보안과제( ),일반과제(○)/공개(○),비공개( )
국토교통기술촉진연구사업 제2차연도 최종보고서

R&D / 18A18738080

도로시설물의 내구수명 향상을 위한 유무기계 고탄성 하이브리드 유지보수재료 개발

최종보고서

2020. 03

주관연구기관 / 군산대학교 산학협력단

국토교통부
국토교통과학기술진흥원

R&D / 18A1873808 0

Infrastructure R&D Report

도로시설물의 내구수명 향상을 위한 유무기계 고탄성 하이브리드 유지보수재료 개발

2020 / 02

국토교통과학기술진흥원
국 토 교 통 부

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

‘도로시설물의 내구수명 향상을 위한 유무기계 고탄성 하이브리드 유지보수재료 개발’(연구개발기간 : 2018. 04. 17 ~ 2019. 12. 31) 과제의 최종보고서 12부를 제출합니다.

2020 . 3 . .

주관연구기관명 : 군산대학교 산학협력단장 김 영 철 (인)
공동연구기관명 : ㈜ 빌드켐 대표이사 하 상 욱 (인)
참여기관명 :

주관연구기관책임자: 이 승 태
공동연구기관책임자: 하 상 욱
참여기관책임자:

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제 고유 번호</td><td>13-CTAP-0663
71-03</td><td>해당 단계
연구 기간</td><td>2018.04.17.
~
2019.12.31.</td><td>단계구분</td><td>2/2
(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">기초원천</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">도로시설물의 내구수명 향상을 위한 유무기계 고탄성 하이브리드 유지보수재료 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td rowspan="2"></td><td>해당단계 참여 연구원 수</td><td>총: 9 명
내부: 1 명
외부: 8 명</td><td>해당단계 연구개발비</td><td>정부:220,000천원
기업:73,500천원
정부 외: 천원
계:293,500천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간 참여 연구원 수</td><td>총: 31 명
내부: 3 명
외부: 28 명</td><td>총 연구개발비</td><td>정부:370,000천원
기업:124,000천원
정부 외: 천원
계:494,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및 소속 부서명</td><td colspan="3">군산대학교 산학협력단 / 토목공학과</td><td colspan="2">참여기업명 : ㈜ 빌드켐</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명:</td><td colspan="2">상대국 연구기관명:</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="3">연구기관명:</td><td colspan="2">연구책임자: 이승태</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)</td><td colspan="2">보고서 면수 :</td></tr>
</table>

< 국문 요약문 >

연구개발 목표	기후변화, 환경요인 등에 의하여 열화된 도로시설물에 기존의 시멘트계 보수재료가 아닌 **고내구성, 저투수성, 고탄성의 특성을 가진 유무기계 하이브리드 유지보수재료**를 적용함으로써, **도로시설물의 공학적 성질 개선, 내구수명 연장, 유지보수 비용절감 등 통합적 성능향상을 위한 신개념 보수재료 개발**이 본 과제의 최종목표이다.
연구개발 내용	**1. 도로시설물의 내구수명 향상을 위한 고탄성, 고내구성 유무기 복합재료 원천기술 개발** - 도로시설물의 기후변화에 따른 열화원인 정립 - 유무기 하이브리드 유지보수재료의 최적 배합설계 - 고탄성 유지보수재료의 역학적 성능(인장, 압축, 부착강도 등) 평가 - 기개발된 보수재료와의 성능비교 **2. 고탄성, 고내구성 유무기 복합 유지관리 재료의 도로시설물 적용기술 개발** - 고탄성 유지보수재료의 내염성, 내화학성 평가 - 동결융해 저항성, 스케일링 저항성 등 온도 및 기후변화에 따른 유지보수재료의 성능 평가 - 유지보수재료와 콘크리트의 부착성능 평가 - 현장폭로 실험 및 현장 적용성 평가
연구개발성과	- 고탄성 하이브리드 유지보수재료 배합설계 기술 개발 - 도로시설물의 열화요인에 대응하는 균열저감형 유지보수재료 원천기술 개발 - 개발된 유지보수재료에 대한 D/B 구축 - 개발된 제품의 현장 적용성 및 실용화 기술 개발
활용계획 및 기대효과	- 유지보수재료의 고성능화에 따른 도로시설물의 장수명화 설계 기술 - 도로시설물의 내구연한 증진으로 의한 유지보수비용 절감효과 - 고탄성, 고내구성 유무기 복합재료의 보수재 기술개발 분야에서 독자적인 기술우위 선점 및 국가 기술 경쟁력 강화 효과 - 도로시설물의 품질향상에 따른 도로 사용자의 만족도 증가

핵심어(5개 이내)	도로시설물	고탄성	내구수명	열화	유무기계 보수재료

〈 SUMMARY 〉

Purpose	This proposal aims to develop new repair materials with some engineering properties of high-durability, low-permeability and high-elasticity for road facilities exposed to severe degrading environments. The repair material will also give the beneficial performances such as the enhanced engineering properties, extended service life and low-cost maintenance to the degraded road facilities.
Contents	**1. Development of basic technology on the organic and inorganic hybrid repair materials with high-elasticity and high-durability for the long-term service life of road facilities** - Examination of deterioration causes of road facilities exposed to severe weather conditions - Optimum mix design for the organic and inorganic hybrid repair materials - Evaluation of mechanical properties of high-elasticity hybrid repair materials - Comparison of mechanical performances with other repair materials **2. Development of applicable technology of the organic and inorganic hybrid repair materials with high-elasticity and high-durability properties to road facilities** - Evaluation of resistance to chloride penetration and chemical attack of high-elasticity hybrid repair materials - Freezing-thawing and scaling-off resistance of the hybrid repair materials subject to different temperatures and whether conditions - Evaluation of bondage performance to concrete surface of the hybrid repair materials - Mock-up test and field application
Development Results	- Advanced mix design technology for the high-elasticity hybrid repair materials - Basic technology related with the hybrid repair materials resisting degrading factors - D/B storage system on the performance of the hybrid repair materials - Application in the field and the practical use by using the materials
Expected Contribution	- Up-graded mix design technology satisfying the long-term service life of road facilities with high-performance repair materials - Reducing maintenance cost due to the extended service life of road facilities - Securing proprietary and efficient global technologies in the field of repair and maintenance by producing organic and inorganic hybrid repair materials - Increasing satisfaction of road facilities user by using a high-quality repair material

Keywords	road facilities	high-elasticity	service life	deterioration	organic and inorganic repair materials

목 차

제1장 서 론 ····· 1
1.1 연구배경 및 목표 ····· 1
1.2 연구내용 및 방법 ····· 3

제2장 콘크리트 구조물의 보수보강에 대한 이론적 고찰 ····· 4
2.1 콘크리트 구조물의 보수보강 기준 ····· 4
2.1.1 대상부재가 구조부재인 경우의 허용균열폭 ····· 4
2.1.2 내구성 확보를 위한 허용균열폭 ····· 4
2.1.3 구조적 안정성, 내구성 및 방수성을 고려한 보수판정기준 ····· 5
2.2 노후 콘크리트 구조물의 보수보강 기술 ····· 5
2.3 보수보강 재료 ····· 7
2.3.1 요구조건 ····· 7
2.3.2 보수재료 ····· 7
2.3.3 보수재료의 평가 ····· 8
2.3.4 보강재료 ····· 10
2.4 유무기계 하이브리드 보수재 ····· 11
2.4.1 유무기계 하이브리드 보수재의 일반적 특성 ····· 11
2.4.2 유무기계 하이브리드 보수재의 물리적 특성 ····· 12

제3장 콘크리트 포장 및 시설물의 열화원인 조사 ····· 14
3.1 콘크리트 포장 및 시설물 열화 현장조사 ····· 14
3.1.1 콘크리트 포장 ····· 14
3.1.2 도로 부대 시설물 ····· 16
3.2 콘크리트 포장 및 도로 시설물의 손상원인조사 ····· 18
3.2.1 콘크리트 포장 및 도로 시설물의 염분량 ····· 18
3.2.2 콘크리트 포장 및 도로 시설물 기기분석 ····· 19
3.3 콘크리트 포장 및 도로 시설물의 성능향상 대책방안 ····· 23

제4장 유무기계 하이브리드 보수재의 역학적 성능 평가 ····· 24
4.1 개요 ····· 24
4.2 실험개요 ····· 25
4.2.1 사용재료 ····· 25
4.2.2 배합 및 시험체 제작 ····· 26
4.2.3 실험방법 ····· 27
4.3 실험결과 ····· 31
4.3.1 유동성 ····· 31
4.3.2 강도특성 ····· 32
4.3.3 흡수율 ····· 35

4.3.4 길이변화 ····· 36
4.3.5 미세구조 분석 ····· 37

제5장 유무기계 하이브리드 보수재의 내구성능 평가 ····· 39
5.1 개요 ····· 39
5.2 실험개요 ····· 40
5.2.1 사용재료 ····· 40
5.2.2 배합 및 시험체 제작 ····· 40
5.2.3 실험방법 ····· 41
5.3 실험결과 ····· 45
5.3.1 스케일링 저항성 ····· 45
5.3.2 동결융해 저항성 ····· 49
5.3.3 염소이온침투 저항성 ····· 51
5.3.4 산침식 저항성 ····· 52
5.3.5 UV 저항성 ····· 55

제6장 유무기계 하이브리드 보수재의 시험시공 및 모니터링 평가 ····· 56
6.1 현장적용 ····· 56
6.1.1 현장적용 개요 ····· 56
6.2 현장적용 후 모니터링 ····· 61

제7장 결론 ····· 62

참고문헌 ····· 64

표 목 차

표 1.1 전국 도로 연장 및 연평균 증가율(2002~2012년)(단위: km, %) ····· 1

표 2.1 허용 균열폭 Wa(mm) ····· 4
표 2.2 강재의 부식에 대한 환경조건의 구분 ····· 4
표 2.3 내구성에서의 허용균열폭 ····· 5
표 2.4 구조적 안전성, 내구성, 방수성 측면에서의 보수기준 ····· 5
표 2.5 노후 구조물 보수보강 주요 기술 ····· 6
표 2.6 보수재료의 종류 ····· 7
표 2.7 균열보수재료의 종류와 보수공법 ····· 8
표 2.8 보수재료 특성의 분류 ····· 9
표 2.9 특성치 순위 설정의 예 ····· 9
표 2.10 사용원료의 기계적 특성 ····· 12

표 3.1 AA시 국도 우회도로 (북부방향, 콘크리트 포장) ····· 14
표 3.2 AA시 국도 우회도로 (북부방향, 교차로) ····· 15
표 3.3 AA시 국도 우회도로 (남부방향, 교차로진입) ····· 15
표 3.4 XRD에 의한 콘크리트 반응생성물 ····· 19
표 3.5 내구성으로 정하여진 공기연행 콘크리트의 최대 물-결합재비(%) ····· 23
표 3.6 특수노출상태에 대한 요구사항 ····· 23

표 4.1 유기계 결합재의 일반적 특성 ····· 25
표 4.2 OPC의 화학성분 및 물리적 특성 ····· 25
표 4.3 무기계 광물질 충전재의 화학성분 및 물리적 특성 ····· 26
표 4.4 모르타르 배합 ····· 27

표 5.1 모르타르 배합 ····· 40
표 5.2 스케일링 저항성 실험 조건 ····· 41
표 5.3 염소이온 침투저항성 실험 조건 ····· 42
표 5.4 확산특성 평가기준 (ASTM C 1202) ····· 43
표 5.5 내후성 실험방법 ····· 44
표 5.6 4% $CaCl_2$ 스케일링 모르타르 외관 ····· 47
표 5.7 4% NaCl 스케일링 모르타르 외관 ····· 47
표 5.8 4% $CaCl_2$+4% NaCl 스케일링 모르타르 외관 ····· 48

표 6.1 시공순서 및 세부 내용 ····· 58

그림목차

그림 1.1 과제의 최종목표 및 연구내용 ····· 2

그림 2.1 중합반응식 ····· 11
그림 2.2 FM-200A (주제) 유리전이온도 ····· 12
그림 2.3 FM-200B (경화제) 유리전이온도 ····· 13
그림 2.4 내열성 실험 ····· 13

그림 3.1 도로 측구 콘크리트 구조물 손상 ····· 16
그림 3.2 이면도로 측구 및 경계석 파손 ····· 16
그림 3.3 교차로 주변 콘크리트 시설 파손 ····· 16
그림 3.4 도로주변 콘크리트 시설 파손 ····· 17
그림 3.5 고가 아래 도로 콘크리트 시설물 파손 ····· 17
그림 3.6 도로 교량 상부 콘크리트 시설 파손 ····· 17
그림 3.7 자동차 전용도로 콘크리트 시설물 스케일링 ····· 17
그림 3.8 구조물의 염분량 측정결과 ····· 18
그림 3.9 XRD에 의한 반응생성물 (건전부) ····· 19
그림 3.10 XRD에 의한 반응생성물 (콘크리트 측구) ····· 20
그림 3.11 XRD에 의한 반응생성물 (콘크리트 포장-스케일링 부분) ····· 20
그림 3.12 XRD에 의한 반응생성물 (콘크리트 포장-건전부) ····· 21
그림 3.13 SEM에 의한 미세구조 분석 (건전부 표면) ····· 22
그림 3.14 SEM에 의한 미세구조 분석 (건전부 2cm) ····· 22
그림 3.15 SEM에 의한 미세구조 분석 (측구 표면) ····· 22
그림 3.16 SEM에 의한 미세구조 분석 (측구 3cm) ····· 22
그림 3.17 SEM에 의한 미세구조 분석 (포장 표면) ····· 22
그림 3.18 SEM에 의한 미세구조 분석 (포장 3cm) ····· 22

그림 4.1 규사 ····· 26
그림 4.2 모르타르 플로우 시험 ····· 27
그림 4.3 모르타르 압축강도 시험 ····· 28
그림 4.4 모르타르 휨강도 시험 ····· 28
그림 4.5 모르타르 부착강도 시험 ····· 28
그림 4.6 모르타르의 흡수율 시험 ····· 29
그림 4.7 모르타르의 플로우 결과 ····· 31
그림 4.8 모르타르의 압축강도 결과 ····· 32
그림 4.9 모르타르의 휨강도 결과 ····· 33
그림 4.10 모르타르의 부착강도 결과 ····· 34
그림 4.11 모르타르의 흡수율 결과: (a) 재령 7일 및 (b) 재령 28일 ····· 35

그림 4.12 모르타르의 길이변화 결과 ····· 36
그림 4.13 RM 모르타르의 미세구조 ····· 37
그림 4.14 UM12 모르타르의 미세구조 ····· 38
그림 4.15 UM계 모르타르의 미세구조 비교 (×50) ····· 38

그림 5.1 콘크리트 도로 시설물의 열화 및 보수 ····· 39
그림 5.2 모르타르 스케일링 저항성 측정 공시체 ····· 41
그림 5.3 산침식 저항성 시험 ····· 43
그림 5.4 내후성 시험기 ····· 44
그림 5.5 화학용액에 노출된 모르타르의 스케일링 저항성: (a) 4% $CaCl_2$ 용액, (b) 4% NaCl 용액 및 (c) 염혼합용액 ····· 46
그림 5.6 동결융해 작용을 받은 모르타르의 상대동탄성계수 ····· 50
그림 5.7 동결융해 작용을 받은 모르타르의 질량비 ····· 50
그림 5.8 모르타르의 RCPT 결과 (재령 28일) ····· 51
그림 5.9 5% H_2SO_4 용액에 침지한 모르타르의 압축강도 변화 ····· 53
그림 5.10 5% H_2SO_4 용액에 침지한 모르타르의 질량비 ····· 53
그림 5.11 5% H_2SO_4 용액에 침지한 모르타르 (침지재령 91일) ····· 54
그림 5.12 산용액에 침지한 모르타르의 SEM 이미지 비교 ····· 54
그림 5.13 색차에 따른 황변도의 비교 ····· 55
그림 5.14 노출시간별 황변도 비교 ····· 55

그림 6.1 유무기계 하이브리드 보수재 신천교 공사개요도 ····· 57
그림 6.2 도로시설물의 열화 ····· 57
그림 6.3 유무기계 하이브리드 모르타르 혼입순서 ····· 58
그림 6.4 유무기계 하이브리드 보수재의 타설 전경 ····· 59
그림 6.5 시공 후 전경 ····· 59
그림 6.6 유무기계 하이브리드 보수재의 시험시공 ····· 60
그림 6.7 보수재 현장 적용 모니티링 (시공 후 3개월) ····· 61

제1장

서 론

1.1 연구배경 및 목표

우리나라의 도로시설물은 진동과 유해환경, 즉 물리·화학적 복합열화 환경에 노출이 되고 있으며, 이를 고려한 신개념의 유지보수재료의 개발이 절실히 필요한 상황이다. 또한, 도로시설물의 열화원인의 분석없이 시행된 일반 보수로 인하여 보수부위 중심으로 2차 파손이 반복되고 있다. 도로시설물이 특수한 환경(유해물질, 진동, 누수 등)에 노출되어 있음을 인지하고 도로시설물의 손상 원인에 대한 명확한 원인 분석과 함께 이에 대응 가능한 내구성능이 우수한 보수재료의 사용이 필요한 실정이다. 도로시설물은 진동, 기후변화 및 다양한 화학성분으로 마모 및 탄산화 그리고 강도 저하로 인한 부분파손 및 크랙 등 본 기능을 발휘하는데 한계점에 이르렀다. 도로시설물 보수에서 노출된 한계점을 극복하는 가장 좋은 방법은 기존 노후화된 도로시설물을 제거하고 새로운 시설물로 대체하는 것이지만 민원발생, 교통체증 유발 및 막대한 교체자금이 필요하기 때문에 다른 대안이 필요하다.

이러한 문제로 2017년 말 기준 전국 도로보수비는 3조 3169억 원으로 전년(2조 8,830억 원) 대비 4,339억 원 증가하였으며, 고속국도는 4,892억 원(14.7%), 일반국도는 13,131억 원(39.6%), 특별·광역시도는 2,133억 원(6.4%), 지방도는 3,225억 원(9.7%) 등으로 보수비용이 사용되고 있다.

또한, 도로의 총 연장은 1990년 56,715km에서 2002년 96,037km, 2012년 105,703km로 꾸준히 증가하여 1990년 이후 약 1.9배 규모가 증가하였다. 주요 도시와 거점을 연결하는 간선망으로 고속국도는 4,044km(40개 노선), 일반국도는 13,766km(51개 노선)을 달성하였으며, 그 외 특별·광역시도 19,464km, 지방도 18,162km, 시·군도 50,267km 연장을 나타내, 지난 10년간 도로연장 연평균 증가율은 1.4%에 달하였다. 그 중 이동성이 높은 간선도로망 위주 투자로 고속국도의 연평균 증가율이 3.8%로 가장 높은 증가율을 보였다.

국내 도로포장 연장 중 콘크리트 포장이 차지하는 전체 비율은 약 12.7% 이며, 이에 따른 도로시설물의 증가도 동일한 연장으로 증가 하고 있으며, 부대 시설물로는 배수시설, 중앙분리대 등이 대표적인 도로의 부대 시설물이라 할 수 있다. 도로시설물의 공학적 성질 개선, 내구수명 연장, 유지보수 비용절감 등 통합적 성능향상을 위한 신개념 보수재료 개발이 필요한 실정이다.

표 1.1 전국 도로 연장 및 연평균 증가율(2002~2012년) (단위: km, %)

구분	총계	고속국도	일반국도	특별·광역시도	지방도		시·군도
					소계	국지도	
2002년	96,037 (100)	2,778 (2.9)	14,232 (14.8)	18,224 (19.0)	17,084 (17.8)	3,468 (3.6)	43,719 (45.5)
2012년	105,703 (100)	4,044 (3.8)	13,766 (13.0)	19,464 (18.4)	18,162 (17.2)	3,859 (3.7)	50,267 (47.6)
연평균 증가율(%)	1.0	3.8	-0.3	0.7	0.6	1.1	1.4

2000년도 이후 지속적인 이상기후 현상으로 인하여 겨울철 폭설과 혹한으로 인하여 도로의 제설제 사용이 지속적으로 증가하고 있으며, 2010년 서울시와 경기도에서는 도로의 콘크리트 부대시설

물의 손상원인 조사를 실시한 결과 제설제의 사용과 혹한기의 온도에 따른 동해 즉, 복합열화에 의한 손상으로 보고되었으며, 이에 대응하는 적절한 보수·보강이 필요하다고 한다.

이상과 같은 도로시설물의 손상을 회복하기 위해 열화원인을 능동적으로 대응하는 체계적인 보수방법이 적용되어야 하나, 일반적인 단면복구 유지관리 방법을 반복 사용함으로써 열화 현상이 지속적으로 발생하게 되며, 최종적으로 도로시설물의 기능을 상실하게 된다.

기존에 사용되는 도로시설물용 보수재료로써 무기계 보수재료는 폴리머 모르타르, 에폭시수지 모르타르 등이 있다. 이러한 재료는 높은 압축강도를 가지는 특성을 가지고 있으나 파괴의 형태가 취성으로서 약한 충격에도 파손되며 반복하중에 의한 저항성이 낮은 약점을 내포하고 있다. 뿐만 아니라, 부착력이 작아 구조물에 적용 후 단기간에 단면이 탈락되어 구조물의 기능을 더욱 떨어뜨리기도 한다.

그러나, 최근 상기에 언급한 단점을 개선하여 물리적 성질이 우수한 폴리우레탄 계열의 보수재료에 대한 관심이 고조되고 있으며, 이를 도로시설물에 적용하기 위한 연구가 점차적으로 시도되고 있다. 폴리우레탄 계열의 유기계 수지는 주제와 경화제를 적정 비율로 혼합하여 다양한 필러를 추가하여 사용할 수 있으며, 다른 폴리머 재료와 다르게 현장에서 작업자가 사용하기 용이하고 높은 부착성능 및 휨강도가 우수한 특징을 가지고 있다.

따라서 본 연구는 에폭시수지 모르타르보다 경제성이 우수하며, 친환경적인 폴리우레탄 계열의 유기계 재료와 탄산칼슘 및 실리카퓸의 무기계 재료를 혼합하여 제작한 모르타르의 유동성, 역학적 특성, 미세구조 분석, 내구성능을 통하여 유무기계 하이브리드 모르타르의 최적 배합을 도출하고자 한다. 또, 개발된 유무기계 하이브리드 보수재를 실제 열화된 도로시설물에 현장적용하여 그 성능을 지속적으로 모니터링 하고자 한다. 본 연구의 목적은 도로시설물의 효율적 유지관리에 적합한 방수성, 고내구성 및 고탄성을 포함한 유지관리 기법의 개발에 있다.



그림 1.1 과제의 최종목표 및 연구내용

1.2 연구내용 및 방법

(1) 콘크리트 구조물의 보수보강에 대한 이론적 고찰
- 보수보강 관련 국내.외 자료 조사 및 문헌 고찰
- 노후 구조물의 보수보강 기술 조사
- 보수보강 재료의 요구조건 및 평가 방법
- 유무기계 하이브리드 보수재의 특성 및 필요성

(2) 콘크리트 포장 및 도로시설물의 열화 원인 조사
- 콘크리트 포장 및 도로시설물의 현장 조사
- 열화 원인 규명을 위한 미세구조 분석
- 콘크리트 포장 및 도로 시설물의 성능향상 대책 방안

(3) 유무기계 하이브리드 보수재의 역학적 성능 평가
- 유무기계 하이브리드 보수재의 유동성
- 유무기계 하이브리드 보수재의 압축, 휨 및 부착강도 특성
- 유무기계 하이브리드 보수재의 흡수성 및 체적안정성
- 유무기계 하이브리드 보수재의 미세조직구조 분석
- 유무기계 하이브리드 보수재의 최적배합 도출

(4) 유무기계 하이브리드 보수재의 내구성능 평가
- 유무기계 하이브리드 보수재의 스케일링 저항성
- 유무기계 하이브리드 보수재의 동결융해 저항성
- 유무기계 하이브리드 보수재의 염소이온 침투저항성
- 유무기계 하이브리드 보수재의 화학적 침식 저항성
- 유무기계 하이브리드 보수재의 UV 저항성

(5) 시험시공 및 모니터링 평가
- 개발된 보수재의 현장적용성 평가
- 현장적용 보수재의 모니터링 평가

제2장

콘크리트 구조물의 보수보강에 대한 이론적 고찰

2.1 콘크리트 구조물의 보수보강 기준

2.1.1 대상부재가 구조부재인 경우의 허용균열폭

균열로 인한 강재의 부식은 철근의 콘크리트 덮개, 구조물이 놓이는 환경 등에 따라 크게 영향을 받는다. 대상부재가 구조부재인 경우에는 측정균열폭이 표 2.1의 허용균열폭보다 적은 경우에는 보수할 필요가 없고, 허용균열폭보다 큰 경우에는 보수가 필요하다. 강재 부식에 대한 환경조건은 표 2.2를 따른다. 다만 표 2.1에 적용될 수 있는 피복두께는 10cm 이하를 표준으로 하여야 한다.

표 2.1 허용 균열폭 Wa(mm)

강재의 종류		강재의 부식에 대한 환경 조건			
		건조 환경	습윤 환경	부식성 환경	고 부식성 환경
이형 철근	건물	0.4mm	0.3mm	0.004tc	0.0035tc
	기타 구조물	0.006tc	0.005tc		
프리스트레싱 긴장재		0.005tc	0.004tc	-	-

여기서 tc 는 최외단 철근의 표면과 콘크리트 표면 사이의 콘크리트 최소 피복두께(mm)

표 2.2 강재의 부식에 대한 환경조건의 구분

건조 환경	일반 옥내 부재, 부식의 우려가 없을 정도로 보호한 경우의 보통 주거 및 사무실 건물 내부
습윤 환경	일반 옥외의 경우, 흙속의 경우
부식성 환경	- 습윤 환경과 비교하여 건습의 반복작용이 많은 경우, 특히 유해한 물질을 함유한 지하수위 이하의 흙속에 있어서 강재의 부식에 해로운 영향을 주는 경우, 동결작용이 있는 경우, 동상방지제를 사용하는 경우 - 해양 콘크리트 구조물 중 해수중에 있거나 극심하지 않은 해양환경에 있는 경우(가스, 액체, 고체)
고 부식성 환경	- 강재의 부식에 현저하게 해로운 영향을 주는 경우 - 해양콘크리트 구조물 중 간만조위의 영향을 받거나 비말대에 있는 경우, 극심한 해풍의 영향을 받는 경우

2.1.2 내구성 확보를 위한 허용균열폭

대상부재가 구조부재 여부에 관계없이 내구성을 확보하기 위한 보수기준으로서 허용균열폭은 표 2.3에 따른다.

표 2.3 내구성에서의 허용균열폭

조 건	허용균열폭 w_a (mm)
건조 환경	0.40
습윤 환경	0.30
부식성 환경	0.20
고부식성 환경	0.15
수밀성 구조	0.10

2.1.3 구조적 안전성, 내구성 및 방수성을 고려한 보수판정기준

구조적 안전성, 내구성, 방수성을 고려한 보수기준은 표 2.4와 같다. 대인 안전성의 문제가 있거나 기타의 경우에는 조사자료, 원인 추정, 구조계산에 의해 얻어진 결과를 기초로 한 전문기술자의 판단에 따르지만, 균열로 인한 박리, 박락, 탈락의 가능성이 분명한 경우에는 보수가 필요한 것으로 판정한다.

표 2.4 구조적 안전성, 내구성, 방수성 측면에서의 보수기준

분 류	평 가	균열폭 (mm)		
		구조적 안전성 기준	내구성 기준	방수성 기준
미세균열 (Fine)	구조적 문제는 없음 보수 불필요 균열 관찰 관리	구조적 허용균열폭 w_a 이하	환경조건별 허용균열폭 w_a 이하	0.1 이하
중간균열 (Medium)	구조적 문제의 검토 균열보수 균열부위 관찰 관리	w_a ~ 0.5	w_a ~ 0.5	0.1 ~ 0.2
광폭균열 (Wide)	구조내하력 저하 구조적 검토 필요 즉각적인 균열보수	0.5 이상	0.5 이상	0.2 이상

2.2 노후 콘크리트 구조물의 보수보강 기술

노후 구조물 보수·보강 기술은 시설물의 내구성능을 회복 또는 향상시키는 것을 목적으로 한 유지관리 대책을 의미하며, 보강이란 부재나 구조물의 내하력과 강성 등의 역학적인 성능을 회복, 혹은 향상시키는 것을 목적으로 한 대책을 의미한다. 주로 보강은 안전진단(성능평가) 상태평가 및 안전성 평가 결과를 상세히 검토하여 활용하며, 보수는 상태평가 결과를 활용하여 구조물의 중요도, 발생된 결함의 종류 및 정도, 사용 환경조건 및 경제성 등을 고려하는 것으로 구분할 수 있다.

현재 적용가능한 보수보강 주요 기술은 부재안전율 기준에 따라 증설공법, 강판보강법, 연속섬유보강법, 외부 프리스트레싱 보강법 등이 있으며 보수공법은 주로 발생된 손상(균열)의 크기에 따라 표면 피복공법, 주입공법, 충전공법 및 전기화학적공법 등으로 구성되어 있다.

