건설교통R&D정책 · 인프라사업 최종보고서

R&D / 11TRPI-C057479-01

구상형 전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능 콘크리트 포장보수공법의 사업화

2012. 11. 09.

주관연구기관 / ㈜삼우아이엠씨
위탁연구기관 / ㈜한국건설품질기술원

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

Land Transport and Maritime R&D Report

제 출 문

국토해양부 장관 귀하

이 보고서를 "구상형 전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능 콘크리트 포장보수공법의 사업화"과제의 사업화 기획 보고서로 제출합니다.

2012. 11. 09.

주관연구기관명 : (주)삼우아이엠씨
주관연구책임자 : 배종오
책임연구원 : 길용수
책임연구원 : 정원경
책임연구원 : 전범준
선임연구원 : 안진홍
선임연구원 : 양정식
연구원 : 박삼종
연구원 : 권기창

위탁연구기관명 : (주)한국건설품질기술원
위탁연구책임자 : 강승희
책임연구원 : 소병주
선임연구원 : 김재원
연구원 : 한상일

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>11TRPI-C057479-01</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2011.08.31.
~
2012.08.31.</td><td>단 계 구 분</td><td>2 / 2</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 사 업 명</td><td>중 사 업 명</td><td colspan="4">2011건설교통R&D정책・인프라사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4">구상형 전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능 콘크리트 포장보수공법의 사업화</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">(주관기업)부분단면보수 전용 콘크리트포장 칩핑장비 및 고성능콘크리트 현장적용 사업화
(위탁기업)구상형 전기로 산화슬래그를 이용한 고성능 콘크리트 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">배 종 오</td><td>해당단계
참 여
연구원수</td><td>총 : 12명
내부 : 8명
외부 : 4명</td><td>해당단계
연 구 비</td><td>정부 : 127,690천원
기업 : 86,191천원
계 : 213,881천원</td></tr>
<tr><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 12명
내부 : 8명
외부 : 4명</td><td>총연구비</td><td>정부 : 72,310천원
기업 : 48,809천원
계 : 121,119천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">(주)삼우아이엠씨
기술연구소</td><td>참여기업명</td><td colspan="2">(주)삼우아이엠씨</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="5">상대국명 : 상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="5">연구기관명 : (주)한국건설품질기술원 연구책임자 : 강 승 희</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약</td><td>보고서면수</td><td>141 page</td></tr>
<tr><td colspan="6">콘크리트포장의 유지보수를 위하여 제강공정의 부산물인 전기로슬래그를 고속의 공기로 급냉에이징처리함으로써 화학적으로 안정화된 스피넬구조와 물리적 안정성을 확보한 구상형의 전기로 산화 슬래그로 초속경계열의 폴리머 개질 콘크리트의 잔골재를 100% 치환함으로써 결합재의 양과 성능개선재의 양을 감소시켜 경제성을 확보한 친환경의 전기로 산화 슬래그 잔골재 개질 콘크리트(SMAT-CON)제조기술과 기존의 인력제거방식에서 벗어나 부분단면보수 전용 워터블라스팅 장비를 개발하여 기존 기술 대비 경제성, 녹색성, 시공성을 크게 향상시킨 콘크리트포장 유지보수공법을 개발하였다.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td colspan="4">구상형 전기로 산화 슬래그, VnW, 콘크리트 포장, 보수, 열화</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="4">Utilization of Electric Arc Furnace Oxidizing Slag, Vacuum and Water blasting, Concrete pavement, Repair, Deterioration</td></tr>
</table>

요 약 문

Ⅰ. 제 목

“구상형 전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능 콘크리트 포장보수공법의 사업화”

Ⅱ. 연구개발의 필요성 및 중요성

1. 연구개발의 필요성

□ 도로시설물중 도로포장은 이용자들의 편의성, 안전성, 경제성 측면에서 직·간접적인 영향을 미친다. 특히 급격한 산업화로 직접적인 중차량등의 교통량증가와 동절기 결빙방지를 위한 염수 살포 등의 간접적인 영향에 의해 포장파손이 가속화되고 이로 인해 유지관리비용과 지정체등으로 인한 사용자비용이 급속히 증가하고 있는 실정이다. 따라서 장기내구성 확보와 유지보수비용의 최소화로 경제성을 확보할 수 있는 방법의 개발이 여러 분야에서 진행되고 있다.

□ 현재 도로포장 유지보수에서 장기내구성 확보측면에서 초속경 라텍스 개질 콘크리트(Very Early Strength Latex Modified Concrete : 이하 VES-LMC)가 널리 사용되고 있으며, 이는 초속경시멘트의 재료적 안정성 확보와 라텍스의 사용으로 작업성, 강도특성 및 내구성이 우수하고, 부착강도가 확보되어 현장적용성이 뛰어난 특징이 있다(윤경구, 2004). 그러나 속경성시멘트 및 라텍스 재료비의 고가로 인해 경제성에서 불리한 단점을 가지고 있다.

□ 따라서 콘크리트의 구성요소 중 가장 큰 비중을 차지하는 골재의 개선을 통해 VES-LMC의 성능은 유지하면서 고가의 결합재인 시멘트량과 성능개선재인 라텍스량을 감소시켜 경제성의 단점을 보완하고, 산업발전으로 발생된 부산물의 충분한 수

급으로 천연골재의 고갈로 인한 문제를 극복하는 효과를 동시에 만족할 수 있는 재료 개발의 필요성이 대두되었다.

□ 콘크리트의 잔골재의 치환재로 사용될 전기로산화슬래그(Electric Arc Furnace oxidizing Slag : 이하 EAFS)는 제철소에서 철의 생산과정 중 발생되는 부산물로 제강과정에서 생산된 불안정한 용융상태의 제강슬래그를 고속의 공기로 분사급냉시켜 만들어진 정육면체의 안정된 분자구조(스피넬구조)로 이온이나 전자의 이동을 억제시켜 화학적 · 물리적 저항성을 증대시킨 것이다. 우리나라에서 2010년 발생한 고로슬래그와 제강슬래그는 각각 880만톤과 910만톤 정도 생산되고 있으며, 제강슬래그 중 전기로 슬래그의 발생량은 450만톤, 전로슬래그는 약 460만톤 정도이다. 슬래그의 재활용률을 살펴보면, 고로 슬래그와 제강 슬래그 모두 100%에 근접하여 재활용되고 있으나, 제강 슬래그는 아직까지 부가가치가 낮은 분야에서만 사용이 되고 있어, 부가가치를 높일 수 있는 방안이 필요하다. 현재 제강슬래그 중 콘크리트의 잔골재로 사용될 수 있는 특수 처리된 전기로산화슬래그는 포항, 광양 일대에서 55만톤이 생산되고, 전국적으로 100만톤 이상이 생산되어 안정적인 재료의 수급에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

□ 우리나라에서는 전기로산화슬래그를 콘크리트용 잔골재로 활용하기 위한 제도적 기반으로서 KS규격(KS F 4571 콘크리트용 전기로산화슬래그 잔골재, 2007)이 제정되어 부산물의 자원화 시스템 기반이 마련되었다. 그러나 현재까지 전기로산화슬래그 골재는 실용화 단계에는 도달하지 못하였으며, 콘크리트용 잔골재로서 활용가능성을 평가하기 위해 전기로산화슬래그 잔골재의 치환율에 따른 콘크리트의 굳지 않은 성상, 역학적 성능 및 염해, 탄산화, 동결융해 등의 내구성능 평가에 대하여 연구하고 있는 실정이다.

□ 본 연구에서는 전기로산화슬래그를 일반콘크리트가 아닌 유지보수에 적용될 수 있는 초속경계열의 VES-LMC에 처음으로 천연잔골재인 모래의 대체 재료로 치환하여, 굳지 않은 콘크리트의 특성, 강도특성, 내구성능 등의 평가를 통해 최적배합비를 도출하고, 제조된 새로운 고성능 콘크리트로써 성능개선하여 기존 VES-LMC의 단점을 보완할 뿐만 아니라, 초기공사비용과 유지보수비용을 절감하여 경제성이 우수한 재료로 현장에 적용할 수 있도록 하는 것이 본 연구의 목적이다.

2. 연구개발의 중요성

□ 현재 콘크리트 도로포장의 파손에 대한 적절하고 시급한 보수 및 보강능력을 향상시키고 교통 지연 및 시공비용을 최소화하기 위한 방법들이 재료, 배합, 시공 등의 다각적인 측면에서 시도되고 있다. 이러한 보수방법들은 저 교통량 하에 주로 야간에 시공되고 있으며 최소한의 작업시간으로 교통안전과 사고의 위험을 줄일 수 있는 경제적, 환경적인 대안을 필요로 한다.

□ 또한 해마다 도로연장의 증가로 유지보수단면이 증가하고, 특히 교통량의 증가에 따른 신설 도로 확장공사구간이 늘어나고 있는 추세이다. 이와 같이 증가되는 공사구간에 의해 차량지체현상이 주기적으로 발생하며 사용자비용 또한 증가되고 있다. 이러한 사용자 비용을 감소시키기 위해서는 조기교통개방을 위한 체계적이고 안정적인 보수공법이 적용되어야 한다.

□ 이에 본 연구에서는 콘크리트 포장의 장기 공용성을 증진시킬 수 있는 조기교통개방용 콘크리트 보수재료의 개발과, 차량지체현상으로 인해 발생되는 사용자 비용을 감소시키기 위해 체계적이고 안정적인 Fast-Track 공법을 개발하고자 한다.

□ 2008년 8월15일 현 정부는 정책목표로 녹색성장을 강력히 제시하였으며, 그 결과 사회전반의 패러다임이 급속하게 저탄소 녹색성장으로 전환되어 가고 있고 산업분야 전반에도 녹색성장과 관련된 산업구조로 빠르게 전환되었으며, 이에 따라 관련 산업과 시장이 확대되어 가고 있다. 한편으로는 새로운 사업기회가 창출되고 있으나 건설시장에서는 아직까지 친환경 저탄소 정책에 부합되어 실현되고 있는 기술은 미미한 수준이다.

□ 건설분야 중 골재고갈에 따른 문제점을 산업폐기물로 대체하는 방법은 기술적인 측면에서 크게 개발할 여지가 없으나, 오히려 산업폐기물을 이용하여 기존의 건설재료를 개량할 수 있는 기술을 개발하므로 녹색기술을 실현할 수 있다는 판단하에 고강도 및 고성능 콘크리트에 적용하여 단위시멘트량 등을 절감한 친환경, 저탄소 녹색기술을 개발, 현재의 정책목표를 만족할 수 있는 매우 획기적인 대안이 될 수 있을 것으로 판단된다.

□ 본 기술은 국가 정책에 부합되는 녹색기술로써 단순히 산업폐자원의 재활용에 그치지 않고 녹색성을 더욱 향상시켜 기존기술 대비 탄소배출량 5천톤/년 저감, 슬래그 재활용률 20% 증대, 전기로 산화 슬래그 재사용량 2만7천톤/년, 현장적용 장비 개발, 공사비 40% 절감 등 기존 보수재에서 한단계 발전된 새로운 콘크리트포장 유지보수기술을 완성시킨 친환경・저탄소 정책의 대안기술이다.

□ 고속도로의 콘크리트포장은 25년 전에 개통된 88고속도로를 시작으로 공용연장은 지속적으로 증가하여왔다. 특히 중차량에 대한 지지력이 뛰어나고 유지보수비가 적게 든다는 장점으로 콘크리트포장은 우리나라 고속도로의 기본 포장형식으로 자리 잡았다. 그러나, 88고속도로와 호남 및 경부고속도로 확장구간 등 주요고속도로의 콘크리트포장 구간이 공용연수 30년에 가까운 노후 콘크리트포장으로서 앞으로 고속도로의 노후 콘크리트포장의 연장은 급속도로 증가할 것으로 보인다.

□ 2010년 현재 도로보수 예산은 평균 3천억원에 달하며 이러한 보수금액은 공용 중인 도로의 공용연수 증가에 따라 점진적으로 증가하고 이는 보수 이후 재파손되는 기존기술로 인해 보수예산이 더욱 증대되고 있어 이에 대한 대책이 절실히 요구되고 있다.

□ 본 기술은 기존의 도로보수공법을 개발・개량한 것으로 녹색성장에 기여할 수 있는 친환경 재료의 사용, 장비 개발에 따른 시공성 개선 등으로 점진적으로 증가되는 콘크리트포장 유지보수시장에 있어 기존의 접착식 콘크리트계 보수・재포장공법의 문제점을 해결하고 국가정책에 부합되는 경제적인 공법으로 개발된 것으로 본 기술이 새로운 대안이 될 것으로 기대된다.

□ 본 기술은 콘크리트용 구상형 전기로 산화 슬래그 잔골재로 치환된 고성능 콘크리트 제조에 있어 기존 보수재 대비 고가의 시멘트 및 폴리머 함량을 각각 20%, 55%이상 절감하여 원가절감을 실현하였으며, 유지보수공정에 있어서 기존 보수공법의 열화부 제거 공정 및 진공흡입청소 공정을 하나로 단일화시킴으로써 기존기술 대비 경제성을 40% 이상 갖춘 접착식 콘크리트계 보수・재포장공법으로 도로 유지보수 기술에 새로운 대안이 될 것이다.

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

□ 본 연구는 전기로 산화 슬래그 잔골재를 이용한 초속경라텍스개질 콘크리트의 제조방법과 콘크리트포장 보수전용장비를 이용한 유지보수 공법(Slag Modified Aggregate Technology Concrete, 이하 SMAT-CON)으로 콘크리트포장 유지보수에 활용되기 위해서 시공성이 우수한 공법으로 완성되도록 하고, 타 공법 및 외국의 기술에 비하여 경제성이 확보될 수 있는 기술로 완성하여 공법의 경쟁력 및 국가경쟁력에 기여할 수 있도록 하였다. 본 연구개발의 내용과 범위를 [표 1]과 같이 설정하였다.

[표 1] 연구내용 및 범위

(1) 최종목표

목표	내용
①전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능콘크리트 개발	▪ 천연잔골재의 전기로 산화 슬래그 100% 치환 ▪ 단위시멘트 및 폴리머 저감을 최적화할 수 있는 최적첨가비율 도출 ▪ 한국도로공사 기준의 콘크리트포장 단면보수재 품질기준 부합 ▪ 경제성을 고려한 최적배합표 도출
②부분단면보수 전용 콘크리트 칩핑 장치 개발	▪ 개발된 전단면 콘크리트포장 칩핑용 차량에 부분단면보수 전용 워터블라스팅 장치를 장착할 수 있는 다목적 콘크리트포장 보수 전용장치 개발 ▪ 기존의 인력에 의한 워터건 방식에서 벗어나 보다 강력한 펌프압을 이용한 부분단면보수 전용 워터블라스팅 장치 개발
③시공현장 조사 및 평가	▪ 개발된 재료 및 공법의 시공성 평가 ▪ 장기공용성 확보 가능성 평가
④신기술 취득	▪ 개발된 기술에 대한 객관적 평가 및 기술력 검증 ▪ 사업화 추진을 위한 기본 토대 마련 ▪ 보유 및 개발 기술의 법적 보호
⑤상용화	▪ 개발된 콘크리트포장보수 공법의 발주처 및 관리자 홍보 ▪ 개발 기술의 법적 보호를 위한 지적재산권 확보 ▪ 기존 콘크리트포장보수 수요만족을 위한 사업화 추진 실적

연 차	연구 내용	연구개발내용
1차년도 연구기간 8개월	**<①전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능 콘크리트 개발>** ▪ 한국도로공사 품질기준에 만족하는 고성능 콘크리트개발 ▪ 기존기술대비 단위시멘트량 20% 절감 ▪ 기존기술대비 라텍스첨가량 30%이상 절감 ▪ 구상형 전기로산화슬래그를 이용한 고성능콘크리트 최적배합도출	▪ 한국도로공사 품질기준에 만족하는 고성능 콘크리트개발 완료 ▪ 기존기술대비 단위시멘트량 20% 절감 실현(360kg/㎥→300kg/㎥) ▪ 기존기술대비 라텍스첨가량 55%이상 절감(115kg/㎥→51kg/㎥) ▪ 구상형 전기로산화슬래그를 이용한 고성능콘크리트 최적배합도출
	<②부분단면 보수 전용 콘크리트 칩핑용 장치 개발> ▪ 보유기술인 전단면 콘크리트 노면 칩핑용 차량에 절삭깊이 1m, 절삭폭 60cm 수준의 부분단면 콘크리트 노면 칩핑장비 장착	▪ 보유기술인 전단면 콘크리트 노면 칩핑용 차량에 절삭깊이 1m, 절삭폭 60cm 수준의 부분단면 콘크리트 노면 칩핑장비인 Power Blasting제작 완료
	<③시공현장조사 및 평가> ▪ 현장적용성 평가를 위한 시험시공 실시 ▪ 시험시공 시 물성평가 및 문제점 도출 ▪ 문제점 해결 및 경제성 분석 ▪ 기존 보수공사 대비 재료비 20%, 전체공사비 15%이상 절감 ▪ 학술발표 및 학회논문제출 ▪ 홍보물 제작을 통한 공법 홍보	▪ 의왕시 부곡과선교 현장적용성 평가를 위한 시험시공 실시완료 ▪ 강원도도로관리사업소 관내 국지도 70호선 시공 시 물성평가 및 문제점 도출 ▪ 강원도도로관리사업소 관내 풀무2교 시공 시 물성평가 및 문제점 도출 ▪ 기존 보수공사 대비 40%이상 공사비 절감 실현 ▪ 학술발표 2건 및 학회논문 1건 제출 ▪ 홍보물 제작을 통한 공법 홍보 ▪ 녹색기술 인증
2차년도 연구기간 4개월	**<④건설신기술 인증>** ▪ 연구결과를 이용한 건설신기술 지정	▪ 건설신기술 제665호 지정
	<⑤상용화> ▪ 기술검증 및 홍보를 위한 연구결과 대외홍보활동 강화 ▪ 한국도로공사, 국토해양부 관리 산하 교량에 적용	▪ 학술발표회 논문 2건 ▪ 녹색기술대전 홍보부스 마련 ▪ 한국도로공사 명도2교 적용

□ 본 연구의 각 성과달성을 위한 추진전략은 다음과 같다.

① 전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능콘크리트 개발

- 한국도로공사에서는 2010년 무분별한 콘크리트포장 보수재의 적용에 따른 유지보수 비용의 증대 및 사용자 불편 증가를 억제하기 위하여 국내 수준에 적합한 단면보수재 품질기준을 수립하였다.
- 따라서, 본 연구에서 추가로 개발하고자 하는 콘크리트포장 단면보수재를 사업화를 위해서는 반드시 한국도로공사에서 제시한 단면보수재 품질수준을 만족하여야 하므로 이를 성과지표로 설정하였다.

구분	추진전략방법
기술정보 수집	▪ 자체 기술연구소의 인력(기술사 1인, 박사 2명 등)으로 기술정보수집 활동 가능 ▪ 주관기업은 도로 유지보수 관련 업력이 10년에 달해 풍부한 시공기술 및 장비를 보유 ▪ 위탁기관 연구원을 통한 기술정보수집 활동
전문가 확보	▪ 자체 기술연구진으로 고성능콘크리트 개발업무 진행 가능 ▪ 도로및공항기술사 1인, 토목품질기술사 1인, 공학박사 2인 등 풍부한 경험과 학문적 기반을 통해 콘크리트 개발업무 진행 가능
타 기관 협조방안	▪ 한국도로공사 단면보수재 품질기준 만족여부를 객관적으로 평가하기 위하여 한국건자재 시험연구소, 화학시험연구소 등의 국가공인기관을 통한 시험의뢰 ▪ 첨단건설재료특성/성능 실험시설의 분산공유형 실험시설인 계명대를 활용하여 개발된 콘크리트성능평가

② 부분단면보수 전용 콘크리트 칩핑장치 개발

- 당사에서는 신기술 제427호 개발 및 적용에 있어 국내 최초로 워터제트에 의한 열화부 제거 기술과 진공흡입트럭에 의한 표면절삭이물질 제거 기술을 보유하고 있다.
- 또한, 시공성 및 경제성을 확보하기 위하여 이를 조합한 전단면 콘크리트 노면 칩핑용 차량을 개발하여 현재 적용하고 있다.
- 그러나, 콘크리트포장 보수의 부분단면 보수 시 이에 적합한 소형 워터블라스팅 및 진공흡입장비가 없어 대형 장비가 투입되어야 하는 실정이다.
- 따라서 본 추가연구과제에서는 현재 적용되고 있는 전단면 콘크리트포장 칩핑용 차량에 소형 장비를 개발, 장착함으로써 다목적 콘크리트포장 보수 전용 장치를 국내 최초로 개발하고자 한다.

구분	추진전략방법
기술정보수집	▪ 주관기업에서는 전단면 콘크리트포장 칩핑용 차량을 국내 최초로 개발한 기술을 보유 ▪ 부분단면 보수를 위한 워터블라스팅과 진공흡입장비의 제원, 단면설계, 도면 및 지적재산권 확보
전문가확보	▪ 자체 기술연구소의 장비개발팀에서 개발업무 진행 가능 ▪ 주관기업은 워터제트 및 진공흡입차량 제조기술을 확보하고 있으며 당사의 기술연구소 장비개발팀원이 국내최고의 전문가임.

③ 시공현장조사 및 평가

- 본 추가연구개발을 통해 얻어진 성과를 최종적으로 현장에 적용함으로써 공법의 완성도와 포장 공용성 증대의 효과를 검증하고자 한다.

구분	추진전략방법
기술정보 수집	▪ 주관기업에서 현재 사업화에 성공한 건설신기술 제427호 VES-LMC의 경험과 실적을 토대로 콘크리트포장 보수 시장규모 및 흐름 등의 정보수집 ▪ VES-LMC 현장팀을 활용한 유사기술 등의 정보수집
전문가 확보	▪ 주관기업은 교면재포장 및 콘크리트포장 보수 전문기관으로 다수의 포장전문가를 확보한 상태임 ▪ 현장 적용 후 공용성 평가의 객관성을 위하여 대학, 연구기관 등의 도로포장 전문가를 통한 평가 고려
타 기관협조 방안	▪ 콘크리트포장은 한국도로공사, 국토해양부 관리 하의 도로이므로 시험시공을 위한 발주처 기관의 협조 필요

④ 신기술 지정

- 저탄소, 친환경 콘크리트개발과 다목적 콘크리트포장 보수 전용차량의 개발성과를 바탕으로 건설신기술을 추진하여 기술력을 검증받고 이를 사업화의 기반으로 삼고자 한다.

구분	추진전략방법
기술정보 수집	▪ 학술발표 및 학회논문 제출을 위한 학회활동 지속 ▪ 건설신기술 동향 및 신청을 위한 단계별 정보수집
전문가 확보	▪ 논문 검토 및 지적재산권 출원을 위한 대학 및 연구기관의 포장 전문가 자문 고려

⑤ 상용화

- 기술의 사업화, 상용화를 위한 건수 및 기술보호를 위한 지적재산권 출원과 홍보활동을 통해 본 기술을 널리 알리고자 한다.

Ⅳ. 연구개발결과

□ 본 기술개발의 연구내용에 의거 개발된 주요 결과물은 다음 [표 2]와 같다.

[표 2] 주요 연구개발 세부내용

성과목표	성과지표		측정방법	최종목표치	연구개발 결과	달성 여부
①전기로 산화슬래그를 이용한 고성능콘크리트 개발	8-2	제품성능 목표 달성도	품질규정	각 항목별	SMAT-CON	
		압축강도	KS F 2405	21이상	36.9	달성
		휨강도	KS F 2408	3.15이상	7.7	달성
		부착강도	KS F 2762	1.4이상	1.7	달성
		건조수축	KS F 2424	0.15이하	0.08	달성
		탄성계수	KS F 2438	1.13~7.8	2.77	달성
		염분침투저항성	KS F 2711	2000이하	406	달성
		동결융해저항성	KS F 2456	80이상	86	달성
		스케일링저항성	SS 13 72 44 A법	Acceptable 이상	0.02	달성
②부분단면보수 전용 콘크리트 칩핑장치 개발	25-3	시제품출시건수	특허기술구현	1,400bar이상 49리터/min. 이상 분사	Power Blasting	달성
③시공현장조사 및 평가	10-1	생산 및 공정비용 절감효과	기존보수재와 설계가비교	20% 이상 절감효과	22% 절감	달성
	10-2	공사비용 절감효과	기존보수재와 공사비비교	15%이상 절감효과	40% 절감	달성
④신기술 취득	3-2	건설신기술인증 건수	지정여부	지정	신기술 제665호 지정	달성
⑤상용화	1-2	학술회의발표	논문건수	4	4편 학술발표3편 학회논문1편	달성
	25-1	사업화 실적	현장적용건수	3	4건	달성

Ⅴ. 연구개발결과의 활용계획

□ 본 연구개발결과는 다음과 같이 콘크리트 포장보수 및 교면재포장, 영업소 광장부 및 주차장 포장, 버스전용차로 포장, 과적차량 단속구간 포장공법, 항만포장 및 야적장(주차장 포함) 포장, 공항포장(주기장, 유도로, 에이프런, 활주로) 등 다양한 콘크리트 포장 시설물의 유지보수에 활용할 계획이다.

1. 콘크리트 포장 유지보수에 활용

고속도로 본선포장은 60% 이상이 콘크리트 포장으로 시공되어 왔으며 균열이나 줄눈부에서의 잦은 파손으로 이에 대한 유지보수가 빈번이 시행되고 있는 실정이다. 또한 영업소 광장부 포장도 마찬가지로 줄눈부 스폴링, 줄눈재 파손 등 파손상태가 심각하여 빈번한 유지보수 작업이 시행되고 있다. 본 공법은 녹색기술을 실현한 최초의 콘크리트포장 유지보수기술로써 공용 중 콘크리트 포장의 유지보수를 위한 기술이다.

2. 영업소 광장부 및 주차장 포장에 활용

영업소 광장부 및 주차장 포장은 균열이나 줄눈부에서의 심각한 파손을 나타내어 유지보수가 빈번이 시행되고 있는 실정이다. 영업소 광장부나 주차장 포장은 줄눈부 스폴링, 줄눈재 파손, 균열 및 단차로 인한 파손상태가 심각하여 이러한 파손형태를 긴급하게 보수할 수 있는 포장공법으로 이러한 분야에 활용가치가 매우 크다고 할 수 있다.

3. 버스전용차로 포장에 활용

버스전용차로는 주로 아스팔트 포장으로 시공되고 있으나 교통하중의 초과와 고온 및 정지하중으로 인한 소성변형, 포트홀 등의 파손으로 버스의 운행에 심각한 지장을 초래하는 구간이 많은 실정이다. 이러한 분야에 하중저항능력이 우수하고 장기공용기간 내 구성이 양호한 본 기술을 적용한다면 상당한 효과를 가져올 수 있으며 활용가치가 매우 크다고 할 수 있다. 서울시 버스전용차로 구간에 본 공법을 적용하도록 지속적인 연구화 추진이 이루어질 것이다.

4. 항만포장 및 야적장 포장에 적용

항만의 터미널포장 및 야적장 포장이나 주차장 포장은 일반적으로 철근콘크리트 슬래브 형식으로 설계되고 시공되어 왔으나 포장단면에 비해 막대한 철근자재가 소요되어 공사비 및 공기 상승의 주요 원인이 되고 있으며, 포장의 구조특성상 많은 줄눈의 시공이 필요하나 줄눈부에서의 파손으로 유지보수 및 공용성 저하가 불가피한 실정이다. 따라서 높은 초기강도 및 공사비 절감효과, 유지보수 비용 절감 효과가 우수한 본 공법은 매우 높은 활용성이 있다고 할 수 있다.

SUMMARY

While paved road system benefits user in terms of convenience, stability, and economics, accelerated erosion of the paved road caused by various reasons also increases maintenance and end-user costs. Therefore, the importance of developing materials to improve the economics by reducing the quantity of high priced cement and performance enhancing latex while maintaining the performance of the aggregate, and to overcome the depletion of natural aggregate by providing enough byproducts has long been acknowledged in the industry. However, when applying electric arc furnace slag to the concrete, its superiority was proved but substitution ratio on the recycled aggregate was low at the 30% level and no study on the ultra rapid harding cement and polymer-modified concrete has been conducted.

The purpose of this paper is to determine the optimal mix design by substituting natural recycled aggregate for ultra rapid harding cement, VES-LMC, which was used for maintaining electric arc furnace slag recycled aggregate, estimating unconsolidated concrete feature, strength feature, durability, and also to gain understanding of its feasibility as economic material to be applied at field while enhancing the performance of existing VES-LMC. The following results were found

In general, when producing concrete by using portland cement, if electric arc furnace slag recycled aggregate was used, it was known to deliver improved or normal performance level of concrete in unconsolidated or consolidated case. Based on this data, it is possible to apply electric arc furnace slag recycled aggregate to the polymer-modified concrete by using ultra rapid harding cement.

Use of Free-CaO, Free-MgO and electric arc furnace slag recycled aggregate to the existing VES-LMC to secure the stability by aging disposal for avoiding the expansion collapse, because grain form is similar to globular form, the fluidity was improved by the effect of ball bearing and the unit cement content in the same concrete was decreased by high performance ratio.

Optimum allocation was determined by substituting natural recycled aggregate for all of electric arc furnace slag recycled aggregate and decreasing recycled aggregate ratio,, latex mixing ratio, and unit cement content to 47%, 8%, and 300Kg/㎥ respectively. The optimal mix demonstrated excellent strength features having over 35MPa of 4 hour compressive strength and over 7.0MPa of banding stiffness. The modulus of elasticity showed 2.7×10E4MPa for curing 7 days, which was similar to the general concrete and VES-LMC. When applied to the experiment of chlorine ion passage, the optimal mix also demonstrated an excellent result, 406 coulomb and the resistance on the removing surface showed 0.20kg/㎡ for curing 56 days, which satisfied enough with minimum standard, 1.0kg/㎡ and resistance on the freezing and consolidating showed the modulus of elasticity about it, 87%, which was the satisfying value and resistance on the crack showed no crack until passing 56 days, which showed excellent durability.

In the case of 100% substitution by an electric arc furnace slag recycled aggregate, the change of internal force at a section on the increase of mass capacity unit increased 10cm bridge-decks surfacing within 1~2% range. But if designed structure retains design safety factors and section safety factors is decreased slightly by increasing the weight of the pavement, it is required to apply bridge-decks surfacing of repair material by using electric arc furnace slag and in this situation it is thought to have no effects on the structural

safety due to the increase of mass capacity unit.

In comparison analysis of SMAT-CON to existing VES-LMC and general LMC to Ascon , LCC was analyzed. In was determined that , in economic respect and under the same conditions of maintenance and user costs, SMAT-CON and existing VES-LMC have 22% more saving effect than existing VES-LMC.

The estimation of compressive strength and banding stiffness for the purpose of estimating field application showed similar results of indoor estimation. It showed that securing the stability and early traffic opening is possible. As measuring heat of hydrate, similar tendency of VES-LMC was shown, which expected the cracks would be made by rapid temperature shock. Moreover as maintaining interval values and uniform pore distribution by image analysis, its inside pore structure could contribute to the improvement of durability largely. Besides bond strength, the most important factor securing commonality showed over the standard strength 1.4MPa, which showed that it maintained high bond strength. Therefore, it was possible to check the usefulness in the maintaining field by the estimation of field application and inside experiment of SMAT-CON.

CONTENTS

CH.1 INTRODUCTION
1.1 Objective ····· 1
1.2 Necessity ····· 3
1.3 Research Scope ····· 5

CH.2 CURRENT STATE OF TECHNIQUE
2.1 Oversea ····· 9
2.2 Domestic ····· 11

CH.3 CONTENTS AND FINDINGS OF RESEARCH
3.1 Background ····· 18
3.2 Experimental Approach ····· 38
3.3 Research Contents and Findings ····· 53

CH.4 ACHIEVEMENT OF GOAL AND LEVEL OF CONTRIBUTION
4.1 Goals By Year ····· 99
4.2 Achievement of Goal ····· 101
4.3 Level of Contribution for Goal ····· 117

CH.5 APPLICATION PLAN OF RESEARCH FINDINGS
5.1 Necessity of Additional Study ····· 121
5.2 Application for Other Research ····· 121
5.3 Business Plan ····· 122

CH.6 OVERSEA TECHNIQUE INFORMATION OBTAINED FROM THIS RESEARCH PROJECT ····· 134

CH.7 REFERENCES ····· 139

목 차

제1장 연구개발과제의 개요 ····· 1
1.1 연구개발의 목적 ····· 1
1.2 연구개발의 필요성 및 중요성 ····· 3
1.3 연구개발 범위 ····· 5

제2장 국내외 기술개발 현황 ····· 9
2.1 국외의 기술개발 현황 ····· 9
2.2 국내의 기술개발 현황 ····· 11

제3장 연구개발수행 내용 및 결과 ····· 18
3.1 이론적 배경 ····· 18
3.2 구조적 접근방법에 의한 검토 내용 ····· 38
3.3 연구내용 및 결과 ····· 53

제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 ····· 99
4.1 연도별 연구목표 ····· 99
4.2 연구개발 목표의 달성도 ····· 101
4.3 관련분야 기술발전에의 기여도 ····· 117

제5장 연구개발결과의 활용계획 ····· 121
5.1 추가연구의 필요성 ····· 121
5.2 타 연구에의 응용 ····· 121
5.3 사업화 추진방안 ····· 122

제6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 134
6.1 국외출장을 통한 해외과학기술 정보 ····· 134
6.2 국외 콘크리트포장 보수 장비 ····· 135

제7장 참고문헌 ····· 139

그림 목차

<그림 1. 연구개발 필요성 및 목적> ····· 2
<그림 2. 포장유지보수용 콘크리트 개발 목표> ····· 7
<그림 3. 포장유지보수용 장비 개발 목표> ····· 7
<그림 4. 일본내 전기로산화슬래그 콘크리트 활용 사례> ····· 10
<그림 5. 철강 생산 공정에 따른 슬래그의 분류> ····· 19
<그림 6. 철강 생산 공정에 따른 슬래그의 재활용 근거> ····· 19
<그림 7. 재활용 슬래그 종류 및 제조방법> ····· 22
<그림 8. 급냉에이징에 의한 스피넬 구조> ····· 23
<그림 9. 전기로 산화 슬래그 잔골재의 물리적 안정성> ····· 23
<그림 10. 전기로 산화 슬래그 잔골재의 화학적 안정성> ····· 23
<그림 11. 서냉 에이징 처리 공정> ····· 24
<그림 12. 급냉 처리 공정> ····· 24
<그림 13. 개발된 SMAT-CON의 현장적용성 효과> ····· 31
<그림 14. VnW System 적용에 따른 노면의 전 · 후 전경> ····· 42
<그림 15. 슬럼프 및 공기량> ····· 58
<그림 16. 재령4시간 압축강도 및 휨강도> ····· 58
<그림 17. 재료분리현상 발생> ····· 60
<그림 18. 과다한 슬럼프 현상> ····· 60
<그림 19. 라텍스 혼입률에 따른 강도 특성> ····· 61
<그림 20. 단위시멘트량 변화에 따른 슬럼프 경시효과> ····· 62
<그림 21. 슬럼프 경시효과> ····· 64
<그림 22. 초기수화열 변화> ····· 65
<그림 23. 압축강도 결과> ····· 67
<그림 24. 휨강도 결과> ····· 67
<그림 25. 건조수축 특성> ····· 69
<그림 26. 1차 개발을 위한 Power Blasting 시뮬레이션> ····· 74
<그림 27. 시뮬레이션 작업을 걸쳐 제작된 Power Blasting> ····· 75
<그림 28. Power Blasting 개발을 위한 2차 도면> ····· 76
<그림 29. 개발된 Power Blasting을 이용한 시험적용 및 성능평가> ····· 76
<그림 30. 건설신기술 지정 증서> ····· 96
<그림 31. 녹색기술 지정에 따른 홍보관 운영 설치> ····· 98
<그림 32. SMAT-CON 고성능콘크리트 개발과정 및 연구결과> ····· 107
<그림 33. 개발된 부분단면 보수 전용 콘크리트 칩핑용 장치> ····· 109
<그림 34. 시공현장 적용 전후 사진> ····· 111
<그림 35. 전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능콘크리트 포장보수공법의 적용절차> 112
<그림 36. SMAT-CON개발 효과> ····· 112

표 목차

<표 1. 본 연구개발의 최종목표> ····· 5
<표 2. 연차별 연구개발 범위> ····· 8
<표 3. 국내 도로 현황(단위:km)> ····· 14
<표 4. 국내포장 보수비용 현황(단위 : 백만원)> ····· 15
<표 5. 국내 교량 현황(단위 : km)> ····· 16
<표 6. 건설시기별 교량현황(단위 : 개소)> ····· 16
<표 7. 철강슬래그의 용도별 재활용비율(%) 현황> ····· 20
<표 8. 스피넬구조의 구상형 전기로 산화 슬래그와 기존 슬래그와의 비교> ····· 25
<표 9. 골재의 물리적 특성> ····· 27
<표 10. 폐기물관리법 지정폐기물에 함유된 유해물질 기준 및 측정치> ····· 27
<표 11. 기존기술 대비 연구기술의 구성물질간 성능발현 특성> ····· 28
<표 12. 스피넬 구조의 구상형 전기로 산화 슬래그 잔골재를 활용한 고성능 콘크리트 특성> ·· 29
<표 13. 구상형 전기로 산화 슬래그 잔골재 사용에 따른 고성능 콘크리트의 현장적용성> ··· 31
<표 14. 개발기술에 의한 현장적용성> ····· 32
<표 15. 펌프압 및 유량에 따른 워터제트 장비 구분> ····· 34
<표 16. 접착식 콘크리트 덧씌우기 시 요구되는 국내외 접착강도 기준> ····· 35
<표 17. VnW System을 이용한 Power Blasting 적용범위 및 효과> ····· 36
<표 18. 열화부 제거 방식에 대한 기술발전> ····· 36
<표 19. VnW System 및 Power Blasting 개발과정> ····· 37
<표 20. 설계단계에서의 보수대상 구조물 특성에 따른 연구기술 설계> ····· 39
<표 21. 열화부 제거 후 단면증대를 통한 구조적 보강효과> ····· 39
<표 22. 보수 및 재포장 후 하중에 대한 구조적 안정성 검토> ····· 40
<표 23. 시공단계에서의 연구기술 구조적 안정성> ····· 41
<표 24. RC 슬래브교의 제원 및 설계단면가정> ····· 45
<표 25. RC 슬래브교 고정하중 및 단면력 영향검토 결과> ····· 45
<표 26. RC 슬래브교 단면력에 의한 안전율 검토결과> ····· 45
<표 27. RC 라멘교의 제원 및 설계단면가정> ····· 46
<표 28. 상시 계수하중 최대시 단면력도 비교> ····· 46
<표 29. RC 라멘교 상부슬래그 설계단면력 및 안전율 영향검토> ····· 47
<표 30. PSC Beam교 제원 및 설계단면가정> ····· 47
<표 31. PSC Beam교 고정하중 및 단면력 영향검토 결과> ····· 48
<표 32. PSC Beam교 설계단면력 및 안전율 영향검토> ····· 48
<표 33. Steel Box Girder교 제원> ····· 49
<표 34. Steel Box Girder교 바닥판 영향검토 결과> ····· 49
<표 35 Steel Box Girder교 주향 응력 영향검토(최대부모멘트 단면)> ····· 49
<표 36. LCC 산정결과, 단위 : 백만원, %)> ····· 52
<표 37. 연차별 주요 연구내용 및 결과> ····· 53

<표 38. 최적배합 도출을 위한 실험 절차> ····· 55
<표 39. SMAT-CON 배합표> ····· 56
<표 40. EAFS 혼입률 변화에 따른 특성> ····· 58
<표 41. EAFS 혼입률 변화에 따른 특성> ····· 59
<표 42. SMAT-CON 최적배합표> ····· 63
<표 43. 단위용적질량 비교(ton/㎥)> ····· 65
<표 44. SMAT-CON과 VES-LMC의 내구성 비교> ····· 70
<표 45. 열화부 제거 방식에 대한 기술발전> ····· 72
<표 46. VnW System에 의한 Power blasting 적용범위 및 효과> ····· 72
<표 47. SMAT-CON을 이용한 상용화 시험시공 목록> ····· 78
<표 48. 부곡과선교 시험시공 물량 집계표> ····· 79
<표 49. 부곡과선교 시험시공 시 주요 검토사항> ····· 79
<표 50. 부곡과선교 시험시공 작업공정 순서> ····· 80
<표 51. 부곡과선교 시험시공 시공성 평가-1> ····· 81
<표 52. 부곡과선교 시험시공 시공성 평가-2> ····· 81
<표 53. 부곡과선교 시험시공 시공성 평가-3> ····· 82
<표 54. 부곡과선교 시험시공 물성평가 자료> ····· 82
<표 55. 풀무2교 시험시공 물량 집계표> ····· 83
<표 56. 풀무2교 시험시공 시 주요 검토사항> ····· 83
<표 57. 풀무2교 시험시공 작업공정 순서> ····· 84
<표 58. 풀무2교 시험시공 시공성 평가-1> ····· 85
<표 59. 풀무2교 시험시공 시공성 평가-2> ····· 85
<표 60. 풀무2교 시험시공 시공성 평가-3> ····· 86
<표 61. 풀무2교 시험시공 물성평가 자료> ····· 86
<표 62. 국지도70호선 시험시공 물량 집계표> ····· 87
<표 63. 국지도70호선 시험시공 시 주요 검토사항> ····· 87
<표 64. 국지도70호선 시험시공 작업공정 순서> ····· 88
<표 65. 국지도70호선 시험시공 시공성 평가-1> ····· 89
<표 66. 국지도70호선 시험시공 시공성 평가-2> ····· 89
<표 67. 국지도70호선 시험시공 시공성 평가-3> ····· 90
<표 68. 국지도70호선 시험시공 물성평가 자료> ····· 90
<표 69. 명도2교 시험시공 물량 집계표> ····· 91
<표 70. SMAT-CON 시방배합표> ····· 92
<표 71. SMAT-CON 품질기준> ····· 92
<표 72. 공종별 실 시공시간> ····· 93
<표 73. 명도2교 교면 상태> ····· 93
<표 74. 명도2교 품질시험 결과> ····· 93
<표 75. 명도2교 시험시공 작업공정 순서> ····· 94
<표 76. 신기술 지정을 위한 연구개발 일지> ····· 95
<표 77. 대외홍보활동을 위한 학술 및 학회논문제출 목록> ····· 97

<표 78. 대외홍보활동을 위한 전시회 참가> ····· 97
<표 79. 1차년도 세부 연구목표 및 연구내용> ····· 99
<표 80. 2차년도 세부 연구목표 및 연구내용> ····· 100
<표 81. 연구개발 추진일정 및 달성도> ····· 101
<표 82. 연구개발 최종목표 달성도> ····· 102
<표 83. 1차년도 연구개발 달성내용> ····· 103
<표 84. 2차년도 연구개발 달성내용> ····· 104
<표 85. 연차별 주요 연구개발 내용 요약> ····· 105
<표 86. 전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능 콘크리트 연구개발 내용> ····· 106
<표 87. 전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능콘크리트 개발 최종목표 달성도> ····· 107
<표 88. 부분단면 보수 전용 콘크리트 칩핑용 차량 연구개발 내용> ····· 108
<표 89. 부분단면 보수 전용 콘크리트 칩핑용 장치 연구개발 최종목표 달성도> ····· 109
<표 90. 시공현장 조사 및 평가 연구내용> ····· 110
<표 91. 시공현장 조사 및 평가 연구개발 최종목표 달성도> ····· 111
<표 92. 건설신기술 지정을 위한 연구개발 내용> ····· 113
<표 93. 신기술 인증을 위한 연구개발 최종목표 달성도> ····· 114
<표 37. 녹색기술 인증서 및 신기술지정증서> ····· 114
<표 94. 상용화를 위한 연구개발 내용> ····· 115
<표 95. 상용화를 위한 연구개발 최종목표 달성도> ····· 116
<표 96. 기존기술과 개발기술의 공사비 비교> ····· 123
<표 97. 개발기술과 기존기술의 재료비 비교> ····· 124
<표 98. 기존 기술과 개발기술의 공사비 비교> ····· 125
<표 99. 개발기술의 고유영역에 해당하는 시공절차 구분> ····· 125
<표 100. 시공절차별 품 계산서> ····· 126
<표 101. 포장도로의 보수 및 재포장 공사실적(신기술 제427호)> ····· 132
<표 102. 교량 바닥판 보수 및 재포장 공사실적(신기술 제427호)> ····· 133

제1장 연구개발과제의 개요

1.1 연구개발의 목적

□ 도로시설물중 도로포장은 이용자들의 편의성, 안전성, 경제성 측면에서 직·간접적인 영향을 미친다. 특히 급격한 산업화로 직접적인 중차량등의 교통량증가와 동절기 결빙방지를 위한 염수 살포등의 간접적인 영향에 의해 포장파손이 가속화되고 이로 인해 유지관리비용과 지정체등으로 인한 사용자비용이 급속히 증가하고 있는 실정이다. 따라서 장기내구성 확보와 유지보수비용의 최소화로 경제성을 확보할 수 있는 방법의 개발이 여러 분야에서 진행되고 있다.

□ 현재 도로포장 유지보수에서 장기내구성 확보측면에서 초속경 라텍스 개질 콘크리트(Very Early Strength Latex Modified Concrete : 이하 VES-LMC)가 널리 사용되고 있으며, 이는 초속경시멘트의 재료적 안정성 확보와 라텍스의 사용으로 작업성, 강도특성 및 내구성이 우수하고, 부착강도가 확보되어 현장적용성이 뛰어난 특징이 있다(윤경구, 2004). 그러나 속경성시멘트 및 라텍스 재료비의 고가로 인해 경제성에서 불리한 단점을 가지고 있다.

□ 따라서 콘크리트의 구성요소 중 가장 큰 비중을 차지하는 골재의 개선을 통해 VES-LMC의 성능은 유지하면서 고가의 결합재인 시멘트량과 성능개선재인 라텍스량을 감소시켜 경제성의 단점을 보완하고, 산업발전으로 발생된 부산물의 충분한 수급으로 천연골재의 고갈로 인한 문제를 극복하는 효과를 동시에 만족할 수 있는 재료 개발의 필요성이 대두되었다.

□ 콘크리트의 잔골재의 치환재로 사용될 전기로산화슬래그(Electric Arc Furnace oxidizing Slag : 이하 EAFS)는 제철소에서 철의 생산과정 중 발생되는 부산물로 제강과정에서 생산된 불안정한 용융상태의 제강슬래그를 고속의 공기로 분사급냉시켜 만들어진 정육면체의 안정된 분자구조(스피넬구조)로 이온이나 전자의 이동을 억제시켜 화학적 · 물리적 저항성을 증대시킨 것이다. 우리나라에서 2010년 발생한 고로슬래그와 제강슬래그는 각각 880만톤과 910만톤 정도 생산되고 있으며, 제강슬래그 중 전기로 슬래그의 발생량은 450만톤, 전로슬래그는 약 460만톤 정도이다. 슬래그의 재활용률을 살펴보면, 고로 슬래그와 제강 슬래그 모두 100%에 근접하여 재활용되고

있으나, 제강 슬래그는 아직까지 부가가치가 낮은 분야에서만 사용이 되고 있어, 부가가치를 높일 수 있는 방안이 필요하다. 현재 제강슬래그중 콘크리트의 잔골재로 사용될 수 있는 특수 처리된 전기로산화슬래그는 포항, 광양 일대에서 55만톤이 생산되고, 전국적으로 100만톤이상이 생산되어 안정적인 재료의 수급에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

□ 우리나라에서는 전기로산화슬래그를 콘크리트용 잔골재로 활용하기 위한 제도적 기반으로서 KS규격(KS F 4571 콘크리트용 전기로산화슬래그 잔골재, 2007)이 제정되어 부산물의 자원화 시스템 기반이 마련되었다. 그러나 현재까지 전기로산화슬래그 골재는 실용화 단계에는 도달하지 못하였으며, 콘크리트용 잔골재로서 활용가능성을 평가하기 위해 전기로산화슬래그 잔골재의 치환율에 따른 콘크리트의 굳지 않은 성상, 역학적 성능 및 염해, 탄산화, 동결융해 등의 내구성능 평가에 대하여 연구하고 있는 실정이다.

□ 본 연구에서는 전기로산화슬래그를 일반콘크리트가 아닌 유지보수에 적용될 수 있는 초속경계열의 VES-LMC에 처음으로 천연잔골재인 모래의 대체 재료로 치환하여, 굳지 않은 콘크리트의 특성, 강도특성, 내구성능 등의 평가를 통해 최적배합비를 도출하고, 제조된 새로운 고성능 콘크리트로써 성능개선하여 기존 VES-LMC의 단점을 보완할 뿐만 아니라, 초기공사비용과 유지보수비용을 절감하여 경제성이 우수한 재료로 현장에 적용할 수 있도록 하는 것이 본 연구의 목적이다.



<그림 1. 연구개발 필요성 및 목적>

1.2 연구개발의 필요성 및 중요성

(1) 기술개발의 필요성

□ 고속도로의 콘크리트포장은 20년 전에 개통된 88고속도로를 시작으로 중부고속도로의 성공적 건설과 함께 그 연장은 지속적으로 증가하여왔다. 특히 중차량에 대한 지지력이 뛰어나고 유지보수비가 적게 든다는 장점으로 콘크리트포장은 우리나라 고속도로의 기본 포장형식으로 자리 잡고 있다. 콘크리트포장은 시공이 양호할 경우 설계수명 또는 그 이상 대규모 보강 없이 사용하는 것이 일반적이기 때문에 중부고속도로를 비롯한 대부분의 고속도로에서 대규모 덧씌우기 없이 현재까지 성공적으로 공용 중에 있다. 그러나, 88 고속도로와 호남 및 경부고속도로 확장구간 등 주요고속도로의 콘크리트포장 구간이 설계수명 20년에 가까운 노후 콘크리트포장으로서 앞으로 고속도로의 노후 콘크리트포장의 연장은 급속도로 증가할 것으로 보인다.

□ 특히 이런 노후 콘크리트포장은 최근 보수비가 급증하고 있으며, 더불어 노후 콘크리트포장의 연장 역시 앞으로 빠른 속도로 증가할 것으로 보인다. 따라서 앞으로 급증할 노후 콘크리트 물량을 생각할 때 우리나라도 노후 콘크리트포장의 근본적인 보수/보강대책 마련이 시급한 상황이다.

□ 2011년 현재의 도로보수 예산이 5천백억원에 달하며 이는 2010년 대비 7.0% 증가된 금액이며 특히 이러한 포장 보수금액이 점진적으로 증가하고 있어 이에 대한 대책이 절실히 요구되고 있다.

□ 2005년 건설신기술 제427호인 초속경라텍스개질 콘크리트를 이용한 보수공법의 소개로 국내 콘크리트포장 보수시장은 자동화, 전문화 및 내구성있는 보수공법의 적용이 활발히 진행되고 있으며 2011년 현재 콘크리트포장 보수공법의 지속적인 개발활동으로 약 4가지의 대표적인 공법이 적용되고 있으나 이들 공법의 공통점은 특수시멘트 개발, 특정혼화재료 첨가, 시공법 개선이 주요 핵심내용이다.

□ 그러나, 천연골재의 고갈, 시멘트 생산에 따른 다량의 탄소배출, 고가의 혼화재료 사용으로 인하여 매우 높은 유지보수비용이 소요되는 단점을 지니고 있다.

□ 현재 국내의 전기로 슬래그의 재활용 용도는 도로용 및 성토용이 약 85%정도로 발생량의 대부분을 차지하고 있으며, 콘크리트용 골재 등 실제 건설현장에서 요구되고

있는 골재로서의 활용은 전무한 실정이다. 따라서, 향후 천연자원의 고갈 및 산업폐기물의 재활용을 통한 환경 보호 측면을 고려할 경우, 전기로 산화슬래그와 같은 산업부산물의 재활용이 절실히 요구되고 있으며, 국내에서도 환경의 유효이용기술에 대한 사회적 요구와 관심이 증가하고 있다. 현재, 전기로 산화슬래그는 전국적으로 100만톤 정도가 생산되어 골재로서의 활용 가치는 충분하다고 판단된다. 이에 막대한 양이 발생되는 산업부산물을 재활용하기 위해 기술개발이 필요하다.

□ 따라서, 현재의 콘크리트포장 보수재료에 대한 고부가가치를 갖춘 재료 및 공법이 마련될 경우 매우 획기적인 대안이 될 수 있으며 이를 위해 골재고갈에 따른 문제점을 산업폐기물로 대체하고 이를 활용하여 고강도 및 고성능 콘크리트화 시켜 단위시멘트 절감에 따른 친환경, 저탄소 녹색성장에 기여하는 기술개발이 절실히 요구된다.

(2) 기술개발의 중요성

□ 현재 콘크리트 도로포장의 파손에 대한 적절하고 시급한 보수 및 보강능력을 향상시키고 교통 지연 및 시공비용을 최소화하기 위한 방법들이 재료, 배합, 시공 등의 다각적인 측면에서 시도되고 있다. 이러한 보수방법들은 저 교통량 하에 주로 야간에 시공되고 있으며 최소한의 작업시간으로 교통안전과 사고의 위험을 줄일 수 있는 경제적, 환경적인 대안을 필요로 한다.

□ 또한 해마다 도로연장의 증가로 유지보수단면이 증가하고, 특히 교통량의 증가에 따른 신설 도로 확장공사구간이 늘어나고 있는 추세이다. 이와 같이 증가되는 공사구간에 의해 차량지체현상이 주기적으로 발생하며 사용자비용 또한 증가되고 있다. 이러한 사용자 비용을 감소시키기 위해서는 조기교통개방을 위한 체계적이고 안정적인 보수공법이 적용되어야 한다.

□ 이에 본 연구에서는 콘크리트 포장의 장기 공용성을 증진시킬 수 있는 조기교통개방용 콘크리트 보수재료의 개발과, 차량지체현상으로 인해 발생되는 사용자 비용을 감소시키기 위해 체계적이고 안정적인 Fast-Track 공법을 개발하고자 한다. 이러한 연구개발의 최종목표는 전기로 산화 슬래그 잔골재를 이용한 고성능 콘크리트(Slag Modified Aggregate Technology Concrete, 이하 SMAT-CON) 개발이라 할 수 있다.

1.3 연구개발 범위

(1) 연구개발 목표 및 범위

<표 1. 본 연구개발의 최종목표>

목표	내용
①전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능콘크리트 개발	○천연잔골재의 전기로 산화 슬래그 100% 치환 ○단위시멘트 및 폴리머 저감을 최적화할 수 있는 최적첨가비율 도출 ○한국도로공사 기준의 콘크리트포장 단면보수재 품질기준 부합 ○경제성을 고려한 최적배합표 도출
②부분단면보수 전용 콘크리트 칩핑 장치 개발	○개발된 전단면 콘크리트포장 칩핑용 차량에 부분단면보수 전용 워터블라스팅을 장착한 다목적 콘크리트포장 보수 전용장비 개발 ○기존의 인력에 의한 워터건 방식에서 벗어나 보다 강력한 펌프압을 이용한 부분단면보수 전용 워터블라스팅 장치 개발
③시공현장조사 및 평가	○개발된 재료 및 공법의 시공성 평가 ○장기공용성 확보 가능성 평가
④신기술 취득	○개발된 기술에 대한 객관적 평가 및 기술력 검증 ○사업화 추진을 위한 기본 토대 마련 ○보유 및 개발 기술의 법적 보호
⑤상용화	○개발된 콘크리트포장보수 공법의 발주처 및 관리자 홍보 ○개발 기술의 법적 보호를 위한 지적재산권 확보 ○기존 콘크리트포장보수 수요만족을 위한 사업화 추진 실적

①전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능콘크리트 개발(SMAT-CON)

□ 한국도로공사에서는 2010년 무분별한 콘크리트포장 보수재의 적용에 따른 유지보수 비용의 증대 및 사용자 불편 증가를 억제하기 위하여 국내 수준에 적합한 단면보수재 품질기준을 수립하였다.

□ 따라서, 본 연구에서 추가로 개발하고자 하는 콘크리트포장 단면보수재를 사업화를 위해서는 반드시 한국도로공사에서 제시한 단면보수재 품질수준을 만족하여야 하므로 이를 성과지표로 설정하였다.

②부분단면보수 전용 콘크리트 칩핑장치 개발

□ 당사에서는 신기술 제427호 개발 및 적용에 있어 국내 최초로 워터제트에 의한 열화부 제거 기술과 진공흡입트럭에 의한 표면절삭이물질 제거 기술을 보유하고 있다.

□ 또한, 시공성 및 경제성을 확보하기 위하여 이를 조합한 전단면 콘크리트 노면 칩핑용 차량을 개발하여 현재 적용하고 있다.

□ 그러나, 콘크리트포장 보수의 부분단면 보수 시 이에 적합한 소형 워터블라스팅 및 진공흡입장비가 없어 대형 장비가 투입되어야 하는 실정이다.

□ 따라서 본 추가연구과제에서는 현재 적용되고 있는 전단면 콘크리트포장 칩핑용 차량 후미에 소형 장비를 개발, 장착함으로써 다목적 콘크리트포장 보수 전용 차량을 국내 최초로 개발하고자 한다.

③시공현장조사 및 평가

□ 본 추가연구개발을 통해 얻어진 성과를 최종적으로 현장에 적용함으로써 공법의 완성도와 포장 공용성 증대의 효과를 검증하고자 한다.

④신기술 취득

□ 저탄소, 친환경 콘크리트개발과 다목적 콘크리트포장 보수 전용차량의 개발성과를 바탕으로 건설신기술을 추진하여 기술력을 검증받고 이를 사업화의 기반으로 삼고자 한다.

⑤상용화

□ 기술의 사업화, 상용화를 위한 건수 및 기술보호를 위한 지적재산권 출원과 홍보활동을 통해 본 기술을 널리 알리고자 한다.



<그림 2. 포장유지보수용 콘크리트 개발 목표>



<그림 3. 포장유지보수용 장비 개발 목표>

(2) 연차별 연구개발 범위

□ 본 연구의 기술개발 범위는 1차년도와 2차년도로 구분되며 [표 1]과 같다.

<표 2. 연차별 연구개발 범위>

연 차	연구목표	주요 연구범위
1차년도 연구기간 8개월	▪ 전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능콘크리트 개발	▪ 한국도로공사 품질기준에 만족하는 고성능 콘크리트개발 ▪ 기존기술대비 단위시멘트량 20% 절감 ▪ 기존기술대비 라텍스첨가량 30%이상 절감 ▪ 구상형 전기로산화슬래그를 이용한 고성능콘크리트 최적배합도출
	▪ 부분단면 콘크리트 칩핑용 장치 개발	▪ 보유기술인 전단면 콘크리트 노면 칩핑용 차량에 절삭깊이 1m, 절삭폭 60cm 수준의 부분단면 콘크리트 노면 칩핑장비 장착 ▪ 기존의 인력에 의한 워터건 방식에서 벗어나 보다 강력한 펌프압을 이용한 부분단면보수 전용 워터블라스팅 장치 개발
	▪ 시공현장 조사 및 평가	▪ 현장적용성 평가를 위한 시험시공 실시 ▪ 시험시공 시 물성평가 및 문제점 도출 ▪ 문제점 해결 및 경제성 분석 ▪ 기존 보수공사 대비 20%이상 공사비 절감
	▪ 연구결과 홍보	▪ 학술발표 및 학회논문제출 ▪ 홍보물 제작을 통한 공법 홍보
2차년도 연구기간 4개월	▪ 신기술 취득	▪ 기술사업화를 위한 건설신기술 신청 및 지정
	▪ 상용화	▪ 개발된 기술홍보를 위한 학술회의 논문발표 ▪ 홍보물 제작 및 홍보활동 강화 ▪ 현장적용 건수

제2장 국내외 기술개발 현황

2.1 국외의 기술개발 현황

□ 일본에서 콘크리트용 슬래그 골재의 본격적인 연구는 천연골재 자원의 고갈과 자원의 유효이용과 연계하여 1970년경부터 착수하였다. 이를 바탕으로 제철시 발생하는 고로슬래그에 대해 1977년에 서냉 슬래그를 대상으로 고로슬래그 굵은 골재의 사용에 관해 JIS A 5011를 제정하였고, 1981년에는 급냉 슬래그를 대상으로 고로슬래그 잔골재가 JIS A 5012로 제정되었다. 이처럼 일본에서는 오랫동안 연구가 축적되어 골재로서의 안정성 및 이용방법이 명확하게 되었으며, 이 결과 1992년에 고로슬래그 골재에 관한 2종류의 JIS를 통합하여 JIS A 5011 「콘크리트용 슬래그골재」가 새롭게 제정되었다. 전기로산화슬래그는 JIS A 5011로 규격화 되어 2003년에 공시되었다. 이러한 규격화에 대하여 일본토목학회 및 건축학회에서 각각 이들의 콘크리트에 관한 시공지침이 출판되어 현장 적용이 활발히 이루어지고 있다.

□ 水渡英昭는 1977년에 전로슬래그 중의 Free CaO 정량에 관해 검토한 후 풍화붕괴의 원인을 규명하기 위해 Free CaO상을 중심으로 현미경 및 EPMA 관찰에 의해 광물조직학적 고찰을 행하였다.

□ 成田貴一는 1978년에 실제 사용 환경과 같은 공기 중 노출, 수중 침지, 대기폭로, 오토클레이브 등의 처리를 시행한 전로슬래그에 관한 광물상등을 조사하고 그의 메커니즘에 관해 고찰하였다.

□ 河内睦雄는 1979년에 전기로슬래그의 수화팽창에 관한 연구도 수행되어 전기로슬래그 콘크리트의 자연붕괴성의 원인을 조사하였다. 그 결과에 기초하여 풍화촉진처리슬래그골재 사용에 의한 전기로슬래그 콘크리트의 자연붕괴 억제효과에 관해 검토하였다.

□ 岡本晃는 1979년에 가압증기(오토클레이브)에이징에 의해 안정성 확보를 위한 처리시간의 단축 및 이를 실용화한 연구 등이 이루어지고 있다.

□ 국외에서 이루어지고 있는 전기로산화슬래그의 연구는 1970년대 후반부터 진행되고

있으나 슬래그 자체의 안정성 연구에 국한되어 있으며 특히, 보수재 등과 같은 특수 시멘트 및 콘크리트에 적용한 사례는 현재까지 보고되지 못하고 있는 것으로 알려지고 있다

그림 1.1과 같이 전기로산화슬래그를 콘크리트용 골재로 일부 활용한 실정을 가지고 있으나 본 연구목표와 같이 보수재로 활용한 실적은 없는 것으로 조사되었다.



(a) 카와사키 고속도로 종단선 부력방지 (b) 나고야시 우시지마 재개발공사

(c) 제2동경-나고야 고속도로 나고야IC (d) 나고야 세관 대형 화물X선 검사장

<그림 4. 일본내 전기로산화슬래그 콘크리트 활용 사례>

2.2 국내의 기술개발 현황

(1) 국내 기술 동향

□ 제철산업의 부산물로 생성되는 고로슬래그는 '콘크리트용 고로슬래그 굵은 골재'에 관한 한국산업규격이 1981년도에 제정되었으며, 대한토목학회에서는 1983년도에 '고로슬래그 굵은 골재 콘크리트설계 시공지침'이 제정됨으로써 제철소 주변도로 건설공사등에 사용되어 골재 난 해소에 일익을 담당하고 있다. 그러나 전로 및 전기로슬래그 골재는 불안정한 광물상으로 구성되어 있어 콘크리트용 골재로의 사용에는 많은 제약이 있어 왔다. 최근 전로 및 전기로슬래그에 대한 많은 연구가 이뤄져서 대한토목학회에서 1985년도에 '제강슬래그를 사용한 아스팔트포장 설계시공지침'이 제정되고, 1997년도에는 '도로용 철강슬래그'에 대한 한국산업규격이 제정되고, '전기로슬래그를 사용한 도로포장설계 시공지침안'을 1997년도에 대한토목학회에서 발표하였다. 전기로슬래그에 대한 KS 규정은 2007년도에 KS F 4571로 '콘크리트용 전기로산화슬래그 골재' 규정이 제정되었다. 이와 더불어 최근 제강슬래그에 관련된 연구가 활발히 진행 되고 있으며 그 주요 연구내용은 다음과 같다.

□ 도로용 기층재료로 전로 및 전기로슬래그적용성에 대한 연구에서 이승한(1996) 등은 전기로슬래그 골재를 도로용 하층 노반재료로 사용한 결과 전기로슬래그의 입자가 치밀하고 견고하여 비싼 에이징 처리를 하지 않아도 강도특성, 최대건조밀도 및 수중 CBR에서 우수한 값을 나타내 하층 보조기층재로서의 기초적 성질을 충분히 만족시켰다. 피로수명 및 반복 3축 압축시험에 의한 복원변형특성 모두 부순 돌을 사용한 경우보다 우수한 경향을 나타내었다고 발표하였다.

□ 콘크리트용 골재로 전로 및 전기로슬래그의 적용성에 대해 곽기주(1994)는 전로슬래그를 콘크리트용 골재로 사용할 수 있는 여부를 검토하기 위해서 수쇄슬래그에 전로슬래그를 중량비 20%, 40%, 60% 및 80%의 비율로 혼합한 골재로 공시체를 제작하여 강도특성을 검토 결과 비교적 안정성을 갖는 콘크리트를 제작하기 위해서는 수쇄슬래그와 전로슬래그의 혼입률을 60:40으로 하는 것이 좋다는 결론을 얻었으며, 또한 수쇄슬래그와 전로슬래그를 혼입하여 만든 콘크리트의 압축강도, 인장강도 및 휨강도 간의 상관관계를 회귀 분석하여 인장강도와 휨강도 예측공식을 유도하였다.

□ 엄태선(1981)은 수경성이 없는 전로슬래그를 코크스를 환원제로 사용하여 고온에서 용융하여 철분 등이 회수된 개질의 슬래그에 석고를 첨가해 소성하여 클링커로 만들어 수경성화합물을 제조할 수 있었다고 발표하였다.

□ 문한영(1989)은 전기로슬래그를 잔골재로 사용한 콘크리트에 관한 기초적 연구에서 전기로슬래그의 안정화 방법에 대해서 기술하였다. 실시 결과 공기 중 살수 및 수중 에이징 처리한 전기로슬래그 잔골재의 물리·화학적 성질 및 전기로슬래그가 시멘트의 수화 반응에 미치는 영향을 검토하였다. 또한 전기로슬래그 잔골재를 사용한 콘크리트의 워커빌리티, 압축강도 및 탄성계수 등을 검토한 결과 수중 및 살수 에이징을 실시하는 것이 효과적이라는 결론을 내렸다.

□ 남재일(1997)은 고로슬래그와 전로슬래그를 혼합한 복합슬래그 골재를 노반재로 사용한 결과 시공 후 설계하중보다 큰 윤하중 또는 변형으로 발생된 균열에 의해 파손된 부위에서 산화칼슘(CaO) 및 기타 화학성분의 작용으로 새로운 반응재가 생성되고 이로 인해 응결, 경화가 진행되어 재접착되는 성질을 가지고 있음을 확인하였다.

□ 한기현(1999)은 전로슬래그를 도로용 골재로서 사용하기 위해 용융 전로슬래그를 급냉킨 Al_2O_3계 부산물을 용융 전로슬래그에 적정량을 투입하고, 냉각 시 Free CaO의 정출을 억제시킴으로써, 고화된 전로슬래그의 팽창성을 현저히 저감시킬 수 있음을 알 수 있었다. 이들 방법에 의해 전로슬래그를 에이징 처리를 통해 안정화 시킬 경우, 처리되기 전 전로슬래그에 대비해 팽창률이 약 9~22%의 수준으로 안정화되며, 이는 KS 규격 1.5% 이하보다도 훨씬 안정된 0.5% 이하임을 확인하여 도로용골재로의 사용 가능성을 확인하였다.

□ 최성우(2008)는 전기로슬래그 잔골재를 사용한 콘크리트의 기초물성에 관한 실험적 연구에서 산화 전기로슬래그 잔골재는 일반 천연골재에 비해 밀도는 매우 높고 흡수율이 낮은 것으로 나타났고, 콘크리트 제조 시 천연골재를 사용한 경우에 비해 유동성이 증가하는 경향을 나타내고 있으며, 공기량 발현에 있어서는 천연골재에 비해 다소 저하하는 특성을 나타냈다. 또한 경과시간에 따른 품질 변화에 있어서는 천연골재와 유사한 수준을 나타냈고, 콘크리트 강도발현특성에 있어서는 천연골재에 비해 매우 높은 밀도의 영향에 의해 강도발현이 증가하는 경향을 나타내고 있음을 확인하였다.

□ 김상명(2008)은 전기로산화슬래그를 이용한 콘크리트용 잔골재의 사용에서 여러 가지 내구성 실험을 진행한 결과 모두 상태가 양호하게 나타났으며, 콘크리트용 잔골재로

슬래그를 치환해서 사용을 한다고 해도 특수한 경우가 아니라면, 일반 콘크리트와 비교해서 거의 동등한 값을 발현할 수 있을 것으로 판단하였다. 전기로산화슬래그 콘크리트의 역학적 특성인 압축강도와 휨강도에서도 우수한 특성을 나타냈으며, 동결융해에 대한 저항성은 모든 계열에서 상대동탄성계수 95% 이상이고, 중성화 시험결과 일반 콘크리트와 동등한 저항성을 가지며, 알칼리 성분과의 반응성에서 무해하였고, 전기로산화슬래그의 팽창성을 확인하기 위하여 자연환경에 방치하여 놓고 지속적으로 관찰하였으나, 1년후에도 특별한 열화 현상이나, 손상 징후는 발견되지 않음을 확인하였다.

