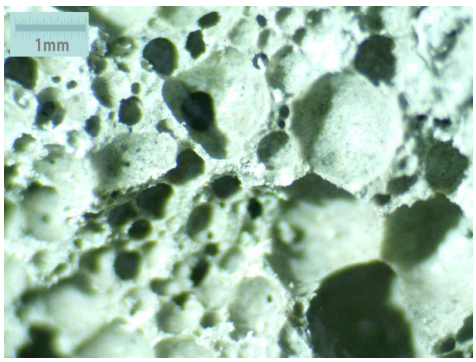
(다) 경량 다공성 충진재 특성

경량 투수성 충진재 슬러리에 대해서 유동성, 단위중량, 침하깊이를 측정하고, 제작된 공시체를 사용하여 투수계수와 압축강도를 측정하였으며, 충진재 특성은 표 3-17과 같다.

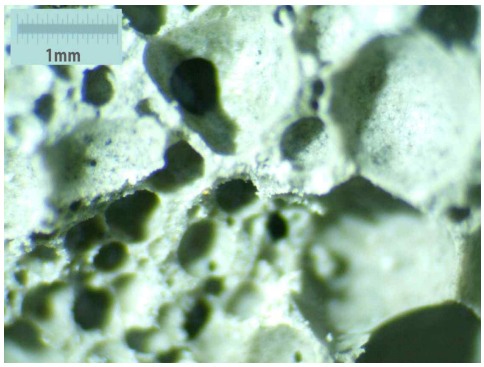
6) 단위 : vol.%. 충진재 슬러리 부피를 메스실린더로 측정한 후, 첨가할 기포 부피를 산출하고, 산출된 부피의 기포양을 무게로 환산하여 계량 후 충진재 슬러리에 혼합 (기포의 부피↔무게는 이전에 측정된 기포 단위중량으로부터 계산)

표 3-17 경량 투수성 충진재 특성

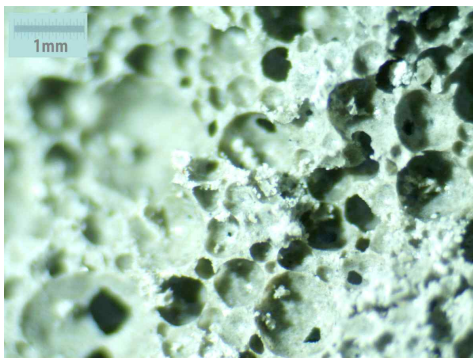
실험 번호	슬러리			투수성 충진재 (경화 충진재)							
	단위 중량 (kg/L)	유동성 (㎜)	침하 깊이 (㎜)	흡수율 (%)	겉보기 기공률	겉보기 비중	부피 비중	투수계수 (㎝/sec)	압축강도 (MPa)		
									3일	7일	28일
01	0.78	187	6	70.0	55.7	1.79	0.80	$1.2x10^{-2}$	0.99	1.08	1.43
02	0.58	189	7	79.7	57.3	1.77	0.72	$5.2x10^{-1}$	0.84	0.87	1.02
03	0.55	196	7	85.8	60.1	1.76	0.70	$4.7x10^{-1}$	0.49	0.54	0.74



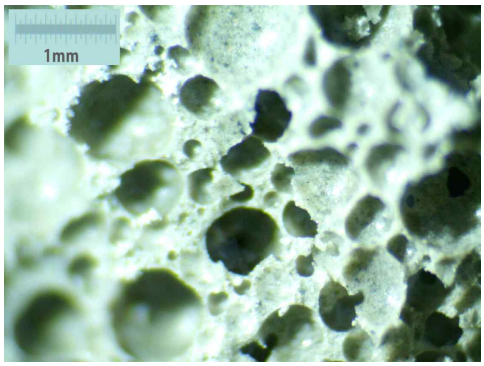
(a) 기포 첨가량 140% (1K x)



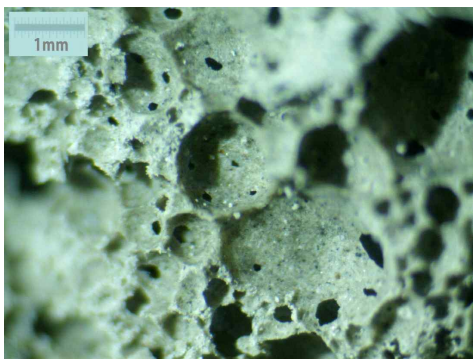
(b) 기포 첨가량 140% (1.5K x)



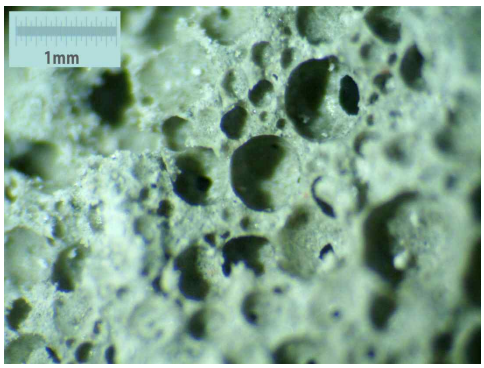
(c) 기포 첨가량 170% (1K x)



(d) 기포 첨가량 170% (1.5K x)



(f) 기포 첨가량 200% (1K x)



(f) 기포 첨가량 200% (1.5K x)

그림 3-34 경량 투수성 충진재 미세구조

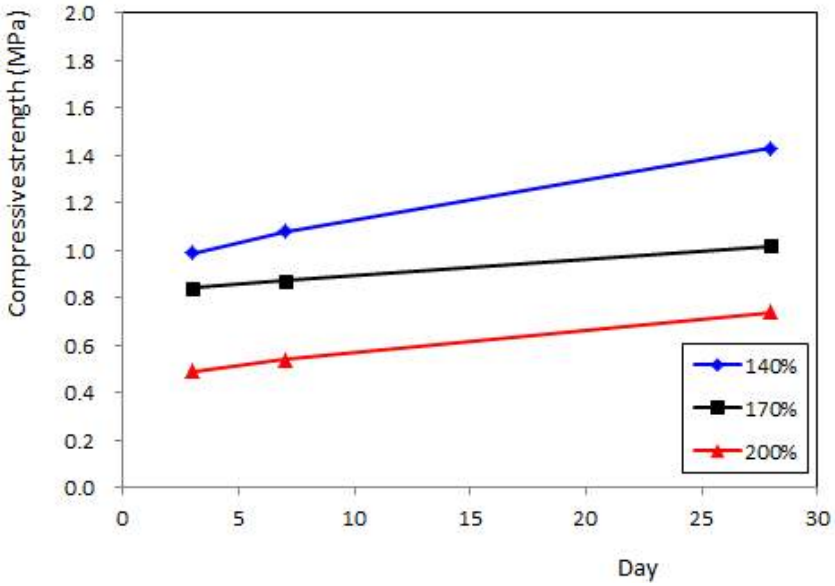


그림 3-35 기포 첨가량에 따른 압축강도 변화

경량 투수성 충진재의 압축강도는 기포 첨가량에 따라 크게 영향을 받고 있다. 기포 첨가량이 슬러리 대비 200% 일 경우에는 기포 첨가량이 140% 경우보다 50% 이상 압축강도 저하가 있으며, 28일 강도도 낮게 나타난다. 문헌에 의하면 충진재의 강도는 28일 양생후 강도가 0.1~0.5MPa 정도이면 지하공동 충진재로서 충분하다고 알려져 있다. 따라서 차량 통행이 없는 싱크홀이나 지하공동의 복구에는 저강도 충진재로서 사용 가능할 것으로 여겨진다. 싱크홀 충진재로서 투수계수는 기포 첨가량 140% 에서도 토양의 투수계수를 나타내고 있다. 이것은 그림 3-24에서 알수 있듯이 기포제에 의해서 생성된 기공의 벽이 파손되어 인접된 기공과 연결된 개기공을 형성하기 때문이라고 판단된다.

(2) 속경성 재료를 사용한 응결시간 단축 검토

(가) 개요

신속한 복구가 요구되는 싱크홀이나 지하공동의 충전을 위한 속경성 충진재를 검토하였다. 이를 위해 속경성 재료인 CSA(Calcium Sulfoaluminate)를 일부 치환하였으며, 응결시간과 경량 투수성 충진재 특성을 검토하였다.

(나) 실험조건

경량 투수성 충진재 조성에 대해서 CSA를 각각 5%, 10%, 15% 치환한 조성에 대해서 초기 응결시간을 측정한 후, CSA 치환 비율을 결정하고 경량 투수성 충진재 특성을 검토하였다. 사용된 CSA의 화학성분은 표 3-18와 같다. 충진재의 응결시험은 KS L ISO 9597

시멘트의 응결 및 안정성 시험방법에 따라 표준주도를 결정하고, 이에 따라 제조된 페이스트에 대해서 초결을 하였다.

일반적으로 CSA, CA 등을 사용한 속경성 시멘트의 경우에는 작업시간 확보와 작업성 등을 고려하여 경화지연제와 경화 촉진제 등을 첨가하고, 온도 등 사용환경에 따라 사용량을 조절하여 사용하지만, 여기서는 생산과 현장에서 작업의 편리성 등을 고려하여 경화촉진제와 지연제 사용을 배제하고 사용을 검토하였다. 다만 유동화제와 재료의 침강, 블리딩 감소를 위해 침강방지제를 사용하였다.

초결 측정 결과에 따라 CSA 치환량을 결정하고 경량 투수성 충진재를 제조하고 특성을 검토하였다.

표 3-18 속경성 재료의 화학성분

원료명	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	K_2O	Na_2O	TiO_2	etc.	SUM
CSA	24.27	7.52	3.13	53.37	4.31	3.74	1.01	0.56	1.20	0.89	100



(a) 표준주도 결정



(b) 초결 측정

그림 3-36 표준주도 결정 및 응결(초결) 측정

(다) 결과

① 응결시간

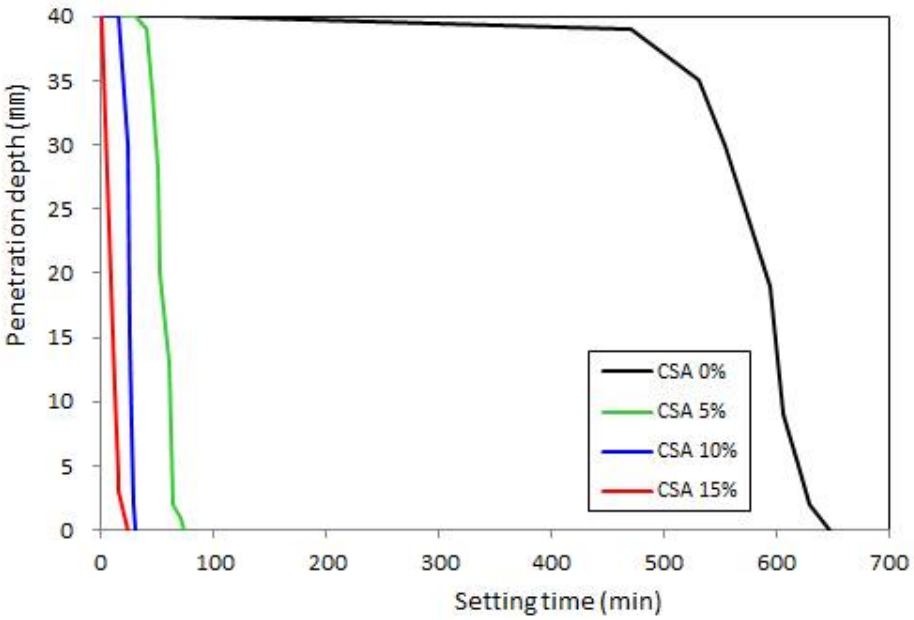


그림 3-37 CSA 치환량에 따른 응결시간(초결) 변화

표 3-19 CSA 비율에 대한 초결시간

구분	초결
CSA 0%	530분
CSA 5%	45분
CSA 10%	20분
CSA 15%	8분

CSA 속경성 재료를 사용하지 않은 충진재는 초결이 530분이지만, CSA 치환량이 5%, 10%, 15% 일 경우에 초결이 각각 45분, 20분, 8분으로 급격하게 짧아진다. 그리고 초결과 종결이 거의 같으므로 CSA 치환량이 10%, 15%일 때에는 지연제를 사용하지 않을 경우에는 경량 투수성 충진재 시공작업이 불가능하게 된다. 따라서 CSA 치환량 5%에 대해서 경량 투수성 충진재의 특성을 평가하였다.

② 투수성 및 압축강도 시험

표 3-20은 CSA를 치환하지 않은 경량 투수성 충진재와 CSA 치환량 5%의 경량 투수성

충진재의 특성을 나타낸 것으로 W/C=50%, 유동화제 0.1%, 침강방지제 0.01%, 기포 첨가 비율 140%로 제조된 경량 투수성 충진재의 특성을 나타낸 것이다.

표 3-20 속경성 재료 첨가에 의한 투수성 충진재 특성

CSA 치환량	슬러리			투수성 충진재 (경화 충진재)			
	단위중량 (kg/L)	유동성 (㎜)	침하깊이 (㎜)	투수계수 (㎝/sec)	압축강도 (MPa)		
					3일	7일	28일
0%	0.78	187	6	$1.2x10^{-2}$	0.99	1.08	1.43
5%	0.65	171	8	$5.6x10^{-2}$	1.18	1.22	1.39

CSA 5% 치환한 충진재는 CSA를 치환하지 않은 충진재보다 초기강도가 약 15% 높으며 3일 압축강도값이 CSA를 치환하지 않은 충진재의 7일 압축강도를 나타내며 장기강도에서는 크게 차이가 나지 않는다. 투수성과 유동성이 낮으나, 투수계수 10^{-2}㎝/sec는 모래가 가지는 투수성과 유사하며, 유동성 또한 투수성 충진재로서 지하공동에 충전을 위한 이송이 가능한 수준으로 판단된다.

따라서 긴급한 복구으로서 사용 가능할 것으로 판단된다. 다만 CSA 등 속경성 시멘트계는 주위온도에 크게 영향을 받으므로, 동절기와 하절기에 사용할 경우에는 사전 실험을 통해 작업 가능시간을 미리 확인할 필요가 있다.

5. 현장 시공기술 개발

가. 지반함몰 및 지하공동 복구 시공장비 개발

- 토목용 프리믹스 충진재를 개발하며, 투수 충전 그라우팅 현장 배합 장비를 개발하였다.
- 본 장비는 프리믹스 충진재에 대한 교반장비에 관련한 기술이다 .
- 장비는 현장적용성을 높이기 위하여, 경량성으로 제작 이동성을 확보하고, 장비 작업에 있어서 일체화 혼합 자동화 장비를 개발하여 신속하게 현장 적용하게 하였다. .

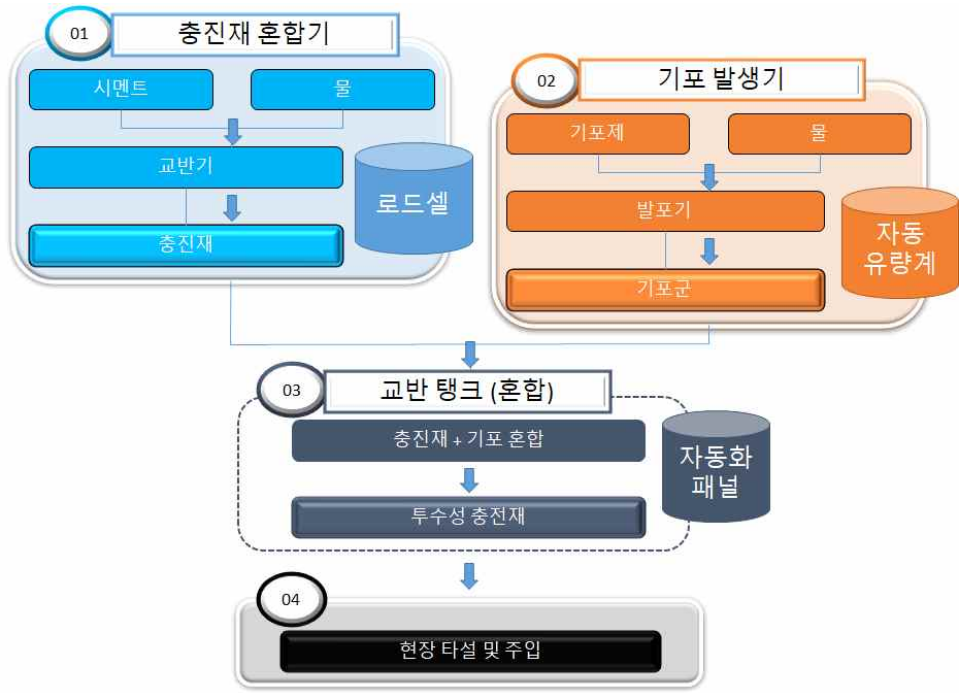


그림 3-38 투수성 충진재 현장시공 혼합작업 순서도

표 3-21 현장 시공장비 기술 개발 개요

구분	세부 과제	비 고
1) 시공장비 모델 설계	- 유사장비 성능, 특성 비교 분석 - 제작업체 선정	- 기존 장비 분석 - 교반기 제작, 자동화 패널, 전기적 부분 구분하여 제작
2) 시공 장비 제작	- 충진재 자동배합장치 및 - 주입장비 제작/보완	- 배합 믹서 시멘트, 물 하중 자동계측 혼합
3) 장비 시공성 평가	- 장비 현장 적용성 - 장비 운영 효율성 - 최종 작업 시공성	- 작업 판넬에서 일괄 조작 - 하중, 교반 작업등이 육안으로 확인가능 - 지정된 하중에 작동, 단계별 작업이 가능 - 필요시, 수동, 자동 변화 가능

(1) 시공장비 설계

당초 일반 시멘트 혼합기는 물, 시멘트 하중 배합 교반시 인력으로 각기 하중을 측정 후 교반기에 투척 교반을 수행하는 방식으로 수동으로 작업하여 작업 여건 및 시공성일 떨어지는 상태이다. 이와 같은 작업은 균일한 품질 확보, 재료개량의 어려움, 현장정리 및 인력관리가 어려운 문제가 있으므로 이를 보완하여, 시공 연속성 및 장비 이동성을 고려한 장비 개발을 검토하였고, 소형 장비 적용성을 고려 각각 1차 교반기 150ℓ, 믹서 탱크 2개소, 2차 교반기 아지데터 600ℓ로 교반기 용량을 결정하여 장비를 제작하였다.

원료 배합순서는 기포 발생기에서 발생한 기포를 혼합기에서 혼합한 후, 투수성 충진재를 토출하는 장비로 개발하였다.

시공성 및 정확성 등 작업 효율을 고려하여 자동화 장치가 달린 교반기 및 시멘트 공급 장비 설치하는 것으로 설계하였으며, 자동 교반기는, 자동화 장비로 작업 패널을 통해 배합 단계별 하중 입력 조작이 가능하고, 하중계를 통해 개량함으로서 자동화율을 높이도록 하였다.



일반 혼합기 중량 배합



자동 혼합기

그림 3-39 시멘트 혼합 작업

① 장비 배치도

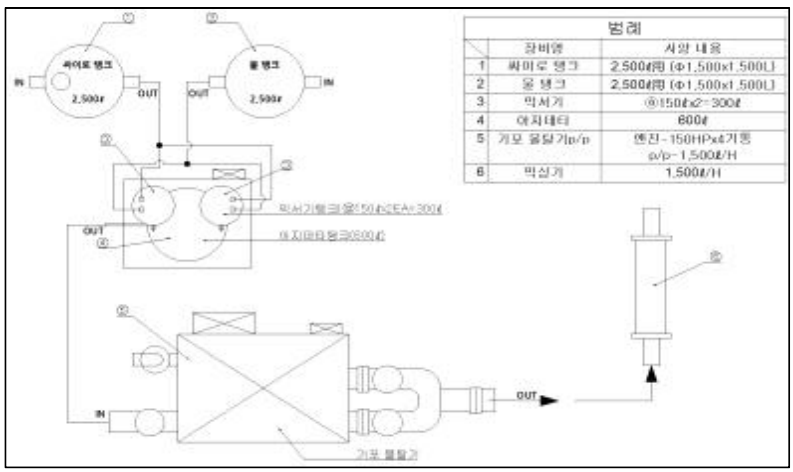


그림 3-40 장비 배치 개요

② 주입재 배합 흐름도

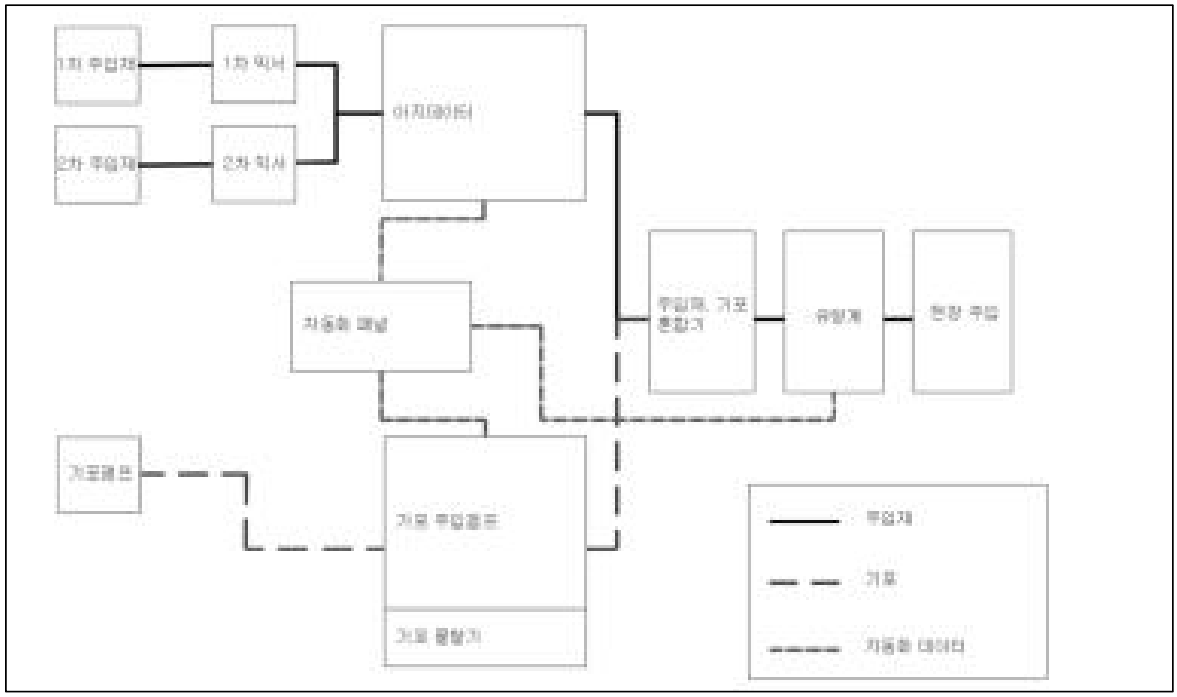


그림 3-41 주입재 배합 흐름도



(a) 충진재 슬러리 교반기 (b) 투수성 충진재 혼합기

그림 3-42 투수성 충진재 제조설비 전경

(2) 현장 시공장비 제작

(가) 교반기

① 개요

주 장비는 믹서 교반기로서 자동화 패널를 사용, 주입재 개량, 믹서기 혼합장비를 적용한 자동화 시공 장비로 제작 하였다.

자동화 패널에서는 1단계, 2단계 하중을 입력하면, 1차 물, 2차 시멘트를 하중을 개량하여 단계별 투하 교반하도록 하였다.

1단계 물 600kg, 2단계 시멘트 1200kg 하중 조건을 입력하면, 단계별로 투입되며 1단계 물을 개량하여 투하하고, 2단계 시멘트를 중량 개량을 통해 재료를 투입한다.

물은 수조 탱크에서 믹서로 투입하며, 시멘트는 톤백에서 컨베이어 벨트를 통해 믹서로 투입하게 하였다.

배합 정확도 및 정밀도 향상을 위하여 디지털 로드셀을 부착하였으며, 측정 정밀도는 0.2kg까지 계량이 가능하다.



(a)충진재 교반기 (b) 혼합기 (충진재 슬러리와 기포 교반 날개)

그림 3-43 교반기와 충진재 슬러리와 기포 혼합 교반날개

자동화 개량 작업은 자동화 패널에서 입력하여 작업을 수행하며, 자동화 패널은 수동, 자동 작업 선택이 가능하여, 시공여건에 따라서 변경이 가능하며, 단계별 중량을 입력하여 작업 시 정량화 작업을 가능하게 하였다.



(a) 자동화 패널



(b) 자동화 패널 작업화면

그림 3-44 자동화 패널, 작업 화면

교반기, 믹서 탱크, 바닥, 교반기 탱크는 시공성 및 이동성을 고려하여 용량을 결정하였으며, 도면화 작업을 통해 제작하였다.

② 교반기 제작 도면

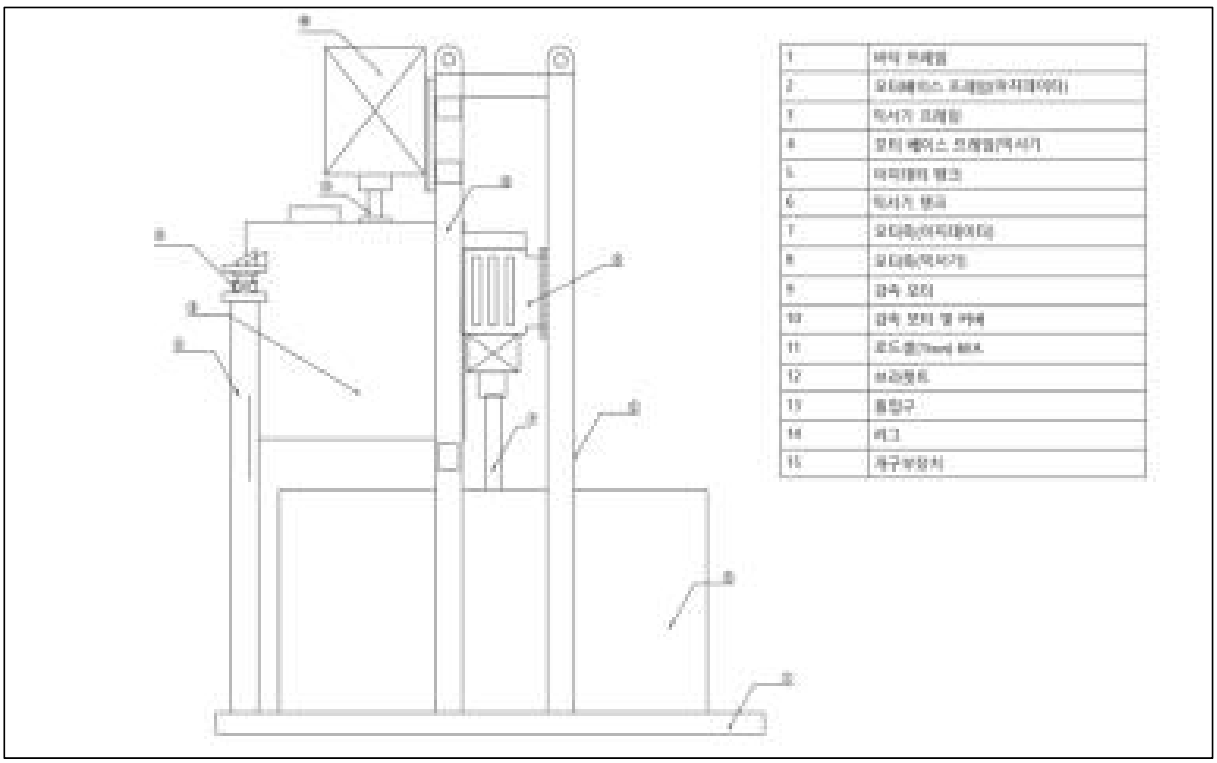


그림 3-45 충진재 교반기 개념도

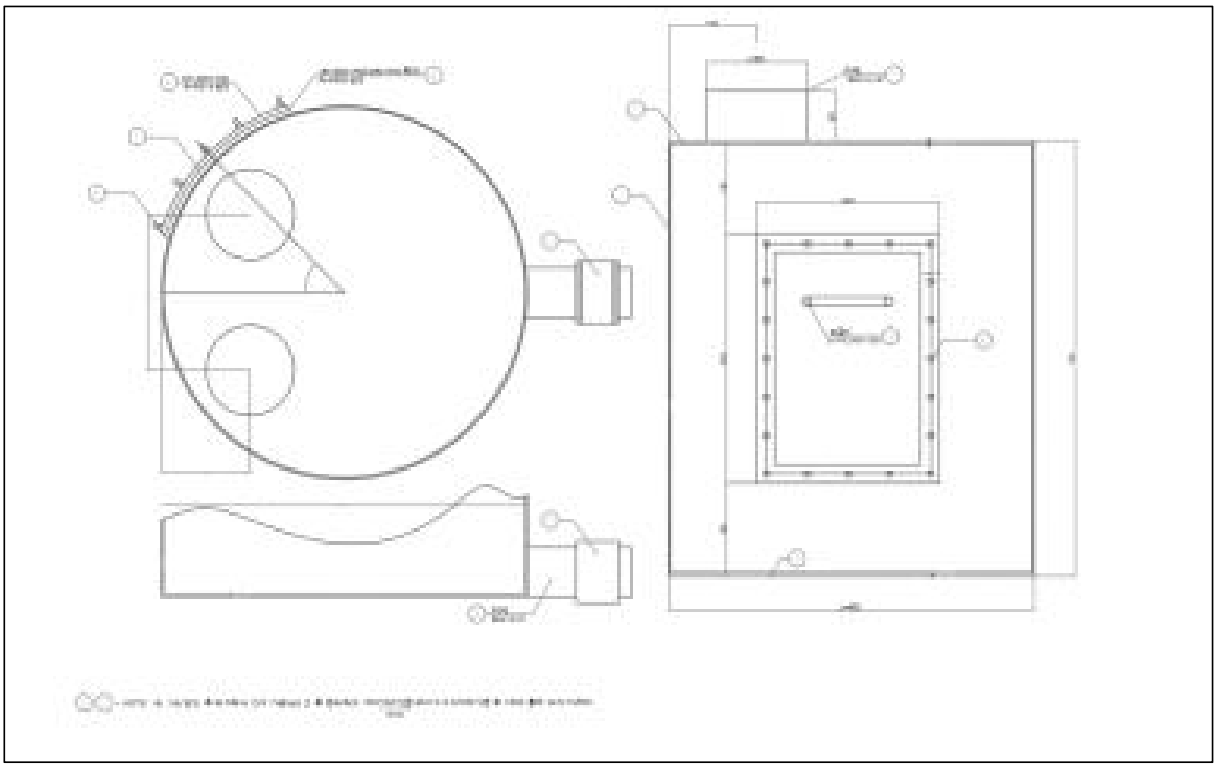


그림 3-46 교반기 탱크

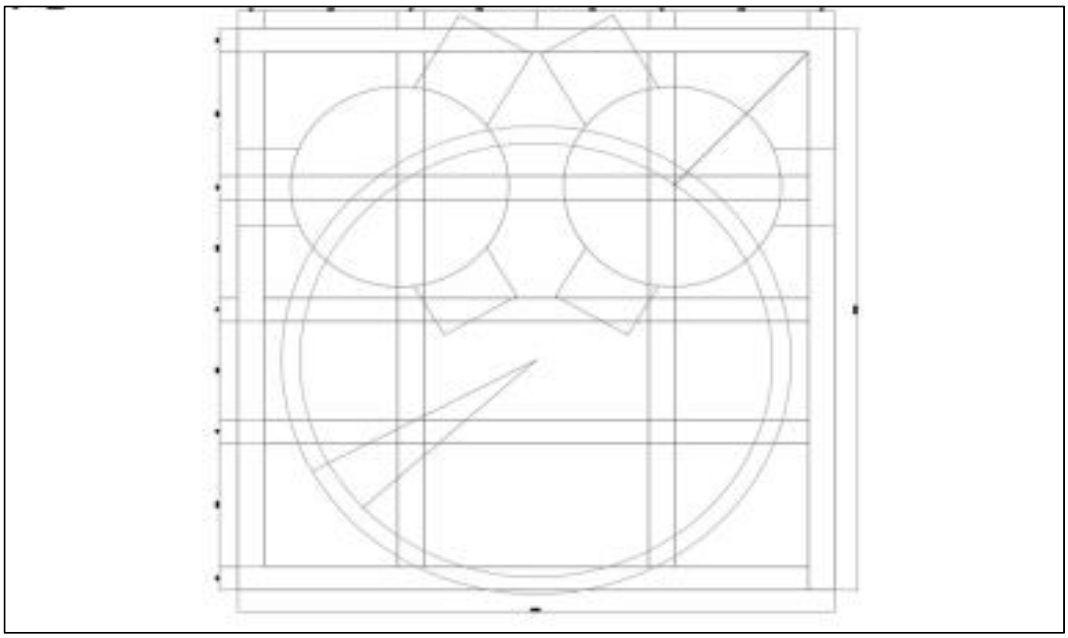


그림 3-47 바닥 프레임

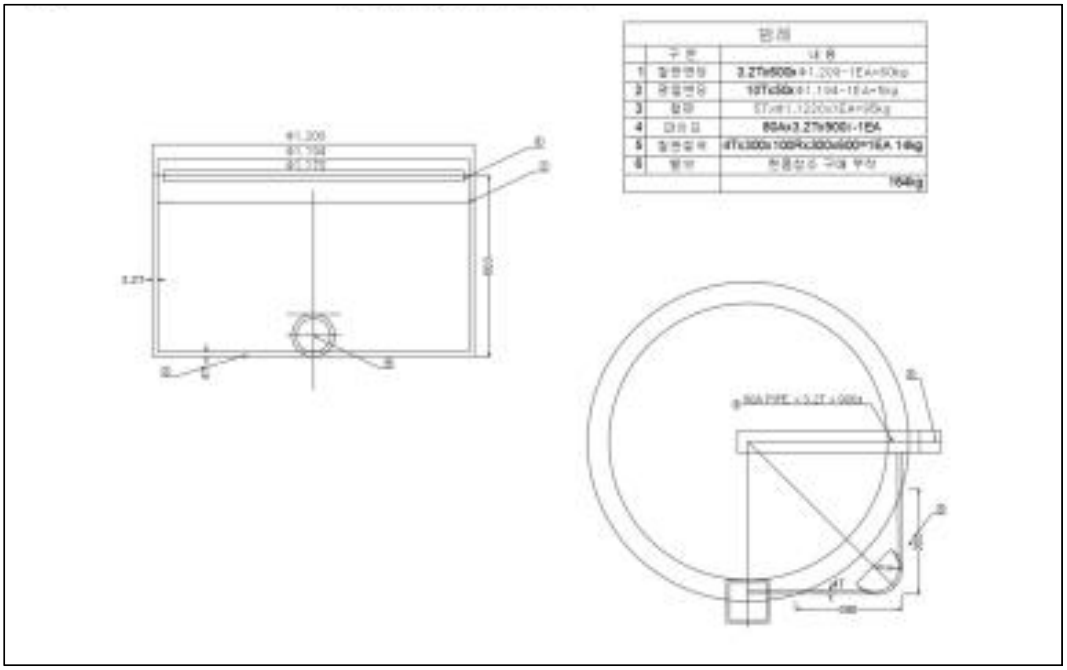
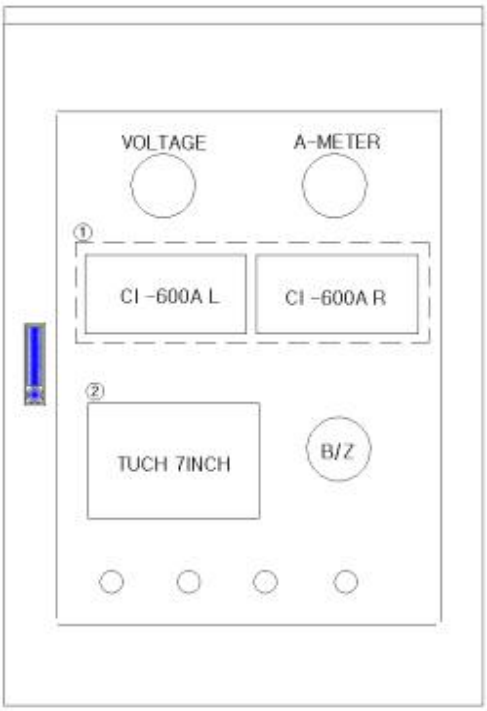


그림 3-48 교반기 탱크

③ 자동화 패널 사용방법

- 자동화 패널 사용 방법 및 사용 순서를 주입부 자동화 장비 매뉴얼로 정리하였다.



① 로드셀 설정 패널

- CI-600AL은 왼쪽 믹서기 설정 패널
- CI-600AR은 오른쪽 믹서기 설정 패널

② 장비를 자동/수동으로 작동시키는 패널

㉮ 로드셀 셋팅 패널



1) ITEM 버튼
2) 물의 무게 설정
(⇅으로 설정값 지정)
3) Enter 버튼
4) 시멘트의 무게 설정
(⇅으로 설정값 지정)
5) Enter 버튼
6) HOME (F3) 버튼

㉯ 장비를 자동/수동'으로 작동시키는 패널

< 자동운전방법 >



◎ A믹서기라인
1) C-1 절환 터치 스위치로 자동동작으로 선택
2) a-2 A자동 운전ON 누름
(교반기, 믹서기 동시 ON지속)
3) a-2 A자동 운전 OFF 시
(한번 더 아이콘 터치 ON/OFF)
4) 자동운영시 로드셀
- 1차 물 중량 양수기 설정값에 따라 ON/OFF
- 2차 시멘트 중량 설정값에 따라 ON/OFF
5) 재시작 운영시 탱크 중량 수동 밸브로 해제 후 사용
◎ B믹서기라인 위 내용과 동일함

< 수동운전방법 >



1) 자동화면에서 c-1 절환 터치 스위치로 수동 동작으로 선택
2) MA-1믹서기 or MB-1믹서기 ON 누름
3) M-1 교반기 ON 누름
※ MA-1 믹서기와 MA-2 믹서기, 교반기 OFF시 아이콘 재터치
5) MC-4 양수기 누름 ON
6) MC-3 콘베이어 누름 ON
※ 물 중량과 시멘트 중량 설정값에 따라 자동 OFF
7) 재시작 운영시 탱크 중량 수동 밸브로 해제후 사용

(나) 투수성 충진재 교반기와 기포 발생장치 제작

① 개요

- 기존 기포 주입펌프에 충진재 슬러리 교반기를 부착하여 기포 발생 장치를 제작하였으며, 충진재 슬러리 펌프 기포 혼합기 부착하여 제작하였다..

㉮ 맥동형 펌프 문제점 검토

- 일반 기포 혼합 펌프는 운전 중 맥동현상이라고 하여 특정범위에서 운전중에 압력이 주기적으로 변동하여 운전상태가 불안한 문제가 발생한다. 펌프에서 맥동현상이 발생할 경우 일정량을 공급하는데 문제가 발생하게 되므로 이에 대한 보완장비를 추가로 설치하였다.

- 본 장비와 같이 일정량의 충진재와 기포가 혼합되는 장비에서는 맥동현상 발생시 균질한 성질에 개량체를 만들어 낼 수가 없어서, 충진재 펌프를 추가 설치하였으며, 2대의 충진재 펌프로 압력을 가하여 실린더에 유압 전달이 중첩되어 맥동현상 발생을 방지하게 하였다. .

㉯ 유사장비 성능 특성 비교 분석

- 장비성능비교 수송량과 이동성 등을 고려하여 펌프는 sw-a30로 선정하였으며, 맥동현상 방지를 위하여 충진재 펌프 추가 설치하였다.

표 3-22 기포 혼합 펌프

구분	sw-40	sw-a30	sw-m20
모델			
주동력	전기380V, 37kw/50Hz	전기380V, 45kw/50Hz	전기380V, 45kw/50Hz
수송량	18~40㎥/h	15~40㎥/h	15~35㎥/h
규 격	1300*1200*2500m/m	2400*1200*1400m/m	1400*1200*2300m/m
중 량	1400kg	1600kg	1400kg
적 용		○	
비고	- 이송 펌프 추가 설치 맥동형 주입에 따른 불규칙한 유량을 보완하기 위하여 펌프 추가. - 맥동형 파형에 중첩파형을 적용시켜 유입량을 규칙적으로 만듬.		

② 특징

- 기포 생성에 있어 물과 기포제 혼합비 및 주입 유량 확인이 필요하다.

- 기포 발생시 분당 유입량 기준으로 물과 기포제 10:1 기준으로 혼합하여야 하며, 하중 기준으로 일정 탱크에 선 배합 후 사용하는 방법과 물, 기포제를 10:1 비율로 연속적으로 혼합하는 방법이 있다.

- 본 작업에서는 당초 선 개량 후 투입하는 작업을 하였으며, 유량 펌프를 사용하여 물, 기포제를 일정하게 혼합하여 작업 하였다. 혼합 후 유량 조절 장치와 비중으로 배합비 확인 한다.



(a) 기포 발생장치 장착



(b) 충진재 펌프 및 기포 발생장치

그림 3-49 기포 발생 및 충진재 펌프

(다) 디지털 유량계

- 발생 그라우트 충진재와 기포 발생량을 정량적으로 검증하기 위한 유량계 부착하였다.

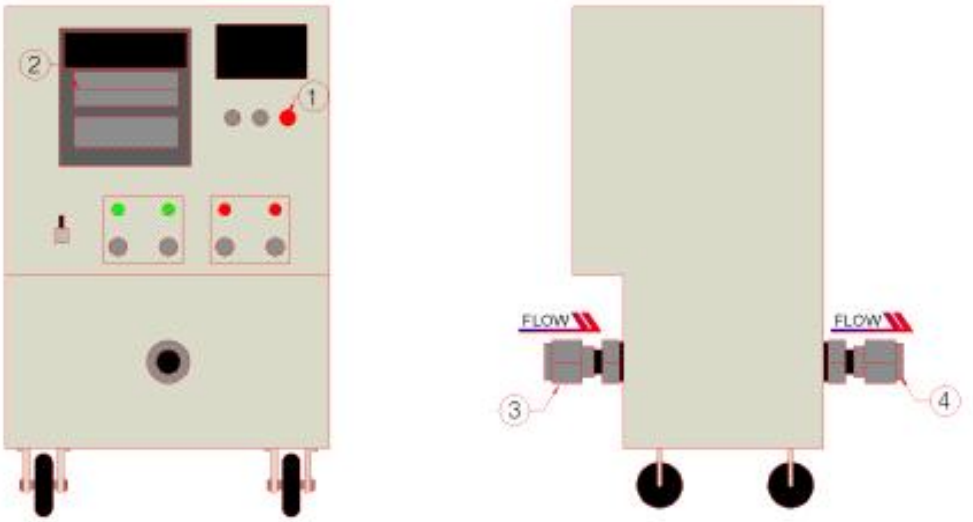


그림 3-50 유량계 개요도

㉮ 사용방법

- 우선 ③에 주입관과 ④에 토출관을 연결한다.
- 전기선을 연결한다.
- ① 전원번튼을 ON한다.
- 호스에 슬러리를 주입하면 ②에서 기록지가 그래프로 나온다.

㉰ 유량계 설치



(a) 그라우트 유량계



(b) 투수성 충진재 유량계

그림 3-51 그라우트 유량계 전경

나. 시공 장비 평가

현장 시험시공 결과를 통해 충진재 슬러리 제조 및 기포 발생, 혼합 적정성을 평가하였다.

충진재, 물 배합은 하중계를 통해서 2단계로 배합하며, 1단계 충진재 하중 측정 후, 2단계로 물 중량을 계량하고 교반하여 3단계 교반기에 투입하는 방식이다.

교반기는 500ℓ용량으로 소형화 되어 있으며, 충진재 슬러리 토출 과정에서 지속적으로 교반을 해 놓아 연속적인 시공이 가능하게 제작 하였다.

기포 혼합기와 사용하는 펌프는 분사시간, 압력 및 토출량 조정이 가능하며 육안 확인이 가능하여 정밀한 시공을 가능하게 하였다.

개량된 재료의 정밀 배합으로 우수한 품질을 만들며. 균일한 품질을 확보할 수 있다. 체계적인 기계설비로 현장관리가 용의하고 사용이 간편하다.

(1) 시공성 평가

현장 시험시공을 통한 기포 혼합기 시공성 평가를 수행하였다. 3회에 걸친 시험시공과 1회 현장적용으로 기포 혼합기 성능을 확인하였다.

시멘트 충진재 펌프와 기포 혼합기를 동시에 작업하여 현장 적용성을 확인하였다.

기포 혼합시 혼합 펌프를 사용한 정량 배합으로 기포 혼합 시 배합 정밀도를 높이고, 기포혼합기와 시멘트 혼합기가 자동 교반되어 자동화 정량주입이 가능함을 확인하였다.

믹싱 플랜트 경량화를 통해 이동식(탑차적재)이 가능하게 하였다.

표 3-23 장비 개선 사항

구 분	기존 방식	개선 방식
당 초	- 인력작업 - 시멘트 포대 하중 추정	- 없음.
개선사항	- 하중계를 통한 하중 측정 - 0.2kg 까지 측정 가능, 정밀도를 높여 편차 5% 이내로 개량.	- 교반 순서에 따라 작동 - 장비 혼합 순서에 따란 순차적으로 재료 개량 투입 혼합 .

(2) 장비 자동화 및 정밀화 개선

- 로드셀, 유량계 검교정을 통한 작업 정밀성을 확보하였다.



(a) 로드셀



(b) 로드셀 기록 장치

그림 3-52 로드셀, 기록장치



(a) 기포 유량계

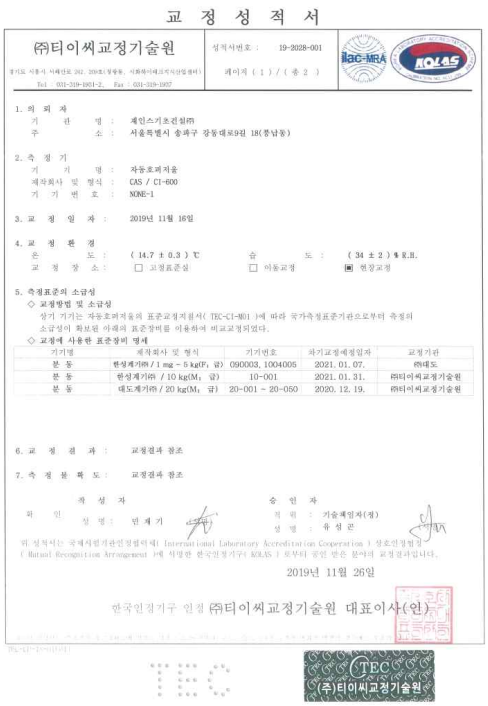


(b) 충진재 유량계

그림 3-53 유량계

① 로드셀

- 교반믹서 로드셀 검교정을 수행하였으며, 로드셀 검교정 수행결과 . 최대 하중 1,000kg, 해독도 0.2kg로 측정되었다.



교 정 성 적 서

㈜티이씨교정기술원

성적서번호 : 19-2028-001

1. 의 뢰 자
기 관 명 : 제인스키조건설㈜
주 소 : 서울특별시 송파구 장동대로9길 18(풍납동)

2. 측 정 기
기 기 명 : 자동로피지올
제작회사 및 형식 : CAS / CI-600
기 기 번 호 : NONE-1

3. 교 정 일 자 : 2019년 11월 16일

4. 교 정 환 경
온 도 : (14.7 ± 0.3) ℃ 습 도 : (34 ± 2) %R.H.
교 정 장 소 : ☐ 고정표준실 ☐ 이동교정 ▣ 현장교정

5. 측정표준의 소급성
◇ 교정방법 및 소급성
상기 기기는 자동로피지올의 표준교정지침서(TEC-CI-M01)에 따라 국가측정표준기관으로부터 측정의 소급성이 확보된 아래의 표준장비를 이용하여 비교교정되었다.
◇ 교정에 사용한 표준장비 명세

기기명	제작회사 및 형식	기기번호	차기교정예정일자	교정기관
분 동	한성계기㈜ / 1 mg ~ 5 kg(F$_1$ 급)	090003, 1004005	2021. 01. 07.	㈜대도
분 동	한성계기㈜ / 10 kg(M$_1$ 급)	10-001	2021. 01. 31.	㈜티이씨교정기술원
분 동	대도계기㈜ / 20 kg(M$_1$ 급)	20-001 ~ 20-050	2020. 12. 19.	㈜티이씨교정기술원

6. 교 정 결 과 : 교정결과 참조
7. 측 정 불 확 도 : 교정결과 참조

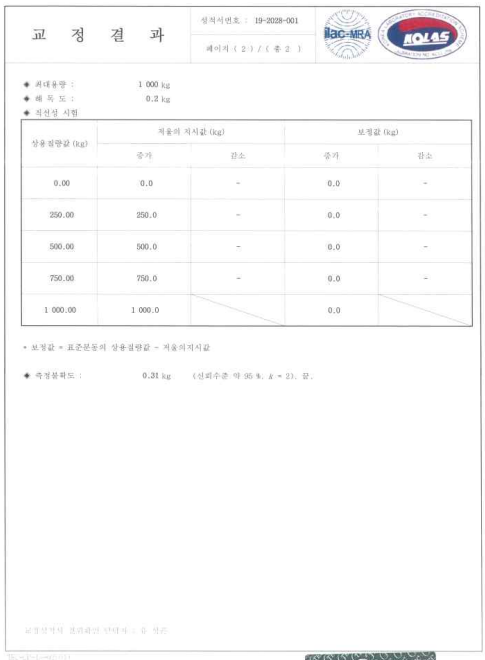
작 성 자 확 인 : 성 명 : 민 제 기 (서명)
승 인 자 직 위 : 기술책임자(정) 성 명 : 유 성 곤 (서명)

위 성적서는 국제시험기관인정협력체(International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정 (Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인정기구(KOLAS)로부터 공인 받은 분야의 교정결과입니다.

2019년 11월 26일

한국인정기구 인정 ㈜티이씨교정기술원 대표이사(인)

(TEC) (주)티이씨교정기술원



교 정 결 과

성적서번호 : 19-2028-001
페이지 (2) / (총 2)

◈ 최대용량 : 1 000 kg
◈ 해 독 도 : 0.2 kg
◈ 직선성 시험

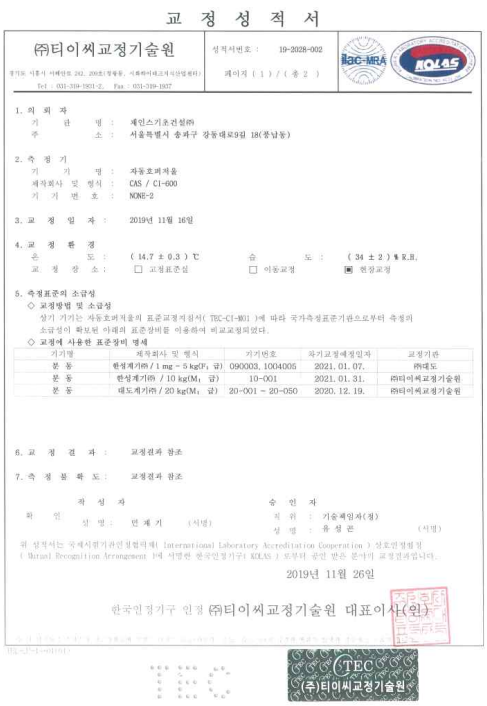
상용질량값 (kg)	적용의 지시값 (kg)		보정값 (kg)	
	증가	감소	증가	감소
0.00	0.0	-	0.0	-
250.00	250.0	-	0.0	-
500.00	500.0	-	0.0	-
750.00	750.0	-	0.0	-
1 000.00	1 000.0		0.0	

* 보정값 = 표준분동의 상용질량값 - 저울의지시값

◈ 측정불확도 : 0.31 kg (신뢰수준 약 95 %, k = 2), 끝.

교정성적서 검교정인 서명자 : 유 성곤

(TEC) (주)티이씨교정기술원



교 정 성 적 서

㈜티이씨교정기술원

성적서번호 : 19-2028-002

1. 의 뢰 자
기 관 명 : 제인스키조건설㈜
주 소 : 서울특별시 송파구 장동대로9길 18(풍납동)

2. 측 정 기
기 기 명 : 자동로피지올
제작회사 및 형식 : CAS / CI-600
기 기 번 호 : NONE-2

3. 교 정 일 자 : 2019년 11월 16일

4. 교 정 환 경
온 도 : (14.7 ± 0.3) ℃ 습 도 : (34 ± 2) %R.H.
교 정 장 소 : ☐ 고정표준실 ☐ 이동교정 ▣ 현장교정

5. 측정표준의 소급성
◇ 교정방법 및 소급성
상기 기기는 자동로피지올의 표준교정지침서(TEC-CI-M01)에 따라 국가측정표준기관으로부터 측정의 소급성이 확보된 아래의 표준장비를 이용하여 비교교정되었다.
◇ 교정에 사용한 표준장비 명세

기기명	제작회사 및 형식	기기번호	차기교정예정일자	교정기관
분 동	한성계기㈜ / 1 mg ~ 5 kg(F$_1$ 급)	090003, 1004005	2021. 01. 07.	㈜대도
분 동	한성계기㈜ / 10 kg(M$_1$ 급)	10-001	2021. 01. 31.	㈜티이씨교정기술원
분 동	대도계기㈜ / 20 kg(M$_1$ 급)	20-001 ~ 20-050	2020. 12. 19.	㈜티이씨교정기술원

6. 교 정 결 과 : 교정결과 참조
7. 측 정 불 확 도 : 교정결과 참조

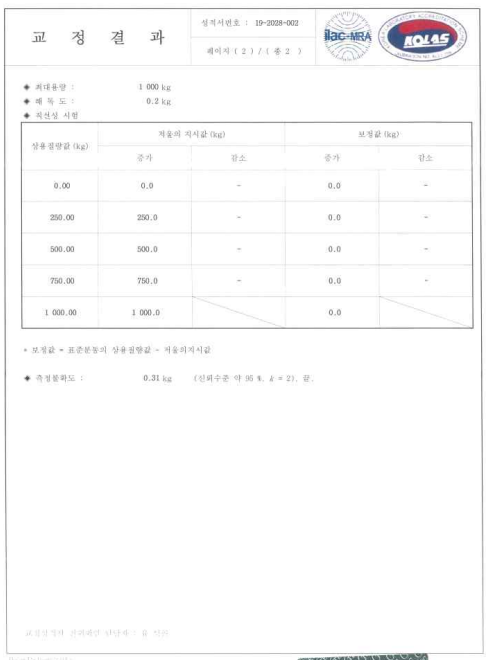
작 성 자 확 인 : 성 명 : 민 제 기 (서명)
승 인 자 직 위 : 기술책임자(정) 성 명 : 유 성 곤 (서명)

위 성적서는 국제시험기관인정협력체(International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정 (Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인정기구(KOLAS)로부터 공인 받은 분야의 교정결과입니다.

2019년 11월 26일

한국인정기구 인정 ㈜티이씨교정기술원 대표이사(인)

(TEC) (주)티이씨교정기술원



교 정 결 과

성적서번호 : 19-2028-002
페이지 (2) / (총 2)

◈ 최대용량 : 1 000 kg
◈ 해 독 도 : 0.2 kg
◈ 직선성 시험

상용질량값 (kg)	적용의 지시값 (kg)		보정값 (kg)	
	증가	감소	증가	감소
0.00	0.0	-	0.0	-
250.00	250.0	-	0.0	-
500.00	500.0	-	0.0	-
750.00	750.0	-	0.0	-
1 000.00	1 000.0		0.0	

* 보정값 = 표준분동의 상용질량값 - 저울의지시값

◈ 측정불확도 : 0.31 kg (신뢰수준 약 95 %, k = 2), 끝.

교정성적서 검교정인 서명자 : 유 성곤

(TEC) (주)티이씨교정기술원

② 유량계

- 유량계 검교정 수행 측정 편차 확인하였다. 평균측정 편차 0.18 ~ 0.77%로 정밀도 5% 이내로 확인되었다.



교 정 성 적 서

우성엔지니어링
WOO SUNG ENGINEERING

성적서번호 : 1910-360

주소 : 경기도 안양시 동안구 벌말로 126 오비즈타워 B133호 전화 : 031) 450-3666 ,팩스 : 031) 450-3668

1.의뢰자

업 체 명 : 재인스기초건설㈜

주 소 : 서울특별시 송파구 강동대로9길 18(풍납동)

2. 측정기

기 기 명 : 전자기 유량계

제작회사 : DAE JUNG ENG.

규 격 : 40A

기기번호 : WS-50-500-1000-14

3. 교정환경

온도 : (25 ± 2) ℃ 상대습도 : 60 % 이하

4. 교정일자 : 2019. 10. 15

5. 측정표준기의 소급성

상기기기는 액체용 전자기유량계의 국가측정표준기관(KRISS)으로부터 측정의 소급성이 확보된 표준장비를(2019-337871) 이용하여 비교 교정함.

6. 교정결과 : 교정결과 참조

교 정 책 임 자 : 권 영 환

발행일자 : 2019. 10. 15

우성엔지니어링 (WOO SUNG ENGINEERING)

㈜ 위성적서는 측정기의 정밀 정확도에 영향을 미치는 요소(과부하, 온도, 습도)의 급격한 변화가 발생한 경우에는 무효가됨.



교 정 결 과

우성엔지니어링
WOO SUNG ENGINEERING

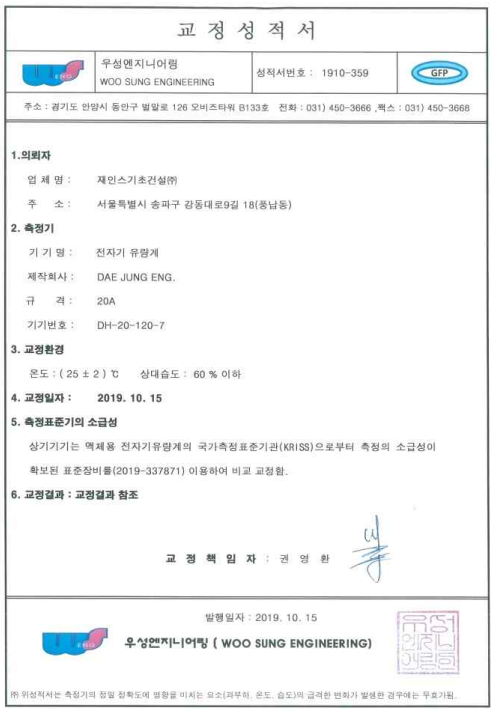
성적서번호 : 1910-360

주소 : 경기도 안양시 동안구 벌말로 126 오비즈타워 B133호 전화:031) 450-3666 ,팩스:031) 450-3668

유량계측정값 [X] (L/min)	표준기측정값 [Y] (L/min)	측정편차 [X/Y-1] × 100 (%)	평균측정편차 (%)
95.81	95.33	0.50	
97.18	96.25	0.97	0.76
96.34	95.57	0.81	
184.79	183.37	0.77	
181.47	180.04	0.79	0.77
191.63	190.24	0.73	
302.45	301.11	0.45	
303.73	302.48	0.41	0.43
304.44	303.12	0.44	
387.98	387.01	0.25	
388.88	388.15	0.19	0.20
394.78	394.14	0.16	
498.78	497.32	0.29	
492.88	491.12	0.36	0.35
493.98	492.06	0.39	

* 교정유체 : (물)
* 제작회사 : DAE JUNG ENG.
* 규 격 : 40A
* 기기번호 : WS-50-500-1000-14

(끝).



교 정 성 적 서

우성엔지니어링
WOO SUNG ENGINEERING

성적서번호 : 1910-359

주소 : 경기도 안양시 동안구 벌말로 126 오비즈타워 B133호 전화 : 031) 450-3666 ,팩스 : 031) 450-3668

1.의뢰자

업 체 명 : 재인스기초건설㈜

주 소 : 서울특별시 송파구 강동대로9길 18(풍납동)

2. 측정기

기 기 명 : 전자기 유량계

제작회사 : DAE JUNG ENG.

규 격 : 20A

기기번호 : DH-20-120-7

3. 교정환경

온도 : (25 ± 2) ℃ 상대습도 : 60 % 이하

4. 교정일자 : 2019. 10. 15

5. 측정표준기의 소급성

상기기기는 액체용 전자기유량계의 국가측정표준기관(KRISS)으로부터 측정의 소급성이 확보된 표준장비를(2019-337871) 이용하여 비교 교정함.

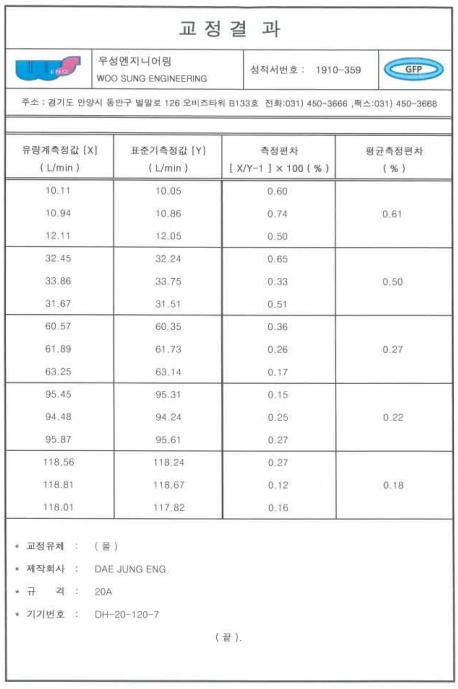
6. 교정결과 : 교정결과 참조

교 정 책 임 자 : 권 영 환

발행일자 : 2019. 10. 15

우성엔지니어링 (WOO SUNG ENGINEERING)

㈜ 위성적서는 측정기의 정밀 정확도에 영향을 미치는 요소(과부하, 온도, 습도)의 급격한 변화가 발생한 경우에는 무효가됨.



교 정 결 과

우성엔지니어링
WOO SUNG ENGINEERING

성적서번호 : 1910-359

주소 : 경기도 안양시 동안구 벌말로 126 오비즈타워 B133호 전화:031) 450-3666 ,팩스:031) 450-3668

유량계측정값 [X] (L/min)	표준기측정값 [Y] (L/min)	측정편차 [X/Y-1] × 100 (%)	평균측정편차 (%)
10.11	10.05	0.60	
10.94	10.86	0.74	0.61
12.11	12.05	0.50	
32.45	32.24	0.65	
33.86	33.75	0.33	0.50
31.67	31.51	0.51	
60.57	60.35	0.36	
61.89	61.73	0.26	0.27
63.25	63.14	0.17	
95.45	95.31	0.15	
94.48	94.24	0.25	0.22
95.87	95.61	0.27	
118.56	118.24	0.27	
118.81	118.67	0.12	0.18
118.01	117.82	0.16	

* 교정유체 : (물)
* 제작회사 : DAE JUNG ENG.
* 규 격 : 20A
* 기기번호 : DH-20-120-7

(끝).

(3) 장비 제작 결과

배합 정밀도에서 기존장비 대비 디지털 유량계 사용, 유량 조절, 목표 유량 대비 편차 ±5% 로 계획하였다.

자동화율, 시멘트 물 배합비시 하중 개량하는 로드셀이 달린 공급장치 사용으로 100% 자동화가 가능하게 하였다.

장비 경량성에 맞추어 각 부품, 아지데타, 교반기, 발전기 분리 이동 가능하게 하며 이동식 탑차 적재가 가능하게 하였다.

6. 투수성 충진재 현장 적용성 평가

가. 개요

- 현장 모의시험 일정 수립하여 현장 평가를 하였다. 3회에 따른 장비 현장 적용성 검토를 통한 수정 보완 사항 확인하였다.
- 1회에 대규모 현장 적용시험을 수행으로 현장 장비 적용성 평가 하였다.

표 3-24 현장 시험 일정 및 검토 사항

구 분	날 짜	점 검 사 항	비고
1차	9월 10일	- 시멘트 기포 배합시험 - 기포발생기 및 혼합 믹서기 장비 가동	안성
2차	10월 4일	- 자동화 교반기 시멘트 주입 컨베이어 벨트 설치 - 자동 믹서플랜트 장비 가동 - 유량계설치, 주입량 체크	안성
3차	10월 18일	- 기포농도 체크 펌프 가동 - 기포량 주입조절기 점검	안성
4차	11월 29일	- 대규모 현장 적용 - 연속시험 현장 적용성 검토 - 속경성 시멘트 적용성 검토	군산

(가) 시험개요

- 1~3차 장소 : 경기도 안성시 보개면 북가현리 179번지일대 부지 임대





그림 3-54 시험 시공 위치 (1~3차)

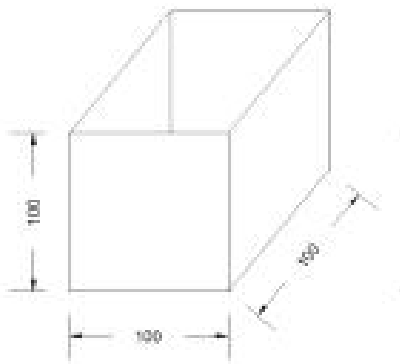
- 현장 적용 : 군산시 비응도동 27번지 국인산업 내 부지



그림 3-55 군산 시험 시공 위치 (4차)

(나) 현장 시험시공 개요

- 땅을 파서 준비한 1㎥ box 6개를 묻거나, 터파기
- 배합비대로 선 배합 후 box 1개씩 채우고 자체 시험 확인용 몰드를 3개씩 제작.
- 침하량, 일축압축강도, 투수시험 공시체 제작, 압축시험 및 투수시험을 수행
- 재령기간 7일, 28일 일정에 맞추어 현장 코어링
- 실내시험과 그 결과를 비교하고 기준치에 만족여부를 판정



(다) 시험 결과 확인

① 시험 기준

- 시험기준은 강도, 투수계수, 침하깊이로 하며, 현장 배합시 몰드와 코어 작업을 통해 실험을 한다.

- 개량체가 기준 투수계수 및 강도를 충족시켜야 한다.

② 확인보링

- 시험시공 후 배합 통마다 재령별로 천공장비를 이용하여 코아를 채취하였다.



(a) 코어 샘플링



(b) 샘플 코어 채취

그림 3-56 확인 보링 코어 채취

③ 일축압축강도 시험 및 투수시험

- 시험조건에 따라 재령 기간별로 일축압축강도 시험과 투수시험을 수행하였다.



일축압축 강도시험



투수시험

그림 3-57 실내시험

나. 1차 실험 (9월10일)

(1) 시험시공 계획

- 1차 시험을 개량 전 수동 작업 시 장비 배합 및 시공성 평가하였다.
- 1차년도 시험 배합시험 결과를 바탕으로 시험시공(기포농도는 10, 15% 두 가지 기준 검토)을 수행하였다.
- 실제 싱크홀과 같은 소형 모형지반을 만들고 시험 시공을 하는 방법으로 시험을 수행하였다.

(가) 배합비 및 수량

- 각 조건별 충진재, 물 비유은 2:1이며 기포제 농도(10,15%)와 기포량(80, 110, 140%) 조건을 변화 하여 시험 조건 선정하였다.

표 3-25 1차 계획 배합비율

No.	충진재 비율 (kg)	물 비율 (kg)	기포제 농 도 (%)	기포 량 (%) 충진재 혼합 중량 비
case 1-1	2	1	10	80
case 1-2	2	1	10	110
case 1-3	2	1	10	140
case 1-4	2	1	15	80
case 1-5	2	1	15	110
case 1-6	2	1	15	140

(나) 시험 계획 수량

- 재령별 기준은 7일, 28일 2종류로 구분되며 1차 시험으로 7일 시험만 자체 시험 수행하여 결과를 정리하였다.

표 3-26 1차 시험 개소

구 분		재령 7일	재령 28일	비고
배합 공시체	일축	6	-	자체 시험
	투수시험	6		
시험시공 코아	일축	-	-	
	투수시험			

(2) 실제 시험시공

(가) 시험시공 전경



(a) 재료 인력 하중 배합



(b) 투수성 충진재 하중 배합

그림 3-58 시험시공 전경

(나) 실제 시험시공 배합

- 기존 혼합 장비 배합성 검토 수동으로 시멘트와 물을 양철통에 넣어 무게를 재서 혼합하였다.

- 기포제 농도를 수동으로 맞춰서 작업하였으며, 수동배합으로 충진재, 기포를 배합, 수공작업을 작업 효율성이 낮으나, 배합 시험 확인 및 개량체 확인으로 품질을 확인하였다.

표 3-27 1차 배합비

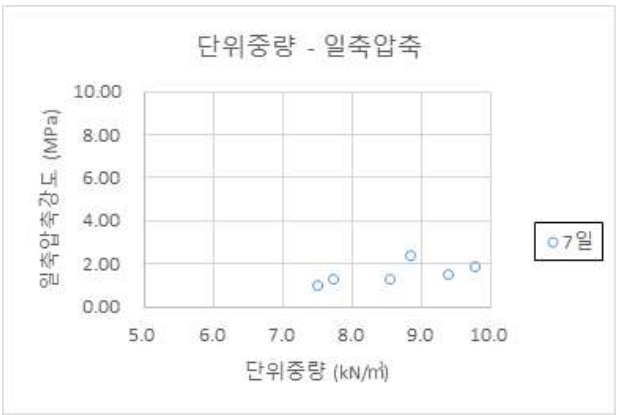
No.	충진재 (kg)	물 (kg)	유동화제 (ml)	기포 량		기포제 농 도 (%)	총 부피 (㎥)
				(L)	(%)		
case 1-1	200.0	100.0	200.0	약 145	80	약 10	약 0.33
case 1-2	200.0	100.0	200.0	약 200	110	약 10	약 0.38
case 1-3	200.0	100.0	200.0	약 254	140	약 10	약 0.44
case 1-4	200.0	100.0	200.0	약 145	80	약 15	약 0.33
case 1-5	200.0	100.0	200.0	약 200	110	약 15	약 0.38
case 1-6	200.0	100.0	200.0	약 254	140	약 15	약 0.44
합계	1,200.0	600.0	1,200.0	약 1,198		-	약 2.29

(다) 결과

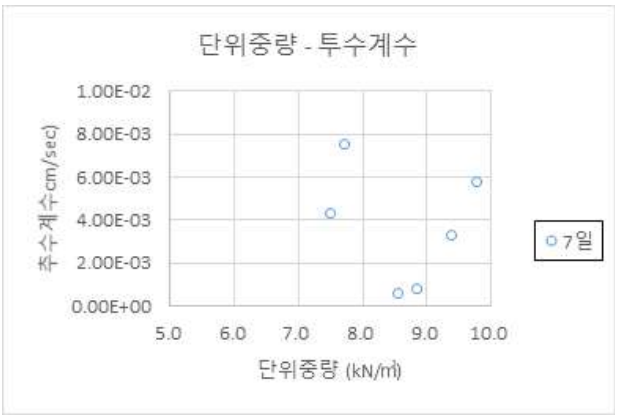
- 7일강도 6개 case에 대하여 각각 3개의 시료로 일축압축 시험을 하였다.
- 강도는 0.98~2.4 MPa로 나타났으며 7일 강도 기준치 0.9Mpa를 상회하게 나타났다.
- 투수계수는 최소 $5.80x^{-4}$~$7.50x^{-3}$cm/sec로 나타 났다. .
- 실내 시험결과와 같이 기포 농도 10%, 15%는 유사한 경향을 나타내나 기포량 80%~140%에 따라서 강도 발현이 다르게 나타남을 확인하였다.
- 1차 시험으로 7일강도 자체 시험을 통한 실내시험과 현장 시험 결과 확인하였다.

표 3-28 1차 시험 결과 (7일)

구 분		침하 (mm)	단위중량 (kN/㎥)	강도(MPa)			투수계수(cm/sec)		
				측정값	기준값	판 정	측정값	기준값	판 정
7일	1	8.9	8.84	2.40	0.9	O.K	8.00E-04	10^{-4}이상	O.K
	2	8.5	7.72	1.30		O.K	7.50E-03		O.K
	3	9.3	9.38	1.50		O.K	3.30E-03		O.K
	4	8.8	8.54	1.32		O.K	5.80E-04		O.K
	5	8.9	9.78	1.84		O.K	5.80E-03		O.K
	6	9.2	7.50	0.98		O.K	4.30E-03		O.K



<강도결과 그래프>



<투수계수결과 그래프>

그림 3-59 2차 시험 결과 그래프

(3) 평가 및 분석

- 자체 일축압축시험 결과 일축압축강도, 투수계수, 침하량 기준치를 만족하였다.
- 수동배합으로도 강도 및 투수계수가 평가 기준을 만족하는 결과가 나타났다.
- 수동시험으로 결과 값에 있어 균등성과, 균일성이 다소 낮게 나타났다.
- 2차 시험에서 성과 목표치인 배합정밀도와 자동화 장비를 높이기 위한 작업을 계획하였다.

다. 2차 실험 (10월4일)

(1) 시험시공 계획

- 1차 시험과 동일한 조건으로 시험시공(기포농도는 10, 15% 두가지 기준) 하였다.
- 자동 배합믹서 플랜트 사용하여 정밀도를 높이도록 하였다.
- 유량계를 설치하여 유량측정하였다.
- 기포농도를 체크 할 수 있는 유량 펌프 적용 시험하였다.

(가) 배합비 및 수량

- 시험조건은 충진재 물 혼합 비율은 중량비 2:1로 계획하고 기포제 농도 10, 15%로 혼합 중량비 80, 110, 140%로 6개 조건으로 계획하였다.

표 3-29 2차 계획 배합비율

No.	충진재 비율 (kg)	물 비율 (kg)	기포량 (%)	기포제 농 도 (%)
			충진재 혼합 중량 비	
case 2-1	2	1	80	10
case 2-2	2	1	110	10
case 2-3	2	1	140	10
case 2-4	2	1	80	15
case 2-5	2	1	110	15
case 2-6	2	1	140	15

(나) 시험 계획 수량

- 재령별 기준은 7일, 28일 2종류로 구분하였으며, 7일 시험은 자체 시험으로 수행하고, 28일 시험을 공인인증 시험기관에 의뢰하였다.

표 3-30 2차 시험 개소 및 시험방법

구 분		재령 7일	재령 28일	비고
배합 공시체	일축압축강도	6	-	자체 시험
	투수시험	-		
시험시공 코아	일축압축강도		6	공인인증 시험
	투수시험		3	

(2) 실제 시험시공

(가) 시험시공 전경



시멘트 배합 장비



확인 코어링

그림 3-60 2차 시험 전경

(나) 실제 시험시공 배합

- 기포량의 시간주입 조절기 부분이 단순화되어 작업이 편리하게 기포를 주입하였다.
- 기포농도 체크 펌프를 적용 발생 기포 농도를 확인하였다.
- 유량계를 설치하여 주입량을 체크되었다.
- 충진재, 물은 2:1 비율로 배합하며 총 부피를 고려 기포량과 유동화제를 조건별 배합 비율별로 적용하였다.

표 3-31 2차 현장 시험 배합비

No.	충진재 (kg)	물 (kg)	유동화제 (ml)	기포량		기포제 농 도 (%)	총 부피 (㎥)
				(L)	(%)		
case 2-1	306.0	153.0	306.0	222.0	80	10	0.5
case 2-2	262.0	131.0	262.0	262.0	110	10	0.5
case 2-3	230.0	115.0	230.0	292.0	140	10	0.5
case 2-4	306.0	153.0	306.0	220.0	80	15	0.5
case 2-5	262.0	131.0	262.0	262.0	110	15	0.5
case 2-6	230.0	115.0	230.0	292.0	140	15	0.5
합계	1,200.0	600.0	1,200.0	1,198		-	3.0

(3) 결과

- 침하량은 9.1~9.2mm로 나타나 기준치 10mm 이하로 나타났다.
- 일축압축강도는 0.90~5.15Mpa로 나타나 기준치를 상회하는 것으로 확인하였다.
- 기포농도 10, 15%에 따른 단위 중량과 강도값은 유사하며, 기포량에 따라 단위중량 및 강도가 차이가 남. 기포량 80%에서 일축압축강도가 크게 나타났다.

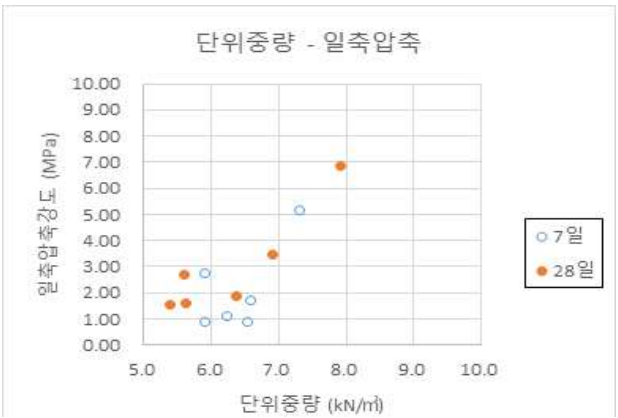
표 3-32 2차 시험 결과(7일)

구 분		침하량 (mm)	단위중량 (kN/㎥)	강도(MPa)		
				측정값	기준값	판 정
7일	case 2-1	9.1	7.30	5.15	0.9	O.K
	case 2-2	9.2	6.59	1.70		O.K
	case 2-3	9.2	6.24	1.11		O.K
	case 2-4	9.1	5.90	2.76		O.K
	case 2-5	9.1	6.54	0.90		O.K
	case 2-6	9.2	5.90	0.91		O.K

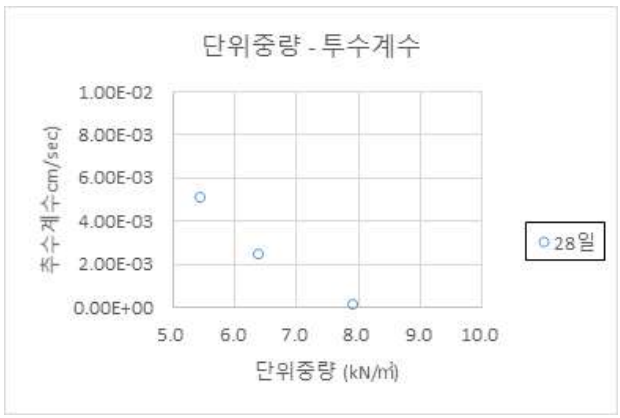
- 28일 시험결과 단위중량 5.32~7.81 kN/㎥, 강도는 1.41~6.85Mpa로 나타났다.
- 투수계수는 $1.50x^{-4}$~$5.10x^{-3}$ cm/sec로 투수계수 기준값을 만족하였다.

표 3-33 2차 시험 결과(28일)

구 분		단위중량 (kN/㎥)	강도(MPa)			투수계수(cm/sec)		
			측정값	기준값	판 정	측정값	기준값	판 정
28일	case 2-1	7.91	6.85	1.4	O.K	1.50E-04	10^{-4}이상	O.K
	case 2-2	6.38	1.88		O.K	2.50E-03		O.K
	case 2-3	5.62	1.58		O.K	5.10E-03		O.K
	case 2-4	6.90	3.46		O.K			
	case 2-5	5.61	2.73		O.K			
	case 2-6	5.38	1.55		O.K			



<압축강도 결과>



<투수계수 결과>

그림 3-61 2차 시험 결과

(4) 평가 및 분석

- 자동화 교반기를 통하여 시멘트 주입하여 시공성을 향상 시켰다.
- 수동장비 대비 자동화 장비로서 정량주입 및 자동화율을 높였다.
- 개량체 시험결과는 기준치를 상회하는 결과를 나타났다.
- 경량 투수성 개량체로 저강도, 고투수성 재료로 사질토 지반과 유사하게 거동을 하였다.
- 본 개량체를 고투수성, 저강도에 적용시 사업 활용이 높을 것으로 판단 되며 사업 다각화 방안에 대한 검토가 필요하다.
- 작업 숙련도 및 작업성 보완을 위하여 추가 시험을 계획하였다.

라. 3차 실험 (10월18일)

(1) 시험시공 계획

- 2차 시험 배합시험 계획과 결과를 바탕으로 시험시공(기포농도는 10, 15% 두가지 기준)을 하였다.

- 기포량 주입조절기 보완된 벨브와 기포농도 체크 할 수 있는 펌프 적용 시공성 향상을 검토 하였다.

(가) 배합비 및 수량

- 충진재, 물 비유은 2:1로 배합하고, 기포량 농도와 기포량을 조절하여 시험을 수행하였다.

표 3-34 3차 계획 배합비율

No.	충진재 비율 (kg)	물 비율 (kg)	기포 량 (%) 충진재 혼합 중량 비	기포제 농 도 (%)
case 3-1	2	1	80	10
case 3-2	2	1	110	10
case 3-3	2	1	140	10
case 3-4	2	1	80	15
case 3-5	2	1	110	15
case 3-6	2	1	140	15

(나) 시험 계획 수량

- 재령별 기준은 7일, 28일 2종류로 구분 검토하였다.

- 7일 강도는 자체 시험하며, 기존 시험시 강도가 크게 나타남 기포량 80%는 49일 시험에서 제외 4개 case로 시험 의뢰 하였다.

- 장기 강도 발현 및 투수성을 평가하기 위하여 28일 강도를 49일 강도로 의뢰 하였다.

표 3-35 3차 시험 개소

구 분		재령 7일	재령 49일	비고
배합 공시체	일축압축강도	6	-	자체 시험
	투수시험	-		
시험시공 코아	일축압축강도		4	공인인증 시험
	투수시험		4	

(2) 실제 시험시공

(가) 시험시공 전경



(a) 자동 배합 (b) 배합 자동화 장비

그림 3-62 3차 시험시공전경

(나) 실제 시험시공 배합

- 기포농도 체크 펌프를 이용하여 기포농 및 주입량을 조절하여 수행하였다.
- 기포량 주입 보완 벨브로 기포 주입량을 세밀하게 조절이 가능하게 하였다.

표 3-36 3차 시험시공 배합비

No.	충진재 (kg)	물 (kg)	유동화제 (ml)	기포 량		기포제 농 도 (%)	총 부피 (㎥)
				(L)	(%)		
case 3-1	306.0	153.0	306.0	225.5	80	10	0.5
case 3-2	262.0	131.0	262.0	262.0	110	10	0.5
case 3-3	229.0	114.5	229.0	291.4	140	10	0.5
case 3-4	306.0	153.0	306.0	222.5	80	15	0.5
case 3-5	262.0	131.0	262.0	262.0	110	15	0.5
case 3-6	229.0	114.5	229.0	291.4	140	15	0.5
합계	1,594.0	797.0	1,594.0	1,551.8			3.0

(3) 결과

- 침하량은 8.9~9.3mm로 나타났다.

- 단위중량은 7.50~8.92kN/㎥로 나타났으며, 일축압축강도는 0.95~1.35 Mpa로 나타나 기준치를 상회하였다. .

- 기포농도 10, 15%에 따른 단위 중량과 강도값은 유사하며, 기포량에 따라 단위중량 및 강도가 차이가 나타났다.