표 2.5 노후 구조물 보수보강 주요 기술

구 분		주요 내용
보강공법	단면증설공법	기존 구조물의 부족한 내력을 보완하기 위하여 부재의 단면을 증대시키는 공법으로, 휨부재 보강, 압축재 보강, 슬래브 보강공법 등으로 구성
	보강형 증설공법	기존 바닥판 하면의 거더 사이에 1~2개의 세로보를 증설하여 바닥판의 지간을 줄여줌으로써 윤하중에 의한 모멘트를 경감시키거나 가로보를 보강 해줌으로써 교량 전체의 보강효과를 꾀하는 공법
	강판보강법	콘크리트 바닥판(Slab)면, 보 또는 기둥면에 강판을 접착하여 기존 콘크리트 구조물과 일체화시켜 콘크리트 열화와 철근의 부식을 방지함을 물론 하중에 대한 내하력을 증가시키는 공법으로 강판압착공법과 부착주입공법 등이 대표적
	연속섬유 (FRP) 보강법	열화된 콘크리트 표면 전체를 제거한 후 보강섬유를 에폭시 수지로 함침하면서 부착시켜 강인한 보강섬유층을 형성케하여 콘크리트 표면을 보강하는 공법 탄소섬유 보강공법, 아라미드섬유 보강공법, 유리섬유 보강공법 등
	외부 프리스트레싱보강법	기존 구조물에 새로운 PS 긴장재를 추가 배치하여 프리스트레스력을 부여함으로써 부재에 발생하고 있는 인장응력을 감소시켜 균열을 복귀시킬 뿐만 아니라 압축응력을 부여하는 것을 목적으로 하는 공법 마찰지지방식, 지압지지방식, 직선배치방식, 외케이블 공법 등
	교체공법	손상된 부분이나 구간 전체를 제거하고 교체해 손상을 받지 않은 부분과 같은 정도의 기능으로 회복하는 공법 부분교환 공법, 부재교환 공법, 급속교체 공법 등
	앵커공법	균열이 구조내력에 지장을 주는 경우 균열부분을 강봉으로 봉합시켜 내하력을 회복시키는 공법 프리스트레스가 도입된 강봉에 의한 전단 보강, 경사방향 강선·강봉에 의한 보강, 움직이는 힌지를 적용한 전단 보강 등
보수공법	표면피복공법	일반적으로 0.2mm 이하의 미세한 균열에 사용하며 균열 위에 도막을 형성하여 방수성, 내구성을 향상시키는 목적으로 실시하는 공법 유기계피복공법, 무기계피복공법, 면합침공법 등
	주입공법	일반적으로 0.2mm를 초과하는 균열에 사용되며 균열 내부에 점성이 낮은 수지계 또는 시멘트계 재료를 주입하여 콘크리트와 일체화 시키고 방수성과 내구성을 향상시키는 공법으로 저압식, 고압식 등으로 구성
	충전공법	비구조적 균열폭이 0.5mm 이상의 비교적 큰 경우의 보수에 적합한 공법으로 균열을 따라 모르타르 마감 또는 콘크리트를 절단하여 그 부분에 보수재를 충전하는 방법
	전기화학적 보수	양극(+)으로부터 콘크리트 중의 강재로 직류전류를 흘려 전기화학작용을 이용하여 강재부식에 의한 열화를 억제하는 것으로 콘크리트 구조물의 내구성을 향상시키는 공법 전기방식 공법, 탈염 공법, 재알칼리화 공법, 전착 공법 등

※출처 : 국토해양부, 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침해설서(2012.12),
한국시설안전공단, 시설물의 보수·보강 방법 및 수준결정에 관한 연구(2011.12),
한국건설기술연구원, 콘크리트 교량의 보수·보강 재료 품질기준 및 공법 평가기준 개발 연구 보고서(2003.09)
건설교통부, 신설 및 노후교량 구조물의 개선된 내하력 평가시스템 및 보수기법 개발(1996.10).

2.3 보수보강 재료

2.3.1 요구조건

보수·보강재료는 그 용도 및 목적에 적합한 품질을 가진 것 중에서 선정한다. 또한 적절한 시험방법, 사용 실적 또는 신뢰할 만한 자료를 통해 그 품질과 성능이 확인된 것을 사용한다.

균열보수·보강재료의 요구조건에는 사용 및 노출조건, 시공 및 양생조건, 시공법과 시공 특성, 재료의 사용자 요구조건, 내하력 요구조건, 보수·보강재료의 내구성능 조건, 보수·보강공사의 허용오차 한계, 보수·보강범위와 기하조건 등이 있으므로 재료의 선정시 이들을 충분히 고려하고, 검정시험(mock-up test)의 결과에 따라 선정되어야 한다.

2.3.2 보수재료

보수재료에는 표 2.6과 같이 여러 종류의 재료들이 있다. 따라서 각 재료별 특성을 파악하여 보수에 적합한 요구성능을 가진 재료를 선택하는 일은 중요하다.

표 2.6 보수재료의 종류

보수재료의 종류		재 료 명 및 조 성	
콘크리트 구체처리재	도포함침재	침투성흡수방지재	실리콘계, 실런트계, 변성폴리에스테르수지계 등
		침투성고화재	무기계 : 규산염계, 콜로이달실리카계, 규소화물계 등
		무기질침투성방수재	(시멘트, 규산소다, 수용성실리카, 알루미나, 산화칼슘등의 혼합물)+(물) 또는 (폴리머디스펜션)
		침투성알카리성부여재	규산리튬 등
		도포용방청재	아소산칼슘계, 아소산리튬계 등
	폴리머함침재	메타크릴산메틸모노마와 스틸렌모노마에 가교제, 개시제 등을 배합한 것	
철근방청처리재	폴리머시멘트계	SBR계, PAE계 등의 폴리머시멘트 (방청제첨가계를 포함)	
	합성수지계	에폭시수지계, 아크릴수지계, 우레탄수지계 등의 합성수지계프라이머와 도료	
	녹전환도제	인산, 유기산, 킬레이트화제 등을 배합한 도료	
단면복원재(패칭재)	폴리머시멘트 모르터	SBR계, EVA계, PAE계 등의 폴리머시멘트모르터(방청제첨가계를 포함) (재유화형분말수지를 배합한 기조합제품의 이용이 증가)	
	폴리머모르터	폴리에스테르수지계, 에폭시수지계, 아크릴수지계 등의 폴리머모르터(레진모르터) (경량골재를 사용한 것이 많음)	
	시멘트모르터 또는 콘크리트	보통포틀랜드시멘트, 조강포틀랜드시멘트, 초속경포틀랜드시멘트, 골재, 콘크리트혼화용화학혼화제 등을 배합한 보통시멘트모르터 또는 콘크리트	
바탕조정·보호재	폴리머시멘트 모르터	위와 같음	
	폴리머모르터	위와 같음	
마감재(피복재)	침투성 흡수방지재	위와 같음	

	도료	아크릴수지계, 아크릴우레탄수지계, 아크릴실리콘수지계, 불소수지계 등의 도료
	마감도재	시멘트계, 폴리머시멘트계, 합성수지에멀션계, 합성수지용제계 등의 얇게 바르는 마감도제, 두껍게 바르는 마감도재, 복층마감도재 등
	도막방수재	아크릴고무계, 우레탄고무계 등의 도막방수재와 폴리머시멘트모르터와 폴리머시멘트계 도막방수재
	성형품、프리캐스트 제품	금속, FRC 및 GRC제 피복판넬 및 폴리머시멘트모르터와 폴리머함침콘크리트제의 버리는 거푸집(영구거푸집)
균열용 주입재	수지계	주입용에폭시수지, 주입용가요성에폭시수지, 폴리머모르터, 도막탄성방수재
	시멘트계	폴리머시멘트페이스트, 시멘트 충전재, 팽창시멘트주입재, 폴리머시멘트슬러리, 폴리머시멘트모르터
	실링계	실리콘계, 우레탄계, 폴리살화이드계 등

균열보수공법에는 일반적으로 표면처리공법, 주입공법, 충전공법, 기타의 공법이 있고, 공법에 따라 사용재료가 상이하게 된다. 균열보수에 사용되는 재료의 종류와 보수공법사이의 관계는 표 2.7과 같다.

표 2.7 균열보수재료의 종류와 보수공법

구 분	보수재료의 종류	표면처리공법	주입공법	충전공법
수지계 재료	폴리머 모르터			○
	에폭시수지		○	○
	가소성에폭시수지		○	○
	탄성실링재	○		○
	도막탄성방수재	○		
시멘트계 재료	폴리머시멘트슬러리		○	
	폴리머시멘트페이스트	○		
	폴리머시멘트모르터			○
	시멘트충전재	○		
	팽창시멘트주입재		○	

2.3.3 보수재료의 평가

보수재료는 소유자의 요구조건, 구조물의 사용조건 및 환경조건, 보수시공시의 작업조건 등에 따라 설정된 요구성능이 그 요구수준을 만족하지 않으면 안된다. 일반적으로 이 작업은 각종 조건하에서 재료에 요구되는 기능 등을 고려해서 요구성능을 설정하고, 이 요구성능에 대응하는 재료의 구체적인 특성치(품질)가 요구수준을 만족시키는가를 현장 검정시험(mock-up test)에 의해 확인되어야 한다. 이 경우에는 재료의 각 요구성능에 대응하는 특성과 그 요구 수준의 설정이 재료의 선택에 중요하다.

(1) 보수재료의 특성

재료의 각 요구성능을 구체적으로 평가하기 위한 특성과 그 요구수준은 각종 조건에 따라 다르기

때문에 조건별로 필요한 특성을 정리하는 것이 이해하기 쉽다. 즉, 다음의 사항으로 나누어 재료특성을 평가하며, 평가의 주요요인은 표 2.8과 같다.

표 2.8 보수재료 특성의 분류

조건	보수재료의 특성	특성평가 요인
구조물의 기본성능	건조수축률, 크리프	특성치
	압축강도, 부착력, 열팽창계수, 탄성계수	보수부위의 콘크리트
	마모특성, 충격특성	동적하중의 작용
사용 및 환경조건	내후성, 내약품성, 균열저항성, 동결융해성, 내오염성	경년에 대한 안정성
	내투수성, 내투습성, 내염화물침투성	초기의 특성치
	열팽창계수	보수부위의 콘크리트
작업조건	저건조수축성, 유동성, 점착력, 접착력, 조강성, 사용가능시간, 시공가능두께	작업성의 우열
경제적 조건	가격	유지관리계획

(2) 보수재료 평가에 관한 고려방법

재료특성치를 순위로 분류하는 것으로서 보수재료의 성능을 평가한다.

우선, 각 재료특성치를 그 순위설정방법의 차이에 따라서 다음과 같이 분류하며 그 예는 표 2.9와 같다.

표 2.9 특성치 순위 설정의 예

<table>
<tr><th>순위설정의 요인</th><th colspan="4">순위와 그 설정 예</th></tr>
<tr><td rowspan="7">특성치
(예 : 저건조수축성, 크리프특성 등 체적 변화에 관한 특성)</td><td colspan="4">특성치로 성능이 평가됨</td></tr>
<tr><td>평점</td><td>내용</td><td colspan="2">(예) 건조수축율과 재료 예</td></tr>
<tr><td>5</td><td>극히 양호</td><td colspan="2">프리팩트 콘크리트</td></tr>
<tr><td>4</td><td>양호</td><td colspan="2"><0.05% 에폭시모르터</td></tr>
<tr><td>3</td><td>사용가능</td><td colspan="2" rowspan="2">0.05≤ <0.10% 폴리머시멘트모르터,시멘트모르터,시멘트콘크리트</td></tr>
<tr><td>2</td><td>약간 떨어짐</td></tr>
<tr><td>1</td><td>사용불가</td><td colspan="2">0.10%<</td></tr>
<tr><td rowspan="6">보수부위의 콘크리트
(탄성계수, 열팽창계수 등 거동에 따른 특성 등)</td><td colspan="4">보수부위의 콘크리트품질과 비교해서(비율 등으로)특성이 평가됨</td></tr>
<tr><td>평점</td><td colspan="2">내용</td><td>평점</td><td>내용</td></tr>
<tr><td>5</td><td colspan="2">보수부위의 콘크리트와 동등</td><td>2</td><td>보수부위의 콘크리트와 약간 다름</td></tr>
<tr><td>4</td><td colspan="2">보수부위의 콘크리트와 거의 동등</td><td>1</td><td>사용불가</td></tr>
<tr><td>3</td><td colspan="2">보수부위의 콘크리트에 가까움</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="5">경년변화
초기 특성치
(투수성, 투습성,
투기성, 염분침투성 등)</td><td colspan="4">경년에 따른 재질변화에 영향을 미치는 특성을 대상으로 함. 특성은 초기치로 나타내고, 경년열화는 위의 내구성으로 평가함</td></tr>
<tr><td>평점</td><td>내용</td><td>평점</td><td>내용</td></tr>
<tr><td>5</td><td>극히 양호</td><td>2</td><td>허용성능수준과 동등</td></tr>
<tr><td>4</td><td>양호</td><td>1</td><td>사용불가</td></tr>
<tr><td>3</td><td>적용가능</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="5">작업성의 우열
(건조수축성, 슬럼프,
점착력, 접착력,
조강성,
사용가능시간)</td><td colspan="4">시공결함 및 균열 등이 발생하지 않도록 특성치를 설정함</td></tr>
<tr><td>평점</td><td>내용</td><td>평점</td><td>내용</td></tr>
<tr><td>5</td><td>극히 양호</td><td>2</td><td>시공에 특별한 주의가 필요</td></tr>
<tr><td>4</td><td>양호</td><td>1</td><td>적용불가</td></tr>
<tr><td>3</td><td>적용가능</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

2.3.4 보강재료

주된 보강재료에는 탄소섬유 쉬트, 유리보강섬유, 아라미드 섬유, 강재 등이 있다.

(1) 탄소섬유 쉬트

탄소섬유 쉬트의 구성재료는 에폭시 수지와 탄소섬유인데, 탄소섬유는 직경이 7～14㎛의 연속섬유로서 직경이 매우 작기 때문에 인장응력이 집중되기 쉽고 돌출부에 약한 특징을 가지고 있으며, 제조방법에 따라 피치계, PAN계, 성능상 고강도형 및 고탄성형으로 나누어진다. 그 강도가 철근에 비하여 매우 높고(약 10배), 탄성율은 거의 동등하며 강재와 달리 항복현상이 없다는 역학적 특성을 갖고 있으며, 철근과 비교하여 경량이고 (약 1/4) 녹이 슬지 않아 내구성이 뛰어나며 유연성이 있기 때문에 작업성에서 우수한 기능적 특성을 가지고 있다. 탄소섬유의 사용형태는 섬유를 겹쳐서 실모양으로 한 탄소섬유 스트래드형과 섬유를 일방향으로 배열해 만든 탄소섬유쉬트형이 있으나 보강공법에는 일반적으로 탄소섬유쉬트를 사용하는 경우가 대부분이다.

(2) 유리보강 섬유

유리보강 섬유의 구성재료는 에폭시 수지와 유리섬유이며, 이중 유리섬유는 촙드 스트랜드, 매트 로빙크로스, 얀 크로스, 서피스 매트류 등이 사용된다. 유리섬유는 인장강도가 크며, 충격에너지의 흡수량이 크고, 내열성이 우수한 특징이 있다. 또한 불연성이며 화학적 내구성이 우수하고, 비흡수성으로 표면수분 흡착율이 0.3% 이하이며, 전기적 저항성이 우수하다.

(3) 강재

보강공법에 사용되는 강재는 보통 강판, 철근, H형강, I형강 등이 사용되며, 이와 같은 보강재는 보강공법에 따라 적합한 것을 선택ㆍ사용해야 하며, 보통 강재와 강재의 접합에는 강재 볼트접합이나 용접이 이용되고, 콘크리트와 강재와의 접합에는 앵커용 볼트가 사용된다. 강판접착보강공법의 경우 강판은 SS400이 일반적으로 사용된다. 강재의 역학적 특성은 인장시험, 휨시험, 충격시험 등의 재료시험을 통하여 결정된다. 강재의 시험은 한국공업규격(KS)에서는 인장시험을 KS B 0801, KS B 0802에, 휨시험을 KS B 0803, KS B 0804에, 충격시험을 KS B 0809, KS B 0810에 규정하고 있다.

2.4 유무기계 하이브리드 보수재

2.4.1 유무기계 하이브리드 보수재의 일반적 특성

기존에 사용되는 보수재료 중 무기계 보수재료는 폴리머 모르타르, 에폭시수지 모르타르 등이 있다. 이러한 재료는 높은 압축강도를 가지는 특성을 가지고 있으나 파괴의 형태가 취성으로써 약한 충격에도 파손되며 반복하중에 의한 저항성이 낮은 약점을 내포하고 있다. 뿐만 아니라, 부착력이 작아 구조물에 적용 후 단기간에 단면이 탈락되어 구조물의 기능에 더욱 떨어뜨리기도 한다.

최근 상기에 언급한 단점을 개선하여 물리적 성질이 우수한 폴리우레탄 계열의 보수재료에 대한 관심이 고조되고 있으며, 이를 도로시설물에 적용하기 위한 연구가 점차적으로 시도되고 있다. 폴리우레탄 계열의 유기계 수지는 주제와 경화제를 적정 비율로 혼합하여 다양한 필러를 추가하여 사용할 수 있으며, 다른 폴리머 재료와 다르게 현장에서 작업자가 사용하기 용이하고 높은 부착성능 및 휨강도가 우수한 특징을 가지고 있다.

폴리우레탄계 보수재료에 대한 연구로써, Almusallam 등(2003)은 콘크리트의 염해저항성, 화학저항성, 흡수율 평가를 통하여 폴리우레탄계 보수재료의 우수성을 실험적으로 증명하였으며, Al-Zahrani 등(2002)은 폴리우레탄계 보수재료의 부식저항성 및 강도특성에 대한 연구결과를 보고함으로써 콘크리트용 유기계 보수재료의 종류 및 최적배합의 중요성에 대하여 발표하였다. 또, 염해환경에 노출된 콘크리트 구조물의 내구성능 확보를 위한 예방적 보수재료로써 폴리우레탄 계열 보수재료의 우수성은 Moradllo 등(2013)에 의하여 보고되는 등 폴리우레탄계 보수재료에 대한 연구는 전세계적으로 많이 수행되어 오고 있다.

일반적으로 폴리우레탄 용 Polyol의 종류로는 Polyether Polyol, Polypropylene Glycol, Polytetra-methylene Glycol, Polyethylene Glycol 등이 있다.

경화체 형성을 위한 유기계 결합재의 주제(main resin)는 Polyol 중 탄성력이 우수하며 저온에서도 경화가 가능한 특성을 가진 Polyester Polyol과 피마자유를 혼합한 것이며, 경화제(hardener)는 이소시아네이트계의 4,4- Diphenylmethane diisocyanate를 사용하였다(Kim et al., 2011). 또, 유기계 결합재의 최적 비율에 대해서는 주제 및 경화제의 비율을 1 : 2로 혼합하여 폴리우레탄을 제조할 수 있다. 유기계 결합재인 폴리우레탄의 중합반응식을 나타낸 것이 그림 2.1이다.

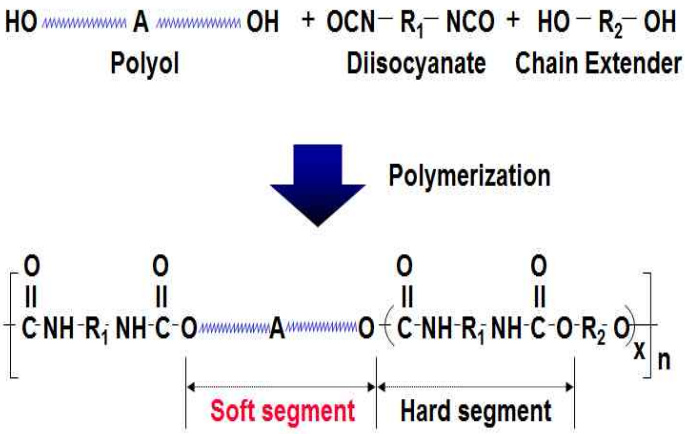


그림 2.1 중합반응식

2.4.2 유무기계 하이브리드 보수재의 물리적 특성

□ 기계적 특성

표 2.10 사용원료의 기계적 특성

측정항목	단위	측정방법	측정수치
100% Modulus	kg/cm^2	ASTM D 638	28
200% Modulus	kg/cm^2	ASTM D 638	112
300% Modulus	kg/cm^2	ASTM D 638	-
Tensile Strength	kg/cm^2	ASTM D 638	202
Elongation	%	ASTM D 638	250

□ 유리전이온도

- 유리전이온도란 고체 상태에서 유동성 액체 상태로 형이 변화하는 온도로 일반적으로 Tg값이 낮을수록 재료는 유연성을 가지게 되며 Tg값이 높을수록 강성이 있는 성향
- 시험장비는 DSC로 분석을 진행하며, 유리전이온도(Tg)를 측정
- 실험결과 FM-200A(주제)의 유리전이 온도는 -53.09℃이며 FM-200B(경화제)의 유리전이온도는 -61.01℃으로 확인

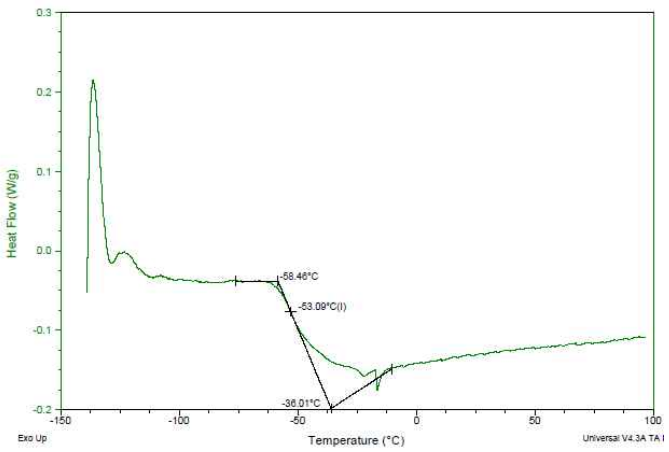


그림 2.2 FM-200A(주제) 유리전이온도

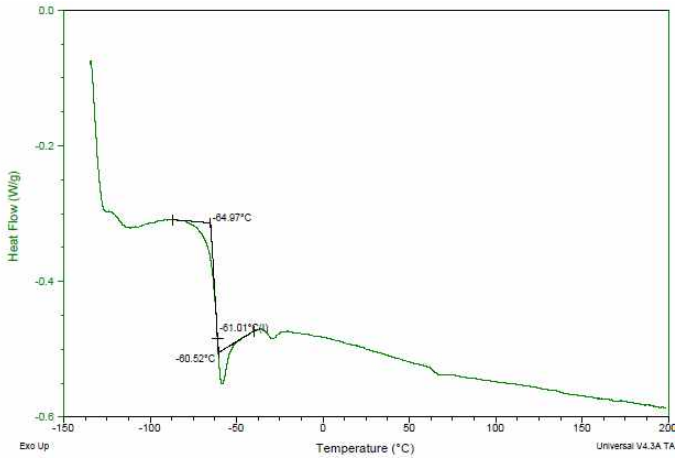


그림 2.3 FM-200B(경화제) 유리전이온도

□ 내열성

- 열에 대한 저항성이 우수한 재료로 설계가 진행
- 내열성열분석 실험은 KS M 6518에 따라 노화시험기(Rubber Aging Tester)로 진행하였으며 최대 300℃까지 측정이 가능한 시험기로 진행
- 내열성 실험은 0℃부터 진행되며 시편을 크기를 50mm*50mm Film으로 제작하여 온도를 올려 Film이 녹아 흘러내리는 온도가 내열성의 평가
- 실험결과 내열성이 300℃이상이 측정되어 내열성이 매우 우수한 것으로 평가됨

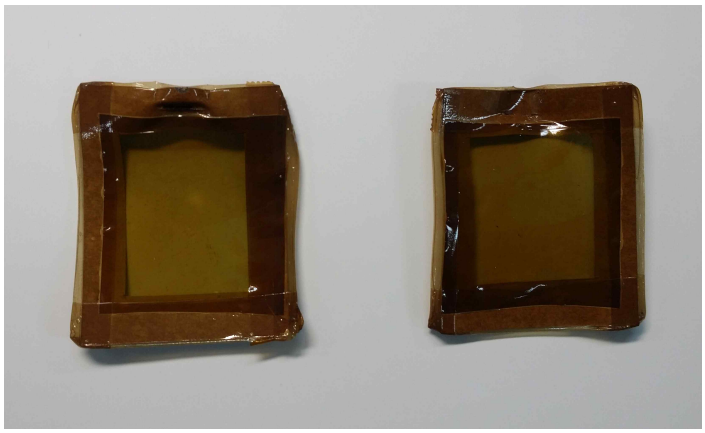


그림 2.4 내열성 실험

제3장

콘크리트 포장 및 시설물의 열화원인 조사

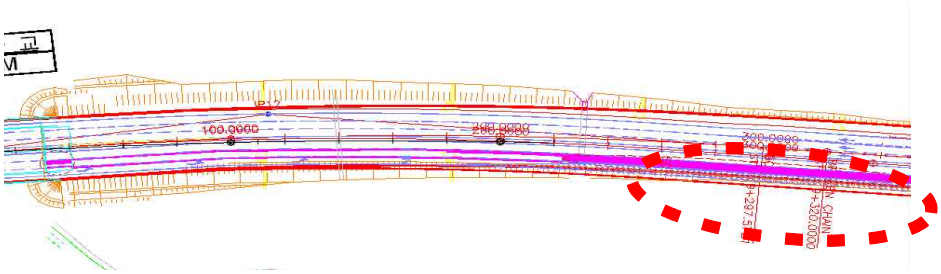
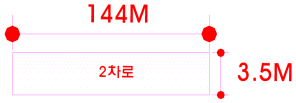
3.1 콘크리트 포장 및 시설물 열화 현장조사

3.1.1 콘크리트 포장

조사대상 구조물은 경기북부 및 서울시 도로의 콘크리트 포장 및 도로 콘크리트 시설물로 현장 상황을 표 3.1 - 표 3.3에 나타내었으며, 그림에서 알 수 있듯이 현장에 설치된 콘크리트 구조물의 표면이 심하게 파손된 것을 알 수 있다.

차량의 통행이 아직 많지 않은 곳이나 2010년 준공이후 지속적인 제설제의 사용으로 표면의 손상이 급격히 발생하고 있는 것을 확인하였다. 이에 대한 원인 조사를 위하여 일부 구간에서 코어 채취를 실시하였다.

표 3.1 AA시 국도 우회도로 (북부방향, 콘크리트 포장)

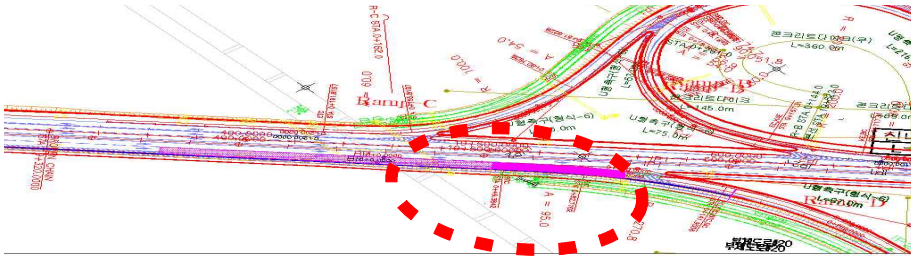
<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td></tr>
<tr><td>도로 단면
  </td><td>○ 콘크리트 탈락(대체로 심함)
※ 면적: 길이:144m, 폭:3.5m
=144*3.5m=504m^2

● 콘크리트 타설일자: 2010년</td></tr>
</table>

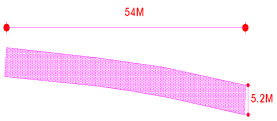
표 3.2 AA시 국도 우회도로 (북부방향, 교차로)







교차로 단면



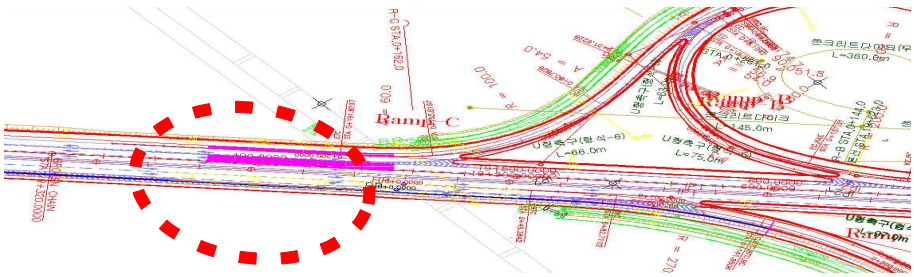
○ 콘크리트 탈락(매우심함)
※ 면적: 길이:54m, 폭:5.2m
=54*5.2m=28.08m^2

● 콘크리트 타설일자: 2010년

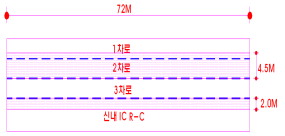
표 3.3 AA시 국도 우회도로 (남부방향, 교차로진입)







도로단면



○ 콘크리트 탈락현상
※ 면적: 길이:72m, 폭:6.5m
=72*6.5m=468m^2

● 콘크리트 타설일자: 2010년

3.1.2 도로 부대 시설물

그림 3.1 - 3.7은 본 연구에서 가장 중점을 두고 있는 도로 콘크리트 시설물의 손상상태를 정리하여 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 도로 콘크리트 시설물은 차량의 이동이 적으며, 상대적으로 겨울철 및 우기에 많은 염분과 오물이 쌓여 이로 인한 손상으로 보이는 스케일링 현상이 두드러지게 나타나는 것을 확인되었다.

본 구간에서도 일부 콘크리트 코어 시편을 채취하여 도로 콘크리트 시설물의 손상 원인을 기기분석과 염분함유량 측정을 통하여 조사하였다.



그림 3.1 도로 측구 콘크리트 구조물 손상



그림 3.2 이면도로 측구 및 경계석 파손



그림 3.3 교차로 주변 콘크리트 시설 파손



그림 3.4 도로주변 콘크리트 시설 파손



그림 3.5 고가 아래 도로 콘크리트 시설물 파손



그림 3.6 도로 교량 상부 콘크리트 시설 파손



그림 3.7 자동차 전용도로 콘크리트 시설물 스케일링

3.2 콘크리트 포장 및 도로 시설물의 손상원인조사

3.2.1 콘크리트 포장 및 도로 시설물의 염분량

콘크리트중의 염분량은 굳지 않은 콘크리트의 경우 0.3%로 규정하고 있으며, 굳은 콘크리트에서 구조물의 수명 평가 기준으로 철근의 부식을 일으킬 수 있는 임계염화물량 1.2kg/㎥을 기준으로 두고 있다. 본 연구에서는 염분에 대한 손상 정도를 철근 부식이 발생하는 임계염화물량을 기준으로 평가하였다.

그림 3.8에서 각 구조물의 손상부분과 건전부분의 깊이별 염분량을 측정한 결과를 나타낸 것으로, 건전부 콘크리트에서는 임계염화물량을 상위하는 염분량을 나타내지 않는 것으로 나타났다.

하지만 표면에 스케일링이 많이 발생하고 물의 흐름이 많은 L형 측구 표면의 경우는 여름철 많은 비로 인하여 염분량이 많이 희석되어 낮게 나타났지만 3mm이상에서는 기준치 2배 이상으로 증가하는 것을 확인 하였으며, 6mm까지는 증가되는 것으로 확인 되었다.

이와 같은 현상은 1차로 손상부위의 콘크리트에서도 나타났다. 이러한 염분의 침투는 20mm까지 기준을 상위하는 결과를 나타내었으며 이러한 침투는 공용기간이 질어지게 되면 지속적인 동결융해와 염분에 의한 복합열화 작용으로 가속화 될 것으로 판단된다. 그러나, 표면의 스케일링이 많이 발생한 3차로 콘크리트의 경우 상대적으로 스케일링은 많이 발생되었지만 내부의 침투가 적게 나타났다. 이러한 원인으로는 도로의 구배로 인하여 겨울철 눈 녹은 물의 흐름이 용이하여 고여있지 않고 흘러 크게 내부로의 침투가 적게 나타난 것으로 판단된다.