□ 조봉성(2009)은 전기로산화슬래그 잔골재를 사용한 콘크리트의 성능평가 결과 용도별 콘크리트의 역학적 성능 측면에서 볼 때, 콘크리트용 골재로서 전기로산화슬래그 잔골재 활용 가능성은 매우 높고, 잔골재 활용에 따른 탄산화, 내염해성 및 내동해성은 일반 골재 활용시와 비교하여 동등, 동등이상의 내구성능을 발현하는 것으로 평가되었다.

□ 손유신(2010)은 전기로산화슬래그 골재를 사용한 콘크리트의 수축특성연구에서 굵은 골재를 대체하여 사용하는 경우 잔골재를 대체한 경우에 비해 높은 수축저감성능을 확인할 수 있었으며 특히 일반 강도 콘크리트에서는 약 40% 저감되는 효과를 확인하였고, 건조수축 균열이 많이 발생되는 벽체구조물에 사용 시 골재의 안정성이 확보가 가능한 상태에서 균열제어를 통한 구조물의 품질향상에 기여할 수 있을 것으로 판단하였다.

□ 이와 같은 최근의 연구결과에서 전기로산화슬래그를 급냉 풍쇄화하는 특수가공 기술을 개발함으로써 Free-CaO에 의한 팽창 붕괴성을 해결하였고 또한 이렇게 특수가공 처리된 급냉 전기로산화슬래그는 입형이 둥글고, 경도가 우수한 안정한 골재 형태를 가지고 있어 콘크리트용 골재로 사용할 경우 우수한 성능을 발휘하는 것으로 나타났다. 그러나 일반콘크리트에서 전기로산화슬래그의 사용은 전기로산화슬래그가 천연잔골재인 모래에 비하여 약10배의 고가의 가격차로 인한 경제적인 측면으로 인하여 사용이 제한되어져 왔다. 그러나 최근 개발되고, 유지보수분야에서 많이 사용되고 있는 개질콘크리트에서 결합제인 특수시멘트의 양과 혼화재료의 혼입율을 절감할 경우 경제성에서도 보완되어 실용화할수 있을 것으로 판단된다.

□ 이상의 국내 연구동향을 분석한 결과 전기로산화슬래그를 콘크리트에 적용함에 있어 그 우수성이 입증되었으나 잔골재에 대한 치환율이 30% 수준으로 낮고 특히 속경성 시멘트 및 폴리머 개질 콘크리트에 대한 연구는 전무한 실정이다.

(2) 국내 산업 동향

① 국내 도로 현황

□ 본 연구기술이 적용되는 분야인 국내 도로 현황을 살펴보면, 1960년대 이후 급속한 경제발전에 따른 사회간접시설공사의 확대와 더불어 국내의 도로는 아스팔트 포장 및 콘크리트 포장이 105,565km에 달하고 있으며 이중 고속도로의 경우 아스팔트 포장이 약 37%, 콘크리트 포장이 63%로 점차 콘크리트 포장이 증가하는 추세이다. 고속도로의 콘크리트포장은 25년 전에 개통된 88고속도로를 시작으로 중부고속도로의 성공적 건설과 함께 그 연장은 지속적으로 증가하여왔다.

<표 3. 국내 도로 현황(출처 : 국토해양부 도로업무편람, 2010년 기준 (단위:km)>

년도	합계	고속도로	일반도로	특별·광역시도	지방도	시·군도
1990	56,715	1,551	12,161	12,298	10,672	20,033
1991	58,088	1,597	12,114	12,717	10,643	21,016
1992	58,847	1,600	12,079	13,082	10,689	21,398
1993	61,296	1,602	12,057	13,336	10,656	23,644
1994	73,833	1,650	12,046	13,701	10,655	35,781
1995	74,237	1,825	12,053	14,082	13,854	32,424
1996	82,342	1,886	12,464	14,857	17,147	35,989
1997	84,968	1,889	12,459	17,243	17,089	36,288
1998	86,990	1,996	12,447	17,670	17,155	37,721
1999	87,534	2,041	12,418	17,892	17,145	38,039
2000	88,775	2,131	12,413	17,839	17,151	39,240
2001	91,396	2,637	14,254	17,810	15,704	40,992
2002	96,037	2,778	14,232	18,224	17,084	43,719
2003	97,252	2,778	14,234	17,130	17,485	45,625
2004	100,278	2,923	14,246	17,371	17,476	48,262
2005	102,293	2,968	14,224	17,506	17,710	49,885
2006	102,061	3,103	14,225	17,738	17,677	49,318
2007	103,019	3,368	13,832	18,109	18,175	49,535
2008	104,236	3,447	13,905	18,517	18,193	50,174
2009	104,983	3,776	13,820	18,749	18,138	50,501
2010	105,565	3,859	13,812	18,878	18,180	50,835

② 국내외 수급동향 및 중장기 수급전망

□ 국내포장 보수실적을 살펴보면, 2005년 3천9백억원을 정점으로 다소 감소하고 있으나 평균적으로 약 3,000억원 이상의 예산이 매년 집행되는 고정적인 시장규모를 가지고 있다. 콘크리트포장이 주를 이루는 고속도로의 경우 매년 약 400억원 이상의 예산이 주기적으로 집행되고 있으며 그 규모가 점차적으로 증가하고 있는 추세이다. 현재 88고속도로와 호남 및 경부고속도로 확장구간 등 주요고속도로의 콘크리트포장 구간이 설계수명 20년에 가까운 노후 콘크리트포장으로 공용수명이 완료된 도로로서 콘크리트 보수시장은 더욱 늘어날 전망이다.

□ 교량의 경우는 보수주기인 10~15년을 감안하였을 때, 1990년대 이후 교량의 개소 및 연장이 급격히 증가함에 따라 보수비용 역시 증가하고 있는 것을 볼 수 있으며, 2000년 이후 교량의 증가율이 60% 가량 증가한 점을 고려할 경우 2012년 이후 교량 보수의 경우 매년 2,000억 이상의 보수비용이 소요될 것으로 판단된다.

□ 따라서, 본 연구기술의 적용분야인 접착식 콘크리트계 보수·재포장의 시장규모는 매년 3천억원 수준이며 특히 고속도로의 유지보수 예산은 꾸준히 증가하고 있어 현재 및 장기적인 수급전망은 매우 안정적이라 할 수 있다.

<표 4. 국내포장 보수비용 현황(출처:국토해양통계누리, 2010년 기준) (단위 : 백만원)>

년도	합계 (백만원)	포장보수		교량보수 등	
		고속도로	일반도로	고속도로	일반도로
2002	234,614	26,627	92,814	20,011	95,162
2003	245,661	40,800	88,706	18,788	97,367
2004	238,240	38,677	87,771	24,711	87,081
2005	390,193	40,169	96,942	46,924	106,158
2006	314,233	52,469	75,787	83,807	102,170
2007	280,431	44,990	72,792	67,585	95,064
2008	272,022	40,884	80,268	63,229	87,641
2009	327,030	50,629	65,485	68,756	142,160

<표 5. 국내 교량 현황(출처 : 국토해양부 도로업무편람, 2010년 기준)> (단위 : km)>

구 분	총 계	고속국도	일반국도	특별광역시도	지방도	시도	군도
개소	26,920	7,851	6,175	1,149	3,423	2,781	4,446
연장	2,567	1,039	607	257	193	169	218

<표 6. 건설시기별 교량현황(출처 : 국토해양부 도로업무편람, 2010년 기준) (단위 : 개소)>

구 분	총계	고속국도	일반국도				특별, 광역시도	국가지원지방도	지방도	시도	군도	구도
			소계	국토부관리		지자체관리						
				직접	위임							
계	26,920	7,851	6,175	4,796	685	694	1,149	1,095	3,423	2,781	3,988	458
'00년이후	11,847	4,993	3,294	2,856	250	188	362	390	923	679	1,112	94
'99년~'90년	9,663	2,279	1,981	1,429	293	259	405	388	1,579	1,107	1,758	166
'89년~'80년	3,343	459	604	393	110	101	190	193	590	582	633	92
'79년이전	1,999	120	295	117	32	146	188	116	322	379	474	105
연도미상	68	-	1	1	-	-	4	8	9	34	11	1

③ 시장특성 및 구조

□ 본 연구기술이 적용되는 시장특성에 대한 예측을 살펴보면, 도로부분에 있어서 노후 콘크리트포장은 최근 보수비가 급증하고 있으며, 더불어 노후 콘크리트포장의 연장 역시 앞으로 빠른 속도로 증가할 것으로 보인다. 따라서 앞으로 급증할 노후 콘크리트 물량을 생각할 때 우리나라도 노후 콘크리트포장의 근본적인 보수/보강대책 마련이 시급한 상황이다. 2009년 현재의 도로보수 예산이 3천2백억원에 달하며, 이러한 포장 보수 금액이 점진적으로 증가하고 있는 반면 기존에 제시된 보수공법은 단가가 매우 높기 때문에 범용적으로 사용하기에는 한계가 있어 보다 안정된 가격에 고성능을 보유한 공법에 대한 시장의 수요가 높을 것으로 판단되며 이에 대한 대책이 절실히 요구되고 있다.

□ 또한, 교량에 대한 시장특성을 살펴보면, 우리나라의 교량은 2010년 말 기준 26,920개교, 2,567㎞로, 이 중 고속국도와 일반국도의 교량이 14,026개교(52.8%), 1,039㎞

(64.3%)로 절반 이상을 차지하고 있다. 고속국도와 일반국도의 년도별 교량의 증가 추이를 살펴보면, 교량 연장 기준으로 약 60%의 증가율을 나타냈다. 일반적으로 교량 바닥판의 보수 및 재포장 주기는 준공으로부터 10~15년 사이에 주로 이루어지며, 2005~2009년까지 고속국도와 일반국도의 교량 보수비용은 매년 1,500억원이상 소요되고 있다. 하지만 교량의 증가추세를 살펴보면 향후 10년 이내에 현재의 보수비용보다 2배 이상의 예산이 필요로 하게 되므로, 현재보다 더욱 안정된 가격과 고내구성, 장수명의 공법이 매우 필요한 실정이다.

□ 따라서, 전기로 산화 슬래그 잔골재 치환으로 재료비를 22% 절감시키고 VnW System과 Power Blasting 적용으로 전체공사비를 최대 40% 절감시킨 본 연구기술이 도입될 경우 현재의 도로 보수시장에서 파급효과가 매우 클 것으로 예상된다.

제3장 연구개발수행 내용 및 결과

3.1 이론적 배경

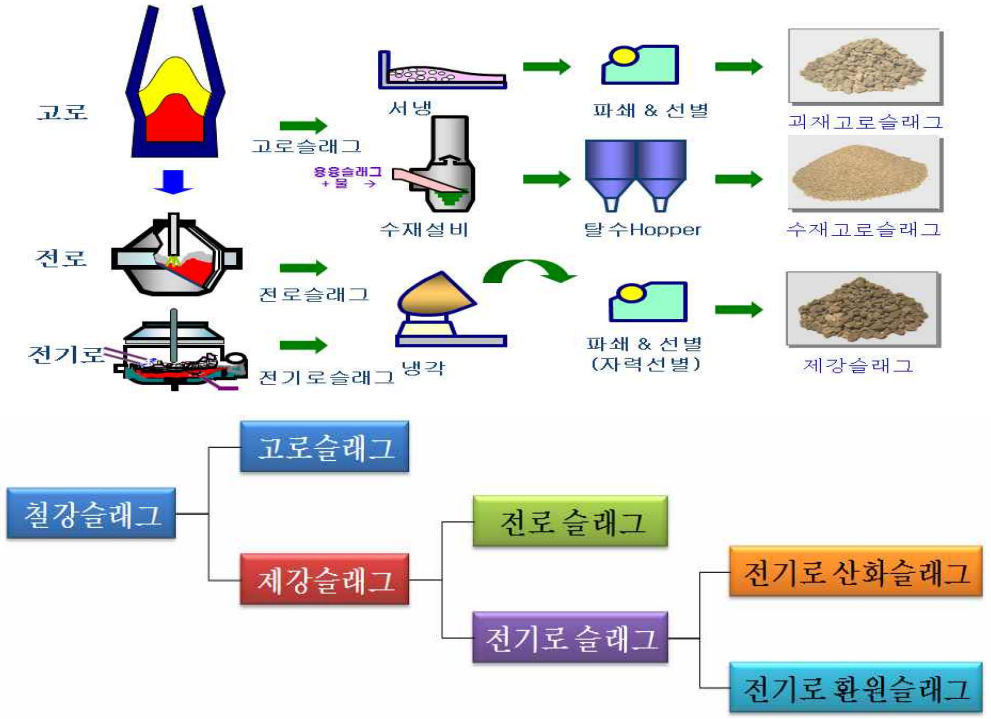
(1) 스피넬 구조의 구상형 전기로 산화 슬래그의 이론적 배경

① 제강슬래그의 개요 및 분류

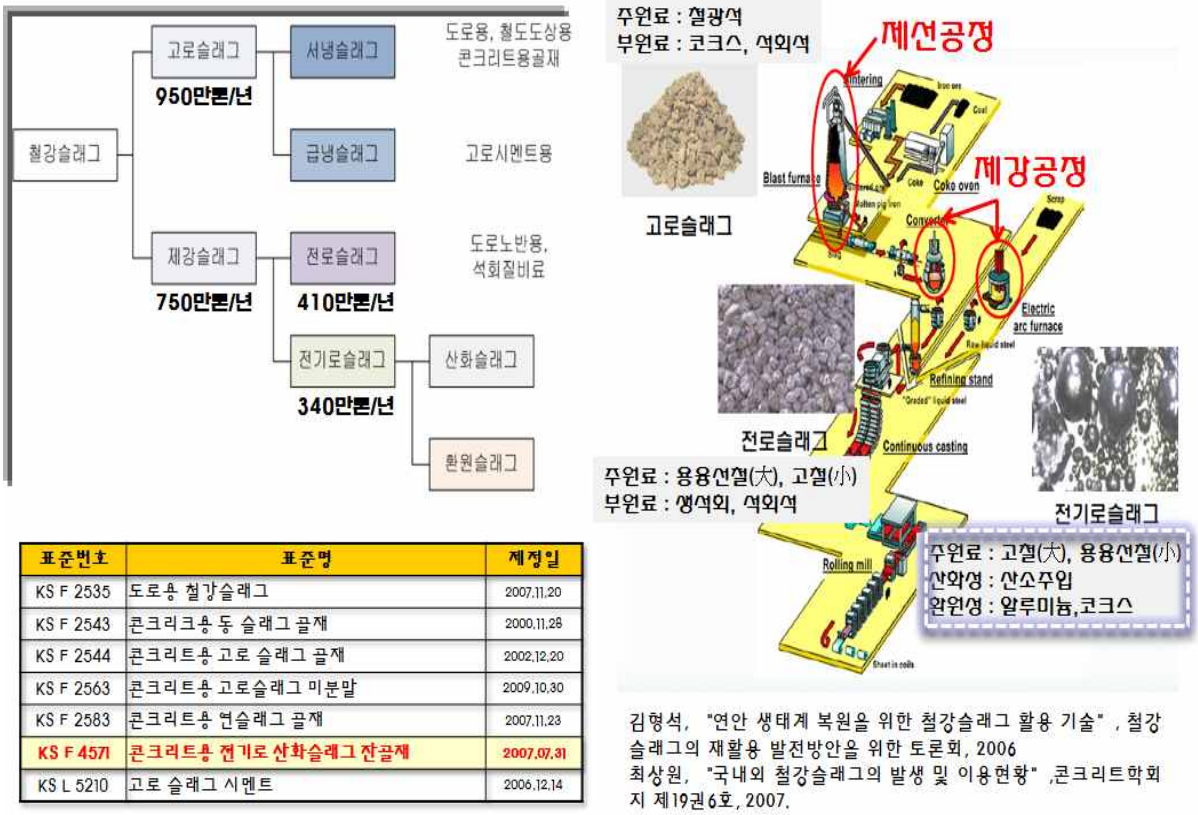
□ 철의 제조공정은 크게 제선, 제강, 압연 공정으로 나누어지며 제선공정이란 고로에 철광석을 넣고 코크스를 태워서 철광석 중의 산소를 제거하고 용해시켜 선철로 만드는 공정이지만 철광석을 사전 처리하는 소결이나 코크스를 만드는 과정도 포함하는 넓은 의미이다. 이때 고로에서 발생되는 산업부산물이 고로슬래그이며 고로슬래그는 폭넓게 사용되고 있는 고로슬래그 시멘트의 주원료이다. 공기가 코크스를 태우면서 일산화탄소(CO)가 발생하여 철광석 중의 산소를 빼앗아 환원 작용을 한다. 환원된 철은 탄소를 흡수하여 선철이 되어 노 바닥에 고인다. 고인 선철은 다음 공정인 제강공정으로 이어진다.

□ 제선공정을 거쳐 선철은 탄소 함유량이 많고 상당량의 인(P), 황(S), 규소(Si)와 같은 불순물이 함유되어 있어 경도가 높고 취약한 특징이 있다. 이러한 선철을 잘 늘어나면서 강인한 강(鋼)으로 만들려면 다시 정련하여 탄소(C)의 양을 줄이고 유해한 불순물을 제거하는 과정이 제강공정이다. 이런 공정에 발생되는 부산물이 제강슬래그이며, 제강슬래그는 노(爐)에 따라 전로슬래그와 전기로슬래그로 분류된다.

□ 강의 생산 시 발생하는 부산물 중 가장 많은 비율을 점유하는 슬래그는 제선공정에서 발생하는 고로슬래그와 제강슬래그로 분류되며, 제강슬래그는 다시 전로 슬래그와 전기로슬래그로 분류된다. 이중에서 고로슬래그는 콘크리트용 골재 또는 혼화재료, 시멘트 첨가재 등으로 100% 재활용되고 있으며 제강슬래그는 체적 안정성이 낮아 에이징을 통하여 성토용, 도로용 골재로 재활용되기도 하지만 소요되는 에이징 기간이 매우 길고 경제성이 낮아져 건설재로 활용하는데는 한계가 있었던 것이 사실이다[1].



<그림 5. 철강 생산 공정에 따른 슬래그의 분류>



표준번호	표준명	제정일
KS F 2535	도로용 철강슬래그	2007.11.20
KS F 2543	콘크리크용 동 슬래그 골재	2000.11.28
KS F 2544	콘크리트용 고로 슬래그 골재	2002.12.20
KS F 2563	콘크리트용 고로슬래그 미분말	2009.10.30
KS F 2583	콘크리트용 연슬래그 골재	2007.11.23
KS F 4571	콘크리트용 전기로 산화슬래그 잔골재	2007.07.31
KS L 5210	고로 슬래그 시멘트	2006.12.14

김형석, "연안 생태계 복원을 위한 철강슬래그 활용 기술" , 철강슬래그의 재활용 발전방안을 위한 토론회, 2006
최상원, "국내외 철강슬래그의 발생 및 이용현황" ,콘크리트학회지 제19권6호, 2007.

<그림 6. 철강 생산 공정에 따른 슬래그의 재활용 근거>

1) 김진만 외 3인, 아토마이징 공정에 의한 급냉 제강슬래그의 특성, 콘크리트학회지 제19권 6호, 2007.

<표 7. 철강슬래그의 용도별 재활용비율(%) 현황>

용도[2]	제선슬래그	제강슬래그	
	고로슬래그	전로슬래그	전기로슬래그
공정재사용		26	2.6
시멘트원료	69.3	1.7	0.1
성토용골재	0.2	30.8	65.3
도로용골재	24	40	17.4
기초잡석용			4.6
규산질비료	5.7		3.1
벽돌용골재			0.9
기타	0.8	1.5	6
합계	100%	100%	100%
주요재활용분야	고부가가치의 시멘트 원료	공정재사용 및 단순 매립재	저부가가치의 단순 매립용도

② 스피넬 구조의 구상형 전기로 산화 슬래그 제조기술 및 특성

□ 제강공정에서 발생하는 슬래그는 일반적으로 공기 중에서 상온으로 냉각하여 굳힌 다음 분쇄하여 처리하게 된다. 이러한 공정으로 발생되는 제강슬래그는 미반응 CaO의 함량이 0.1~20%까지 다양하게 변화한다. F-CaO의 함량은 제강슬래그에서 매우 중요한데, 그 이유는 이것의 함량이 1%이상이 되면 팽창성 반응에 의해 스스로 붕괴하게 되며 이러한 경향은 F-CaO 함량이 증가할수록 커지는 경향을 보인다. 따라서 기존의 방식으로 부산되는 제강슬래그는 약 6개월에서 1년간의 야적에 의해 에이징하거나 증기에 의한 촉진 에이징 과정을 거쳐 콘크리트 골재로 활용하는 연구가 활발히 이루어지고 있다. 그러나 이러한 공정은 오랜 시간과 넓은 야적장의 요구 및 부가적인 비용의 발생을 야기하게 된다(조성현, 2003).

□ 선철, 고철과 같은 제강원료의 정련에 부원료로서 사용되는 생석회는 슬래그화가 충분히 되지 않으면 불안정한 상태로 종종 슬래그 중에 잔존한다. 이 석회분을 보통 유리석회(free CaO)라 부르며, 물과 접촉하면 다음과 같은 반응으로 체적이 약 2배로 되어 슬래그의 팽창붕괴를 가져온다.

2) 최상원 외 3인, 국내외 철강슬래그의 발생 및 이용현황, 콘크리트학회지 제19권 6호, 2007.

free CaO + H2O → Ca(OH)2

□ 전기로슬래그를 콘크리트용 골재 및 도로용 재료로 사용하기 위해서는 악영향을 미치지 않을 만큼 충분히 안정화시켜 사용해야 한다. 현재 이러한 방법에는 용융상태의 전기로 슬래그에 산소를 불어 넣어 유리석회를 충분히 슬래그화하여 안정한 광물(2CaO-SiO2)로 만드는 방법과 서냉한 전기로 슬래그를 적절한 입도로 파쇄한 후 대기 중에 방치하여 충분한 수화반응으로 안정화시키는 방법이 있다.

□ 슬래그는 고온의 용융상태 중에서 고속의 공기와 물로 급냉하게 되며 Ca・Fe2O3, Mg・Fe2O3형태의 복합 산화물로서 존재하게 되므로 F-CaO는 석출되지 않게 된다. 또한 표면은 결정화될 시간이 없으므로 유리질상태로 안정화된다.

□ 또한 고속의 공기로 급냉시키면 슬래그 입자가 구형의 형태로 제조가 가능하며 골재의 입형이 구형이면 콘크리트 제조 시 유동성 확보에 좋은 효과를 줄 수 있다. 화학성분은 기존의 제강슬래그와 같이 CaO, Fe2O3, SiO2가 주성분으로 이루고 있으나, F-CaO는 붕괴 위험성이 존재하는 함량 1%보다 낮은 0.155로 나타났는데 이는 대부분의 CaO는 Fe2O3, SiO2와 반응하여 2CaO・Fe2O3와 2CaO・SiO2의 스피넬구조의 화합물 상태로 존재하기 때문이다.

□ 원래 스피넬이라는 것은 첨정석인 MgAl2O4를 말하며, 이러한 결정체는 천연적으로 많으나 인공적으로도 얼마든지 만들 수가 있으며, 이들의 성질은 대체적으로 경도가 2.5~8.0이며, 유리 같은 광택을 가지고 있고 굴절률이 높으며 아주 견고하고 내식성과 내풍화성이 강한 일종의 결정체로 된다. 모든 화합반응은 이온의 이동 또는 전자의 이동으로 이루어지는데 이러한 스피넬형의 복합 산화물 표면을 이루게 되면 이온의 이동이 어렵게 되어 안정된 화합물 상태가 되며 풍화 등 물리・화학적 외부의 파괴 요인에 대한 저항이 커지게 된다.(김무한, 2005).

□ 스피넬 구조의 새로운 구조식은 AB2O4의 화합물(A와 B는 금속 원소)로 볼수 있는 대표적인 결정 구조형의 하나이며 정8면체의 외형을 띄고 있는 특징을 가지고 있다. 즉, 이 결정은 입자격자에 속하며, 산소원자는 거의 입방체로 충전되어 있어 이들의 산소사이에는 8면체형 속에서 6개의 산소에 포위된 B원자가, 또한 4면체형에 4개의 산소에 의해 포화된 A원자가 들어 있는 일반적인 스피넬형이다.

□ 전기로 산화 슬래그는 제강슬래그 조성용 원료로 주로 석회(CaO), 석회석(CaCO3)이 사용되기 때문에 Fe2O3와 CaO로 이루어져 있다. 이로 인해 염기성이 강한 CaO와

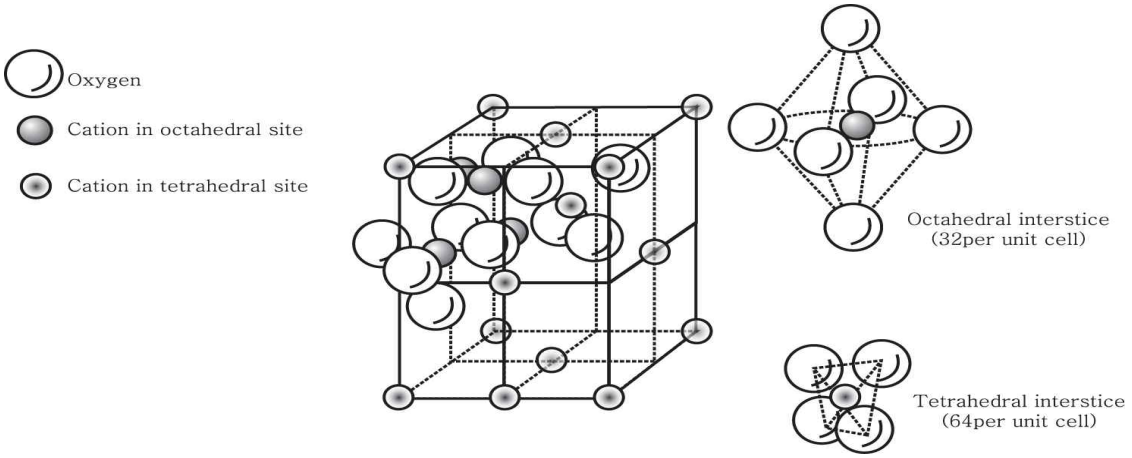
산성이 강한 Fe2O3가 용융상태에서 SiO2, MgO와 용융되어 있으나 고온의 용융상태 중에서 CaO · Fe2O3, SiO2 · Fe2O3, Mg · Fe2O3 형태의 복합 산화물인 슬래그를 고속의 공기로 급냉하게 되면 스피넬(Spinel)형인 2개의 산화물과 3개의 산화물의 복합체를 형성하게 된다. 즉 대부분의 Free-CaO가 급냉과정에서 Fe2O3, SiO2와 반응하여 안정화된 2CaO·Fe2O3와 2CaO·SiO2의 화합물 상태, 즉 스피넬구조로 존재하게 된다.

□ 이렇게 생산된 잔골재용 전기로산화슬래그는 유리석회의 함량이 0.15%이하로 매우 낮게 되게 급냉분사하는 특수처리방식의 에이징처리로 안정화된 분자구조로 변환시킨 스피넬구조의 복합산화물이 표면을 이루게 된다. 이를 통해 화학반응에 필요한 이온이나 전자의 이동이 어렵게 되어 안정된 화합물을 이루고, 풍화와 같은 화학적, 물리적 요인에 대해 매우 강한 저항성을 갖게 된다.

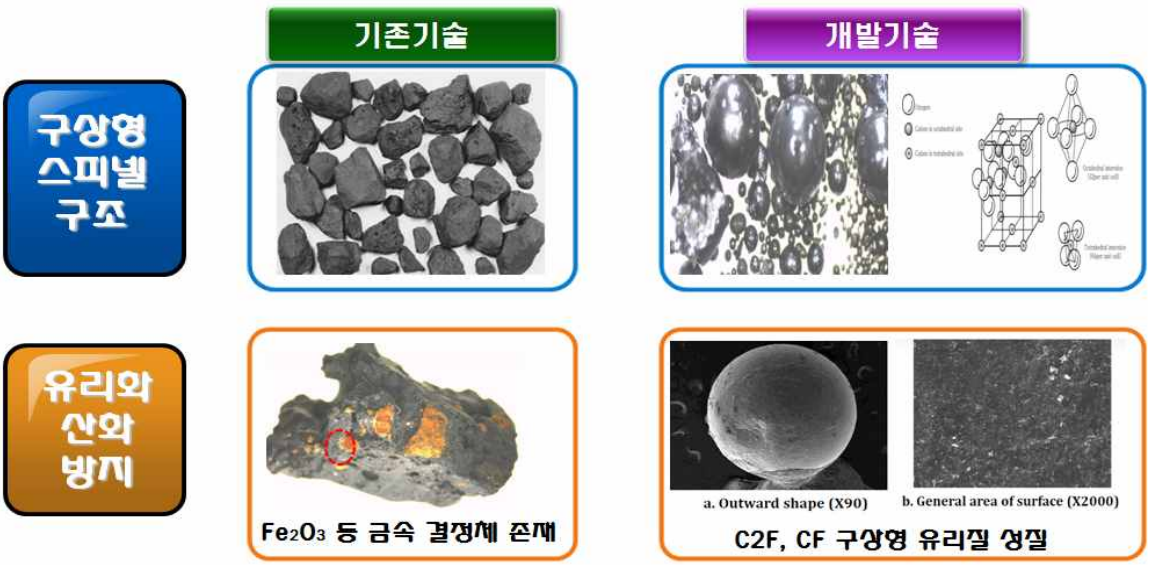
구분	규격	주원료	제조방법
고로슬래그 골재	KS F 2544	➢ 철광석, 코크스→고로 →용융슬래그	➢ 용융슬래그→서냉→파쇄→굵은골재 ➢ 물, 공기 등에 의해 급냉→입도조정→잔골재, 시멘트질원료
동슬래그 골재	KS F 2543	➢ 황화동광석→노에서 동 제조시→용융슬래그	➢ 냉각 또는 서냉 후 입도조절
연슬래그	KS F 2583	➢ 연광석 제련	➢ 콘크리트용 골재 이용 국내유일
전기로 산화 슬래그 골재	KS F 4571	➢ 선철, 고철 →전기로 정련 →용융슬래그	➢ 용융슬래그→서냉→파쇄→굵은골재 ➢ 물, 공기 등에 의해 급냉→입도조정→잔골재
전로슬래그	규정없음	➢ 선철→전로 정련 →용융슬래그	➢ 콘크리트 골재 미사용 ➢ 도로노반재료, 석회질 비료



<그림 7. 재활용 슬래그 종류 및 제조방법>



<그림 8. 급냉에이징에 의한 스피넬 구조>



<그림 9. 전기로 산화 슬래그 잔골재의 물리적 안정성>



<그림 10. 전기로 산화 슬래그 잔골재의 화학적 안정성>

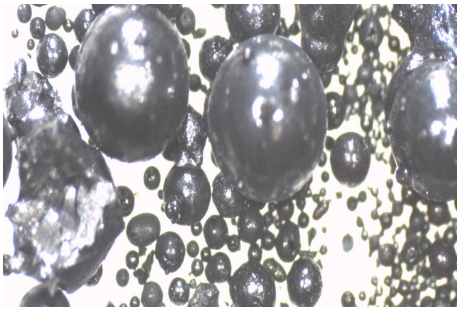


<그림 11. 서냉 에이징 처리 공정>



<그림 12. 급냉 처리 공정>

<표 8. 스피넬구조의 구상형 전기로 산화 슬래그와 기존 슬래그와의 비교>

구 분	기존 전기로 산화 슬래그	스피넬 구조의 구상형 전기로 산화 슬래그
에이징 방식	▷서냉	▷급냉(고속공기 분사 방식)
제조법	▷공기 중에 서냉시켜 크러셔로 분쇄	▷용융상태의 슬래그를 고속공기로 비산시킨 후 살수하여 급냉
안정화 원리	▷불안정한 슬래그 내 유리석회를 사전에 인위적으로 수화반응시켜 안정화처리	▷불안정한 슬래그 내 유리석회를 사전에 안정적인 화학구조를 갖춘 스피넬구조로 전환시켜 성분자체를 안정화처리
안정화 방식	▷고온의 슬래그를 서냉시킨 후 적절한 입도로 파쇄한 다음 사용전에 대기 중에 방치하여 인위적으로 유리석회(Free CaO)를 수분에 노출함으로써 $Ca(OH)_2$로 변화시켜 사용 중에 팽창 붕괴현상이 발생하지 않도록 사전 수화반응을 유도하는 방법 ▷서냉 에이징 처리 방법은 일본 뿐만 아니라 구미에서도 가장 널리 행하여지고 있음	▷고온의 용융상태 중에서 $CaO \cdot Fe_2O_3$, $SiO_2 \cdot Fe_2O_3$, $Mg \cdot Fe_2O_3$ 형태의 복합산화물인 슬래그를 고속의 공기로 급냉시켜 Free-CaO와 Fe_2O_3, SiO_2 반응을 통해 안정화된 $2CaO \cdot Fe_2O_3$와 $2CaO \cdot SiO_2$의 화합물 상태, 즉 스피넬구조로 전환시키는 것.
특징	▷팽창이 안정하기까지 3개월 이상을 필요하고 유리석회(Free CaO)의 함량이 많은 경우에는 더욱 장기간의 시간을 요구 ▷대규모 야적장 요구	▷먼지, 소음, 침출수의 발생이 없으며 소규모의 야적장만을 필요로 함
입 형	▷파쇄방식에 의해 각진 쇄석상	▷융용상태의 급냉방식으로 슬래그의 표면장력에 의해 구상형
용 도	▷주로 노반재로 사용	▷노반재, 수질정화제, 콘크리트용 골재
모양		

③ 스피넬 구조의 구상형 전기로 산화 슬래그 잔골재의 특성

㉮ 입형

□ 급냉 제강슬래그는 천연 골재인 강모래에 비해 구형에 가까운 형상을 가지고 있다. 골재의 입형이 구형에 가까우면 높은 실적율을 가지게 되며 그로 인하여 동일한 콘크리트에서 단위시멘트량 감소가 가능하며, 볼베어링 효과로 인한 유동성을 향상시키는 것으로 보고되고 있다.[3] 따라서 강모래에 비해 급냉 제강슬래그(전로, 전기로)를 사용할 경우 콘크리트의 유동성을 향상시키고 단위시멘트량의 감소가 가능하다.

㉯ 입도 및 조립율

□ 입도 곡선은 공장생산에 따른 선별과정을 통해 반출되므로 사전에 양입도로 제조되어 현장에서 별도의 입도 조절이 불필요하며 골재의 조립율에 있어 강모래에 비해 높은 조립율을 갖게 된다.

㉰ 밀도 및 흡수율

□ KS F 4571의 밀도 3.1g/㎤이상에 만족하며 강모래에 비해 약 1.0g/㎤정도 높게 나타나는데 이러한 이유는 슬래그 내에 철 성분이 50%이상 존재하고 있기 때문으로 높은 밀도를 갖은 골재를 콘크리트에 사용할 경우 굳지 않은 성상에서는 타 재료와 재료 분리를 야기 시킬 수 있으나 폴리머 등의 사용으로 점성을 높인 특수 콘크리트에서는 적용이 가능하다.

□ 스피넬구조의 구상형 전기로 산화 슬래그의 흡수율은 강모래에 비해 매우 낮게 나타나며 낮은 흡수율을 갖는 골재를 콘크리트에 사용할 경우 콘크리트의 내구성에 매우 긍정적인 효과를 나타내게 된다.

㉱ 단위용적질량 및 실적율

□ 단위용적질량에 있어서 스피넬구조의 구상형 전기로 산화 슬래그 잔골재는 강모래에 비해 매우 높게 나타나는데, 이런 이유는 골재의 밀도 차이와 형상에 의한 것으로 전기로 산화슬래그 잔골재의 입형이 구형으로 충전 효과에 기인한다.

□ 실적률에 있어서 슬래그는 강모래에 비해 높게 나타나며 그 이유는 골재의 입형에 기인한 것으로 그 차이는 단위용적질량과 동일한 이유이다. 일반적으로 골재의 실적율

3) 한국콘크리트학회, 콘크리트공학, 2009

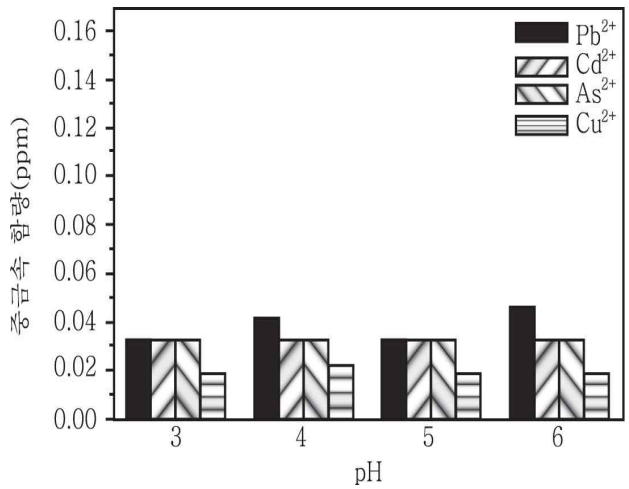
은 골재의 형상과 입도에 따라 영향을 받으며, 골재의 입형이 둥글수록 실적율이 높으며 동일 콘크리트에서 시멘트 페이스트의 사용량이 감소되어 경제적인 콘크리트를 제조가 가능하며 이런 단위시멘트의 감소는 건조수축 및 수화열 저감으로 콘크리트의 내구성능을 향상시키는 효과를 나타낸다.

<표 9. 골재의 물리적 특성>

구 분	최대입자크기 (㎜)	밀도 (g/㎤)	흡수율 (%)	단위용적질량 (kg/㎥)	실적율 (%)	잔입자량 (%)
스피넬 구조의 구상형 전기로 산화슬래그	5.00	3.55	0.29	2,331	70.00	0.02
강모래	5.00	2.60	1.11	1,559	60.00	0.24

㈐ 유해물질 기준

□ 폐기물관리법에서 제시하는 지정 폐기물 관련 유해물질(2008) 기준값에 대한 전기로 산화 슬래그의 중금속 용출 시험을 분석한 결과, 전기로산화슬래그는 미소량의 중금속을 함유하고 있었고, 이 함량은 청정지역에서 사용할 수 있는 기준에 근접한 값으로 콘크리트 골재로서 사용이 가능함을 알 수 있다.



측정항목	기준값(㎎/ℓ)
Pb	3이하
Cd	0.3이하
As	1.5이하
Cu	3이하

<표 10. 폐기물관리법 지정폐기물에 함유된 유해물질 기준 및 측정치>

(2) 구상형 전기로 산화 슬래그 잔골재를 이용한 고성능 콘크리트의 공학적 원리

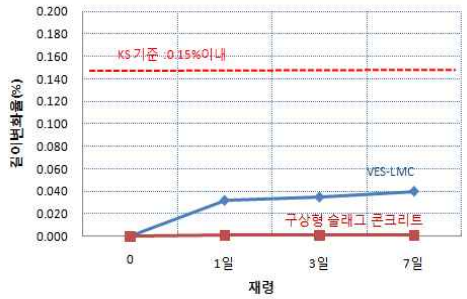
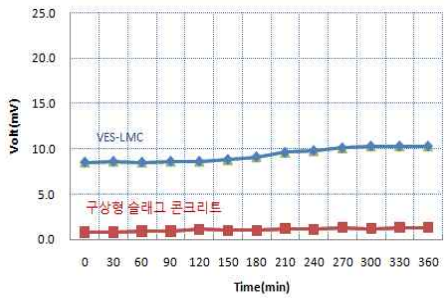
①스피넬 구조의 구상형 전기로 산화 슬래그 잔골재를 이용한 고성능 콘크리트 제조기술 및 특성

□ 기존의 콘크리트포장 보수재와 달리 본 연구기술은 화학적으로 안정화된 스피넬 구조의 구상형 전기로 산화 슬래그 잔골재를 사용함으로써 우수한 작업성, 초기 고강도 발현 및 내구성을 확보한 고성능 콘크리트의 제조를 실현하였으며, 이는 기존기술에 사용되는 콘크리트 구성물질 간의 역할에 차이가 있기 때문이다.

<표 11. 기존기술 대비 연구기술의 구성물질간 성능발현 특성>

구성물질	기존 기술	개발기술
속경성 시멘트	▷사용량 : 360~450kg/㎥ ▷조기강도발현을 위한 속경성 시멘트 사용 ▷부배합으로 조기강도발현을 실현하나 수화열 증대, 건조수축 증대 및 균열발생 가능	▷사용량 : 300kg/㎥ ▷조기강도 발현을 위한 속경성 시멘트 사용 ▷적은 시멘트 사용으로도 전기로 산화 슬래그의 높은 열전도율로 인해 초기 수화열 발생 시 콘크리트 내부 전체로 확산 ▷조기강도발현에 요구되는 최소한의 시멘트량 사용으로 건조수축 억제 및 균열발생 가능성 저감
폴리머	▷사용량 : 66~115kg/㎥ ▷폴리머 입자의 볼베어링 효과 및 AE제 역할로 물-시멘트비 저감 효과 ▷속경성시멘트의 부배합으로 발생할 수 있는 내구성저하를 폴리머 첨가로 보상 ▷콘크리트 내부의 불연속필름막 형성으로 수밀성, 내구성 증진	▷사용량 : 51kg/㎥ ▷콘크리트 구성물질 간의 상호 부착력 증대 목적 ▷전기로 산화 슬래그의 높은 밀도로 재료분리에 저항하기 위한 점성증대 ▷물-시멘트 증가억제를 위한 혼화재 개념
구상형 전기로 산화 슬래그 잔골재	-	▷높은 실적율로 단위시멘트량 저감 ▷전기로 산화 슬래그 잔골재의 높은 밀도로 인한 고강도 콘크리트제조 ▷밀실한 구조형성으로 내구성 확보

<표 12. 스피넬 구조의 구상형 전기로 산화 슬래그 잔골재를 활용한 고성능 콘크리트 특성>

효과	고성능 콘크리트 발현 메커니즘	
W/C비 유지	▷전기로 산화 슬래그의 구상 볼베어링 효과→슬럼프 향상→라텍스 저감→ W/C 유지	
체적 안정성	▷전기로 산화슬래그 높은 열전도율 → 내부 수화발열 시 콘크리트 전 단면에 고르고 빠르게 전파 → 동일 단위시멘트 사용 시 수화열 증대 →단위시멘트 저감(360→300)으로 수화열 증대 억제 → 건조수축 저감 → 균열발생 가능성 저감	
조기 고강도 발현	▷콘크리트 내부 수화열 빠르게 전파 → 수화촉진 → 양입도(실적률 68~70%, 일반 60%) → 콘크리트 수밀성 증대 영향 → 콘크리트 조기강도 발현(38→43MPa)	
투수 저항성 증대	▷라텍스 첨가량 저감 시(115→64) →투수성 저감 일반적 → 라텍스의 영향 << 전기로 산화 슬래그 효과 → 콘크리트 수밀성 증대 결과 → 투수저항성은 향상 (1005→116C)	

② 스피넬 구조의 구상형 전기로 산화 슬래그 잔골재를 이용한 고성능 콘크리트 현장적용성

□ 공용 중인 도로의 보수공사는 그 특성상 장기간의 교통차단이 불가능하여 경화시간이 30분 이내인 속경성시멘트를 사용하며 빠른 경화시간으로 인해 레미콘공장에서 생산하여 운반하지 못하고 현장에서 즉시 제조, 타설되는 현장제조 콘크리트를 사용하게 된다. 이러한 특수성으로 인해 사전에 모든 재료들을 준비하고 이동식 현장배치플랜트인 모빌믹서에서 연속생산된다.

□ 일반적인 도로 보수공사는 교통흐름에 방해가 되지 않는 시간대에 보수부위의 차선만을 통제한 후 작업하므로 작업장이 협소하여 자재를 현장에 적치, 보관할 수 없어 별도의 야적장에서 자재를 보관하며 보수작업시간을 단축하기 위하여 사전에 별도로 골재를 Packing하여 작업장 내로 운반, 모빌믹서 적재 시 보다 용이하게끔 하고 있으나, 골재주문, 자재반입, Packing, 작업장 내 운송, 자재적재 등에 소요되는 시간과 인력이 과다한 단점을 지니고 있다.

□ 또한, 현장에서 골재 Packing 전 균질한 콘크리트 생산을 위하여 반입된 잔골재, 굵은골재에 대해 물성평가 후 현장보정을 실시하여야 하며, 적절한 표면수 관리를 위해 재료보관 시 상당한 노력을 기울여야 한다.

□ 그러나, 본 연구기술에 사용되는 구상형 전기로 산화 슬래그 잔골재는 공장에서 KS 기준에 적합한 입도로 생산, Packing 운반되므로 골재주문 및 적재까지 평균 12시간이 소요되어 기존의 동일작업에 소요되는 48시간을 1/4로 절약할 수 있어 현장적용성이 증대되며 전기로 산화 슬래그 잔골재 특성상 낮은 흡수율과 방수포장으로 현장에서 표면수 관리를 요하지 않으므로 별도의 배합보정을 위한 실내실험 및 검교정이 필요치 않게 되다.

□ 전기로 산화 슬래그 잔골재를 이용한 고성능 콘크리트를 이용한 접착식 콘크리트계 보수・재포장은 긴급을 요하는 도로 유지보수공사에 있어 골재주문 및 포설 준비 전까지 동일작업에 소요되는 시간을 1/4로 줄일 수 있어 기존 기술에서 구현되지 못한 신속성과 품질관리 용이성측면에서 탁월한 현장적용성을 가지고 있다.

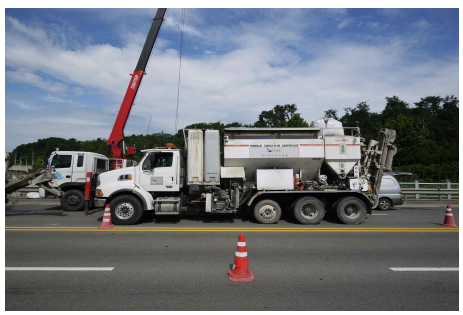
<표 13. 구상형 전기로 산화 슬래그 잔골재 사용에 따른 고성능 콘크리트의 현장적용성>

콘크리트 구성물질	기존 기술	개발기술
골재	▷현지 골재생산업체를 통해 구입. ▷불량골재 반입 시 반품, 폐기 등의 처리로 소요시간 증대 ▷골재에 대한 입도, 표면수 등의 실내실험을 실시한 후 시방배합을 현장배합으로 변경하기 위한 모빌믹서 검교정 추가 시행	▷구상형 전기로 산화 슬래그 잔골재는 제강공장에서 별도의 처리과정을 걸쳐 균질하게 생산되는 공장제품임 ▷KS기준에 맞도록 생산되므로 불량품 반입문제 없음 ▷골재물성에 대한 변화가 없고 표면수가 없으므로 별도의 실내실험 및 현장배합 변경 불필요
자재준비 및 보관	▷현지 골재생산업체를 통한 구매시 덤프트럭에 의한 운송 ▷현장에서 신속한 골재투입을 위해 별도의 골재 Packing 작업 시행. ▷우천, 적재 등으로 골재표면수 변화 및 골재 균일성 미확보	▷KS기준에 맞도록 입도별로 생산하며 방수 Packing-bag으로 운반처리 ▷현장에서 별도의 Packing 작업이 필요치 않으며 방수포에 의해 골재 보관 용이



<그림 13. 개발된 SMAT-CON의 현장적용성 효과>

<표 14. 개발기술에 의한 현장적용성>

구분	기존기술	개발기술
자재반입	 ▷현장 야적장으로 대규모 골재 반입	 ▷필요한 수량만큼 골재 운송
자재 Packing	 ▷현장이동 및 적재를 위한 사전 골재 팩킹작업 수행	-해당없음-
자재운송	 ▷팩킹된 골재 운송	-해당없음-
자재상차	 ▷현장이동식 배치플랜트인 모빌믹서 내 골재빈으로 골재상차	 ▷현장이동식 배치플랜트인 모빌믹서 내 골재빈으로 골재상차
소요시간	골재주문부터 적재까지 48시간소요	골재주문부터 적재까지 12시간 소요

(3) 워터제트 및 진공흡입기능을 결합시킨 VnW Blasting의 공학적 원리

① 워터제트 기술의 개요

□ 워터제트 용어는 보통명사로 고압살수를 이용하는 방식을 총칭하여 워터제트라 하며 장비조건 및 파쇄기능면에 있어 살수, 워터블라스팅 및 Hydro-demolition으로 구분할 수 있다.

□ 살수장비는 소형압축기 등을 이용하여 물을 분사, 세차 및 바닥면 청소에 활용되는 일상생활용품이며 Hydro-demolition은 초고압수를 이용하여 대상구조물을 분쇄·파쇄하는 것을 의미하며 Water blasting은 이보다 낮은 압력을 가지며 이물질 및 면처리 기능을 수행하게 된다.

□ 이러한 구분은 제공되는 펌프압과 유량에 따라 변화하는 식(1)의 장비출력 즉, 마력(horsepower, hp)으로 구분할 수 있으며(NLB Corp, 2007) 300~500hp 정도의 출력을 Hydro-demolition에 필요한 장비조건으로(Michael C., 1992), 300~100hp 출력을 갖는 경우 Water blasting 개념으로 평가하는 것이 일반적이다.

$$BHP = \frac{GPM \times PSI}{1715} \text{ (hp)} \quad \text{.....식(1)}$$

여기서, GPM은 유량단위(gallon per minute), psi는 펌프압력단위

□ Hydro-demolition은 Water-Blasting과 비교하여 동일한 펌프압력에서 분사되는 유량을 크게 하거나, 분사되는 유량은 유사하나 펌프압력을 높이는 방식으로 적용된다. 즉, 열화부에 대한 타격압력을 Water-Blasting보다 단시간에 크게 한 것으며 Water-Blasting의 경우도 대상부위에 지속적으로 타격압력을 가할 경우 분쇄 및 파쇄가 가능한 장비이다.

□ 콘크리트 보수 및 보강에 사용되는 재료는 구조물의 잔존수명동안 구조물 본래의 기능을 유지할 수 있도록 기존 구조물과 일체가 되어야 한다. 보수재료와 기존 구조물은 하나의 조합체로서 외부의 물리적, 화학적 침식에 견딜 수 있어야 하며 그러기 위해서는 무엇보다도 두 재료 사이의 강력한 부착력이 요구된다. 신·구 콘크리트의 계면에서는 압축, 인장, 전단, 지압, 비틀림 등이 다양하고 복합적인 힘으로 작용하게

되며, 이러한 하중에 대해서는 신·구 콘크리트 사이의 기계적 맞물림 작용(Interlocking Action)과 두 재료 사이의 화학적 부착력에 의해 저항하게 된다[4].

□ 기존 콘크리트의 열화부를 제거하고 바탕면을 처리하는 방법은 로드커터, 브레커, 워터젯트에 의한 방법으로 구분할 수 있으나 중장비 및 인력에 의한 파쇄방법은 열화부 제거 시 충격에 의한 새로운 균열발생을 유발하며, 브레커에 의한 파쇄는 바탕면에 균열을 발생시켜 오히려 일체화 거동에 필요한 부착력을 확보하지 못하며 워터제트에 의한 파쇄는 일정수압에 의해 열화부만을 제거하여 콘크리트에 균열을 남기지 않는 것으로 연구보고 되고 있다[5].

□ 두 가지의 서로 다른 콘크리트로 구성된 신·구 콘크리트 구조물의 성능은 새로이 적용되는 신 콘크리트 재료의 물성 보다는 구 콘크리트와 신 콘크리트 사이의 부착성능에 의해서 크게 좌우되며 고속도로공사 전문시방서 10-2의 3.4.4의 규정에 의하면 콘크리트 덧씌우기 포장공사에서 기존 포장체와 덧씌우기 포장체 사이의 접착력이 최소 1.4MPa이상이 확보되어야 하는 것으로 규정되어 있다.

<표 15. 펌프압 및 유량에 따른 워터제트 장비 구분>

적용대상	펌프압		유량		HP	비고
	bar	psi	lpm	gpm		
Hydro-demolition	1,100	15,730	195	52	474	콘크리트 파쇄
	2,500	35,750	82	22	453	
Water Blasting	1,400	20,020	75	20	232	파쇄면 이물질제거
VnW Blasting	1,400	20,020	49	13	111	
water spray	120	1716	5.5	1.46	1.46	세차 및 물청소

4) 임홍범 외 3인, “VES-LMC의 부착특성에 관한 실험적 연구”, 2008 대한토목학회 정기학술발표대회, pp.3478~3481.
5) 김기헌 외 4인, “절삭방법에 따른 VES-LMC의 부착강도 특성”, 2005년도 가을 학술발표회 논문집, pp.543~546.

<표 16. 접착식 콘크리트 덧씌우기 시 요구되는 국내외 접착강도 기준>

사례	내용
미국 콘크리트포장학회 (ACPA TB-007P)	전단저항 및 부착유지에 필요한 부착강도는 200psi(1.4MPa)임
미국 연방도로관리청 (FHWA-IF-02-045)	신·구 콘크리트의 부착강도에 대한 등급 선정 2.1MPa : Excellent 1.4MPa : Good
FHWA-TX-05-4398-2	접착식 콘크리트 덧씌우기에 필요한 부착강도는 200psi(1.4MPa)임
고속도로공사 전문시방서	접착강도 1.4MPa 이상

② VnW System을 이용한 Power Blasting 개발

□ 2000년 이전에 시행되었던 콘크리트 보수보강 공사에서는 열화부 제거에 대한 정확한 인식 없이 일정깊이로 파쇄한 후 일괄적으로 보수재로 덧씌우기하는 방법이 적용되어 보수 후 반복적인 보수부 탈리, 균열, 재파손의 문제가 있었으나 신기술 제427호에 의해 워터제트공정에 의한 열화부의 선택적 제거 개념이 소개 및 정립되었다.

□ 그러나, 손상율이 적은 구조물에 대한 워터제트 공정은 경제성에 있어 불리한 것이 사실이며 특히, 콘크리트포장부에 대한 보수보강 시 부착력 증대를 위해 워터제트에 의한 열화부 제거는 투입장비 및 인력 증대로 공사비 증대의 주요 원인이었다.

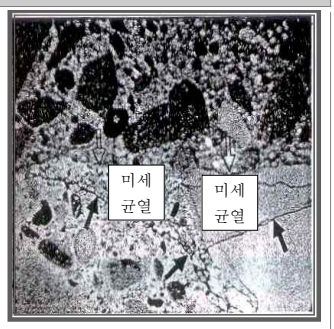
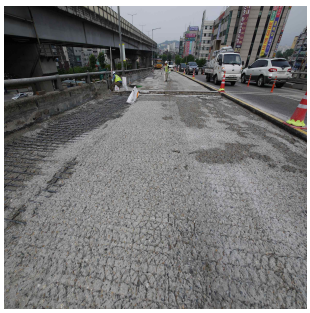
□ 기존 기술은 부분단면보수 시 대형 워터제트(Hydro-demolition)장비의 투입불가로 인력에 의한 워터블라스팅(워터-건)에 의해 열화부를 제거하였으며 이 경우, 작업자의 능력과 숙련도에 의해 품질확보가 좌우되는 단점을 가지게 되며, 적용 시 파쇄이물질의 비산으로 이용자 및 시공자 안전에도 매우 불리한 작업형태이다.

□ 본 연구기술은 Water Blasting을 콘크리트 부분단면보수에 적합한 크기로 제작하여 이동 및 작업의 편리성을 높이고 기존의 워터블라스팅과 진공흡입장비가 결합된 VnW System 장비를 이용하여 별도의 추가장치없이 부착력이 강조되는 접착식 콘크리트계 보수·재포장공법에 적용함으로써 작업효율 증대와 경제성을 확보한 새로운 발명장비이다.

<표 17. VnW System을 이용한 Power Blasting 적용범위 및 효과>

구분	기존 장비 VnW Blasting	개발 장비 Power Blasting
장비	▷차량장비	▷이동식 장비(인력)
적용범위	▷전폭 보수용 ▷보수폭 0.6M이상인 경우	▷부분단면 보수용 ▷단면보수폭 0.6M이하
효과	▷노즐압력 53N에 의해 절삭이물질 제거 ▷절삭과 진공흡입청소 동시 수행	▷노즐압력 143N으로 열화부 선택적 제거 ▷VnW 장비와 직렬연결로 별도 장비 불필요

<표 18. 열화부 제거 방식에 대한 기술발전>

구 분	기술내용	장단점
2000년 이전 인력파쇄	  ▷핸드브레이커에 의한 충격식 파쇄 ▷일정깊이까지 충격식 파쇄	▷시공용이 ▷충격에 의해 새로운 파손 ▷보수 후 탈리, 균열파손 가속 ▷보수효과 미미
2000년 이후 워터제트에 의한 열화부제거	  ▷일정 수압에 의해 열화부 선택적 제거 ▷보수부 전면에 대해 열화부 제거 가능	▷보수효과 극대화 ▷열화부 완전제거 ▷대규모 장비투입 ▷공사비 증대 ▷열화부 소규모 시 경제성 논란 ▷사전 열화평가 규정 미미로 일괄 적용
부분단면보수 적용기술	  ▷부분단면보수 시 대형장비 투입 곤란 ▷인력에 의한 품질안정성 불량	▷소형 파워팩을 이용한 경량 워터블라스팅 ▷작업자의 능력에 의해 열화부 제거

<표 19. VnW System 및 Power Blasting 개발과정>

<table>
<tr><th>구분</th><th>기술내용</th></tr>
<tr><td>2008년 이전
워터제트 및
진공흡입트럭
사용</td><td>  
▷열화부 제거 : 워터제트
▷파쇄이물질 청소 : 진공흡입트럭</td></tr>
<tr><td>2009년
진공흡입트럭의
기능을
향상시킨
RPCC차량 개발</td><td>  
▷기존 진공흡입트럭의 흡입구를 늘리고 500bar의 살수기능을 추가한 RPCC(Road Pollutant Cleaning Car) 개발적용</td></tr>
<tr><td>2010년
워터블라스팅과
진공흡입기능을
향상시킨 VnW
System</td><td>  
▷RPCC 기능에서 살수기능을 워터블라스팅 기능으로 향상시키기 위하여 1,400bar 고압펌프장착으로 호스압력을 증대시켜 114HP, 노즐1개 압력 35N의 VnW System장비 개발</td></tr>
<tr><td>2011년
Power Blasting
장치개발</td><td>▷Power Blasting을 제작하여 기존의 VnW System에 장착하여 사용함으로써 별도의 파워팩 및 보조장치 배제
▷부분단면보수 전용 워터블라스팅 개발
<table><tr><th rowspan="2">장 비</th><th colspan="6">장비제원</th></tr><tr><th>펌프압 (bar)</th><th>유량 (L/분)</th><th>노즐수</th><th>노즐 직경 (mm)</th><th>노즐 압력 (N)</th><th>호스압 (HP)</th></tr><tr><td>RPCC</td><td>500</td><td>48</td><td>총12</td><td>0.79</td><td>-</td><td>54</td></tr><tr><td>VnW Blasting</td><td>1,400</td><td>49</td><td>총8구</td><td>0.55</td><td>53</td><td>114</td></tr><tr><td>Power Blasting</td><td>1,400</td><td>49</td><td>3구</td><td>0.85</td><td>143</td><td>114</td></tr></table></td></tr>
</table>

3.2 구조적 접근방법에 의한 검토 내용

□ 본 기술개발에서는 구조적 접근방법에 의한 검토를 위해 설계, 시공 및 유지관리 단계별로 기술내용을 검토하였다. 본 기술은 교통하중이 직접 작용하는 포장이므로 공용 중 발생할 수 있는 안정성을 위해 설계요소를 반영하여 콘크리트 강도나 포장두께를 결정하는 각종 포장설계법에 의해 결정되어야 한다.

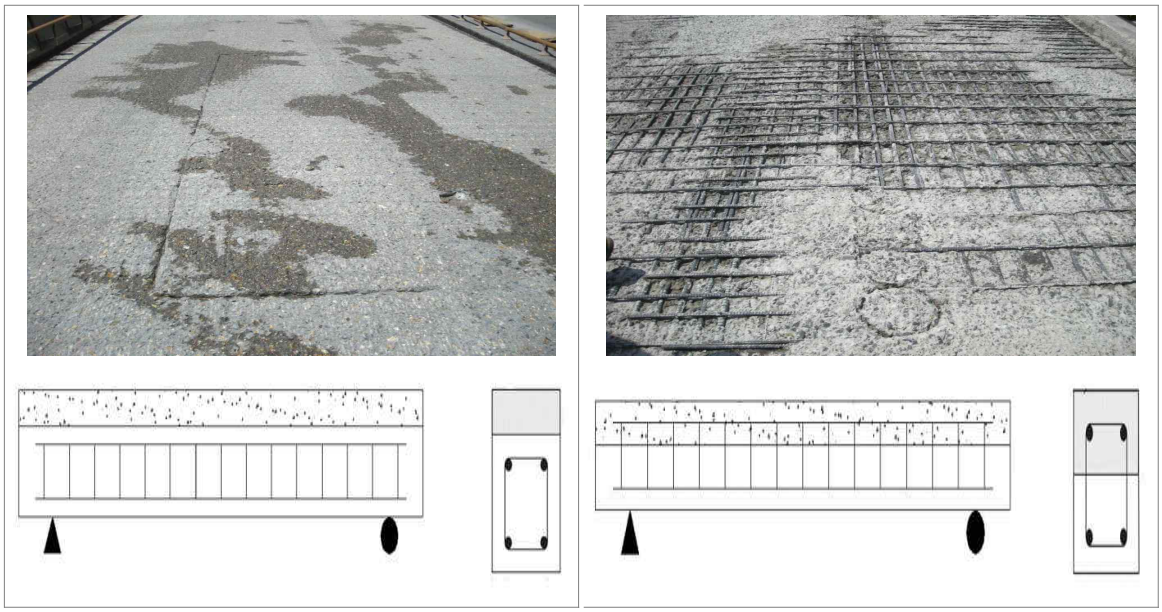
(1) 설계 단계의 검토

□ 본 연구기술은 기존 기술과 달리 설계단계에서부터 보수대상 구조물의 손상 정도 및 보수부위에 맞추어 최적화된 공정을 제공함으로써 작업효율, 시공성 및 경제성을 모두 확보할 수 있는 건설기술이다. 즉, 보수대상 구조물에 대한 사전평가로 보수방법이 결정되었을 경우 도로포장 보수 구조물을 교면재포장과 콘크리트포장 보수공사로 구분하며 각각의 보수조건에 따라 투입장비를 달리함으로써 공정을 단순화하고 일일 작업량을 크게 향상시킴으로써 보다 효과적인 보수공법을 제공함과 동시에 이를 통해 구조안정성에 기여할 수 있게 된다.

□ 본 연구기술은 재령 1일에 2.0MPa 이상의 높은 부착력으로 기존 콘크리트와 일체 거동한다고 볼 수 있으며, 기존의 열화된 콘크리트나 아스콘 교면포장 등은 구조적 역할을 수행할 수 없으나 연구기술을 이용한 보수 및 재포장 시 열화부 제거 후 연구기술을 적용함으로써 단면증대를 통한 구조적 보강효과를 기대할 수 있다. 또한 노후화 또는 열화로 인한 철근부식과 내하력이 부족한 교량의 경우 철근을 추가 배근함으로써, 교량의 내하력 회복 및 증진효과도 기대할 수 있다.

<표 20. 설계단계에서의 보수대상 구조물 특성에 따른 연구기술 설계>

설계조건	손상율 2~10%	손상율 10~20%	손상율 20%이상	비고
구조물 상태	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함 발생	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수.보강 필요	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전 위험	한국도로공사
설계 시 유의사항	열화부 콘크리트 제거 후 콘크리트에 대한 패칭보수 또는 부분 보수 실시 후, 교면재포장	손상부 콘크리트 제거 후 콘크리트계열의 덧씌우기 실시		한국도로공사
설계적용 사용재료	SMAT-CON	SMAT-CON	SMAT-CON	개발기술



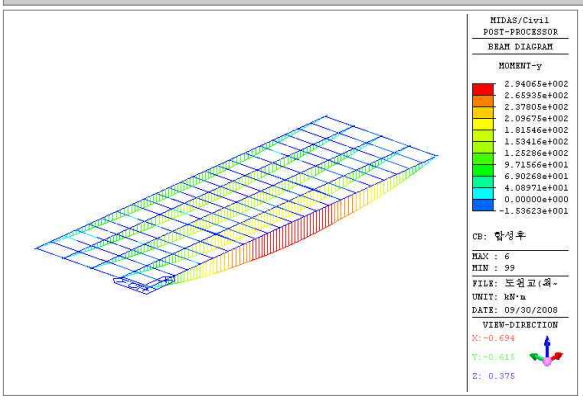
(a)건전한 교량 바닥판 절삭 덧씌우기 개념도 | (b)열화된 교량 바닥판 절삭 덧씌우기 개념도

<표 21. 열화부 제거 후 단면증대를 통한 구조적 보강효과>

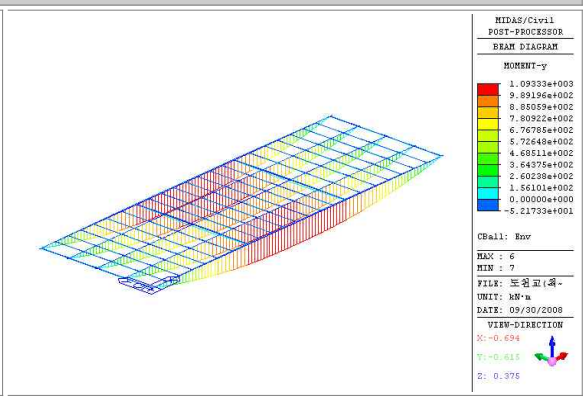




<철근량 또는 내하력이 부족한 경우 철근을 배근하여 철근량 및 내하력 회복>



(a) 고정하중에 대한 휨모멘트도



(b) 설계활하중에 대한 휨모멘트도

<표 22. 보수 및 재포장 후 하중에 대한 구조적 안정성 검토>

(2) 시공 단계의 검토

□ 본 연구기술은 구조적 안정성을 확보하기 위해서 시공단계별로 전문시방서에 자세한 시공방안을 적시하고 있다. 연구기술의 시방내용과 이를 통한 구조적 안정성과의 상관성은 다음과 같다.

<표 23. 시공단계에서의 연구기술 구조적 안정성>

시공단계	구조적 안정성
1차 절삭	▷시공단계에서 보수대상구조물의 상부면은 절삭장비(상온 절삭기 또는 워터제트)를 사용하여 설계도서에 규정된 깊이까지 완전히 제거하여 부착저해 요소 및 이물질을 제거하여 일체화 거동을 확보함
VnW System & Power Blasting	▷철근 상부의 콘크리트 절삭은 현장조건 및 절삭능률을 감안하여 상온절삭기, 워터제트, VnW 차량, 이동식 파워블라스팅, 핸드 브레이커 등의 장비를 사용하여 절삭하며 이때 열화 된 콘크리트를 완전하게 제거하여야 하며 절삭 깊이는 최소 10㎜ 이상으로 하여 노출된 건전부와 연구기술과의 부착력 향상을 도모하여 일체화 거동을 확보함
포설	▷연구기술의 조기강도, 부착성능, 방수 및 동결융해 저항성능 등을 충분히 발휘하기 위해서는 이동식 콘크리트 믹서인 모빌믹서를 이용하여 현장에서 연속적으로 생산하여 제품의 균일성을 확보하여 시공 시 안정성을 확보함
양생	▷포설마무리 후 즉시 양생제를 살포(사용량은 1.5ℓ/㎡(원액농도 0.105kg/㎡) 이상)하여 초기 소성수축 및 건조수축에 의한 균열발생을 억제함으로써 구조적 안정성을 확보함
교통개방	▷교통개방 시간은 포설 마무리 후 최소 3시간 이상 양생한 후, 압축강도 21MPa이상 발현되어야 개방하여 외부하중에 대한 저항성을 통해 구조적 안정성을 확보함
시공 시 주요 품질관리	▷신구 콘크리트 포장의 접착강도는 충분한 양생이 완료된 후 직접인장시험방법에 의한 실험 결과 1.4MPa이상 확보하여 일체화 거동을 확보함 ▷7.6m 프로파일미터를 사용하여 평탄성을 점검하여 PrI 값이 160mm/㎞ 이하를 유지하여 소요의 평탄성을 확보

□ 노면파쇄기를 이용한 1차 절삭 후 VnW System을 적용하면 요철(凹凸)의 형성에 따른 비표면적 증가로 부착력이 향상되며, 이로 인하여 연구기술과 기존 콘크리트의 일체화 거동을 기대할 수 있다.



(a) 노면파쇄기 1차 절삭 후 노면 전경 (b) VnW Blasting 적용 후 노면 전경

<그림 14. VnW System 적용에 따른 노면의 전 · 후 전경>

(3) 유지관리 단계의 검토

□ 본 연구기술은 기존기술보다 초기압축강도 및 휨강도의 고강도 발현으로 외부하중에 대한 저항성이 증대되고 유지보수 후 기존 구조물과의 일체화 거동에 필요한 부착강도 증대로 들뜸, 파손 우려가 저하되며 매우 높은 염분침투저항성으로 보수재 열화 및 기존구조물 열화재발을 방지하여 유지관리단계에서 보다 안정적인 상태를 유지하게 된다. 또한. 동결융해 저항성 증대로 균열, 조기파손 억제와 우수한 표면박리저항성으로 보수 후 박리, 탈리 등의 우려 저감 및 제설제 저항성 증대로 공용기간 증대에서도 구조적인 안정성을 유지하게 된다.

□ 또한, 초기재령부터 장기재령까지 보수재의 균열저항성 확인으로 유지관리가 용이하며 매우 낮은 건조수축량으로 보수재 자체의 균열발생 가능성 저감으로 하자발생이 억제됨과 동시에 고강도 대비 낮은 탄성계수로 기존 구조물의 구조적 안정성에 기여 및 보강효과 가능한 특성을 지니고 있다.