표 3-37 3차 시험 결과(7일)

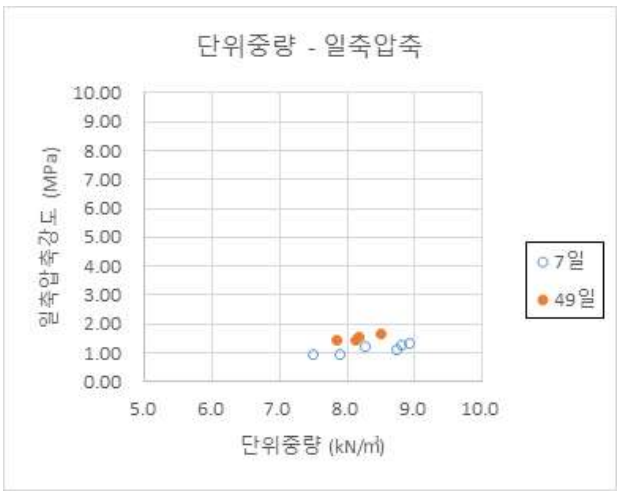
구 분		침하 (mm)	단위중량 (kN/㎥)	강도(MPa)		
				측정값	기준값	판 정
7일	case3-1	8.9	8.81	1.25	0.9	O.K
	case3-2	9.0	8.73	1.12		O.K
	case3-3	9.3	7.50	0.96		O.K
	case3-4	9.1	8.92	1.35		O.K
	case3-5	9.2	8.26	1.23		O.K
	case3-6	9.3	7.90	0.95		O.K

- 장기간 강도발현 및 투수시험 결과를 확인 확인하기 위하여 3차 시험은 49일 지나 시험의뢰 하였다.

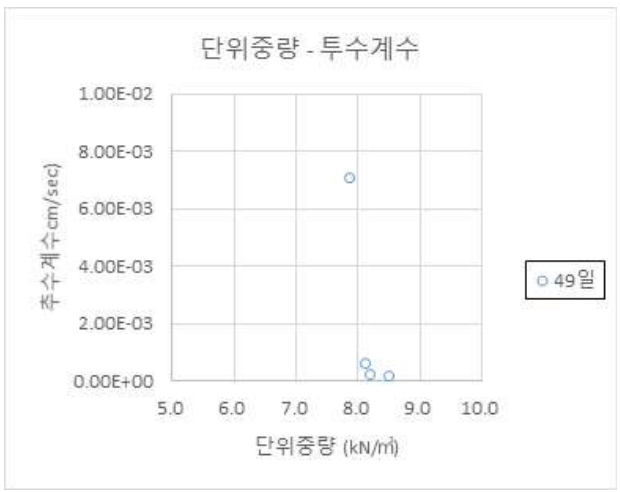
- 49일 시험결과 단위중량 7.85~8.5kN/㎥, 강도는 1.42~1.52Mpa로 나타났다.
- 투수계수는 $1.20x^{-3}$~$6.40x^{-3}$ cm/sec로 투수계수 기준값을 만족한다.
- 강도발현이나 투수계수 변화가 특이하게 나타나지는 않았다.

표 3-38 3차 시험 결과(49일)

구 분		단위중량 (kN/㎥)	강도(MPa)			투수계수(cm/sec)		
			측정값	기준값	판 정	측정값	기준값	판 정
49일	case3-2	8.18	1.52	1.4	O.K	$2.15x^{-4}$	10^{-4}이상	O.K
	case3-3	7.85	1.45		O.K	$7.05x^{-3}$		O.K
	case3-5	8.50	1.63		O.K	$1.76x^{-4}$		O.K
	case3-6	8.12	1.42		O.K	$6.46x^{-4}$		O.K



<압축강도 결과>



<투수계수 결과>

그림 3-63 3차 시험 결과

(4) 평가 및 분석

- 자동화 장비 및 기포 투입장비 개선으로 시공성 향상 하였다.
- 정밀 배합으로 개량체 단위중량, 강도가 균일하게 나타났다.
- 투수성은 기준치를 만족하는 고투수성 개량체로 나타났다.
- 2차 시험이 7일 강도와 28일 강도 분산 범위가 컸던 것에 비하여 3차 시험 7일, 49일 강도는 유사한 경향을 나타남으로 시공 시 재료 혼합에 균질성이 나타났다.
- 경량 투수성 개량체로 저강도, 고투수성 재료로 사질토 지반과 유사하게 거동했다.
- 고투수성, 저강도에 적용시 사업 활용이 높을 것으로 판단 된다.

마. 현장 적용성 평가시험 (11월 29일)

(1) 현장 적용 계획

- 최적 배합 비율로 검토 된 물, 시멘트 비율 1:2 비율에 기포 농도10%, 기포 무게비 140%로 현장 시험을 수행 하였다.

- 대형 터파기 1식과, 토조 2개소로 계획 하였으며, 25㎥ 터파기는 대형 시험시 작업 연속성과 시공성을 평가 하였다.

- 1.2㎥ 토조는 일반 투수성 충진재와 추가 연구 중인 속경성 투수성 충진재트 효과 비교 하였다.



(a) 현장 배합장비 (1)



(b) 현장 배합장비 (2)

그림 3-64 현장복구기술

(가) 배합비 및 수량

① 시험 계획 수량

- 대형 터퍼기 1개소, 토조 2개소 기준으로 혼합 비율 검토 하였다.

표 3-39 계획 혼합 비율

구분	충진재	충진재비율	물 비율	기포농도	기포량(%)	용량(㎥)
case4-1	기포 충진재	2	1	10	140	50
case4-2	기포 충진재	2	1	10	140	2
case4-3	속경성 충진재	2	1	10	140	2

(2) 실제 시험시공

(가) 시험시공 전경

- 현장 터파기 및 토조 실물 전경을 그림 3-65와 같다.



(a) 현장 터파기



(b) 대형토조

그림 3-65 시험시공 전경

- 터파기 채움은 case4-1 조건, 토조 2개소 case4-2, case4-3 조건으로 시험을 하였다.



(a) 충진재 채움



(b) 토조 채움

그림 3-66 시험시공 전경

- 터파기 채움과 토조 채움 후 1일 경과 후 현장 전경은 그림 3-67과 같다.



(a) 충진재 채움　　(b) 토조채움

그림 3-67 양생 1일차

(3) 실제 시험시공 배합

- 실 배합량 검토을 정리하면 표 3-40과 같다.

표 3-40 배합 중량

No.	충진재 (ton)	물 (ton)	유동화제 (ℓ)	기포 량		기포제 농도 (%)	총 부피 (㎥)
				(ℓ)	(%)		
1	11.45	5.72	11.45	14.58	140	10	38.0
2	0.55	0.27	0.55	0.7	140	10	1.2
3	0.55	0.27	0.55	0.7	140	10	1.2

- 재령별 기준은 7일, 28일 2종류로 구분하였다.

- case4-2, 3에 조건에 대하여 일축, 투수 시험 의뢰하였으며, 재령 7일 시험을 공인인증 시험에 의뢰하고 28일 시험을 자체 시험을 수행하였다.

표 3-41 4차 시험 개소

구 분		재령 7일	재령 28일	비고
배합 공시체	일축압축강도		2	자체 시험
	투수시험	-		
시험시공 코아	일축압축강도	2		공인인증 시험
	투수시험	2		

(4) 결과

- 토조내 각각 3개소에서 시료를 채취하여 상,중,하로 구분하여 시험을 수행하였다.
- 침하량은 9.2~9.6㎜로 나타났다.
- 기포농도 10%에 기포량 140%로 기포 충진재와 속경성 충진재를 적용 결과를 검토하였다.
- 단위중량은 7.04~8.30kN/㎥로 나타났으며. 일축압축강도는 0.75~1.37Mpa로 나타나 기준치 0.9Mpa를 상회하였다.
- 개량체 균일성 및 균질성에 유사한 형태를 나타남을 확인하였다.

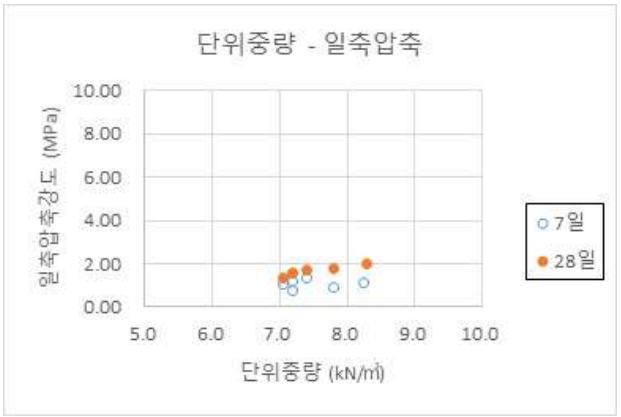
표 3-42 4차 시험 결과(7일)

구 분		침하 (mm)	단위 중량 (kN/㎥)	강도(MPa)			투수계수(cm/sec)		
				측정 값	기준 값	판정	측정값	기준값	판정
7일	case 4-2-상	9.4	7.20	0.75	0.9	N.G	5.30E-03	10^{-4} 이상	O.K
	case 4-2-중	9.3	7.80	0.92		O.K	2.60E-03		O.K
	case 4-2-하	9.2	8.30	1.10		O.K	9.58E-04		O.K
	case 4-3-상	9.5	7.04	1.02		O.K	5.46E-03		O.K
	case 4-3-중	9.6	7.20	1.21		O.K	2.90E-03		O.K
	case 4-3-하	9.4	7.40	1.37		O.K	8.90E-04		O.K

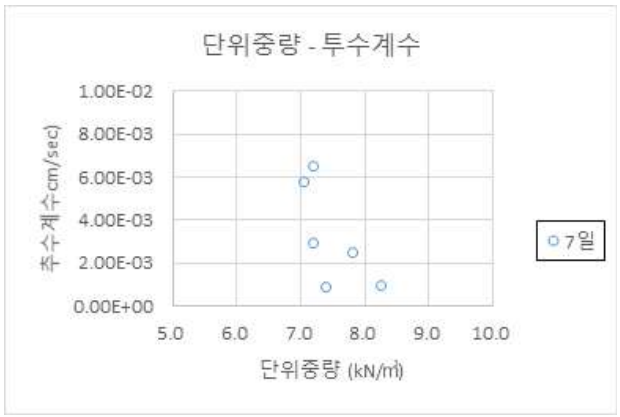
- 28일강도는 기포 충진재와, 속경성 충진재 조건으로 검토 하였다.
- 단위중량은 7.04~8.3kN/㎥로 나타나며, 일축압축강도는 평균 1.65Mpa로 나타나 기준치 1.4Mpa를 상회하나 case4-2-상 속경성 시멘트를 사용한 상부에서는 1.35Mpa로 기준치에 못 미치는 결과가 나타났다.

표 3-43 4차 시험 결과 (28일)

구 분		단위중량 (kN/㎥)	강도(MPa)		
			측정값	기준값	판 정
28일	case 4-2-상	7.20	1.58	1.4	O.K
	case 4-2-중	7.80	1.75		O.K
	case 4-2-하	8.30	1.98		O.K
	case 4-3-상	7.04	1.35		N.G
	case 4-3-중	7.20	1.54		O.K
	case 4-3-하	7.40	1.70		O.K



< 압축강도 결과 >



<투수계수 결과>

그림 3-68 4차 시험 결과

(가) 침하시험

- 침하 시험결과 2시간 경과 후 침하량 9.2~9.5mm로 나타나며, 기준치 10mm 이하로 기준 치 만족하였다.



비중 시험



침하시험

그림 3-69 침하시험 & 비중 측정

(나) 일축압축시험

- 일축압축시험 결과 case4-1, case4-2, case4-3 설계기준 7일 28일 강도를 만족하였다.
- 대형 토조 시험은 1.2m 길이를 상, 중, 하로 구분하여 심도별 강토 특성을 평가하였으며, 깊이별 기포 부상에 대한 내용을 검토하였다.



토조 단면 형상 검토



상부 기포 형상

그림 3-70 토조 형상 검토

(다) 투수시험 결과

- case 4 투수시험 결과, 투수 성능을 만족하였다.
- case4-2,3 상,중,하로 투수시험을 시험한 기준치를 만족하였다.



(a) 투수시험 시료 성형


(b) 투수시험

그림 3-71 투수시험 사진

(5) 평가 및 분석

(가) 항목별 시험 평가

① 경량 기포

- 경량 투수성 개량체에서 균질한 단위 중량을 통한 기준 강도 이상 및 목표 투수계수 이상의 투수성이 나타났다. .

- 본 시험으로 통하여 1.2m 대형 시험에서 상, 중, 하로 균일한 강도 및 투수성이 나타나는 것을 확인하였다.

② 시험 주입 결과

- 기존 소형 터파기(1×1×1m) 현장시험에서 대형 터파기 (5×5×1.2m)시험으로 수행한 결과 충전 그라우팅 균질성 있게 나타났다.

- 토출구 위치에 따른 시멘트 이동 및 기포 응집이 나타남으로 시공시 분출 위치를 변경해가며 시공하여 시공시 품질 균질성을 확보 하였다.

③ 시멘트 혼합

- 시멘트 투입시 1 사이클에 14분 소요 현장 작업시 시공성 확인하였다.

(나) 현장 적용 방안

① 시공장비

- 시멘트, 물 로드셀 정확성, 자재 운반 투입 시 이동경로 내 잔여물질과 계량 시간 간격

으로 계량한 하중과 오차가 나타나지만, 이는 허용오차 4% 이내로 발생한다.

- 시공 중 품질 관리를 위하여 배합 시 물, 시멘트 시공 중, 비중 확인 필요하다. .

- 교반 후 1회 토출 시 14분이 소요됨으로, 연속작업을 위해서 시멘트 교반 장치 대형화 및 시멘트 사이로 적용을 통한 시공 연속성을 확인하는 것이 필요하다.

- 현 시멘트 교반 장치로 시공성에 작업성 상에 문제는 없으나. 시멘트 교반시 효율성을 높이기 위하여서는 시멘트 투입방식을 싸이로 형식으로 변경 검토하며, 시멘트 흡입구 크기를 크게 하여, 작업 능률 향상 검토가 필요하다.

- 교반시 현장 지원 보조장비 지게차, 물차, 백호등 현장 여건에 맞게 준비 필요하며, 현장 여건에 따라. 전기, 양수지원이 안 되는 조건에서는 물차, 백호등 장비가 필요하므로 시공시 보조장비 운용 계획이 포함되어야 하며, 장비 대기 및 운용 사항에 대한 검토가 필요하다.

② 현장 적용성 평가 시험

- 기포제의 희석비, 페이스트 대비 기포 혼입률을 변수로 압축강도, 투수성능, 공극구조를 평가된다.

- 본 공법 적용은 지반안정화를 위한 저강도, 일체형 투수기층을 형성할 수 있는 경량기포 콘크리트를 타설하는 공법으로, 투수성을 발현하는 현장 투수성 충전 그라우팅 적용으로 긴급으로 공동 채움 및 투수성이 필요한 현장에 적용하며 향후 다양한 사업화 방안이 고려되고 있다.

(6) 실험 결과 분석

(가) 현장 시험 후 품질관리

- 현장 시험 중 비중관리를 통한 품질관리 확인이 필요하다 .

- 현장 시공시 침하시험, 비중시험 및 몰드 제작을 통한 일축, 투수시험 수행한다.

- 장기적 투수성 확인 방법 검토, 본 시험을 통해 장기적 투수성 검토를 수행 하여보았으나, 클러깅으로 인한 투수성 저하는 확인하지 못하였다. 그러나, 장기적으로 미립자 투과시 투수성 저감을 고려하여 투수성 블록에서 사용하는 세척 작업 등 현 공법에 적용하는 방법 등을 검토 중이다.

(나) 주입 시스템

- 교반기, 주입장비는 용량 검토 및 배치 적정성 검토하여 도면 작업화 하여 작성하였다.

- 장비 이동성 및 현장 적용성을 고려하여 경량화 작업을 수행하였으며, 25ton 트럭에 1식으로 태워 이동이 가능함을 확인하였다.

(다) 원재료 품질관리

- 현장 시험에서 이격거리 20m 내외로 이격거리에 따른 재료 분리 시험을 확인하지는 못하였으나, 통상, 고속 분사등 충진재 재료 확인시 작업 플랜트 200m 반경내 작업시에는 재료 분리가 일어나지 않는 점을 감안했을 때, 현장 적용시 작업 플랜트와 현장과 이격거리가 중요한 것으로 판단된다.

- 플랜트 이동거리와 물, 시멘트 비율에 따라 재료분리 발생하는 것을 실내 시험을 통해 확인한 바 있다. 이는 물, 시멘트 혼압 비율이 1:2 비율 이상으로 물 적용시에는 재료 분리가 나타나는 것으로 실내 예비 시험을 통해 확인하였다. 현장 적용시 적정 배합 비율(시멘트: 물 = 2:1)에 맞는 배합을 수행하며, 비중 시험을 통한 품질 관리를 수행 하도록 하여야 할 것이다.

7. 경제성 분석

가. 경제성 분석 개요

- 개발공법의 가격 경쟁력을 확보하고 필요시 원가절감 대책 수립과 타 공법 대비 경제적 우수성을 확인하기 위하여 개발공법에 대한 경제성 분석을 수행하였다.
- 경제성분석은 개발공법의 제조 및 시공단가를 기초로 하였고, 비교 공법의 경우 공개되어 있는 일위대가를 기준으로 비교분석 하였다.
- 경제성 분석근거 및 산출기준은 다음과 같다.

표 3-44 경제성 분석 근거

구 분		분석 근거
조사 근거		• 국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률 시행령 제9조 • 국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률 시행규칙 제6조～제11조 • 예정가격 작성기준 (기획재정부 계약예규 제319호, 2016.12.30) • 관계되는 제반자료 및 증거자료
산출 기준	재료비	• 직접재료비는 재료소요량에 단가를 적용하여 산출 • 재료의 소요량은 표준품셈의 수량 및 전문업체의 실소요량을 기준으로 산출 • 재료의 단가는 부가가치세를 제외한 조사일 현재의 거래실례가격, 물가지게재가격, 견적가격 및 제반조사가격 등을 조사검토하여 적용
	노무비	• 노무비는 직접노무비와 간접노무비로 구분하고, 직접노무비는 공사현장에서 직접작업에 종사하는 작업자의 임금을 계상 • 간접노무비는 직접작업에 종사하지는 않으나 작업현장에서 보조작업에 종사하는 노무자 및 관리감독자의 임금 및 급료의 부담액을 계상 • 직접노무비는 공사부문 시중노임단가에 산출·집계된 공수를 적용하여 산정 • 간접노무비는 조달청 「2018년 건축·산업환경설비공사 원가계산 제비율 적용기준」을 적용하여 계상
	경 비	• 경비는 공사의 시공을 위하여 소요되는 공사원가중 재료비, 노무비를 제외한 원가를 말하여 조달청 「2018년 건축·산업환경설비공사 원가계산 제비율 적용기준」을 적용하여 계상
	일반 관리비	• 일반관리비는 기업의 유지관리를 위한 관리활동부문의 제비용으로서 공사원가에 포함되지 아니한 영업비용 중 판매비를 제외한 순관리비로서 관계법령에서 정한 상한율을 초과하지 않는 범위내 계상
	이 윤	• 이윤은 영업이익을 말하며 관계법령에서 정한 공사부문의 이윤율을 적용(단, 재료비 및 외주가공비를 제외한 노무비, 경비, 일반관리비의 합계액을 대상으로 함)

(1) 비교대상 기술 선정

비교기술은 일반 그라우팅 충진재 시공 공법과 건설신기술 제858호 컴팩션 그라우팅 충진재 시공 공법과 비교를 진행 하였다.

표 3-45 공법 비교

구 분	프리믹스 충진재 시공 (R&D 개발기술)	일반 몰탈 그라우팅 공법 (비교기술-1)	컴팩션 그라우팅 공법 (비교기술-2) (건설신기술 제 858호)
공법 내용	• 투수성능이 확보된 투수성 충진재 시공	• 그라우팅 충진재 시공	• 슬럼프가 작은 비유동성 그라우팅 충진재 시공
시공법	• 재료배합, 주입 일체형 장비 • 정량배합 주입시공	• 재료배합, 주입 분리형 장비	• 재료배합, 주입 분리형 장비
장점	• 조기 강도발현으로 신속한 피해 복구 가능 • 투수성능 확보로 지하수의 흐름을 방해하지 않고 원지반과 융합되어 재료분리 발생 해소	• 조기 강도발현으로 신속한 피해 복구 가능	• 6개의 실린더를 장착하고 최대 3개의 주입공에 동시 주입이 가능하여 신속한 시공이 가능
단점		• 투수성능 확보가 어려워 원지반과 재료 분리 또는 지반침하 2차 피해 발생 위험성 잔존	• 투수성능 확보가 어려워 원지반과 재료 분리 또는 지반침하 2차 피해 발생 위험성 잔존

(2) 경제성 비교 범위 설정

그라우팅 주요 공정을 근거로 공통의 작업 외 개발기술의 차별화 되어 있는 기술 부분(03.자재투입, 04.주입재료 계량, 교반 및 펌프압입, 05.주입작업)만 비교 범위로 설정하였으며, 장비설치(유사), 천공(필요여부에 따라 상이, 동일공법) 등 차별화가 없는 부분 제외하였다.

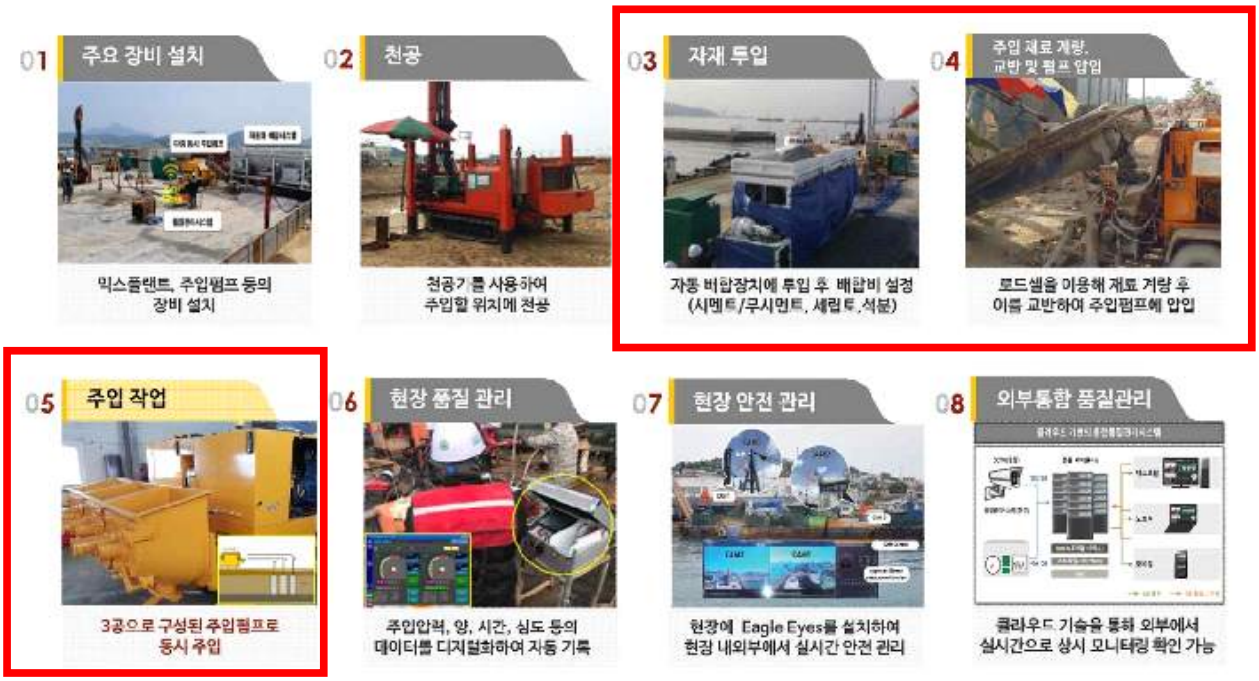


그림 3-72 충진재의 지반주입 Process

(3) 원가 비교

(가) 일위대가 산출표(단위: 원/㎥)[7]

표 3-46 경비 비교

시공기술		규격	수량	단위	재료비		노무비		경비		합계	비교
					단가	금액	단가	금액	단가	금액		
개발기술 (투수충진 그라우팅)	초급기술자		0.1333	인			160,096	21,340			21,340	1
	특별인부		0.1333	인			152,019	20,264			20,264	
	보통인부		0.2666	인			125,427	33,438			33,438	
	주입소모품		0.4	식	15,492	6,196					6,196	
	MIXER	투수충진용	0.4	일					89,678	35,871	35,871	
	PUMP		0.4	일					153,296	61,318	61,318	
	주입재료		611.0	kg	52	31,711					31,711	
	계					37,907		75,042		97,189	210,138	
비교기술-1 (일반 그라우팅)	초급기술자		0.1330	인			160,096	21,292			21,292	1.4
	보링공		0.2660	인			161,455	42,947			42,947	
	특별인부		0.2660	인			152,019	40,437			40,437	
	보통인부		0.8	인			125,427	100,090			100,090	
	주입소모품		0.4	식	15,492	6,196					6,196	
	MIXER	일반용	0.4	일					18,270	7,308	7,308	
	PUMP		0.4	일					66,697	26,678	26,678	
	주입재료		760.0	kg	75	57,000					57,000	
	계					63,196		204,766		33,986	301,948	
비교기술-2 (컴팩션 그라우팅)	중급기술자		0.0687	㎥			207,080	14,213			14,213	1.9
	초급기술자		0.1210				160,096	19,372			19,372	
	보링공		0.2420				161,455	39,072			39,072	
	특별인부		0.1210				152,019	18,394			18,394	
	보통인부		0.3630				125,427	45,530			45,530	
	기계운전원		0.1210				187,069	22,635			22,635	
	주입소모품		0.4		96,532	38,613					38,613	
	MIXER	저유동물탈형	0.4						85,250	34,100	34,100	
	PUMP		0.4						132,025	52,810	52,810	
	주입재료		685.0	kg	169.2	115,923					115,923	
	계					154,536		159,216		86,910	400,662	

7) 2014년 건설공사 표준품셈(건설교통 저널), 2020년 건설신기술 품셈(한국건설교통신기술협회)

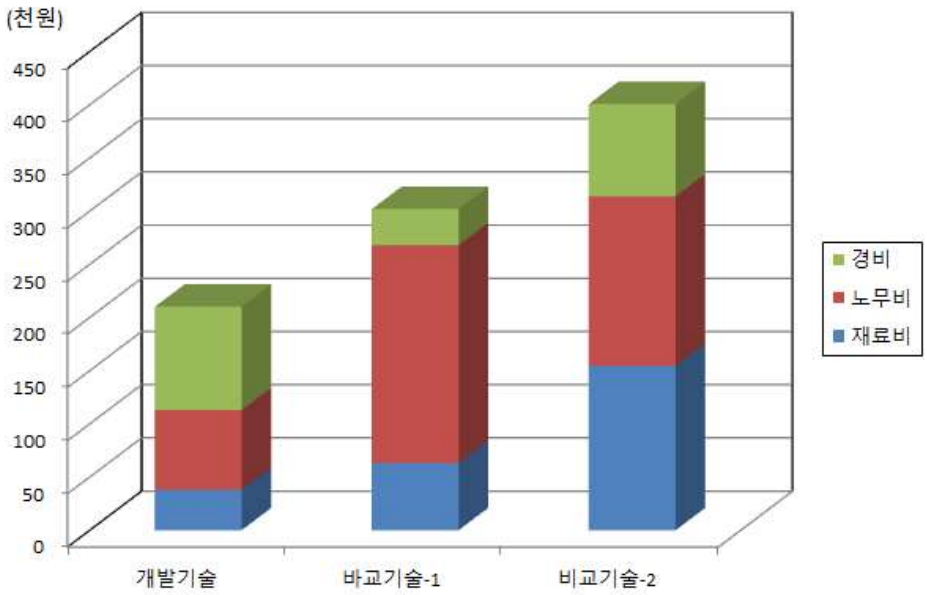


그림 3-73 기술별 경제성 비교

(나) 공사원가 비교 (단위: 원/㎥)

표 3-47 시공원가 비교

시공기술		규격	수량	단위	재료비		노무비		경비		합계	비교
					단가	금액	단가	금액	단가	금액		
개발기술 (투수충진 그라우팅)	주입장비		1	㎥	6,196	6,196	75,042	75,042	97,189	97,189	178,427	1
	주입재료		1	㎥	31,711	31,711					31,711	
	계					37,907		75,042		97,189	210,138	
비교기술-1 (일반 그라우팅)	주입장비		1	㎥	6,196	6,196	204,766	204,766	33,986	33,986	244,948	1.4
	주입재료		1	㎥	57,000	57,000					57,000	
	계					63,196		204,766		33,986	301,948	
비교기술-2 (컴팩션 그라우팅)	주입장비		1	㎥	38,613	38,613	159,216	159,216	86,910	86,910	284,739	1.9
	주입재료		1	㎥	115,923	115,923					115,923	
	계					154,536		159,216		86,910	400,662	

(4) 현장시공 공사비 비교(수량: 5m×5m×.1.2m=30㎥)

현장시험 시공은 전북 군산시 외항로 1270 일대에서 시공규모 5m X 5m X 1.2m = 30㎥로 실시하였으며, 시험시공의 공사원가 분석결과 개발기술이 비교기술1 보다 비용 30% 절감, 비교기술2 보다 48% 절감되는 것으로 검토되었다.

표 3-48 현장 공사비 비교

시공기술		규격	수량	단위	재료비		노무비		경비		합계	비교
					단가	금액	단가	금액	단가	금액		
개발기술 (투수충진 그라우팅)	주입장비		30	㎥	6,196	185,880	75,042	2,251,260	97,189	2,915,670	5,352,810	1
	주입재료		30	㎥	31,711	951,330		0		0	951,330	
	계					1,137,210		2,251,260		2,915,670	6,304,140	
비교기술-1 (일반 그라우팅)	주입장비		30	㎥	6,196	185,880	204,766	6,142,980	33,986	1,019,580	7,348,440	1.4
	주입재료		30	㎥	57,000	1,710,000		0		0	1,710,000	
	계					1,895,880		6,142,980		1,019,580	9,058,440	
비교기술-2 (컴팩션 그라우팅)	주입장비		30	㎥	38,613	1,158,390	159,216	4,776,480	86,910	2,607,300	8,542,170	1.9
	주입재료		30	㎥	115,923	3,477,690		0		0	3,477,690	
	계					4,636,080		4,776,480		2,607,300	12,019,860	

나. 효과 분석

구분	일반그라우팅	투수 충전그라우팅
개요도		
주입재료	약액, 시멘트	경량투수몰탈
장점	비개착 보강이 가능 초속경요주입재사용으로긴급복구가능	-기존 지하수의 흐름에 영향없이 친환경적 복구가 가능 -소규모장비로긴급복구가능 -지하수에 의한 주입재의 분리 및 유실없이 보강이 가능
단점	- 지하수에 의한 주입재의 분리 및 유실 우려 - 플랜트설치에따른준비기간이필요함 - 주입압에 의한 근접구조물에 유해한 영향이 있을 수 있음	-경제성 확보 필요
시공량	5m X 5m X 1.2m = 30㎥	

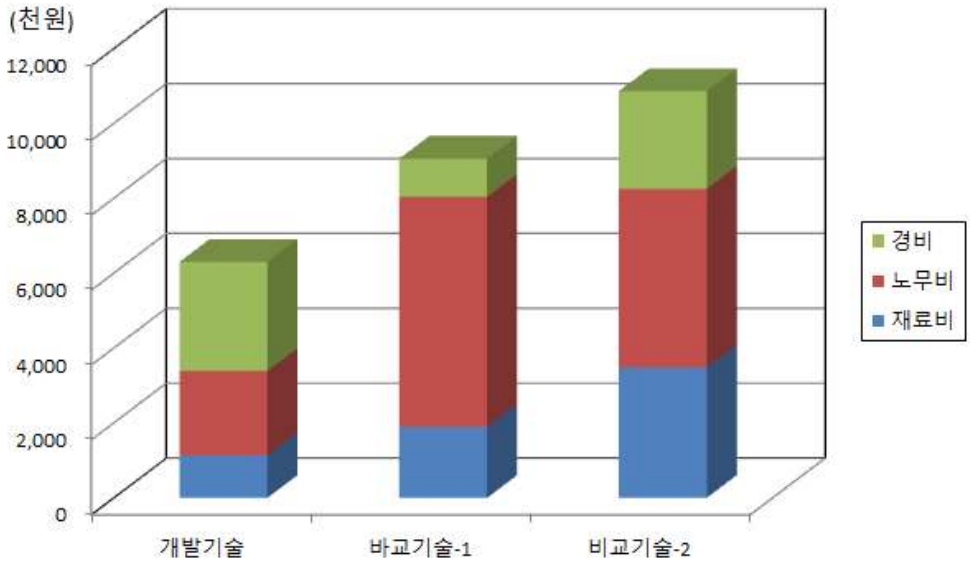


그림 3-74 공사비 비교 절감 효과

8. 충진재 생산·시공 품질관리 매뉴얼

< 목 차 >

I. 품질경영 시스템 ····· 1

1. 적용범위 ····· 1

2. 목 적 ····· 1

3. 용어의 정의 ····· 1

4. 책임과 권한 ····· 1

5. 업무절차 ····· 2

II. 투수성 경량 투수성 충진재 ····· 4

1. 목 적 ····· 4

2. 적용범위 ····· 4

3. 인용규격 및 용어 정의 ····· 4

4. 적용 방법 ····· 4

5. 기포제 관리 ····· 5

6. 충진재 제조공정 관리 ····· 6

7. 충진재 제조 ····· 13

8. 측정/평가방법 ····· 20

9. 현장 시공적용 ····· 26

10. 투수성 충진재 현장 시공 ····· 33

11. 충진재 혼합 장비 운전 절차 ····· 38

제 4 장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 목표 달성도

구 분	1차년도		2차년도		합 계		비 고
	계획	실적	계획	실적	계획	실적	
논문 투고	1	1	2	(2)	3	(3)	- 2건: 한국자원리싸이클링학회 2020. 2. 제29권 1호 게재
특허 출원	1	1	1	2	2	3	

■ 특허

1) 출원10-2018-0140924 (2018.11.15.) 싱크홀 복구용 투수성 충진재 조성물 및 그 제조방법

2) 출원10-2019-0155387 (2019.11.28.) 공동 채움용 충진재 제조방법 및 투수성 경량 충진재 시공방법

3) 출원10-2018-0155320 (2019.11.28.) 공동 채움용 충진재를 현장 타설하는 공동 복구장치

■ 투고 논문

1) “혼합물 실험계획법에 의한 경량기포 충진재 제조를 위한 산업부산물의 최적 배합 검토”, 한국건설순환자원학회 논문집, 2019.3. 제7권 제1호

2) “지반 함몰 복구용 저강도·고유동 충진재로서 기포콘크리트 연구 및 현장적용”, 한국자원리싸이클링학회, 2020.2. 제29권 제1호 (게재 확정)

3) “CSA를 사용한 친환경 현장 기포콘크리트용 지반보수제의 기초 특성 검토”, 한국자원리싸이클링학회, 2020.2. 제29권 제1호 (게재 확정)

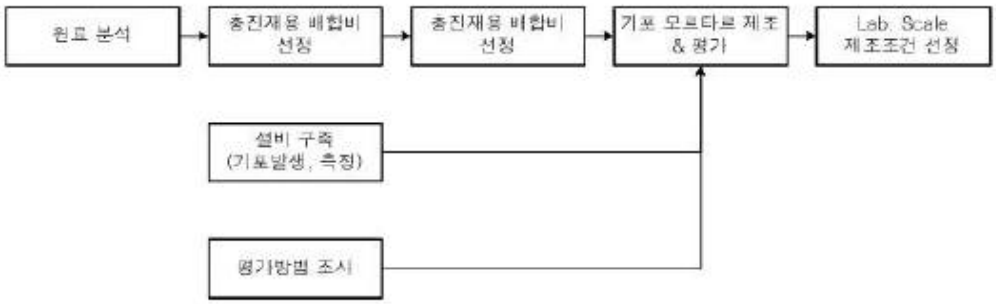
구분	핵심 성과물 (CTE)	단위 성과물	성과점검기준					달성도
			질적 성과지표	목표치	측정 방법	검증방법 (결과)	가중치	
주관	투수성이 있는 소재 개발	원료 Sourcing & 특성 평가	원료 개발 (선정)	3종이상	KS L 5405 KS L 5201	공인시험성적서 (완료)	3	100%
			환경 유해성 평가	폐기물공정시험기준 이하	폐기물공정시험법	공인시험성적서 (완료)	3	100%
			원료 가공 공정 최적화	표준 매뉴얼	문서	공정 표준화 (표준 매뉴얼 완료)	3	100%
		재료 평가 기술 확립	평가설비 구축	투수계수측정기	표준 매뉴얼	측정표준 (측정 매뉴얼)	3	100%
			재료 사용기준 설정	투수계수-재료 상관도	표준 매뉴얼	(표준 매뉴얼 완료)	5	100%
	경량기포 콘크리트용 충진재(분체) 개발	경량 기포콘크리트용 투수성 충진재(분체) 제조	최적 배합비 선정	최적 배합비	문서	표준 매뉴얼 (완료)	5	100%
			원료배합비~투수성 관계 도출	최적 배합비		표준 매뉴얼 (완료)	4	100%
			투수성 조절을 위한 분체가공기술	투수계수 10^{-4}㎝/sec 이상		표준 매뉴얼 (완료)	4	100%
		충진재의 투수성 조절 기술 개발	충진재 발포조건 최적화	기포제 선정	문서	표준 매뉴얼 (완료)	5	100%
			투수성 조절조건 선정	투수계수 10^{-4}㎝/sec 이상	KS F 2322	공인시험성적서 (완료)	5	100%
		경량기포 콘크리트 혼합용 충진재 양산공정 개발	양산공정	20톤/hr 이상	생산량 측정	시험생산, 35톤 (완료)	6	100%
			공정 표준화	공정도	문서	표준 매뉴얼 (완료)	3	100%
	경량기포 콘크리트용 충진재(분체) 개발	경량기포 콘크리트 제조조건 선정(Lab. Scale)	압축강도	1.4 MPa 이상 (28일)	KS F 4039	공인시험성적서 (완료)	5	100%
			환경유해성 평가	폐기물공정시험기준 이하	폐기물공정시험법	공인시험성적서 (완료)	4	100%
			투수계수~충진재 관계	상관관계도	문서	표준 매뉴얼 (완료)	5	100%
공동	투수성능 경량기포 콘크리트 공법 개발	투수 경량기포 콘크리트 성능	압축강도	1.4MPa 이상 (28일)	KS 기준	공인기관 (완료)	6	100%
			투수계수	1X10^{-4}㎝/sec이상		공인기관 (완료)	8	100%
			침하 깊이	10㎜이하		자체 평가(완료)	5	100%
		배합 정밀도	기존 장비 대비	편차 ±5% (디지털 유량계)	기존 장비 대비	표준메뉴얼 시방서 (완료)	8	100%
		자동화율	기존 장비 대비	주입부 자동화 (100%) 로드셀 정량주입		표준메뉴얼 시방서 (완료)	5	100%
		장비 이동성	기존 장비 대비	이동식 (탑차적재)		표준메뉴얼 시방서(완료)	5	100%
계							100	

2. 관련 분야 기여도

■ 경량재료로서 투수성을 보유한 공동 충진재 소재 개발과 시공기술을 개발함으로써, 지반함몰으로 발생된 공동을 복구하고, 복구 후 재침하가 일어나지 않으므로 재발 우려를 해소함

가. 충전용 재료 제조기술 개발

○ 적정 원료 선정 및 가공기술 개발
○ 투수성 경량 기포 콘크리트용 최적 배합비 선정
○ 충전용 재료 양산기술 개발

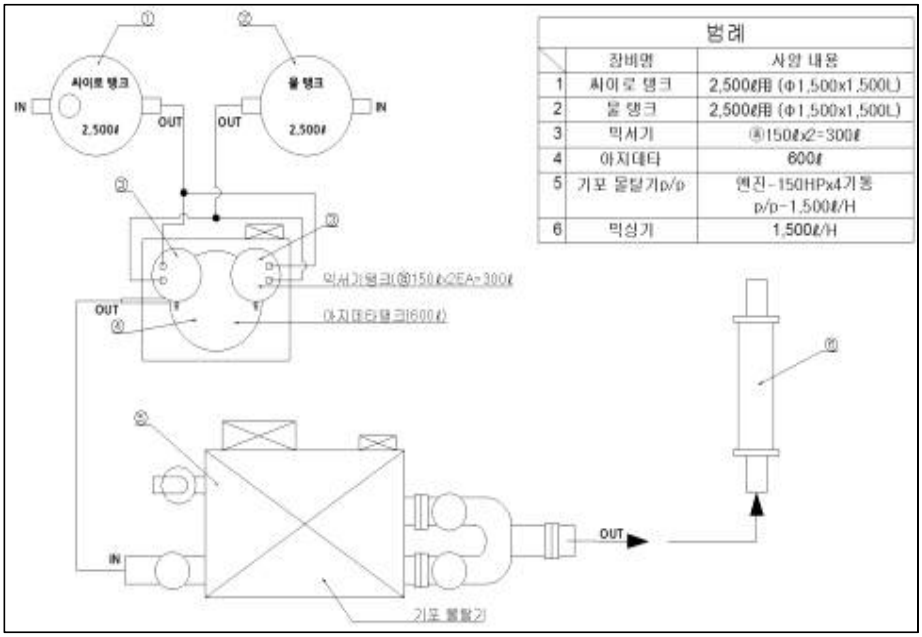


나. 투수성 경량 기포 콘크리트 제조기술 개발

○ 경량 기포 콘크리트의 투수성 조절을 위한 요소기술 개발
○ 토양과 유사한 투수성을 가지는 저강도 기포 콘크리트 제조기술 개발
○ 지반, 지하공동에 주입을 위한 유동성이 우수한 기포 콘크리트 제조 조건 선정
○ 투수성 경량 기포 콘크리트 특성 평가 기술 개발

다. 지하공동 복구 기술 개발

○ 싱크홀, 지하공동에 대한 투수성 경량 기포 콘크리트 주입 설비 개발
○ 투수성 경량 기포 콘크리트 시공기술 개발
○ 현장 시공 관리기술 개발



장비 배치 개요

3. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책

제 5 장 연구개발성과의 활용 계획

1. 사업화 계획

가. 생산 & 매출

구분		(2020년) 개발종료후 1년	(2021년) 개발종료후 2년	(2022 년) 개발종료후 3년
국내	시장점유율(%)	3% (200,000톤)	3.5% (250,000톤)	4% (300,000톤)
	판매량(단위: 톤)	6,000	9,000	12,000
	재료비 (천원)*	55	60	65
	시공비 (천원)**	180	180	180
	국내매출액(백만원)***	2,490	3,780	5,100
해외	시장점유율(%)	-	-	-
	판매량(단위:)	-	-	-
	판매단가($)	-	-	-
	해외매출액(백만$)	-	-	-
당사 생산능력 (톤)		50,000	50,000	100,000

* 충진재 재료비 : 원/톤, 단위소요량 : 0.5톤/㎥

** 시공비 : 원/㎥

*** 총 매출액 (재료비+시공비)

나. 투자계획

항목		(2020년) 개발종료후 1년	(2021년) 개발종료후 2년	(2022 년) 개발종료후 3년
매출원가 (원)		44,000	48,000	50,000
판매관리비 (원)		5,000	7,000	10,000
자본적 지출	토지	-	-	-
	건물/구축물	-	-	-
	기계장치등	-	-	80백만원
자본적지출 합계		-	-	80백만원

2. 사업화 전략

가. 사업화 추진방안

(1) 시제품 개발계획(과제 종료 전 6개월 ~ 종료 후 3개월)

- 기술개발 추진현황 및 향후 추진계획 수립 (사업화 타당성 평가)
- 청정생산 공정체제 확립을 위한 공정설계
- 주요 원부자재 조달 방안 확립

(2) 사업화 계획(과제 종료 후 3개월 ~ 종료 후 9개월)

- 사업화 추진현황 및 향후 추진계획 : 제품홍보, 판로확보 등의 사업화 추진경위 및 현황, 향후 시장 진입 및 판매확대를 위한 판매전략(시공사 공동)
- 연구결과를 토대로 얻은 기술력과 환경적 개선 효과 및 경제적 개선 효과를 토대로 실용화를 도모하고 개발결과를 관련 학회 및 제품인증을 통해 관련 산업 발전에 기여

(3) 제품 다양화

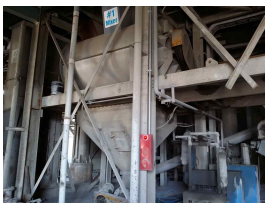
- 충진재의 특성을 다양화 시켜 용도를 확대
  - 고투수율 저강도 충진재 : 지반함몰 충진, 싱크홀(자연침하 공동), 뒷채움재
  - 고투수율 고강도 충진재 : 사면 보강용 배수층
  - 불투수 고강도 경량 충진재 : 터널 배면 충진
- 시공 편의성 증대
  - 작업성 개선 : 기포 제조, 충진재 혼합, 충진재+기포 혼합 공정 단순화

나. 생산계획

- 사업초기는 기존 공장을 중심으로 최대한 활용하여 제품 생산 및 판매
- 생산 공정도

원재료	⇒	계량	⇒	혼합	⇒	저장	⇒	출하
사일로 1~5		빈계량 정도10kg		배치식 30 ton/hr		제품사일로		계근 송장발행







다. 홍보 및 판매 계획

(1) 주요 판매처 : 국내 건설사, 재인스기초건설 영업영력을 활용한 시공 전문 회사

- 거래처 확충 : 지역별로 매출액 증대를 위해 출하능력 등 공급측면의 요소와 그 전문시공사를 잠재수요 규모 등 수요자 요소를 감안, 신규거래처 확대전략 추구(재인스기초 건설 공동 추진)
- 물류 및 시공의 효율성 확보 : 제품 및 시공 특성상 원가구성 중 비중이 큰 물류비 및 현장 작업 시간 절감을 통한 적시 공급이 가능한 경제적인 시스템 확보를 통한 경쟁력 증대.

(2) 자원 재활용 제품 우선구매 적극 활용

- 환경마크제도(환경부/친환경 제품인증 : 환경산업기술원)
  제품의 환경정보를 소비자에게 제공하고, 기업으로 하여금 친환경 제품을 생 산 및 시공 하도록 유도하는 제도, 건설자재류는 전체 인증대상의 약 25% 정 도를 차지하고 있음.
- GR(Good Recycled)인증제도 (지식경제부/기술표준원)
  국내에서 개발 생산된 재활용 제품의 품질 환경 친화성을 정부가 인증함으로써, 재활용 제품의 품질을 향상시켜 소비자의 불신을 해소하고 수요기반을 확충하기 위해 시행
- 조달청 주관 우수제품 인증 획득을 통한 소비자 이미지 제고

(3) 제품의 확장성

- 개발제품의 자원재활용을 통한 친환경적인 제품 이미지 강화
- 땅꺼짐 보수보강 뿐만 아닌 폐광산 동공지역에 대한 대량 수요처 지속 개발
- 전문시공사(재인스기초건설)를 중심으로 판매망 확충을 통한 제품 및 공법 지속개발로 사업영역 확대

(4) 매출증대 계획

- 제품의 다변화
  - ■신규 제품의 개발로 고객층의 다변화 모색
  - ■순환자원 재활용 전문 업체로서의 위상 확보를 통한 연계제품 개발 총력
  - ■해안 방파제 축조공사 시 기포채움층(판넬 및 현장시공) 적용 추진
- 경쟁력 강화
  - ■동일 제품의 QCD 경쟁력 확보를 통하여 국내 영업기반 확보(시공사 공동)
  - ■제품개발을 통한 기존 및 신규 거래처 확보

제 6 장 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

제 7 장 연구개발성과의 보안등급

보 안 등 급	보안	일반
분류		v

제 8 장 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

구 입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록 번호

제 9 장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

기술적 위험 요소	◦ 원료 특성측정 및 가공(입도분리, 분쇄)시 분진 발생
안전 관리 대책	◦ 원료 취급시 분진 흡입 후드 가동 (기 설치되어 있음) ◦ 작업자의 안전장구 착용 - 분진 마스크, 보안경

제 10 장 연구개발과제의 대표적 연구 실적

번호	구분(논문/특허/기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/특허 등록국가	영향력 지수	논문 게재일/특허 등록일	사사 여부(단독사사 또는 중복 사사)	특기 사항(SCI 여부/인용횟수 등)
1	논문	혼합물 실험계획법에 의한 경량기포 충진재 제조를 위한 산업부산물의 최적 배합 검토	㈜에이지		한국건설순환자원학회 논문집		2019년 3월 제7권 제1호	단독	
2	논문	지반 함몰 복구용 저강도 고유동 충진재로서 기포콘크리트 연구 및 현장적용	재인스기초건설(주)		한국자원리사이클링학회		(2020년 2월 제29권 1호)	단독	
3	논문	CSA를 사용한 친환경 현장 기포콘크리트용 지반보수제의 기초특성 검토	㈜에이지		한국자원리사이클링학회		(2020년 2월 제29권 1호)	단독	
4	특허	싱크홀 복구용 투수성 충진재 조성물 및 그 제조방법	㈜에이지 재인스기초건설(주)		대한민국(출원)		특허 출원 10-2018-0140924 (2018.11.15.)	단독	
5	특허	공동 채움용 충진재를 현장 타설하는 공동 복구장치	재인스기초건설(주)		대한민국		특허 출원 10-2019-0155320 (2019.11.28.)	단독	
6	특허	공동 채움용 충진재 제조방법 및 투수성 경량 충진재 시공방법	㈜에이지		대한민국		특허 출원 10-2019-0155387	단독	

제 11 장 기타 사항

제 12 장 참고 문헌

1. 고사리지역 지반보강공사 실시설계 보고서 (1999), 석탄사업합리화사업단
2. 문곡~무릉 도로확장 및 포장공사 자연동굴 정밀탐사 및 보강설계 (2005), 건설교통부, 원주지방국토관리청
3. 강철, 바텀애시 및 폐콘크리트 미분말을 이용한 오토클레이브 경량기포콘크리트의 개발, 공주대학교, 건축학과
4. Development of Filler for Underground Cavities “SMART GROUT” Using Granulated Blast Furnace Slga, JFE技報, No.31, (2013.1.) p.57-61
5. 박인준, 박승희, 싱크홀 원인분석 및 대처방안, 한국방재학회지, 2014.9.10
6. BRAJA M.DAS(저), 이형수, 이병수(공역), 토질공학특론, 구미서관
7. Chung, J.Y. (2011). Properties of Foamed Concrete according to Using Methods and Types of Foaming Agent, Ph.D Thesis, Kongju University [in Korea]
8. Kim, J.M. Choi, H.G. Park, S.G. (2009). An Experimental Study on the Pore Structure and Thermal Properties of Lightweight Foamed Concrete by Foaming Agent Type, J. of the Korea Institute of Building Construction. Vol.9 No.4, 63-73 [in Korea]
9. Lee, S.A. (2009). Optimized Mixing Design of Lightweight Aerated Concrete by Response Surface Analysis, J.Korea Concrete Institute, Vol.21, No.6, 745-752
10. Oh, B.H., Chung. W.K. Cha, S.W. Jang, B.S. (1996). An Experimental Study on the Permeability Measurement and Development of Ultra Low Perneable Concrete, J. of the Korea Concrete Institute, Vol.8 No.5 189-200 [in Korea]
11. Park, I.J. (2015). “The present situation and countermeasures of the Sink hole”, J. Disaster Prevention, Vo.17 No.2, 64-72 [in Korea]
12. Shin, S.C.. The Porosity and Permeability Properties of Low Density Foamed Concrete, 대한건축학회지회연합회 학술발표대회논문집, v.2010 n.1, 459-462
13. Lee, S.A. (2009). Optimized Mixing Design of Lightweight Aerated Concrete by Response Surface Analysis, J.Korea Concrete Institute, Vol.21, No.6, 745-752
14. 건설교통부(1997) 경량기포콘크리트 재료개발연구.
15. 고속도로공사 전문시방서 토목편(2012), 한국도로공사
16. 고속철도공사 전문시방서 노반편(2012), 한국철도시설관리공단
17. 도로설계기준(2012), 국토교통부
18. 철도설계기준 노반편(2013), 국토교통부
19. 김창용, 정재형, 최창호, 유완규, “지반함몰(싱크홀) 발생원인과 기술 및 정책적 대응방향”,

건설기술/쌍용

20. 한국건설기술연구원(2015) 시나리오 기반 인명구호용 수평굴착 및 안정화 기술 개발, 도심지 지하붕괴 매몰지역 인명탐지 및 긴급구호 기술개발(1)

21. 김주철, 이종규(2002) 준설토를 이용한 경량기포혼합토의 역학적 특성 연구, 한국지반공학회논문집, 한국지반공학회, 제18권, 제4호, pp. 309-317.

22. 송준호, 임종철, 홍석우(2008) 원료토의 특성에 따른 경량기포혼합토의 압축강도 영향인자 분석, 한국지반공학회논문집, 한국지반공학회, 제24권, 제11호, pp. 1-10.

23. 윤길림, 김병탁(2004) 경량기포혼합토의 압축 및 강토특성 연구, 한국지반공학회논문집, 한국지반공학회, 제20권, 제4호, pp. 5-13.

24. 윤길림, 유승경(2004) 현장발생토를 활용한 경량기포혼합토의 강도 및 변형특성, 한국지반공학회논문집, 한국지반공학회, 제20 권, 제9호, pp. 125-131.

25. 여규권, 이용재, 김연, 윤길림, 한상현(2018), 연약지반에 시공된 도로용 경량성토제의 재료 및 거동특성, 한국지반신소재학회논문집, 제 17권 2호 2018년 6월 pp 41～49

26. Muni Budhu (1999) Soil Mechanics and Foundations. John Wiley& Sons.

부 록

< 부 록 목 차 >

1. 공인 시험성적서 ····· 169

- 충진재 (중금속 용출)
- 충진재용 원료 (중금속 용출)
- 투수성 충전재 Lab. Test (압축강도, 투수계수)
- 투수성 충전재 Test Bed (압축강도, 투수계수)
- 투수성 충전재 현장실험 (압축강도, 투수계수)

2.. 출원 특허 ····· 250

- 싱크홀 복구용 투수성 충진재 조성물 및 그 제조방법 (출원 10-2018-0140924)
- 공동 채움용 충전재를 현장 타설하는 공동 복구장치 (출원 10-2019-0155320)
- 공동 채움용 충전재 제조방법 및 투수성 경량 충전재 시공방법 (출원 10-2019-0155387)

3.. 투고 논문 ····· 313

- 혼합물 실험계획법에 의한 경량기포 충전제 제조를 위한 산업부산물의 최적 배합비 검토 (한국건설순환자원학회 논문집, 2019. 03)
- CSA를 사용한 친환경 현장 기포 콘크리트용 지반보수제의 기초 특성 검토 (한국자원리싸이클링학회 학회지)
- 지반 함몰 복구용 저강도 고유동 충전재로서 기포 콘크리트 연구 및 현장 적용 (한국자원리싸이클링학회 학회지)

3.. 품질관리 매뉴얼 ····· 343

- 지하 공동 채움용 충전재 제조 품질관리 매뉴얼
- 디지털 유량례 매뉴얼
- 토목용 프리믹스 충진재 혼합 자동화 장비 매뉴얼
- 토목용 프리믹스 충진재 혼합 자동화 장비 이동성

■ 공인시험성적서

- 충진재 (중금속 용출)

the way to trust KCL

5439-9278-4733-4425

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT18-123486
2. 의 뢰 자
   ○ 업 체 명 : (주)에이지
   ○ 주 소 : 충청남도 보령시 주포면 관산공단길 26
3. 시험기간 : 2018년 11월 21일 ~ 2018년 12월 06일
4. 시험성적서의 용도 : 참고용
5. 시 료 명 : 충진재
6. 시험방법
   (1) 폐기물공정시험기준(국립환경과학원고시 제2017-54호, 2017.12.12)
7. 시험결과

1) 충진재

시험항목	단위	시험방법	시험결과	비 고
기름성분-ES 06302.1a	%	(1)	불검출 (정량한계 0.1)	-
납-ES 06402.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.04)	-
카드뮴-ES 06405.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.004)	-
구리-ES 06401.2	mg/L	(1)	0.012	-
비소-ES 06403.2a	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.050)	-
6가크롬-ES 06407.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.007)	-
수은-ES 06404.1a	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.0005)	-
시안화합물-ES 06351.1	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.01)	-

---- 이 하 여 백 ----

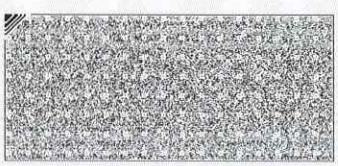
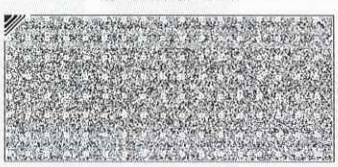
확인	작성자 성 명	이제웅	기술책임자 성 명	정규진

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서의 진위여부는 홈페이지(www.kcl.re.kr)에서 확인 가능합니다.

2018년 12월 06일

한국건설생활환경시험연구원장

가산시험연구동 : 08503 서울특별시 금천구 가산디지털1로 199 (가산동) 02-2102-2500
결과문의 : 환경분석센터 ☎ (02)2102-2743


the way to trust KCL

6521-8695-1220-9840

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT19-112610K
2. 의 뢰 자
   ○ 업 체 명 : (주)에이지
   ○ 주 소 : 충청남도 보령시 주포면 관산공단길 26
3. 시험기간 : 2019년 10월 11일 ~ 2019년 11월 13일
4. 시험성적서의 용도 : 참고용
5. 시 료 명 : 충전재 (공동 채움재)
6. 시험방법
   (1) 폐기물공정시험기준(국립환경과학원고시 제2017-54호, 2017.12.12)

확인	작성자 성 명	이제웅	기술책임자 성 명	원성민

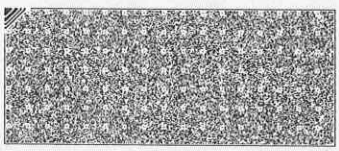
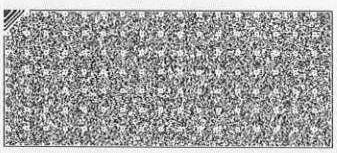
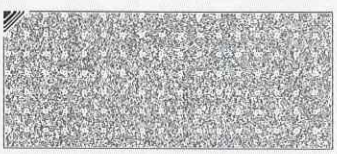
비고 :
1. 이 성적서는 KS Q ISO/IEC 17025 및 KOLAS 인정과 관련이 있으며, 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서의 일부만을 발췌하여 사용한 결과는 보증할 수 없습니다.
4. 이 성적서의 진위여부는 홈페이지(www.kcl.re.kr)에서 확인 가능합니다.

2019년 11월 13일

한국건설생활환경시험연구원장

결과문의 : 08503 서울특별시 금천구 가산디지털1로 199 (가산동) ☎ (02)2102-2743

양식TQP-12-01-03(1)

시험성적서

성적서번호 : CT19-112610K

7. 시험결과

1) 충전재 (공동 채움재)

시험항목	단위	시험방법	시험결과	비 고	시험장소
기름성분-ES 06302.1a	%	(1)	불검출 (정량한계 0.1)	-	A
납-ES 06402.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.04)		
카드뮴-ES 06405.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.004)		
구리-ES 06401.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.006)		
비소-ES 06403.2a	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.050)		
6가크롬-ES 06407.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.007)		
수은-ES 06404.1a	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.0005)		
시안화합물-ES 06351.1	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.01)		

※ 시험장소

A : 서울특별시 금천구 가산디지털1로 199 (가산동)

----- 끝 -----

■ 공인시험성적서

- 충진재 원료 (중금속 용출)

the way to trust KCL

7905-6849-2325-5308

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT19-112611K
2. 의 뢰 자
   ○ 업 체 명 : (주)에이지
   ○ 주 소 : 충청남도 보령시 주포면 관산공단길 26
3. 시험기간 : 2019년 10월 11일 ~ 2019년 11월 13일
4. 시험성적서의 용도 : 참고용
5. 시 료 명 : 플라이애시 (보령) [51-13-03]
6. 시험방법
   (1) 폐기물공정시험기준(국립환경과학원고시 제2017-54호, 2017.12.12)

확인	작성자 성 명	이제웅	기술책임자 성 명	원성민

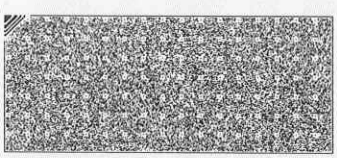
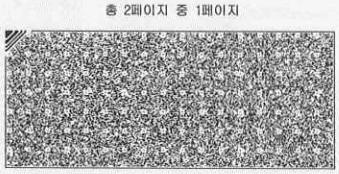
비고 :
1. 이 성적서는 KS Q ISO/IEC 17025 및 KOLAS 인정과 관련이 있으며, 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서의 일부만을 발췌하여 사용한 결과는 보증할 수 없습니다.
4. 이 성적서의 진위여부는 홈페이지(www.kcl.re.kr)에서 확인 가능합니다.

2019년 11월 13일

한국건설생활환경시험연구원장

결과문의 : 08503 서울특별시 금천구 가산디지털1로 199 (가산동) ☎ (02)2102-2743

양식TQP-12-01-03(1)


시험성적서

성적서번호 : CT19-112611K

7. 시험결과

1) 플라이애시 (보령) [51-13-03]

시험항목	단위	시험방법	시험결과	비 고	시험장소
기름성분-ES 06302.1a	%	(1)	불검출 (정량한계 0.1)	-	A
납-ES 06402.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.04)		
카드뮴-ES 06405.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.004)		
구리-ES 06401.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.006)		
비소-ES 06403.2a	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.050)		
6가크롬-ES 06407.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.007)		
수은-ES 06404.1a	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.0005)		
시안화합물-ES 06351.1	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.01)		

※ 시험장소

A : 서울특별시 금천구 가산디지털1로 199 (가산동)

----- 끝 -----

복사본 Copy

the way to trust KCL

7046-6117-1554-9186

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT19-112616K
2. 의 뢰 자
   ○ 업 체 명 : (주)에이지
   ○ 주　　소 : 충청남도 보령시 주포면 관산공단길 26
3. 시험기간 : 2019년 10월 11일 ~ 2019년 11월 13일
4. 시험성적서의 용도 : 참고용
5. 시 료 명 : 플라이애시 (유동층-한화)
6. 시험방법
   (1) 폐기물공정시험기준(국립환경과학원고시 제2017-54호, 2017.12.12)

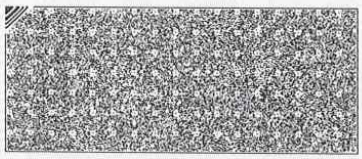
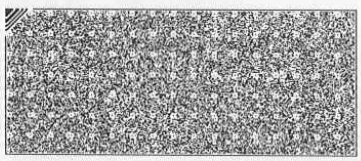
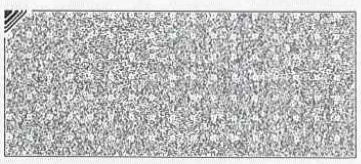
확인	작성자 성 명	이제웅	기술책임자 성 명	원성민

비고 :
1. 이 성적서는 KS Q ISO/IEC 17025 및 KOLAS 인정과 관련이 있으며, 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서의 일부만을 발췌하여 사용한 결과는 보증할 수 없습니다.
4. 이 성적서의 진위여부는 홈페이지(www.kcl.re.kr)에서 확인 가능합니다.

2019년 11월 13일

한국건설생활환경시험연구원장

결과문의 : 08503 서울특별시 금천구 가산디지털1로 199 (가산동) ☎ (02)2102-2743

시험성적서

성적서번호 : CT19-112616K

7. 시험결과

1) 플라이애시 (유동층-한화)

시험항목	단위	시험방법	시험결과	비 고	시험장소
기름성분-ES 06302.1a	%	(1)	불검출 (정량한계 0.1)	-	A
납-ES 06402.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.04)		
카드뮴-ES 06405.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.004)		
구리-ES 06401.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.006)		
비소-ES 06403.2a	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.050)		
6가크롬-ES 06407.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.007)		
수은-ES 06404.1a	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.0005)		
시안화합물-ES 06351.1	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.01)		

※ 시험장소

A : 서울특별시 금천구 가산디지털1로 199 (가산동)

----- 끝 -----

복사본 COPY

the way to trust KCL

9957-4153-3604-2211

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT19-112612K
2. 의 뢰 자
   ○ 업 체 명 : (주)에이지
   ○ 주 소 : 충청남도 보령시 주포면 관산공단길 26
3. 시험기간 : 2019년 10월 11일 ~ 2019년 11월 13일
4. 시험성적서의 용도 : 참고용
5. 시 료 명 : 고로 슬래그 [51-04-01]
6. 시험방법
   (1) 폐기물공정시험기준(국립환경과학원고시 제2017-54호, 2017.12.12)

확인	작성자 성 명	이제웅	기술책임자 성 명	원성민

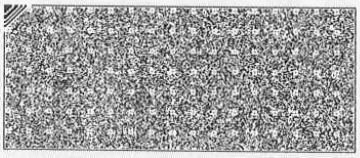
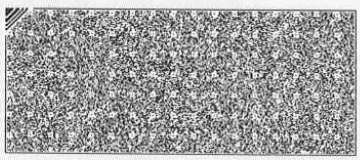
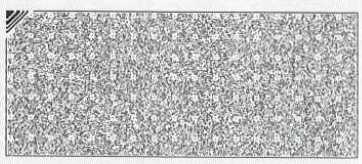
비고 :
1. 이 성적서는 KS Q ISO/IEC 17025 및 KOLAS 인정과 관련이 있으며, 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서의 일부만을 발췌하여 사용한 결과는 보증할 수 없습니다.
4. 이 성적서의 진위여부는 홈페이지(www.kcl.re.kr)에서 확인 가능합니다.

2019년 11월 13일

한국건설생활환경시험연구원장

결과문의 : 08503 서울특별시 금천구 가산디지털1로 199 (가산동) ☎ (02)2102-2743

양식TQP-12-01-03(1)

시험성적서

성적서번호 : CT19-112612K

7. 시험결과

1) 고로 슬래그 [51-04-01]

시험항목	단위	시험방법	시험결과	비 고	시험장소
기름성분-ES 06302.1a	%	(1)	불검출 (정량한계 0.1)	-	A
납-ES 06402.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.04)		
카드뮴-ES 06405.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.004)		
구리-ES 06401.2	mg/L	(1)	0.006		
비소-ES 06403.2a	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.050)		
6가크롬-ES 06407.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.007)		
수은-ES 06404.1a	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.0005)		
시안화합물-ES 06351.1	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.01)		

※ 시험장소

A : 서울특별시 금천구 가산디지털1로 199 (가산동)

----- 끝 -----

복사본 COPY

the way to trust KCL

9759-3247-3566-5210

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT19-112613K
2. 의 뢰 자
   ○ 업 체 명 : (주)에이지
   ○ 주　　소 : 충청남도 보령시 주포면 관산공단길 26
3. 시험기간 : 2019년 10월 11일 ~ 2019년 11월 13일
4. 시험성적서의 용도 : 참고용
5. 시 료 명 : 탈황석고
6. 시험방법
   (1) 폐기물공정시험기준(국립환경과학원고시 제2017-54호, 2017.12.12)

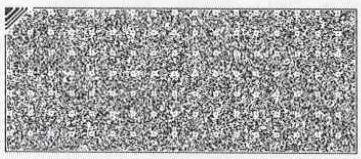
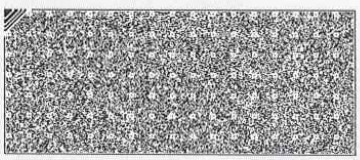
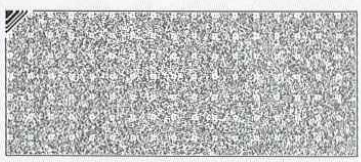
확인	작성자 성 명	이제웅	기술책임자 성 명	원성민

비고 :
1. 이 성적서는 KS Q ISO/IEC 17025 및 KOLAS 인정과 관련이 있으며, 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서의 일부만을 발췌하여 사용한 결과는 보증할 수 없습니다.
4. 이 성적서의 진위여부는 홈페이지(www.kcl.re.kr)에서 확인 가능합니다.

2019년 11월 13일

한국건설생활환경시험연구원장

결과문의 : 08503 서울특별시 금천구 가산디지털1로 199 (가산동) ☎ (02)2102-2743

시험성적서

성적서번호 : CT19-112613K

7. 시험결과

1) 탈황석고

시험항목	단위	시험방법	시험결과	비 고	시험장소
기름성분-ES 06302.1a	%	(1)	불검출 (정량한계 0.1)	-	A
납-ES 06402.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.04)		
카드뮴-ES 06405.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.004)		
구리-ES 06401.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.006)		
비소-ES 06403.2a	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.050)		
6가크롬-ES 06407.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.007)		
수은-ES 06404.1a	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.0005)		
시안화합물-ES 06351.1	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.01)		

※ 시험장소

A : 서울특별시 금천구 가산디지털1로 199 (가산동)

----- 끝 -----

복사본 COPY

the way to trust KCL

3416-5970-9320-5613

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT19-112614K
2. 의 뢰 자
   ○ 업 체 명 : (주)에이지
   ○ 주 소 : 충청남도 보령시 주포면 관산공단길 26
3. 시험기간 : 2019년 10월 11일 ~ 2019년 11월 13일
4. 시험성적서의 용도 : 참고용
5. 시 료 명 : 소각재 (유동층 - GS)
6. 시험방법
   (1) 폐기물공정시험기준(국립환경과학원고시 제2017-54호, 2017.12.12)

확인	작성자 성 명	이제웅	기술책임자 성 명	원성민

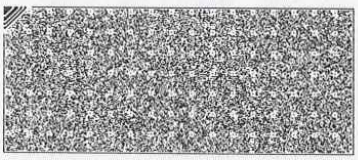
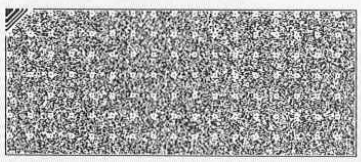
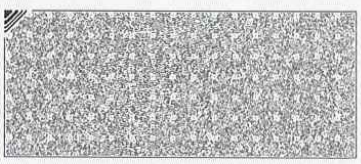
비고 :
1. 이 성적서는 KS Q ISO/IEC 17025 및 KOLAS 인정과 관련이 있으며, 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서의 일부만을 발췌하여 사용한 결과는 보증할 수 없습니다.
4. 이 성적서의 진위여부는 홈페이지(www.kcl.re.kr)에서 확인 가능합니다.

2019년 11월 13일

한국건설생활환경시험연구원장

결과문의 : 08503 서울특별시 금천구 가산디지털1로 199 (가산동) ☎ (02)2102-2743

양식TQP-12-01-03(1)

시험성적서

성적서번호 : CT19-112614K

7. 시험결과

1) 소각재 (유동층 - GS)

시험항목	단위	시험방법	시험결과	비 고	시험장소
기름성분-ES 06302.1a	%	(1)	불검출 (정량한계 0.1)	-	A
납-ES 06402.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.04)		
카드뮴-ES 06405.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.004)		
구리-ES 06401.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.006)		
비소-ES 06403.2a	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.050)		
6가크롬-ES 06407.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.007)		
수은-ES 06404.1a	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.0005)		
시안화합물-ES 06351.1	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.01)		

※ 시험장소

A : 서울특별시 금천구 가산디지털1로 199 (가산동)

----- 끝 -----

복사본 COPY

the way to trust KCL

4386-8951-9671-8452

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT18-123482
2. 의 뢰 자
   ○ 업 체 명 : (주)에이지
   ○ 주 소 : 충청남도 보령시 주포면 관산공단길 26
3. 시험기간 : 2018년 11월 21일 ~ 2018년 12월 06일
4. 시험성적서의 용도 : 참고용
5. 시 료 명 : FA(플라이애시)
6. 시험방법
   (1) 폐기물공정시험기준(국립환경과학원고시 제2017-54호, 2017.12.12)
7. 시험결과

1) FA(플라이애시)

시험항목	단위	시험방법	시험결과	비 고
기름성분-ES 06302.1a	%	(1)	불검출 (정량한계 0.1)	-
납-ES 06402.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.04)	-
카드뮴-ES 06405.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.004)	-
구리-ES 06401.2	mg/L	(1)	0.216	-
비소-ES 06403.2a	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.050)	-
6가크롬-ES 06407.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.007)	-
수은-ES 06404.1a	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.0005)	-
시안화합물-ES 06351.1	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.01)	-

---- 이 하 여 백 ----

확인	작성자 성 명	이제웅	기술책임자 성 명	정규진

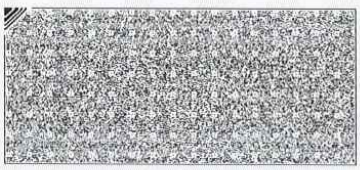
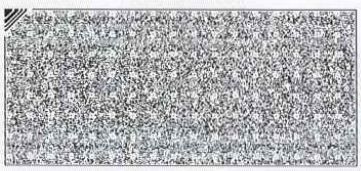
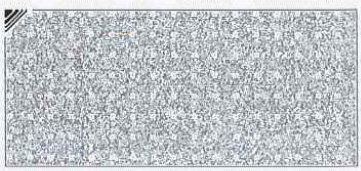
비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서의 진위여부는 홈페이지(www.kcl.re.kr)에서 확인 가능합니다.

2018년 12월 06일

한국건설생활환경시험연구원장

가산시험연구동 : 08503 서울특별시 금천구 가산디지털1로 199 (가산동) 02-2102-2500
결과문의 : 환경분석센터 ☎ (02)2102-2743

양식QP-20-01-05(6)

the way to trust KCL

5493-5152-1731-9067

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT18-123483
2. 의 뢰 자
   ○ 업 체 명 : (주)에이지
   ○ 주 소 : 충청남도 보령시 주포면 관산공단길 26
3. 시험기간 : 2018년 11월 21일 ~ 2018년 12월 06일
4. 시험성적서의 용도 : 참고용
5. 시 료 명 : HF(유동층 플라이애시)
6. 시험방법
   (1) 폐기물공정시험기준(국립환경과학원고시 제2017-54호, 2017.12.12)
7. 시험결과

1) HF(유동층 플라이애시)

시험항목	단위	시험방법	시험결과	비 고
기름성분-ES 06302.1a	%	(1)	불검출 (정량한계 0.1)	-
납-ES 06402.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.04)	-
카드뮴-ES 06405.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.004)	-
구리-ES 06401.2	mg/L	(1)	0.017	-
비소-ES 06403.2a	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.050)	-
6가크롬-ES 06407.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.007)	-
수은-ES 06404.1a	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.0005)	-
시안화합물-ES 06351.1	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.01)	-

---- 이 하 여 백 ----

확인	작성자 성 명	이제웅	기술책임자 성 명	정규진

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서의 진위여부는 홈페이지(www.kcl.re.kr)에서 확인 가능합니다.

2018년 12월 06일

한국건설생활환경시험연구원장

가산시험연구동 : 08503 서울특별시 금천구 가산디지털1로 199 (가산동) 02-2102-2500
결과문의 : 환경분석센터 ☎ (02)2102-2743

양식QP-20-01-05(6)

the way to trust KCL

6392-1103-8268-9088

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT18-123484
2. 의 뢰 자
   ○ 업 체 명 : (주)에이지
   ○ 주 소 : 충청남도 보령시 주포면 관산공단길 26
3. 시험기간 : 2018년 11월 21일 ~ 2018년 12월 06일
4. 시험성적서의 용도 : 참고용
5. 시 료 명 : TS(탈황석고)
6. 시험방법
   (1) 폐기물공정시험기준(국립환경과학원고시 제2017-54호, 2017.12.12)
7. 시험결과

1) TS(탈황석고)

시험항목	단위	시험방법	시험결과	비 고
기름성분-ES 06302.1a	%	(1)	불검출 (정량한계 0.1)	-
납-ES 06402.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.04)	-
카드뮴-ES 06405.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.004)	-
구리-ES 06401.2	mg/L	(1)	0.026	-
비소-ES 06403.2a	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.050)	-
6가크롬-ES 06407.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.007)	-
수은-ES 06404.1a	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.0005)	-
시안화합물-ES 06351.1	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.01)	-

---- 이 하 여 백 ----

확인	작성자 성 명	이제웅	기술책임자 성 명	정규진

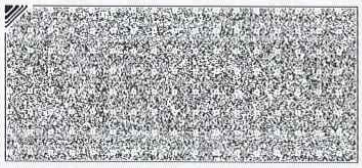
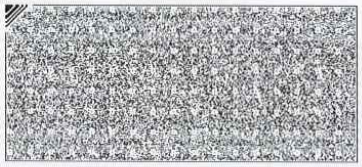
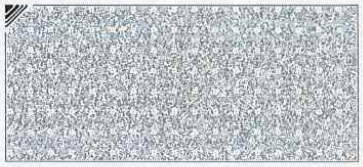
비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서의 진위여부는 홈페이지(www.kcl.re.kr)에서 확인 가능합니다.

2018년 12월 06일

한국건설생활환경시험연구원장

가산시험연구동 : 08503 서울특별시 금천구 가산디지털1로 199 (가산동) 02-2102-2500
결과문의 : 환경분석센터 ☎ (02)2102-2743

양식QP-20-01-05(6)

the way to trust KCL

3282-3510-8626-7191

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT18-123485
2. 의 뢰 자
   ○ 업 체 명 : (주)에이지
   ○ 주 소 : 충청남도 보령시 주포면 관산공단길 26
3. 시험기간 : 2018년 11월 21일 ~ 2018년 12월 06일
4. 시험성적서의 용도 : 참고용
5. 시 료 명 : SP(고로슬래그분말)
6. 시험방법
   (1) 폐기물공정시험기준(국립환경과학원고시 제2017-54호, 2017.12.12)
7. 시험결과

1) SP(고로슬래그분말)

시험항목	단위	시험방법	시험결과	비 고
기름성분-ES 06302.1a	%	(1)	불검출 (정량한계 0.1)	-
납-ES 06402.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.04)	-
카드뮴-ES 06405.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.004)	-
구리-ES 06401.2	mg/L	(1)	0.028	-
비소-ES 06403.2a	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.050)	-
6가크롬-ES 06407.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.007)	-
수은-ES 06404.1a	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.0005)	-
시안화합물-ES 06351.1	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.01)	-

---- 이 하 여 백 ----

확인	작성자 성 명	이제웅	기술책임자 성 명	정규진

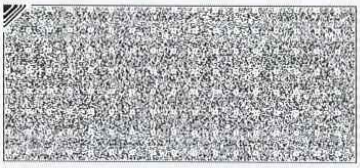
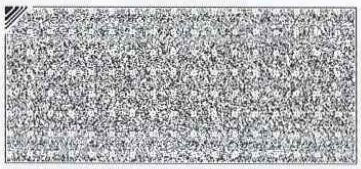
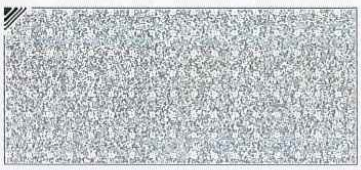
비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서의 진위여부는 홈페이지(www.kcl.re.kr)에서 확인 가능합니다.

2018년 12월 06일

한국건설생활환경시험연구원장

가산시험연구동 : 08503 서울특별시 금천구 가산디지털1로 199 (가산동) 02-2102-2500
결과문의 : 환경분석센터 ☎ (02)2102-2743

양식QP-20-01-05(6)

■ 공인시험성적서

- 투수성 충진재 (Lab. Test) (압축강도, 투수시험)

건설기술용역업자(경남-3-5호) http://건설재료시험.com

품 질 검 사 성 적 서

시료명(생산국)	RES-PLF R1(투수성 충진재) (W/C=50%, 기포 140%)(한국)	접 수 번 호	1031-14
시료채취장소	㈜에이지	접 수 일 자	2019년 10월 31일
성과이용목적	개발제품 성능평가용	채 취 일	2019년 10월 30일
공 사 명	10×10^{-4}이상의 투수성능을 보유한 토목용 프리믹스 충진재 개발	채 취 자	㈜에이지 연구개발 박근배
발 주 자	-	입 회 자	-
시 공 자	-	의뢰인 주 소	충남 보령시 주포면 관산공단길 26
의 뢰 인	박근배		
국가중요시설여부	해당사항없음	생 산 자	-

귀하가 품질시험·검사 의뢰한 위 시료에 대해서 아래 시험방법에 따라 시험·검사한 결과를 「건설기술 진흥법 시행규칙」 제56조 제3항에 따라 다음과 같이 알려드립니다.

결 과

연번	시험 · 검사 종 목		시험 · 검사 방 법	시험 · 검사 결 과		책 임 기 술 자			시험 · 검사자	
						자격종목 및 자격증번호	성 명	서 명	성 명	서 명
1	압축강도 (재령7일)		KS F 2328	1-1	1.17 MPa	건설재료 시험기사 87202170165	이성국		박기관	
				1-2	1.18 MPa					
				1-3	1.25 MPa					
2	압축강도 (재령28일)		KS F 2328	2-1	1.40 MPa					
				2-2	1.41 MPa					
3	습윤 단위 중량	S1-1	KS F 2593	3-1	6.86 kN/㎥					
		S1-2		3-2	6.21 kN/㎥					
		S1-3		3-3	6.27 kN/㎥					
		S2-1		3-4	6.86 kN/㎥					
		S2-2		3-5	6.32 kN/㎥					
4	투수계수		KS F 2322	4.43×10^{-3} cm/sec						

이 시험·검사결과는 당초 의뢰시 제출된 시료에 대한 결과이므로 다른 목적으로 이용을 금지합니다.

비고 1. 압축강도(재령7일) 시험일자 : 2019년 11월 06일
2. 압축강도(재령28일) 시험일자 : 2019년 11월 27일

2019년 12월 31일

한국건설재료시험연구소 대표 이성국 (인)

우)50875, 경남 김해시 진례면 고모로 324번안길 83-35
Tel) 055-324-8883, Fax) 055-325-8883, http://건설재료시험.com

비고 1. 국가중요시설 여부는 "국가중요시설(시설명)"로 적습니다.
2. 국가중요시설이란 대통령관저, 국회의사당 대법원, 국가정보원, 중앙행정기관의 청사, 원자력발전소, 발전용량 100만kW 이상 발전소, 전국권으로 방송되는 공영 라디오.TV방송국, 라디오방송 송신출력 500만kW 이상의 송신시설, 군사시설, 공항 및 댐 등을 말합니다.

※유의사항 : 책임기술자 및 시험검사자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

1쪽/1쪽중

품 질 검 사 성 적 서

시료명(생산국)	RES-PLF R3(투수성 충진재) (W/C=55%, 기포 140%)(한국)	접 수 번 호	1031-15
시료채취장소	㈜에이지	접 수 일 자	2019년 10월 31일
성과이용목적	개발제품 성능평가용	채 취 일	2019년 10월 30일
공 사 명	10×10^{-4}이상의 투수성능을 보유한 토목용 프리믹스 충진재 개발	채 취 자	㈜에이지 연구개발 박근배
발 주 자	-	입 회 자	-
시 공 자	-	의뢰인 주 소	충남 보령시 주포면 관산공단길 26
의 뢰 인	박근배		
국가중요시설여부	해당사항없음	생 산 자	-

귀하가 품질시험·검사 의뢰한 위 시료에 대해서 아래 시험방법에 따라 시험·검사한 결과를 「건설기술 진흥법 시행규칙」 제56조 제3항에 따라 다음과 같이 알려드립니다.