그러나, 손상을 받은 콘크리트의 경우 특히 표면의 스케일링이 발생한 구조물의 경우 반복적인 동결융해와 제설제의 사용뿐만 아니라 여름철 많은 강수와 높은 기온으로 인한 건습의 반복등 많은 열화 요인으로 표면의 손상은 급격히 증가 할 것이며, 이는 콘크리트 포장의 제 역할을 하지 못할 것으로 판단된다.

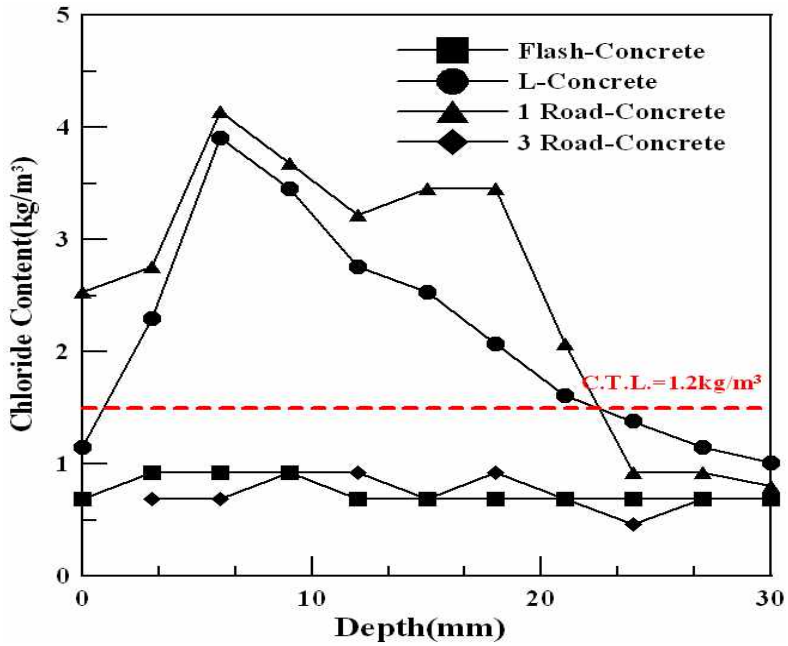


그림 3.8 구조물의 염분량 측정결과

3.2.2 콘크리트 포장 및 도로 시설물 기기분석

동결융해와 융빙제의 사용으로 인한 콘크리트 포장의 손상이 추측되는 자금~회천간 신규 포장도로의 손상 원인 분석을 위하여 포장된 도로에서 시험체를 채취하였다. 채취한 시험체를 이용하여 콘크리트의 손상 원인을 분석하고자 콘크리트 미세구조와 반응생성물 분석을 실시하였다.

건전부와 손상부 시험체를 각각 5cm까지 측정한 결과를 그림 3.9 - 3.12에 나타내었다. 건전부위의 경우는 표면과 내분에서 모두 콘크리트의 수화반응 생성물 중 강도와 치밀함을 좌우하는 수산화칼슘의 피크값이 잘 나타나는 것을 확인하였다.

그러나 앞의 염화물 분석과 같이 건전부와 손상부에 관계없이 동결융해와 염해의 복합열화에서 나타나는 팽창성 반응생성물인 ettringite와 동결융해시 발생하는 thaumasite, Friedel's salt가 표면에 나타나는 것을 확인 할 수 있었으며, 현장에서 타설한 콘크리트의 침투 깊이가 크게 나타난 시험체에서는 3cm이후에도 팽창성 반응생성물인 ettringite가 나타나는 것을 확인 할 수 있었다.

또한, 표면에 스케일링이 발생하지 않은 구간의 경우 나타난 반응생성물이 콘크리트 내부의 조직에 고정화되어 많은 양의 팽창성 물질을 생성함으로써 향후 스케일링 현상이 반복적으로 나타날 수 있을 것으로 판단되어 진다.

표 3.4 XRD에 의한 콘크리트 반응생성물

기 호	광 물 명
Q	Silicon Oxide (Quartz)
P	Portlandite
E	Ettringite
T	Thaumasite
F	Friedel's salt

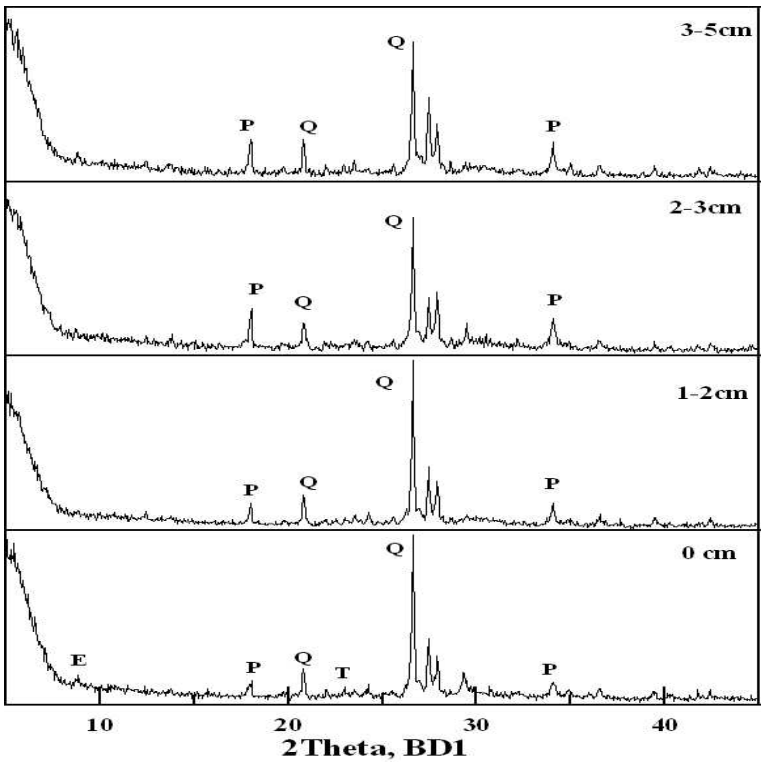


그림 3.9 XRD에 의한 반응생성물 (건전부)

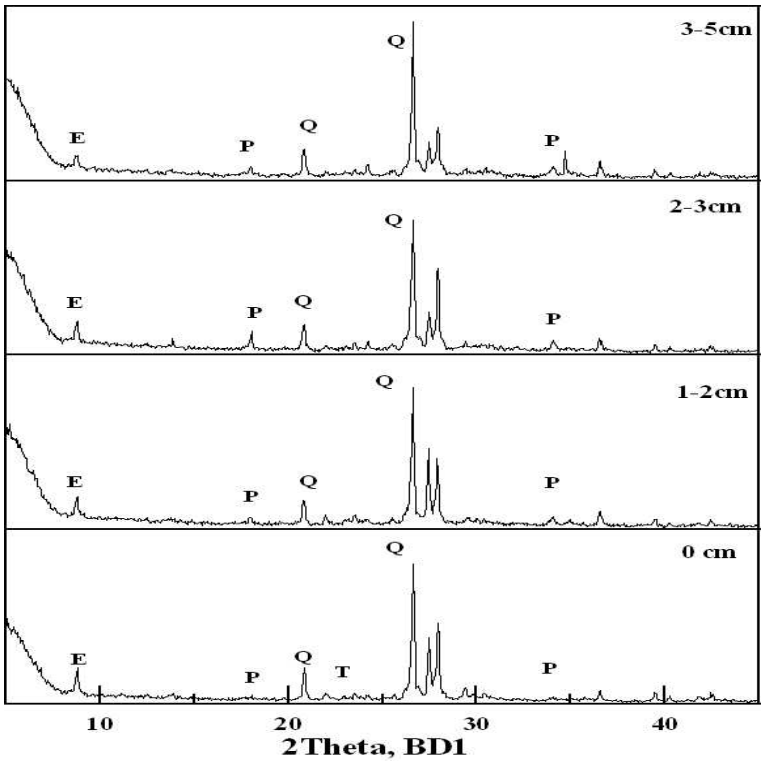


그림 3.10 XRD에 의한 반응생성물 (콘크리트 측구)

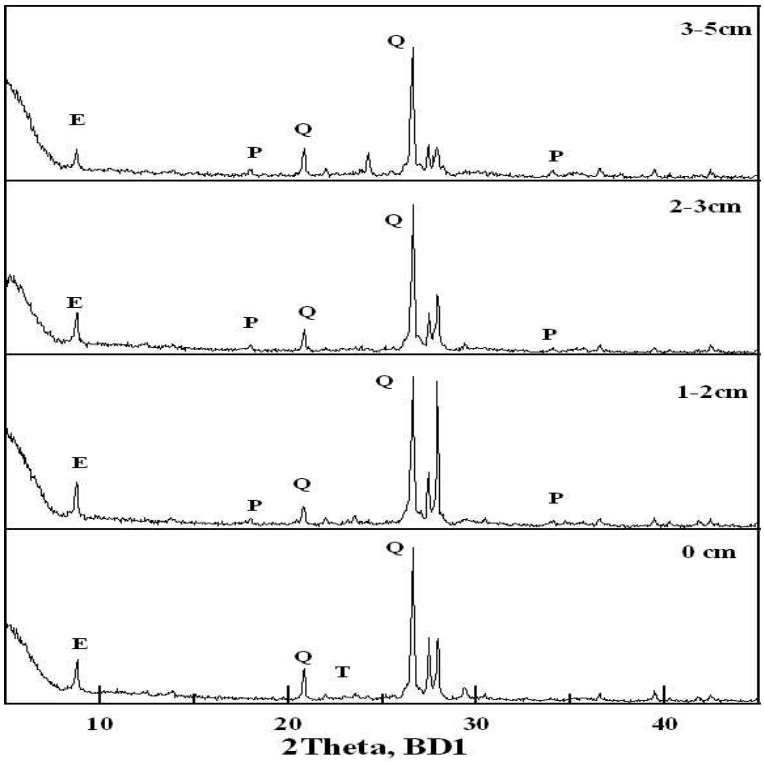


그림 3.11 XRD에 의한 반응생성물 (콘크리트 포장-스케일링 부분)

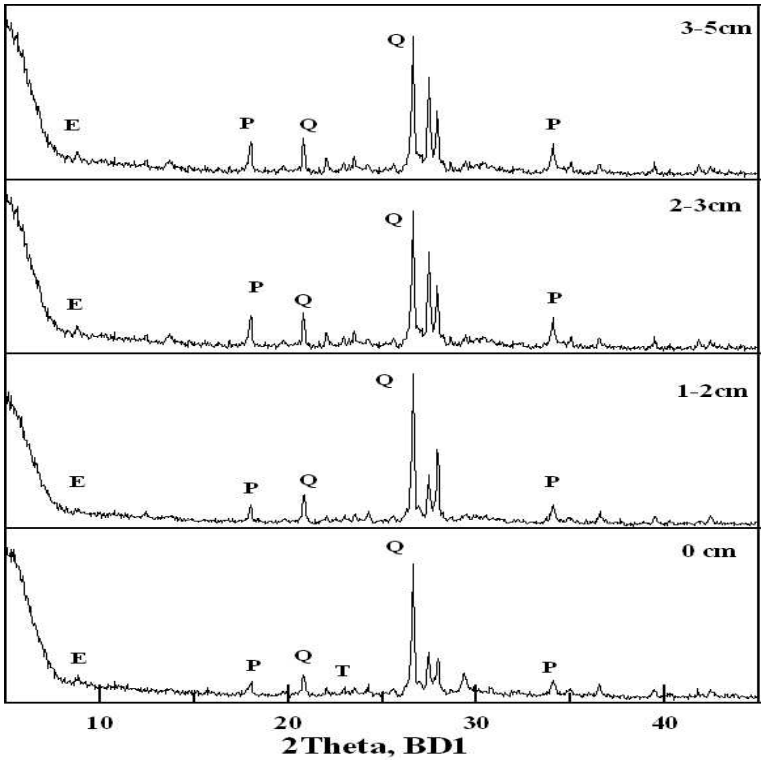


그림 3.12 XRD에 의한 반응생성물 (콘크리트 포장-건전부)

이상의 XRD 분석 결과를 바탕으로 건전부 시험체와 손상부 시험체의 미세조직을 SEM 기법을 이용하여 분석한 결과를 나타낸 것이 그림 3.13 - 3.18이다. 건전부의 그림 3.13 및 그림 3.14는 매우 조직이 치밀하고 균열이 없는 것을 알 수 있다. 또한 판상형의 수산화칼슘 내부 조직에서 잘 형성이 되어 있는 것도 확인하였다.

그러나 손상이 심한 측구와 포장 콘크리트의 경우는 표면에서 미세 조직에 균열이 발생되어 있는 것을 확인 하였으며, 이는 내부에 수분의 동결로 인하여 수분의 동결시 발생하는 팽창압으로 인하여 균열이 발생된 것으로 판단된다. 특히 그림 3.16의 경우는 3cm깊이에서도 내부 조직이 치밀함에도 불구하고 균열이 발생한 것으로 보아 수분의 침투시 염분의 침투가 동시에 이루어지면서 염분의 침투가 깊은 곳까지 이루어 진 것으로 판단된다.

손상 콘크리트 포장의 미세조직인 그림 3.17의 경우 표면의 균열 뿐만 아니라 염분의 침투에 의해 발생하는 팽창성 물질인 ettringite와 thaumasite가 생성되어 자리 잡고 있는 것을 확인 하였다. 이는 표면에서 나타 났지만 시간이 경과로 인하여 염분이 있는 내부 조직에서 발생시 복합열화 현상으로 급속한 콘크리트의 표면 스케일링 및 탈락현상이 나타날 것으로 사료된다.

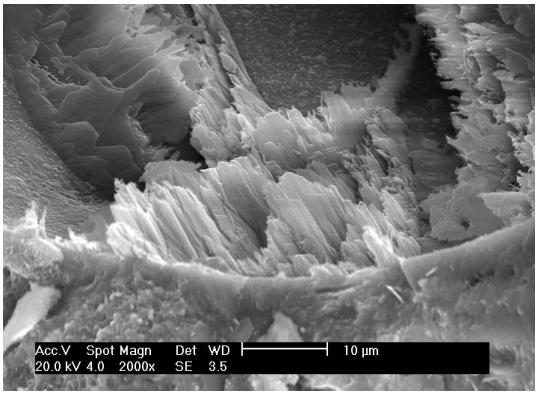


그림 3.13 SEM에 의한 미세구조 분석(건전부 표면)

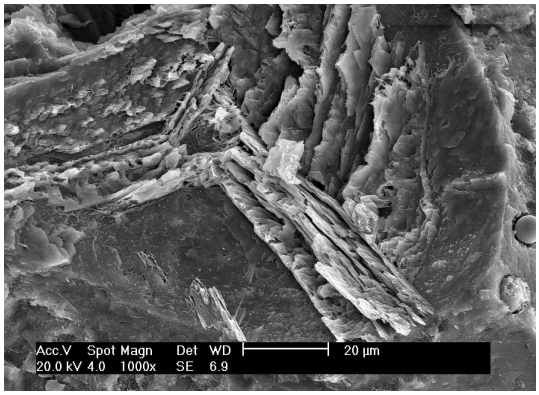


그림 3.14 SEM에 의한 미세구조 분석(건전부 2cm)

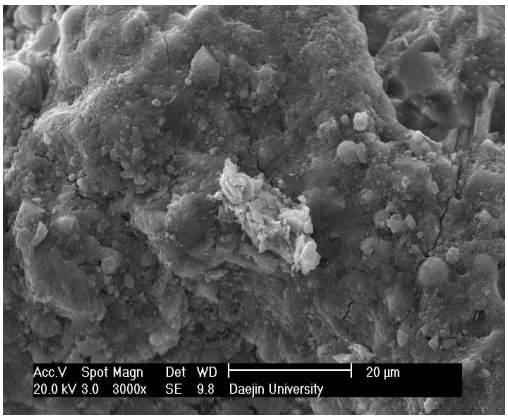


그림 3.15 SEM에 의한 미세구조 분석 (측구 표면)

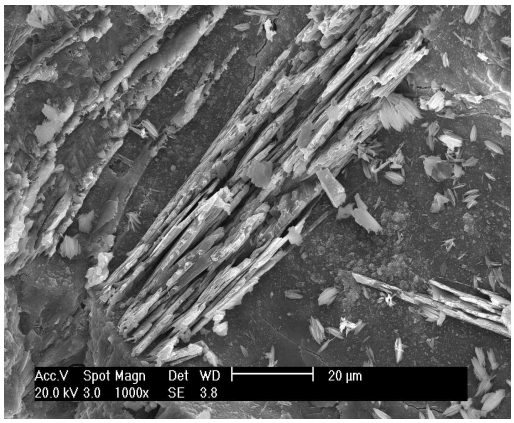


그림 3.16 SEM에 의한 미세구조 분석 (측구 3cm)

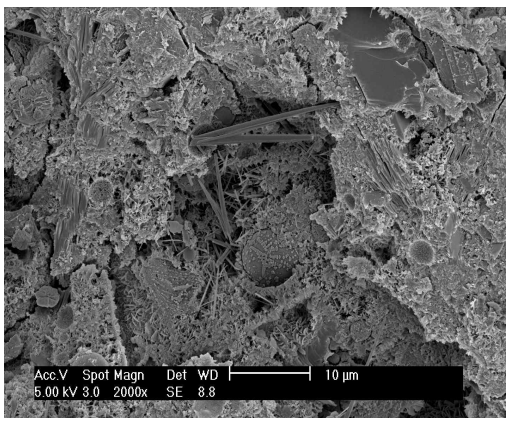


그림 3.17 SEM에 의한 미세구조 분석 (포장 표면)

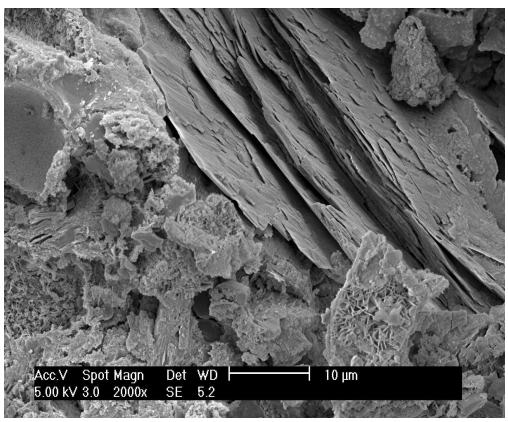


그림 3.18 SEM에 의한 미세구조 분석 (포장 3cm)

3.3 콘크리트 포장 및 도로 시설물의 성능향상 대책방안

콘크리트 포장 및 시설물의 내구성은 콘크리트의 품질과 매우 밀접한 관련이 있으며, 특히 콘크리트의 강도는 가장 중요한 요인이라 할 수 있다. 본 대상 구조물의 경우 콘크리트의 설계 강도가 설계 규정에 맞는 21MPa로 설계가 되었으나, 외부 요인에 의해 콘크리트 구조물이 손상되어 강도저하가 발생된 것을 확인하였다. 콘크리트 구조물이 손상된 이유는 최근의 급격한 환경변화에 따라 설계기준도 이에 맞게 적용되어야 하지만, 현장의 환경조건을 고려하지 않고 과거의 설계기준을 그대로 적용한 것에 문제가 있는 것으로 판단되어 진다.

콘크리트 표준시방서에서는 콘크리트 구조물의 노출 환경과 시공조건에 따른 최대 물-결합재비 및 최소설계기준 압축강도를 규정하고 있으며, 관련규정을 표 3.5와 3.6에 나타내었다. 표에서 알 수 있듯이 제빙화학제에 노출될 경우의 콘크리트의 설계기준강도는 30MPa로 기준하고 있으므로, 도로 공사중 부대 구조물의 경우에도 환경조건을 고려하여 적용하는 것이 옳은 것으로 판단된다.

표 3.5 내구성으로 정하여진 공기연행 콘크리트의 최대 물-결합재비(%)

시공조건 / 환경구분	일반 현장시공의 경우	공장제품 또는 재료의 선정 및 시공에서 공장제품과 동등 이상의 품질이 보증될 때
(a) 해중	50	50
(b) 해상대기중	45	50
(c) 물보라지역, 간만대지역	40	45

표 3.6 특수노출상태에 대한 요구사항

노출상태	보통골재 콘크리트 최대 물-결합재비	보통골재 콘크리트와 경량골재 콘크리트의 최소 설계기준압축강도 fck (㎫)
물에 노출되었을 때 낮은 투수성이 요구되는 콘크리트	0.50	27
습한 상태에서 동결융해 또는 제빙화학제에 노출된 콘크리트	0.45	30
제빙화학제, 염, 소금물, 바닷물에 노출되거나 이런 종류들이 살포된 콘크리트의 철근부식 방지	0.40	35

특히, 미국의 ACI 318 위원회에서는 동결융해와 염해를 동시에 받는 경우 콘크리트의 설계기준강도를 35MPa로 규정하고 있으므로, 국내에서도 복합열화를 받는 도로시설물의 설계기준강도를 상향 조정하여야 향후 이러한 문제점에 적극 대응할 수 있다고 판단된다.

제4장

유무기계 하이브리드 보수재의 역학적 성능 평가

4.1 개요

1970년대 이후 급격히 증가한 국내 사회기반시설물은 구조물 설계 및 재료품질에 대한 체계가 구축되기 이전에 건설되었으나, 최근 콘크리트 구조물에 대한 체계적인 유지관리의 필요성으로 인하여 노후 인프라구조물의 보수보강공법 및 재료에 대한 관심이 고조되고 있는 실정이다.

주지하다시피, 콘크리트는 철강재와 더불어 건설산업에서 가장 중요한 재료로 인식되고 있으며, 여러 가지 우수한 재료특성으로 인하여 많은 구조물에 적용되어 오고 있다. 그러나 콘크리트 재료의 효율적인 품질관리 미흡 및 이상기온 등의 열화환경으로 인하여 콘크리트 구조물의 성능은 떨어지게 되며, 내구수명도 단축되는 결과를 초래하게 된다. 콘크리트 구조물 중 콘크리트 포장에 대한 열화원인 및 그 대책에 대한 연구는 전세계적으로 많이 보고되고 있으나, 포장체를 제외한 측구, 배수구, 중앙분리대 등 콘크리트 도로시설물에 대한 유지보수 공법 및 보수재료에 대한 연구는 상대적으로 아직 체계화되지 못하고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 에폭시수지 모르타르보다 경제성이 우수하며, 친환경적인 폴리우레탄 계열의 유기계 재료와 탄산칼슘 및 실리카흄의 무기계 재료를 혼합하여 제작한 모르타르의 유동특성, 강도특성, 내구성 및 미세구조 분석을 통하여 유무기계 하이브리드 모르타르의 최적 배합을 도출하고자 한다. 또한, 개발된 내용은 콘크리트 도로시설물의 유지관리 기술 개선을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

4.2 실험개요

4.2.1 사용재료

(1) 결합재

본 연구에서는 콘크리트 도로시설물의 보수재료로써 고탄성 및 고부착력을 가지는 유무기계 하이브리드 보수재를 개발하기 위하여 유기계 결합재로서 폴리우레탄을 사용하였으며, 주제(main resin) 및 경화제(hardener)의 물리, 화학적 성질은 표 4.1과 같다.

표 4.1 유기계 결합재의 일반적 특성

Spec.	Main resin	Hardener
Appearance	Black	Transparent
Sol (%)	97.8	93.0
NCO (%)	-	23.1
Viscosity (Cps/25℃)	720	500
Component	Polyster Polyol	MDI, Prepolymer
Mixing Ratio	Main resin : Hardener = 2 : 1	
Hardness	shore A = 70	

본 연구에서 사용한 무기계 결합재는 KS L 5201에 준하는 보통포틀랜드시멘트(이하 OPC, ordinary portland cement)를 사용하였으며 화학성분 및 물리적 성질은 표 4.2와 같다.

표 4.2 OPC의 화학성분 및 물리적 특성

	Chemical composition(%)							Physical properties	
	SiO_2	Al_2O_3	FeO_3	CaO	MgO	SO_3	lg. loss	Density (g/cm^3)	Fineness (cm^2/g)
OPC	17.0	3.8	4.15	67.8	2.28	3.01	1.96	3.15	3,480

(2) 골재

본 연구에서 사용한 골재는 규사를 사용하였으며, 사용된 규사는 밀도가 약 2.6~2.7 g/cm^3인 4호사에서 6호사까지 적절하게 혼합하여 사용하였다. 그림 4.1은 본 연구에서 사용한 규사를 나타낸 것이다.



그림 4.1 규사

(3) 무기계 광물질 충전재

유무기계 하이브리드 모르타르의 제조를 위하여 무기계 광물질 충전재를 사용하였다. 광물질 충전재는 탄산칼슘(이하 CC, $CaCO_3$) 및 실리카퓸(이하 SF, Silica Fume)을 1 : 1의 비율로 혼합하여 사용하였으며, 각각의 화학성분 및 물리적 성질은 표 4.3과 같다.

표 4.3 무기계 광물질 충전재의 화학성분 및 물리적 특성

	Chemical composition(%)						Physical properties	
	SiO_2	Al_2O_3	FeO_3	CaO	MgO	lg. loss	Density (g/cm^3)	Fineness (cm^2/g)
CC	0.6	0.1	0.1	54.3	1.2	43.3	2.65	-
SF	91.2	1.3	0.8	0.7	0.3	2.3	2.20	204,700

4.2.2 배합 및 시험체 제작

본 연구에 사용된 유무기계 하이브리드 모르타르(이하 UM)의 성능을 비교, 평가하기 위하여 기존에 주로 사용하는 무기계 모르타르(이하 RM) 1개 배합과 유기계 및 무기계의 비율에 따른 유무기계 하이브리드 모르타르 4종류 배합 등 총 5개 배합을 선정하여 실험을 실시하였으며, 모르타르 배합표는 표 4.4와 같다. 여기서, UM8은 폴리우레탄의 주제 : 경화제 : 무기계 충전재 = 1 : 2 : 8을 의미한다. 각 유무기계 하이브리드 모르타르의 주제 : 경화제의 비율은 1 : 2로 고정하였으며, 무기계 광물질 충전재의 함량비율에 따라 각각 UM8, UM10, UM12 및 UM14로 명명하였다. 공시체 제작을 위하여 표준 모르타르 믹싱 방법에 따라 믹싱하였으며, 제작 1일 후 탈형하여 20±3℃, RH=60%의 조건의 항온항습기에서 각 공시체를 양생하였다.

표 4.4 모르타르 배합

	Mixture ratio(%)				
	Organic binder	Inorganic binder	Water	Sand	Inorganic mineral filler
RM	-	31.3	15.7	53	-
UM8	27	-	-	53	20
UM10	24	-	-	53	23
UM12	21	-	-	53	26
UM14	18	-	-	53	29

4.2.3 실험방법

(1) 유동성

본 연구에서는 보수재 모르타르의 현장 적용 시 작업 성능에 영향을 미치는 유동성을 평가하기 위하여 KS L 5111에 준하여 플로우 실험을 실시하였다.



그림 4.2 모르타르 플로우 시험

(2) 강도특성

모르타르 공시체를 제작한 후 재령 3, 7 및 28일에서 KS L 5105 “시멘트 모르타르의 압축강도 시험방법”에 준하여 압축강도를 측정하였다. 모르타르의 휨강도는 KS F 2476 “폴리머 시멘트 모르타르의 시험방법”의 휨강도 측정방법에 준하여 40×40×160mm 공시체를 대상으로 압축강도와 동일 재령에서 측정하였다. 구체 콘크리트와 모르타르의 부착강도는 KS F 4936 “콘크리트 보호용 도막재” 및 KS F 4716 “시멘트계 바탕 바름재”의 부착강도 평가방법에 준하여 평가하였다.



그림 4.3 모르타르 압축강도 시험



그림 4.4 모르타르 휨강도 시험

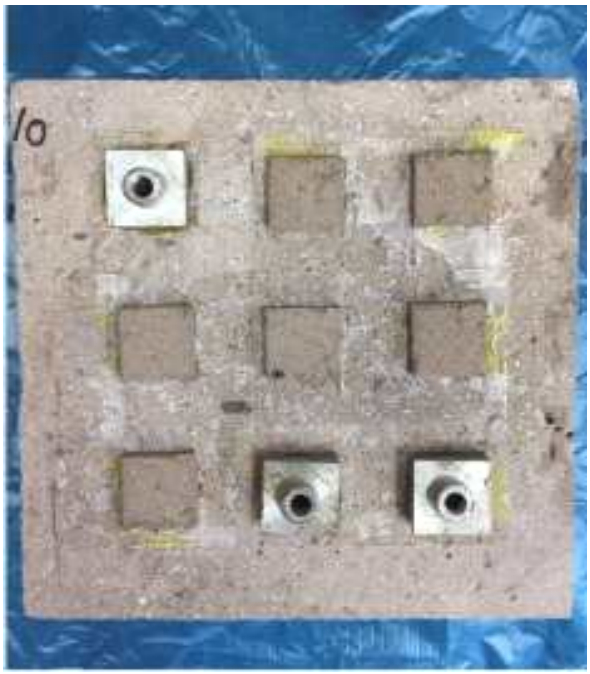


그림 4.5 모르타르 부착강도 시험

(3) 흡수율

흡수율 시험은 ASTM C 1585(Standard Test Method for Measurement of Rate of Absorption of Water by Hydraulic-Cement Concretes)에 준하여 공시체 표면이 물에 노출될 때, 시간의 함수에 따라 물 흡수로부터 오는 결과에 의한 공시체의 질량증가를 그림 4.6과 같이 제작하여 측정하였고, 식 (4.1)과 같이 계산하였다.

$$I = \frac{M_t}{a/d} \qquad (4.1)$$

I = 흡수율(mm)

M_t = 시간에 따른 공시체의 질량변화(g)

a = 공시체의 노출면적(mm^2)

d = 물의 밀도 (g/mm^2)

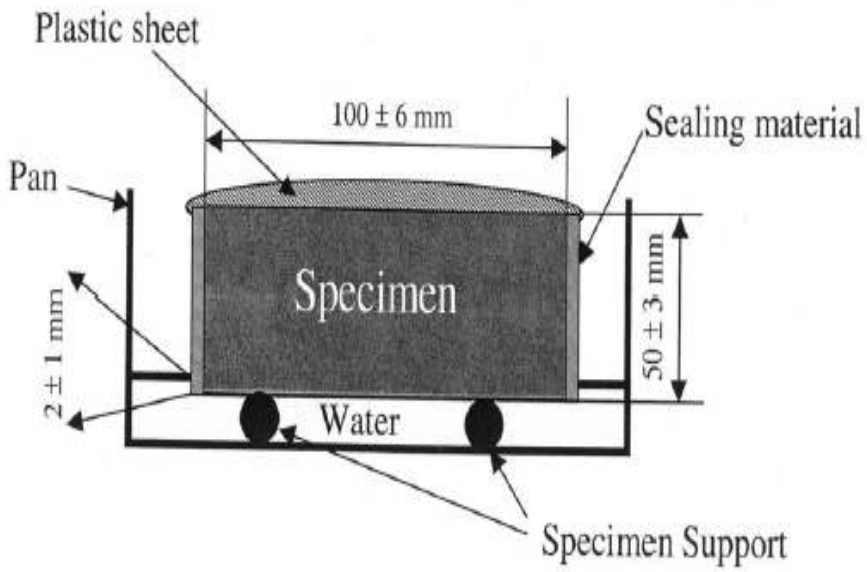


그림 4.6 모르타르의 흡수율 시험

(4) 길이변화

모르타르의 길이변화를 평가하기 위하여 KS F 4041에 의거하여 40×40×160mm 공시체를 사용하여 실험을 실시하였으며, 모르타르의 길이변화량은 다음 식 (4.2)과 같이 산정하였다.

$$\text{길이변화} = \frac{(X_{01} - X_{02}) - (X_{i1} - X_{i2})}{L_0} \times 100\,(\%) \qquad (4.2)$$

여기서,

L_0 : 기준길이

X_{01}, X_{02} : 각각 기준으로 한 시점에서의 측정치

X_{i1}, X_{i2} : 각각 시점 i 에서의 측정치

(5) 미세구조 분석

모르타르의 미세조직구조를 조사하기 위하여 재령 28일 모르타르로부터 측정 샘플을 채취하였으며, 샘플의 표면에 대한 폴리싱(polishing) 작업을 실시한 후, 디지털 편광현미경(LV100ND)을 이용하여 골재와 결합재의 천이영역(ITZ: interfacial transition zone) 및 조직구조의 밀실도를 적정배율로 확대촬영하여 정성적으로 분석하였다.