□ 특히, 연구기술의 주요특성인 불투수에 가까운 재료적 성능은 보수 및 재포장 후 외부환경요인에 의한 부착력 저하, 동결융해, 염화물 침투로 인한 철근 부식을 미연에 방지함으로써, 내구성뿐만 아니라 공용수명 증진을 기대할 수 있다.

□ VnW Blasting의 적용으로 부착력 증진뿐만 아니라 열화부 제거가 가능하며, Power Blasting 적용 시 국부적인 열화부위도 효율적으로 제거함으로써, 화재로 인한 중성화 및 기능상실구간에 대하여 보다 안정적으로 적용가능하다.

(4) 기타 구조적 안정성 검토

□ 전기로 산화 슬래그를 치환한 교면재포장의 강도특성은 매우 우수한 것으로 평가되었으나 단위중량이 기존 콘크리트 대비 약 18% 증대되는 것으로 측정되어 기존 구조물에 적용 시 구조적 거동에 영향유무에 대한 검토가 요구되는 것으로 평가되었다. 따라서, 본 연구에서는 단위중량 실측치를 이용하여 단위중량을 상향 조정, 실제 교량의 교면재포장 적용 시 교량 상부 구조물에 미치는 영향을 가장 대표적으로 적용되고 있는 4가지 형식의 교량을 선정하여 검토하였다.

□ 실제 원설계에 반영된 교량의 교면포장은 단위중량 23kN/㎥의 아스팔트콘크리트포장재료였으며 이에 대한 구조해석자료와 교면재포장 시 기존 교량 상부 슬래브의 일부를 제거하고 재포설되는 VES-LMC공법의 특성을 고려하여 포장두께를 원설계보다 2cm 증가시킨 10cm조건과 전기로 산화 슬래그로 치환시킬 경우 증가되는 단위중량 2.7kN/㎥에 대한 단면력 및 안전율 변화를 구조해석하였다.

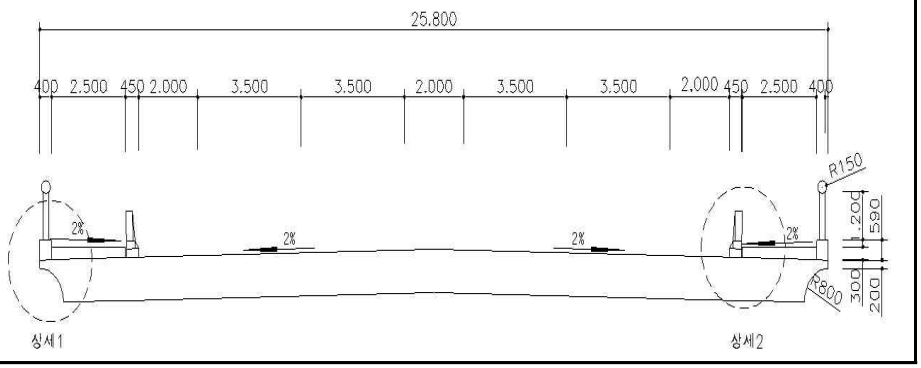
① RC 슬래브교

□ 12m 단경간 RC 슬래브교의 설계내용으로, 포장두께를 8cm에서 10cm로 조정하고 포장단위중량은 VES-LMC공법은 23KN/㎥, 잔골재를 전기로 산화슬래그로 치환한 경우 27KN/㎥으로 상향조정한 것을 비교 및 검토하였다.

□ 단면력 영향 검토를 살펴보면 포장하중, 고정하중 및 단면력이 포장두께 8cm, 교면포장 단위중량 23KN/㎥인 원설계 대비하여 포장두께 10cm로 증가된 VES-LMC 교면포장의 경우 1.3%, 잔골재를 전기로 산화슬래그로 치환했을 경우 2.4% 증가함을 보인다. 또한, 설계단면력을 검토한 결과 설계하중 조합상 고정하중의 증가계수가 활하중 증가계수보다 상대적으로 적으므로 원설계와 설계안전율을 비교한 결과, VES-LMC 공법인 경우 1.0%, 잔골재를 전기로 산화슬래그로 치환했을 경우 1.7%정도 안전율이 감소하는 것으로 해석되었다.

□ 검토결과 기 설계된 교량에 주어진 조건으로 포장두께 및 단위중량이 약 18%정도 상향조정 되더라도 교량의 안전율 감소량은 2% 미만이므로, 구조적으로 안전한 것으로 판단되었다.

<표 24. RC 슬래브교의 제원 및 설계단면가정>

구분	연장	폭원	교량등급	사각	fc	fy
교량제원	12m	25.8m	1등교	0°	27MPa	400MPa
설계단면 가정						

<표 25. RC 슬래브교 고정하중 및 단면력 영향검토 결과>

구 분		포장하중	고정하중	단면력	단면력 증가율
원설계	t=8cm Wc=23 kN/㎥	36.9 kN/m	707.0 kN/m	525.8 kN・m	-
VES-LMC	t=10cm Wc=23 kN/㎥	46.2 kN/m	716.2 kN/m	532.7 kN・m	1.3%
SMAT-CON	t=10cm Wc=27 kN/㎥	54.2 kN/m	724.3 kN/m	538.7 kN・m	2.4%

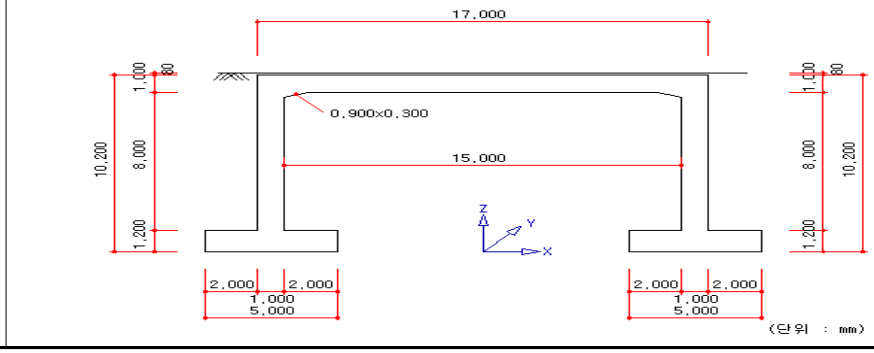
<표 26. RC 슬래브교 단면력에 의한 안전율 검토결과>

구 분		설계단면력 Mu	설계강도 ΦMn	안전율 (ΦMn/Mu)	안전율 감소량
원설계	t=8cm Wc=23 kN/㎥	1337 kN・m/m	1959 kN・m/m	1.465	-
VES-LMC	t=10cm Wc=23 kN/㎥	1346 kN・m/m	1959 kN・m/m	1.455	1.0%
SMAT-CON	t=10cm Wc=27 kN/㎥	1353 kN・m/m	1959 kN・m/m	1.448	1.7%

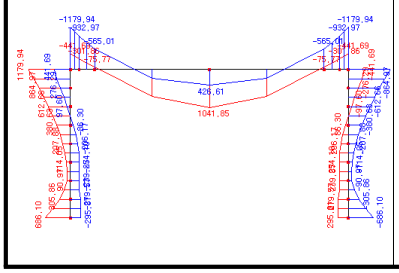
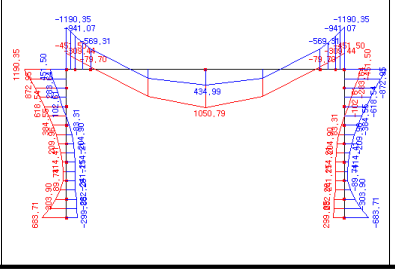
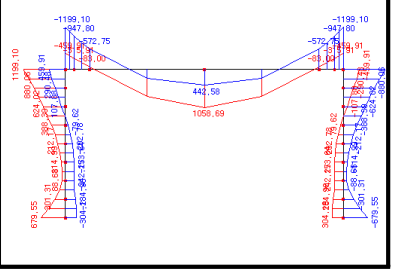
② RC 라멘교

□ 15m 단경간 RC라멘교의 원설계 내용으로 포장두께를 10cm로 조정하고 포장단위중량은 VES-LMC공법은 23KN/㎥, 잔골재를 전기로 산화슬래그로 치환한 경우 27KN/㎥으로 상향조정하여 구조해석을 실시하여 설계단면력을 원설계와의 단면력과 비교하여 안전율을 비교한 결과, 포장두께가 8cm에서 10cm로 증가되어 재포장되는 VES-LMC의 경우 1.2%, 잔골재를 전기로 산화슬래그로 치환했을 경우 2.2%정도 안전율이 감소하였다. 검토결과 기 설계된 교량에 주어진 조건으로 포장두께 및 단위중량이 상향조정 되더라도 교량의 안전율은 약 2% 정도 감소되었으나, 전체적인 안전율 측면에서는 안전율 감소량이 매우 미소하여, 구조적으로 안전한 것으로 판단되었다.

<표 27. RC 라멘교의 제원 및 설계단면가정>

구 분	연장	폭원	교량등급	사각	fc	fy
교량제원	15m	10.7m	1등교	0°	27MPa	400MPa
설계단면 가정						

<표 28. 상시 계수하중 최대시 단면력도 비교>

원 설 계	포장 10cm 및 단위중량 23 kN	포장 10cm 및 단위중량 27 kN
		

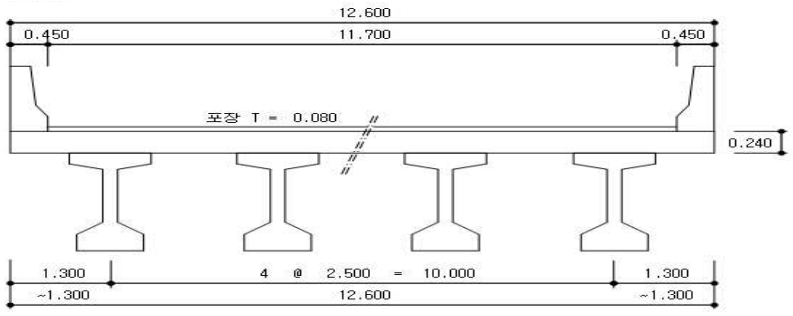
<표 29. RC 라멘교 상부슬래그 설계단면력 및 안전율 영향검토>

구 분		설계단면력, Mu (kN · m)		설계강도, ΦMn (kN · m)		안전율 (ΦMn/Mu)	안전율 감소량
		단부	중앙	단부	중앙		
원설계	t=8cm Wc=23 kN/㎥	1180	1042	1633	1564	1.384	-
VES-LMC	t=10cm Wc=23 kN/㎥	1190	1051	1633	1564	1.372	1.2%
SMAT-CON	t=10cm Wc=27 kN/㎥	1199	1059	1633	1564	1.362	2.2%

③ PSC Beam교

□ PSC Beam교의 설계 내용으로 30m PSC Beam교에 대한 포장두께 및 교면포장체 단위중량 증가에 따른 구조해석을 실시하기 위한 설계자료이며 단면력 영향검토를 살펴보면, 포장하중, 고정하중 및 단면력이 원설계 대비하여 VES-LMC의 경우 2.2%, 잔골재를 전기로 산화슬래그로 치환했을 경우 2.8% 증가함을 보인다. 바닥판에 대한 설계단면력 변화를 원설계 단면력과 안전율을 비교한 결과, VES-LMC 공법의 경우 1.6%, 잔골재를 전기로 산화슬래그로 치환했을 경우 1.7%정도 안전율이 감소하나, 구조적으로 문제점은 없을 것으로 판단되었다.

<표 30. PSC Beam교 제원 및 설계단면가정>

구 분	연장	폭원	교량등급	사각	fc	fy
교량제원	30m	12.6m	1등교	0°	27MPa	400MPa
설계단면 가정						

<표 31. PSC Beam교 고정하중 및 단면력 영향검토 결과>

구 분		포장하중	고정하중	단면력	증가율
원설계	t=8cm Wc=23 kN/㎥	0.920 kN/m	14.985 kN	9.277 kN・m	-
VES-LMC	t=10cm Wc=23 kN/㎥	1.150 kN/m	15.425 kN	9.484 kN・m	2.2%
SMAT-CON	t=10cm Wc=27 kN/㎥	1.350 kN/m	15.625 kN	9.534 kN・m	2.8%

<표 32. PSC Beam교 설계단면력 및 안전율 영향검토>

구 분		설계단면력, Mu (kN・m)	설계강도, ΦMn (kN・m)	안전율 (ΦMn/Mu)	안전율 감소량
원설계	t=8cm Wc=23 kN/㎥	69.780	91.720	1.314	-
VES-LMC	t=10cm Wc=23 kN/㎥	70.655	91.720	1.298	1.6%
SMAT-CON	t=10cm Wc=27 kN/㎥	70.720	91.720	1.297	1.7%

④ Steel Box Girder교

□ Steel Box girder교의 원설계 내용으로 2@45=90m Steel Box Girder교의 포장두께를 10cm로 조정하고, 포장단위중량을 VES-LMC공법은 23KN/㎥, 잔골재를 전기로 산화슬래그로 치환한 경우 27KN/㎥으로 상향조정한 것을 비교 및 검토하였다. 바닥판의 설계단면력을 원설계 단면력과 안전율을 비교한 결과 VES-LMC 공법의 경우 1.2%, 잔골재를 전기로 산화슬래그로 치환했을 경우 1.4%정도 안전율이 감소하였다.

□ 주형 응력검토결과 VES-LMC 공법의 경우 상연응력이 최대 2.5%, 하연응력이 최대 1.5% 감소하였으며, 잔골재를 전기로 산화슬래그로 치환했을 경우 상연응력 최대 3.2%, 하연응력이 최대 2.1% 안전율이 감소하였다. 안전율 자체는 125% 이상을 확보하고 있으므로 구조적 문제점은 없는 것으로 해석되었다.

<표 33. Steel Box Girder교 제원>

연장	폭원	교량등급	사각	fc	fy
90m	12.455m	1등교	0°	27MPa	400MPa

<표 34. Steel Box Girder교 바닥판 영향검토 결과>

구 분		설계단면력, Mu (kN · m)	설계강도, ΦMn (kN · m)	안전율 (ΦMn/Mu)	안전율 감소량
원설계	t=8cm Wc=23 kN/㎥	83.480	116.77	1.399	-
VES-LMC	t=10cm Wc=23 kN/㎥	84.196	116.77	1.387	1.2%
SMAT-CON	t=10cm Wc=27 kN/㎥	84.294	116.77	1.385	1.4%

<표 35 Steel Box Girder교 주향 응력 영향검토(최대부모멘트 단면)>

구 분		상연응력(MPa)				하연응력(MPa)			
		발생	허용	안전율 (ΦMn/Mu)	안전율 감소량	발생	허용	안전율 (ΦMn/Mu)	안전율 감소량
원설계	t=8cm Wc=23 kN/㎥	138.8	190	1.369	-	172.1	218	1.267	-
VES-LMC	t=10cm Wc=23 kN/㎥	141.4	190	1.344	2.5%	174.1	218	1.252	1.5%
SMAT -CON	t=10cm Wc=27 kN/㎥	142.1	190	1.337	3.2%	174.9	218	1.246	2.1%

⑤ 구조적 안정성 검토 결과

□ 본 연구에서는 잔골재를 전기로 산화슬래그로 치환한 고강도 콘크리트 교면포장의 사하중 증가에 대한 영향을 검토하기 위하여 현재 교면포장에서 널리 적용되고 있는 VES-LMC공법과 비교분석하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

□ 콘크리트용 잔골재 기준에 맞는 전기로 산화 슬래그를 이용하여 초속경 라텍스개질콘크리트를 제조할 경우, 슬래그로 인한 유동성 증가로 인한 물시멘트비저하, 높은 실적율과 밀도영향으로 시멘트량의 저감 등을 효과를 얻을 수 있었으며 강도특성에서도 기존의 초속경콘크리트보다 압축강도, 휨강도, 부착강도 모두 우수한 강도발현을 나타내어 전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능 콘크리트 제조가 가능한 것으로 판단되었다.

□ 전기로 산화 슬래그로 잔골재를 100% 치환할 경우, 슬래그 자체의 높은 단위중량으로 인하여 일반 콘크리트에 비하여 약 18%정도 단위중량이 증가하는 것으로 측정되었으며 이러한 콘크리트 단위중량 증가에 대한 구조물 단면력 변화의 영향을 분석한 결과, 10cm로 포설된 교면포장의 경우 포장하중 증가에 따른 전체 고정하중은 약 1~2% 이내로 증가하는 것으로 해석되었다.

□ 사하중 증가에 따른 하중조합에 의한 부재력(설계모멘트)은 포장두께 10cm 및 단위중량 27kN/㎥ 조건에서 약 2% 이내로 증가되었으며 교면포장하중 증가에 따른 대상구조물의 단면검토를 수행한 결과, 단면 안전율(허용응력/발생응력)이 약 3% 이내로 감소하는 것으로 나타났으나 기 설계된 구조물이 충분한 설계 안전율을 확보하고 있는 상태이며, 포장하중 증가에 의해 단면 안전율 감소량이 매우 미소하여 전기로 산화 슬래그를 이용한 보수재의 교면포장 적용 시 단위중량 증가로 인해 구조물의 구조적 안전성에는 영향을 미치지 않을 것으로 판단되었다.

(5) 생애주기비용 분석

□ 본 연구기술의 유지관리비용에 대하여 구조물의 생애주기 전반의 원가절감 측면을 고려한 생애주기비용(Life Cycle Cost : LCC)분석을 실시하였다. 시설물의 실질적인 경제성을 검토하기 위해서는 초기투자비용인 계획, 설계 및 시공비용뿐만 아니라 유지보수 및 교체, 폐기에 이르기까지의 소요되는 모든 비용을 고려하였으며 초기공사비와 유지관리비 등 도로를 관리하는 관리주체가 부담하는 직접비용뿐만 아니라 보수 및 재포장 공사시 교통을 전면 또는 일부 통제함으로 인한 지체효과를 고려한 사용자비용을 산출하고, 기존 공법과의 정량적이고 객관적인 비교를 통해 실질적인 LCC 분석을 실시하여 총 생애주기비용의 절감과 유지관리의 우수성을 검증하였다.

□ LCC분석은 연구기술과 기존기술(건설신기술 제427호 VES-LMC), 일반LMC와 아스콘포장을 비교 대상으로 하였고 노선별로 두 가지로 분류하여 분석을 실시하였다. 분석기간을 23년을 기준으로 함에 따라 보수 및 재포장에 따른 잔존가치는 발생하지 않는 것으로 가정하였다. Case-1분석은 교통량이 많은 출퇴근시간대를 피하여 차량이 적은 시간동안 8~10시간 동안 차단하여 공사를 진행하였을 경우를 나타내며, 대전-천안구간의 경부선과 안산-신갈구간의 영동선(1), 중부선의 오법-하남의 3구간을 선정하였으며, Case-2는 교통량이 적어 주·야간동안 24시간을 교통차단 할 수 있는 구간인 서해안선, 영동선(2), 중앙선의 3개구간을 선택하여 분석하였다.

□ Case-1의 LCC분석결과 전 노선에서 연구기술이 경제적으로 가장 우수한 것으로 분석되었으며, 노선별로 살펴보면 경부선에서는 기존기술에 비하여 12%의 절감효과가 있으며, 아스팔트포장과 비교하여서는 최대 122% LCC절감효과가 있는 것으로 나타났다.

□ 교통량이 적은 구간에 대한 Case-2의 LCC분석결과 또한 전 노선에서 연구기술, 기존기술, 아스콘포장, 일반LMC의 순으로 경제적으로 우수한 것으로 분석되었다. 연구기술은 일반LMC와 아스콘포장에 비하여는 100%이상의 경제적 우수성을 확보하였으며. 도로이용자 측면에서 보수 및 재포장 공사일수가 짧아 교통지체가 적고 그에 따른 추가비용부담이 감소되는 연구기술이 기술적·경제적 측면에서 우수한 것으로 나타나며 교량의 통행량이 많을수록 경제적으로 더 유리한 것으로 나타났다.

<표 36. LCC 산정결과, 단위 : 백만원, %)>

구 분			분석Case-1			분석Case-2		
			경부선	영동선(1)	중부선	서해안선	영동선(2)	중앙선
개발기술 SMAT-CON	초기공사비		933.04	571.86	571.86	394.35	394.35	394.35
	유지관리비	보수비	47.42	29.06	29.06	29.06	29.06	29.06
		재포장비	360.18	220.76	220.76	171.43	171.43	171.43
	사용자비용		1,715.91	1,887.27	1,023.46	579.08	247.87	121.81
	LCC결과		**3,056.55**	**2,708.95**	**1,845.14**	**1,173.93**	**842.73**	**716.67**
	대비(%)		**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**
기존기술 (VES-LMC)	초기공사비		1,327.30	813.51	813.51	584.09	584.09	584.09
	유지관리비	보수비	47.42	29.06	29.06	29.06	29.06	29.06
		재포장비	360.18	220.76	220.76	171.43	171.43	171.43
	사용자비용		1,715.91	1,887.27	1,023.46	579.08	247.87	121.81
	LCC결과		**3,450.81**	**2,950.60**	**2,086.79**	**1,363.67**	**1,032.47**	**906.41**
	대비(%)		**112**	**108**	**113**	**116**	**122**	**126**
기존기술 (LMC)	초기공사비		신설교면포장재로 교통량이 많은 노선에 적용에 대해서는 해당사항없음			461.09	461.09	461.09
	유지관리비	보수비				29.06	29.06	29.06
		재포장비				115.37	115.37	115.37
	사용자비용					2,750.64	1,177.41	578.63
	LCC결과					**3,356.17**	**1,782.94**	**1,184.16**
	대비(%)					**285**	**211**	**165**
아스콘포장	초기공사비		312.48	191.52	191.52	191.52	191.52	191.52
	유지관리비	보수비	258.73	158.57	158.57	158.57	158.57	158.57
		재포장비	615.23	377.08	377.08	377.07	377.07	377.07
	사용자비용		3,857.74	5,303.75	2,876.21	2,278.33	975.24	479.27
	LCC결과		**5,044.18**	**6,030.92**	**3,603.38**	**3,005.50**	**1,702.41**	**1,206.45**
	대비(%)		**165**	**222**	**195**	**256**	**202**	**168**

*경부선 물량 : 7,440㎡(편도4차로), 기타 구간 : 4,560㎡(편도2차로)

3.3 연구내용 및 결과

<표 37. 연차별 주요 연구내용 및 결과>

연 차	연구 내용	연구 결과
1차 년도 연구 기간 8개월	**<전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능 콘크리트 개발>** ▪ 한국도로공사 품질기준에 만족하는 고성능 콘크리트개발 ▪ 기존기술대비 단위시멘트량 20% 절감 ▪ 기존기술대비 라텍스첨가량 30%이상 절감 ▪ 구상형 전기로산화슬래그를 이용한 고성능콘크리트 최적배합도출	▪ 한국도로공사 품질기준에 만족하는 고성능 콘크리트개발 완료 ▪ 기존기술대비 단위시멘트량 20% 절감 실현(360kg/㎥→300kg/㎥) ▪ 기존기술대비 라텍스첨가량 55%이상 절감(115kg/㎥→51kg/㎥) ▪ 구상형 전기로산화슬래그를 이용한 고성능콘크리트 최적배합도출
	<부분단면 보수 전용 콘크리트 칩핑용 장치 개발> ▪ 보유기술인 전단면 콘크리트 노면 칩핑용 차량에 절삭깊이 1m, 절삭폭 60cm 수준의 부분단면 콘크리트 노면 칩핑장비 장착	▪ 보유기술인 전단면 콘크리트 노면 칩핑용 차량에 절삭깊이 1m, 절삭폭 60cm 수준의 부분단면 콘크리트 노면 칩핑장비인 Power Blasting제작완료
	<시공현장조사 및 평가> ▪ 현장적용성 평가를 위한 시험시공 실시 ▪ 시험시공 시 물성평가 및 문제점 도출 ▪ 문제점 해결 및 경제성 분석 ▪ 기존 보수공사 대비 20%이상 공사비 절감 ▪ 학술발표 및 학회논문제출 ▪ 홍보물 제작을 통한 공법 홍보	▪ 의왕시 부곡과선교 현장적용성 평가를 위한 시험시공 실시완료 ▪ 강원도도로관리사업소 관내 국지도 70호선 시공 시 물성평가 및 문제점 도출 ▪ 강원도도로관리사업소 관내 풀무2교시공 시 물성평가 및 문제점 도출 ▪ 기존 보수공사 대비 40%이상 공사비 절감 실현 ▪ 학술발표 2건 및 학회논문 1건 제출 ▪ 홍보물 제작을 통한 공법 홍보 ▪ 녹색기술 인증 제GT-12-00030호
2차 년도 연구 기간 4개월	**<건설신기술 인증>** ▪ 연구결과를 이용한 건설신기술 지정	▪ 건설신기술 제665호 지정
	<상용화> ▪ 기술검증 및 홍보를 위한 연구결과 대외 홍보활동 강화 ▪ 한국도로공사, 국토해양부 관리 산하 교량에 적용	▪ 학술발표회 논문 3건 ▪ 녹색기술대전 홍보부스 마련 ▪ 한국도로공사 명도2교 적용

(1) 전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능 콘크리트의 개발

① 개발과정 및 평가방법

□ 한국도로공사에서는 2010년 무분별한 콘크리트포장 보수재의 적용에 따른 유지보수비용의 증대 및 사용자 불편 증가를 억제하기 위하여 국내 수준에 적합한 단면보수재 품질기준을 수립하였다.

□ 따라서, 본 연구에서 추가로 개발하고자 하는 콘크리트포장 단면보수재를 사업화를 위해서는 반드시 한국도로공사에서 제시한 단면보수재 품질수준을 만족하여야 하므로 이를 성과지표로 설정하였다.

□ 콘크리트 배합설계는 좋은 콘크리트를 만들기 위한 각 재료의 최적의 비율 또는 사용량을 결정하는 단계를 말한다. 콘크리트 배합설계의 원칙은 충분한 소요의 강도, 기준에 적합한 내구성을 확보하면서 콘크리트의 생산시 작업에 적합한 범위내에서 단위수량 및 단위시멘트량을 최소화하고, 가능한 한 굵은골재의 최대치수를 크게하여야 한다. 특히 콘크리트 배합시 좋은 재료를 사용하는 것은 기본이지만 경제성을 확보하지 못한 콘크리트는 좋은 콘크리트라 할 수 없을 것이다. 일반적인 최적의 배합을 결정하기 위하여 초기단계로 재료선정 및 재료물성 산정과 배합강도, 굵은 골재의 최대치수, 강도와 내구성을 고려한 물-시멘트비, 목표 슬럼프 및 공기량의 결정단계를 거쳐 단위수량과 잔골재율을 결정하고, 시방배합의 산정 후 실험실 및 현장배합의 시험배치를 통한 배합의 수정단계를 거친다.

□ SMAT-CON의 최적배합을 결정하기 위하여 1단계인 예비실험단계에서는 기존의 VES-LMC배합을 기준으로 천연잔골재인 모래를 전기로산화슬래그 잔골재로의 치환율(50%, 100%)을 변화하였고, 본 실험단계인 2단계에서는 전기로산화슬래그 잔골재 100%치환율에 따른 굳지 않은 콘크리트의 컨시스턴시 확보를 위한 최적의 잔골재율을 산정하였다. 3단계에서는 내구성 및 경제성 확보를 위한 최적의 SB라텍스 혼입률을 선정하였고, 4단계에서는 전기로산화슬래그 치환율 100%, 잔골재율 47%조건에서 적정한 조기강도 발현과 내구성 확보를 위한 최적의 단위시멘트량을 선정하였으며, 5단계에서는 전단계까지의 결과를 통한 기존 VES-LMC와의 비교평가로 최적배합의

적정성여부를 판단하였다.

<표 38. 최적배합 도출을 위한 실험 절차>

구분	단계	내용	변수
예비 실험	STEP 1	전기로산화슬래그 잔골재의 최적혼입률 산정	치환율 : 0%, 50%, 100%
본실험	STEP 2	최적의 컨시스턴시 확보를 위한 잔골재율 결정	잔골재율 : 55%, 47%, 40%
	STEP 3	내구성 확보를 위한 최적의 라텍스 혼입률 산정	SB라텍스의 혼입률 : 단위시멘트량 대비 15%, 10%, 8%, 5%, 0%
	STEP 4	물성평가를 통한 최적의 단위시멘트량 결정	단위시멘트량 : 360kg/㎥, 330kg/㎥, 300kg/㎥, 260kg/㎥
	STEP 5	최적배합 결정을 위한 기존 VES-LMC와의 비교 평가	

□ 실내배합순서는 먼저 전기로산화슬래그와 굵은골재를 믹서에 투입하여 30초간 비빈 후 시멘트를 넣고 다시 30초간 건비빔을 실시한 후 라텍스와 물 및 소포제를 첨가한 후 최종 30초간 비빔을 실시하여 콘크리트를 배출하여 시험체를 제작하였다. 콘크리트 배합 후 시험편의제작은 실험방법에서 거론된 제규정에 준하여 제작된 시험체는 실내에서 기건양생을 실시하였다.

□ 표 39는 예비실험과 본 실험의 배합을 나타내는 표이다. 실험변수는 전기로산화슬래그의 치환율(0%, 50%, 100%), 잔골재율(40%, 47%, 55%), 라텍스 혼입률(단위시멘트 대비 0%, 5%, 8%, 10%, 15%), 단위시멘트량(360kg/㎥, 330kg/㎥, 300kg/㎥, 260kg/㎥)을 선정하였다.

<표 39. SMAT-CON 배합표>

Variables			W/B (%)	S/a (%)	Unit Weight(kg/m^3)					
					EAFS	Cement	Water	Latex	Sand	Gravel
Preliminary Mix	①	EAFS 0% Latex 15%	38	55	0	360	76	115	922	777
	②	EAFS 50% Latex 15%	38	55	589	360	90	115	422	989
	③	EAFS 100% Latex 15%	38	55	1,273	360	76	115	0	776
Optimum Mix	④	EAFS 100% Latex 15%	38	47	1,088	360	76	115	0	913
	⑤	EAFS 100% Latex 15%	38	40	923	360	76	115	0	1,034
	⑥	EAFS 100% Latex 10%	38	47	1,117	360	96	77	0	938
	⑦	EAFS 100% Latex 8%	38	47	1,129	360	61	61	0	948
	⑧	EAFS 100% Latex 5%	38	47	1,147	360	117	38	0	962
	⑨	EAFS 100% Latex 0%	38	47	1,156	360	137	0	0	978
	⑩	EAFS 100% Latex 10%	38	47	1,159	330	88	70	0	973
	⑪	EAFS 100% Latex 10%	38	47	1,200	300	80	64	0	1,008
	⑫	EAFS 100% Latex 10%	38	47	1,256	260	70	55	0	1,054
	⑬	EAFS 100% Latex 8%	38	47	1,170	330	96	56	0	981
	⑭	EAFS 100% Latex 8%	38	47	1,212	300	87	51	0	1,016
	⑮	EAFS 100% Latex 8%	38	47	1,264	260	75	44	0	1,061

② 최적배합산정을 위한 예비실험(Step 1)

□ 예비실험에서는 전기로산화슬래그의 잔골재 치환율에 따른 작업성 및 강도특성을 평가 하였다. 기초실험에서 기존 VES-LMC와 동일한 초기성능이 발현될 수 있는 조건을 기준으로 하여 치환율은 50%, 100%를 변수로 하였다. 산화슬래그의 잔골재 치환율 변화에 따른 공기량, 슬럼프 및 강도실험을 실시한 결과는 표 3.9와 같다.

□ 그림 15는 예비실험에서의 슬럼프와 공기량에 대한 결과값을 나타낸다. 기준배합(EAFS 0%)에서 슬럼프는 180mm이고 공기량은 4.0%로 측정되어 기준값 슬럼프 190±30mm와 목표공기량 4.5±1.5%를 모두 만족하였다. 그리고 EAFS 50%에서는 슬럼프는 220mm이고 공기량은 4.2%로 측정되어 기준값을 모두 만족하였으나, EAFS 100%에서는 슬럼프는 250mm이고 공기량은 4.5%로 측정되어 공기량은 기준값을 만족하였으나 슬럼프값은 크게 나타났다. 따라서 전기로산화슬래그 잔골재의 치환율 50% 조건에서는 기존 보수재 콘크리트와 유사한 성능을 발현하는 것으로 나타났고, 치환율 100%조건에서 고유동콘크리트의 형태를 나타내었으나 초기강도 발현에서 양호한 특성을 나타내 초기 컨시스턴시의 변화를 위해서 잔골재율의 변화에 대한 본 실험에서 추가 진행이 요구되었다.

□ 전기로산화슬래그로 치환된 콘크리트 예비배합에 대한 초기강도 측정값은 그림 16에서와 같이 기존의 VES-LMC는 초기 4시간 압축강도가 28MPa, EAFS 50%, EAFS 100%에서도 각각 31.5MPa, 27.2MPa 로 교통개방에 필요한 강도조건을 만족하고 있으며, 이러한 결과는 콘크리트 구성재료 중 부피를 가장 많이 차지하는 잔골재의 실적률이 70%에 이르러 높은 강도발현을 나타내는 것으로 판단된다.

□ 경화전 콘크리트의 특성에서 혼입률 100%에서 고유동의 성질을 나타냈고, 혼입률 50%에 비해 낮은 압축강도를 나타냈지만 휨강도는 큰 값을 나타냈다. 그러나 콘크리트용 전기로산화슬래그 잔골재를 100% 치환한 경우, 초기 4시간 압축강도는 35MPa 이상, 휨강도는 7.0MPa 이상의 매우 우수한 강도 발현 특성을 나타내었고, SMAT-CON은 주로 포장재료로 사용되어 휨강도가 큰 재료가 유리할 것으로 판단했으며 고유동의 성질은 잔골재율과 라텍스 혼입률 조정을 통하여 기준에 적합하도록 하였다. 특히 모래와 전기로산화슬래그를 복합적으로 사용할 경우 현장적용적인 측면에서도 불리할 뿐만 아니라, 경제성 또한 고려하여 판단하였다.

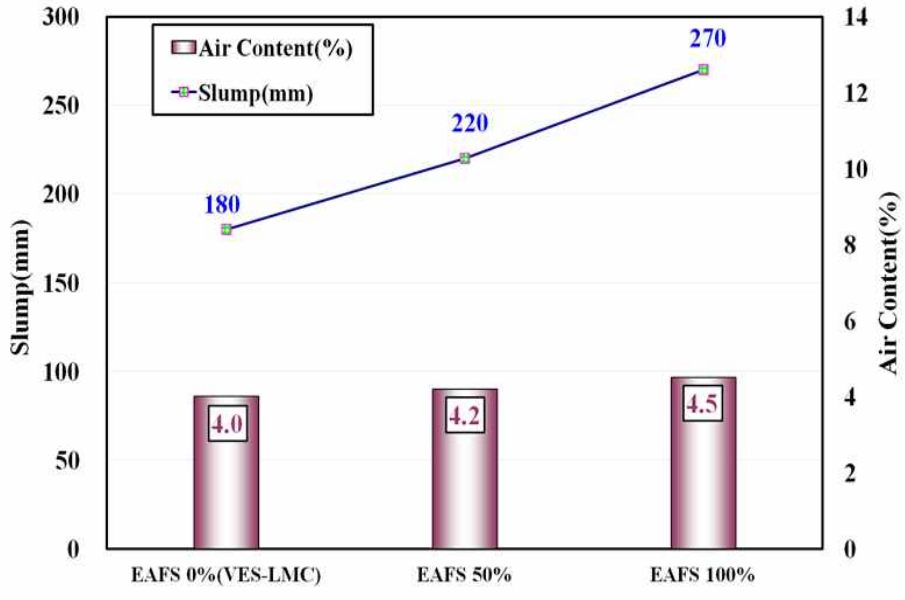
□ 예비실험을 통해 기존 VES-LMC의 천연잔골재인 모래를 전기로산화슬래그로 100%

치환하는 것으로 결정하였다.

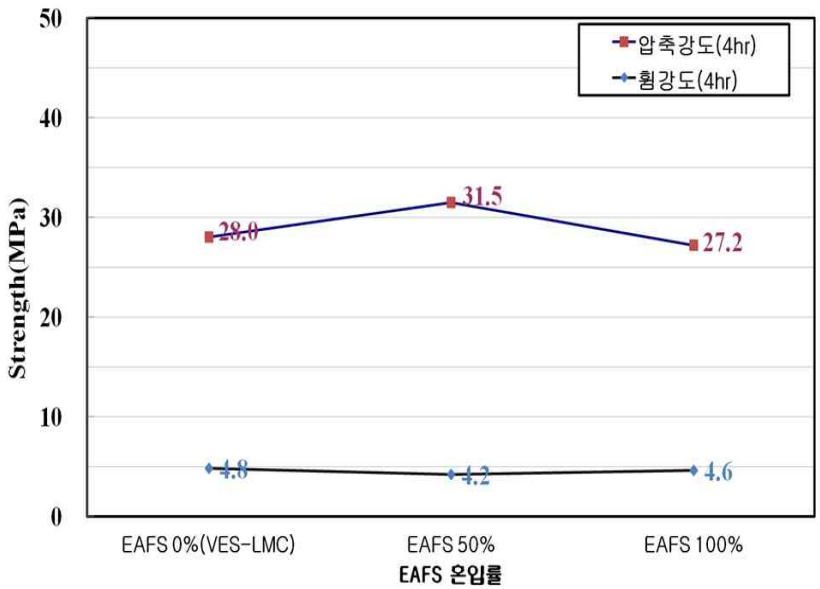
<표 40. EAFS 혼입률 변화에 따른 특성>

EAFS 혼입률		슬럼프 (mm)	공기량 (%)	압축강도(4hr) (MPa)	휨강도(4hr) (MPa)
①*	EAFS 0%	180	4.0	28.0	4.8
②*	EAFS 50%	220	4.2	31.5	4.2
③*	EAFS 100%	270	4.5	27.2	4.6

* SMAT-CON 배합표 번호임.



<그림 15. 슬럼프 및 공기량>



<그림 16. 재령4시간 압축강도 및 휨강도>

(2) 최적배합의 도출

① 최적의 컨시스턴시 확보를 위한 잔골재율 결정(STEP 2)

□ 예비실험 및 본실험의 결과를 통해 최적배합을 도출하고자 하였다. 잔골재를 전기로 산화슬래그로 100% 치환한 후 배합된 예비배합설계에 의한 콘크리트의 굳지 않은 상태에서의 특성을 살펴보면, 동일한 잔골재율 55%에서 전기로산화슬래그의 큰 밀도와 둥근 입형으로 인하여 38%의 물-시멘트비에서 과도한 작업성으로 인해 재료 분리 현상이 나타났다.

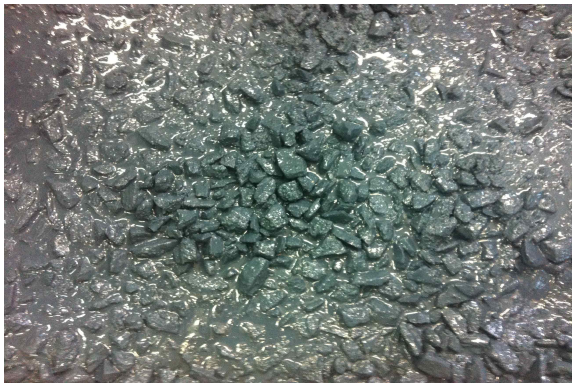
□ STEP 2에서는 잔골재율의 변화를 통하여 최적의 컨시스턴시를 확보하고자 하였다. 잔골재율은 기존 VES-LMC의 잔골재율 55%와 47%, 40%를 선정하여 최적의 값을 도출하였다. 구상형 전기로산화슬래그를 잔골재로 치환함으로써 낮은 물시멘트비 조건에서도 매우 높은 작업성을 나타내며, 잔골재의 높은 실적률에 의해 잔골재율을 낮출수 있었다. 굳지 않은 콘크리트의 특성을 보면 잔골재율 55%에서는 과다한 슬럼프에 의하여 재료분리 현상이 발생되었으며, 잔골재율 40%에서도 재료분리 현상이 발생되었고 공기량이 3.3%로 기준을 만족하지 못했다. 따라서 잔골재율 47%는 높은 슬럼프값에도 불구하고, 공기량 3.8%, 압축강도 28MPa로 강도특성의 기준을 만족하는 것으로 나타났다.

□ 초기 콘크리트 유동성에 크게 관여하는 라텍스량의 조절을 통하여 Step 3에서 초기 특성을 만족하고자 하였다. 표 41은 EAFS 혼입률에 따른 역학적 특징을 나타내며 그림 17, 18은 실험 시 발생된 재료분리와 과다한 슬럼프를 보여준다.

<표 41. EAFS 혼입률 변화에 따른 특성>

잔골재율(%)		Slump (mm)	Air Content (%)	압축강도(4hr) (MPa)	휨강도(4hr) (MPa)
③*	S/a 55%	과다	4.0	27.2	4.7
④*	S/a 47%	270	3.8	27.9	5.0
⑤*	S/a 40%	270	3.3	29.7	4.6

* SMAT-CON배합표 번호임.



<그림 17. 재료분리현상 발생>



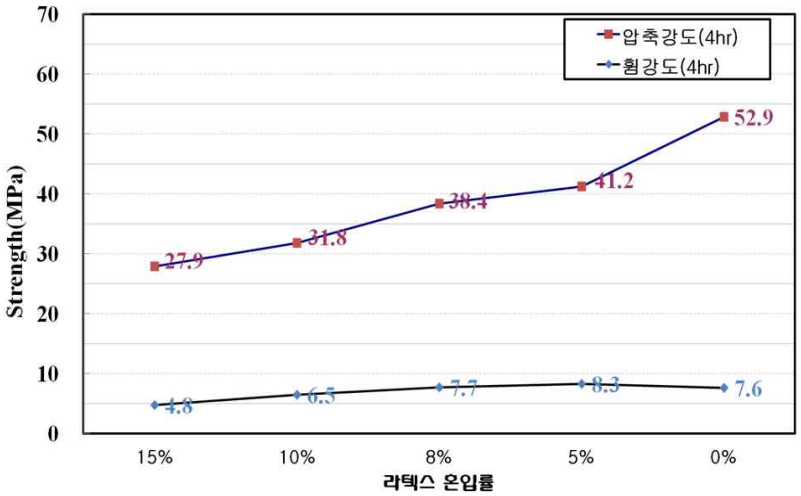
<그림 18. 과다한 슬럼프 현상>

② 내구성 확보를 위한 최적의 라텍스 혼입률 산정(STEP 3)

□ 잔골재율 결정과 스티렌-부타디엔이 55% 첨가된 SB라텍스의 혼입률 변화를 통한 물-시멘트비를 조절함으로써 초기 작업성 조절이 가능한 것으로 평가되었다. 그러나 라텍스 함량이 15%인 경우 낮은 물시멘트비 조건임에도 불구하고 과도한 작업성으로 인해 재료분리 현상이 나타나 적절한 작업성 확보를 위해서는 라텍스 함량의 저감이 요구되었다. 그러나 라텍스가 보유하고 있는 콘크리트의 내구성을 증진시키는 측면에서의 최소의 혼입률을 산정하였다.

□ STEP 3에서는 장기적인 내구성의 증진을 위한 라텍스 혼입률 산정단계로 단위시멘트량의 15%, 10%, 8%, 5%, 0%의 변수로 실험을 진행하였다. Step 2에서 15%인 경우에 과다한 슬럼프로 인하여 재료분리현상이 발생하였고, 10%, 8%의 경우에서도 큰 슬럼프를 나타냈다. 또한 5%, 0%에서도 묽은 반죽질기를 나타냈고 점성이 부족한 현상을 나타냈다. 특히 라텍스 혼입률이 0%일 경우 공기량이 부족함을 보였다. 압축강도의 경우는 혼입률이 15%일 경우 27.9MPa로 가장 낮았고 0%일 경우에 52.9MPa로 가장 큰 값을 나타냈다. 그리고 휨강도에 있어서는 4.5~8.3MPa로 소요기준을 모두 만족하였다. 따라서 본 단계에서는 굳지 않은 상태에서의 공기량과 압축강도와 휨강도의 강도발현 특성에서의 라텍스의 혼입률의 변동에도 크게 영향을 미치지 않는 것으로 판단하였다. 그러나 내구적인 측면에서의 최적의 라텍스 혼입률과 경제적인 측면을 고려한 최소의 혼입률을 감안하여 라텍스 혼입률을 8%와 10%로 결정하였다. 따라서 다음 단계에서는 2가지의 라텍스 혼입률과 단위시멘트량의 변화에 따른 최적의 배합을 찾고자 하였다. 그림 19는 라텍스 혼입율 변화에 따른 압축

강도와 휨강도의 특성을 나타낸다.



<그림 19. 라텍스 혼입률에 따른 강도 특성>

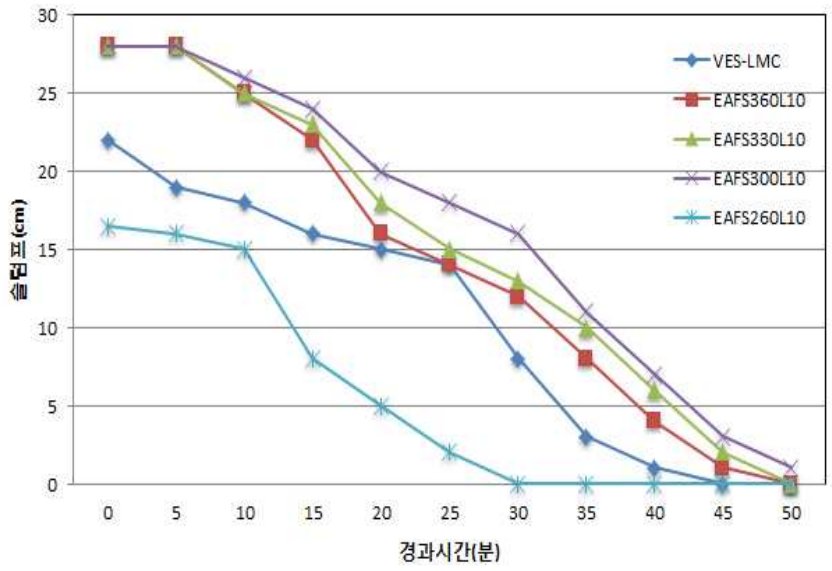
③ 물성실험을 통한 최적의 단위시멘트량 결정(STEP 4)

□ 본 단계에서는 10%와 8%의 2가지 라텍스 혼입률에 따라 최적의 단위시멘트량을 결정하고자 하였다. Step 3에서 결정된 라텍스 혼입률인 단위시멘트량의 10%와 8%의 변수을 사용하였고 단위시멘트량을 360kg/㎥, 330kg/㎥, 300kg/㎥, 260kg/㎥의 경우로 하여 실험을 진행하였다.

□ 기존의 단위시멘트량인 360kg/㎥, 330kg/㎥에서는 모든 경우에서 그리고 라텍스혼입률 10%인 조건에서 단위시멘트량이 330kg/㎥에서는 기존 단계에서 발생되었던 초기 컨시스턴시의 문제가 발생되었다. 높은 슬럼프에 의한 일부 조건에서 재료분리 현상이 발생되었다. 또한 단위시멘트량이 260kg/㎥으로 저감할 경우에도 라텍스 혼입률의 2가지 경우 모두에서 높은 강도발현을 확인할 수 있었으나 초기 컨시스턴시에서는 점착력 부족, 부서짐 현상, 성형성 부족이 나타났다.

□ 라텍스 혼입률 10%조건에서 단위시멘트량을 360kg/㎥, 330kg/㎥, 300kg/㎥, 260kg/㎥으로 저감시킨 전기로 산화 슬래그 잔골재 콘크리트의 슬럼프경시변화 측정결과, 초기 슬래그의 볼베어링 효과로 인해 고유동의 상태로 나타내고 있었으나 시간의 경과에 따라 슬럼프 감소현상을 뚜렷하게 나타내었으며 특히 단위시멘트량이 260kg/㎥을

제외한 모든조건에서 매우 완만한 슬럼프감소 현상을 나타내어 기존의 초속경시멘트를 사용한 콘크리트에서와 마찬가지로 지연제 효과가 정상적으로 발현됨을 알 수 있었다. 특히 단위시멘트량이 300kg/㎥조건에서는 가장 우수한 작업성 유지시간을 나타내었으며 단위시멘트량이 260kg/㎥은 낮은 초기 슬럼프로 인해 급격한 작업성 감소를 나타내었다. 그림 20은 단위시멘트량 변화에 따른 슬럼프 경시효과를 나타낸다.



<그림 20. 단위시멘트량 변화에 따른 슬럼프 경시효과>

□ 본 단계에서 단위시멘트량이 너무 낮을 경우 경제성에서는 뛰어날 수 있으나 장기적인 내구성의 문제가 발생될 수 있을 뿐만 아니라 현장적용 시 어려움이 나타날 것으로 판단되어 최소 단위시멘트량은 300kg/㎥로 결정하여 내구성에 대한 연구를 진행하여 최소한의 함량으로 최적배합을 결정하였다.

□ 표 42는 잔골재를 전기로산화슬래그로 100% 치환한 후 산정한 최적배합비로 기존의 VES-LMC와 비교하여 볼 때, 단위시멘트량 60kg/㎥와 단위라텍스량 51kg/㎥을 줄일 수 있는 특징을 가지고 있다. 이러한 단위시멘트량 저감 및 라텍스량 저감의 원인은 구상형 전기로산화슬래그를 잔골재로 치환함으로써 낮은 물시멘트비 조건에서도 매우 높은 작업성을 나타내며, 잔골재의 높은 실적률에 의해 결합재량을 매우 크게 절감시킬 수 있을 뿐만 아니라 충분한 소요의 강도와 내구성을 확보할 수 있었다.

<표 42. SMAT-CON 최적배합표>

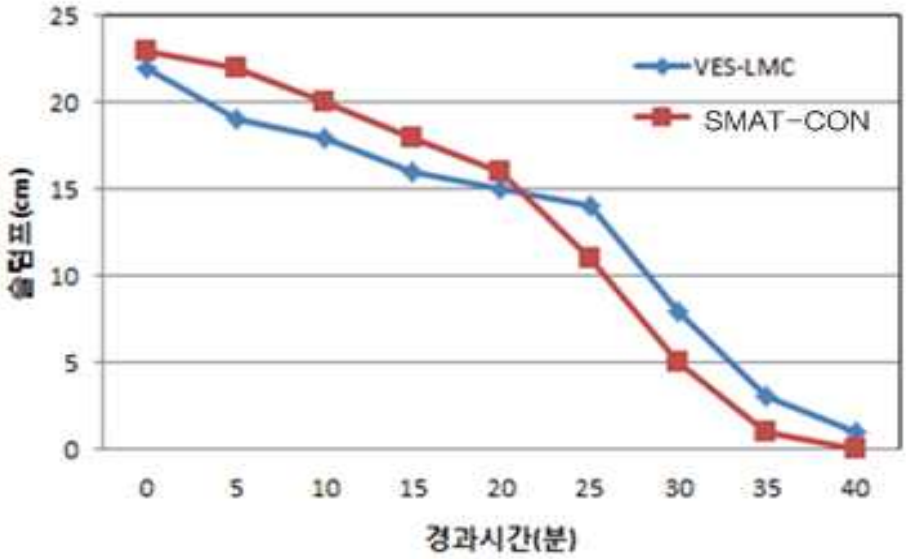
구분	W/B (%)	S/a (%)	단위중량(kg/m^3)					
			Cement	Water	Latex	Sand	EAFS	Gravel
VES-LMC	38	55	360	76	115	922	0	777
SMAT-CON	38	47	300	87	51	0	1,212	1,016

(3) SMAT-CON의 재료특성 실험결과

① 슬럼프 및 공기량 특성

□ 잔골재율의 변화에 따른 슬럼프값에 대한 컨시스턴시는 잔골재율 55%와 40%에서는 슬럼프 급격히 증대 및 시멘트 모르타르와 유사한 거동을 나타내면서 시멘트페이스트와 굵은골재의 재료분리가 발생되었고, 47%에서는 마무리성이 양호하면서 재료분리가 발생되지 않았다. Step3단계로 전단계에서 결정된 잔골재율 47%에서 라텍스 혼입률을 변화하였을 때의 슬럼프 변화를 살펴보면, 라텍스혼입률이 15%일 경우에는 과도한 유동성증가로 인한 재료분리현상이 발생하였고, 10~5%까지는 고유동의 상태이나 배합상태, 거칠기, 작업성, 마무리성 등 모두가 양호한 것으로 판단되었다. Step4단계로 전단계에서 결정된 잔골재율과 라텍스혼입률 8%를 기준으로하여 단위시멘트량을 조정했을때의 슬럼프 변화를 분석하여 볼 때 기존의 단위시멘트량이 360kg일때는 고유동성을 나타냈으며, 260kg일 경우는 시멘트페이스트 부족으로 인한 성형성이 불량하였고, 330kg과 300kg에서는 배합상태 및 마무리성이 양호하였다.

□ 그림 21은 최적배합으로 도출된 SMAT-CON과 VES-LMC의 슬럼프경시변화를 나타낸 것이다. 이를 살펴보면, 동일 외기조건에서 슬럼프경시는 유사하게 측정되었으나 전체적인 작업성 시간에서는 전기로 산화 슬래그를 치환하여 사용한 경우 20분이 경과한 시점에서 VES-LMC보다 작업성 감소가 크게 측정되었으며 이후 작업성 감소 경향이 더 크게 나타나 결과적으로 동일조건에서 작업성확보 시간이 감소되는 것으로 평가되었다.



<그림 21. 슬럼프 경시효과>

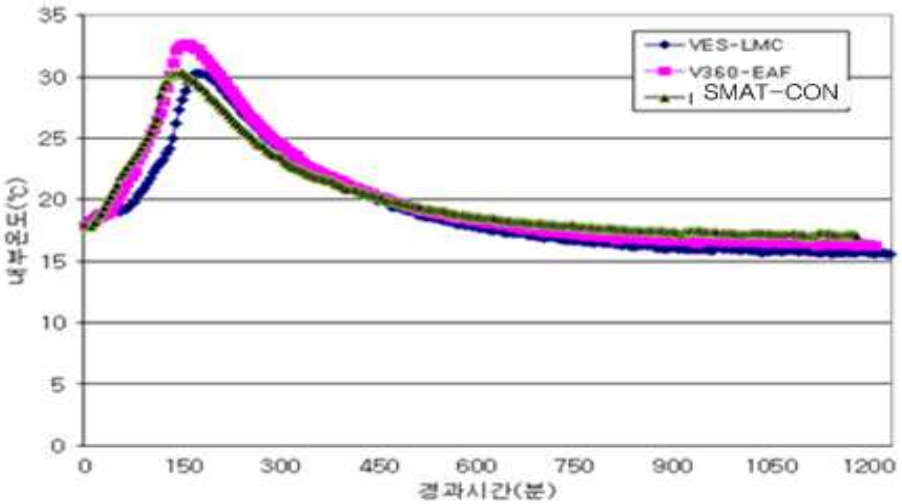
② 수화열 특성

□ 속경성 시멘트는 신속한 경화로 긴급보수 등을 요하는 경우에 매우 적절히 사용될 수 있으나 초기 과도한 수화발열로 인해 균열발생이 높은 단점을 동시에 지고 있다. 전기로 산화 슬래그 잔골재로 치환될 경우 슬래그의 Fe성분으로 인해 열전도율이 높아 속경성 시멘트의 수화발열 시 내부 온도의 급격한 상승이 예상되므로 이에 대한 검토 및 확인을 위하여 실내에서 수화열을 측정하였다.

□ 수화열 특성을 확인하기 위하여 VES-LMC 시편과 동일한 조건에서 전기로 산화 슬래그만을 100%치환한 시편, 그리고 SMAT-CON 시편을 제작하여 공시체 중앙부 수화열을 측정하였다.

□ 실험결과를 살펴보면 VES-LMC 배합에 전기로 산화 슬래그를 치환한 시편의 경우 가장 높은 내부 수화발열 특성을 나타내어 전기로 산화 슬래그의 열전도율이 시멘트 수화 시 발생하는 수화열에 일정부분 기여함을 알 수 있다. 그러나 전기로 산화 슬래그 잔골재를 이용하여 도출된 최적배합 SMAT-CON은 VES-LMC와 동일한 수화열을 나타내었으며 단위시멘트량이 저감된 상태에서 이와 같은 결과는 전기로 산화 슬래그를 사용함으로써 내부에서 수화열이 발생할 경우 열전달이 매우 신속하게 이루어지고 그로 인해 수화가 촉진되어 수화열이 일정수준으로 유지됨을 알 수 있다.

최고온도도달 시간 또한, VES-LMC에 비교하여 약 10분 단축되는 것으로 평가되었으나 전체적인 수화발열 특성에서는 기존 VES-LMC와 동일한 거동을 나타내어 전기로 산화 슬래그 잔골재 사용에 따른 수화열 증대 및 온도차에 의한 균열 등의 문제는 없을 것으로 판단되었다.



<그림 22. 초기수화열 변화>

③ 단위용적 질량

□ 전기로산화슬래그는 자체의 절대건조밀도가 약 3.6g/㎤에 이르고 단위용적질량이 천연잔골재에 비하여 약 800kg/㎥ 높아 콘크리트 배합 시 천연잔골재를 100% 치환할 경우 콘크리트 자체의 단위중량 증대를 가져온다. 이러한 단위중량 증대는 기존 구조물에 대한 보수보강 시 구조물의 단면력에 영향을 미치게 될 것이며 특히, 교량의 교면포장 시 사하중의 증대에 따른 구조물 단면력에 변화를 나타내게 될 것으로 판단된다. 전기로산화슬래그로 치환된 콘크리트의 단위용적질량 측정결과, 표 43과 같이 각각 3개의 시료를 측정한 결과, 기존의 교면재포장 및 콘크리트포장 보수재인 VES-LMC의 평균 2.27t/㎥에 비하여 약 18% 증가된 평균 2.67t/㎥로 측정되었다.

<표 43. 단위용적질량 비교(ton/㎥)>

Specimens	No.1	No.2	No.3	평균	상대비교
VES-LMC	2.28	2.26	2.27	2.27	100%
SMAT-CON	2.68	2.69	2.66	2.67	118%

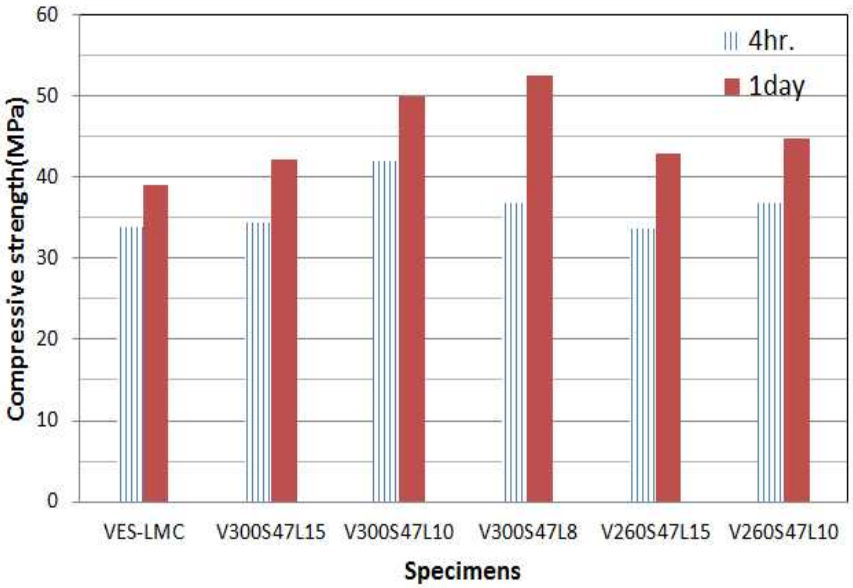
④ 강도발현 특성

□ 그림 23은 본 실험에서의 압축강도의 변화를 나타낸 그래프로 잔골재율과 라텍스율이 감소하여도 압축강도는 크게 변화가 없는 것으로 나타났고, 단위시멘트량이 감소하여도 소요의 강도를 얻을 수 있었다. 이는 구성재료 중 가장 많은 부피를 차지하는 잔골재의 실적률이 70%에 이르는 전기로산화슬래그로 치환함으로써 밀도 높은 콘크리트 제조가 가능하고 이를 통해 낮은 단위시멘트량으로도 매우 높은 강도발현을 나타내는 것으로 판단된다.

□ VES-LMC의 강도에 대한 실내실험 결과 압축강도의 경우 기준 21MPa보다 4시간 강도에서 13MPa이상을, 7일 압축강도에서는 2배 이상을 상회하는 것으로 나타났다. 휨강도는 4시간 강도 6.0MPa, 7일 8.1MPa의 휨강도를 나타내는 특성을 보였다. 또한, 부착강도도 4시간 강도에서 1.5MPa로 기준 1.4MPa을 만족하는 결과를 얻었으며 7일 강도에서는 기준 대비 2배 이상의 강도발현 특성을 보였다. 잔골재를 전기로산화슬래그로 치환한 콘크리트의 강도 측정결과, 4시간 압축강도는 기준 21MPa보다 약 16MPa, VES-LMC 34.1MPa보다 2.8MPa 높은 36.9MPa의 고강도를 나타냈다.

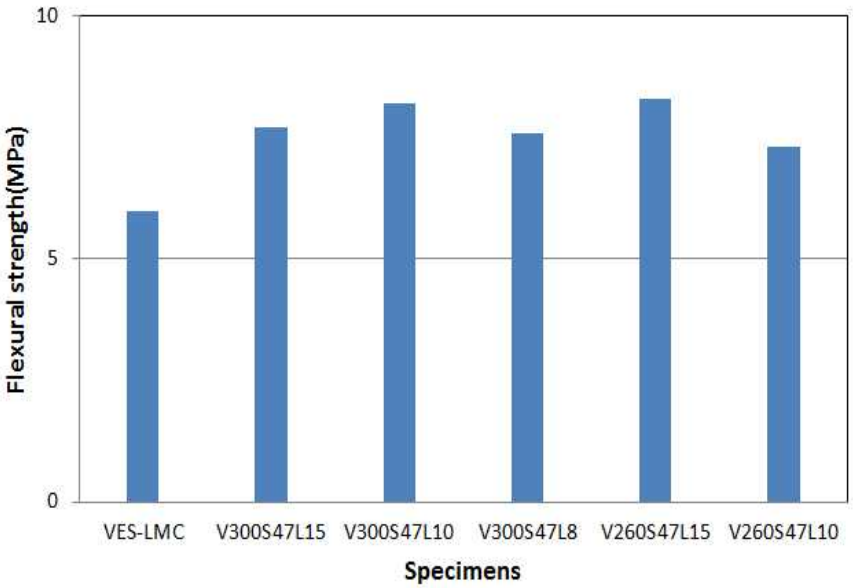
□ 7일강도는 55.8MPa 정도까지의 강도발현이 되는 것을 확인하였다. 휨강도는 4시간 때, 강도기준인 3.15MPa의 2배 이상의 강도발현을 보였으며 7일 휨강도에서는 10.7MPa까지 강도발현이 되는 특성을 보였다. 또한, 부착강도는 라텍스가 첨가량이 저감되었음에도 불구하고 VES-LMC와 유사한 강도발현 특성을 보였다.

□ 이러한 전기로산화슬래그를 이용한 콘크리트의 높은 강도발현 이유는, 천연잔골재를 치환한 전기로산화슬래그의 구형 입형에 의한 유동성 증진(볼베어링)에 의한 라텍스 첨가량 감소, 골재 자체의 높은 실적률에 의한 단위수량 및 단위 결합재량 감소에도 불구하고 콘크리트 내부의 체적안전성 향상 및 밀도 증대에 따른 원인으로 판단된다. 또한 휨강도는 모든 조건에서 기준을 만족하였으며, 그림 24에서 보는바와 같이 라텍스혼입률이 8~5%범위에서 최적의 강도를 발현하는 것으로 나타났다.



<그림 23. 압축강도 결과>

* V : Ves-cement량, S : 잔골재율, L : 라텍스 혼입율



<그림 24. 휨강도 결과>

* V : Ves-cement량, S : 잔골재율, L : 라텍스 혼입율

⑤ 건조수축특성

□ 자유건조수축에 대한 실험결과를 살펴보면 그림 25에서와 같이 전기로 산화슬래그로 치환된 SMAT-CON과 VES-LMC 모두 재령 7일에서의 수축량이 0.05%수준으로 매우 작은 수축량을 나타내고 있다. 이러한 결과는 품질관리 기준인 0.15%와 비교하여 볼 때 약 1/3수준이며 VES-LMC와 전기로 산화 슬래그 치환 콘크리트에서 건조수축에 의한 균열발생 가능성이 매우 낮은 것을 알 수 있다.

□ VES-LMC는 폴리머의 불연속필름막에 의해 건조수축이 저감되는 특성을 나타내며 SMAT-CON은 건조수축을 억제할 수 있는 폴리머의 양은 적으나 전기로산화슬래그를 사용함에 따라 단위시멘트량과 단위수량의 감소와 실적율이 높아 밀실한 콘크리트가 제작됨으로 인한 결과로 판단된다. 따라서 건조수축량의 감소로 인하여 초기발생될 수 있는 콘크리트의 균열발생의 문제점을 해결할 수 있을 것으로 기대되어 진다.

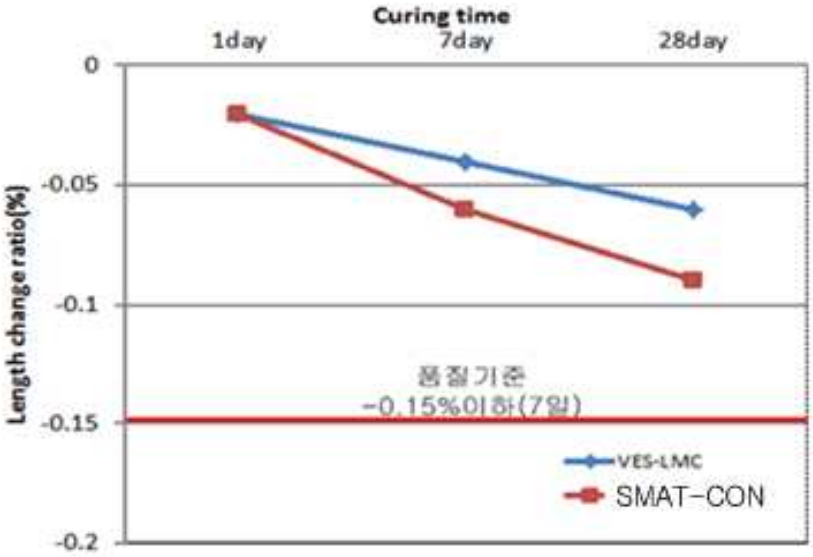
⑥ 내구 특성

□ 기존의 VES-LMC는 수성 폴리머 일종인 라텍스를 혼입해 라텍스 필름막에 의존하여 콘크리트의 제성질을 크게 향상시킨 것으로 첨가되는 라텍스의 함량에 의해 콘크리트 내구성이 변화하게 된다. 그러나 전기로산화슬래그를 이용한 고성능콘크리트의 경우는 실적률이 높고 밀도가 큰 안정적인 잔골재를 사용함으로써 콘크리트 구성재료자체의 수밀성, 내구성을 향상시키며 라텍스는 재료간의 부착력 증진과 콘크리트 내구성 증진에 일정부분만을 담당하게 된다.

□ 즉, 라텍스에 의한 콘크리트 성능개선은 불연속적인 라텍스필름막에 의존하므로 콘크리트 전단면에 걸친 균질한 성능개선에 한계가 있으나 콘크리트 구성재료 중 가장 큰 부피를 차지하는 골재를 개선할 경우 콘크리트 성능개선을 안정적으로 균질화할 수 있는 장점을 갖게 된다.

□ 표 44는 전기로산화슬래그 잔골재를 사용한 VES-LMC와 기존 VES-LMC와의 내구성능을 비교평가한 것으로 모든 내구성항목에 있어서 기존의 보수재와 동일한 성능을 나타내는 것으로 평가되었다. 이를 통해 단위시멘트를 20% 절감시키고 라텍스 함량을 50%이상 저감시켜도 전기로산화슬래그 잔골재를 사용하여 속경성 콘크리트를

제조할 경우, 초기 높은 컨시스턴시 확보, 조기 고강도 발현 및 내구성 규정을 만족하는 고내구성의 고성능 콘크리트 제조가 가능한 것으로 평가되었다.



<그림 25. 건조수축 특성>

□ 탄성계수는 탄성재료의 응력도와 변형도와의 관계를 나타내는 계수로서 후크의 법칙에 따라 선형탄성재료의 경우에는 응력도의 크기에 관계없이 일정한 값을 나타낸다. 한국도로공사의 시멘트 콘크리트계 교면포장 보수공법의 재료선정 품질기준에 따르면 재료의 적합성(Compatibility)으로 기존 콘크리트와의 역학적, 비역학적 거동의 정합성을 의미하며 동일거동 확보를 위하여 최소의 규정으로 정하고 있으며 이는 KS F 2438에 기준하여 초속경계열일 경우 7일 양생에 1.13×104~7.80×104MPa로 규정하고 있다. 또한 콘크리트의 내구특성을 평가하는 품질기준으로 염분침투저항성과 동결융해저항성, 스케일링저항성, 균열저항성의 시험기준을 만족하도록 제안하고 있다.

□ 염소이온통과실험은 최근 한국도로공사 콘크리트계 교면포장 보수공법의 재료선정 품질기준으로 KS F 2711의 시험기준에 따라 초속경계열의 경우 재령 28일에 1000쿨롱 이하가 되도록 규정하였다. SMAT-CON의 염소이온통과 실험결과는 최적배합의 조건에서 기존의 VES-LMC와 비교하여 조금 큰 값을 나타냈으나, 품질기준에는 충분히 만족하는 것으로 확인되었다. 이는 단위시멘트량이 적음에도 불구하고 우수한 결과를 도출한 이유는 전기로산화슬래그의 둥근 입도에 의한 실적률 증가에 기인한 것으로 판단된다.