결 과

연번	시험 · 검사 종 목		시험 · 검사 방 법	시험 · 검사 결 과		책 임 기 술 자			시험 · 검사자	
						자격종목 및 자격증번호	성 명	서 명	성 명	서 명
1	압축강도 (재령7일)		KS F 2328	1-1	1.21 MPa	건설재료 시험기사 87202170165	이성국		박기관	
				1-2	1.27 MPa					
				1-3	1.24 MPa					
2	압축강도 (재령28일)		KS F 2328	2-1	1.46 MPa					
				2-2	1.48 MPa					
3	습윤 단위 중량	S1-1	KS F 2593	3-1	7.41 kN/㎥					
		S1-2		3-2	7.48 kN/㎥					
		S1-3		3-3	6.52 kN/㎥					
		S2-1		3-4	7.15 kN/㎥					
		S2-2		3-5	7.12 kN/㎥					
4	투수계수		KS F 2322	6.78×10^{-3} cm/sec						

KCMTL

이 시험·검사결과는 당초 의뢰시 제출된 시료에 대한 결과이므로 다른 목적으로 이용을 금지합니다.

비고 1. 압축강도(재령7일) 시험일자 : 2019년 11월 06일
2. 압축강도(재령28일) 시험일자 : 2019년 11월 27일

2019년 12월 31일

한국건설재료시험연구소 대표 이성국 (인)

우)50875, 경남 김해시 진례면 고모로 324번안길 83-35
Tel) 055-324-8883, Fax) 055-325-8883, http://건설재료시험.com

비고 1. 국가중요시설 여부는 "국가중요시설(시설명)"로 적습니다.
2. 국가중요시설이란 대통령관저, 국회의사당 대법원, 국가정보원, 중앙행정기관의 청사, 원자력발전소, 발전용량 100만kW 이상 발전소, 전국권으로 방송되는 공영 라디오.TV방송국, 라디오방송 송신출력 500만kW 이상의 송신시설, 군사시설, 공항 및 댐 등을 말합니다.

※유의사항 : 책임기술자 및 시험검사자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

1쪽/1쪽중

품 질 검 사 성 적 서

시료명(생산국)	RES-PLF 01(투수성 충진재) (W/C=50%, 기포 140%)(한국)	접 수 번 호	1031-12
시료채취장소	㈜에이지	접 수 일 자	2019년 10월 31일
성과이용목적	개발제품 성능평가용	채 취 일	2019년 10월 26일
공 사 명	10×10^{-4}이상의 투수성능을 보유한 토목용 프리믹스 충진재 개발	채 취 자	㈜에이지 연구개발 박근배
발 주 자	-	입 회 자	-
시 공 자	-	의뢰인 주 소	충남 보령시 주포면 관산공단길 26
의 뢰 인	박근배		
국가중요시설여부	해당사항없음	생 산 자	-

귀하가 품질시험·검사 의뢰한 위 시료에 대해서 아래 시험방법에 따라 시험·검사한 결과를 「건설기술 진흥법 시행규칙」 제56조 제3항에 따라 다음과 같이 알려드립니다.

결 과

연번	시험 · 검사 종 목		시험 · 검사 방 법	시험 · 검사 결 과		책 임 기 술 자			시험 · 검사자	
						자격종목 및 자격증번호	성 명	서 명	성 명	서 명
1	압축강도 (재령7일)		KS F 2328	1-1	1.14 MPa	건설재료 시험기사 87202170165	이성국		박기관	
				1-2	1.21 MPa					
2	압축강도 (재령28일)		KS F 2328	2-1	1.56 MPa					
				2-2	1.45 MPa					
3	습윤 단위 중량	S1-1	KS F 2593	3-1	7.81 kN/㎥					
		S1-2		3-2	8.22 kN/㎥					
		S2-1		3-3	7.77 kN/㎥					
		S2-2		3-4	7.78 kN/㎥					
4	투수계수		KS F 2322	8.13×10^{-3} cm/sec						

KCMTL

이 시험·검사결과는 당초 의뢰시 제출된 시료에 대한 결과이므로 다른 목적으로 이용을 금지합니다.

비고 1. 압축강도(재령7일) 시험일자 : 2019년 11월 02일
2. 압축강도(재령28일) 시험일자 : 2019년 11월 23일

2019년 12월 31일

한국건설재료시험연구소 대표 이성국 (인)

우)50875, 경남 김해시 진례면 고모로 324번안길 83-35
Tel) 055-324-8883, Fax) 055-325-8883, http://건설재료시험.com

비고 1. 국가중요시설 여부는 "국가중요시설(시설명)"로 적습니다.
2. 국가중요시설이란 대통령관저, 국회의사당 대법원, 국가정보원, 중앙행정기관의 청사, 원자력발전소, 발전용량 100만kW 이상 발전소, 전국권으로 방송되는 공영 라디오.TV방송국, 라디오방송 송신출력 500만kW 이상의 송신시설, 군사시설, 공항 및 댐 등을 말합니다.

※유의사항 : 책임기술자 및 시험검사자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

1쪽/1쪽중

■ 공인시험성적서

- 투수성 충진재 공인시험성적서 (Test Bed) (압축강도, 투수시험)

품 질 검 사 성 적 서

시료명(생산국) : 투수 충전 그라우팅 Case2-1(한국)	접 수 번 호 : 1031-16
시료채취장소 : 경기도 안성시	접 수 일 자 : 2019년 10월 31일
성과이용목적 : 현장시험 품질검증용	채 취 일 : 2019년 10월 04일
공 사 명 : 10×10^{-4}이상의 투수성능을 보유한 토목용 프리믹스 충전재 개발	채 취 자 : 재인스기초건설 김범석
발 주 자 : ㈜에이지	입 회 자 : ㈜에이지 유양이
시 공 자 : 재인스기초건설	의뢰인 주 소 : 서울특별시 송파구 강동대로9길 18
의 뢰 인 : 재인스기초건설 김범석	
국가중요시설여부 : 해당사항없음	생 산 자 :-

귀하가 품질시험·검사 의뢰한 위 시료에 대해서 아래 시험방법에 따라 시험·검사한 결과를「건설기술 진흥법 시행규칙」제56조 제3항에 따라 다음과 같이 알려드립니다.

결 과

연번	시험 · 검사 종 목		시험 · 검사 방 법	시험 · 검사 결 과		책임기술자 자격종목 및 자격증번호	책임기술자 성 명	책임기술자 서 명	시험 · 검사자 성 명	시험 · 검사자 서 명
1	압축강도 (재령28일)		KS F 2328	1-1	6.74 MPa	건설재료 시험기사 87202170165	이성국		박기관	
				1-2	6.83 MPa					
				1-3	6.98 MPa					
2	습윤 단위 중량	S1-1	KS F 2593	2-1	7.80 kN/㎥					
		S1-2		2-2	7.89 kN/㎥					
		S1-3		2-3	8.04 kN/㎥					
3	투수계수		KS F 2322	1.50×10^{-4} cm/sec						

KCTL

이 시험·검사결과는 당초 의뢰시 제출된 시료에 대한 결과이므로 다른 목적으로 이용을 금지합니다.

비고 1. 압축강도(재령28일) 시험일자 : 2019년 11월 01일

2019년 12월 31일

한국건설재료시험연구소 대표 이성국 (인)

우)50875, 경남 김해시 진례면 고모로 324번안길 83-35
Tel) 055-324-8883, Fax) 055-325-8883, http://건설재료시험.com

비고 1. 국가중요시설 여부는 "국가중요시설(시설명)"로 적습니다.
2. 국가중요시설이란 대통령관저, 국회의사당 대법원, 국가정보원, 중앙행정기관의 청사, 원자력발전소, 발전용량 100만kW 이상 발전소, 전국권으로 방송되는 공영 라디오.TV방송국, 라디오방송 송신출력 500만kW 이상의 송신시설, 군사시설, 공항 및 댐 등을 말합니다.

※유의사항 : 책임기술자 및 시험검사자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

1쪽/1쪽중

품질검사 성적서

시료명(생산국)	투수 충전 그라우팅 Case2-2(한국)	접 수 번 호	1031-17
시료채취장소	경기도 안성시	접 수 일 자	2019년 10월 31일
성과이용목적	현장시험 품질검증용	채 취 일	2019년 10월 04일
공 사 명	10×10^{-4}이상의 투수성능을 보유한 토목용 프리믹스 충전재 개발	채 취 자	재인스기초건설 김범석
발 주 자	㈜에이지	입 회 자	㈜에이지 유양이
시 공 자	재인스기초건설	의뢰인 주 소	서울특별시 송파구 강동대로9길 18
의 뢰 인	재인스기초건설 김범석		
국가중요시설여부	해당사항없음	생 산 자	-

귀하가 품질시험·검사 의뢰한 위 시료에 대해서 아래 시험방법에 따라 시험·검사한 결과를「건설기술 진흥법 시행규칙」제56조 제3항에 따라 다음과 같이 알려드립니다.

결 과

연번	시험·검사 종목		시험·검사 방법	시험·검사 결과		책임기술자 자격종목 및 자격증번호	책임기술자 성명	책임기술자 서명	시험·검사자 성명	시험·검사자 서명
1	압축강도 (재령28일)		KS F 2328	1-1	2.50 MPa	건설재료 시험기사 87202170165	이성국		박기관	
				1-2	1.60 MPa					
				1-3	1.54 MPa					
2	습윤 단위 중량	S1-1	KS F 2593	2-1	7.00 kN/㎥					
		S1-2		2-2	6.10 kN/㎥					
		S1-3		2-3	6.04 kN/㎥					
3	투수계수		KS F 2322	2.50×10^{-3} cm/sec						

KOMTL

이 시험·검사결과는 당초 의뢰시 제출된 시료에 대한 결과이므로 다른 목적으로 이용을 금지합니다.

비고 1. 압축강도(재령28일) 시험일자 : 2019년 11월 01일

2019년 12월 31일

한국건설재료시험연구소 대표 이성국 (인)

우)50875, 경남 김해시 진례면 고모로 324번안길 83-35
Tel) 055-324-8883, Fax) 055-325-8883, http://건설재료시험.com

비고 1. 국가중요시설 여부는 "국가중요시설(시설명)"로 적습니다.
2. 국가중요시설이란 대통령관저, 국회의사당 대법원, 국가정보원, 중앙행정기관의 청사, 원자력발전소, 발전용량 100만kW 이상 발전소, 전국권으로 방송되는 공영 라디오.TV방송국, 라디오방송 송신출력 500만kW 이상의 송신시설, 군사시설, 공항 및 댐 등을 말합니다.

※유의사항 : 책임기술자 및 시험검사자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

1쪽/1쪽중

품질검사 성적서

시료명(생산국)	투수 충전 그라우팅 Case2-3(한국)	접 수 번 호	1031-18
시료채취장소	경기도 안성시	접 수 일 자	2019년 10월 31일
성과이용목적	현장시험 품질검증용	채 취 일	2019년 10월 04일
공 사 명	10×10^{-4}이상의 투수성능을 보유한 토목용 프리믹스 충전재 개발	채 취 자	재인스기초건설 김범석
발 주 자	㈜에이지	입 회 자	㈜에이지 유양이
시 공 자	재인스기초건설	의뢰인 주 소	서울특별시 송파구 강동대로9길 18
의 뢰 인	재인스기초건설 김범석		
국가중요시설여부	해당사항없음	생 산 자	-

귀하가 품질시험·검사 의뢰한 위 시료에 대해서 아래 시험방법에 따라 시험·검사한 결과를「건설기술 진흥법 시행규칙」제56조 제3항에 따라 다음과 같이 알려드립니다.

결 과

연번	시험·검사 종목		시험·검사 방법	시험·검사 결과		책임기술자 자격종목 및 자격증번호	책임기술자 성명	책임기술자 서명	시험·검사자 성명	시험·검사자 서명
1	압축강도 (재령28일)		KS F 2328	1-1	1.51 MPa	건설재료 시험기사 87202170165	이성국		박기관	
				1-2	1.65 MPa					
2	습윤 단위 중량	S1-1	KS F 2593	2-1	5.55 kN/㎥					
		S1-2		2-2	5.69 kN/㎥					
3	투수계수		KS F 2322	5.10×10^{-3} cm/sec						

KCMTL

이 시험·검사결과는 당초 의뢰시 제출된 시료에 대한 결과이므로 다른 목적으로 이용을 금지합니다.

비고 1. 압축강도(재령28일) 시험일자 : 2019년 11월 01일

2019년 12월 31일

한국건설재료시험연구소 대표 이성국 (인)

우)50875, 경남 김해시 진례면 고모로 324번안길 83-35
Tel) 055-324-8883, Fax) 055-325-8883, http://건설재료시험.com

비고 1. 국가중요시설 여부는 "국가중요시설(시설명)"로 적습니다.
2. 국가중요시설이란 대통령관저, 국회의사당 대법원, 국가정보원, 중앙행정기관의 청사, 원자력발전소, 발전용량 100만kW 이상 발전소, 전국권으로 방송되는 공영 라디오.TV방송국, 라디오방송 송신출력 500만kW 이상의 송신시설, 군사시설, 공항 및 댐 등을 말합니다.

※유의사항 : 책임기술자 및 시험검사자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

1쪽/1쪽중

품질검사 성적서

시료명(생산국) : 투수 충전 그라우팅 Case2-4(한국)		접 수 번 호 : 1031-19	
시료채취장소 : 경기도 안성시		접 수 일 자 : 2019년 10월 31일	
성과이용목적 : 현장시험 품질검증용		채 취 일 : 2019년 10월 04일	
공 사 명 : 10×10^{-4}이상의 투수성능을 보유한 토목용 프리믹스 충전재 개발		채 취 자 : 재인스기초건설 김범석	
발 주 자 : ㈜에이지		입 회 자 : ㈜에이지 유양이	
시 공 자 : 재인스기초건설		의뢰인 주 소 : 서울특별시 송파구 강동대로9길 18	
의 뢰 인 : 재인스기초건설 김범석			
국가중요시설여부 : 해당사항없음		생 산 자 : -	

귀하가 품질시험·검사 의뢰한 위 시료에 대해서 아래 시험방법에 따라 시험·검사한 결과를「건설기술 진흥법 시행규칙」제56조 제3항에 따라 다음과 같이 알려드립니다.

결 과

연번	시험 · 검사 종 목		시험 · 검사 방 법	시험 · 검사 결 과		책 임 기 술 자			시험 · 검사자	
						자격종목 및 자격증번호	성 명	서 명	성 명	서 명
1	압축강도 (재령28일)		KS F 2328	1-1	3.44 MPa	건설재료 시험기사 87202170165	이성국		박기관	
				1-2	4.41 MPa					
				1-3	2.53 MPa					
2	습윤 단위 중량	S1-1	KS F 2593	2-1	6.86 kN/㎥					
		S1-2		2-2	7.09 kN/㎥					
		S1-3		2-3	6.76 kN/㎥					

KCMTL

이 시험·검사결과는 당초 의뢰시 제출된 시료에 대한 결과이므로 다른 목적으로 이용을 금지합니다.

비고 1. 압축강도(재령28일) 시험일자 : 2019년 11월 01일

2019년 12월 31일

한국건설재료시험연구소 대표 이성국 (인)

우)50875, 경남 김해시 진례면 고모로 324번안길 83-35
Tel) 055-324-8883, Fax) 055-325-8883, http://건설재료시험.com

비고 1. 국가중요시설 여부는 "국가중요시설(시설명)"로 적습니다.
2. 국가중요시설이란 대통령관저, 국회의사당 대법원, 국가정보원, 중앙행정기관의 청사, 원자력발전소, 발전용량 100만kW 이상 발전소, 전국권으로 방송되는 공영 라디오.TV방송국, 라디오방송 송신출력 500만kW 이상의 송신시설, 군사시설, 공항 및 댐 등을 말합니다.

※유의사항 : 책임기술자 및 시험검사자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

품질검사 성적서

시료명(생산국)	투수 충전 그라우팅 Case2-5(한국)	접 수 번 호	1031-20
시료채취장소	경기도 안성시	접 수 일 자	2019년 10월 31일
성과이용목적	현장시험 품질검증용	채 취 일	2019년 10월 04일
공 사 명	10×10^{-4}이상의 투수성능을 보유한 토목용 프리믹스 충전재 개발	채 취 자	재인스기초건설 김범석
발 주 자	㈜에이지	입 회 자	㈜에이지 유양이
시 공 자	재인스기초건설	의뢰인 주 소	서울특별시 송파구 강동대로9길 18
의 뢰 인	재인스기초건설 김범석		
국가중요시설여부	해당사항없음	생 산 자	-

귀하가 품질시험·검사 의뢰한 위 시료에 대해서 아래 시험방법에 따라 시험·검사한 결과를「건설기술 진흥법 시행규칙」제56조 제3항에 따라 다음과 같이 알려드립니다.

결 과

연번	시험·검사 종목		시험·검사 방법	시험·검사 결과		책임기술자 자격종목 및 자격증번호	책임기술자 성명	책임기술자 서명	시험·검사자 성명	시험·검사자 서명
1	압축강도 (재령28일)		KS F 2328	1-1	2.82 MPa	건설재료 시험기사 87202170165	이성국		박기관	
				1-2	2.63 MPa					
2	습윤 단위 중량	S1-1	KS F 2593	2-1	5.70 kN/㎥					
		S1-2		2-2	5.51 kN/㎥					

KCMTL

이 시험·검사결과는 당초 의뢰시 제출된 시료에 대한 결과이므로 다른 목적으로 이용을 금지합니다.

비고 1. 압축강도(재령28일) 시험일자 : 2019년 11월 01일

2019년 12월 31일

한국건설재료시험연구소 대표 이성국 (인)

우)50875, 경남 김해시 진례면 고모로 324번안길 83-35
Tel) 055-324-8883, Fax) 055-325-8883, http://건설재료시험.com

비고 1. 국가중요시설 여부는 "국가중요시설(시설명)"로 적습니다.
2. 국가중요시설이란 대통령관저, 국회의사당 대법원, 국가정보원, 중앙행정기관의 청사, 원자력발전소, 발전용량 100만kW 이상 발전소, 전국권으로 방송되는 공영 라디오.TV방송국, 라디오방송 송신출력 500만kW 이상의 송신시설, 군사시설, 공항 및 댐 등을 말합니다.

※유의사항 : 책임기술자 및 시험검사자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

1쪽/1쪽중

품질검사 성적서

시료명(생산국)	투수 충전 그라우팅 Case2-6(한국)	접 수 번 호	1031-21
시료채취장소	경기도 안성시	접 수 일 자	2019년 10월 31일
성과이용목적	현장시험 품질검증용	채 취 일	2019년 10월 04일
공 사 명	10×10^{-4}이상의 투수성능을 보유한 토목용 프리믹스 충전재 개발	채 취 자	재인스기초건설 김범석
발 주 자	㈜에이지	입 회 자	㈜에이지 유양이
시 공 자	재인스기초건설	의뢰인 주 소	서울특별시 송파구 강동대로9길 18
의 뢰 인	재인스기초건설 김범석		
국가중요시설여부	해당사항없음	생 산 자	-

귀하가 품질시험·검사 의뢰한 위 시료에 대해서 아래 시험방법에 따라 시험·검사한 결과를「건설기술 진흥법 시행규칙」제56조 제3항에 따라 다음과 같이 알려드립니다.

결 과

연번	시험·검사 종목		시험·검사 방법	시험·검사 결과		책임기술자 자격종목 및 자격증번호	책임기술자 성명	책임기술자 서명	시험·검사자 성명	시험·검사자 서명
1	압축강도 (재령28일)		KS F 2328	1-1	1.50 MPa	건설재료 시험기사 87202170165	이성국		박기관	
				1-2	1.60 MPa					
2	습윤 단위 중량	S1-1	KS F 2593	2-1	5.33 kN/㎥					
		S1-2		2-2	5.43 kN/㎥					

KCMTL

이 시험·검사결과는 당초 의뢰시 제출된 시료에 대한 결과이므로 다른 목적으로 이용을 금지합니다.

비고 1. 압축강도(재령28일) 시험일자 : 2019년 11월 01일

2019년 12월 31일

한국건설재료시험연구소 대표 이성국 (인)

우)50875, 경남 김해시 진례면 고모로 324번안길 83-35
Tel) 055-324-8883, Fax) 055-325-8883, http://건설재료시험.com

비고 1. 국가중요시설 여부는 "국가중요시설(시설명)"로 적습니다.
2. 국가중요시설이란 대통령관저, 국회의사당 대법원, 국가정보원, 중앙행정기관의 청사, 원자력발전소, 발전용량 100만kW 이상 발전소, 전국권으로 방송되는 공영 라디오.TV방송국, 라디오방송 송신출력 500만kW 이상의 송신시설, 군사시설, 공항 및 댐 등을 말합니다.

※유의사항 : 책임기술자 및 시험검사자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

1쪽/1쪽중

■ 공인시험성적서

– 투수성 충진재 공인시험성적서 (현장실험) (압축강도, 투수시험)

건설기술용역업자(경남-3-5호) http://건설재료시험.com

품 질 검 사 성 적 서

시료명(생산국)	현장 투수성 충진재 모르타르 채취시료(한국)	접 수 번 호	1204-19
시료채취장소	군산 현장적용성 시험현장	접 수 일 자	2019년 12월 04일
성과이용목적	개발제품 성능평가용	채 취 일	2019년 11월 29일
공 사 명	10×10^{-4}이상의 투수성능을 보유한 토목용 프리믹스 충전재 개발	채 취 자	㈜에이지 연구개발 박근배
발 주 자	㈜에이지	입 회 자	-
시 공 자	-	의뢰인 주 소	충남 보령시 주포면 관산공단길 26
의 뢰 인	박근배		
국가중요시설여부	해당사항없음	생 산 자	-

귀하가 품질시험·검사 의뢰한 위 시료에 대해서 아래 시험방법에 따라 시험·검사한 결과를 「건설기술 진흥법 시행규칙」 제56조 제3항에 따라 다음과 같이 알려드립니다.

결 과

연번	시험 · 검사 종 목		시험 · 검사 방 법	시험 · 검사 결 과		책임기술자 자격종목 및 자격증번호	책임기술자 성 명	책임기술자 서 명	시험 · 검사자 성 명	시험 · 검사자 서 명
1	압축강도 (재령7일)		KS F 2328	1-1	1.31 MPa	건설재료 시험기사 87202170165	이성국		박기관	
				1-2	1.85 MPa					
				1-3	1.67 MPa					
2	압축강도 (재령28일)		KS F 2328	2-1	2.24 MPa					
				2-2	3.74 MPa					
				2-3	2.23 MPa					
3	습윤 단위 중량	S1-1	KS F 2593	3-1	8.82 kN/㎥					
		S1-2		3-2	9.08 kN/㎥					
		S1-3		3-3	8.88 kN/㎥					
		S2-1		3-4	8.93 kN/㎥					
		S2-2		3-5	8.63 kN/㎥					
		S2-3		3-6	8.72 kN/㎥					
4	투수계수		KS F 2322	4.15×10^{-3} cm/sec						

KCTL

이 시험·검사결과는 당초 의뢰시 제출된 시료에 대한 결과이므로 다른 목적으로 이용을 금지합니다.

비고 1. 압축강도(재령7일) 시험일자 : 2019년 12월 06일
2. 압축강도(재령28일) 시험일자 : 2019년 12월 27일

2019년 12월 31일

한국건설재료시험연구소 대표 이성국 (인)

우)50875, 경남 김해시 진례면 고모로 324번안길 83-35
Tel) 055-324-8883, Fax) 055-325-8883, http://건설재료시험.com

비고 1. 국가중요시설 여부는 "국가중요시설(시설명)"로 적습니다.
2. 국가중요시설이란 대통령관저, 국회의사당 대법원, 국가정보원, 중앙행정기관의 청사, 원자력발전소, 발전용량 100만kW 이상 발전소, 전국권으로 방송되는 공영 라디오.TV방송국, 라디오방송 송신출력 500만kW 이상의 송신시설, 군사시설, 공항 및 댐 등을 말합니다.

※유의사항 : 책임기술자 및 시험검사자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

1쪽/1쪽중

품 질 검 사 성 적 서

시료명(생산국)	현장 투수성 충진재 모르타르 채취시료(한국)	접 수 번 호	1204-20
시료채취장소	군산 현장적용성 시험현장	접 수 일 자	2019년 12월 04일
성과이용목적	개발제품 성능평가용	채 취 일	2019년 11월 29일
공 사 명	10×10^{-4}이상의 투수성능을 보유한 토목용 프리믹스 충전재 개발	채 취 자	㈜에이지 연구개발 박근배
발 주 자	㈜에이지	입 회 자	-
시 공 자	-	의뢰인 주 소	충남 보령시 주포면 관산공단길 26
의 뢰 인	박근배		
국가중요시설여부	해당사항없음	생 산 자	-

귀하가 품질시험·검사 의뢰한 위 시료에 대해서 아래 시험방법에 따라 시험·검사한 결과를 「건설기술 진흥법 시행규칙」 제56조 제3항에 따라 다음과 같이 알려드립니다.

결 과

연번	시험 · 검사 종 목		시험 · 검사 방 법	시험 · 검사 결 과		책 임 기 술 자			시험 · 검사자	
						자격종목 및 자격증번호	성 명	서 명	성 명	서 명
1	압축강도 (재령7일)		KS F 2328	1-1	0.70 MPa	건설재료 시험기사 87202170165	이성국		박기관	
				1-2	0.80 MPa					
				1-3	0.69 MPa					
2	압축강도 (재령28일)		KS F 2328	2-1	1.46 MPa					
				2-2	1.56 MPa					
				2-3	2.02 MPa					
3	습윤 단위 중량	S1-1	KS F 2593	3-1	6.51 kN/㎥					
		S1-2		3-2	6.50 kN/㎥					
		S1-3		3-3	6.64 kN/㎥					
		S2-1		3-4	6.71 kN/㎥					
		S2-2		3-5	6.49 kN/㎥					
		S2-3		3-6	6.19 kN/㎥					
4	투수계수		KS F 2322	6.47×10^{-3} cm/sec						

KCMTL

이 시험·검사결과는 당초 의뢰시 제출된 시료에 대한 결과이므로 다른 목적으로 이용을 금지합니다.

비고 1. 압축강도(재령7일) 시험일자 : 2019년 12월 06일
2. 압축강도(재령28일) 시험일자 : 2019년 12월 27일

2019년 12월 31일

한국건설재료시험연구소 대표 이성국 (인)

우)50875, 경남 김해시 진례면 고모로 324번안길 83-35
Tel) 055-324-8883, Fax) 055-325-8883, http://건설재료시험.com

비고 1. 국가중요시설 여부는 "국가중요시설(시설명)"로 적습니다.
2. 국가중요시설이란 대통령관저, 국회의사당 대법원, 국가정보원, 중앙행정기관의 청사, 원자력발전소, 발전용량 100만kW 이상 발전소, 전국권으로 방송되는 공영 라디오.TV방송국, 라디오방송 송신출력 500만kW 이상의 송신시설, 군사시설, 공항 및 댐 등을 말합니다.

※유의사항 : 책임기술자 및 시험검사자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

1쪽/1쪽중

품 질 검 사 성 적 서

시료명(생산국)	현장 투수성 충진재 모르타르 채취시료(한국)	접 수 번 호	1204-21
시료채취장소	군산 현장적용성 시험현장	접 수 일 자	2019년 12월 04일
성과이용목적	개발제품 성능평가용	채 취 일	2019년 11월 29일
공 사 명	10×10^{-4}이상의 투수성능을 보유한 토목용 프리믹스 충전재 개발	채 취 자	㈜에이지 연구개발 박근배
발 주 자	㈜에이지	입 회 자	-
시 공 자	-	의뢰인 주 소	충남 보령시 주포면 관산공단길 26
의 뢰 인	박근배		
국가중요시설여부	해당사항없음	생 산 자	-

귀하가 품질시험·검사 의뢰한 위 시료에 대해서 아래 시험방법에 따라 시험·검사한 결과를 「건설기술 진흥법 시행규칙」 제56조 제3항에 따라 다음과 같이 알려드립니다.

결 과

연번	시험 · 검사 종 목		시험 · 검사 방 법	시험 · 검사 결 과		책 임 기 술 자			시험 · 검사자	
						자격종목 및 자격증번호	성 명	서 명	성 명	서 명
1	압축강도 (재령7일)		KS F 2328	1-1	1.49 MPa	건설재료 시험기사 87202170165	이성국		박기관	
				1-2	1.83 MPa					
				1-3	2.02 MPa					
2	압축강도 (재령28일)		KS F 2328	2-1	3.20 MPa					
				2-2	2.56 MPa					
				2-3	2.33 MPa					
3	습윤 단위 중량	S1-1	KS F 2593	3-1	8.68 kN/㎥					
		S1-2		3-2	8.61 kN/㎥					
		S1-3		3-3	8.42 kN/㎥					
		S2-1		3-4	7.84 kN/㎥					
		S2-2		3-5	8.34 kN/㎥					
		S2-3		3-6	8.19 kN/㎥					
4	투수계수		KS F 2322	2.74×10^{-4} cm/sec						

KCMTL

이 시험·검사결과는 당초 의뢰시 제출된 시료에 대한 결과이므로 다른 목적으로 이용을 금지합니다.

비고 1. 압축강도(재령7일) 시험일자 : 2019년 12월 06일
2. 압축강도(재령28일) 시험일자 : 2019년 12월 27일

2019년 12월 31일

한국건설재료시험연구소 대표 이성국 (인)

우)50875, 경남 김해시 진례면 고모로 324번안길 83-35
Tel) 055-324-8883, Fax) 055-325-8883, http://건설재료시험.com

비고 1. 국가중요시설 여부는 "국가중요시설(시설명)"로 적습니다.
2. 국가중요시설이란 대통령관저, 국회의사당 대법원, 국가정보원, 중앙행정기관의 청사, 원자력발전소, 발전용량 100만kW 이상 발전소, 전국권으로 방송되는 공영 라디오.TV방송국, 라디오방송 송신출력 500만kW 이상의 송신시설, 군사시설, 공항 및 댐 등을 말합니다.

※유의사항 : 책임기술자 및 시험검사자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

1쪽/1쪽중

품질검사 성적서

시료명(생산국)	: 투수 충전 그라우팅 Case3-2(한국)	접 수 번 호	: 1206-07
시료채취장소	: 경기도 안성시	접 수 일 자	: 2019년 12월 06일
성과이용목적	: 현장시험 품질검증용	채 취 일	: 2019년 10월 18일
공 사 명	: 10×10^{-4}이상의 투수성능을 보유한 토목용 프리믹스 충전재 개발	채 취 자	: 재인스기초건설 김범석
발 주 자	: ㈜에이지	입 회 자	: ㈜에이지 유양이
시 공 자	: 재인스기초건설	의뢰인 주소	: 서울특별시 송파구 강동대로9길 18
의 뢰 인	: 재인스기초건설 김범석		
국가중요시설여부	: 해당사항없음	생 산 자	: -

귀하가 품질시험·검사 의뢰한 위 시료에 대해서 아래 시험방법에 따라 시험·검사한 결과를「건설기술 진흥법 시행규칙」제56조 제3항에 따라 다음과 같이 알려드립니다.

결 과

연번	시험·검사 종목		시험·검사 방법	시험·검사 결과		책임기술자 자격종목 및 자격증번호	책임기술자 성명	책임기술자 서명	시험·검사자 성명	시험·검사자 서명
1	압축강도 (재령49일)		KS F 2328	1-1	1.54 MPa	건설재료 시험기사 87202170165	이성국		박기관	
				1-2	1.65 MPa					
				1-3	1.37 MPa					
2	습윤 단위 중량	S1-1	KS F 2593	2-1	8.20 kN/㎥					
		S1-2		2-2	8.31 kN/㎥					
		S1-3		2-3	8.03 kN/㎥					
3	투수계수		KS F 2322	2.15×10^{-4} cm/sec						

KCMTL

이 시험·검사결과는 당초 의뢰시 제출된 시료에 대한 결과이므로 다른 목적으로 이용을 금지합니다.

비고 1. 압축강도(재령49일) 시험일자 : 2019년 12월 06일

2019년 12월 31일

한국건설재료시험연구소 대표 이성국 (인)

우)50875, 경남 김해시 진례면 고모로 324번안길 83-35
Tel) 055-324-8883, Fax) 055-325-8883, http://건설재료시험.com

비고 1. 국가중요시설 여부는 "국가중요시설(시설명)"로 적습니다.
2. 국가중요시설이란 대통령관저, 국회의사당 대법원, 국가정보원, 중앙행정기관의 청사, 원자력발전소, 발전용량 100만kW 이상 발전소, 전국권으로 방송되는 공영 라디오.TV방송국, 라디오방송 송신출력 500만kW 이상의 송신시설, 군사시설, 공항 및 댐 등을 말합니다.

※유의사항 : 책임기술자 및 시험검사자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

1쪽/1쪽중

품질검사 성적서

시료명(생산국)	: 투수 충전 그라우팅 Case3-3(한국)	접 수 번 호	: 1206-08
시료채취장소	: 경기도 안성시	접 수 일 자	: 2019년 12월 06일
성과이용목적	: 현장시험 품질검증용	채 취 일	: 2019년 10월 18일
공 사 명	: 10×10^{-4}이상의 투수성능을 보유한 토목용 프리믹스 충전재 개발	채 취 자	: 재인스기초건설 김범석
발 주 자	: ㈜에이지	입 회 자	: ㈜에이지 유양이
시 공 자	: 재인스기초건설	의뢰인 주 소	: 서울특별시 송파구 강동대로9길 18
의 뢰 인	: 재인스기초건설 김범석		
국가중요시설여부	: 해당사항없음	생 산 자	: -

귀하가 품질시험·검사 의뢰한 위 시료에 대해서 아래 시험방법에 따라 시험·검사한 결과를「건설기술 진흥법 시행규칙」제56조 제3항에 따라 다음과 같이 알려드립니다.

결 과

연번	시험·검사 종목		시험·검사 방법	시험·검사 결과		책임기술자 자격종목 및 자격증번호	책임기술자 성명	책임기술자 서명	시험·검사자 성명	시험·검사자 서명
1	압축강도 (재령49일)		KS F 2328	1-1	1.15 MPa	건설재료 시험기사 87202170165	이성국		박기관	
				1-2	1.51 MPa					
				1-3	1.69 MPa					
2	습윤 단위 중량	S1-1	KS F 2593	2-1	7.55 kN/㎥					
		S1-2		2-2	7.91 kN/㎥					
		S1-3		2-3	8.09 kN/㎥					
3	투수계수		KS F 2322	7.05×10^{-3} cm/sec						

KCMTL

이 시험·검사결과는 당초 의뢰시 제출된 시료에 대한 결과이므로 다른 목적으로 이용을 금지합니다.

비고 1. 압축강도(재령49일) 시험일자 : 2019년 12월 06일

2019년 12월 31일

한국건설재료시험연구소 대표 이성국 (인)

우)50875, 경남 김해시 진례면 고모로 324번안길 83-35
Tel) 055-324-8883, Fax) 055-325-8883, http://건설재료시험.com

비고 1. 국가중요시설 여부는 "국가중요시설(시설명)"로 적습니다.
2. 국가중요시설이란 대통령관저, 국회의사당 대법원, 국가정보원, 중앙행정기관의 청사, 원자력발전소, 발전용량 100만kW 이상 발전소, 전국권으로 방송되는 공영 라디오.TV방송국, 라디오방송 송신출력 500만kW 이상의 송신시설, 군사시설, 공항 및 댐 등을 말합니다.

※유의사항 : 책임기술자 및 시험검사자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

1쪽/1쪽중

품질검사 성적서

시료명(생산국) : 투수 충전 그라우팅 Case3-5(한국)	접 수 번 호 : 1206-09
시료채취장소 : 경기도 안성시	접 수 일 자 : 2019년 12월 06일
성과이용목적 : 현장시험 품질검증용	채 취 일 : 2019년 10월 18일
공 사 명 : 10×10^{-4}이상의 투수성능을 보유한 토목용 프리믹스 충전재 개발	채 취 자 : 재인스기초건설 김범석
발 주 자 : ㈜에이지	입 회 자 : ㈜에이지 유양이
시 공 자 : 재인스기초건설	의뢰인 주 소 : 서울특별시 송파구 강동대로9길 18
의 뢰 인 : 재인스기초건설 김범석	
국가중요시설여부 : 해당사항없음	생 산 자 : -

귀하가 품질시험·검사 의뢰한 위 시료에 대해서 아래 시험방법에 따라 시험·검사한 결과를「건설기술 진흥법 시행규칙」제56조 제3항에 따라 다음과 같이 알려드립니다.

결 과

연번	시험·검사 종목		시험·검사 방법	시험·검사 결과		책임기술자 자격종목 및 자격증번호	책임기술자 성명	책임기술자 서명	시험·검사자 성명	시험·검사자 서명
1	압축강도 (재령49일)		KS F 2328	1-1	1.67 MPa	건설재료 시험기사 87202170165	이성국		박기관	
				1-2	1.56 MPa					
				1-3	1.66 MPa					
2	습윤 단위 중량	S1-1	KS F 2593	2-1	8.54 kN/㎥					
		S1-2		2-2	8.43 kN/㎥					
		S1-3		2-3	8.53 kN/㎥					

KCMTL

이 시험·검사결과는 당초 의뢰시 제출된 시료에 대한 결과이므로 다른 목적으로 이용을 금지합니다.

비고 1. 압축강도(재령49일) 시험일자 : 2019년 12월 06일

2019년 12월 31일

한국건설재료시험연구소 대표 이성국 (인)

우)50875, 경남 김해시 진례면 고모로 324번안길 83-35
Tel) 055-324-8883, Fax) 055-325-8883, http://건설재료시험.com

비고 1. 국가중요시설 여부는 "국가중요시설(시설명)"로 적습니다.
2. 국가중요시설이란 대통령관저, 국회의사당 대법원, 국가정보원, 중앙행정기관의 청사, 원자력발전소, 발전용량 100만kW 이상 발전소, 전국권으로 방송되는 공영 라디오.TV방송국, 라디오방송 송신출력 500만kW 이상의 송신시설, 군사시설, 공항 및 댐 등을 말합니다.

※유의사항 : 책임기술자 및 시험검사자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

1쪽/1쪽중

품질검사 성적서

시료명(생산국)	: 투수 충전 그라우팅 Case3-6(한국)	접 수 번 호	: 1206-10
시료채취장소	: 경기도 안성시	접 수 일 자	: 2019년 12월 06일
성과이용목적	: 현장시험 품질검증용	채 취 일	: 2019년 10월 18일
공 사 명	: 10×10^{-4}이상의 투수성능을 보유한 토목용 프리믹스 충전재 개발	채 취 자	: 재인스기초건설 김범석
발 주 자	: ㈜에이지	입 회 자	: ㈜에이지 유양이
시 공 자	: 재인스기초건설	의뢰인 주 소	: 서울특별시 송파구 강동대로9길 18
의 뢰 인	: 재인스기초건설 김범석		
국가중요시설여부	: 해당사항없음	생 산 자	: -

귀하가 품질시험·검사 의뢰한 위 시료에 대해서 아래 시험방법에 따라 시험·검사한 결과를「건설기술 진흥법 시행규칙」제56조 제3항에 따라 다음과 같이 알려드립니다.

결 과

연번	시험·검사 종목		시험·검사 방법	시험·검사 결과		책임기술자 자격종목 및 자격증번호	책임기술자 성명	책임기술자 서명	시험·검사자 성명	시험·검사자 서명
1	압축강도 (재령49일)		KS F 2328	1-1	1.50 MPa	건설재료 시험기사 87202170165	이성국		박기관	
				1-2	1.61 MPa					
				1-3	1.15 MPa					
2	습윤 단위 중량	S1-1	KS F 2593	2-1	8.20 kN/㎥					
		S1-2		2-2	8.31 kN/㎥					
		S1-3		2-3	7.85 kN/㎥					

KCMTL

이 시험·검사결과는 당초 의뢰시 제출된 시료에 대한 결과이므로 다른 목적으로 이용을 금지합니다.

비고 1. 압축강도(재령49일) 시험일자 : 2019년 12월 06일

2019년 12월 31일

한국건설재료시험연구소 대표 이성국 (인)

우)50875, 경남 김해시 진례면 고모로 324번안길 83-35
Tel) 055-324-8883, Fax) 055-325-8883, http://건설재료시험.com

비고 1. 국가중요시설 여부는 "국가중요시설(시설명)"로 적습니다.
2. 국가중요시설이란 대통령관저, 국회의사당 대법원, 국가정보원, 중앙행정기관의 청사, 원자력발전소, 발전용량 100만kW 이상 발전소, 전국권으로 방송되는 공영 라디오.TV방송국, 라디오방송 송신출력 500만kW 이상의 송신시설, 군사시설, 공항 및 댐 등을 말합니다.

※유의사항 : 책임기술자 및 시험검사자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

1쪽/1쪽중

품 질 검 사 성 적 서

시료명(생산국)	:투수 층전 그라우팅 Case3(한국)	접 수 번 호	:1206-17
시료채취장소	:경기도 안성시	접 수 일 자	:2019년 12월 06일
성과이용목적	:현장시험 품질검증용	채 취 일	:2019년 10월 18일
공 사 명	:10×10^{-4}이상의 투수성능을 보유한 토목용 프리믹스 층전재 개발	채 취 자	:재인스기초건설 김법석
발 주 자	:㈜에이지	입 회 자	:㈜에이지 유양이
시 공 자	:재인스기초건설	의뢰인 주 소	:충남 보령시 주포면 관산공단길 26
의 뢰 인	:㈜에이지 박근배		
국가중요시설여부	:해당사항없음	생 산 자	:-

귀하가 품질시험·검사 의뢰한 위 시료에 대해서 아래 시험방법에 따라 시험·검사한 결과를 「건설기술 진흥법 시행규칙」 제56조 제3항에 따라 다음과 같이 알려드립니다.

결 과

연번	시험 · 검사 종 목	시험 · 검사 방 법	시험 · 검사 결 과	책임기술자			시험 · 검사자	
				자격종목 및 자격증번호	성 명	서 명	성 명	서 명
1	투수계수 (Case3-5)	KS F 2322	1.76×10^{-4} cm/sec	건설재료 시험기사 87202170165	이성국		박기관	
2	투수계수 (Case3-6)	KS F 2322	6.46×10^{-4} cm/sec					

KCMTL

이 시험·검사결과는 당초 의뢰시 제출된 시료에 대한 결과이므로 다른 목적으로 이용을 금지합니다.

2019년 12월 31일

한국건설재료시험연구소 대표 이성국 (인)

우)50875, 경남 김해시 진례면 고모로 324번안길 83-35
Tel) 055-324-8883, Fax) 055-325-8883, http://건설재료시험.com

비고 1. 국가중요시설 여부는 "국가중요시설(시설명)"로 적습니다.
2. 국가중요시설이란 대통령관저, 국회의사당, 대법원, 국가정보원, 중앙행정기관의 청사, 원자력발전소, 발전용량 100만kW 이상 발전소, 전국권으로 방송되는 공영 라디오·TV방송국, 라디오방송 송신출력 500만kW 이상의 송신시설, 군사시설, 공항 및 댐 등을 말합니다.

※유의사항 : 책임기술자 및 시험검사자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

품질검사 성적서

시료명(생산국) : 투수 충전 그라우팅 Case4-2-1(한국)	접 수 번 호 : 1206-11
시료채취장소 : 전북 군산시 비응도동	접 수 일 자 : 2019년 12월 06일
성과이용목적 : 현장시험 품질검증용	채 취 일 : 2019년 11월 29일
공 사 명 : 10×10^{-4}이상의 투수성능을 보유한 토목용 프리믹스 충전재 개발	채 취 자 : 재인스기초건설 김범석
발 주 자 : ㈜에이지	입 회 자 : ㈜에이지 유양이
시 공 자 : 재인스기초건설	의뢰인 주 소 : 서울특별시 송파구 강동대로9길 18
의 뢰 인 : 재인스기초건설 김범석	
국가중요시설여부 : 해당사항없음	생 산 자 : -

귀하가 품질시험·검사 의뢰한 위 시료에 대해서 아래 시험방법에 따라 시험·검사한 결과를「건설기술 진흥법 시행규칙」제56조 제3항에 따라 다음과 같이 알려드립니다.

결 과

연번	시험·검사 종목		시험·검사 방법	시험·검사 결과		책임기술자 자격종목 및 자격증번호	책임기술자 성명	책임기술자 서명	시험·검사자 성명	시험·검사자 서명
1	압축강도 (재령7일)		KS F 2328	1-상	0.98 MPa	건설재료 시험기사 87202170165	이성국		박기관	
				1-중	1.18 MPa					
				1-하	1.19 MPa					
2	습윤 단위 중량	S1-상	KS F 2593	2-1	7.30 kN/㎥					
		S1-중		2-2	7.93 kN/㎥					
		S1-하		2-3	8.21 kN/㎥					

KCMTL

이 시험·검사결과는 당초 의뢰시 제출된 시료에 대한 결과이므로 다른 목적으로 이용을 금지합니다.

비고 1. 압축강도(재령7일) 시험일자 : 2019년 12월 06일

2019년 12월 31일

한국건설재료시험연구소 대표 이성국 (인)

우)50875, 경남 김해시 진례면 고모로 324번안길 83-35
Tel) 055-324-8883, Fax) 055-325-8883, http://건설재료시험.com

비고 1. 국가중요시설 여부는 "국가중요시설(시설명)"로 적습니다.
2. 국가중요시설이란 대통령관저, 국회의사당 대법원, 국가정보원, 중앙행정기관의 청사, 원자력발전소, 발전용량 100만kW 이상 발전소, 전국권으로 방송되는 공영 라디오.TV방송국, 라디오방송 송신출력 500만kW 이상의 송신시설, 군사시설, 공항 및 댐 등을 말합니다.

※유의사항 : 책임기술자 및 시험검사자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

1쪽/1쪽중

품질검사 성적서

시료명(생산국) : 투수 충전 그라우팅 Case4-2-2(한국)		접 수 번 호 : 1206-12	
시료채취장소 : 전북 군산시 비응도동		접 수 일 자 : 2019년 12월 06일	
성과이용목적 : 현장시험 품질검증용		채 취 일 : 2019년 11월 29일	
공 사 명 :	10×10^{-4}이상의 투수성능을 보유한 토목용 프리믹스 충전재 개발	채 취 자 : 재인스기초건설 김범석	
발 주 자 : ㈜에이지		입 회 자 : ㈜에이지 유양이	
시 공 자 : 재인스기초건설		의뢰인 주 소 : 서울특별시 송파구 강동대로9길 18	
의 뢰 인 : 재인스기초건설 김범석			
국가중요시설여부 : 해당사항없음		생 산 자 : -	

귀하가 품질시험·검사 의뢰한 위 시료에 대해서 아래 시험방법에 따라 시험·검사한 결과를「건설기술 진흥법 시행규칙」제56조 제3항에 따라 다음과 같이 알려드립니다.

결 과

연번	시험·검사 종목		시험·검사 방법	시험·검사 결과		책임기술자 자격종목 및 자격증번호	책임기술자 성명	책임기술자 서명	시험·검사자 성명	시험·검사자 서명
1	압축강도 (재령7일)		KS F 2328	1-상	0.69 MPa	건설재료 시험기사 87202170165	이성국		박기관	
				1-중	1.16 MPa					
				1-하	1.05 MPa					
2	습윤 단위 중량	S1-상	KS F 2593	2-1	7.21 kN/㎥					
		S1-중		2-2	8.11 kN/㎥					
		S1-하		2-3	8.27 kN/㎥					

KCMTL

이 시험·검사결과는 당초 의뢰시 제출된 시료에 대한 결과이므로 다른 목적으로 이용을 금지합니다.

비고 1. 압축강도(재령7일) 시험일자 : 2019년 12월 06일

2019년 12월 31일

한국건설재료시험연구소 대표 이성국 (인)

우)50875, 경남 김해시 진례면 고모로 324번안길 83-35
Tel) 055-324-8883, Fax) 055-325-8883, http://건설재료시험.com

비고 1. 국가중요시설 여부는 "국가중요시설(시설명)"로 적습니다.
2. 국가중요시설이란 대통령관저, 국회의사당 대법원, 국가정보원, 중앙행정기관의 청사, 원자력발전소, 발전용량 100만kW 이상 발전소, 전국권으로 방송되는 공영 라디오.TV방송국, 라디오방송 송신출력 500만kW 이상의 송신시설, 군사시설, 공항 및 댐 등을 말합니다.

※유의사항 : 책임기술자 및 시험검사자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

1쪽/1쪽중

품질검사 성적서

시료명(생산국) : 투수 충전 그라우팅 Case4-2-3(한국)		접 수 번 호 : 1206-13	
시료채취장소 : 전북 군산시 비응도동		접 수 일 자 : 2019년 12월 06일	
성과이용목적 : 현장시험 품질검증용		채 취 일 : 2019년 11월 29일	
공 사 명 :	10×10^{-4}이상의 투수성능을 보유한 토목용 프리믹스 충전재 개발	채 취 자 : 재인스기초건설 김범석	
발 주 자 : ㈜에이지		입 회 자 : ㈜에이지 유양이	
시 공 자 : 재인스기초건설		의뢰인 주 소 : 서울특별시 송파구 강동대로9길 18	
의 뢰 인 : 재인스기초건설 김범석			
국가중요시설여부 : 해당사항없음		생 산 자 : -	

귀하가 품질시험·검사 의뢰한 위 시료에 대해서 아래 시험방법에 따라 시험·검사한 결과를「건설기술 진흥법 시행규칙」제56조 제3항에 따라 다음과 같이 알려드립니다.

결 과

연번	시험 · 검사 종 목		시험 · 검사 방 법	시험 · 검사 결 과		책 임 기 술 자			시험 · 검사자	
						자격종목 및 자격증번호	성 명	서 명	성 명	서 명
1	압축강도 (재령7일)		KS F 2328	1-상	0.57 MPa	건설재료 시험기사 87202170165	이성국		박기관	
				1-중	0.41 MPa					
				1-하	1.05 MPa					
2	습윤 단위 중량	S1-상	KS F 2593	2-1	7.09 kN/㎥					
		S1-중		2-2	7.36 kN/㎥					
		S1-하		2-3	8.27 kN/㎥					

KCMTL

이 시험·검사결과는 당초 의뢰시 제출된 시료에 대한 결과이므로 다른 목적으로 이용을 금지합니다.

비고 1. 압축강도(재령7일) 시험일자 : 2019년 12월 06일

2019년 12월 31일

한국건설재료시험연구소 대표 이성국 (인)

우)50875, 경남 김해시 진례면 고모로 324번안길 83-35
Tel) 055-324-8883, Fax) 055-325-8883, http://건설재료시험.com

비고 1. 국가중요시설 여부는 "국가중요시설(시설명)"로 적습니다.
2. 국가중요시설이란 대통령관저, 국회의사당 대법원, 국가정보원, 중앙행정기관의 청사, 원자력발전소, 발전용량 100만kW 이상 발전소, 전국권으로 방송되는 공영 라디오.TV방송국, 라디오방송 송신출력 500만kW 이상의 송신시설, 군사시설, 공항 및 댐 등을 말합니다.

※유의사항 : 책임기술자 및 시험검사자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

1쪽/1쪽중

품질검사 성적서

시료명(생산국) : 투수 충전 그라우팅 Case4-3-1(한국)		접 수 번 호 : 1206-14	
시료채취장소 : 전북 군산시 비응도동		접 수 일 자 : 2019년 12월 06일	
성과이용목적 : 현장시험 품질검증용		채 취 일 : 2019년 11월 29일	
공 사 명 :	10×10^{-4}이상의 투수성능을 보유한 토목용 프리믹스 충전재 개발	채 취 자 : 재인스기초건설 김범석	
발 주 자 : ㈜에이지		입 회 자 : ㈜에이지 유양이	
시 공 자 : 재인스기초건설		의뢰인 주 소 : 서울특별시 송파구 강동대로9길 18	
의 뢰 인 : 재인스기초건설 김범석			
국가중요시설여부 : 해당사항없음		생 산 자 : -	

귀하가 품질시험·검사 의뢰한 위 시료에 대해서 아래 시험방법에 따라 시험·검사한 결과를「건설기술 진흥법 시행규칙」제56조 제3항에 따라 다음과 같이 알려드립니다.

결 과

연번	시험·검사 종목		시험·검사 방법	시험·검사 결과		책임기술자 자격종목 및 자격증번호	책임기술자 성명	책임기술자 서명	시험·검사자 성명	시험·검사자 서명
1	압축강도 (재령7일)		KS F 2328	1-상	0.87 MPa	건설재료 시험기사 87202170165	이성국		박기관	
				1-중	1.09 MPa					
				1-하	1.30 MPa					
2	습윤 단위 중량	S1-상	KS F 2593	2-1	7.06 kN/㎥					
		S1-중		2-2	7.25 kN/㎥					
		S1-하		2-3	7.50 kN/㎥					

KCMTL

이 시험·검사결과는 당초 의뢰시 제출된 시료에 대한 결과이므로 다른 목적으로 이용을 금지합니다.

비고 1. 압축강도(재령7일) 시험일자 : 2019년 12월 06일

2019년 12월 31일

한국건설재료시험연구소 대표 이성국 (인)

우)50875, 경남 김해시 진례면 고모로 324번안길 83-35
Tel) 055-324-8883, Fax) 055-325-8883, http://건설재료시험.com

비고 1. 국가중요시설 여부는 "국가중요시설(시설명)"로 적습니다.
2. 국가중요시설이란 대통령관저, 국회의사당 대법원, 국가정보원, 중앙행정기관의 청사, 원자력발전소, 발전용량 100만kW 이상 발전소, 전국권으로 방송되는 공영 라디오.TV방송국, 라디오방송 송신출력 500만kW 이상의 송신시설, 군사시설, 공항 및 댐 등을 말합니다.

※유의사항 : 책임기술자 및 시험검사자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

품질검사 성적서

시료명(생산국)	:투수 충전 그라우팅 Case4-3-2(한국)	접 수 번 호	:1206-15
시료채취장소	:전북 군산시 비응도동	접 수 일 자	:2019년 12월 06일
성과이용목적	:현장시험 품질검증용	채 취 일	:2019년 11월 29일
공 사 명	:10×10^{-4}이상의 투수성능을 보유한 토목용 프리믹스 충전재 개발	채 취 자	:재인스기초건설 김범석
발 주 자	:㈜에이지	입 회 자	:㈜에이지 유양이
시 공 자	:재인스기초건설	의뢰인 주 소	:서울특별시 송파구 강동대로9길 18
의 뢰 인	:재인스기초건설 김범석		
국가중요시설여부	:해당사항없음	생 산 자	:-

귀하가 품질시험·검사 의뢰한 위 시료에 대해서 아래 시험방법에 따라 시험·검사한 결과를「건설기술 진흥법 시행규칙」제56조 제3항에 따라 다음과 같이 알려드립니다.

결 과

연번	시험·검사 종목		시험·검사 방법	시험·검사 결과		책임기술자 자격종목 및 자격증번호	책임기술자 성명	책임기술자 서명	시험·검사자 성명	시험·검사자 서명
1	압축강도 (재령7일)		KS F 2328	1-상	1.39 MPa	건설재료 시험기사 87202170165	이성국		박기관	
				1-중	1.94 MPa					
				1-하	2.23 MPa					
2	습윤 단위 중량	S1-상	KS F 2593	2-1	7.58 kN/㎥					
		S1-중		2-2	8.10 kN/㎥					
		S1-하		2-3	8.43 kN/㎥					

KCMTL

이 시험·검사결과는 당초 의뢰시 제출된 시료에 대한 결과이므로 다른 목적으로 이용을 금지합니다.

비고 1. 압축강도(재령7일) 시험일자 : 2019년 12월 06일

2019년 12월 31일

한국건설재료시험연구소 대표 이성국 (인)

우)50875, 경남 김해시 진례면 고모로 324번안길 83-35
Tel) 055-324-8883, Fax) 055-325-8883, http://건설재료시험.com

비고 1. 국가중요시설 여부는 "국가중요시설(시설명)"로 적습니다.
2. 국가중요시설이란 대통령관저, 국회의사당 대법원, 국가정보원, 중앙행정기관의 청사, 원자력발전소, 발전용량 100만kW 이상 발전소, 전국권으로 방송되는 공영 라디오.TV방송국, 라디오방송 송신출력 500만kW 이상의 송신시설, 군사시설, 공항 및 댐 등을 말합니다.

※유의사항 : 책임기술자 및 시험검사자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

품질검사 성적서

시료명(생산국)	: 투수 충전 그라우팅 Case4-3-3(한국)	접 수 번 호	: 1206-16
시료채취장소	: 전북 군산시 비응도동	접 수 일 자	: 2019년 12월 06일
성과이용목적	: 현장시험 품질검증용	채 취 일	: 2019년 11월 29일
공 사 명	: 10×10^{-4}이상의 투수성능을 보유한 토목용 프리믹스 충전재 개발	채 취 자	: 재인스기초건설 김범석
발 주 자	: ㈜에이지	입 회 자	: ㈜에이지 유양이
시 공 자	: 재인스기초건설	의뢰인 주 소	: 서울특별시 송파구 강동대로9길 18
의 뢰 인	: 재인스기초건설 김범석		
국가중요시설여부	: 해당사항없음	생 산 자	: -

귀하가 품질시험·검사 의뢰한 위 시료에 대해서 아래 시험방법에 따라 시험·검사한 결과를「건설기술 진흥법 시행규칙」제56조 제3항에 따라 다음과 같이 알려드립니다.

결 과

연번	시험·검사 종목		시험·검사 방법	시험·검사 결과		책임기술자 자격종목 및 자격증번호	책임기술자 성명	책임기술자 서명	시험·검사자 성명	시험·검사자 서명
1	압축강도 (재령7일)		KS F 2328	1-상	0.79 MPa	건설재료 시험기사 87202170165	이성국		박기관	
				1-중	0.59 MPa					
				1-하	0.57 MPa					
2	습윤 단위 중량	S1-상	KS F 2593	2-1	6.48 kN/㎥					
		S1-중		2-2	6.25 kN/㎥					
		S1-하		2-3	6.27 kN/㎥					

KCMTL

이 시험·검사결과는 당초 의뢰시 제출된 시료에 대한 결과이므로 다른 목적으로 이용을 금지합니다.

비고 1. 압축강도(재령7일) 시험일자 : 2019년 12월 06일

2019년 12월 31일

한국건설재료시험연구소 대표 이성국 (인)

우)50875, 경남 김해시 진례면 고모로 324번안길 83-35
Tel) 055-324-8883, Fax) 055-325-8883, http://건설재료시험.com

비고 1. 국가중요시설 여부는 "국가중요시설(시설명)"로 적습니다.
2. 국가중요시설이란 대통령관저, 국회의사당 대법원, 국가정보원, 중앙행정기관의 청사, 원자력발전소, 발전용량 100만kW 이상 발전소, 전국권으로 방송되는 공영 라디오.TV방송국, 라디오방송 송신출력 500만kW 이상의 송신시설, 군사시설, 공항 및 댐 등을 말합니다.

※유의사항 : 책임기술자 및 시험검사자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

1쪽/1쪽중

품 질 검 사 성 적 서

시료명(생산국) : 투수 충전 그라우팅 Case4(한국)	접 수 번 호 : 1206-18
시료채취장소 : 전북 군산시 비응도동	접 수 일 자 : 2019년 12월 06일
성과이용목적 : 현장시험 품질검증용	채 취 일 : 2019년 11월 29일
공 사 명 : 10×10^{-4}이상의 투수성능을 보유한 토목용 프리믹스 충전재 개발	채 취 자 : 재인스기초건설 김범석
발 주 자 : ㈜에이지	입 회 자 : ㈜에이지 유양이
시 공 자 : 재인스기초건설	의뢰인 주 소 : 충남 보령시 주포면 관산공단길 26
의 뢰 인 : ㈜에이지 박근배	
국가중요시설여부 : 해당사항없음	생 산 자 : -

귀하가 품질시험·검사 의뢰한 위 시료에 대해서 아래 시험방법에 따라 시험·검사한 결과를 「건설기술 진흥법 시행규칙」 제56조 제3항에 따라 다음과 같이 알려드립니다.

결 과

연번	시험 · 검사 종 목	시험 · 검사 방 법	시험 · 검사 결 과	책임기술자			시험 · 검사자	
				자격종목 및 자격증번호	성 명	서 명	성 명	서 명
1	투수계수 (Case4-2-1-상)	KS F 2322	5.30×10^{-3} cm/sec	건설재료 시험기사 87202170165	이성국		박기관	
2	투수계수 (Case4-2-1-중)	KS F 2322	2.60×10^{-3} cm/sec					
3	투수계수 (Case4-2-1-하)	KS F 2322	9.58×10^{-4} cm/sec					
4	투수계수 (Case4-3-1-상)	KS F 2322	5.46×10^{-3} cm/sec					
5	투수계수 (Case4-3-1-중)	KS F 2322	2.90×10^{-3} cm/sec					
6	투수계수 (Case4-3-1-하)	KS F 2322	8.62×10^{-4} cm/sec					

KCMTL

이 시험·검사결과는 당초 의뢰시 제출된 시료에 대한 결과이므로 다른 목적으로 이용을 금지합니다.

2019년 12월 31일

한국건설재료시험연구소 대표 이성국 (인)

우)50875, 경남 김해시 진례면 고모로 324번안길 83-35
Tel) 055-324-8883, Fax) 055-325-8883, http://건설재료시험.com

비고 1. 국가중요시설 여부는 "국가중요시설(시설명)"로 적습니다.
2. 국가중요시설이란 대통령관저, 국회의사당 대법원, 국가정보원, 중앙행정기관의 청사, 원자력발전소, 발전용량 100만kW 이상 발전소, 전국권으로 방송되는 공영 라디오.TV방송국, 라디오방송 송신출력 500만kW 이상의 송신시설, 군사시설, 공항 및 댐 등을 말합니다.

※유의사항 : 책임기술자 및 시험검사자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

1쪽/1쪽중

■ 출원 특허

- 발명의 명칭 : 싱크홀 복구용 투수성 충진재 조성물 및 그 제조방법
(출원 10-2018-0140924)

관 인 생 략

출 원 번 호 통 지 서

출 원 일 자	2018.11.15
특 기 사 항	심사청구(무) 공개신청(무) 참조번호(DHP18583)
출 원 번 호	10-2018-0140924 (접수번호 1-1-2018-1138295-46)
출원인 명칭	주식회사 에이지(1-2011-040542-7) 외 1명
대 리 인 성 명	특허법인 다해(9-2011-100141-6)
발 명 자 성 명	우양이 박근배 조남우 마 영 김범석 정경헌 송헌영
발 명 의 명 칭	싱크홀 복구용 투수성 충진재 조성물 및 그 제조방법

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.

2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호

3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식

4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.

5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : http://www.kipo.go.kr-특허마당-PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.

6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000

7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.

8.기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

2018-11-15

【서지사항】

【서류명】 특허출원서

【참조번호】 DHP18583

【출원구분】 특허출원

【출원인】

【명칭】 주식회사 에이지

【특허고객번호】 1-2011-040542-7

【출원인】

【명칭】 재인스기초건설 주식회사

【특허고객번호】 1-2009-037864-0

【대리인】

【명칭】 특허법인 다해

【대리인번호】 9-2011-100141-6

【지정된변리사】 김강욱,손지원

【포괄위임등록번호】 2015-008332-7

【발명의 국문명칭】 싱크홀 복구용 투수성 충진재 조성물 및 그 제조방법

【발명의 영문명칭】 Permeable filler composition for sink hole recovery and manufacturing thereof

【발명자】

【성명】 우양이

【성명의 영문표기】 WOO YANG YI

【주민등록번호】 531225-1XXXXXX

25-1

【우편번호】 33415

【주소】 충청남도 보령시 주포면 관산공단길 26

【발명자】

【성명】 박근배

【성명의 영문표기】 PARK KEUN BAE

【주민등록번호】 610904-1XXXXXX

【우편번호】 34304

【주소】 대전광역시 대덕구 대덕대로 1555, 106동 2701호(석봉동, 금강엑슬루타워)

【발명자】

【성명】 조남우

【성명의 영문표기】 CHO NAM WOO

【주민등록번호】 690304-1XXXXXX

【우편번호】 33415

【주소】 충남 보령시 주포면 관산공단길 26

【발명자】

【성명】 마 영

【성명의 영문표기】 Ma Young

【주민등록번호】 681009-1XXXXXX

【우편번호】 02712

【주소】 서울특별시 성북구 솔샘로24길 15, 102동 802호(정릉동, 정릉 이-편한세상)

2018-11-15

【발명자】

【성명】 김범석

【성명의 영문표기】 Kim Beomseok

【주민등록번호】 740805-1XXXXXX

【우편번호】 04006

【주소】 서울특별시 마포구 희우정로15길 6-6, B동 1층 202호(망원동, 현대타운)

【발명자】

【성명】 정경헌

【성명의 영문표기】 Jung Kyunghun

【주민등록번호】 820305-1XXXXXX

【우편번호】 11902

【주소】 경기도 구리시 갈매중앙로 16, 710동 1904호(갈매동, 구리갈매푸르지오아파트)

【발명자】

【성명】 송헌영

【성명의 영문표기】 Song Hun Young

【주민등록번호】 780702-1XXXXXX

【우편번호】 14068

【주소】 경기도 안양시 동안구 관평로138번길 63, 701동 307호(평촌동, 초원부영아파트)

【출원언어】 국어

25-3

2018-11-15

【이 발명을 지원한 국가연구개발사업】

【과제고유번호】 18CTAP-C143696-01-000000

【부처명】 국토교통부

【연구관리 전문기관】 국토교통과학기술진흥원

【연구사업명】 국토교통기술촉진연구사업

【연구과제명】 0-4cm/sec이상의 투수성능을 보유한 토목용 프리믹스 충진재 개발 및 사업화

【기여율】 1/1

【주관기관】 주식회사 에이지

【연구기간】 2018.04.16 ~ 2019.12.31

【취지】 위와 같이 특허청장에게 제출합니다.

대리인 특허법인 다해 (서명 또는 인)

【수수료】

【출원료】 0 면 46,000 원

【가산출원료】 20 면 0 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 0 항 0 원

【합계】 46,000 원

【감면사유】 소기업(70%감면)[2]

【감면후 수수료】 13,800 원

25-4

2018-11-15

【첨부서류】 1.위임장[추후제출 재인스기초건설 주식회사]_1통

25-5

【발명의 설명】

【발명의 명칭】

싱크홀 복구용 투수성 충진재 조성물 및 그 제조방법{Permeable filler composition for sink hole recovery and manufacturing thereof}

【기술분야】

【0001】 본 발명은 싱크홀 복구용 투수성 충진재 조성물 및 그 제조방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 지하수에 의한 동공 또는 지반함몰 발생, 하수관거, 상수관거에서 누수에 의해서 주변 토사의 유실에 의한 지반함몰 또는 동공 발생, 자연발생적인 동공 발생, 지반굴착 공사현장에서 토양 유실에 의해 발생된 지하 동공을 신속하게 복구하기 위한 원 토양과 유사한 투수계수를 갖는 싱크홀 복구용 투수성 충진재 조성물 및 그 제조방법에 관한 것이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

【0003】 최근 사회문제로 대두되고 있는 도로 침하현상에 의한 도로 함몰이라는 싱크홀 발생이 서울지역을 위시하여 큰 도시의 도로상에 수시로 나타나고 있어 교통사고에 의한 인명피해와 경제적 손실이 현실화되고 있다

【0004】 싱크홀은 지하 암석이 용해되거나 동굴이 붕괴되어 생긴 움푹 패인 웅덩이를 의미하는데, 우리 주변에서 나타날 수 있는 싱크홀은 일반적으로 지하수와 관계 깊은 경우도 있다. 예를 들어 지하수가 빠져나가고 지하수의 수위가 낮아

져서 지반이 주저앉아 싱크홀이 발생하기도 한다.

【0005】종래 싱크홀, 동공 또는 함몰지반에 대한 복구는 주로 모래, 또는 흙을 사용하여 기 발생된 싱크홀 등에 단순히 모래 또는 흙과같은 골재를 채우는 방법으로 수행되어 왔다. 이는 기존에 있던 흙과 주변에서 쉽게 구할 수 있는 모래를 사용하여 짧은 기간에 복구를 할 수 있다는 장점이 있지만, 다짐하는 시간이 오래 걸리고, 충분한 다짐을 하지 않으면 재침하, 또는 지하수, 상하수도 관으로부터 누수 등에 의한 주변 토양의 유실에 의해 다시 지반침하, 동공이 발생할 수 있다. 또한 다짐하는 과정에서 부차적인 추가 함몰이 발생할 수 있어 대규모 함몰이나 다발성 함몰등에는 사용이 불가능하다는 단점을 가지고 있다

【0006】이를 보완하기 위하여 시멘트계 충진제를 이용한 복구방법이 개발되고 있다. 시멘트 충진제의 경우 다짐이 필요없으며, 단순히 발생한 싱크홀에 시멘트 몰탈을 충진하는 것 만으로 복구가 가능하여 다양한 상황에 사용할 수 있는 방법으로 연구되고 있다. 특히 속건성 시멘트를 사용하는 경우 복구시간도 짧아 많은 연구가 수행되고 있다.

【0007】하지만 시멘트계 충전재에 의한 함몰지반, 지하 동공의 복구는 강도가 과도하게 강하고, 지하수의 흐름, 또는 유출수와 시멘트 고결체의 하중에 의해 고결 충전재의 주위에 2차 지반함몰, 동공 등이 발생하는 문제점을 가지고 있어 이를 해결하기 위한 연구가 필요한 실정이다.

【선행기술문헌】

【특허문헌】

【0009】(특허문헌 0001) (0001) 대한민국 공개특허공보 제10-2016-0161712호

(특허문헌 0002) (0002) 대한민국 공개특허공보 제10-2014-0183519호

【발명의 내용】

【해결하고자 하는 과제】

【0010】전술한 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명은 지하수에 의한 동공 또는 지반함몰 발생, 하수관거, 상수관거에서 누수에 의해서 주변 토사의 유실에 의한 지반함몰 또는 동공 발생, 자연발생적인 동공 발생, 지반굴착 공사현장에서 토양 유실에 의해 발생된 지하 동공을 신속하게 복구하기 위한 원 토양과 유사한 투수계수를 갖는 싱크홀 복구용 투수성 충진재 조성물 및 그 제조방법을 제공하고자 한다.

【과제의 해결 수단】

【0012】상술한 문제를 해결하기 위해, 본 발명은 결합재 100중량부에 대하여 유동화제 0.05~0.3중량부, 발포된 기포 0.68~1.5중량부, 혼합수 40~55중량부를 포함하며, 상기 결합재로는 보통 포틀랜드 시멘트 5~13중량부, 플라이애시 10~20중

량부, 유동층 보일러 플라이애시 10~18중량부, 배연탈황석고 12~21중량부 및 고로 슬래그 미분말 30~62중량부로 구성되는 싱크홀 복구용 투수성 충진재 조성물을 제공한다.

【0013】 상기 유동화제는 폴리카르본산계 유동화제일 수 있다.

【0014】 상기 발포된 기포는 물 100중량부에 대하여 식물성 기포제 10~20중량부를 혼합하여 생성될 수 있다.

【0015】 상기 싱크홀 복구용 투수성 충진제는 투수계수가 10^{-4}cm/sec 이상일 수 있다.

【0016】 본 발명은 또한 (a) 결합재와 혼합수를 1차 혼합하는 단계; (b) 결합재와 혼합수를 혼합한 슬러리에 유동화제를 첨가하는 단계; (c) 유동화제가 첨가된 슬러리에 기포 발생기에서 제조된 기포를 첨가한 후 혼합하는 단계를 포함하는 상기 싱크홀 복구용 투수성 충진제 제조방법을 제공한다.

【발명의 효과】

【0018】 본 발명에 의한 싱크홀 복구용 투수성 충진제는 내부에 다량의 기포를 형성하고 있어 원토양과 유사한 투수율을 가짐에 따라, 지하수에 의한 동공 또는 지반함몰 발생, 하수관거, 상수관거에서 누수에 의해서 주변 토사의 유실에 의한 지반함몰 또는 동공 발생, 자연발생적인 동공 발생, 지반굴착 공사현장에서 토양 유실에 의해 발생된 지하 동공을 신속하게 복구할 수 있음과 더불어 기존의 복

구방법에서 발생할 수 있는 과도한 무게문제 및 투수성 문제를 해결할 수 있다.

【도면의 간단한 설명】

【0020】 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 결합재 및 기포 혼합을 나타낸 사진이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 의한 유동성 측정 실험을 나타낸 사진이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 의한 투수계수 측정 실험을 나타낸 사진이다.

도 4은 본 발명의 일 실시예에 의한 압축강도 측정 실험을 나타낸 사진이다.

【발명을 실시하기 위한 구체적인 내용】

【0021】 이하에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐리게 할 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한, 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있음을 의미한다.

【0022】 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예를 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로

이해되어야 한다.

【0023】 발명에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 발명에서, 포함하다 또는 가지다 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

【0024】 이하, 바람직한 실시예에 따라 본 발명을 상세히 설명한다.

【0025】 본 발명의 높은 투수성을 갖는 싱크홀 복구용 투수성 충진재 조성물은 결합재, 유동화제, 기포제의 발포에 의해 생성된 기포, 혼합수를 포함하여 이루어진다.

【0026】 구체적으로는, 결합재 100중량부에 대하여 유동화제 0.05~0.3중량부, 발포된 기포 0.68~1.5중량부, 혼합수 40~55중량부를 포함하여 이루어지는 것이 바람직하며, 상기 결합재는 보통 포틀랜드 시멘트 5~13중량부, 플라이애시 10~20중량부, 유동층 보일러 플라이애시 10~24중량부, 배연탈황석고 12~34중량부, 고로슬래그 미분말 30~62중량부로 구성되는 것이 바람직하다.

【0027】 상기 포틀랜드 시멘트는 5~13중량부 사용하는 것이 바람직하며, 포틀랜드 시멘트 사용량이 13중량부를 초과하면 강도가 지나치게 높아지게 되어 주변

토양보다 강도가 높아 주변 토양부와 결합력이 저하되어 주변토양과 분리되어 주변 토양의 유실 우려가 있고, 충전된 충전재의 중량이 증가하여 지반에 대한 하중이 증가하여 장기간에 걸쳐 지반 재침하의 원인이 될 수 있다. 또한 포틀랜드 시멘트 사용량이 5중량부 미만이면, 플라이애시, 유동층 보일러 플라이애시, 배연탈황석고, 고로슬래그 미분말의 결합력이 저하되어 침하지반에 충전하였을 때 재유실될 우려가 있으며, 초기 강도발현이 저하된다.

【0028】 플라이애시는 구형의 비정질 포졸란 재료로서 유동성을 향상시켜 주변 토양의 경계부에 대한 침투성을 증가시켜 충전재와 주변 토양이 양호하게 결합되도록 하며, 장기적으로 강도의 증진효과를 나타낸다.

【0029】 플라이애시 사용량이 20중량부를 초과하면 초기 수화특성이 저하되어 초기 강도 발현이 지연되어 지반함몰, 지하 동공 복구의 기간이 길어지며, 플라이애시 사용량이 10중량부 미만이면 유동성이 저하되어 주변 토양에 대한 침투성이 저하된다.

【0030】 유동층 보일러 플라이애시는 CaO 성분을 다량 포함하는 물질로서 포틀랜드 시멘트를 일부 대체하는 기능을 하므로 고가의 시멘트 사용량을 줄일 수 있다.

【0031】 유동층 보일러 플라이애시 사용량이 24중량부를 초과하면 유동층 보일러 플라이애시의 주요성분인 CaO 함량이 증가하여 물과 반응에 의해 급격한 발열과 팽창이 발생하여 균열에 의한 강도저하의 원인이 되며, 사용량이 10중량부 미만일 경우에는 포틀랜드 시멘트의 대체 기능을 기대할 수 없다.

【0032】탈황석고는 유동층 보일러에서 석회석을 주입하여 석탄, 페트로코크스의 연소시 발생되는 배가스중의 황과 반응하여 생성된 부산물로서 CaSO4, CaO, CaCO3로 구성되어 있으며, CaSO4가 주성분이다. 탈황석고는 수화과정에서 SO3가 용출되어 CaO와 반응하여 침상의 에트링자이트 결정 생성을 촉진시켜 초기 강도 발현을 촉진시키는 작용을 하며, 고로슬래그의 자극제로서 일부 기능을 하여 강도 증진에 기여한다. 탈황석고의 함량이 34중량부를 초과하는 경우에는 탈황석고에 함유된 CaO의 수화반응에 의해 발열과 팽창이 일어나며, 균열 등으로 인한 강도저하의 원인이 된다. 또한 탈황석고 함량이 12중량부 미만인 경우에는 SO3 용출량이 부족하여 침상의 에트링자이트 생성반응이 불충분하여 초기 강도발현이 늦어지며, 초기 강도가 낮아진다.

【0033】고로슬래그 미분말은 제철공업의 고로에서 철광석, 석회석, 코크스 등을 원료로 선철을 제조하는 공정에서 얻어지는 부산물로서 CaO 성분이 풍부하여 포틀랜드 시멘트의 대체재로 사용할수 있는 잠재수경성 재료로서 장기강도 발현에 기여한다. 또한 탈황석고에서 용출되는 SO3의 자극에 의해 수화반응이 촉진진다.

【0034】고로슬래그 미분말의 함량이 62중량부를 초과하면, 초기 강도발현이 지연되어 함몰지반이나 지하 동공에 충진한 후 안정화 되기까지 장시간 소요되는 문제점이 있으며, 고로 슬래그 미분말의 함량이 30중량부 미만인 경우에는 고로 슬래그의 특성을 발휘하기 미비한 양으로 강도의 저하 원인이 된다.

【0035】표 1에 결합재에 사용된 재료의 화학성분 분석표를 나타냈다.

【0036】【표 1】

	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	SO3	K2O	Na2O	TiO2	etc
보통포틀랜드시멘트	20.4	6.3	4.5	60.0	2.1	3.6	1.2	0.3	0.5	1.1
플라이애시	52.3	22.8	7.3	6.3	2.9	0.8	2.1	1.3	1.1	3.1
유동층보일러플라이애시	43.1	18.7	4.3	18.5	4.0	2.9	3.1	2.6	1.1	1.7
탈황석고	2.8	1.2	0.6	65.9	2.1	26.0	0.3	0.0	0.0	1.1
고로슬래그미분말	31.1	12.9	0.5	45.3	5.5	2.7	0.5	0.3	0.7	0.5

【0038】본 발명에서는 상기 유동화제는 결합재를 사용하여 함몰지반 또는 지하 동공에 주입할 때 주입배관에서 공급을 용이하게 하고, 주변 토양층 내부로 침투특성을 증가시키기 위한 충전재의 유동성을 향상시키기 위한 것으로, 결합재 100중량부에 대해서 유동화제가 0.3중량부를 초과하는 경우에는 결합재의 유동성은 증가하지만, 투수성 향상을 위하여 혼합되는 기포의 소포작용을 일으켜 함몰지반 또는 지하 동공에 주입시 충전재의 기공을 소멸시켜 투수성을 저하시키는 원인이 된다. 또한 유동화제가 결합재 100중량부에 대해서 0.05중량부 미만인 경우에는 유동성이 부족하여 주입배관에서 공급과 주변 토양층 내부로 침투특성이 불량하여 주변 토양층과 분리되는 문제가 있다.

【0039】상기 발포된 기포는 개기공량을 증가시키기 위하여 식물성 기포제를 사용하여 형성될 수 있으며, 물 100중량부에 대하여 식물성 기포제 10~20중량를 혼합하여 생성되는 것이 바람직하다. 상기 발포된 기포는 기포발생기를 통과시켜 미세기포를 제조하여 상기 결합재와 혼합수, 유동화제를 혼합한 슬러리에 첨가하여 2

차 혼합하여 기포 모르타르를 제조한 후 함몰지반 또는 지하 동공에 주입할 수 있다. 상기 식물성 기포제의 농도가 20중량부를 초과하는 경우에는 경제성이 나빠지며, 식물성 기포제 농도가 10중량부 미만인 경우에는 기포발생기를 통과하여 생성된 기포에 물이 다량 포함되어 기포 안정성이 저하되는 원인이 된다.

【0040】 상기 식물성 기포제를 사용하여 기포발생기에서 제조된 발포된 기포는 결합재 100중량부에 대해서 0.68~1.5중량부 혼합하여 싱크홀 복구용 투수성 충진재 조성물을 제조한다. 상기 발포된 기포 첨가량이 1.5중량부를 초과하면 투수계수는 증가하여 물 빠짐이 좋으나, 경화후 충전재의 강도가 저하되어 차량, 사람의 통행이 어려우며, 상기 발포된 기포 첨가량이 0.68중량부 미만인 경우에는 경화후 충전재의 투수성이 불량하여 투수계수가 낮아져 물빠짐이 불량하게 되어, 함몰지반, 지하 동공에 충전재를 사용하여 복구후에 상하수도 누수, 우수에 의하여 2차 함몰의 원인이 된다.

【0041】 본 발명은 또한 (a) 결합재와 혼합수를 1차 혼합하는 단계; (b) 결합재와 혼합수를 혼합한 슬러리에 유동화제를 첨가하는 단계; (c) 유동화제가 첨가된 슬러리에 기포 발생기에서 제조된 기포를 첨가한 후 혼합하는 단계를 포함하는 상기 싱크홀 복구용 투수성 충진제 제조방법을 제공한다.

【0043】 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부한 도면을 참조하여 당해 분야의 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 설명하기로 한다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어 관련된 공지의 기능 또는 공지의 구성에 대한 구체적

인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 그리고 도면에 제시된 어떤 특징들은 설명의 용이함을 위해 확대 또는 축소 또는 단순화된 것이고, 도면 및 그 구성요소들이 반드시 적절한 비율로 도시되어 있지는 않다. 그러나 당업자라면 이러한 상세 사항들을 쉽게 이해할 것이다.

【0045】 실시예 1

【0046】 보통 포틀랜드 시멘트 9중량부, 플라이애시 11중량부, 유동층 보일러 플라이애시 11중량부, 탈황석고 13중량부, 고로 슬래그 미분말 56중량부로 구성된 결합재에 대해서 물/결합재 비율 50%, 유동화제 0.2중량부, 기포제 농도 10중량부로 제조된 기포를 0.7중량부 혼합하여 투수성 충진제를 제조하였다.

【0048】 실시예 2

【0049】 보통 포틀랜드 시멘트 9중량부, 플라이애시 11중량부, 유동층 보일러 플라이애시 11중량부, 탈황석고 13중량부, 고로 슬래그 미분말 56중량부로 구성된 결합재에 대해서 물/결합재 비율 50%, 유동화제 0.2중량부, 기포제 농도 10중량부로 제조된 기포를 1.2중량부 혼합하여 투수성 충진제를 제조하였다.

【0051】 실시예 3

【0052】보통 포틀랜드 시멘트 9중량부, 플라이애시 11중량부, 유동층 보일러 플라이애시 11중량부, 탈황석고 13중량부, 고로 슬래그 미분말 56중량부로 구성된 결합재에 대해서 물/결합재 비율 50%, 유동화제 0.2중량부, 기포제 농도 15중량부로 제조된 기포를 0.7중량부 혼합하여 투수성 충진제를 제조하였다.

【0054】 실시예 4

【0055】보통 포틀랜드 시멘트 9중량부, 플라이애시 11중량부, 유동층 보일러 플라이애시 11중량부, 탈황석고 13중량부, 고로 슬래그 미분말 56중량부로 구성된 결합재에 대해서 물/결합재 비율 50%, 유동화제 0.2중량부, 기포제 농도 15중량부로 제조된 기포를 1.2중량부 혼합하여 투수성 충진제를 제조하였다.