4.3 실험결과

4.3.1 유동성

콘크리트 도로시설물의 보수재료로 많이 사용되는 모르타르는 일반적으로 보수보강 작업 시 필요한 소요의 유동성을 확보하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 5종류 모르타르의 플로우 값을 측정하였으며, 그 결과를 그림 4.7에 나타내었다. 이 그림에서 나타났듯이, RM 모르타르는 약 160mm 정도의 플로우 값이 나타난 반면, UM계 모르타르는 무기계 재료의 비율에 따라 플로우 값이 상이하였으며, 무기계 재료의 함량이 증가함에 따라 플로우 값이 감소하는 경향을 나타내었다. 특히, UM14 모르타르는 무기계 재료의 함량이 상대적으로 높아 유·수분에 대한 흡수특성이 낮아진 탓으로 UM계 모르타르 중 가장 낮은 플로우 값이 나타난 것으로 관찰되었다.

유무기 복합재료의 경우 유기계 재료의 함량이 높아짐에 따라 유동성이 높아져 재료의 혼합작업은 용이하나 UM8 모르타르와 같이 유동성이 지나치게 클 경우 구체 콘크리트에 보수재료를 적용하기 위한 작업성에 문제점을 유발할 가능성이 있다. 따라서, 유무기계 하이브리드 모르타르의 적절한 작업성 확보를 위하여 적정량의 무기계 결합재 함량을 위한 배합 선정이 필요할 것으로 판단된다.

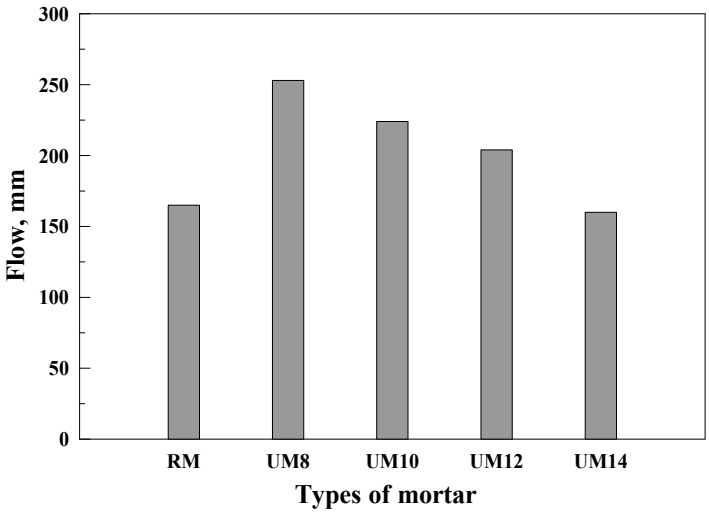


그림 4.7 모르타르의 플루우 결과

4.3.2 강도특성

(1) 압축강도

본 연구에서 사용한 5종류 모르타르의 재령별 압축강도 특성을 나타낸 것이 그림 4.8이다. 이 그림에서 알 수 있듯이 RM 모르타르의 압축강도는 재령이 증가함에 따라 압축강도 발현이 상대적으로 크게 나타나는 것으로 조사되었다. 그러나 UM계 모르타르의 압축강도는 재령에 관계없이 RM 모르타르보다 현저하게 작게 나타났으며, 재령의 증가에 따른 강도 변화도 그다지 크게 나타나지 않는 것으로 관찰되었다. 그 이유는 RM 모르타르의 경우, 수경성 결합재를 사용함으로써 재령의 증가에 따른 지속적인 수화반응으로 인하여 portlandite, C-S-H 등의 수화물이 생성되어 지속적으로 압축강도가 증가하였으나, UM계 모르타르는 주제 및 경화제로 이루어진 유기계 재료가 다량으로 존재한 탓으로 재령에 따른 압축강도 발현속도가 크지 않은 탓으로 판단된다.

한편, UM계 모르타르 중 무기계 재료의 함량이 상대적으로 많은 UM12 및 UM14 모르타르의 압축강도가 무기계 재료의 함량이 적은 UM8 및 UM10 모르타르보다 압축강도가 다소 크게 나타나는 것으로 관찰되었다.

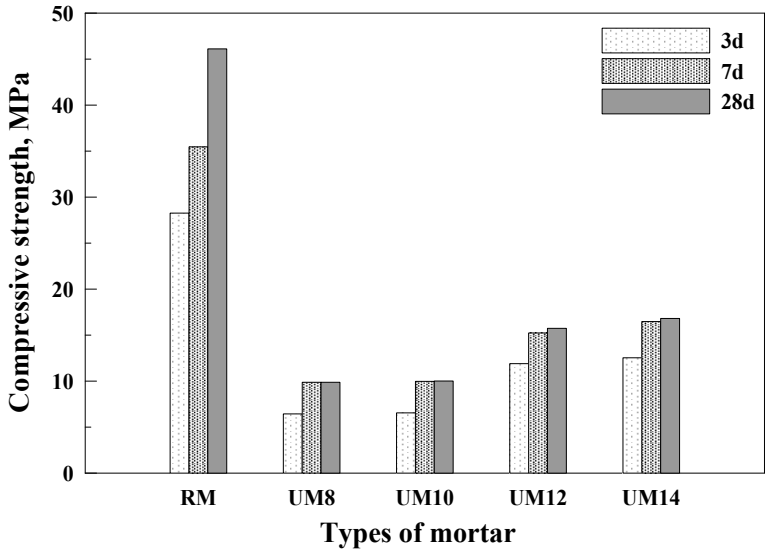


그림 4.8 모르타르의 압축강도 결과

(2) 휨강도

그림 4.9는 5종류 모르타르의 재령별 휨강도 측정결과를 나타낸 것으로써, 그림 4.8에서 제시된 압축강도 발현 경향과는 상반된 결과가 나타남을 알 수 있다. 다시 말해서, RM 모르타르의 재령 3일 휨강도가 약 3.5MPa로 나타난 반면, UM8, UM10, UM12 및 UM14 모르타르는 동일재령에서 각각 10.8, 10.6, 10.6 및 8.1 MPa로 나타났으며, 재령 28일에서는 UM12 모르타르의 휨강도가 다소 크게 나타남을 알 수 있다. 이러한 결과가 나타난 이유는 UM계 모르타르에 적용된 유기계 결합재의 탄성복원력이 상대적으로 높고 무기계 재료와의 부착력이 뛰어났기 때문으로 판단된다. 따라서, 본 연구에서는 콘크리트 도로시설물용 보수재료를 선정시 중요한 요소인 휨강도 증진을 위해서는 압축강도 발현이 우수한 RM 모르타르보다는 UM계 모르타르의 적용이 타당할 것으로 판단된다.

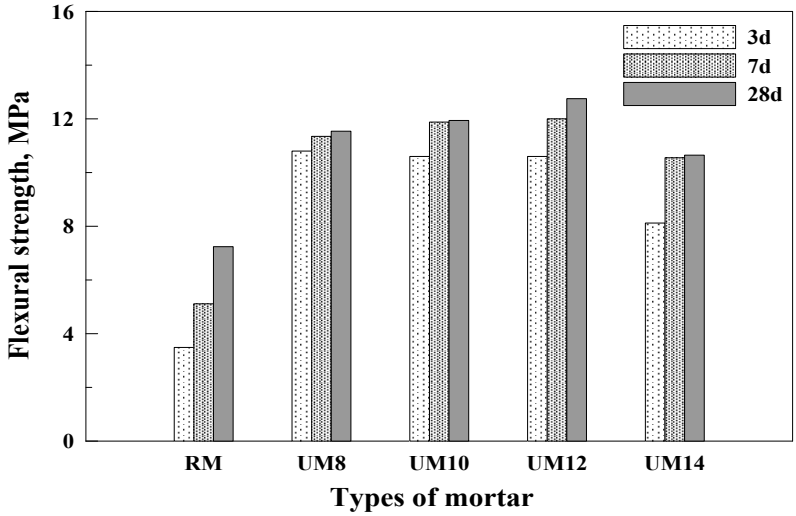


그림 4.9 모르타르의 휨강도 결과

(3) 부착강도

보수재료의 부착강도는 열화된 콘크리트의 단면 복구에 사용되는 재료의 특성 중 가장 중요한 요소 중 하나이며, KS F 4936에서는 콘크리트용 보수재료의 부착강도는 1.0MPa 이상의 최소기준을 설정하고 있다.

그림 4.10은 본 실험에 적용된 모르타르의 재령 3 및 28일 부착강도 측정결과로써, 보수재료 종류에 따른 부착성능을 상호 비교하여 나타내었다. 이 그림에서 알 수 있듯이 RM모르타르의 부착강도는 KS 기준(1MPa)을 상회하나 UM계 모르타르의 부착강도에 비하여 상대적으로 매우 작은 값이 나타남을 알 수 있다. 예를 들면, RM 모르타르의 재령 28일 부착강도가 약 2MPa인 반면 UM계 모르타르는 배합에 관계없이 부착강도가 약 5MPa 이상으로 관찰되었으며, 특히 UM12 모르타르의 부착강도는 약 5.7MPa로써, 무기계 재료를 가장 많이 사용한 UM14 모르타르보다 오히려 부착강도 발현이 우수하게 나타나는 것으로 확인되었다.

이상과 같이 UM계 모르타르의 압축, 휨 및 부착강도 경향을 보수재료의 성능측면에서 종합적으로 평가해 볼 때, UM12 모르타르에 적용된 유무기계 재료의 배합이 최적의 효과를 나타내는 것으로 판단된다.

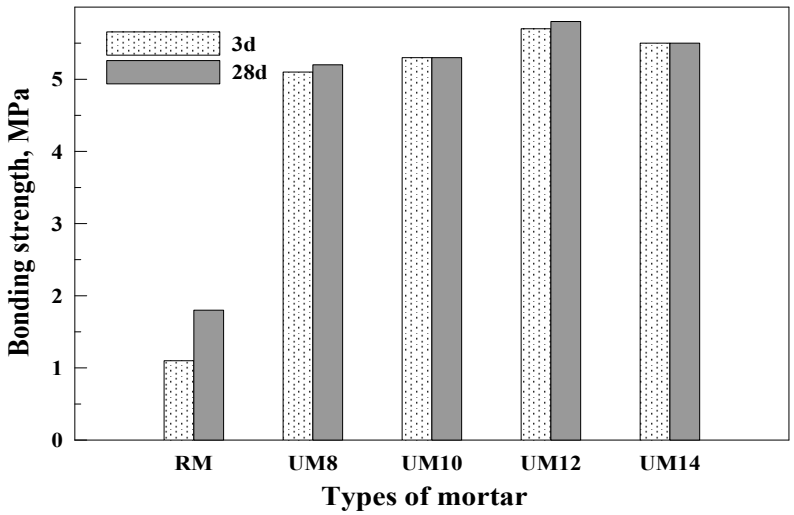


그림 4.10 모르타르의 부착강도 결과

4.3.3 흡수율

그림 4.11은 5종류 모르타르의 표면투수 특성(surface absorption properties)을 평가하기 위하여 ASTM C1585에 준하여 재령 7일 및 28일에서 흡수율 실험(absorption test)을 수행한 결과를 나타낸 것이다.

모르타르의 흡수율 측정결과에 따르면, RM 모르타르는 재령의 증가와 더불어 흡수율이 감소하는 것으로 나타났다. 또, 그림 4.11 (a) 및 (b)의 재령 7 및 28일에서 RM 모르타르는 UM계 모르타르에 비하여 흡수율이 매우 크게 나타난 것으로 관찰되었다. 그러나, UM계 모르타르는 배합에 관계없이 흡수율이 매우 작게 나타남으로써, 경화체 중으로 수분의 침투가 어려운 것으로 조사되었다.

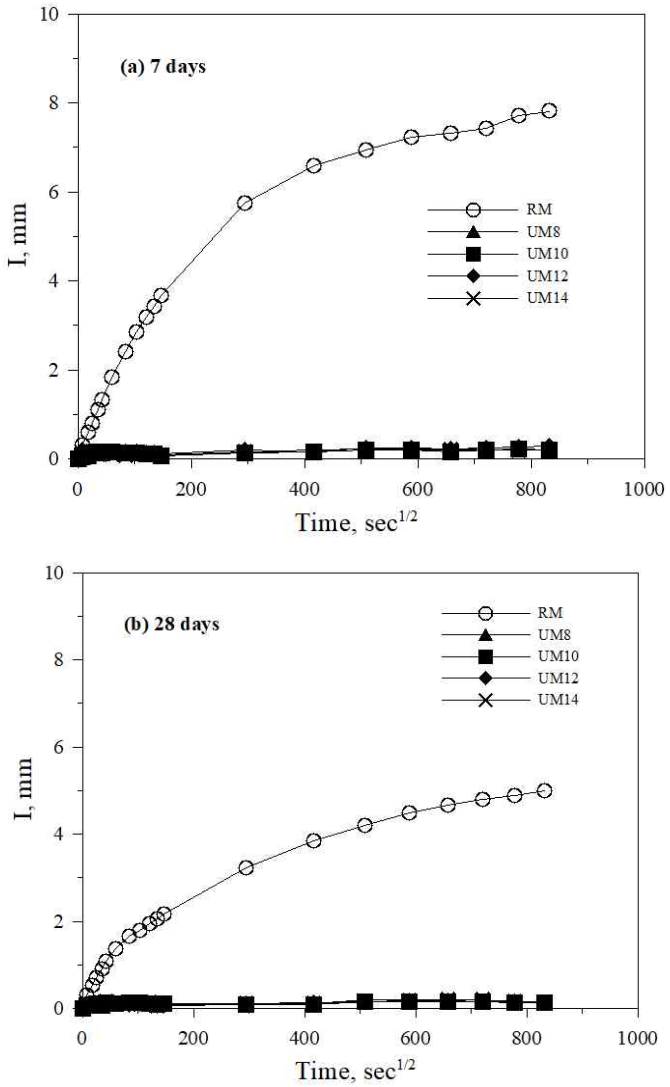


그림 4.11 모르타르의 흡수율 결과: (a) 재령 7일 및 (b) 재령 28일

4.3.4 길이변화

그림 4.12는 본 연구에서 사용된 5종류 모르타르의 길이변화 측정결과를 정리한 것이다. 무기계 재료인 RM 모르타르의 경우, 초기재령에서 상대적으로 많은 수축이 발생하였으나, UM계 모르타르는 유기계 재료 및 무기계 재료의 비율에 관계없이 길이변화가 상대적으로 안정적으로 나타났다. 재령 40일까지의 실험결과에 따르면, 유기계 및 무기계 재료를 혼용한 UM계 모르타르의 길이변화가 약 0.03% 이내인 반면, RM 모르타르는 무기계 시멘트의 수화 및 경화특성으로 인하여 시간의 경과에 따른 건조수축이 발생하여 -0.08%정도의 길이변화가 발생한 것으로 조사되었다.

다시 말해서, UM계 모르타르는 화학반응에 의한 체적변화가 상대적으로 적으며, 재령의 증가에 따른 수분의 침투도 상대적으로 적은 탓으로 장기재령의 길이변화도 RM 모르타르에 비하여 작을 것으로 판단된다.

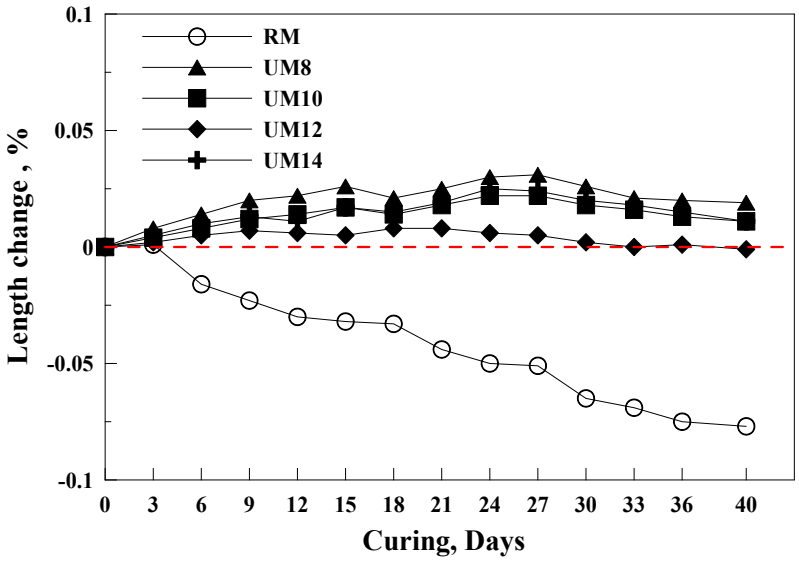


그림 4.12 모르타르의 길이변화 결과

4.3.5 미세구조 분석

무기계 결합재료를 사용하는 콘크리트, 모르타르 등 시멘트 경화체(cement matrix)는 경화 후 골재와 결합재 사이의 천이영역(ITZ)이 존재하며, ITZ의 성질에 따라 시멘트 경화체의 강도, 투수성, 내구성 등에 영향을 미치게 된다(Hong, 2006). 본 연구에서는 5종류 모르타르의 수화물, ITZ 등의 미세구조 특성을 고찰하기 위하여 편광현미경을 이용하여 미세조직구조를 관찰하였으며, 그 결과를 그림 4.13-4.15에 나타내었다.

그림 4.13은 시멘트질 무기계 재료만을 사용한 RM 모르타르의 미세구조(×50)를 나타낸 것으로써 시멘트 수화물 중에 흰색의 띠를 이루는 공극이 다량으로 발생한 것을 관찰할 수 있다. 이 부분에 대한 확대촬영(×100)을 통하여 골재 표면부근에 비교적 광폭의 천이영역 및 다량의 공극이 존재하고 있는 것을 확인할 수 있었다.

한편, 그림 4.14는 유무기계 하이브리드 모르타르인 UM12의 미세조직구조를 나타낸 것으로써, 골재 및 결합재 사이의 ITZ가 치밀한 조직구조를 나타내는 것을 확인하였으며, 공극의 생성도 상대적으로 적게 나타나는 것으로 조사되었다. 이는 UM계 모르타르에 적용된 유기계 재료의 유동성이 우수하며, 액상의 유기계 재료가 경화체의 조직구조를 치밀하게 하여 공극의 발생이 상대적으로 적게 나타난 탓으로 판단된다.

UM계 모르타르의 배합에 따른 조직구조의 특성을 고찰하기 위하여 편광현미경법에 따른 모르타르의 미세조직구조를 촬영하여 나타낸 것이 그림 4.15이다. 이 그림에서 UM8 모르타르(그림 4.15(a))의 경우, UM14 모르타르(그림 4.15(d))와는 다르게 골재와 결합재 사이에 공극이 상대적으로 밀실하게 채워져 있는 것을 확인하였다. 이는 UM8 모르타르의 경우 무기계 재료의 함량비율이 적고 유기계 재료의 함량비율이 상대적으로 많아 골재와의 결합력이 증진된 탓으로 판단된다. 이상과 같이 UM계 모르타르는 유기계 결합재량이 증가함에 따라 골재와 결합재의 부착력이 증가하는 것으로 나타났으며, 무기계 재료만 결합재로 적용한 RM 모르타르의 조직구조보다 유무기 복합재료를 사용한 모르타르의 조직구조가 상대적으로 밀실하게 나타내는 것을 확인하였다. 따라서, 열화된 콘크리트의 보수재료로써 유무기계 하이브리드 모르타르는 경화체 조직의 밀실화에 따른 역학적 성능 및 내구성 향상에 좋은 효과가 있을 것으로 판단된다.

X100

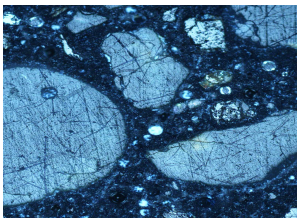
X50

그림 4.13 RM 모르타르의 미세구조

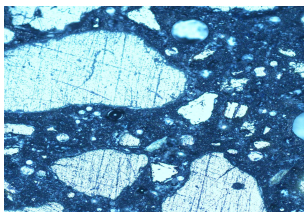
X100

X50

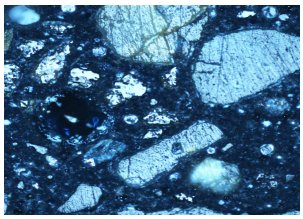
그림 4.14 UM12 모르타르의 미세구조



(a) UM8



(b) UM10



(c) UM12

(d) UM14

그림 4.15 UM계 모르타르의 미세구조 비교 (×50)

제5장

유무기계 하이브리드 보수재의 내구성능 평가

5.1 개요

콘크리트가 장기간 공기 중의 이산화탄소 등에 노출되어 탄산화되거나 겨울철 눈이나 얼음을 녹일 목적으로 사용되는 제설제 또는 해양환경하의 염화물 침투 확산에 의하여 콘크리트 중에 매입된 철근이 부식되어 콘크리트 구조물의 공용수명은 단축되는 결과가 초래되기도 한다. 이 외에도 유해이온과의 반응으로 인한 화학적 침식, 동결수의 동결융해 반복작용으로 인한 콘크리트의 동해 등 외부인자의 작용에 의하여 콘크리트는 심각한 성능저하 현상을 유발하게 된다.

이러한 콘크리트 구조물 중 시멘트 콘크리트 포장에 대한 열화원인 및 그 대책에 대한 연구는 전세계적으로 많이 보고되고 있으나, 포장체를 제외한 측구, 배수구, 중앙분리대 등 콘크리트 도로시설물에 대한 열화 및 성능회복을 위한 유지보수 공법 및 유지보수 재료에 대한 연구는 상대적으로 아직 체계화되지 못하고 있는 실정이다. 기존의 시멘트계 모르타르와 같은 무기계 보수재료는 높은 압축강도 특성을 가지고 있으나 취성의 파괴모드로 인하여 반복하중에 의한 충격저항성이 떨어지며, 부착력에 문제점을 나타내는 것으로 보고되고 있는 반면, 폴리우레탄 계열의 유기계 수지는 주제와 경화제를 적정 비율로 혼합하여 다양한 필러를 추가하여 사용할 수 있으며, 다른 폴리머 재료와 다르게 현장에서 작업자가 사용하기 용이하고 부착강도 및 휨강도가 우수한 특징을 가지고 있어서 유지관리 시장에서 그 적용실적이 점차적으로 증가할 것으로 기대된다.

본 장에서는 유기계 보수재료보다 경제적이며, 친환경적인 폴리우레탄 계열의 유기계 재료와 탄산칼슘 및 실리카흄의 무기계 재료를 혼합하여 제작한 유무기계 하이브리드 보수재료의 스케일링 저항성, 염소이온 침투저항성, 동결융해 저항성, 화학적 침식 저항성 등 다양한 내구성능을 평가하였다.



그림 5.1 콘크리트 도로 시설물의 열화 및 보수

5.2 실험개요

5.2.1 사용재료

(1) 결합재

본 연구에서 사용된 결합재는 4.2.1에 기술된 결합재와 동일한 재료를 사용하였다.

(2) 골재

본 연구에서 사용된 골재는 4.2.1에 기술된 골재와 동일한 재료를 사용하였다.

(3) 무기계 광물질 충전재

본 연구에서 사용된 무기계 광물질 충전재는 4.2.1에 기술된 재료와 동일한 것을 사용하였다.

5.2.2 배합 및 시험체 제작

본 연구에 사용된 유무기계 하이브리드(이하 HRM, hybrid repair material) 모르타르의 성능을 비교, 평가하기 위하여 기존에 주로 사용하는 무기계(이하 IRM, inorganic repair material) 모르타르를 제조하였으며, HRM 모르타르는 폴리우레탄의 주제 : 경화제 : 무기계 충전재 = 1 : 2 : 12의 배합으로 제조하였다. 모르타르 공시체 제작을 위하여 표준 모르타르 믹싱 방법에 따라 믹싱하였으며, 제작 1일 후 탈형하여 20±3℃, RH=60%의 조건의 항온항습기에서 각 공시체를 양생하였다. IRM 및 HRM 모르타르 배합표는 표 5.1과 같다.

표 5.1 모르타르 배합

	Mixture ratio(%)				
	Organic binder	Inorganic binder	Water	Sand	Inorganic mineral filler
IRM	-	31.3	15.7	53	-
HRM	21	-	-	53	26

5.2.3 실험방법

(1) 스케일링 저항성

모르타르의 스케일링 저항성을 평가하기 위하여 ∅100×70 mm 모르타르 공시체를 제작하여, 수중 및 기건양생을 각각 14일씩 실시하였으며, ASTM C 672에 준하여 매일 1싸이클씩 총 50싸이클의 동결-융해 반복작용을 실시하였다. 또, 매 10싸이클 마다 모르타르 표면에서 박리된 스케일링량을 측정하였다. 본 실험에서는 4% $CaCl_2$, 4% NaCl 및 염혼합용액(4% $CaCl_2$ 및 4% NaCl 수용액을 질량비 1:1로 혼합)의 3종류 염용액을 적용하였으며, 매 10싸이클 마다 증류수에 regent급 시약을 용해하여 새로운 용액으로 교체하였다.

표 5.2 스케일링 저항성 실험 조건

Type	ASTM C 672
Solution	4% $CaCl_2$ 4% NaCl 4% $CaCl_2$ + 4% NaCl
Curing	14day Water Curing 14day 23˚C, 55% RH
Freezing & Thawing Temperature	-17±1.7˚C(16~18 hours) 23±1.7˚C(6~8 hours)

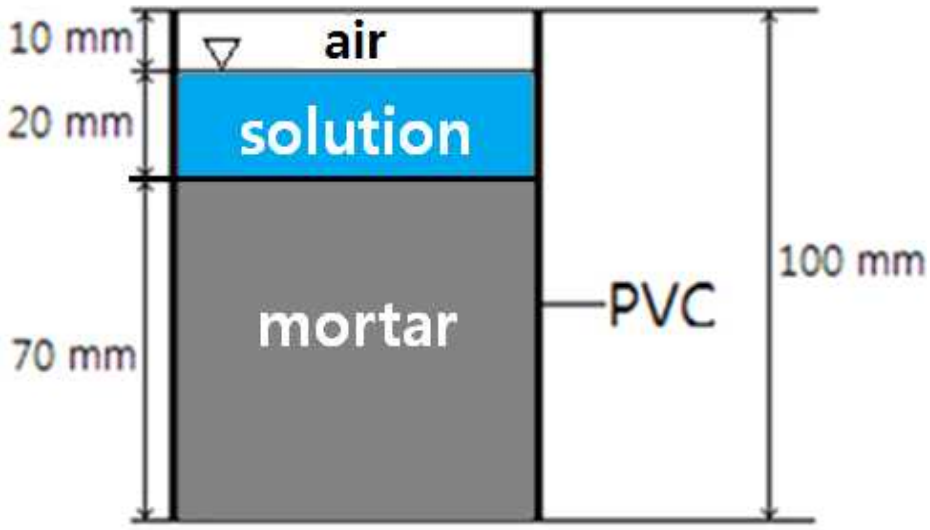


그림 5.2 모르타르 스케일링 저항성 측정 공시체

(2) 동결융해 저항성

동결융해 저항성 시험은 40×40×160mm의 각주형 공시체를 제작한 후, 모르타르의 강도발현을 고려하여 재령 28일 공시체를 대상으로 ASTM C 666 A법에 준하여 실험을 실시하였다. 온도측정용 표준공시체의 온도가 4℃ 에서 -18℃를 거쳐 다시 4℃에 도달하는 과정을 1싸이클로 하여 총 300싸이클을 진행하였으며, 매 30싸이클 마다 모르타르 공시체의 동탄성계수 및 질량을 측정하였다. 모

르타르의 상대동탄성계수 및 질량변화는 다음 식 (5.1) 및 (5.2)와 같이 산정하였다.

$$E_{d,c} = (\frac{n_c}{n_0})^2 \times 100\,(\%) \qquad (5.1)$$

여기서,

$E_{d,c}$: c싸이클 후 모르타르의 상대동탄성계수 (%)

n_c : c싸이클 후 모르타르의 공명진동수 (Hz)

n_0 : 열화환경 노출 전 모르타르의 공명진동수 (Hz)

$$\text{질량비} = \frac{M_c}{M_0} \times 100(\%) \qquad (5.2)$$

여기서,

M_c : c싸이클 후 모르타르의 질량 (g)

M_0 : 열화환경 노출 전 모르타르의 질량 (g)

(3) 염소이온 침투저항성

본 연구에서는 염해특성을 평가하기 위하여 ASTM C 1202-97 (Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration) 및 AASHTO T259 (Resistance of Concrete to Chloride Ion Penetration)를 근간으로 하여 염소이온 침투저항성을 실험하였으며, 실험조건, 방법 및 평가는 전위차 촉진시험법, 통과전류, 총통과전하량 및 확산계수를 산정 하였다.

실험조건은 표 5.3과 같으며, 실험방법은 공시체에 에폭시 코팅을 하고 이 공시체를 시료절단기를 이용하여 절단한다. 또한, 절단된 확산 셀 중 Cell 1에는 0.5M 염화나트륨(NaCl)용액, Cell 2에는 포화 수산화칼슘(sat. $Ca(OH)_2$)을 충전하였다. 또한 염소이온의 침투 깊이를 알기 위해 0.1M 질산은($AgNO_3$)용액을 분사하여 변색 깊이를 측정하였다.