□ 표면박리저항성 시험은 SS 13 72 44 A법의 기준에 의하여 제빙염에 노출된 콘크리

트 표면의 동결-융해에 의한 콘크리트 표면의 박리 저항성을 평가하기 위한 방법으로 박리량에 근거하여 손상등급이 결정된다. 표면박리저항성 시험결과는 56일 양생 기간동안 0.20kg/㎡로 1.0kg/㎡미만의 기준을 충분히 만족하였다.

□ 동결융해저항성실험 결과도 KS F 2456의 80%이상을 만족하는 값을 나타냈으며 기존의 VES-LMC와 비교하여도 높은 값을 나타냈다. 또한 ASTM C 1581의 기준에 따라 균열저항성도 재령 56일까지 구속건조수축균열이 없음을 알 수 있었다.

<표 44. SMAT-CON과 VES-LMC의 내구성 비교>

내구성 시험	단위	**개발된 기술 SMAT-CON**	기존기술 VES-LMC
탄성계수[7days]	MPa	27,703	25,841
염분이온 투과성[7days]	Coulombs	313	220
표면박리저항성 [56cycles]	kg/㎡	0.02	0.02
동결융해저항성 [A type, 300cycles]	%	87	84
균열저항성[56days]		N	N

(4) 부분단면보수 보수용 콘크리트 칩핑장치 개발

□ 콘크리트포장 유지보수는 크게 교면재포장과 콘크리트포장 보수·재포장으로 구분할 수 있으며 각각 적용대상의 구조적 거동 및 지지력 거동이 상이함으로 파손의 형태 및 요구되는 보수정도에 큰 차이를 보이게 된다.

□ 현재의 접착식 콘크리트 유지보수공법은 이러한 대상구조물의 특성을 고려하지 않고 단일공정에 의해 유지보수가 이루어지고 있다. 그러나 본 연구기술은 보다 합리적이고 체계적인 경제적 유지보수를 위해 손상정도, 대상구조물 특성을 고려하여 유지보수공법의 차등적용으로 보다 효과적이고, 선택적 유지보수가 이루어질 수 있도록 하였다.

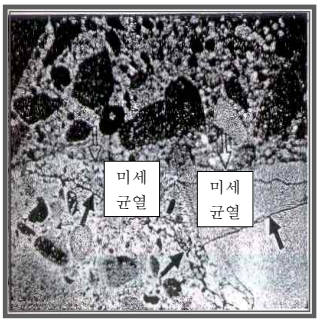
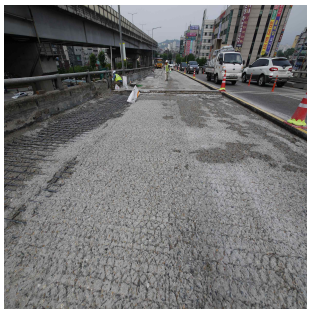
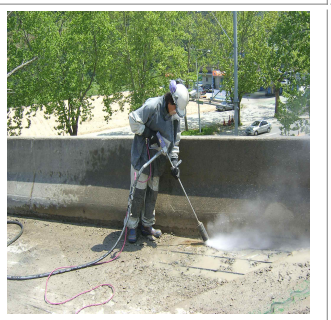
□ 이를 위해 접착식 콘크리트 유지보수를 크게 도로포장과 교면재포장으로 구분하였으며 도로포장의 경우 손상형태 및 유지보수 형태에 따라 전면재포장과 부분단면보수공법으로 구분, 적용공법에 차등을 두었으며 이를 통해 일일작업량 및 공사비 절감의 효과를 기대할 수 있게 된다.

□ 2000년 이전에 시행되었던 콘크리트 보수보강 공사에서는 열화부 제거에 대한 정확한 인식 없이 일정깊이로 파쇄한 후 일괄적으로 보수재로 덧씌우기하는 방법이 적용되어 보수 후 반복적인 보수부 탈리, 균열, 재파손의 문제가 있었으나 신기술 제427호에 의해 워터제트공정에 의한 열화부의 선택적 제거 개념이 소개 및 정립되었다.

□ 그러나, 손상율이 적은 구조물에 대한 워터제트 공정은 경제성에 있어 불리한 것이 사실이며 특히, 콘크리트포장부에 대한 보수보강 시 부착력 증대를 위해 워터제트에 의한 열화부 제거는 투입장비 및 인력 증대로 공사비 증대의 주요 원인이었다.

□ 본 연구에서는 Water Blasting 노즐과 진공흡입장비가 결합된 VnW System에 의해 파쇄면에 대한 요철정리 및 이물질 제거가 하나의 시스템 안에서 별도로 부분단면보수가 가능하도록 콘크리트 칩핑장비(Power Blasting)를 개발하여 접착식 콘크리트계 보수·재포장공법에 적용함으로써 작업효율 증대와 경제성을 확보한 새로운 Power Blasting을 설계 제작하였다.

<표 45. 열화부 제거 방식에 대한 기술발전>

구 분	기술내용	장단점
2000년 이전 인력파쇄	  ▷핸드브레이커에 의한 충격식 파쇄 ▷일정깊이까지 충격식 파쇄	▷시공용이 ▷충격에 의해 새로운 파손 ▷보수 후 탈리, 균열파손 가속 ▷보수효과 미미
2000년 이후 워터제트에 의한 열화부제거	  ▷일정 수압에 의해 열화부 선택적 제거 ▷보수부 전면에 대해 열화부 제거 가능	▷보수효과 극대화 ▷열화부 완전제거 ▷대규모 장비투입 ▷공사비 증대 ▷열화부 소규모 시 경제성 논란 ▷사전 열화평가 규정 미미로 일괄적용
부분단면보수 적용기술	  ▷부분단면보수 시 워터제트와 같은 대형장비 투입 곤란 ▷인력에 의한 워터블라스팅으로 균일한 작업불가로 품질안정성 불량	▷소형 파워팩을 이용한 경량 워터블라스팅 ▷작업자의 능력에 의해 열화부 제거

<표 46. VnW System에 의한 Power blasting 적용범위 및 효과>

구분	VnW Blasting	Power Blasting
장비	▷차량장비	▷이동식 장비(인력)
적용범위	▷전폭 보수용 ▷보수폭 0.6M이상인 경우	▷부분단면 보수용 ▷단면보수폭 0.6M이하
효과	▷노즐압력 53N에 의해 절삭이물질 제거 ▷절삭과 진공흡입청소 동시 수행	▷노즐압력 143N으로 열화부 선택적 제거 ▷VnW 장비와 직렬연결로 별도 장비 불필요

① Power Blasting 개발 목표 및 개발일지

1. 개발 목표

작업 효율성의 제고와 공간 제약으로 장비의 접근이 어려운 시공 구간 즉, 조인트 및 갓길부의 표면 블라스팅을 위해 기존 장비에 연결하여 사용할 수 있는 소형 장비의 개발을 목표로 함.

2. 개발 기간

(1)1차개발기간 : 2011년 08월 31일 ~ 2011년 10월 04일

(2)성능개선작업 : 2011년11월 08일 ~ 2011년 11월 19일

(3)1차 현장적용시험 : 2011년 11월 21일

(4)2차 현장적용시험 : 2012년 05월 10 ~11일

3. 주요 개발 내용

(1)노즐수 2구의 Power Blaster전용 스위블 블럭개발

(2)노즐의 분출수로 발생하는 슬러지의 비산을 막기 위한 고무커버채택

(3)휴대성을 고려한 접이식 핸들 프레임적용

(4)스위블 커버의 성능개선(원형->사각형)

4. 주요장비 제원

(1) High Pressure Plunger Pump

Performance Chart			
Plunger diameter (mm)	Pinionshaft (rpm)	Max.permissible operationpressure (psi/bar)	Power (Hp)
P24	1,800	21,750/1,500	176

(2) Engine Specification

- Power : 400HP

- RPM : 2,000rpm

(3) Power Balster Nozzle Specification

Title	Data	Disc.
Size of Nozzle	Ø0.85	
# of Nozzle	2	
Dist. of Nozzles	40㎝	

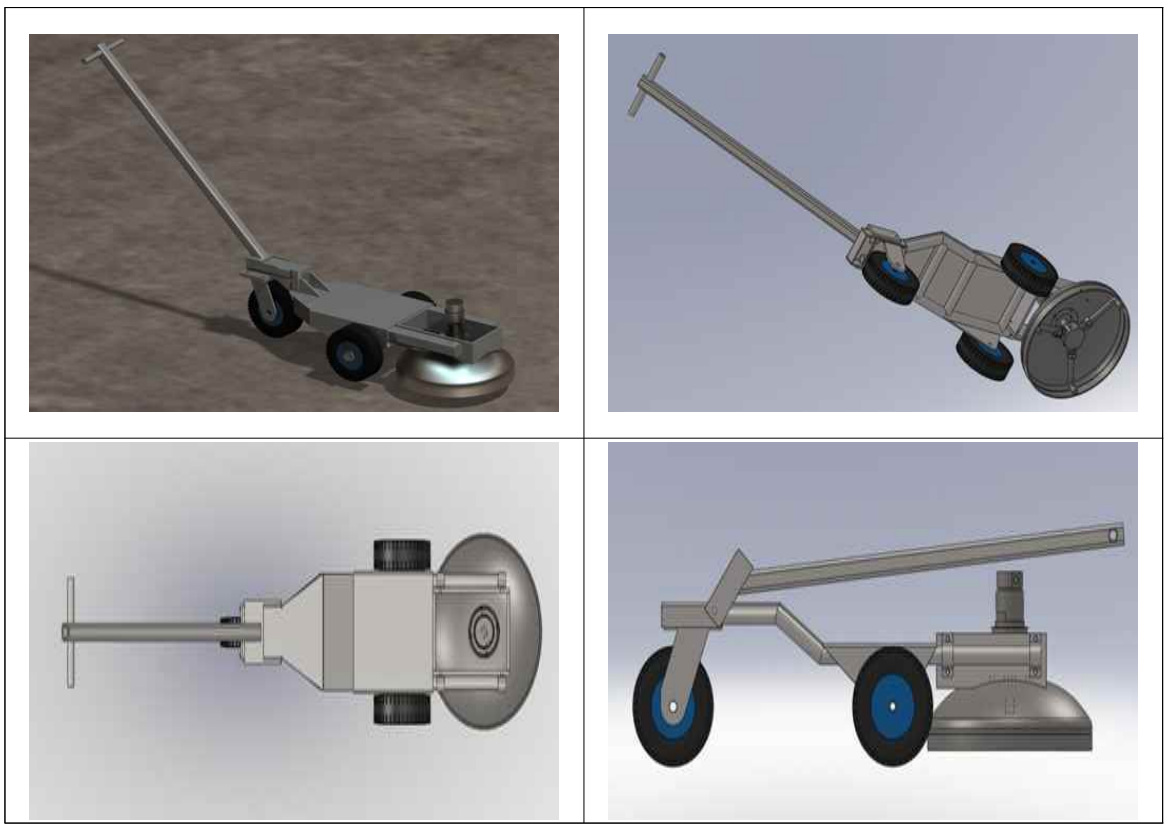
② Power Blasting 1차 개발 및 시험적용

□ 기존의 인력에 의한 제거 방식인 워터블라스팅 방식에서 벗어나 균일한 제거 및 펌프압을 향상시키기 위한 Power Blasting을 독자적으로 개발하고자 하였다.

□ 이를 위하여 기존 방식의 문제점인 낮은 펌프압, 작업자의 육안 및 핸들링에 의한 제거방식, 파쇄이물질 비산에 따른 환경오염, 이용자 및 작업자 안전 문제를 해결하고자 기존에 개발된 VnW System 장비에 결합, 높은 펌프압을 유지하면서 브라켓을 장착, 이용자 및 작업자 안전을 확보할 수 있는 Power Blasting을 제작하였다.

□ 이를 위해, 원형의 바스켓 도면을 작성한 후 모델링을 걸쳐, 장치를 제작하였다. 기존 VnW System차량에 장착하기 위한 연결노즐 및 호스를 장착하여 성능평가를 시행하였다.

□ 적용결과, 비산 이물질 억제 및 높은 펌프압으로 열화부 제거 및 표면처리를 확인할 수 있었으나, 원형의 바스켓으로 작업 시 사각형의 부분단면보수부에 대한 원활한 작업이 이루어지지 않아 이에 대한 수정, 보완이 요구되는 것으로 평가되었다.



<그림 26. 1차 개발을 위한 Power Blasting 시뮬레이션>



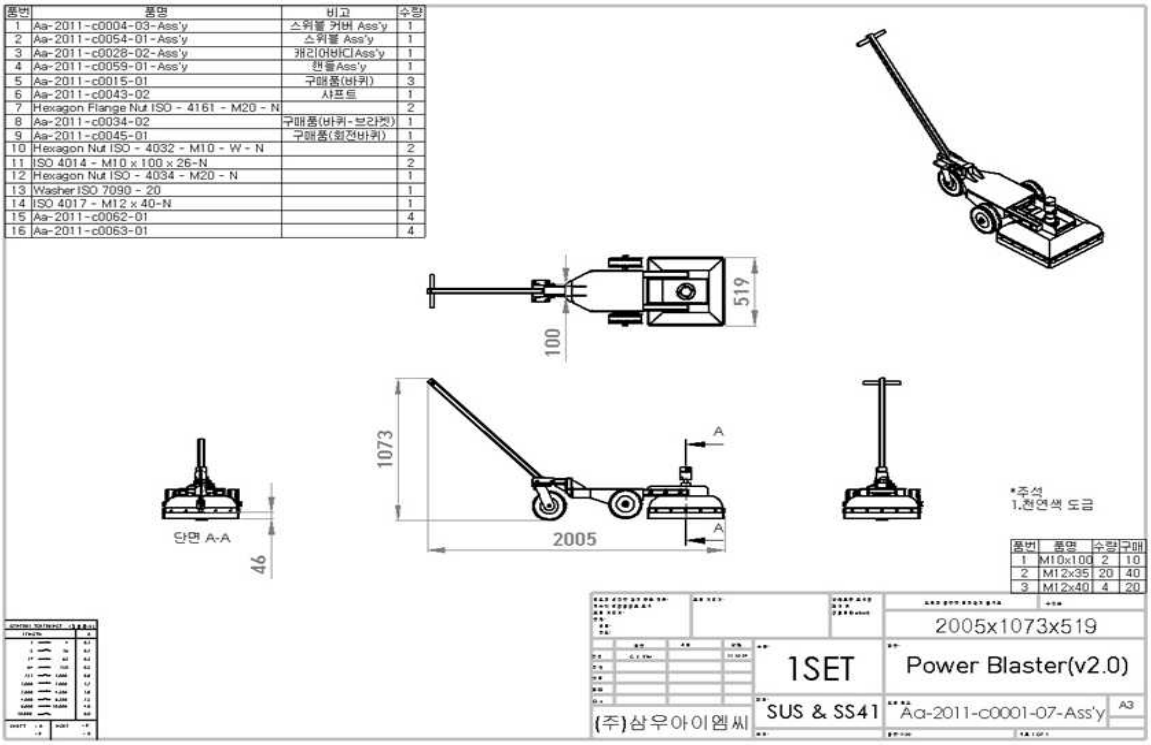
<그림 27. 시뮬레이션 작업을 걸쳐 제작된 Power Blasting>

③ Power Blasting 2차 개발 및 시험적용

□ 기존의 직사 단일 노즐 방식에서 벗어나 부분단면보수 면적을 동시에 제거할 수 있는 Power Blasting을 제작완료하였으나 성능평가과정에서 작업 시 일반적인 콘크리트포장 부분단면보수는 사각형의 파쇄면을 가지나 원형의 바스켓으로 인해 엣지부에 대한 작업이 원활하지 않아 이에 대하여 보완제작하고자 하였다.

□ 이를 위하여 1차 제작 시 원형의 바스켓을 직사각형으로 변경하여 회전노즐 분사형태는 유지하면서 콘크리트포장 부분단면보수에 적합하도록 제작하였으며 작업 시 파쇄면에 대한 미작업구간이 없도록 하였다.

□ 제작 전 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 이동성, 작업성 등을 검토하였으며 손잡이를 접이식으로 추가 제작하여 사용 전후 이동의 편리성을 강화하였다.



<그림 28. Power Blasting 개발을 위한 2차 도면>



<그림 29. 개발된 Power Blasting을 이용한 시험적용 및 성능평가>

구분	기존 기술과의 차이점
기존 인력건에 의한부분단면보수 워터블라스팅	  - 낮은 펌프장비- - 직사방식의 인력파쇄방식- ▷ 펌프압력 500bar 수준의 낮은 파쇄압력 ▷ 분사방식의 직사방식으로 파쇄면적이 매우 작음 ▷ 작업자의 숙련도에 의해 열화부 제거 ▷ 불균질한 경계면 형성으로 보수 후 파손가능성 상존 ▷ 작업 시 파쇄이물질 비산에 의한 환경오염, 이용자 및 작업자 안전 주의
개발된 부분단면보수 전용 Power Blasting	  -VnW System- -Power Blasting- ▷ 기존에 개발된 VnW System차량에 연결하여 사용함으로써 1,400bar의 높은 파쇄압력 유지 ▷ 바스켓으로 파쇄이물질 비산 사전 차단 ▷ 회전노즐에 의해 넓은 부위(폭 0.6m)를 작업할 수 있으므로 작업자가 부분단면보수부 전면에 걸쳐 균일한 열화부 제거 작업 가능

(5) 상용화 시험시공

□ 본 추가연구개발을 통해 얻어진 성과를 최종적으로 현장에 적용함으로써 공법의 완성도와 포장 공용성 증대의 효과를 검증하고자 한다.

<표 47. SMAT-CON을 이용한 상용화 시험시공 목록>

연번	공사명	발주처명	시공자명	공사 기간	공사 규모
1	의왕시 부곡과선교 교면재포장공사	의왕시	(주)삼우 아이엠씨	2011.09.04	89.6㎡
2	지방도 403호선 풀무2교 교량유지보수사업	강원도 도로관리사업소	(주)삼우 아이엠씨	2011.10.13	65.5㎡
3	국지도70호 증리지구(1공구) 수해복구공사	강원도 도로관리사업소	(주)삼우 아이엠씨	2011.11.18	81.0㎡
4	중앙고속도로 명도2교(부산)	한국도로공사	(주)삼우 아이엠씨	2012.05.10.~11	342㎡

① 부곡과선교 교면재포장공사

□ 본 현장은 연구기술을 최초로 적용한 현장으로 다음과 같은 목적으로 시행하였다.

- 국토해양부 관련 R&D연구과제 수행의 일환으로 개발 중인 전기로 산화슬래그를 이용한 고성능 콘크리트 재료와 공법에 대한 현장 적용 평가를 시행하고자 함.

- 콘크리트용 전기로 산화 슬래그 잔골재를 이용한 고성능 콘크리트 보수재의 현장적용성, 시공성 및 경제성을 분석하고 현장에서 발생할 수 있는 문제점과 이에 대한 해결책을 모색하고자 함.

□ 본 공사의 개요와 시공 시 주요 평가사항은 다음과 같다.

- 공사명 : 의왕시 부곡과선교 교면재포장공사

- 공사일시 : 2011.09.04.

<표 48. 부곡과선교 시험시공 물량 집계표>

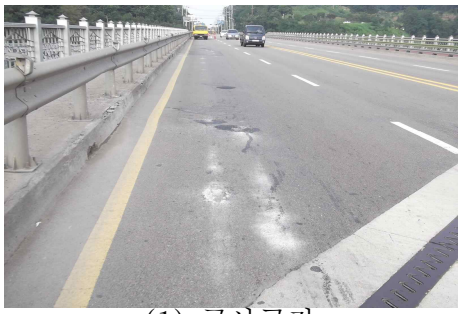
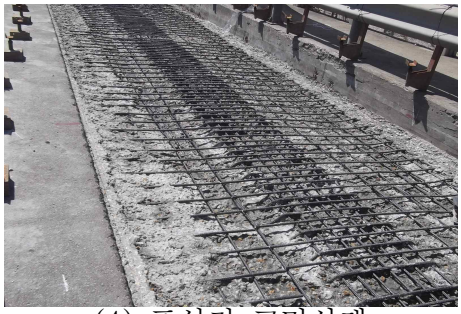
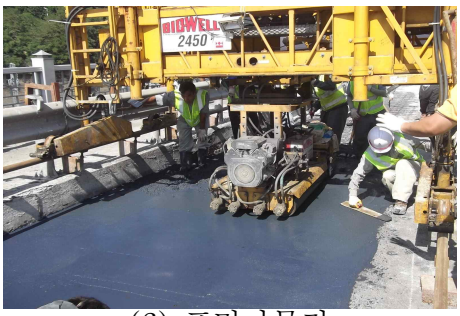
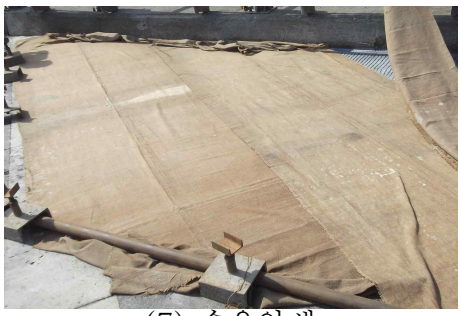
시공폭	시공길이	시공면적	포설두께	시공물량	비고
2.8m	32.0m	89.6㎡	0.20m	18㎥	부곡방향 2차로

□ 주요검토 사항

<표 49. 부곡과선교 시험시공 시 주요 검토사항>

구분	검토사항	비고
모빌믹서 생산성	▷비중 3.6, 슬래그잔골재 1.2t/㎥, 굵은골재 1.0t/㎥으로 골재과다 시 모빌믹서 생산 가능성 ▷SMAT-CON을 생산하기 위한 모빌믹서 추가 검토사항	
투입물량 변경에 따른 일일생산량	▷단위시멘트 300kg/㎥, 라텍스 51kg/㎥, 잔골재 1.2t/㎥, 굵은골재 1.0t/㎥으로 기존 보수재와 다른 투입물량으로 일일생산량 및 자재량 검토	
작업성	▷슬래그 잔골재에 따른 시공시 작업성 및 마무리성 등에 대한 평가	
물성평가	▷슬럼프, 공기량, 초기강도 및 장기강도, 부착력 등에 대한 현장 평가를 시행	
종합평가	▷현장 및 외부 기술자들을 초빙하여 문제점, 해결방안 및 향후 개선사항 등에 대해 자문	

<표 50. 부곡과선교 시험시공 작업공정 순서>

작업공정	 (1) 공사구간  (2) 1차절삭  (3) VnW Blasting  (4) 포설전 교면상태  (5) SMAT-CON포설  (6) 표면마무리  (7) 습윤양생  (8) 차량통행

<표 51. 부곡과선교 시험시공 시공성 평가-1>

시공성 평가(Ⅰ) = 전기로 산화슬래그 잔골재 온도 변화에 따른 작업성 변화	
현장적용 결과	▷전기로 산화슬래그는 철성분의 함량으로 외부 온도변화에 민감하게 반응 ▷슬래그 생산 즉시 출하 시 슬래그 온도가 60℃이상의 고온으로 현장도착 ▷고온의 슬래그를 배합 시 콘크리트 온도 상승으로 급결현상 유발 ▷슬래그 온도 60℃→콘크리트온도 40℃→지연제 1.2%, 물량 과다→작업시간 8분  
결과분석	▷슬래그 생산업체에서 슬래그 온도를 상온으로 저감시켜 운송 ▷자재팀에서 슬래그 보관 시 차광막 등을 설치하여 보관 ▷슬래그 온도 40℃→콘크리트온도 30℃→지연제 0.8%, 적정물량→작업시간 15분이상 확보

<표 52. 부곡과선교 시험시공 시공성 평가-2>

시공성 평가(Ⅱ) = 잔골재율 저감에 따른 작업마무리성	
현장적용 결과	▷전기로 산화슬래그는 구상의 입형으로 유동성이 증대되어 VES-LMC와는 다른 잔골재율 ▷잔골재율 저감(굵은골재 증대)에 따른 마무리성이 VES-LMC보다 떨어진다는 지적 ▷데크피니셔 작업 시 마무리성에 큰 차이는 없었으나 포설두께가 낮아질 경우 시멘트페이스트 부족 및 잔골재 저하로 마무리성 저하예상  
결과분석	▷작업자들이 처음 접하는 재료 물성으로 인해 초기 작업성 평가 오해소지가 다분함 ▷잔골재율 47%에서 실내실험을 통해 양호한 마무리성 확인 ▷기존 기술 작업성 및 물성치에 대한 경험적 요인이 새로운 물성에 대한 거부감으로 나타난 것으로 평가 ▷데크피니셔 작업 후 평탄성 양호

<표 53. 부곡과선교 시험시공 시공성 평가-3>

<table>
<tr><th colspan="2">시공성 평가(Ⅲ) = Fast-Track을 위한 작업시간</th></tr>
<tr><td>현장적용 결과</td><td>
<table>
<tr><th>시간</th><th>내용</th><th>장비</th></tr>
<tr><td>AM 07:30</td><td>교통차단 시행</td><td>싸인카 2대</td></tr>
<tr><td>AM 08:20</td><td>1차 파쇄시행</td><td>상온절삭기</td></tr>
<tr><td>AM 09:45</td><td>1차 파쇄마무리</td><td>절삭두께 평균 20cm</td></tr>
<tr><td>AM 09:45</td><td>들뜸부 인력깨기</td><td>인력브레이커 3대</td></tr>
<tr><td>AM 10:25</td><td>파쇄완료</td><td></td></tr>
<tr><td>PM 12:00</td><td>VnW 청소 시작</td><td>VnW System</td></tr>
<tr><td>PM 02:00</td><td>VnW 청소 마무리</td><td></td></tr>
<tr><td>PM 02:30</td><td>SMAT-CON타설시작</td><td>데크피니셔</td></tr>
<tr><td>PM 03:30</td><td>타설마무리</td><td></td></tr>
<tr><td>PM 06:00</td><td>청소 및 마무리</td><td>차선도색</td></tr>
<tr><td>PM 06:30</td><td>교통개방</td><td>총 작업시간 11시간</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>결과분석</td><td>▷속경성 시멘트의 사용으로 작업시간 11시간만에 교통개방 실현
▷부곡과선교의 열화가 심각하여 열화부 파쇄깊이가 20cm에 달해 열화부 제거 공정이 계획된 공정시간보다 길어졌으나 포설 및 마무리가 1시간 이내로 마무리되어 Fast-Track공법임을 확인</td></tr>
</table>

□ 본 연구기술의 현장 품질성능효과를 확인하기 위하여 현장적용 시 품질검사전문기관의 입회하에 품질평가를 수행하였으며 그 결과, 매우 우수한 성능발현을 확인할 수 있었다.

<표 54. 부곡과선교 시험시공 물성평가 자료>

품질평가항목		평가결과	품질기준
슬럼프		220	190±30mm
공기량		4.5	3.0 ~ 6.0%
압축강도 (MPa)	재령 4시간	21.6	4시간 ≥ 21MPa
	재령 1일	32.6	
	재령 7일	37.6	
	재령 28일	46.5	
염소이온침투저항성 (통과전하량)	재령 28일	532.5	1,000쿨롱 이하

② 지방도 403호선 풀무2교 교량유지보수사업

□ 본 현장은 연구기술을 부곡과선교에서 평가된 현장적용성 문제점을 해결하고 VnW 시스템에 대한 종합적인 평가를 목적으로 시행하였다.

- 국토해양부 관련 R&D연구과제 수행의 일환으로 주관기관인 (주)삼우아이엠씨에서 개발 중인 전기로 산화슬래그를 이용한 고성능 콘크리트 재료와 공법에 대한 2차 현장 적용 평가를 시행하고자 함.

- 콘크리트용 전기로 산화 슬래그 잔골재를 이용한 초속경 라텍스개질 콘크리트 보수재의 현장적용성, 시공성 및 경제성을 분석하여 SMAT-CON에 대한 시공결과를 평가하고자 함.

□ 본 공사의 개요와 시공 시 주요 평가사항은 다음과 같다.

- 공사명 : 지방도 403호선 풀무2교 교량유지보수사업

- 공사일시 : 2011.10.13.

<표 55. 풀무2교 시험시공 물량 집계표>

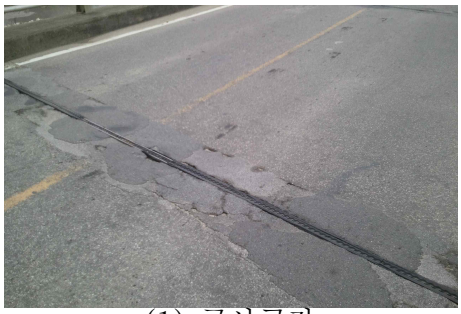
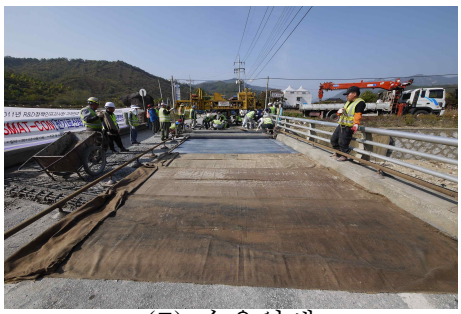
시공폭	시공길이	시공면적	포설두께	시공물량	비고
7.2m	9.1m	65.5㎡	0.10m	6.55㎥	왕복 2차로

□ 주요검토 사항

<표 56. 풀무2교 시험시공 시 주요 검토사항>

구분	검토사항	비고
모빌믹서 생산성	▷전기로산화슬래그 잔골재 비중 증대에 따른 모빌믹서 유압 추가 증대 필요성 여부	
재료온도 및 생산온도	▷전기로산화슬래그 자체의 고온생산 및 운반에 의한 재료온도 증가 및 배합온도 증진에 따른 사용물량 증대 및 작업시간 확보 문제	
작업성	▷슬래그 잔골재에 따른 시공시 작업성 및 마무리성 등에 대한 평가	
물성평가	▷슬럼프, 공기량, 초기강도 및 장기강도, 부착력 등에 대한 현장 평가를 시행	
종합평가	▷1차 시험시공시 문제점에 대한 해결책 타당성 ▷추가 문제점 도출 및 해결방안 강구	

<표 57. 풀무2교 시험시공 작업공정 순서>

작업공정	 (1) 공사구간  (2) 1차절삭  (3) VnW System  (4) VnW Blasting 효과  (5) SMAT-CON포설  (6) 표면마무리  (7) 습윤양생  (8) 차량통행

<표 58. 풀무2교 시험시공 시공성 평가-1>

시공성 평가(Ⅰ) = 전기로 산화슬래그 잔골재 온도 변화에 따른 작업성 변화	
현장적용 결과	▷콘크리트 배합온도 20℃ 유지. ▷배합상태 매우 양호, 미장 양호, 재료분리 없음 ▷1차 시공시 나타난 급결현상 해결 ▷추가 물량 없이 밀실한 SMAT-CON생산  
결과분석	▷슬래그 온도 상온시 매우 밀실한 콘크리트 제조가능 확인 ▷슬래그 생산업체에서 슬래그 온도를 상온으로 반드시 저감시켜 운송 ▷슬래그 온도는 상온으로 유지시켜 배합에 적용

<표 59. 풀무2교 시험시공 시공성 평가-2>

시공성 평가(Ⅱ) = 잔골재율 저감에 따른 작업마무리성	
현장적용 결과	▷전기로 산화슬래그는 구상의 입형으로 유동성이 증대되어 VES-LMC 와는 다른 잔골재율을 지님. ▷콘크리트 배합온도가 상온을 유지하고 단위수량이 정량으로 투입 시 작업마무리성 매우 양호 및 실내시험에서 평가된 마무리성을 유지  
결과분석	▷잔골재율 47%조건에서 매우 양호한 상태 유지 ▷잔골재율 증대 시 경제성 악화 우려 ▷슬래그 온도 및 콘크리트 배합온도 유지 시 작업성에 문제 없음

<표 60. 풀무2교 시험시공 시공성 평가-3>

<table>
<tr><th colspan="2">시공성 평가(Ⅲ) = Fast-Track을 위한 작업시간</th></tr>
<tr><td>현장적용 결과</td><td>
<table>
<tr><th>시간</th><th>내용</th><th>장비</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>AM 08:00</td><td>교통차단 시행</td><td>싸인카 2대</td><td></td></tr>
<tr><td>AM 08:10</td><td>1차 파쇄시행</td><td>상온절삭기</td><td>B=2m</td></tr>
<tr><td>AM 08:35</td><td>1차 파쇄마무리</td><td>절삭두께 평균 9cm</td><td></td></tr>
<tr><td>AM 10:35</td><td>VnW 청소 시작</td><td>VnW Blasting</td><td></td></tr>
<tr><td>PM 01:00</td><td>VnW 청소 마무리</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>PM 01:30</td><td>SMAT-CON타설시작</td><td>데크피니셔</td><td></td></tr>
<tr><td>PM 01:50</td><td>1차 타설마무리</td><td></td><td>춘천방면</td></tr>
<tr><td>PM 03:50</td><td>SMAT-CON타설시작</td><td>데크피니셔</td><td></td></tr>
<tr><td>PM 04:20</td><td>2차 타설마무리</td><td></td><td>서울방면</td></tr>
<tr><td>PM 07:00</td><td>청소 및 마무리</td><td>차선도색</td><td></td></tr>
<tr><td>PM 07:20</td><td>교통개방</td><td>총 작업시간 11시간</td><td></td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>결과분석</td><td>▷속경성 시멘트의 사용으로 작업시간 11시간만에 교통개방 실현
▷차량의 교행 통행을 위해 차선을 분리하여 작업하였음에도 불구하고 11시간만에 교통을 개방하여 Fast-Track공법을 확인
▷품질평가 결과, 강도 및 내구성에 있어 모든 결과가 기준을 만족</td></tr>
</table>

□ 본 연구기술의 현장 품질성능효과를 확인하기 위하여 현장적용 시 품질검사전문기관의 입회하에 품질평가를 수행하였으며 그 결과, 매우 우수한 성능발현을 확인할 수 있었다.

<표 61. 풀무2교 시험시공 물성평가 자료>

품질평가항목		평가결과	품질기준
슬럼프		220mm	190±30mm
공기량		4.0%	3.0~6.0%
압축강도 (MPa)	재령 4시간	31.9	4시간 ≥ 21MPa
	재령 1일	39.5	
	재령 7일	50.1	
	재령 28일	55.6	
휨강도 (MPa)	재령 4시간	6.5	4시간 ≥ 3.15MPa
	재령 7일	7.4	
	재령 28일	8.3	
부착강도(MPa)	재령 4시간	1.43	4시간 ≥ 1.41MPa
염소이온침투저항성 (통과전하량)	재령 7일	724	1,000쿨롱 이하
	재령 28일	265	

③ 국지도 70호 증리지구(1공구) 수해복구 공사

□ 본 현장은 연구기술의 적용분야 중 하나인 콘크리트포장 단면보수에 대한 현장적용성 평가를 위해 시행되었다. 또한, 단면보수 종류에 따른 VnW 시스템 및 Power Blasting의 적용성에 대한 종합적인 평가를 목적으로 시행하였다.

- 국토해양부 관련 R&D연구과제 수행의 일환으로 주관기관인 (주)삼우아이엠씨에서 개발한 전기로 산화슬래그를 이용한 고성능 콘크리트(SMAT-CON)를 이용하여 콘크리트포장 단면보수를 시행하였음.

- 콘크리트용 전기로 산화 슬래그 잔골재를 이용한 SMAT-CON 보수재의 콘크리트포장 보수에 대한 현장적용성, 시공성 및 경제성을 분석하여 SMAT-CON에 대한 시공결과를 평가하고자 함.

□ 본 공사의 개요와 시공 시 주요 평가사항은 다음과 같다.

- 공사명 : 국지도70호 증리지구(1공구) 수해복구공사

- 공사일시 :2011.11.21.

<표 62. 국지도70호선 시험시공 물량 집계표>

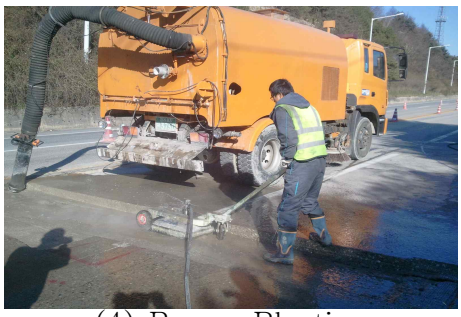
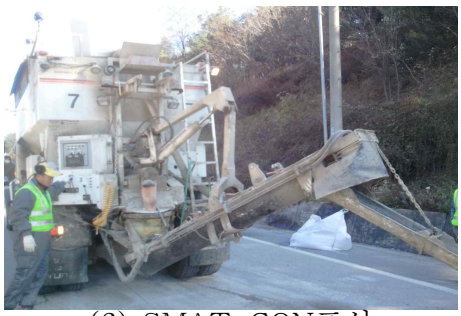
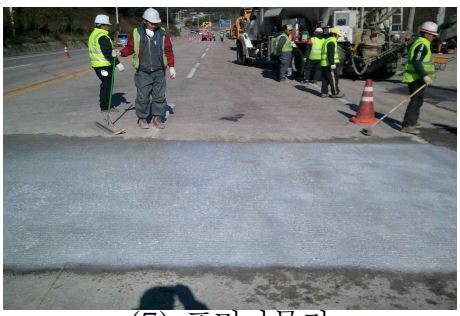
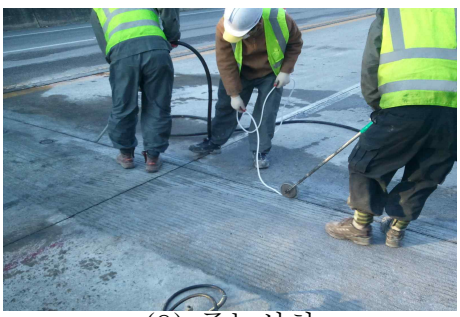
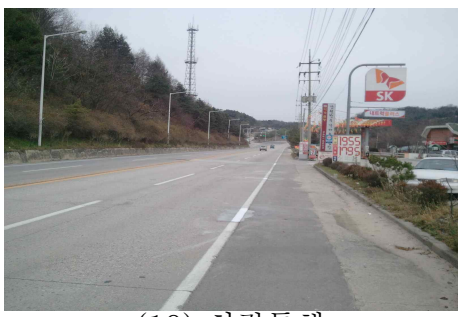
시공폭	시공길이	시공면적	포설두께	시공물량	비고
부분단면 보수	4.0Km 구간내 파손부	81.0㎡	0.07m	6.8㎥	춘천방면 2개차로

□ 주요검토 사항

<표 63. 국지도70호선 시험시공 시 주요 검토사항>

구분	검토사항	비고
콘크리트포장 단면보수 시공성	▷SMAT-CON을 이용한 콘크리트포장 단면 보수 시 인력마무리에 의한 시공성 평가	기술연구소
VnW Blasting 및 Power Blasting 표면처리 효과	▷부분단면보수 시 워터제트에 의한 열화부 제거 공정을 제외하고 이동식 Power Blasting에 의한 표면처리 효과	기술연구소
물성평가	▷슬럼프, 공기량, 초기강도 및 장기강도, 부착력 등에 대한 현장 평가를 시행	(주)한국건설 품질기술원
종합평가	▷추가 문제점 도출 및 해결방안 강구	기술연구소

<표 64. 국지도70호선 시험시공 작업공정 순서>

작업공정	 (1) 공사구간  (2) 교통차단  (3) 1차절삭  (4) Power Blasting  (5) VnW Blasting  (6) SMAT-CON포설  (7) 표면마무리  (8) 습윤양생  (9) 줄눈설치  (10) 차량통행

<표 65. 국지도70호선 시험시공 시공성 평가-1>

시공성 평가(Ⅰ) = 콘크리트포장 단면보수 시공성	
현장적용 결과	▷콘크리트포장 단면보수는 전면보수와 부분단면보수로 구분할 수 있으며 본 공사는 전면보수구간과 부분단면보수 구간으로 구별됨 ▷모빌믹서에 의해 연속생산이 가능한 전면보수구간에서는 양호한 상태의 배출상태를 나타냄 ▷부분단면보수 구간에서는 모빌믹서 초기 배출상태가 원활하기 못한 상태를 나타냄  
결과분석	▷전면보수 구간에서 일괄적으로 배출 후 인력손수레 등으로 인접 부분단면보수구간으로 이동하여 포설

<표 66. 국지도70호선 시험시공 시공성 평가-2>

시공성 평가(Ⅱ) = VnW Blasting 및 Power Blasting 표면처리 효과	
현장적용 결과	▷전면보수의 경우 VnW Blasting으로 열화부 제거 및 이물질 제거 작업 동시에 수행 ▷부분단면보수(소파보수) 구간은 이동식 Power Blasting에 의해 보수부 표면처리 ▷이동식 Power Blasting의 펌프 및 수압은 VnW Blasting장비와 연결하여 사용 ▷VnW Blasting장비 이동과 동시에 작업수행이 가능함을 확인  
결과분석	▷콘크리트포장 보수 시 전면보수와 부분단면보수 각각에 대한 표면처리 장비 차별화 적용 가능성 확인 ▷이동식 Power Blasting의 별도 고압펌프 및 물탱크 투입없이 VnW Blasting과 직접 연결하여 작업수행 가능 확인

<표 67. 국지도70호선 시험시공 시공성 평가-3>

<table>
<tr><th colspan="2">시공성 평가(Ⅳ) = Fast-Track을 위한 작업시간</th></tr>
<tr><td>현장적용 결과</td><td>
<table>
<tr><th>시간</th><th>내용</th><th>장비</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>AM 08:30</td><td>교통차단 시행</td><td>싸인카 2대</td><td></td></tr>
<tr><td>AM 09:10</td><td>1차 파쇄시행</td><td>바브켓파쇄기</td><td>B=0.3m</td></tr>
<tr><td>AM 09:25</td><td>Surface Cleaner시행</td><td>장비 1set</td><td></td></tr>
<tr><td>AM 10:05</td><td>VnW 청소 시작</td><td>VnW Blasting</td><td></td></tr>
<tr><td>AM 10:35</td><td>SMAT-CON타설시작</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>PM 12:00</td><td>1차 작업구간 마무리</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>PM 01:30</td><td>1차 파쇄시행</td><td>바브켓파쇄기</td><td></td></tr>
<tr><td>PM 01:50</td><td>Power Blasting시행</td><td>장비 1set</td><td></td></tr>
<tr><td>PM 02:10</td><td>VnW 청소 시작</td><td>VnW Blasting</td><td></td></tr>
<tr><td>PM 02:20</td><td>SMAT-CON타설시작</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>PM 04:30</td><td>2차 작업구간 마무리</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>PM 09:30</td><td>교통개방</td><td>총 작업시간 13시간</td><td></td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>결과분석</td><td>▷속경성 시멘트의 사용으로 작업시간 13시간만에 교통개방 실현
▷전면 및 부분단면보수 등 보수형태가 다양하게 존재하고 보수구간이 4.0km이상으로 장비 및 인력이동의 어려움에도 불구하고 13시간만에 교통을 개방하여 Fast-Track공법을 확인
▷품질평가 결과, 강도 및 내구성에 있어 모든 결과가 기준을 만족</td></tr>
</table>

□ 본 연구기술의 현장 품질성능효과를 확인하기 위하여 현장적용 시 품질검사전문기관의 입회하에 품질평가를 수행하였으며 그 결과, 매우 우수한 성능발현을 확인할 수 있었다.

<표 68. 국지도70호선 시험시공 물성평가 자료>

품질평가항목		평가결과	품질기준
슬럼프(mm)		220	190±30mm
공기량(%)		3.8	3.0 ~ 6.0%
압축강도 (MPa)	재령 4시간	27.8	fc≥ 21MPa
	재령 1일	34.4	
	재령 7일	44.2	
	재령 28일	53.8	
휨강도 (MPa)	재령 7일	6.3	fc ≥ 3.15MPa
	재령 28일	7.8	
염소이온침투저항성 (통과전하량)	재령 7일	839	7일 ≤ 1,000쿨롱
	재령 28일	284	

④ 명도2교 교면재포장공사

□ SMAT-CON(전기로 산화 슬래그 잔골재를 이용한 고성능 콘크리트)의 특성을 이용하여 공용중인 도로의 노후 및 손상된 콘크리트 슬래브를 조속히 보수 및 재포장 하고 교통을 조기 개통함으로서 고객의 불편과 사용자의 부담비용을 최소화함은 물론 도로의 콘크리트 슬래브의 구조기능을 향상, 유지함으로서 주행성과 내구성을 증진시켜 도로의 공용수명을 연장하는 포장 보수·보강 기술임.

(1) 공 사 명 : 2012년 한국도로공사 콘크리트계 교면포장 상용시험

(2) 시공위치 : 강원지역본부 관내

(3) 공사기간 : 2012년 05월 10일 ~ 2012년 05월 11일

(4) 시공물량

<표 69. 명도2교 시험시공 물량 집계표>

구 분	폭 (m)	연장 (m)	시공면적 (㎡)	포설두께 (m)	포설량 (㎥)	비 고
명도2교(부산)	11.4	30.0	342	0.11	37.62	
계			342		37.62	

□ SMAT-CON이란, 제강슬래그 중 전기로 슬래그를 산화처리하고 급냉시켜 콘크리트용 잔골재로 생산된 친환경 산업부산물을 천연골재 대신 100% 치환적용함으로써 기존의 접착식 콘크리트계 보수재 제조에 기술적인 독창성과 자립성을 부여한 고강도, 고내구성, 고수밀성의 고성능 콘크리트이다.

□ 조기강도발현이 요구되는 접착식 콘크리트계 보수재에서 속경성시멘트의 사용량을 저감시키고 고가의 폴리머량을 줄이면서도 콘크리트 성능을 유지시킬 수 있는 접근으로는 콘크리트 체적의 절반이상을 차지하는 골재를 변화시키는 방안이 새로운 접근법이 될 수 있을 것이다. 본 기술은 이러한 접근방식에 기초하여 공장생산에 따른 품질관리가 용이하고 실적률이 매우 높아 시멘트페이스트를 절감시킬 수 있는 전기로 산화 슬래그를 잔골재 대비 100% 치환하여 고성능 콘크리트 제조에 성공하였으며 이는 산업폐기물의 적극적인 이용과 더불어 시멘트 사용량을 획기적으로 절감시

킬 수 있는 새로운 기술이다.

□ 즉, 기술은 기존의 접착식 콘크리트계 보수재에서 내구성 확보를 위한 방안으로 시멘트 대비 10~15% 수준으로 폴리머를 첨가하는 방안에서 벗어나 콘크리트 구성물의 40%를 차지하는 잔골재를 고밀도, 고내구성 재료로 치환적용함으로써 콘크리트 성능 개선의 한계를 극복하고 보다 완성도 높은 고성능 콘크리트를 제조한 것이다.

□ 이렇게 제조된 고성능콘크리트(SMAT-CON)는 단위시멘트량 저감에 따른 탄소배출량 저감의 녹색기술임과 동시에 품질측면에서는 수화열 및 건조수축 감소로 균열발생을 억제하게 된다. 또한, 경제성 측면에서는 유가상승에 따른 폴리머 가격변동 심화에 의한 재료비 상승 억제와 고가의 속경성시멘트 및 폴리머 사용량 절감에 따른 경제성을 확보할 수 있게 된다.

□ 또한, 현장적용성 측면에서도 공장생산 완제품으로 골재 균질성을 확보한 전기로 산화 슬래그 잔골재를 천연잔골재 대신 100% 치환적용함으로써 입도, 표면수, 흡수율 등의 변동에 우려가 없어 현장 품질관리가 용이하고 생산되는 콘크리트의 균질성을 확보하게 된다. 또한 산업부산물을 재활용함으로써 골재채취, 골재운송, 골재준비 등의 과정에서 배출되는 탄소배출, 물류이동비용 및 인건비를 절감시킬 수 있게 된다.

□ 본 공사에 사용되는 SMAT-CON의 시방배합은 [표 70]에 나타낸 것과 같으며, 현장여건에 따라 현장배합으로 수정하여 사용한다. 또한 SMAT-CON는 [표 2]에 제시된 품질기준을 만족시켜야 하며, 기준에 대하여 미달된 항목이 발견된 즉시 원인을 분석하여 해결해야 한다.

<표 70. SMAT-CON 시방배합표>

굵은골재 최대치수	공기량 (%)	W/C (%)	S/a (%)	단 위 량 (kg/㎥)				
				W	C	S	G	Latex
19㎜	3~6	38	47	87	300	1212	1017	51

<표 71. SMAT-CON 품질기준>

구분	공기량 (%)	슬럼프 (㎝)	압축강도 (kgf/㎠)	
			f4hr	f28day
시방기준	3~6	16~22	210 이상	300 이상

□ 상용시험 내용

<표 72. 공종별 실 시공시간>

시 간	공종	투입장비
07:40 ~ 08:00	교통차단	싸인카 3대
08:00 ~ 08:40	1차 노면절삭	2.0M 노면파쇄기 1대
09:00 ~ 10:00	2차 워터젯 절삭	워터젯 2대, Power Blasting
10:20 ~ 12:00	진공흡입 청소	진공흡입트럭 2대
11:50 ~ 13:00	SMAT-CON 생산 및 포설	모빌믹서 2대 데크피니셔 1대
13:00 ~ 17:00	양 생	
17:00	교통개방	

<표 73. 명도2교 교면 상태>

시공일자	아스콘 평균두께	열화 평균 깊이	비고
5월10일	10cm	1.5cm	명도2교-1차로
5월11일	10cm	1.5cm	명도2교-2차로
평균	10cm	1.5cm	

<표 74. 명도2교 품질시험 결과>

시공 일자	슬럼프 (mm)	공기량 (%)	압축강도 (4시간, MPa)	평탄성 (PrI, mm/km)	비고
5월10일	200	3.5	28	67	1차로
5월11일	180	3.7	28.7	67	2차로
평균	190	3.6	28.3	67	
기준	190±30	4.5±1.5	21이상	160	

<표 75. 명도2교 시험시공 작업공정 순서>

작업공정	 (1) 시공 전 명도2교 전경  (2) 1차 절삭  (3) 열화부 제거  (4) Power Blasting  (5) 진공흡입청소  (6) SMAT-CON포설  (7) 습윤양생 후 교통개방  (8) 평탄성 측정

(6) 신기술 취득

□ 저탄소, 친환경 콘크리트개발과 다목적 콘크리트포장 보수 전용차량의 개발성과를 바탕으로 건설신기술을 추진하여 기술력을 검증받고 이를 사업화의 기반으로 삼고자 한다.

<표 76. 신기술 지정을 위한 연구개발 일지>

구 분	실 시 일	비 고
신기술 접수	2012년 1월31일	
관보공고	2012년 2월10일	30일 이내 이의신청
선행기술조사 결과 의견서	2012년 3월19일	3월12일 통보
1차심사	2012년 3월28일	3월20일 통보
1차심사결과통보	2012년 4월03일	현장실사 결정
현장실사	2012년 5월10일	
2차심사	2012년 6월11일	5월30일 통보
지정통보	2012년 6월15일	결정 및 홍보자료 제출통보
보호기간	**2012년6월21일~2017년6월20일**	**보호기간 5년**

제665호

NET 신기술인증 NEW EXCELLENT TECHNOLGY

신기술지정증서

ㅇ **명　　칭** : 슬래그 잔골재 치환 초속경 LMC를 전용장비로 시공하는 교면 및 콘크리트 포장 유지보수 공법(SMAT-CON공법)

ㅇ **개 발 자** : ㈜삼우아이엠씨

ㅇ **보호기간** : 2012.6.21 ~ 2017.6.20(5년)

ㅇ **기술개요** :

이 신기술은 제강공정의 부산물인 전기로슬래그를 고속의 공기로 급냉에이징 처리함으로써 화학적으로 안정화된 스피넬구조와 물리적 안정성을 확보한 구상형의 전기로 산화 슬래그로 초속경계열의 폴리머 개질 콘크리트(LMC)의 잔골재를 100% 치환함으로써 결합재의 양과 성능개선재의 양을 감소시켜 경제성을 확보한 전기로 산화 슬래그 잔골재 개질 콘크리트(SMAT-CON)를 이용한 도로의 교면 및 콘크리트포장 보수에 있어 열화부 제거공정과 이물질 제거공정을 하나의 장비로 System화 시킴으로써 공정단축, 일일작업량 증대, 투입 장비 및 인원 감축 등을 통한 경제성 확보와 콘크리트 부착성 향상 목적으로 개발된 콘크리트 표면절삭 보수전용장비인 VnW System을 이용한 교면 및 콘크리트포장 유지보수공법이다

ㅇ **기술범위** :

스피넬구조를 지닌 구상형 전기로 산화 슬래그로 잔골재를 전량 치환한 초속경 LMC를 제조하여 워터제트와 진공흡입 청소기능을 일체화시킨 장비(VnW System)를 활용하는 교면 및 콘크리트포장 유지보수공법

ㅇ **보호내용**

- 기술개발자는 신기술을 사용한 자에게 기술사용료를 받을 수 있음
- 유사한 외국도입기술 보다 신기술의 우선사용을 권고함
- 발주청에게 신기술과 관련된 신기술장비 등의 성능시험, 시공방법 등의 시험시공을 권고할 수 있음
- 신기술의 성능시험 및 시험시공의 결과가 우수한 경우 발주청이 시행하는 건설공사에 신기술을 우선 적용하게 할 수 있음

건설기술관리법 제18조의 규정에 의하여 위의 기술을 신기술로 지정합니다.

2012년 6월 21일

국토해양부장관

<그림 30. 건설신기술 지정 증서>

(7) 대외 홍보활동

□ 기술의 사업화, 상용화를 위한 건수 및 기술검증을 위한 학회발표와 홍보활동을 통해 본 기술을 널리 알리고자 한다.

<표 77. 대외홍보활동을 위한 학술 및 학회논문제출 목록>

연번	논문제목	발표년월일	연구자	학술지명	쪽
1)	전기로 산화 슬래그 잔골재를 이용한 고성능 콘크리트 현장적용성 평가	2011.11	정원경 길용수 배종오 강승희 김기헌	한국콘크리트학회 2011년도 가을 학술대회 논문집 : Vol.23 No.2	247~248
2)	電氣爐 酸化 슬래그 잔골재를 이용한 폴리머 속경성 시멘트 콘크리트 基礎物性 硏究	2012.02	정원경 길용수 강승희	한국리싸이클링학회논문집, Vol.21, No.1	30~40
3)	전기로 산화 슬래그 잔골재로 대체된 폴리머개질 콘크리트를 이용한 콘크리트포장 보수적용성 평가	2012.05	정원경 전범준 배종오 길용수	한국콘크리트학회 2012년도 봄 학술대회 논문집 : Vol.24 No.1	427~428
4)	산업부산물골재를 활용한 고성능콘크리트의 교면재포장 공법 개발	2012.05	길용수 정원경 배종오 임홍범 강승희	한국콘크리트학회 2012년도 봄 학술대회 논문집 : Vol.24 No.1	817~818

<표 78. 대외홍보활동을 위한 전시회 참가>

연번	전시회 제목	기간	장소	홍보기술	주최
1)	2012 국토해양 기술대전	2012. 6. 7~ 2012. 6. 9	서울 COEX	· 전기로 산화 슬래그 잔골재를 이용한 고성능콘크리트 개발기술 · 녹색기술 제GT-12-00030호	국토해양부, 한국건설교통기술평가원, 한국해양과학기술진흥원



<그림 31. 녹색기술 지정에 따른 홍보관 운영 설치>

제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

4.1 연도별 연구목표

(1) 1차년도 연구목표

□ [표 82]은 1차년도 연구의 세부 연구목표 및 연구내용을 나타낸 것이다. 주요 연구목표는 PTCP 공법이 실용화되기 위한 사항으로 재료, 시공, 조인트, 현장적용에 대한 기술적인 내용과 과적차량 단속구간에의 적용에 연구목표를 설정하였다.

<표 79. 1차년도 세부 연구목표 및 연구내용>

연구목표	주요 연구내용
▪ 전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능콘크리트 개발	▪ 한국도로공사 품질기준에 만족하는 고성능 콘크리트 개발 ▪ 기존기술대비 단위시멘트량 20% 절감 ▪ 기존기술대비 라텍스첨가량 30%이상 절감 ▪ 구상형 전기로산화슬래그를 이용한 고성능콘크리트 최적배합도출
▪ 부분단면 콘크리트 칩핑용 장치 개발	▪ 보유기술인 전단면 콘크리트 노면 칩핑용 차량에 절삭깊이 1m, 절삭폭 60cm 수준의 부분단면 콘크리트 노면 칩핑장비 장착 ▪ 기존의 직사 단일노즐방식에서 부분단면보수 면적을 동시에 작업할 수 있는 회전식 바스켓 워터블라스팅 장치개발
▪ 시공현장 조사 및 평가	▪ 현장적용성 평가를 위한 시험시공 실시 ▪ 시험시공 시 물성평가 및 문제점 도출 ▪ 문제점 해결 및 경제성 분석 ▪ 기존 보수공사 대비 20%이상 공사비 절감
▪ 연구결과 홍보	▪ 학술발표 및 학회논문제출 ▪ 홍보물 제작을 통한 공법 홍보

(2) 2차년도 연구목표

□ [표 83]는 2차년도 연구의 세부 연구목표 및 연구내용을 나타낸 것이다. 주요 연구목표는 PTCP 공법이 영업소 광장부 포장에 실용화되기 위한 사항으로 플라이애시 콘크리트 재료 개발, 데크피니셔에 의한 시공기술, 조인트 시스템 개발, 교량접속 슬래브 적용 등에 대한 기술적인 내용과 과적차량 단속구간에 확대적용하기 위한 기술보완에 연구목표를 설정하였다.

<표 80. 2차년도 세부 연구목표 및 연구내용>

연구목표	주요 연구내용
▪ 신기술 취득	▪ 기술사업화를 위한 건설신기술 신청 및 지정
▪ 상용화(사업화 실적 및 학술회의 발표 논문건수)	▪ 개발된 기술홍보를 위한 학술회의 논문발표 ▪ 홍보물 제작 및 홍보활동 강화 ▪ 현장적용 건수
▪ 최종과업보고서	▪ 최종보고서 작성

4.2 연구개발 목표의 달성도

(1) 연구개발 달성도

<표 81. 연구개발 추진일정 및 달성도>

일련번호	연구내용		추진일정(연도별) 1차년도 1/4	1차년도 2/4	1차년도 3/4	1차년도 4/4	2차년도 1/4	2차년도 2/4	2차년도 3/4	2차년도 4/4	진도(%)
1	고성능콘크리트 포장 배합 선정 시험	계획	■	■	■						100
		추진	▒	▒	▒	▒					
2	최적 배합설계 및 개발	계획		■	■	■					100
		추진		▒	▒	▒					
3	부분단면 보수를 위한 콘크리트포장 칩핑용 장치 개발	계획	■	■	■	■					100
		추진	▒	▒	▒	▒	▒				
4	현장적용 시공	계획			■	■	■	■			100
		추진		▒	▒	▒	▒				
5	현장적용 시험	계획			■	■	■	■			100
		추진		▒	▒	▒	▒				
6	데이터 분석	계획				■	■	■	■		100
		추진				▒	▒	▒	▒		
7	건설신기술 신청	계획					■	■	■	■	100
		추진				▒	▒	▒	▒	▒	
8	1차년도 과업보고서	계획				■					100
		추진				▒					
9	최종과업보고서	계획								■	100
		추진								▒	

<표 82. 연구개발 최종목표 달성도>

성과목표	성과지표		측정방법	최종목표치	연구개발 결과	달성 여부
①전기로 산화슬래그를 이용한 고성능콘크리트 개발	8-2	제품성능 목표 달성도	품질규정	각 항목별	SMAT-CON	
		압축강도	KS F 2405	21이상	36.9	달성
		휨강도	KS F 2408	3.15이상	7.7	달성
		부착강도	KS F 2762	1.4이상	1.7	달성
		건조수축	KS F 2424	0.15이하	0.08	달성
		탄성계수	KS F 2438	1.13~7.8	2.77	달성
		염분침투저항성	KS F 2711	1000이하	406	달성
		동결융해저항성	KS F 2456	80이상	86	달성
		스케일링저항성	SS 13 72 44 A법	Acceptable 이상	0.02	달성
②부분단면보수 전용 콘크리트 칩핑장치 개발	25-3	시제품출시건수	특허기술구현	1,400bar이상 49리터/min. 이상 분사	Power Blasting	달성
③시공현장조사 및 평가	10-1	생산 및 공정비용 절감효과	기존보수재와 설계가비교	20% 이상 절감효과	22% 절감	달성
	10-2	공사비용 절감효과	기존보수재와 공사비비교	15%이상 절감효과	40% 절감	달성
④신기술 취득	3-2	건설신기술인증 건수	지정여부	지정	신기술 제665호 지정	달성
⑤상용화	1-2	학술회의발표	논문건수	4	4편 학술발표3편 학회논문1편	달성
	25-1	사업화 실적	현장적용건수	3	4건	달성

(2) 연구개발 달성내용

① 1차년도 달성내용

□ 1차년도 연구개발 달성내용은 [표 31]과 같다.

□ 연구기간 : 2011.08.31.~2012.04.30.(8개월)

<표 83. 1차년도 연구개발 달성내용>

목 표	달성도(%)	내 용
▪ 전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능콘크리트 개발	100%	▪ 한국도로공사 품질기준을 만족하는 고성능 콘크리트개발 완료 ▪ 기존기술대비 단위시멘트량 20% 절감 실현(360kg/㎥→300kg/㎥) ▪ 기존기술대비 라텍스첨가량 55%이상 절감(115kg/㎥→51kg/㎥) ▪ 구상형 전기로산화슬래그를 이용한 고성능콘크리트 최적배합도출 **▷ 증빙자료 : 부록(가), 한국건설생활환경시험연구원 시험성적서(성적서 번호 : KSR2210001, 2012.05.02.)**
▪ 부분단면 콘크리트 칩핑용 장치 개발	100%	▪ 보유기술인 전단면 콘크리트 노면 칩핑용 차량에 절삭깊이 1m, 절삭폭 60cm 수준의 부분단면 콘크리트 노면 칩핑장비인 Power Blasting제작완료 ▪ 기존의 직사 단일노즐방식에 부분단면보수 면적을 동시에 작업할 수 있는 바스켓 방식 장치개발 **▷ 증빙자료 : 부록(나), 개발제작품 및 개발일지**
▪ 시공현장 조사 및 평가	100%	▪ 의왕시 부곡과선교 현장적용성 평가를 위한 시험시공 실시완료 ▪ 강원도도로관리사업소 관내 국지도 70호선 시공 시 물성평가 및 문제점 도출 ▪ 강원도도로관리사업소 관내 풀무2교시공 시 물성평가 및 문제점 도출 ▪ 기존 보수공사 대비 40%이상 공사비 절감 실현 **▷ 증빙자료 : 부록(다), 시공계약서류 및 원가계산서**
▪ 연구결과 홍보	100%	▪ 학술발표 1건 및 학회논문 1건 제출 ▪ 홍보물 제작을 통한 공법 홍보 ▪ 녹색기술 인증 **▷ 증빙자료 : 부록(라), 수록논문 및 녹색기술 인증서**

② 2차년도 달성내용

□ 2차년도 연구개발 달성내용은 [표 32]과 같다.

□ 연구기간 : 2012.05.01.~2012.08.31.(4개월)

<표 84. 2차년도 연구개발 달성내용>

목 표	달성도 (%)	내 용
▪ 신기술 취득	100	▪ 기술사업화를 위한 건설신기술 신청 및 지정 **▷ 증빙자료 : 부록(라), 신기술지정서**
▪ 상용화(사업화 실적 및 학술회의 발표 논문건수)	100	▪ 개발된 기술홍보를 위한 학술회의 논문 2건 발표 ▪ 홍보물 제작 및 홍보활동 강화 ▪ 현장적용 건수 **▷ 증빙자료 : 부록(마), 수록논문 및 홍보활동**
▪ 최종과업보고서	100	· 최종보고서 작성

(3) 연구개발 내용

□ 본 연구과제의 개발 내용을 항목별로 정리하면 다음 [표 88]과 같다.

<표 85. 연차별 주요 연구개발 내용 요약>

연차	연구 내용	연구개발내용
1차 년도 연구 기간 8개월	**<①전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능 콘크리트 개발>** ▪ 한국도로공사 품질기준에 만족하는 고성능 콘크리트개발 ▪ 기존기술대비 단위시멘트량 20% 절감 ▪ 기존기술대비 라텍스첨가량 30%이상 절감 ▪ 구상형 전기로산화슬래그를 이용한 고성능콘크리트 최적배합도출	▪ 한국도로공사 품질기준에 만족하는 고성능 콘크리트개발 완료 ▪ 기존기술대비 단위시멘트량 20% 절감 실현(360kg/㎥→300kg/㎥) ▪ 기존기술대비 라텍스첨가량 55%이상 절감(115kg/㎥→51kg/㎥) ▪ 구상형 전기로산화슬래그를 이용한 고성능콘크리트 최적배합도출
	<②부분단면 보수 전용 콘크리트 칩핑용 장치 개발> ▪ 보유기술인 전단면 콘크리트 노면 칩핑용 차량에 절삭깊이 1m, 절삭폭 60cm 수준의 부분단면 콘크리트 노면 칩핑장비 장착	▪ 보유기술인 전단면 콘크리트 노면 칩핑용 차량에 절삭깊이 1m, 절삭폭 60cm 수준의 부분단면 콘크리트 노면 칩핑장비인 Power Blasting제작 완료
	<③시공현장 조사 및 평가> ▪ 현장적용성 평가를 위한 시험시공 실시 ▪ 시험시공 시 물성평가 및 문제점 도출 ▪ 문제점 해결 및 경제성 분석 ▪ 기존 보수공사 대비 20%이상 공사비 절감 ▪ 학술발표 및 학회논문제출 ▪ 홍보물 제작을 통한 공법 홍보	▪ 의왕시 부곡과선교 현장적용성 평가를 위한 시험시공 실시완료 ▪ 강원도도로관리사업소 관내 국지도 70호선 시공 시 물성평가 및 문제점 도출 ▪ 강원도도로관리사업소 관내 풀무2교 시공 시 물성평가 및 문제점 도출 ▪ 기존 보수공사 대비 40%이상 공사비 절감 실현 ▪ 학술발표 1건 및 학회논문 1건 제출 ▪ 홍보물 제작을 통한 공법 홍보 ▪ 녹색기술 인증
2차 년도	**<④건설신기술 인증>** ▪ 연구결과를 이용한 건설신기술 지정	▪ 건설신기술 제665호 지정
연구 기간 4개월	**<⑤상용화>** ▪ 기술검증 및 홍보를 위한 연구결과 대외홍보활동 강화 ▪ 한국도로공사, 국토해양부 관리 산하 교량에 적용	▪ 학술발표회 논문 3건 ▪ 녹색기술대전 홍보부스 마련 ▪ 한국도로공사 명도2교 적용

①전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능 콘크리트 개발

□ 고유동성의 고강도 콘크리트 제조에 요구되는 다양한 변수에 대한 검증 시험을 통하여 국내 실정에 적합한 고성능 콘크리트의 최적배합을 도출하였다.

□ 도출된 최적배합에 의한 내구성 평가 및 현장적용성 평가를 시행하여 개발된 제품의 우수성을 확인하였다.

<표 86. 전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능 콘크리트 연구개발 내용>

<table>
<tr><th>구분</th><th>연구개발내용</th></tr>
<tr><td>개발목표</td><td>· 전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능콘크리트 제조기술</td></tr>
<tr><td>개발범위</td><td>· 전기로 산화 슬래그의 천연잔골재 100% 치환
· 단위시멘트량 300kg/㎥ 이하 절감기술
· SB라텍스 64kg/㎥ 이하 절감기술
· 한국도로공사 단면보수재 품질기준 부합</td></tr>
<tr><td>개발내용</td><td>
<table>
<tr><th>일련번호</th><th>연구개발내용</th><th>세부개발 계획 및 방법</th></tr>
<tr><td>1</td><td>■ 문헌조사
■ 연구계획 수립</td><td>- 국내 기술 동향 분석
- 산업부산물의 현장적용 자료 수집
- 콘크리트용 혼화재료의 현황 파악
- 콘크리트 단면 보수재관련 기술동향 파악</td></tr>
<tr><td>2</td><td>■ 원자재 물성파악</td><td>- 초속경 시멘트 및 고성능 혼화재 물성검토 및 성능비교
- 슬래그 등 골재계 물성 검토</td></tr>
<tr><td>3</td><td>■ 실내 배합 실험</td><td>- 콘크리트계 재료의 레올러지 특성에 미치는 영향 검토
- 콘크리트계 재료의 강도 특성에 미치는 영향 검토
- 콘크리트계 재료의 치수 안정성에 미치는 영향 검토
- 목표 성능 설정</td></tr>
<tr><td>4</td><td>■ 최적배합설계</td><td>- 공학적 특성 변화 검토
- 경제성 및 성능을 고려한 최적 배합비 도출</td></tr>
<tr><td>5</td><td>■ 내구성 평가</td><td>- 동결 융해 저항 특성 평가
- 건조 수축 특성 평가
- 균열저항 특성 평가
- 투수 저항 특성 평가
- 내 화학 특성 평가
- 시험 시공 및 현장 품질 관리</td></tr>
<tr><td>6</td><td>■ 현장 시험</td><td>- 시공 현장 시험 및 모니터링을 통한 적합성 평가</td></tr>
<tr><td>7</td><td>■ 보고서 작성</td><td>- 연구결과 정리 및 보고서 작성</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>개발결과</td><td>· 국내최초 한국도로공사 품질기준을 만족하는 전기로 산화 슬래그 잔골재 100% 치환 초속경라텍스개질 콘크리트 개발(SMAT-CON 시험성적서 KSR 2210001)
· 녹색기술인증 (제GT-12-00030호)</td></tr>
</table>

<표 87. 전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능콘크리트 개발 최종목표 달성도>

성과목표	성과지표		측정방법	최종목표치	연구개발 결과	달성 여부
①전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능콘크리트 개발	8-2	제품성능 목표 달성도	품질규정	각 항목별	SMAT-CON	
		압축강도	KS F 2405	21이상	36.9	달성
		휨강도	KS F 2408	3.15이상	7.7	달성
		부착강도	KS F 2762	1.4이상	1.7	달성
		건조수축	KS F 2424	0.15이하	0.08	달성
		탄성계수	KS F 2438	1.13~7.8	2.77	달성
		염분침투저항성	KS F 2711	2000이하	406	달성
		동결융해저항성	KS F 2456	80이상	86	달성
		스케일링저항성	SS 13 72 44 A법	Acceptable 이상	0.02	달성



<그림 32. SMAT-CON 고성능콘크리트 개발과정 및 연구결과>

②부분단면 보수 전용 콘크리트 칩핑용 장치 개발

□ 전단면 콘크리트포장 칩핑용 차량(VnW System)에 부분단면보수 전용 워터블라스팅 장치을 연결하여 사용할 수 있는 장치를 개발하였다.