【0057】 실시예 5

【0058】보통 포틀랜드 시멘트 12중량부, 플라이애시 16중량부, 유동층 보일러 플라이애시 15중량부, 탈황석고 18중량부, 고로 슬래그 미분말 39중량부로 구성된 결합재에 대해서 물/결합재 비율 50%, 유동화제 0.2중량부, 기포제 농도 10중량부로 제조된 기포를 0.7중량부 혼합하여 투수성 충진제를 제조하였다.

【0060】 실시예 6

【0061】보통 포틀랜드 시멘트 12중량부, 플라이애시 16중량부, 유동층 보일러 플라이애시 15중량부, 탈황석고 18중량부, 고로 슬래그 미분말 39중량부로 구성된 결합재에 대해서 물/결합재 비율 50%, 유동화제 0.2중량부, 기포제 농도 10중량부로 제조된 기포를 1.2중량부 혼합하여 투수성 충진제를 제조하였다.

【0063】실시예 7

【0064】보통 포틀랜드 시멘트 12중량부, 플라이애시 16중량부, 유동층 보일러 플라이애시 15중량부, 탈황석고 18중량부, 고로 슬래그 미분말 39중량부로 구성된 결합재에 대해서 물/결합재 비율 50%, 유동화제 0.2중량부, 기포제 농도 15중량부로 제조된 기포를 0.7중량부 혼합하여 투수성 충진제를 제조하였다.

【0066】실시예 8

【0067】보통 포틀랜드 시멘트 12중량부, 플라이애시 16중량부, 유동층 보일러 플라이애시 15중량부, 탈황석고 18중량부, 고로 슬래그 미분말 39중량부로 구성된 결합재에 대해서 물/결합재 비율 50%, 유동화제 0.2중량부, 기포제 농도 15중량부로 제조된 기포를 1.2중량부 혼합하여 투수성 충진제를 제조하였다.

【0069】비교예 1

【0070】보통 포틀랜드 시멘트 40중량부, 플라이애시 60중량부로 구성된 결합재에 대해서 물/결합재 비율 50%, 유동화제 0.2중량부, 기포제 농도 10중량부로 제조된 기포를 1.2중량부 혼합하여 투수성 층진제를 제조하였다.

【0072】비교예 2

【0073】보통 포틀랜드 시멘트 40중량부, 플라이애시 60중량부로 구성된 결합재에 대해서 물/결합재 비율 50%, 유동화제 0.2중량부, 기포제 농도 15중량부로 제조된 기포를 1.2중량부 혼합하여 투수성 층진제를 제조하였다.

【0075】상기 실시예 1~8 및 비교예 1~2의 조성을 표 2에 나타냈다.

【0076】【표 2】

	보통포틀랜드시멘트	플라이애시	열병합플라이애시	탈황석고	고로 슬래그 미분말	기포제 농도	기포 혼합량
실시예1	9.0	11.0	11.0	13.0	56.0	10.0%	0.70%
실시예2	9.0	11.0	11.0	13.0	56.0	10.0%	1.20%
실시예3	9.0	11.0	11.0	13.0	56.0	15.0%	0.70%
실시예4	9.0	11.0	11.0	13.0	56.0	15.0%	1.20%
실시예5	12.0	16.0	15.0	18.0	39.0	10.0%	0.70%
실시예6	12.0	16.0	15.0	18.0	39.0	10.0%	1.20%
실시예7	12.0	16.0	15.0	18.0	39.0	15.0%	0.70%
실시예8	12.0	16.0	15.0	18.0	39.0	15.0%	1.20%
비교예1	40.0	60.0	0.0	0.0	0.0	10.0%	1.20%
비교예2	40.0	60.0	0.0	0.0	0.0	15.0%	1.20%

【0078】상기 실시예 및 비교예의 실시결과에 따른 유동성, 겉보기 기공율, 투수계수 및 압축강도 측정결과는 표 3과 같다.

【0079】【표 3】

	유동성	겉보기	투수계수	압축강도	
	(㎜	기공률	(㎝/sec)	(3일MPa)	(7일MPa)
실시예1	268	52.4%	$9.6x10^{-2}$	0.84	1.37
실시예2	232	55.2%	$4.7x10^{-2}$	0.77	1.04
실시예3	251	43.1%	$8.5x10^{-2}$	1.27	1.61
실시예4	229	47.9%	$5.6x10^{-2}$	1.27	1.50
실시예5	235	44.9%	$6.0x10^{-1}$	0.92	1.65
실시예6	192	58.1%	$2.0x10^{-1}$	0.89	1.19
실시예7	239	44.5%	$5.7x10^{-1}$	1.03	2.20
실시예8	186	59.5%	$2.7x10^{-1}$	0.61	0.94
비교예1	254	47.8%	$5.4x10^{-3}$	0.49	0.75
비교예2	231	50.4	$2.4x10^{-3}$	0.37	0.66

【0081】표 3에 나타난 바와 같이, 본원 발명의 실시예의 경우 비교예에 비하여 높은 투수율 및 압축강도를 가지는 것으로 나타났다.

【0083】이상으로 본 발명 내용의 특정한 부분을 상세히 기술하였는 바, 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 있어서 이러한 구체적 기술은 단지 바람직한 실시 양태일 뿐이며, 이에 의해 본 발명의 범위가 제한되는 것이 아닌 점은 명백할 것이다. 따라서, 본 발명의 실질적인 범위는 첨부된 청구항들과 그것들의 등가물에 의하여 정의된다고 할 것이다.

【청구범위】

【청구항 1】

결합재 100중량부에 대하여 유동화제 0.05~0.3중량부, 발포된 기포 0.68~1.5중량부, 혼합수 40~55중량부를 포함하며,

상기 결합재로는 보통 포틀랜드 시멘트 5~13중량부, 플라이애시 10~20중량부, 유동층 보일러 플라이애시 10~18중량부, 배연탈황석고 12~21중량부 및 고로슬래그 미분말 30~62중량부로 구성되는 싱크홀 복구용 투수성 충진재 조성물.

【청구항 2】

제1항에 있어서,

상기 유동화제는 폴리카르본산계 유동화제인 것을 특징으로 하는 싱크홀 복구용 투수성 충진재 조성물.

【청구항 3】

제1항에 있어서,

상기 발포된 기포는 물 100중량부에 대하여 식물성 기포제 10~20중량부를 혼합하여 생성된 것을 특징으로 하는 싱크홀 복구용 투수성 충진재 조성물.

【청구항 4】

제1항에 있어서,

상기 싱크홀 복구용 투수성 충진제는 투수계수가 10^{-4}㎝/sec 이상인 것을 특징으로 하는 싱크홀 복구용 투수성 충진제.

【청구항 5】

(a) 결합재와 혼합수를 1차 혼합하는 단계;

(b) 결합재와 혼합수를 혼합한 슬러리에 유동화제를 첨가하는 단계;

(c) 유동화제가 첨가된 슬러리에 기포 발생기에서 제조된 기포를 첨가한 후 혼합하는 단계;

를 포함하는 제1항 내지 제4항 중 어느 한 항의 싱크홀 복구용 투수성 충진제 제조방법.

2018-11-15

【요약서】

【요약】

본 발명은 지하수에 의한 동공 또는 지반함몰 발생, 하수관거, 상수관거에서 누수에 의해서 주변 토사의 유실에 의한 지반함몰 또는 동공 발생, 자연발생적인 동공 발생, 지반굴착 공사현장에서 토양 유실에 의해 발생된 지하 동공을 신속하게 복구하기 위한 원 토양과 유사한 투수계수를 갖는 싱크홀 복구용 투수성 충진재 조성물 및 그 제조방법에 관한 것이다. 본 발명은 결합재 100중량부에 대하여 유동화제 0.05~0.3중량부, 발포된 기포 0.68~1.5중량부, 혼합수 40~55중량부를 포함하며, 상기 결합재로는 보통 포틀랜드 시멘트 5~13중량부, 플라이애시 10~20중량부, 유동층 보일러 플라이애시 10~18중량부, 배연탈황석고 12~21중량부 및 고로슬래그 미분말 30~62중량부로 구성되는 싱크홀 복구용 투수성 충진재 조성물을 제공한다.

【대표도】

도 1

【도면】

【도 1】



【도 2】



【도 3】



【도 4】



■ 출원 특허

- 발명의 명칭 : 공동 채움용 충전재를 현장 타설하는 공동 복구장치
  (출원 10-2019-0155320)

관 인 생 략

출 원 번 호 통 지 서

출 원 일 자	2019.11.28
특 기 사 항	심사청구(유) 공개신청(무)
출 원 번 호	10-2019-0155320 (접수번호 1-1-2019-1228542-08)
출 원 인 명 칭	재인스기초건설 주식회사(1-2009-037864-0) 외 1명
대 리 인 성 명	지정훈(9-2007-000984-8)
발 명 자 성 명	마영 김범석 정경헌 강희재 송헌영 우양이
발 명 의 명 칭	공동 채움용 충전재를 현장 타설하는 공동 복구장치

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.

2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호

3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식

4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.

5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : http://www.kipo.go.kr-특허마당-PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.

6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000

7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.

2019-11-28

【서지사항】

【서류명】 특허출원서

【출원구분】 특허출원

【출원인】

【명칭】 재인스기초건설 주식회사

【특허고객번호】 1-2009-037864-0

【출원인】

【명칭】 동부엔지니어링 주식회사

【특허고객번호】 1-1998-001227-6

【대리인】

【성명】 지정훈

【대리인번호】 9-2007-000984-8

【포괄위임등록번호】 2019-086403-7

【포괄위임등록번호】 2008-054012-2

【발명의 국문명칭】 공동 채움용 충전재를 현장 타설하는 공동 복구장치

【발명의 영문명칭】 Co-repair unit for on-site pouring of filling material

【발명자】

【성명】 마영

【성명의 영문표기】 MA Young

【주민등록번호】 681009-1XXXXXX

【우편번호】 02712

【주소】 서울특별시 성북구 솔샘로24길 15 정릉이-편한세상 102동 802호

【발명자】

【성명】 김범석

【성명의 영문표기】 KIM Beom Seok

【주민등록번호】 740805-1XXXXXX

【우편번호】 04013

【주소】 서울특별시 마포구 월드컵로11길 18, 501호

【발명자】

【성명】 정경헌

【성명의 영문표기】 JUNG Kyung Hun

【주민등록번호】 820305-1XXXXXX

【우편번호】 11902

【주소】 경기도 구리시 갈매중앙로 16 구리갈매푸르지오아파트 710동 1904호

【발명자】

【성명】 강희재

【성명의 영문표기】 KANG Hee Jae

【주민등록번호】 801004-2XXXXXX

【우편번호】 11902

【주소】 경기도 구리시 갈매중앙로 16 구리갈매푸르지오아파트 710동 1904호

2019-11-28

【발명자】

【성명】 송헌영

【성명의 영문표기】 SONG Hun Young

【주민등록번호】 780702-1XXXXXX

【우편번호】 14068

【주소】 경기도 안양시 동안구 관평로138번길 63 초원부영아파트 701동307호

【발명자】

【성명】 우양이

【성명의 영문표기】 WOO Yang Yi

【주민등록번호】 531225-1XXXXXX

【우편번호】 54008

【주소】 전라북도 군산시 해망로 606 소룡동 제이파크 202동 701호

【출원언어】 국어

【심사청구】 청구

【이 발명을 지원한 국가연구개발사업】

【과제고유번호】 18CTAP-C143696-01-0000000

【부처명】 국토교통부

【연구관리 전문기관】 국토교통과학기술진흥원

【연구사업명】 교통기술촉진연구사업

【연구과제명】 10 $^{-4}$ cm/sec이상의 투수성능을 보유한 토목용 프리믹스 충진재 개발 및 사업화

2019-11-28

【기여율】 1/1

【주관기관】 주식회사 에이지

【연구기간】 2018.04.17 ~ 2019.12.31

【취지】 위와 같이 특허청장에게 제출합니다.

대리인 지정훈 (서명 또는 인)

【수수료】

【출원료】	0 면	46,000 원
【가산출원료】	30 면	0 원
【우선권주장료】	0 건	0 원
【심사청구료】	8 항	495,000 원
【합계】	541,000 원	
【감면사유】	소기업(70%감면)[1],중견기업(30%감면)[1]	
【감면후 수수료】	270,500 원	

【발명의 설명】

【발명의 명칭】

공동 채움용 충전재를 현장 타설하는 공동 복구장치 {Co-repair unit for on-site pouring of filling material}

【기술분야】

【0001】 본 발명은 공동 채움용 충전재를 현장 타설하는 공동 복구장치에 관련되며, 보다 상세하게는 충전재 원료 배합비율 및 배합량을 자동 조절하여 경량 충전재 혼합물을 연속적으로 제조하므로 현장시공성 향상과 더불어 현장 상황에 적합한 경량 충전재 혼합물 물성을 충분히 구현하여 공동 복구에 따른 구조적 안정성을 확보하는 공동 채움용 충전재를 현장 타설하는 공동 복구장치에 관한 것이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

【0002】 지반함몰은 발생원인에 의해 자연적 현상에 의한 지반함몰(싱크홀)과 인위적 현상에 의한 지반함몰로 구분되고 있다. 국내의 경우에는 자연적으로 발생되는 지반함몰의 주요원인인 석회암층이 적기 때문에, 석회암 공동에 의한 지반함몰이 발생하기 어렵다. 이에 최근 국내에서 빈번하게 발생되고 있는 지반함몰은 인위적 현상에 의한 것으로서, 그 원인으로는 크게 상하수관의 손상 등에 의한 토사 유출, 터널 굴착 및 지하구조물 시공과 같은 지하공간개발 시의 시공관리 부실 등이 있다.

【0003】 특히, 인구밀집도가 매우 높고, 수많은 상하수관, 지하매설물 시공, 터널 및 지하구조물 시공이 활발한 대도시, 특히 서울시의 경우에는 크고 작은 지반함몰이 지속적으로 발생하고 있는 상태이다.

【0004】 서울시에서 지난 5년간(2010년~2014년 상반기) 발생한 지반함몰 발생건수는 2010년 435건, 2011년 573건, 2012년 689건, 2013년 854건 및 2014년(상반기) 568건으로 총 3,119건인 것으로 확인된 바 있다. 이에 대한 함몰발생 규모를 지중의 공동크기로 분류하면, 대부분이 1㎥미만의 소규모인 것으로 확인되었으며, 1㎥이상의 큰 규모의 공동도 316건이나 되는 것으로 조사된 바 있다(한국지질자원연구원, 2014) 이러한 공동에 대한 기존 복구 공법에 대해서 살펴보면, 현재 지반함몰 복구 방법으로는 개착 후 흙메우기 및 그라우팅 공법이 주로 적용되고 있다.

【0005】 여기서, 개착 후 흙메우기 공법은 공동이 생긴 도로 주변을 통제한 후, 지반함몰이 일어난 도로를 개착하여 손실된 공동에 흙을 메우고 다짐을 한 후, 상부구조물(도로 등)을 재시공하는 방법이다. 이에 개착으로 인한 원지반 교란에 따른 지반 강도 저하, 복잡한 시공 과정, 공기가 길어져서 발생하는 공사비 증가, 통행제한으로 인한 민원발생 등의 단점이 있는 것으로 알려져 있다.

【0006】 또한, 공동 발생주변에 지하수의 흐름이 발생하는 경우 주재료인 토사의 유실이 발생할 가능성이 매우 높기 때문에, 공동 복구에 요구되는 필요 이상의 토사가 사용되어 비경제적이며 비효율적인 복구방법의 원인이 될 수 있다. 그리고 토사의 다짐 시 지중매설물에 의해 최적의 다짐이 불가능한 경우도 발생할 가능성이 있다.

【0007】 그리고, 그라우팅 공법은 비개착식으로 공동의 보수/보강이 이루어지는 점에서 적용성의 용이함과 지반 내 간극까지 충진이 가능한 장점이 있다. 그러나 지반 내부에 시멘트계 충전재와 함께 약액을 주입하기 때문에, 환경오염 등의 문제점이 수반될 가능성이 있으며, 흙메우기와 동일하게 지하수 흐름에 기인하여 충진재료의 재료분리와 유실 가능성이 매우 높아 경제성 및 강도저하에 따른 안정성에 문제를 야기할 수 있는 단점이 있다.

【0008】 이에 종래에 개시된 등록특허 10-1850782호에서, 센서부(sensor); 제어부; 송수신부; 그리고 저장부; 를 추가 구성요소로 포함하며, 상기 제어부는, 센서부 중 GPR(Ground Penetrating Radar)을 통해 다변형 지반 신소재 섬유 포켓의 표면 상태를 추출한 뒤 상기 저장부에 저장하는 탐지 모듈; 상기 송수신부를 제어하여 이전의 공동의 충진을 위해 사용한 팽창제가 채워진 다변형 지반 신소재 섬유 포켓의 이액제인 제 1 액제 및 제 2 액제에 대한 배합비를 네트워크와 연결된 외부 관리 서버로 요청하여 반환받은 뒤, 주재(베이스)인 제 1 액제로 폴리올과, 경화제인 제 2 액제로 디이소시아네이트를 각각 사용하여 발포폴리우레탄이 형성되도록 하는 배합비 및 중량을 분석한 뒤, 센서부 중 촬상장치를 이용해 최초의 공동 발생시 촬영된 공동 형상의 전체 체적을 연산한 뒤, 공동이 다시 발생한 시간이 공동의 전체 체적에 따른 기준치 이하인 경우, 배합비로 폴리올의 중량을 단계(제 1 내지 제 n 단계, n은 2 이상의 자연수)로 조절하도록 상기 제 1 자동 컨트롤 패널을 제어하는 배합비 조절 모듈; 을 포함하는 기술이 선 등록된 바 있다.

【0009】 그러나 상기 종래기술은 공동의 규모 및 재료 특성에 따른 공동 발생 현장에서 보수/보강 재료 적용에 최적화된 주입 장비를 제공하려는 것이나, 현장 배합에 따른 재료 손실과 품질 등을 신뢰하기가 어려워 주어진 여건에 따라 정해진 시간 내에 정확한 계량 등을 통해 공동을 복구하는 것이 어렵고, 특히 정량적인 배합시스템의 부재로 투수성의 생명인 기포가 균질하게 분포되어 있는 주입재의 배합이 거의 불가능한 폐단이 따랐다.

【발명의 내용】

【해결하고자 하는 과제】

【0010】 이에 따라 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위해 착안 된 것으로서, 충전재 원료 배합비율 및 배합량을 자동 조절하여 경량 충전재 혼합물을 연속적으로 제조하므로 현장시공성 향상과 더불어 현장 상황에 적합한 경량 충전재 혼합물 물성을 충분히 구현하여 공동 복구에 따른 구조적 안정성을 확보하는 공동 채움용 충전재를 현장 타설하는 공동 복구장치를 제공하는 것에 그 목적이 있다.

【과제의 해결 수단】

【0011】 이러한 목적을 달성하기 위해 본 발명의 특징은, 포틀랜드 시멘트, 플라이애쉬, 탈황석고, 고로 슬래그 미분말, 경화지연제, 분말 화이버, 속경성 시멘트, 유동화제, 침강방지제, 수중 불분리제, 식물성 기포제, 과산화수소 기포제, 경화 촉진제, 물을 포함하는 충전재 원료를 각각 독립적으로 저장하는 복수의 싸이로 탱크(100); 상기 싸이로 탱크(100)에 저장된 충전재 원료의 공급량을 개별 제어

하는 제어부(200); 상기 싸이로 탱크(100)에 연결되어, 포틀랜드 시멘트, 플라이애쉬, 탈황석고, 고로 슬래그 미분말, 경화지연제, 분말 화이버, 속경성 시멘트, 유동화제, 침강방지제, 수중 불분리제를 각각 독립적으로 물과 혼합하여 슬러리 혼합물을 제조하는 제 1교반부(300); 상기 제 1교반부(300)에서 제조된 슬러리 혼합물과 식물성 기포제를 혼합하여 기포 슬러리 혼합물을 형성하는 아지데이터부(400); 상기 아지데이터부(400)에 연결되어, 기포 슬러리 혼합물과, 기포발생부(500)를 거친 과산화수소 기포제와, 경화촉진제를 혼합하여 경량 충전재 혼합물을 제조하는 제 2교반부(600); 상기 제 2교반부(600)에 연결되어, 충전재 혼합물의 이동량을 측정하여 제어부로 송출하는 유량계(700); 및 상기 유량계(700)에 연결되어, 충전재 혼합물을 공동으로 주입하는 주입부(800);를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

【0012】 이때, 상기 제어부(200)는 3D 스캐너부재(220)를 이용하여 공동 내부 체적을 산출하고, 상기 체적 산출 값을 연산하여 제 1교반부(300)에서 슬러리 혼합물 제조량 및 기포발생부(500)를 통하여 과산화수소 기포제 혼합량을 제어하도록 구비되는 것을 특징으로 한다.

【0013】 또한, 상기 3D 스캐너부재(220)는, 중공(1) 입구 주변 지면에 지지되는 받침대(221)와, 받침대(221)에 설치되는 구동부에 의해 중공(1) 깊이 방향으로 이송되는 로드봉(222)과, 로드봉(222) 하단부에 설치되어 중공(1) 바닥 지점을 검출하는 센서(223)와, 로드봉(222)을 타고 이동되거나, 로드봉(222)과 함께 이동되고, 로드봉(222)을 축으로 회전되면서 중공(1) 내부 체적을 검출하는 3D 스캐너

(224)로 구성되는 것을 특징으로 한다.

【0014】 또한, 상기 제 1교반부(300)와 아지데이터부(400)는 믹서프레임에 의해 적층 설치되고, 상기 믹서프레임(900)은, 아지데이터부(400)가 설치되는 베이스프레임(910)과, 베이스프레임(910)에 종방향으로 설치되어 복수의 제 1교반부(300)를 지지하도록 구비되는 복수의 종바(920)와, 종바(920)와 대응하는 제 1교반부(300) 외주면에 돌출되어 종바(920) 상면에 안착 지지되는 받침편(310)과, 받침편(310)과 종바(920) 사이에 설치되어 제 1교반부(300)에 저장된 슬러리 혼합물 중량을 검출하는 로드셀(930)로 이루어지고, 상기 로드셀(930) 검출 값은 제어부(200)로 전송되어 슬러리 혼합물 제조량이 실시간으로 제어되도록 구비되는 것을 특징으로 한다.

【0015】 또한, 상기 주입부(800)는, 중공(1) 입구 주변 지면에 지지되는 받침대(810)와, 받침대(810)에 설치되어 구동부에 의해 정, 역회전되는 복수의 피딩롤러부(820)와, 피딩롤러부(820)를 타고 중공(1) 깊이방향으로 투입 길이가 제어되는 주입관(830)과, 주입관(830) 단부에 회전 가능하게 설치되고, 단부 외주면에 방사형으로 경사노즐(842)이 구비되어 경량 충전재 혼합물 토출압력에 의해 회전 운동되는 회전노즐부(840)와, 회전노즐부(840) 전방에 설치되어 밸브(852)에 의해 개폐작동되는 메인노즐부(850)로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

【0016】 또한, 상기 제어부(200)는 중공(1) 내주면 코팅용 경량 충전재 혼합물(C1)과, 중공 내부 채움용 경량 충전재 혼합물(C2)과, 중공 상층 마감용 경량 충전재 혼합물(C3)을 단계적으로 제조하도록 설정되고, 상기 코팅용 경량 충전재 혼

합물(C1)은 기포제가 미포함되고 경화촉진제가 포함되는 경량 충전재 혼합물로서, 중공(1) 내주면 5~30㎜ 두께로 코팅되고, 상기 채움용 경량 충전재 혼합물(C2)은 경화지연제, 식물성 기포제, 과산화수소 기포제가 포함된 경량 충전재 혼합물로서, 중공(1) 내부 체적의 80%를 채우도록 구비되며, 상기 마감용 경량 충전재 혼합물(C3)은 기포제가 미포함되고 경화촉진제가 포함되는 경량 충전재 혼합물로서, 마감용 경량 충전재 혼합물에 의해 채워진 중공 상층을 마감하여 마감용 경량 충전재 혼합물(C2)에 포함된 기포의 상부 누출을 차단하도록 구비되는 것을 특징으로 한다.

【0017】 또한, 상기 주입부(800)의 주입관(830)은 밸브(852)에 의해 메인노즐부(850)가 닫힘 상태로 중공(1) 입구에서 깊이 방향으로 이동하며 코팅용 경량 충전재 혼합물(C1)이 투입되고, 코팅용 경량 충전재 혼합물(C1) 토출압력에 의해 회전노즐부(840)가 회전운동되며 중공(1) 내주면에 코팅층을 형성하며, 상기 코팅용 경량 충전재 혼합물(C1) 투입이 완료된 후, 밸브(852)에 의해 메인노즐부(850)가 개방된 상태로 주입관(830)이 중공(1) 바닥에서 입구측으로 이동하며 채움용 경량 충전재 혼합물(C2)이 투입되어 중공(1) 내부 체적의 80%를 채우도록 구비되며, 상기 채움용 경량 충전재 혼합물(C2) 투입이 완료된 후, 메인노즐부(850)를 통하여 상층 마감용 경량 충전재 혼합물(C3)이 투입되어 중공(1) 상부를 마감하도록 구비되는 것을 특징으로 한다.

【0018】 또한, 상기 주입부(800)는, 중공(1) 입구 주변 지면에 지지되는 받침대(810)와, 받침대(810)에 설치되어 구동부에 의해 정, 역회전되는 복수의 피딩

롤러부(820)와, 피딩롤러부(820)를 타고 중공(1) 깊이방향으로 투입 길이가 제어되는 주입관(830)과, 주입관(830) 단부에 설치되어 경량 충전재 혼합물이 토출되는 메인노즐부(850)로 이루어지고, 상기 메인노즐부(850)는, 하단부로 갈수록 방사형으로 확장되는 복수의 가이드레일(851a)이 형성되고, 내부에 실린더실(851b)이 구비되는 노즐본체(851)와, 실린더실(851b)에 설치되어 경량 충전재 혼합물 이동압력에 의해 하방향으로 이동가능하면서 복수의 분배홀(853a)이 관통되는 피스톤(853)과, 경량 충전재 혼합물의 이동압력이 해제시 피스톤(853)을 상방향으로 복원 이송시키는 탄성체(854)와, 피스톤(853)의 분배홀(853a)에 일단이 연결되고, 다른 일단은 노즐본체(851)의 가이드레일(851a)을 타고 방사형으로 확장 인출되는 복수의 분배관(855)으로 구성되며, 상기 주입관(830)을 통하여 경량 충전재 혼합물이 공급되면, 실린더실(851b) 내부 압력이 증가하면서 피스톤(853)이 하방향으로 이동되고, 피스톤(853)의 이동력에 의해 복수의 분배관(855)이 가이드레일(851a)을 타고 방사형으로 확장 인출된 상태로 피스톤(853)의 분배홀(853a)을 통하여 분배되는 경량 충전재 혼합물이 복수의 분배관(855)을 타고 주입관(830) 중심에서 방사형으로 이격된 복수의 지점에서 토출되도록 구비되는 것을 특징으로 한다.

【발명의 효과】

【0019】 이상의 구성 및 작용에 의하면, 본 발명은 충전재 원료 배합비율 및 배합량을 자동 조절하여 경량 충전재 혼합물을 연속적으로 제조하므로 현장시공성 향상과 더불어 현장 상황에 적합한 경량 충전재 혼합물 물성을 충분히 구현하여 공동 복구에 따른 구조적 안정성을 확보하는 효과가 있다.

【도면의 간단한 설명】

【0020】 도 1 내지 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 공동 채움용 충전재를 현장 타설하는 공동 복구장치를 개략적으로 나타내는 구성도.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 공동 채움용 충전재를 현장 타설하는 공동 복구장치의 제 1교반부와 아지데이터부를 나타내는 구성도.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 공동 채움용 충전재를 현장 타설하는 공동 복구장치의 3D 스캐너부재를 나타내는 구성도.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 공동 채움용 충전재를 현장 타설하는 공동 복구장치의 주입부를 나타내는 구성도.

도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 공동 채움용 충전재를 현장 타설하는 공동 복구장치를 개략적으로 나타내는 구성도.

도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 공동 채움용 충전재를 현장 타설하는 공동 복구장치의 주입부 변형예를 나타내는 구성도.

【발명을 실시하기 위한 구체적인 내용】

【0021】 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명한다.

【0022】 도 1 내지 도 2 및 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 공동 채움용 충전재를 현장 타설하는 공동 복구장치를 개략적으로 나타내는 구성도이다.

【0023】 본 발명은 공동 채움용 충전재를 현장 타설하는 공동 복구장치에 관련되며, 이는 충전재 원료 배합비율 및 배합량을 자동 조절하여 경량 충전재 혼합물을 연속적으로 제조하므로 현장시공성 향상과 더불어 현장 상황에 적합한 경량 충전재 혼합물 물성을 충분히 구현하여 공동 복구에 따른 구조적 안정성을 확보하기 위해 싸이로 탱크(100), 제어부(200), 제 1교반부(300), 아지데이터부(400), 기포발생부(500), 제 2교반부(600), 유량계(700), 주입부(800)를 포함하여 주요구성으로 이루어진다.

【0024】 본 발명에 따른 싸이로 탱크(100)는 포틀랜드 시멘트, 플라이애쉬, 탈황석고, 고로 슬래그 미분말, 경화지연제, 분말 화이버, 속경성 시멘트, 유동화제, 침강방지제, 수중 불분리제, 식물성 기포제, 과산화수소 기포제, 경화 촉진제, 물을 포함하는 충전재 원료를 각각 독립적으로 저장하도록 복수로 구비된다. 싸이로 탱크(100) 중 분말 형태의 충전재 원료가 저장되는 탱크는 하부에 스크루 컨베이어가 설치되고, 액상의 충전재 원료가 저장되는 탱크는 하부에 밸브가 설치되며, 상기 스크루 컨베이어와 밸브는 후술하는 제어부(20)에 의해 on/off 작동이 제어된다.

【0025】 이때, 본 발명에 따른 제어부(200)는 상기 싸이로 탱크(100)에 저장된 충전재 원료의 공급량을 개별 제어도록 구비된다. 그리고 제어부(200)에는 후술하는 3D 스캐너부재(220)를 이용하여 산출된 공동 내부 체적을 연산하여 충전재 원료 공급량을 자동 산출하는 자동모드 및 사용자에 의해 원료 공급량이 설정되는 수동모드를 제공하게 된다.

【0026】 이때, 상기 제어부(200)는 3D 스캐너부재(220)를 이용하여 공동 내부 체적을 산출하고, 상기 체적 산출 값을 연산하여 제 1교반부(300)에서 슬러리 혼합물 제조량 및 기포발생부(500)를 통하여 과산화수소 기포제 혼합량을 제어하도록 구비된다.

【0027】 도 4에서, 상기 3D 스캐너부재(220)는, 중공(1) 입구 주변 지면에 지지되는 받침대(221)와, 받침대(221)에 설치되는 구동부에 의해 중공(1) 깊이 방향으로 이송되는 로드봉(222)과, 로드봉(222) 하단부에 설치되어 중공(1) 바닥 지점을 검출하는 센서(223)와, 로드봉(222)을 타고 이동되거나, 로드봉(222)과 함께 이동되고, 로드봉(222)을 축으로 회전되면서 중공(1) 내부 체적을 검출하는 3D 스캐너(224)로 구성된다.

【0028】 또한, 본 발명에 따른 제 1교반부(300)는 상기 싸이로 탱크(100)에 연결되어, 포틀랜드 시멘트, 플라이애쉬, 탈황석고, 고로 슬래그 미분말, 경화지연제, 분말 화이버, 속경성 시멘트, 유동화제, 침강방지제, 수중 불분리제를 각각 독립적으로 물과 혼합하여 슬러리 혼합물을 제조하도록 구비된다. 제 1교반부(300)는 각각의 싸이로 탱크(100)에 연결되고, 이때 제 1교반부(300)는 후술하는 로드셀(930)에 의해 중량이 실시간으로 검출되어 충전재 원료의 사용량이 검출되므로, 충전재 원료의 공급량 배합 비율이 정밀하게 제어된다.

【0029】 또한, 본 발명에 따른 아지데이터부(400)는 상기 제 1교반부(300)에서 제조된 슬러리 혼합물과 식물성 기포제를 혼합하여 기포 슬러리 혼합물을 형성된다. 즉, 상기 아지데이터부(400)는 각각의 제 1교반부(300)에서 제조된 슬러리

혼합물을 모아서 식물성 기포제와 혼합하는 구성으로서, 이때 식물성 기포제는 기포발생부(500)에 의해 기포 생성된 상태로 배합된다.

【0030】 도 3에서, 상기 제 1교반부(300)와 아지데이터부(400)는 믹서프레임에 의해 적층 설치되고, 상기 믹서프레임(900)은, 아지데이터부(400)가 설치되는 베이스프레임(910)과, 베이스프레임(910)에 종방향으로 설치되어 복수의 제 1교반부(300)를 지지하도록 구비되는 복수의 종바(920)와, 종바(920)와 대응하는 제 1교반부(300) 외주면에 돌출되어 종바(920) 상면에 안착 지지되는 받침편(310)과, 받침편(310)과 종바(920) 사이에 설치되어 제 1교반부(300)에 저장된 슬러리 혼합물 중량을 검출하는 로드셀(930)로 이루어지고, 상기 로드셀(930) 검출 값은 제어부(200)로 전송되어 슬러리 혼합물 제조량이 실시간으로 제어되도록 구비된다.

【0031】 또한, 본 발명에 따른 제 2교반부(600)는 상기 아지데이터부(400)에 연결되어, 기포 슬러리 혼합물과, 기포발생부(500)를 거친 과산화수소 기포제와, 경화촉진제를 혼합하여 경량 충전재 혼합물을 제조하도록 구비된다. 여기서 경화촉진제는 경량 충전재 혼합물을 제조 후, 중공으로 이동되는 시간, 거리를 고려하여 투입량이 결정된다.

【0032】 또한, 본 발명에 따른 유량계(700)는 상기 제 2교반부(600)에 연결되어, 충전재 혼합물의 이동량을 측정하여 제어부(200)로 송출하도록 구비된다.

【0033】 또한, 본 발명에 따른 주입부(800)는 유량계(700)에 연결되어, 충전재 혼합물을 공동으로 주입하도록 구비된다. 상기 주입부(800)는, 중공(1) 입구 주변 지면에 지지되는 받침대(810)와, 받침대(810)에 설치되어 구동부에 의해 정, 역

회전되는 복수의 피딩롤러부(820)와, 피딩롤러부(820)를 타고 중공(1) 깊이방향으로 투입 길이가 제어되는 주입관(830)과, 주입관(830) 단부에 회전 가능하게 설치되고, 단부 외주면에 방사형으로 경사노즐(842)이 구비되어 경량 충전재 혼합물 토출압력에 의해 회전 운동되는 회전노즐부(840)와, 회전노즐부(840) 전방에 설치되어 밸브(852)에 의해 개폐작동되는 메인노즐부(850)로 이루어진다.

【0034】 그리고, 상기 제어부(200)는 중공(1) 내주면 코팅용 경량 충전재 혼합물(C1)과, 중공 내부 채움용 경량 충전재 혼합물(C2)과, 중공 상층 마감용 경량 충전재 혼합물(C3)을 단계적으로 제조하도록 설정되고, 상기 코팅용 경량 충전재 혼합물(C1)은 기포제가 미포함되고 경화촉진제가 포함되는 경량 충전재 혼합물로서, 중공(1) 내주면 5~30㎜ 두께로 코팅되고, 상기 채움용 경량 충전재 혼합물(C2)은 경화지연제, 식물성 기포제, 과산화수소 기포제가 포함된 경량 충전재 혼합물로서, 중공(1) 내부 체적의 80%를 채우도록 구비되며, 상기 마감용 경량 충전재 혼합물(C3)은 기포제가 미포함되고 경화촉진제가 포함되는 경량 충전재 혼합물로서, 마감용 경량 충전재 혼합물에 의해 채워진 중공 상층을 마감하여 마감용 경량 충전재 혼합물(C2)에 포함된 기포의 상부 누출을 차단하도록 구비된다.

【0035】 도 5 (a)에서, 상기 주입부(800)의 주입관(830)은 밸브(852)에 의해 메인노즐부(850)가 닫힘 상태로 중공(1) 입구에서 깊이 방향으로 이동하며 코팅용 경량 충전재 혼합물(C1)이 투입되고, 코팅용 경량 충전재 혼합물(C1) 토출압력에 의해 회전노즐부(840)가 회전운동되며 중공(1) 내주면에 코팅층을 형성하며, 상기 코팅용 경량 충전재 혼합물(C1) 투입이 완료된 후, 도 5 (b)와 같이 밸브(852)에

의해 메인노즐부(850)가 개방된 상태로 주입관(830)이 중공(1) 바닥에서 입구측으로 이동하며 채움용 경량 충전재 혼합물(C2)이 투입되어 중공(1) 내부 체적의 80%를 채우도록 구비되며, 상기 채움용 경량 충전재 혼합물(C2) 투입이 완료된 후, 도 5 (c)처럼 메인노즐부(850)를 통하여 상층 마감용 경량 충전재 혼합물(C3)이 투입되어 중공(1) 상부를 마감하도록 구비된다.

【0036】 이처럼 공동 복구시, 코팅용 경량 충전재 혼합물(C1)에 의해 공동 내주면 추가 붕괴가 방지됨과 더불어 이후 투입되는 채움용 경량 충전재 혼합물(C2)의 손실이 방지되며, 또 채움용 경량 충전재 혼합물(C2)가 코팅용 경량 충전재 혼합물(C1)와 상층 마감용 경량 충전재 혼합물(C3)에 의해 감싸는 형태로 보호되어 기포의 외부 누출이 방지되어 경량 충전재 혼합물이 원형 그대로 유지되면서 중공 복구 시간이 단축되는 이점이 있다.

【0037】 도 7에서, 상기 주입부(800)는, 중공(1) 입구 주변 지면에 지지되는 받침대(810)와, 받침대(810)에 설치되어 구동부에 의해 정, 역회전되는 복수의 피딩롤러부(820)와, 피딩롤러부(820)를 타고 중공(1) 깊이방향으로 투입 길이가 제어되는 주입관(830)과, 주입관(830) 단부에 설치되어 경량 충전재 혼합물이 토출되는 메인노즐부(850)로 이루어진다.

【0038】 여기서, 상기 메인노즐부(850)는, 하단부로 갈수록 방사형으로 확장되는 복수의 가이드레일(851a)이 형성되고, 내부에 실린더실(851b)이 구비되는 노즐본체(851)와, 실린더실(851b)에 설치되어 경량 충전재 혼합물 이동압력에 의해 하방향으로 이동가능하면서 복수의 분배홀(853a)이 관통되는 피스톤(853)과, 경량

충전재 혼합물의 이동압력이 해제시 피스톤(853)을 상방향으로 복원 이송시키는 탄성체(854)와, 피스톤(853)의 분배홀(853a)에 일단이 연결되고, 다른 일단은 노즐본체(851)의 가이드레일(851a)을 타고 방사형으로 확장 인출되는 복수의 분배관(855)으로 구성된다.

【0039】 작동상에 있어서, 상기 주입관(830)을 통하여 경량 충전재 혼합물이 공급되면, 실린더실(851b) 내부 압력이 증가하면서 피스톤(853)이 하방향으로 이동되고, 피스톤(853)의 이동력에 의해 복수의 분배관(855)이 가이드레일(851a)을 타고 방사형으로 확장 인출된 상태로 피스톤(853)의 분배홀(853a)을 통하여 분배되는 경량 충전재 혼합물이 복수의 분배관(855)을 타고 주입관(830) 중심에서 방사형으로 이격된 복수의 지점에서 토출되도록 구비된다.

【0040】 이에 상기 주입관(830)을 타고 이동되는 경량 충전재 혼합물이 복수의 분배관(855)을 타고 주입관(830) 중심에서 방사형으로 이격된 복수의 지점으로 분산 토출되므로 경량 충전재 혼합물 주입압력에 의한 공동(1) 내부 토사 유실이 방지되고, 광범위한 영역에 대한 경량 충전재 혼합물 주입효율이 향상된다.

【0041】 한편, 상기 경량 충전재 혼합물은, 포틀랜드 시멘트 5 ~ 20 중량부, 플라이애쉬 10 ~ 38 중량부, 탈황석고 5 ~ 15 중량부, 고로 슬래그 미분말 25 ~ 50 중량부, 경화지연제 0.04 ~ 1.3 중량부, 속경성 시멘트 2 ~ 10 중량부, 유동화제 0.05 ~ 0.4 중량부, 침강방지제 0.007 ~ 0.06 중량부, 수중 불분리제 0.1 ~ 6 중량부, 분말 화이버 0.5 ~ 1.5 중량부를 포함하는 충전재 원료를 제조하는 단계와, 상기 충전재 원료를 제조하는 단계에서 제조된 충전재 원료 100중량부에 대해서 물

40 ~ 57 중량부를 혼합하여 슬러리 혼합물을 제조하는 단계와, 물 100중량부에 대해서 식물성 기포제 8~15중량부를 혼합하여 기포제 희석액을 제조하고, 제조된 기포제 희석액을 기포발생기를 통과시켜 기포를 제조하는 단계와, 상기슬러리 혼합물을 제조하는 단계에서 제조된 슬러리 100중량부에 대해서기포를 제조하는 단계에서 제조된 기포 1.7~5 중량부를 혼합하여 기포 슬러리를 제조하는 단계와, 상기 기포 슬러리를 제조하는 단계에서 제조된 슬러리 혼합물에 과산화수소 기포제 4 ~ 6 중량부, 경화 촉진제 0.1 ~ 0.15 중량부를 혼합하는 공동 채움용 충전재(경량 충전재 혼합물)를 제조하는 단계를 통하여 형성된다.

【부호의 설명】

【0042】 10: 싸이로 탱크 200: 제어부

300: 제 1교반부 400: 아지데이터부

500: 기포발생부 600: 제 2교반부

700: 유량계 800: 주입부

【청구범위】

【청구항 1】

포틀랜드 시멘트, 플라이애쉬, 탈황석고, 고로 슬래그 미분말, 경화지연제, 분말 화이버, 속경성 시멘트, 유동화제, 침강방지제, 수중 불분리제, 식물성 기포제, 과산화수소 기포제, 경화 촉진제, 물을 포함하는 충전재 원료를 각각 독립적으로 저장하는 복수의 싸이로 탱크(100);

상기 싸이로 탱크(100)에 저장된 충전재 원료의 공급량을 개별 제어하는 제어부(200);

상기 싸이로 탱크(100)에 연결되어, 포틀랜드 시멘트, 플라이애쉬, 탈황석고, 고로 슬래그 미분말, 경화지연제, 분말 화이버, 속경성 시멘트, 유동화제, 침강방지제, 수중 불분리제를 각각 독립적으로 물과 혼합하여 슬러리 혼합물을 제조하는 제 1교반부(300);

상기 제 1교반부(300)에서 제조된 슬러리 혼합물과 식물성 기포제를 혼합하여 기포 슬러리 혼합물을 형성하는 아지데이터부(400);

상기 아지데이터부(400)에 연결되어, 기포 슬러리 혼합물과, 기포발생부(500)를 거친 과산화수소 기포제와, 경화촉진제를 혼합하여 경량 충전재 혼합물을 제조하는 제 2교반부(600);

상기 제 2교반부(600)에 연결되어, 충전재 혼합물의 이동량을 측정하여 제어부로 송출하는 유량계(700); 및

상기 유량계(700)에 연결되어, 충전재 혼합물을 공동으로 주입하는 주입부(800);를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 공동 채움용 충전재를 현장 타설하는 공동 복구장치.

【청구항 2】

제 1항에 있어서,

상기 제어부(200)는 3D 스캐너부재(220)를 이용하여 공동 내부 체적을 산출하고, 상기 체적 산출 값을 연산하여 제 1교반부(300)에서 슬러리 혼합물 제조량 및 기포발생부(500)를 통하여 과산화수소 기포제 혼합량을 제어하도록 구비되는 것을 특징으로 하는 공동 채움용 충전재를 현장 타설하는 공동 복구장치.

【청구항 3】

제 2항에 있어서,

상기 3D 스캐너부재(220)는, 중공(1) 입구 주변 지면에 지지되는 받침대(221)와, 받침대(221)에 설치되는 구동부에 의해 중공(1) 깊이 방향으로 이송되는 로드봉(222)과, 로드봉(222) 하단부에 설치되어 중공(1) 바닥 지점을 검출하는 센서(223)와, 로드봉(222)을 타고 이동되거나, 로드봉(222)과 함께 이동되고, 로드봉(222)을 축으로 회전되면서 중공(1) 내부 체적을 검출하는 3D 스캐너(224)로 구성되는 것을 특징으로 하는 공동 채움용 충전재를 현장 타설하는 공동 복구장치.

【청구항 4】

제 1항에 있어서,

상기 제 1교반부(300)와 아지데이터부(400)는 믹서프레임에 의해 적층 설치되고, 상기 믹서프레임(900)은, 아지데이터부(400)가 설치되는 베이스프레임(910)과, 베이스프레임(910)에 종방향으로 설치되어 복수의 제 1교반부(300)를 지지하도록 구비되는 복수의 종바(920)와, 종바(920)와 대응하는 제 1교반부(300) 외주면에 돌출되어 종바(920) 상면에 안착 지지되는 받침편(310)과, 받침편(310)과 종바(920) 사이에 설치되어 제 1교반부(300)에 저장된 슬러리 혼합물 중량을 검출하는 로드셀(930)로 이루어지고, 상기 로드셀(930) 검출 값은 제어부(200)로 전송되어 슬러리 혼합물 제조량이 실시간으로 제어되도록 구비되는 것을 특징으로 하는 공동 채움용 충전재를 현장 타설하는 공동 복구장치.

【청구항 5】

제 1항에 있어서,

상기 주입부(800)는, 중공(1) 입구 주변 지면에 지지되는 받침대(810)와, 받침대(810)에 설치되어 구동부에 의해 정, 역회전되는 복수의 피딩롤러부(820)와, 피딩롤러부(820)를 타고 중공(1) 깊이방향으로 투입 길이가 제어되는 주입관(830)과, 주입관(830) 단부에 회전 가능하게 설치되고, 단부 외주면에 방사형으로 경사노즐(842)이 구비되어 경량 충전재 혼합물 토출압력에 의해 회전 운동되는 회전노즐부(840)와, 회전노즐부(840) 전방에 설치되어 밸브(852)에 의해 개폐작동되는 메인노즐부(850)로 이루어지는 것을 특징으로 하는 공동 채움용 충전재를 현장 타설하는 공동 복구장치.

【청구항 6】

제 5항에 있어서,

상기 제어부(200)는 중공(1) 내주면 코팅용 경량 충전재 혼합물(C1)과, 중공 내부 채움용 경량 충전재 혼합물(C2)과, 중공 상층 마감용 경량 충전재 혼합물(C3)을 단계적으로 제조하도록 설정되고, 상기 코팅용 경량 충전재 혼합물(C1)은 기포제가 미포함되고 경화촉진제가 포함되는 경량 충전재 혼합물로서, 중공(1) 내주면 5~30㎜ 두께로 코팅되고, 상기 채움용 경량 충전재 혼합물(C2)은 경화지연제, 식물성 기포제, 과산화수소 기포제가 포함된 경량 충전재 혼합물로서, 중공(1) 내부 체적의 80%를 채우도록 구비되며, 상기 마감용 경량 충전재 혼합물(C3)은 기포제가 미포함되고 경화촉진제가 포함되는 경량 충전재 혼합물로서, 마감용 경량 충전재 혼합물에 의해 채워진 중공 상층을 마감하여 마감용 경량 충전재 혼합물(C2)에 포함된 기포의 상부 누출을 차단하도록 구비되는 것을 특징으로 하는 공동 채움용 충전재를 현장 타설하는 공동 복구장치.

【청구항 7】

제 6항에 있어서,

상기 주입부(800)의 주입관(830)은 밸브(852)에 의해 메인노즐부(850)가 닫힘 상태로 중공(1) 입구에서 깊이 방향으로 이동하며 코팅용 경량 충전재 혼합물(C1)이 투입되고, 코팅용 경량 충전재 혼합물(C1) 토출압력에 의해 회전노즐부(840)가 회전운동되며 중공(1) 내주면에 코팅층을 형성하며, 상기 코팅용 경량 충

전재 혼합물(C1) 투입이 완료된 후, 밸브(852)에 의해 메인노즐부(850)가 개방된 상태로 주입관(830)이 중공(1) 바닥에서 입구측으로 이동하며 채움용 경량 충전재 혼합물(C2)이 투입되어 중공(1) 내부 체적의 80%를 채우도록 구비되며, 상기 채움용 경량 충전재 혼합물(C2) 투입이 완료된 후, 메인노즐부(850)를 통하여 상층 마감용 경량 충전재 혼합물(C3)이 투입되어 중공(1) 상부를 마감하도록 구비되는 것을 특징으로 하는 공동 채움용 충전재를 현장 타설하는 공동 복구장치.

【청구항 8】

제 1항에 있어서,

상기 주입부(800)는, 중공(1) 입구 주변 지면에 지지되는 받침대(810)와, 받침대(810)에 설치되어 구동부에 의해 정, 역회전되는 복수의 피딩롤러부(820)와, 피딩롤러부(820)를 타고 중공(1) 깊이방향으로 투입 길이가 제어되는 주입관(830)과, 주입관(830) 단부에 설치되어 경량 충전재 혼합물이 토출되는 메인노즐부(850)로 이루어지고,

상기 메인노즐부(850)는, 하단부로 갈수록 방사형으로 확장되는 복수의 가이드레일(851a)이 형성되고, 내부에 실린더실(851b)이 구비되는 노즐본체(851)와, 실린더실(851b)에 설치되어 경량 충전재 혼합물 이동압력에 의해 하방향으로 이동가능하면서 복수의 분배홀(853a)이 관통되는 피스톤(853)과, 경량 충전재 혼합물의 이동압력이 해제시 피스톤(853)을 상방향으로 복원 이송시키는 탄성체(854)와, 피스톤(853)의 분배홀(853a)에 일단이 연결되고, 다른 일단은 노즐본체(851)의 가이

드레일(851a)을 타고 방사형으로 확장 인출되는 복수의 분배관(855)으로 구성되며,

상기 주입관(830)을 통하여 경량 충전재 혼합물이 공급되면, 실린더실(851b) 내부 압력이 증가하면서 피스톤(853)이 하방향으로 이동되고, 피스톤(853)의 이동력에 의해 복수의 분배관(855)이 가이드레일(851a)을 타고 방사형으로 확장 인출된 상태로 피스톤(853)의 분배홀(853a)을 통하여 분배되는 경량 충전재 혼합물이 복수의 분배관(855)을 타고 주입관(830) 중심에서 방사형으로 이격된 복수의 지점에서 토출되도록 구비되는 것을 특징으로 하는 공동 채움용 충전재를 현장 타설하는 공동 복구장치.

【요약서】

【요약】

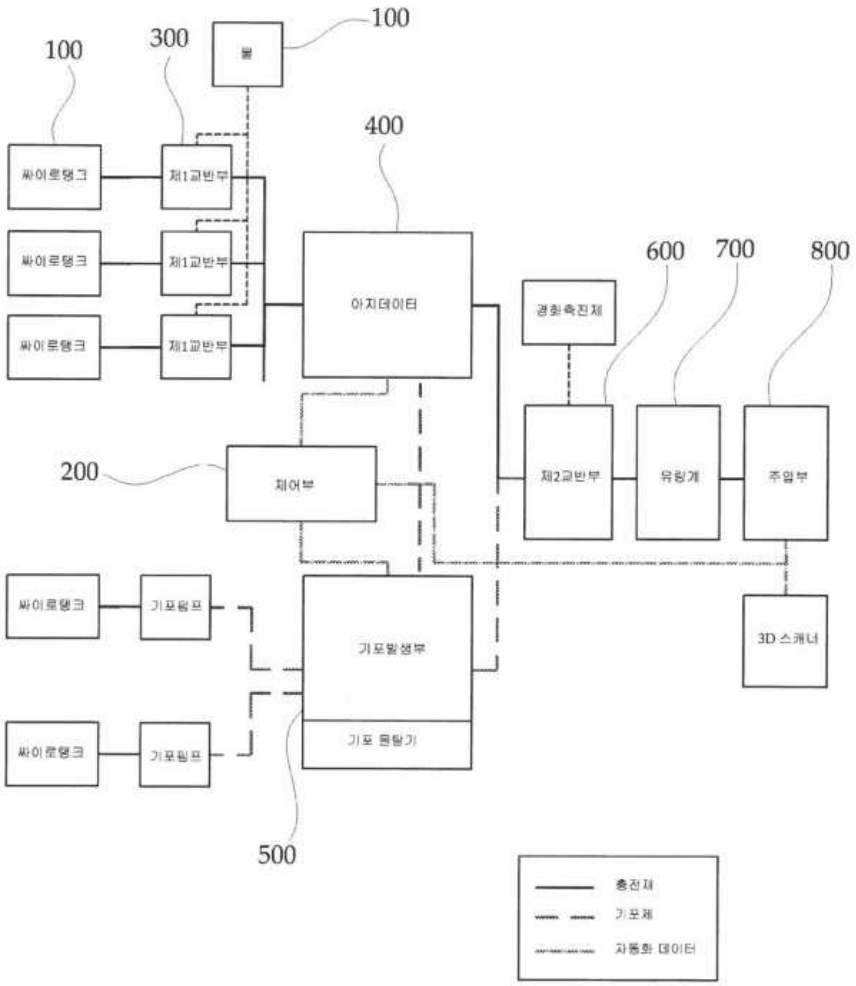
본 발명은 공동 채움용 충전재를 현장 타설하는 공동 복구장치에 관련되며, 이는 충전재 원료 배합비율 및 배합량을 자동 조절하여 경량 충전재 혼합물을 연속적으로 제조하므로 현장시공성 향상과 더불어 현장 상황에 적합한 경량 충전재 혼합물 물성을 충분히 구현하여 공동 복구에 따른 구조적 안정성을 확보하기 위해 싸이로 탱크(100), 제어부(200), 제 1교반부(300), 아지데이터부(400), 기포발생부(500), 제 2교반부(600), 유량계(700), 주입부(800)를 포함하여 주요구성으로 이루어진다.

【대표도】

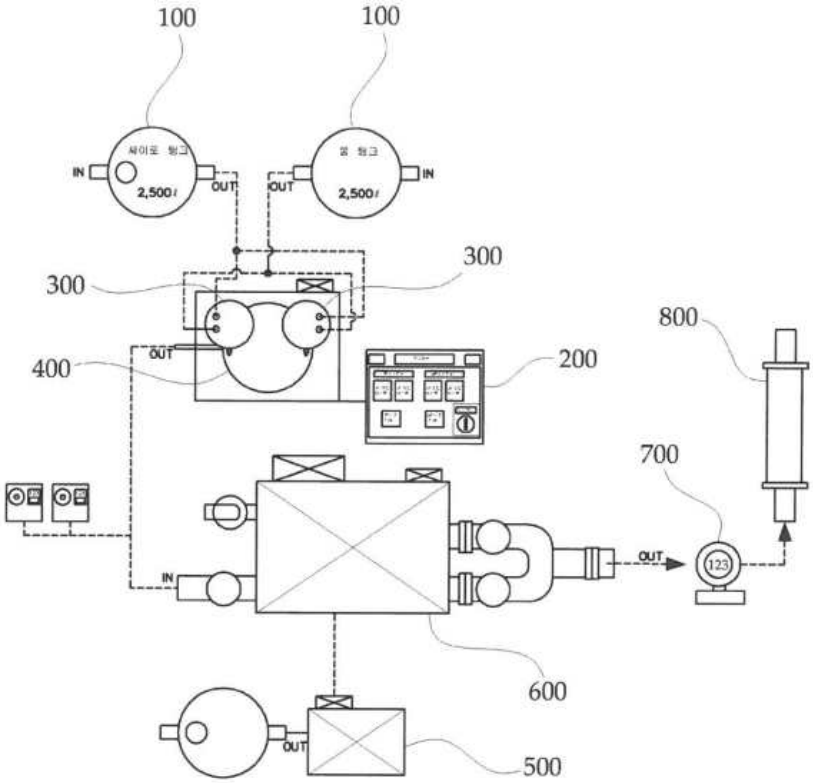
도 1

【도면】

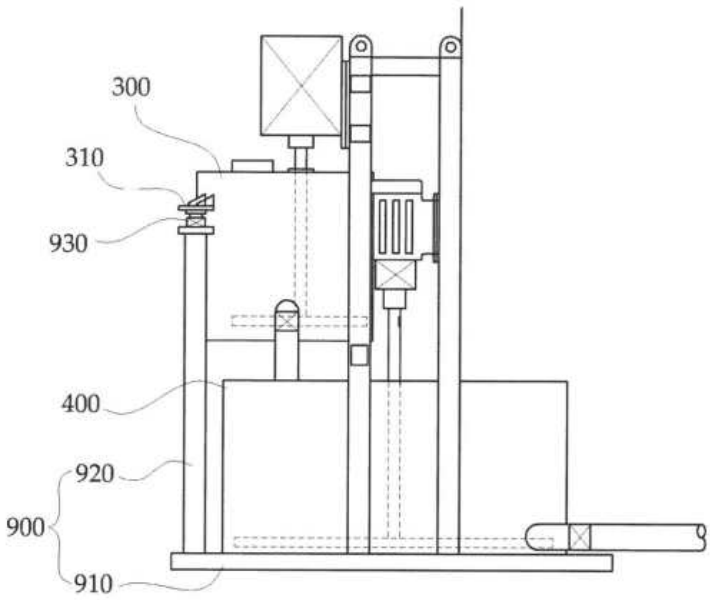
【도 1】


100
300
물
100
400
싸이로탱크
제1교반부
싸이로탱크
제1교반부
싸이로탱크
제1교반부
아지데이터
경화촉진제
600
700
800
200
제어부
제2교반부
유링계
주입부
싸이로탱크
기포펌프
기포발생부
3D 스캐너
싸이로탱크
기포펌프
기포 믹싱기
500
충전재
기포제
자동화 데이터

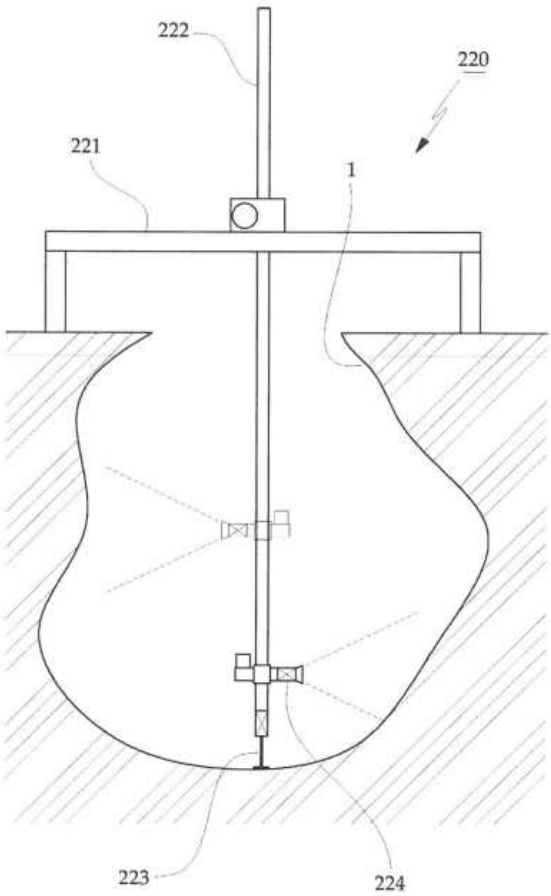
【도 2】


100
100
IN
OUT
2,500ℓ
OUT
IN
2,500ℓ
300
300
800
400
OUT
200
700
IN
OUT
123
600
OUT
500

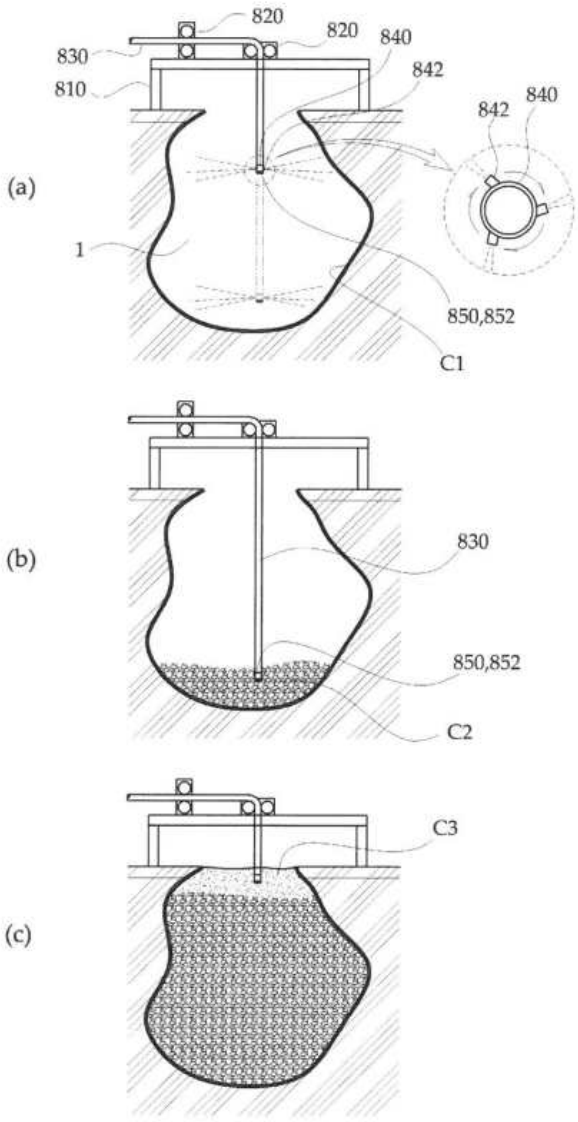
【도 3】



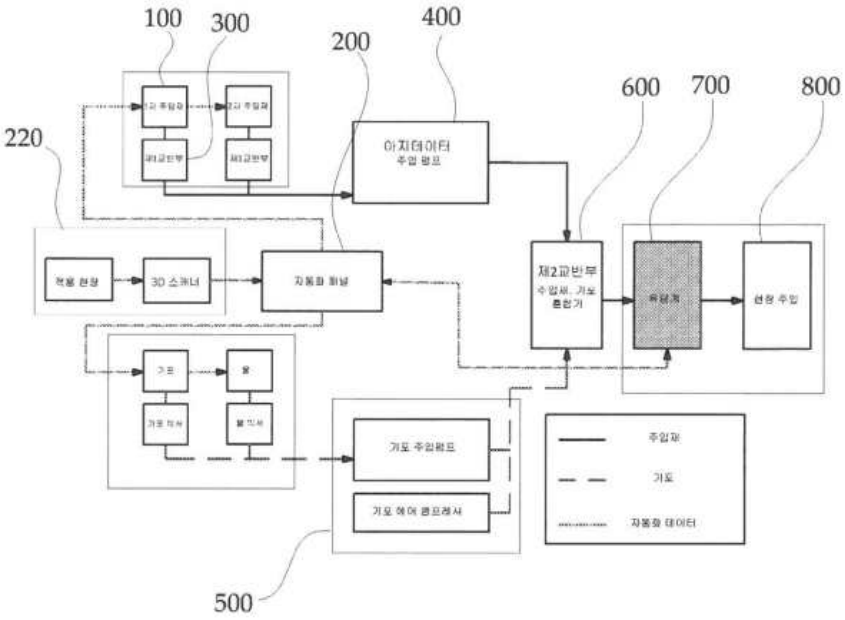
【도 4】



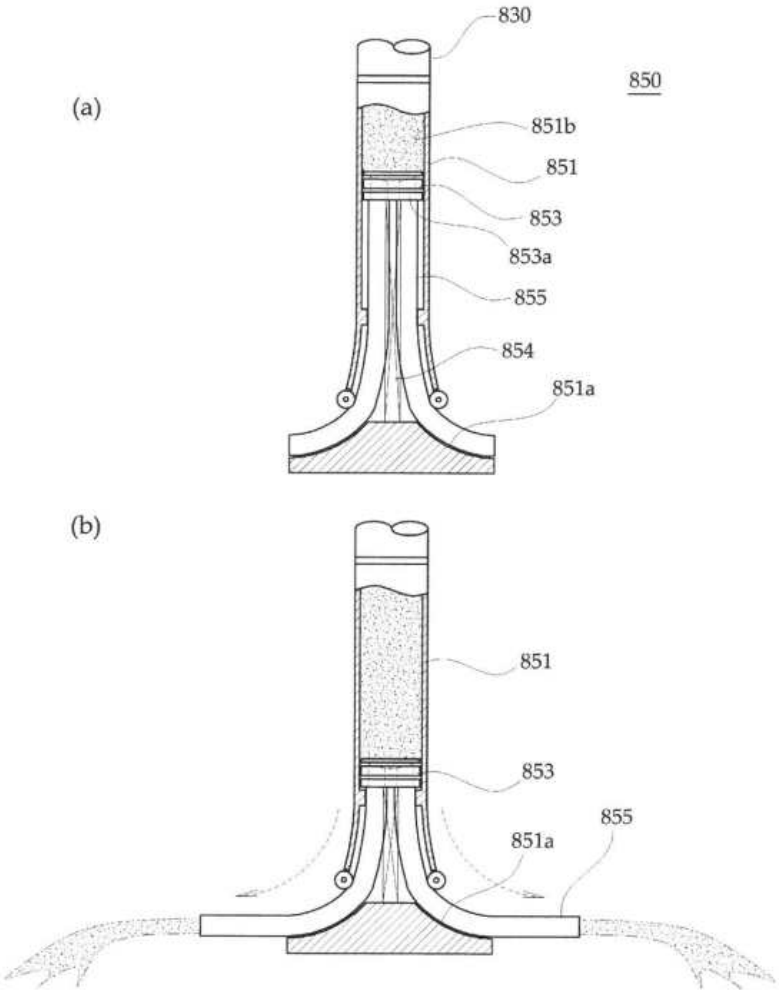
【도 5】



【도 6】


100
300
200
400
600
700
800
220
아지테이터
주입 방법
적용 현장
3D 스캐너
자동화 회남
제2교반부
수입재, 기포
혼합기
유량계
현장 주입
기포
물
기포 저장
물 저장
기포 주입펌프
기포 에어 콤프레서
500
주입재
기포
자동화 데이터

【도 7】



■ 출원 특허

- 발명의 명칭 : 공동 채움용 충전재 제조방법 및 투수성 경량 충전재 시공방법 (출원 10-2019-0155387)

관 인 생 략

출 원 번 호 통 지 서

출 원 일 자	2019.11.28
특 기 사 항	심사청구(유) 공개신청(무)
출 원 번 호	10-2019-0155387 (접수번호 1-1-2019-1228814-11)
출 원 인 명 칭	주식회사 에이지(1-2011-040542-7) 외 1명
대 리 인 성 명	지정훈(9-2007-000984-8)
발 명 자 성 명	우양이 박근배 조남우 마영 김범석 정경헌 강희재 송현영
발 명 의 명 칭	공동 채움용 충전재 제조방법 및 투수성 경량 충전재 시공방법

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.

2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호

3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식

4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.

5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : http://www.kipo.go.kr-특허마당-PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.

6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000

7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법

2019-11-28

【서지사항】

【서류명】 특허출원서

【출원구분】 특허출원

【출원인】

【명칭】 주식회사 에이지

【특허고객번호】 1-2011-040542-7

【출원인】

【명칭】 재인스기초건설 주식회사

【특허고객번호】 1-2009-037864-0

【대리인】

【성명】 지정훈

【대리인번호】 9-2007-000984-8

【포괄위임등록번호】 2019-084338-1

【포괄위임등록번호】 2019-086403-7

【발명의 국문명칭】 공동 채움용 충전재 제조방법 및 투수성 경량 충전재 시공 방법

【발명의 영문명칭】 Method of manufacturing filler for co-filling and construction of permeable lightweight filler

【발명자】

【성명】 우양이

【성명의 영문표기】 WOO Yang Yi

【주민등록번호】 531225-1XXXXXX

【우편번호】 54008

41-1

2019-11-28

【주소】 전라북도 군산시 해망로 606 소룡동 제이파크 202동 701호

【발명자】

【성명】 박근배

【성명의 영문표기】 PARK Keun Bae

【주민등록번호】 610904-1XXXXXX

【우편번호】 34304

【주소】 대전광역시 대덕구 대덕대로 1555 금강엑슬루타워 106동 2701호

【발명자】

【성명】 조남우

【성명의 영문표기】 CHO Nam Woo

【주민등록번호】 690304-1XXXXXX

【우편번호】 33479

【주소】 충청남도 보령시 주공로 65 명천주공 아파트 303동 1402호

【발명자】

【성명】 마영

【성명의 영문표기】 MA Young

【주민등록번호】 681009-1XXXXXX

【우편번호】 02712

【주소】 서울특별시 성북구 솔샘로24길 15 정릉이-편한세상 102동 802호

【발명자】

2019-11-28

【성명】 김범석

【성명의 영문표기】 KIM Beom Seok

【주민등록번호】 740805-1XXXXXX

【우편번호】 04013

【주소】 서울특별시 마포구 월드컵로11길 18, 501호

【발명자】

【성명】 정경헌

【성명의 영문표기】 JUNG Kyung Hun

【주민등록번호】 820305-1XXXXXX

【우편번호】 11902

【주소】 경기도 구리시 갈매중앙로 16 구리갈매푸르지오아파트 710동 1904호

【발명자】

【성명】 강희재

【성명의 영문표기】 KANG Hee Jae

【주민등록번호】 801004-2XXXXXX

【우편번호】 11902

【주소】 경기도 구리시 갈매중앙로 16 구리갈매푸르지오아파트 710동 1904호

【발명자】

【성명】 송헌영

【성명의 영문표기】 SONG Hun Young

41-3

2019-11-28

【주민등록번호】 780702-1XXXXXX

【우편번호】 14068

【주소】 경기도 안양시 동안구 관평로138번길 63 초원부영아파트 701동 307호

【출원언어】 국어

【심사청구】 청구

【이 발명을 지원한 국가연구개발사업】

【과제고유번호】 18CTAP-C143696-01-000000

【부처명】 국토교통부

【연구관리 전문기관】 국토교통과학기술진흥원

【연구사업명】 국토교통기술촉진연구사업

【연구과제명】 10 $^{-4}$ cm/sec이상의 투수성능을 보유한 토목용 프리믹스 충진재 개발 및 사업화

【기여율】 1/1

【주관기관】 주식회사 에이지

【연구기간】 2018.04.17 ~ 2019.12.31

【취지】 위와 같이 특허청장에게 제출합니다.

대리인 지정훈 (서명 또는 인)

【수수료】

【출원료】 0 면 46,000 원

【가산출원료】 34 면 0 원

41-4

【우선권주장료】	0	건	0 원
【심사청구료】	9	항	539,000 원
【합계】	585,000 원		
【감면사유】	소기업(70%감면)[2]		
【감면후 수수료】	175,500 원		

【발명의 설명】

【발명의 명칭】

공동 채움용 충전재 제조방법 및 투수성 경량 충전재 시공방법 {Method of manufacturing filler for co-filling and construction of permeable lightweight filler}

【기술분야】

【0001】 본 발명은 공동 채움용 충전재 제조방법 및 투수성 경량 충전재 시공방법에 관련되며, 보다 상세하게는 충전재 원료 배합비율 및 배합량을 자동 조절하여 투수성 경량 충전재를 연속적으로 제조하므로 현장시공성 향상과 더불어 현장 상황에 적합한 투수성 경량 충전재 물성을 충분히 구현하여 공동 복구에 따른 구조적 안정성을 확보하는 공동 채움용 충전재 제조방법 및 투수성 경량 충전재 시공방법에 관한 것이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

【0002】 지반함몰은 발생원인에 의해 자연적 현상에 의한 지반함몰(싱크홀)과 인위적 현상에 의한 지반함몰로 구분되고 있다. 국내의 경우에는 자연적으로 발생되는 지반함몰의 주요원인인 석회암층이 적기 때문에, 석회암 공동에 의한 지반함몰이 발생하기 어렵다. 이에 최근 국내에서 빈번하게 발생되고 있는 지반함몰은 인위적 현상에 의한 것으로서, 그 원인으로는 크게 상하수관의 손상 등에 의한 토사 유출, 터널 굴착 및 지하구조물 시공과 같은 지하공간개발 시의 시공관리 부실

등이 있다.

【0003】 특히, 인구밀집도가 매우 높고, 수많은 상하수관, 지하매설물 시공, 터널 및 지하구조물 시공이 활발한 대도시, 특히 서울시의 경우에는 크고 작은 지반함몰이 지속적으로 발생하고 있는 상태이다.

【0004】 서울시에서 지난 5년간(2010년~2014년 상반기) 발생한 지반함몰 발생건수는 2010년 435건, 2011년 573건, 2012년 689건, 2013년 854건 및 2014년(상반기) 568건으로 총 3,119건인 것으로 확인된 바 있다. 이에대한 함몰발생 규모를 지중의 공동크기로 분류하면, 대부분이 1㎥미만의 소규모인 것으로 확인되었으며, 1㎥이상의 큰 규모의 공동도 316건이나 되는 것으로 조사된 바 있다(한국지질자원연구원, 2014) 이러한 공동에 대한 기존 복구 공법에 대해서 살펴보면, 현재 지반함몰 복구 방법으로는 개착 후 흙메우기 및 그라우팅 공법이 주로 적용되고 있다.

【0005】 여기서, 개착 후 흙메우기 공법은 공동이 생긴 도로 주변을 통제한 후, 지반함몰이 일어난 도로를 개착하여 손실된 공동에 흙을 메우고 다짐을 한 후, 상부구조물(도로 등)을 재시공하는 방법이다. 이에 개착으로 인한 원지반 교란에 따른 지반 강도 저하, 복잡한 시공 과정, 공기가 길어져서 발생하는 공사비 증가, 통행제한으로 인한 민원발생 등의 단점이 있는 것으로 알려져 있다.

【0006】 또한, 공동 발생주변에 지하수의 흐름이 발생하는 경우 주재료인 토사의 유실이 발생할 가능성이 매우 높기 때문에, 공동 복구에 요구되는 필요 이상의 토사가 사용되어 비경제적이며 비효율적인 복구방법의 원인이 될 수 있다. 그리고 토사의 다짐 시 지중매설물에 의해 최적의 다짐이 불가능한 경우도 발생할 가능

성이 있다.

【0007】 그리고 그라우팅 공법은 비개착식으로 공동의 보수/보강이 이루어지는 점에서 적용성의 용이함과 지반 내 간극까지 충진이 가능한 장점이 있다. 그러나 지반 내부에 시멘트계 충전재와 함께 약액을 주입하기 때문에, 환경오염 등의 문제점이 수반될 가능성이 있으며, 흙메우기와 동일하게 지하수 흐름에 기인하여 충진재료의 재료분리와 유실 가능성이 매우 높아 경제성 및 강도저하에 따른 안정성에 문제를 야기할 수 있는 단점이 있다.

【0008】 이에 종래에 개시된 등록특허 10-1850782호에서, 센서부(sensor); 제어부; 송수신부; 그리고 저장부; 를 추가 구성요소로 포함하며, 상기 제어부는, 센서부 중 GPR(Ground Penetrating Radar)을 통해 다변형 지반 신소재 섬유 포켓의 표면 상태를 추출한 뒤 상기 저장부에 저장하는 탐지 모듈; 상기 송수신부를 제어하여 이전의 공동의 충진을 위해 사용한 팽창제가 채워진 다변형 지반 신소재 섬유 포켓의 이액제인 제 1 액제 및 제 2 액제에 대한 배합비를 네트워크와 연결된 외부 관리 서버로 요청하여 반환받은 뒤, 주재(베이스)인 제 1 액제로 폴리올과, 경화제인 제 2 액제로 디이소시아네이트를 각각 사용하여 발포폴리우레탄이 형성되도록 하는 배합비 및 중량을 분석한 뒤, 센서부 중 촬상장치를 이용해 최초의 공동 발생 시 촬영된 공동 형상의 전체 체적을 연산한 뒤, 공동이 다시 발생한 시간이 공동의 전체 체적에 따른 기준치 이하인 경우, 배합비로 폴리올의 중량을 단계(제 1 내지 제 n 단계, n은 2 이상의 자연수)로 조절하도록 상기 제 1 자동 컨트롤 패널을 제어하는 배합비 조절 모듈; 을 포함하는 기술이 선 등록된 바 있다.

【0009】 그러나 상기 종래기술은 공동의 규모 및 재료 특성에 따른 공동 발생 현장에서 보수/보강 재료 적용에 최적화된 주입 장비를 제공하려는 것이나, 현장 배합에 따른 재료 손실과 품질 등을 신뢰하기가 어려워 주어진 여건에 따라 정해진 시간 내에 정확한 계량 등을 통해 공동을 복구하는 것이 어렵고, 특히 정량적인 배합시스템의 부재로 투수성의 생명인 기포가 균질하게 분포되어 있는 주입재의 배합이 거의 불가능한 폐단이 따랐다.

【발명의 내용】

【해결하고자 하는 과제】

【0010】 이에 따라 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위해 착안 된 것으로서, 충전재 원료 배합비율 및 배합량을 자동 조절하여 투수성 경량 충전재를 연속적으로 제조하므로 현장시공성 향상과 더불어 현장 상황에 적합한 투수성 경량 충전재 물성을 충분히 구현하여 공동 복구에 따른 구조적 안정성을 확보하는 공동 채움용 충전재 제조방법 및 투수성 경량 충전재 시공방법를 제공하는 것에 그 목적이 있다.

【과제의 해결 수단】

【0011】 이러한 목적을 달성하기 위해 본 발명의 특징은, 포틀랜드 시멘트 5 ~ 20 중량부, 플라이애쉬 10 ~ 38 중량부, 탈황석고 5 ~ 15 중량부, 고로 슬래그 미분말 25 ~ 50 중량부, 경화지연제 0.04 ~ 1.3 중량부, 속경성 시멘트 2 ~ 10 중량부, 유동화제 0.05 ~ 0.4 중량부, 침강방지제 0.007 ~ 0.06 중량부, 수중 불분리

제 0.1 ~ 6 중량부, 분말 화이버 0.5 ~ 1.5 중량부를 포함하는 충전재 원료를 제조하는 단계(S1); 상기 S1 단계에서 제조된 충전재 원료 100중량부에 대해서 물 40 ~ 57 중량부를 혼합하여 슬러리 혼합물을 제조하는 단계(S2); 물 100중량부에 대해서 식물성 기포제 8~15중량부를 혼합하여 기포제 희석액을 제조하고, 제조된 기포제 희석액을 기포발생기를 통과시켜 기포를 제조하는 단계(S3); 상기 S2 단계에서 제조된 슬러리 100중량부에 대해서 S3 단계에서 제조된 기포 1.7~5 중량부를 혼합하여 기포 슬러리를 제조하는 단계(S4); 상기 S4 단계에서 제조된 슬러리 혼합물에 과산화수소 기포제 4 ~ 6 중량부, 경화 촉진제 0.1 ~ 0.15 중량부를 혼합하는 공동 채움용 충전재를 제조하는 단계(S5);를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

【0012】 그리고 본 발명에 따른 투수성 경량 충전재 시공방법은, 포틀랜드 시멘트, 플라이애쉬, 탈황석고, 고로 슬래그 미분말, 경화지연제, 분말 화이버, 속경성 시멘트, 유동화제, 침강방지제, 수중 불분리제, 식물성 기포제, 과산화수소 기포제, 경화 촉진제, 물을 포함하는 충전재 원료를 각각 독립적으로 저장하는 복수의 싸이로 탱크(100)에 준비하는 원료 준비단계(S10); 상기 싸이로 탱크(100)에 저장된 충전재 원료의 공급량을 제어부(200)를 이용하여 개별 제어하는 원료 공급량 설정단계(S20); 상기 싸이로 탱크(100)에 연결되어, 포틀랜드 시멘트, 플라이애쉬, 탈황석고, 고로 슬래그 미분말, 경화지연제, 분말 화이버, 속경성 시멘트, 유동화제, 침강방지제, 수중 불분리제를 각각 독립적으로 물과 함께 제 1교반부(300)에 투입하여 슬러리 혼합물을 제조하는 슬러리 혼합물 제조단계(S30); 상기 제 1 교반부(300)에서 제조된 슬러리 혼합물과 식물성 기포제를 아지데이터부(400)에 투

입하여 기포 슬러리 혼합물을 형성하는 기포 슬러리 혼합물 제조단계(S40); 상기 아지데이터부(400)에 연결되어, 기포 슬러리 혼합물과, 기포발생부(500)를 거친 과산화수소 기포제와, 경화촉진제를 제 2교반부(600)에 투입하여 투수성 경량 충전재를 제조하는 투수성 경량 충전재 제조단계(S50); 상기 제 2교반부(600)에 연결되는 유량계(700)를 통하여, 투수성 경량 충전재의 이동량을 측정하여 제어부로 송출하는 이동량 측정단계(S60); 및 상기 유량계(700)에 연결되는 주입부(800)를 이용하여, 투수성 경량 충전재를 공동으로 주입하는 투수성 경량 충전재 채움단계(S70); 를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

【0013】 이때, 상기 제어부(200)는 3D 스캐너부재(220)를 이용하여 공동 내부 체적을 산출하고, 상기 체적 산출 값을 연산하여 제 1교반부(300)에서 슬러리 혼합물 제조량 및 기포발생부(500)를 통하여 과산화수소 기포제 혼합량을 제어하도록 구비되는 것을 특징으로 한다.

【0014】 또한, 상기 3D 스캐너부재(220)는, 중공(1) 입구 주변 지면에 지지되는 받침대(221)와, 받침대(221)에 설치되는 구동부에 의해 중공(1) 깊이 방향으로 이송되는 로드봉(222)과, 로드봉(222) 하단부에 설치되어 중공(1) 바닥 지점을 검출하는 센서(223)와, 로드봉(222)을 타고 이동되거나, 로드봉(222)과 함께 이동되고, 로드봉(222)을 축으로 회전되면서 중공(1) 내부 체적을 검출하는 3D 스캐너(224)로 구성되는 것을 특징으로 한다.

【0015】 또한, 상기 제 1교반부(300)와 아지데이터부(400)는 믹서프레임에 의해 적층 설치되고, 상기 믹서프레임(900)은, 아지데이터부(400)가 설치되는 베이

스프레임(910)과, 베이스프레임(910)에 종방향으로 설치되어 복수의 제 1교반부(300)를 지지하도록 구비되는 복수의 종바(920)와, 종바(920)와 대응하는 제 1교반부(300) 외주면에 돌출되어 종바(920) 상면에 안착 지지되는 받침편(310)과, 받침편(310)과 종바(920) 사이에 설치되어 제 1교반부(300)에 저장된 슬러리 혼합물 중량을 검출하는 로드셀(930)로 이루어지고, 상기 로드셀(930) 검출 값은 제어부(200)로 전송되어 슬러리 혼합물 제조량이 실시간으로 제어되도록 구비되는 것을 특징으로 한다.