표 5.3 염소이온 침투저항성 실험 조건

Item		Condition
Electrolyte	Cathode	0.5M NaCl
	Anode	Sat. Ca(OH)2
Applied voltage (V)		30
Thickness (mm)		50

통과전류 및 총 통과전하량은 콘크리트 시험체 양단에 30V의 직류전압을 통전시키면서 시험체에 흐르는 전류를 데이터 로거(DT800)을 이용하여 30분 간격으로 측정하였으며 측정된 전류로부터 시간에 대한 전류의 적분 값을 취하여 식 (5.3)에 의하여 총통과전하량을 산정하였다.

$$Q = 900(I_0 + 2I_{30} + 2I_{60} + \ldots. + 2I_{330} + I_{360}) \qquad (5.3)$$

Q = 총통과전하량 (coulombs)

Io = 초기 전류값 (A)

It = t분에서의 전류값(A)

위의 식으로부터 산출된 총통과전하량을 근거로 한 확산 특성 평가기준은 표 5.4와 같다.

표 5.4 확산특성 평가기준 (ASTM C 1202)

Total passed charge (coulomb)	Chloride ions permeability
> 4,000	High
2,000 ~ 4,000	Moderate
1,000 ~ 2,000	Low
100 ~ 1,000	Very low
< 100	Negligible

(4) 산침식 저항성

본 연구에서는 JSTM C 7401(콘크리트의 용액침지에 의한 내약품성 시험 방법)에 준하여 산 침투 저항성 시험을 실시하였다. 무기계 및 하이브리드 모르타르를 50×50×50mm의 큐빅몰드를 사용하여 제작하였다. 또한, 표준 양생 후 공시체를 탈형하여 7일 동안 수중양생을 실시하였다. 그리 5.3과 같이 5% H_2SO_4용액에 침지 시킨 후, 재령별 외관, 압축강도 및 질량변화를 측정하였다.

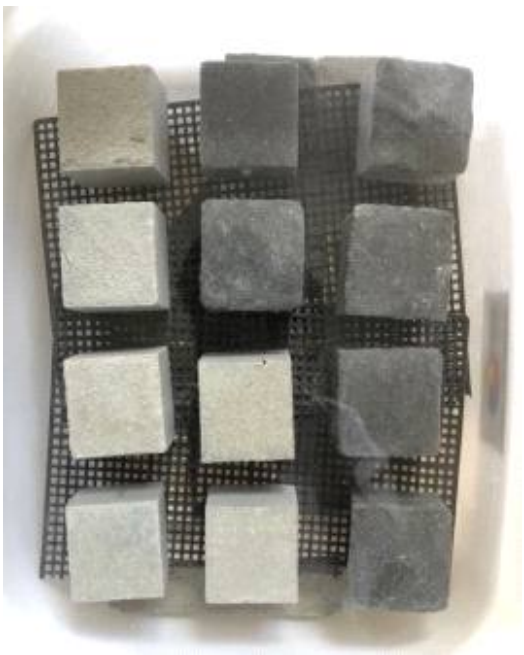


그림 5.3 산침식 저항성 시험

(5) UV 저항성

두 종류 모르타르의 내후성을 평가하기 위하여 UV 저항성 실험을 실시하였다. 실험 항목으로는 모르타르 표면의 황변도를 측정하였으며, 시험 조건은 UV Lamp A type으로 수행하였다. 측정 시

간은 8, 24, 48시간으로 조절하여 특정 파장영역(340nm)에서의 광조사 및 수분응결을 통한 노화시험을 진행하여 색의 변화나 흐림도의 변화를 측정하였다.

표 5.5 내후성 실험방법

시험항목	실험방법	샘플크기	관련규격
색차	노화 전/후의 색도의 측정을 통해 색의 변화를 육안 확인	가로 40mm*세로 40mm	KS F 0911/ASTM E1164
황변도	노화 전/후의 황색도 측정을 통해 황변의 정도를 수치로 확인	가로 40mm*세로 40mm	KS M 3026/ ASTM E313



그림 5.4 내후성 시험기

5.3 실험결과

5.3.1 스케일링 저항성

본 연구에서는 도로시설물에 적용되는 보수재료의 제설제에 의한 열화저항성을 평가하기 위하여 ASTM C 672에 준하여 모르타르의 스케일링 저항성 실험을 실시하였다. 모르타르의 스케일링 열화를 촉진시키기 위하여 4% CaCl2, 4% NaCl 및 염혼합용액(4% $CaCl_2$ + 4% NaCl)의 3종류 용액을 사용하여 보수재료 적용 모르타르의 스케일링 저항성을 평가하였으며, 그 결과를 그림 5.5 (a), (b) 및 (c)에 각각 도시하였다.

그림 5.5 (a)에서 알 수 있듯이 4% $CaCl_2$ 용액에 노출된 IRM 모르타르는 50싸이클에서 약 0.26kg/m^2 정도의 스케일링량이 관찰된 반면, HRM 모르타르는 동일 싸이클에서 약 0.07kg/m^2 정도의 매우 작은 값을 나타내었다. 그러나, 본 연구에서 조사된 IRM 모르타르의 스케일링량도 ASTM C 672의 기준인 0.8kg/m^2 이하의 값이 나타나 보수재료 적용 모르타르의 스케일링 저항성은 대체적으로 만족스러운 연구결과를 나타내었다. 이러한 경향은 4% NaCl 용액(그림 5.5 (b)) 및 염혼합용액(그림 5.5 (c))에 노출된 모르타르에서도 유사하게 조사되었다. 그러나, 용액별 IRM 모르타르의 스케일링량은 염혼합용액 > 4% $CaCl_2$ 용액 > 4% NaCl 용액의 순으로 나타나는 것으로 관찰되었으며, HRM 모르타르의 스케일링량은 노출용액에 관계없이 유사한 것으로 나타났다.

한편, 3종류 용액에 노출된 모르타르의 싸이클별 외관을 나타낸 것이 각각 표 5.6 – 5.8이다.

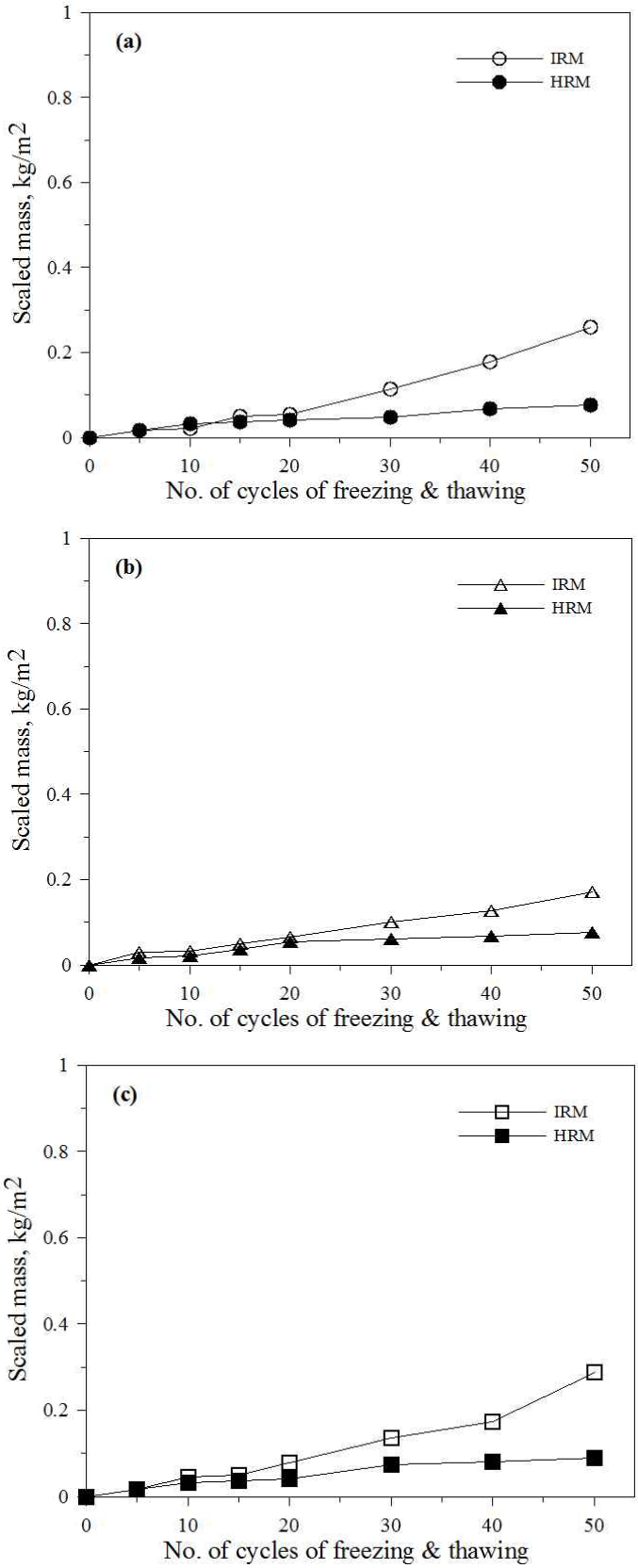


그림 5.5 화학용액에 노출된 모르타르의 스케일링 저항성; (a) 4% $CaCl_2$ 용액, (b) 4% NaCl 용액 및 (c) 염 혼합용액

표 5.6 4% $CaCl_2$ 스케일링 모르타르 외관

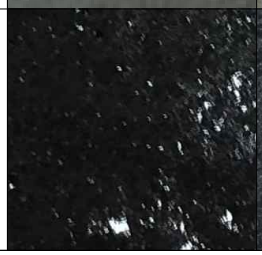
	0 cycle	30 cycle	50 cycle
IRM			
HRM			

표 5.7 4% NaCl 스케일링 모르타르 외관

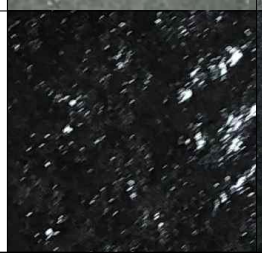
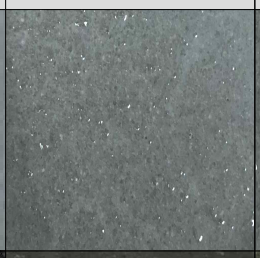
	0 cycle	30 cycle	50 cycle
IRM			
HRM			

표 5.8 4% $CaCl_2$ + 4% NaCl 스케일링 모르타르 외관

	0 cycle	30 cycle	50 cycle
IRM			
HRM			

5.3.2 동결융해 저항성

콘크리트 및 모르타르는 동결융해 작용을 지속적으로 받으면 공극 중의 수분이 동결 및 융해의 반복작용으로 인하여 미세균열 및 표면박리가 발생함으로써 열화가 가속화된다. 본 연구에서는 IRM 및 HRM 모르타르의 동결융해 저항성을 평가하기 위하여 ASTM C 666에 준하여 촉진실험을 실시하였으며, 매 30싸이클마다 상대동탄성계수 및 질량비를 측정하였다.

그림 5.6은 동결융해 반복작용을 받은 2종류 모르타르의 상대동탄성계수(RDME; relative dynamic modulus of elasticity) 측정결과를 나타낸 것이다. 무기계 보수재료를 적용한 IRM 모르타르는 동결융해 60싸이클 이후부터 RDME가 뚜렷하게 감소하기 시작하였으며, 150싸이클 이후는 동결융해 반복작용에 의한 공시체 파괴로 인하여 더 이상 RDME 측정이 불가능하였다. 한편, 유무기계 하이브리드 보수재료를 적용한 HRM 모르타르의 RDME는 150싸이클까지 큰 변화를 나타내지 않았으나, 이후에는 RDME의 점진적인 감소가 관찰되었으며, 300싸이클에서 RDME는 약 65%인 것으로 나타났다. 이와 같이 HRM 모르타르와 같이 유기계 재료를 다량으로 적용한 보수재료는 경화체 조직 내부에 수분이 거의 없을 뿐만 아니라, 경화 후 내부로 수분이 침투하기 어려워 수분동결이 발생하지 않았기 때문에 동결융해 저항성이 우수하게 나타난 것으로 판단된다.

한편, 그림 5.7은 300싸이클 동안 동결융해 반복작용을 받은 보수재료 적용 모르타르의 질량비를 나타낸 것으로써, 그림 5.5의 RDME 경향과 비교하여 어느 정도 유사하게 나타난 것을 알 수 있다. 동결융해 반복작용 180싸이클에서 HRM 모르타르의 질량비는 약 99%정도로써 동결융해 반복작용에 의한 질량감소가 거의 발생하지 않았으나, IRM 모르타르는 동일 싸이클에서 질량비가 약 23%로 나타나 동결융해 저항성이 매우 떨어지는 것으로 관찰되었다. 그 이유는 HRM 모르타르의 경우 유기계 재료를 사용함으로써, 동결시 발생하는 팽창압을 유기계 결합재가 완화시켜 모르타르의 동결융해 저항성이 상대적으로 좋은 결과를 나타내었다고 판단된다. 따라서, 동결융해 반복작용이 우려되는 한랭지역에 건설되는 콘크리트 도로시설물의 보수재료로써 무기계 보수재료에 비하여 유무기계 하이브리드 보수재료를 적용하는 것이 내구성 확보 측면에서 더욱 적절할 것으로 판단된다.

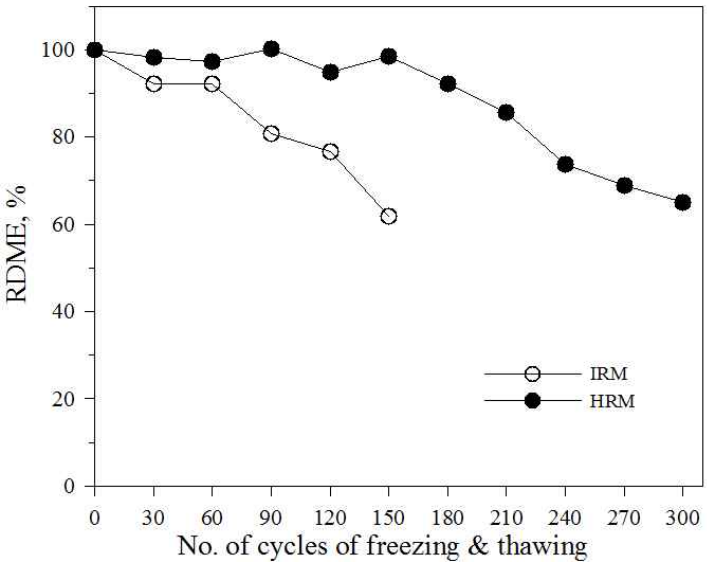


그림 5.6 동결융해작용을 받은 모르타르의 상대동탄성계수

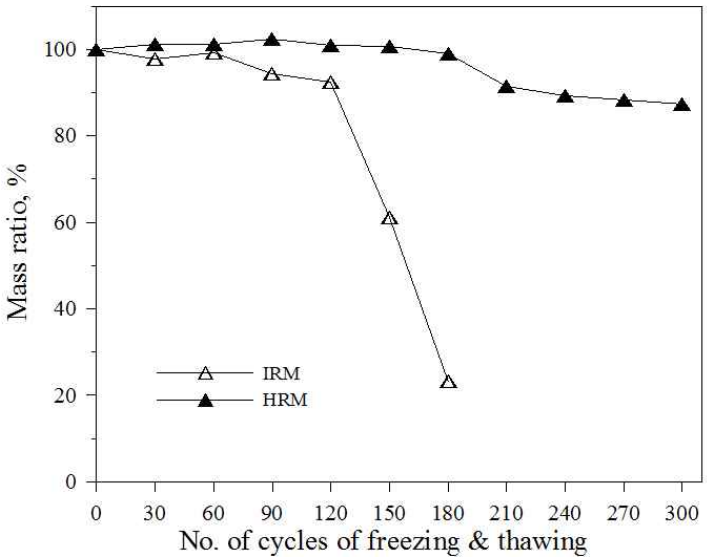


그림 5.7 동결융해작용을 받은 모르타르의 질량비

5.3.3 염소이온침투 저항성

그림 5.8은 재령 28일 모르타르를 대상으로 총통과전하량을 측정하여 염소이온 침투저항성을 상대적으로 비교하여 나타낸 것이다. 이 그림에서 알 수 있듯이 모르타르의 총통과전하량은 모르타르의 종류에 따라서 큰 차이를 나타내고 있으며, 유무기계 하이브리드 보수재료를 적용한 HRM 모르타르의 총통과전하량(95coulomb @ 28d)이 무기계 보수재료인 IRM 모르타르(1320coulomb @ 28d)에 비하여 상대적으로 매우 작게 관찰되었다. 그 이유는 액상의 유기계 재료가 모르타르 조직구조를 치밀하게 하였으며, 유기계 재료에 의한 결합재와 골재의 결합력이 증진되어 공극의 발생이 상대적으로 적었기 때문으로 판단된다.

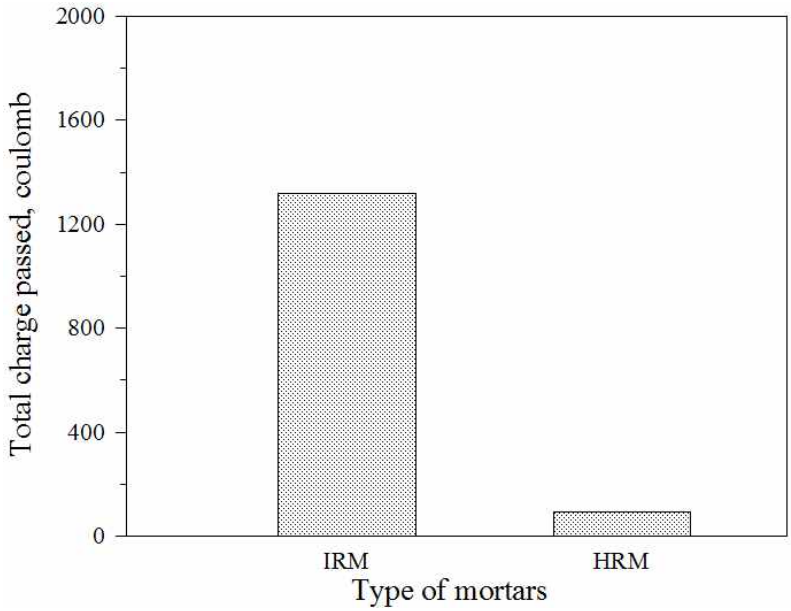


그림 5.8 모르타르의 RCPT 결과 (재령 28일)

5.3.4 산침식 저항성

열화된 구조물의 보수보강을 위하여 적용되는 보수재료의 내산성, 내황산염성 등 내화학성을 평가하기 위한 연구는 국내외적으로 많이 수행되고 있으며, 특히, 페이스트, 모르타르, 콘크리트 등 시멘트질 재료의 내화학성은 결합재의 성분 및 열화물질의 종류에 따라 영향을 받게 된다고 보고되고 있다. 특히, 염산, 황산 등 강산류에 의한 화학적 침식을 받는 시멘트 경화체의 열화는 through-solution 반응보다는 시멘트 경화체 표면부터 점차적으로 반응하는 topo-chemical 반응이 주된 원인으로 알려져 있다.

본 연구에서는 보수재료의 내화학성을 평가하기 위한 일환으로 무기계 및 유무기계 모르타르를 제조하여 5% H_2SO_4 용액에 침지하였으며, 모르타르의 침지재령별 강도변화, 질량변화 및 외관을 주기적으로 관찰하여 보수재료의 산침식 저항성을 평가하였다.

그림 5.9는 5% 황산용액의 침식을 받은 IRM 및 HRM 모르타르의 압축강도 변화를 나타낸 것이다. 이 그림에서 알 수 있듯이 무기계 보수재료를 적용한 모르타르(IRM)는 침지재령이 증가함에 따라 압축강도가 감소하는 경향이 나타남을 알 수 있다. 예를 들어, 침지전 IRM 모르타르의 압축강도는 약 30.4MPa를 나타났으나, 침지재령 91일에서는 약 11.5MPa로써 약 62%의 강도감소가 관찰되었다. 한편, 유무기계 하이브리드 보수재료 모르타르(HRM)는 침지재령 91일 동안 황산침식에 의한 강도감소가 거의 발생하지 않는 것으로 나타났다. 이러한 경향은 그림 5.10에 나타난 바와 같이 침지재령에 따른 모르타르의 질량비 측정결과에서도 유사하게 관찰되었으며, 특히, 침지재령 91일에서 HRM 모르타르의 질량비는 약 103%로 나타난 것에 비하여 IRM 모르타르는 약 84%로 나타나 유무기계 하이브리드 보수재료의 우수한 화학저항성을 실험적으로 입증하였다.

한편, 그림 5.11은 침지재령 91일에서 2종류 모르타르의 외관을 상호 비교하여 나타낸 것이다. 이 그림에서 IRM 모르타르는 경화체 표면부터 산침식이 발생하여 표면 열화가 심각하게 나타난 반면, HRM 모르타르는 산침식에 의한 표면열화가 상대적으로 적게 나타남을 알 수 있다.

열화된 콘크리트 구조물의 보수보강을 위하여 적용되는 보수재료의 내산성, 내황산염성 등 내화학성을 평가하기 위한 연구는 국내외적으로 많이 수행되고 있으며, 특히, 무기계 보수재료의 내화학성은 결합재의 성분 및 열화물질의 종류에 따라 영향을 받게 된다고 보고되고 있다. 반면, 유기계 보수재료의 내화학성에 대한 연구실적은 무기계 보수재료에 비하여 상대적으로 적고, 화학적 침식 메커니즘 및 미세조직구조에 대한 연구도 매우 드문 실정이다.

본 연구에서는 산침식을 받은 무기계(IRM) 및 유무기계(HRM) 보수재료를 적용한 모르타르의 미세조직구조를 분석하였으며, 그 결과를 그림 5.12에 나타내었다. IRM 모르타르의 SEM 사진으로부터 산침식 작용에 의한 gypsum의 생성을 확인할 수 있으며, 모르타르의 조직구조가 다공질의 특성이 나타났으며, 미세균열도 상대적으로 많이 존재하는 것으로 확인되었다. 한편, 산침식을 받은 HRM 모르타르의 SEM 분석 결과로부터 IRM 모르타르의 미세조직구조와는 다르게 산침식에 의한 반응생성물은 검출되지 않은 것으로 나타났다.

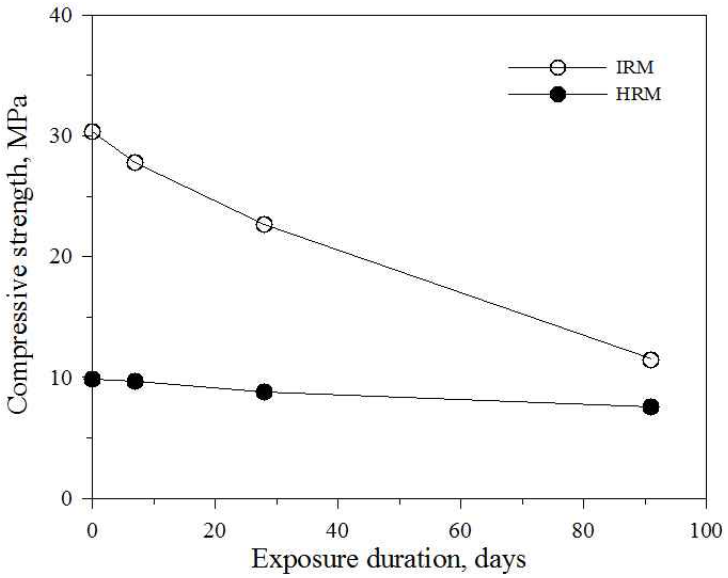


그림 5.9 5% H_2SO_4 용액에 침지한 모르타르의 압축강도 변화

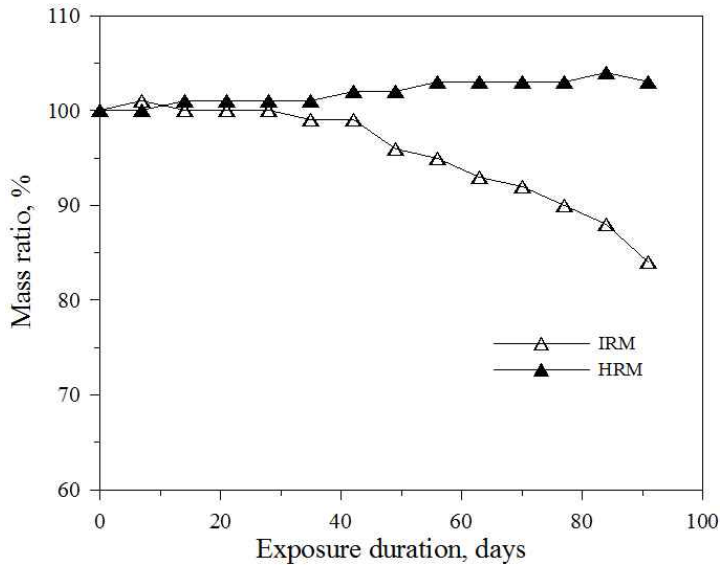
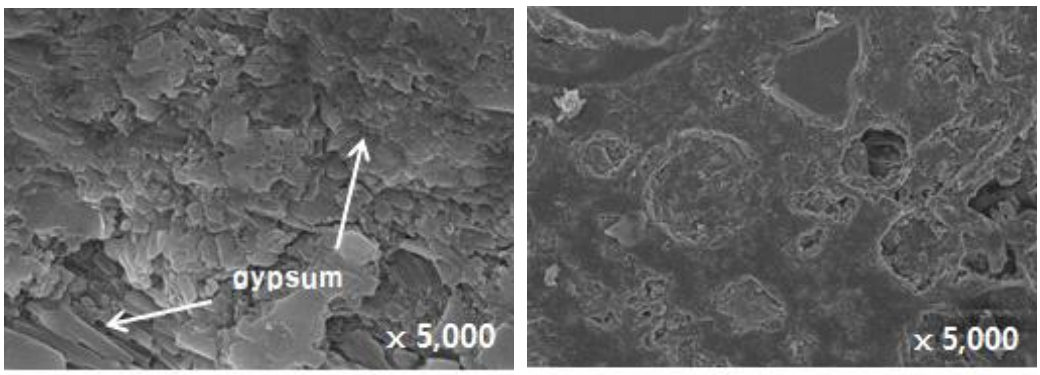


그림 5.10 5% H_2SO_4 용액에 침지한 모르타르의 질량비 변화



그림 5.11 5% H_2SO_4 용액에 침지한 모르타르 (침지재령 91일)



< IRM > < HRM >

그림 5.12 산용액에 침지한 모르타르의 SEM 이미지 비교

5.3.5 UV 저항성

그림 5.13은 UV 저항성 시험을 통하여 관찰된 색차를 비교하여 나타낸 것으로써, 유무기계 하이브리드 보수재는 도로구조물의 보수시공시 사용되는 시멘트계 보수재료와 비교하여 황변도가 적은 것을 육안으로 확인하였다. 이는 UV 노출에 대하여 유무기계 하이브리드 보수재가 저항값이 높아 황변도차에서 우수한 성능을 보이는 것으로 판단된다. 한편, 노출시간별 황변도를 도시하여 그림 5.14에 나타내었다.



< IRM > < HRM >

그림 5.13 색차에 따른 황변도의 비교

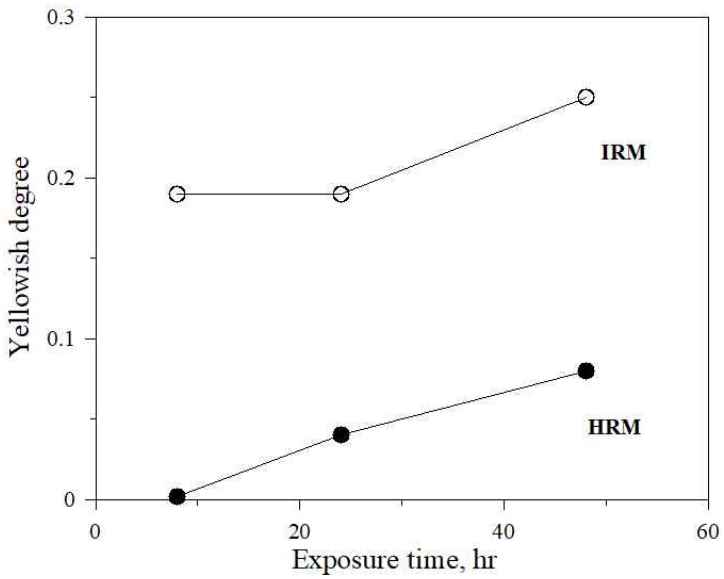


그림 5.14 노출시간별 황변도 비교

제6장

유무기계 하이브리드 보수재의 시험시공 및 모니터링 평가

6.1 현장적용

6.1.1 현장적용 개요

본 연구에서는 유무기계 하이브리드 고탄성 보수재의 현장 적용성을 평가하기 위하여 열화된 도로 시설물에 시험시공을 실시하였으며, 시공 후 보수재의 성능을 지속적으로 모니터링을 수행하였다.

현장 조사결과, 현장시험 시공을 위한 콘크리트 도로 시설물은 균열, 탈락, 발리 등 열화가 다량으로 발생하였으며, 시급한 보수가 필요한 것으로 판단된다. 따라서, 본 과제에서는 개발된 유무기계 하이브리드 보수재를 시공한 후 정기적인 모니터링을 통하여 보수재의 효능성 및 침식 저항성에 대한 현장결과를 도출하고자 하였다. 본 현장 시험적용 결과는 차후 정량화된 실험결과를 통하여 평가될 수 있을 것으로 판단된다.

(1) 구조물 제원 및 현장적용

현장적용 대상 구조물은 부산시 금정구 신천교량에 위치한 콘크리트 도로시설물의 현장 상황은 아래와 같으며, 대산 구조물의 열화된 모습을 그림 6.2에 나타내었다. 이 그림에서 알 수 있듯이 현장에 설치된 신축이음부가 다수 파손된 것을 관찰할 수 있다. 대상 구조물은 차량의 통행이 아직 많지 않은 곳이나 1993년 준공이후 지속적인 제설제의 사용으로 표면의 손상이 급격히 발생하고 있는 것을 확인되었으며, 금정IC 개통이후 차량의 통행량이 급격하게 많아지고 있어 파손부위에 대한 신속한 보수보강이 요구되고 있는 실정이다.