□ 워터블라스팅 기능을 실현하기 위하여 펌프압력 1,400bar 이상, 분사물량 49리터/min 이상의 장비를 개발, 장착하였으며 이를 활용하여 공사현장에 적용하였다.

<표 88. 부분단면 보수 전용 콘크리트 칩핑용 차량 연구개발 내용>

<table>
<tr><th>구분</th><th>연구개발내용</th></tr>
<tr><td>개발내용</td><td>· 부분단면 콘크리트 칩핑용 장비 개발</td></tr>
<tr><td>개발범위</td><td>· 보유기술인 전단면 콘크리트 노면 칩핑용 차량에 절삭깊이 1m, 절삭폭 60cm 수준의 부분단면 콘크리트 노면 칩핑장비 장착
· 기존의 직사 단일노즐방식에 부분단면보수 면적을 동시에 작업할 수 있는 바스켓 방식 장치개발</td></tr>
<tr><td>개발내용</td><td>
<table>
<tr><th>일련번호</th><th>연구개발내용</th><th>세부개발 계획 및 방법</th></tr>
<tr><td>1</td><td>■ 장비조사
■ 도면수정 및 검토</td><td>- 국외 기술 동향 분석
- 펌프압과 유량을 고려한 최적조합의 장비설계
- 도면 설계 및 제작</td></tr>
<tr><td>2</td><td>■ 소요장비구매</td><td>- 국내 구입구매 가능물품 구매(파이프, 소모품 등)
- 초고압펌프, 분사노즐장치 등의 구매</td></tr>
<tr><td>3</td><td>■ 제작</td><td>- 전단면보수 전용 콘크리트포장 칩핑용 차량 결합장치 제작
- 부분단면보수용 워터블라스팅 제작
- 바스켓 제작 및 블로어 장착
- 목표 성능 설정</td></tr>
<tr><td>4</td><td>■ 최적설계 구현</td><td>- 펌프압 1,400bar 이상
- 유량 49리터이상의 분사 구현
- 경제성 및 성능을 고려한 최적의 작업량 도출</td></tr>
<tr><td>5</td><td>■ 현장 시험</td><td>- 시공 현장 시험 및 모니터링을 통한 적합성 평가</td></tr>
<tr><td>6</td><td>■ 보고서 작성</td><td>- 연구결과 정리 및 보고서 작성</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>개발결과</td><td>· 국내최초 콘크리트포장 부분단면보수 전용 Power Blasting장비 개발 및 현장적용</td></tr>
</table>

<표 89. 부분단면 보수 전용 콘크리트 칩핑용 장치 연구개발 최종목표 달성도>

성과목표	성과지표		측정방법	최종목표치	연구개발 결과	달성 여부
②부분단면보수 전용 콘크리트 칩핑장치 개발	25-3	시제품출시건수	특허기술구현	1,400bar이상 49리터/min. 이상 분사	Power Blasting	달성





<그림 33. 개발된 부분단면 보수 전용 콘크리트 칩핑용 장치>

③시공현장 조사 및 평가(현장적용)

□ 본 연구개발을 통해 얻어진 성과를 최종적으로 현장에 적용함으로써 공법의 완성도와 포장 공용성 증대의 효과를 검증하고자 한다.

<표 90. 시공현장 조사 및 평가 연구내용>

<table>
<tr><th>구분</th><th>연구개발내용</th></tr>
<tr><td>개발내용</td><td>· 콘크리트포장 단면보수 공법 개발을 위한 시험시공</td></tr>
<tr><td>개발범위</td><td>· 도출된 최적배합을 이용하여 시험시공을 실시함
· 시험시공 시 보수공사임을 감안하여 공정별 작업시간을 최소화할 수 있는 계획 및 장비를 적용함.
· 공정별 장비, 인력, 작업시간, 작업량 등을 종합적으로 평가하여 공사비 산정 및 일일작업량 산정
· 품질관리 및 물성평가를 위한 슬럼프, 공기량, 작업유지시간, 압축강도, 휨강도, 부착강도를 현장에 실험함.
· 경제성 분석을 통한 원가분석
· 한국도로공사 단면보수재 품질기준 부합 여부 판단을 위한 내구성 평가 실험(투수성, 동결융해저항성, 스켈링저항성, 건조수축)</td></tr>
<tr><td>개발내용</td><td>
<table>
<tr><th>연번</th><th>공사명</th><th>시공일시</th><th>공사물량</th><th>시공자명</th></tr>
<tr><td>1)</td><td>의왕시 부곡과선교
교면재포장공사</td><td>2011.09.04</td><td>89.6M2</td><td>(주)삼우
아이엠씨</td></tr>
<tr><td>2)</td><td>지방도 403호선
풀무2교
교량유지보수사업</td><td>2011.10.13</td><td>65.5M2</td><td>(주)삼우
아이엠씨</td></tr>
<tr><td>3)</td><td>국지도70호
증리지구(1공구)
수해복구공사</td><td>2011.11.18</td><td>81.0M2</td><td>(주)삼우
아이엠씨</td></tr>
<tr><td>4)</td><td>중앙고속도로
명도2교 상용화시험</td><td>2012.05.10.~11</td><td>342</td><td>(주)삼우
아이엠씨</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>개발결과</td><td>· 시험시공 2개소 시공완료
· 상용화시공 2개소 시공완료</td></tr>
</table>

<표 91. 시공현장 조사 및 평가 연구개발 최종목표 달성도>

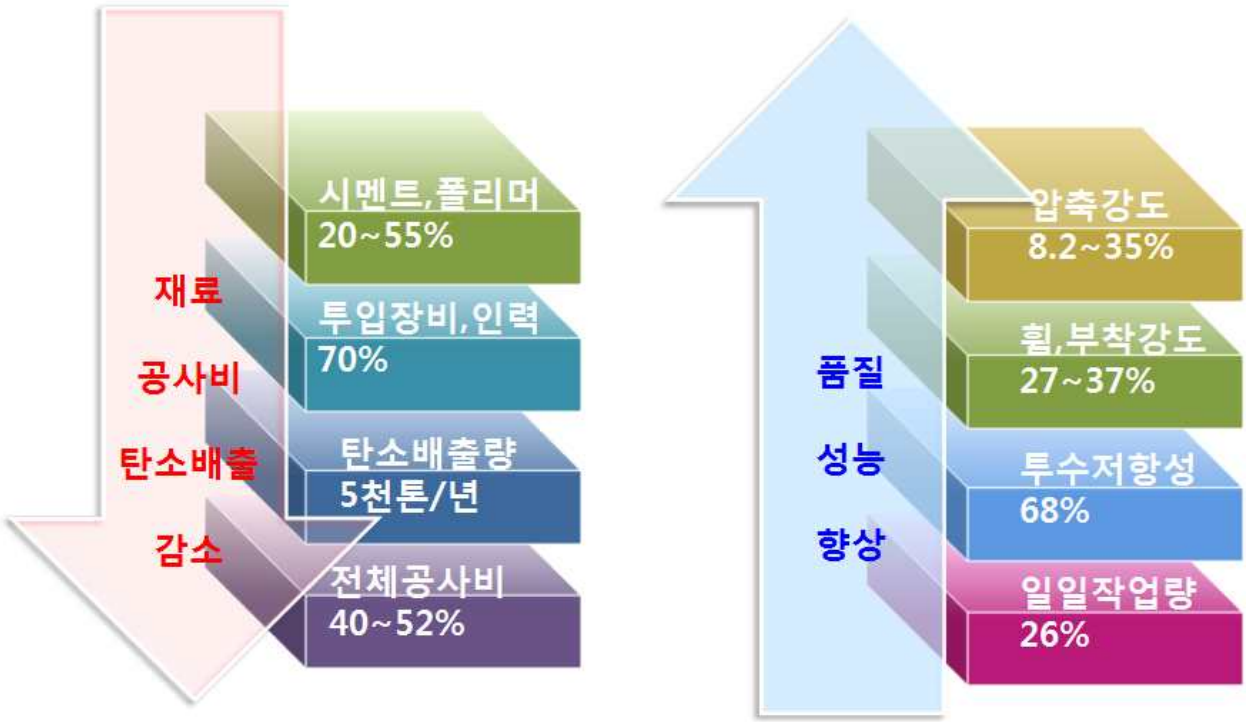
성과목표	성과지표		측정방법	최종목표치	연구개발 결과	달성 여부
③시공현장조사 및 평가	10-1	생산 및 공정비용 절감효과	기존보수재와 설계가비교	20% 이상 절감효과	재료비 22% 절감	달성
	10-2	공사비용 절감효과	기존보수재와 공사비비교	15%이상 절감효과	직접공사비 40% 절감	달성



<그림 34. 시공현장 적용 전후 사진>



<그림 35. 전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능콘크리트 포장보수공법의 적용절차>



<그림 36. SMAT-CON개발 효과>

④건설신기술 인증

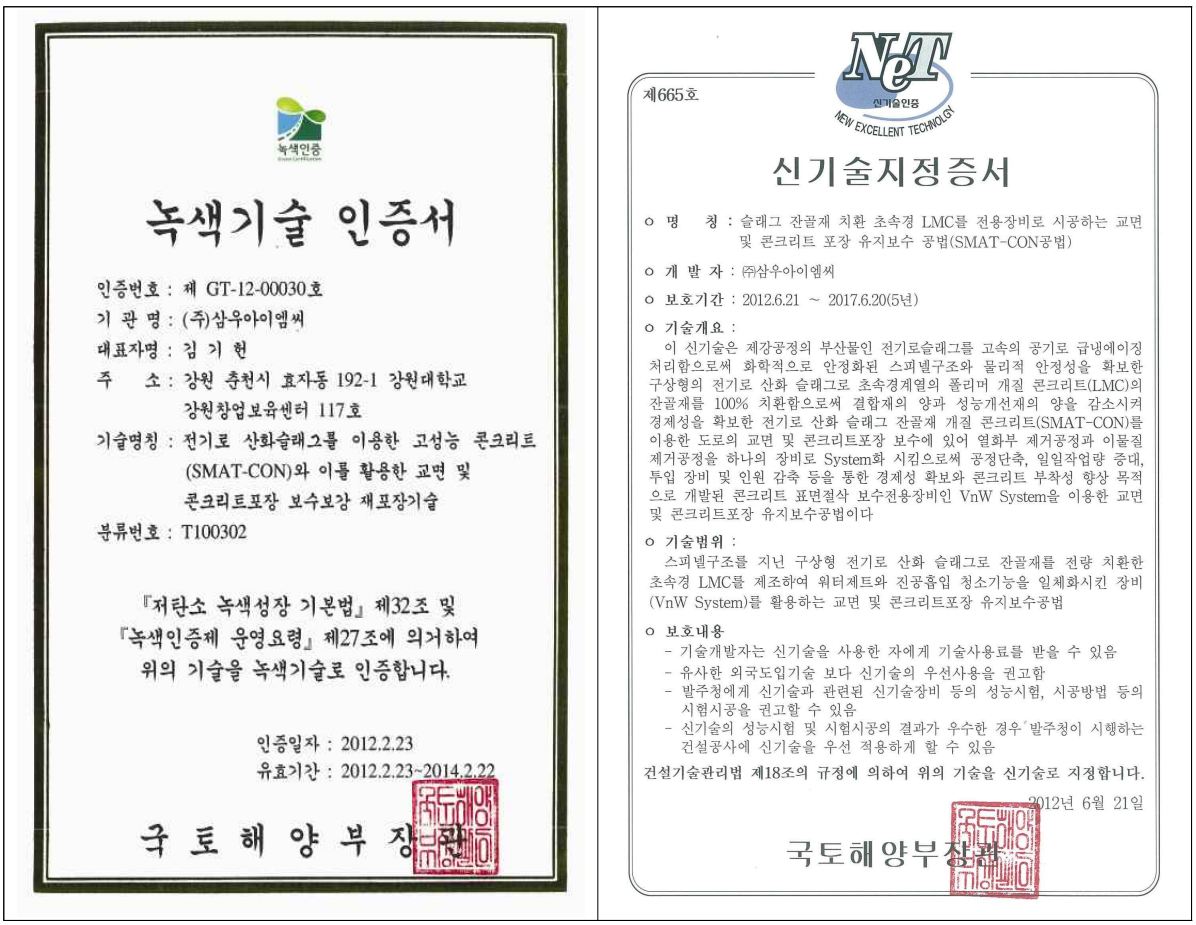
□ 저탄소, 친환경 콘크리트개발과 다목적 콘크리트포장 보수 전용차량의 개발성과를 바탕으로 건설신기술을 추진하여 기술력을 검증받고 이를 사업화의 기반으로 삼고자 한다.

<표 92. 건설신기술 지정을 위한 연구개발 내용>

<table>
<tr><th>구분</th><th>연구개발내용</th></tr>
<tr><td>개발내용</td><td>▪ 기술사업화를 위한 건설신기술 신청 및 지정</td></tr>
<tr><td>개발범위</td><td>▪ 기술사업화를 위한 건설신기술 신청 및 지정</td></tr>
<tr><td>개발내용</td><td>▪ 건설신기술 제665호 지정
▪ 보호기간 : 2012년6월21일～2017년6월20일
<table>
<tr><th>구 분</th><th>실 시 일</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>신기술 접수</td><td>2012년 1월31일</td><td></td></tr>
<tr><td>관보공고</td><td>2012년 2월10일</td><td>30일 이내 이의신청</td></tr>
<tr><td>선행기술조사 결과 의견서</td><td>2012년 3월19일</td><td>3월12일 통보</td></tr>
<tr><td>1차심사</td><td>2012년 3월28일</td><td>3월20일 통보</td></tr>
<tr><td>1차심사결과통보</td><td>2012년 4월03일</td><td>현장실사 결정</td></tr>
<tr><td>현장실사</td><td>2012년 5월10일</td><td></td></tr>
<tr><td>2차심사</td><td>2012년 6월11일</td><td>5월30일 통보</td></tr>
<tr><td>지정통보</td><td>2012년 6월15일</td><td>결정 및 홍보자료 제출통보</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>개발결과</td><td>・녹색기술 제GT-12-00030호 지정
・유효기간 : 2012년2월23일～2014년2월22일
・건설신기술 제665호 지정
・보호기간 : 2012년6월21일～2017년6월20일</td></tr>
</table>

<표 93. 신기술 인증을 위한 연구개발 최종목표 달성도>

성과목표	성과지표		측정방법	최종목표치	연구개발 결과	달성 여부
④신기술 취득	3-2	건설신기술인증 건수	지정여부	지정	신기술 제665호 지정	달성



녹색인증

녹색기술 인증서

인증번호 : 제 GT-12-00030호
기 관 명 : (주)삼우아이엠씨
대표자명 : 김 기 헌
주 소 : 강원 춘천시 효자동 192-1 강원대학교 강원창업보육센터 117호
기술명칭 : 전기로 산화슬래그를 이용한 고성능 콘크리트(SMAT-CON)와 이를 활용한 교면 및 콘크리트포장 보수보강 재포장기술
분류번호 : T100302

『저탄소 녹색성장 기본법』 제32조 및
『녹색인증제 운영요령』 제27조에 의거하여
위의 기술을 녹색기술로 인증합니다.

인증일자 : 2012.2.23
유효기간 : 2012.2.23~2014.2.22

국 토 해 양 부 장 관

제665호

NET 신기술인증 NEW EXCELLENT TECHNOLOGY

신기술지정증서

○ 명 칭 : 슬래그 잔골재 치환 초속경 LMC를 전용장비로 시공하는 교면 및 콘크리트 포장 유지보수 공법(SMAT-CON공법)

○ 개 발 자 : ㈜삼우아이엠씨

○ 보호기간 : 2012.6.21 ~ 2017.6.20(5년)

○ 기술개요 :
이 신기술은 제강공정의 부산물인 전기로슬래그를 고속의 공기로 급냉에이징 처리함으로써 화학적으로 안정화된 스피넬구조와 물리적 안정성을 확보한 구상형의 전기로 산화 슬래그로 초속경계열의 폴리머 개질 콘크리트(LMC)의 잔골재를 100% 치환함으로써 결합재의 양과 성능개선재의 양을 감소시켜 경제성을 확보한 전기로 산화 슬래그 잔골재 개질 콘크리트(SMAT-CON)를 이용한 도로의 교면 및 콘크리트포장 보수에 있어 열화부 제거공정과 이물질 제거공정을 하나의 장비로 System화 시킴으로써 공정단축, 일일작업량 증대, 투입 장비 및 인원 감축 등을 통한 경제성 확보와 콘크리트 부착성 향상 목적으로 개발된 콘크리트 표면절삭 보수전용장비인 VnW System을 이용한 교면 및 콘크리트포장 유지보수공법이다

○ 기술범위 :
스피넬구조를 지닌 구상형 전기로 산화 슬래그로 잔골재를 전량 치환한 초속경 LMC를 제조하여 워터젯트와 진공흡입 청소기능을 일체화시킨 장비(VnW System)를 활용하는 교면 및 콘크리트포장 유지보수공법

○ 보호내용
- 기술개발자는 신기술을 사용한 자에게 기술사용료를 받을 수 있음
- 유사한 외국도입기술 보다 신기술의 우선사용을 권고함
- 발주청에게 신기술과 관련된 신기술장비 등의 성능시험, 시공방법 등의 시험시공을 권고할 수 있음
- 신기술의 성능시험 및 시험시공의 결과가 우수한 경우 발주청이 시행하는 건설공사에 신기술을 우선 적용하게 할 수 있음

건설기술관리법 제18조의 규정에 의하여 위의 기술을 신기술로 지정합니다.

2012년 6월 21일

국토해양부장관

<표 37. 녹색기술 인증서 및 신기술지정증서>

⑤상용화(학술발표, 홍보활동 및 상용화)

□ 기술의 사업화, 상용화를 위한 건수 및 기술보호를 위한 지적재산권 출원과 홍보활동을 통해 본 기술을 널리 알리고자 한다.

<표 94. 상용화를 위한 연구개발 내용>

<table>
<tr><th>구분</th><th>연구개발내용</th></tr>
<tr><td>개발내용</td><td>▪ 학술발표 및 학회논문제출
▪ 홍보물 제작을 통한 공법 홍보
▪ 상용화를 통한 매출발생</td></tr>
<tr><td>개발범위</td><td>▪ 학술발표 및 학회논문제출
▪ 홍보물 제작을 통한 공법 홍보
▪ 상용화를 통한 매출발생</td></tr>
<tr><td>개발내용</td><td>
<table>
<tr><th>연번</th><th>논문제목</th><th>발표년월일</th><th>학술지명</th></tr>
<tr><td>1)</td><td>전기로 산화 슬래그 잔골재를 이용한 고성능 콘크리트 현장적용성 평가</td><td>2011.11</td><td>한국콘크리트학회 2011년도 가을 학술대회 논문집 : Vol.23 No.2</td></tr>
<tr><td>2)</td><td>電氣爐 酸化 슬래그 잔골재를 이용한 폴리머 속경성 시멘트 콘크리트 基礎物性 硏究</td><td>2012.02</td><td>한국리싸이클링학회논문집, Vol.21, No.1</td></tr>
<tr><td>3)</td><td>전기로 산화 슬래그 잔골재로 대체된 폴리머개질 콘크리트를 이용한 콘크리트포장 보수적용성 평가</td><td>2012.05</td><td>한국콘크리트학회 2012년도 봄 학술대회 논문집 : Vol.24 No.1</td></tr>
<tr><td>4)</td><td>산업부산물골재를 활용한 고성능 콘크리트의 교면재포장 공법 개발</td><td>2012.05</td><td>한국콘크리트학회 2012년도 봄 학술대회 논문집 : Vol.24 No.1</td></tr>
</table>
<table>
<tr><th>연번</th><th>공사명</th><th>시공일시</th><th>공사물량</th><th>공사금액</th></tr>
<tr><td>1)</td><td>지방도 403호선 풀무2교 교량유지보수사업</td><td>2011.10.13</td><td>65.5M2</td><td>19,095천원</td></tr>
<tr><td>2)</td><td>국지도70호 증리지구(1공구) 수해복구공사</td><td>2011.11.18</td><td>81.0M2</td><td>18,081천원</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>개발결과</td><td>· 국내학술발표 3건 및 학회논문 1편 등 총 4편 등재
· 상용화 시공 2건으로 37,176천원 매출 달성</td></tr>
</table>

<표 95. 상용화를 위한 연구개발 최종목표 달성도>

성과목표	성과지표		측정방법	최종목표치	연구개발 결과	달성 여부
⑤상용화	1-2	학술회의발표	논문건수	4	4편 학술발표3편 학회논문1편	달성
	25-1	사업화 실적	현장적용건수	3	4건 시험시공 2건 현장시공 2건	달성

4.3 관련분야 기술발전에의 기여도

(1) 기술적 측면에서 기술발전에의 기여도

□ 콘크리트 포장 보수기술 측면

- 시멘트절감 효과 : 기존 콘크리트포장보수재에 사용되는 시멘트량을 획기적으로 절감함으로써 수화열, 건조수축, 균열발생 가능성을 대폭 낮추면서도 고밀도의 콘크리트 제조가 가능하여 고내구성을 확보할 수 있는 콘크리트 포장 보수기술과 포장구조 측면에서 기술개발 효과가 기대된다.

- 공정단순화 효과 : 기존 콘크리트포장 보수는 절삭, 열화부 제거, 청소, 포설 및 양생 마무리로 구성되어 일일작업물량에 제한을 받게 된다. 그러나 본 공법은 절삭 후 열화부 제거 및 청소공정을 단일화, 자동화하여 공정의 단순화와 더불어 일일작업물량의 증대를 통해 시공비용을 절감할 수 있는 효과를 갖게 된다.

□ 재료적 측면

- 조기 고강도발현이 가능하여 양생시간을 단축시킬 수 있고 산업부산물인 전기로 산화슬래그를 공장에서 입도조정하여 납품받으므로써 현장에서의 품질관리가 매우 용이하게 된다.

- 콘크리트 내구성 확보를 위한 라텍스 첨가량을 최소화하여 경제성을 확보하고 시멘트 페이스트의 내구성확보를 위해 소량의 라텍스만을 첨가한다.

□ 공용성 측면

- 파손이 최소화되는 공법으로 완성하여 유지보수 예산의 낭비를 방지 할 수 있다.

- 유지보수로 인한 이용자의 불편을 방지할 수 있다.

□ 기타

- 제강슬래그의 국내 연간 발생량 5천만톤이나 고로슬래그와 달리 콘크리트 내 치환재료로 사용되는 사례가 미미하며 기타 분야로의 사용량도 미약한 수준으로 콘크리트 내 천연골재 치환률을 대폭 증대시킬 경우에 산업부산물 처리에 따른 비용 및 천연

골재 채취에 따른 환경부담을 획기적으로 경감시킬 수 있다.

· 단순한 고성능 콘크리트의 개발이 아닌 이를 이용한 건설부재 건설, 보수재료 활용, 공장제품 적용 등 다양한 건설분야로의 파급효과가 예상된다.

(2) 경제·산업적 측면에서 기술발전에의 기여도

□ 고성능에 의한 시멘트 첨가량 저감을 통해 국내 CO2발생량의 상당부분을 차지하는 시멘트의 사용량을 줄여 친환경 건설에 기여하고자 한다.

□ 자원의 고갈에 따른 기존 자원의 재이용 기술은 그 성장 가능성이 매우 높기 때문에 이에 대한 적극적인 기술 개발이 필요하다. 제철과정에서 발생되는 슬래그는 현재 고로 슬래그, 전기로 슬래그, 전로 슬래그 등이 있으며 고로 슬래그를 제외한 나머지 부분은 아직 그 재활용이 매우 국한되어 진행되고 있다.

□ 이러한 미개척 분야에 대해 보다 적극적으로 기술 도입, 개발을 진행으로 산화슬래그 골재의 활용기술 개발에 따른 콘크리트용 골재로의 활용에 따른 기대효과는 다음과 같다.

① 산업 폐기물을 고부가가치로 재활용하는 것으로 효율적 자원 재활용 효과

② 대부분의 전기로 산화슬래그가 도로용이나 성토용으로 사용되던 것을 콘크리트용 골재로 사용할 수 있도록 하여 전기로 산화슬래그의 사용 시장 확대

③ 골재 자원에 대한 천연 자원의 고갈에 대응할 뿐만 아니라 천연 자원개발에 따른 환경파괴에 대한 환경부하저감형 원자재의 공급 기술 확보를 통한 지속적인 콘크리트용 골재 보급 방안 제시

④ 고성능 콘크리트 제조 시 시멘트절감에 따른 CO2 발생량 저감 등 다양한 효과를 기대할 수 있다.

□ 산업폐기물 재활용 기술 확보에 따른 부가가치 창출

· 저탄소 녹색성장이 국가발전의 뉴 패러다임으로 자리 잡으면서 산업현장에서 부산물 또는 폐기물을 재활용하는 정책과 기술이 급성장하고 있다. 우리나라처럼 자원이 한

정된 곳은 발생된 산업폐기물을 새 부가가치 자원으로 재탄생 시키는 기술개발 연구 노력이 늘 요구된다. 특히 건설 및 산업 폐기물을 재활용 해 만든 순환골재의 사용량은 해마다 늘고 있는 추세로 '황금알을 낳는 산업'으로 큰 관심을 모으고 있는 분위기다. 천연골재의 고갈로 인하여 대체골재원 개발, 자원의 재이용에 관한 연구는 향후 지속적으로 추진해야할 연구과제로 평가되고 있다.

□ 건설업계에서의 저탄소 녹색성장 기여

· 철, 탄소, 석회석 등 재활용이 가능한 유효한 자원을 다량 함유고 있는 폐기물은 귀중한 자원으로서의 활용가치가 높아 이들을 그대로 매립해 버리는 것은 자원 및 에너지의 낭비이다. 더구나 지구환경이 큰 이슈가 되고 있는 요즘 각종 제철 폐기물의 발생량을 줄이고, 발생된 것은 자원화를 도모함으로써 재활용을 꾀해 폐기물 처리비용을 경감하는 동시에 환경공해를 방지할 수 있다. 특히 건설산업에 투입되는 콘크리트 골재의 요구량은 매우 막대하고, 천연자원은 이미 고갈되거나 이용이 제한되어 현재는 쇄석 골재를 대량 사용하고 있으나, 이 또한 환경 보전의 차원에서 규제가 강화되어 있어 골재 수급은 더욱 어려워지고 있다. 따라서 고갈되어 가는 천연자원의 보호측면에서 제철 부산물과 슬래그는 천연자원의 대체제로 최대한 활용되어야 한다. 우리나라에서는 아직까지 전기로 산화슬래그를 골재로 쓰인 사례가 미미한 상태이다.

(3) 공익성

□ 본 기술은 기존기술과 대비하여 새로운 유지보수재료와 핵심공정을 개량한 장비개발이 가장 큰 차이점이다. 즉, 유지보수재료 측면에서는 기존기술에 없었던 산업부산물을 대규모로 사용함으로써 자원순환, 친환경, 저탄소 등의 녹색기술성을 지니고 있으며 시공측면에서는 공정단순화에 따른 투입장비 절감, 공정단축, 일일작업량 증대 등에 따른 시공비 절감 등의 효과를 통해 공익성을 지니고 있다.

□ 본 기술에 대한 **사회적 측면에서의 공익성**을 살펴보면 다음과 같이 요약할 수 있다.

-저탄소 녹색기술로 기존 기술대비 탄소발생량 5천톤/년 저감으로 지구온난화 억제에 일조

-산업폐기물인 전기로 산화 슬래그 잔골재 100%치환 적용으로 자원순환, 친환경, 녹색기술에 일조

-교통량이 적은 야간시간대에 공사를 시행하는 Fast-track공법으로 이용자불편 감소로 민원발생 및 차량 지정체에 따른 유무형의 경제적 손실 최소화

□ 본 기술에 대한 **경제적 측면에서의 공익성**을 살펴보면 다음과 같이 요약할 수 있다.

-고가의 시멘트 사용량 저감으로 원가 및 탄소배출량 절감

-석유2차제품인 고가의 폴리머 사용량 최소화로 유가변동에 따른 가격변동의 영향을 최소화하여 공사비 증대의 영향을 최소화

-주요원자재 절감으로 재료비의 22% 이상 절감에 따른 경제적 공법

-공사비 40%이상 절감으로 보다 많은 도로구조물을 유지보수함으로써 국가적 이익 창출

□ 본 기술에 대한 **유지관리 측면에서의 공익성**을 살펴보면 다음과 같이 요약할 수 있다.

-낮은 단위시멘트로 인해 수화열 저감, 건조수축 저감 등으로 균열발생 가능성 저하로 장기공용성 확보

-전기로 산화 슬래그의 공장생산품 사용으로 현장품질관리 용이 및 품질 균질화 실현으로 양질의 보수재 적용

-높은 실적률과 양입도로 빈배합 시멘트량으로도 고성능 콘크리트 제조 가능

-콘크리트 내구성확보로 유지관리비용 저감

제5장 연구개발결과의 활용계획

5.1 추가연구의 필요성

□ 본 기술개발과 관련한 추가연구는 포스트텐션 콘크리트 포장 공법의 완성도를 더욱 향상시키기 위하여 필요하며 본 연구로부터 수행된 연구결과를 기초로하여 추가적인 연구는 다음과 같은 사항이 필요할 것으로 판단된다.

- 장기 공용성을 검증하고 평가하기 위한 정기적인 추적조사를 수행하여 기술의 우수성을 입증하고 이에 대한 결과를 홍보한다.
- 포장체의 단기 및 장기거동을 계측하여 설계자료로 활용한다.
- 측정된 계측 데이터를 축적하여 데이터베이스화하여 다양한 환경조건에서의 거동을 분석한다.
- 차량하중과 환경하중에 대하여 구조해석 결과와 실측결과를 비교하여 정밀한 설계가 되도록 한다.
- 줄눈파손부 보수작업이 시행된 구간의 소음을 측정하여 PTCP 공법의 조인트에서의 소음을 비교·분석한다.
- 연구결과 및 성과를 국내외 학술대회에 발표하여 국제적으로 공인받는 기술이 되도록 완성한다.

5.2 타 연구에의 응용

□ 본 기술을 타 연구에 응용할 수 있는 분야는 다음과 같다.

- 건축구조물의 기초콘크리트에 적용하여 균열발생으로 인한 누수방지에 효과적일 것으로 사료되며,
- 슬래브에 적용하여 철근사용량을 절감시키고 두께를 감소시켜 공사기간 단축, 공사비 절감 등에 효과적으로 응용될 수 있을 것으로 사료된다.

5.3 사업화 추진방안

(1) 마케팅 방안

□ SMAT-CON공법은 구조적 측면, 재료적 측면 및 공용성 측면에서 우수한 품질을 장점으로하여 마케팅해야 한다. 재료적 측면에서의 품질은 기존의 기술과 비교할 때 강도 및 내구성이 우수하다 할 수 있으며 특히, 녹색기술을 활용한 친환경 저탄소 기술임을 부각시켜야 한다. 공용성 측면에서의 품질은 기존의 기술과 비교할 때 동등 또는 우수한 결과를 나타내고 있다. 이러한 품질의 우수성을 제품정책으로 마케팅한다.

(2) 경제성 및 가격경쟁력 방안

□ 본 개발기술은 초기공사비가 높은 반면에 유지보수비용과 사용자비용 분석에서 매우 경제적임을 부각할 수 있다.

① 공사비 절감 효과

□ 본 기술의 진보성은 접착식 콘크리트계 보수, 재포장공사에 요구되는 재료의 성능을 만족하면서 구상형의 전기로산화슬래그 잔골재를 치환함으로 인한 주요자재의 단위수량 절감과 핵심공종의 단순화를 통한 경제적인 보수공법의 개발이라 할 수 있다.

□ 개발기술과 유사한 선행기술 중 신기술활용실적이 신고 된 건설신기술 제427호와 객관적인 비교분석을 수행하였다.

□ 개발기술과 기존기술인 제427호와 비교한 결과, 기술별 배합비에 따른 직접재료비만을 비교하였을 경우 단위시멘트량과 성능개선재인 라텍스함유량의 감소에 따라 기존공법에 비해 약 22% 절감하는 것을 확인하였다. 또한 전체공사비에 있어 일체식 장비인 VnW System & Power Blasting에 의한 투입인력 및 중기사용료 등의 감소로 40%의 공사비 절감효과를 나타내었다.

<표 96. 기존기술과 개발기술의 공사비 비교>

구분	개발기술 (SMAT-CON)	건설신기술 제427호[6]	대비	비고
시공조건	8시간 교통차단조건			주간작업
일일작업량 (㎡/day)	240	190	증 26.3%	
재료비 (원/㎡)	66,232	84,043	감 22%	포설깊이 (t=5cm)
직접공사비 (원/㎡)	**118,261**	**196,093**	**감 40%**	
절감 원인	▷고가의 속경성시멘트와 폴리머 첨가량 절감에 따른 재료비 절감 ▷VnW System & Power Blasting 적용에 의한 단일공정화로 노무비, 중기사용료 절감 ▷전체공정 간소화를 통한 일일작업량 증대에 따른 공사비 절감 ▷콘크리트포장 유지보수 시 대상구조물의 특성을 고려한 공법의 차등적 적용으로 공사비 조건 다양화 ▷본 기술은 기존기술 대비 약 40% 공사비 절감효과를 나타냄.			

6) 국토해양부, 건설신기술 제427호, pp.104, 2007

② 재료비 비교

□ 본 기술과 기존기술과의 각각 배합비에 따른 직접재료비만을 비교하였을 경우 단위시멘트량과 성능개선재인 라텍스함유량의 감소에 따라 순수재료비에서는 기존공법에 비해 약 15% 절감되며 **전체 공사비 중 재료비에 해당하는 부분에 있어서는 기존기술 대비 약 22%가 절감되는** 것을 확인하였다.

<표 97. 개발기술과 기존기술의 재료비 비교>

구분		Cement	Water	Latex	Sand	EAF	Gravel	계
VES-LMC	단위중량 (kg/㎥)	360	76	115	922	0	777	
	단가 (원/kg)	1,480	0	2,500	15	0	15	
	재료비 (원/㎥)	532,800	0	287,500	13,830	0	11,655	845,785
SMAT-CON	단위중량 (kg/㎥)	300	87	51	0	1,212	1,016	
	단가 (원/kg)	1,480	0	2,500	15	110	15	
	재료비 (원/㎥)	444,000	0	125,700	0	133,320	15,240	718,260
대비(%)								84.92%

③ 직접공사비 비교

□ 본 기술에 대한 공사비는 보수 대상구조물의 특성에 따라 차등적 적용이 가능하게 되나 기존 기술은 단일조건에서 공사비를 제시하고 있다. 따라서 본 개발기술의 조건과 기존 기술의 조건을 동일 시 하여 비교할 경우 **기존 기술 대비 재료비에서는 22%, 전체공사비에서는 40%의 공사비가 저감**되는 효과를 나타내어 본 연구의 목표였던 재료비 절감 20%이상 공사비 절감 15%이상의 목표를 달성한 것으로 평가되었다. 이는 전기로 산화 슬래그 잔골재 사용에 따른 주요 원자재의 사용량 저감과 VnW System과 Power Blasting 적용으로 일일작업량 증대에 따른 효과이다.

<표 98. 기존 기술과 개발기술의 공사비 비교>

구분	개발기술 (SMAT-CON)	제427호 VES-LMC[7]	절감효과	비고
교통조건	8시간 차단조건	8시간 차단조건		
일일작업량	240㎡/day	190㎡/day	증 26%	
재료비	66,232	84,043	**감 22%**	t=5cm
노무비	24,952	55,627	감 56%	
경 비	27,077	56,423	감 52%	
직접공사비 (원/㎡)	**118,261**	**196,093**	**감 40%**	

④ 공사비 산출근거

□ 본 기술의 기존기술 대비 공사비절감효과를 보다 자세히 분석하기 위하여 개발기술의 고유영역에 대한 구분과 시공절차에 대한 세부항목의 품과 일위대가를 작성하였다.

□ 본 기술은 공용중인 도로의 교면 및 콘크리트 포장의 유지보수를 위하여 교통차단공종에서 노면파쇄기를 이용한 보수부위의 1차 파쇄를 실시하고, VnW System과 Power Blasting을 적용하여 열화부위를 제거하는 2차절삭과 동시에 절삭이물질을 흡입하는 공종을 진행한다. 보수대상부위의 전처리작업이 완료된 후 현장이동식 배치플랜트인 모빌믹서를 이용하여 SMAT-CON을 생산·포설·양생하는 단계를 거쳐 SMAT-CON이 소요의 강도를 만족할 때 교통개방을 시행한다.

㉮ 본 기술의 고유영역에 해당하는 시공절차 구분

<표 99. 개발기술의 고유영역에 해당하는 시공절차 구분>

기존기술 시공절차	개발기술 시공절차	표준품셈 관련 부문 장-절-항	비고
①1차파쇄	①1차파쇄	제12장-4절-2항 절삭 후 콘크리트 덧씌우기	
②2차파쇄	②2차파쇄 및 청소	자사기준	
③파쇄면 청소		자사기준	
④콘크리트 타설	③콘크리트 타설	건설신기술품셈 (2011) 1-7p 439	
⑤양생	④양생	건설신기술품셈 (2011) 1-7p 439	

7) 신기술지정 제427호 연장신청서, pp.104~105, 2007.

㉰ 시공절차별 품의 작성

<표 100. 시공절차별 품 계산서>

시공절차 세부항목	소요 인력, 장비, 자재		단위	소요량	출처
	품명	규격			
①노면절삭 (1차파쇄)	특별인부		인	0.0042	건설신기술품셈 (2011) 1-7 p 439
	보통인부		인	0.0083	
	노면파쇄기	W=2m	HR	0.0333	
	팁날		개	0.0345	
	공구손료	인력품의2%	식	1.0000	
②VnW 면처리 및 버럭모으기	보통인부		인	0.0125	자사기준
	VnW System	16T	HR	0.1000	
	물탱크차	16,000ℓ	HR	0.0333	
	로우더(타이어)	0.57M3	HR	0.0333	
	VnW소모품		HR	0.0333	
	공구손료	인력품의 2%	식	1.0000	
③SMAT-CON 생산	VES시멘트		TON	0.3182	건설신기술품셈 (2011) 1-7 p 439
	라텍스		TON	0.0541	
	친환경 잔골재	PS Ball	m3	0.7703	
	자갈	19MM	m3	0.6402	
	특별인부		인	0.3340	
	보통인부		인	0.7500	
	모빌믹서	7.0M3	HR	1.3333	
	백호	0.2M3	HR	0.6667	
	트럭크레인	5TON	HR	0.6667	
	공기압축기	3.5M3/MIN	HR	0.6667	
	발전기	25Kw	HR	0.6667	
	물탱크차	16,000L	HR	0.6667	
	공구손료	인력품의 2%	식	1.0000	
④SMAT-CON 포설	포장공		인	0.0250	건설신기술품셈 (2011) 1-7 p 439
	특별인부		인	0.0083	
	보통인부		인	0.0417	
	콘크리트롤러페이버	12.0M	HR	0.0333	
	레일(STS304)	¢63.5X2	개	0.0035	
	레일받침	거치or지지식	개	0.0056	
	공구손료	인력품의 2%	식	1.0000	
⑤SMAT-CON 양생	특별인부		인	0.0042	건설신기술품셈 (2011) 1-7 p 439
	보통인부		인	0.0167	
	양생포(부직포)	200g/㎡	㎡	0.1200	
	비닐	0.1m/m	㎡	0.1300	
	양생제	유성	ℓ	1.1250	
	공구손료	인력품의 2%	식	1.0000	

□ SMAT-CON 생산시 재료량 산출

- SMAT-CON 배합비

구분	단위량(kg/㎥)				
	Water	Cement	EAF	Gravel	Latex
표준량	87	300	1,212	1,016	51
할증(%)	-	2	10	3	2
소요량	87	306	1,333	1,046	52

- SMAT-CON 재료량 산출

* 재료할증 : 표준품셈1-9-1(콘크리트 및 포장재료, 정치식, p55)

* 타설할증 : 표준품셈1-9-6(기타재료, 콘크리트포장 혼합물의 포설, p57)

- 시멘트량(ton) = 표준량(kg)×재료할증(%)×타설할증(%)÷1,000

  0.3182(ton) = 300(kg) × 2(%) × 4(%) ÷ 1,000

- 라텍스(ton) = 표준량(kg)×재료할증(%)×타설할증(%)÷1,000

  0.0541(ton) = 51(kg) × 2(%) × 4(%) ÷ 1,000

- EAF(㎥) = 표준량(kg)×재료할증(%)×타설할증(%)÷1,000÷단위중량

  0.7703(㎥) = 1,212(kg) × 10(%) × 4(%) ÷ 1,000 ÷ 1.8

- 굵은골재(㎥) = 표준량(kg)×재료할증(%)×타설할증(%)÷1,000÷단위중량

  0.6402(㎥) = 1,016(kg) × 3(%) × 4(%) ÷ 1,000 ÷ 1.7

□ VnW System 중기사용료 산출

◇ 중 기 명 : VnW 15T
◇ 중기가격 : 430,000 천원

품 명	수량	단위	재료비		노무비		경비		[계]
			단가	금액	단가	금액	단가	금액	
☞ 경 비								101,351	101,351
VnW	0.2357	천원					430,000	101,351	
☞ 재료비				67,697					67,697
경 유	27.6	L	1,752.0	48,355.2					
잡 품	40	%	48,355.2	19,342.0					
☞ 노무비						22,864			22,864
건설기계운전사	1	인			22,864	22,864			
[합계]				67,697		22,864		101,351	191,912

* 세부 산출내역은 원가계산서 포함

㉰ 시공절차별로 일위대가 작성

- 제1호표 노 면 절 삭

공종명	규 격	수량	단위	재 료 비		노 무 비		경 비		합 계	
				단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액
계		1	㎡		3,797		1,796		5,483		11,076
특별인부		0.0042	인			97,283	408			97,283	408
보통인부		0.0083	인			75,608	627			75,608	627
노면파쇄기	W=2m	0.0333	HR	107,103	3,566	22,864	761	164,062	5,463	294,029	9,790
팁날		0.0345	개	6,700	231					6,700	231
공구손료	인력품의 2%	1	식					1,035	20	1,035	20

- 제2호표 VnW 면처리 및 버럭모으기

공 종 명	규 격	수량	단위	재 료 비		노 무 비		경 비		합 계	
				단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액
계		1	㎡		12,254		4,621		10,877		27,752
보통인부		0.0125	인			75,608	945			75,608	945
VnW System	16T	0.1	HR	67,697	6,769	22,864	2,286	101,351	10,135	191,912	19,190
물탱크차	16,000ℓ	0.0333	HR	29,381	978	18,896	629	15,005	499	63,282	2,106
로우더 (타이어)	0.57M3	0.0333	HR	8,830	294	22,864	761	6,785	225	38,479.	1,280
VnW소모품		0.0333	HR	126,532	4,213					126,532	4,213
공구손료	인력품의 2%	1	식					945	18		

- 제3호표 SMAT-CON 생산

공종명	규 격	수량	단위	재 료 비		노 무 비		경 비		합 계	
				단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액
계		1	㎡		933,839		194,435		202,212		1,330,486
VES 시멘트		0.3182	TON	1,484,890	472,491	3,955	1,258	2,041	649	1,490,866	474,398
라텍스		0.0541	TON	2,800,000	151,480					2,800,000	151,480
친환경 세골재	PS Ball	0.7703	m3	202,890	156,286	3,955	3,046	2,041	1,572	208,886	160,904
자갈	19MM	0.6402	m3	29,232	18,714	5,339	3,418	2,390	1,530	36,961	23,662
특별인부		0.334	인			97,283	32,492			97,283	32,492
보통인부		0.75	인			75,608	56,706			75,608	56,706
모빌믹서	7.0M3	1.3333	HR	64,831	86,439	22,864	30,484	127,300	169,729	214,995	286,652
백호	0.2M3	0.6667	HR	10,599	7,066	22,864	15,243	10,597	7,065	44,060	29,374
트럭 크레인	5TON	0.6667	HR	10,722	7,148	18,896	12,597	10,362	6,908	39,980	26,653
공기 압축기	35M3/MIN	0.6667	HR	12,600	8,400	22,864	15,243	1,754	1,169	37,218	24,812
발전기	25Kw	0.6667	HR	9,341	6,227	17,026	11,351	2,706	1,804	29,073	19,382
물탱크차	16,000L	0.6667	HR	29,381	19,588	18,896	12,597	15,005	10,003	63,282	42,188
공구손료	인력품의 2%	1	식					89,198	1,783	89,198	1,783

• 제4호표 SMAT-CON 포설

공 종 명	규 격	수량	단위	재 료 비		노 무 비		경 비		합 계	
				단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액
계		1	㎡		576		7,144		574		8,294
포장공		0.025	인			96,988	2,424			96,988	2,424
특별인부		0.0083	인			97,283	807			97,283	807
보통인부		0.0417	인			75,608	3,152			75,608	3,152
콘크리트롤러페이버	12.0M	0.0333	HR	7,614	253	22,864	761	17,248	574	47,726	1,588
레일	¢63.5X2 (STS304)	0.0035	개	14,060	49					14,060	49
레일받침	거치식or 지지식	0.0056	개	49,000	274					49,000	274
공구손료	인력품의 2%	1	식					6,383	127	6,383	127

• 제5호표 SMAT-CON 양생

공 종 명	규 격	수량	단위	재 료 비		노 무 비		경 비		합 계	
				단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액
계		1	㎡		2,914		1,670		33		4,617
특별인부		0.0042	인			97,283	408			97,283	408
보통인부		0.0167	인			75,608	1,262			75,608	1,262
양생포 (부직포)	200g/㎡	0.12	㎡	445	53					445	53
비닐	0.1m/m	0.13	㎡	383	49					383	49
양생제	유성	1.125	ℓ	2,500	2,812					2,500	2,812
공구손료	인력품의 2%	1	식					1,670	33	1,670	33

㈑ 개발기술과 기존기술과의 공사비 분석

명 칭	규 격	수 량	단 위	개발기술 (SMAT-CON)		기존기술 (VES-LMC)		비고
				단 가	금 액	단 가	금 액	
일일작업량				Q = 240㎡/day		Q = 190㎡/day		
노면절삭		1	㎡	11,076	11,076	12,234	12,234	
VnW system		1	㎡	27,752	27,752			
워터젯 면정리						54,404	54,404	
절삭물청소 및 버럭모으기						34,524	34,524	
콘크리트 생산		0.05	㎥	1,330,486	66,522	1,342,482	67,124	
콘크리트 포설		1	㎥	8,294	8,294	21,567	21,567	
콘크리트 양생		1	㎡	4,617	4,617	6,239	6,239	
계					**118,261**		**196,093**	

(3) 홍보방안

□ 본 연구에서 개발된 기술은 고속도로의 본선 포장 및 과적차량 단속구간 포장을 비롯하여 영업소 광장부 포장과 주차장 포장, 교량접속슬래브 포장, 공항의 활주로나 유도로, 주기장 포장 등에 적용될 수 있도록 지속적인 시장의 다양화를 추진해 나갈 계획이다. 시장의 다양화를 추진하기 위해 한국도로공사, 국토해양부 및 공항공사 등 관계자에게 적극 홍보하고 설명회를 개최하여 본 기술의 홍보를 도모할 계획이다.

□ 뿐만 아니라 항만시설이나 철도 등의 활용가치가 있는 분야에 확대 적용하기 위해 기술 자료집을 제작하여 항만청, 철도청 등의 관계기관에 배포하여 홍보할 계획이다. 또한 본 기술개발로부터 도출되는 연구성과를 대한토목학회, 한국도로학회 등 유명 학술지에 발표하고 게재함으로서 기술력과 공법의 우수성을 객관적으로 인정받고 본 연구성과가 적극 홍보되도록 추진할 계획이다.

□ 본 기술의 적용분야는 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 콘크리트노출포장 교량의 바닥판콘크리트 보수 및 재포장 공사

- 아스팔트 교면포장 교량의 바닥판콘크리트 보수 및 재포장 공사

- 콘크리트포장 도로의 보수 및 재포장 공사

- 공항활주로, 항만 부두포장 보수 및 재포장 공사

교면 보수 및 재포장 공사	콘크리트포장 보수 및 재포장 공사
	
-시공 후 교면상태- SMAT-CON으로 재포장한 상태	-시공 후 포장상태- SMAT-CON으로 재포장한 상태

(4) 시장진입 방안

□ 본 기술개발의 성과를 국가 기간시설물에 활용하기 위해서는 기술력은 물론 공법의 우수성을 객관적으로 검증되도록 하여 국토해양부, 한국도로공사, 항만공사 및 공항공사의 실무 기술자들이 쉽게 이해하고 현장에 적용할 수 있도록 기술교육 등을 통하여 본 공법을 국내시장에 성공적으로 정착되도록 노력할 계획이다. 아울러 본 기술의 개발자는 이미 콘크리트포장 유지보수시장에서 다음과 같은 실적을 보유하고 있어 충분한 경험과 시공 노하우를 가지고 있어 시장진입 및 시장 확대에 있어 매우 유리한 상황이며 이를 적극으로 활용할 계획이다.

<표 101. 포장도로의 보수 및 재포장 공사실적(신기술 제427호)>

시공년도	발주처	노선명	시공현장	시공수량(M2)
2011	한국도로공사	호남선외	호남지역본부관내 외 21개소	51,178
	건설교통부	국도37호선외	서파교차로 포장	5,040
	지자체	활주로외	활주로 보수공사 외 3개소	11,486
	소계		27개소	67,704
2010	한국도로공사	서울외곽선외 4개선	동서울지사관내 외 20개소	54,067
	건설교통부	국도35호선	화남지면 포장 3개소	4,550
	지자체	의정부시	포장보수공사	1,810
	소계		26개소	60,427
2009	한국도로공사	중앙선외 5개선	영주지사관내 외 7개소	26,879
	건설교통부	국도4호선외 2개선	대전-옥천간 외 2개소	11,262
	지자체	동부순환로외 1개선	동부순환로외 2개소	4,096
	소계		14개소	42,237
2008	한국도로공사	경부선외 3개선	경부선비상활주로외 12개소	22,198
	건설교통부	국도4호선외 1개선	영천-대구구간 외 1개소	4,609
	지자체	의정부시	동부순환로	600
	소계		16개소	27,407
2007	한국도로공사	서해안선외 2개선	서평택TG외 5개소	8,428
	소계		6개소	8,428
2006	한국도로공사	중부선외 4개선	신월천교 접속부외 6개소	7,193
	소계		7개소	7,193
2005	한국도로공사	중부선외 2개선	경안영업소외 8개소	11,025
	소계		9개소	11,025
2004	한국도로공사	경부선외2개선	서울영업소외 6개소	832
	소계		7개소	832
2003	한국도로공사	호남선	106.0km	14
	소계		1개소	14
계			**113개소**	**225,267**

<표 102. 교량 바닥판 보수 및 재포장 공사실적(신기술 제427호)>

시공년도	발주처	노선명	교량수		시공면적(M2)
2011	한국도로공사	서해안선외 8개선	장하3교 외	60개교	89,505
	건설교통부	국도35호선외	삼가교 외	19개교	46,412
	지자체	서울시외 3개선	남지대교 외	16개교	17,337
	소계		98개교		153,254
2010	한국도로공사	경부선외 7개선	가양대교외	97개교	108,583
	건설교통부	국도45호선외12개선	동항교외	16개교	41,293
	지자체	항만청외 3개선	묵호2호교외	4개교	5,056
	소계		127개교		154,932
2009	한국도로공사	서울외곽선외 8개선	학의대교외	98개교	134,843
	건설교통부	국도6호선외 16개선	용문교외	25개교	37,635
	지자체	국지도82호선외 3개선	양평대교외	9개교	29,620
	소계		135개교		202,098
2008	한국도로공사	경부선외 5개선	남이육교외	57개교	109,006
	건설교통부	국도34호선외 14개선	안양교외	21개교	25,968
	지자체	부산시도외 4개선	부산대교외	4개교	7,275
	소계		85개교		142,249
2007	한국도로공사	경부선외 8개선	가양대교외	55개교	70,140
	건설교통부	국도3호선외 9개선	복하교외	23개교	25,199
	지자체	특별광역시도외 2개선	구서고가교외	2개교	2,090
	소계		83개교		97,429
2006	한국도로공사	중부선외 7개선	광지원1교외	28개교	54,320
	건설교통부	국도43호선외 11개선	영중교외	11개교	17,657
	지자체	군도 9호선외 2개선	팔봉교	3개교	2,289
	소계		45개교		74,266
2005	한국도로공사	영동선외 3개선	진부IC교외	15개교	35,108
	건설교통부	국도46호선	청평2교		850
	지자체	특별광역시도	구서고가교		585
	소계		18개교		36,543
2004	한국도로공사	경부선외 3개선	병천1교외	11개교	15,525
	건설교통부	국도46호선	1대성교		5,655
	소계		13개교		21,180
2003	한국도로공사	호남선외 1개선	묘현교외	2개교	357
	소계		3개교		357
계			607개교		882,308

제6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

6.1 국외출장을 통한 해외과학기술 정보

(1) 국외출장 개요

□ 출장일시: 2012년 1월 23일~29일(5박7일)

□ 출 장 지: 미국(라스베가스, 샌프란시스코, 캘리포니아 교통국)

1) World of Concrete 전시회 참석

2) 캘리포니아 고속도로 시공현장 방문

3) 캘리포니아 교통국 본부(유지분과, 실험실) 방문

□ 출 장 자: 기술연구소 전범준

□ 출장비용: 건설교통기술개발평가원 “기술사업화 지원과제”의 연구비 집행

(2) 출장목적 및 내용

□ World of Concrete 전시회 참관

- 전기로 산화슬래그를 이용한 콘크리트에의 포장활용관련 자료수집
- 최신 콘크리트 포장 연구관련 장비 및 자료 수집

□ 캘리포니아 콘크리트 포장 시공 현장 방문

- 미국 콘크리트 포장 시공 현장 방문

□ 캘리포니아 교통국 본부 방문

- 연구동향 파악(전기로 산화슬래그를 이용한 콘크리트의 포장활용 기술)
- 캘리포니아 교통국 교량 유지보수 관련 담당 엔지니어 미팅
- 실험실 방문

6.2 국외 콘크리트포장 보수 장비

(1) World of Concrete 참관 내용

□ 최신 콘크리트 포장관련 장비 및 자료 수집 수행함.

□ 건설 기계장비들중 본 개발연구에서 적용하는 VnW와 같은 워터젯과 진공흡입을 할 수 있는 메인터넌스 전용 차량은 전혀 찾아볼 수 없었음.

□ 추후 본사의 노면처리 기술, VnW 장비 및 Power Blastiing 등의 수출할 수 있을 것으로 판단함.

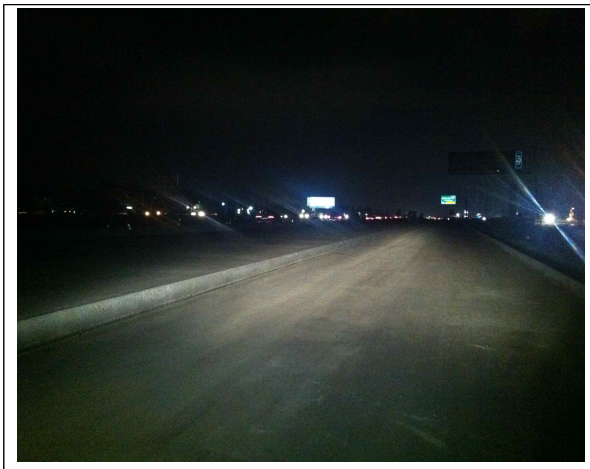


<Cemen_tech 소형 모빌 믹서 전경>

(2) 캘리포니아 고속도로 콘크리트 포장 시공 현장 방문 내용

□ 캘리포니아 교통국 지역 사업소의 임승철 박사의 도움을 받아 캘리포니아주 도시간 연결 고속도로의 확장공사 구간 현장에 방문 하였으며 또한, 프리케스트를 이용한 콘크리트 보수 현장도 확인함.(프리캐스트 설치 구간의 경우 차량을 정차 시킬 수 없어 주행상태에서 육안으로만 확인)

□ 확장공사 구간의 경우 보조기층으로 블랙베이스(아스팔트)를 이용하여 콘크리트 포장을 실시하였으며, 포장 두께는 약 33cm로 국내와 유사하며 표면처리 역시 최근의 국내 콘크리트 포장 표면처리와 같은 종방향 타이닝을 실시하고 있음을 관찰함.

	
<캘리포니아 도시간 고속도로 콘크리트 포장 시공현장>	<콘크리트 포장 시공현장 포장 단면> (포장 두께: 1.1ft=33.5cm –국내와 유사)

(3) 캘리포니아 교통국 본부 방문 내용

□ 개요

1. 교량 유지보수 관련 회의

방문일시 : 2012년 1월 27일 10시 (현지시각)

장 소 : 캘리포니아 교통국 본부(세크라멘토)

참석인원 : Michael J. Lee(Senior Bridge Engineer),
강병철 박사(캘리포니아 교통국 유지관리부 연구원),
김형규 부장(한국도로공사), 박철우 교수(강원대학교),
전범준 박사(삼우아이엠씨)

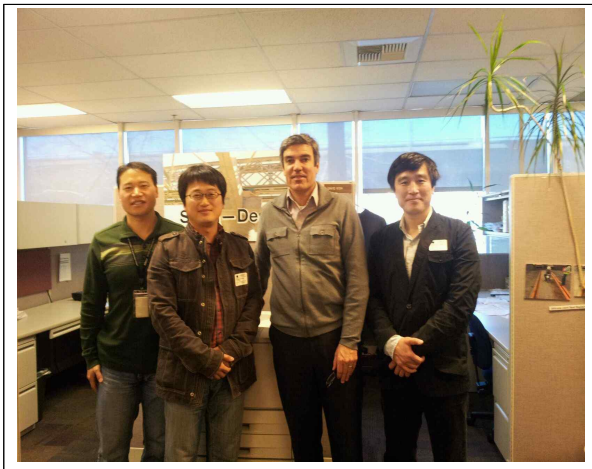
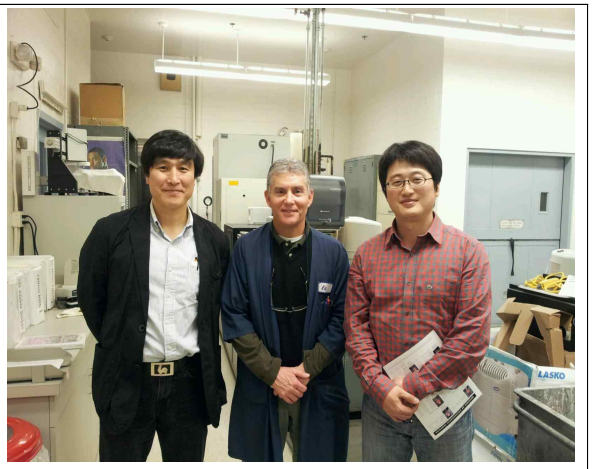
2. 실험실 방문

방문일시 : 2012년 1월 27일 14시 (현지시각)

장 소 : 캘리포니아 교통국 본부(세크라멘토)

참석인원 : 문성권 박사(Senior Transportation Engineer),
박철우 교수(강원대학교), 전범준 박사(삼우아이엠씨)

□ 교량 관리부서의 Senior Bridge Engineer인 Michael J. Lee, 강병철 박사 그리고 한국도로공사에서 파견근무를 나와 있는 김형규 부장이 참석한 가운데 캘리포니아주의 교량 포장 시공 현황 및 유지 보수 현황 그리고 최근 교량 관련 근황에 대하여 설명 받음.

<table>
<tr>
<td> 
<세미나 이후 유지관리 사무실>
[왼쪽부터 강병철 박사(캘리포니아 교통국 유지관리부 연구원), 전범준 박사(삼우아이엠씨), Michael J. Lee (Senior Bridge Engineer), 박철우 교수(강원대학교)]</td>
<td> 
<캘리포니아 교통국 콘크리트 실험실에서>
(왼쪽부터 박철우 교수(강원대), 에디(콘크리트 연구실장),전범준(삼우아이엠씨))</td>
</tr>
</table>

□ 교통국 소속 책임연구원인 문성권 박사의 안내를 받아 캘리포니아 교통국 본부의 실험실에 방문하여 실험실 소개 및 최근 캘리포니아 교통국 실험실의 주 업무(주 업무: 베이브릿지 관련 시험)내용에 대하여 설명 받음.

□ 메타크릴레이트의 균열부 침투전경을 시편을 통해 확인할 수 있었으며 현장의 교량 조사결과(200여개 시편)를 살펴본 결과 관통균열 및 0.1~0.2mm의 미세 균열에도 메타크릴레이트의 적용이 가능함을 설명받음.

□ W.O.C 참관 및 샌프란시스코 도로교통국 방문을 통해 본 연구에 도움이 될 만한 연구 자료를 수집하고자 하였음.

□ 건설장비로서는 소형모빌믹서를 이용하여 국내 현장에서 소규모 포장 시공 및 유지보수용으로 즉각적이고 용이하게 접근할 수 있는 장점을 확인 하였으며 본 연구이후 본 사에서 수입등에 대한 견적의뢰를 통해 SMAT-CON의 사업화에 도움이 될 것으로 판단됨.

□ 본 기술에서 사용되는 VnW(Vaccum and Water-blasting) 장비의 경우 유사한 장비를 찾아볼 수 없었으며 오히려, 추후 본 사의 우수한 개발 장비를 W.O.C 에 전시하여 본사의 기술력을 알릴 수 있는 기회를 가질 수 있을 것으로도 판단됨.

□ SMAT-CON과 같이 잔골재를 전기로 산화슬래그로 치환하여 포장에 시공하는 포장 신기술의 경우 미국에선 유사기술을 찾을 수 없었으며 일반적으로 폴리머 콘크리트를 이용하여 교면포장이 이루어지고 있음을 확인하였다. 또한, 유지보수에 있어 메타크릴레이트를 이용하여 균열 및 표면의 내구성 증진을 통해 유지보수관리하고 있음을 확인할 수 있었음.

□ 콘크리트 포장의 유지/보수에 있어서는 프리캐스트를 이용하여 줄눈 콘크리트 포장의 파손부를 제거하고 보수를 실시하고 있음을 확인함.



<메타크릴레이트 원료 모습>


<CTB 실험 시편 모습>


<폴리머 콘크리트 시편 모습>
(캘리포니아주 교량에 적용중)



<균열부 HMWM 침투 모습>

제7장 참고문헌

1) 김길희, 임지영, 류득현, 최성우, 전기로 산화슬래그의 국내외 이용 사례, 콘크리트학회지, 2007. 11.

2) 2011회계연도 예산 개요, 국토해양부, 2011.

3) 김홍삼, 안태송, 기후변화와 건설 및 지속가능 콘크리트에 대하여, 대한토목학회, 2008.

4) 최상원, 국내 · 외 철강 슬래그의 발생, 재활용 현황 및 친환경적 이용에 대한 연구동향, 전남대학교, 2008.

5) 김진철, 심재원, 조규성, 제강 풍쇄 슬래그 잔골재의 포장콘크리트 적용성 평가, 한국콘크리트 학회, 2005.

6) 이훈하, 김승진, 스테인레스 전기로 산화슬래그의 콘크리트용 잔골재 활용성 평가, 포항산업과학연구원, 2008.

7) 최성우, 김정식, 전준영, 김은겸, 류득현, 전기로슬래그 잔골재를 사용한 콘크리트의 기초물성에 관한 실험적 연구, 한국콘크리트학회, 2008.

8) 김상명, 박주원, 이훈하, 김기호, 전기로 산화 슬래그의 콘크리트용 잔골재 활용, 대한토목학회, 2008.

9) 조봉석, 이훈하, 양승규, 이웅종, 엄태선, 전기로 산화슬래그 잔골재를 사용한 콘크리트의 성능 평가, 한국콘크리트학회, 2009.

10) 한상일, 이원영, 박효진, 최훈국, 곽은구, 김진만, 급냉 전기로 산화슬래그잔골재를 사용한 일반콘크리트의 유동특성에 관한 기초적 연구, 한국콘크리트학회, 2009.

11) 조봉석, 이훈하, 스테인레스 전기로 산화슬래그의 콘크리트 골재 활용방안, 포항산업과학연구원, 2009.

12) 손유신, 박찬규, 이승훈, 최성우, 류득현, 전기로산화슬래그 골재를 사용한 콘크리트의 수축특성, 한국콘크리트학회, 2010.

13) 문한영, 유정훈, 박영훈, 김주용, 윤표호, 김얼, 개질처리한 제강슬래그 잔골재 사용

콘크리트의 성질, 한국콘크리트학회, 2003.

14) 김진만, 조성현, 오상윤, 곽은구, 아토마이징 공정에 의한 급냉 제강슬래그의 특성, 콘크리트학회지, 2007.

15) (건설신기술 제 615호) 다줄컷팅기와 자기유화형 폴리머콘크리트를 이용한 열화된 콘크리트 포장 부분보수 공법(SEP공법)

16) (특허번호 10-0947654) 코어셸 중합반응 아크릴 폴리머가 포함된 초속경 콘크리트 조성물

17) (특허번호 10-0911659) 개질 유황 결합재 및 그 제조 방법과, 이를 함유하는 수경성 개질 유황 자재 조성물 및 그 제조 방법 또는 가연성 개질 유황 자재 조성물 및 그 제조 방법

18) (건설신기술 제 427호) 초속경라텍스개질콘크리트를 이용한 공용중 교량바닥판 콘크리트 보수 및 재포장 공법(VES-LMC공법)

19) 조성현, 김진만, 한기석, 김무한, 급냉 제강 슬래그 잔골재 대체율에 따른 모르타르의 유동성 및 압축강도 특성, 한국콘크리트학회 논문집, 2005.

20) 정원섭, 조성현, 권기주, 박성우, 김진만, 제강 슬래그를 이용한 콘크리트의 동결융해에 대한 실험적 연구, 한국콘크리트학회, 2003.

21) 조성현, 한기석, 박성우, 권기주, 오상윤, 김진만, 제강슬래그 잔골재를 사용한 모르타르 특성, 한국콘크리트 학회, 2003.

22) 슬래그 재활용 기술 및 특허동향, 한국특허정보원, 2003.

23) 문한영, 유정훈, 콘크리트용 골재로서 에이징처리한 제강슬래그의 활용, 한국콘크리트학회, 2002.

24) 문한영, 유정훈, 콘크리트용 골재로서 전기로슬래그의 적용성에 대한 연구, 콘크리트학회 논문집, 1999.

25) 김진철, 심재원, 조규성, 제강 풍쇄 슬래그 잔골재를 활용한 빈배합콘크리트 적용성 연구, 한국콘크리트 학회, 2004.

26) 철강슬래그를 재활용한 콘크리트 보수재료 및 공법의 실용화 기술개발, 환경부, 2006.

27) 이상수, 송하영, 김을용, 풍쇄슬래그 잔골재를 사용한 콘크리트의 공학적 특성에 관한 실험적 연구, 한국건축시공학회 논문집, 2006.

28) 유정훈, 최재진, 전기로슬래그 골재의 잔류팽창성에 대한 고찰, 한국건설순환자원학회지, 2006.

부 록

가. 전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능콘크리트 개발 증빙서류

① 전기로 산화 슬래그 잔골재를 이용한 고성능콘크리트(SMAT-CON) 시험성적서

나. 부분단면보수 전용 콘크리트 칩핑장치 개발 증빙서류

② Power Blasting 개발일지

다. 시공현장조사 및 평가 증빙서류

③ 시험시공 적용 계약서

④ 추적조사 보고서

⑤ 원가계산서

라. 신기술 취득 증빙서류

⑥ 녹색기술 인증서

⑦ 건설신기술 지정서

마. 상용화 증빙서류

⑧ 학술발표회 및 학회수록 논문

⑨ 2012국토해양기술대전 참가서

⑩ 시방서 및 유지관리지침서

주 의

1. 이 보고서는 국토해양부에서 시행한 R&D정책・인프라사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토해양부에서 시행한 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.

본 보고서와 관련하여 문의를 원하시는 분은 아래의 문의처로 연락을 주시기 바랍니다.

▶ 문의처 : 한국건설교통기술평가원 TEL 031)381-6311

㈜ 삼우아이엠씨 TEL 02)3400-8700

R&D / 11TRPI-C057479-01

구상형 전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능 콘크리트 포장보수공법의 사업화에 관한 연구보고서

■ 발행일 / 2012. 11. 09.