【0016】 또한, 상기 주입부(800)는, 중공(1) 입구 주변 지면에 지지되는 받침대(810)와, 받침대(810)에 설치되어 구동부에 의해 정, 역회전되는 복수의 피딩롤러부(820)와, 피딩롤러부(820)를 타고 중공(1) 깊이방향으로 투입 길이가 제어되는 주입관(830)과, 주입관(830) 단부에 회전 가능하게 설치되고, 단부 외주면에 방사형으로 경사노즐(842)이 구비되어 투수성 경량 충전재 토출압력에 의해 회전 운동되는 회전노즐부(840)와, 회전노즐부(840) 전방에 설치되어 밸브(852)에 의해 개폐작동되는 메인노즐부(850)로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

【0017】 또한, 상기 제어부(200)는 중공(1) 내주면 코팅용 투수성 경량 충전재(C1)과, 중공 내부 채움용 투수성 경량 충전재(C2)과, 중공 상층 마감용 투수성 경량 충전재(C3)을 단계적으로 제조하도록 설정되고, 상기 코팅용 투수성 경량 충전재(C1)은 기포제가 미포함되고 경화촉진제가 포함되는 투수성 경량 충전재로서, 중공(1) 내주면 5~30㎜ 두께로 코팅되고, 상기 채움용 투수성 경량 충전재(C2)은 경화지연제, 식물성 기포제, 과산화수소 기포제가 포함된 투수성 경량 충전재로서,

중공(1) 내부 체적의 80%를 채우도록 구비되며, 상기 마감용 투수성 경량 충전재(C3)은 기포제가 미포함되고 경화촉진제가 포함되는 투수성 경량 충전재로서, 마감용 투수성 경량 충전재에 의해 채워진 중공 상층을 마감하여 마감용 투수성 경량 충전재(C2)에 포함된 기포의 상부 누출을 차단하도록 구비되는 것을 특징으로 한다.

【0018】 또한, 상기 주입부(800)의 주입관(830)은 밸브(852)에 의해 메인노즐부(850)가 닫힘 상태로 중공(1) 입구에서 깊이 방향으로 이동하며 코팅용 투수성 경량 충전재(C1)이 투입되고, 코팅용 투수성 경량 충전재(C1) 토출압력에 의해 회전노즐부(840)가 회전운동되며 중공(1) 내주면에 코팅층을 형성하며, 상기 코팅용 투수성 경량 충전재(C1) 투입이 완료된 후, 밸브(852)에 의해 메인노즐부(850)가 개방된 상태로 주입관(830)이 중공(1) 바닥에서 입구측으로 이동하며 채움용 투수성 경량 충전재(C2)이 투입되어 중공(1) 내부 체적의 80%를 채우도록 구비되며, 상기 채움용 투수성 경량 충전재(C2) 투입이 완료된 후, 메인노즐부(850)를 통하여 상층 마감용 투수성 경량 충전재(C3)이 투입되어 중공(1) 상부를 마감하도록 구비되는 것을 특징으로 한다.

【0019】 또한, 상기 주입부(800)는, 중공(1) 입구 주변 지면에 지지되는 받침대(810)와, 받침대(810)에 설치되어 구동부에 의해 정, 역회전되는 복수의 피딩롤러부(820)와, 피딩롤러부(820)를 타고 중공(1) 깊이방향으로 투입 길이가 제어되는 주입관(830)과, 주입관(830) 단부에 설치되어 경량 충전재 혼합물이 토출되는 메인노즐부(850)로 이루어지고, 상기 메인노즐부(850)는, 하단부로 갈수록 방사형

으로 확장되는 복수의 가이드레일(851a)이 형성되고, 내부에 실린더실(851b)이 구비되는 노즐본체(851)와, 실린더실(851b)에 설치되어 경량 충전재 혼합물 이동압력에 의해 하방향으로 이동가능하면서 복수의 분배홀(853a)이 관통되는 피스톤(853)과, 경량 충전재 혼합물의 이동압력이 해제시 피스톤(853)을 상방향으로 복원 이송시키는 탄성체(854)와, 피스톤(853)의 분배홀(853a)에 일단이 연결되고, 다른 일단은 노즐본체(851)의 가이드레일(851a)을 타고 방사형으로 확장 인출되는 복수의 분배관(855)으로 구성되며, 상기 주입관(830)을 통하여 경량 충전재 혼합물이 공급되면, 실린더실(851b) 내부 압력이 증가하면서 피스톤(853)이 하방향으로 이동되고, 피스톤(853)의 이동력에 의해 복수의 분배관(855)이 가이드레일(851a)을 타고 방사형으로 확장 인출된 상태로 피스톤(853)의 분배홀(853a)을 통하여 분배되는 경량 충전재 혼합물이 복수의 분배관(855)을 타고 주입관(830) 중심에서 방사형으로 이격된 복수의 지점에서 토출되도록 구비되는 것을 특징으로 한다.

【발명의 효과】

【0020】 이상의 구성 및 작용에 의하면, 본 발명은 충전재 원료 배합비율 및 배합량을 자동 조절하여 투수성 경량 충전재를 연속적으로 제조하므로 현장시공성 향상과 더불어 현장 상황에 적합한 투수성 경량 충전재 물성을 충분히 구현하여 공동 복구에 따른 구조적 안정성을 확보하는 효과가 있다.

【도면의 간단한 설명】

【0021】 도 1은 본 발명에 따른 공동 채움용 충전재 제조방법을 개략적으로 나타내는 순서도.

도 2는 본 발명에 따른 투수성 경량 충전재 시공방법을 개략적으로 나타내는 순서도.

도 3 내지 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 투수성 경량 충전재 시공방법를 개략적으로 나타내는 구성도.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 투수성 경량 충전재 시공방법의 제 1교반부와 아지데이터부를 나타내는 구성도.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 투수성 경량 충전재 시공방법의 3D 스캐너부재를 나타내는 구성도.

도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 투수성 경량 충전재 시공방법의 주입부를 나타내는 구성도.

도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 투수성 경량 충전재 시공방법을 개략적으로 나타내는 순서도.

도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 투수성 경량 충전재 시공방법의 주입부 변형예를 나타내는 구성도.

【발명을 실시하기 위한 구체적인 내용】

【0022】 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명한다.

【0023】 도 1은 본 발명에 따른 공동 채움용 충전재 제조방법을 개략적으로 나타내는 순서도이다.

【0024】 본 발명은 공동 채움용 충전재 제조방법 및 투수성 경량 충전재 시공방법에 관련되며, 이는 충전재 원료 배합비율 및 배합량을 자동 조절하여 투수성 경량 충전재를 연속적으로 제조하므로 현장시공성 향상과 더불어 현장 상황에 적합한 투수성 경량 충전재 물성을 충분히 구현하여 공동 복구에 따른 구조적 안정성을 확보하기 위해 충전재 원료를 제조하는 단계(S1), 슬러리 혼합물을 제조하는 단계(S2), 기포를 제조하는 단계(S3), 기포 슬러리를 제조하는 단계(S4), 공동 채움용 충전재를 제조하는 단계(S5)를 포함하여 주요구성으로 이루어진다.

【0025】 본 발명에 따른 공동 채움용 충전재 제조방법은, 포틀랜드 시멘트 5 ~ 20 중량부, 플라이애쉬 10 ~ 38 중량부, 탈황석고 5 ~ 15 중량부, 고로 슬래그 미분말 25 ~ 50 중량부, 경화지연제 0.04 ~ 1.3 중량부, 속경성 시멘트 2 ~ 10 중량부, 유동화제 0.05 ~ 0.4 중량부, 침강방지제 0.007 ~ 0.06 중량부, 수중 불분리제 0.1 ~ 6 중량부, 분말 화이버 0.5 ~ 1.5 중량부를 포함하는 충전재 원료를 제조하는 단계(S1); 상기 S1 단계에서 제조된 충전재 원료 100중량부에 대해서 물 40 ~ 57 중량부를 혼합하여 슬러리 혼합물을 제조하는 단계(S2); 물 100중량부에 대해서 식물성 기포제 8~15중량부를 혼합하여 기포제 희석액을 제조하고, 제조된 기포제 희석액을 기포발생기를 통과시켜 기포를 제조하는 단계(S3); 상기 S2 단계에서 제조된 슬러리 100중량부에 대해서 S3 단계에서 제조된 기포 1.7~5 중량부를 혼합하여 기포 슬러리를 제조하는 단계(S4); 상기 S4 단계에서 제조된 슬러리 혼합물에

과산화수소 기포제 4 ~ 6 중량부, 경화 촉진제 0.1 ~ 0.15 중량부를 혼합하는 경화 촉진 슬러리를 제조하는 공동 채움용 충전재를 제조하는 단계(S5);를 포함하여 이루어진다.

【0026】 도 2는 본 발명에 따른 투수성 경량 충전재 시공방법을 개략적으로 나타내는 순서도이고, 도 3 내지 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 투수성 경량 충전재 시공방법를 개략적으로 나타내는 구성도이며, 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 투수성 경량 충전재 시공방법을 개략적으로 나타내는 순서도이다.

【0027】 그리고 본 발명에 따른 투수성 경량 충전재 시공방법은, 원료 준비단계(S10), 원료공급량 설정단계(S20), 슬러리 혼합물 제조단계(S30), 기포 슬러리 혼합물 제조단계(S40), 투수성 경량 충전재 제조단계(S50), 이동량 측정단계(S60), 투수성 경량 충전재 채움단계(S70)를 포함하여 주요구성으로 이루어진다. 여기서 상기 투수성 경량 충전재는 상기 공동 채움용 충전재 제조방법의 공동 채움용 충전재와 동일하다.

【0028】 1. 원료 준비단계(S10)

【0029】 본 발명에 따른 원료 준비단계(S10)는, 포틀랜드 시멘트, 플라이애쉬, 탈황석고, 고로 슬래그 미분말, 경화지연제, 분말 화이버, 속경성 시멘트, 유동화제, 침강방지제, 수중 불분리제, 식물성 기포제, 과산화수소 기포제, 경화 촉진제, 물을 포함하는 충전재 원료를 각각 독립적으로 저장하는 복수의 싸이로 탱크(100)에 준비하는 단계이다.

【0030】 싸이로 탱크(100) 중 분말 형태의 충전재 원료가 저장되는 탱크는 하부에 스크루 컨베이어가 설치되고, 액상의 충전재 원료가 저장되는 탱크는 하부에 밸브가 설치되며, 상기 스크루 컨베이어와 밸브는 후술하는 제어부(20)에 의해 on/off 작동이 제어된다.

【0031】 2. 원료공급량 설정단계(S20)

【0032】 본 발명에 따른 원료공급량 설정단계(S20)는, 상기 싸이로 탱크(100)에 저장된 충전재 원료의 공급량을 제어부(200)를 이용하여 개별 제어하는 단계이다.

【0033】 그리고 제어부(200)에는 후술하는 3D 스캐너부재(220)를 이용하여 산출된 공동 내부 체적을 연산하여 충전재 원료 공급량을 자동 산출하는 자동모드 및 사용자에 의해 원료 공급량이 설정되는 수동모드를 제공하게 된다.

【0034】 이때, 상기 제어부(200)는 3D 스캐너부재(220)를 이용하여 공동 내부 체적을 산출하고, 상기 체적 산출 값을 연산하여 제 1교반부(300)에서 슬러리 혼합물 제조량 및 기포발생부(500)를 통하여 과산화수소 기포제 혼합량을 제어하도록 구비된다.

【0035】 도 6에서, 상기 3D 스캐너부재(220)는, 중공(1) 입구 주변 지면에 지지되는 받침대(221)와, 받침대(221)에 설치되는 구동부에 의해 중공(1) 깊이 방향으로 이송되는 로드봉(222)과, 로드봉(222) 하단부에 설치되어 중공(1) 바닥 지점을 검출하는 센서(223)와, 로드봉(222)을 타고 이동되거나, 로드봉(222)과 함께

이동되고, 로드봉(222)을 축으로 회전되면서 중공(1) 내부 체적을 검출하는 3D 스캐너(224)로 구성된다.

【0036】 3. 슬러리 혼합물 제조단계(S30)

【0037】 본 발명에 따른 슬러리 혼합물 제조단계(S30)는, 상기 싸이로 탱크(100)에 연결되어, 포틀랜드 시멘트, 플라이애쉬, 탈황석고, 고로 슬래그 미분말, 경화지연제, 분말 화이버, 속경성 시멘트, 유동화제, 침강방지제, 수중 불분리제를 각각 독립적으로 물과 함께 제 1교반부(300)에 투입하여 슬러리 혼합물을 제조하는 단계이다.

【0038】 제 1교반부(300)는 각각의 싸이로 탱크(100)에 연결되고, 이때 제 1교반부(300)는 후술하는 로드셀(930)에 의해 중량이 실시간으로 검출되어 충전재 원료의 사용량이 검출되므로, 충전재 원료의 공급량 배합 비율이 정밀하게 제어된다.

【0039】 4. 기포 슬러리 혼합물 제조단계(S40)

【0040】 본 발명에 따른 기포 슬러리 혼합물 제조단계(S40)는, 상기 제 1교반부(300)에서 제조된 슬러리 혼합물과 식물성 기포제를 아지데이터부(400)에 투입하여 기포 슬러리 혼합물을 형성하는 단계이다.

【0041】 즉, 상기 아지데이터부(400)는 각각의 제 1교반부(300)에서 제조된 슬러리 혼합물을 모아서 식물성 기포제와 혼합하는 구성으로서, 이때 식물성 기포제는 기포발생부(500)에 의해 기포가 생성된 상태로 배합된다.

【0042】도 5에서, 상기 제 1교반부(300)와 아지데이터부(400)는 믹서프레임에 의해 적층 설치되고, 상기 믹서프레임(900)은, 아지데이터부(400)가 설치되는 베이스프레임(910)과, 베이스프레임(910)에 종방향으로 설치되어 복수의 제 1교반부(300)를 지지하도록 구비되는 복수의 종바(920)와, 종바(920)와 대응하는 제 1교반부(300) 외주면에 돌출되어 종바(920) 상면에 안착 지지되는 받침편(310)과, 받침편(310)과 종바(920) 사이에 설치되어 제 1교반부(300)에 저장된 슬러리 혼합물 중량을 검출하는 로드셀(930)로 이루어지고, 상기 로드셀(930) 검출 값은 제어부(200)로 전송되어 슬러리 혼합물 제조량이 실시간으로 제어되도록 구비된다.

【0043】5. 투수성 경량 충전재 제조단계(S50)

【0044】본 발명에 따른 투수성 경량 충전재 제조단계(S50)는, 상기 아지데이터부(400)에 연결되어, 기포 슬러리 혼합물과, 기포발생부(500)를 거친 과산화수소 기포제와, 경화촉진제를 제 2교반부(600)에 투입하여 투수성 경량 충전재를 제조하는 단계이다.

【0045】여기서 경화촉진제는 투수성 경량 충전재를 제조 후, 중공으로 이동되는 시간, 거리를 고려하여 투입량이 결정된다.

【0046】6. 이동량 측정단계(S60)

【0047】본 발명에 따른 이동량 측정단계(S60)는, 상기 제 2교반부(600)에 연결되는 유량계(700)를 통하여, 투수성 경량 충전재의 이동량을 측정하여 제어부로 송출하는 단계이다.

【0048】 7. 투수성 경량 충전재 채움단계(S70)

【0049】 본 발명에 따른 투수성 경량 충전재 채움단계(S70)는, 상기 유량계(700)에 연결되는 주입부(800)를 이용하여, 투수성 경량 충전재를 공동으로 주입하는 단계이다.

【0050】 상기 주입부(800)는, 중공(1) 입구 주변 지면에 지지되는 받침대(810)와, 받침대(810)에 설치되어 구동부에 의해 정, 역회전되는 복수의 피딩롤러부(820)와, 피딩롤러부(820)를 타고 중공(1) 깊이방향으로 투입 길이가 제어되는 주입관(830)과, 주입관(830) 단부에 회전 가능하게 설치되고, 단부 외주면에 방사형으로 경사노즐(842)이 구비되어 투수성 경량 충전재 토출압력에 의해 회전 운동되는 회전노즐부(840)와, 회전노즐부(840) 전방에 설치되어 밸브(852)에 의해 개폐작동되는 메인노즐부(850)로 이루어진다.

【0051】 그리고 상기 제어부(200)는 중공(1) 내주면 코팅용 투수성 경량 충전재(C1)과, 중공 내부 채움용 투수성 경량 충전재(C2)과, 중공 상층 마감용 투수성 경량 충전재(C3)을 단계적으로 제조하도록 설정되고, 상기 코팅용 투수성 경량 충전재(C1)은 기포제가 미포함되고 경화촉진제가 포함되는 투수성 경량 충전재로서, 중공(1) 내주면 5~30㎜ 두께로 코팅되고, 상기 채움용 투수성 경량 충전재(C2)은 경화지연제, 식물성 기포제, 과산화수소 기포제가 포함된 투수성 경량 충전재로서, 중공(1) 내부 체적의 80%를 채우도록 구비되며, 상기 마감용 투수성 경량 충전재(C3)은 기포제가 미포함되고 경화촉진제가 포함되는 투수성 경량 충전재로서, 마감용 투수성 경량 충전재에 의해 채워진 중공 상층을 마감하여 마감용

투수성 경량 충전재(C2)에 포함된 기포의 상부 누출을 차단하도록 구비된다.

【0052】 도 7 (a)에서, 상기 주입부(800)의 주입관(830)은 밸브(852)에 의해 메인노즐부(850)가 닫힘 상태로 중공(1) 입구에서 깊이 방향으로 이동하며 코팅용 투수성 경량 충전재(C1)이 투입되고, 코팅용 투수성 경량 충전재(C1) 토출압력에 의해 회전노즐부(840)가 회전운동되며 중공(1) 내주면에 코팅층을 형성하며, 상기 코팅용 투수성 경량 충전재(C1) 투입이 완료된 후, 도 7 (b)와 같이 밸브(852)에 의해 메인노즐부(850)가 개방된 상태로 주입관(830)이 중공(1) 바닥에서 입구측으로 이동하며 채움용 투수성 경량 충전재(C2)이 투입되어 중공(1) 내부 체적의 80%를 채우도록 구비되며, 상기 채움용 투수성 경량 충전재(C2) 투입이 완료된 후, 도 7 (c)처럼 메인노즐부(850)를 통하여 상층 마감용 투수성 경량 충전재(C3)이 투입되어 중공(1) 상부를 마감하도록 구비된다.

【0053】 이처럼 공동 복구시, 코팅용 투수성 경량 충전재(C1)에 의해 공동 내주면 추가 붕괴가 방지됨과 더불어 이후 투입되는 채움용 투수성 경량 충전재(C2)의 손실이 방지되며, 또 채움용 투수성 경량 충전재(C2)가 코팅용 투수성 경량 충전재(C1)와 상층 마감용 투수성 경량 충전재(C3)에 의해 감싸는 형태로 보호되어 기포의 외부 누출이 방지되어 투수성 경량 충전재이 원형 그대로 유지되면서 중공 복구 시간이 단축되는 이점이 있다.

【0054】 도 9에서, 상기 주입부(800)는, 중공(1) 입구 주변 지면에 지지되는 받침대(810)와, 받침대(810)에 설치되어 구동부에 의해 정, 역회전되는 복수의 피딩롤러부(820)와, 피딩롤러부(820)를 타고 중공(1) 깊이방향으로 투입 길이가 제어

되는 주입관(830)과, 주입관(830) 단부에 설치되어 경량 충전재 혼합물이 토출되는 메인노즐부(850)로 이루어진다.

【0055】 여기서, 상기 메인노즐부(850)는, 하단부로 갈수록 방사형으로 확장되는 복수의 가이드레일(851a)이 형성되고, 내부에 실린더실(851b)이 구비되는 노즐본체(851)와, 실린더실(851b)에 설치되어 경량 충전재 혼합물 이동압력에 의해 하방향으로 이동가능하면서 복수의 분배홀(853a)이 관통되는 피스톤(853)과, 경량 충전재 혼합물의 이동압력이 해제시 피스톤(853)을 상방향으로 복원 이송시키는 탄성체(854)와, 피스톤(853)의 분배홀(853a)에 일단이 연결되고, 다른 일단은 노즐본체(851)의 가이드레일(851a)을 타고 방사형으로 확장 인출되는 복수의 분배관(855)으로 구성된다.

【0056】 작동상에 있어서, 상기 주입관(830)을 통하여 경량 충전재 혼합물이 공급되면, 실린더실(851b) 내부 압력이 증가하면서 피스톤(853)이 하방향으로 이동되고, 피스톤(853)의 이동력에 의해 복수의 분배관(855)이 가이드레일(851a)을 타고 방사형으로 확장 인출된 상태로 피스톤(853)의 분배홀(853a)을 통하여 분배되는 경량 충전재 혼합물이 복수의 분배관(855)을 타고 주입관(830) 중심에서 방사형으로 이격된 복수의 지점에서 토출되도록 구비된다.

【0057】 이에 상기 주입관(830)을 타고 이동되는 경량 충전재 혼합물이 복수의 분배관(855)을 타고 주입관(830) 중심에서 방사형으로 이격된 복수의 지점으로 분산 토출되므로 경량 충전재 혼합물 주입압력에 의한 공동(1) 내부 토사 유실이 방지되고, 광범위한 영역에 대한 경량 충전재 혼합물 주입효율이 향상된다.

【부호의 설명】

【0058】 100: 싸이로 탱크 200: 제어부

300: 제 1교반부 400: 아지데이터부

500: 기포발생부 600: 제 2교반부

700: 유량계 800: 주입부

【청구범위】

【청구항 1】

포틀랜드 시멘트 5 ~ 20 중량부, 플라이애쉬 10 ~ 38 중량부, 탈황석고 5 ~ 15 중량부, 고로 슬래그 미분말 25 ~ 50 중량부, 경화지연제 0.04 ~ 1.3 중량부, 속경성 시멘트 2 ~ 10 중량부, 유동화제 0.05 ~ 0.4 중량부, 침강방지제 0.007 ~ 0.06 중량부, 수중 불분리제 0.1 ~ 6 중량부, 분말 화이버 0.5 ~ 1.5 중량부를 포함하는 충전재 원료를 제조하는 단계(S1);

상기 S1 단계에서 제조된 충전재 원료 100중량부에 대해서 물 40 ~ 57 중량부를 혼합하여 슬러리 혼합물을 제조하는 단계(S2);

물 100중량부에 대해서 식물성 기포제 8~15중량부를 혼합하여 기포제 희석액을 제조하고, 제조된 기포제 희석액을 기포발생기를 통과시켜 기포를 제조하는 단계(S3);

상기 S2 단계에서 제조된 슬러리 100중량부에 대해서 S3 단계에서 제조된 기포 1.7~5 중량부를 혼합하여 기포 슬러리를 제조하는 단계(S4);

상기 S4 단계에서 제조된 슬러리 혼합물에 과산화수소 기포제 4 ~ 6 중량부, 경화 촉진제 0.1 ~ 0.15 중량부를 혼합하는 공동 채움용 충전재를 제조하는 단계(S5);를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 공동 채움용 충전재 제조방법.

【청구항 2】

상기 제 1항의 공동 채움용 충전재 제조방법을 이용하여,

포틀랜드 시멘트, 플라이애쉬, 탈황석고, 고로 슬래그 미분말, 경화지연제, 분말 화이버, 속경성 시멘트, 유동화제, 침강방지제, 수중 불분리제, 식물성 기포제, 과산화수소 기포제, 경화 촉진제, 물을 포함하는 충전재 원료를 각각 독립적으로 저장하는 복수의 싸이로 탱크(100)에 준비하는 원료 준비단계(S10);

상기 싸이로 탱크(100)에 저장된 충전재 원료의 공급량을 제어부(200)를 이용하여 개별 제어하는 원료 공급량 설정단계(S20);

상기 싸이로 탱크(100)에 연결되어, 포틀랜드 시멘트, 플라이애쉬, 탈황석고, 고로 슬래그 미분말, 경화지연제, 분말 화이버, 속경성 시멘트, 유동화제, 침강방지제, 수중 불분리제를 각각 독립적으로 물과 함께 제 1교반부(300)에 투입하여 슬러리 혼합물을 제조하는 슬러리 혼합물 제조단계(S30);

상기 제 1교반부(300)에서 제조된 슬러리 혼합물과 식물성 기포제를 아지데이터부(400)에 투입하여 기포 슬러리 혼합물을 형성하는 기포 슬러리 혼합물 제조단계(S40);

상기 아지데이터부(400)에 연결되어, 기포 슬러리 혼합물과, 기포발생부(500)를 거친 과산화수소 기포제와, 경화촉진제를 제 2교반부(600)에 투입하여 투수성 경량 충전재를 제조하는 투수성 경량 충전재 제조단계(S50);

상기 제 2교반부(600)에 연결되는 유량계(700)를 통하여, 투수성 경량 충전재의 이동량을 측정하여 제어부로 송출하는 이동량 측정단계(S60); 및

상기 유량계(700)에 연결되는 주입부(800)를 이용하여, 투수성 경량 충전재

를 공동으로 주입하는 투수성 경량 충전재 채움단계(S70);를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 투수성 경량 충전재 시공방법.

【청구항 3】

제 2항에 있어서,

상기 제어부(200)는 3D 스캐너부재(220)를 이용하여 공동 내부 체적을 산출하고, 상기 체적 산출 값을 연산하여 제 1교반부(300)에서 슬러리 혼합물 제조량 및 기포발생부(500)를 통하여 과산화수소 기포제 혼합량을 제어하도록 구비되는 것을 특징으로 하는 투수성 경량 충전재 시공방법.

【청구항 4】

제 3항에 있어서,

상기 3D 스캐너부재(220)는, 중공(1) 입구 주변 지면에 지지되는 받침대(221)와, 받침대(221)에 설치되는 구동부에 의해 중공(1) 깊이 방향으로 이송되는 로드봉(222)과, 로드봉(222) 하단부에 설치되어 중공(1) 바닥 지점을 검출하는 센서(223)와, 로드봉(222)을 타고 이동되거나, 로드봉(222)과 함께 이동되고, 로드봉(222)을 축으로 회전되면서 중공(1) 내부 체적을 검출하는 3D 스캐너(224)로 구성되는 것을 특징으로 하는 투수성 경량 충전재 시공방법.

【청구항 5】

제 2항에 있어서,

상기 제 1교반부(300)와 아지데이터부(400)는 믹서프레임에 의해 적층 설치

되고, 상기 믹서프레임(900)은, 아지데이터부(400)가 설치되는 베이스프레임(910)과, 베이스프레임(910)에 종방향으로 설치되어 복수의 제 1교반부(300)를 지지하도록 구비되는 복수의 종바(920)와, 종바(920)와 대응하는 제 1교반부(300) 외주면에 돌출되어 종바(920) 상면에 안착 지지되는 받침편(310)과, 받침편(310)과 종바(920) 사이에 설치되어 제 1교반부(300)에 저장된 슬러리 혼합물 중량을 검출하는 로드셀(930)로 이루어지고, 상기 로드셀(930) 검출 값은 제어부(200)로 전송되어 슬러리 혼합물 제조량이 실시간으로 제어되도록 구비되는 것을 특징으로 하는 투수성 경량 충전재 시공방법.

【청구항 6】

제 2항에 있어서,

상기 주입부(800)는, 중공(1) 입구 주변 지면에 지지되는 받침대(810)와, 받침대(810)에 설치되어 구동부에 의해 정, 역회전되는 복수의 피딩롤러부(820)와, 피딩롤러부(820)를 타고 중공(1) 깊이방향으로 투입 길이가 제어되는 주입관(830)과, 주입관(830) 단부에 회전 가능하게 설치되고, 단부 외주면에 방사형으로 경사노즐(842)이 구비되어 투수성 경량 충전재 토출압력에 의해 회전 운동되는 회전노즐부(840)와, 회전노즐부(840) 전방에 설치되어 밸브(852)에 의해 개폐작동되는 메인노즐부(850)로 이루어지는 것을 특징으로 하는 투수성 경량 충전재 시공방법.

【청구항 7】

제 6항에 있어서,

상기 제어부(200)는 중공(1) 내주면 코팅용 투수성 경량 충전재(C1)과, 중공 내부 채움용 투수성 경량 충전재(C2)과, 중공 상층 마감용 투수성 경량 충전재(C3)을 단계적으로 제조하도록 설정되고, 상기 코팅용 투수성 경량 충전재(C1)은 기포제가 미포함되고 경화촉진제가 포함되는 투수성 경량 충전재로서, 중공(1) 내주면 5~30㎜ 두께로 코팅되고, 상기 채움용 투수성 경량 충전재(C2)은 경화지연제, 식물성 기포제, 과산화수소 기포제가 포함된 투수성 경량 충전재로서, 중공(1) 내부 체적의 80%를 채우도록 구비되며, 상기 마감용 투수성 경량 충전재(C3)은 기포제가 미포함되고 경화촉진제가 포함되는 투수성 경량 충전재로서, 마감용 투수성 경량 충전재에 의해 채워진 중공 상층을 마감하여 마감용 투수성 경량 충전재(C2)에 포함된 기포의 상부 누출을 차단하도록 구비되는 것을 특징으로 하는 투수성 경량 충전재 시공방법.

【청구항 8】

제 7항에 있어서,

상기 주입부(800)의 주입관(830)은 밸브(852)에 의해 메인노즐부(850)가 닫힘 상태로 중공(1) 입구에서 깊이 방향으로 이동하며 코팅용 투수성 경량 충전재(C1)이 투입되고, 코팅용 투수성 경량 충전재(C1) 토출압력에 의해 회전노즐부(840)가 회전운동되며 중공(1) 내주면에 코팅층을 형성하며, 상기 코팅용 투수성 경량 충전재(C1) 투입이 완료된 후, 밸브(852)에 의해 메인노즐부(850)가 개방된 상태로 주입관(830)이 중공(1) 바닥에서 입구측으로 이동하며 채움용 투수성 경량

충전재(C2)이 투입되어 중공(1) 내부 체적의 80%를 채우도록 구비되며, 상기 채움용 투수성 경량 충전재(C2) 투입이 완료된 후, 메인노즐부(850)를 통하여 상층 마감용 투수성 경량 충전재(C3)이 투입되어 중공(1) 상부를 마감하도록 구비되는 것을 특징으로 하는 투수성 경량 충전재 시공방법.

【청구항 9】

제 2항에 있어서,

상기 주입부(800)는, 중공(1) 입구 주변 지면에 지지되는 받침대(810)와, 받침대(810)에 설치되어 구동부에 의해 정, 역회전되는 복수의 피딩롤러부(820)와, 피딩롤러부(820)를 타고 중공(1) 깊이방향으로 투입 길이가 제어되는 주입관(830)과, 주입관(830) 단부에 설치되어 경량 충전재 혼합물이 토출되는 메인노즐부(850)로 이루어지고,

상기 메인노즐부(850)는, 하단부로 갈수록 방사형으로 확장되는 복수의 가이드레일(851a)이 형성되고, 내부에 실린더실(851b)이 구비되는 노즐본체(851)와, 실린더실(851b)에 설치되어 경량 충전재 혼합물 이동압력에 의해 하방향으로 이동가능하면서 복수의 분배홀(853a)이 관통되는 피스톤(853)과, 경량 충전재 혼합물의 이동압력이 해제시 피스톤(853)을 상방향으로 복원 이송시키는 탄성체(854)와, 피스톤(853)의 분배홀(853a)에 일단이 연결되고, 다른 일단은 노즐본체(851)의 가이드레일(851a)을 타고 방사형으로 확장 인출되는 복수의 분배관(855)으로 구성되며,

상기 주입관(830)을 통하여 경량 충전재 혼합물이 공급되면, 실린더실(851b)

내부 압력이 증가하면서 피스톤(853)이 하방향으로 이동되고, 피스톤(853)의 이동력에 의해 복수의 분배관(855)이 가이드레일(851a)을 타고 방사형으로 확장 인출된 상태로 피스톤(853)의 분배홀(853a)을 통하여 분배되는 경량 충전재 혼합물이 복수의 분배관(855)을 타고 주입관(830) 중심에서 방사형으로 이격된 복수의 지점에서 토출되도록 구비되는 것을 특징으로 하는 투수성 경량 충전재 시공방법.

【요약서】

【요약】

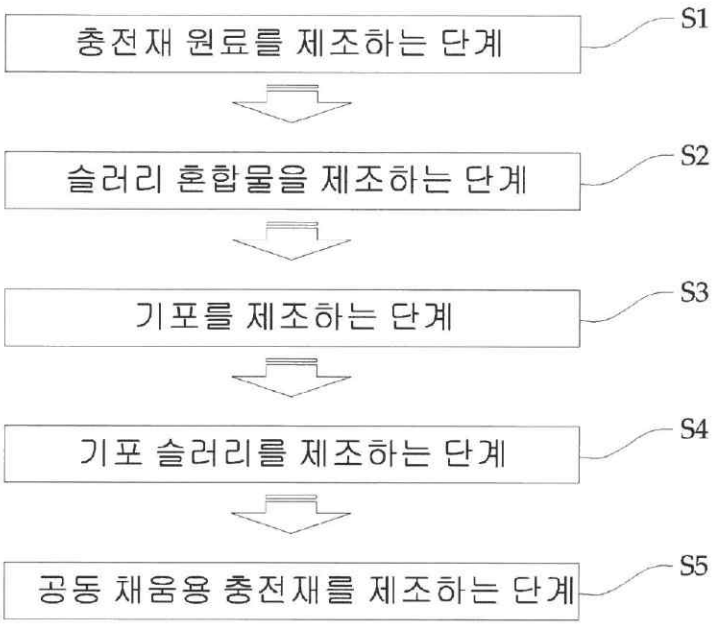
본 발명은 공동 채움용 충전재 제조방법 및 투수성 경량 충전재 시공방법에 관련되며, 이는 충전재 원료 배합비율 및 배합량을 자동 조절하여 투수성 경량 충전재를 연속적으로 제조하므로 현장시공성 향상과 더불어 현장 상황에 적합한 투수성 경량 충전재 물성을 충분히 구현하여 공동 복구에 따른 구조적 안정성을 확보하기 위해 충전재 원료를 제조하는 단계(S1), 슬러리 혼합물을 제조하는 단계(S2), 기포를 제조하는 단계(S3), 기포 슬러리를 제조하는 단계(S4), 경화 촉진 슬러리를 제조하는 단계(S5)를 포함하여 주요구성으로 이루어진다.

【대표도】

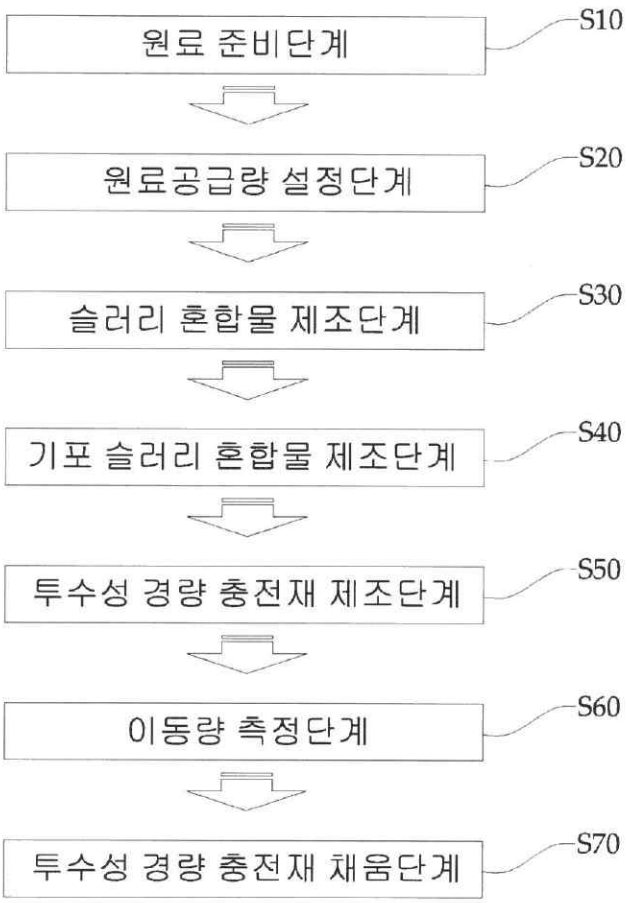
도 1

【도면】

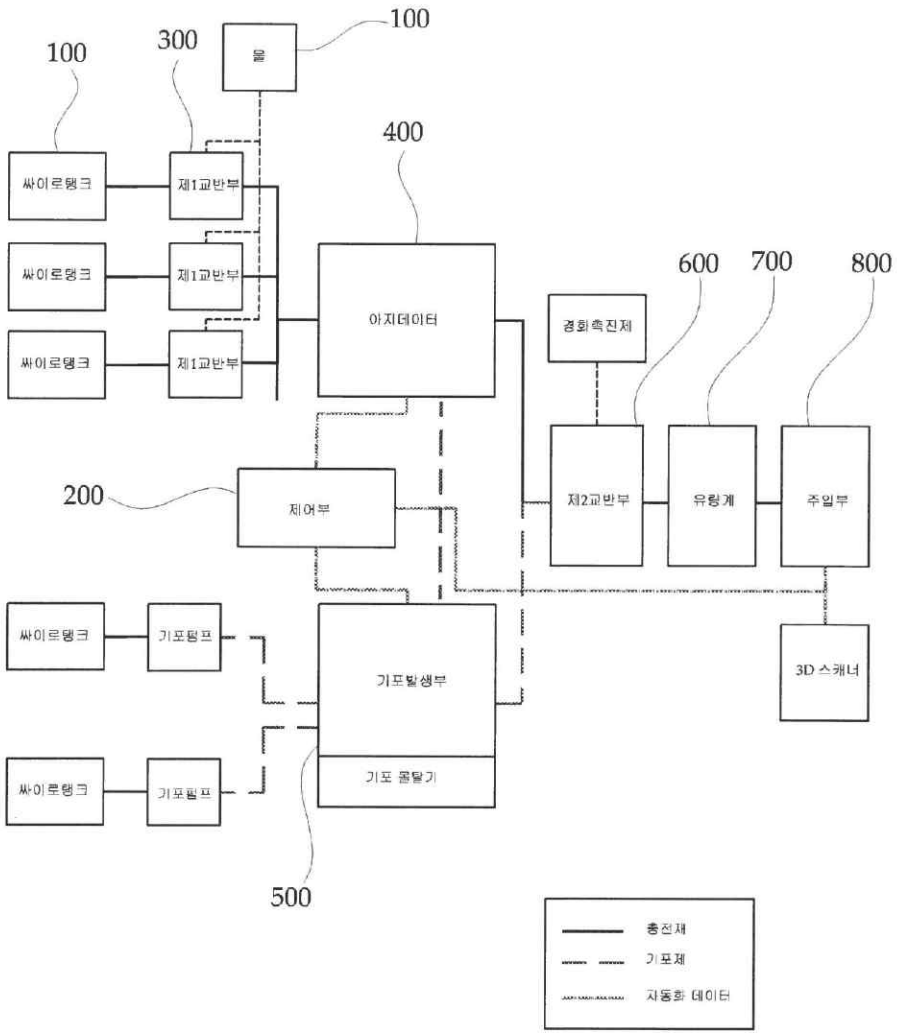
【도 1】


충전재 원료를 제조하는 단계
S1
슬러리 혼합물을 제조하는 단계
S2
기포를 제조하는 단계
S3
기포 슬러리를 제조하는 단계
S4
공동 채움용 충전재를 제조하는 단계
S5

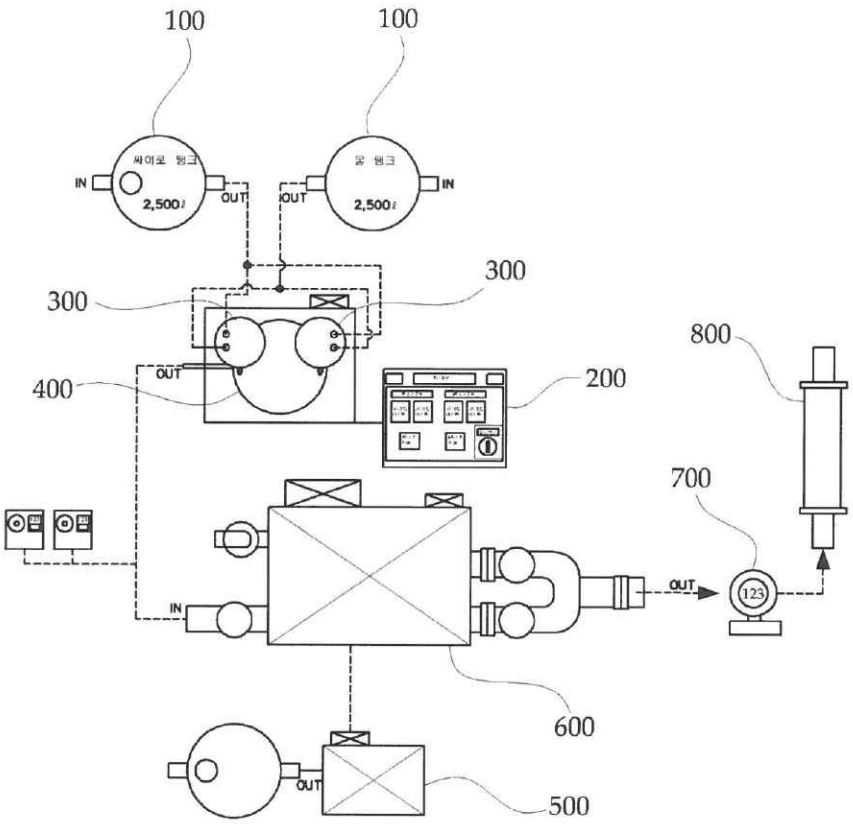
【도 2】


원료 준비단계
S10
원료공급량 설정단계
S20
슬러리 혼합물 제조단계
S30
기포 슬러리 혼합물 제조단계
S40
투수성 경량 충전재 제조단계
S50
이동량 측정단계
S60
투수성 경량 충전재 채움단계
S70

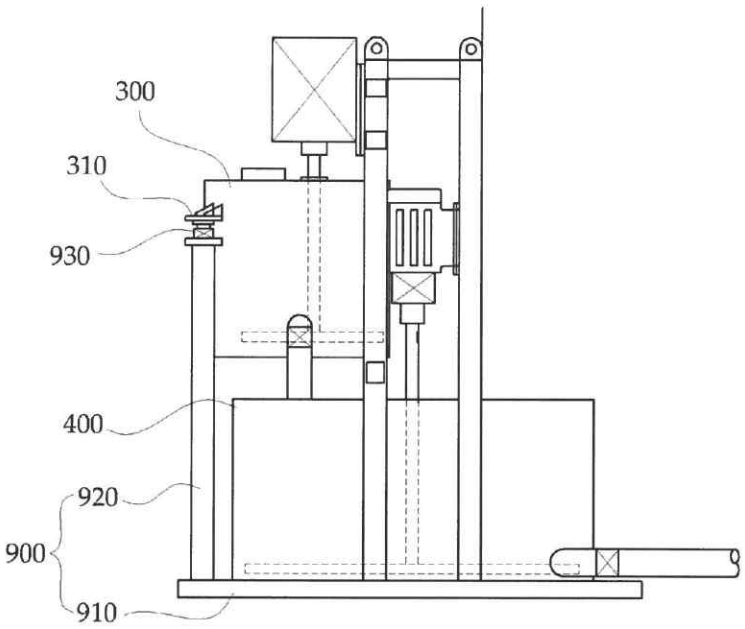
【도 3】


100
300
몰
100
400
싸이로탱크
제1교반부
싸이로탱크
제1교반부
싸이로탱크
제1교반부
아지데이터
경화촉진제
600
700
800
200
제어부
제2교반부
유량계
주입부
싸이로탱크
기포펌프
기포발생부
3D 스캐너
싸이로탱크
기포펌프
기포 몰탈기
500
충전재
기포제
자동화 데이터

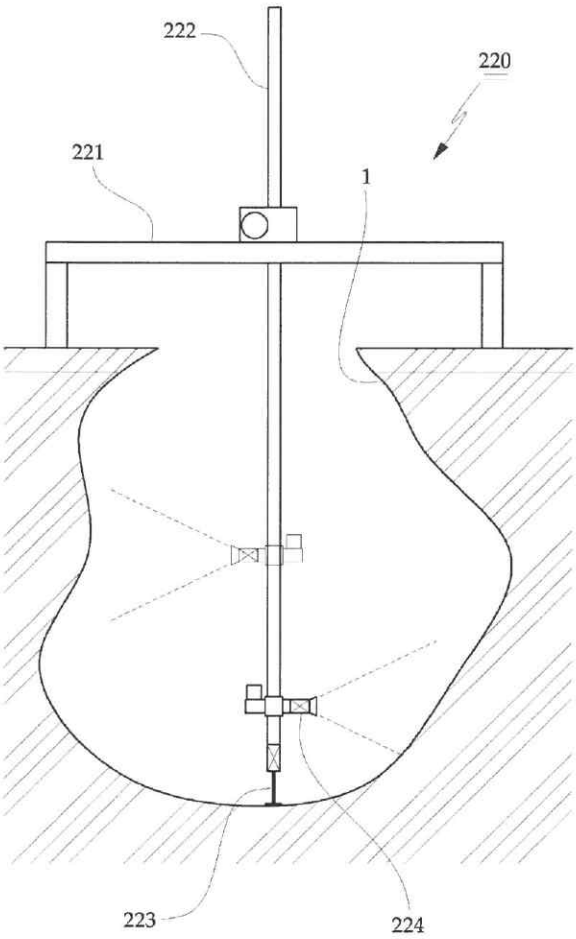
【도 4】


100
100
IN
OUT
2,500ℓ
OUT
IN
2,500ℓ
300
300
800
400
OUT
200
700
IN
OUT
123
600
OUT
500

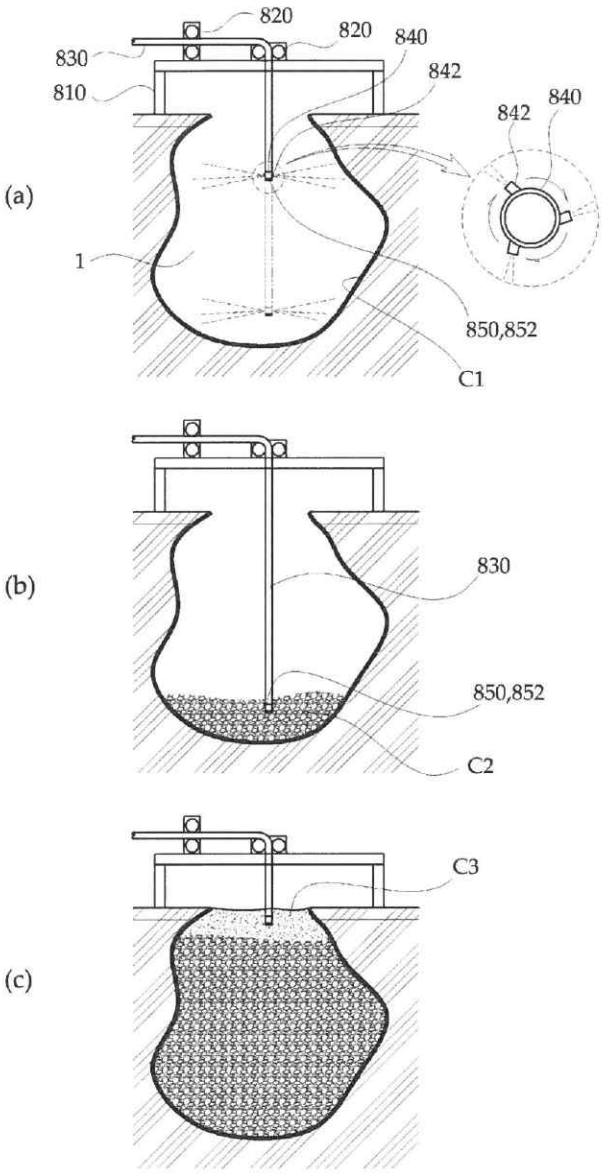
【도 5】



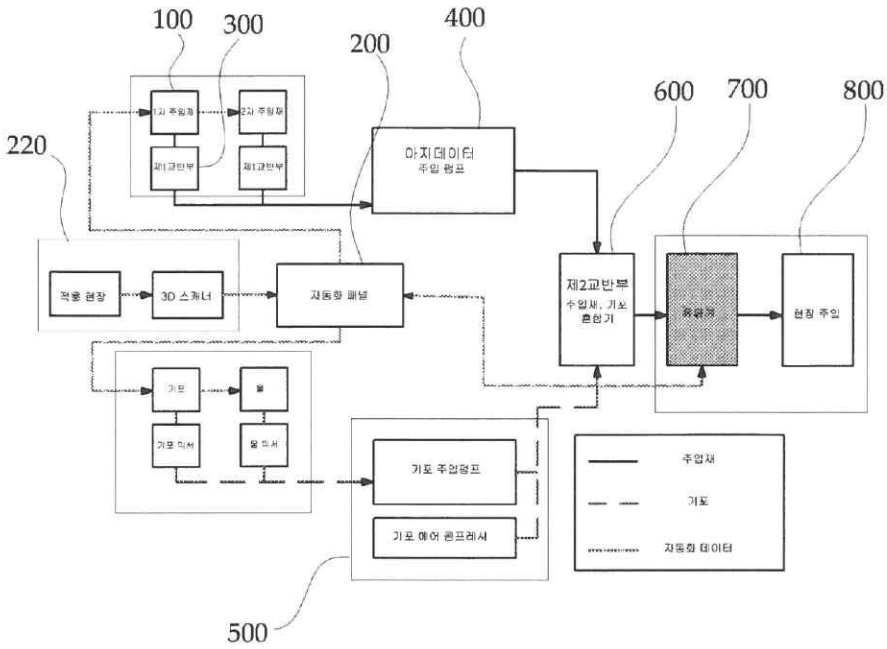
【도 6】



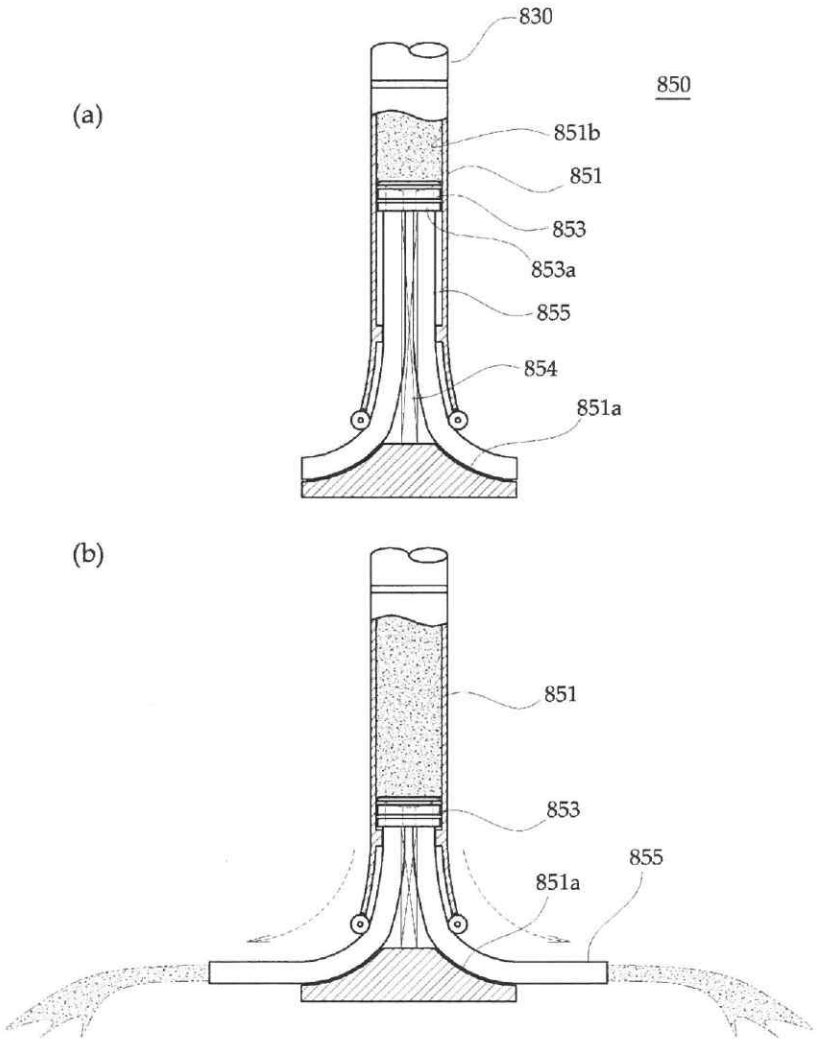
【도 7】



【도 8】


100
300
200
400
600
700
800
220
500
제1교반부
제2교반부
아지데이터
주입 펌프
적층 현장
3D 스캐너
자동화 패널
제2교반부
수압제, 기포
혼합기
현장 주입
기포
물
기포 제어
물 제어
기포 주입펌프
기포 에어 콘프레서
주입재
기포
자동화 데이터

【도 9】



■ 투고 논문

- 혼합물 실험계획법에 의한 경량기포 충전제 제조를 위한 산업부산물의 최적 배합검토 (한국건설순환자원학회 논문집, 2019년 3월)

J Rec Const Resources 7(1)37-43(2019)
https://doi.org/10.14190/JRCR.2019.7.1.37

Print ISSN : 2288-3320
Online ISSN : 2288-369X

혼합물 실험계획법에 의한 경량기포 충전재 제조를 위한 산업부산물의 최적 배합 검토

Study on Optimum Mixture of Industrial By-Products for Lightweight Foamed Filler Production by Mixture Experimental Design

우양이[1] · 박근배[2*]
Yang-Yi Woo[1] · Keun-Bae Park[2*]

(Received January 10, 2019 / Revised March 26, 2019 / Accepted March 27, 2019)

This research studied production of lightweight filling production for sink hole restoration utilizing various industrial by-products(2kinds of fly ash, petro-cokes CFBC ash, blast furnace slag fine particle). For this purpose, the mixed raw material properties(compressive strength) behaviors according to the blending ratio of industrial by-products were examined by applying the experimental design method and statistical analysis was performed using the commercial program MINITAB.

Compressive strengths of industrial by-products were strongly dependent on blast furnace slag powder. Compressive strength(3days aging) was 3~11MPa depending on the amount of blast furnace slag powder used. The use of CFBC fly ash was evaluated to have the least effect on compressive strength.

In addition, the compressive strength and the coefficient of permeability were measured by preparing foamed concrete for the experimental batch 1 condition in the mixture experimental design. In this case, the bulk density is 0.9 to 1.0, the apparent porosity is 30 to 50%, the compressive strength(3days old) is 1 to 2MPa, and the permeability coefficient is 10^{-2} to 10^{-3}㎝/sec.

키워드 : 지반함몰, 기포 콘크리트, 산업부산물, 충전재, 투수성

Keywords : Sink hole, Foamed mortar, Industrial by-products, Filler, Permeability

1. 서 론

최근 우리 주변에서 싱크홀(sink hole) 발생으로 인하여 생명을 위협하고 생활에 심각한 불편을 초래하여 사회문제로 대두되고 있다. 2018년 7월 부산 번영로 도시고속도로 상행선에서 크기가 가로 2m, 세로 1m 및 깊이 5m에 달하는 대형 싱크홀이 발생하였고, 9월에는 경기도 의정부시에서 가로 5m, 세로 5m 및 깊이 5m 크기의 대형 싱크홀이 발생하여 지나던 지게차가 추락하는 사고 발생이 신문에 보도되어 주변의 안전에 큰 우려를 나타내었다. 이러한 싱크홀의 발생은 다양한 원인으로 발생하고 있다.

Park(2015)은 "싱크홀 현황과 그 대책"에서 인공적인 지반함몰 발생 원인으로서, Life Line 중 상하수도 지하 매설관로 노후로 인한 누수 발생 후 주변 지반의 동공화, 조립토 지반 내에 대규모 건축물 기초 터파기 공사 시 차수벽 시공부실 및 양수를 목적으로 하는 무분별한 지하수 방출과 더불어 기초주변 토사의 급격한 유실로 인한 지반함몰 발생, 지반 내에 개착공법으로 시공된 지하차도 하부의 지하수 이동에 의한 국부적인 동공화로 인한 지표면 싱크홀 발생, 지반 내에 지하구조물 건설비 막장면 관리 부실로 다량의 지하수 유입으로 인한 상부 지표면 동공 발생 등을 원인으로 들고 있으며, 대부분의 원인이 지하수, 또는 지하 매설 상하수도관 등의 누수에 의하여 발생한다. 현재 지반함몰이 발생하였을 경우 신속한 복구를 위해 모래, 또는 모래와 시멘트를 혼합하여 동공에 투입하고 다짐한 후, 상부 포장을 하여 복구를 마무리하고 있어, 불완전 다짐, 장기간에 걸친 침하, 복구 충전재의 하중에 의

* Corresponding author E-mail: ds3galaxy@daum.net

[1](주)에이지 연구소장 (Research Center, AZ Co., Ltd. Chungcheongnam-do 33415, Korea)
[2](주)에이지 수석연구원 (Research Center, AZ Co., Ltd. Chungcheongnam-do 33415, Korea)

Copyright ⓒ 2019 by Korean Recycled Construction Resources Institute

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

한 침하 등으로 지반함몰의 재발 우려가 있다.

본 연구에서는 지반함몰이 발생하였거나, 지하에 생성된 동공의 충전재로서 산업부산물을 주원료로 하여 토양과 유사한 투수계수를 가지는 경량 기포 충전재를 제조하고자 하였다. 이를 위해 산업부산물의 최적 배합비를 검토하고, 실험배치 중에서 1수준의 배합조건에 대해서 기포 콘크리트를 제조한 후 특성을 평가하였다.

2. 혼합물 실험계획법

본 연구에서 최적배합비 검토를 위해 적용한 혼합물 실험계획법은 여러 가지 성분의 혼합으로 구성되어 있는 혼합재료에서 각 구성성분의 혼합비율에 따라 반응값(예, 압축강도 등)에 영향을 미치는 영향을 검토하고, 반응값이 최대, 최소 또는 최적인 혼합비율을 찾기 위한 구성성분의 혼합비율에 관한 실험계획을 말한다.

혼합물 실험계획에서 실험 인자와 실험수준의 배치를 위한 실험계획으로는, 심플렉스 격지형 배열법, 심플렉스 중심배열법, Lambrakis 실험계획법, 심플렉스 선별계획법 등이 있다.

이러한 실험계획법에 따른 실험결과의 해석은 MINITAB과 같은 통계 프로그램을 통해서 분석할 수 있다. 또한, 실험계획법에 의한 실험에서 각 수준의 실험순서는 무작위로 배정(Run order)하여 실험하게 되며, 무작위 순서로 실험을 하게 됨으로써 실험변수 이외의 다른 요인 영향이 각 수준에 골고루 나누어지게 됨에 따라 실험 인자 이외의 영향을 최소화할 수 있다.

3. 실험 개요

3.1 실험계획

본 연구에서는 산업부산물을 주원료로 하여 기포 콘크리트를 제조하고자 산업부산물의 배합조건에 따른 압축강도 변화를 검토하고, 검토 결과에 따라 기포 콘크리트용 원료 조성을 선정하고, 기포 콘크리트를 제조한 후 특성을 검토하였다.

산업부산물을 주원료로 하는 배합비 선정실험은 혼합물 실험계획법을 적용하여 실험배치를 하였으며, 산업부산물은 미분탄 보일러 플라이애시(PCC Ash), 석탄 유동층 보일러 애시(C-CFBC Ash), 페트로 코크스 연소 유동층 보일러 플라이애시(P-CFBC Ash)와 고로 슬래그 미분말(BFS)로 구성되며, 초기 강도 발현을 위해 보통 포틀랜드시멘트(OPC)를 모든 실험수준에 대해서 원료의 10wt.%를 첨가하였다.

원료 배합비 선정실험의 혼합물 실험계획법에 의한 실험배치는

Table 1. Design of experiment

Std order	Run order	OPC	Parameter			
			A	B	C	D
			PCC-Ash	C-CFBC Ash	P-CFBC Ash	BFS
1	8	0.1	1.00	0.00	0.00	0.00
2	4	0.1	0.67	0.33	0.00	0.00
3	22	0.1	0.67	0.00	0.33	0.00
4	21	0.1	0.67	0.00	0.00	0.33
5	10	0.1	0.33	0.67	0.00	0.00
6	18	0.1	0.33	0.33	0.33	0.00
7	19	0.1	0.33	0.33	0.00	0.33
8	2	0.1	0.33	0.00	0.67	0.00
9	15	0.1	0.33	0.00	0.33	0.33
10	17	0.1	0.33	0.00	0.00	0.67
11	1	0.1	0.00	1.00	0.00	0.00
12	9	0.1	0.00	0.67	0.33	0.00
13	3	0.1	0.00	0.67	0.00	0.33
14	16	0.1	0.00	0.33	0.67	0.00
15	23	0.1	0.00	0.33	0.33	0.33
16	25	0.1	0.00	0.33	0.00	0.67
17	11	0.1	0.00	0.00	1.00	0.00
18	14	0.1	0.00	0.00	0.67	0.33
19	24	0.1	0.00	0.00	0.33	0.67
20	20	0.1	0.00	0.00	0.00	1.00
21	6	0.1	0.25	0.25	0.25	0.25
22	21	0.1	0.63	0.13	0.13	0.13
23	7	0.1	0.13	0.63	0.13	0.13
24	5	0.1	0.13	0.13	0.63	0.13
25	13	0.1	0.13	0.13	0.13	0.63

Table 1과 같으며, 실험결과의 해석은 통계 프로그램인 MINITAB R17을 사용하였다.

3.2 사용재료

본 연구에 사용한 시멘트는 S사의 보통 포틀랜드 시멘트 1종을 사용하였으며, 플라이애시는 B 화력발전소의 미분탄 보일러 플라이애시(PCC Ash)와 H사의 석탄 열병합발전소에서 발생하는 유동층 보일러 플라이애시(C-CFBC Ash) 및 H사의 페트로 코크스 유동층 연소로에서 발생되는 플라이애시(P-CFBC Ash)와 S사의 고로 슬래그 미분말(BFS)을 사용하였으며, 각 원료의 화학조성과 입도 분포는 Table 2와 Fig. 1에 나타냈으며, 각 산업부산물의 미세구조는 Fig. 2와 같다.

Table 2. Chemical components of powders used in the experiment

TYPE	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	K_2O	Na_2O	TiO_2	etc.	SUM
PCC Ash	52.4	22.8	7.3	6.3	2.9	0.8	2.1	1.3	1.1	3.1	100
C-CFBC Ash	43.1	18.7	4.3	18.5	4.0	2.9	3.1	2.6	1.1	1.8	100
P-CFBC Ash	2.8	1.2	0.6	66.0	2.1	26.0	0.3	0.0	0.0	1.1	100
BFS	31.1	12.9	0.5	45.3	5.5	2.7	0.5	0.3	0.7	0.6	100
OPC	20.4	6.3	4.5	60.0	2.1	3.6	1.2	0.3	0.5	1.1	100

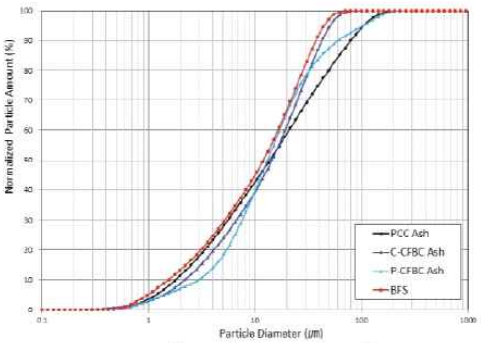
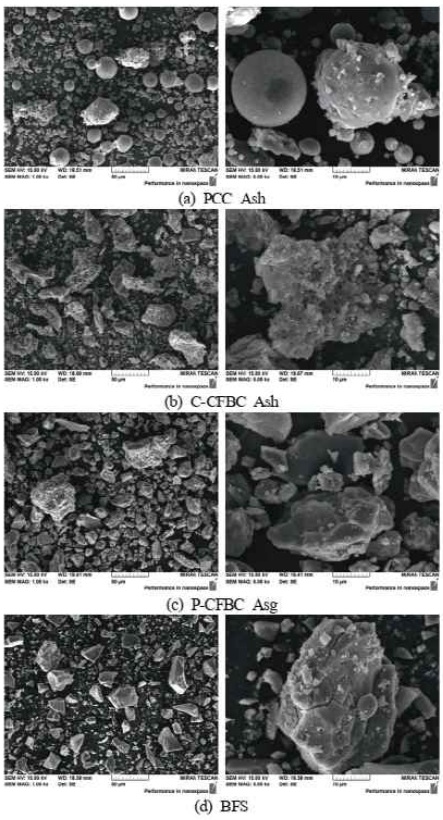


Fig. 1. Particle size distribution of powders



(a) PCC Ash

(b) C-CFBC Ash

(c) P-CFBC Asg

(d) BFS

Fig. 2. Microstructure of powder

3.3 실험방법

3.3.1 산업부산물 결합재의 배합비 선정

Table 1 실험수준에서 압축 강도용 공시체 제조를 위한 W/C는 각 수준에서 Flow 값이 220±20㎜가 되도록 하였다. Fig. 3은 제작된 압축 강도용 공시체와 압축강도 시험을 나타낸 것이다. MINITAB을 활용하여 압축강도에 대해서 회귀분석, 분산분석을 하고, 최적 조건 추정을 하였다.



Fig. 3. Compressive strength test

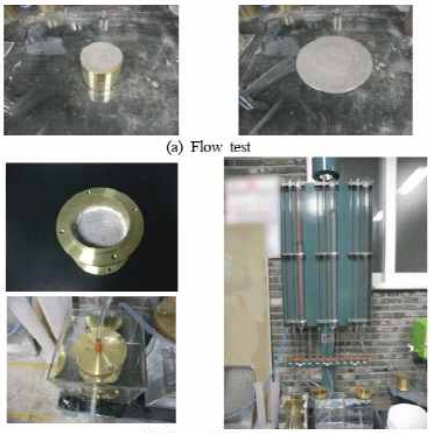
3.3.2 기포 콘크리트 제조 및 평가

플라이애시 2종류(PCC Ash, C-CFBC Ash)와 페트로 코크스 유동층 보일러 애시(P-CFBC Ash), 고로 슬래그 미분말(BFS) 및 보통포틀랜드시멘트로 구성된 결합재의 Table 1 배치 중에서 부산자원의 재활용과 경제성을 고려하여 4종의 부산자원을 모두 사용하고, 3일 압축강도 값이 5MPa 이상을 나타내는 한 개 수준을 선정한 후, 선택된 수준의 원료 조합에 대해서 Table 3의 조건으로 기포 콘크리트를 제조하고, 압축강도, 기공률, 비중 및 투수계수를 측정하였다. 압축강도 측정용 공시체는 Φ5cmx10cmH 몰드를 사용하였으며, 겉보기 기공률, 흡수율 및 부피 비중은 KS L ISO 5017에 의하여 측정하였고, Flow 값은 KS F 4039에 의하여 측정하였으며, 투수계수는 KS F 2322에 의하여 측정하였다. Fig. 4는 Flow 값 시험과 투수계수 측정시험을 나타낸 것이다.

Table 3. Mix Condition of foam concrete

Parameter	Level
Foam agent	VF
Concentration of foam agent	10%, 15%
Plasticizer	0.1%
W/C	50%
Percent of foam	80%, 110%, 140%

* VF : Vegetable Foam Agent



(a) Flow test

(b) Permeability test

Fig. 4. Measurement of flow test and permeability coefficient

4. 실험결과 및 고찰

4.1 산업부산물 결합재의 배합비 선정

4.1.1 압축강도

Table 4는 Table 1의 혼합물 조성에 대한 압축강도 측정결과 값을 나타낸 것이며, Table 4와 Table 5는 각각 재령 3일 압축강도에 대한 회귀계수와 분산분석표를 나타낸 것이다.

Table 4의 회귀계수에서 플라이애시(PCC), 플라이애시(CFBC), 페트로 코크스 유동층 연소로 플라이애시 및 고로 슬래그 미분말의 회귀계수는 각각 0.92, 0.96, 4.65, 12.09이 마이너스를 나타내는 것은 상호작용하여 압축강도를 저하시킨다는 것을 나타낸다.

Fig. 5은 단일성분의 산업부산물과 보통포틀랜드시멘트 10%가 혼합된 수준의 압축강도 값이며, 고로 슬래그 미분말의 압축강도(#20)가 다른 수준보다 높은데, 이것은 보통 포틀랜드 시멘트 함유량이 고로 슬래그 시멘트 3종(고로 슬래그 함유량 60 초과 70 이하)보다 적지만, 고로 슬래그 시멘트와 같은 잠재 수경성 반응에 의한 것으로 판단된다. 그러나 미분탄 보일러 플라이애시는 Ca 함유량이 적고, 초기 반응성이 거의 없고, 강도를 나타내기 위한 시멘트 절대량이 부족하므로 강도가 낮은 것으로 판단된다. 또한, 유동층 연소 보일러 발생 플라이애시는 탈황을 위한 석회석 사용으로 인한 f-CaO가 다량 존재하므로 수화-팽창이 일어나므로 압축강도가 낮은 것으로 판단된다.

고로 슬래그가 압축강도에 미치는 영향은 Fig. 6에서와 같이

Table 4. Test result of compressive strength

Std order	OPC	Parameter				W/C	Result		
		A	B	C	D		Compressive strength (MPa)		
		PCC Ash	C-CFBC Ash	P-CFBC Ash	BFS	(%)	3days	7days	28days
1	0.10	1.000	0.000	0.000	0.000	35.0	1.34	2.44	3.71
2	0.10	0.670	0.330	0.000	0.000	60.0	0.61	1.78	4.46
3	0.10	0.670	0.000	0.330	0.000	40.0	1.62	3.63	11.08
4	0.10	0.670	0.000	0.000	0.330	35.0	4.56	14.19	20.10
5	0.10	0.330	0.670	0.000	0.000	75.0	0.47	2.18	4.96
6	0.10	0.333	0.333	0.333	0.000	55.0	1.05	3.48	11.42
7	0.10	0.333	0.333	0.000	0.333	60.0	2.60	7.02	15.56
8	0.10	0.330	0.000	0.670	0.000	37.5	4.90	7.92	21.84
9	0.10	0.333	0.000	0.333	0.333	40.0	4.92	10.88	21.25
10	0.10	0.330	0.000	0.000	0.670	35.0	11.14	23.47	31.02
11	0.10	0.000	1.000	0.000	0.000	100.0	0.41	0.76	1.51
12	0.10	0.000	0.670	0.330	0.000	80.0	0.27	1.50	11.41
13	0.10	0.000	0.670	0.000	0.330	70.0	3.60	11.36	18.80
14	0.10	0.000	0.330	0.670	0.000	57.5	0.55	2.23	7.48
15	0.10	0.000	0.333	0.333	0.333	55.0	3.33	8.46	15.17
16	0.10	0.000	0.330	0.000	0.670	57.5	7.11	14.50	21.14
17	0.10	0.000	0.000	1.000	0.000	37.5	3.71	3.93	13.98
18	0.10	0.000	0.000	0.670	0.330	40.0	8.27	17.58	27.42
19	0.10	0.000	0.000	0.330	0.670	40.0	9.84	25.43	36.19
20	0.10	0.000	0.000	0.000	1.000	42.5	10.99	22.03	32.57
21	0.10	0.250	0.250	0.250	0.250	55.0	2.08	6.12	24.35
22	0.10	0.625	0.125	0.125	0.125	47.5	1.13	4.20	15.24
23	0.10	0.125	0.625	0.125	0.125	80.0	0.48	3.42	-
24	0.10	0.125	0.125	0.625	0.125	45.0	3.92	9.35	16.13
25	0.10	0.125	0.125	0.125	0.625	50.0	7.69	19.63	38.42

Table 5. Regression coefficient of compressive strength(3days)

	Coef.	SE Coef.	T	P	VIF
A	0.92	1.026	*	*	2.759
B	0.96	1.026	*	*	2.759
C	4.65	1.026	*	*	2.759
D	12.09	1.026	*	*	2.759
A*B	-4.15	4.396	-0.94	0.360	2.028
A*C	-0.06	4.396	-0.01	0.989	2.028
A*D	1.94	4.396	0.44	0.666	2.028
B*C	-11.66	4.396	-2.65	0.018	2.028
B*D	-8.06	4.396	-1.83	0.087	2.028
C*D	0.44	4.396	0.10	0.922	2.028

S = 1.15537 PRESS = 102.467

R^2 = 93.05% R^2(Prediction) = 64.43% R^2(Adj.) = 88.88%

* A: PCC Ash, B: C-CFBC Ash, C: P-CFBC Ash, D: BFS

Table 6. ANOVA table of compressive strength(3days)

	DF	Seq. SS	Adj. SS	Adj. MS	F	P
Regression analysis	9	268.020	268.020	29.7800	22.31	0.000
Linear	3	254.502	107.500	35.8333	26.84	0.000
2nd order	6	13.519	13.519	2.2531	1.69	0.192
A*B	1	0.305	1.191	1.1909	0.89	0.360
A*C	1	0.012	0.000	0.0003	0.00	0.989
A*D	1	0.271	0.259	0.2591	0.19	0.666
B*C	1	8.293	9.385	9.3853	7.03	0.018
B*D	1	4.623	4.487	4.4871	3.36	0.087
C*D	1	0.013	0.013	0.0134	0.01	0.922
Residual Err.	15	20.023	20.023	1.3349		
Total	24	288.043				

* A: PCC Ash, B: C-CFBC Ash, C: P-CFBC Ash, D: BFS

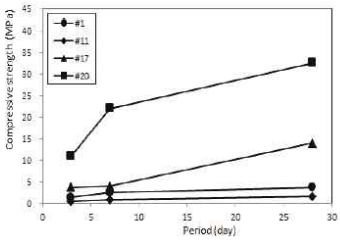


Fig. 5. Relationship between of strength and mixing ratio(Ⅰ)

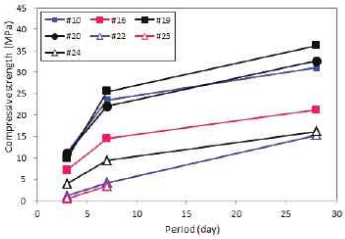


Fig. 6. Relationship between of strength and mixing ratio(Ⅱ)

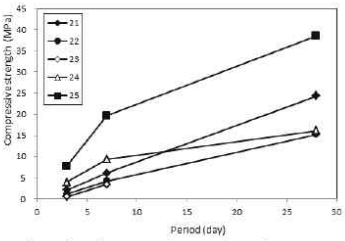


Fig. 7. Relationship between of strength and mixing ratio(Ⅲ)

고로 슬래그 혼합량에 따라 큰 상관성을 보이며, Table 5의 회귀계수에서 알 수 있다.

Fig. 7은 산업부산물 4종을 모두 혼합한 경우의 압축강도를 나타낸 것으로 고로 슬래그 양이 적을 경우 초기, 후기 강도 발현이 저조하게 된다. 강도 발현이 저조한 이유로서는 사용되는 보통 포틀랜드 시멘트량이 전체의 10%로서 소량이므로, 시멘트에 의한 강도 증가 영향은 미약하며, 플라이애시(PCC)의 경우 Fig. 7에서와 같이 강도 증가를 기대할 수 없으며, 유동층 플라이애시와 페트로 코크스 연소 보일러의 애시의 경우 존재하는 f-CaO가 물고 반응하여 $Ca(OH)_2$를 생성하며, 발열, 팽창을 일으켜 수화에 의한 치밀화를 기대할 수 없게 되는 것으로 판단된다. 따라서 적정량의 고로 슬래그 사용이 반드시 필요할 것으로 보인다.

4.1.2 최적화

Fig. 8은 MINITAB의 반응 최적화 도구를 사용하여 얻어진 압축강도 값이 최대가 되는 조건을 나타낸 것이다. 압축강도가 최대가 되는 조건은 플라이애시(PCC) 15wt.%와 고로 슬래그 미분말 84wt.%를 사용하였을 때이며, 이때 추정 압축강도(3일)는 12.3MPa를 나타낸다. 그리고 미분탄 보일러 플라이애시(PCC Ash) 및 석탄 유동층 보일러 애시(C-CFBC Ash) 및 페트로 코크스 유동층 연소로 플라이애시(P-CFBC Ash)는 사용량의 증가에 따라 압축강도는 감소하고, 고로 슬래그 미분말의 사용량 증가에 따라 압축강도는 증가하는 경향을 나타낸다. 그리고 이러한 경향은 7일과 28일 압축강도 추정값에서도 동일한 경향을 보인다.

그러나 본 연구에서는 재료의 원가를 고려하여 원료 산업 부산자원을 적극적으로 활용하고, 경량 기포 충전재용 소재의 조성을 선정하고자 하므로 배합조성의 3일 압축강도가 5MPa 이상이 되는 조성을 선정하였으며, 이때 각 성분의 함량과 추정 압축강도(3일)는 Fig. 9와 같다.

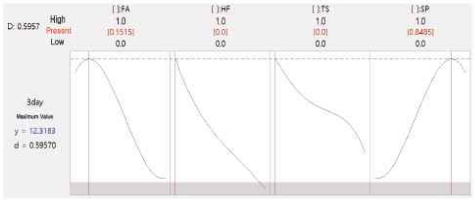


Fig. 8. Compressive Strength at maximum condition

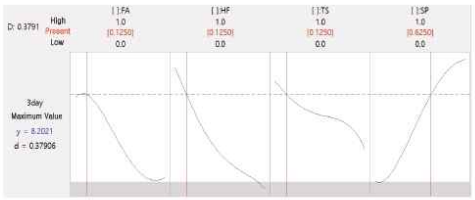


Fig. 9. Compressive Strength at selected mixing ratio

4.2 기포 콘크리트

산업부산물의 배합비 선정실험에서 선정된 배합비에 대해서 Table 3 조건으로 제조된 기포 콘크리트 특성을 Table 7에 나타냈다.

4.2.1 Flow값

Table 3 조건으로 제조된 기포 콘크리트 슬러리의 Flow값은

Table 7. Test result of compressive strength

	Conc. Foam agent	Percent of foam (Vol.%)	Slurry density (g/cm³)	Flow value (mm)	Foam concrete							
					Water absorption ratio	Apparent porosity	Apparent density (g/cm³)	Bulk density (g/cm³)	Permeability coefficient (cm/sec)	Compressive strength(MPa)		
										3days	7days	28days
#FM1	10.0%	80	1.09	283	23.5%	23.2%	1.29	0.99	7.2x10-3	1.87	3.59	5.00
#FM2	10.0%	110	0.90	235	55.4%	44.9%	1.47	0.81	8.5x10-2	0.92	1.65	1.87
#FM3	10.0%	140	0.77	192	84.6%	58.1%	1.64	0.69	7.7x10-2	0.57	1.19	1.37
#FM4	15.0%	80	0.27	246	30.3%	30.7%	1.46	1.01	4.3x10-3	1.92	3.28	5.29
#FM5	15.0%	110	0.35	239	48.6%	44.5%	1.65	0.91	2.4x10-3	1.03	2.20	2.34
#FM6	15.0%	140	0.65	186	91.5%	59.5%	1.61	0.65	2.7x10-2	0.74	1.05	1.24

기포 첨가량이 증가함에 따라 감소하는데 이것은 기포 상호 간의 접촉 표면적의 증가에 따라 흐름에 대한 저항 증가의 영향으로 판단된다.

4.2.2 공극특성~압축강도 관계

Fig. 10 내지 Fig. 12는 압축강도, 겉보기 기공률, 기포제 농도 및 기포 첨가량 관계를 도시한 그래프이다.

기포 첨가량이 80%일 때 기포제 농도에 따라 기포 콘크리트의 기공률의 차이를 보이지만 기포 첨가량이 100% 이상에서는 기포제 농도와 관계없이 기포 콘크리트의 기공률은 같은 경향을 보인다. 기포 첨가량이 80%일 경우에는 기포제 농도에 관계없이 재령에 따라 압축강도는 증가한다. 그러나 기포 첨가량이 110% 이상에서는 초기 강도 발현 후 현저한 장기강도 증가는 관찰되지 않는다. 이것은 기포 첨가량의 증가에 따라 생성된 기공량이 증가하고, 기공에 의해서 결합재 사이의 거리가 증가함에 따라 반응성 저하와 양생에 필요한 수분 증발 속도의 빨라져서 초기에 수화정지 상태로 되기 때문으로 판단된다.

기포 콘크리트의 압축강도는 3일 경과 시 모두 0.5MPa 이상이고, 최대 겉보기 기공률이 59%이며, 투수계수가 10^{-3}㎝/sec 이상으로 사질토와 유사한 투수특성을 나타내고 있으며, 부피 비중이 0.6~1.0 수준으로서 경량성 재료로써 사용하기 위해서는 부피 비중 0.5 이하로 낮추고 압축강도 0.5MPa 이상이 되도록 개선할 필요할 필요가 있는 것으로 판단된다.

5. 결 론

보통 포틀랜드 시멘트 사용을 최소화하고, 산업부산물을 활용한 기포 콘크리트를 제조하기 위한 적정 배합비 검토와 이를 이용하여 제조한 기포 콘크리트 특성 분석결과는 다음과 같다.

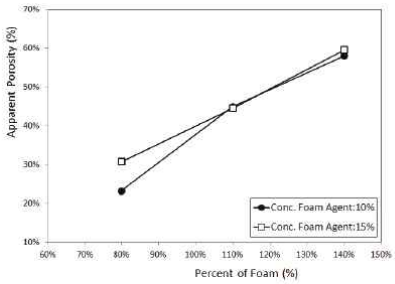


Fig. 10. Relationship between the amount of added foam and porosity

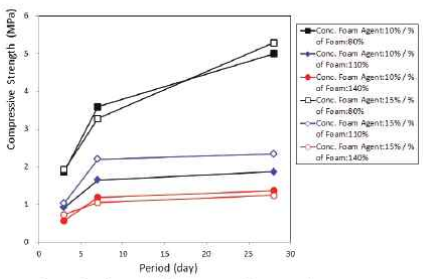


Fig. 11. Relationship between foaming conditions and compressive strength

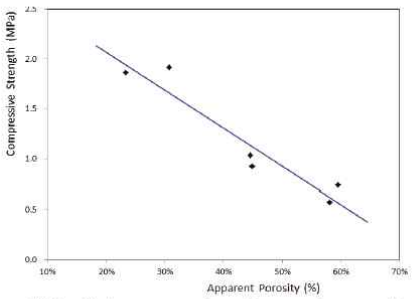


Fig. 12. Relationship between porosity and compressive strength(3days)

1) 보통 포틀랜드 시멘트 사용을 최소화하고, 플라이애시(미분탄 보일러 애시, 유동층 보일러 애시), 페트로 코크스 연소 유동층 보일러 애시 및 고로 슬래그 미분말을 사용한 결합재 제조 시 재료 특성(압축강도)는 고로 슬래그 미분말의 양에 비례하며, 고로 슬래그 미분말 혼합비율이 60% 이상일 경우, 3일 압축강도가 7MPa 이상을 나타낸다.
2) 보통 포틀랜드 시멘트 사용량을 최소화하였을 때, 특성(압축강도) 향상에 기여하는 재료는 고로 슬래그 미분말≫페트로 코크스 연소 플라이애시>플라이애시(미분탄 보일러 애시)>석탄 유동층 보일러 애시 순서이며, 각 부산자원이 상호 미치는 영향은 미분탄 보일러 플라이애시(PCC Ash)와 페트로 코크스 연소 유동층 보일러 애시의 상호작용은 압축강도 향상에 기여한다.
3) 기포 콘크리트를 제조할 때 기포 첨가량이 110vol.% 이상에서는 장기 압축강도(28일) 증가폭이 현저하게 감소하며, 이는 수화에 필요한 수분 증발 속도 증가, 결합재 입자 간 거리 이격으로 수화 반응성이 감소하기 때문으로 판단된다.
4) 기포 첨가량 110vol.%일 경우, 경량기포 콘크리트의 부피 비중 0.8~0.9g/㎤, 3일 압축강도 0.9~1.0MPa 및 투수계수 10^{-3}㎝/sec 수준으로, 지반함몰 또는 지하에 형성된 동공 충전용 재료로 적합할 것으로 판단된다.