□ 신천교 보수공사
- 위치 : 부산시 금정구 신천교
- 적용구간 : 신축이음(보도부) 8개소
- 시공폭 : 10m
- 시공두께 : 30cm

□ 교량상부
- 교면포장 : 1,223m2
- 신축이음(보도부)교체 : 7.8m (연석포함 L:10m)
- 신축이음 후타재 및 보도부 보수 : 5.1m2

□ 교량하부
- 교량인상(100ton) : 4개소 (유무기계 하이브리드 보수재 정위치 설치)
- 교량인상(200ton) : 4개소 (유무기계 하이브리드 보수재 정위치 설치)

- 콘크리트 균열 주입공 : 10.5m

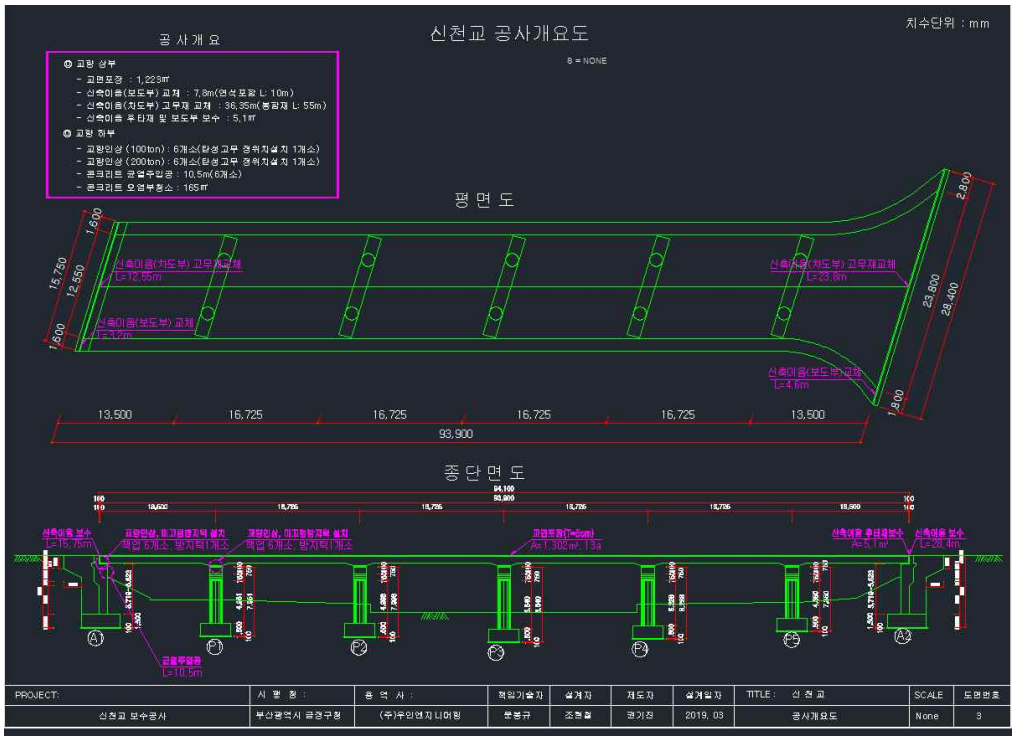


그림 6.1 유무기계 하이브리드 보수재 신천교 공사개요도



그림. 6.2 도로시설물의 열화

(2) 시공 순서

대상 구조물의 도로 시설물에 대한 유무기계 하이브리드 보수재의 시공 순서는 다음 표 6.1과 같다.

표 6.1 시공순서 및 세부 내용

순서	공정	세부내용
1	현장 확인배합	- 유무기계 하이브리드 보수재 시험 생산 - 기초 물성시험 - 운반 계획 수립
2	타설 준비	- 장비 반입 및 조립(폭 조절) - 측량 및 레벨 Line 설치 - 비닐깔기 및 다웰바 어셈블리 설치 - 기타 시공준비 작업
3	타설 전 시험 준비	- 기초 물성시험 실시 - 초기 데이터 수집
4	타설	- 장비 시공 및 시험시공 구간 작업 - 유무기계 하이브리드 보수재 구간별 시공상태 모니터링 - 시공 중 특이사항 점검 및 확인
5	양생 및 마무리(시공)	- 양생포 설치 - 시공 마무리
6	양생 후 교통개방	- 24시간 양생 - 교통 개방 후 모니터링 현장조사

유무기하이브리드 모르타르의 경우 유기계결합재 주제, 경화제와 무기계결합재의 3성분계로 이루어져 있으며 혼입하는 순서 및 시간이 물성 발현에 중요한 요소이다. 혼입순서는 유기계 결합제 주제 및 경화제의 비율을 2:1로 혼입을 진행한다. 이 때, 폴리우레탄의 경우 지속적으로 진행되는 콘크리트의 수화반응과는 다르게 초기에 화학적 반응으로 물성이 발현되기 때문에 미반응분이 발생하지 않도록 600RPM이상으로 90초 이상 충분히 혼입한다. 이후 유기계결합재의 혼입이 충분히 이루어진 상태에서 무기계결합재를 90초 이상 혼입하여 보수재를 생산하도록 하며, 열화부위에 대하여 타설을 하고, 표면 마무리 작업을 실시한다. 유무기계 하이브리드 보수재의 혼입순서 및 타설 전경은 그림 6.3 및 6.4와 같다.



그림 6.3 유무기계 하이브리드 모르타르 혼입순서



그림 6.4 유무기계 하이브리드 보수재의 타설 전경



그림 6.5 시공 후 전경



그림 6.6 유무기계 하이브리드 보수재의 시험시공

6.2 현장적용 후 모니터링

그림 6.7은 시공 후 3개월 시점에서 현장 모니터링을 실시한 사진을 나타낸 것으로써, 관찰시점에서는 보수재 적용 부위에 군열, 박리 등 열화의 조짐을 나타내는 징후는 없는 것으로 확인 되었다. 그러나, 보다 장기재령에서 보수재 적용 부위에 대한 비피괴 검사, 코어링 검사 등의 추적 조사를 통하여 유무기계 하이브리드 보수재의 성능을 지속적으로 관찰할 예정이다.



그림 6.7 보수재 현장 적용 모니터링 (시공 후 3개월)

제7장

결 론

본 연구는 콘크리트 도로시설물에 적용가능한 보수재료로써 유무기계 하이브리드 모르타르의 역학적 성능, 내구성능 및 현장적용성을 평가한 것이며, 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

1. 모르타르의 유동성을 측정한 결과, UM계 모르타르는RM 모르타르보다 플로우 값이 상대적으로 크게 나타났으나, 무기계 재료의 함량이 증가함에 따라 플로우 값이 감소하는 경향을 나타내었다. 특히, UM14 모르타르는 무기계 재료의 함량이 높아 유·수분에 대한 흡수특성이 낮아진 탓으로 UM계 모르타르 중 가장 낮은 플로우 값을 나타내었다.
2. 유무기계 하이브리드 모르타르의 강도특성을 조사한 결과, UM계 모르타르의 압축강도는 RM 모르타르보다 작게 나타났으나, 휨강도 및 부착강도는 상반된 경향이 나타났다. 또, UM계 모르타르의 부착강도는 배합에 관계없이 RM 모르타르의 약 2.5배 이상 발현됨으로써 유무기계 하이브리드 모르타르의 우수한 부착성능을 나타내었다.
3. RM 모르타르는 초기재령에서부터 비교적 많은 수축이 발생한 탓으로 길이변화가 상대적으로 크게 나타난 반면, UM계 모르타르는 배합에 관계없이 길이변화가 상대적으로 안정적으로 나타났다.
4. RM 모르타르의 미세구조를 조사한 결과, 비교적 광폭의 천이영역 및 다량의 공극이 관찰된 반면, UM계 모르타르는 골재 및 결합재 사이의 ITZ가 치밀하게 형성되었으며, 공극의 생성도 상대적으로 적은 것으로 조사되었다.
5. 스케일링 저항성을 평가한 결과, 무기계 및 유무기계 하이브리드 모르타르의 총 스케일링량은 노출 용액에 관계없이 ASTM C 672의 기준인 0.8kg/m^2 이하의 값을 나타내었으나, 대체적으로 HRM 모르타르의 스케일링 저항성이 IRM 모르타르보다 다소 우수한 것으로 나타났다.
6. IRM 모르타르는 150싸이클 후 동결융해 반복작용에 의한 팽창파괴가 발생한 반면, HRM 모르타르는 300싸이클에서도 약 65%의 RDME가 관찰되었으며, 동결융해 반복작용에 의한 질량비도 이와 유사한 경향으로 나타났다. 따라서, 동해환경에서 유무기계 하이브리드 모르타르의 우수한 내구성능을 확인할 수 있다.
7. 염소이온 침투저항성 실험결과에 의하면, HRM 모르타르는 유기계 결합재의 조직구조 치밀화 효과 및 공극 저감효과로 인하여 총통과전하량이 IRM 모르타르에 비하여 약 7.2% 정도로 매우 작은 좋은 결과가 관찰됨으로써, 우수한 내염성능을 나타내었다.
8. 5% 황산용액에 침지한 IRM 모르타르는 산침식에 의한 압축강도 및 질량 감소가 침지재령의 증가와 더불어 뚜렷하게 관찰된 반면, HRM 모르타르는 산침식에 의한 표면열화 및 강도감소가 거의 나타나지 않는 우수한 내산성을 나타내었다.
9. 현존 교량의 도로시설물을 대상으로 현장 시험시공을 실시하여 유무기계 하이브리드 고탄성 보수재의 현장적용성을 평가하였으며, 비파괴검사, 코어링 검사 등 지속적인 모니터링을 통하여 보수재의 성능을 평가할 계획이다.
10. 본 연구결과를 종합적으로 고찰해 볼 때, 적절하게 배합된 유무기계 하이브리드 모르타르는 무

기계 모르타르에 비교하여 역학적 성능 및 내구성능이 대체적으로 우수하게 나타남으로써 열화 환경에 노출된 콘크리트 도로시설물의 유지보수 재료로써 활용가능성이 매우 높을 것으로 판단된다.

참고문헌

(1) 국토연구원, “도로유지보수관리의 선진화 방안 연구”, 2013.

(2) 대한주택공사 주택연구소, “합성섬유보강 콘크리트의 실용화방안 연구”, 1999.

(3) 국토교통부, “국토의 계획 및 연구에 관한 연차보고서”, 2017.

(4) 한국과학기술정보연구원, “유연 콘크리트(ECC)”, 2013.

(5) 한국시설안전공단, “시설물의 보수·보강 방법 및 수준결정에 관한 연구”, 2011.

(6) Cho, C. M., Choi, J. H., Rhee, S. H., Kim, T. K., Kim, J. H. (2017). “Material Performance Evaluation of PolyUrea for Structural Seismic Retrofitting”, Journal of the Korea Concrete Institute, Vol. 29, pp.131-139.

(7) Hong, S. H. (2006). “Investigation and Control of Alkali-Silica Reactivity of Concrete in Korea”, Ph. D. Dissertation, Kangwon National University.

(8) Jeon, J. K., You, J. O., Moon, J. H. (2008). “Durability Evaluation of Tunnel Lining Concrete Reinforced with Nylon Fiber”, Journal of the Korea Concrete Institute, Vol. 20, No. 4, pp.487-493.

(9) Kim, J. H., Park, J. C., Lee, S. W., Kim, S. B. (2011). “Evaluation of Strengthening Performance of Stiff Type Polyurea”, Journal of the Korea Concrete Institute, Vol. 23, No.4, pp.511-520.

(10) Lamba, N. M. K., Woodhouse, K. A., Cooper, S. L. (1998). “Polyureathanes in Biomedical Applications”, CRC PRESS, United States of America, pp. 14-23.

(11) Lee, Y. S., Joo, M. K. (2003). “Drying Shrinkage and Strength Properties of Ultra Rapid-Hardening Polymer-Modified Mortar Using Redispersible Polymer Powder”, Journal of the Korea Concrete Institute, Vol. 15, pp.409-416.

(12) Liu, K., Yan, J., Hu, Q., Sun, Y., Zou, C. (2016). “Effect of Parent Concrete and Mixing Method on the Resistance to Freezing and Thawing of Air-Entrained Recycled Aggregate Concrete”, Construction and Building Materials, Vol. 106, pp.264-273.

(13) Peiyao, S., Jizhi, Z., Zhong J., Shizhao, W. (2018). “FEM Simulation and Optimization on the Elastic Modulus and Thermal Expansion Ratio of Polymer-Mineral Composite”, Construction and Building Materials, Vol. 167, pp.524-535.

(14) Almusallam, AA, Khan, FM, Dulaijan, SU, Al-Amoudi, OSB, 2003, “Effectiveness of surface coating in improving concrete durability”, Cement and Concrete Composites, Vol. 25, pp.473-481.

(15) Al-Zahrani, MM, Al-Dulaijan, SU, Ibrahim, M, Saricimen, H, Sharif, FM, 2002, “Effect of waterproofing coatings on steel reinforcement corrosion and physical properties of concrete”, Cement and Concrete Composites, Vol. 24, pp.127-137.

(16) Bassuoni, MT, Nehdi, ML, 2007, “Resistance of self-consolidating concrete to sulfuric acid attack with consecutive pH reduction”, Cement and Concrete Research, Vol. 37, pp.1070-1084.

(17) Hill, J, Byars, EA, Sharp, JH, Lynsdale, CJ, Cripps, JC, Zhou, Q, 2003, “An

experimental study of combined acid and sulfate attack of concrete", Cement and Concrete Composites, Vol. 25, pp.997-1003.

(18) Hussain, HK, Zhang, LZ, Liu, GW, 2013, "An experimental study on strengthening reinforced concrete T-beams using new materials polyurethane cement", Construction and Building Materials, Vol. 40, pp.104-117.

(19) Kim, MG, Sung, JG, 2008, "Application of mobile mapping system for effective road facility maintenance and management", Korean Journal of Remote Sensing, Vol. 24, pp.153-164.

(20) Kim, SB, Kim, JH, Choi, HS, Heo, G, 2010, "Development and applicability evaluation of high performance polyurea for RC construction reinforcement", Journal of the Korean Society of Civil Engineers, Vol. 30, No. 2, pp.169-176.

(21) Lee, ST, Park, KP, Park, JH, Park, SH, 2018, "Resistance of concrete made with air-and water-cooled slag exposed to multi-deterioration environments", International Journal of Highway Engineering, Vol. 20, pp.11-18.

(22) Moradllo, MK, Shekarchi, M, Hoseini, M, 2012, "Time-dependent performance of concrete surface coatings in tidal zone of marine environment", Construction and Building Materials, Vol. 30, pp.198-205.

< 부록 1> 공인기관 시험의뢰서

SGS

품질시험·검사성적서

1. 성적서 번호 : CMT2018 - 3134
2. 의 뢰 인 업체명 : 빌드켐 주식회사
   주 소 : 충청남도 공주시 우성면 보흥 1 길 116-36
   성 명 : 빌드켐 주식회사
3. 성과이용목적 : 품질관리용
4. 시 료 명 : BUILDElacon
5. 접수일자 : 2018 년 07 월 10 일
6. 발급일자 : 2018 년 08 월 10 일

시 험 결 과

연 번	시험 · 검사종목		단 위	시험 · 검사방법	시험 · 검사결과
1	압축 강도	5 시간	MPa	ASTM C 579 - 01	6.6
		24시간	MPa		15.2
2	인장 강도		MPa	ASTM D 638 - 03	7.4
3	인열 강도		kN/m	ASTM D 624 - 00	124.2
4	가사 시간		분	의뢰자 제시방법	40
5	5% 변형시 회복율		%	ASTM C 579 - 01	94

※ 배 합 비 ☞ 주제 : 경화제 : 모래 = 2 : 1 : 13

담당자 : 최 환
Tel : 031-646-0810

기술책임자 : 신 도 철
Tel : 031-646-0801

※ 비 고 : 1. 이 시험성적서는 당초 의뢰자가 제출한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증 하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서의 원본 진위확인은 한국에스지에스 온라인 성적서 조회 홈페이지(http://e-checking.kr.sgs.com/construction/)에서 열람이 가능합니다.

한국에스지에스(주) 건설시험연구원

주 소 : 경기도 화성시 동탄면 동탄산단10길 20 전화번호 (031)669-0600

유의사항 : 기술책임자의 성명과 서명이 없는 성적에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

This document is issued by the Company under its General Conditions of Service accessible at http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx. Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained hereon reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of Client's instructions, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law.
KQP-2510-001-F07 (07)

SGS Korea Co.,Ltd. 20 ,Dongtansandan 10-gil, Dongtan-myeon, Hwaseong-si, Gyeonggi-do, Korea, 18487 t +82(0)31 646 0600 f +82(0)31 646 0888 www.sgs.com
Member of SGS Group(Société Générale de Surveillance)

< 부록 2> 경제성 분석

	무기계 보수재 (원/m2) (t=10mm)	유무기 하이브리드 보수재 (원/m2) (t=5mm)	비고
재료비	51,000	60,000	•무기계 보수재: 비중2.0, 2,550원/kg •유무기계 보수재: 비중1.8, 5,000원/kg
노무비	70,000	70,000	치핑, 세척, 프라이머, 단면복구 포함
경비	1,100	1,100	
합계	122,100	131,100	
유지보수기간	1~2년	3~4년	
시설물 사용기한 (10년으로 가정)	1,221,000	327,750	**약 4배의 경제적 효과**

< 부록 3> 연구개발 성과 증빙자료

1. 국내 학술지 논문

[증빙 1] 황재남 등, 콘크리트 도로시설물 적용을 위한 유무기계 하이브리드 모르타르 보수재의 성능평가, 한국도로학회논문집, 2018. 12, Vol. 20, No. 6, pp. 109-116.

[증빙 2] 이승태 등, 도로시설물용 콘크리트 구조물의 유지보수를 위한 유무기계 하이브리드 모르타르 보수재의 내구 성능 평가, 한국도로학회논문집, 2019. 12, Vol. 21, No. 6, pp. 77-84.

[증빙 3] 이승태, 콘크리트 도로시설물용 보수재료로서 유무기계 하이브리드 모르타르의 내화학성 평가, 한국도로학회논문집, 2020. 2, Vol. 22, No. 16.

2. 학술회의 논문발표

[증빙 4] 박광필 등, 콘크리트포장 도로시설물의 성능저하원인 분석, 한국구조물진단유지관리공학회 학술발표논문집, 2018. Vol. 22, No. 2, pp. 374-375.

[증빙 5] 황재남 등, 고탄성하이브리드 모르타르의 강도특성, 한국구조물진단유지관리공학회 학술발표논문집, 2018. Vol. 22, No. 2, pp. 333-334.

[증빙 6] 황재남 등, 고탄성하이브리드 모르타르의 내동해성 평가, 한국구조물진단유지관리공학회 학술발표논문집, 2018. Vol. 22, No. 2, pp. 335-336.

[증빙 7] 신동혁 등, 고탄성 하이브리드 모르타르의 동결융해 저항성 평가, 한국콘크리트학회 학술발표논문집, 2019. Vol. 31, No. 2, pp. 397-398.

[증빙 8] 박세호 등, 광물질혼화재를 활용한 콘크리트의 스케일링 저항성 연구, 한국콘크리트학회 학술발표논문집, 2019. Vol. 31, No. 2, pp. 355-356.

[증빙 9] 이승태 등, 고탄성 하이브리드 보수재의 강도 특성, 한국도로학회 학술발표논문집, 2019. pp. 95.

[증빙 10] 이승태 등, 유무기계 하이브리드 모르타르 보수재의 동결융해 저항성, 한국도로학회 학술발표논문집, 2019. pp. 94.

3. SCI급 학술지 논문

[증빙 11] S.T. Lee, Mechanical properties and durability of mortars made with organic-inorganic repair material, Applied Sciences, (Under review).

4. 특허 출원 및 등록

[증빙 12] 출원 : 하상욱 등, 폴리우레아 수지 모르타르 조성물 및 이의 시공방법, 2018. 9. 17.

[증빙 13] 등록 : 하상욱 등, 폴리우레아 수지 모르타르 조성물 및 이의 시공방법, 2019. 3. 4.

[증빙 14] 출원 : 이승태 등, 도로시설물의 내구수명 향상을 위한 유무기계 고탄성 하이브리드 유지보수재 조성물, 그리고 이의 제조방법, 2019. 11. 19

1. 국내 학술지 논문

□ [증빙 1] 황재남 등, 콘크리트 도로시설물 적용을 위한 유무기계 하이브리드 모르타르 보수재의 성능평가, 한국도로학회논문집, 2018.12, Vol. 20, No. 6, pp. 109-116.

Int. J. Highw. Eng. Vol. 20 No. 6 : 109-116 DECEMBER 2018
https://doi.org/10.7855/IJHE.2018.20.6.109

콘크리트 도로시설물 적용을 위한 유무기계 하이브리드 모르타르 보수재의 성능평가

Performance of Combined Organic and Inorganic Hybrid Mortar as Repair Materials for Concrete Road Facilities

황재남 Hwang, Jae-Nam | 군산대학교 토목공학과 박사수료 (E-mail : jnhwang@buildchem.co.kr)
이승태 Lee, Seung-Tae | 정회원 · 군산대학교 토목공학과 교수 · 교신저자 (E-mail : stlee@kunsan.ac.kr)
박광필 Park, Kwang-Pil | 정회원 · 군산대학교 산학협력단 연구교수 (E-mail : pkp527@naver.com)
하상욱 Ha, Sang-Wook | 정회원 · ㈜빌드켐 대표이사 (E-mail : swha@buildchem.co.kr)

ABSTRACT

PURPOSES : The objective of this study is to evaluate the performance of combined organic and inorganic hybrid mortar used as repair materials (UM mortar) for concrete road facilities by comparison with cement repair materials (RM mortar).

METHODS : In order to produce UM mortar, four different levels of inorganic materials were adopted and the ratio of main resin to hardener was fixed at 1:2. For comparison, RM mortar made with cement repair materials was also produced. Fluidity, strength characteristics, length change, and freezing-thawing resistance of the mortars were measured at the predetermined periods. In addition, the microstructures of the mortars was performed on the 28-day mortar samples to examine the properties of the interfacial transition zone (ITZ).

RESULTS : It was observed that the mechanical properties, except for compressive strength, and freezing-thawing resistance of UM mortars were much better than those of RM mortar. Furthermore, showing a densified ITZ properties on the UM mortars from the microstructural observation, the usage of UM mortars exhibited a beneficial effect on the enhancement of mortar properties.

CONCLUSIONS : It is concluded that the application of combined organic and inorganic hybrid mortars is a possible option for the repair of deteriorated concrete road facilities.

Keywords
combined organic and inorganic hybrid mortar, repair materials, concrete road facilities, freezing-thawing resistance, microstructure

Corresponding Author : Lee, Seung-Tae, Professor
Department of Civil Engineering, Kunsan National University
558 Daehak-ro, Kunsan, Jeonbuk, 54150, Korea
Tel : +82.63.4694877 Fax : +82.63.4697434
E-mail : stlee@kunsan.ac.kr

International Journal of Highway Engineering
http://www.ksre.or.kr/
ISSN 1738-7159 (Print)
ISSN 2287-3678 (Online)
Received Nov. 01, 2018 Revised Nov. 02, 2018 Accepted Nov. 12, 2018

1. 연구배경 및 목적

1970년대 이후 급격히 증가한 국내 사회기반시설물은 구조물 설계 및 재료품질에 대한 체계가 구축되기 이전에 건설되었으나, 최근 콘크리트 구조물에 대한 체계적인 유지관리의 필요성으로 인하여 노후 인프라구조물의 보수보강공법 및 재료에 대한 관심이 고조되고 있는 실정이다.

열화된 콘크리트의 보수재료로서 유무기계 하이브리드 모르타르는 경화체 조직의 밀실화에 따른 역학적 성능 및 내구성 향상에 좋은 효과가 있을 것으로 판단된다.

4. 결론 및 요약

본 연구는 콘크리트 도로시설물에 적용가능한 보수재료로서 시멘트계 모르타르 및 유무기계 하이브리드 모르타르의 역학적 성능, 내구성 및 미세조직구조 특성을 비교·평가한 것이며, 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

1. 모르타르의 유동성을 측정한 결과, UM계 모르타르는 RM 모르타르보다 플로값이 상대적으로 크게 나타났으나, 무기계 재료의 함량이 증가함에 따라 플로값이 감소하는 경향을 나타내었다. 특히, UM14 모르타르는 무기계 재료의 함량이 높아 유·수분에 대한 흡수특성이 낮아진 탓으로 UM계 모르타르 중 가장 낮은 플로값을 나타내었다.
2. 유무기계 하이브리드 모르타르의 강도특성을 조사한 결과, UM계 모르타르의 압축강도는 RM 모르타르보다 작게 나타났으나, 휨강도 및 부착강도는 상반된 경향이 나타났다. 또, UM계 모르타르의 부착강도는 배합에 관계없이 RM 모르타르의 약 2.5배 이상 발현됨으로써 유무기계 하이브리드 모르타르의 우수한 부착성능을 나타내었다.
3. RM 모르타르는 초기재령에서부터 비교적 많은 수축이 발생한 탓으로 길이변화가 상대적으로 크게 나타난 반면, UM계 모르타르는 배합에 관계없이 길이변화가 상대적으로 안정적으로 나타났다.
4. 동결융해 환경에 노출된 5종류 모르타르의 내동해성을 평가한 결과, RM 모르타르의 상대동탄성계수가 약 80% 정도로 나타났으나, UM계 모르타르의 동탄성계수 감소는 매우 작게 나타났다. 이는 UM계 모르타르에 적용된 유기계 재료의 영향으로 인하여 동결융해 저항성이 RM 모르타르에 비하여 우수하게 나타났기 때문으로 판단된다.
5. RM 모르타르의 미세구조를 조사한 결과, 비교적 광폭의 천이영역 및 다량의 공극이 관찰된 반면, UM계 모르타르는 골재 및 결합재 사이의 ITZ가 치밀하게 형성되었으며, 공극의 생성도 상대적으로 적은 것으로 조사되었다.
6. 본 연구를 종합적으로 고찰하였을 때 적절하게 배합된 유무기계 하이브리드 모르타르는 역학적 성능, 내구성 및 미세조직구조 특성이 우수하게 나타남으로써 열화된 콘크리트 도로시설물의 유지보수 재료로서 활용가능성이 높을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 국토교통과학기술진흥원(KAIA)의 국토교통기술촉진연구사업 "도로시설물의 내구수명향상을 위한 유무기계 고탄성 하이브리드 유지보수재료 개발(18AI8738080)" 연구과제에서 연구비를 지원받아 수행된 결과입니다. 이에 감사드립니다.

REFERENCES

Cho, C. M., Choi, J. H., Rhee, S. H., Kim, T. K., Kim, J. H. (2017). "Material Performance Evaluation of PolyUrea for Structural Seismic Retrofitting", *Journal of the Korea Concrete Institute*, Vol. 29, pp.131-139.

Hong, S. H. (2006). "*Investigation and Control of Alkali-Silica Reactivity of Concrete in Korea*", Ph. D. Dissertation, Kangwon National University.

Jeon, J. K., You, J. O., Moon, J. H. (2008). "Durability Evaluation of Tunnel Lining Concrete Reinforced with Nylon Fiber", *Journal of the Korea Concrete Institute*, Vol. 20, No. 4, pp.487-493.

Kim, J. H., Park, J. C., Lee, S. W., Kim, S. B. (2011). "Evaluation of Strengthening Performance of Stiff Type Polyurea", *Journal of the Korea Concrete Institute*, Vol. 23, No.4, pp.511-520.

Kim, M. G., Sung, J. G. (2008). "Application of Mobile Mapping System for Effective Road Facility Maintenance and Management", *Korean Journal of Remote Sensing*, Vol. 24, pp.153-164.

Kim, S. B., Kim, J. H., Choi, H. S., Heo, G. (2010). "Development and Applicability Evaluation of High Performance Polyurea for RC Construction Reinforcement", *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 30, No. 2, pp.169-176.

Lamba, N. M. K., Woodhouse, K. A., Cooper, S. L. (1998). "Polyureathanes in Biomedical Applications", *CRC PRESS*, United States of America, pp.14-23.

Lee, S. T., Park, K. P., Park, J. H., Park, S. H. (2018). "Resistance of Concrete Made with Air-and Water-Cooled Slag Exposed to Multi-Deterioration Environments", *International Journal of Highway Engineering*, Vol. 20, pp.11-18.

Lee, Y. S., Joo, M. K. (2003). "Drying Shrinkage and Strength Properties of Ultra Rapid-Hardening Polymer-Modified Mortar Using Redispersible Polymer Powder", *Journal of the Korea Concrete Institute*, Vol. 15, pp.409-416.

Liu, K., Yan, J., Hu, Q., Sun, Y., Zou, C. (2016). "Effect of Parent Concrete and Mixing Method on the Resistance to Freezing and Thawing of Air-Entrained Recycled Aggregate Concrete", *Construction and Building Materials*, Vol. 106, pp.264-273.

Peiyao, S., Jizhi, Z., Zhong J., Shizhao, W. (2018). "FEM Simulation and Optimization on the Elastic Modulus and Thermal Expansion Ratio of Polymer-Mineral Composite", *Construction and Building Materials*, Vol. 167, pp.524-535.

□ [증빙 2] 이승태 등, 도로시설물용 콘크리트 구조물의 유지보수를 위한 유무기계 하이브리드 모르타르 보수재의 내구 성능 평가, 한국도로학회논문집, 2019. 12, Vol. 21, No. 6, pp. 77-84.

Int. J. Highw. Eng. Vol. 21 No. 6 : 77-84 DECEMBER 2019
https://doi.org/10.7855/IJHE.2019.21.6.077

도로시설물용 콘크리트 구조물의 유지보수를 위한 유무기계 하이브리드 모르타르 보수재의 내구성능 평가

Durability Assessment of Combined Organic and Inorganic Hybrid Mortar as Repair Materials for Concrete Road Facilities

이 승 태 Lee, Seung-Tae | 정회원 · 군산대학교 토목공학과 교수 · 교신저자 (E-mail : stlee@kunsan.ac.kr)
황 재 남 Hwang, Jae-Nam | 군산대학교 토목공학과 박사수료 (E-mail : jnhwang@buildchem.co.kr)
신 동 혁 Shin, Dong-Hyeok | 군산대학교 토목공학과 석사과정 (E-mail : s41y4n@naver.com)

ABSTRACT

PURPOSES : The objective of this study is to evaluate the durable performance of combined organic and inorganic hybrid mortar as repair material (HRM mortar) for concrete road facilities via comparison with that of cement repair materials (IRM mortar).

METHODS : To produce HRM mortars, inorganic materials as binder and 2 mineral fillers were adopted. The ratio of main resin versus hardener was fixed at 1:2. For comparison, IRM mortars made with cement repair materials were also manufactured. Compressive, flexural, and bonding strengths were measured at predetermined periods. For durability assessment, the scaling resistance, freezing & thawing resistance, rapid chloride penetration resistance, and acid attack resistance of those mortars were experimentally monitored.

RESULTS : The durability performances of HRM mortars, especially with respect to freezing & thawing, rapid chloride penetration and acid attack, were identified to be much better than those of IRM mortars. This result implies that HRM is a highly promising and versatile material because of its excellent durability.

CONCLUSIONS : It is concluded that the application of the combined organic and inorganic hybrid mortars is possibly an option for the repair of concrete road facilities exposed to aggressive environments.