■ 발행처 / ㈜ 삼우아이엠씨

(본사) 강원도 춘천시 효자동 192-1 (우 200-948)

(서울사무소) 서울시 송파구 오금동 33-8 (우 138-855)

■ 인쇄처 / 알파카피 02-400-0457

부 록

가. 전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능콘크리트 개발 증빙서류

① 전기로 산화 슬래그 잔골재를 이용한 고성능콘크리트(SMAT-CON) 시험성적서

나. 부분단면보수 전용 콘크리트 칩핑장치 개발 증빙서류

② Power Blasting 개발일지

다. 시공현장조사 및 평가 증빙서류

③ 시험시공 적용 계약서

④ 추적조사 보고서

⑤ 원가계산서

라. 신기술 취득 증빙서류

⑥ 녹색기술 인증서

⑦ 건설신기술 지정서

마. 상용화 증빙서류

⑧ 학술발표회 및 학회수록 논문

⑨ 2012국토해양기술대전 참가서

⑩ 시방서 및 유지관리지침서

가. 전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능콘크리트 개발 증빙서류

①전기로 산화 슬래그 잔골재를 이용한 고성능콘크리트 (SMAT-CON) 시험성적서

시험성적서

1. 성적서번호 : KSR2210001
2. 의뢰자
   - o 업 체 명 : (주)삼우아이엠씨 김기헌
   - o 주소 : 강원 춘천시 효자동 192-1 강원대학교강원창업보육센타117호
   - o 의뢰일자 : 2012년 02월 10일
   - o 시험발급일 : 2012년 05월 02일
3. 시험성적서의 용도 : 품질시험
4. 시료명 : 전기로산화슬래그 잔골재를 이용한 고성능콘크리트(SMAT-CON)
5. 시험결과

시험항목	단위	구분	시험결과	시험방법
압축강도[4시간]	MPa	1	39.2	KS F 2405 : 2010
압축강도[28일]	MPa	2	54.2	KS F 2405 : 2010
휨강도[4시간]	MPa	3	7.7	KS F 2408 : 2000
부착강도[4시간]	MPa	4	1.7	KS F 2762 : 2006
탄성계수[7일]	MPa	5	27703	KS F 2438 : 2002
염소이온침투저항성 통과전하량[7일]	Coulombs	6	406	KS F 2711 : 2002
염소이온침투저항성 통과전하량[28일]	Coulombs	7	268	KS F 2711 : 2002
길이변화율[7일]	%	8	-0.08	KS F 2424 : 1995
스케일링저항성[56cycles][7일양생]	kg/m'	9	0.03	SS 13 72 44 A법
스케일링저항성[m_{56} / m_{28}][7일양생]	-	10	1.1	SS 13 72 44 A법
스케일링저항성[56cycles][28일양생]	kg/m'	11	0.02	SS 13 72 44 A법

- - - - 첨부 페이지 참조 - - - -

확 인	시험자 김주형	승인자 정상화

비고: 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료 명으로 시험한 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

한국건설생활환경시험연구원장

본 원 : 153-803 서울특별시 금천구 가산동 459-28 (02)2102-2500
결과문의 : 선행기술팀(서울시 금천구 가산동 459-28) ☎02-3415-8854

성적서번호 : KSR2210001

시험성적서

시험결과

시험항목	단위	구분	시험결과	시험방법
스케일링저항성[m_{56} / m_{28}][28일 양생]	-	12	1.1	SS 13 72 44 A법
동결융해저항성[상대동탄성계수, A법, 300cycles][14일양생]	%	13	86	KS F 2456 : 2008
동결융해저항성[상대동탄성계수, A법, 300cycles][28일양생]	%	14	88	KS F 2456 : 2008
열팽창계수[7일]	/℃	15	1.27×10^{-5}	AASHTO-TP60
균열저항성	-	16	균열없음	ASTM C 1581
마모저항성[7일]	mm	17	1.01	ASTM C 779 절차 B

성적서번호 : KSR2210001

시험성적서

첨부자료

[배합표]

	굵은골재 최대치수 (mm)	단위량(kg/m³)				
		W	C	Latex	S	G
시방배합	19	87	300	51	1,212	1,017
현장배합	19	81.7	300	51	1,191	1,043

- - - - 이 하 여 백 - - - -

나. 부분단면보수 전용 콘크리트 칩핑장치 개발 증빙서류

②Power Blasting 개발일지

콘크리트포장 부분단면보수를 위한

Power Blasting 개발 일지

2012.05

(주)삼우아이엠씨

목차

1. 개요

2. 장비제원

3. 2차 개발안 사진

4. 2차 개발안 도면

5. 1차 개발 완료 사진

6. 1차 개발 완료 랜더링 이미지

7. 1차 개발 완료 도면

8. 시제품 이미지

1. 개요

프로젝트명 : Power Blaster 개발

1. 개발 목표

작업 효율성의 제고와 공간 제약으로 장비의 접근이 어려운 시공 구간 즉, 조인트 및 갓길부의 표면 블라스팅을 위해 기존 장비에 연결하여 사용할 수 있는 소형 장비의 개발을 목표로 함.

2. 개발 기간

(1) 1차 개발기간 : 2011년 08월 31일 ~ 2011년 10월 04일
(2) 성능개선작업 : 2011년 11월 08일 ~ 2011년 11월 19일
(3) 현장적용시험 : 2011년 11월 21일 ~ 2011년 11월 21일

3. 주요 개발 내용

(1) 노즐 수 2구의 Power Blaster 전용 스위블 블럭 개발
(2) 노즐의 분출 수로 발생하는 슬러지의 비산을 막기위한 고무 커버 채택
(3) 휴대성을 고려한 접이식 핸들 프레임 적용
(4) 스위블 커버의 성능 개선 (원형 -> 사각형)

4. 개발 담당

장비개발팀 양 정식 과장

2. 장비제원

1. High Pressure Plunger Pump

Performance Chart			
Plunger diameter (mm)	Pinion shaft (rpm)	Max. permissible operation pressure (psi/bar)	Power (Hp)
P24	1,800	21,750/1,500	176

2. Engine Specification

-> Power : 400 Hp
-> rpm : 2000 rpm

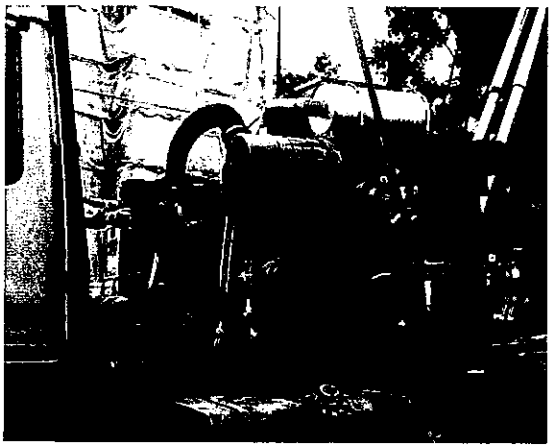
3. Power Blaster Nozzle Specification

Title	Data	Disc.
Size of Nozzle	Ø0.85	
# of Nozzle	2	
Dist. of Nozzles	40 ㎝	

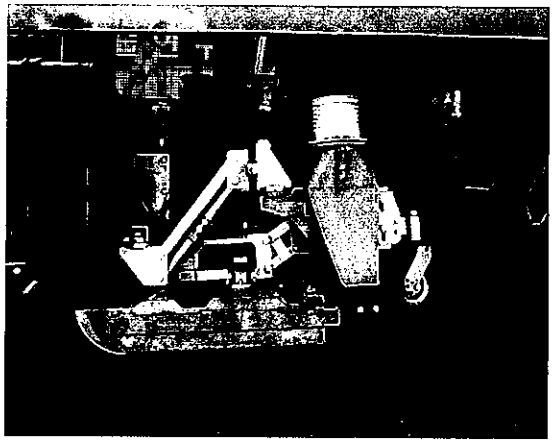
1. 기존 차량 분해 – 01



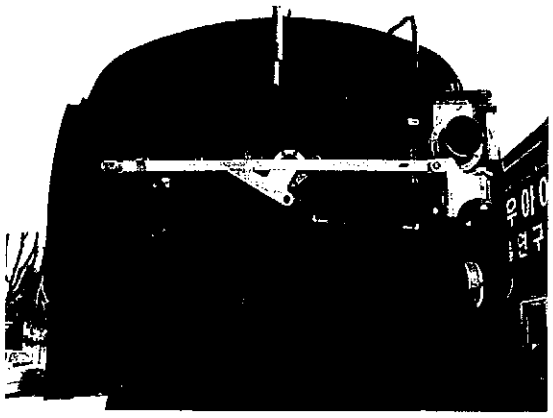
2. 기존 차량 분해 – 02



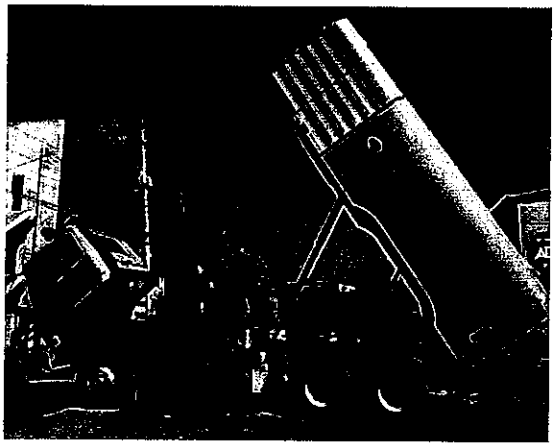
3. VnW 제작 사진 – 01



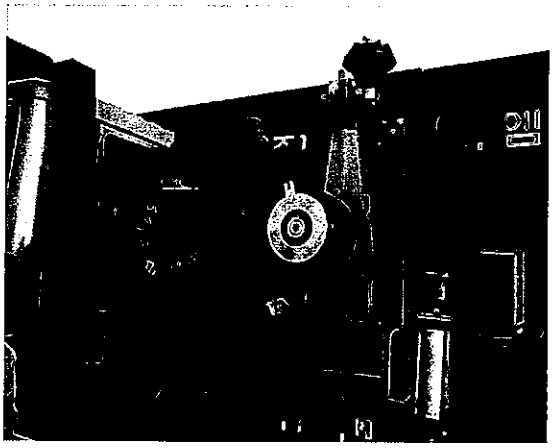
4. VnW 제작 사진 – 02



5. VnW 제작 사진 – 03



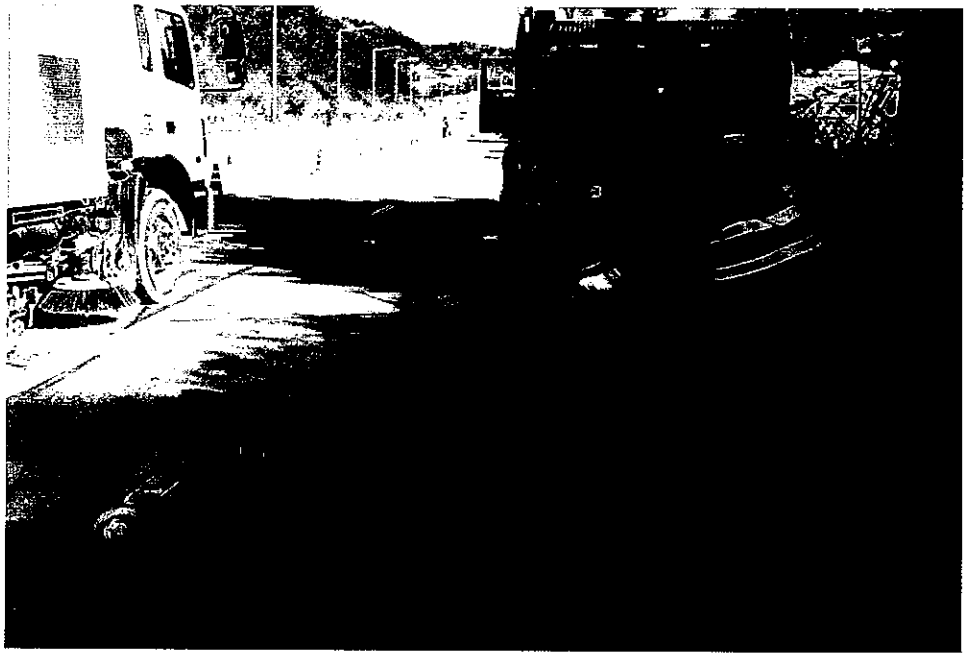
6. VnW 제작 사진 – 04



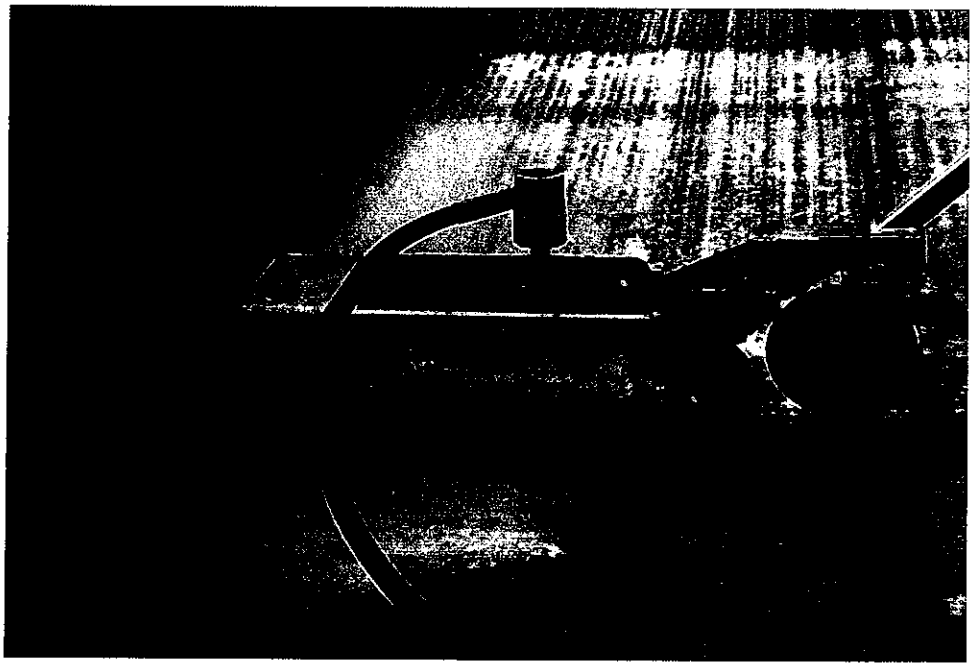
3. 2차 개발안 사진

현 장 명 : 팔미사거리(춘천)
작업 일자 : 2011년 11월 21일

2차 개발안 사진 – 01



2차 개발안 사진 – 02



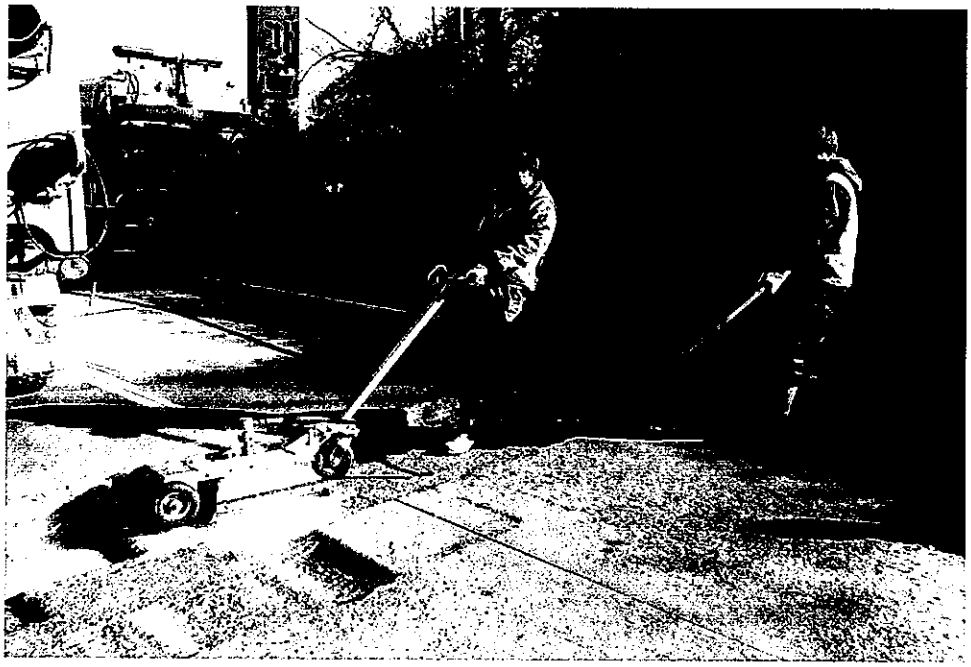
2차 개발안 사진 - 03



2차 개발안 사진 - 04



2차 개발안 사진 - 05



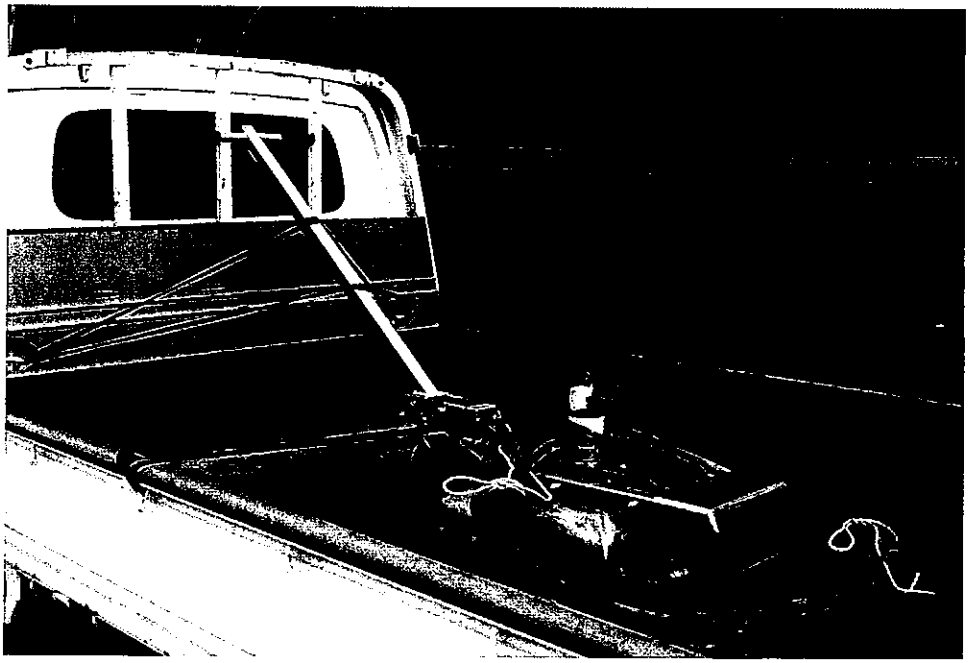
2차 개발안 사진 - 06

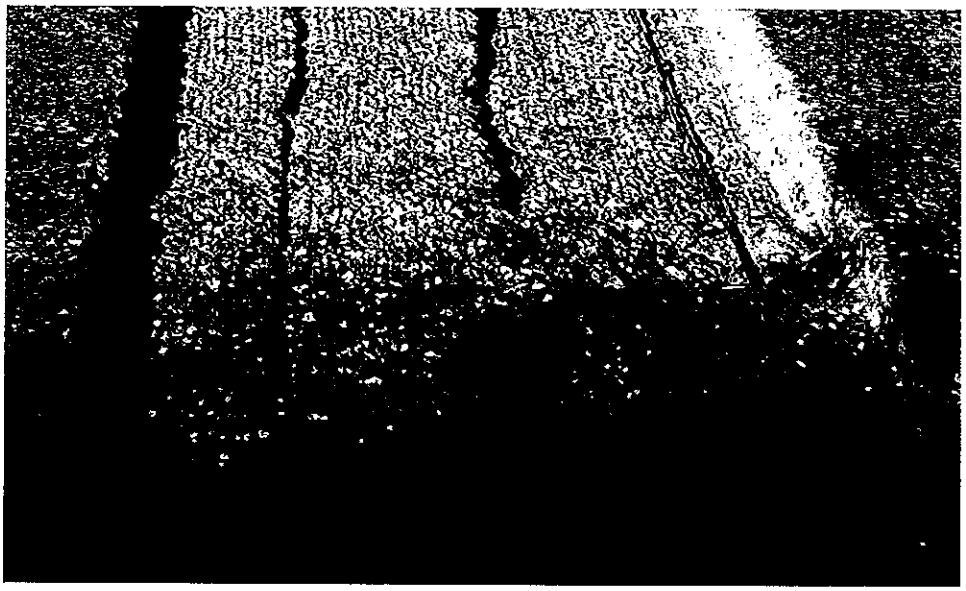


2차 개발안 사진 - 07



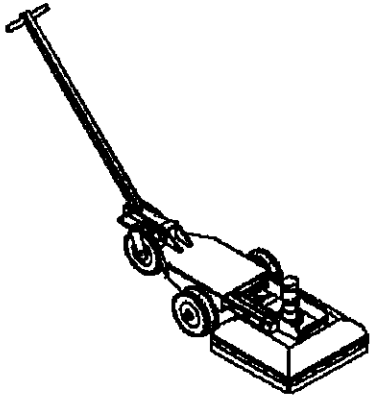
이동 차량 탑재 모습

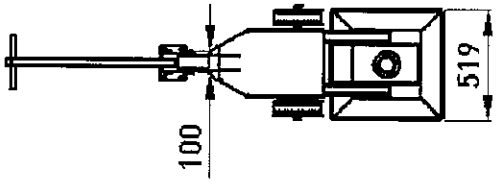


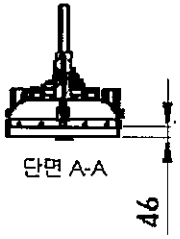
시공 후 노면 사진


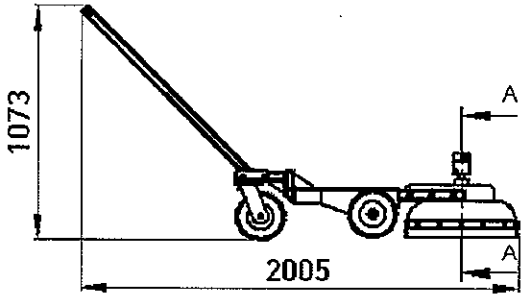
4. 2차 개발안 도면

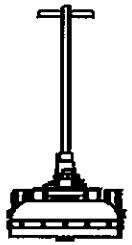
품번	품명	비고	수량
1	Aa-2011-c0004-03-Ass'y	스위블 커버 Ass'y	1
2	Aa-2011-c0054-01-Ass'y	스위블 Ass'y	1
3	Aa-2011-c0028-02-Ass'y	캐리어바디Ass'y	1
4	Aa-2011-c0059-01-Ass'y	핸들Ass'y	1
5	Aa-2011-c0015-01	구매품(바퀴)	3
6	Aa-2011-c0043-02	샤프트	1
7	Hexagon Flange Nut ISO - 4161 - M20 - N		2
8	Aa-2011-c0034-02	구매품(바퀴-브라켓)	1
9	Aa-2011-c0045-01	구매품(회전바퀴)	1
10	Hexagon Nut ISO - 4032 - M10 - W - N		2
11	ISO 4014 - M10 x 100 x 26-N		2
12	Hexagon Nut ISO - 4034 - M20 - N		1
13	Washer ISO 7090 - 20		1
14	ISO 4017 - M12 x 40-N		1
15	Aa-2011-c0062-01		4
16	Aa-2011-c0063-01		4











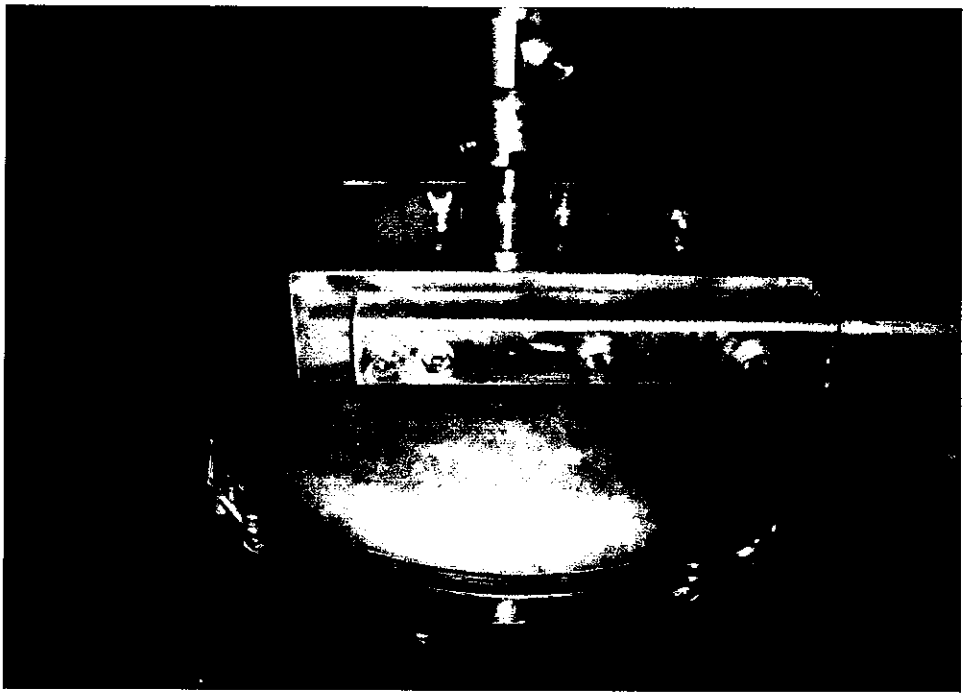
*주석
1.천연색 도금

품번	품명	수량	구매
1	M10x100	2	10
2	M12x35	20	40
3	M12x40	4	20

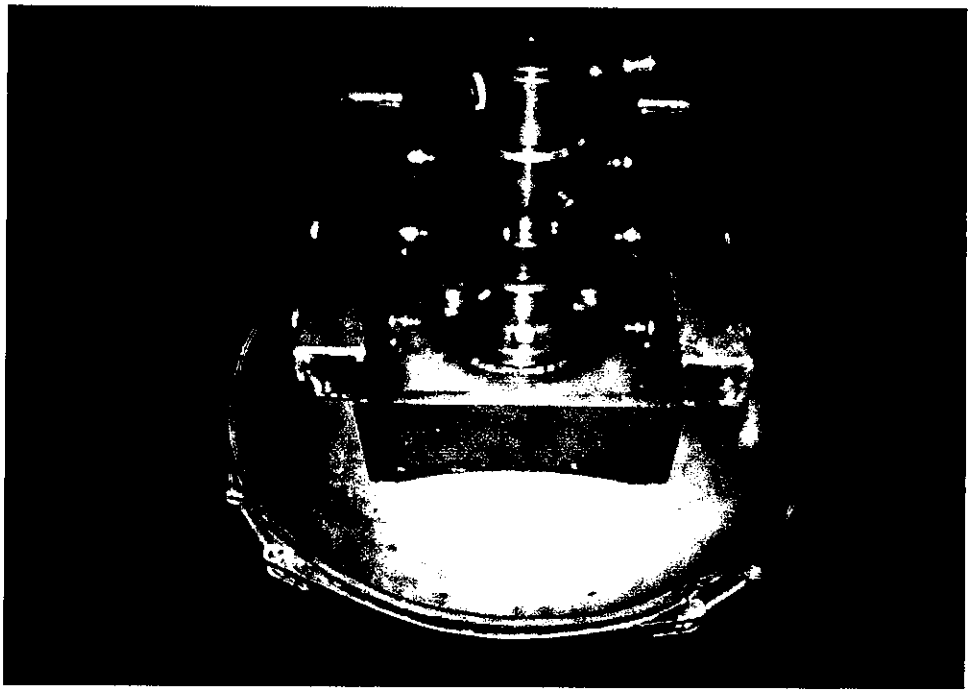
2005x1073x519	
1SET	Power Blaster(v2.0)
SUS & SS41	Aa-2011-c0001-07-Ass'y A3
(주)삼우아이엠씨	

5. 1차 개발 완료 사진

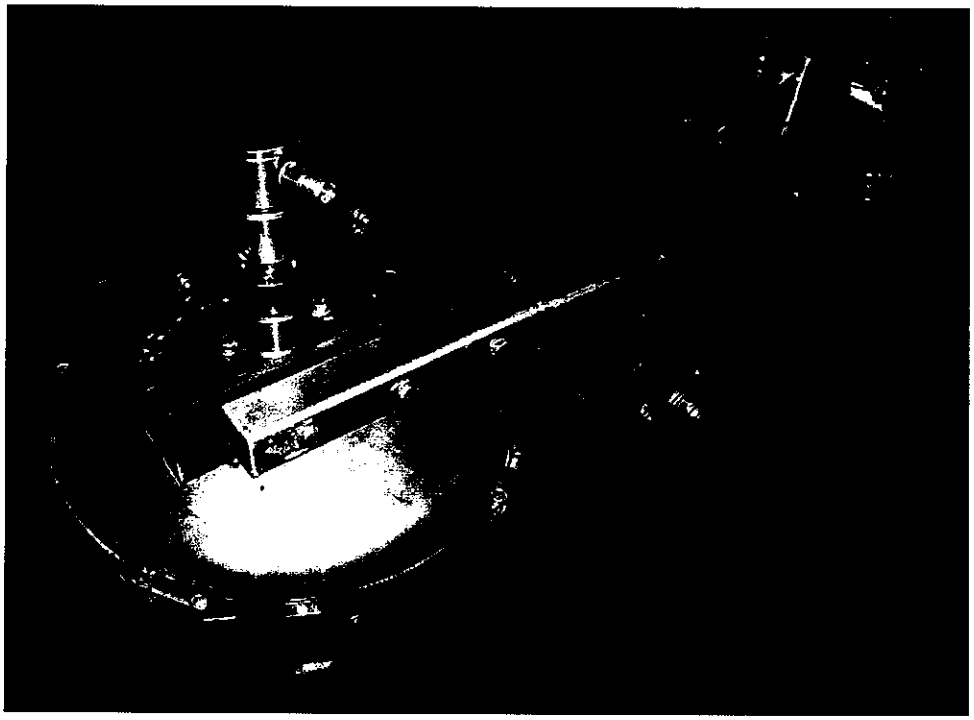
Power Blaster 개발 완료 사진 - 측면



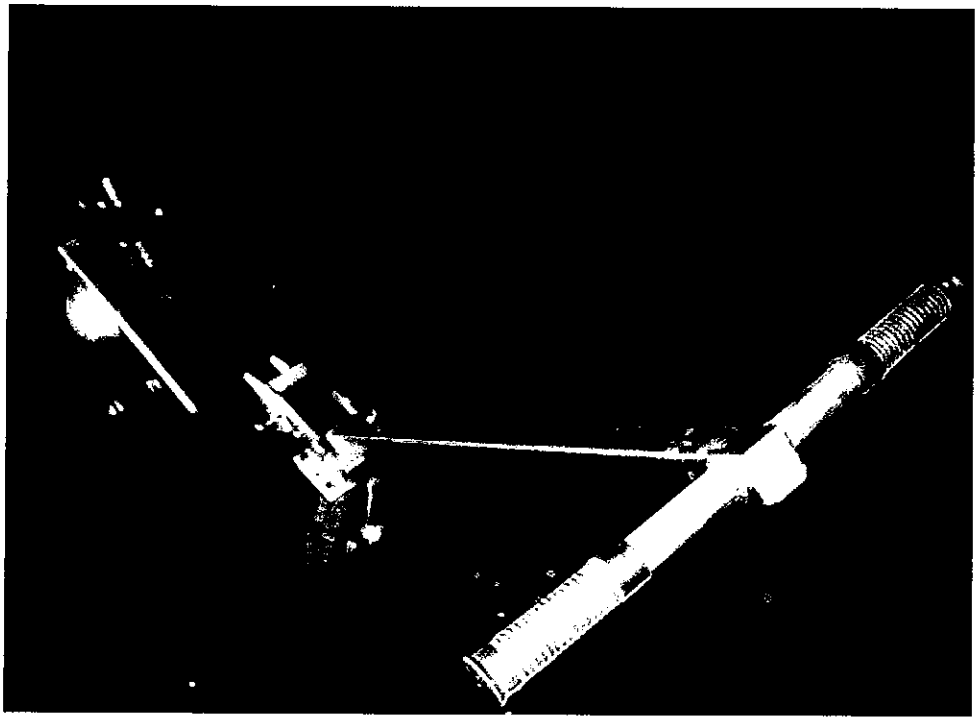
Power Blaster 개발 완료 사진 - 정면



Power Blaster 개발 완료 사진 - 등각보기



Power Blaster 개발 완료 사진 - 전체 등각보기



6. 1차 개발 완료 랜더링 이미지

개발 완료 랜더링 이미지

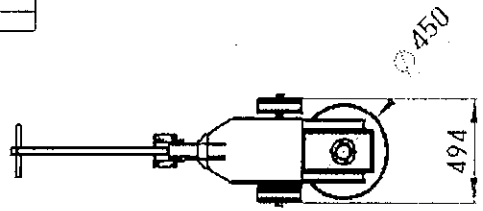


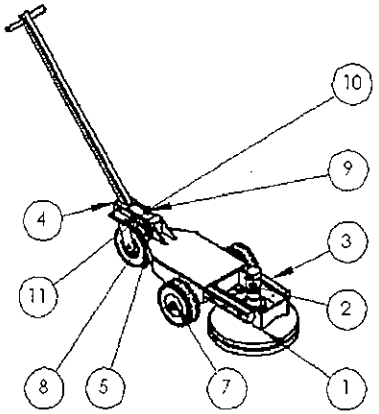
7. 1차 개발 완료 도면

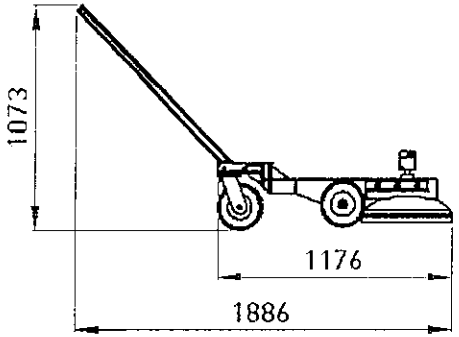
품번	품명	수량	비고
1	Aa-2011-c0004-01-Ass'y	1	스위블 커버 Ass'y
2	Aa-2011-c0054-01-Ass'y	1	스위블 Ass'y
3	Aa-2011-c0028-02-Ass'y	1	캐리어바디Ass'y
4	Aa-2011-c0059-01-Ass'y	1	핸들Ass'y
5	Aa-2011-c0015-01	3	구매품(바퀴)
6	Aa-2011-c0043-02	1	샤프트
7	Hexagon Flange Nut ISO - 4161 - M20 - N	2	
8	Aa-2011-c0045-01	1	구매품(회전바퀴)
9	Hexagon Nut ISO - 4032 - M10 - W - N	2	
10	ISO 4014 - M10 x 100 x 26-N	2	
11	Aa-2011-c0034-02	1	구매품(바퀴-브라켓)
12	Hexagon Nut ISO - 4034 - M20 - N	1	
13	Washer ISO 7090 - 20	1	
14	ISO 4017 - M12 x 40-N	1	

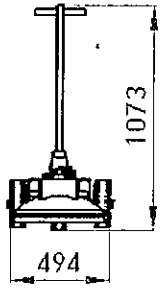
*구매품

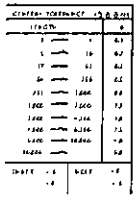
No	품명	규격	수량	비고
1	볼트	M10x100	4EA	평와셔
2	볼트	M10x80	4EA	평와셔
3	너트	M16	4EA	
4	너트	M20	2EA	











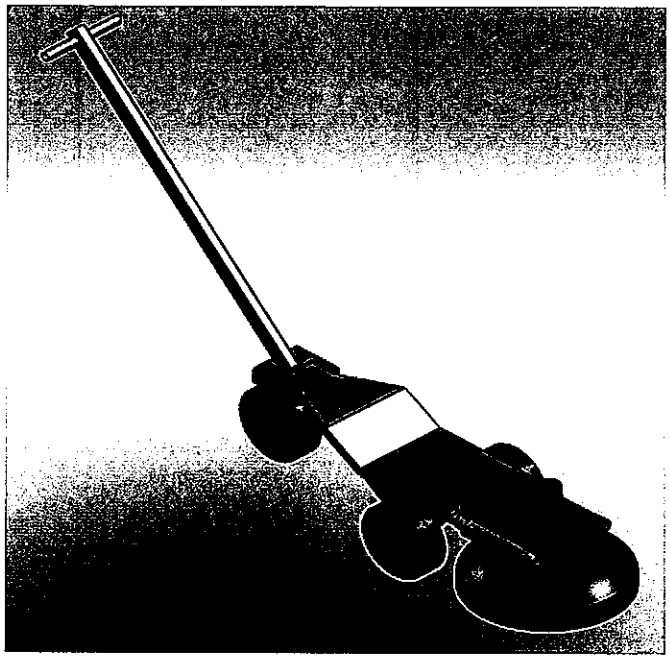
1886x1073x494

1SET Power Blaster

(주)삼우아이엠씨 SS41/SUS/.. Aa-2011-c0001-05-Ass'y A3

8. 시제품 이미지

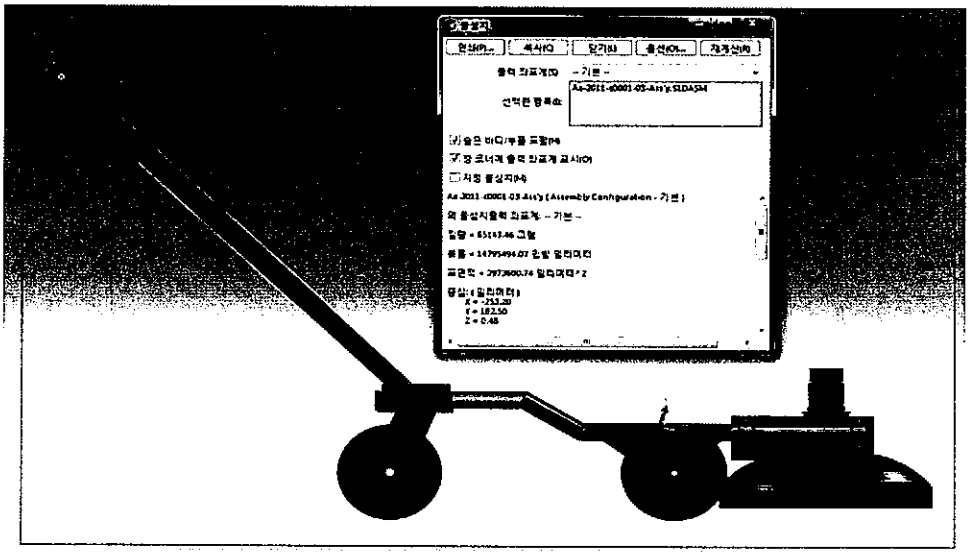
등각 보기



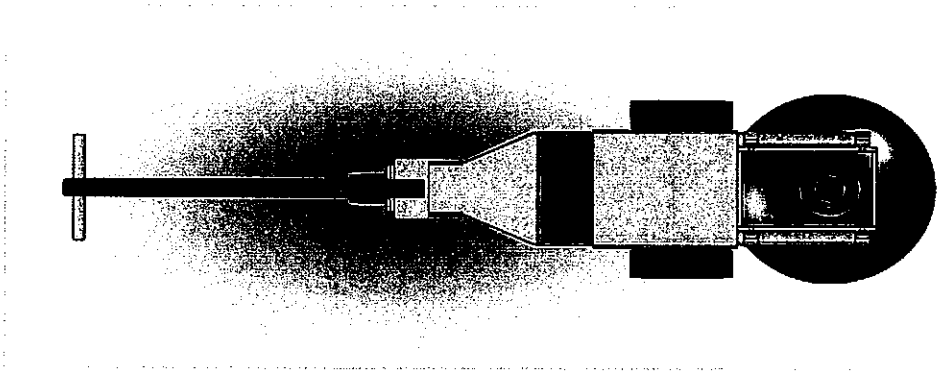
등각 보기(하부)



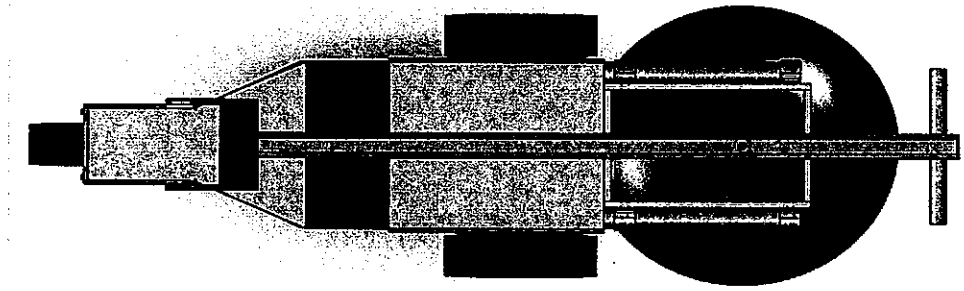
무게 중심 산출

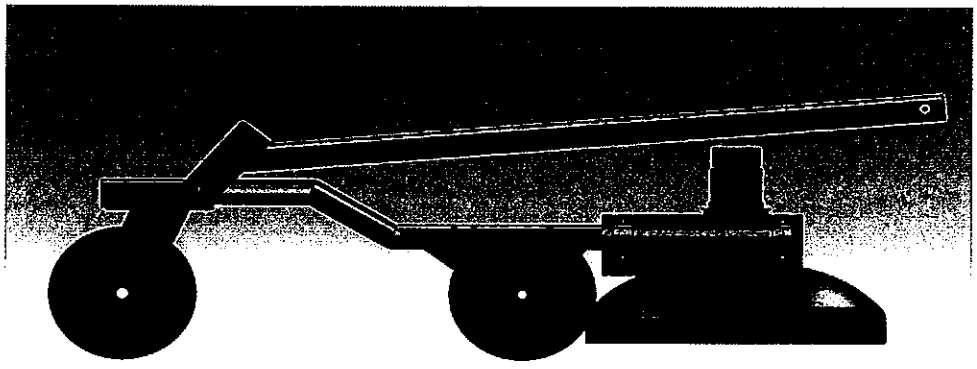


평면도(손잡이 펼친 모습)



평면도(손잡이 접은 모습)





다. 시공연장조사 및 평가 증빙서류

③시험시공 적용 계약서

④추적조사 보고서

⑤원가계산서

[서식 6-1]

건 설 공 사 기 성 실 적 증 명(신청) 서

처 리 기 간
즉 시

신청인	(1)상 호	(주) 삼우아이엠씨	(2)대표자	김 기 헌
	(3)영업소소재지	강원 춘천시 효자동 192-1 강원대학교 강원창업보육센터		

공 사 내 역 (16 - 7)

(5)공 사 명	부곡과선교 교면재포장 보수공사		(6)-2 총공사금액	해당사항없음
(6)-1현장소재지 (번지까지 기재)	부곡과선교 일원	(8)	인허가기관	
(7)공 종 (건산법시행규칙제25조)	해당사항없음		인허가연월일	

(9)계약연월일	2011.09.04	(10)착공연월일	2011.09.04	(11)준공(예정)연월일	2011.09.04

(4)업 종 및 등 록 번 호	(12)당년도계약액 또는 이월액								(14)당년도기성액								(16)당년도기성지급액							
	(13)총계약금액								(15)전년도까지 누계기성액								(17)전년도까지 누계지급액							
	백억	십억	억	천만	백만	십만	만	천	백억	십억	억	천만	백만	십만	만	천	백억	십억	억	천만	백만	십만	만	천
상하수도설비 화성09-12-0001																								

(18)기 타 (공사의 규모 공법, 공동도급 내역등)	(특허 제 1069775 호) 시험시공 공사로서 계약금액은 없음

2011년도중 위와 같이 건설공사기성실적이 있음을 증명하여 주시기 바랍니다.
(※단순용역은 제외)

수 수 료
없 음

년 월 일

(주) 삼우아이엠씨 (서명 또는 인)

경기도 의왕시 귀하

위 사실을 증명합니다.

년 월 일

발주자(수급인)

·상 호 경기도 의왕시

·법인(주민)등록(고유)번호 138-83-00671

·대표자 성명 김 성 제

·주 소 경기 의왕시 시청로 [illegible]

·전화번호 031 - 345 - 3359

No 38

[서식 6-1]

건 설 공 사 기 성 실 적 증 명(신청) 서

처리기간
즉 시

신청인				
	(1)상 호	(주)삼우아이엠씨	(2)대 표 자	김기헌
	(3)영업소재지	강원 춘천시 효자2동 192 -1 강원대학교 창업보육센터		

공 사 내 역 (16 - 5)

(5)공 사 명	지방도403호선 풀무2교 교량유지보수사업	(6)-2 총공사금액	해당사항 없음
(6)-1현장소재지 (번지까지 기재)	지방도 403호선 풀무교	(8) 인허가기관	
(7)공 종 (건산법시행규칙제25조)	해당사항 없음	인허가연월일	

(9)계약연월일	2011/10/05	(10)착공연월일	2011/10/10	(11)준공(예정)연월일	2011/10/29

(4)업 종 및 등록번호	(12)당년도계약액또는이월액								(14)당년도 기성액								(16)당년도기성지급액							
	(13)총계약금액								(15)전년도까지 누계기성액								(17)전년도까지 누계지급액							
	백억	십억	억	천만	백만	십만	만	천	백억	십억	억	천만	백만	십만	만	천	백억	십억	억	천만	백만	십만	만	천
포 장				1	9	0	9	5				1	9	0	9	5				1	9	0	9	5
강원2003-16-03				1	9	0	9	5																

(18)기 타 (공사의규모·공법 공동도급내역등)	(특허 제1069775호) 계약액 19,095천원중 특허적용금액17,100천원

2011년도중 위와 같이 건설공사기성실적이 있음을 증명하여 주시기 바랍니다.
(※ 단순용역은 제외)

수수료
없 음

2012년 / 월 / 일

신청인 (주)삼우아이엠씨 (서명 또는 인)

강원도 도로관리사업소 귀하

위 사실을 증명합니다.

2012. 01. 19
년 월 일

발주자(수급인)

· 상 호 강원도 도로관리사업소
· 법인(주민)등록(고유)번호 224-83-02965
· 대표자 성명 김용래 강원도도로관리사업소장
· 주 소 강원 원주시 우산동 594-2
· 전화번호 033-7[illegible]7-6811

수입 강원도 1,000원 2012.01.19

문서발행일: 2012년01월19일

No. 가-1

[서식 6-1]

건 설 공 사 기 성 실 적 증 명(신청) 서

처리기간
즉 시

신청인	(1)상 호	(주)삼우아이엠씨	(2)대 표 자	김기헌
	(3)영업소재지	강원 춘천시 효자2동 192 -1 강원대학교 창업보육센터		

공 사 내 역 (16 - 6)

(5)공 사 명	국지도 70호선 증리지구(1공구) 수해복구 공사	(6)-2 총공사금액	해당사항 없음
(6)-1현장소재지 (번지까지 기재)	국지도 70호 증리지구 일원	(8) 인허가기관	
(7)공 종 (건산법시행규칙제25조)	해당사항 없음	인허가연월일	

(9)계약연월일	2011/11/14	(10)착공연월일	2011/11/15	(11)준공(예정)연월일	2011/12/14

(4)업 종 및 등록번호	(12)당년도계약액또는이월액								(14)당년도 기성액								(16)당년도기성지급액							
	(13)총계약금액								(15)전년도까지 누계기성액								(17)전년도까지 누계지급액							
	백억	십억	억	천만	백만	십만	만	천	백억	십억	억	천만	백만	십만	만	천	백억	십억	억	천만	백만	십만	만	천
포 장				1	8	0	8	1				1	8	0	8	1				1	8	0	8	1
강원2003-16-03				1	8	0	8	1																

(18)기 타 (공사의규모·공법 공동도급내역등)	(특허 제 1069775 호) 계약액 18,081천원중 특허적용금액 16,325천원

2011년도중 위와 같이 건설공사기성실적이 있음을 증명하여 주시기 바랍니다.
(※ 단순용역은 제외)

2012년 1월 11일

수수료
없 음

신청인 (주)삼우아이엠씨 (대표자 김기헌)

강원도 도로관리사업소 귀하

위 사실을 증명합니다.

2012 년 1. 19월 일

발주자(수급인)

· 상 호 강원도 도로관리사업소

· 법인(주민)등록(고유)번호 224-83-02965

· 대표자성명 ? (인)

· 주 소 강원 원주시 우산동 594-2

· 전화번호 033-737-6811

강원도도로관리사업소장

강 원 도
1,000원
2012.01.19
문서발행일:
2012년01월19일

"빠른 길, 안전하고 쾌적하게"

한 국 도 로 공 사

수신자 : 수신자 참조
(경유)
참 조 :
제 목 : 콘크리트계 교면포장 상용시험 대상선정 통보

1. 구조물처-917(2012.04.24), 삼우연구(콘)Ae2012-94(2012.05.02), 2012-0503(2012.05.03)의 관련입니다.

2. 귀사에서 상용시험 참여를 요청한 콘크리트계 교면포장 신재료에 대한 품질시험 결과 및 공사이행조건에 대하여 검토한 결과, 아래와 같이 시험대상으로 선정하여 통보하오니 상용시험 추진계획에 따라 원활히 진행될 수 있도록 이행에 만전을 기하여 주시기 바랍니다.

- 다 음 -

구 분	재 료 명	업 체 명	양생 조건
조 강	e-PMC(a type)	(주)지오시스	양생 12시간
	초조강LMC	(주)삼우IMC	양생 24시간
초속경	SMAT-CON	〃	양생 4시간

붙 임 : 1. 보수재료별 품질시험 검토결과 1부.
2. 상용시험 공사책임 이행각서 사본 1부. 끝.

한 국 도 로 공 사

수신자 (주)삼우IMC,(주)지오시스

구조물관리팀 김아름　　구조물관리팀 장현무　　팀장 전결 박정희

시행 구조물처-972 (2012.05.03.)　　접수

우 461-703 경기도 성남시 수정구 대왕판교로 805(금토동 293-1) / http://www.ex.co.kr/

전화 031-779-4894 전송 031-779-4889 / ark85@ex.co.kr / 공개

콘크리트계 교면포장 보수재료별 품질시험 결과

항 목 (단 위)		콘크리트계 교면포장 보수재료 품질기준 (양생일수)	조 강		초 속 경
			양생 12hr	양생 24hr	양생 4hr
			e-PMC(a) (지오시스)	초조강LMC (삼우IMC)	SMAT-CON (삼우IMC)
품질기준 적합여부			적합	적합	적합
내구 특성	염분침투저항성 (Coulombs)	1000이하 (초속경 · 조강 28일)	836	183 *	268
	동결융해저항성 (%)	80이상 (초속경 · 조강 28일)	81.6	93% *	88
	스케일링저항성 (kg/㎡)	1.0미만 (초속경 · 조강 28일)	0.73	0.84	0.03
	(m_{56}/m_{28})	2 미만 (초속경 · 조강 28일)	1.70	1.6 *	1.1
	균열저항성	재령 56일까지 구속 건조수축균열 없음	균열발생없음	균열발생없음	균열발생없음
	마모저항성 (mm)	2이하 (초속경 7일/조강 28일)	1.075	0.52	시험중
강도 특성	압축강도 (MPa)	21이상 (개방시간)	22.2	23.6 *	39.2
		27이상 (28일)	37.2	44.1 *	54.2
	부착강도 (MPa)	1.4 이상 (개방시간)	2.97	1.7 *	1.7
적합 특성	건조수축 (%)	0.15 이하 (초속경 7일/조강 14일)	0.0126	0.12	0.08
	열팽창계수 (/℃)	4.0×10^{-6}~20.0×10^{-6} (초속경 7일/조강 28일)	6.0×10^{-6}	10.3×10^{-6}	1.27×10^{-5}
	탄성계수 (MPa)	1.13×10^{4}~7.80×10^{4} (초속경 7일/조강 28일)	2.93×10^{4}	2.34×10^{4} *	2.77×10^{4}
품질시험기관			SGS	KCL, KTR	KCL

※ SGS : 건설시험연구원, KCL : 한국건설생활환경시험연구원, KTR : 한국화학융합시험연구원 (*)

상용시험 공사책임 이행각서(안)

당사는 2012년 한국도로공사 구조물처에서 시행하는 콘크리트재 교면포장 상용시험에 참여함에 있어 다음 사항을 준수할 것을 각서로 제출합니다.

1. 본 공사를 시행함에 있어 시공 관련 모든 제반 비용을 당사에서 부담하겠음

2. 공사시행 시 고속도로공사 전문시방서 등 공사 관련 시방서에 따라 품질관리, 교통안전 및 산업재해 예방 등에 만전한 시공 계획을 수립하여 공사 관리부서(지역본부) 승인 후 공사를 시행하겠음

3. 공사 시행서 우리공사 「고속도로 공사장 교통관리기준(2011년)」을 준수하여 교통제한 신고, 교통차단 등을 절차에 따라 시행 및 공사를 안전하게 준공하도록 만전을 기하겠음

4. 고속도로 공사장 교통관리기준 미준수 등으로 인한 교통안전 및 산업재해 안전에 관한 책임과 공사완료 후 교면파손으로 인한 교통사고 등 2차사고 발생 시 모든 책임을 당사가 부담하겠음

5. 시공 후 하자 발생 시 적극적이고 성실한 태도로 조속히 하자보수를 시행하겠음

위 사항은 상호신뢰를 바탕으로 한 약속으로서 반드시 지킬 것이며, 미준수시 귀사 상용시험 대상자 탈락 및 향후 상용시험 참여 제재 등 불이익을 받는데 대하여 민·형사상 어떠한 이의도 제기하지 않을 것을 서약합니다.

2012년 05월 02일

회 사 명 : (주)삼우이이엠씨 (인)
주 소 : 서울시 송파구 오금동
대표자명 : 김 기 현 (인)

한국도로공사 사장 귀하

시공연장조사 및 평가를 위한

SMAT-CON 적용연장 추적조사 일지

2012.08

(주)삼우아이엠씨

<시공현장조사 및 평가를 위한 추적조사 이력>

구분	일자	내용	점검결과
준공일	10월13일	풀무2교 시공완료	초기강도, 물성치, 부착강도
1차	10월26일	풀무2교 매립형 온도데이터 획득 및 상태조사	초기 온도발현 형태 분석
준공일	11월21일	국지도70호선 시공	
2차	11월23일	풀무2교 매립형 온도데이터 획득 및 상태조사	장기 온도발현 형태 분석
3차	02월01일	풀무2교 녹색기술 현장실사	녹색기술 인증 현장실사
4차	02월17일	풀무2교, 국지도70호선 추적조사	상태양호
5차	03월19일	풀무2교, 국지도70호선 추적조사	상태양호
6차	04월24일	풀무2교, 국지도70호선 추적조사	상태양호
7차	05월19일	풀무2교, 국지도70호선 추적조사	상태양호

균열조사 Check List

교량명 : 국지도70호선 2012. 02. 17

점검자 : 정연경

조사목적 : 국지도70호선 최초조사

공 종	점 검 사 항	점검결과	비 고
균 열 분 포 형 상	종방향 균열 발생 여부?	X	
	횡방향 균열 발생 여부?	X	
	거북등 균열 발생 여부?	X	
	스케일링등 탈락된 부분 발생 여부?	X	
균열폭	균열 폭이 0.1mm이하인가?		
	균열 폭이 0.1~0.2mm인가?		
	균열 폭이 0.2mm이상인가?		
균 열 상 태	균열이 자세히 봐야 할 정도로 희미한가?		
	균열이 육안으로 자세히 보이는가?		
	균열이 진하게 크게 보이는가?		
균 열 길 이	균열 길이가 1m이하인가?		
	균열 길이가 1m이상인가?		
에폭시 균 열 보 수 상 태	에폭시 충진이 유지되고 있는가?		
	균열이 진행되고 있는가?		
	새로운 균열이 발생하고 있는가?		
	에폭시 재보수가 필요한가?		

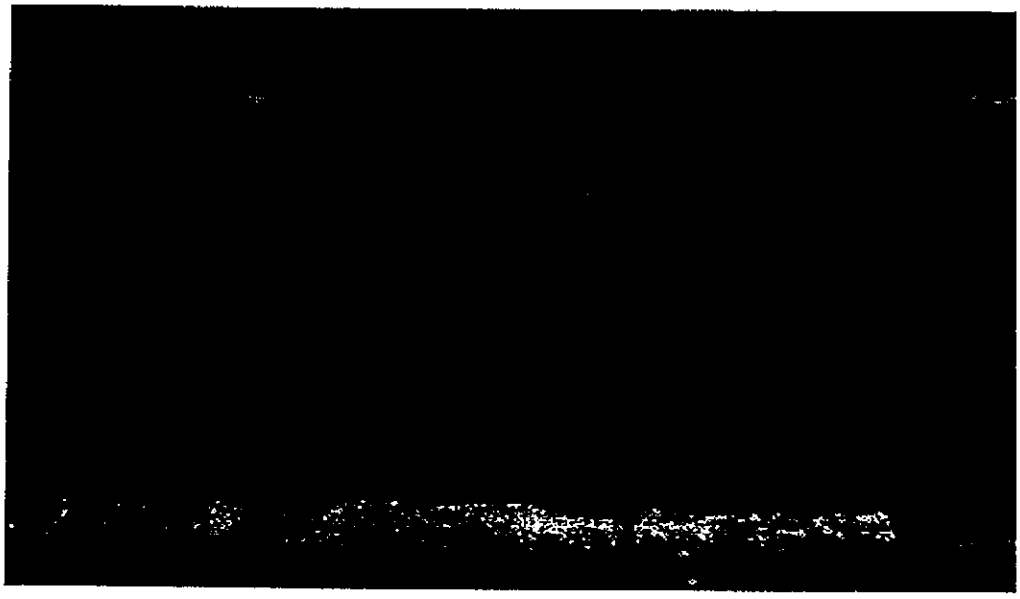
준비물: 카메라, 균열게이지, 개인별 안전장구

점검결과 요약

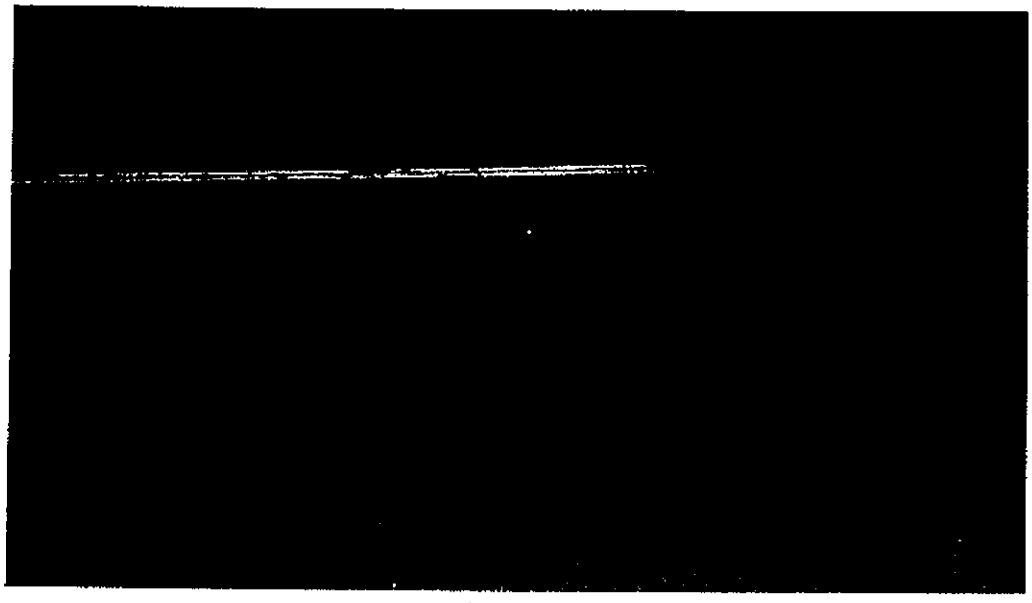
특이사항 없음

상태양호

사 진 대 지



위 치	국지도 70호선	날 짜	2012. 02. 17
내 용	SMAT-CON 추적조사		



위 치	국지도 70호선	날 짜	2012. 02. 17
내 용	SMAT-CON 추적조사		

균열조사 Check List

교량명 : 국지도70호선 2012. 03. 19

점검자 : 정원영

조사목적 : 정기점검

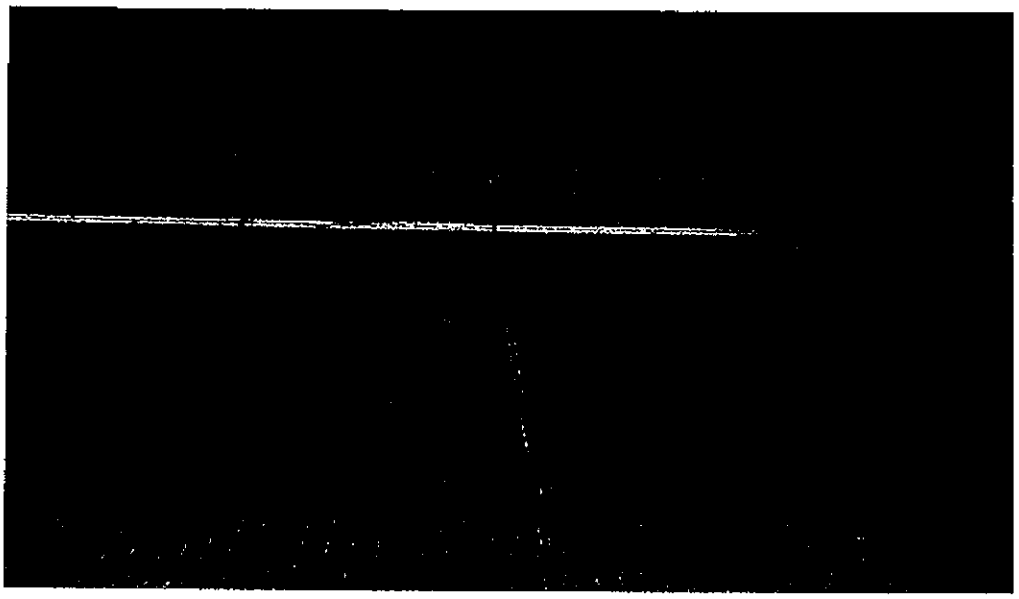
공 종	점 검 사 항	점검결과	비 고
균 열 분 포 형 상	종방향 균열 발생 여부?	X	
	횡방향 균열 발생 여부?	X	
	거북등 균열 발생 여부?	X	
	스케일링등 탈락된 부분 발생 여부?	X	
균열폭	균열 폭이 0.1mm이하인가?		
	균열 폭이 0.1~0.2mm인가?		
	균열 폭이 0.2mm이상인가?		
균 열 상 태	균열이 자세히 봐야 할 정도로 희미한가?		
	균열이 육안으로 자세히 보이는가?		
	균열이 진하게 크게 보이는가?		
균 열 길 이	균열 길이가 1m이하인가?		
	균열 길이가 1m이상인가?		
에폭시 균 열 보 수 상 태	에폭시 충진이 유지되고 있는가?		
	균열이 진행되고 있는가?		
	새로운 균열이 발생하고 있는가?		
	에폭시 재보수가 필요한가?		

준비물: 카메라, 균열게이지, 개인별 안전장구

점검결과 요약

상태양호.

사 진 대 지



위 치	국지도 70호선	날 짜	2012. 03. 19
내 용	SMAT-CON 추적조사		



위 치	국지도 70호선	날 짜	2012. 03. 19
내 용	SMAT-CON 추적조사		

균열조사 Check List

지사위치
~~교량명~~ : 국지도70호선 2012. 04. 24

점검자 : 전 범 조

조사목적 : 주기점사

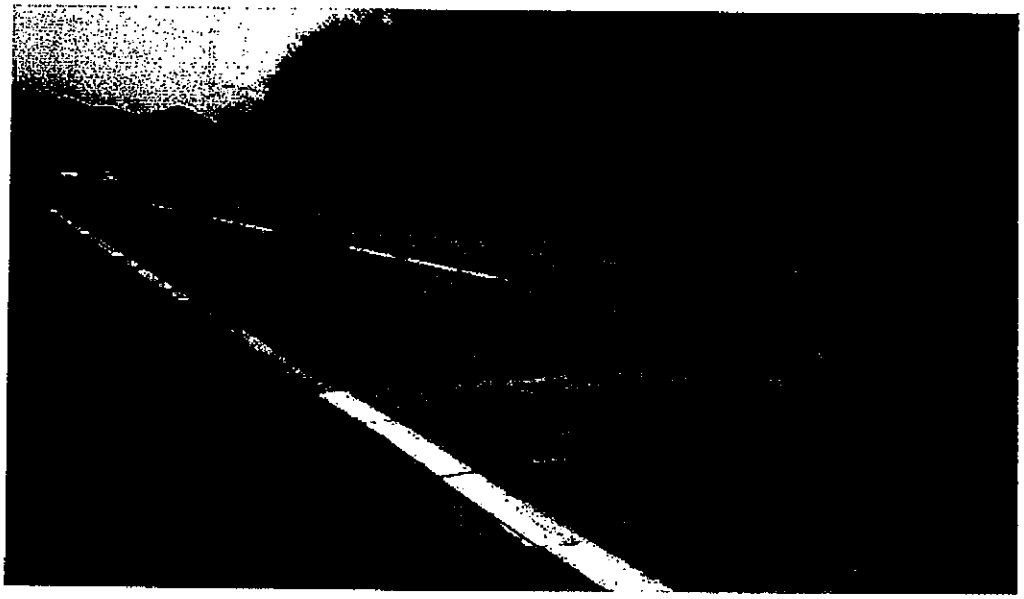
공 종	점 검 사 항	점검결과	비 고
균 열 분 포 형 상	종방향 균열 발생 여부?	X	
	횡방향 균열 발생 여부?	X	
	거북등 균열 발생 여부?	X	
	스케일링등 탈락된 부분 발생 여부?	X	
균열폭	균열 폭이 0.1mm이하인가?	X	
	균열 폭이 0.1~0.2mm인가?	X	
	균열 폭이 0.2mm이상인가?	X	
균 열 상 태	균열이 자세히 봐야 할 정도로 희미한가?	X	
	균열이 육안으로 자세히 보이는가?	X	
	균열이 진하게 크게 보이는가?	X	
균 열 길 이	균열 길이가 1m이하인가?	X	
	균열 길이가 1m이상인가?	X	
에폭시 균 열 보 수 상 태	에폭시 충진이 유지되고 있는가?	X	
	균열이 진행되고 있는가?	X	
	새로운 균열이 발생하고 있는가?	X	
	에폭시 재보수가 필요한가?	X	

준비물: 카메라, 균열게이지, 개인별 안전장구

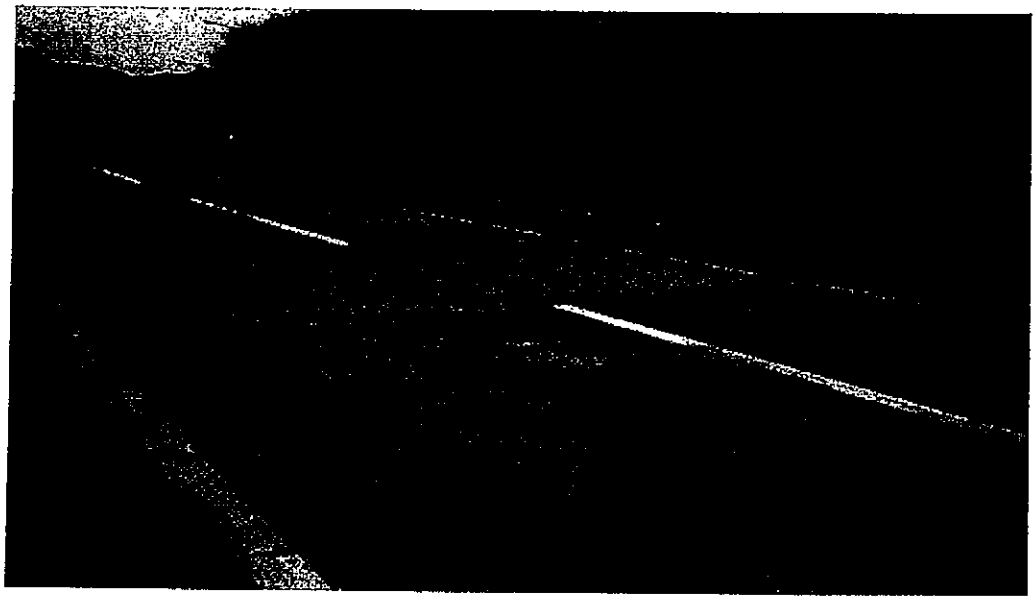
점검결과 요약

특이사항 없음.