Conflict of interest

None.

감사의 글

본 연구는 국토교통부의 국토교통기술촉진연구사업의 지원에 의해 실시된 것으로, 이에 깊은 감사를 드립니다.

References

Chung, J.Y. (2011). Properties of Foamed Concrete according to Using Methods and Types of Foaming Agent, Ph.D Thesis, Kongju University [in Korean].

Kim, J.M., Choi, H.G., Park, S.G. (2009). An experimental study on the pore structure and thermal properties of lightweight foamed concrete by foaming agent type, Journal of the Korea Institute of Building Construction, **9(4)**, 63-73 [in Korean].

Lee, S.A. (2009). Optimized mixing design of lightweight aerated concrete by response surface analysis, Journal of the Korea Concrete Institute, **21(6)**, 745-752.

Lee, S.B. (2014). Minitab Example Oriented Design of Experiments, Eretec Inc., 337-427 [in Korean].

Oh, B.H., Chung, W.K., Cha, S.W., Jang, B.S. (1996). An experimental study on the permeability measurement and development of ultra low perneable concrete, Journal of the Korea Concrete Institute, **8(5)**, 189-200 [in Korean].

Park, I.J. (2015). The present situation and countermeasures of the Sink hole, Journal of Disaster Prevention, **17(2)**, 64-72 [in Korean].

Shin, S.C. (2010). "The porosity and permeability properties of low density foamed concrete," Proceedings of the Architectural Institute of Korea, **2010(1)**, 459-462 [in Korean].

혼합물 실험계획법에 의한 경량기포 충전재 제조를 위한 산업부산물의 최적 배합 검토

본 연구에서는 각종 산업부산물(플라이애시 2종, 페트로 코크스 연소 유동층 보일러 애시 및 고로 슬래그 미분말)을 활용한 싱크홀 복구용 경량 충전재 제조에 관한 연구를 수행하였다. 이를 위해 혼합물 실험계획법을 적용하여 산업부산물의 배합비에 따른 혼합 원료 물성(압축강도) 거동을 검토하였고, 상용프로그램인 MINITAB을 사용하여 통계적 분석을 하였다. 산업부산물의 배합조건별 압축강도는 고로 슬래그 미분말에 강한 의존성을 나타냈으며, 압축강도(3일 재령)는 고로 슬래그 미분말 사용량에 3~11MPa 수준이며, 유동층 보일러 플라이애시의 사용은 압축강도 발현에 미치는 영향이 가장 적은 것으로 평가되었다. 그리고 혼합물 실험계획에 따른 원료 배치 1조건에 대해서 기포 콘크리트를 제조하여 압축강도와 투수계수를 측정하였으며, 이때 부피비중 0.9~1.0, 겉보기 기공률은 30~50% 수준, 압축강도(3일 재령)는 1~2MPa 수준, 투수계수는 10^{-2}~10^{-3}㎝/sec 수준이다.

■ 투고 논문

- CSA를 사용한 친환경 현장 기포콘크리트용 지반보수제의 기초 특성 검토 (한국자원리싸이클링학회 학회지)

원고 게재 확인서

원고심사절차	접수번호	19-국63	접수일자	2019. 12. 11.	원고종류	신 청	연구논문
원고제목	국문	CSA를 사용한 친환경 현장 기포콘크리트용 지반보수제의 기초 특성 검토					
	영문	The Fundamental Properties of Eco-friendly Ground Repair System as the Foamed Concrete for Cast in Site Using The CSA					
저자	우양이(에이지), 마영, 박근배(재인스기초건설), 송헌영(동부엔지니어링)						

상기 원고는 당 학회에 투고되어 모든 심사과정을 마쳤으며, **2020년도 2월 28일 발행예정인 국문학회지 "자원리싸이클링" 제29권 1호에 게재 예정이므로** 그에 따른 "게재확인서"를 발급합니다.

2019년 12월 23일

(사)한국자원리싸이클링학회 편집위원장 이 재 령

(사)한국자원리싸이클링학회 회 장 안 지 환

>>연구논문<<

CSA를 사용한 친환경 현장 기포콘크리트용 지반보수제의 기초 특성 검토

우양이* · 박근배* · 마영** · 송헌영***
*(주)에이지, ** 재인스기초건설(주), ***동부엔지니어링(주)

The Fundamental Properties of Eco-friendly Ground Repair System as the Foamed Concrete for Cast in Site Using the CSA

Yang-Yi Woo*, Keun-Bae Park*, Young Ma**, Hun-Young Song***

* Research Center, AZ Co., Ltd. Chungcheongnam-do 33415, Korea
** Jaeins Foundation Construction Co., LTD. Songpa-gu, Seoul, 05538, KOREA
*** Dongbu Engineering, 372, Hangang-daero, Yongsan-gu, Seoul, 04323, Korea

요 약

본 연구는 시멘트 대비 산업부산물을 90% 이상 대체한 친환경 결합재를 이용하여 저강도·고유동을 갖는 지반 보강재용 기포콘크리트 소재를 개발하기 위한 연구로서, 산업부산물을 다량 활용시 발생하는 기포콘크리트의 초기 침하율 및 체적변화를 개선하기 위하여 CSA를 소량 대체하여 기초특성을 평가하였다. 기포콘크리트용 친환경 결합재 대비 CSA의 대체율은 2.5, 5, 10%로, 굳지않은 특성, 경화특성, 공극구조 및 수화물을 분석하였다.

실험결과 친환경 결합재 사용시의 높은 침하깊이를, CSA를 2.5%만 사용하여도, 개선할 수 있었으며, 그로인해 경화 후에도 타설된 시험체의 상중하의 중량편차도 개선되었다. CSA 첨가에 따라 공극구조도 작고 균일한 사이즈의 독립기포 형성에 기여하였으며, 초기강도는 개선되었다. 그러나 CSA의 혼입률의 증가에 따라 장기강도는 감소하였으나, 5% 이하를 사용할 경우 목표강도를 만족하였다. 이로써 산업부산물을 다량 활용한 친환경 결합재에 CSA의 2.5% 첨가만으로도 목표성능의 저강도 고유동을 갖는 지반 보수용 기포콘크리트 제조가 가능한 것을 확인하였다.

주제어 : 기포 콘크리트, 저강도 고유동 충전재, 순환 유동층 보일러 플라이애시, 급결제, 지반 보수제

Abstract

This study aimed to develop a foam concrete material for a ground repair system that has low strength and low fluidity by using an eco-friendly binder, which substitutes industrial by-products for more than 90% of cement. Basic properties were evaluated after substituting a small amount of calcium sulfur aluminate (CSA) for the binder to improve the sinking depth rate and volume change, commonly found when it had a large amount of industrial by-products. The substitution rates of CSA for the eco-friendly binder used for the foam concrete were 2.5, 5, and 10%. Fresh properties, hardened properties, pore structure, and hydrates were analyzed.

Experimental results showed that using only 2.5% of CSA could improve the deep sinking depth which occurred when using an eco-friendly binder. As a result, the weight difference between the upper, middle, and lower parts of cast specimens was improved even after being hardened. The addition of CSA also contributed to the formation of small, uniformly sized closed pores and improved initial strength. However, when the proportion of CSA increased, the long-term strength decreased. However, it satisfied the target strength when 5% or less of CSA was used. The results of this study revealed that it was possible to manufacture foam concrete with low strength and high fluidity for repairing ground satisfying target qualities by adding 2.5% of CSA to the eco-friendly binder containing a large amount of industrial by-products.

Key words : Foam concrete, CLSM, CFBC ash, Quick-setting agent, Ground repair system

1. 서론

2017년 환경부가 발표한 전국 폐기물 발생량은 연간 총 1억5천톤 이상으로 이중 생활계 폐기물이 12.9%, 사업장 배출 폐기물이 39.8%, 건설폐기물이 47.3%를 점유한다. 이중 가연성 재료가 82%를 차지하는 생활폐기물과는 상반되게 사업장 폐기물은 불연성 재료가 75%, 건설폐기물은 99%에 달한다. 이와 같은 불연성 폐기물은 재활용되지 못하는 경우 대부분 매립되어진다[1].

우리 인류가 매일 배출하는 폐기물의 양은 일천평의 대지 위에 17층 규모의 건물 높이와 같으며, 이에 세계는 지금 급증하는 쓰레기의 처리 문제로 고심하고 있다. 급증하는 폐기물에 대한 해결책은 매립을 최대한 억제하고, 재활용을 적극적으로 실시하며, 배출량을 최소화하는 길뿐이다[2]. 생활폐기물 및 건설폐기물의 재활용 용도는 이들 폐기물의 자원화를 위해 다방면의 연구가 진행되고 있지만, 재자원화 및 유효 활용되지 못하는 부산물들을 수용할 수 있는 활용처는 수용력 및 스펙트럼이 광범위한 건설산업이라 할 수 있다. 현재도 부산물의 다량이 토목공사용 재료 및 건축용 소재로 재활용되고 있다.

한편 건설산업 또한 환경문제에 자유롭지 못하다. 건설산업의 주요 재료인 시멘트 산업은 무분별한 채광 및 CO_2 다배출 산업으로서 환경규제에 강화에 따른 업계의 고민은 깊어지고 있다. 따라서 시멘트 산업에서의 환경적인 문제 해결을 위해 시멘트의 원료 및 혼화재로서 산업부산물을 활용한 친환경 건설소재 연구 및 실용화가 활발해지고 있다.

최근 건설소재로서 시멘트의 사용량을 최소화하고 산업부산물의 활용율을 극대화하여 도로보수 및 연약지반의 보강재로 사용하는 CLSM (Controled low strength material, 저강도 고유동 충전재)에 대한 연구가 2000년 초반 미국을 시작으로 국내에서도 2010년도 부터 진행되기 시작하였다. CLSM의 주요 원료는 활용도가 낮은 산업부산물을 사용하는 것으로 원재료비 절감, 시공비 절감 등의 경제성 면에서 강점이 있으며, 무수축과 높은 충전성을 갖는 시공이 가능한 것이 특징이다[3].

본 연구는 이와 같이 친환경 건설소재 및 공법 개발을 위하여 국내 철강 및 전력산업에서 발생되는 부산물을 OPC에 90% 이상 대체하여 저강도·고유동의 선발포 기포 콘크리트를 제조하고, 이를 시공하기 위한 연구의 일환이다.

선행연구를 통하여 선발포 기포 콘크리트를 통한 저강도·고유동 지반보강재 배합 최적화를 완료[4]하였으나, OPC의 다량을 초기 반응성이 낮은 산업부산물로 대체할 경우 침하에 의한 불안정한 체적안정성을 보인다.

기포콘크리트의 용액상태의 기포는 일반적으로 3단계로 변화하면서 파괴된다고 알려진다. 기포가 서로 연결된 부분 없이 구 모양을 형성하는 초기단계의 기포에서 기포 표면을 형성하고 있는 페이스트가 비중 차이로 아래 부분으로 흘러내리며 배수현상이 일어나 기포가 용액의 표면으로 이동하며, 최종적으로는 배수현상에 의해 표면의 기포들이 합체되어 다각형 구조의 기포로 변하며 사이즈가 증대된다[5]. 따라서 기포와 혼합된 페이스트가 경화되기까지 기포는 상하부의 재료분리가 발생하고, 표면 기포의 결합을 통한 침하가 발생하게 된다.

이에 본 논문은 저강도·고유동 지반보강재 배합에 빠른 경화를 통한 기포의 안정성을 확보하고, 체적 변화를 최소화하기 위하여 급결제로서 CSA(Calcium Sulfure Aluminate, Hauyne)를 일부 적용하여 저강도 고유동 지반보강재의 품질기준을 만족하는 배합을 선정하고자 하였다.

또한 CSA를 사용하여 초기 강도를 확보할 경우 연약지반 보강재로 사용시 신속복구를 요하는 지반에 적용하여도 후속 공정을 위한 대기시간이 단축된다는 장점도 있다.

국내에서는 초속경 시멘트 원료로서 주로 CA(Calcium Aluminate)계와 CSA계가 일반화되었으나, 수화시 불안정성의 CAH 수화물을 생성하는 CA계 광물[6]과 달리 물과 반응하여 팽창성의 에트린자이트를 형성하여 장기적인 물리성능 및 내구성이 우수한 CSA계의 사용율이 높다.

따라서 본 연구에서는 지반 보강재용 현장 기포콘크리트의 초기 경화촉진 및 체적안정성 확

Table 1.Chemical composition of the binders used in paste(XRF)

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	K_2O	Na_2O	TiO_2	Ig.loss	Etc.	SUM
GGBS	32.0	13.7	0.9	43.2	3.4	2.3	0.5	0.4	0.0	2.1	1.5	100
FA	56.0	13.2	8.9	5.2	1.2	1.0	2.8	0.6	1.5	8.2	1.4	100
CFBC ash	37.6	18.8	4.3	14.1	3.6	2.3	1.2	3.1	0.6	13.0	1.4	100
CSA	24.3	7.5	3.1	53.4	4.3	3.7	1.0	0.6	1.2	-	0.9	100

보를 위하여 CSA를 결합재에 소량 대체하여 지반보강재를 위한 품질 특성을 평가하였고, 이를 친환경 소재를 이용한 지반안정화 공법용 소재로서 활용하기 위한 기초자료로 제시하고자 한다.

2. 실험재료 및 방법

2.1 실험재료

본 실험의 친환경 지반보수용 현장 기포콘크리트 제조를 위해 사용된 기본 결합재는 선행연구를 통해 선정된 AZ 배합을 사용하였다. AZ 결합재는 OPC 10% 미만에 고로슬래그(Ground granulated blast furnace slag, 이하 GGBS)와 플라이애시(Fly ash, 이하 FA), 순환유동층 플라이애시(Circulating fluidized bed combustion ash, 이하 CFBC ash)의 산업부산물을 90% 이상 사용하여 제조된 기포콘크리트 지반보수재를 위한 결합재이다. 결합재에 급결성을 부여하기 위하여 AZ 배합에 10% 이하의 CSA를 수준별로 첨가하여 실험하였으며, 첨가된 CSA를 포함한 모든 결합재의 산화물 조성을 Table 1.에 나타내었다.

페이스트의 유동성 개선을 위하여 국내 'D'사의 고성능 감수제를 결합재량 대비 0.1% 사용하였고, 기포 및 페이스트의 재료분리로 인한 침강방지를 위하여 결합재의 0.01%의 침강방지제를 첨가하여 물결합재비 50%의 페이스트를 제조하였다.

기포 콘크리트의 공극을 형성하기 위한 기포제는 안정적인 기포 형성을 위하여 pH 7±1, 비중 1±0.05, 고형분 함량 3%를 갖는 국내 'H'사의 독립 기포용 기포제를 사용하였다.

페이스트와 기포의 사용 비율은 페이스트 용적 대비 140%의 선발포 품을 혼합하여 기포콘크리트 슬러리를 제조하였다.

2.2 실험계획 및 방법

2.2.1 실험계획

지반보수용 현장 기포콘크리트의 CSA계 급결제 사용에 따른 기초특성 평가를 위한 실험계획을 Table 2에 나타내었다. 실험의 변수는 기포콘크리트용 페이스트의 결합재 타입으로서,

Table 2. Experiment plan

Test levels		Test items
Plain	OPC100%	· Flow(KS F 4039) · Unit weight(paste, foam concrete)(KS F 2459) · Porosity at fresh state(KS F 2459) · Setting time of paste(KS L ISO 9597) · Sinking depth(KS F 4039) · Bulk density(KS F 2459) · Compressive strength(KS F 2459) · Micro structure and hydrates(SEM & XRD)
Base	AZ100%	
CSA	2.5%, 5%, 10%	

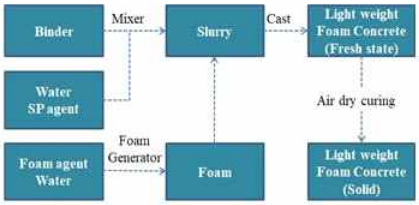


Fig. 1 Making process for pre-foaming foam con..

Plain 배합으로 보통포틀랜드 시멘트(Ordinary portland cement, 이하 OPC) 100%와 지반보강재용 최적배합인 AZ100%(선행연구를 통해 선정된 배합[4]), 여기에 CSA를 2.5%, 5%, 10% 혼합한 총 5수준의 결합재를 이용하여 제조된 기포 콘크리트의 굳지않은 특성 및 경화특성을 각각 측정하였다.

2.2.2 시험체 제작 및 측정방법

기포콘크리트는 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 기포 제조기를 통해 선발포된 기포를 별도 믹싱된 슬러리 상태의 페이스트와 함께 믹싱한다. 믹싱된 슬러리 상태의 기포콘크리트를 굳지않은 상태에서 유동성 및 단위중량을 측정하고, 시험체를 성형하여 20±2℃, 습도 60%의 항온항습실에서 재령에 따라 기건양생 후 시험 항목별로 측정된다.

측정항목으로는 굳지않은 상태의 flow와 단위용적중량, 응결시험을 측정하였다. 기포 콘크리트용 flow는 KS F 4039에 따라 측정되었으며, 단위중량은 기포가 혼합되지 않은 페이스트와 기포의 단위용적당 중량을 각각 구하고, 믹싱된 기포콘크리트의 단위중량을 측정하여, 슬러리 상태의 기포콘크리트의 기포율을 계산하였다. CSA 함량에 따른 작업성 및 초기 응결시간을 평가하기 위한 시험은 KS L ISO 9597에 따라 기포를 혼합하지 않은 페이스트를 이용하여 초결 및 종결시간을 측정하였다.

기포 콘크리트의 침하깊이 측정은 KS F 4039에 준하여 안지름 약 145mm, 높이 300mm인 투명 아크릴 용기에 시료를 상부까지

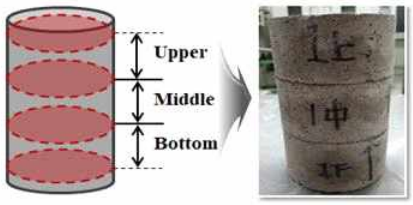


Fig. 2 Specimen for bulk density according to a section

붓고 2시간 후의 상부 침하 깊이의 최대값을 1mm 단위까지 측정하였다.

경화된 기포 콘크리트의 시험체 위치에 따른 기포의 분리와 단위중량을 측정하기 위한 시험체를 Fig. 2와 같이 제작하였다. 양생된 지름 10cm 실린더형 시험체의 상중하를 높이 5cm로 잘라 단면을 폴리싱하여 24시간 이상 100℃의 오븐에서 항량이 될 때까지 건조 후 각 위치별 절건밀도를 측정하여 비교하였다.

경화된 기포 콘크리트 시험체의 압축강도 시험은 KS F 2405에 준하여 Ø10cm×20cm의 실린더 몰드에 제작된 시험체를 재령 1, 3, 7, 28일에 각각 측정하였다.

각 시험체의 재령 28일 시험체를 대상으로 공극구조와 수화물 분석을 위하여 Tescan 사 고분해능 주사전자 현미경(Field Emission Scanning Electron Microscope)과 Rigaku 사의 X-선 회절 분석기(X-ray Diffractometer)을 사용하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 굳지않은 기포콘크리트의 특성

Fresh 상태에서의 기포 콘크리트 슬러리의 특성을 Table 3에 나타내었다.

첫 번째 굳지않은 특성으로 기포 콘크리트의 유동성 평가를 위한 flow 측정 결과 OPC의 flow가 215mm 이며, 지반보강재 기본 배합인 AZ100은 195mm로 10%의 유동성이 감소하였다. AZ 배합은 초기 반응성이 낮은 고로슬래그

Table 3. Properties of foam concrete at fresh state

	Flow (mm)	Foam con. Weight(kg/L)	Paste weight (kg/L)	Matrix ratio (%)	Porosity (%)	Foam ratio (paste vol.%)	Sinking Depth (mm)
OPC100	215	0.694	1.805	38.5%	61.5%	160.0%	10
AZ100	195	1.061	1.700	62.4%	37.6%	60.2%	12
CSA2.5	185	0.988	1.691	58.4%	41.6%	71.2%	0
CSA5	175	1.111	1.700	65.4%	34.6%	53.0%	0
CSA10	150	1.150	1.699	67.7%	32.3%	47.7%	0

와 구형 입형으로 유동성 증대 효과를 갖는 FA를 사용하였음에도 불구하고 OPC 시험체 대비 오히려 유동성은 감소하는 경향을 나타낸다. 이는 기포콘크리트 슬러리의 단위용적에 기인된 것으로, 페이스트 슬러리 용적대비 모든 시험체에서 140%의 폼을 혼합하였음에도 불구하고 OPC 시험체는 오히려 기포의 비율이 혼합과정에서 160%까지 증가한 반면, AZ를 기본배합으로 한 모든 배합에서 급격히 감소한 것을 볼 수 있다. 기포의 감소로 인하여 전체 시험체 내의 기공률 또한 감소하고, 그로인하여 단위중량 또한 크게 증가한 것을 볼 수 있다.

이는 Table 1에 나타낸 바와 같이 FA 및 CFBC ash는 높은 강열감량을 갖기 때문으로 분석된다. FA는 활용도가 낮은 비정제 플라이애시를 사용하였고, CFBC ash는 800-900℃로 상대적으로 낮은 소성온도에 따른 미연탄소분이 다량 포함되어 있다. 기존 문헌에 따르면 미연탄소분은 내부의 미세한 공극의 존재에 의해 기포를 흡착한다 보고된다[5]. 그로인해 기포가 흡착되어 급격히 낮아진 소포율은 기포에 의한 볼베어링 효과의 유동성 증대 효과도 감쇠시켜 결과적으로 flow 값을 낮추는 영향을 보인다.

CSA 함량에 따라서는 초기 반응을 통한 응결로 혼입량이 증가할수록 유동성 및 작업성에 악영향을 준다. 이러한 영향은 Fig. 3의 응결테스트에서도 확인할 수 있다.

OPC의 일반적인 초결시간이 100분 이내인 반면, OPC 함량이 낮고 잠재반응성을 갖는 산업부산물을 다량 활용한 AZ100% 시험체는 초결이 530분으로 매우 느린 초결로 인하여 기포콘크리트의 침하를 유발한다. 그러나 CSA를 사

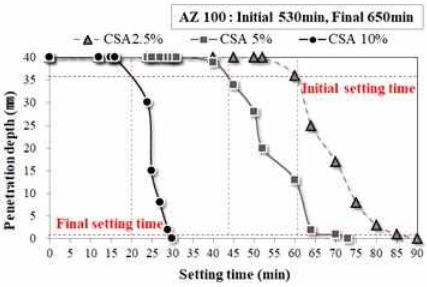


Fig. 3 Setting time according to the CSA content



(a) OPC100

(b) AZ100 (c) CSA 2.5

Fig. 4 Sinking depth according to the binder type

용할 경우 2.5%의 사용만으로도 초결 및 종결시간은 크게 감소하는 것을 확인할 수 있다. CSA 사용량 2.5%, 5%, 10% 사용에 따라 초결시간은 60분, 43분, 20분이며, 종결 또한 85분, 70분, 30분으로 2시간 이내 모두 종결을 보여 재료의 분리 및 시간에 따른 기포의 소실 방지에 기여할 수 있을 것이라 판단된다.

그에 따른 침하깊이 측정결과에서도 CSA의 초기 반응을 통한 응결시간이 영향을 준 것을 확인할 수 있다. 기포 침강방지제를 사용하였음

에도 OPC100 및 AZ100 시험체에서는 KS F 4039의 기준 침하깊이인 6mm를 초과하는 10mm 이상의 침하깊이를 보인다. 그러나 CSA를 2.5%만 사용하여도 침하깊이는 0으로 안정적인 체적변화율을 보여준다. 또한 에트린 자이트 생성의 장기적인 수축보상 효과로 체적안정성 또한 확보가 가능할 것이라 판단된다.

3.2 경화된 기포콘크리트의 특성

CSA 혼입량에 따른 압축강도와 재령 28일의 절건밀도를 Fig. 5에 나타내었다.

문헌에 의하면 저강도 고유동 충전재(CLSM)의 강도는 재령 28일 양생 후 0.1~0.5MPa 정도이면 지하 공동 충전재로서 충분하다고 알려져 있다[7,8,9]. 따라서 친환경 결합재를 사용한 본 현장 기포 콘크리트의 압축강도는 1MPa 이상이면 충분한 것으로 판단되어 1MPa를 목표강도로 설정하였다. 그러나 CSA 급결제를 사용하여 초기 강도를 확보할 경우 후속 공정 단축이 가능하며, 긴급복구용으로도 활용이 가능할 것으로 판단된다.

실험결과 동일한 조건에서 결합재로 OPC를 100% 사용할 경우 재령 28일 강도는 2.6MPa을 발현한다. 그에 대비 산업부산물이 90% 이상 대체된 AZ100 시험체의 경우 오히려 OPC 시험체보다 높은 강도를 발현한다. 이는 기포의 소포로 OPC 대비 상대적으로 낮은 공극률에 의한 겉보기 밀도에 기인한다. 그러나 AZ 시험체는 1일의 초기 강도 발현 및 시험용 몰드의 탈형이 불가능할 정도로 후속 작업성이 떨어졌다. CSA를 사용할 경우 AZ100 시험체와 절건밀도는 유사한 수준을 보이나, 초기 강도 및 탈형 등을 위한 강도가 발현되는 것을 볼 수 있다. CSA를 2.5% 사용한 시험체 또한 탈형은 가능하였으나, 초기 핸들링 강도는 확보되지 못하여 강도 측정은 불가능하였다.

CSA는 OPC와의 혼합에도 강도저하가 발생하지 않는다고 보고되지만, AZ100 시험체 대비 CSA 첨가에 따른 강도저하 현상은 시험체 제작 과정 중에서의 급격히 발생된 응결로 인하여 강

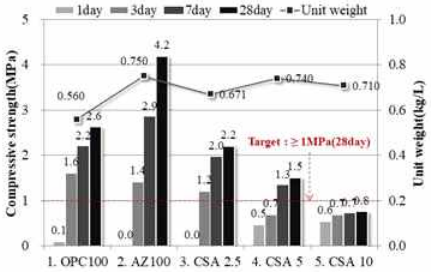


Fig. 5 Compressive strength and bulk density according to the binder type

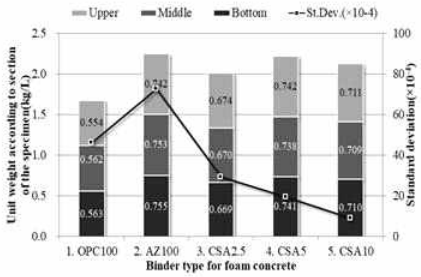


Fig. 6 Unit weight according to the binder type

도저하가 발생한 것이라 판단된다. 속경성 재료를 이용할 경우 시험체 성형 전의 응결은 오히려 생성된 수화물 매트릭스가 성형과정에서 파괴됨으로서 강도에 악영향을 미친다고 보고된다. 그러나 CSA를 5% 사용한 시험체에서 0.5MPa의 초기강도를 보여 문헌에 의한 CLSM 강도를 만족하였으며, CSA 2.5% 혼합 시험체에서도 재령 28일 강도 또한 목표 강도인 1MPa를 만족하는 것을 확인할 수 있다.

경화 전 페이스트의 침하 및 기포의 상승으로 인한 시험체 상하부의 재료분리를 판단하고자 경화 시험체를 대상으로 상,중,하로 분류하여 단위중량을 측정하여 비교하였고, 그 결과를 Fig. 6에 나타내었다. OPC100 시험체 대비 AZ100 시험체는 상대적으로 높은 상,중,하 단위중량의 표준편차를 보인다. 그러나 CSA를 첨

가할 경우 첨가량의 증가에 따라 표준편차가 낮아져 균일한 단위중량값을 보인다. 특히 CSA 첨가에 의해 상중하의 중량차는 0.45% 미만으로 낮은 차이를 보이는 반면, AZ100 시험체는 1.5%로 큰 차이를 보인다. 또한 CSA를 사용하지 않은 OPC100과 AZ100 시험체 모두 시험체 상부 면에서 기포의 분리로 인해 다소 낮은 단위중량을 보이는 것을 확인할 수 있다. 이는 침하깊이의 결과 값과도 동일한 경향을 보이고 있다. 따라서 경량기포 콘크리트의 초기 시험체의 기포의 분리 저항성 및 침강방지, 체적안정성에 CSA의 첨가가 2.5% 혼합만으로도 효과를 발현하는 것을 확인하였다.

3.3 경화된 기포콘크리트의 공극 및 수화물 분석

경화된 기포 콘크리트의 CSA 첨가에 따른 공극의 형상을 SEM을 이용한 이미지로 Fig. 7에 비교하여 나타내었다.

공극의 사이즈는 OPC100 시험체와 AZ100 시험체 모두 1mm 이상의 상대적으로 큰 공극을 가지며, CSA 첨가량이 증가할수록 공극의 사이즈는 감소하고, 공극의 형상 또한 독립기포에 가까운 것을 볼 수 있다. OPC100 및 AZ100 시험체의 경우 페이스트가 경화하기까지 소요되는 시간동안 기포는 점차 결합하여 크기는 증가하고 연속공극을 형성하게 된다. 그와 반대로, CSA를 첨가한 시험체에서는 초기 생성된 기포의 크기를 유지하여 기포의 크기가 균일하고 독립적으로 형성되어진다.

경화된 기포 콘크리트의 수화물 이미지를 Fig. 8에 나타내었다.

OPC100 시험체는 일반적으로 알려진 바와 같이 재령 28일에 C-S-H 수화물 및 판상형의 $Ca(OH)_2$가 분포되어 있는 것을 볼 수 있다. AZ100 시험체의 경우 OPC 사용량을 최소화하고 잠재수경성 및 포졸란 반응성을 갖는 GGBS와 FA가 다량 포함되어 대부분 C-S-H 수화물을 형성하고 있다. AZ시험체에 CSA를 첨가한 시험체는 첨가량이 증가할수록 침상형의 에트린자이트가 곳곳에 생성된 것을 볼 수 있다.

또한 AZ 기본 배합을 이용한 시험체에는

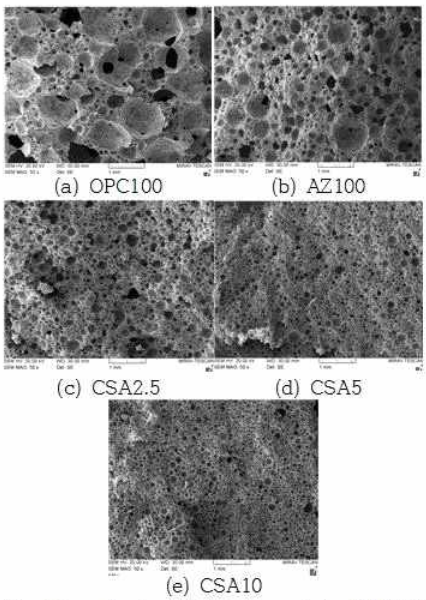


Fig. 7 Pore structure of foam concrete by SEM(×50)

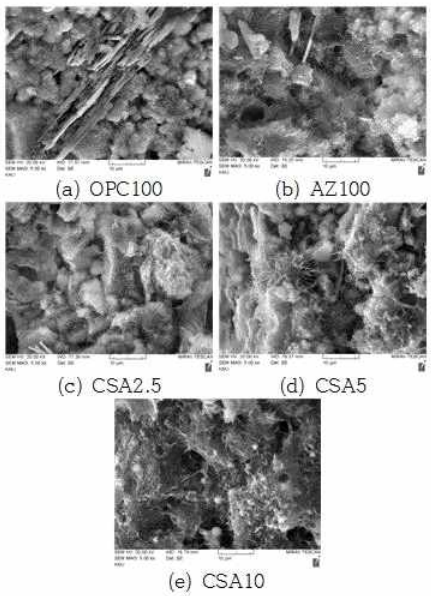
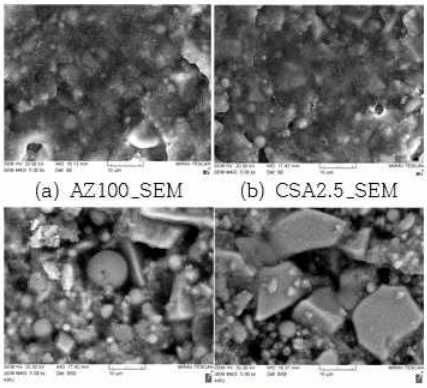


Fig. 8 Hydrates of foam concrete by SEM(×5,000)



(a) AZ100_SEM (b) CSA2.5_SEM

(c) AZ100_BSE (d) CSA2.5_BSE

Fig. 9 Unhydrated particle by BSE(×5,000)

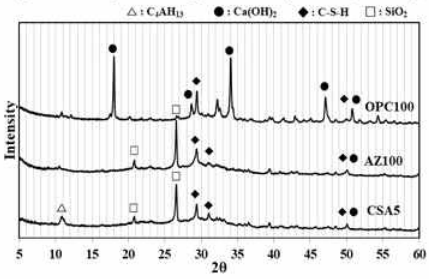


Fig. 10 Hydrates of foam concrete by XRD

CFBC ash가 포함되어 생석회에 의한 미셀(micells)구조[10]를 이루고 있는 것을 Fig. 9의 (a)와 (b)에서 확인할 수 있다. CSA를 사용한 경우 이러한 미셀(micells)구조와 에트린자이트의 생성으로 초기 압축강도 개선에도 효과가 있다. 그러나 미셀막 구조에 의한 수화물 관찰이 어려움에 따라, BSE(Backscattered electron)를 이용하여 이미지화한 결과 Fig. 9의 (c), (d)와 같이 미셀구조 내부에 무수한 미수화입자를 포함하고 있는 것을 확인할 수 있다. 이는 OPC의 광물 대비 AZ를 구성하는 재료들이 반응성이 늦기 때문으로, 이러한 미수화된 입자는 장기적인 수화를 통한 포졸란 반응으로 강도발현에 기여할 것이라 기대된다.

수화물 분석을 위해 XRD를 통한 수화물 피크를 확인하였고, Fig. 10에 나타내었다. SEM 이미지에서 확인한 바와 같이 OPC100 시험체는 일반적인 C-S-H와 CH의 피크가 디텍팅되었으며, AZ를 사용한 시험체에서는 미수화된 입자들에 의해 SiO_2 피크가 높게 나타났다. 그러나 CSA의 첨가에 생성된 에트린자이트는 SEM 이미지를 통해서는 일부 확인하였으나, 생성량이 미량이기때문에, 뚜렷한 피크로서 디텍팅되지는 않았다. 따라서 CSA 첨가량에 따른 XRD의 그래프상의 뚜렷한 차이는 나타나지 않았다.

4. 결론

본 연구는 저강도·고유동 지반 보강재용 기포콘크리트의 기포 안정성 및 체적 안정성 확보를 위하여 CSA를 소량 첨가함으로서, 친환경 소재를 활용한 지반안정화 공법용 소재를 개발하기 위한 기초연구이다. 본 연구의 실험결과를 토대로 얻어진 결론은 아래와 같다.

1) 동일한 기포율을 사용한 시험체라도 사용된 결합재마다 기포 콘크리트 슬러리의 유동성은 차이를 보인다. OPC만을 사용한 시험체 대비 산업부산물을 다량 활용한 AZ100 배합은 미연탄소의 영향으로 낮은 기포율과 그로인한 높은 단위용적, 기포의 감소로 인한 볼베어링 효과 저하로 유동성 또한 감소하는 것으로 나타났다.

2) AZ 기본배합에 CSA 소량 대체에 따른 기포콘크리트의 굳지않은 특성 평가 결과 첨가량이 증가할수록 빠른 초기 응결속도로 인하여 시간에 따른 기포의 소실에도 영향을 준다. 그로인하여 CSA를 2.5%만 사용하여도 침하깊이가 개선되어 굳지않은 기포콘크리트의 체적안정성을 확보한다.

3) 경화 기포 콘크리트의 특성 평가 결과 OPC시험체 대비 AZ100 배합에서 기포의 소실에 따른 겉보기 밀도의 증가와 그에 기인하여 압축강도는 다소 높게 나타났다. CSA 대체량이 증가할수록 초기 압축강도는 증가하나, 시험체 성형중의 응결에 의한 수화물의 파괴로 장기강

도는 오히려 감소하는 현상을 보인다. 그러나 CSA 5% 이하 혼입 시험체는 저강도·고유동 지반보강재를 위해 설정한 1MPa 이상의 목표강도를 만족하는 것으로 나타났다.

4) 경화된 시험체를 대상으로 기포의 분리에 의한 시험체의 상,중,하의 중량비교 차를 비교한 결과, CSA 첨가율이 높아질수록 초기 빠른 응결에 의한 기포의 안정화로 상,중,하 시험체 중량의 편차가 낮아지는 것으로 나타났다. CSA를 사용하지 않은 시험체는 하부 대비 상부의 겉보기 밀도가 다소 낮은 것을 볼 수 있다.

5) 경화된 기포콘크리트의 공극구조 분석결과, CSA 첨가량의 증가에 따른 응결시간이 빠를수록 기포의 결합이 적어 독립기포의 형상을 보이고, 기포의 사이즈가 작으면서 균일하게 나타났다.

6) 수화물 분석 결과 친환경 결합재를 사용한 시험체에서 전체적인 C-S-H 수화물이 발견되었으며, CSA 첨가량이 증가할수록 에트린자이트의 생성을 확인할 수 있었다. 이는 장기적인 내구성 및 체적안정성 확보에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

Acknowledgment

본 논문은 국토교통부의 지원으로 수행한 사업(18CTAP-C143696-01-000000)을 기반으로 하였으며, 이에 감사를 드립니다.

References

1. Korea waste association, 2017 : 전국 폐기물 발생 및 처리현황
2. Seunghyun, Lee., Importance of the environment and recycling, www.ywca.or.kr >magicboard>labray
3. ReSEAT Analysis report, 2005 : Application of CLSM in Japan
4. Yang-yi, Woo., Keun-bae, Park., 2019 : Study on optimum mixture of industrial by-products for lightweight foamed filler production by mixture experimental design, 7(1), pp.37-43.
5. Jinman, Kim., Eungu, Kwank., Kwangchin, Oh., Cheol, Kang., 2011 : Properties of Bubble According to Types and Concentrations of Concrete Foaming Agent, Journal of the Korea Concrete Institute, 23(2), pp. 151-158
6. Sunmi, choi., Jinman, Kim., Dongyeop, Han., Jiho, Kim., 2016 : Hydration properties of ladle furnace slag powder rapidly cooled by air, Construction and Building Materials, 113, pp.682~690.
7. Hayashido, Yasushi., Shinohara, Masaki., Yoshitake, Hideki., 2013 : Development of Filler for Underground Cavities "SMART GROUT" Using Granulated Blast Furnace Slag, JFE技報 31, p.58
8. Jeong-Ryol, Shin,. Jae-Im, Park., An-Ho, Lee., Jung-Ho, Hwang., 2015 : Characteristics of Light Weight Mixed Soil using Eco-Friendly Solidification Material, Autumn Conference of the Korean society of railway
9. Yong-Sun, Ryu., Jin-Gyu, Han., Woo-Ri, Chae., Ja-Sul, Koo., Dae-Young, Lee., 2016 : Development of Rapid Hardening Backfill Material for Reducing Ground Subsidence, J. Korean Geosynthetics Society, 14(3), pp.13~20
10. Guanghong, Sheng., Qin, Li., Jianping. Zhai., 2012 : Investigation on the hydration of CFBC fly ash, Fuel, 98, pp.61-66.

우 양 이

· 군산대학교 공과대학 신소재공학과 공학박사
· ㈜에이지 부사장 / 기술연구소장 / 기술사

박 근 배

· 충남대학교 산업대학원 석사
· ㈜에이지 수석연구원

마 영

· 건국대학교 농공학과 학사
· 재인스기초건설(주) 상무이사

송 헌 영

· 중앙대학교 건설사업관리(CM) 석사
· 동부엔지니어링(주) 기술연구소 책임연구원

■ 투고 논문

– 지반 함몰 복구용 저강도·고유동 충전재로서 기포콘크리트 연구 및 현장적용 (한국자원리싸이클링학회 학회지)

원고 게재 확인서

원고심사결과	접수번호	19-국64	접수일자	2019. 12. 11.	원고종류	신 청	연구논문
원고제목	국문	지반 함몰 복구용 저강도·고유동 충전재로서 기포콘크리트 연구 및 현장적용					
	영문	Field Applicablilty and Manufacturing of Foam Concrete as Filler with the Low-strength and High-flow for Repair System of Ground Subsidence					
저자	마영, 김범석, 정경헌(재인스기초건설), 우양이(에이지), 송헌영(동부엔지니어링)						

상기 원고는 당 학회에 투고되어 모든 심사과정을 마쳤으며, 2020년도 2월 28일 발행예정인 국문학회지 "자원리싸이클링" 제29권 1호에 게재 예정이므로 그에 따른 "게재확인서"를 발급합니다.

2019년 12월 23일

(사)한국자원리싸이클링학회 편집위원장 이 재 령

(사)한국자원리싸이클링학회 회 장 안 지 환

>>연구논문<<

지반 함몰 복구용 저강도·고유동 충전재로서 기포콘크리트 연구 및 현장적용

마영* · 김범석* · 우양이** · 정경헌* · 송현영***
*재인스기초건설(주), **(주)에이지, ***동부엔지니어링(주)

Field Applicability and Manufacturing of Foam Concrete as Filler with the Low-strength and High-flow for Repair System of Ground Subsidence

Young Ma*, Beom-Seok Kim*, Yang-Yi Woo**, Kyung-Hun Jung*, Hun-Young Song***

* *Jaeins Foundation Construction Co., LTD. Songpa-gu, Seoul, 05538, KOREA*
** *Research Center, AZ Co., Ltd. Chungcheongnam-do 33415, Korea*
*** *Dongbu Engineering, 372, Hangang-daero, Yongsan-gu, Seoul, 04323, Korea*

요 약

본 연구는 산업부산물을 다량 활용하여 지반 함몰 발생시 긴급 복구를 위한 저강도·고유동 경량기포 콘크리트의 최적배합을 설정하고, 이를 현장에 적용하여 가능성을 평가하기 위한 연구이다. 실험의 변수로는 배합수 대비 기포제의 혼입률과 페이스트 용적대비 기포의 혼입률이며, 실험을 통하여 선정된 최적배합으로 현장적용을 통한 기초특성을 평가하였다.

실험결과 배합수 대비 최적의 기포제 혼입률은 10%가 가장 효율적이라 판단되었으며, 페이스트 대비 선발포된 기포의 혼입률은 170%에서 목표를 만족하였다. 그러나, 현장적용 시 안정적인 품질확보를 위하여 기포 혼입률은 140%로 현장의 배합에 적용하였다. 친환경 결합재를 이용한 저강도·고유동 경량기포 콘크리트의 현장적용 결과 목표성능을 모두 만족하여 지반복구용 배합 및 공법으로서의 가능성을 확인하였다. 그러나 기포 및 페이스트간의 분리로 인한 상하부의 품질편차가 발생함에 따라 이의 개선을 위한 후속 연구가 요구된다.

주제어 : 싱크홀, 기포 콘크리트, 투수계수, 저강도 고유동 충전재, 순환 유동층 보일러 플라이애시

Abstract

The objectives of this study were to identify the optimal mix of foam concrete with the low-strength and high-flow for the repairing ground subsidence situation emergently by utilizing a large amount of industrial by-products and evaluate the possibility by applying it to the site. The factors of the experiment were the mixing ratio of mixing water and a foaming agent and the mixing ratio of foam over paste volume. The optimal mix identified by the experiment was applied to the field and basic properties were evaluated.

The results of the experiment showed that the optimal mixing ratio of mixing water and the foaming agent was 10%. Moreover, when the mixing ratio of pre-foam over paste volume was 170%, it satisfied the target. However, to ensure stable quality when applying to the field, the foam mixing ratio was set 140% for the field application. The field application test of foam concrete with the low-strength and high-flow using an eco-friendly binder satisfied all target performances. Therefore, the possibility of using it as a mixture and construction method for a ground repair system is confirmed. However, there was a quality deviation between the upper part and the lower part due to the separation between foam and paste. Consequently, further studies are needed to improve it.

Key words : Sinkhole, Foam concrete, Permeability coefficient, CLSM, CFBC ash

1. 서론

2014년 석촌 지하차도 입구에서 3개월 내에 5곳의 도로함몰로 촉발된 싱크홀(Sinkhole)이란 용어의 사용을 시작으로, 최근 도심지와 폐광산 등에서 지하 공동부가 빈번히 발생하고, 매년 20%씩 증가하여 2017년은 1,683건으로 산정되며, 이에 따라 국민의 불안감은 급상승하고 있다.

싱크홀은 지질학적 용어로 석회암의 주성분인 탄산칼슘이 이산화탄소가 녹아있는 빗물이나 지하수에 의해 용해되어 지반 내에 공동이 발생하여 지표층이 침하되거나 함몰되어 땅이 꺼지는 자연현상을 의미한다. 그러나 도심지에서 발생하고 있는 도로함몰은 석회암 지역에서 발생하고 있는 싱크홀과는 지하공동발생 메커니즘과 그 원인이 다르다. 도심지 충적층 내에서 공동이 발생하는 원인은 주로 노후된 지하매설물의 파손이나 대형 굴착공사 및 지하구조물에 의한 지하수 영향으로 흙이 유실되기 때문이다[1].

석촌 지하차도와 백석동에서 일어난 지반침하는 모두 인간의 편의를 위한 개발행위에 따른 안전사고다. 두 사고처럼 공사 도중에 일어나는 것도 있지만, 대부분의 지반함몰은 노후 상·하수도 주변에서 발생하는 것으로 분석되고 있다. 서울시에 따르면 국내 도심지 지반 함몰 발생의 약 84%가 하수관 손상으로 인한 것으로, 무리한 인접굴착 공사가 14%, 상수관 손상이 2%로 그 뒤를 잇는다. 따라서 노후된 하수관을 교체하지 않으면 노후화는 계속 진행될 수밖에 없으며, 향후 그로인한 지반 함몰의 발생량은 증가할 것으로 판단된다.

하수관 손상에 의한 지반함몰은 잠재적 위험성을 내포하고 있으며, 빠른 차량 통행을 위해 긴급복구가 필요하며 추후 정밀조사를 통해 대책공법을 선정하는 것이 필요하다. 지반함몰의 공동발생 등으로 관련 부분의 긴급 보수 등에 대한 새로운 기술의 요구와 연구의 필요성이 있으나, 현재는 이를 대처하지 못하고 자갈이나 흙 등으로 공간을 충전하고 콘크리트로 상부를 마감하는 것과 같이 응급대처 방식으로 공사를 마무리하고 있는 것이 현실이다.

일반적인 싱크홀의 복구방법은 자갈이나 흙을 이용한 다짐 공법과 약액, 시멘트 등 주입재료를 사용한 그라우팅 공법을 통하여 복구하는 공법, 최근 현장 발생토 등의 저강도 채움재를 사용한 공법[2]등이 사용 및 연구되고 있다.

그러나 위 방법 모두 지하수의 유출시 일체화 되지못한 지반구조와 낮은 투수 계수로 인하여 현장의 토양조건을 반영하지 못한 대처 방법으로 향후 지하수 흐름의 변화로 공동이 재발할 수 있는 개연성이 잠재한다 할 수 있다. 따라서 전국 각지의 도심지와 폐광산 등에서 발생되는 지반 침하 등에 대한 국민 불안 해소를 위한 지반 침하 안전대책마련이 요구되는 시점이다

본 연구에서는 이와 같은 지반함몰 발생시의 신속한 복구공법으로서 지반안정화를 위한 저강도 일체형 투수기층을 형성할 수 있는 경량기포콘크리트를 타설하는 공법 연구의 일환이다. 저강도 경량콘크리트를 제조하기 위한 결합재로서 산업부산물을 다량(결합재의 90% 이상) 활용한 페이스트에 선발포 된 기포를 혼합하여 CLSM(저강도 유동화 채움재, Controlled Low Strength Material)의 낮은 강도인 1MPa 이상의 강도 및 10^{-4}cm/sec 이상의 투수성능을 갖는 콘크리트의 최적의 배합조건 설정을 목표로 한다.

CLSM은 최근 천연재료의 고갈 문제 해결과 산업부산물 유효활용율 증대를 위한 지반안정화 공법으로, 본 연구에서는 철강산업 부산물 및 전력산업부산물을 다량 활용한 결합재 제조에 적합한 공법이다[3].

최적 배합조건 설정을 위한 실험조건으로서 선발포를 위한 기포제의 희석비, 페이스트 대비 기포 혼입률을 변수로 압축강도, 투수성능, 공극구조를 평가하였다. 또한 지반함몰을 재현한 공동구의 현장적용을 통한 적용성 평가로 경량기포콘크리트 지반채움재를 이용한 지반함몰의 보수공법의 적용에 관한 기초 연구자료를 제시하고자 한다.

2. 실험재료 및 방법

2.1 실험재료

본 실험의 경량기포 콘크리트 제조를 위해 사용된 실험재료는 크게 페이스트와 선발포 기포로 구분된다. 첫 번째로 페이스트를 위한 결합재는 다량의 산업부산물 활용을 위해 시멘트용 혼화재로서 가장 일반화된 3종 고로슬래그 미분말(Ground granulated blast furnace slag, 이하 GGBS)과 유동성 증대를 위하여 석탄 화력발전 부산물인 플라이애시(Fly ash, 이하 FA)를, 반응성 개선을 위한 유동층 플라이애시(Circulating fluidized bed combustion ash, 이하 CFBC ash)를 사용하였다. 또한 초기강도 확보를 위하여 소량의 OPC를 사용하였으며 그 배합비는 선행연구[4]를 통하여 얻어진 최적배합을 적용하였다. 페이스트의 유동성 개선을 위하여 국내 'D'사의 고성능 감수제를 결합재량 대비 0.1% 사용하였으며, 기포 및 페이스트의 재료분리로 인한 침강방지를 위하여 결합재의 0.01%의 침강방지제를 첨가하여 물결합재비 50%의 페이스트를 제조하였다. 실험에 사용된 각각의 결합재의 형상과 조성분석은 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope)과 X-선 형광분석법(X-ray Fluorescence Analysis)을 사용하였고, 그 결과를 Fig. 1과 Table 1에 나타내었다. 결합재로 사용된 재료의 입자 사이즈 및 분포를 분석하기 위하여 레이저 타입의 PSA(Particle size analyzer)를 이용하여 습식으로 측정된 결과를 Fig. 2에 나타내었다.

Fig. 1의 SEM 이미지로 볼 수 있듯이 석탄화력 부산물인 FA와 순환유동층 보일러 CFBC ash는 조성 및 입형에서 큰 차이를 보인다. FA는 높은 SiO_2 함량을 가지고, 구형의 입형으로 콘크리트의 유동성 개선을 위해 사용되어지나, 유동층 보일러 플라이애시는 상대적으로 낮은 800-900℃에서 얻어지게 되어 입자 형태가 부정형이 많고, 연소 중 탈황효과로 일반 FA 대비 높은 CaO 함량과 SO_3 함량을 갖는다.

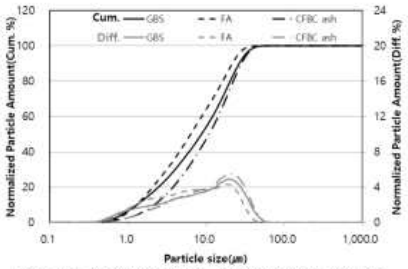
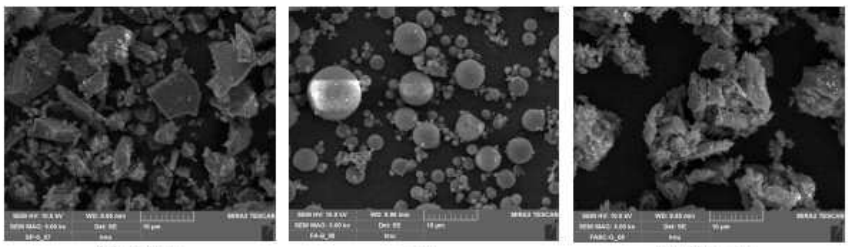


Fig. 2. Particle size distribution of the binders used in paste.



(a) GGBS FA CFBC ash

Fig. 1 Particle shape of binder(SEM X 5,000).

Table 1.Chemical composition of the binders used in paste(XRF)

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	K_2O	Na_2O	TiO_2	Ig.loss	Etc.	SUM
GGBS	32.0	13.7	0.9	43.2	3.4	2.3	0.5	0.4	0.0	2.1	1.5	100
FA	56.0	13.2	8.9	5.2	1.2	1.0	2.8	0.6	1.5	8.2	1.4	100
CFBC ash	37.6	18.8	4.3	14.1	3.6	2.3	1.2	3.1	0.6	13.0	1.4	100



(a) Water and foaming agent (b) Pump for the equal amount supply (c) Mixer (water + agent) (d) Foam maker (e) Final foam

Fig. 3. Pre-foaming process

CaO는 생석회 상태로 존재하여 콘크리트에 일부 첨가시 자기 수경성을 보여 초기 반응성을 개선한다고 알려져 있다[5]. 고로슬래그는 1,600℃ 이상의 고온용융 후 배출되어 상대적으로 강열감량이 낮으나, 2.1%는 분쇄시 추가된 석고에 의한 강열감량 값으로 보이며, 비정제 FA 및 상대적으로 저온가열된 순환유동층 보일러애시는 각각 8.2 및 13%로 높은 강열감량 값을 보인다.

OPC에 90% 이상 대체되는 위 3개의 결합재는 모두 Fig. 2에 보여지는 바와 같이 평균 입자 사이즈가 10㎛ 내외로 OPC와 유사한 3~4,000cm^2/g의 분말도를 갖는 미분말을 사용하였다.

두 번째로 기포 콘크리트의 공극을 형성하기 위한 기포제는 안정적인 기포 형성을 위하여 국내 'H'사의 독립 기포용 기포제를 사용하였으며, 기포제의 기초 특성은 Table 2에 나타내었다. 실험에 사용된 기포제는 동물성 기포제가 갖는 장점인 기포의 안정성을 가지면서도, 단점인 냄새가 없는 무색무취의 장점을 갖는 제품이다.

Table 2. Properties of foaming agent

pH	Specific gravity	Type	Solid content
7±1	1±0.05	Animality protein	3%

2.2 실험계획 및 방법

2.2.1 실험계획

도심지의 지반함몰 보수를 위한 경량기포 콘크리트 최적배합 선정을 위한 실험으로서의 실험계획을 Table 3에 나타내었다. 실험은 크게 3level로 구분되며, 실험 Ⅰ은 경량기포콘크리트용 기포제의 최적 사용율 선정을 위한 실험이다. 실험 Ⅱ는 매트릭스를 형성할 페이스트 대비 기포의 용적비율을 변수로 하여 선행연구[4]를 통하여 결정된 페이스트 배합에 적용함으로서 경량기포 콘크리트의 배합을 최종 설정하고자 하였다. 또한 실험 Ⅰ,Ⅱ를 통해 선정된 경량기포콘크리트를 이용하여 실험 Ⅲ에서 5m×5m×깊이 2m의 지반함몰 재현 Mock-up 테스트에 적용하여 현장적용 가능성을 평가하였다.

Table 3. Experiment plan

	Test factor	Test levels	Test items
Experiment Ⅰ	Foaming agent content	0.5, 2, 4, 6, 10, 15, 20, 30%	· Unit weight · Foam shape change
Experiment Ⅱ	Foam content in paste	140%, 170%, 200%	· Flow · Bulk density · Porosity · Compressive strength · Permeability coefficient
Experiment Ⅲ	Field-cast test		

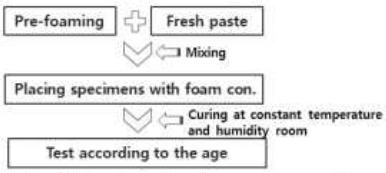


Fig. 4 Pre-foaming foam con. making process.

2.2.2 시험체 제작 및 측정방법

기포는 Fig. 3에 나타낸 재료 및 정량공급 펌프와 기포기를 이용하여 제조된다. Fig. 4에 나타낸 바와 같이 이렇게 선발포된 기포와 별도 믹싱된 페이스트를 혼합하여 각각의 측정용 몰드에 기포콘크리트를 타설하고 20±2℃, 습도 60%의 항온항습실에 재령에 따라 양생하여 각 재령에 시험항목별로 측정된다.

실험 Ⅰ의 기포의 단위용적중량은 5L의 용기에 발포된 기포의 중량을 측정하여 실제 페이스트 혼합시 용적대비 중량으로 측정하여 혼합하였다. 기포의 시간에 따른 형상변화는 광학 현미경을 이용하여 기포의 형상을 이미지화하였다.

실험 Ⅱ의 기포 콘크리트의 플로우는 KS F 4039 현장 타설용 기포콘크리트의 시험방법에 준하여 안지름 80cm, 높이 80mm인 아크릴 원통을 이용하여 측정하였다. 또한 겉보기밀도 및 공극률은 KS F 24598의 절대 건조 겉보기 밀도 및 공극률 측정방법에 준하여 측정하였으며, 압축강도 시험은 KS F 2405에 준하여 Ø10cm×20cm의 실린더 몰드에 제작된 시험체를 재령 3, 7, 28일에 측정하였다. 투수계수는 KS F 2322 흙의 투수계수 측정방법에 준하여 Ø10cm×5cm 실린더 시험체를 이용하여 재령 3, 7, 28일에 측정하였다.

2.2.3 현장타설 방법

실험 Ⅰ,Ⅱ를 통해 선정된 최종 경량기포 콘크리트 배합을 통하여 현장의 적용성을 검토하고자 Fig. 5의 왼쪽 사진과 같이 5m×5m×2m의 공동구간을 재현하여 타설하고, 오른쪽 사진



Fig. 5. Specimen for field test.

과 같이 1m×1m×1m의 거푸집에 타설하여 시험체의 상중하 재료의 침강분리와 타설된 콘크리트의 코어링을 통한 겉보기 밀도, 압축강도 및 투수계수를 측정하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 기포제의 혼입량 선정 실험

사용된 독립기포용 동물성기포제의 최적사용량을 판단하기 위하여 혼입률을 0.5, 2, 4, 6, 8, 10, 15 ,20, 30%로 변화시켜 발생된 기포의 단위중량을 측정하고자 하였다. 단위중량이 높은 것은 기포에 물이 많이 포함되어 있는 것을 나타낸다. 따라서 충전재의 W/C를 최대한 일정하게 조절하기 위해 단위중량이 낮은 기포제 희석농도를 선정하여 기포를 제조하고자 하였다.

실험의 결과를 Fig. 6에 나타내었다. 실험결과 기포제의 혼입량이 소량씩 투입되어도 증가율에 따라 단위용적은 급격히 감소하나, 기포제 혼입량이 10% 이상으로 투입될 경우에는 단위용적중량 감소에 한계가 존재한다. 기포제에 의

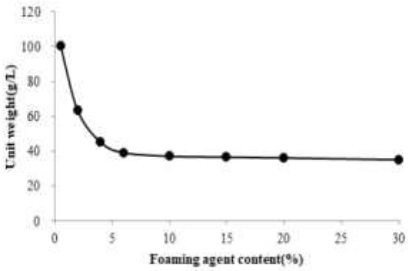


Fig. 6 Unit weight according to the foaming agent content.

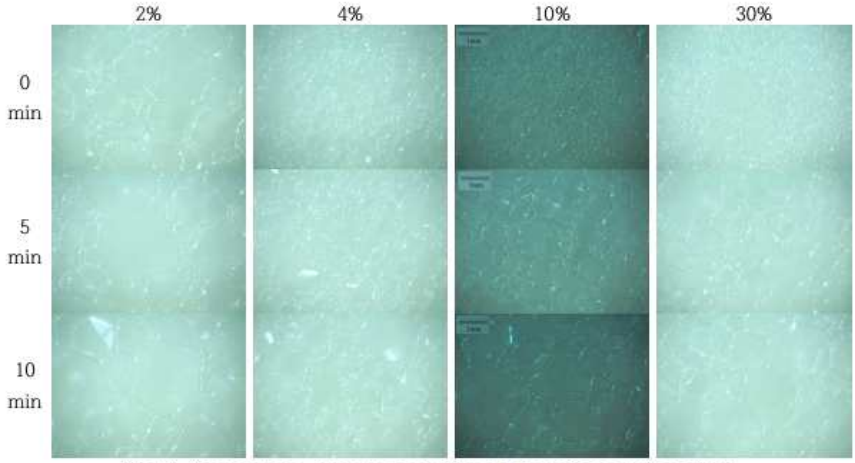


Fig. 7. Foam shape change according to foaming agent content.

한 선발포 폼의 형성을 위한 단위용적측면에서는 10% 초과의 기포제 사용은 비효율적이라 판단된다. 따라서 기포제 희석농도를 10%로 하여 기포를 제조하여 경량 기포 충전재 제조에 사용하고자 한다.

기포제 혼입량에 따른 생성기포의 형상비교와 시간에 따른 소포 및 연결을 통한 사이즈의 변화를 관찰하고자 현미경을 통하여 기포의 형상을 이미지화하였고, 그 결과를 Fig. 7에 나타내었다.

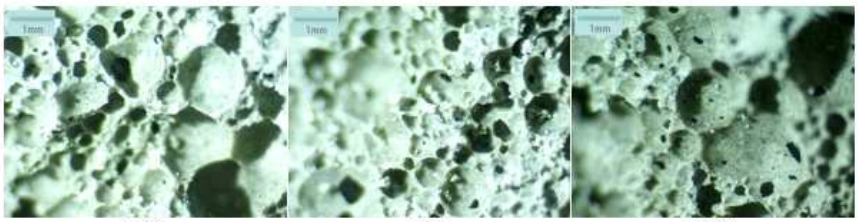
기포기에서 제조 직후의 기포의 사이즈는 기포제 함량이 낮을수록 최대 5mm 이상의 큰 사이즈의 기포도 형성된 것을 볼 수 있다. 그러나 기포제의 함량이 높아질수록 초기 제조 시 1mm 이하의 작고 균질한 사이즈의 기포를 형성한 것을 볼 수 있다. 그러나 시간이 지남에 따라 기포는 인접한 기포와 결합하여 기포 사이즈는 점점 커지고 약 10분이 지나면 기포는 5㎜ 이상으로 커져간다. 그 과정에서 기포벽은 두꺼워지고, 기포막은 얇아져 불안정한 상태를 보인다.

기포가 이와 같은 상태에서는 페이스트와 혼합되었을 때 기포의 소포 및 결합이 촉진되어 안정된 기포 다공체를 얻을 수 없게 된다. 따라서 기포기에서 기포를 제조한 후에는 즉시 페이스트와 혼합하여 경량기포 콘크리트 시험체 제조에 사용해야 안정된 경량 기포 콘크리트 충전재를 제조할 수 있을 것으로 판단된다.

3.2 페이스트량 대비 기포 첨가량 선정 실험

Table 4. Test results of experiment Ⅱ

	Flow (mm)	Absorption ratio (%)	Porosity (%)	Absolutely density (kg/L)	Bulk density (kg/L)	Permeability coefficient (㎝/sec)	Compressive strength(MPa)		
							3day	7day	28day
140%	185	70.0	55.7	1.79	0.80	$1.2x10^{-2}$	0.99	1.08	1.43
170%	185	79.7	57.3	1.77	0.72	$5.2x10^{-1}$	0.84	0.87	1.02
200%	196	85.8	60.1	1.76	0.70	$4.7x10^{-1}$	0.49	0.54	0.74



140% 170% 200%

Fig. 8. Pore structure of Foam concrete according to foam content against the paste volume(×1,000).

실험 Ⅰ을 통하여 선정된 기포제 함량 10%를 이용하여 기포를 제조하고 실험 Ⅱ의 페이스트 대비 기포 혼입률 실험에 적용하였다. 기포 혼입률은 KS F 4039 현장 기포콘크리트의 구분 중 가장 가장 활용율이 높은 0.6품의 겉보기 비중(0.5-0.7)을 타겟으로 페이스트 용적대비 기포율을 계산하여 140%, 170%, 200%의 기포를 페이스트와 혼합하여 시험체를 제조하였다. 제조된 시험체를 대상으로 한그림 실험 Ⅱ의 측정결과를 Table 4에 나타내었다.

첫번째 실험결과로서 굳지않은 상태에서의 유동성은 KS F 4039 현장타설용 기포콘크리트의 플로우 값 기준인 180mm 이상을 모두 만족하였다.

두 번째 측정항목으로 경화된 경량기포 콘크리트의 공극형상을 Fig. 8에 나타내었다. 내부기공은 거대기공과 미세기공이 있으며, 미세기공은 인접한 미세기공과 결합하여 기공 성장이 일어난다. 그리고 거대기공은 인접한 거대기공과 충돌하며 기공간 막이 파괴되어 연속기공을 형성하며, 이러한 연속기공은 투수성 향상에 기여하게 된다. 공극의 형상은 세 시험체 모두 일부는 독립기포상태를 유지하고 있으나, 경화전 기공간의 결합으로 인한 공극의 확장으로 선발포 폼 대비 기포사이즈가 커지고 연속공극을 형성하고 있는 것을 볼 수 있다. 독립기포 대비 연속공극은 수분의 유입시 연속적인 배출로를 형성함으로서 높은 투수계수 발현에 기여함에 따라 누수에 대한 지반층의 안정화가 가능할 것이라 판단된다.

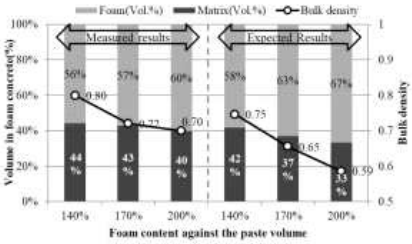


Fig. 9. Porosity and bulk density according to foaming agent content.

또한 기포 혼입률이 낮을수록 공극사이의 벽을 형성하는 두께가 두꺼워 매트릭스의 강도발현에 기여할 수 있다.

세 번째 항목으로는 Table 8에 나타낸 기포의 정량화 수치인 공극률과 겉보기밀도 측정결과를 Fig. 9의 그래프에 나타내었다. 혼합된 기포율이 증가할수록 기포콘크리트의 공극률과 겉보기 밀도는 감소하나, 기포 혼입에 따라 예상된 초기 공극률과 겉보기밀도와는 차이를 보인다.

일반적으로 플라이애시 혹은 바텀애시에 포함되어있는 미연탄소는 높은 다공질로 기포를 흡착한다고 알려진 바있다[6]. 따라서 위 초기 예상된 공극률 및 겉보기 밀도와 실제 측정된 시험체의 결과값의 차이는 페이스트내 결합재로 사용된 FA와 CFBC ash에 다량 포함되어 있는 미연탄소분에 의한 기포의 소포 및 결합에 의한 차이라 판단된다. 그러나 그로인해 형성된 연속기포로 투수계수 증대에 기여할 수 있다.

네 번째 측정항목으로 기포 혼입량에 따른 겉

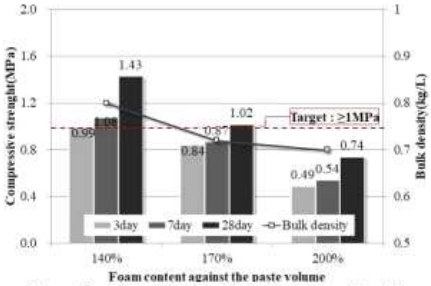


Fig. 10. Compressive strength and bulk density according to foaming agent content.

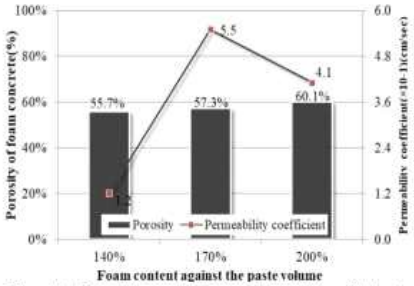


Fig. 11. Porosity and permeability coefficient according to foaming agent content.

보기 밀도와 압축강도의 결과를 Fig. 10에 나타내었다. 기포 콘크리트의 압축강도는 시험체의 겉보기 밀도와 밀접한 관계를 갖는다. 그래프에 나타난 바와 같이 기포 혼입량이 증가할수록 절건밀도는 감소하며, 압축강도는 비례적인 관계를 나타내는 것을 볼 수 있다. 문헌에 의하면 충전재(CLSM)의 강도는 재령 28일 양생 후 0.1~0.5MPa 정도이면 지하공동 충전재로서 충분하다고 알려져 있다[7,8]. 따라서 충분한 강도로서 본 연구의 목표강도는 재령 28일 1MPa로 설정하였다. 측정된 실험결과로서 기포율 170%로 겉보기 밀도가 0.7정도로 1MPa를 만족할 수 있는 것을 확인하였다.

다섯 번째 측정항목으로 투수계수를 측정하였으며, 투수계수와 공극률의 관계를 Fig. 11에 나타내었다. 지반의 상하수 유출시에 지반침하를 방지하기 위한 충전기법으로 기포콘크리트의 투수계수 목표는 1×10^{-4}로 설정하였다[9].

그러나 측정결과 연속공극 형성을 통하여 기포율 3수준 시험체 모두 설정값보다 큰폭으로 높은 투수계수를 보였다. 특히 기포율 170% 시험체의 경우가 가장 높은 투수계수를 보여 도심지의 지반함몰시의 보수공법에 적용하기 위한 목표기준인 압축강도와 투수계수를 모두 만족하였다. 불투수성 그라우트 또는 채움재와 달리 지하수 또는 지하로 스며드는 우수가 충전재 내부를 통해서 지하로 이동하게 되며, 따라서 불투수 충전재에서 발생하는 지하수 또는 우수 등 유로의 변경에 의한 토양의 유실 등이 일어나지 않으며, 일정한 강도를 가지고 있고 일체화된 소재로서 재료의 유실이 일어나지 않기 때문에 싱크홀 등 지반 함몰을 예방을 위한 공법으로 적용이 가능하다.

기포혼입률에 다른 투수계수는 공극률이 증가하는 높은 기포 혼입률일수록 높은 투수계수를 보이는 것이 바람직하나, 기포의 혼입량 및 공극률이 높다고 하더라도 공극의 구조에 따라 투수계수에 차이를 보일 수 있다. 형성된 기포가 독립기포인지와 연속기포인지 여부에 따라 영향을 받기 때문에 공극률과 투수계수와의 경향 불일치는 향후 공극구조의 분석연구를 통하여 보완할 예정이다.

이로써 실험 Ⅱ를 통해서 얻은 기준을 모두 만족하는 결과는 기포 혼입률 170%가 최적의 결과로 판단된다. 그러나 실험실 실험결과 유동성, 압축강도 및 투수계수를 기포 혼입률 140%, 170%가 모두 만족함에 따라서 현장 적용시 기포콘크리트의 상하부의 분리에 의한 물성저하를 고려하여 충분한 물성을 확보한 140% 배합을 선정하여 현장에 적용하였다.

3.3 경량 기포콘크리트 선정배합을 이용한 현장적용

실험을 통하여 선정된 경량기포콘크리트 배합으로 현장에 재현된 공동구간에 적용한 사진을



Fig. 12. Field test using foam concrete.

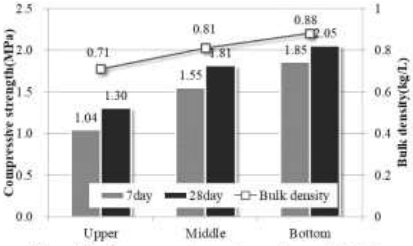


Fig. 13. Compressive strength and bulk density of field test using foam concrete.

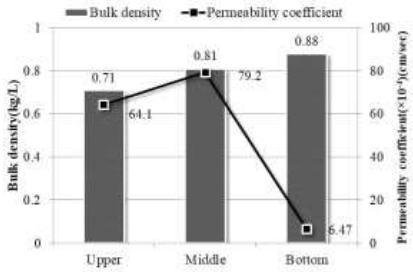


Fig. 14. Bulk density and permeability coefficient of field test using foam concrete.

Fig. 12에, 현장 적용된 기포콘크리트의 압축강도와 겉보기 밀도를 Fig. 13에, 겉보기 밀도와 투수계수를 Fig. 14에 각각 나타내었다.

Fig. 12의 현장적용 사진에서 볼 수 있듯이 현장 적용시 폼콘크리트내 페이스트의 침하로 인한 기포의 상승으로 상하부의 비중차와 그에 따른 압축강도의 차이를 볼 수 있다. 현장에서 타설된 기포콘크리트에서 샘플을 채취하여 상중하부의 각각의 겉보기 밀도 및 압축강도를 측정하였다. 측정된 샘플의 재령 7일, 28일 강도를 Fig. 13에 나타내었다.

상중하부 시험체의 절건밀도 측정결과 하부의 절건밀도가 0.88kg/L이며 상부 시험체의 절건밀도는 0.71kg/L로 기포의 상승 및 페이스트의 침하로 인한 재료의 분리를 보인다. 절건밀도에 따라 압축강도에 기여하는 매트릭스차에 기인하여 압축강도도 재령 28일 상하부는 1.3MPa와 2.0MPa로 큰 차이를 보인다.

기포 함량차에 따른 절건밀도의 차이는 결과적으로 투수계수에도 영향을 준다. 현장 적용된 폼 콘크리트의 상부 시험체는 상승된 기포와 기포의 결합을 통한 연속공극으로 10배에 가까운 투수계수 차이를 보이는 것을 Fig. 14를 통하여 확인할 수 있다.

친환경 결합재를 이용한 기포콘크리트 배합을 이용하여 현장적용 결과 상.중.하부 시험체 모두 목표로 설정된 압축강도 및 투수계수를 모두 만족하였으나, 페이스트와 기포의 비중차로 인한 재료 분리에 기인된 물성 편차로 균질한 품질을 확보하기에는 어려움이 있었다. 따라서 후속연구를 통하여 타설된 지반의 위치에 따른 안정적인 품질확보가 가능하도록 기포의 분리저항성을 갖는 배합연구가 요구된다. 이에 후속연구로서 초기 빠른 경화를 통한 기포 안정화를 위해 속경성 재료로서 CSA를 첨가한 연구를 진행하고자 하며, 이는 별도의 논문을 통하여 발표될 예정이다.

4. 결론

본 연구는 결합재의 90% 이상을 산업부산물을 사용하여 도심지의 지반 공동부 발생시 긴급복구를 위한 경량기포 콘크리트를 제조하기 위한 최적 배합조건을 설정하기 위한 연구이다. 본 연구의 실험결과를 토대로 얻어진 결론은 아래와 같다.

1) 선행연구를 통하여 얻어진 페이스트 배합에 선발포 방식의 품을 형성하기 위한 최적의 기포제 혼입량 선정 실험결과, 기포 제조 직후 1mm 내외의 균일한 사이즈의 독립기포를 형성하고 가장 효율적인 사용량은 10% 의 혼입이 적절한 것으로 나타났다.

2) 독립기포용 독물성 기포제 10%를 혼합하여 제조된 기포콘크리트는 결합재로 사용된 FA내의 미연탄소에 의해 소포 및 기포의 결합으로 연속공극을 형성하여 투수성능 개선에 기여하였다.

3) 1MPa 이상의 압축강도와 투수계수 1×10^{-4}을 만족하는 기포의 혼입률은 페이스트 대비 170%로서 재령 28일에 1MPa를 만족하고 투수계수 5.2×10^{-1}의 우수한 투수성을 발현하였다.

4) 최종 선정된 경량기포콘크리트 배합을 이용하여 현장 적용성을 평가한 결과, 상,중,하부 위치에 따른 시험체의 압축강도, 투수계수는 목표로 설정된 값을 만족하여 현장적용 가능성을 확인하였다. 그러나 기포 및 페이스트의 분리에 기인된 위치별 품질편차가 발생함에 따라 추후 연구를 통하여 기포의 안정화 및 재료분리 저항성을 위한 연구가 요구된다.

Acknowledgment

본 논문은 국토교통부의 지원으로 수행한 사업(18CTAP-C143696-01-000000)을 기반으로 하였으며, 이에 감사를 드립니다.

References

1. 한국지질자원연구원 연구보고서., 2014 : 싱크홀 유형별 원인조사 및 정책 제언 연구
2. Hyunsu, Cho., 2013 : A Development of CLSM with coal ash for conduit backfills, Hanyang university ph. D. thesis
3. Hyejin, Lee., 2012 : Compressive strength characteristics of lightweight foamed controlled low strength material(CLSM) using coal ash, Hanyang Master's thesis
4. Yang-yi, Woo., Keun-bae, Park., 2019 : Study on optimum mixture of industrial by-products for lightweight foamed filler production by mixture experimental design, 7(1), pp.37-43.
5. Jongtak, Park., Hongseob, Oh., 2018 : A study on the pozzolan reactivity and mechanical characteristic of blended portland cements using CFBC fly ash, J Rec Const Resources, 6(3), pp. 207-213.
6. Jinman, Kim., Eungu, Kwak., Sunghyun, Cho., Choel, Kang., 2009 : Decision of optimized mix design for lightweight foamed concrete using bottom ash by statistical procedure, Journal of the korea concrete institute, 21(1), pp.3-11, 2009.
7. Hayashido, Yasushi., Shinohara, Masaki., Yoshitake, Hideki., 2013 : Development of Filler for Underground Cavities "SMART GROUT" Using Granulated Blast Furnace Slag, JFE技報 31, p.58
8. Jeong-Ryol, Shin., Jae-Im, Park., An-Ho, Lee., Jung-Ho, Hwang., 2015 : Characteristics of Light Weight Mixed Soil using Eco-Friendly Solidification Material, Autumn Conference of the Korean society of railway
9. Yong-Sun, Ryu., Jin-Gyu, Han., Woo-Ri, Chae., Ja-Sul, Koo., Dae-Young, Lee., 2016 : Development of Rapid Hardening Backfill Material for Reducing Ground Subsidence, J. Korean Geosynthetics Society, 14(3), pp.13~20

마 영

· 건국대학교 농공학과 학사
· 재인스기초건설(주) 상무이사

김 범 석

· 홍익대학교 토목공학과 석사
· 재인스기초건설(주) 부장

우 양 이

· 군산대학교 공과대학 신소재공학과 공학박사
· ㈜에이지 부사장 / 기술연구소장 / 기술사

정 경 헌

· 중앙대학교 건설환경공학과 학사
· 재인스기초건설(주) 과장

송 헌 영

· 중앙대학교 건설사업관리(CM) 석사
· 동부엔지니어링(주) 기술연구소 책임연구원

■ 품질관리 매뉴얼

지하공동 채움용 충전재 제조 품질관리 매뉴얼

2019.

주식회사 에이지

< 목 차 >

I. 품질경영 시스템 ····· 1
1. 적용범위 ····· 1
2. 목 적 ····· 1
3. 용어의 정의 ····· 1
4. 책임과 권한 ····· 1
5. 업무절차 ····· 2

II. 투수성 경량 투수성 충전재 ····· 4
1. 목 적 ····· 4
2. 적용범위 ····· 4
3. 인용규격 및 용어 정의 ····· 4
4. 적용 방법 ····· 4
5. 기포제 관리 ····· 5
6. 충전재 제조공정 관리 ····· 6
7. 투수성 경량 투수성 충전재제조 ····· 13
8. 측정/평가방법 ····· 20
9. 현장 시공적용 ····· 26
10. 경량 기포 콘크리트 현장 시공 ····· 33
11. 충전재 혼합 장비 운전 절차 ····· 38

I. 품질경영 시스템

1. 적용범위

본 규정은 당사의 품질방침에 따른 부서별 업무추진 및 경영자의 업무추진결과 검토에 관한 업무처리의 방법 및 절차에 대하여 적용한다.

2. 목 적

품질방침 및 목표에 따른 품질경영시스템 수행결과를 주기적으로 검토하여 품질경영시스템에 대한 지속적인 적절성, 충족 및 효과성을 보장하고 지속적인 개선을 달성하는데 있다.

3. 용어의 정의

가. 경영검토

품질경영시스템의 지속적인 적절성, 충족 및 효과성에 대하여 대표이사가 행하는 공식 적인 평가를 말한다.

나. 방침계획서

품질목표를 달성하기 위하여 부서별로 년 단위로 수치화하여 구체적으로 업무추진계획을 수립한 문서를 말한다.

4. 책임과 권한

가. 대표이사 및 부사장

1) 방침 계획서, 방침실적보고서 승인
2) 경영검토 결과 보고서 검토 및 승인

나. 품질경영대리인

1) 방침계획서 검토
2) 방침 실적 보고서 검토 및 승인
3) 경영검토를 위한 해당 자료 제출
4) 경영검토 보고서의 작성
5) ( )년도 품질경영대리인 방침작성

다. 연구소장

( )년도 연구소장 방침 작성

라. 품질관리실장

방침관리 및 경영검토 전 과정에 대한 코디네이션, 각 부서장에게 경영검토 실시사항 통보

마. 각 부서장

1) 부서별 년간 방침계획수립
2) 년간 방침 실적 작성 및 보고

3) 경영검토를 위한 해당 자료 제출

5. 업무절차

가. 품질경영방침 및 목표수립

1) 대표이사는 품질경영방침을 수립하고 문서화하여야 한다.

2) 품질경영대리인은 수립된 품질경영방침을 사내에 게시하고 교육하여 전사원이 이해할 수 있도록 조치한다.

나. 부서별 사업계획의 수립

1) 각 부서장은 품질경영방침과 일관성이 있는 연도별 품질목표를 측정이 가능하도록 입안하고 이를 부서원이 숙지하도록 조치한다.

2) 각 부서장은 수립된 품질목표에 부합하는 차년도 방침계획을 당년 말까지 입안하여 품질경영대리인과 협의하여 방침계획서를 작성하고 대표이사의 승인을 득한다. 방침계획의 작성 시에는 전년도 실적을 반영하여 품질경영시스템이 개선될 수 있도록 하여야 하며, 사업계획의 내용을 소속 부서원이 숙지하도록 하여야 한다.

다. 사업계획의 실시 및 변경

각 부서장은 방침계획에 따라 해당업무를 실시하며, 사업계획을 변경할 필요가 있을 시 5.2항의 절차에 따르거나 해당사항을 기안하여 변경한 후 변경된 사업계획에 따라 업무를 실시한다.

라. 업무실시 및 결과보고

각 부서장은 방침계획에 따라 업무를 실시하며 반기별로 실적을 검토하여 그 결과를 방침 실적보고서에 작성하고 차년도 초에 품질경영대리인의 검토 및 승인을 득한 후 경영 검토 시 자료로 제출한다.

마. 경영검토 실시

품질경영시스템의 지속적인 적절성, 충족 및 효과성을 보장하기 위하여 매년1회 정기적으로 실시한다. 단, 기업 외부 환경변화와 내부조직의 변경 등으로 품질경영시스템을 재검토해야 할 필요성이 있을 경우 수시로 실시한다.