Keywords
combined organic and inorganic hybrid mortar, repair materials, concrete road facilities, durability, aggressive environments

Corresponding Author : Lee, Seung-Tae, Associate Professor
Department of Civil Engineering, Kunsan National University, 558 Daehak-ro, Kunsan, Jeonbuk, 54150, Korea
Tel : +82.63.469.4877 Fax : +82.63.469.4791
E-mail : stlee@kunsan.ac.kr

International Journal of Highway Engineering
http://www.ksre.or.kr/
ISSN 1738-7159 (Print)
ISSN 2287-3678 (Online)
Received Sep. 30, 2019 Revised Oct. 04, 2019 Accepted Oct. 14, 2019

1. 연구배경 및 목적

오래전부터 콘크리트는 역학적 성질 및 내구성이 우수하여 철강재와 더불어 시회기반 시설물 등의 건설에 적용되어 왔다. 그러나, 콘크리트가 장기간 공기 중의 이산화탄소 등에 노출되어 탄산화되거나 겨울철 눈이나 얼음을 녹일 목적으로 사용되는 제설제 또는 해양환경

르타르는 유기계 결합재의 조직구조 치밀화 효과 및 공극 저감효과로 인하여 총통과전하량이 IRM 모르타르에 비하여 약 7.2% 정도로 매우 작은 좋은 결과가 관찰됨으로써, 우수한 내염성능을 나타내었다.

5. 5% 황산용액에 침지한 IRM 모르타르는 산침식에 의한 압축강도 및 질량 감소가 침지재령의 증가와 더불어 뚜렷하게 관찰된 반면, HRM 모르타르는 산침식에 의한 표면열화 및 강도감소가 거의 나타나지 않는 우수한 내산성을 나타내었다.

6. 본 연구결과를 종합적으로 고찰해 볼 때, 적절하게 배합된 유무기계 하이브리드 모르타르는 무기계 모르타르와 비교하여 내구성능이 대체적으로 우수하게 나타남으로써 열화환경에 노출된 콘크리트 도로시설물의 유지보수 재료로써 활용가능성이 매우 높을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 국토교통과학기술진흥원(KAIA)의 국토교통기술촉진연구사업 "도로시설물의 내구수명향상을 위한 유무기계 고탄성 하이브리드 유지보수재료 개발(18A18738082)" 연구과제에서 연구비를 지원받아 수행된 결과입니다. 이에 감사드립니다.

REFERENCES

Almusallam, AA, Khan, FM, Dulaijan, SU, Al-Amoudi, OSB. (2003). "Effectiveness of surface coating in improving concrete durability", *Cement and Concrete Composites*, Vol.25, pp.473-481.

Al-Zahrani, MM, Al-Dulaijan, SU, Ibrahim, M, Saricimen, H, Sharif, FM. (2002). "Effect of waterproofing coatings on steel reinforcement corrosion and physical properties of concrete", *Cement and Concrete Composites*, Vol.24, pp.127-137.

Bassuoni, MT, Nehdi, ML. (2007). "Resistance of self-consolidating concrete to sulfuric acid attack with consecutive pH reduction", *Cement and Concrete Research*, Vol.37, pp.1070-1084.

Cho, CM, Choi, JH, Rhee, SH, Kim, TK, Kim, JH. (2017). "Material performance evaluation of polyUrea for structural seismic retrofitting", *Journal of the Korea Concrete Institute*, Vol.29, pp.131-139.

Hill, J, Byars, EA, Sharp, JH, Lynsdale, CJ, Cripps, JC, Zhou, Q. (2003). "An experimental study of combined acid and sulfate attack of concrete", *Cement and Concrete Composites*, Vol.25, pp.997-1003.

Hussain, HK, Zhang, LZ, Liu, GW. (2013). "An experimental study on strengthening reinforced concrete T-beams using new materials polyurethane cement", *Construction and Building Materials*, Vol.40, pp.104-117.

Kim, MG, Sung, JG. (2008). "Application of mobile mapping system for effective road facility maintenance and management", *Korean Journal of Remote Sensing*, Vol.24, pp.153-164.

Kim, SB, Kim, JH, Choi, HS, Heo, G. (2010). "Development and applicability evaluation of high performance polyurea for RC construction reinforcement", *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, Vol.30, No.2, pp.169-176.

Lee, ST, Park, KP, Park, JH, Park, SH. (2018). "Resistance of concrete made with air-and water-cooled slag exposed to multi-deterioration environments", *International Journal of Highway Engineering*, Vol.20, pp.11-18.

Liu, K, Yan, J, Hu, Q, Sun, Yao, Zou, C. (2016). "Effect of parent concrete and mixing method on the resistance to freezing and thawing of air-entrained recycled aggregate concrete", *Construction and Building Materials*, Vol.106, pp.264-273.

Moradllo, MK, Shekarchi, M, Hoseini, M. (2012). "Time-dependent performance of concrete surface coatings in tidal zone of marine environment", *Construction and Building Materials*, Vol.30, pp.198-205.

Peiyao, S, Jizhi, Z, Zhong J, Shizhao, W. (2018). "FEM simulation and optimization on the elastic modulus and thermal expansion ratio of polymer-mineral composite", *Construction and Building Materials*, Vol.167, pp.524-535.

□ [증빙 3] 이승태, 콘크리트 도로시설물용 보수재료로서 유무기계 하이브리드 모르타르의 내화학성 평가, 한국도로학회논문집, 2020. 2, Vol. 22, No. 16. pp. 77-86.

Int. J. Highw. Eng. Vol. 22 No. 1 : 77-86 FEBRUARY 2020
https://doi.org/10.7855/IJHE.2020.22.1.077

콘크리트 도로시설물용 보수재료로서 유무기계 하이브리드 모르타르의 내화학성 평가

Resistance to Chemical Attack of Combined Organic and Inorganic Hybrid Mortars as Repair Materials for Concrete Road Facilities

이 승 태 Lee, Seung-Tae | 정회원 · 군산대학교 토목공학과 교수 · 교신저자(E-mail : sltee@kunsan.ac.kr)

ABSTRACT

PURPOSES : This study aims to evaluate the resistance to chemical attack of combined organic and inorganic hybrid mortars as the repair materials (i.e., HRM mortar) used for concrete road facilities through a comparison with mortars made from cement repair materials (i.e., IRM mortar).

METHODS : Inorganic materials used as a binder and two mineral fillers were adopted to produce HRM mortars. The ratio of the main resin versus the hardener was fixed at 2:1. For comparison, IRM mortars made of cement repair materials were also manufactured. The mortars were exposed to chemical solutions, such as NaCl, $MgSO_4$, Na_2SO_4, and H_2SO_4, with the same concentration of 5% after 7 days of curing. The compressive strength, compressive strength loss, mass ratio, and relative bulk density of the mortar samples exposed to the chemical solutions were measured at predetermined periods. In addition, a scanning electron microscope observation was performed to evaluate the microstructures and the products formed by the chemical reaction of the mortar samples.

RESULTS : As a result, the resistance to chemical attack of the HRM mortars was found to be much better than that of the IRM mortars, regardless of the types of attacking sources. This finding implies that HRM is a highly promising and versatile material because of its excellent resistance to chemical attack.

CONCLUSIONS : The application of the combined organic and inorganic hybrid mortars is a possible option for repair of concrete road facilities exposed to aggressive environments.

Keywords
Combined Organic and Inorganic Hybrid Mortar, Repair Materials, Concrete Road Facilities, Chemical attack, Microstructure

Corresponding Author : Lee, Seung-Tae, Professor
Department of Civil Engineering, Kunsan National University, 558 Daehak-ro, Kunsan, 54150, Korea
Tel : 82.63.469.4877 Fax : +82.63.469.4791
E-mail : sltee@kunsan.ac.kr

International Journal of Highway Engineering
http://www.ksre.or.kr/
ISSN 1738-7159 (Print)
ISSN 2287-3678 (Online)
Received Dec. 21, 2019 Revised Dec. 23, 2019 Accepted Jan. 07, 2020

1. 연구배경 및 목적

최근 콘크리트 구조물에 대한 체계적인 유지관리의 필요성으로 인하여 노후된 사회인프라 구조물의 보강공법 및 보수재료에 대한 관심이 지속적으로 증가하고 있는 실정이다. 주지하다시피, 콘크리트는 우수한 역학적 성능 및 내구성으로 인하여 외부로부터 기인하는 열화

에 의한 조직구조의 다공화로 인하여 상대밀도가 매우 작은 값을 나타내었다.

5. 모르타르의 미세조직구조를 조사한 결과, HM 모르타르는 시험용액의 침식작용에 의한 반응생성물이 확인되었으며, 미세균열도 다량으로 관찰되었다. 반면, NC 용액에 노출된 HM 모르타르는 상대적으로 밀실한 조직구조가 관찰된 반면, MS 및 HS 용액에 노출된 모르타르는 ITZ 영역에 다공질의 조직구조 형상이 나타났다.

6. 본 연구결과를 종합적으로 고찰해 볼 때, 유무기계 하이브리드 보수재료는 무기계 보수재료와 비교해서 내화학성이 우수하게 나타났으며, 향후 화학적 침식을 받는 열화환경에 노출된 콘크리트 도로시설물의 유지보수 재료로써 적용가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 국토교통과학기술진흥원(KAIA)의 국토교통기술촉진연구사업 "도로시설물의 내구수명향상을 위한 유무기계 고탄성 하이브리드 유지보수재료 개발(18AIRS-B138082)" 연구과제에서 연구비를 지원받아 수행된 결과입니다. 이에 감사드립니다.

REFERENCES

Almusallam, AA, Khan, FM, Dulaijan, SU, Al-Amoudi, OSB. (2003). "Effectiveness of surface coating in improving concrete durability", *Cement and Concrete Composites*, Vol. 25, pp.473-481.

Al-Zahrani, MM, Al-Dulaijan, SU, Ibrahim, M, Saricimen, H, Sharif, FM. (2002). "Effect of waterproofing coatings on steel reinforcement corrosion and physical properties of concrete", *Cement and Concrete Composites*, Vol. 24, pp.127-137.

Bassuoni, MT, Nehdi, ML. (2007). "Resistance of self-consolidating concrete to sulfuric acid attack with consecutive pH reduction", *Cement and Concrete Research*, Vol. 37, pp.1070-1084.

Cho, CM, Choi, JH, Rhee, SH, Kim, TK, Kim, JH. (2017). "Material performance evaluation of polyUrea for structural seismic retrofitting", *Journal of the Korea Concrete Institute*, Vol. 29, pp.131-139.

Hooton, RD. (2019). "Future directions for design, specification, testing, and construction of durable concrete structures", *Cement and Concrete Research*, Vol. 124, Article 105827.

Hussin, HK, Zhang, LZ, Liu, GW. (2013). "An experimental study on strengthening reinforced concrete T-beams using new materials polyurethane cement", *Construction and Building Materials*, Vol. 40, pp.104-117.

Kim, Sh, Kim, JH, Choi, HS, Heo, G. (2010). "Development and applicability evaluation of high performance polyurea for RC construction reinforcement", *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 30, No. 2, pp.169-176.

Liu, P, Chen, Y, Yu, Z, Lu, Z. (2019). "Effect of sulfate solution concentration on the deterioration mechanism and physical properties of concrete", *Construction and Building Materials*, Vol. 227, Article 116641.

Lee, ST. (2012). "Evaluation on the sulfate attack resistance of cement mortars with different exposure conditions", *KSCE Journal of Civil Engineering*, Vol. 32, pp.427-435.

Lee, ST, Hooto, RD. (2016). "Influence of limestone addition on the performance of cement mortars and pastes exposed to a cold sodium sulfate solution", *Journal of Testing and Evaluation*, Vol. 44, pp.414-423.

Lee, ST, Moon, HY, Hooton, RD, Kim, JP. (2005). "Effect of solution concentrations and replacement levels of metakaolin on the resistance of mortars exposed to magnesium sulfate solutions", *Cement and Concrete Research*, Vol. 35, pp.1314-1323.

Lee, ST, Park, DW, Ann, KY. (2008). "Mitigating effect of chloride ions on sulfate attack of cement mortars with or without silica fume", *Canadian Journal of Civil Engineering*, Vol. 35, pp.1210-1220.

Moradllo, MK, Shekarchi, M, Hoseini, M. (2012). "Time-dependent performance of concrete surface coatings in tidal zone of marine environment", *Construction and Building Materials*, Vol. 30, pp.198-205.

Peiyao, S, Jizhi, Z, Zhong J, Shizhao, W. (2018). "FEM simulation and optimization on the elastic modulus and thermal expansion ratio of polymer-mineral composite", *Construction and Building Materials*, Vol. 167, pp.524-535.

Ramezanianpour, AM, Hooton, RD. (2013). "Thaumasite sulfate attack in portland and portland-limestone cement mortars exposed to sulfate solution", *Construction and Building Materials*, Vol. 40, pp.162-173.

Sulceiman, AR, Soliman, AM, Nehdi, ML. (2014). "Effect of surface treatment on durability of concrete exposed to physical sulfate attack", *Construction and Building Materials*, Vol. 73, pp.674-681.

Tsukagoshi, M, Miyauchi, H, Tanaka, K. (2012). "Protective performance of polyurethane waterproofing membrane against carbonation in cracked areas of mortar substrate", *Construction and Building Materials*, Vol. 36, pp.895-905.

Vipulanandan, C, Liu, J. (2005). "Performance of polyurethane-coated concrete in sewer environment", *Cement and Concrete Research*, Vol. 35, pp.1754-1763.

2. 학술회의 논문발표

□ [증빙 4] 박광필 등, 콘크리트포장 도로시설물의 성능저하원인 분석, 한국구조물진단유지관리공학회 학술발표논문집, 2018. Vol. 22, No. 2, pp. 374-375.

제22권 2호 (통권 42권)

콘크리트포장 도로시설물의 성능저하원인 분석

Analysis of the Cause of Additional Facilities Damages in Concrete Pavement

박광필* 이승태** 황재남*** 하상욱****
Park. Kwang Pil Lee. Seung Tae Hwang. Jae Nam Ha. Sang Wook

Abstract

This study is to analyze the causes of damage on additional facilities in road. In this study, lab test was performed using field core sample. The result of The compressive strength of concrete is met with the design regulations. However, the chloride content of in concrete increased up to 2cm. The microstructure and reactant analysis identified an expanding substance on the surface. However, as the time increases, the depth is expected to be deep.

1. 서 론

최근 이상기후 현상으로 인한 콘크리트 도로 구조물의 손상이 급증되고 있는 실정이다. 특히 콘크리트 및 아스팔트 도로 배수시설의 손상이 급격히 증가하고 있다. 콘크리트의 내구성 저하요인은 구조적인 문제 이외 기후 또는 유해물질에 의한 내구성 저하가 다수 보고되고 있다. 도로 시설물의 경우 차량의 이동에서 나오는 유해물질과 겨울철 동결융해, 강설로 인한 융빙제 사용이 열화 요인으로 지적되고 있다. 하지만 원인분석이 없이 단순 유지보수로 인하여 열화현상이 반복적으로 발생하게 되어 유지관리에 많은 비용을 사용하고 있다.

본 연구에서는 공용중인 도로 콘크리트 시설물의 손상에 대한 원인 분석을 위하여 현장 콘크리트 시료를 채취하여 콘크리트의 유해요인으로부터 손상원인을 분석하여 도로시설물의 유지관리에 필요한 기초자료를 제시하고자 한다.

2. 실험개요

본 연구에서는 손상된 도로 콘크리트 시설물의 손상 원인 분석을 위하여 공용중인 아스팔트 및 콘크리트 포장 도로의 콘크리트 도로 시설물에코어장비를 사용하여 현장의 건전부(F-Concrete)와 손상된 부분의 콘크리트 시료를 채취하였다.

시료는 융빙제 사용이 많은 콘크리트 포장면(Road-Concrete)과 도로 콘크리트 배수시설(U-Concrete)을 중심으로 했다. 채취한 시료에 대해서 실내에서 압축강도 측정과 염화물함유량 분석 및 기기분석(XRD, SEM)을 수행하였으며, 분석을 위해 표면에서부터 1cm 깊이별 시료를 준비하여 분석을 실시하였다.

* 교신저자, 군산대학교 토목공학과, 연구교수
** 군산대학교 토목공학과, 교수
*** 군산대학교 토목공학과, 박사수료
**** 빌드켐(주), 대표이사

3. 실험 분석 결과

Fig. 1에서 Fig. 4는 콘크리트 포장 및 시설물에 대한 콘크리트의 깊이별 염화물함유량 측정 및 미세구조분석 결과를 나타낸 것이다.

채취한 시료에 대해서 압축강도 측정결과 도로교설계기준의 콘크리트 시설물 설계기준 강도 21MPa를 상위하는 것으로 나타났다. 그러나 깊이별 염분량 측정결과 Fig. 1과 같이 공용중인 콘크리트 포장면과 시설물에서 0~2cm까지 염분함유량 증가하는 것을 확인하였다. 손상된 배구시설 콘크리트의 깊이별 반응생성물을 조사한 Fig. 2에서 표면부분에서 염해와 동행의 영향에 의한 Ettringite와 Thaumasite가 나타나는 것을 확인하였다. Fig. 3과 Fig. 4의 미세구조 분석에서 표면에서는 침상형의 팽창성물질이 확인 되었고, 내부 3cm이상에서는 육각판상의 수산화칼슘의 형상이 나타나는 것을 확인하였다. 그러나 공용기간이 증가되면 표면의 지속적이 열화현상으로 손상 깊이가 증가 할 것으로 판단된다.

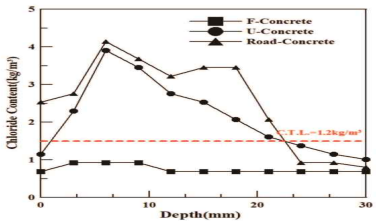


Fig. 1 깊이별 염화물함유량

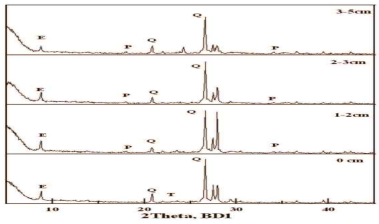


Fig. 2 반응생성물 분석(U-Concrete)

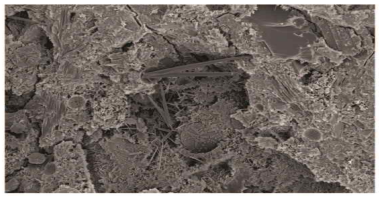


Fig. 3 미세구조(U-Concrete, 0-1cm)

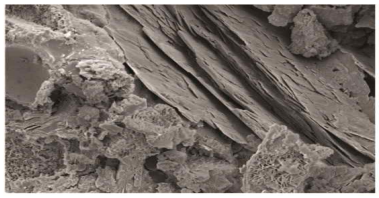


Fig. 4 미세구조(U-Concrete, 3-5cm)

4. 결 론

본 연구에서는 도로 콘크리트 시설물의 손상원인 조사를 위하여 콘크리트 시료를 채취하여 분석하였다. 이상기후에 따른 융빙제 사용의 증가와 동결융해 영향으로 염분량이 표면에서부터 2cm까지 증가하였으며, 표면의 미세구조와 반응생성물 분석에서 팽창성 물질을 함유하는 것으로 나타났다. 따라서, 이에 대응하는 유지관리기술이 적용되어야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원(KAIA)의 국토교통기술촉진연구사업 창의도전연구분야의 "도로시설물의 내구수명 향상을 위한 유무기계 고탄성 하이브리드 유지보수재료 개발" 연구과제에서 연구비를 지원받아 수행된 결과입니다. 이에 감사드립니다.

□ [증빙 5] 황재남 등, 고탄성하이브리드 모르타르의 강도특성, 한국구조물진단유지관리공학회 학술발표논문집, 2018. Vol. 22, No. 2, pp. 333-334.

고탄성하이브리드 모르타르의 강도특성

Strength Properties of High-Elastic Hybrid Mortar

황재남* 이승태** 하상욱*** 박광필****
Hwang, Jae Nam Lee, Seung Tae Ha, Sang Wook Park, Kwang Pil

Abstract

This research provides the baseline data for choosing the inorganic/organic hybrid material as the repairing solution by analyzing its efficiency in securing high vibration resistance and very low permeability. As a result of analysis of the mechanical properties of hybrid composite mortar, the strength increased with age. Therefore, it is considered that an inorganic binder having a certain amount or more is required for high strength development.

1. 서 론

최근 이상기후로 인한 강우, 강설, 고온, 저온 현상으로 도로 배수시설 파손에 대한 보고가 많이 되고 있지만 아직까지 국내 도로관련 규정에서는 도로 배수시설물의 내구성 확보에 대한 기술적 규정은 미흡하다. 또한, 손상에 대한 원인 분석과 이를 대응하기 위한 연구도 기초 단계이다.

도로 배수시설물의 손상원인은 차량의 이동에 의한 진동과 겨울철 융빙제 사용, 동결융해 작용이 보고되고 있다. 배수시설물에 사용되는 콘크리트는 낮은 설계 강도로 진동에 의한 파손이 쉽게 발생하고 작지만 투수계수를 가지고 있어 유해이온의 투수가 지속적으로 발생하게 된다. 이러한 원인을 억제하는 유지관리 기법이 적용되지 않으면 그 손상은 반복적으로 발생하게 된다.

본 연구에서는 진동에 강하고 낮은 투수계수를 확보 할 수 있는 유·무기복합재료를 활용한 보수재료의 역학성능을 평가하여 도로 배수시설물의 유지관리에 필요한 유·무기 복합재료 선정의 기초정보를 제공하고자 한다.

2. 실험개요

2.1 사용재료

본 연구에서 유기계재료와 무기계재료를 복합적으로 사용하였으며, 사용된 유기계 결합재는 폴리우레아수지계를 사용하였으며 주제는 디페닐메탄 디이소시아네이트 및 폴리에스테르폴리올을 사용하였다. 경화제는 폴리올로 폴리에스테르 폴리올을 사용하였다.

무기결합재는 실리카퓸(SF), 플라이애쉬(FA)를 사용하였으며, 배합에 사용된 골재는 입경이 0.075~0.3mm 인 규사(S)를 사용하였고 물성확보를 위하여 혼화제(A)를 사용하였다. 무기계 재료의 사용 비율은 중량비 SF:FA:S:A=2:3:93:2로 하였다.

* 군산대학교 토목공학과 박사수료
** 교신저자, 군산대학교 토목공학과 교수
*** 빌드켐 대표이사
**** 군산대학교 토목공학과 연구교수

2.2 배합 및 평가방법

본 연구 수행에 있어서 가장 중요한 유기계 재료의 주제:경화제 비율에 대한 최적 비율 도출을 위하여 기초실험을 진행하였으며 주제:경화제 비율을2:1로 고정하였다. 도출된 최적의 유지계 재료에 무기재료의 혼입은 중량비로 혼입하였다. 재료의 배합 비율(유기계:무기계)은 1:3(이하 U1), 1:3.5(이하 U2), 1:4(이하 U3)의 3단계로 배합하여 평가하였다. 3단계 선정은 기초 실험에서 작업성을 고려하여 3단계로 결정하였다. 평가는 표준양생 후 KS L 5105에 의한 압축강도 측정과 KS F 2408에 의한 휨강도 측정을 실시하였다.

3. 실험결과 및 고찰

유·무기복합 하이브리드 재료를 활용한 모르타르를 제작하여 역학적 특성을 평가한 결과 Fig. 1과 Fig. 2의 압축강도와 휨강도 결과를 도출하였다. Fig. 1의 압축강도와 Fig. 2의 휨강도 결과에서 재령이 증가함에 따라 강도가 증가하는 것을 확인하였다. 두 그림으로부터 U1과 U2의 압축강도는 크게 차이 나지 않는 것을 확인 할 수 있다. 그러나 U3는 초기 재령 3일부터 U1, U2보다 우수한 압축강도 특성을 발현하는 것을 확인하였으며, 이는 압축강도와 휨강도 모두 유사한 결과를 나타내었다. 유·무기복합 하이브리드 모르타르의 경우 유기재료의 함유량은 일정하여도 내부의 무기계재료의 적정 함유량에 따라서 강도의 특성이 변화하는 것을 확인하였다.

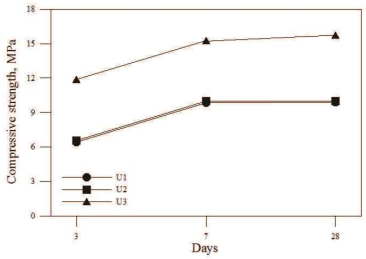


Fig. 1 압축강도 변화

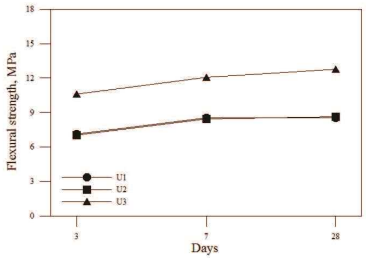


Fig. 2 휨강도 변화

4. 결 론

유·무기복합 하이브리드 모르타르의 역학적 특성 분석 결과 배합비율에 관계없이 재령의 증가에 따라 강도가 증가되었다. 그러나 무기계 재료의 함유량에 따라서 U1과 U2의 강도차이는 크지 않았으나 U3의 경우 압축강도와 휨강도에서 크게 증가하는 것을 확인하였다. 따라서, 높은 강도 발현을 위해서 일정한 함량이상의 무기결합재가 필요한 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원(KAIA)의 국토교통기술촉진연구사업 창의도전연구분야의 "도로시설물의 내구수명 향상을 위한 유무기계 고탄성 하이브리드 유지보수재료 개발" 연구과제에서 연구비를 지원받아 수행된 결과입니다. 이에 감사드립니다.

□ [증빙 6] 황재남 등, 고탄성하이브리드 모르타르의 내동해성 평가, 한국구조물진단유지관리공학회 학술발표논문집, 2018. Vol. 22, No. 2, pp. 335-336.

고탄성하이브리드 모르타르의 내동해성 평가

Evaluation of high-Elastic hybrid mortar

황재남* 이승태** 박광필*** 하상욱****
Hwang, Jae Nam Lee, Seung Tae Park, Kwang Pil Ha, Sang Wook

Abstract

This thesis will provide the baseline data of a suitable road repairing solution by analyzing the freeze-and-thaw resistance of inorganic-organic hybrid mortar. The resilience of polymer mortar and high-elastic mortar to freeze thaw resistance showed that the high-elastic mortar showed excellent resistance.

1. 서 론

최근 이상기후로 인한 강우, 강설, 고온, 저온 현상으로 도로시설물에 대한 파손 보고가 많이 되고 있지만 아직까지 국내 도로관련 규정에서는 도로시설물의 내구성 확보에 대한 기술적 규정은 미흡하다. 또한, 손상에 대한 원인 분석과 이를 대응하기 위한 연구도 기초 단계이다.

종래의 도로시설물보수재료로 빠른 교통개방을 위한 속경성모르타르, 콘크리트, 에폭시수지모르타르등의 재료들이 사용되고 있다. 그러나, 이러한 재료들은 주행 차량의 진동 및 충격에 의한 파손, 마모, 박리 등을 일으켜 주기적이고 반복적인 보수가 필요한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 유·무기복합 하이브리드 모르타르의 동결융해 특성을 평가하여 도로시설물의 보수 재료에 기초자료를 제시하고자 한다.

2. 실험개요

2.1 고탄성모르타르

본 연구에서 유기계재료와 무기계재료를 복합적으로 사용하였으며, 사용된 유기계 결합재는 폴리우레아수지계를 사용하였으며 주제는 디페닐메탄 디이소시아네이트 및 폴리에스테르폴리올을 사용하였다. 경화제는 폴리올로 폴리에스테르 폴리올을 사용하였다.

무기결합재는 실리카퓸(SF), 플라이애쉬(FA)를 사용하였으며, 배합에 사용된 골재는 입경이 0.075~0.3mm 인 규사(S)를 사용하였고 물성확보를 위하여 혼화제(A)를 사용하였다. 무기계 재료의 사용 비율은 중량비 SF:FA:S:A=2:3:93:2로 하였다.

2.2 폴리머모르타르

본 연구에서 사용된 폴리머단면복구 보수재는 시멘트 중량40%, 잔골재 50%, 혼화재 7%, 폴리머 중량 3%의 보수재(RM)를 사용하였다.

* 교신저자, 군산대학교 토목공학과 박사수료
** 군산대학교 토목공학과 교수
*** 군산대학교 토목공학과 연구교수
**** 빌드켐 대표이사

2.3 배합 및 평가방법

고탄성모르타르는 최적의 배합설계 비율을 유기결합재:무기결합재=1:4로(UM) 제작하였고, 폴리머모르타르는 배합에 따라 모르타르 표준제작 방법에 따라 시험체를 제작 하였다. 제작된 시편은 28일간 표준양생한 후 동결융해 저항성을 평가하였다. 평가방법은 ASTM C 666(Resistance of concrete rapid freezing and thawing)의 A-Type(수중동결 수중융해)으로 수행하였으며, 30cycle로 상대동탄성계수와 중량변화를 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1과 Fig. 2는 제작된 시험체의 동결융해 저항성 평가결과를 나타낸 것으로 Fig. 1은 각 싸이클별 상대동탄성계수를 측정한 결과로 시멘트계 재료인 RM은 30cycle이후부터 상대동탄성계수가 감소하는 것을 확인하였다. 그러나 고탄성모르타르의 경우는 300cycle까지 100%의 상대동탄성계수를 나타내는 것을 확인하였다. 이러한 결과는 Fig. 2의 중량변화와도 유사한 경향을 나타내었다. 중량변화의 경우 RM에서는 90cycle까지는 증가하는 경향이 보였으나 이후에는 중량이 지속적으로 감소하는 현상을 나타내었다. 반면 고탄성모르타르는 상대동탄성계수와 같이 무게의 변화가 나타나지 않는 것을 확인하였다.

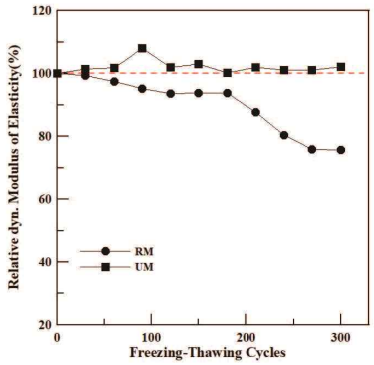


Fig. 1 상대동탄성계수 변화

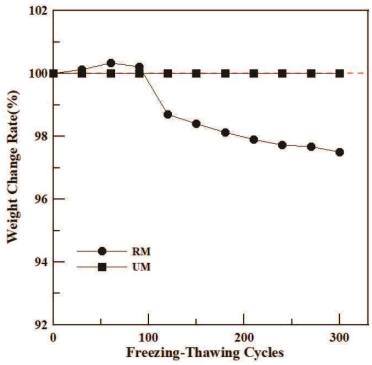


Fig. 2 공시체 중량변화

4. 결 론

폴리머모르타르와 고탄성모르타르의 동결융해에 대한 저항성을 평가한 결과 RM의 경우 초기 동결융해 작용에 대해서는 우수한 저항성을 나타내었지만 90cycle이후에서는 상대동탄성계수와 중량이 감소하는 결과를 나타내었다. 그러나 고탄성모르타르의 경우는 두 평가결과 모두 초기와 변화 없는 결과를 나타내었다. 이러한 원인은 고탄성모르타르의 경우 높은 유기계재료의 사용으로 낮은 투수계수로 인한 수분의 이동이 어렵고 고탄성으로 인한 내부의 수분 팽창시 발생하는 팽창압을 완화하여 균열이 발생하지 않는 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원(KAIA)의 국토교통기술촉진연구사업 창의도전연구분야의 "도로시설물의 내구수명 향상을 위한 유무기계 고탄성 하이브리드 유지보수재료개발" 연구과제에서 연구비를 지원받아 수행된 결과입니다. 이에 감사드립니다.