사 진 대 지



위 치	국지도 70호선	날 짜	2012. 04. 24
내 용	SMAT-CON 추적조사		



위 치	국지도 70호선	날 짜	2012. 04. 24
내 용	SMAT-CON 추적조사		

균열조사 Check List

조사명 : 국지도70호선 2012. 05. 19

점검자 : 정 연 갱

조사목적 : 해운 개선 측정사

공 종	점 검 사 항	점검결과	비 고
균 열 분 포 형 상	종방향 균열 발생 여부?	∿	
	횡방향 균열 발생 여부?	∿	
	거북등 균열 발생 여부?	∿	
	스케일링등 탈락된 부분 발생 여부?	∿	
균열폭	균열 폭이 0.1mm이하인가?	∿	
	균열 폭이 0.1~0.2mm인가?	∿	
	균열 폭이 0.2mm이상인가?	∿	
균 열 상 태	균열이 자세히 봐야 할 정도로 희미한가?	∿	
	균열이 육안으로 자세히 보이는가?	∿	
	균열이 진하게 크게 보이는가?	∿	
균 열 길 이	균열 길이가 1m이하인가?	∿	
	균열 길이가 1m이상인가?	∿	
에폭시 균 열 보 수 상 태	에폭시 충진이 유지되고 있는가?	∿	
	균열이 진행되고 있는가?	∿	
	새로운 균열이 발생하고 있는가?	∿	
	에폭시 재보수가 필요한가?	∿	

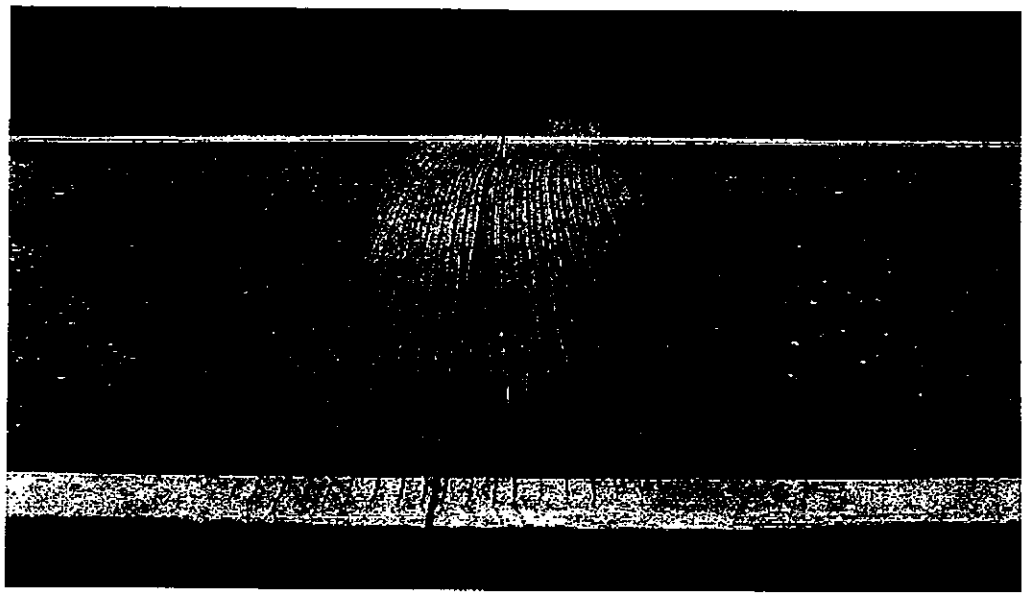
준비물: 카메라, 균열게이지, 개인별 안전장구

점검결과 요약

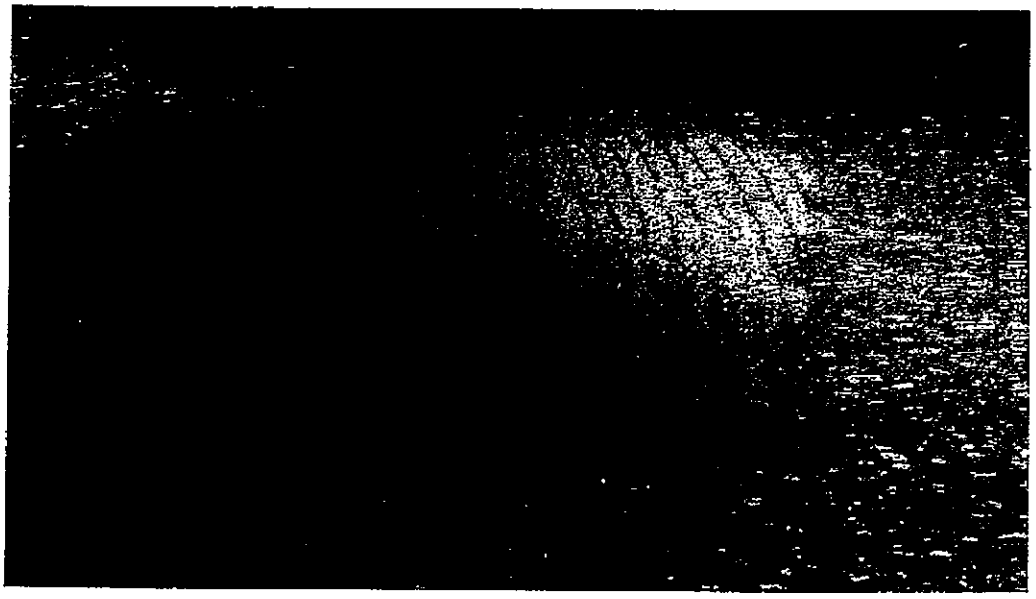
2011. 11월 작업하여 특이사항 없음.

콘크리 상태 양호. 크랙 없음.

사 진 대 지



위 치	국지도 70호선	날 짜	2012. 05. 19
내 용	SMAT-CON 추적조사		



위 치	국지도 70호선	날 짜	2012. 05. 19
내 용	SMAT-CON 추적조사		

균열조사 Check List

교량명 : 풀무2교 2011. 10. 26

점검자 : 정 은 경

조사목적 : 현재 온도데이터 수집 및 상태조사

공 종	점 검 사 항	점검결과	비 고
균 열 분 포 형 상	종방향 균열 발생 여부?	X	
	횡방향 균열 발생 여부?	X	
	거북등 균열 발생 여부?	X	
	스케일링등 탈락된 부분 발생 여부?	X	
균열폭	균열 폭이 0.1mm이하인가?	X	
	균열 폭이 0.1~0.2mm인가?	X	
	균열 폭이 0.2mm이상인가?	X	
균 열 상 태	균열이 자세히 봐야 할 정도로 희미한가?	X	
	균열이 육안으로 자세히 보이는가?	X	
	균열이 진하게 크게 보이는가?	X	
균 열 길 이	균열 길이가 1m이하인가?	X	
	균열 길이가 1m이상인가?	X	
에폭시 균 열 보 수 상 태	에폭시 충진이 유지되고 있는가?	X	
	균열이 진행되고 있는가?	X	
	새로운 균열이 발생하고 있는가?	X	
	에폭시 재보수가 필요한가?	X	

준비물: 카메라, 균열게이지, 개인별 안전장구, 아이버튼 출력장치

점검결과 요약

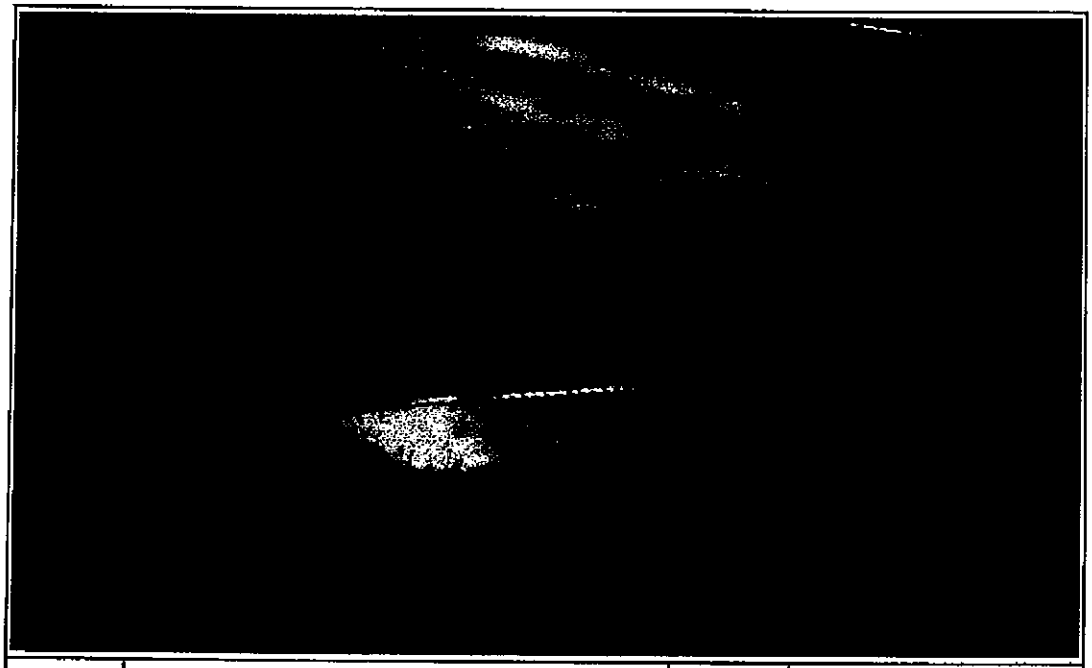
현재 24시간 온도데이터 수집 완료, 재세팅

풀무2교 전반상태 양호.

사 진 대 지



위 치	풀무2교	날 짜	2011. 10. 26
내 용	SMAT-CON 초기 온도데이터 수집 및 추적조사		

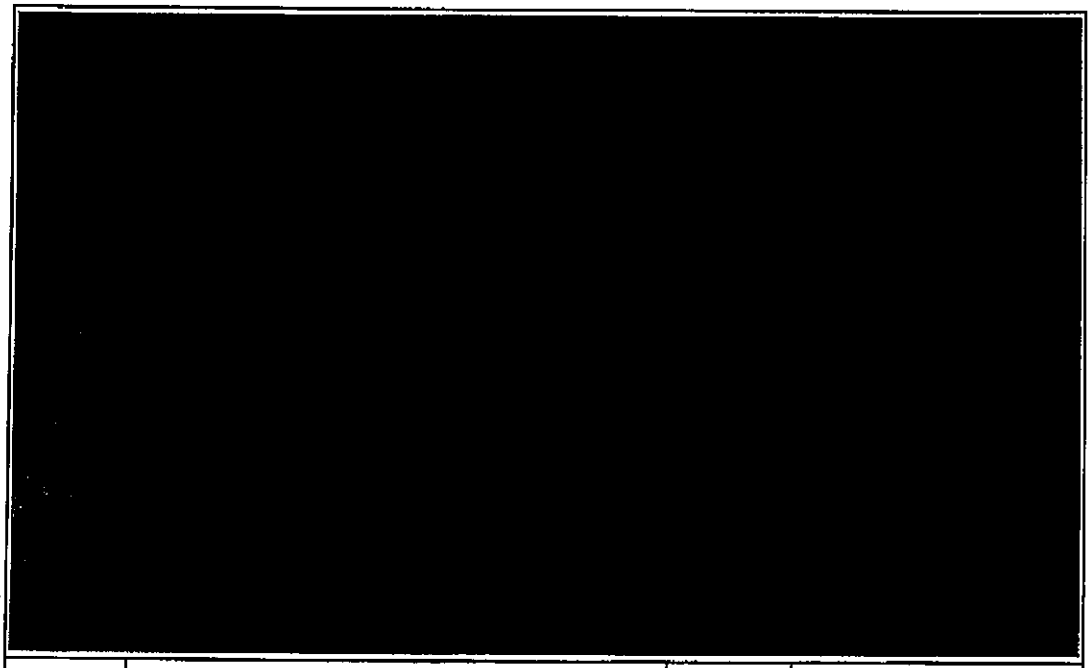


위 치	풀무2교	날 짜	2011. 10. 26
내 용	SMAT-CON 초기 온도데이터 수집 및 추적조사		

사 진 대 지



위 치	풀무2교	날 짜	2011. 10. 26
내 용	SMAT-CON 초기 온도데이터 수집 및 추적조사		



위 치	풀무2교	날 짜	2011. 10. 26
내 용	SMAT-CON 초기 온도데이터 수집 및 추적조사		

균열조사 Check List

교량명 : 풀무2교 2011. 11. 23

점검자 : 정연영

조사목적 : 정기안전점검 실시 및 균열조사

공 종	점 검 사 항	점검결과	비 고
균 열 분 포 형 상	종방향 균열 발생 여부?	X	
	횡방향 균열 발생 여부?	X	
	거북등 균열 발생 여부?	X	
	스케일링등 탈락된 부분 발생 여부?	X	
균열폭	균열 폭이 0.1mm이하인가?	X	
	균열 폭이 0.1~0.2mm인가?	X	
	균열 폭이 0.2mm이상인가?	X	
균 열 상 태	균열이 자세히 봐야 할 정도로 희미한가?	X	
	균열이 육안으로 자세히 보이는가?	X	
	균열이 진하게 크게 보이는가?	X	
균 열 길 이	균열 길이가 1m이하인가?	X	
	균열 길이가 1m이상인가?	X	
에폭시 균 열 보 수 상 태	에폭시 충진이 유지되고 있는가?	X	
	균열이 진행되고 있는가?	X	
	새로운 균열이 발생하고 있는가?	X	
	에폭시 재보수가 필요한가?	X	

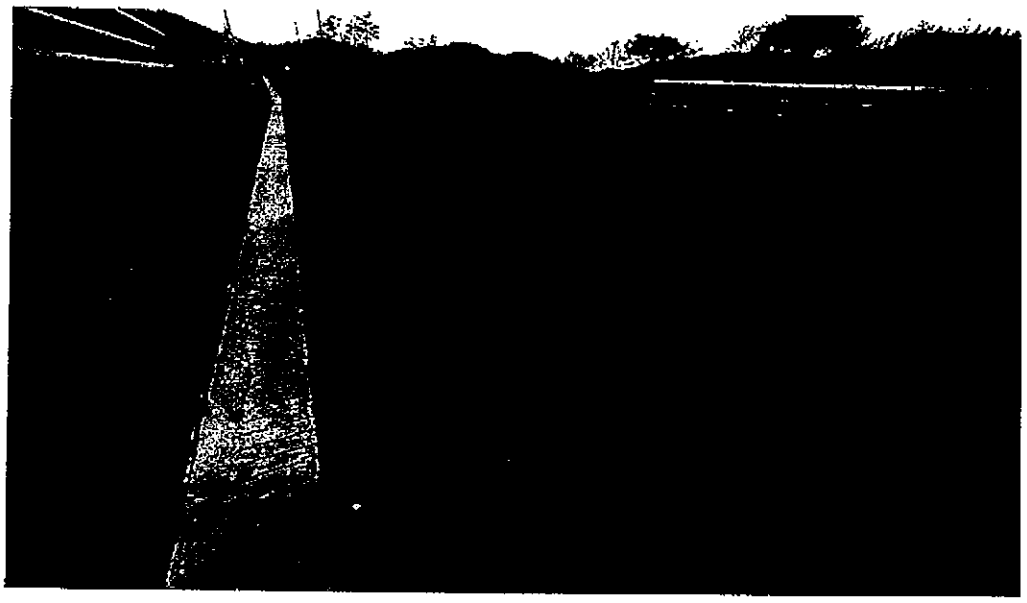
준비물: 카메라, 균열게이지, 개인별 안전장구, 아이버튼 출력장치

점검결과 요약

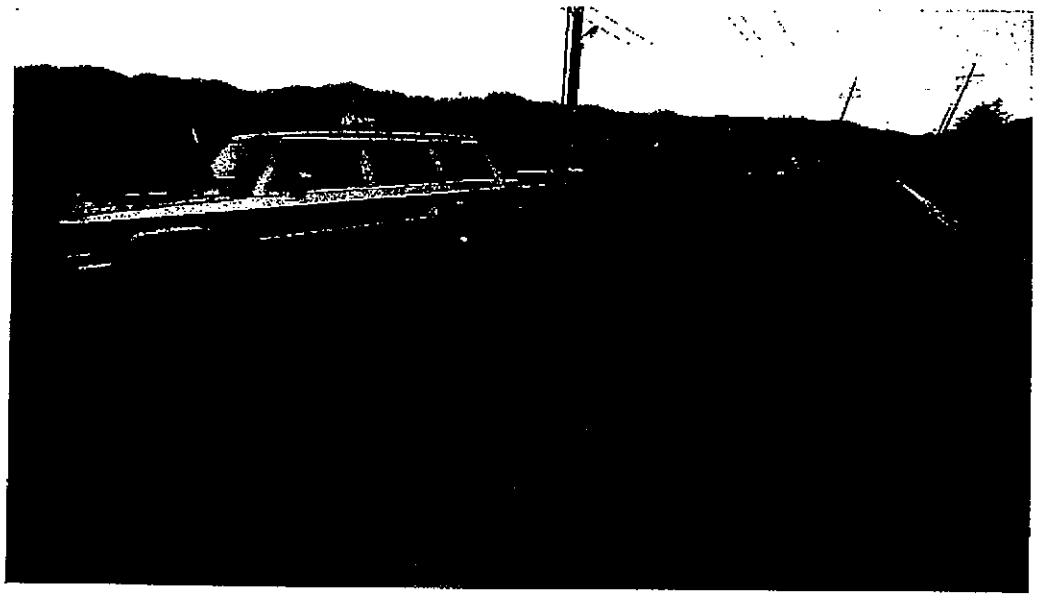
정기안전 점검.

균열상태 양호. 특이사항 없음

사 진 대 지



위 치	풀무2교	날 짜	2011. 11. 23
내 용	SMAT-CON 장기 온도데이터 수집 및 추적조사		



위 치	풀무2교	날 짜	2011. 11. 23
내 용	SMAT-CON 장기 온도데이터 수집 및 추적조사		

균열조사 Check List

교량명 : 풀무2교 2012. 02. 01

점검자 : 정 연경

조사목적 : 해양기 [illegible]

공 종	점 검 사 항	점검결과	비 고
균 열 분 포 형 상	종방향 균열 발생 여부?	X	
	횡방향 균열 발생 여부?	X	
	거북등 균열 발생 여부?	X	
	스케일링등 탈락된 부분 발생 여부?	X	
균열폭	균열 폭이 0.1mm이하인가?	X	
	균열 폭이 0.1~0.2mm인가?	X	
	균열 폭이 0.2mm이상인가?	X	
균 열 상 태	균열이 자세히 봐야 할 정도로 희미한가?	X	
	균열이 육안으로 자세히 보이는가?	X	
	균열이 진하게 크게 보이는가?	X	
균 열 길 이	균열 길이가 1m이하인가?	X	
	균열 길이가 1m이상인가?	X	
에폭시 균 열 보 수 상 태	에폭시 충진이 유지되고 있는가?	X	
	균열이 진행되고 있는가?	X	
	새로운 균열이 발생하고 있는가?	X	
	에폭시 재보수가 필요한가?	X	

준비물: 카메라, 균열게이지, 개인별 안전장구

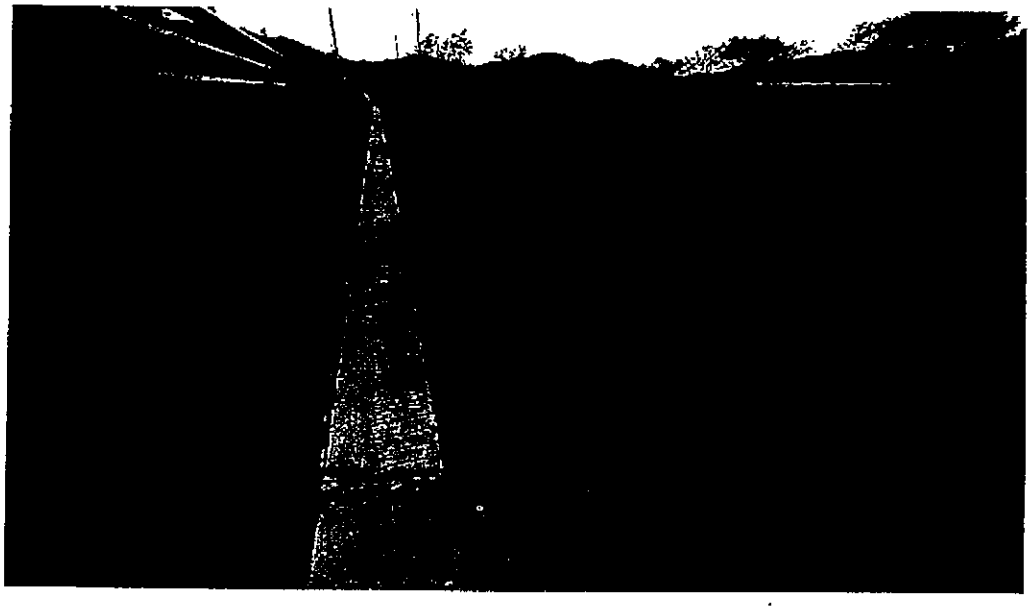
점검결과 요약

특이사항 없음

사 진 대 지



위 치	풀무2교	날 짜	2012. 02. 01
내 용	SMAT-CON 추적조사		



위 치	풀무2교	날 짜	2012. 02. 01
내 용	SMAT-CON 추적조사		

균열조사 Check List

교량명 : 풀무2교 2012. 02. 17

점검자 : 정현정

조사목적 : 정기점검

공 종	점 검 사 항	점검결과	비 고
균 열 분 포 형 상	종방향 균열 발생 여부?	X	
	횡방향 균열 발생 여부?	X	
	거북등 균열 발생 여부?	X	
	스케일링등 탈락된 부분 발생 여부?	X	
균열폭	균열 폭이 0.1mm이하인가?		
	균열 폭이 0.1~0.2mm인가?		
	균열 폭이 0.2mm이상인가?		
균 열 상 태	균열이 자세히 봐야 할 정도로 희미한가?		
	균열이 육안으로 자세히 보이는가?		
	균열이 진하게 크게 보이는가?		
균 열 길 이	균열 길이가 1m이하인가?		
	균열 길이가 1m이상인가?		
에폭시 균 열 보 수 상 태	에폭시 충진이 유지되고 있는가?		
	균열이 진행되고 있는가?		
	새로운 균열이 발생하고 있는가?		
	에폭시 재보수가 필요한가?		

준비물: 카메라, 균열게이지, 개인별 안전장구

점검결과 요약

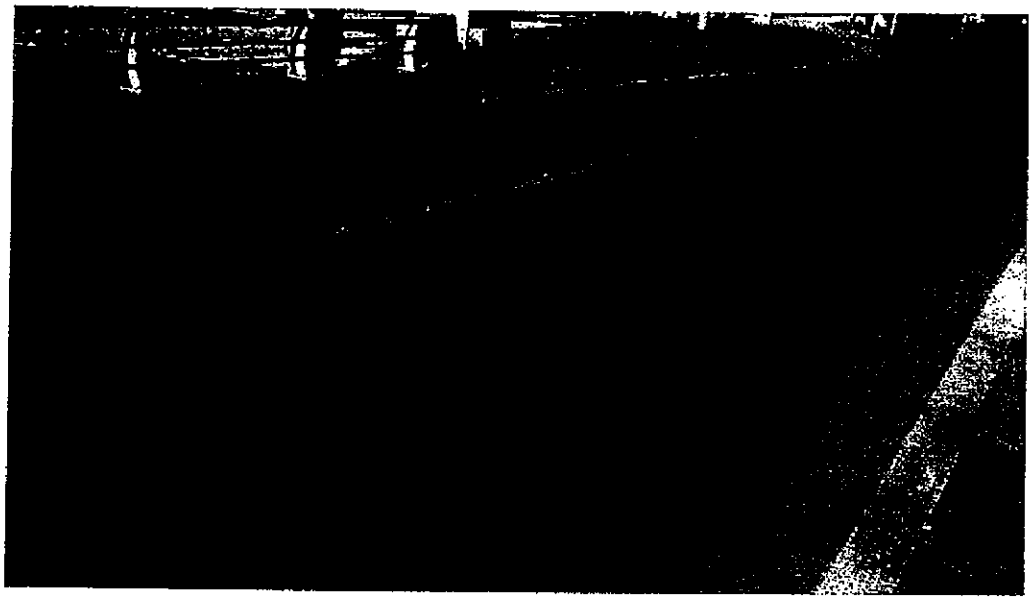
특이사항 없음.

상태 양호.

사 진 대 지



위 치	풀무2교	날 짜	2012. 02. 17
내 용	SMAT-CON 추적조사		



위 치	풀무2교	날 짜	2012. 02. 17
내 용	SMAT-CON 추적조사		

균열조사 Check List

교량명 : 풀무2교 2012. 03. 19

점검자 : 정원영

조사목적 : 케이블 점검

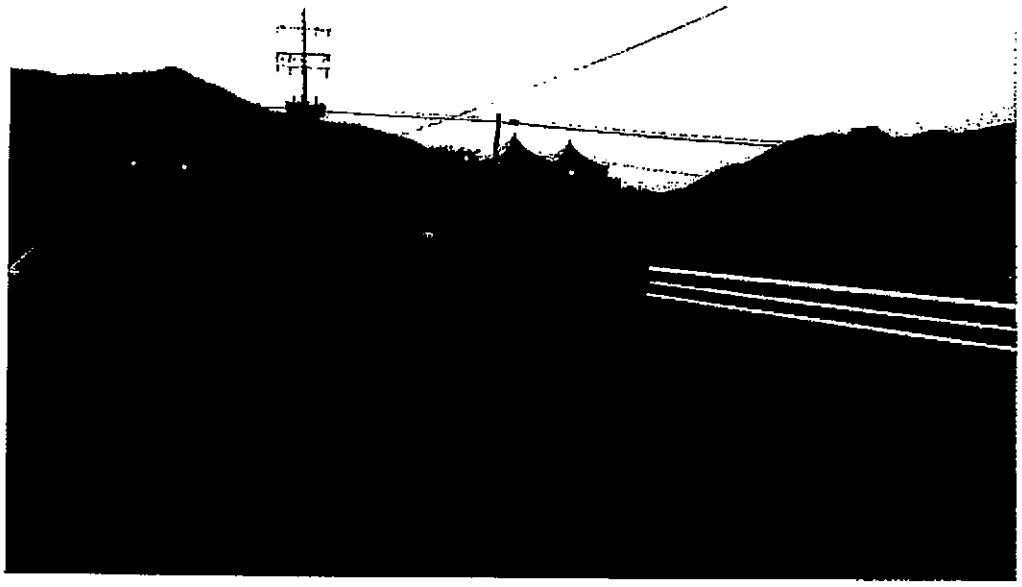
공 종	점 검 사 항	점검결과	비 고
균 열 분 포 형 상	종방향 균열 발생 여부?	X	
	횡방향 균열 발생 여부?	X	
	거북등 균열 발생 여부?	X	
	스케일링등 탈락된 부분 발생 여부?	X	
균열폭	균열 폭이 0.1mm이하인가?	X	
	균열 폭이 0.1-0.2mm인가?	X	
	균열 폭이 0.2mm이상인가?	X	
균 열 상 태	균열이 자세히 봐야 할 정도로 희미한가?	X	
	균열이 육안으로 자세히 보이는가?	X	
	균열이 진하게 크게 보이는가?	X	
균 열 길 이	균열 길이가 1m이하인가?		
	균열 길이가 1m이상인가?		
에폭시 균 열 보 수 상 태	에폭시 충진이 유지되고 있는가?		
	균열이 진행되고 있는가?		
	새로운 균열이 발생하고 있는가?		
	에폭시 재보수가 필요한가?		

준비물: 카메라, 균열게이지, 개인별 안전장구

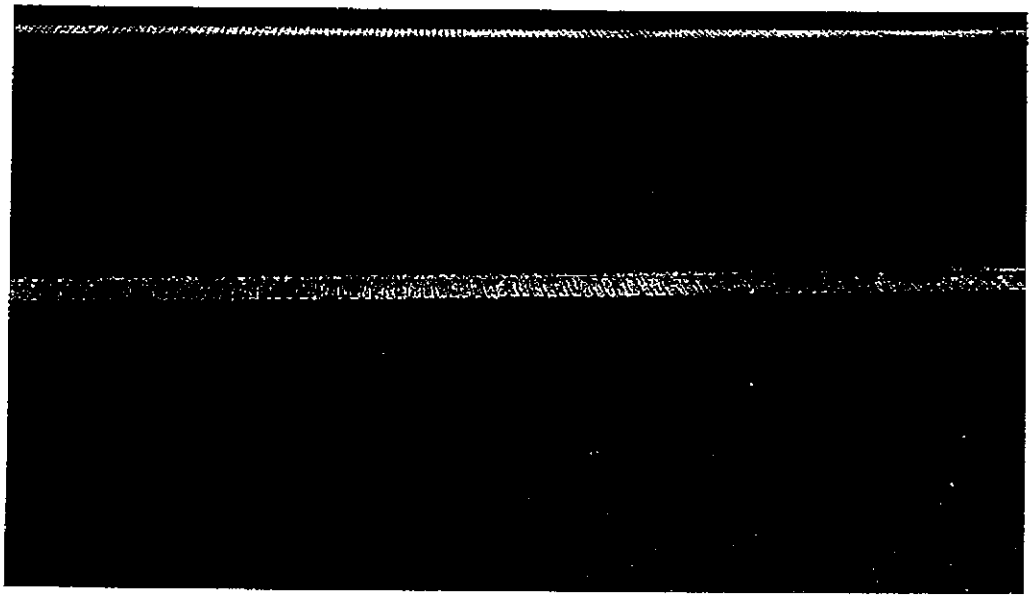
점검결과 요약

상태 양호.

사 진 대 지



위 치	풀무2교	날 짜	2012. 03. 19
내 용	SMAT-CON 추적조사		



위 치	풀무2교	날 짜	2012. 03. 19
내 용	SMAT-CON 추적조사		

균열조사 Check List

교량명 : 풀무2교 2012. 04. 24

점검자 : 정병조

조사목적 : 풀무2교 추적조사

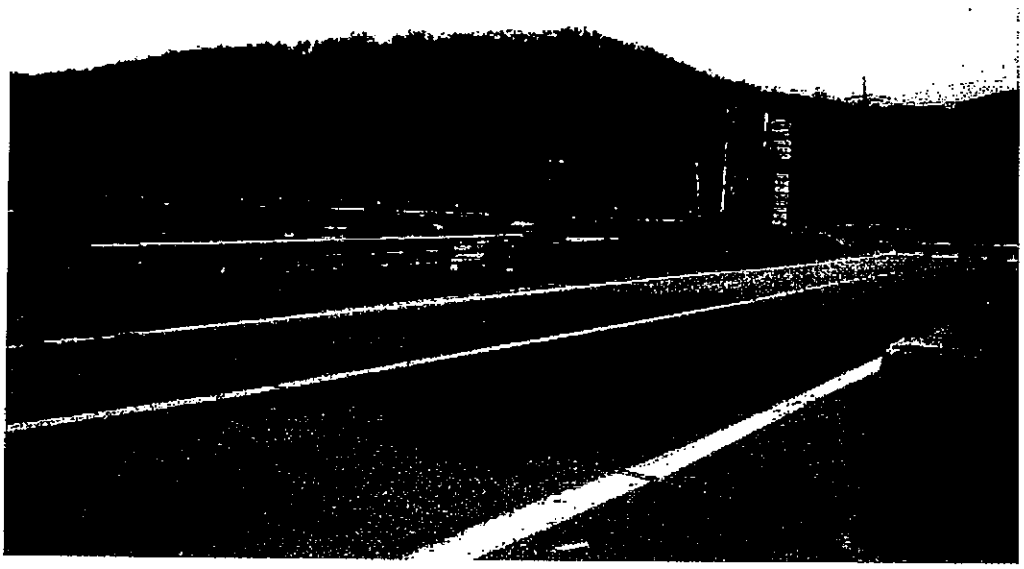
공 종	점 검 사 항	점검결과	비 고
균 열 분 포 형 상	종방향 균열 발생 여부?	X	
	횡방향 균열 발생 여부?	X	
	거북등 균열 발생 여부?	X	
	스케일링등 탈락된 부분 발생 여부?	X	
균열폭	균열 폭이 0.1mm이하인가?	X	
	균열 폭이 0.1~0.2mm인가?	X	
	균열 폭이 0.2mm이상인가?	X	
균 열 상 태	균열이 자세히 봐야 할 정도로 희미한가?	X	
	균열이 육안으로 자세히 보이는가?	X	
	균열이 진하게 크게 보이는가?	X	
균 열 길 이	균열 길이가 1m이하인가?	X	
	균열 길이가 1m이상인가?	X	
에폭시 균 열 보 수 상 태	에폭시 충진이 유지되고 있는가?	X	
	균열이 진행되고 있는가?	X	
	새로운 균열이 발생하고 있는가?	X	
	에폭시 재보수가 필요한가?	X	

준비물: 카메라, 균열게이지, 개인별 안전장구

점검결과 요약

상태 양호, 특이사항 없음.

사 진 대 지



위 치	풀무2교	날 짜	2012. 04. 24
내 용	SMAT-CON 추적조사		



위 치	풀무2교	날 짜	2012. 04. 24
내 용	SMAT-CON 추적조사		

균열조사 Check List

교량명 : 풀무2교 2012. 05. 19

점검자 : 정 진 경

조사목적 : 육안점검

공 종	점 검 사 항	점검결과	비 고
균 열 분 포 형 상	종방향 균열 발생 여부?	,	
	횡방향 균열 발생 여부?	,	
	거북등 균열 발생 여부?	`	
	스케일링등 탈락된 부분 발생 여부?	`	
균열폭	균열 폭이 0.1mm이하인가?	.	
	균열 폭이 0.1~0.2mm인가?	.	
	균열 폭이 0.2mm이상인가?	`	
균 열 상 태	균열이 자세히 봐야 할 정도로 희미한가?	.	
	균열이 육안으로 자세히 보이는가?	-	
	균열이 진하게 크게 보이는가?	'	
균 열 길 이	균열 길이가 1m이하인가?	.	
	균열 길이가 1m이상인가?	`	
에폭시 균 열 보 수 상 태	에폭시 충진이 유지되고 있는가?	-	
	균열이 진행되고 있는가?	,	
	새로운 균열이 발생하고 있는가?	`	
	에폭시 재보수가 필요한가?	'	

준비물: 카메라, 균열게이지, 개인별 안전장구

점검결과 요약

2011. 10 점검후 현재까지 특이사항 없음.

표면상태 양호. 신생발현 상태 양호.

사 진 대 지



위 치	풀무2교	날 짜	2012. 05. 19
내 용	SMAT-CON 추적조사		

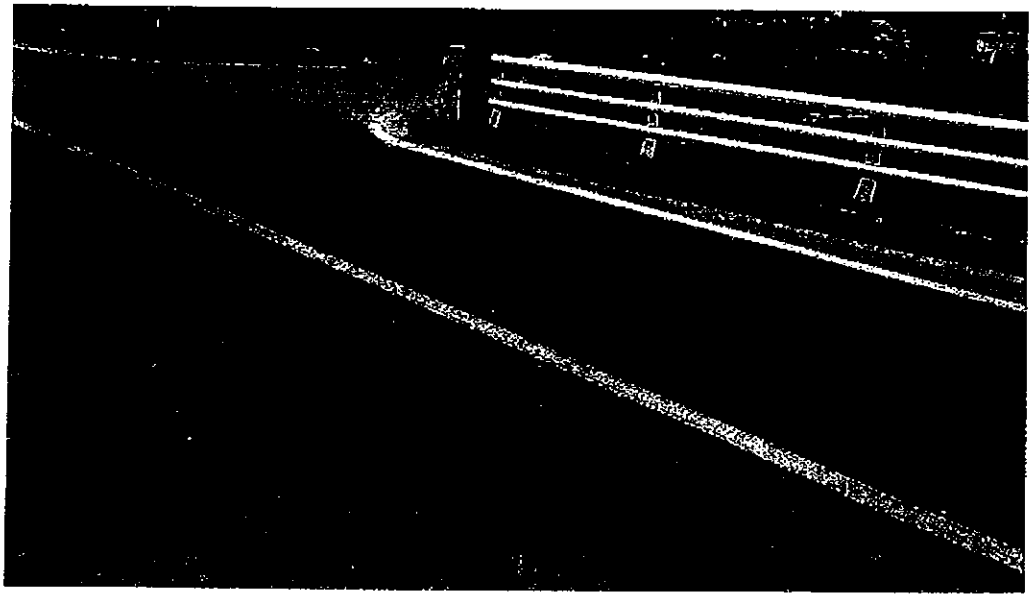


위 치	풀무2교	날 짜	2012. 05. 19
내 용	SMAT-CON 추적조사		

사 진 대 지



위 치	풀무2교	날 짜	2012. 05. 19
내 용	SMAT-CON 추적조사		



위 치	풀무2교	날 짜	2012. 05. 19
내 용	SMAT-CON 추적조사		

건설신기술 지정 신청용

원 가 계 산 서

명칭 : 스피넬구조의 구상형 전기로 산화 슬래그 잔골재 치환 고성능 콘크리트와 VnW System을 이용한 교면 및 콘크리트포장 유지보수공법 (SMAT-CON공법)

신청인 : (주)삼우아이엠씨

2012. 1

조사기관 : (사)건설원가연구원

목 차

Ⅰ. 원가계산 보고서 ---------- 1

Ⅱ. 원가계산의 개요 ---------- 4

1. 원가계산의 목적 ---------- 4

2. 본 과업의 개요 ---------- 4

3. 원가조사의 기준 ---------- 5

Ⅲ. 원가계산 총괄표 ---------- 8

1. 산 출 내 역 서 ---------- 10

2. 일 위 대 가 표 ---------- 13

3. 중기사용 산출서 ---------- 24

4. 기초단가조사표 ---------- 33

Ⅳ. 시방서 및 공법관련자료 ---------- 66

Ⅴ. 예정가격 작성기준 ---------- 87

Ⅵ. 등록사항 ---------- 116

Ⅰ. 원가계산 보고서

(주)삼우아이엠씨 貴中

본 원가계산은 **"(주)삼우아이엠씨"의** 위촉에 의하여 **『스피넬구조의 구상형 전기로 산화 슬래그 잔골재 치환 고성능 콘크리트와 VnW System을 이용한 교면 및 콘크리트 포장 유지보수공법(SMAT-CON공법)』**에 관한 원가계산으로서 귀 측에서 제시한 신기술지정신청서를 근거로 「예정가격작성기준」(회계예규 2200.04-159-14, 2010.4.15) 의 일반적인 원가계산방식을 기초로 하여 산정하였으며 그 결과는 다음과 같습니다.

- 다 음 -

(단위 : 원)

명 칭	규 격	단 위	금 액	비고
스피넬구조의 구상형 전기로 산화 슬래그 잔골재 치환 고성능 콘크리트와 VnW System을 이용한 교면 및 콘크리트포장 유지보수공법(SMAT-CON공법)	(Q = 240㎡/day)	㎡	118,261	주간 8시간 교통차단조건
	(Q = 400㎡/day)		94,565	24시간 교통 차단조건

※ 상기금액은 부가가치세가 포함되지 않은 금액입니다.

2012년 1월 일



責任研究員
工學博士(修了) : 박 양 호
原價分析士

先任研究員
工學碩士 : 정 기 창
原價分析士

工學士
研究員 : 전 원 석

일위대가표 요약

의뢰접수일	2012. 1. 9	조사 기간	2012.1.9 ~ 2012.1.18
신청기술 개발자	(주)삼우아이엠씨		

의뢰기술 명칭	스피넬구조의 구상형 전기로 산화 슬래그 잔골재 치환 고성능 콘크리트와 VnW System을 이용한 교면 및 콘크리트포장 유지보수공법(SMAT-CON공법)
의뢰기술의 범위	스피넬구조를 지닌 구상형 전기로 산화 슬래그 잔골재를 이용한 고성능 콘크리트 제조기술과 워터제트 및 진공흡입청소 기능을 일체화시킨 VnW System을 이용한 교면 및 콘크리트포장 유지보수공법
의뢰기술의 내용	제강공정의 부산물인 전기로슬래그를 고속의 공기로 급냉에이징 처리함으로써 화학적으로 안정화된 스피넬구조와 물리적 안정성을 확보한 구상형의 전기로 산화 슬래그로 초속경계열의 폴리머 개질 콘크리트의 잔골재를 100% 치환함으로써 결합재의 양과 성능개선재의 양을 감소시켜 경제성을 확보한 친환경의 전기로 산화 슬래그 잔골재 개질 콘크리트(SMAT-CON)제조기술과 이를 이용한 도로의 교면 및 콘크리트포장 보수에 있어 열화부 제거공정과 이물질제거공정을 하나의 장비로 System화 시킴으로써 공정단축, 일일작업량 증대, 투입 장비 및 인원 감축 등을 통한 경제성 확보와 콘크리트 부착성 향상 목적으로 개발된 콘크리트 표면절삭 보수전용장비인 VnW System을 이용한 교면 및 콘크리트 포장 유지보수공법이다.
일위 대가표	■ 스마트콘 포장 (Q = 240㎡/day) : 118,261원 ■ 스마트콘 포장 (Q = 400㎡/day) : 94,565원

Ⅱ. 원 가 계 산 의 개 요

Ⅱ. 원 가 계 산 의 개 요

1. 원가계산의 목적

국토해양부 「신기술의 평가기준 및 평가절차 등에 관한 규정」(국토해양부 고시 제 2011-000호) 제4조 제②항 제7호에 의하여 신기술 지정 신청시 원가계산서를 작성하여야 한다는 고시내용을 근거로 "(주)삼우아이엠씨"에서 본 건설원가연구원에 의뢰한 **「스피넬 구조의 구상형 전기로 산화 슬래그 잔골재 치환 고성능 콘크리트와 VnW System을 이용한 교면 및 콘크리트포장 유지보수공법(SMAT-CON공법)」**에 대한 공인원가계산서 작성은 「예정가격작성기준」(회계예규 2200.04-160-8, 2010.10.22)에 의거하여 산정하였으며, 이를 건설신기술 지정 신청 심사에 활용하도록 하는데 그 목적이 있다.

2. 본 과업의 개요

1) 조사시행기관 : 사단법인 건설원가연구원

2) 조사의뢰기관 : (주)삼우아이엠씨

3) 원가조사기간 : 2012. 1. 9. ~ 2012. 1. 18

4) 조사의 방법 : 예정가격 작성기준
(회계예규 2200.04-160-8, 2010.10.22)

5) 규격 및 사양 : 본 과업의 대상품목에 대한 규격 및 사양은 "(주)삼우아이엠씨"에서 제시한 도면 및 시방서를 기준으로 하였다.

6) 본 과업은 이상과 같은 전제 하에서 조사일 현재를 기준으로 작성되었으므로 다음과 같은 사항이 변동될 때에는 재조정되어야 한다.

① 작업의 공정 및 방법의 변동

② 재료의 단위 및 임율의 변동

③ 단위당 생산능력의 변동

④ 단위당 작업시간의 변동

⑤ 공공요금의 변동

⑥ 기타 원가에 영향을 미치는 경영여건의 변동

7) 조사의 대상

명 칭	규 격	단 위	비 고
스피넬구조의 구상형 전기로 산화 슬래그 잔골재 치환 고성능 콘크리트와 VnW System을 이용한 교면 및 콘크리트포장 유지보수공법(SMAT-CON공법)	(Q = 240㎡/day)	㎡	
	(Q = 400㎡/day)		

3. 원가계산의 기준

▣ 본 과업은 다음의 규정에 준거하여 원가요소별로 계산하였다.

1) 국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률 시행령 제9조 (예정가격의 결정 기준)

① 거래실례가격 - 적정한 거래가 형성된 경우

② 원가계산에 의한 가격 - 계약의 특수성으로 인하여 적정한 거래실례가격이 없는 경우와 거래실례가격에 의하여 예정가격을 정하는 것이 부적당한 경우 (이 경우 재료비, 노무비, 경비와 일반관리비 및 이윤 등으로 원가계산을 한다.)

③ 감정가격

} ①,②호의 규정에 의할 수 없는 경우

④ 견적가격 또는 유사한 거래실례가격

2) 재료비

재료비는 직접재료비와 간접재료비로 구분한다. 계약목적물의 실체를 형성하는 물품의 가치는 직접재료비로, 계약목적물의 실체를 형성하지는 않으나 작업에 보조적으로 소비되는 물품의 가치는 간접재료비로 계산한다. 본 과업에서는 단위당 원가계산이므로 직접재료비만 계상하였다.

① 재료의 원단위

재료의 원단위는 1단위 계약목적물을 생산하는데 소비되는 재료의 소요량으로서 조사일 현재를 기준, 시중도매가격을 적용 계산하였다.

② 재료의 단가

재료의 단가는 부가가치세를 제외한 조사일 현재를 기준으로 거래실례가격 및 통계작성 승인을 받은 기관이 조사하여 공포한 가격과 견적가격 등을 기준으로 하였으며, 유통단계별 단가의 적용기준은 거래수량 및 거래조건 등을 감안하여 재료별로 상이하게 적용하였다.

③ 작업층·부산물

작업층·부산물은 경제성이 없는 것으로 보고 본 과업에서 제외시켰다.

3) 노무비

노무비는 직접노무비와 간접노무비로 구분한다. 직접노무비는 작업현장에서 계약목적물을 완성하기 위하여 직접 작업에 종사하는 노무자의 임금이며, 간접노무비는 직접작업에 종사하지는 않으나 작업현장에서 보조 작업에 종사하는 노무자 또는 현장 관리감독을 위하여 종사하는 관리 감독자의 임금 및 급료이다. 본 과업에서는 단위당 원가계산이므로 직접노무비만 계상하였다.

① 노무공수 원 단위

노무공수 원 단위는 1단위의 계약목적물을 생산하는데 소요되는 작업시간으로써 적정 작업시간의 산정방법에 의하여 공수를 산출하였다.

② 노무비 단위

노무비 단위는 시중노임단가를 직종별로 적용하였고, 예정가격 작성기준에 의거하여 계상하였다.

③ 직접노무비

직접노무비는 계약목적물의 생산에 직접 소요되는 노무량에 노임단가를 곱하여 계산하였다.

4) 경비

경비는 계약목적물을 완성하기 위하여 소비된 원가 중 재료비, 노무비를 제외한 원가를 말하며, 기업의 유지를 위한 관리활동부문에서 발생하는 일반관리비와도 구분되며, 예정가격 작성기준에 의한 인정비목별로 구분하여 계산한다. 본 과업에서는 단위당 원가계산이므로 제경비는 계상하지 않았다.

5) 본 과업의 접근 체계는 다음과 같다.

☞ 기본계획수립 → 내부기초자료 검토 → 현장관찰 및 외부 자료수집 → 전문가와의 면담 → 중간보고서 작성 → 수정 및 교정작업 → 최종보고서 작성

Ⅲ. 원 가 계 산 총 괄 표

Ⅲ. 원가계산 총괄표

(단위 : 원)

공 종 별	규 격	단위	금 액			【 합 계 】
			재 료 비	노 무 비	경 비	
스마트콘 포장	(Q = 240m2/day)	M2	66,232	24,952	27,077	118,261
스마트콘 포장	(Q = 400m2/day)	M2	57,110	21,089	16,366	94,565

1. 산 출 내 역 서

1. 산 출 내 역 서

[단위 : 원]

명 칭	규 격	수 량	단위	합 계		재 료 비		노 무 비		경 비		비고
				단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	
스마트콘 포장(주간 8시간 교통차단조건) (Q = 240m2/day)		1	식									
노면절삭	(Q = 240m2/day)	1	M2	11,076	11,076	3,797	3,797	1,796	1,796	5,483	5,483	제1호표
VnW 면처리 및 버럭모으기	(Q = 240m2/day)	1	M2	27,752	27,752	12,254	12,254	4,621	4,621	10,877	10,877	제2호표
SMAT-CON 생산	(Q = 240m2/day)	0.05	M3	1,330,486	66,522	933,839	46,691	194,435	9,721	202,212	10,110	제3호표
SMAT-CON 포설	(Q = 240m2/day)	1	M2	8,294	8,294	576	576	7,144	7,144	574	574	제4호표
SMAT-CON 양생	(Q = 240m2/day)	1	M2	4,617	4,617	2,914	2,914	1,670	1,670	33	33	제5호표
[합 계]					118,261		66,232		24,952		27,077	

1. 산 출 내 역 서

[단위 : 원]

명 칭	규 격	수 량	단위	합 계		재 료 비		노 무 비		경 비		비고
				단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	
스마트콘 포장(24시간 교통 차단조건) (Q = 400m2/day)		1	식									
노면절삭	(Q = 400m2/day)	1	M2	7,184	7,184	2,373	2,373	1,513	1,513	3,298	3,298	제6호표
VnW 면처리 및 버럭모으기	(Q = 400m2/day)	1	M2	17,698	17,698	7,354	7,354	3,812	3,812	6,532	6,532	제7호표
SMAT-CON 생산	(Q = 400m2/day)	0.05	M3	1,167,267	58,362	879,890	43,994	164,082	8,204	123,295	6,164	제8호표
SMAT-CON 포설	(Q = 400m2/day)	1	M2	6,944	6,944	475	475	6,125	6,125	344	344	제9호표
SMAT-CON 양생	(Q = 400m2/day)	1	M2	4,377	4,377	2,914	2,914	1,435	1,435	28	28	제10호표
[합 계]					94,565		57,110		21,089		16,366	

2. 일 위 대 가 표

2. 일위대가 목록표

[단위 : 원]

NO	공 종	규 격	수 량	단 위	[합 계]	재 료 비	노 무 비	경 비	비 고
제1호표	노면절삭	(Q = 240m2/day)	1	M2	11,076	3,797	1,796	5,483	
제2호표	VnW 면처리 및 버력모으기	(Q = 240m2/day)	1	M2	27,752	12,254	4,621	10,877	
제3호표	SMAT-CON 생산	(Q = 240m2/day)	1	M3	1,330,486	933,839	194,435	202,212	
제4호표	SMAT-CON 포설	(Q = 240m2/day)	1	M2	8,294	576	7,144	574	
제5호표	SMAT-CON 양생	(Q = 240m2/day)	1	M2	4,617	2,914	1,670	33	
제6호표	노면절삭	(Q = 400m2/day)	1	M2	7,184	2,373	1,513	3,298	
제7호표	VnW 면처리 및 버력모으기	(Q = 400m2/day)	1	M2	17,698	7,354	3,812	6,532	
제8호표	SMAT-CON 생산	(Q = 400m2/day)	1	M3	1,167,267	879,890	164,082	123,295	
제9호표	SMAT-CON 포설	(Q = 400m2/day)	1	M2	6,944	475	6,125	344	
제10호표	SMAT-CON 양생	(Q = 400m2/day)	1	M2	4,377	2,914	1,435	28	
산근1	시멘트 구입 및 운반		1	TON	1,490,886	1,484,890	3,955	2,041	
산근2	친환경 세골재(PS Ball) 구입 및 운반		1	M3	208,886	202,890	3,955	2,041	
산근3	골재(19mm) 구입 및 운반		1	M3	36,961	29,232	5,339	2,390	

2-1. 일위대가 호표

공 종 명	규 격	수량	단위	재 료 비		노 무 비		경 비		합 계		비 고
				단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	
제 1 호표 노 면 절 삭	(Q = 240m2/day)	1	M2		3,797		1,796		5,483		11,076	
특별인부		0.0042	인			97,283.00	408.0			97,283.00	408.0	
보통인부		0.0083	인			75,608.00	627.0			75,608.00	627.0	
노면파쇄기	W=2m	0.0333	HR	107,103.00	3,566.0	22,864.00	761.0	164,062.00	5,463.0	294,029.00	9,790.0	
팁날		0.0345	개	6,700.00	231.0					6,700.00	231.0	
공구손료	인력품의 2%	1	식					1,035.00	20.0	1,035.00	20.0	
제 2 호표 VnW 면처리 및 버럭모으기	(Q = 240m2/day)	1	M2		12,254.0		4,621.0		10,877.0		27,752.0	
보통인부		0.0125	인			75,608.00	945.0			75,608.00	945.0	
VnW System	16T	0.1	HR	67,697.00	6,769.0	22,864.00	2,286.0	101,351.00	10,135.0	191,912.00	19,190.0	
물탱크차	16,000ℓ	0.0333	HR	29,381.00	978.0	18,896.00	629.0	15,005.00	499.0	63,282.00	2,106.0	
로우더(타이어)	0.57M3	0.0333	HR	8,830.00	294.0	22,864.00	761.0	6,785.00	225.0	38,479.00	1,280.0	
VnW소모품		0.0333	HR	126,532.00	4,213.0					126,532.00	4,213.0	
공구손료	인력품의 2%	1	식					945.00	18.0			

2-1. 일위대가 호표

공 종 명	규 격	수량	단위	재 료 비		노 무 비		경 비		합 계		비 고
				단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	
제 3 호표 SMAT-CON 생산	(Q = 240m2/day)	1	M3		933,839.0		194,435.0		202,212.0		1,330,486.0	
VES시멘트		0.3182	TON	1,484,890.0	472,491.0	3,955.00	1,258.0	2,041.00	649.0	1,490,886.0	474,398.0	산근1
라덱스		0.0541	TON	2,800,000.00	151,480.0					2,800,000.0	151,480.0	
친환경세골재	PS Ball	0.7703	m3	202,890.00	156,286.0	3,955.00	3,046.0	2,041.00	1,572.0	208,886.00	160,904.0	산근2
자갈	19MM	0.6402	m3	29,232.00	18,714.0	5,339.00	3,418.0	2,390.00	1,530.0	36,961.00	23,662.0	산근3
특별인부		0.334	인			97,283.00	32,492.0			97,283.00	32,492.0	
보통인부		0.75	인			75,608.00	56,706.0			75,608.00	56,706.0	
모빌믹서	7.0M3	1.3333	HR	64,831.00	86,439.0	22,864.00	30,484.0	127,300.00	169,729.0	214,995.00	286,652.0	
백호	0.2M3	0.6667	HR	10,599.00	7,066.0	22,864.00	15,243.0	10,597.00	7,065.0	44,060.00	29,374.0	
트럭크레인	5TON	0.6667	HR	10,722.00	7,148.0	18,896.00	12,597.0	10,362.00	6,908.0	39,980.00	26,653.0	
공기압축기	3.5M3/MIN	0.6667	HR	12,600.00	8,400.0	22,864.00	15,243.0	1,754.00	1,169.0	37,218.00	24,812.0	
발전기	25Kw	0.6667	HR	9,341.00	6,227.0	17,026.00	11,351.0	2,706.00	1,804.0	29,073.00	19,382.0	
물탱크차	16,000L	0.6667	HR	29,381.00	19,588.0	18,896.00	12,597.0	15,005.00	10,003.0	63,282.00	42,188.0	
공구손료	인력품의 2%	1	식					89,198.00	1,783.0	89,198.00	1,783.0	

2-1. 일위대가 호표

공 종 명	규 격	수량	단위	재 료 비		노 무 비		경 비		합 계		비 고
				단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	
제 4 호표 SMAT-CON 포설	(Q = 240m2/day)	1	M2		576.0		7,144.0		574.0		8,294.0	
포장공		0.025	인			96,988.00	2,424.0			96,988.00	2,424.0	
특별인부		0.0083	인			97,283.00	807.0			97,283.00	807.0	
보통인부		0.0417	인			75,608.00	3,152.0			75,608.00	3,152.0	
콘크리트롤러페이버	12.0M	0.0333	HR	7,614.00	253.0	22,864.00	761.0	17,248.00	574.0	47,726.00	1,588.0	
레일	Φ63.5X2(STS304)	0.0035	개	14,060.00	49.0					14,060.00	49.0	
레일받침	거치식or지지식	0.0056	개	49,000.00	274.0					49,000.00	274.0	
공구손료	인력품의 2%	1	식					6,383.00	127.0	6,383.00	127.0	
제 5 호표 SMAT-CON 양생	(Q = 240m2/day)	1	M2		2,914.0		1,670.0		33.0		4,617.0	
특별인부		0.0042	인			97,283.00	408.0			97,283.00	408.0	
보통인부		0.0167	인			75,608.00	1,262.0			75,608.00	1,262.0	
양생포(부직포)	200g/㎡	0.12	㎡	445.00	53.0					445.00	53.0	
비닐	0.1m/m	0.13	㎡	383.00	49.0					383.00	49.0	
양생제	유성	1.125	ℓ	2,500.00	2,812.0					2,500.00	2,812.0	
공구손료	인력품의 2%	1	식					1,670.00	33.0	1,670.00	33.0	

2-1. 일위대가 호표

공 종 명	규 격	수량	단위	재 료 비		노 무 비		경 비		합 계		비 고
				단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	
제 6 호표 노 면 절 삭	(Q = 400m2/day)	1	M2		2,373.0		1,513.0		3,298.0		7,184.0	
특별인부		0.0025	인			97,283.00	349.0			97,283.00	349.0	
보통인부		0.005	인			75,608.00	543.0			75,608.00	543.0	
노면과쇄기	W=2m	0.02	HR	107,103.00	2,142.0	22,864.00	621.0	164,062.00	3,281.0	294,029.00	6,044.0	
팁날		0.0345	개	6,700.00	231.0					6,700.00	231.0	
공구손료	인력품의 2%	1	식					892.00	17.0	892.00	17.0	
제 7 호표 VnW 면처리 및 버력모으기	(Q = 400m2/day)	1	M2		7,354.0		3,812.0		6,532.0		17,698.0	
보통인부		0.0075	인			75,608.00	814.0			75,608.00	814.0	
VnW System	16T	0.06	HR	67,697.00	4,061.0	22,864.00	1,864.0	101,351.00	6,081.0	191,912.00	12,006.0	
물탱크차	16,000 ℓ	0.02	HR	29,381.00	587.0	18,896.00	513.0	15,005.00	300.0	63,282.00	1,400.0	
로우더(타이어)	0.57M3	0.02	HR	8,830.00	176.0	22,864.00	621.0	6,785.00	135.0	38,479.00	932.0	
VnW소모품		0.02	HR	126,532.00	2,530.0					126,532.00	2,530.0	
공구손료	인력품의 2%	1	식					814.00	16.0			

2-1. 일위대가 호표

공 종 명	규 격	수량	단위	재 료 비		노 무 비		경 비		합 계		비 고
				단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	
제 8 호표 SMAT-CON 생산	(Q = 400m2/day)	1	M3		879,890.0		164,082.0		123,295.0		1,167,267.0	
VES시멘트		0.3182	TON	1,484,890.0	472,491.0	3,955.00	1,258.0	2,041.00	649.0	1,490,886.0	474,398.0	산근1
라텍스		0.0541	TON	2,800,000.00	151,480.0					2,800,000.0	151,480.0	
친환경세골재	PS Ball	0.7703	m3	202,890.00	156,286.0	3,955.00	3,046.0	2,041.00	1,572.0	208,886.00	160,904.0	산근2
자갈	19MM	0.6402	m3	29,232.00	18,714.0	5,339.00	3,418.0	2,390.00	1,530.0	36,961.00	23,662.0	산근3
특별인부		0.2	인			97,283.00	27,959.0			97,283.00	27,959.0	
보통인부		0.45	인			75,608.00	48,891.0			75,608.00	48,891.0	
모빌믹서	7.0M3	0.8	HR	64,831.00	51,864.0	22,864.00	24,857.0	127,300.00	101,840.0	214,995.00	178,561.0	
백호	0.2M3	0.4	HR	10,599.00	4,239.0	22,864.00	12,428.0	10,597.00	4,238.0	44,060.00	20,905.0	
트럭크레인	5TON	0.4	HR	10,722.00	4,288.0	18,896.00	10,271.0	10,362.00	4,144.0	39,980.00	18,703.0	
공기압축기	3.5M3/MIN	0.4	HR	12,600.00	5,040.0	22,864.00	12,428.0	1,754.00	701.0	37,218.00	18,169.0	
발전기	25Kw	0.4	HR	9,341.00	3,736.0	17,026.00	9,255.0	2,706.00	1,082.0	29,073.00	14,073.0	
물탱크차	16,000L	0.4	HR	29,381.00	11,752.0	18,896.00	10,271.0	15,005.00	6,002.0	63,282.00	28,025.0	
공구손료	인력품의 2%	1	식					76,850.00	1,537.0	76,850.00	1,537.0	

2-1. 일위대가 호표

공 종 명	규 격	수량	단위	재 료 비		노 무 비		경 비		합 계		비 고
				단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	
제 9 호표 SMAT-CON 포설	(Q = 400m2/day)	1	M2		475.0		6,125.0		344.0		6,944.0	
포장공		0.015	인			96,988.00	2,090.0			96,988.00	2,090.0	
특별인부		0.005	인			97,283.00	698.0			97,283.00	698.0	
보통인부		0.025	인			75,608.00	2,716.0			75,608.00	2,716.0	
콘크리트롤러페이버	12.0M	0.02	HR	7,614.00	152.0	22,864.00	621.0	17,248.00	344.0	47,726.00	1,117.0	
레일	Φ63.5X2(STS304)	0.0035	개	14,060.00	49.0					14,060.00	49.0	
레일받침	거치식or지지식	0.0056	개	49,000.00	274.0					49,000.00	274.0	
공구손료	인력품의 2%	1	식					5,504.00	110.0	5,504.00	110.0	
제 10 호표 SMAT-CON 양생	(Q = 400m2/day)	1	M2		2,914.0		1,435.0		28.0		4,377.0	
특별인부		0.0025	인			97,283.00	349.0			97,283.00	349.0	
보통인부		0.01	인			75,608.00	1,086.0			75,608.00	1,086.0	
양생포(부직포)	200g/㎡	0.12	㎡	445.00	53.0					445.00	53.0	
비닐	0.1m/m	0.13	㎡	383.00	49.0					383.00	49.0	
양생제	유성	1.125	ℓ	2,500.00	2,812.0					2,500.00	2,812.0	
공구손료	인력품의 2%	1	식					1,435.00	28.0	1,435.00	28.0	

2-2. 단가산출서

산출근거	재료비	노무비	경비	합계	비고
산근 # 1 시멘트 구입 및 운반(TON)	1,484,890.0	3,955.0	2,041.0	1,490,886.0	
1) 시멘트 구입 : 시내도착도(ton) 재료비 : 1,480,000	1,480,000.0			1,480,000.0	
2) 소운반 : 야적장-현장(덤프트럭 : 15Ton) E = 0.9, F = 1.0 Q1 = 15ton N = 15ton/1.0ton=15.0회 T1 = (120sec * N) / 60* 1.0) = 30.0분(크레인 적재) 운반거리 = 10, V1 = 35, V2 = 35 T2 = 60 * (L / V1 + L / V2) = 34.28 T3 = 30, T4 = 0.70, T5 = 0.50 Cm = T1 + T2 + T3 + T4 + T5 = 95.48 Min Q = (60 * Q1 * F * E) / CM = 8.48 ton/HR					
재 료 비 : 38,442 / 8.48 ton/Hr = 4,533	4,533.0			4,533.0	
노 무 비 : 22,864 / 8.48 ton/Hr * 1.00 * 1.00 = 2,696		2,696.0		2,696.0	
경 비 : 14,383 / 8.48 ton/Hr * 1.00 = 1,696			1,696.0	1,696.0	
3) 적하비					
가. 트럭탑재형 크레인 5Ton					
재 료 비 : 10,722 * (2 / 60)hr = 357	357.0			357.0	
노 무 비 : 18,896 * (2 / 60)hr = 629		629.0		629.0	
경 비 : 10,362 * (2 / 60)hr = 345			345.0	345.0	
나. 인건비					
보통인부 : 9,451 * 2인 * (2 / 60)hr = 630		630.0		630.0	
전체 합계	1,484,890.0	3,955.0	2,041.0	1,490,886.0	

2-2. 단가산출서

산출근거	재료비	노무비	경비	합계	비고
산근 # 2 친환경 세골재(PS Ball) 구입 및 운반(M3)	202,890.0	3,955.0	2,041.0	208,886.0	
1) 친환경 세골재 구입 : 시내도착도(m')					
재료비 : 198,000	198,000.0			198,000.0	
2) 소운반 : 야적장-현장(덤프트럭 : 15Ton)					
E = 0.9, F = 1.0					
Q1 = 15/1 * 1 = 15					
N =(Q1 / 1.0) = 15.0회					
T1 = (120.0 * N) / (60 * 1.0) = 30.0분					
L = 10, V1 = 35, V2 = 35					
T2 = 60 * (L / V1 + L / V2) = 34.28					
T3 = 30, T4 = 0.70, T5 = 0.50					
Cm = T1 + T2 + T3 + T4 + T5 = 95.48 Min					
Q = (60 * Q1 * F * E) / CM = 8.48 M^3 /HR					
재 료 비 : 38,442 / 8.48 m'/Hr = 4,533	4,533.0			4,533.0	
노 무 비 : 22,864 / 8.48 m'/Hr * 1.00 * 1.00 = 2,696		2,696.0		2,696.0	
경 비 : 14,383 / 8.48 m'/Hr * 1.00 = 1,696			1,696.0	1,696.0	
3) 적하비					
가. 트럭탑재형 크레인 5Ton					
재 료 비 : 10,722 * (2 / 60)hr = 357	357.0			357.0	
노 무 비 : 18,896 * (2 / 60)hr = 629		629.0		629.0	
경 비 : 10,362 * (2 / 60)hr = 345			345.0	345.0	
나. 인건비					
보통인부 : 9,451 * 2인 * (2 / 60)hr = 630		630.0		630.0	
전체 합계	202,890.0	3,955.0	2,041.0	208,886.0	

2-2. 단가산출서

산출근거	재료비	노무비	경비	합계	비고
산근 # 3 골재(19mm) 구입 및 운반(M3)	29,232.0	5,339.0	2,390.0	36,961.0	
1) 골재(19mm) 구입 : 시내도착도(㎥)					
재료비 : 24,000	24,000				
2) 소운반 : 야적장-현장(덤프트럭 : 15Ton)					
E = 0.9, F = 1.0					
Q1 = 15/1 * 1 = 15					
N = Q1 / (1.0) = 15.0회					
T1 = (120.0 * N) / (60 * 1.0) = 30.0분					
L = 10, V1 = 35, V2 = 35					
T2 = 60 * (L / V1 + L / V2) = 34.28					
T3 = 30, T4 = 0.70, T5 = 0.50					
Cm = T1 + T2 + T3 + T4 + T5 = 95.48 Min					
Q = (60 * Q1 * F * E) / CM = 8.5 M^3 /HR					
재 료 비 : 38,442 / 8.5 ㎥/Hr = 4,522	4,522.0			4,522.0	
노 무 비 : 22,864 / 8.5 ㎥/Hr * 1.00 * 1.00 = 2,690		2,689.0		2,689.0	
경 비 : 14,383 / 8.5 ㎥/Hr * 1.00 = 1,692			1,692.0	1,692.0	
3) 적하비					
가. 돈백 제작(백호 02㎥)					
재 료 비 : 10,599 * (2 / 60)hr = 353	353.0			353.0	
노 무 비 : 22,864 * (2 / 60)hr = 761		761.0		761.0	
경 비 : 10,597 * (2 / 60)hr = 353			353.0	353.0	
나. 트럭탑재형 크레인 5Ton					
재 료 비 : 10,722 * (2 / 60)hr = 357	357.0			357.0	
노 무 비 : 18,896 * (2 / 60)hr = 629		629.0		629.0	
경 비 : 10,362 * (2 / 60)hr = 345			345.0	345.0	
다. 인건비					
보통인부 : 9,451 * 2인 * (4 / 60)hr = 1260		1,260.0		1,260.0	
전체 합계	29,232.0	5,339.0	2,390.0	36,961.0	

보상액을 늘려 줄이고 싶다
⑥ 녹색기술 이용시
보상액 줄이고싶다
⑦ 그린리더 제안시



녹색기술 인증서

인증번호 : 제 GT-12-00030호
기 관 명 : (주)삼우아이엠씨
대표자명 : 김 기 헌
주 소 : 강원 춘천시 효자동 192-1 강원대학교
강원창업보육센터 117호
기술명칭 : 전기로 산화슬래그를 이용한 고성능 콘크리트
(SMAT-CON)와 이를 활용한 교면 및
콘크리트포장 보수보강 재포장기술
분류번호 : T100302

『저탄소 녹색성장 기본법』 제32조 및
「녹색인증제 운영요령」 제27조에 의거하여
위의 기술을 녹색기술로 인증합니다.

인증일자 : 2012.2.23
유효기간 : 2012.2.23~2014.2.22

국 토 해 양 부 장

제665호

NEW EXCELLENT TECHNOLGY

신기술지정증서

○ 명　　칭 : 슬래그 잔골재 치환 초속경 LMC를 전용장비로 시공하는 교면 및 콘크리트 포장 유지보수 공법(SMAT-CON공법)

○ 개 발 자 : ㈜삼우아이엠씨

○ 보호기간 : 2012.6.21 ~ 2017.6.20(5년)

○ 기술개요 :

이 신기술은 제강공정의 부산물인 전기로슬래그를 고속의 공기로 급냉에이징 처리함으로써 화학적으로 안정화된 스피넬구조와 물리적 안정성을 확보한 구상형의 전기로 산화 슬래그로 초속경계열의 폴리머 개질 콘크리트(LMC)의 잔골재를 100% 치환함으로써 결합재의 양과 성능개선재의 양을 감소시켜 경제성을 확보한 전기로 산화 슬래그 잔골재 개질 콘크리트(SMAT-CON)를 이용한 도로의 교면 및 콘크리트포장 보수에 있어 열화부 제거공정과 이물질 제거공정을 하나의 장비로 System화 시킴으로써 공정단축, 일일작업량 증대, 투입 장비 및 인원 감축 등을 통한 경제성 확보와 콘크리트 부착성 향상 목적으로 개발된 콘크리트 표면절삭 보수전용장비인 VnW System을 이용한 교면 및 콘크리트포장 유지보수공법이다

○ 기술범위 :

스피넬구조를 지닌 구상형 전기로 산화 슬래그로 잔골재를 전량 치환한 초속경 LMC를 제조하여 워터제트와 진공흡입 청소기능을 일체화시킨 장비(VnW System)를 활용하는 교면 및 콘크리트포장 유지보수공법

○ 보호내용

- 기술개발자는 신기술을 사용한 자에게 기술사용료를 받을 수 있음
- 유사한 외국도입기술 보다 신기술의 우선사용을 권고함
- 발주청에게 신기술과 관련된 신기술장비 등의 성능시험, 시공방법 등의 시험시공을 권고할 수 있음
- 신기술의 성능시험 및 시험시공의 결과가 우수한 경우 발주청이 시행하는 건설공사에 신기술을 우선 적용하게 할 수 있음

건설기술관리법 제18조의 규정에 의하여 위의 기술을 신기술로 지정합니다.

2012년 6월 21일

국토해양부장관

마. 상용화 증빙서류

⑧ 학술발표회 및 학회수록 논문

⑨ 2012국토해양기술대전 참가서

⑩ 시방서 및 유지관리지침서

전기로 산화 슬래그 잔골재로 대체된 폴리머개질 콘크리트를 이용한 콘크리트포장 보수적용성 평가

Field Application of Polymer Modified Concrete Using Electric Arc Furnace Oxidizing Slag Aggregate for Concrete in Concrete Pavement Repair

정 원 경* 전 범 준** 배 종 오*** 길 용 수****

Jung, Won Kyong Chon, Beom Jun Bae Jong Oh Kil, Yong Su

ABSTRACT

High Performance Concrete was developed that the Mine-Waste substitute oxidizing Slag for all fine aggregate in order to expand the usability of industrial waste. It is expected that good quality control and cost reduction can be obtained about the economic effects.