1) 검토 대상

가) 내부 심사결과

나) 고객 피드백

다) 프로세스 성과 및 제품 적합성

라) 시정 조치 및 예방조치 상태

마) 이전의 경영검토에 따른 후속조치

바) 품질경영시스템에 영향을 줄 수 있는 계획된 변경

사) 개선을 위한 제안

아) 품질방침의 지속적 적절성

자) 기타 필요한 사항

2) 검토 방법

가) 경영검토 계획의 통보

품질관리팀은 품질경영대리인의 지시를 받아 검토 안건, 장소, 일시 등에 대한 내용을 해당부서에 통보한다.

나) 경영검토 자료의 제출

(1) 품질관리팀장은 내부 심사 결과, 고객만족 관리, 프로세서 성과 및 제품 적합성, 예방조치 및 시정조치 상태, 이전의 경영검토에 따른 후속조치, 품질경영 시스템에 영향을 줄 수 있는 변경, 개선을 위한 제안 등을 경영검토 보고서에 첨부한다.

(2) 각부서장은 프로세스 성과에 대한 사항을 제출한다.

(3) 경영지원실장은 제품적합성 및 개선을 위한 제안 사항을 제출한다.

다) 경영검토의 실시

(1) 품질경영대리인은 첨부3 (경영검토 결과 보고서)을 작성하여 대표이사의 승인을 득한다.

(2) 경영검토결과 보고서에는 다음 사항과 관련된 결론 및 조치사항이 포함되어야 한다.

(가) 품질경영 시스템 및 품질경영 시스템 프로세스의 효과성 개선.

(나) 고객 요구사항과 관련된 제품의 개선.

(다) 자원의 필요성.

3) 경영검토 결과 사후처리

대표이사는 경영검토 결과 시정 및 예방조치가 요구되는 경우, 품질경영대리인에게 시정조치 및 예방조치를 지시하며 이에 대한 세부적인 절차는 시정조치 및 예방조치 지침에 따라 처리한다.

Ⅱ. 투수성 경량 투수성 충전재

1. 목 적

본 매뉴얼의 목적은 지반함몰(싱크홀), 지하공동 등 복구에 사용되는 충전재의 생산, 품질관리와 투수성 경량 투수성 충전재의 생산 기준을 정함으로써, 안정된 품질의 충전재를 생산하여 공급하는 것을 목적으로 한다

2. 적용범위

◦ 본 매뉴얼은 지반함몰(싱크홀), 지하공동 충전에 사용되는 충전재의 생산과 생산된 충전재를 사용하여 투수성 경량 기포 모르타르를 제조하는데 필요한 사항에 대해서 설명한 것이다.

◦ 본 매뉴얼은 충전재 제조를 위한 원재료 관리, 생산공정, 품질관리(검사)와 생산된 충전재를 사용한 투수성 경량 투수성 충전재제조 방법에 대하여 제시하였다.

3. 인용규격 및 용어 정의

가. 인용규격

1) KS F 2459 기포 콘크리트의 겉보기 밀도, 함수율, 흡수율 및 압축강도 시험방법
2) KS F 2322 흙의 투수 시험방법
3) KS F 4039 현장 타설용 기포 콘크리트

나. 용어 정의

1) 투수계수 침투류의 겉보기 유속과 동수(動水) 기울기를 관련짓는 비례상수
2) 겉보기 밀도 입자의 부피와 공극의 부피를 합한 부피로 산출된 밀도. 입자 자신의 부피와 입자간 및 용기와의 간극의 체적을 합한 부피에 대한 밀도
3) 겉보기 기공률 기공을 가지고 있는 다공체의 총 용적 중에서 개기공이 차지하는 용적의 백분율
4) 흡수율 시료를 물에 담궜을 때 단위 중량당 흡수량을 백분율로 나타낸 값
5) 투수성 경량기포 모르타르 본 매뉴얼에서는 투수계수 10^{-4}㎝/sec 이상이고, 겉보기 비중 0.4 이상이고 0.5 미만을 갖는 다공체를 말한다.

4. 적용 방법

◦ 충전재 제조에서 중점관리 사항은 원료의 환경 안정성 확보와 기준 압축강도와 투수성을 나타내는 경량 기포 모르타르용 충전재를 제조하는 것이다.

◦ 충전재의 품질관리는 그림 1과 같은 절차에 따라 실시하며, 각 단계에 맞는 서식과 규정에 따라 평가하고 결과를 작성한다.

◦ 각 단계에서 시험 · 평가결과는 Lot. 번호를 부여하여 관리하고, 이력을 확인할 수 있도록 한다.

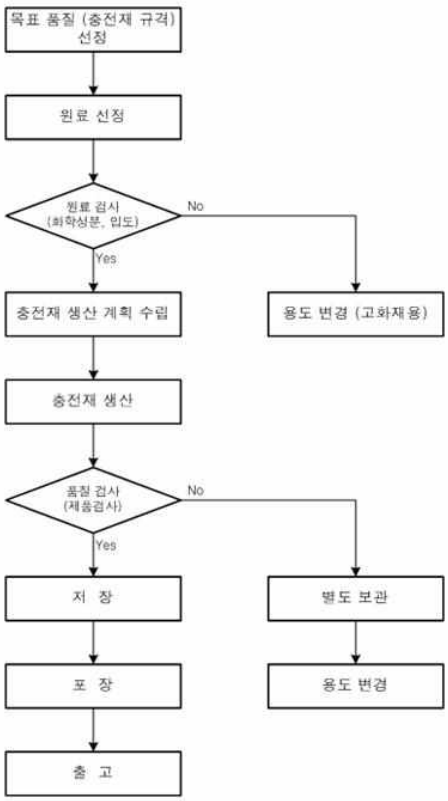


그림 1 생산 및 품질관리 Flow

5. 기포제 관리

가. 개요

1)충진재에 사용되는 기포제는 계면활성 작용에 의하여 물리적으로 기포를 형성한다. 투수성 충진재는 내부와 외부에 수많은 공극을 형성하여 투수성 충진재의 단위 용적 중량을 낮추고, 투수성을 나타낸다. 기포제는 일반적으로 기포 주제, 기포 안정제, 경화 조절제 등 여러가지 계면활성제를 혼합하여 제조되며, 기포제는 물리적 공기 유입에 의해 계면활성 작용을 하고, 각 분자는 친유기와 친수기의 원자단을 갖는 기포를 형성한다.

기포는 성형 초기에는 체적 안정성에 영향을 주고, 경화 후에는 경량성, 압축강도, 투수성 등에 영향을 주게 된다. 또한 기포 특성은 기포제 구성 재료의 성분에 따라 차이를 보인다.

1) 콘크리트용 기포제 종류 및 농도에 따른 기포의 특성, 김진만, 곽은구, 오광진, 강철, 한국콘크리트학회 논문집 제23권 제2호 (2011)

기포제는 식물성 기포제, 동물성 기포제, 광물성 기포제가 있으며, 이에 따라 생성되는 기포 특성과 제조된 다공체 특성에 영향을 주게 된다.

나. 품질기준 & 품질관리

기포제 품질 관리 기준과 관리항목은 표 1과 같다.

표 1 충전재 품질 기준

항 목	기준값	관리 기준	측정 방법
pH	7 ± 1	7 ± 1	pH meter에 의한 측정
비중	1 ±0.5	1 ±0.5	Hycrometer에 의한 비중 측정
용해성	완전 용해	용해 후 잔류물이 없을것	현장에서 적용하는 희석비로 혼합후 확인
기포 단위중량		10 ~ 18 g/L	기포 제조 후 정량용기(5L 비이커)를 사용하여 무게 측정

다. 보관 및 관리

1) 밀봉된 상태로 상온에서 보관한다.

2) 사용 전 pH, 비중, 용해성을 평가하여 표 1의 관리기준 만족 여부를 확인한 후 사용한다.

6. 충전재 제조공정 관리

가. 충전재 목표 품질

1) 충전재 목표 품질은 투수성 경량 기포 모르타르를 제조하기 위하여 사용되는 분체를 대상으로 한다.

2) 투수성 경량 투수성 충전재제조를 위한 분체 품질은 화학성분과 입도분포와 폐기물공정시험법에 의한 중금속 용출량에 대해서 규정한다.

표 2 충전재 품질 기준

		기준값	비 고
화학성분	SiO_2	20% 이상	
	CaO	50 % 이상	
	SO_3	5 % 이하	
입도분포		3200 ㎠/g	• 비표면적(브레인)으로 평가
중금속 용출		기준값 이하	• 폐기물관리법 시행규칙 [별표1]

3) 분석방법

가) 화학성분 : 형광X선 분석법

(1) 시료와 HBO_3를 1:5 비율로 혼합하고 균일하게 섞는다.

(2) 혼합된 시료를 스틸컵에 채우고, 프레스에서 15톤 압력으로 XRF 측정용 샘플을 성형한다.

(3) 샘플 홀더에 성형된 시료를 넣고 XRF에서 측정한다.

(가) 샘플 상태 : 산화물

(나) 측정 시간 : Standard

나) 입도분포

(1) 비표면적 측정(브레인법)으로 측정한다.

(2) Air Jet Sieve에서 75㎛ 체를 사용하여 잔사량을 측정하여 기록한다.

다) 중금속 용출

(1) 외부 공인시험기관(예:한국건설생활환경시험연구원, 한국화학융합시험연구원 등)에 의뢰하여 측정한다.

(2) 각 원료의 측정하는 주기는 반기마다 1회 측정한다.

나. 제조 공정도

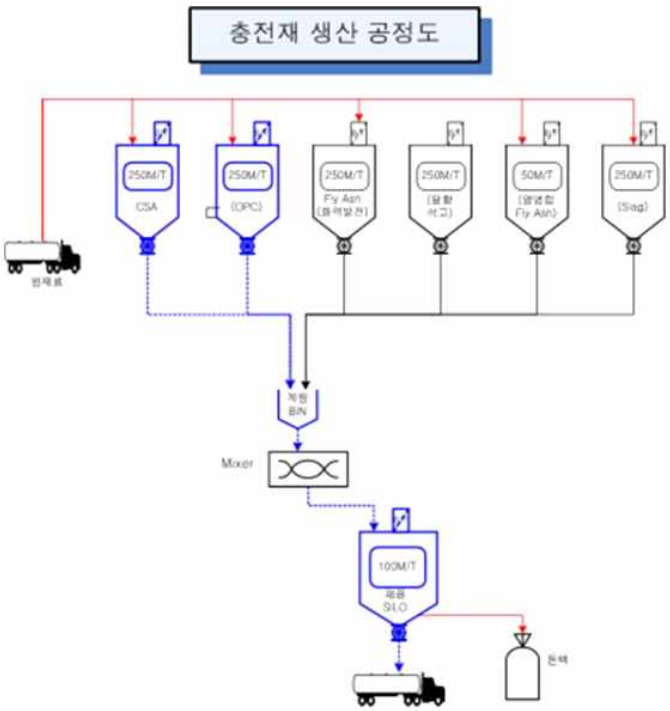


그림 2. 충전재 제조 공정도

다. 원료 검사

1) 충전재용 원료는 아래와 같다.

■ 플라이애시(화력발전소), 플라이애시(열병합발전소 유동층 보일러 애시), 배연탈황석고, 1종 보통포틀랜드 시멘트, 속경성 시멘트 (CSA, CA 등), 고로슬래그 미분말

2) 검사항목과 방법, 검사주기는 표 3과 같다.

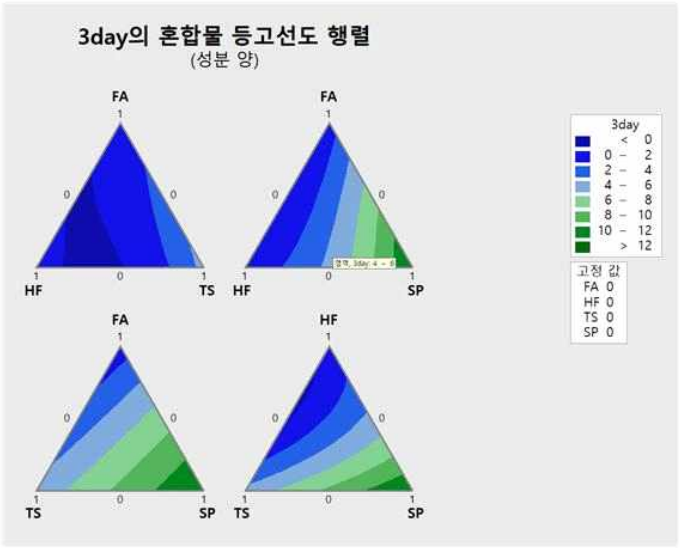
표 3. 원료 검사항목과 검사주기

검사항목	방 법	주 기	판단 기준
화학성분	XRF	• 원료 입고시	
입도분석	잔사량 (75㎛) 분말도 (브레인)	• 원료 입고시	• 3200 ㎠/g 이상
중금속 용출량	폐기물공정시험법	• 반기 (6개월)	• 폐기물관리법에 의한 용출기준 이하

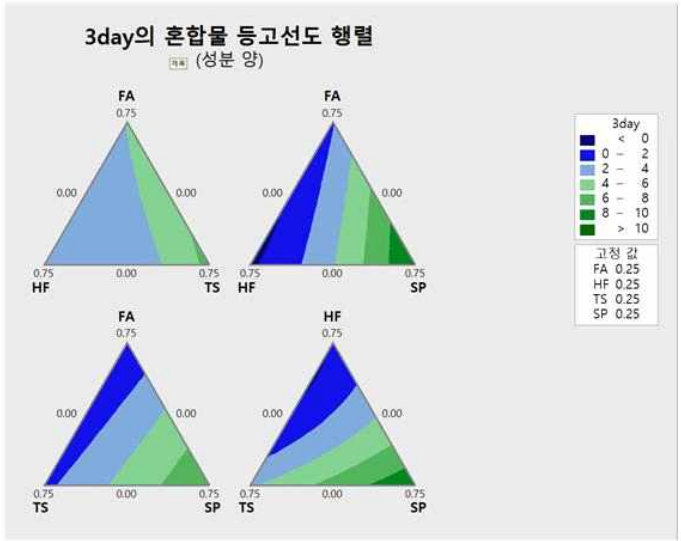
3) 원료 배합비 결정

■ XRF에 의한 화학분석 결과를 활용하여 각 원료의 배합비를 산출한다. 이때 보통 포틀랜드 시멘트는 10% 이상, 고로 슬래그 미분말은 40% 이상 포함되도록 하며, 표 2의 화학성분을 만족하도록 배합비를 결정한다.

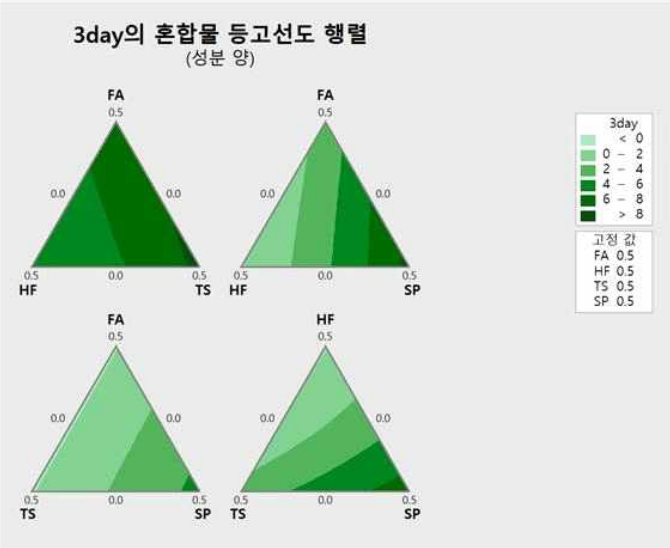
■ 그림 3은 원료(플라이애시, 탈황석고, 유동층 플라이애시, 고로슬래그 미분말)의 혼합비율에 따른 3일 압축강도 변화를 나타낸 등고선도이며, 각 원료 혼합비율에 따른 충전재용 재료의 강도 변화를 추정할 수 있다.



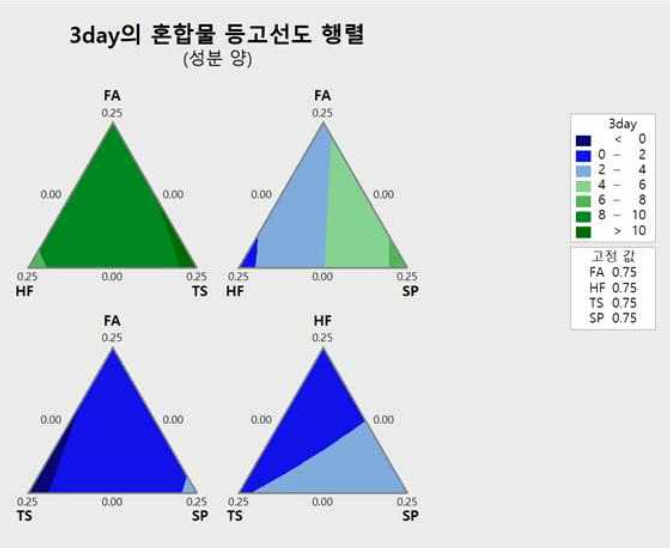
(a) FA, HF, TS, SP 함량이 0% 일 경우 3성분 배합비에 따른 3일 압축강도 거동



(b) FA, HF, TS, SP 함량이 25% 일 경우 3성분 배합비에 따른 3일 압축강도 거동



(c) FA, HF, TS, SP 함량이 50% 일 경우 3성분 배합비에 따른 3일 압축강도 거동



(d) FA, HF, TS, SP 함량이 75% 일 경우 3성분 배합비에 따른 3일 압축강도 거동

그림 3 그림 혼합물 등고선도 (압축강도 (재령 3일))

(FA:화력발전소 플라이애시, HF:유동층 보일러 플라이애시, TS:배연탈황석고, SP:고로 슬래그 미분말)

라. 충전재 생산

1) 생산계획 수립 및 생산

가) 생산관리 부서장은 납품 요청받은 내용에 따라 납품에 지장이 없도록 생산 담당에게 작업지시서에 의해 작업을 지시한다. 작업지시서에는 원료 배합조건(배합비), 생산량, 출고처, 출하 예정일을 기록한다.

나) 생산 담당은 지시받은 작업지시서에 따라 생산 일정을 확정하고, 충전재를 생산한다. 작업지시서 양식은 그림 4와과 같다.

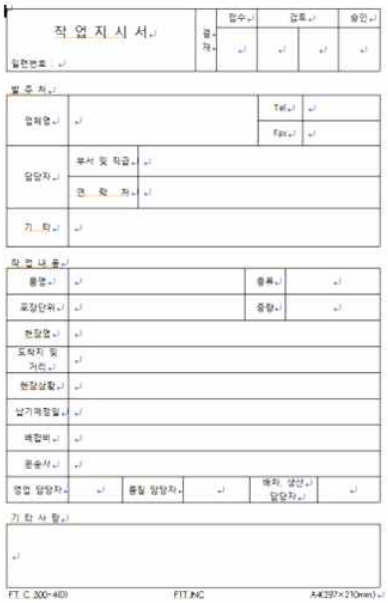


그림 4. 작업지시서 양식

다) 충전재 생산을 위한 운전 조건은 다음과 같다.

라)

표 4 충전재 생산 조건

계량방법	각 원료 누적 계량
혼합 시간	2분/Lot
Lot 크기	2톤/Lot (원료 누적 중량)

2) 품질 검사

가) 생산 담당자는 당일 생산제품의 계획을 품질관리팀장에게 구두로 통보하고 공정검사 및 제품검사를 의뢰한다.

나) 품질관리팀장은 검사원에게 생산되는 제품의 검사를 지시한다.

다) 검사원은 제조 공정도와 검사기준에 따라 검사를 실시하여 그 결과를 생산부서장에게 구두로 통보하여 공정의 상태를 알려주고 이상 발생시에는 생산 중단의 검토를 요구한다.

3) 생산 중단

가) 생산 담당자는 공정 중 불일치 사항을 발견하거나 기계의 작동 이상으로 공정이 이상상태라 판단하면 즉시 생산을 중단하고 품질관리팀장에게 통보한다.

나) 품질관리팀장은 사전협의가 불가피한 사정이 발생 시에는 "선 공정 중단", "후 사후대책"을 수립한 후 처리하여야 한다

다) 품질관리팀장은 검사결과 생산이 불가능 하다고 판단되는 경우 생산부서장과 협의하여 생산을 중단할 수 있다.

4) 저장

가) 생산된 제품(충전재)는 제품 사일로에 보관함을 원칙으로 한다. 다만 저장 사일로 운영계획과 충전재 출하일정을 고려하여 컨테이너 백에 포장한 후 외부의 습기를 피할수 있는 장소에 보관할 수 있다.

나) 제품을 컨테이너 백에 포장할 때에는 외부의 수분에 영향을 받지 않도록 방수가 가능한 컨테이너 백을 사용하도록 한다. 이때 보관기간은 1개월을 넘지 않는 것을 원칙으로 한다.

마. 포장 및 출하

1) 제품 포장단위는 컨테이너 백에 포장하는 것을 원칙으로 하며, 현장의 요청에 따라 포장 중량을 결정한다. 만일 현장의 요청이 있는 경우 벌크 트럭에 적재하여 출고할 수 있다.

2) 포장되고 보관된 제품은 현장의 출하 요청에 따라 요구하는 날짜에 도착할 수 있도록 출고한다. 출고 담당자는 현장 담당자와 협의 후 현장 도착시점을 결정한다.

3) 출하를 위한 제품적재가 완료되면 출하담당은 적재 중량을 확인하고, 납품서를 발행하여 원본은 보관하고, 납품서와 인수증을 차량 운전자에게 교부한다. 납품서에는 제품명, 수량(톤), 도착지 주소, 도착지 제품 수령 예정자 연락처, 도착 요청일을 기록한다.

4) 차량 운전원은 제품 출하시부터 현장 도착 후 고객에게 제품을 인도할 때까지의 제품의 품질변화가 없도록 비에 젖거나 습기에 노출되지 않도록 제품을 보호한다.

5) 출하 담당자와 차량 운전원은 거래선에서 요청한 납품시간을 준수하도록 최대한 노력하여야 하며 차량 운행 중 안전에 주의를 하여 사고가 발생치 않도록 하여야 한다.

2) 품질 검사

가) 생산 담당자는 당일 생산제품의 계획을 품질관리팀장에게 구두로 통보하고 공정검사 및 제품검사를 의뢰한다.

나) 품질관리팀장은 검사원에게 생산되는 제품의 검사를 지시한다.

다) 검사원은 제조 공정도와 검사기준에 따라 검사를 실시하여 그 결과를 생산부서장에게 구두로 통보하여 공정의 상태를 알려주고 이상 발생시에는 생산 중단의 검토를 요구한다.

3) 생산 중단

가) 생산 담당자는 공정 중 불일치 사항을 발견하거나 기계의 작동 이상으로 공정이 이상상태라 판단하면 즉시 생산을 중단하고 품질관리팀장에게 통보한다.

나) 품질관리팀장은 사전협의가 불가피한 사정이 발생 시에는 "선 공정 중단", "후 사후대책"을 수립한 후 처리하여야 한다

다) 품질관리팀장은 검사결과 생산이 불가능 하다고 판단되는 경우 생산부서장과 협의하여 생산을 중단할 수 있다.

4) 저장

가) 생산된 제품(충전재)는 제품 사일로에 보관함을 원칙으로 한다. 다만 저장 사일로 운영계획과 충전재 출하일정을 고려하여 컨테이너 백에 포장한 후 외부의 습기를 피할수 있는 장소에 보관할 수 있다.

나) 제품을 컨테이너 백에 포장할 때에는 외부의 수분에 영향을 받지 않도록 방수가 가능한 컨테이너 백을 사용하도록 한다. 이때 보관기간은 1개월을 넘지 않는 것을 원칙으로 한다.

마. 포장 및 출하

1) 제품 포장단위는 컨테이너 백에 포장하는 것을 원칙으로 하며, 현장의 요청에 따라 포장 중량을 결정한다. 만일 현장의 요청이 있는 경우 벌크 트럭에 적재하여 출고할 수 있다.

2) 포장되고 보관된 제품은 현장의 출하 요청에 따라 요구하는 날짜에 도착할 수 있도록 출고한다. 출고 담당자는 현장 담당자와 협의 후 현장 도착시점을 결정한다.

3) 출하를 위한 제품적재가 완료되면 출하담당은 적재 중량을 확인하고, 납품서를 발행하여 원본은 보관하고, 납품서와 인수증을 차량 운전자에게 교부한다. 납품서에는 제품명, 수량(톤), 도착지 주소, 도착지 제품 수령 예정자 연락처, 도착 요청일을 기록한다.

4) 차량 운전원은 제품 출하시부터 현장 도착 후 고객에게 제품을 인도할 때까지의 제품의 품질변화가 없도록 비에 젖거나 습기에 노출되지 않도록 제품을 보호한다.

5) 출하 담당자와 차량 운전원은 거래선에서 요청한 납품시간을 준수하도록 최대한 노력하여야 하며 차량 운행 중 안전에 주의를 하여 사고가 발생치 않도록 하여야 한다.



그림 5 충전재 (컨테이너백 포장)

7. 투수성 경량 투수성 충전재제조

가. 개요

1) 제조된 충전재에 대해서 실험실에서 투수성 경량 기포 모르타르를 제조하는 조건을 검토하여 목표 품질을 달성

2) 주기적으로 생산된 충전재의 품질 변동 유무를 확인

3) 장소, 시간에 따라 변화가 예상되는 투수성 경량 투수성 충전재제조조건을 최적화 시킴

나. 투수성 경량 기포 모르타트 기준

표 5. 투수성 경량 기포 충전재 품질기준

항 목		기 준 값
기포 슬러리 비중		0.52 이상
플로값 (유동성)		180㎜ 이상
압축강도	7일	0.9 MPa 이상
	28일	1.4 MPa 이상
투수계수		10^{-4}㎝/sec 이상
침하깊이		10㎜ 이하

다. 투수 충전재 특성 평가 시료 제조방법

■ 충전재 분체를 사용하여 투수성 경량투수성 충전재 제조는 아래 그림과 같다.

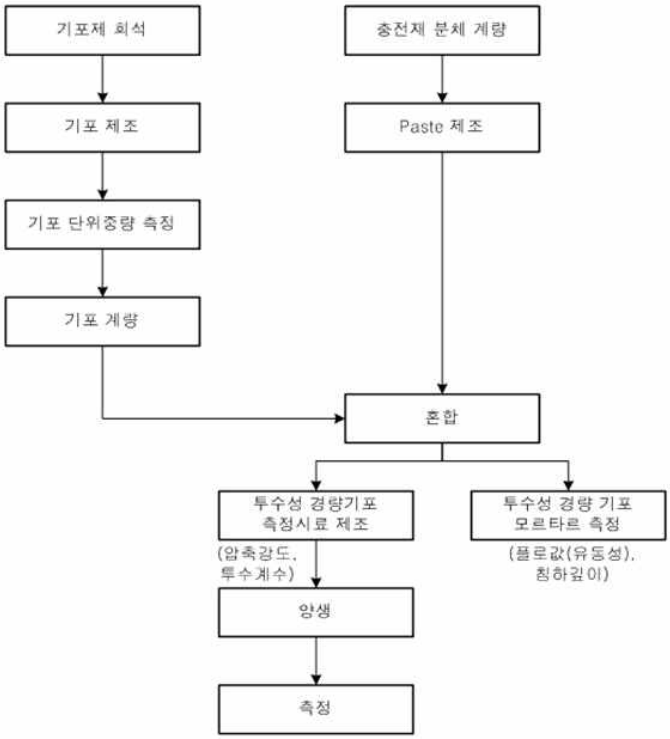


그림 6. 투수성 경량 투수성 충전재제조 시험 Flow

1) 시험 장치

가) 기포 발생기

나) 모르타르 믹서

다) 항온항습기

라) 압축강도 시험기

마) 플로값 측정 몰드 & 캘리퍼스

바) 침하량 측정 몰드

사) 투수계수 시험기 (변수위 시험기, 정수위 시험기)

2) 시험재료

가) 충전재 분체

나) 기포제 (한국산업주식회사, 독립기포제)

다) 유동화제 : 동남기업, FlowMix Super5

라) 침강방지제 : Casucol Fix-1 (케미콘)

3) 시험조건

표 6. 투수성 경량 투수성 충전재제조조건

항 목	조 건	비 고
충전재	5 kg	
W/C	50%	
기포 첨가량	140%	충전재 페이스트 부피 기준
유동화제	0.1%	충전재 중량 기준
침강방지제	0.01%	충전재 중량 기준

4) 실험 순서

가) 충전재 계량

나) 혼합수 계량 & 혼합

다) 유동화제 첨가

라) 침강방지제 첨가

마) 기포 제조 & 단위중량 측정

바) 충전재 페이스트와 기포 혼합

사) 투수성 충전재측정

(1) 단위중량

(2) 플로값 (유동성)

(3) 침하깊이

아) 측정용 시료 제조

(1) 압축강도 측정용 공시체 (3일, 7일, 28일)

(2) 투수계수 측정용 시료

자) 측정

(1) 압축강도

(2) 투수계수



<기포발생기>



<기포 제조>



⇒



⇒



⇒



⇒







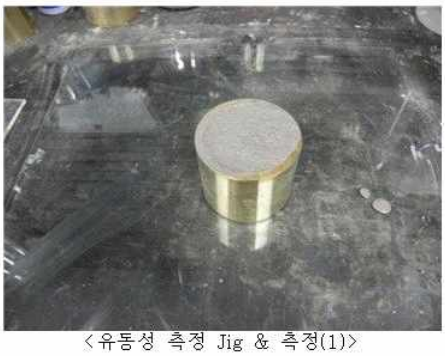




〈모르타르 단위중량 측정〉



〈압축강도, 투수계수 측정 시료〉



<유동성 측정 Jig & 측정(1)>



<유동성 측정 (2)>



<압축강도용 공시체 양생-습기함>



<압축강도 측정 공시체>



<압축강도 측정 공시체>



<압축강도 측정>

그림 7 투수성 충전재 공시체 제조 및 압축강도 측정



<무게 측정>

⇒



<투수계수 측정 몰드 내 공시체 설치>

⇒



<공시체 침적-탈기>

⇒



<몰드 설치>

⇒



<투수계수 측정>

그림 8 투수계수 측정시험

8. 측정/평가방법

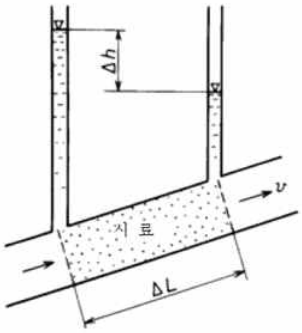
가. 투수 시험방법

1) 개요

■ KS F 2322 『흙의 투수시험방법』에 의거하여 시험을 한다.

2) 투수계수 정의

■ 浸透流의 겉보기 유속과 動水 기울기를 관련짓는 비례 상수



$v = k \cdot i$

여기에서 v : 겉보기 유속(cm/s)

k : 투수 계수(cm/s)

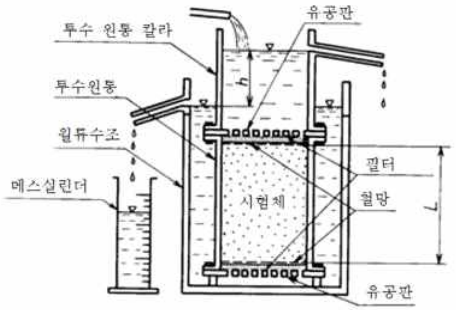
i : 동수 기울기 $\left(i = \frac{\Delta h}{\Delta L}\right)$

3) 시험 종류

가) 定水位 투수시험

■ 일정한 단면과 길이를 가진 시험체 안을, 일정한 수위차 아래에서 일정 시간 내에 침투하는 水量을 측정

■ 定水位 투수 시험



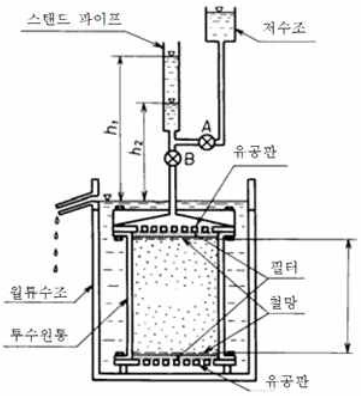
L : 시험체의 길이

h : 수위차

나) 變水位 투수시험

■ 일정한 단면과 길리를 가진 시험체 안을, 일정한 수위차를 초기 상태로 하여 침투할 때의 수위 강하량과 그 경과시간을 측정

■ 變水位 투수 시험



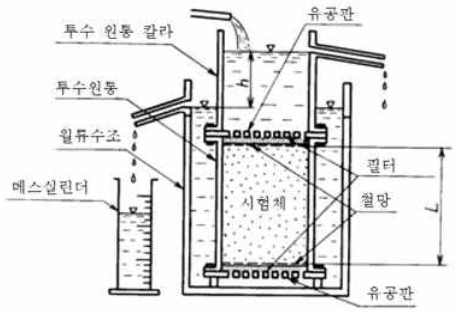
L : 시험체의 길이
h_1 : 시각 t_1에서의 수위차
h_2 : 시각 t_2에서의 수위차

다) 시험방법 선택

- 투수계수가 비교적 큰 흙의 투수시험 : 정수위 투수시험
- 투수계수가 비교적 작은 흙의 투수시험 : 변수위 투수시험

4) 시험방법

가) 정수위 투수시험



L : 시험체의 길이
h : 수위차

(1) 투수 원통의 상부에 투수 원통 칼라를 부착하고, 월류 수조에 물을 채움

(2) 급수 쪽 수조가 되는 투수 원통 칼라에 주입하여 월류구에서 월류시켜서 급수쪽의 수위를 일정하게 만듦

(3) 월류 수조에서의 월류량이 거의 일정해지는 것을 기다려서, 시각 t1에서 t2까지 사이의 유출수량 Q(㎤)를 메스실린더에서 측정. (3회 이상 실시)

(4) 급수 쪽 수조(투수 원통 칼라)의 수위와 월류 수조의 수위의 차 h(㎝)를 측정

(5) 월류 수조 안의 온도 T(℃)를 측정

(6) 시험 후 시험체의 함수비 w_f(%)를 측정. (보수성이 작은 시료인 경우에는 생략 가능)

(7) 계산

(가) 아래 식에 따라 시험체의 건조밀도, 틈새비 및 포화도를 산출

$$\rho_d = \frac{m}{A \cdot L\left(1+\frac{w}{100}\right)}$$

$$c = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1$$

$$S_r = \frac{w\rho_s}{c\rho_w}$$

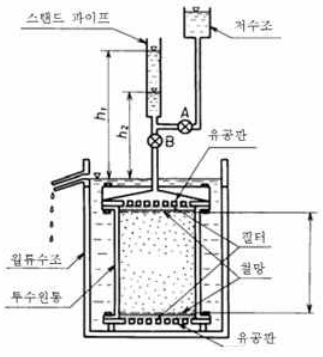
ρ_d : 건조밀도 (g/cm^3)
c : 간극비
S_r : 포화도 (%)
m : 시험체의 무게 (g)
A : 시험체의 단면적 (cm^2)
L : 시험체의 길이 (cm)
w : 함수비 (%)
ρ_s : $KSF2308$에 따라 구한 흙입자의 밀도 (g/cm^3)
ρ_w : 물의 밀도 (g/cm^3)

(나) 수온 T(℃)에서의 투수계수

$$k_T = \frac{L}{h} \cdot \frac{Q}{A(t_2 - t_1)}$$

k_T : $T(^\circ C)$에서의 투수계수 (cm/s)
h : 수위차 (cm)
Q : 유출수량 (cm^3)
$t_2 - t_1$: 측정시간 (s)

나) 변수위 투수시험



L : 시험체의 길이
h_1 : 시각 t_1에서의 수위차
h_2 : 시각 t_2에서의 수위차

(1) 투수 원통의 위 덮개에 스탠드 파이프와 저수조를 연결하여 물을 채운 월류 수조에 담근다.

(2) 스탠드 파이프의 단면적 a(㎠)를 구하여 스탠드 파이프에 월류 수조의 수면에서 측정한 높이 h_1(㎝) 및 h_2(㎝)를 설정한다.

(3) 시험장치의 밸브 B를 닫고, A를 열어서 저수조의 물을 스탠드 파이프에 채우고 밸브 A를 닫는다.

(4) 밸브 B를 열고, 스탠드 파이프의 수면이 h_1 및 h_2를 통과한 시각 t_1(s) 및 t_2(s)를 기록

(5) 3), 4) 조작을 반복하여 (t_2-t_1)의 값이 거의 일정해졌다는 것을 확인한 후 3회 이상의 측정을 실시한다.

(6) 월류 수조의 온도 T(℃)를 측정

(7) 시험 후의 시험체 함수비 w_f(%)를 측정

(8) 계산

(가) 아래 식에 따라 시험체의 건조밀도, 간극비 및 포화도를 산출

(나) 측정시의 수온 T(℃)에서의 투수계수를 산출

$$k_T = 2.303 \frac{aL}{A(t_2 - t_1)} \log_{10} \frac{h_1}{h_2}$$

k_T : $T(^\circ C)$에서의 투수계수 (cm/s)
a : 스탠드파이프의 단면적 (cm^2)
L : 시험체의 길이 (cm)
A : 시험체의 단면적 (cm^2)
$t_2 - t_1$: 측정시간 (s)
h_1 : 시각 t_1에서의 수위차 (cm)
h_2 : 시각 t_2에서의 수위차 (cm)

5) 시험체 제작

가) 정수위 투수시험

(1) 시험체를 다져서 제조하는 경우 KS F 2301에 규정하는 방법에 의해 얻어진 시료를 혼합하여 함수비가 균일해진 것을 준비

(2) 시료의 흙 입자의 밀도를 KS F 2308에 의해 측정

(3) 투수 원통의 안지름을 측정하여 단면적 A를 구한다.

(4) 투수 원통을 유공판에 고정하여 필터를 설치하고, 그 위에 철망을 놓는다.

(5) 시료를 철망 위에 일정 두께로 넣고 층 모양으로 다진다. 1층의 두께는 다짐 후의 두께가 15 ㎜ 또는 최대 입자 지름의 1.5배 중 큰 쪽으로 한다.

※ KS F 2312에 따라 몰드 안에 다진 시료를 그대로 투수 시험용 시험체로 사용할 수 있다.

(6) 다짐 후의 시험체의 길이 L, 무게 m를 측정하여 시료의 함수비 w를 구한다.

(7) 흩어지지 않는 시료를 시험체로 사용하는 경우는 시험체와 투수 원통 내면의 틈새를 누수 방지재로 밀봉한다. 이 경우, 시험체의 무게 m, 단면적 A와 길이 L 및 함수비 w를 미리 구해둔

다.

(8) 시험체의 윗면을 철망과 필터로 덮도 유공판을 얹어서 투수 원통에 고정한다.

나) 변수위 투수시험

(1) 정수위 투시시험의 시험체 제작방법과 동일함

6) 계산

가) 정수위 투수계수 또는 변수위 투수계수 측정값은 아래 양식에 기입한다.

나) 측정값으로부터 투수계수의 계산은 측정값을 아래 양식에 연결된 엑셀 파일에 Data를 입력하면 자동계산된다.

다) 입력하는 항목은 다음과 같다.

(1) 실험일

(2) 시료명

(3) 시험체 단면적

(4) 시험체 길이

(5) 투수시험기의 유리관 지름 (변수위 투수시험기)

(6) (정수위 투수시험) 시험 시작 시간

(7) (정수위 투수시험) 시험 완료 시간

(8) (정수위 투수시험) 수위차와 유출수량

(9) (변수위 투수시험) t1에서 수위

(10) (변수위 투수시험) h1 통과시각

(11) (변수위 투수시험) t2에서 수위

(12) (변수위 투수시험) h2 통과시각

투수시험 DATA SHEET

실 험 일				실험자				
시 료 명				1030-1				
시험체 단면적 *)	A	㎠						
시험체 길이 *)	L	㎝						
유리관 지름	5/20/50	㎜						
유리관 단면적 *)	a	㎠						
시험체 무게	m	g						

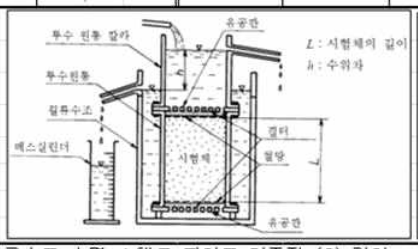
측정번호				1	2	3	4	5
정수위	시험 착수 시간 *)	t_1	s					
	시험 완료 시각 *)	t_2	s					
	측정시간	(t_2-t_1)	s	0	0	0	0	0
	수위차 *)	h	㎝					
	유출수량 *)	Q	㎤					
	투수계수	K_T	㎝/s	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
변수위	t1에서의 수위 *)	h_1	㎝					
	t2에서의 수위 *)	h_2	㎝					
	h1 통과 시각 *)	t_1	s					
	h2 통과 시각 *)	t_2	s					
	투수계수	K_T	㎝/s	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		

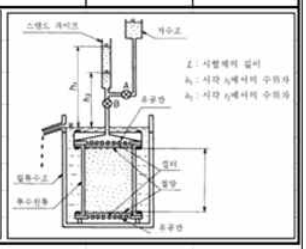
수 온	T	℃					
건조시료 무게		g					
흡수시료 무게		g					
함수비	w	%					

건조밀도	ρ_d	g/㎤					
흙입자 밀도(KS F 2308)	ρ_s	g/㎤					
간극비	e						
포화도	S_r	%					

특기사항

+) : 필수 Data





* 변수위투수시험기 월류수조 수면~스탠드 파이프 기준점 (0) 길이
  - A : B : 61.5㎝ C :
* 정수위 투수시험기 [h=4.5㎝]

나. 플로값 (유동성) (KS F4039 현장 타설용 기포 콘크리트)

1) 350×350 mm 유리판 위에 안지름 80 mm, 높이 80 mm인 아크릴 원통을 세운다.
2) 채취된 슬러리를 상부까지 붓고 남은 윗부분은 수평하게 제거한다.
3) 원통을 살며시 들어올려 1분 후에 시료가 퍼진 4방향에 대해 등간격으로 측정하여 평균값을 구한다. 이 경우 치수 측정은 1 mm까지 측정할 수 있는측정기를 사용한다.

다. 침하깊이 (KS F4039 현장 타설용 기포 콘크리트)

1) 안지름이 약 145 mm이고 높이가 300 mm인 투명 아크릴 용기를 준비한다.
2) 1)의 투명 아크릴 용기에 시료를 상부까지 붓고 위에 남은 윗부분은 수평하게 제거한다.
3) 2)때의 시각을 측정하여 2시간 후의 상부 침하 깊이의 최대값을 1 mm 단위까지 측정한다. 이 경우 시료를 채운 후에 용기를 움직이면 기포 콘크리트가 진동에 의해 침하가 촉진 되므로 측정시까지 반드시 정치시켜야 한다.
4) 시료에 따라서 상부의 침하와 함께 바닥면부터 배합수와 시멘트가 분리되어 침전하는 경우가 있는데, 이 경우 분리된 재료 높이의 최대값과 최소값의 평균을 구해서 상부의 침하 깊이와 합산하여 침하 깊이로 한다.

9. 현장 시공적용

가. 복구 _ 지반침하(함몰)_안전관리_매뉴얼_국토교통부 기준을 따른다.

지반침하(함몰) 상황종료 후 발생원인 및 피해조사를 실시하는 등 복구계획을 수립·시행하고, 대응의 평가·분석을 실시하여 문제점 개선 및 개선방안을 사고대응 매뉴얼 등에 반영한다.

1) 지반침하(함몰) 발생원인 및 피해조사 실시

상황 종료 후 신속한 피해조사를 실시하되, 특히 발생 원인을 면밀히 조사하여 향후 지반침하(함몰) 재발방지 및 항구적 복구기반 마련

(1) 중앙정부 안전관리방안

가. 사고의 경위 및 원인 등을 조사하기 위하여 필요한 경우 중앙사고 조사위원회 구성·운영
나. 지반침하(함몰) 원인조사 등을 위해 지자체 공무원, 공공기관 직원 등에 대한 교육계획 수립·시행

(2) 지자체 안전관리방안

가. 지반침하(함몰) 관련 전문가 등으로 지반침하(함몰) 원인 전문조사단 구성·운영
나. 상황 종료시 신속한 피해 조사를 실시하되 누락지가 없도록 조사철저
다. 신속한 피해조사 후 도로침하(함몰) 발생지도 DB구축

2) 지반침하(함몰) 발생지 항구적·체계적 복구계획 수립·시행

지반침하(함몰) 발생지에 대하여 응급조치 후 현장 조사결과에 따라 추가침하(함몰) 예방을 위한 견실 복구실시

(1) 지자체 안전관리방안

가. 지반침하(함몰) 발생 후 2차 피해 유발요소 점검 및 신속한 응급 복구를 실시

나. 사상자 발생시 처리 등에 대한 대책 지원

다. 상황종료 후 침하(함몰) 발생지 정밀조사 분석 및 항구복구계획 수립

라. 언론보도·브리핑 자료(사고조사결과, 피해자 지원·보상 계획, 재발 방지대책 및 복구계획 등) 자료 작성

3) 지반침하(함몰) 대응의 평가·분석 실시

지반침하(함몰)가 발생한 지역에 대하여 대응단계 시 문제점 및 개선 방안 등을 평가·분석하고 이를 사고대응 매뉴얼 등에 반영

(1) 중앙정부 안전관리방안

지반침하(함몰) 예방·대응 과정의 문제점 및 효율성, 지반침하(함몰) 예방 대책 수립·시행의 적절성, 지반침하(함몰) 예방·대응 전반의 개선 방안 등에 대한 평가·분석 수행

(2) 지자체 안전관리방안

가). 지반침하(함몰) 평가분석을 위하여 필요한 자료를 작성하고, 평가 분석 결과를 다음연도 지반침하(함몰) 예방대책에 반영

나). 지반침하(함몰) 발생현황 및 조치결과를 분기별로 국토교통부에 보고하고, 통계를 지속적으로 관리

나. 시공 및 공사관리 계획

1) 시공계획 수립

- 작업장 및 야적장과 가시설 계획
- 적용공법의 세부시공 계획
- 공정관리, 인력, 장비 및 자재 투입 계획
- 시험 및 품질관리 계획
- 교통처리계획
- 공사 안전 및 관리 계획
- 하천 및 지하수처리방안
- 공사중 오염 및 공해 방지 대책

(1) 공사 착수 전 조사사항

공사 착수 전에 현장여건, 지장물 등 본 공사와 관련된 제반사항을 철저히 조사하여 시공과정에서 발생 될 수 있는 문제점에 대하여 대책을 수립

(2) 공사 기록 및 시공성과의 기록보존 계획

공사 준공후에 검사가 곤란한 부분에 대한 형태, 치수, 강도, 품질을 확인 할수 있는 기록 및 기타 필요한 자료 제출

공사 착공전과 시행중에 추후 확인 또는 검사가 곤란한 상항은 실제 시공된 공사 결과를 체계적으로 기록 보존하여 현장에 비치

(3) 시공계획 수립

시공계획은 사전조사 결과를 근거로 하여 공정관리기법에 따라 수립

적용지반 보강공법에 적합한 시공계획 수립

확실한 보강공사를 소정기일내 경제성있고 안전하게 시공 할 수 있는 계획 수립

(4) 시공계획서 작성

○ 사전조사

- 계략 조건의 검토, 현장이 지형에 따른 자연조건 및 인위적 조건 검토

○ 시공계획

- 시공순서 시공법 검토
- 공기, 작업량 공사비 검토
- 공정계획
- 품질관리 계획
- 장비선정 및 조합검토
- 가설계획 및 배치 계획

○ 조달 계획

- 노무, 장비, 자재 소송계획

2) 공종별 시공계획

(1) 측량

가. 일반측량

-시공 순서에 따라 목적에 적합한 정밀도를 확보

나. 공사장내 측량 및 시설

- GPS 및 기준점을 통한 위치 확인

(2) 시험시공

가. 시험시공계획의 주요 항목

- 시험 주입 지역(보강구간)
- 주입량, 주입압, 배합비
- 시험 주입공의 배치
- 시험주입에 사용된 재료량
- 시공 전 지반개량 효과를 확인하고 주입 계획, 시공관리상 필요로 하는 자료를 구하기 위하여 시험 주입을 감리단 입회하에 실시하며, 시험 주입시는 시험 주입 계획서를 작성하여 승인을 받는다.
- 시공주입 또는 시공전 주입재에 대한 배합시험 및 현장확인 통하여 개량 효과를 확인하고, 품질관리기준을 선정한 후에 본 시공을 실시
- 시험 주입 종료 후 각종 조사결과, 사용재료량, 주입시간, 시험기록 등을 정리하여 주입효과 및 기타 기술적 의견을 시험주입 보고서를 감리단에 제출

(3) 사용장비 제원 및 성능

가. 시공계획의 주요 항목

○ 본 공법은 상부지반을 보강하여 침하 및 과도한 부등침하를 억제하고 파괴 진행을 차단시키는 공법으로 다음에 사항에 주의 하여 시공계획을 수립한다.

○ 주입
- 배합비
- 공내 충전 상태

○ 시멘트 밀크 주입
- 배합비
- 주입 시기
- 주입 방법
- 주입재의 지표 누출

○ 품질 관리
- 주입재의 강도시험

○ 기타
- 시공결과 보고

3) 공사수행

(1) 공사 수행 조직

○ 현장 대리인, 공무, 시공, 노무관리 자 확인

(2) 인력 투입계획

○ 작업 기간별 투입 현황 정리.

(3) 장비 및 주요 자제 투입 계획

○ 장비, 자재 투입 계획 수립

4) 품질관리 계획

(1) 품질관리 기법

○ 통계적인 품질 관리

○ 품질 보증제도

(2) 품질관리 조직

○ 관리 책임자, 시험사 책임자

(3) 품질관리 계획

○ 품질관리 실시 사항

항목	검토사항	결정사항
사전 준비 및 점검	조사내용 설계내용 장비 및 자재	
현장 주입 시험	주입비 주입량, 주입압	현장배합시험
주입 중 시공관리	시공순서 주변 영향 양식 및 기록 관리	주변 영향 검토 품질 및 기록 관리 양식
시공 효과 분석	육안 관찰 시공기록	육안 관찰 및 기록에 의한 판단
효과 확인	지반강화	시험 위치
주변 구조물 및 환경영향	계측자료 검토	보강 여부 추가계측 계획

5) 안전관리 계획

(1) 안전관리 기본 계획

○ 목적

- 무재해 달성
- 시공 중 발생 우려가 있는 안전사고 대처
- 안전사고 예방
- 안전사고 발생시 신속한 대처
- 원만한 공사 수행과 목표 품질의 달성

○ 방침

- 반복 재해유형 및 요인 분석하여 집중관리 방안 수립
- 유해요소와 취약지역 중점 안전관리 조직 운영 및 교육시행

- 공정별 안전 점검 제도 실시
- 자율적 안전관리 운영

○ 기본방향

- 안전관리의 활성화
- 안전 교육강화
- 안전작업수칙 준수 및 생활화
- 무재해 운동 전개, 포상, 벌칙 강화
- 작업 환경 개선
- 일상점검시 CHECK List 활용
- 안전계몽 및 홍보 활동 강화

(2) 안전관리 조직

○ 안전관리 조직은 수직 및 수평 관리가 가능하고 현장작업을 효율적으로 관리할 수 있는 조직으로 구성하여 무재해를 달성할 수 있도록 한다.

(3) 안전교육 및 안전 점검

○ 안전 계몽 및 홍보활도 강화

○ 안전 및 보건관리 점검

○ 개인 안전장구 지급 내용 확인

(4) 공사장 및 주변 안전관리 계획

○ 지하 지장물 보호 조치 계획

- 공사전에 공사현장 부지내에 매설된 주요 지장물을 조사하고 도면에 표시하고 관리
- 지장물은 현장에 식별표시 및 이격걱리, 매설물의 명칭을 관리
- 작업 시작점 지장물 위치를 확인, 공사중 지장물 변형상태 관리

○ 인접시설 보호 조치 계획

- 공사중 진동이나 지반침하로 인접건물에 피해가 발생하지 않도록 주의 하여 시공
- 침하 예상지역은 계측기를 설치하여 관리
- 소음, 분진에 의한 주변 피해가 예상되는 지역은 방음벽 및 보호천막을 설치하여 피해을 최소화 함.

6) 공사중 오염 공해 방지 대책

○ 공사중 고려해야 할 환경문제

- 수질, 소음, 분진 및 진동등의 공해 문제
- 기타 근접지역에의 영향

(1) 분야별 대책

구분	대책
수질	배출수의 규제실시 배수처리 장치나 침전지 설치 흙탕물, 토사 유출의 방지 부유물질 및 탁도증가등의 수질 오염 영향을 최소화 할 수 있는 공법 선택
소음	공사장내 차량 속도 제한 소음과다 발생 공정의 작업시간을 가능한 한 주간으로 제한 투입장비에 소음기 부착 및 저소음 장비사용 합리적인 공정관리로 장비과다 투입 예방
분진	진입도로의 살수 작업장 및 작업도로에서의 차량 속도 제한 토사운반 차량의 적재함 차폐 천공시의 분진 제거
진동	야간작업 금지 미진동 파쇄기 사용
기타	공사시 지하수 유출 방지 대책 장비의 수리 및 엔진오링 교체는 일정장소에서 실시 수거된 폐유는 정문 처리업자에게 위탁처리

7) 계측계획

(1) 목적 및 운영 체계

○ 목적

- 지반보강공사 수행중 보강공사로 인한 구조물의 이상변위 파악과 장기적으로 채굴적 상부에 위치한 구조물 지반의 거동을 관찰함으로서 채굴적으로 인한 지반침하가 시설물에 미치는 영향을 검토하여 안정성여부를 판단하는데 있음.

○ 운영체계

- 사업단 발주처에서 운영중인 계측결과와 시공중 계측결과를 종합 분석하여 안정성 확인

(2) 향후 계측 관리 계획

○ 공사중 사업단 현장 계측팀의 계측결과와 같이 분석하여 이상발생시에는 보완대책을 강구함.

○ 시공완료 후 계측 유지관리팀에게 모든 자료를 인계함으로서 사업의 연계성이 있도록 함.

8) 공정계획

(1) 공정관리 계획의 목적

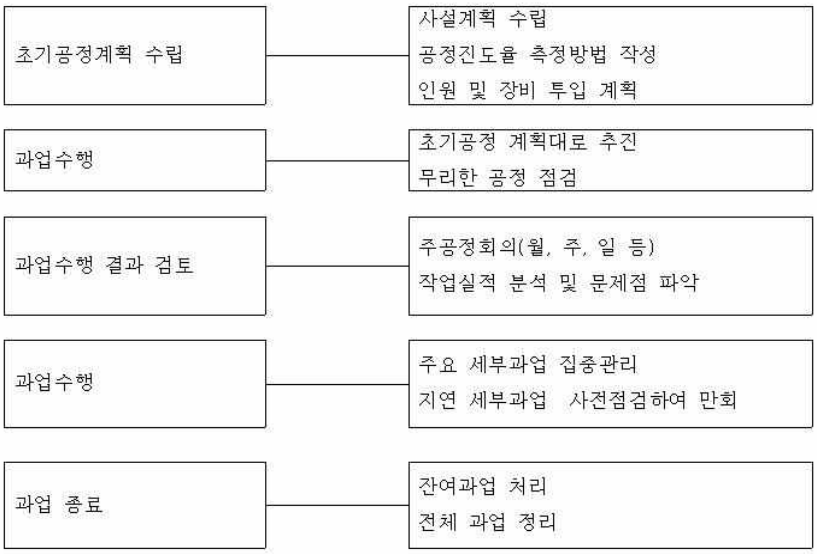
○ 현장 관리시 공정 조합에 의해서 공정관리가 결정됨.

○ 공사중 유관기관과 사전협의를 통해, 인허가 관련사항을 선결하도록 하여 공정지연 상황이 발생하지 않도록 함.

○ 공정관리의 목적

- 과업 수행에 필요한 일정관리, 자원관리, 진도관리 등을 통하여 공기 준수
- 진도관리 및 각종자원(자재, 인원, 장비)에 대한 신속한 현황 파악
- 계약공기 절대준수, 원가절감 및 품질향상 도모
- 공기내 과업수행을 위해 Network 기업에 의한 공정관리 기법 적용

(2) 공정관리 흐름도



10. 경량 기포 콘크리트 현장 시공

가. 일반사항

가) 요약

이 시방서는 공동 채움용으로 현장에서 제조되어 타설하는 비구조용 경량 기포 콘크리트 공사에 관하여 적용한다.

나) 주요내용

(1) 바탕준비

(2) 배합 및 타설

(3) 양생

나. 관련 시방절

이 절의 공사에 관련된 사항 중 이 절에서 언급된 것 이외의 사항은 아래 절의 해당사항에 따른다.

가) 23510 콘크리트

1) 적용규준

다음 규준은 이 절에 명시되어 있는 범위 내에서 이 절의 일부를 구성하고 있는 것으로 본다.

가) 한국산업표준(KS)

(1) KS F 2459 기포 콘크리트의 겉보기 밀도, 함수율, 흡수율 및 압축 강도 시험 방법

(2) KS F 4039 현장 타설용 기포 콘크리트

(3) KS F 2560 콘크리트용 화학 혼화제

(4) KS F 4916 시멘트 혼화용 폴리머

(5) KS L 5405 플라이애시

(6) KS L 5201 포틀랜드 시멘트

2) 용어의 정의

가) 기포제

"기포제"이라 함은 기포의 제조를 위한 약제로 식물성, 동물성 등이 있다.

나) 기포 콘크리트의 구분

"기포 콘크리트"는 겉보기 비중에 따라 다음과 같이 구분한다.

(1) 0.4품 : 0.30 이상 0.40 미만

(2) 0.5품 : 0.40 이상 0.50 미만

(3) 0.6품 : 0.50 이상 0.70 미만

3) 제출물

다음 사항은 "11510 제출물 관리"에 따라 제출하여야 한다.

가) 착공 전 제출물(SD-1)

(1) 시공계획서

나) 제품자료(SD-2)

(1) 기포제 및 혼화재료

(가) 재료의 성분, 특성 등

(나) 제조업자의 생산현황, 기술자료, 사용지침서, 사용실적 등

다) 견본(SD-4)

(1) 견본시공

라) 시험 보고서(SD-6)

(1) 현장 품질관리 시험

4) 품질보증

가) 시험시공

감독자가 지정하는 위치 또는 시험 시공을 하여야 하며, 시료를 채취하여 각 시험항목별 현장 품질시험을 1회 이상 실시하여야 한다.

5) 운반, 보관 및 취급

가) 기포제, 혼화재료

기포제와 혼화재료의 운반, 보관 및 취급 방법은 승인된 제조업자의 제품자료에 따른다.

나) 시멘트

시멘트의 운반, 보관 및 취급 방법은 "23510 콘크리트"에 따른다.

6) 환경조건

경량 기포콘크리트는 시공부위의 주위 기온이 5℃ 이상일 때 시공한다.

다. 자재

1) 재료

가) 시멘트는 KS L 5201의 보통포틀랜드 시멘트에 적합한 제품이어야 한다.

나) 골재는 "22510 공사용 골재"의 해당사항에 따라야 한다.

다) 기포제

(1) 당해 기포제로 제조한 경량 기포콘크리트가 성능기준에 적합한 제품이어야 한다.

(2) 기포제는 pH 6~8이어야 하며, 배관재를 부식시키는 성분이 포함되지 않아야 한다.

(3) 기포제 원액에 물을 희석하여 고압력 압축기를 이용, 제조된 기포는 시멘트 슬러리와 충분히 혼합하여 콘크리트 내에 균일하게 분포되어야 하고 기포가 일부에 몰리거나 파괴되지 않아야 한다.

라) 물은 품질에 영향을 주는 기름, 산, 유기 불순물이 함유되지 않은 정수를 사용하여야 한다.

마) 혼화재료는 제품의 개량, 개선을 위하여 KS F 2560, KS F 4916, KS L 5405 등을 사용할 수 있으며, 콘크리트의 경화와 품질에 영향을 미치지 않는 재료로서 당해 혼화재료로 제조한 경량 기포콘크리트가 성능기준에 적합한 제품이어야 한다.

바) 경량 충전재는 제품의 경량화 및 개선을 위하여 발포 스티렌 비드 및 섬유류 등 콘크리트의 경화와 품질에 영향을 주지 않는 재료이어야 한다.

2) 품질기준

가) 굳지 않은 기포 콘크리트(이하 "기포 슬러리"라 한다)의 품질기준은 표-1과 같다.

표 7 굳지 않은 기포 콘크리트 품질기준

구분	기포 슬러리의 비중	플로값 (mm)	침하깊이 (mm)
0.4품	0.39 이상	180 이상	15 이하
0.5품	0.52 이상		10 이하
0.6품	0.72 이상		6 이하

나) 양생된 기포 콘크리트의 품질기준은 표 8과 같다.

표 8 양생된 기포 콘크리트의 품질기준

구분	겉보기 비중	압축강도 (MPa)		열 전도율 (W/(m·k))	길이 변화율 (%)
		7일	28일		
0.4품	0.30 이상 0.40 미만	0.5 이상	0.8 이상	0.130 이하	0.50 이하
0.5품	0.40 이상 0.50 미만	0.9 이상	1.4 이상	0.160 이하	0.40 이하
0.6품	0.50 이상 0.70 미만	1.5 이상	2.0 이상	0.190 이하	0.30 이하

다) 경량기포 콘크리트의 7일 압축강도는 0.9MPa 이상, 28일 압축강도는 1.4MPa 이상이어야 한다.

라) 양생에 따른 균열, 처짐 등의 수축변형으로 구조체에 영향이 없어야 하며, 유해물질이나 유해가스 발생이 없어야 한다.

3) 제조

콘크리트 내부의 독립된 기포는 상·하부의 차이가 없이 고르게 분포하여야 하며, 하부에 시멘트 등의 재료 분리가 없도록 제조하여야 한다.

라. 시공

1) 작업준비

가) 수급인은 작업 착수 15일 전에 다음 각 호의 사항을 포함하는 시공계획서를 작성하여 감독자의 승인을 받아야 한다.

(1) "11010 공사일반 1.16 시공계획서 작성"에 명시된 내용

(2) 사용장비 및 작업인원 구성에 관한 계획

(3) 경량 기포 콘크리트의 자재 공급 및 펌핑 계획

나) 바탕을 깨끗이 청소하고 주변 벽체에 경량 기포 콘크리트 타설 높이를 먹매김하여 표시한다.

2) 배합 및 타설

가) 장비

(1) 혼합장비는 품질 확보를 위하여 원료를 일정하게 투입할 수 있는 정량 펌프 등의 시스템이 장착되어 있어야 하며, 정량 투입 여부를 확인하기 위한 유량계 및 유압계 등의 장치가 부착되어 있어야 한다.

(2) 압송펌프는 고층부의 시공에 충분한 펌프용량을 갖추어야 한다.

나) 배합

(1) 기포제 제조업자의 제품자료에 따라 소요 경량 기포콘크리트 성능이 될 수 있도록 배합한다.

(2) 혼화재료를 사용할 경우, 승인된 제조업자의 제품자료에 따라 일정한 배합이 확보될 수 있는 공장 배합재료를 사용하거나, 현장혼합의 경우 정량 투입이 가능한 장치를 갖춘 배합장비를 사용하여야 한다.

다) 타설

(1) 배합된 경량 기포 콘크리트는 1시간 이내에 시공하여야 한다.

(2) 경량 기포 콘크리트 타설 마감면은 소요 높이에 맞추어 평활하게 고르기를 한다.

3) 양생

(1) 경량 기포 콘크리트 타설 후 기온이 저하 될 경우 동해를 입지 않도록 보양한다.

(2) 경량 기포 콘크리트 타설 후 3일간은 충격이나 하중을 가해서는 안 되고 상부 마감재 시공은 경량 기포 콘크리트가 완전히 양생된 이후에 하여야 한다.

4) 현장 품질관리

가) 시험

품목	시험종목	시험방법	시험빈도	비고
경량기포 콘크리트	플로우, 기포율, 기포슬러리비중, pH, 압축강도	KSF 2459 KSF 4039	경화전시험:1일 2회 경화후시험:1일 1회	시료량 : 압축강도시험용 5개

나) 시료채취

믹서에서 제조된 기포 슬러리는 펌프로 이송됨에 따라 기포량이 감소하므로, 시료의 채취나 공시체의 제작은 타설 지점의 압송호스 배출구에서 채취한다.

다) 검사

(1) 플로우

플로우 시험은 KS F 4039에 준하며 3개 모두 표-1의 규정에 적합했을 때 그 로트를 합격한 것으로 본다.

(2) 기포율

기포율 시험은 경량 기포 콘크리트를 물로 희석한 후 알콜을 사용하여 소포시켜 체적의 변화를 구하는 소포법에 의하며 "별표 1 현장 타설용 기포콘크리트의 기포율 시험방법"에 의한 측정값이 목표값 ±5% 이내이어야 한다.

(3) 기포 슬러리 비중

기포 슬러리 비중 시험은 KS F 4039에 준하며, 3개의 시험 결과 평균값이 표-1의 규정에 적합했을 때 그 로트를 합격한 것으로 본다.

(4) 압축 강도

압축 강도 검사는 재령 7일과 28일 강도에서 5개 모두 표-2의 규정에 적합했을 때 그 제품을 합격한 것으로 본다.

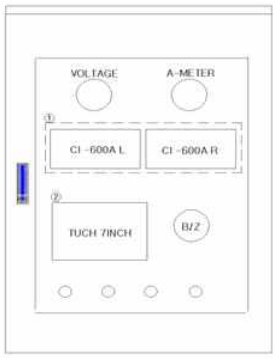
(5) PH 시험

기포제는 매 시공 일마다 시험용 PH시험지를 이용하여 pH값을 1회 이상 측정하여야 한다.

11. 충전재 혼합 장비 운전 절차

가. 패널 설정 방밥

① 로드셀 설정 패널



- CI-600AL은 왼쪽 믹서기 설정 패널
- CI-600AR은 오른쪽 믹서기 설정 패널

② 장비를 자동/수동으로 작동시키는 패널

---

① 로드셀 셋팅 패널



1) ITEM 버튼
2) 물의 무게 설정
   (⇅으로 설정값 지정)
3) Enter 버튼
4) 시멘트의 무게 설정
   (⇅으로 설정값 지정)
5) Enter 버튼
6) HOME (F3) 버튼

② 장비를 자동/수동으로 작동시키는 패널

< 자동운전방법 >



◎ A믹서기라인

1) C-1 절환 터치 스위치로 자동동작으로 선택
2) a-2 A자동 운전ON 누름
(교반기, 믹서기 동시 ON지속)
3) a-2 A자동 운전 OFF 시
(한번 더 아이콘 터치 ON/OFF)
4) 자동운영시 로드셀
- 1차 물 중량 양수기 설정값에 따라 ON/OFF
- 2차 시멘트 중량 설정값에 따라 ON/OFF
5) 재시작 운영시 탱크 중량 수동 밸브로 해제 후 사용

◎ B믹서기라인 위 내용과 동일함

< 수동운전방법 >



1) 자동화면에서 c-1 절환 터치 스위치로 수동 동작으로 선택
2) MA-1믹서기 or MB-1믹서기 ON 누름
3) M-1 교반기 ON 누름
※ MA-1 믹서기와 MA-2 믹서기, 교반기 OFF시 아이콘 재터치
5) MC-4 양수기 누름 ON
6) MC-3 콘베이어 누름 ON
※ 물 중량과 시멘트 중량 설정값에 따라 자동 OFF
7) 재시작 운영시 탱크 중량 수동 밸브로 해제후 사용

디 지 털 유 량 계 매 뉴 얼

2019. 11

재인스기초건설

목 차

제 1 장 유량계 개요

1.1 유량계 사용이유 .....
1.2 유량계 특징 .....
1.3 유량계 측정원리 .....

제 2 장 작동방법

2.1 유량계 연결 및 작동방법 .....
2.2 실제 유량계 연결사진 .....

제 3 장 결과정리

3.1 유량 기록지 읽은 방법 .....
3.2 실제 유량 기록지 .....

제 4 장 기타

제 1 장 유량계 개요

1.1 유량계 사용이유

· 유량측정은 플랜트 효율향상 및 운전관리 등을 위하여 필수적이다.

· 각종 건설공사, 특히 기초토목시공 현장에서 그라우팅 작업을 할때 정밀시공과 부실시공 방지를 위하여 사용합니다. 시공 상태를 그래프로 기록하며 시공 테이터는 문자로 인쇄가 되어 별도로 주입량 및 심도를 계산할 필요가 없습니다.

1) 장비가 필요한 현장
- 빌딩, 아파트 등의 기초 보강 및 지하수 처리 시 - 댐,터널, 방조제 등의 그라우팅 공사 시
- 지중선,통신구의 지반보강 및 차수 시 - 지하철, 고속철도의 지반보강 시
- 지하 연속 벽 시공 시 - 토류벽 배면 지반 보강 시
- 어스 앙카 시공 시 - 기타 구조물 기초 처리 시

2) 사용해야 하는 이유
- 정확한 시공관리
- 정확한 주입량 및 주입압의 시공기록 보존(설계, 시공의 기술자료 확보)
- 신뢰성 있는 시공으로 고품질 관리(정확한 품질관리)

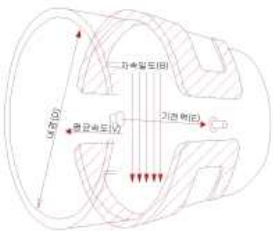
3) 용도
- L.W., 시멘트 밀크 주입공법 - 약액 주입공법(C.G.M., S.G.R 등)
- S.C.W., SEC, ESC 등) - J.S.P., JET, R.J.P. SIG 등
- C.I.P, S.I.P, M.I.P, P.I.P 등 - 파일 항타
- 기타 토목용 각종 주입공법 등

1.2 유량계 특징

구 분	내 용
사 양	· (0~60 L/min) ~ (0~60 kg/㎠) · (0~120 L/min) ~ (0~600 kg/㎠) · (0~120 L/min) ~ (0~120 kg/㎠)
크 기	· 500(W) × 550(H) × 350(D)
전 원	· AC 220 V ± 10%, 50Hz & 60Hz 단상
구 경	· 20A (20㎜), 3/4", 25A (25㎜), 1"
중 량	· 34 kg
적용방법	· LW, 약액, 시멘트 밀크, 기타
특 성	· Digital 유량센서 사용 · Digital 유량센서 사용으로 유량 진폭조정이 가능 · Recorder Chart Speed : 1~10 배 가능 · Flow Controller 적산기능 : 1~9 배 가능 · Flow Controller 소형 경량화함 · 초소형 및 초경량 제품 · 유량 및 압력 경보기능 : LOW & HI 설정가능 · 유량설정시 경보와 동시에 유량펜에서 Macca 기능적용

1.3 유량계 측정원리

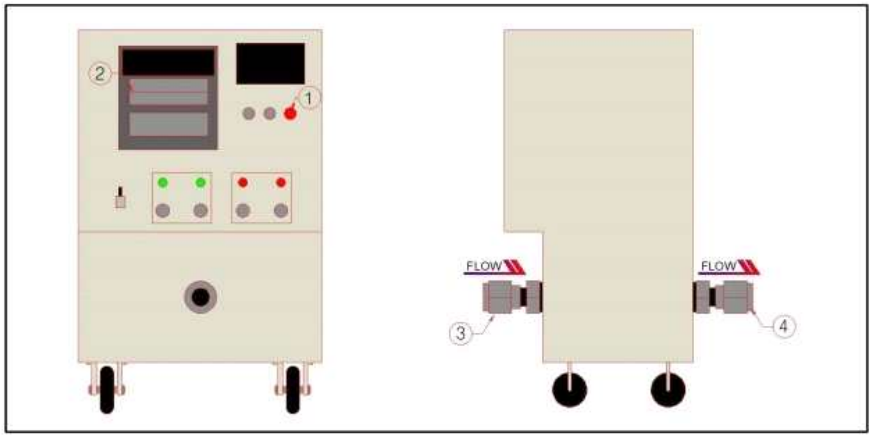
· 자기장의 내부를 도체가 이동하거나 유체가 흐를 때 그 이동속도나 유속에 비계하는 기전력이 도체나 유체의 내부에 발생한다는 [페러데이의 전자기유도의 법칙]을 이용하여 유량을 측정하는 유량계이다. 페러데이법칙에 의해 발생된 기전력을 측정관내에 설치한 1대 이상의 전극에서 검출하여 유량으로 계산할 수 있는 신호나 펄스 신호를 변환하는 유량계이다



1

제 2 장 작동방법

2.1 유량계 연결 및 작동방법

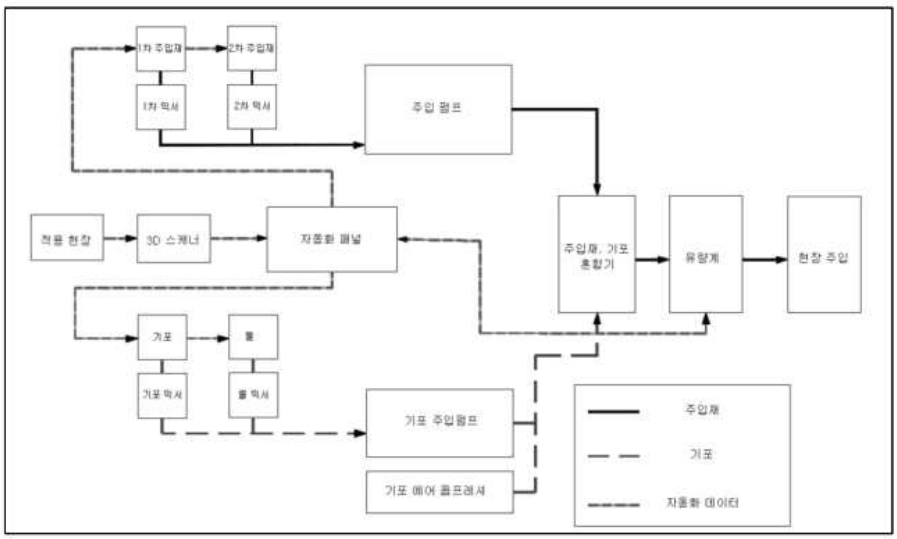


· 우선 ③에 주입관과 ④에 토출관을 연결한다.

· 전기선을 연결한다.

· ① 전원버튼을 ON한다.

· 호스에 슬러리를 주입하면 ②에서 기록지가 그래프가 나온다.



2

2.2 실제 유량계 연결사진









3

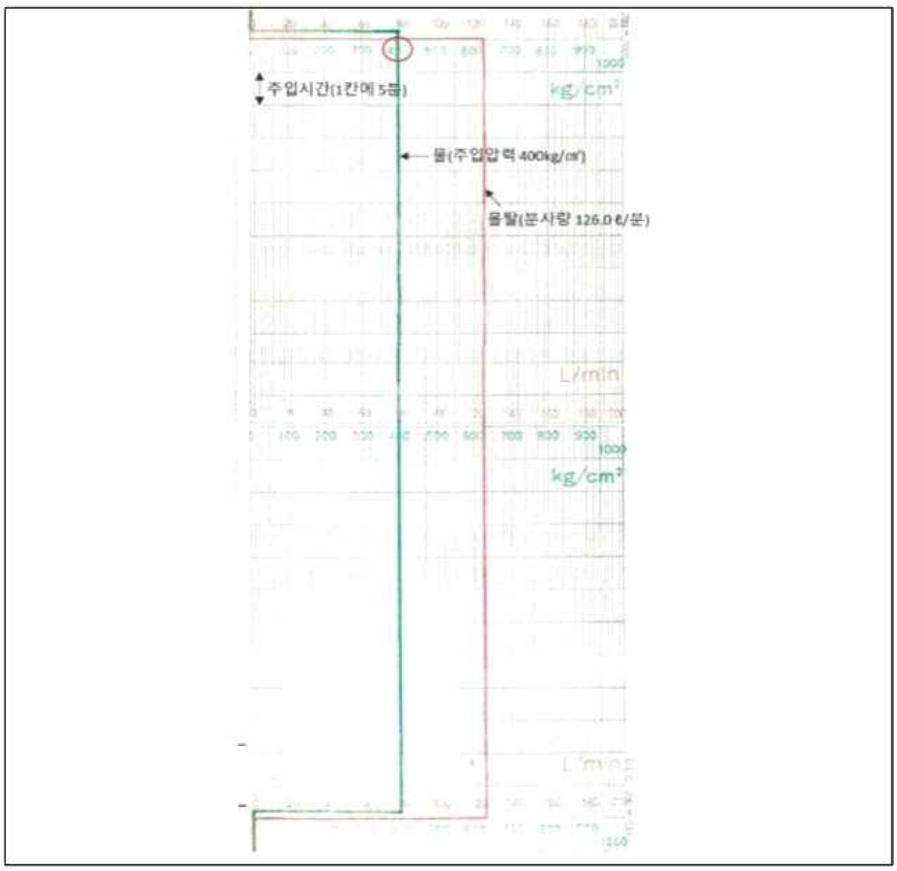
제 3 장 결과정리

3.1 유량 기록지 읽는 방법

○ 주입량 확인

- 물 주입압력, 분사량 check
- 주입 시간 1step 5분으로 계산, 연속적 누계 유량 도식확
- 기록지에 주입 시간을 계산하여 주입량 확인

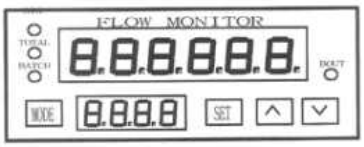
3.2 실제 유량 기록지



4

제 4장 기타

사용 설명서



■ MODE - KEY 동작기능

MODE

↓ MODE - 2SEC ON시

1)단위 — 1. unit
LPn — LPM 분당 유량
n3h — m³/h 시간당 유량
↓ MODE - ON시(3SEC ON시 저장후 복귀)

2)스케일 — 2. ScAl (▲ - 증가, ▶ - 자리이동)
9999 — 설정범위:0.001 - 9999
↓ MODE - ON시(3SEC ON시 저장후 복귀)

3)스케일 소숫점 이동 — 3. dot (▶ - 자리이동)
9999. — 예)600.0값 설정할 경우 6000을 스케일에서 설정하고 dot에서 이동 KEY ON시 소숫점 이동함
↓ MODE - ON시(3SEC ON시 저장후 복귀)

4)4mA 범위 설정 — 4. 4oA (▲ - 증가, ▶ - 자리이동)
0000 — *소숫점은 스케일에서승계됨
↓ MODE - ON시(3SEC ON시 저장후 복귀)

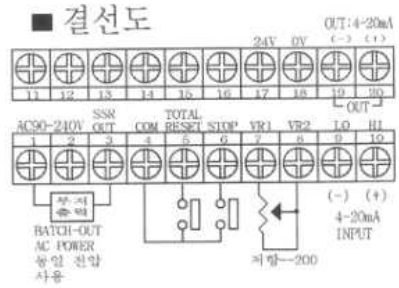
5)20mA 범위 설정 — 5. 20nA (▲ - 증가, ▶ - 자리이동)
500 — *소숫점은 스케일에서승계됨
↓ MODE - ON시 (3SEC ON시 저장후 복귀)

6)HI범위 설정 — 6- HI (▲ - 증가, ▶ - 자리이동)
500 — *소숫점은 스케일에서승계됨 *설정값 ≧저시치 → 출력
↓ MODE - ON시 (3SEC ON시 저장후 복귀)

7)LO범위 설정 — 7- Lo (▲ - 증가, ▶ - 자리이동)
50 — *소숫점은 스케일에서승계됨 *설정값 > 저시치 → 출력
↓ MODE - ON시(3SEC ON시 저장후 복귀)

8)TOTAL RESET — 8.t-rSt (▲ - 증가)
OFF — RESET 동작 않됨
On — RESET 동작 됨
↓ MODE - ON시(3SEC ON시 저장후 복귀)

■ 결선도



9)비율설정 — 9. A9nl (▲ - 증가)
1-1 — 증가 Key 1회 ON시 증가함
1-2 — (1 - 9)까지 변하고 그 숫자 만큼 비율로 증가함.
반 복

■ SET - KEY 동작기능

SET

↓ 3SEC ON

1)BATCH 설정 — 200. (▲ - 증가, ▶ - 자리이동) / bAtc
배치설정 범위 : 1- 999999
↓ SET - ON시 (3SEC ON시 저장후 복귀)

2) BATCH 소숫 범위 설정 — 200. (▶ - 자리이동) / bdot
0.0.0.2.0.0. ← 소숫점 이동
ex)0.200으로 소숫점 지정시 0.200 값에서 배치출력됨
↓ SET - ON시 (3SEC ON시 저장후 복귀)

3)BATCH 출력 형태 — bAtch (▲ - 증가)
AutO — 설정치 도달시 AUTO RESET
HoLd — 설정치 도달시 계속 출력
↓ SET - ON시 (3SEC ON시 저장후 복귀)

4)AUTO 출력 시간 설정 — tint 10. (▲ - 증가, ▶ - 자리이동)
AutO *AUTUO 출력 시간설정 (1-10SEC)
↓ SET - ON시 (3SEC ON시 저장후 복귀)
반 복

* ▲ - 증가 — KEY 동작 ON시 TOTAL/BATCH DISPLAY 선택하여 볼수있음

5

교 정 성 적 서

	우성엔지니어링 WOO SUNG ENGINEERING	성적서번호 : 1910-360	GFP

주소 : 경기도 안양시 동안구 벌말로 126 오비즈타워 B133호 전화 : 031) 450-3666 ,팩스 : 031) 450-3668

1.의뢰자

업 체 명 : 재인스기초건설㈜

주 소 : 서울특별시 송파구 강동대로9길 18(풍납동)

2. 측정기

기 기 명 : 전자기 유량계

제작회사 : DAE JUNG ENG.

규 격 : 40A

기기번호 : WS-50-500-1000-14

3. 교정환경

온도 : (25 ± 2) ℃ 상대습도 : 60 % 이하

4. 교정일자 : 2019. 10. 15

5. 측정표준기의 소급성

상기기기는 액체용 전자기유량계의 국가측정표준기관(KRISS)으로부터 측정의 소급성이 확보된 표준장비를(2019-337871) 이용하여 비교 교정함.

6. 교정결과 : 교정결과 참조

교 정 책 임 자 : 권 영 환

발행일자 : 2019. 10. 15

우성엔지니어링 (WOO SUNG ENGINEERING)

㈜ 위성적서는 측정기의 정밀 정확도에 영향을 미치는 요소(과부하, 온도, 습도)의 급격한 변화가 발생한 경우에는 무효가됨.

6

교 정 결 과

	우성엔지니어링 WOO SUNG ENGINEERING	성적서번호 : 1910-360	GFP

주소 : 경기도 안양시 동안구 벌말로 126 오비즈타워 B133호 전화:031) 450-3666 ,팩스:031) 450-3668

유량계측정값 [X] (L/min)	표준기측정값 [Y] (L/min)	측정편차 [X/Y-1] × 100 (%)	평균측정편차 (%)
95.81	95.33	0.50	
97.18	96.25	0.97	0.76
96.34	95.57	0.81	
184.79	183.37	0.77	
181.47	180.04	0.79	0.77
191.63	190.24	0.73	
302.45	301.11	0.45	
303.73	302.48	0.41	0.43
304.44	303.12	0.44	
387.98	387.01	0.25	
388.88	388.15	0.19	0.20
394.78	394.14	0.16	
498.78	497.32	0.29	
492.88	491.12	0.36	0.35
493.98	492.06	0.39	

* 교정유체 : (물)
* 제작회사 : DAE JUNG ENG.
* 규 격 : 40A
* 기기번호 : WS-50-500-1000-14

(끝).