□ [증빙 7] 신동혁 등, 고탄성 하이브리드 모르타르의 동결융해 저항성 평가, 한국콘크리트학회 학술발표논문집, 2019. Vol. 31, No. 2, pp. 397-398.

고탄성 하이브리드 모르타르의 동결융해 저항성 평가

Evaluation of Freezing and Thawing Resistance of High-Elasticity Hybrid Mortars

신 동 혁* 심 보 영* 이 승 태**
Shin, Dong Hyuk Sim, Bo Yeong Lee, Seung Tae

ABSTRACT

In this study, the evaluation of freezing and thawing resistance of organic and inorganic materials (referred to as high-elasticity hybrid mortar) with a high durability, low permeability and high elasticity, not cement-based repairing material used on road facilities deteriorated by climate change and environmental factors. As a result of freezing and thawing resistance evaluation, high-elasticity hybrid mortar showed better freeze-thawing resistance than conventional repair materials.

요 약

본 연구에서는 기후변화 및 환경요인 등에 의해 열화된 도로시설물에 기존의 시멘트계 보수재료가 아닌 고내구성, 저투수성 및 고탄성의 특성을 가진 유·무기계 재료(이하 고탄성 하이브리드)에 대한 동결융해 저항성을 평가하였다. 동결융해 저항성 평가결과, 고탄성 하이브리드 모르타르가 기존의 보수재료보다 동결융해 저항성이 우수하게 나타났다.

1. 서 론

최근 이상기후로 인한 강우, 강설, 고온 및 저온 현상으로 도로시설물 파손의 증가로 인해 보수 및 보강이 필요한 실정이다. 도로시설물의 보수는 빠른 교통 개방을 위해 속경성 모르타르 및 에폭시수지 모르타르 등이 사용되고 있다. 그러나 이러한 재료들은 진동 및 충격에 의해 파손, 마모 및 박리 등을 일으켜 주기적인 보수가 필요한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 유·무기계 재료(이하 고탄성 하이브리드)를 사용한 모르타르의 동결융해 저항성을 평가하였으며, 도로시설물 보수재료의 기초자료를 제시하고자 한다.

* 정회원, 군산대학교, 토목공학과, 석사과정
** 정회원, 군산대학교, 토목공학과, 교수

2. 실험 방법 및 사용재료

2.1 사용재료

본 연구에서 사용된 재료는 국내 B사의 우레탄 경화제, 저점도 우레탄주제 및 무기바인더를 사용하였다. 고탄성 하이브리드 모르타르 배합은 무기바인더의 함량을 변화시켜 함량에 따라 HM1, HM2, HM3 및 HM4로 명명하였다. 또한, 내산성 단면복구용 시멘트를 사용하여 무기계 모르타르(이하 Plain)를 배합하였다.

2.2 실험 방법

본 연구에서 ASTM C 666 A방법(수중동결 및 수중융해)에 준하여 동결융해 시험을 실시하였다. 모르타르의 중량변화 및 상대 동탄성계수 측정을 위하여 Ø100×200mm 원주형 공시체를 사용하였으며, 모르타르 양생 후 재령 28일에서 동결융해 시험을 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1 및 2는 동결융해를 받은 모르타르의 중량변화 및 상대 동탄성계수를 나타낸 것이다. Plain 모르타르는 120cycle부터 급격한 중량 감소가 나타난 반면, HM1, HM2, HM3 및 HM4의 중량변화는 거의 나타나지 않았다. 상대 동탄성계수 측정 결과, Plain 모르타르는 150cycle 이후 60%이하인 Failure 영역으로 나타났으며, HM1, HM2, HM3 및 HM4의 경우 4배합 모두 270cycle 이후에 Failure 영역에 나타나 상대적으로 고탄성 하이브리드 모르타르의 동결융해 저항성이 우수하게 나타났다.

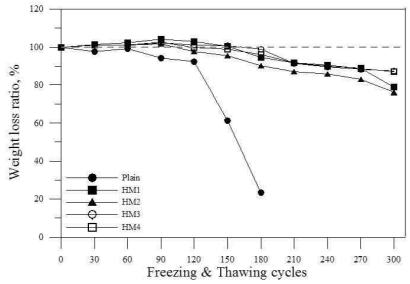


그림 1 동결융해를 받은 모르타르의 중량감소율

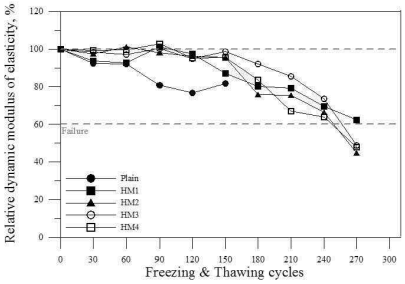


그림 2 동결융해를 받은 모르타르의 상대동탄성계수

4. 결 론

모르타르의 동결융해 저항성을 평가한 결과, 고탄성 하이브리드 모르타르는 무기계 모르타르보다 동결융해 저항성이 우수하게 나타났다. 추후 하이브리드 모르타르의 강도 및 내화학성 실험을 통해 도로시설물 보수재료로써 활용 가능성을 평가할 필요가 있다고 사료된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통과학기술진흥원의 2019년 국토교통기술촉진연구사업 「도로시설물의 내구수명 향상을 위한 유무기계 고탄성 하이브리드 유지보수재료 개발」 연구비 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

□ [증빙 8] 박세호 등, 광물질혼화재를 활용한 콘크리트의 스케일링 저항성 연구, 한국콘크리트학회 학술발표논문집, 2019. Vol. 31, No. 2, pp. 355-356.

광물질 혼화재를 활용한 콘크리트의 스케일링 저항성 연구

Scaling Resistance of Concrete Mixed with Mineral Admixtures

박 세 호* 추 영 규** 이 승 태***
Park, Se Ho Cho, Young Kyu Lee, Seung Tae

ABSTRACT

In this study, scaling resistance of concrete mixed with mineral admixtures was examined. Based on ASTM C 672, the scaling test was performed. 2 types of de-icing salt solutions were applied to the surface of concrete exposed to freezing and thawing environments up to 50cycles.

요 약

본 연구에서는 광물질 혼화재를 사용한 콘크리트의 스케일링 저항성을 실험적으로 고찰하였다. 스케일링 저항성 실험은 ASTM C 672에 준하여 실시하였으며, $CaCl_2$ 4% 및 NaCl 4% 수용액을 콘크리트 표면에 적용하여 매 5 사이클 마다 스케일링 양을 측정하였다.

1. 서 론

최근 겨울철 적설량의 증가로 인해 제설제의 사용량이 점차적으로 증가하고 있다. 이로 인해 콘크리트 구조물에 표면 박리, 스케일링 등과 같은 내구성 저하 현상이 나타나고 있다. 따라서 제설제의 주성분인 염에 노출되어 있는 콘크리트 구조물의 내구성 향상방안이 필요한 실정이다.

본 연구에서는 광물질 혼화재 플라이애시, 급냉슬래그 및 서냉슬래그를 활용하여 콘크리트의 스케일링 저항성을 실험적으로 평가하였다.

2. 실험 재료 및 실험 방법

2.1 실험 재료

본 연구에서는 사용된 결합재는 보통포틀랜드시멘트(OPC), 플라이애시(FA), 급냉슬래그(WS) 및 서냉슬래그(AS)를 사용하였으며, 콘크리트 배합은 표 1과 같다.

* 정회원, 군산대학교, 토목공학과, 박사수료
** 정회원, 군산대학교, 토목공학과, 박사과정
*** 정회원, 군산대학교, 토목공학과, 교수

2.2 실험 방법

콘크리트의 스케일링 저항성을 평가하기 위해 Ø100×70mm의 공시체를 제작 후, 14일 수중양생 및 14일 기건양생을 진행하였다. 또한, 콘크리트 표면에 $CaCl_2$ 4% 및 NaCl 4% 수용액을 적용하여 콘크리트의 스케일링 저항성을 ASTM C 672에 준하여 평가하였다.

표1. 콘크리트 배합

Type	Air (%)	Slump (mm)	W/b (%)	S/a (%)	Unit weight, (kg/m³)						
					W	C	FA	WS	AS	S	G
OPC	6±1	10~60	43	39	163	380	-	-	-	659	1005
FA20					163	304	78	-	-	651	993
WS35					163	247	-	133	-	656	1000
WS30AS05					163	247	-	114	19	656	1000

3. 실험결과 및 고찰

그림 1은 $CaCl_2$ 4% 수용액을 적용한 콘크리트의 스케일링 저항성을 나타낸 것이다. 그림에 나타나 있듯이, OPC 및 FA29 콘크리트의 스케일링 저항성이 우수하게 나타났으며, WS35 및 WS30AS05 콘크리트의 스케일링 저항성은 유사하게 나타났다. NaCl 4% 수용액을 적용한 콘크리트의 스케일링 저항성을 나타낸 것이 그림 2이다. NaCl 4% 수용액을 적용한 콘크리트의 스케일링 저항성은 그림 1에 제시된 $CaCl_2$ 4% 스케일링 저항성과 유사하게 나타났다.

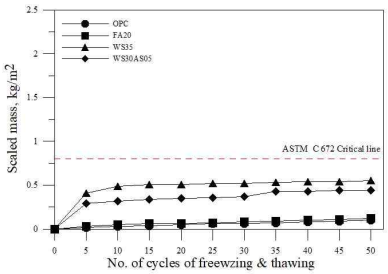


그림 1 $CaCl_2$ 4% 수용액을 적용한 콘크리트의 스케일링 저항성

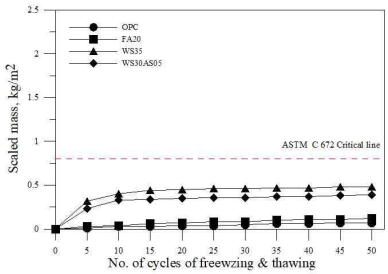


그림 2 NaCl 4% 수용액을 적용한 콘크리트의 스케일링 저항성

4. 결 론

광물질 혼화재를 활용한 콘크리트의 스케일링 저항성을 평가한 결과, OPC 및 FA20 콘크리트의 스케일링저항성이 우수하게 나타났다. 또한, 또한, 모든 콘크리트 배합에서 ASTM C 672 기준 0.8kg/m^{2}의 스케일링 양을 초과하지 않는 것으로 나타나 광물질 혼화재의 사용이 가능할 것이라고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통과학기술진흥원의 2019년 국토교통기술촉진연구사업 「도로시설물의 내구수명 향상을 위한 유무기계 고탄성 하이브리드 유지보수재료 개발」 연구비 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

□ [증빙 9] 이승태 등, 고탄성 하이브리드 보수재의 강도 특성, 한국도로학회 학술발표논문집, 2019. pp. 95.

고탄성 하이브리드 모르타르 보수재의 강도 특성

이승태* · 황재남** · 신동혁*** · 박광필****

콘크리트 도로시설물의 손상은 차량의 이동에 의한 진동과 겨울철 융빙제 사용, 동결융해 작용, 폭우에 따른 토사와 오물의 영향 등이 주요 손상원인으로 지적되고 있으며, 도로시설물에 적용되는 콘크리트는 낮은 설계강도로 인하여 진동에 의한 파손이 쉬우며, 내부조직이 치밀하지 못해 외부로부터 유해이온의 침투가 지속적으로 발생할 가능성이 높다. 이상과 같은 도로시설물의 손상을 회복하기 위해 열화원인을 능동적으로 대응하는 체계적인 보수 방법이 적용되어야 하나, 일반적인 단면복구 유지관리 방법을 반복 사용함으로써 열화 현상이 지속적으로 발생하게 되며, 최종적으로 시설물의 기능을 상실하게 된다. 기존에 사용되는 보수재료 중 무기계 보수재료는 폴리머 모르타르, 에폭시수지 모르타르 등이 있다. 최근 물리적 성질이 우수한 폴리우레탄 계열의 보수재료에 대한 관심이 고조되고 있으며, 이를 도로시설물에 적용하기 위한 연구가 점차적으로 시도되고 있다. 폴리우레탄 계열의 유기계 수지는 주제와 경화제를 적정 비율로 혼합하여 다양한 필러를 추가하여 사용할 수 있으며, 다른 폴리머 재료와 다르게 현장에서 작업자가 사용하기 용이하고 높은 부착성능 및 휨강도가 우수한 특징을 가지고 있다. 본 연구에서는 진동에 강하고 낮은 투수계수를 확보할 수 있는 고탄성 유무기 복합재료를 활용한 보수재료의 강도특성을 평가하여 도로 배수시설물의 유지관리에 필요한 유무기계 복합재료 선정의 기초정보를 제공하고자 한다.

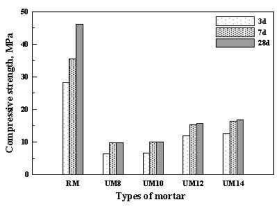


그림 1. 모르타르의 압축강도

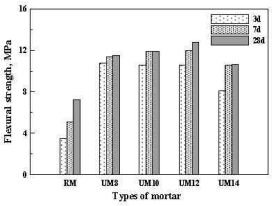


그림 2. 모르타르의 휨강도

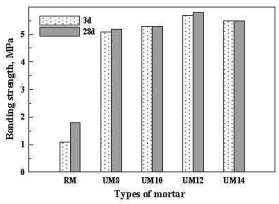


그림 3. 모르타르의 부착강도

감사의 글

본고는 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원의 국토교통기술촉진연구사업인 "도로시설물의 내구수명향상을 위한 유무기계 고탄성 하이브리드 유지보수재료 개발"의 연구지원으로 수행되었으며 이에 관계자 분들께 감사드립니다.

핵심용어 : 고탄성 모르타르, 보수재, 도로시설물

* 정회원·군산대학교 토목공학과 교수·공학박사(E-mail:stlee@kunsan.ac.kr)·발표자
** 비회원·군산대학교 토목공학과 박사수료(E-mail:jnhwang@buildchem.co.kr)
*** 비회원·군산대학교 토목공학과 석사과정(E-mail:s4ly4n@naver.com)
**** 정회원·대전대학교 토목공학과 연구교수·공학박사(E-mail:pkp527@naver.com)

□ [증빙 10] 이승태 등, 유무기계 하이브리드 모르타르 보수재의 동결융해 저항성, 한국도로학회 학술발표논문집, 2019. pp. 94.

유무기계 하이브리드 모르타르 보수재의 동결융해 저항성

이승태* · 황재남** · 하상욱*** · 김종필****

본 연구에서는 모르타르의 동결융해 저항성을 평가하기 위하여 ASTM C 666에 준하여 촉진실험을 실시하였으며, 매 30사이클마다 상대동탄성계수 및 질량비를 측정하였다. 그림 1에서와 같이 RM 모르타르는 동결융해 90사이클에서부터 상대동탄성계수가 감소하는 반면, UM8, UM10, UM12 및 UM14의 UM계 모르타르는 동결융해 반복작용에 의한 상대동탄성계수의 변화가 거의 없는 것으로 나타났다. 다시 말해서, 동결융해 300사이클에서는 RM 모르타르의 경우 상대동탄성계수가 약 80%정도로 나타났으나, UM계 모르타르는 100%에 근접한 결과를 나타내었다. 또, 300사이클 동안 동결융해 반복작용을 받은 모르타르의 질량비를 나타낸 것이 그림 2이다. 모르타르의 질량비는 그림 1에 제시된 상대동탄성계수 경향과 매우 유사하게 나타난 것으로 조사되었다. 특히, 300 사이클에서 UM계 모르타르는 질량비가 약 98%이상으로 조사됨으로써 매우 우수한 동결융해 저항성을 나타낸 반면, RM계 모르타르는 질량비는 약 81%로 나타남으로써, 동결융해 저항성이 상대적으로 떨어지는 것으로 나타났다. 결론적으로, UM계 모르타르는 유기계 재료를 결합재로 사용함으로써 경화체 조직 내부에 수분이 거의 없을 뿐만 아니라, 경화 후 내부로 수분이 침투하기 어려워 수분동결이 발생하지 않았기 때문에 동결융해 저항성이 우수하게 나타난 것으로 판단된다.

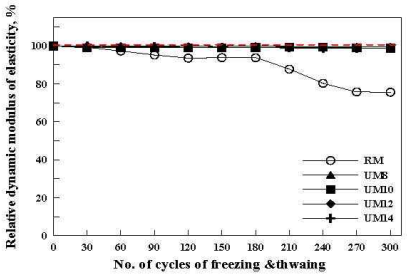


그림 1. 동결융해작용을 받은 모르타르의 상대동탄성계수

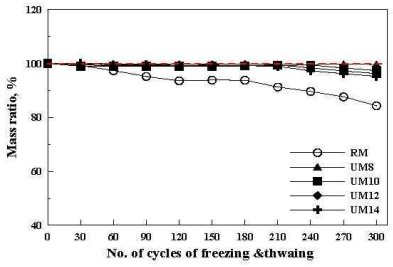


그림 2. 동결융해작용을 받은 모르타르의 질량감소율

감사의 글

본고는 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원의 국토교통기술촉진연구사업인 "도로시설물의 내구수명향상을 위한 유무기계 고탄성 하이브리드 유지보수재료 개발"의 연구지원으로 수행되었으며 이에 관계자 분들께 감사드립니다.

핵심용어 : 동결융해 저항성, 보수재, 모르타르

* 정회원·군산대학교 토목공학과 교수·공학박사(E-mail:stlee@kunsan.ac.kr)·발표자
** 비회원·군산대학교 토목공학과 박사수료(E-mail:jnhwang@buildchem.co.kr)
*** 비회원·(주) 빌드켐 대표이사·공학박사(E-mail:swha@buildchem.co.kr)
**** 비회원·부천대학교 토목공학과 조교수·공학박사(E-mail:jpkim0307@nate.com)

3. SCI급 학술지 논문

□ [증빙 11] S.T. Lee, Mechanical properties and durability of mortars made with organic-inorganic repair material, Applied Sciences, (Under review).



applied sciences

MDPI

Article

Mechanical Properties and Durability of Mortars Made with Organic-inorganic Repair Material

Seunglae Lee

Department of Civil Engineering, Kunsan National University, Kunsan 54150, Korea; rllee@kunsan.ac.kr; Tel.: +82-10-3666-9561

Abstract: The purpose of this study was to evaluate the mechanical properties and durability of mortars made with organic-inorganic repair materials (OIRMs). The ratio between the main resin and hardener of the organic binder was fixed at 1:2 for the fabrication of OIRM mixtures, while the ratio of inorganic binder was varied. For a performance comparison with OIRM mixtures, a mortar mixture was fabricated with a conventional cementitious repair material (CRM). The mechanical properties of mortars, such as flow, strength characteristics (compressive, flexural, and bonding strengths), drying shrinkage, and absorption, as well as the durability properties, such as freezing-thawing resistance and resistance to chloride ion penetration, were measured to evaluate mortar performance. The experimental results show that the OIRM mixtures had more favorable mechanical properties (except for compressive strength) and durability than the CRM mixture. In particular, the OIRM mixture with a 1 : 2 : 12 (resin : hardener : organic binder) ratio exhibited the most outstanding performances. In conclusion, based on the results of this study, OIRMs should be considered as promising repair materials for degraded concrete structures in the future.

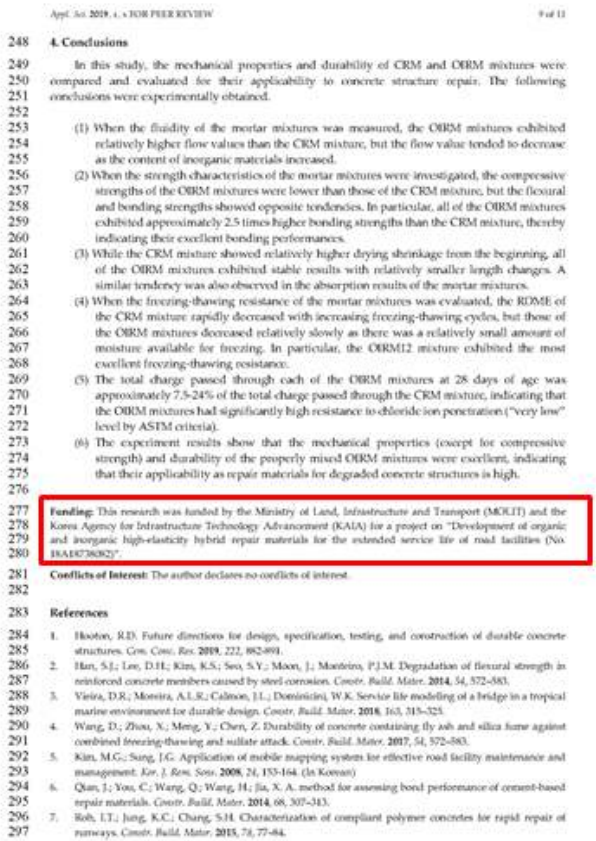
Keywords: organic-inorganic repair material; mechanical properties; durability; mortar; concrete structure

1. Introduction

Alongside steel, concrete is one of the most important materials in the construction industry, and it has been applied to many infrastructures due to its various excellent engineering properties. However, improper quality management for concrete materials and environmental degradation, such as abnormal temperature, lower the performances of concrete structures, thereby shortening their service life [1–4]. Many studies have been conducted on the causes of concrete structure degradation and its countermeasures worldwide, but studies on the efficient maintenance of concrete structures and repair materials are still relatively insufficient [5].

In recent years, a number of repair materials have been developed for the rehabilitation of concrete structures. Such repair materials can be largely classified as follows: inorganic cementitious materials, polymer modified cement-based materials, and polymer materials [6–8]. Different studies have used different repair materials and experimental methods, but their results have also been different. Among the previously used repair materials, polymer materials have high compressive strength. However, because they are brittle, they can easily be damaged, even with a low impact, and their resistance to fatigue load is low. Moreover, their low bonding strength causes them to drop out quickly after their application to concrete structures, thereby further degrading the functions of such structures [9].

To alleviate the above-mentioned shortcomings of existing repair materials, interest in polyurethane (PU)-based repair materials, which exhibit excellent physical and engineering



4. Conclusions

In this study, the mechanical properties and durability of CRM and OIRM mixtures were compared and evaluated for their applicability to concrete structure repair. The following conclusions were experimentally obtained.

(1) When the fluidity of the mortar mixtures was measured, the OIRM mixtures exhibited relatively higher flow values than the CRM mixture, but the flow value tended to decrease as the content of inorganic materials increased.
(2) When the strength characteristics of the mortar mixtures were investigated, the compressive strengths of the OIRM mixtures were lower than those of the CRM mixture, but the flexural and bonding strengths showed opposite tendencies. In particular, all of the OIRM mixtures exhibited approximately 2.5 times higher bonding strengths than the CRM mixture, thereby indicating their excellent bonding performances.
(3) While the CRM mixture showed relatively higher drying shrinkage from the beginning, all of the OIRM mixtures exhibited stable results with relatively smaller length changes. A similar tendency was also observed in the absorption results of the mortar mixtures.
(4) When the freezing-thawing resistance of the mortar mixtures was evaluated, the RDME of the CRM mixture rapidly decreased with increasing freezing-thawing cycles, but those of the OIRM mixtures decreased relatively slowly as there was a relatively small amount of moisture available for freezing. In particular, the OIRM12 mixture exhibited the most excellent freezing-thawing resistance.
(5) The total charge passed through each of the OIRM mixtures at 28 days of age was approximately 7.5–24% of the total charge passed through the CRM mixture, indicating that the OIRM mixtures had significantly high resistance to chloride ion penetration ("very low" level by ASTM criteria).
(6) The experiment results show that the mechanical properties (except for compressive strength) and durability of the properly mixed OIRM mixtures were excellent, indicating that their applicability as repair materials for degraded concrete structures is high.

Funding: This research was funded by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT) and the Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement (KAIA) for a project on "Development of organic and inorganic high-elasticity hybrid repair materials for the extended service life of road facilities (No. 18IAIP78082)".

Conflicts of Interest: The author declares no conflicts of interest.

References

1. Hooton, R.D. Future directions for design, specification, testing, and construction of durable concrete structures. *Cem. Conc. Res.* **2019**, *122*, 882-893.
2. Han, S.J.; Lee, D.H.; Kim, K.S.; Seo, S.Y.; Moon, J.; Monteiro, P.J.M. Degradation of flexural strength in reinforced concrete members caused by steel corrosion. *Constr. Build. Mater.* **2014**, *54*, 572–583.
3. Vieira, D.R.; Moreira, A.L.R.; Calmon, J.L.; Dominiciini, W.K. Service life modeling of a bridge in a tropical marine environment for durable design. *Constr. Build. Mater.* **2018**, *163*, 315–329.
4. Wang, D.; Zhou, X.; Meng, Y.; Chen, Z. Durability of concrete containing fly ash and silica fume against combined freezing-thawing and sulfate attack. *Constr. Build. Mater.* **2017**, *54*, 572–583.
5. Kim, M.G.; Sung, J.G. Application of mobile mapping system for effective road facility maintenance and management. *Kor. J. Rem. Sens.* **2008**, *24*, 155-164. (In Korean)
6. Qian, J.; You, C.; Wang, Q.; Wang, H.; Jia, X. A method for assessing bond performance of cement-based repair materials. *Constr. Build. Mater.* **2014**, *68*, 307–313.
7. Roh, I.T.; Jung, K.C.; Chang, S.H. Characterization of compliant polymer concretes for rapid repair of runways. *Constr. Build. Mater.* **2015**, *74*, 77–84.

4. 특허 출원 및 등록

□ [증빙 12] 출원 : 하상욱 등, 폴리우레아 수지 모르타르 조성물 및 이의 시공방법, 2018. 9. 17

관 인 생 략

출 원 번 호 통 지 서

출 원 일 자	2018.09.07
특 기 사 항	심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(P2018154)
출 원 번 호	10-2018-0107288 (접수번호 1-1-2018-0892840-82)
출원인 명칭	빌드켐 주식회사(1-2005-041632-2)
대 리 인 성 명	특허법인(유)화우(9-2006-100002-2)
발 명 자 성 명	하상욱 유정호 황재남 김정균 강현수
발 명 의 명 칭	폴리우레아 수지 모르타르 조성물 및 이의 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 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.

8.기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

□ [증빙 13] 등록 : 하상욱 등, 폴리우레아 수지 모르타르 조성물 및 이의 시공방법, 2019. 3. 4



특허증
CERTIFICATE OF PATENT

특 허 Patent Number: 제 10-1956233 호

출원번호 Application Number: 제 10-2018-0107288 호

출원일 Filing Date: 2018년 09월 07일

등록일 Registration Date: 2019년 03월 04일

발명의 명칭 Title of the Invention

폴리우레아 수지 모르타르 조성물 및 이의 시공방법

특허권자 Patentee

빌드켐 주식회사(134811-*******)
충청남도 공주시 우성면 보흥1길 116-36

발명자 Inventor

등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.

This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.

특허청
Korean Intellectual Property Office

2019년 03월 04일

QR코드로 현재기준 등록사항을 확인하세요

특허청장
COMMISSIONER,
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

박 원 주

(52) CPC특허분류
C04B 16/0691 (2013.01)
C04B 16/02 (2013.01)
C04B 28/02 (2013.01)
C04B 2103/0092 (2013.01)
C04B 2111/503 (2013.01)

(72) 발명자
황재남
경상북도 군산시 해망로 447, 101동 1103호 (소룡동, 군산설원아파트)
김정균
경기도 부천시 부흥로 49, 2725동 1802호 (상동, 백송마을 동일아이원)
강현수
서울특별시 마포구 마포대로 195, 108동 1401호 (아현동, 마포 래미안 푸르지오)

(56) 선행기술조사문헌
KR101207432 B1*
KR101666377 B1*
KR1020150025002 A
KR101367339 B1
KR1020140017063 A
JP2008169062 A
KR101156460 B1
*는 심사관에 의해에 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 19CTAP-C142346-02-000000
부처명 국토교통부
연구관리전문기관 국토과학기술진흥원
연구사업명 국토교통기술촉진연구사업
연구과제명 도로시설물의 내구수명 향상을 위한 유무기계 고탄성 하이브리드 유지보수재료 개발
기 여 율 1/1
주관기관 군산대학교 산학협력단
연구기간 2018.04.17 ~ 2019.12.31

□ [증빙 14] 출원 : 이승태 등, 도로시설물의 내구수명 향상을 위한 유무기계 고탄성 하이브리드 유지보수재 조성물, 그리고 이의 제조방법, 2019. 11. 19

관 인 생 략

출 원 번 호 통 지 서

출 원 일 자	2019.11.19
특 기 사 항	심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(JPN01200)
출 원 번 호	10-2019-0148364 (접수번호 1-1-2019-1186092-89)
출원인 명칭	군산대학교산학협력단(2-2004-004440-9) 외 1명
대 리 인 성 명	장태화(9-2006-000599-0)
발 명 자 성 명	이승태 하상욱 황재남
발 명 의 명 칭	도로시설물의 내구수명 향상을 위한 유무기계 고탄성 하이브리드 유지보수재 조성물, 그리고 이의 제조 방법

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.

2019-11-19

【부처명】	국토교통부
【연구관리 전문기관】	국토교통과학기술진흥원
【연구사업명】	국토교통기술촉진연구사업
【연구과제명】	도로시설물의 내구수명 향상을 위한 유무기계 고탄성 하이브리드 유지보수재료 개발
【기여율】	1/1
【주관기관】	군산대학교 산학협력단
【연구기간】	2018.04.01 ~ 2019.12.31

【취지】 위와 같이 특허청장에게 제출합니다.

대리인 장태화 (서명 또는 인)

【수수료】

【출원료】	0	면	46,000 원
【가산출원료】	71	면	0 원
【우선권주장료】	0	건	0 원
【심사청구료】	5	항	363,000 원
【합계】	409,000 원		
【감면사유】	소기업(70%감면)[1],전담조직(50%감면)[1]		
【감면후 수수료】	163,600 원		

68-3