7

교 정 성 적 서

	우성엔지니어링 WOO SUNG ENGINEERING	성적서번호 : 1910-359	GFP

주소 : 경기도 안양시 동안구 벌말로 126 오비즈타워 B133호 전화 : 031) 450-3666 ,팩스 : 031) 450-3668

1.의뢰자

업 체 명 : 재인스기초건설㈜

주 소 : 서울특별시 송파구 강동대로9길 18(풍납동)

2. 측정기

기 기 명 : 전자기 유량계

제작회사 : DAE JUNG ENG.

규 격 : 20A

기기번호 : DH-20-120-7

3. 교정환경

온도 : (25 ± 2) ℃ 상대습도 : 60 % 이하

4. 교정일자 : 2019. 10. 15

5. 측정표준기의 소급성

상기기기는 액체용 전자기유량계의 국가측정표준기관(KRISS)으로부터 측정의 소급성이 확보된 표준장비를(2019-337871) 이용하여 비교 교정함.

6. 교정결과 : 교정결과 참조

교 정 책 임 자 : 권 영 환

발행일자 : 2019. 10. 15

우성엔지니어링 (WOO SUNG ENGINEERING)

㈜ 위성적서는 측정기의 정밀 정확도에 영향을 미치는 요소(과부하, 온도, 습도)의 급격한 변화가 발생한 경우에는 무효가됨.

교 정 결 과

	우성엔지니어링 WOO SUNG ENGINEERING	성적서번호 : 1910-359	GFP

주소 : 경기도 안양시 동안구 벌말로 126 오비즈타워 B133호 전화:031) 450-3666 ,팩스:031) 450-3668

유량계측정값 [X] (L/min)	표준기측정값 [Y] (L/min)	측정편차 [X/Y-1] × 100 (%)	평균측정편차 (%)
10.11	10.05	0.60	
10.94	10.86	0.74	0.61
12.11	12.05	0.50	
32.45	32.24	0.65	
33.86	33.75	0.33	0.50
31.67	31.51	0.51	
60.57	60.35	0.36	
61.89	61.73	0.26	0.27
63.25	63.14	0.17	
95.45	95.31	0.15	
94.48	94.24	0.25	0.22
95.87	95.61	0.27	
118.56	118.24	0.27	
118.81	118.67	0.12	0.18
118.01	117.82	0.16	

* 교정유체 : (물)
* 제작회사 : DAE JUNG ENG.
* 규 격 : 20A
* 기기번호 : DH-20-120-7

(끝).

9

토목용 프리믹스 충진재 혼합 자동화 장비 매뉴얼

2019. 11

재인스기초건설

목 차

제 1 장 사용방법

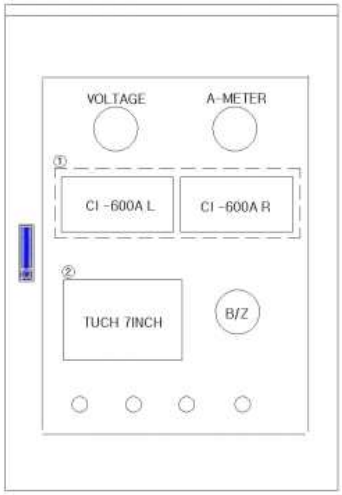
제 2 장 CI - 600 A 주요 특징

제 3 장 cas ci-600A 사용 설명서

제 4 장 인증서

제 5 장 검교정 서류, 검교정 사진

제 1 장 사용방법



① 로드셀 설정 패널
- CI-600AL은 왼쪽 믹서기 설정 패널
- CI-600AR은 오른쪽 믹서기 설정 패널

② 장비를 자동/수동으로 작동시키는 패널

---

① 로드셀 셋팅 패널



1) ITEM 버튼

2) 물의 무게 설정
(⇅으로 설정값 지정)

3) Enter 버튼

4) 시멘트의 무게 설정
(⇅으로 설정값 지정)

5) Enter 버튼

6) HOME (F3) 버튼

1

② 장비를 자동/수동으로 작동시키는 패널

< 자동운전방법 >



◎ A믹서기라인

1) C-1 절환 터치 스위치로 자동동작으로 선택

2) a-2 A자동 운전ON 누름
(교반기, 믹서기 동시 ON지속)

3) a-2 A자동 운전 OFF 시
(한번 더 아이콘 터치 ON/OFF)

4) 자동운영시 로드셀
- 1차 물 중량 양수기 설정값에 따라 ON/OFF
- 2차 시멘트 중량 설정값에 따라 ON/OFF

5) 재시작 운영시 탱크 중량 수동 밸브로 해제 후 사용

◎ B믹서기라인 위 내용과 동일함

< 수동운전방법 >



1) 자동화면에서 c-1 절환 터치 스위치로 수동 동작으로 선택

2) MA-1믹서기 or MB-1믹서기 ON 누름

3) M-1 교반기 ON 누름

※ MA-1 믹서기와 MA-2 믹서기, 교반기 OFF시 아이콘 재터치

5) MC-4 양수기 누름 ON

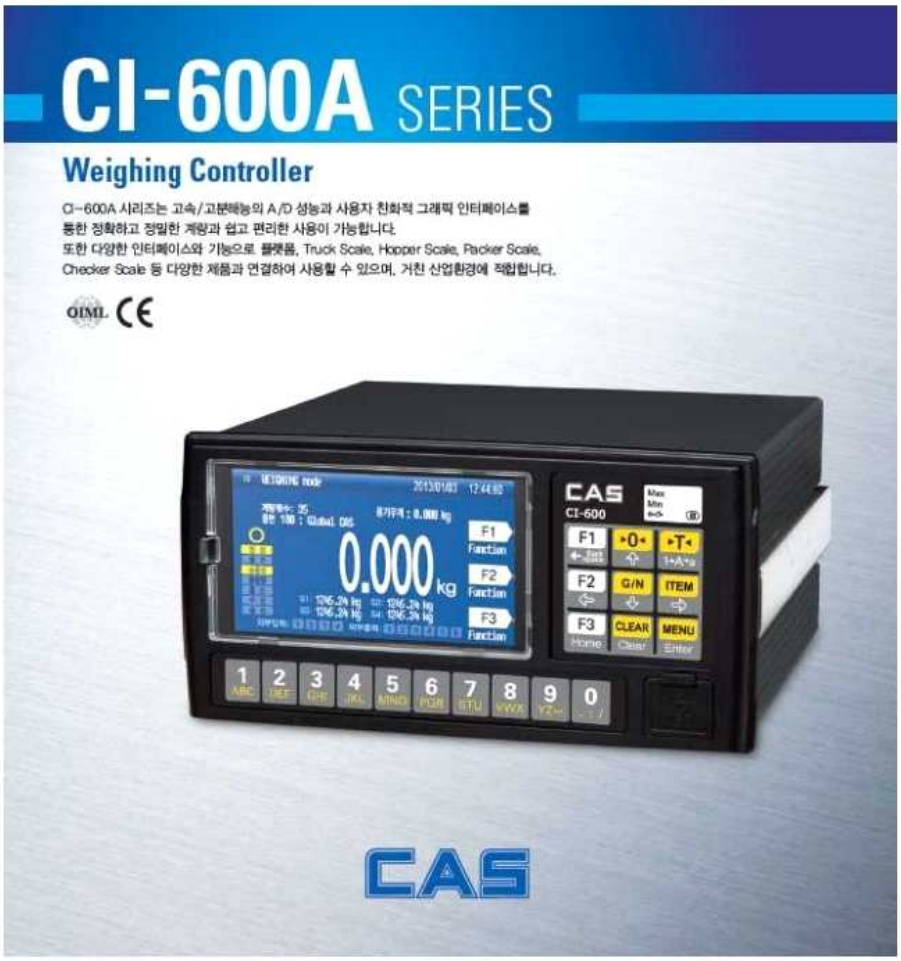
6) MC-3 콘베이어 누름 ON

※ 물 중량과 시멘트 중량 설정값에 따라 자동 OFF

7) 재시작 운영시 탱크 중량 수동 밸브로 해제후 사용

2

제 2 장 CI – 600 A 주요 특징



Features

고속/고분해능

초당 200회 A/D 변환속도와 1/10,000의 고분해능으로신속한 제어 및 정확한 계량이 가능합니다.



RFI &EMS 차폐

전자/전파의 노이즈를 차폐하여 거친 산업 환경에서도 안정적인 시스템 구동을 가능하게 합니다.



디스플레이 보호 커버 적용

디스플레이 보호 커버를 적용하여 이물질과 외부 충격으로부터 디스플레이를 보호합니다.



편리한 기능설정

인디케이터 파라미터 설정 메세지를 한글로 표현하여 편리하게 기능 설정을 할 수 있습니다.





확장된 키 사양

CI-600A 시리즈는 숫자키 10개와 기능키 9개를 가지고 있으며, 그 중 3개의 기능키는 기능변경이 가능하여 사용자 편의에 맞게 설정이 가능합니다.

사용 친화적 인터페이스

CI-600A 시리즈는 4.3" Full Graphic TFT LCD를 적용하여 한글메세지와 다양한 기능 아이콘 및 설정값 표현하고 다양한 계량 정보를 쉽게 확인 할 수 있습니다.

USB 메모리 사용 가능

USB 포트를 기본으로 제공하여 계량 데이터 백업이 가능합니다.



Communication Interface



다양한 통신 사용

RS232C 포트 2개를 기본으로 제공하며 그 외 3개의 통신카드를 동시에 사용 할 수 있습니다.

규격화 된 통신카드

통신카드를 슬롯 타입으로 규격화 하여 통신카드를 손쉽게 교체 및 장착할 수 있습니다.



터미널 블록 사용

터미널 블록 적용으로 외부기기와 연결이 편리합니다.



Application / Software

사용환경

CI-600A 시리즈는 플랫폼, 우형기, 인장/압축 시험기, Truck scale, Packer scale, Hopper scale, 충진기 등 다양한 장비 및 계량기에 연결이 가능합니다.



다양한 프린터 호환

티켓 프린터 및 라벨 프린터 연동이 가능합니다.

PC 프로그램 지원

CI-600A 전용 프로그램으로 인디케이터의 설정값을 관리 할 수 있으며, PC로 계량 데이터의 백업이 가능합니다.



Graphic User Interface (GUI)



(Simple Type CI-601A) (Controller Type CI-605A)

제품 특징

- 초당 200회 고속 AD변환 속도
- 1/10,000의 고 분해능
- 사용자 친화적 인터페이스 (4.3" Full Graphic TFT LCD적용)
- RFI & EMS 차폐
- 최대 100개의 품목정보 지원
- USB 메모리 데이터 백업 지원
- 자기 진단 및 자기 고장 회복 기능 내장
- Weight Back-up (정전시 데이터 기억)
- 인디케이터 관리 PC 프로그램 지원
- 다양한 통신 사양

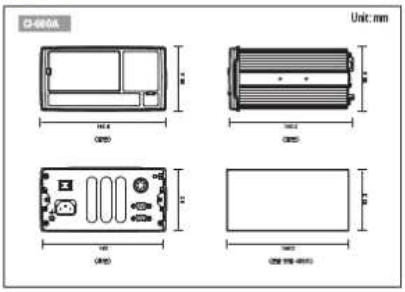
선택 사양

- Analog Out Card (V-out (0~10V) / I-out (4~20mA))
- RS485/RS422
- BCD Out Card
- 프린터
- 보조디스플레이

제품사양

Model		CI-601A	CI-605A
로드셀 인가전압		DC 5V	
로드셀 연결수		10 개 (350 Ω)	
로드셀 입력범위		-2.0mV/V ~ 3.0 mV/V	
입력감도		0.5 μV/D (인증), 0.3 μV/D (비인증)	
A/D 내부분해능		1/520,000	
A/D 외부분해능		1/10,000 (OIML/NTEP/KS), 1/20,000 (Non approval)	
A/D 변환속도		200 time/sec	
A/D 변환방법		시그마 델타	
디스플레이 타입		4.3" TFT Color LCD	
키 사양		숫자키 10개, 기능키 9개	
통신사양	기본	RS232 (COM1, COM2)	
	옵션	RS422, RS485, Analog_out/BCD_out	
외부 입/출력		-	Input 4 / Output 6
사용전원	AC	AC 100~240V 50/60Hz	
사용온도		-10℃~40℃	
인증사항		OIML, CE	
제품크기 (W x D x H)mm		192.9 x 190.2 x 98.4	
제품무게 (kg)		1.5	

제품크기



CAS 고객 서비스 지원 센터
1577-5578
수리 및 고장 접수
WWW.CAS.CO.KR
서울사무소 서울시 강동구 성내동 440-1 카스빌딩
TEL_02 2226 3600 FAX_02 475 4868/9
지방지점
부산 | 051 313 3626 대구 | 053 356 7111 인천 | 032 434 0281
광주 | 062 363 0262 대전 | 042 672 1015 전주 | 063 211 4661
마산 | 055 265 4371 울산 | 052 247 3626
영업소
수원 | 031 8015 4295 천안 | 041 631 1015 구미 | 054 363 0262
순천 | 061 725 0262

C-81103102

제 3 장 cas ci-600A 사용 설명서

특징 및 주요기능

특징

■ 고속, 고정도 산업용 인디케이터
■ 계량, 계측 시스템에 적합
■ 손쉬운 조작 및 다양한 기능
■ 간편한 무게 설정 (FULL DIGITAL CALIBRATION)
■ 판넬형 인디케이터
■ RFI/EMI 차폐
■ 자기진단 및 자기고장 회복 기능 내장
■ 정전 시 데이터 기억기능 (WEIGHT BACK-UP)
■ 다양한 옵션

주요기능

■ 정전 시 날짜 및 시간, 집계 데이터 보관 기능
■ 무게의 변화속도 조정 (디지털 필터 기능)
■ 각종 프린터 연결 가능 (Serial)
 -품목별 소계 프린트 및 합계 가능
 -시계를 내장하여 계량 날짜 및 시간을 출력
■ PC 통신 기능 (PC Command mode)
■ 외부 입력 및 출력 단자를 사용할 수 있습니다. (옵션)
■ 원하는 최대중량 및 1눈의 값을 사용자가 임의로 설정
■ 영점 및 스판 Calibration 별도 수행 가능
■ 자체 하드웨어 테스트 기능
 -모듈별로 회로를 테스트할 수 있어 문제 발생시 신속히 A/S를 처리할 수 있습니다.

기술사양

■ Analog부 및 A/D 변환

입력감도	0.5uV/D(인증), 0.3uV/D(비인증)
영점 조정범위	0 ~ 2mV/V
로드셀 인가전압	DC 5V
최대신호 입력전압	3.0mV/V
온도에 따른 영점 변화	영점 : ±10 PPM / ℃ SPAN : ±10 PPM / ℃
입력 노이즈	±0.6㎶ P.P
입력 임피던스	10㏁ 이상
A/D 변환방법	ΔΣ
A/D 분해능	1,000,000 Count(20bit)
A/D 변환속도	200회 / Sec
비직선성	0.01% FS

■ Digital부

스판 조정	Full Digital Calibration (한번의 자동 무게 설정)
무게 표시부	4.3" Graphic LCD (최대 표시 문자 크기 및 디지트 표시)
Key	기능키 (9개), 숫자키(10개)
1눈의 값	X1, X2, X5, X10, X20, X50
영점 아래로의 표시	"-" minus 부호
용기 허용 범위	최대무게
상태표시	안정, 영점, 용기, 총/순중량, 홀드, 송신, 수신, 외부입력/출력, USB

■ 일반사양

사용 전원	SMPS - AC 100V ~ 240V , 50/60 Hz
제품 크기	195(W) x 189(D) x 98(H)
사용 온도	-10℃ ~ +40℃
제품 무게	약 1.8 kg
퓨즈 용량	2A L250V
소비 전력	약 20W

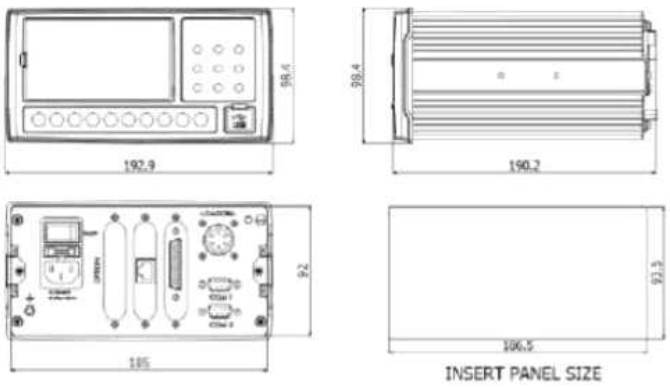
■ 옵션사양

옵션 - 1	Analog 출력 V-out (0 ~10V) or I-out (4~20mA)
옵션 - 2	Relay module Type1
옵션 - 3	BCD Out
옵션 - 4	Relay module Type2
옵션 - 5	ZigBee or Bluetooth
옵션 - 6	RS232 or RS485
옵션 - 7	RS232 to USB
옵션 - 8	Ethernet Card

* 프로그램 버전별로 사용가능 한 option 모듈이 한정되어 있으니 제품 구매 전 반드시 확인하여 주십시오

외형 사양

1. 외부치수



INSERT PANEL SIZE

2. 앞면(Front Panel) 설명



[CI-605A]



1. 무게 표시 : 6 자릿수, 소수점, 부호
2. 단위 표시 : kg(ton, pound, g)
3. 메시지 표시 : 저울 상태에 따른 메시지표시 (ex, 키 입력 상태표시, Error 상태, 테스트 메뉴, 설정값 내용 등)
4. 단축키표시
5. 1~4 단계 설정 무게표시 (CI-605)
6. 입력 단자 상태표시 (CI-605)
7. 출력 단자 상태표시 (CI-605)

■ 키 사용법
Function Key

▸0◂ ⇧	• 영점 부근에 있는 중량 표시를 0 으로 만듭니다. (2%, 5%, 10%, 20%, 100%범위를 선택할 수 있습니다.)
▸T◂ 1→A→a	• 용기를 이용하여 계량하고자 할 경우에 사용합니다. • 키를 누르면 현재 무게를 용기 무게로 기억합니다. • 용기를 해제하려면 짐판이 비어있는 상태에서 키를 누릅니다.
ITEM ⇨	• 품번 변경 또는 품번 정보를 변경 할 때 사용합니다.
MENU Enter	• 메뉴모드 진입 시 사용합니다.
F1 ← Back space	• 사용 용도에 맞추어 기능을 할당할 수 있습니다
F2 ⇦	• 사용 용도에 맞추어 기능을 할당할 수 있습니다
F3 Home	• 사용 용도에 맞추어 기능을 할당할 수 있습니다.

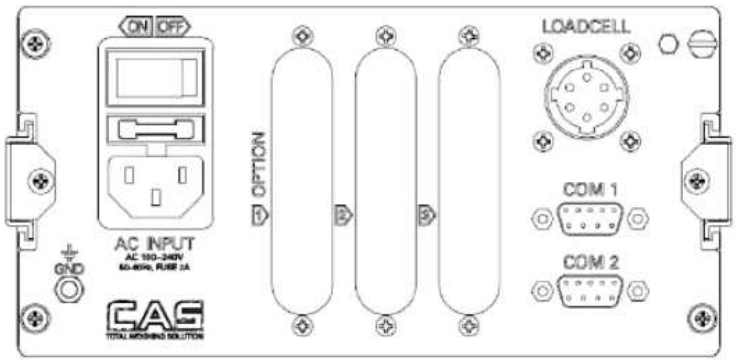
Editor Key

0 .:/ ~ 9 YZ↵	• 숫자 0~9 입력 시 사용합니다. • 영문 알파벳 A~Z 입력 시 사용합니다. • 특수문자, . : / 등 입력 시 사용합니다.
▸0◂ ⇧ G/N ⇩	• 커서를 상하로 이동할 때 사용합니다.
F2 ⇦ ITEM ⇨	• 커서를 좌우로 이동할 때 사용합니다.
F1 ← Back space	• 이전 입력한 문자를 지울 때 사용합니다.
▸T◂ 1→A→a	• 숫자, 영문 대문자, 영문 소문자 변환 시 사용합니다.
CLEAR Clear	• 입력한 정보를 모두 지울 때 사용합니다. • 두 번 연속 누르면 값 변경 없이 이전 모드로 돌아갑니다.
MENU Enter	• 입력한 값을 설정할 때 사용합니다.

Multi 기능 키 (*지우개 또는 설정키 누른 후 숫자 키 입력)

숫자입력 + ITEM ⇨	• 설정한 숫자의 품번 정보가 로드 됩니다.
숫자입력 + ▸T◂ 1→A→a	• 용기 무게를 알고 있는 경우 숫자 키와 Tare 키를 이용하여 용기값을 입력합니다.
4 JKL + F1 Back space	•F1 이 프린트 키로 할당되어 있을 때 동작합니다. • 4 번 키를 누른 후 프린트 키를 누르면 소계 값이 프린트 됩니다.(F1 의 기본 할당 키는 프린트 키 입니다) • 프린트 후 Data 삭제는 메뉴 설정에 따라 진행됩니다.
5 MNO + F1 Back space	•F1 이 프린트 키로 할당되어 있을 때 동작합니다. • 5번 키를 누른 후 프린트 키를 누르면 합계 값이 프린트됩니다. (F1의 기본 할당 키는 프린트 키 입니다) • 프린트 후 Data 삭제는 메뉴 설정에 따라 진행됩니다.
4 JKL + CLEAR Clear	• 4번 키를 누른 후 [Clear]키를 누르면 소계 값이 0으로 됩니다.
5 MNO + CLEAR Clear	• 5번 키를 누른 후 [Clear]키를 누르면 합계 값이 0으로 됩니다.

3. 뒷면(Rear Panel) 설명



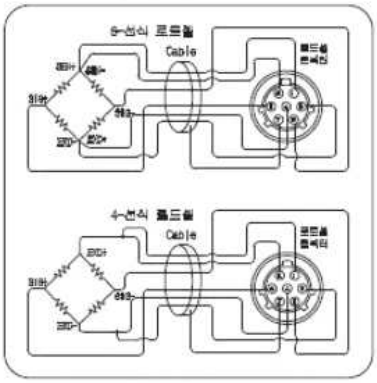
■ LOAD CELL : 로드셀 연결 포트 (6선식)
■ COM1 : 직렬 인터페이스 포트(RS-485 Option 포함)
■ COM2 : 직렬 인터페이스 포트
■ AC INPUT : AC 전원(AC 110/220V, 50/60Hz)을 연결
(퓨즈 용량 : T2A L250V)
■ OPTION : 옵션을 사용할 때 연결합니다.
정밀측정을 위하여 전원인가 후 사용 약 10분 정도 후에 하시는 것이 좋습니다.

설치 방법

1. 로드셀 연결

로드셀 커넥터를 인디케이터 뒷면의 LOADCELL 포트에 연결하십시오.

* 로드셀과 커넥터 연결법



핀번호	핀 기능	색상
1	EXC+	적색
2	SEN+	갈색
3	EXC-	흰색
4	SEN-	흑색
5	SIG+	녹색
6	SIG-	청색
7	SHIELD	외부

* 표안의 색상은 제품구입시 공급되는 커넥터 wire 의 색상입니다.

참고 1. 4 선식 로드셀 사용 시
EXC+와 SEN+를 "EXC+" 단(로드셀 입력+단),
EXC-와 SEN-를 "EXC-" 단(로드셀 입력-단),
에 연결하여 사용하십시오.
참고 2. 로드셀 제조업체 및 모델별로 전선 색상이 다를 수 있습니다.
참고 3. 최대 8 개의 동일한 로드셀의 사용이 가능합니다. (350Ω 기준)
참고 4. 분해능 및 Capacity 에 따라 계산된 한눈의 값을 설정하지 못할 수 있습니다.

*** 로드셀 출력과 입력감도와의 관계**

본제품의 입력 감도는 최대 0.3uV/digit 이상입니다.

시스템 설계 시 아래의 공식이 만족 되어야 합니다.

$$0.2uV \leq \frac{\text{로드셀 인가전압} \times \text{로드셀출력전압} \times \text{한눈의값}}{\text{로드셀 정격용량} \times \text{로드셀 개수}}$$

사례 1) 로드셀 개수 : 4 개
로드셀 정격 용량 : 500 kg
로드셀 정격 출력 : 2mV/V
한눈의 값 : 0.10 kg
로드셀 인가 전압 : 5V (= 10,000 mV)

계산식에 의해 ➔ (10000 mV* 2mV * 0.1Kg)/(500Kg * 4) = 1 ≥ 0.3uV
계산된 값이 0.3uV 보다 크므로 본중량 시스템 설계는 문제가 없습니다.

참고 5

- Test mode 3 로드셀 테스트 상에서 <ITEM>키로 로드셀 출력값(mv/V 값)을 확인할 수 있습니다.

무게 설정(Calibration) 모드

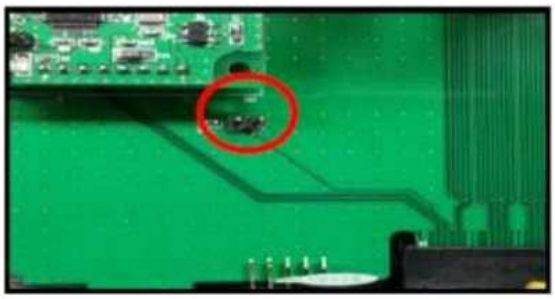
무게설정이란?

중량을 표시하는데 있어서 표시되는 수치와 실제 중량이 일치되도록 맞추는 조정을 의미합니다.

무게설정모드 진입방법

인디케이터 뒷면의 볼트를 풀고 아래 그림과 같이 Cal 실행핀을 연결 후 전원을 키면서 3 GHI 키를 누르면 무게설정모드로 진입합니다.

무게설정모드에서 F3 Home 키를 누르면 계량모드로 돌아갑니다



1. 무게 설정 메뉴 (CAL1 – CAL8)



CAL 1 : 최대 무게 및 최소눈금 설정
CAL 2 : 영점 및 스판 설정
CAL 3 : 중력 보정 (Gravity Adjust)
CAL 4 : 듀얼 설정 (Dual Range)
CAL 5 : 영점 및 스판 조정 (Factor Calibration)
CAL 6 : 다이렉트 무게설정
CAL 7 : 사귀보정(DLC 전용)
CAL 8 : 단위설정

참고 1. 사귀조정이 필요한 Platform 일 경우 무게설정 전에 사귀조정을 먼저 진행해야 합니다.(디지털 로드셀 사용시에만 해당됨)

CAL 1 (최대무게 및 최소눈금 설정)

설정 방법	표시부
1.숫자키 0 ~ 9 를 이용하여 최대무게를 입력 합니다. MENU Enter = 설정, CLEAR Clear =취소 2.최소눈금을 입력합니다. 소수점 입력 시 CLEAR Clear 를 누르세요	최대무게 10 최소눈금 0.002

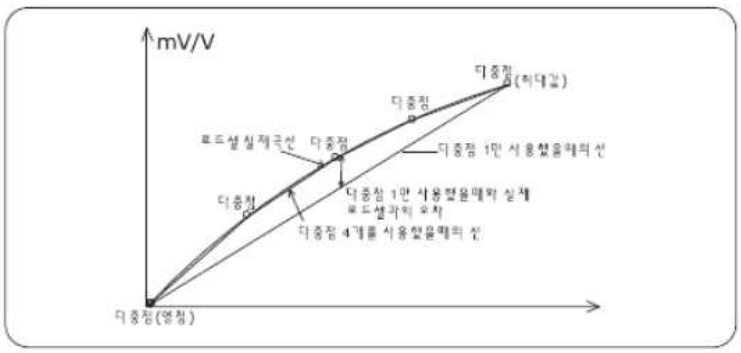
참고 1. 소수점이 설정되어 있는 상태에서 [Clear] 키를 누르면 1. 무게 & 눈금 설정이 종료 됩니다.
참고 2. 최소 눈금은 1 눈의 값을 의미합니다.

CAL 2(영점 및 스판설정)

CAL 2-1 (멀티단계 및 영점 설정)

설정 방법	표시부
숫자키 0 ~ 9 를 이용하여 멀티단계를 설정합니다. MENU Enter = 설정, CLEAR Clear =취소 AD값 안정을 확인 후 영점을 설정합니다.	멀티설정 1 영점AD 5680

참고 1: 멀티설정 구간은 1~5 단계 입니다.
로드셀의 실제곡선이 아래의 그림과 같이 직선이 아니라 일부 구간에 다중점을 설정하여 로드셀의 출력을 보상할 때 사용하는 기능



참고 1. 아무런 에러없이 영점설정이 끝나면, 키를 누르지 않아도 분동 무게 설정으로 이동합니다.

참고 2. 영점이 설정된 상태에서 스판설정만 하고자 할 때는 멀티설정 후 ITEM ⇨ 키를 누르면 CAL 2-2로 넘어갑니다.

CAL 2-2 (분동무게 입력 및 스판설정)

분동무게1	1.000	스판AD1	15532
분동무게2	2.000	스판AD2	35461
분동무게3	5.000	스판AD1	54650
분동무게4	8.000	스판AD2	89312
분동무게5	10.000	스판AD1	123510

숫자키 0 ~ 9 를 이용하여 분동값을 설정합니다. MENU Enter = 설정, CLEAR Clear =취소

AD값 안정을 확인 후 스판을 설정합니다.

참고 1. 분동무게는 최대무게의 10% ~ 100% 범위내로 설정하십시오
초기에는 최대무게의 100% 무게로 주어지나, 갖고 있는 분동의 무게가 이와 다르면
원하시는 무게값으로 다시 입력하십시오.
(10% 이하로 Calibration시 정확성이 떨어짐)
참고 2. 멀티설정 단계만큼 분동값 입력 & 스판 설정을 반복 실행합니다.
이 때 무게값은 이전 값보다 큰 값을 설정해야 합니다.

CAL 3(중력보정)

설정 방법	표시부
1.숫자키 0 ~ 9 를 이용하여 초기중력값을 입력 합니다. MENU Enter = 설정, CLEAR Clear =취소 2.로컬중력값을 입력합니다.	초기중력 9.7994 로컬중력 9.7994

참고 1. 생산지역과 판매지역의 중력값이 틀릴 때에 사용하십시오

CAL 4(듀얼레인지 설정)

설정 방법	표시부
1.듀얼기능 사용여부를 설정하십시오 0= 사용안함, 1=사용 2.숫자키 0 ~ 9 를 이용하여 듀얼구간을 입력 합니다. MENU Enter = 설정, CLEAR Clear =취소	듀얼설정 1 듀얼구간 5.000

참고 1. 듀얼설정 시 듀얼구간 이상부터 최소눈금 * 2 로 눈금이 변경됩니다.

CAL 5(영점 & 스판조정)

영점조정

설정 방법	표시부
MENU Enter = 설정, F3 Clear =취소 AD값 안정을 확인 후 영점을 설정합니다. (현재 AD를 기준으로 영점이 변경 됩니다.)	기존영점 -43 현재영점 6649

스판조정

설정 방법	표시부
숫자키 0 ~ 9 를 이용하여 변경하고자 하는 팩터값을 입력합니다. MENU Enter = 설정, CLEAR Clear =취소	기존팩터 333320 수정팩터 XXXXXX

CAL 6(다이렉트(등가입력) 무게설정)

설정 방법	표시부
숫자키 0 ~ 9 를 이용하여 출력값을 입력합니다. MENU Enter = 설정, CLEAR Clear =취소	영점입력(mV/V) 0.25462 스판입력(mV/V) 2.00000

참고 1. 등가입력 시 로드셀의 영점, 스판 출력을 알아야 합니다.
참고 2. 등가입력 전 CAL1에서 최대무게와 최소눈금을 설정하셔야 합니다.

CAL 8(단위 설정)

설정 방법	표시부
→0← , G/N 키를 이용하여 단위를 선택합니다. MENU Enter = 설정, CLEAR Clear =취소	kg - Kilogram lb - Pound ton - ton g - gram

참고 1. 기본 설정은 kg 입니다.

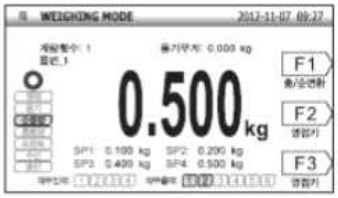
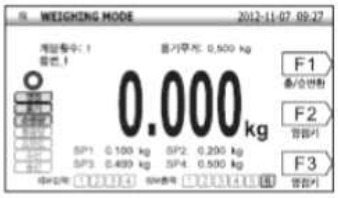
무게 계량(Weighing) 모드 :

(1) 영점 보정

	표시부 또는 사용하는 키	짐 판	설 명
1단계		비어 있음	영점이 변화한 상태입니다.
2단계			영점 키를 누름
3단계		비어 있음	영점 보정을 수행한 상태입니다. 즉, 현재의 무게를 '0'kg으로 지정합니다.

참고 1. 영점키 작동 범위는 최대무게의 ±1% ~±99%까지 가능합니다.
영점키 작동 범위는 메뉴번호[2-1-15] 에서 지정합니다.
참고 2. 현재 무게가 안정되었을 때만 영점 보정 할 것인지, 불안정 상태에서도
영점 보정을 가능하게 할 것인지는 메뉴번호[2-1-14] 에서 지정합니다.

(2) 용기기능

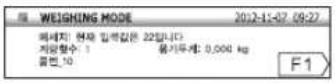
	표시부 또는 사용하는 키	집 판	설 명
1단계		용기를 올림	집판에 용기가 올려져 있는 상태입니다.
2단계			영점 키를 누름
3단계		용기	용기램프가 켜져서 용기가 등록된 상태입니다

(3)순중량 / 총중량 선택

	표시부 또는 사용하는 키	짐 판	설 명
1단계		용기	용기 무게 : 0.500 kg 총중량 상태를 표시합니다
2단계			총중량/순중량 변환 키를 누름
3단계		용기	순중량 램프가 켜지면서 현재 순중량 값을 표시합니다

참고 1. 용기를 해제하려면 짐판이 비어있는 상태에서 [용기] 키를 누릅니다.

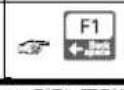
(4) 품번 변경

	표시부 또는 사용하는 키	짐 판	설 명
1단계		비어 있음	현재 품번은 10번 입니다.
2단계			22번 입력
3단계			품번키 누름
4단계			품번이 22번으로 변경 됩니다

참고 1. 품번 코드는 1~100 까지 지정할 수 있습니다.

(5) 소계 프린트

■ 철근의 품번이 '10' 이라고 가정합니다.

	표시부 또는 사용하는 키	짐 판	설 명
1단계			품번 코드 '10' 으로 선택
2단계			(소계)4번 키 누름 메시지 창에 "4번키 누름" 표시됨
3단계			10번 품번의 소계값이 지정된 폼으로 프린트됨

참고 1. F1 키가 프린트 키로 설정되어 있을 때 동작합니다.
참고 2. 출력 양식은 아래와 같이 지정되어 있습니다.

```
----------------------
      SUB-TOTAL
----------------------
DATE          2012/ 1/ 1
TIME             09:30
ID                   1
COUNT                5
TOTAL        350.0 kg
```

참고 1. 소계 DATA는 메뉴번호[2-3-09]에 따라 자동 삭제되거나 수동 삭제됩니다.

(6) 합계 프린트

	표시부 또는 사용하는 키	짐 판	설 명
1단계	☞ 5 MNO		(합계)5번 키 누름 메시지 창에 "5번키 누름" 표시됨
2단계	☞ F1		0~99품번의 소계 정보가 모두 합산되어 지정된 품처럼 프린트 됩니다

참고 1. F1 키가 프린트 키로 설정되어 있을 때 동작합니다.
참고 2. 출력 양식은 아래와 같이 지정되어 있습니다.

```
----------------------
     GRAND-TOTAL
----------------------
DATE          2012/ 1/ 2
TIME             10:30
ID                  10
COUNT              123
TOTAL       12350.0 kg
```

참고 1. 총계 DATA는 메뉴번호[2-3-09]에 따라 자동 삭제되거나 수동 삭제됩니다

물품 정보 선택 및 변경

1) 저울모드에서 ITEM ⇨ 키를 누르면 아래와 같은 화면이 나옵니다.



⇨ 입력값을 변경하려는 항목을 숫자키를 이용하여 선택합니다.

⇨ 이전상태(무게 계량상태)로 변경시에는 F3 Home 키를 누르면 됩니다.

품번 변경방법

⇨ 1번 키를 눌러 품번 항목 선택 후 MENU Enter 키 누름

⇨ 품번 입력창이 표시됨

⇨ 원하는 품번 입력 → [1][1] 입력 후 MENU Enter 키 누름

⇨ 11번 품번의 정보가 표시되고 이전상태로 돌아감

용기무게 변경

⇨ 2번 키를 눌러 용기무게 선택 후 MENU Enter 키 누름

⇨ 용기무게 입력창이 표시됨

⇨ 원하는 용기값 입력 → [1][0][0][0] 입력 후 MENU Enter 키 누름
(용기값 = 1000)

설정값1~6변경

⇨ 해당되는 숫자키를 눌러 항목 선택



⇨ 설정값 입력창이 표시됨



⇨ 원하는 설정 값 입력 후 MENU Enter 키 누름

테스트(Test) 모드

테스트모드 진입 방법

일반 모드에서 MENU Enter 키를 누른후 1 ABC 번을 눌러 테스트 모드를 선택합니다.

또는 1 ABC 키를 누른 상태에서 전원을 켜면 Test 모드가 시작됩니다

테스트모드에서 테스트 후, 계량모드로 진입 시에는 F3 Home 키를 누르면 됩니다.

테스트 메뉴(1 – 9)



1 : 키 테스트

2 : LCD 테스트

3 : AD 테스트

4 : 통신 테스트 (COM1, COM2)

5 : 프린터 테스트 (COM2)

6 : 외부 입/출력 테스트

7 : 옵션 _ BCD OUT, A-OUT 테스트

8 : 메모리 테스트

9 : 시계(RTC) 테스트

1. 키 테스트

기능 : 키 테스트		
사용하는 키	표시부	설 명
MENU Enter : 상위 메뉴 그 외 키 : 테스트	키 코드값 7	테스트하고자 하는 키를 누르면, 그 키에 해당하는 번호와 코드가 화면에 표시됩니다.

참고 1. 외부입력 테스트는 테스트 6 을 실행 하십시오.

<키 리스트>

키	번호	코드	키	번호	코드	키	번호	코드
1 ABC	1	1	8 VWX	8	8	G/N	163	163
2 DEF	2	2	9 YZ	9	9	ITEM	161	161
3 GHI	3	3	0 . : /	0	0	F3 Home	48	48
4 JKL	4	4	F1	128	128	CLEAR Clear	27	27
5 MNO	5	5	0	162	162	MENU Enter	30	30
6 PQR	6	6	T 1↔A*a	55	55			
7 STU	7	7	F2	160	160			

2. LCD 테스트

기능 : Display 화면 테스트	
사용하는 키	설 명
MENU Enter : 상위 메뉴	빨강 -> 흰색 -> 녹색 -> 노랑색 순으로 LCD Test 를 진행합니다.

3. AD 테스트

기능 : 로드셀 테스트		
사용하는 키	표시부	설 명
MENU Enter : 상위 메뉴	AD Data 5703	Calibration 된 로드셀 출력값이 표시 됩니다.

참고 1. 짐판에 무게를 올리고 내리면서, Loadcell 출력값이 변하는지 검사하십시오.
숫자가 고정되어 있거나 숫자 "0" 이 표시되는 경우에는 로드셀 연결이 제대로 되었는지 다시 한번 검사하십시오.

참고 2. ITEM ⇨ 키를 누르면 로드셀 출력이 mV/V 단위로 표시 됩니다

4. 통신 테스트

기능 : 직렬통신 테스트		
사용하는 키	표시부	설 명
MENU Enter : 상위 메뉴 그 외 키 : 테스트	통신입력1 1 통신입력2 2 통신출력1 3 통신출력2 3	포트 1 번으로 입력되는 값은 통신입력 1 에 표시 포트 2 번으로 입력되는 값은 통신입력 2 에 표시 키입력시 통신출력 1,2 로 통신전송

참고 1. 이 테스트는 컴퓨터의 직렬포트와 인디케이터 뒷면의 COM 포트를 연결한 다음, 컴퓨터에서 통신 프로그램(Hyper Terminal)을 실행한 상태에서 실행하십시오.
참고 2. '1' 을 쳐서 컴퓨터가 제대로 수신하는지 확인하십시오.
참고 3. 이 테스트는 메뉴번호(2-2-04 or 2-2-09) 에서 통신속도를 미리 지정하신 후 수행하십시오.

5. 프린트 테스트

기능 : 프린터 테스트		
사용하는 키	표시부	설 명
MENU Enter : 상위 메뉴 그 외 키 : 테스트	Print	아래 양식을 출력합니다 CAS Corporation Come And Succeed TEL 1577-5678 TEST OK

참고 1. 이 테스트는 메뉴번호 [2-3-01]에서 사용 프린터를 미리 지정하십시오.

6. 외부 입출력 테스트

기능 : 외부 입/출력 테스트		
사용하는 키	표시부	설 명
MENU Enter : 상위 메뉴 그 외 키 : 테스트	외부입력 1 외부출력 3	외부입력 이 있을 때 외부 입력란에 표시 됩니다. 1~6 번 키를 누르면 릴레이 외부출력이 실행됩니다.

참고 1. 이 테스트는 Relay Module 옵션카드가 장착되어 있어야 동작합니다.

7. A-OUT, BCD OUT 테스트

기능 : 옵션(Analog Out, BCD Out)Test		
사용하는 키	표시부	설 명
MENU Enter : 상위 메뉴 그 외 키 : 테스트	AOUT(%) 25P BCD OUT 111111	키를 누를 때 마다 Aout 의 출력 레벨이 25%씩 상승합니다 BCD Out 은 자동으로 Digit 별 출력값이 1 씩 증가합니다

참고 1. 이 테스트는 Analog out 또는 BCD out 옵션카드가 장착되어 있어야 동작합니다.

8. 메모리 테스트

기능 : 메모리 테스트		
사용하는 키	표시부	설 명
MENU Enter : 상위 메뉴 그 외 키 : 테스트	EEPROM Memory Error Flash Memory Error	메모리 이상 시 이상부분을 표시합니다.
	Memory Test O.K	메모리 정상 시 이상없음을 표시합니다.

9. RTC 테스트

기능 : 시계 테스트		
사용하는 키	표시부	설 명
MENU Enter : 상위 메뉴 그 외 키 : 테스트	현재시간 18:55:23	현재 시간을 표시합니다.

설정(Set) 모드

설정모드 진입 방법

일반 모드에서 MENU Enter 키를 누른후 2 DEF 번을 눌러 설정 모드를 선택합니다.

또는 2 DEF 키를 누른 상태에서 전원을 켜면 설정모드가 시작됩니다

설정모드에서 파라미터 설정 후, 계량모드로 진입 시에는 F3 Home 키를 누르면 됩니다.

일반 모드에서 MENU Enter 키를 누른후 2 번 설정 모드를 선택하면 시작됩니다.

M-2100 : 일반설정

- M-2102 : AD 변환속도 설정
- M-2103 : 디지털 필터_1 버퍼 설정
- M-2104 : 디지털 필터_1 레벨 설정
- M-2105 : 디지털 필터_2 시정수 설정
- M-2106 : 무게 안정범위 설정
- M-2107 : 자동 영점범위 설정
- M-2108 : 중량 저장기능 설정
- M-2109 : 홀드 방식 설정
- M-2110 : 평균홀드 시간 설정
- M-2111 : 홀드 해제조건 설정
- M-2112 : 자동홀드 시작조건 설정
- M-2113 : 자동홀드 해제조건 설정
- M-2114 : 키 사용조건
- M-2115 : 영점키 동작범위 설정
- M-2116 : 용기키 동작범위 설정
- M-2117 : 초기 영점 동작범위 설정
- M-2118 : 과중량 체크범위 설정
- M-2119 : 전면키 잠금 기능
- M-2120 : F1 key 설정
- M-2121 : F2 key 설정
- M-2122 : F3 key 설정
- M-2123 : 영점부근 설정(Print, Relay)


M-2200 : 통신설정
M-2201 : 장비번호
M-2202 : Data 출력 Time
M-2203 : COM1 Port 셋팅
M-2204 : COM1 통신속도
M-2205 : COM1 출력값 설정
M-2206 : COM1 출력 포맷
M-2207 : COM1 통신방법
M-2208 : COM2 Port
M-2209 : COM2 통신속도
M-2210 : COM2 출력값 설정
M-2211 : COM2 출력 포맷
M-2212 : COM2 통신방법

M-2300 : 프린트설정
M-2301 : 프린터 종류
M-2302 : 프린터 폼
M-2303 : 누적 계량값 초기화
M-2304 : 프린터 줄 간격
M-2305 : 프린트 머리글
M-2306 : 프린트 지연시간
M-2307 : 계량값에 따른 프린트
M-2308 : 프린트 상태 설정
M-2309 : 프린트 횟수 변경여부


M-2400 : 옵션설정
M-2404 : Aout 영점조정
M-2405 : Aout 스판조정
M-2406 : Aout 최대무게 설정
M-2407 : BCD 출력설정
M-2500 : 장치설정
M-2501 : 설정값 초기화
M-2502 : PC 연결
M-2503 : 날짜 설정
M-2504 : 시간 설정
M-2505 : 패스워드 설정
M-2506 : USB 백업 기능
M-2507 : LCD 밝기 설정

1. 일반적인 기능 (General Function)

Menu-2102: AD 속도 설정

기 능	AD 속도 설정(AD Speed)	
설정범위 (0~4)	표시부	의 미
	설정값 0	AD 변환속도 초당 10회
	설정값 1	AD 변환속도 초당 15회
	설정값 2	AD 변환속도 초당 40회
	설정값 3	AD 변환속도 초당 100회
	설정값 4	AD 변환속도 초당 200회

Menu-2103: 디지털 필터_1 버퍼 설정

기 능	디지털 필터 _1 버퍼 설정 (Digital filter Buffer)	
설정범위 (1 ~ 50)	표시부	의 미
	설정값 : XX 초기값 : 10	디지털 필터의 버퍼개수 설정

참고 1. 환경에 맞게 설정하세요(무게변화 시간이 느려질 수 있습니다)

Menu-2104: 디지털 필터_1 레벨 설정

기 능	디지털 필터_1 레벨 (Digital filter Level)	
설정범위 (1 ~ 50)	표시부	의 미
	설정값 : XX 초기값 : 10	디지털 필터의 레벨 설정(높을수록 무게 안정)

참고 1. 환경에 맞게 설정하세요(무게변화 시간이 느려질 수 있습니다)

Menu-2105: 디지털 필터_2 시정수 설정

기 능	디지털 필터_2 시정수 설정(Digital filter T_Constant)	
설정범위 (1 ~ 200)	표시부	의 미
	설정값 : XX 초기값 : 50	디지털 필터의 시정수 설정(높을수록 안정)

참고 1. 환경에 맞게 설정하세요(무게변화 시간이 느려질 수 있습니다)

Menu-2106: 무게 안정 범위 설정

기 능	무게의 안정조건 설정 (Motion Detection Condition)	
설정범위 (0 ~99)	표시부	의 미
	⇨ x 0.5 눈금 초기값 1x 0.5 눈금	일정시간 내에 중량변화폭이 설정값 x 0.5눈금 이내로 무게가 변하면 안정램프 켜짐

참고 1. 설정시간 내에 중량 변화폭이 설정범위 X 0.5 눈금이상을 넘어서지 않을 때 안정상태로 인정하는 기능입니다.

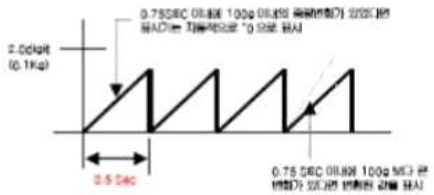
참고 2. 주변에 진동이 많은 환경이라면 숫자를 크게 하고 진동이 적은 환경이라면 숫자를 작게 하는 것이 계량 안정 상태를 빠르게 해줍니다.

Menu-2107: 자동 영점 범위 설정

기 능	자동 영점조건 설정 (Automatic Zero Tracking Compensation)	
설정범위 (0 ~ 99)	표시부	의 미
	⇨ x 0.5 눈금 초기값 1x 0.5 눈금	일정시간 내에 중량변화폭이 설정값 x 0.5눈금 이내로 무게가 변하면 영점을 보상하는 기능

참고 1. 이 기능은 영점상태에서 중량이 일정 시간 내에 일정 범위의 눈금을 초과하지 않으면 이를 자동으로 영점 보정하는 기능입니다.

Ex) 최대 표시눈금이 120.0Kg 이고 한눈의 값이 0.05Kg 으로 설정되었을 때 메뉴[2-1-07]이 "2" 로 설정되어 있다면



Menu-2108: 중량 저장 기능 설정

기 능	중량 기억 기능 (Weight Back-up)	
설정범위 (1, 2)	표시부	의 미
	⇨ 1_ 중량 기억 기능 사용안함	중량 기억기능 사용 안 함
	⇨ 2_ 중량기억 기능 사용함	중량 기억기능 사용(조작기준)

참고 1. 숫자키 또는 화살표키를 이용하여 기능선택 후 [Enter 키] 를 눌러 저장함

참고 2. Back-up 상태는 초기 계량기의 영점상태를 정전이나 전원 OFF 시에도 기억하므로 전원을 ON 하였을 시에 계량기에 계량물이 들어 있을 경우 그 중량 값을 표시합니다.
만일 계량통의 상태가 비어있는 경우라면 영점 "영점" 키를 눌러 영점을 재기억 시켜야 합니다.

Menu-2109: 홀드 방식 설정

기 능	홀드 방식 설정 (Set Hold Type)	
설정범위 (1 ~4)	표시부	의 미
	▫ 1_평균치 홀드	평균(Average) 홀드 :홀드 Key 또는 외부 입력 시 흔들리는 무게를 설정 시간 동안 평균하여 홀드
	▫ 2_피크홀드	최대치(PEAK) 홀드 : 흔들리는 무게의 최대 치 홀드
	▫ 3_순간치 홀드	순간치(SAMPLING) 홀드 : 홀드 Key 또는 외부 입력 시 흔들리는 무게의 순간치 홀드
	▫ 4_자동 홀드	자동(Auto Peak) 홀드 : 흔들리는 무게의 최대치를 자동으로 계산

참고 1. 숫자키 또는 화살표키를 이용하여 기능선택 후 [Enter 키] 를 눌러 저장함
참고 2. 홀드 동작 중 인가된 무게값이 최대 무게값을 넘으면 홀드 기능이 수행되지 않습니다.
참고 3. '2, 번 설정 시 짐판이 비워진 상태에서 하중을 인가하게 되면, 인가된 하중의 최대치를 자동으로 계산하여 표시해 줍니다.

Menu-2110: 평균홀드 시간설정

기 능	평균치 홀드시간 (Average hold time)	
설정범위 (00 ~ 99)	표시부	의 미
	00 X 0.1 Sec 초기값: 30x 0.1 Sec	설정값 x 0.1초 사이의 평균치 계산

Menu-2111: 홀드해제 조건 설정

기 능	홀드 해제 조건 설정	
설정범위 (1~2)	표시부	의 미
	▫ 1_영점일 때 홀드해제	영점이 되면 홀드가 해제 됩니다.
	▫ 2_홀드키 입력 시 해제	홀드 키를 입력하면 홀드가 해제됩니다.
	▫ 3_홀드해제키 입력 시 해제	홀드해제 키를 입력하면 홀드가 해제됩니다.

Menu-2112: 자동홀드 시작조건

기 능	자동 홀드 시작 조건	
설정범위 (2~99)	표시부	의 미
	▫ x 1 눈금 초기값: 10x 1 눈금	설정한 범위 설정값 x 1 눈금 이내에서 무게가 변할 때 홀드를 시작합니다.

Menu-2113: 자동홀드 해제조건 설정

기 능	자동 홀드 해제조건	
설정범위 (00 ~ 99)	표시부	의 미
	○○% 초기값: 10 %	홀드 된 값의 ○○% 이상으로 값이 변할 때 홀드를 해제합니다.

Menu-2114: 키 사용 조건

기 능	영점키, 용기키 작동조건 설정 (ZERO, TARE Keys Availability)	
설정범위 (1, 2)	표시부	의 미
	▫ 1_ 항상 동작	항상 작동
	▫ 2_ 무게가 안정일 때 동작	무게가 안정일 때 만 작동

Menu-2115: 영점키 동작 범위

기 능	영점 키 작동범위 설정 (Set Zero Range)	
설정범위 (0~99)	표시 부	의 미
	○○ % 초기값: 10 %	최대 무게의 +/- ○○% 이내까지 영점키 작동

Menu-2116: 용기키 동작 범위

기 능	용기키 작동범위 설정 (Set Tare Range)	
설정범위 (0~100)	표시 부	의 미
	○○ % 초기값: 100 %	최대 무게의 +/-○○% 이내까지 용기키 작동

Menu-2117: 초기 영점 동작 범위

기 능	초기 영점 동작 범위 설정 (Init Zero)	
설정범위 (0~99)	표시 부	의 미
	○○ % 초기값: 10%	최대 무게의 +/-○○% 이내에서 초기 영점 작동

Menu-2118: 과중량 체크 범위 설정

기 능	과중량 체크 범위 설정(Weighing Unit)	
설정범위 (0~99)	표시부	의 미
	▫ x 1 Digit 초기값: 9x 1 Digit	최대무게 0 x 1 Digit 다음부터 과중량

Menu-2119: 전면키 잠금 기능설정

사용 또는 잠그고자 하는 키를 선택할 수 있습니다.
녹색 = 사용, 빨강색 = 잠금

Ex) F1 키를 잠그고자 하는 경우, F1 키를 눌러서 화면에 표시되는 F1키의 색상을 빨강색으로 설정하세요

Menu-2120: F1 Key 설정
Menu-2121: F2 Key 설정
Menu-2122: F3 Key 설정

기 능	F Key 설정(Set Key Use Type)	
	표시부	의 미
설정범위 (1 ~19)	▫ 1_영점 키	F key 를 영점 키로 사용
	▫ 2_총/순중량 키	F key 를 총/순중량 키로 사용
	▫ 3_용기 키	F key 를 용기 키로 사용
	▫ 4_소계 키	F key 를 소계 키로 사용
	▫ 5_합계 키	F key 를 합계 키로 사용
	▫ 6_소거 키	F key 를 소거 키로 사용
	▫ 7_프린트 키	F key 를 프린트 키로 사용
	▫ 8_홀드 키	F key 를 홀드 키로 사용
	▫ 9_용기 해제 키	F key 를 용기해제 키로 사용
	▫ 10_1단 설정값 입력 키	F key 를 1단설정 키로 사용
	▫ 11_2단 설정값 입력 키	F key 를 2단설정 키로 사용
	▫ 12_3단 or 1단낙차 키	F key 를 3단설정 키로 사용
	▫ 13_4단 or 2단 낙차 키	F key 를 4단설정 키로 사용
	▫ 14_상한 입력	F key 를 상한입력 키로 사용
	▫ 15_하한 입력	F key 를 하한입력 키로 사용
	▫ 16_시작 키	F key 를 시작 키로 사용
	▫ 17_정지 키	F key 를 정지 키로 사용
	▫ 18_프린트폼 키	F key 를 프린트폼 키로 사용
	▫ 19_홀드해제 키	F key 를 홀드해제 키로 사용

참고 1. F1 키의 기본설정은 프린트 키 입니다.
참고 2. F2 키의 기본설정은 홀드 키 입니다.
참고 3. F3 키의 기본설정은 용기해제 키 입니다.

Menu-2123: 영점부근설정(PRINT, RELAY)

기 능	영점 부근 설정	
설정범위 (0~99)	표시부	의 미
	▫ x 1 Digit 초기값 0x 1 Digit	설정값 * 1 Digit 까지 영점으로 허용

2. 통신설정

Menu-2201: 장비번호

기 능	장비 번호 설정 (Device ID)	
설정범위 (0 ~ 100)	표시부	의 미
	장비번호 : ○○ 초기값: 0	원하는 장비 번호를 입력할 수 있습니다.

참고1 . 이 기능은 COMMAND 모드 시 인디케이터 고유 ID 로 사용할 수가 있습니다.

Menu-2202: Data 전송속도 설정

기 능	데이터 전송 속도 설정	
설정범위 (1 ~ 9999)	표시부	의 미
	00 x 10ms 초기값: 50 x 10ms	00 x 10ms 단위로 Data 를 전송함

참고 1. "0" 설정시 실시간으로 data가 전송 됩니다.

Menu-2203: Com1 Port Setting

기 능	패리티 비트 설정 (Parity Bit – RS232C & PRT)	
설정범위 (1 ~ 6)	표시부	의 미
	⇨ 1_Data_8 / Stop_1 / Parity_none	데이터 비트 8, 스톱 비트 1, 패리티 비트 : None
	⇨ 2_Data_7 / Stop_1 / Parity_even	데이터 비트 7, 스톱 비트 1, 패리티 비트 : 짝수
	⇨ 3_Data_7 / Stop_1 / Parity_odd	데이터 비트 7, 스톱 비트 1, 패리티 비트 : 홀수
	⇨ 4_Data_7 / Stop_2 / Parity_odd	데이터 비트 7, 스톱 비트 2, 패리티 비트 : 홀수
	⇨ 5_Data_8 / Stop_1 / Parity_even	데이터 비트 8, 스톱 비트 1, 패리티 비트 : 짝수
	⇨ 6_Data_8 / Stop_1 / Parity_odd	데이터 비트 8, 스톱 비트 1, 패리티 비트 : 홀수

3. 프린트 기능 설정

Menu-2301: 프린터 종류

기 능	프린터 설정	
	표시부	의 미
설정범위 (1 ~ 6)	▭ 1_프린트 사용안함	프린트 사용안함
	▭ 2_DEP_CAS Ticket Printer	CAS Ticket 프린트 표준형
	▭ 3_DLP Label Printer	CAS Label 프린트 표준형
	▭ 4_BP Label Printer	CAS BP Label 프린터
	▭ 5_CP7100/7200 (ENG)	CP7100/7200 영문
	▭ 6_CP7100/7200 (KOR)	CP7100/7200 한글

Menu-2302: 프린트 폼

기 능	프린트 폼 설정	
	표시부	의 미
설정범위 (1 ~ 8)	▭ 1_ 프린트 양식_ 1/BP 양식1	프린트 폼 1 (날짜, 시간, 일련번호, 품번, 순중량) BP 프린트 폼 1(FORM1)
	▭ 2_프린트 양식_ 2/BP 양식2	프린트 폼 2 (날짜, 시간, 계량번호, 순중량) BP 프린트 폼 2(FORM2)
	▭ 3_ 프린트 양식_ 3/BP 양식3	프린트 폼 3 (날짜, 시간, 총중량, 용기, 순중량) BP 프린트 폼 2(FORM3)
	▭ 4_ 프린트 양식_ 4/BP 양식4	프린트 폼 4 (날짜, 시간 , 순중량) BP 프린트 폼 4(FORM4)
	▭ 5_ 프린트 양식_ 5/BP 양식5	프린트 폼 5 (날짜, 시간, 품번, 순중량) BP 프린트 폼 5(FORM5)
	▭ 6_ 프린트 양식_ 6/BP 양식6	프린트 폼 6 (날짜, 시간, 일련번호, 순중량) BP 프린트 폼 6(FORM6)
	▭ 7_ 프린트 양식_ 7/BP 양식7	프린트 폼 7 (날짜, 시간, 품명, 품번, 순중량) BP 프린트 폼 7(FORM7)
	▭ 8_ 프린트 양식_ 8/BP 양식8	프린트 폼 8 (날짜, 시간, 품명, 순중량) BP 프린트 폼 8(FORM8)

4. 옵션 설정

Menu-2404: Aout 영점조정

기 능	Angout Out option 사용시 영점 출력 조정	
설정범위 (0 ~ 24000)	표시부	의 미
	0000	0.000 mA, 0 V 출력
	4000	4.000 mA, 2 V 출력
	4015	4.015 mA, 2.007 V 출력

Menu-2405: Aout 스판조정

기 능	Analog Out option 사용시 최대 출력 조정	
설정범위 (0 ~ 24100)	표시부	의 미
	10000	10.000 mA , 4.16 V 출력
	20000	20.000 mA , 8.33 V 출력
	24000	24.000 mA , 10 V 출력

Menu-2406: Aout 최대무게 설정

기 능	Analog Out option 사용시 최대 출력무게 값	
설정범위 (0 ~ 99999)	표시부	의 미
	1000	1000 kg 에서 최대 출력
	2000	2000 kg 에서 최대 출력

Menu-2407: BCD 출력설정

기 능	Bcd 출력설정 (BCD Out Type)	
설정범위 (1~2)	표시부	의 미
	▫ 1_정논리	BCD Out 출력시 정논리로 출력
	▫ 2_부논리	BCD Out 출력시 부논리로 출력

5. 장치설정 (Hardware set Function)

Menu-2501: 설정값 초기화

기능	설정값 초기화	
설정범위 (1 ~ 2)	표시부	의미
	▫ 1_ 설정값 초기화 안함	제품의 설정값을 공장출하 상태로 모두 변경 안함
	▫ 2_ 설정값 초기화 실행	제품의 설정값을 공장출하 상태로 모두 변경함

Menu-2502: PC 연결

기능	Pc 연결	
PC 와 data 통신	표시부	의미
	PC 연결	PC 를 통해 Item data 또는 Setting data backup 기능을 수행할 때 사용

Menu-2503: 날짜 설정

기능	날짜 변경	
숫자키 : 데이터 지정	표시부	의 미
	10.08.17	2010 년 8 월 17 일

Menu-2504: 시간설정

기능	시간 변경	
숫자키 : 데이터 지정	표시부	의 미
	11.30.10	오전 11 시 30 분 10 초

에러 메세지

1. 무게 설정 모드에서 발생할 수 있는 에러

에러	원인	해결방법
Err 20	분해도가 허용한도인 1/10,000을 초과하여 설정되었습니다.	분해도를 낮춥니다. 분해도 = 최대 허용중량 / 1눈의 값이므로 무게 설정 모드의 CAL 1에서 최대 허용중량을 수정하거나, 무게 설정 모드의 CAL 3에서 1눈의 값을 수정하여 분해도를 1/10,0000이하로 조정합니다.
Err 21	분해도가 허용한도인 1/30,000을 초과하여 설정되었습니다.	분해도를 낮춥니다. 분해도 = 최대 허용중량 / 1눈의 값이므로 무게 설정 모드의 CAL 1에서 최대 허용중량을 수정하거나, 무게 설정 모드의 CAL 3에서 1눈의 값을 수정하여 분해도를 1/30.0000이하로 조정합니다.
Err 22	스판 조정용 분동의 무게가 저울 최대 용량의 10%미만으로 설정되었습니다.	무게 설정 모드의 CAL 4에서 분동의 무게를 저울 최대 용량(CAL 1에서 설정)의 10%이상으로 설정하여 주십시오.
Err 23	스판 조정용 분동의 무게가 저울 최대 용량의 100%를 초과하여설정되었습니다.	무게 설정 메뉴의 CAL 4에서 스판 조정용 분동의 무게를 저울 최대 용량(CAL 1에서설정)범위이내로 설정하여 주십시오.
Err 24	스판이 너무 낮습니다.	로드셀에 이상이 있거나 로드셀에 출력이 작아서 현 분해도의 세팅이 불가능하니 분해도를 작게 하서 무게설정을 다시 하십시오. PCS, PERCENT Sample 무게가 너무 작습니다
Err 25	스판이 너무 높습니다.	로드셀에 이상이 있거나 로드셀에 출력이 높습니다. 무게 설정 CAL 4 영점조정 단계부터 다시 수행하십시오. PCS, PERCENT Sample 무게가 너무 큽니다
Err 26	영점이 너무 높습니다.	저울의 접판이 비어 있는 상태인지 확인합니다. 테스트 모드 3에서 확인한 후 무게설정을 다시하여 주십시오.
Err 27	영점이 너무 낮습니다.	저울의 접판이 어떤 힘이 가해지고 있는지 테스트 모드 3에서 확인한 후 무게설정을 다시 하여 주십시오.
Err 28	무게가 흔들립니다.	로드셀 커넥터가 제대로 연결되었나 확인합니다.

2. 무게 계량 모드에서 발생할 수 있는 에러

에러	원인	해결방법
Err 01	중량의 흔들림이 발생하여 저울 초기화를 실행하지 못합니다.	저울을 진동이 없고 평탄한 곳에 놓고 전원을 켜십시오.
Err 02	로드셀 연결이 잘못되었거나, A/D 변환부에 이상이 생겼습니다.	짐판과 본체의 연결이 잘 되었는지 확인합니다.
Err 08	무게가 불안정한 상태에서는 영점키, 용기키 및 시작키가 동작되지 않도록 설정되어 있습니다.	변환모드의 F14 에서 영점키, 용기키 및 시작키의 동작 조건을 사용환경에 맞게 설정하십시오.
Err 09	현재 무게가 영점범위를 벗어납니다.	변환모드의 F13 에서 영점키 작동범위를 최대중량의 2% 이내 또는 10% 이내로 설정하십시오.
Err 10	지정하고자 하는 용기무게가 저울의 최대무게를 벗어납니다.	용기 무게를 최대 무게보다 작게 설정하십시오.
Err 12	설정된 프린터 타입이 Total 프린트 지원을 못하는 프린트 입니다.	DLP 프린터는 Total 프린트가 안됩니다 DEP 프린터 사용시 "F40" 을 '2'로 설정하십시요
Err 13	무게 설정 시에 세팅된 영점값이 벗어났습니다.	짐판의 상태를 확인하시고, 무게 설정을 다시 하십시오.
Err 15	Command Mode 에서 ItemCode 설정 시 범위를 초과하였습니다	ItemCode 범위를 확인하십시오
Err 82	A/D 변환부에 이상이 생겼습니다..	A/S 실로 문의 바랍니다.
999999	현재 짐판에 올려져 있는 무게가 너무 무거워서 저울 허용한도를 벗어납니다.	저울에 최대 용량한도를 초과하는 무게를 올리지 말아 주십시오. 로드셀이 손상된 경우에는 로드셀을 교체해야 됩니다.

제 4장 인증서

National Measurement Office Certification

Member State of OIML
United Kingdom of Great Britain
and Northern Ireland

OIML Certificate No
R76/2006-GB1-14.05
Revision 1

OIML CERTIFICATE OF CONFORMITY

Issuing authority:	National Measurement Office
Person responsible:	Paul Dixon – Director, Product Certification
Applicant:	CAS Corporation #262, Geurugogae-ro Gwangjeok-myeon Yangju-si Gyeonggi-do Republic of Korea
Manufacturer:	The applicant
Identification of the certified pattern:	CI-600A Series and CI-600D Series

This certificate attests the conformity of the above-mentioned pattern (represented by the samples identified in the associated test report) with the requirements of the following Recommendation of the International Organisation of Legal Metrology (OIML):

OIML R 76 - Edition 2006(E) for accuracy class: [III] and [IIII]

This certificate relates only to the metrological and technical characteristics of the pattern of the instrument concerned, as covered by the relevant OIML International Recommendation.

This certificate does not bestow any form of legal international approval.

Important note: Apart from the mention of the certificates reference number and the name of the OIML Member State in which the certificate was issued, partial quotation of the certificate or of the associated test report is not permitted, though they may be reproduced in full.

This revision replaces previous versions of the certificate.

Issue Date: 06 November 2014
Reference No: TS1201/0071

Signatory: G Stones
for Chief Executive

National Measurement Office | Stanton Avenue | Teddington | TW11 0JZ | United Kingdom
Tel +44 (0)20 8943 7272 | Fax +44 (0)20 8943 7270 | Web www.gov.uk/nmo

NMO is an Executive Agency of the Department for Business, Innovation & Skills

UKAS PRODUCT CERTIFICATION 0135

National Measurement Office

The conformity was established by tests described in the associated pattern evaluation report P01466 which includes 13 pages.

Characteristics of the instrument:

Characteristics:

This family of instruments, designated the CI-600 Series, utilises the CI-601A, CI-605A or CI-607A digital indicating devices connected to a weighing platform to form a single or dual-interval, Class III or IIII, non-automatic weighing instrument.

The instruments are designated the CI-601A and CI-605A respectively, and are not designed for direct sales to the public.

Main features:

- Plastic enclosure
- 4.3" LCD display
- Operator keypad with numerical, navigation and function keys
- Relay In/Out(4 inputs, 6 outputs) option card (CI-605A)
- Relay In/Out(6 inputs, 8 outputs) option card (CI-607A)
- Analogue Out option card (CI-601A, CI-605A, CI-607A)

Devices:

- Initial zero setting device on power up
- Semi-automatic zero setting
- Zero tracking (optional)
- Semi-automatic subtractive tare weighing
- Preset tare
- Gross/Net indication
- Zero-indicator
- Indication of stable equilibrium
- Net indicator
- Gravity compensation
- Hold function
- Soft functions keys (F1, F2 and F3 can be allocated a function)
- Memory storage

Interfaces:

- Load cell connection
- RS232/485
- Relay In/Out (4 inputs, 6 outputs) (CI-605A)
- Relay In/Out (6 inputs, 8 outputs) (CI-607A)
- Analogue Out (CI-601A, CI-605A, CI-607A)

Load cell:

Any compatible load cell(s) may be used providing the following conditions are met:

- There is a respective OIML Certificate of Conformity (R60) issued for the load cell.
- The certificate contains the load cell types and the necessary load cell data required for the manufacturer's declaration of compatibility of modules, and any particular installation requirements. A load cell marked NH is allowed only if humidity testing to R76 has been conducted on this load cell.

- The compatibility of the load cells and indicator is established by the manufacturer by means of the compatibility of modules calculation at the time of verification.
- The load cell transmission conforms to a standard type.

Technical data (indicators):

Power supply	100-240 VAC, 50/60 Hz
Maximum number of scale intervals	10,000 (Class III), single or dual interval 1,000 (Class III), single or dual interval
Maximum Tare value	- Max
Maximum Preset Tare value	- Max (single interval) - Max_1 (dual interval)
Load cell excitation voltage	5 VDC
Minimum load cell impedance	43 Ω
Maximum load cell impedance	1100 Ω
Minimum input voltage per verification scale interval	0.5 µV
Measuring range minimum voltage	0 mV
Measuring range maximum voltage	16 mV
Fraction of maximum permissible error	$P_i = 0.5$
Operating temperature range	- 10 °C to + 40 °C
Load cell cable (from indicator to load cell junction box) - Maximum length	183 m/mm² (6-wire configuration)

Software:

The software is held in firmware on the circuit board, and has the identification number V1.xx, with xx reflecting non-legally relevant changes. Access to the setup/configuration mode is only allowed via a jumper located on the circuit board.

Sealing:

Access to the setup/configuration jumper is prevented by sealing the enclosure via a wire-and-seal solution.

Alternative:

Having a modified instrument designed to be connected to a digital load cell, and designated as follows:

- CI-601D when fitted with Analogue Out card
- CI-605D when fitted with Analogue Out and Relay In/Out (4 inputs, 6 outputs) card
- CI-607D when fitted with Analogue Out and Relay In/Out (6 inputs, 8 outputs) card

The digital load cell may be a WBK-D, manufactured by CAS Corporation, as described in OIML Certificate R60/2000-NL1.1308.

제 5장 검교정 서류

교 정 성 적 서

㈜티이씨교정기술원	성적서번호 : 19-2028-001	
경기도 시흥시 서해안로 242, 209호(정왕동, 시화하이테크지식산업센터) Tel : 031-319-1931-2, Fax : 031-319-1937	페이지 (1) / (총 2)	

1. 의 뢰 자
   - 기 관 명 : 제인스기초건설㈜
   - 주 소 : 서울특별시 송파구 강동대로9길 18(풍납동)

2. 측 정 기
   - 기 기 명 : 자동호퍼저울
   - 제작회사 및 형식 : CAS / CI-600
   - 기 기 번 호 : NONE-1

3. 교 정 일 자 : 2019년 11월 16일

4. 교 정 환 경
   - 온 도 : (14.7 ± 0.3) ℃ 습 도 : (34 ± 2) % R.H.
   - 교 정 장 소 : ☐ 고정표준실 ☐ 이동교정 ▣ 현장교정

5. 측정표준의 소급성
   ◇ 교정방법 및 소급성
   상기 기기는 자동호퍼저울의 표준교정기준서(TEC-CI-M01)에 따라 국가측정표준기관으로부터 측정의 소급성이 확보된 아래의 표준장비를 이용하여 비교교정되었다.
   ◇ 교정에 사용한 표준장비 명세

기기명	제작회사 및 형식	기기번호	차기교정예정일자	교정기관
분 동	한성계기㈜ / 1 mg ~ 5 kg(F_1 급)	090003, 1004005	2021. 01. 07.	㈜대도
분 동	한성계기㈜ / 10 kg(M_1 급)	10-001	2021. 01. 31.	㈜티이씨교정기술원
분 동	대도계기㈜ / 20 kg(M_1 급)	20-001 ~ 20-050	2020. 12. 19.	㈜티이씨교정기술원

6. 교 정 결 과 : 교정결과 참조

7. 측 정 불 확 도 : 교정결과 참조

자 성 자	승 인 자
확 인	직 위 : 기술책임자(정)
성 명 : 변 재 기	성 명 : 유 성 곤

이 성적서는 국제시험기관인정협력체(International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정(Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인정기구(KOLAS)로부터 공인 받은 분야의 교정결과입니다.

2019년 11월 26일

한국인정기구 인정 ㈜티이씨교정기술원 대표이사(인)

TEC (주)티이씨교정기술원

교 정 결 과

성적서번호 : 19-2028-001

◆ 최대용량 : 1 000 kg
◆ 해 독 도 : 0.2 kg
◆ 직선성 시험

상용질량값 (kg)	저울의 지시값 (kg)		보정값 (kg)	
	증가	감소	증가	감소
0.00	0.0	-	0.0	-
250.00	250.0	-	0.0	-
500.00	500.0	-	0.0	-
750.00	750.0	-	0.0	-
1 000.00	1 000.0		0.0	

* 보정값 = 표준분동의 상용질량값 - 저울의지시값

◆ 측정불확도 : 0.31 kg (신뢰수준 약 95 %, k = 2), 끝.

(주)티이씨교정기술원

교 정 성 적 서

㈜티이씨교정기술원	성적서번호 : 19-2028-002	
경기도 시흥시 서해안로 242, 209호(정왕동, 시흥하이테크지식산업센터) Tel : 031-319-1931~2, Fax : 031-319-1937	페이지 (1) / (총 2)	

1. 의 뢰 자
   기 관 명 : 제인스기초건설㈜
   주 소 : 서울특별시 송파구 강동대로9길 18(풍납동)

2. 측 정 기
   기 기 명 : 자동호퍼저울
   제작회사 및 형식 : CAS / CI-600
   기 기 번 호 : NONE-2

3. 교 정 일 자 : 2019년 11월 16일

4. 교 정 환 경
   온 도 : (14.7 ± 0.3) ℃ 습 도 : (34 ± 2) % R.H.
   교 정 장 소 : ☐ 고정표준실 ☐ 이동교정 ■ 현장교정

5. 측정표준의 소급성
   ◇ 교정방법 및 소급성
   상기 기기는 자동호퍼저울의 표준교정지침서(TEC-CI-M01)에 따라 국가측정표준기관으로부터 측정의 소급성이 확보된 아래의 표준장비를 이용하여 비교교정되었다.
   ◇ 교정에 사용한 표준장비 명세

기기명	제작회사 및 형식	기기번호	차기교정예정일자	교정기관
분 동	한성계기㈜ / 1 mg ~ 5 kg(F1 급)	090003, 1004005	2021. 01. 07.	㈜대도
분 동	한성계기㈜ / 10 kg(M1 급)	10-001	2021. 01. 31.	㈜티이씨교정기술원
분 동	대도계기㈜ / 20 kg(M1 급)	20-001 ~ 20-050	2020. 12. 19.	㈜티이씨교정기술원

6. 교 정 결 과 : 교정결과 참조

7. 측 정 불 확 도 : 교정결과 참조

작 성 자	승 인 자
확 인	직 위 : 기술책임자(정)
성 명 : 변 재 기 (서명)	성 명 : 유 성 곤 (서명)

위 성적서는 국제시험기관인정협력체(International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정 (Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인정기구(KOLAS) 로부터 공인 받은 분야의 교정결과입니다.

2019년 11월 26일

한국인정기구 인정 ㈜티이씨교정기술원 대표이사(인)

TEC (주)티이씨교정기술원

교 정 결 과

성적서번호 : 19-2028-002

◆ 최대용량 : 1 000 kg
◆ 해 독 도 : 0.2 kg
◆ 직선성 시험

상용질량값 (kg)	처음의 지시값 (kg)		보정값 (kg)	
	증가	감소	증가	감소
0.00	0.0	-	0.0	-
250.00	250.0	-	0.0	-
500.00	500.0	-	0.0	-
750.00	750.0	-	0.0	-
1 000.00	1 000.0		0.0	

* 보정값 = 표준분동의 상용질량값 - 처음의지시값

◆ 측정불확도 : 0.31 kg (신뢰수준 약 95 %, k = 2), 끝.

TEC
(주)티이씨교정기술원

토목용 프리믹스 충진재 혼합 자동화 장비 이동성

2019. 11

재인스기초건설

목 차

제 1 장 장비 개요

제 2 장 기존 장비

제 3 장 이동성 장비

제1장 장비 개요

1.1 이동성 장비 사용

· 긴급 투입되는 시공시, 장비 이동 및 플랜트 작업시간을 단축하기 위하여 소형장비를 사용하여 현장 시공이 가능한 장비로 개발함 .

1.2. 기존 문제점

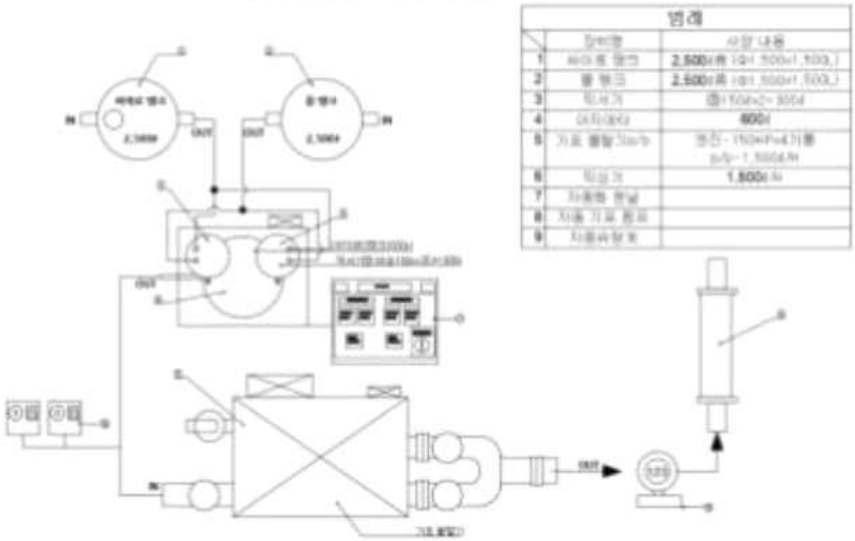
· 기존 시멘트 믹싱 장비들은 시공량에 따라 대형화 되어 있으며, 배합시 플랜트가 각각 필요함

· 시멘트 사이로, 믹서기, 발전기 등이 있으며, 설치시 소요기간이 2~3일 소요되고, 기계 배관 연결시 인력 및 시간이 소요됨

1.3. 대책

· 장비 경량화, 이동성 편리한 장비로 소형화

장비 현장 배치 예상도



1

제 2 장 기존 장비

2.1 고압분사 장비 배치도

· 고압분사 장비

장 비 명	사 진	비 고
FJS Machine		
FJS 전용 Rod		
시멘트(고화재) 사이로자동믹서 플랜트		

2

장 비 명	사 진	비 고
Mortar믹서 플랜트		
Mortar 펌프		
초고압펌프		
고압 콤푸레샤		

3

장 비 명	사 진	비 고
저압 콤푸레샤		
발전기		
백호		

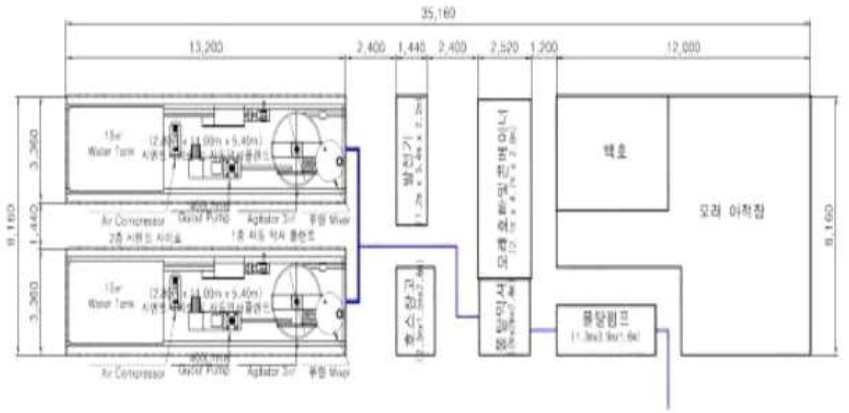
· 장비하차 사진

구 분	사 진	비 고
고압분사장비 반입		
고압분사장비 하차		
고압분사장비 조립		
고압분사 본시공		

5

· 기존 시공계획서 고압분사 육상 장비 배치도

고압분사 장비 배치도





제 3 장 이동성 장비

3.1 이동성 장비

· 이동성 장비

장 비 명	사 진	비 고
자동교반기		
컨베이너 벨트		
유량기록계 기포펌프		

7

· 장비 하차 사진

구 분	사 진	비 고
이동성장비 반입		
자재 반입		
이동성장비 조립		
현장시험		

8

· 현장 플랜트 조건

- 시멘트 사이로, 믹서기, 발전기 등이 있으며, 설치시 소요기간이 2~3일 소요되고, 기계 배관 연결시 인력 및 시간이 소요됨

3.2 장비이동 운반조건 검토

- 기존 장비는 대형 싸이로, 교반기, 펌프등을 사용 운반 및 셋팅시 3일이 소요되며, 본 프리믹스 충전 장비는 소형화 되어 1일 장비 셋팅이 가능하게 제작함.

구분	기존		프리믹스 충전		비고
이동장비	교반기	2 대	교반기	1 대	
	펌프	1 대	펌프	1 대	
	믹서	2 대	믹서	1 대	
	싸이로	1 대	발전기	1 대	
	발전기	2 대	발전기	- 대	
소요장비	크레인	1 대	크레인	- 대	
	백호	1 대	백호	1 대	
	지게차	1 대	지게차	1 대	
	장비운반트럭	6 대	장비운반트럭	1 대	
소요장비 사용료	크레인	700,000원	크레인	- 원	
	백호	600,000원	백호	600,000원	
	지게차	400,000원	지게차	400,000원	
	장비운반비	4,500,000원	장비운반비	700,000원	
	발전기	1,300,000원	발전기	300,000원	
	전용장비	4,000,000원	전용장비	1,000,000원	
	콤푸	500,000원	콤푸	-원	
	소 계	12,000,000원	소 계	3,000,000원	
작업기간	3일		1일		배치 및 셋팅

※ 장비 사용료는 프리믹스 장비가 기존 장비보다 투입 비용이 적고, 효율적임.

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술촉진연구사업의 연구보고서입니다.

2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.