요 약

산업폐기물의 사용성을 확대시키기 위하여 전기로 산화 슬래그 잔골재를 100% 치환하여 품질관리 용이성 및 원가 절감의 경제적 효과를 얻을 수 있도록 고강도 콘크리트 조성물을 개발하여 콘크리트포장 보수의 현장적용성 평가를 시행하였다.

1. 서 론

본 연구는 국내산 고부가가치가 있는 전기로 산화 슬래그를 폴리머개질 콘크리트에 적용함에 있어 잔골재를 전기로 산화슬래그로 100% 치환함으로써 천연골재의 부족현상의 해소와 산업폐기물의 재활용을 통해 조기강도발현이 요구되는 속경성시멘트 사용량을 획기적으로 절감시킨 새로운 콘크리트포장 보수공법을 개발하여 이를 현장에 적용함으로써 향후 기대되는 활용전망 및 활용성을 평가하였다.

2. 전기로 산화슬래그를 이용한 고강도콘크리트

국내의 전기로 슬래그의 재활용 용도는 도로용 및 성토용이 약 85%정도로 발생량의 대부분을 차지하고 있으며, 콘크리트용 골재 등 실제 건설현장에서 요구되고 있는 골재로서의 활용은 전무한 실정이며 따라서, 향후 천연자원의 고갈 및 산업폐기물의 재활용을 통한 환경 보호 측면을 고려할 경우, 전기로 산화슬래그와 같은 산업부산물의 재활용이 절실히 요구되고 있으며[1], 국내에서도 환경의 유효이용기술에 대한 사회적 요구와 관심이 증가하고 있다. 현재, 전기로 슬래그는 전국적으로 340만톤 정도가 생산되어 골재로서의 활용 가치는 충분하다고 판단된다. 현재 콘크리트 도로포장의 파손에 대한 적절하고 시급한 보수 및 보강능력을 향상시키고 교통 지연 및 시공비용을 최소화하기 위한 방법들이 재료, 배합, 시공 등의 다각적인 측면에서 시도되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 콘크리트포장 보수재의 개발에 전기로 슬래그 골재를 활용하여 새로운 보수재료를 개발, 현장적용성 평가를 시행하였다.

* 정회원, (주)삼우아이엠씨, 기술연구소 책임연구원, 공학박사
** 정회원, (주)삼우아이엠씨, 기술연구소 책임연구원, 공학박사
*** 정회원, (주)삼우아이엠씨, 기술연구소 연구소장, 도로및공항기술사
**** 정회원, (주)삼우아이엠씨, 공학박사, 토목시공기술사

2.2 현장적용성 평가

재령 4시간에 실용강도 발현이 가능한 속경성시멘트에 전기로 산화 슬래그 잔골재를 첨가하여 물-시멘트비를 저감시키고 수밀성 증진, 건조수축 저감 및 내구성을 크게 향상 시킬 수 있는 재료를 개발하고 이를 현장에 적용하여 시공성 및 경제성을 분석하고자 하였다.

표 1. 현장적용 교량 및 제원

공사명	시공일시	시공면적	포설두께	시공물량	비고
국지도 70호선	2011.11.21	81.0M2	0.07M	6.8M3	춘천방면 2개차로



3. 조기 고강도 발현 및 내구특성

전기로 산화 슬래그를 사용하여 개발된 폴리머개질 콘크리트의 강도 평가결과는 표 2와 같다. 이를 살펴보면, 재령 4시간에서의 압축강도는 28MPa의 강도를 나타내어 단면보수재료의 교통개방기준 조건을 만족하였으며 1일 강도에서는 34MPa의 높은 강도 특성을 나타내었다.

표 2. 슬래그를 이용한 속경성 고성능콘크리트 현장적용 강도 특성

W/C	S/a	Cement	Latex	슬럼프	공기량	압축강도(MPa)		
						4hr	1day	7day
38%	47%	300	C×8%	220mm	3.8%	27.8	34.4	44.2

4. 결 론

최근 콘크리트의 잔골재 고갈로 대체 자원이 매우 시급한 상황에서 전기로 산화슬래그 잔골재를 활용한 현장적용사례에 대한 심도있는 연구개발은 추진되지 못하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 국내산 전기로 산화 슬래그를 이용하여 잔골재를 100% 치환적용하여 생산되는 콘크리트를 개발하였으며 개발된 콘크리트를 이용하여 콘크리트포장 보수현장에 적용함으로써 사용 가능성을 평가하였으며 평가결과, 안정적인 작업성과 강도발현 효과를 나타내었다.

감사의글

본 연구는 2011년 국토해양부 건설교통R&D정책인프라 기술사업의 연구비지원(과제번호 11TRPI-C057479-01)에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김길희, 임지영, 류득현, 최성우, "전기로 산화슬래그의 국내외 이용 사례", 콘크리트학회지 제19권 6호, pp.51~57, 2007.

J. of Korean Inst. of Resources Recycling
Vol. 21, No. 1, 2012, 30-40
≫ 研究論文 ≪

電氣爐 酸化슬래그 잔골재를 이용한 폴리머 速硬性 시멘트 콘크리트 基礎物性 硏究†

†鄭元京 · 吉龍洙 · 姜昇熙*

(株)三友아이엠씨 技術硏究所, *(株)韓國建設品質技術院

Study of Polymer Rapid Setting Cement Concrete Using Electric Arc Furnace Oxidizing Slag Aggregate†

†Won-Kyong Jung, Yong-Soo Gill and Seung-Hee Kang*

Department of Research Center, SAMWOO IMC,
**Korea Institute of Construction Quality Technology*

J. of Korean Inst. of Resources Recycling
Vol. 21, No. 1, 2012, 30-40
≫ 研究論文 ≪

電氣爐 酸化슬래그 잔골재를 이용한 폴리머 速硬性 시멘트 콘크리트 基礎物性 硏究†

✞鄭元京 · 吉龍洙 · 姜昇熙*

(株)三友아이엠씨 技術硏究所, *(株)韓國建設品質技術院

Study of Polymer Rapid Setting Cement Concrete Using Electric Arc Furnace Oxidizing Slag Aggregate†

✞Won-Kyong Jung, Yong-Soo Gill and Seung-Hee Kang*

Department of Research Center, SAMWOO IMC,
**Korea Institute of Construction Quality Technology*

요 약

전기로 산화슬래그를 콘크리트용 잔골재로 사용하기 위해서는 제철소 제강과정에서 용융상태로 배출되는 제강슬래그를 에이징처리하여 안정된 구조로 변환시켜 이온이나 전자의 이동을 억제하여 슬래그의 화학적 · 물리적 저항성을 증대시켜 사용하여야 한다. 우리나라에서는 전기로 산화슬래그를 콘크리트용 잔골재로 활용하기 위한 제도적 기반으로서 KS F 4571이 제정되어 부산물의 자원화 시스템 기반이 마련되었다. 본 연구에서는, 전기로 산화슬래그 잔골재를 콘크리트포장 관련 보수재로 그 효과가 인정된 폴리머 속경성 시멘트 콘크리트(polymer rapid set cement concrete : PRCC)용 잔골재로 사용하기 위한 기초물성을 검토하였다. 본 연구에서는 콘크리트용 전기로 산화슬래그 잔골재를 100% 치환하였으며 기존 보수재 대비 단위시멘트 20%, 라텍스 혼입률 50%를 저감시킨 최적배합을 도출하였다. 도출된 최적배합에 의한 콘크리트 성능 평가결과, 초기 압축강도 35 MPa 이상, 휨강도 7 MPa 이상 등 매우 고강도를 나타내었으며 내구성 평가에서 투수성, 동결융해저항성, 표면박리저항성 모두 기준값 이상의 결과를 나타내는 전기로 산화슬래그 잔골재를 이용한 새로운 폴리머 속경성 시멘트 콘크리트를 개발하였다..

주제어 : 전기로 산화슬래그, 폴리머 속경성 시멘트 콘크리트, EFS-Con, 고성능콘크리트, 내구성

Abstract

Electric arc furnace slag is made in ironworks during steel refining, it is been increasing chemical and physical resistibility using ageing method of unstable state of melting steel slag for using concrete's fine aggregates. Which is been changing stable molecular structure of aggregates, it restrains moving of ion and molecule. In Korea, KS F 4571 has been prepared for using the electric arc furnace oxidizing slag to concrete aggregates(EFS). In this study, Electric arc furnace oxidizing slag is used in the PRCC(Polymer Rapid setting Cement Concrete) which is applied a bridge pavement of rehabilitation, largely.

The results showed that the increment of compressive strength development by 10~20%. The flexural strength of EFS-Con increased greatly as the electric arc furnace oxidizing slag changed. The compressive strength and flexural strength developed enough for opening the overlayed EFS-Con to the traffic after 4 hours of EFS-Con placement. The permeability of EFS-Con was evaluated as negligible due to its very low charge passed. Thus, EFS-Con could be used at repairing or overlaying the concrete at fast-track job sites.

Key words : electric arc furnace oxidizing, PRCC, EFS-Con, high performance concrete, durability

†2011년 9월 27일 접수, 2011년 11월 20일 1차수정
2011년 12월 14일 수리
✞E-mail: wonkyong@hanmail.net

1. 서 론

산업부산물을 이용한 건설재료 개발 및 적용은 유효한 자원의 재활용과 환경보존 측면에서 매우 중요한 사항으로 다양한 건설분야에서 활발히 연구 및 활용되고 있다. 이러한 산업부산물 중 가장 대표적인 사례가 고로슬래그의 재활용으로 고로슬래그의 경우 다양한 용도로 토목 및 건축 현장에서 활용되고 있으며 시멘트 원료 및 도로용 골재 등으로의 이용이 확대되어 이미 고부가가치로 재활용되고 있다[1].

그러나 제철소에서는 제선공정에서 발생하는 고로슬래그를 포함하여 전로슬래그와 고철을 주원료로 사용하는 전기로에서 발생하는 전기로 슬래그 등 세 가지로 구분할 수 있으며 그 발생량은 연간 고로슬래그 950만톤, 전로슬래그 약 410만톤 및 전기로 슬래그 340만톤 등이며 이중 전기로 슬래그는 기타 슬래그와 달리 부가가치가 낮은 분야에 적용되고 있다[3].

이러한 원인은, 제강슬래그가 그에 포함된 불안정한 유리석회(free-CaO) 등이 물과 반응하여 $Ca(OH)_2$를 생성하면서 체적팽창을 하여 붕괴되기 때문이며 이에 따라 콘크리트용 골재로서 이용하기에 부적절하다고 인식되어 있기 때문이다. 현재 많은 연구를 통하여 급냉 및 서냉 등의 에이징(Aging) 처리를 통해 free-CaO의 함유량을 1%이하로 낮추어 팽창붕괴의 위험이 없는 콘크리트용 잔골재가 개발, 그 활용가능성이 연구되었으나[2~4] 콘크리트용 골재로의 활용을 위해서는 이와 같은 별도 가공처리가 필요하며 이에 따른 가공비용이 수반됨에 따라 소비자의 활용요구가 있다 하더라도 현재까지는 경제적 타산이 맞지 않는 실정이다[6,7].

최근 국내에서는 전기로 산화슬래그를 콘크리트용 골재(Electric arc furnace oxidizing slag aggregate 이하 EFS)로 활용하기 위한 제도적 기반으로서 KS규격(KS F 4571 콘크리트용 전기로 산화슬래그 골재, 2007)이 제정되어 부산물의 자원화 시스템 기반이 마련되었으나, 현재까지 전기로 산화슬래그 골재는 실용화 단계에는 도달하지 못하고 있는 실정이다. 그러나, 콘크리트용 잔골재로서 전기로 산화슬래그의 치환율에 따른 콘크리트의 굳지 않은 성상, 역학적 성능 및 염해, 탄산화, 동결융해 등의 내구성능 평가 등 콘크리트용 잔골재로서의 치환이 가능하다는 연구결과가 다수 발표되고 있다[5,6].

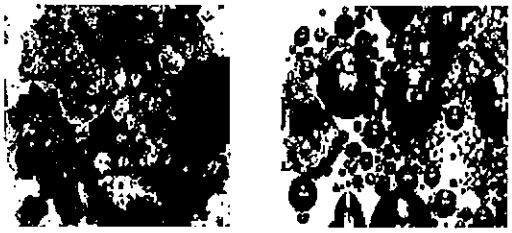
따라서 본 연구에서는 용융상태의 전기로 산화슬래그를 급냉방식으로 에이징처리한 콘크리트용 전기로 산화슬래그 잔골재를 이용하여 교량의 교면재포장 재료로 국내에서 널리 사용되고 있는 폴리머 속경성 시멘트 콘크리트(polymer rapid set cement concrete : PRCC)에 잔골재를 100% 치환시킨 새로운 콘크리트 보수재를 연구하였다. 이를 위해 일반 콘크리트에서 얻을 수 없는 고부가가치를 창출하고 현장적용을 조기에 실현할 수 있는 전기로 산화슬래그 잔골재를 이용한 콘크리트 보수재료에 대한 기초물성을 연구하였다.

2. 잔골재용 전기로 산화슬래그를 이용한 초속경 라텍스개질 콘크리트 적용성

2.1. 전기로 산화슬래그 물리적 특성

Fig. 1은 일반 강모래와 본 연구에서 사용된 전기로 산화슬래그의 입형을 비교한 것으로 용융상태의 전기로 산화슬래그를 급냉시킨 전기로 산화슬래그 잔골재는 천연 골재인 강모래에 비해 구형에 가까운 형상을 가지고 있다. 골재 입형이 구형에 가까우면 높은 실적율을 가지게 되며 그로 인하여 동일한 콘크리트에서 단위시멘트량 감소가 가능하고, 슬래그 입자의 볼베어링 효과로 인해 유동성을 향상시키는 것으로 보고되고 있다[8]. 또한 전기로 산화슬래그에 대하여 급냉방식의 에이징처리를 할 경우 슬래그 내부가 안정화된 분자구조로 변환되어 팽창붕괴의 우려가 없는 전기로 산화슬래그 잔골재 제조가 가능하게 된다.

고속으로 급냉시킨 전기로 산화슬래그 잔골재의 화학성분은 기존의 제강슬래그와 같이 CaO, Fe_2O_3, SiO_2가 주성분을 이루고 있으나, F-CaO가 0.15% 이하로 나타나는데 대부분의 CaO는 Fe_2O_3, SiO_2와 반응하여 $2CaO{\cdot}Fe_2O_3$와 $2CaO{\cdot}SiO_2$의 화합물 상태, 즉 스피넬구조로 존재하게 된다. 스피넬 구조의 복합산화물은 화학반응에 필요한 이온이나 전자의 이동이 어렵게 되어 안정된 화합물을 이루고, 풍화와 같은 화학적, 물리적 요인에 대해 매우 강한 저항성을 갖게 된다[9].



(a) natural sand (b) electric arc furnace

Fig. 1. Shape of fine aggregates.

Table 1. Physical properties of fine aggregates.

Items	Max size (㎜)	Specific gravity	Water absorption (%)	Unit weight (kg/㎥)	Solid volume (%)
Electric arc furnace oxidizing slag aggregate	5.00	3.70	0.41	2,554	70.0
KS F 4571*	5.00	3.10<	< 2.00	1,800<	-
Natural sand	5.00	2.60	1.11	1,559	60.0
KS F 2526**	5.00	2.50<	< 3.00	-	-

KS F 4571* : electric arc furnace oxidizing slag aggregate for concrete
KS F 2526** : aggregate for concrete

Table 2. Chemical composition of EFS.

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Cr_2O_3	MnO	K_2O, CO, SO_3	Free CaO
11.12	4.58	39.31	23.1	7.02	1.58	5.04	6.42	0.15

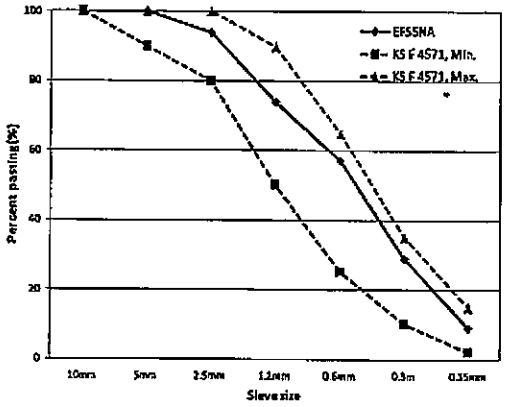


Fig. 2. The grading curve of electric arc furnace oxidizing slag aggregate for concrete.

Table 1은 콘크리트용 일반 잔골재와 전기로 산화슬래그 잔골재의 규정 및 측정된 물성치를 비교한 것으로, 전기로 산화슬래그 잔골재는 일반 잔골재에 비하여 0.41%의 매우 낮은 흡수율을 지니고 있어 전기로 산화슬래그 잔골재를 콘크리트에 사용할 경우 콘크리트의 건조수축, 내동결성 등 내구성에 긍정적일 것으로 판단된다.

전기로 산화슬래그 잔골재의 실적율은 약 70%로 이는 전기로 산화슬래그 잔골재의 입형이 일반골재에 비해 구형이기 때문에 충전 효과가 높아 이를 활용할 경우 콘크리트 제조 시 단위시멘트량 저감, 건조수축저감, 고밀도의 콘크리트 제조가 가능하게 된다.

또한 본 연구에 사용된 전기로 산화슬래그 잔골재에 대한 체가름 시험 측정 결과, Fig. 2와 같이 KS 규격에 적합한 결과를 보였으며 이는 전기로 산화슬래그를 급냉처리한 후 별도의 선별과정을 걸쳐 콘크리트용 전기로 산화슬래그 잔골재에 맞도록 균일한 입도로 생산된 것으로 이를 통해 균질한 제품 생산에 따른 현장 품질관리에도 도움을 줄 것으로 기대된다.

2.2. 전기로 산화슬래그의 화학적 특성

제강슬래그를 콘크리트용 잔골재로 활용하기 위한 어려운 문제점 중 하나가 바로 약 1%이상의 유리석회(free-CaO)함량이다. 슬래그에 함유된 유리석회는 함유량이 1% 이상일 경우 콘크리트의 체적팽창을 유발하므로 1%이하로 저감시켜야 한다. 유리석회를 저감시키기 위한 방법은 에이징(Aging)처리 혹은 급냉방법이 대표적이라 할 수 있다[2]. 본 연구에서 활용된 콘크리트용 전기로 산화슬래그 잔골재도 급냉방식으로 에이징처리된 것을 사용하였으며 free-CaO함유량은 0.15%로 free-CaO+H_2O에 의한 $Ca(OH)_2$의 체적팽창 우려가 없는 유리석회 1%이하의 슬래그를 평가되었다.

Table 2는 XRF를 이용하여 급냉처리된 전기로 산화슬래그 잔골재를 분석한 것으로 Fe_2O_3의 함유량이 가장 높고 CaO와 SiO_2의 함유량이 순차적으로 높게 나타났다. 이런 산화물 분석 결과를 토대로 하여 슬래그의 밀도가 높은 원인은 산화철 함량이 많은 것에 기인한다는 것을 알 수 있다.

Table 3은 폐기물관리법에서 제시하고 있는 공정시험기준에 준하여 급냉으로 전처리된 전기로 산화슬래그 잔골재에 대한 중금속용출특성을 알아보기 위하여 ICP를 이용한 시험 결과이며, 폐기물관리법의 중금속 허용기준을 만족하는 것으로 나타났다. 또한 Cu, As, Pb 등이 검출되었지만 그 양은 매우 미량으로 콘크리트 골

Table 3. Leaching test result of heavy metal from EFS.

Items	Unit	Permissible range	Result
Pb	mg/l	below 3	0.02
Cu	mg/l	below 3	0.043
As	mg/l	below 1.5	0.028
Hg	mg/l	below 0.005	N.D
CN-	mg/l	below 1	N.D
Cr(VI)	mg/l	below 1.5	N.D
Cd	mg/l	below 0.3	N.D
Oil	%	below 5	N.D

재로서 사용이 가능함과 동시에 이를 이용할 경우 발생 가능한 환경적 문제는 없을 것으로 판단되었다.

2.3. 초속경시멘트의 수화 및 배합 특성

일반적인 초속경 시멘트는 $CaO{\cdot}Al_2O_3$, $12CaO{\cdot}7Al_2O_3$, $11CaO{\cdot}7Al_2O_3{\cdot}CaX$ (X : 할로겐 원소) 등의 속경성 광물을 함유하는 클링커를 석고와 혼합하여 분쇄하거나 이들 속경성 광물의 분쇄물을 보통 포틀랜드시멘트, 석고 및 기타의 첨가재와 혼합함으로써 제조하는 방법이 알려져 있다. 본 연구에서 사용된 초속경시멘트는 Table 4와 같은 화학적 특성을 지니고 있다.

Table 4. Chemical compounds of VES cement.

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3
Rapid setting cement	11.9	13	1.9	50.4	2.2	15.5
OPC	21	5	3	65	2.5	1.5

이러한 특수 시멘트는 보통 시멘트와 달리 제조광물 및 제조방식의 특수성 등으로 보통 시멘트보다 약 10배 이상 비싸기 때문에 그 사용범위 및 용도가 한정적이다. 본 연구에서는 급냉처리된 콘크리트용 전기로 산화슬래그 잔골재를 이용하여 고가의 특수시멘트 사용량을 저감시킴으로서 단순 매립용으로 이용되던 전기로 산화슬래그를 콘크리트용 잔골재로 처리하는 과정에서 발생하는 부가가치의 재창출, 사용범위의 확대, 내구성 확보 및 환경보존 등 산업부산물을 이용할 경우 얻을 수 있는 모든 가치의 극대화를 이루고자 하였다.

3. 실험방법

본 연구에서는 현재 콘크리트 교면포장 재료로 널리 사용되고 있는 폴리머 속경성 시멘트 콘크리트에 콘크리트용 전기로 산화슬래그 잔골재를 혼입하여 기초적인 물성변화를 확인하고자 하였다.

Table 5. Experimental plan.

Items		Test method	Evaluative standard	curing time at test
Concrete pavement repair material	Compressive strength	KS F 2405	≥ 21	4hr.
	Flexural strength	KS F 2408	≥ 3.15	4hr.
	Bonding stength	KS F 2762	≥ 1.4	4hr.
	Dry shrinkage	KS F 2424	≤ 0.15	to 7days
	Coefficient of Thermal Expansion	AASHTO TP 60	3.5~26	7days
	Elastic modulus	KS F 2438	1.13~7.8	7days
	Chloride ion penetration resistance	KS F 2711	≤ 2,000	7days
	Freezing&thawing resistance	KS F 2456	≥ 80%	14days
	Scaling resistance	SS 13 72 44 A	Acceptable	7days
	Wearing test	ASTM C 779	≤ 15	7days
Bridge overlay quality standard	Crack resistance	AASHTO PP 34 99	No cracking	to 56days
	Freezing&thawing resistance	KS F 2456 A	≥ 80%	from 56days
	Scaling resistance	SS 13 72 44 A	Acceptable	from 567days
	Chloride ion penetration resistance	KS F 2711	≤ 1,000	28days

Table 6. Physical properties and compound of VES cement.

Blain (/g)	Specific gravity	Rapid setting cement compounds(%)					
		C_3S	C_2S	C_4A_3S	C_4AF	C_3A	$CaSO_4$
5,602	2.9	16.0	16.0	30.0	6.0	3.0	20.0

Table 7. Electric arc furnace oxidizing slag aggregate for concrete on KS F 4571.

Marking	Gmax (mm)	Specific gravity		Potential reactivity of alkali-aggregate	
		3.1~4.0 N	4.0~4.5 H	harmless A	harm B
EFS	5	N		A	

이를 위하여 폴리머 속경성 시멘트 콘크리트의 시방배합을 기준으로 천연잔골재를 콘크리트용 전기로 산화슬래그 잔골재로 100% 치환하고 단위시멘트량과 라텍스 혼입률 변화를 주요 변수로 하여 실험을 수행하였다. 실험은 한국도로공사 콘크리트포장 단면보수재료 및 교면포장체 품질기준에 의거하여 Table 5와 같이 실시하였다.

3.1. 사용재료

본 연구에 사용된 속경성시멘트는 초속경계열의 시멘트로 국내에서 SB라텍스 개질 콘크리트 생산전용 시멘트로 개발, 생산된 것으로 주요 시멘트의 화학적 성분은 Table 6과 같다.

본 실험에 사용된 라텍스는 국내 J사의 제품으로 성분은 스티렌/부타디엔 계열이며 라텍스 고형분 47%와 물 53%의 액상상태로 시멘트 모르타르와 콘크리트에 사용하도록 생산된 제품으로, 교면재포장과 콘크리트포장 보수용 라텍스개질 콘크리트에 널리 적용되고 있는 제품이다.

본 연구에 사용된 잔골재는 Table 1, 7과 같이 관련 기준인 KS F 4571(콘크리트용 전기로 산화슬래그 골재)를 만족하는 EFS5NA의 전기로 산화슬래그 잔골재와 KS F 2526을 만족하는 비중 2.6의 일반 강모래를 사용하였으며 굵은골재는 교면포장의 덧씌우기 용도로 최대치수 19 mm골재를 사용하였다. Fig. 3은 전기로 산화슬래그 잔골재에 대한 알칼리골재 반응성 실험결과로 무해한 골재 범위에 포함됨을 알 수 있다.

3.2. 실험계획 및 방법

3.2.1 강도실험

강도특성을 분석하기 위한 압축강도 시험은 초속경

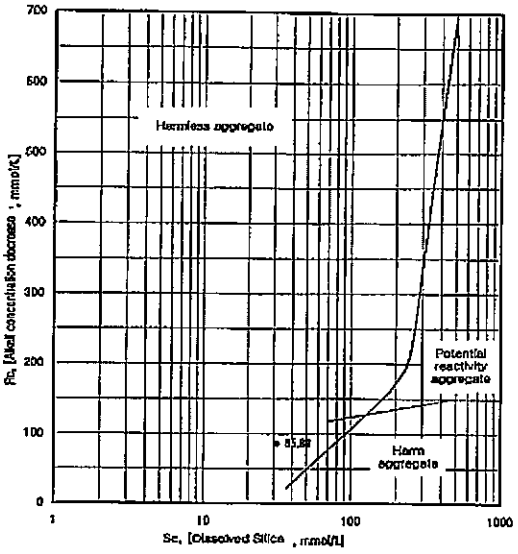


Fig. 3. Alkali aggregate reaction test.

시멘트의 강도특성상 재령 4시간 강도가 일반 포틀랜드 시멘트의 일주일에 해당하는 강도값이므로, 재령 4시간, 24시간에 실험을 실시하여 초기강도발현 특성을 분석하였다. ϕ100 × 200 mm의 원주형 공시체를 가지고 KS F 2405의 제규정에 따라 압축강도를 측정하였으며 휨강도 측정은 KS F 2408의 규정에 따라 실시하였다.

3.2.2 내구성실험

① 투수시험은 KS F 2711에 규정된 염소이온 투과시험방법에 따라 시험을 수행하였다. 염소이온 투과시험방법은 단기간에 콘크리트시편의 통과전하량을 측정하여 투수저항성을 판단할 수 있다는 장점을 지니고 있다.

② 건조수축 실험은 KS F 2424에 의거 5 mm체로 콘크리트의 페이스트만을 걸려 시멘트모르타르 시편을 제작한 후 0.001 mm감도를 가진 10 mm LVDT를 사용하여 시편의 길이변화를 측정하였다.

③ 균열저항성 실험인 구속건조수축실험은 콘크리트의 구속조건으로 인한 균열을 평가하기에 가장 간편하면서도 효과적인 방법으로 AASHTO PP 34 99에 의거하여 콘크리트시편 내부의 스틸링을 강체로 가정하고 콘크리트링 시편이 수축할 때 발생하는 수축압에 의한 균열 발생 유무를 재령 56일까지 육안으로 관찰하여 평가하였다.

Fig. 4는 구속건조수축 실험을 위해 제작된 형틀 및 시편을 이용하여 시험체를 제작하는 전경이며, 내부 형틀은 강체로 제작하여 콘크리트 수축을 방해, 인위적인



Fig. 4. Mold of steel ring test.

균열발생을 유도하였다.

④ 동결-융해에 대한 저항 시험은 KS F 2456, A Type에 따라 수중 급속동결 수중 급속융해의 방법으로 실시하였으며 이때 공시체 중심에서의 온도를 동결시 −18°C, 융해시 4°C로 상승시키는 것을 1 사이클 4시간으로 하여 반복 수행하였다. 각 시험체는 300사이클을 원칙으로 수행하였다.

⑤ 표면박리저항성 실험은 스웨덴 시험방법인 SS 13 72 44 A법에 의해 시행되었으며 이때 콘크리트 공시체 면적은 150 mm×150 mm로 제작하여 7일간 양생한 후 1일 1사이클로 20~−20°C조건에서 공시체 표면에 3% NaCl수용액에 노출시켜 1, 14, 28, 42, 56사이클에서 표면에서 박리된 양을 측정하여 평가하였으며 박리된 양에 따른 저항성 평가는 Table 8과 같다.

3.3. 콘크리트 배합설계

콘크리트 배합설계는 기존의 폴리머 속경성 시멘트 콘크리트 배합을 기준으로 최적배합 산정시험과 도출된

Table 8. Mixture assessment of the de-icer salt scaling resistance of concrete according to SS13 74 22.

Frost resistance	Requirements
Very good	No specimen has more than 0.1kg/m^2 material scaled after 56cycles
Good	The mean value for the material scaled after 56cycles is less than 0.5kg/m^2 at the same time as m56/m28 is less than 2.0
Acceptable	The mean value for the material scaled after 56cycles is than 1.0kg/m^2 at the same time as m56/m28 is less than 2.0
Unacceptabel	If the requirements for acceptable frost resistance are not met

Table 9. Mixture proportions of concrete.

Specimens	w/c(%)	S/a(%)	Unit weight(kg/m^3)				
			C	W	L	S	G
PRCC	38	55	360	76	115	922*	777
V300S47L15	38	47	300	63	96	1176**	987
V300S47L10	38	47	300	80	64	1200**	1008
V300S47L8	38	47	300	87	51	1212**	1016
V260S47L15	38	47	260	50	83	1224**	1077
V260S47L10	38	47	260	70	55	1256**	1054

*natural sand
**electric arc furnace oxidizing slag aggregate

최적배합을 이용한 평가시험으로 구분하여 시행되었다.

전기로 산화슬래그 잔골재를 이용한 최적배합도출 시험은 기존 폴리머 속경성 시멘트 콘크리트와 동일한 초기성능이 발현될 수 있는 조건으로 하였으며 공정의 단순화, 실용화 및 고부가가치 극대화를 위하여 치환율은 100%를 기준으로 하였다.

실내배합순서는 먼저 전기로 산화슬래그 잔골재와 굵은골재를 믹서에 투입하여 30초간 비빈 후 시멘트를 넣고 다시 30초간 건비빔을 실시하였다. 그리고 라텍스와 물을 첨가한 후 최종 30초간 비빔을 실시하여 콘크리트를 배출하여 시험체를 제작하였다. 이렇게 제작된 시험체는 실내에서 기건양생을 실시하였다.

배합설계 기준으로는 기존의 폴리머 속경성 시멘트 콘크리트 시방배합을 근거로 단위시멘트 300 kg/m^3, 260kg/m^{3}과 SB라텍스 첨가량 15%, 10%, 8%에 대한 설계를 Table 9와 같이 실시하였다.

4. 실험결과

4.1. 최적배합산정을 위한 예비실험

Table 10은 일반 잔골재를 전기로 산화슬래그 잔골재로 100% 치환한 후 배합된 예비배합설계에 의한 콘크리트의 굳지 않은 상태에서의 특성을 나타낸 것이다. 이를 살펴보면, 라텍스 첨가량과 물-시멘트비를 조절함으로써 초기작업성 조절이 가능한 것으로 평가되었다. 그러나 라텍스 함량이 15%인 V300S47L15의 낮은 물시멘트비 조건임에도 불구하고 과도한 작업성으로 인해 재료분리 현상이 나타나 적절한 작업성 확보를 위해서는 라텍스 함량의 저감이 요구되는 것으로 나타났다. 또한 단위시멘트량이 260 kg/m^{3}인 조건에서는 적절한 작

Table 10. Result of fresh concrete tests.

Specimens	w/c	Slump (mm)	Air content(%)	Unit weight (t/m^3)
PRCC	38	200	4.0	2.27
V300S47L15	38	270	5.6	2.68
V300S47L10	38	250	4	2.66
V300S47L8	38	200	4	2.67
V260S47L15	38	180	3.6	2.70
V260S47L10	38	165	3.9	2.73

Table 11. Result of concrete strength tests.

Specimens	Compressive strength(MPa)		Flexural strength(MPa)
	4hr.	1day	4hr.
PRCC	34.0	39.0	6.0
V300S47L15	34.4	42.2	7.7
V300S47L10	42.1	49.9	8.2
V300S47L8	36.9	52.6	7.6
V260S47L15	33.7	43.0	8.3
V260S47L10	36.9	44.8	7.3

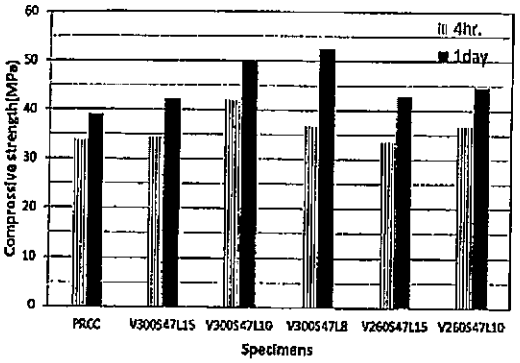


Fig. 5. Results of compressive strength.

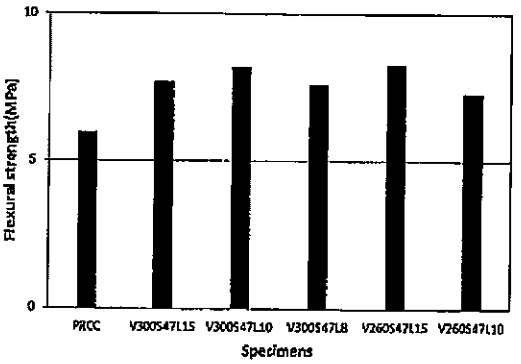


Fig. 6. Results of flexural strength.

업성으로 측정은 되었으나 적은 시멘트량으로 인한 시멘트페이스트의 부족으로 슬럼프 측정 시 콘크리트의 부서짐 현상과 성형성 부족현상이 나타나 현장적용 시 콘크리트 컨시스턴시(consistency) 측면에서는 다소 불리할 것으로 평가되었다. 그러나 모든 조건에서 기존의 폴리머 속경성 시멘트 콘크리트와 유사한 상태를 나타내어 전기로 산화슬래그 잔골재로 치환된 고성능 콘크리트의 제조가 가능한 것으로 나타났다.

Table 11은 전기로산화슬래그 잔골재로 치환된 고성능콘크리트 예비배합에 대한 초기강도 측정값을 나타낸 것이다. 기존의 폴리머 속경성 시멘트 콘크리트는 초기 4시간 압축강도가 34 MPa로 교통개방에 필요한 강도조건을 만족하고 있으며 단위시멘트를 저감시켜 배합한 모든 경우에 있어서도 Fig. 5~6과 같이 매우 높은 초기강도발현 특성을 나타내고 있다. 이러한 결과는 콘크리트 구성재료 중 부피를 가장 많이 차지하는 잔골재를 실적률이 70%에 이르는 전기로 산화슬래그 잔골재로 치환함으로써 밀도높은 콘크리트 제조가 가능하고 이를 통해 낮은 단위시멘트량으로도 매우 높은 강도발현을 나타내는 것으로 판단된다. 이를 통해 콘크리트용 전기로 산화슬래그 잔골재를 이용한 고성능 콘크리트의 개발이 가능함을 알 수 있었다.

4.2. 최적배합 도출

예비배합 및 시험결과를 통해 최적배합을 도출하고자 하였다. 단위시멘트의 경우 기존의 360 kg/m^3에서 260 kg/m^3으로 저감할 경우에도 초기 높은 강도발현을 확인할 수 있었으나 초기 컨시스턴시에서는 점착력 부족, 부서짐 현상, 성형성 부족 등으로 현장적용 시 어려움이 나타날 것으로 판단되어 최소 단위시멘트량은 300 kg/m^3으로 결정하였다. 또한 라텍스 함량에서는 시멘트대비 15% 첨가 시 매우 높은 유동성 및 작업성으로 인하여 재료분리 현상이 나타났으므로 경제성 확보 측면과 더불어 라텍스 함량을 최소화시킬 수 있는 8%로 선정하였다. 라텍스 함량이 10%이상이면 물-시멘트비가 35%수준에 불과하여 현장 골재 표면수 변화에 따른 보정의 어려움이 발생하므로 내구성을 확보할 수 있는 최소한의 함량으로 최적배합을 결정하였다.

Table 12는 잔골재를 전기로 산화슬래그로 100% 치

Table 12. Mixture proportions of concrete.

	W/C	S/a	Unit weight(kg/m³)					
	%	%	C	W	Latex	S	EFS	G
PRCC	38	55	360	76	115	922	-	777
EFS-Con	38	47	300	87	51	-	1212	1,016

환한 후 산정한 최적배합비로 기존의 교면제포장체인 폴리머 속경성 시멘트 콘크리트와 비교하여 볼 때, 단위시멘트량과 단위라텍스량을 각각 20%, 50% 이상 줄일 수 있는 특징을 가지고 있다. 이러한 단위시멘트 저감 및 라텍스 저감의 원인은 구상형 전기로 산화슬래그 잔골재를 치환함으로써 낮은 물시멘트비 조건에서도 매우 높은 작업성을 나타내며, 잔골재의 높은 실적율에 의해 결합재량을 매우 크게 절감시킬 수 있었다.

4.3. 최적배합에 의한 강도발현 특성

폴리머 속경성 시멘트 콘크리트는 스티렌/부타디엔 계열 폴리머를 물 속에 고르게 분사시킨 SB라텍스와 조기강도 발현이 우수한 초속경계열 시멘트, 모래, 자갈 및 소량의 혼화제와 물을 적정비율 혼합하여 제조한 콘크리트이다.

Figs. 7~9의 폴리머 속경성 시멘트 콘크리트 강도에 대한 실내실험 결과, 압축강도는 4시간 기준강도 21 MPa보다 13 MPa이상을, 7일 압축강도에서는 2배 이상을 상회하는 것으로 나타났다. 휨강도는 4시간 강도 6.0 MPa, 7일 8.1 MPa의 휨강도를 나타내는 특성을 보였다. 또한, 부착강도도 4시간 강도에서 1.5 MPa로 기준 1.4 MPa을 만족하는 결과를 얻었으며 7일 강도에서는 기준 대비 2배 이상의 강도발현 특성을 보였다. 잔골재를 전기로 산화슬래그 잔골재로 치환한 EFS-Con의 강도 측정결과, 4시간 압축강도는 기준 21 MPa보다 약 16 MPa, 폴리머 속경성 시멘트 콘크리트 34.1 MPa보다 2.8 MPa 높은 36.9MPa의 고강도를 나타냈다.

휨강도는 4시간 기준강도인 3.15 MPa의 2배 이상의 강도발현을 보였으며 7일 휨강도에서는 10.7 MPa까지 강도발현이 되는 특성을 보였다. 또한, 부착강도는 라텍스가 첨가량이 저감되었음에도 불구하고 폴리머 속경성 시멘트 콘크리트와 유사한 강도발현 특성을 보였다.

이러한 전기로 산화슬래그 잔골재를 이용한 콘크리트의 높은 강도발현 이유는, 천연잔골재를 치환한 전기로 산화슬래그 잔골재의 구형 입형에 의한 유동성 증진(볼베어링)에 의한 라텍스 첨가량 감소, 골재 자체의 높은

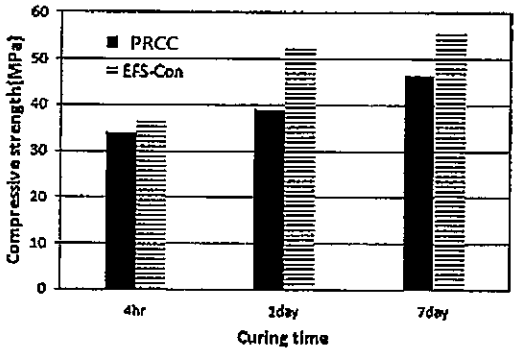


Fig. 7. Comparison of compressive strength.

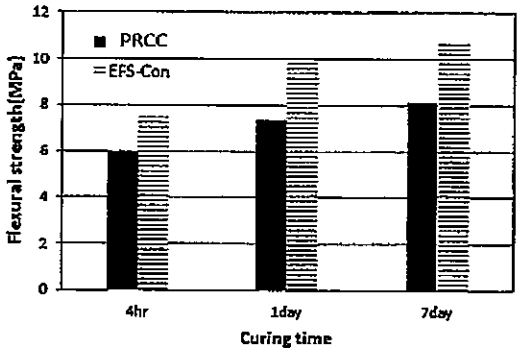


Fig. 8 Comparison of flexural strength.

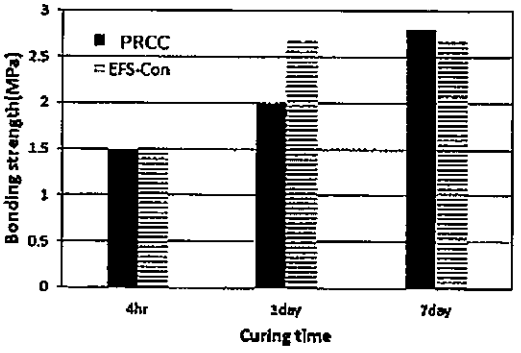


Fig. 9. Comparison of bonding strength.

실적률에 의한 단위수량 및 단위 결합제량 감소에도 불구하고 콘크리트 내부의 체적안전성 향상 및 밀도 증대에 따른 원인으로 판단된다.

4.4. 단위중량

전기로 산화슬래그 잔골재는 자체의 밀도가 약 3.6에 이르고 단위용적절량이 천연잔골재에 비하여 약 800 kg/m³ 높아 콘크리트 배합 시 천연잔골재를 100% 치환할 경

Table 13. Bulk density of slags and typical concrete.

Specimens	No.1	No.2	No.3	Aver.	Remark
PRCC	2.28	2.26	2.27	2.27t/	100%
EFS-Con	2.68	2.69	2.66	2.67t/	118%

우 콘크리트 자체의 단위중량 증대를 가져온다. 이러한 단위중량 증대는 구조물의 높은 자중을 요하는 중량콘크리트 구조물 등에는 매우 유리하게 작용할 것으로 판단된다. 전기로 산화슬래그 잔골재로 치환된 콘크리트의 단위중량 측정결과, Table 13과 같이 기존의 콘크리트 보수재의 2.27 t/m^{3}에 비하여 약 18% 증가된 2.67 t/m^{3}로 측정되었다.

4.5. 내구특성

기존의 폴리머 속경성 시멘트 콘크리트는 수성 폴리머 일종인 라텍스를 다량으로 혼합하여 라텍스 필름막에 의존하여 콘크리트의 제성질을 크게 향상시킨 것으로 첨가되는 라텍스의 함량에 의해 콘크리트 내구성이 변화하게 된다.

그러나 전기로 산화슬래그 잔골재를 이용한 고성능콘크리트의 경우는 실적률이 높고 밀도가 큰 안정적인 잔골재를 사용함으로써 콘크리트 구성재료자체의 수밀성, 내구성을 향상시키며 라텍스는 재료간의 부착력 증진과 콘크리트 내구성 증진에 일정부분만을 담당하게 된다. 즉, 라텍스에 의한 콘크리트 성능개선은 불연속적인 라텍스필름막에 의존하므로 콘크리트 전단면에 걸친 균질한 성능개선에 한계가 있으나 콘크리트 구성재료 중 가장 큰 부피를 차지하는 골재를 개선할 경우 콘크리트 성능개선을 안정적으로 균질화할 수 있는 장점을 갖게 된다.

Table 14는 개발된 고성능 콘크리트와 기존 폴리머 속경성 시멘트 콘크리트와의 내구성능을 비교평가한 것으로 모든 내구성항목에 있어서 기존의 보수재와 동일한 성능을 나타내는 것으로 평가되었다. 이를 통해 단위시멘트를 20% 절감시키고 라텍스 함량을 50%이상 저감시켜도 전기로 산화슬래그 잔골재를 사용하여 속경성 콘크리트를 제조할 경우, 초기 높은 컨시스턴시 확보, 조기 고강도 발현 및 내구성 규정을 만족하는 고내구성의 고성능 콘크리트 제조가 가능한 것으로 평가되었다.

4.6. 경제성 분석

폴리머 속경성 시멘트 콘크리트는 수성 폴리머 일종인 라텍스를 혼합하여 콘크리트의 제성질을 크게 향상시킨 것으로, 국내·외의 많은 연구결과 라텍스 혼입률 15%에서 최적의 성능발현을 나타내어 현재 이를 기준으로 현장 구조물에 적용하고 있다. 그러나 라텍스의 단가가 높은 관계로 확대적용하기에 어려움이 있는 것이 사실이다. 따라서 본 연구에서는 라텍스의 효과를 최대화하면서도 콘크리트의 내구성을 확보하고 경제성을 동시에 저감시키기 위하여 산업폐기물의 일종인 전기로 산화슬래그 잔골재를 치환한 폴리머 속경성 시멘트 콘크리트를 개발하였으며 이에 대한 경제성 분석을 기존의 보수재와 비교하였다.

Table 14. Comparison of PRCC and EFS-Con.

Durability tests	Unit	PRCC	EFS-Con
Elastic modulus[7days]	MPa	25,841	32,328
Permeability[7days]	Coulombs	220	313
Scaling resistance [56cycles]	kg/m^2	0.02	0.02
Freeze and thawing test [A type, 300cycles]	%	84	87
Crack resistance		N	N

Table 15. Comparison of economical efficiency.

Factors \ Remark		Cement	Latex	Sand	Total (₩/m^3)
PRCC	unit cost[10] (₩/kg)	1,480	2,500	10	
	amount used (kg/m^3)	360	115	917	
	cost (₩/m^3)	532,800	287,500	9,170	829,470 (100%)
EFS-Con	unit cost[10] (₩/kg)	1,480	2,500	140	
	amount used (kg/m^3)	300	51	1,212	
	cost (₩/m^3)	444,000	127,500	133,320	704,820 (85%)

Table 15에서와 같이 현재 사용되고 있는 폴리머 속경성 시멘트 콘크리트는 높은 속경성시멘트 첨가량, 라텍스 단가로 인하여 1당 원재료비용이 약 83만원에 이르고 있으나 전기로 산화슬래그로 치환하여 단위시멘트를 저감시키고 라텍스 함량을 50%이상 저감시킬 경우 약 15%의 원재료비 절감효과가 있는 것으로 분석되었

다. 현재 콘크리트용 전기로 산화슬래그 잔골재의 단가가 약 140원/kg으로 10원/kg수준인 일반골재에 비하여 상대적으로 고가이나 대규모 생산 및 활용 시 원가절감의 효과는 더욱 커질 것으로 예상된다.

5. 결 론

본 연구에서는 제강공정에서 발생하는 산업폐기물인 전기로 산화슬래그 잔골재를 사용한 속경성 라텍스개질 고성능콘크리트의 개발 및 기초적인 물성변화를 분석하였다. 이를 위하여 굳지 않은 콘크리트와 경화 후 콘크리트의 강도 및 내구특성 실험을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. KS규정에 맞는 콘크리트용 전기로 산화슬래그 잔골재를 100% 치환한 경우, 초기 4시간 압축강도는 35 MPa 이상, 휨강도는 7.0 MPa 이상의 매우 우수한 강도 발현 특성을 나타내었다. 그리고 라텍스 혼입률은 기존의 15%에 8%로, 단위시멘트량은 360 kg/m^{3}에서 300 kg/m^{3}으로 저감시킨 V300S47L8 배합이 현재 적용되고 있는 교면포장용 폴리머 속경성 시멘트 콘크리트와 가장 유사한 강도발현 특성을 보였다.

2. 기존의 폴리머 속경성 시멘트 콘크리트는 라텍스의 혼입에 의한 불연속 필름막에 의해 콘크리트의 제성질을 개선하는 특성을 지니고 있으나 본 연구에서 개발된 고성능콘크리트는 콘크리트 구성재료 중 가장 큰 부피를 차지하는 잔골재를 안정화시켜 사용함으로써 균질하고 균일한 성능개선을 이룰 수 있으며 슬래그에 의한 내부구조의 치밀성과 이와 함께 라텍스의 필름막 형성에 따른 내구성 증진 효과가 배가되는 것으로 판단된다.

3. 현재의 전기로 산화슬래그 잔골재는 free-CaO 등에 의한 팽창붕괴 우려를 해소하기 위하여 에이징처리에 의해 안정화과정을 걸쳐야 하므로 생산단가가 일반골재에 비해 10배이상으로 높아 일반 구조물에 적용되는 콘크리트에 확대적용하기에는 한계성을 지니고 있으나 특수시멘트, 폴리머 등 재료비 자체가 매우 고가인 특수콘크리트의 경우, 전기로 산화슬래그 잔골재를 치환하여 시멘트량과 폴리머량을 크게 저감시킴으로써 오히려 원재료비용이 약 15%저감됨과 동시에 내구성도 확보할 수 있는 것으로 평가되었다.

4. 교면포장에 적용되는 기준배합(LI5)과 유사 특성을 보이는 전기로 산화슬래그 잔골재를 이용한 고성능 콘크리트의 생산단가(V300S47L8)를 비교한 결과 약 15%의 재료비 절감 효과가 있는 것으로 나타났다.

따라서 폴리머 속경성 시멘트 콘크리트제조에 있어 전기로 산화슬래그 잔골재의 사용은 콘크리트 성능개선 효과와 더불어 경제성 확보까지 이룰 수 있을 것으로 평가되었다.

감사의 글

본 연구는 2011년 국토해양부 건설교통R&D정책인프라 기술사업의 연구비 지원(과제번호 11TRPI-C057479-01)에 의해 수행된 것으로 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김길희, 임지영, 류득현, 최성우, 2007: *전기로 산화슬래그의 국내외 이용사례*, 한국콘크리트학회집 기술자료, 제19권 6호, pp. 51~57.
2. 김남욱, 전준홍, 배규성, 2009: 전처리방식의 변화에 따라 제작된 전기로슬래그콘크리트의 특성연구, 한국리싸이클링학회, 제18권 4호, pp.52~61.
3. 김상명, 박주원, 이훈하, 김기호, 2008: *전기로 산화슬래그의 콘크리트용 잔골재 활용*, 대한토목학회, 제28권 제3A호, pp.407~415.
4. 김진만, 조성현, 오상윤, 곽은구, 2007: *아토마이징 공정에 의한 급냉 제강슬래그의 특성*, 콘크리트학회지 제19권 6호, pp.39~28.
5. 문한영, 유정훈, 2002: *콘크리트용 골재로서 에이징처리한 제강슬래그의 활용*, 한국콘크리트학회논문집, Vol.14, No.4, pp.597~607.
6. 조봉석, 이훈하, 양승규, 이응종, 엄태선, 2009: *전기로 산화슬래그 잔골재를 사용한 콘크리트의 성능 평가*, 한국콘크리트학회논문집, Vol.21, No.3, pp.367~375.
7. 이훈하, 김승진, 2008: *스테인레스 전기로 산화슬래그의 콘크리트용 잔골재 활용성 평가*, RIST 연구논문 제22권, 제1호, pp.60~68.
8. 한국콘크리트학회, 2009: 최신콘크리트공학.
9. 에코마이스터, http://www.ecomaister.com/
10. 한국물자정보 http://www.kpi.or.kr/)

전기로 산화슬래그 잔골재를 이용한 고성능 콘크리트 현장적용성 평가

Field Application of High Performance Concrete Using Electric Arc Furnace Oxidizing Slag Aggregates for Concrete

정 원 경* 길 용 수** 배 종 오*** 강 승 희**** 김 기 헌*****

Jung, Won Kyong Gill, Yong Soo Bae, Jong Oh Kwang, Seung Hee Kim, Ki Heun

ABSTRACT

High Performance Concrete was developed that the Mine-Waste substitute oxidizing Slag for all fine aggregate in order to expand the usability of industrial waste. It is expected that good quality control and cost reduction can be obtained about the economic effects.

요 약

산업폐기물의 사용성을 확대시키기 위하여 전기로 산화 슬래그 잔골재를 100% 치환하여 품질관리 용이성 및 원가 절감의 경제적 효과를 얻을 수 있도록 고강도 콘크리트 조성물을 개발하여 현장적용성 평가를 시행하였다.

1. 서 론

본 연구는 콘크리트 조성물을 구성하는 시멘트의 함량을 대폭 줄이고 천연골재의 대부분을 전기로 산화 슬래그로 대체함으로써 산업폐기물의 사용성을 확대하고, 천연골재 고갈에 따른 콘크리트 품질저하를 방지할 뿐 아니라 원가 절감의 경제적인 효과도 얻을 수 있는 고강도 콘크리트 조성물을 개발하여 이를 실제 현장에 시험시공함으로써 나타나는 문제점 및 해결과제에 대하여 모색하고자 하였다.

2. 전기로 산화슬래그를 이용한 고강도콘크리트

2.1 전기로 산화 슬래그

제철소의 제강과정에서 발생하는 불안정한 용융상태의 제강슬래그를 원료로 생산되는 안정된 분자구조를 가진 것으로 불안정한 용융상태의 제강 슬래그를 재활용하여 생산한 것으로 기존에 사용되던 모래 및 골재를 대체할 수 있을 것으로 기대되며 콘크리트에 사용 시 유동성 증가로 인한 작업효율이 향상되며 단위수량 및 감수제 사용량이 감소되어 원가절감효과도 가져오게 된다[1].

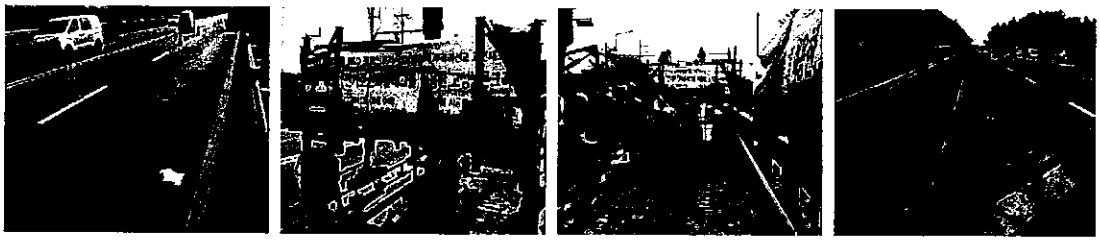
* 정회원, (주)삼우아이엠씨, 기술연구소 책임연구원, 공학박사
** 정회원, (주)삼우아이엠씨, 토목시공기술사
*** 정회원, (주)삼우아이엠씨, 도로및공항기술사
**** 정회원, (주)한국건설품질시험기술원, 토목품질시험기술사
***** 정회원, (주)삼우아이엠씨, 공학박사, 토목시공기술사

2.2 현장적용성 평가

재령 4시간에 실용강도 발현이 가능한 속경성시멘트에 전기로 산화 슬래그 잔골재를 첨가하여 물-시멘트비를 저감시키고 수밀성 증진, 건조수축 저감 및 내구성을 크게 향상 시킬 수 있는 재료를 개발하고 이를 현장에 적용하여 시공성 및 경제성을 분석하고자 하였다.

표 1. 현장적용 교량 및 제원

공사명	시공일시	시공폭	시공길이	시공면적	포설두께	시공물량	비고
부곡과선교	2011.9.4	2.8M	32.0M	89.6M2	0.20M	18M3	2차로



3. 조기 고강도 발현 및 내구특성

전기로 산화 슬래그를 사용하여 개발된 속경성 라텍스개질 콘크리트의 강도 및 내구특성 평가결과는 표 2와 같다. 이를 살펴보면, 재령 4시간에서의 압축강도는 22MPa의 강도를 나타내어 단면보수재료의 교통개방기준 조건을 만족하였으며 1일 강도에서는 33MPa의 높은 강도 특성을 나타내었다.

표 2. 슬래그를 이용한 속경성 고성능콘크리트 현장적용 강도 특성

W/C	S/a	Cement	Latex	슬럼프	공기량	압축강도(MPa)		
						4hr	1day	5day
38%	47%	300	C×8%	225mm	6.2%	22.1	33.4	36.9

4. 결 론

최근 콘크리트의 잔골재 고갈로 대체 자원이 매우 시급한 상황에서 전기로 산화슬래그 잔골재는 콘크리트의 천연잔골재로 치환되어 사용될 경우 그 사용성과 내구성에 있어 차이가 없음이 증명되었으나 아직까지 이를 활용한 현장적용사례에 대한 심도있는 연구개발은 추진되지 못하고 있는 실정이다[2]. 본 연구에서는 국내산 전기로 산화 슬래그를 이용하여 잔골재를 100% 치환적용하여 생산되는 고성능 콘크리트를 개발하였으며 개발된 고성능 콘크리트를 이용하여 실제 현장에 적용함으로써 사용가능성을 평가하였다. 현장적용성 평가 결과, 기존 콘크리트계 교면재포장기술과 동일한 조건으로의 적용이 가능하였으며 현장 모빌믹서를 이용한 생산, 데크피니셔에 의한 표면마무리 등에 있어 매우 안정적인 작업성과 효과를 나타내었다.

감사의글

본 연구는 2011년 국토해양부 건설교통R&D정책인프라 기술사업의 연구비지원(과제번호 11TRPI-C057479-01)에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. http://www.ecomaister.com
2. 김길희, 임지영, 류득현, 최성우, "전기로 산화슬래그의 국내외 이용 사례", 콘크리트학회지 제19권 6호, pp.51~57, 2007.

산업부산물골재를 활용한 고성능콘크리트의 교면재포장 공법 개발

Development of Bridge Deck Overlay Method for High Performance Concrete Using Industrial Wastes Aggregate

길 용 수* 정 원 경** 배 종 오*** 임 홍 범**** 강 승 희*****

Gil, Yong Soo Jung, Won Kyong Bae, Jong Oh Lim, Hong Beom Kwang, Seung Hee

ABSTRACT

High Performance Concrete was developed that the Mine-Waste substitute oxidizing Slag for all fine aggregate in order to expand the usability of industrial waste. It is expected that good quality control and cost redection can be obtained about the economic effects.

요 약

산업폐기물의 사용성을 확대시키기 위하여 전기로 산화 슬래그 잔골재를 100% 치환하여 품질관리 용이성 및 원가절감의 경제적 효과를 얻을 수 있도록 개발한 고강도 콘크리트 조성물과 교량 바닥판 콘크리트 절삭 및 청소를 일체화 시킨 장비를 개발하여 교면재포장 현장의 적용성 평가를 시행하였다.

1. 서 론

본 연구는 콘크리트 조성물을 구성하는 시멘트의 함량을 대폭 줄이고 천연골재의 대부분을 전기로 산화 슬래그로 대체함으로써 산업폐기물의 사용성을 확대하고, 천연골재 고갈에 따른 콘크리트 품질저하를 방지할 뿐 아니라 원가절감의 경제적인 효과도 얻을 수 있는 고강도 콘크리트 조성물과 교량 바닥판 콘크리트 절삭 및 청소를 일체화 시킨 장비를 실제 현장에 적용함으로써 나타나는 문제점 및 해결과제에 대하여 모색하고자 하였다.

2. 전기로 산화슬래그를 이용한 교면재포장공법

2.1 현장적용성 평가

본 연구에서는 강원도 춘천시에 위치한 풀무2교에 전기로 산화슬래그 잔골재를 이용한 고성능 콘크리트와 콘크리트 절삭 및 청소를 일체화 시킨 장비에 대한 적용성 평가를 실시하였다. 콘크리트 절

* 정회원, ㈜삼우아이엠씨, 공학박사, 토목시공기술사
** 정회원, ㈜삼우아이엠씨, 기술연구소 책임연구원, 공학박사
*** 정회원, ㈜삼우아이엠씨, 기술연구소 연구소장, 도로및공항기술사
**** 정회원, ㈜삼우아이엠씨, 기술연구소 연구원, 공학석사
***** 정회원, ㈜한국건설품질시험기술원, 토목품질시험기술사

삭 및 청소공정을 일체화 된 장비를 적용함으로써 공정의 간소화로 인한 효율증진이 이루어졌으며, 장비 적용 후 바닥판 상태도 교량 바닥판 손상부가 제거됨으로써 매우 양호한 바닥판이 노출되어 교면재포장 시 성능향상에도 기여할 수 있을 것으로 판단되었다.

2.2 강도 및 내구특성

본 연구에 적용된 전기로 산화슬래그 잔골재를 이용한 고성능 콘크리트의 강도 및 내구성능 시험결과는 표 1과 같이 나타났으며, 재령 4시간에 31.9MPa의 압축강도를 나타내어 조기 교통개방이 가능함을 알 수 있었고, 또한 재령 4시간 부착강도가 1.43MPa로 나타내어 콘크리트 절삭 및 청소 일체화 장비의 성능을 검증할 수 있었다.

표 1. 강도 및 내구성능 시험결과

구분	공기량	슬럼프	압축강도 (4시간)	부착강도 (4시간)	염소이온투과 저항성 (28일)
시험결과	4.0%	220㎜	31.9MPa	1.43MPa	265 C



3. 결 론

본 연구에서 전기로 산화슬래그 잔골재를 이용한 고성능 콘크리트와 콘크리트 절삭 및 청소를 일체화 시킨 장비의 현장적용성을 평가한 결과,

1) 전기로 산화슬래그 잔골재를 이용한 고성능 콘크리트는 우수한 작업성뿐만 아니라, 교면재포장 공법에 적용될 재료로써 조기교통개방이 가능하며, 내구성능도 우수한 것으로 나타났다.

2) 콘크리트 절삭 및 청소를 일체화 시킨 장비의 현장적용성 평가 결과, 부착력 및 공정의 효율성 증진과 콘크리트 손상부 절삭에 있어 양호한 성능을 나타내어 향후 교면재포장공법의 경제적 측면에서의 효과가 클 것으로 예상된다.

감사의 글

본 논문은 2011년 국토해양부 건설교통R&D정책인프라 기술사업의 연구비지원(과제번호 11TRPI-C057479-01)에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

참고문헌

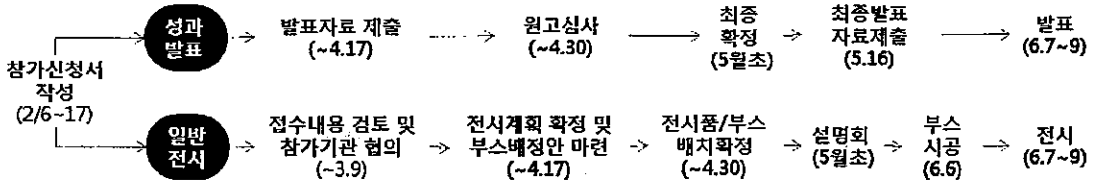
1. 정원경,길용수,배종오,강승희,김기헌, "전기로 산화슬래그 잔골재를 이용한 고성능 콘크리트 현장적용성 평가", 한국콘크리트학회 2011년도 가을 학술대회 논문집, 23권, 2호, 2011, pp. 247~248.
2. Heo, Y. S., Sanjayan, J. G., Han, C. G., and Han, M. C., "Synergistic Effect of Combined Fibers for Spalling Protection of Concrete in Fire," Cement and Concrete Research, Vol. 40, 2010, pp. 1547~1554.

「2012 국토해양기술대전」 참여기관 수요조사
(연구성과전시회 · 발표회)

안녕하십니까?
한국건설교통기술평가원에서는 국토해양R&D 성과의 우수성 및 기술적 활용가치에 대한 공유와 홍보를 위하여 국토해양부 주최로 한국해양과학기술진흥원과 함께 「2012 국토해양기술대전」을 준비하고 있습니다.
이에 건설교통R&D사업에 참여중인 연구수행기관을 대상으로 기술대전 참여에 대한 수요조사를 실시하오니 많은 참여 부탁드립니다.

<국토해양기술대전 개요>
- o 행사명칭 : 「2012 국토해양기술대전」
- o 일시 : '12. 6. 7(목)~6. 9(토)
- o 장소 : 서울 COEX(Hall D, 오디토리움, 컨퍼런스룸)
  * 면적 : Hall D(6,561㎡, 300부스), 오디토리움(2,104㎡, 1,058석), 컨퍼런스룸
- o 주최/주관 : 국토해양부/한국건설교통기술평가원, 한국해양과학기술진흥원
- o 행사구성
  - 개막식, 우수연구자 포상
  - 우수성과 발표회 : 분야별 연구성과 발표회 및 정책토론 등
  - 국토해양 R&D 연구성과 전시회, 기술이전설명회, 투자유치설명회

<참가기관 혜택>
- o 전시회·연구성과발표회 : 연구성과 무료 전시 홍보, 우수성과 언론보도, 우수성과 포상후보
  ☞ 전시회 기본부스 무료 제공(제공공간은 전시내용에 따라 추후 결정)



1. 건설교통R&D 과제수행 현황

※건설교통R&D 미참여기관 또는 기관차원의 참여를 원하는 경우 기관명만 기재

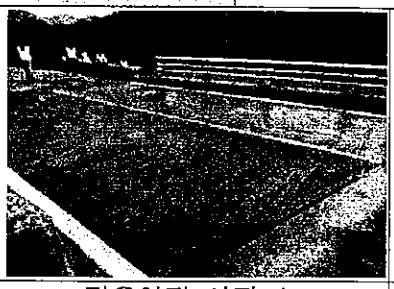
1) 사업명	건설교통R&D정책·인프라사업		
2) 연구과제명	구상형 전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능 콘크리트 포장보수공법의 사업화		
3) 연구책임자	배종오	4) 주관연구기관	(주)삼우아이엠씨
5) 연구수행형태	① 사업단 □	② 연구단 □	③ 일반과제 ■
6) 연구수행기간	2011년08월 ~ 2012년08월		
8) 개막식행사 참여 가능인원	(1)명 ※ 과제별 총 참여연구원의 10% 수준(연구개발계획서 기준)		

2. 신청 현황

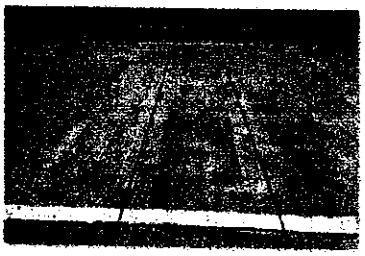
1) 참가희망행사	① 전시회 ■ ② 연구성과발표회 □ ③ 기술이전설명회 □ ④ 투자유치설명회 □			
2) 담당자	성명	정원경	소속부서	기술연구소
	직위(직급)	차장	전화번호(휴대폰)	010-3360-6403
	e-mail	wonkyong@samwooimc.com	팩스번호	02-3400-8769

3-1. 전시회

1) 부스종류	일반부스(1)개 독립부스 ( )m2				
2) 전시품목	① 모형/시제품 ( )개 ② 패널 (10)개 ③ 동영상 (1)개				
3) 전시목적	1.건설교통R&D정책인프라사업 과제로써 주요연구성과에 대한 대외홍보 2.녹색기술로 정부정책 방향에 부합되는 새로운 콘크리트포장 보수재료 홍보				
4) 일반인 체험 가능여부	① 가능 □ ② 불가능 ■ - 체험전시물명 : - 체험유형 :				
5) 전시 세부내용					
모형/시제품	①	품명			
		규격(cm)		무게(kg)	
	②	품명			
		규격(cm)		무게(kg)	
	③	품명			
		규격(cm)		무게(kg)	
	④	품명			
		규격(cm)		무게(kg)	
	⑤	품명			
		규격(cm)		무게(kg)	
패널	1. 전시품 개요 및 제조방법 2. 시공순서 및 특징 3. 주요연구성과				
동영상	현장시공 동영상(3분, 2편)				



<적용현장 사진-1>



<적용현장 사진-2>



<적용현장 사진-3>

전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능콘크리트(SMAT-CON)와 이를 활용한 교량 바닥판 및 도로포장 보수 . 재포장 시공 지침

2011. 8.

1. 일반사항

1.1 적용범위

본 시방은 전기로 산화 슬래그 잔골재와 초속경 라텍스개질 콘크리트(Slag Modified Aggregate Technology Concrete; 이하 SMAT-CON)를 이용한 기존 교량의 콘크리트 바닥판 및 도로포장 보수 · 재포장 공사에 적용한다.

1.2 참조규격

KS F 2401 굳지 않은 콘크리트의 시료채취 방법
KS F 2402 포틀랜드 시멘트 콘크리트의 슬럼프 시험방법
KS F 2403 콘크리트의 강도시험용 공시체 제작
KS F 2405 콘크리트의 압축 강도 시험 방법
KS F 2409 굳지 않은 콘크리트의 단위용적 중량 및 공기량 시험방법(중량방법)
KS F 2502 골재의 체가름 시험방법
KS F 2560 콘크리트용 화학 혼화재
KS F 4571 콘크리트용 전기로 산화 슬래그 골재
KS F 4910 건축용 실링재
KS F 6516 합성고무 SBR 라텍스의 시험방법

1.3 시공계획서

1.3.1 시공계획서 제출

본 공사에 대한 시공계획서를 제출하여 감독원의 확인을 받은 후 공사를 착수하여야 한다.

1.3.2 작성방법

시공계획서에는 아래 사항을 포함하여 작성하여야 한다.

(1) 공사개요
(2) 세부공정표(자재, 인력 및 장비계획을 포함한다)
(3) 공종별 공정계획
(4) 품질관리 계획 : 품질관리조직, 관리목표 및 실시방법, 목표미달 시 조치방안 등
(5) 안전관리계획 및 환경관리계획
(6) 타 공사 및 타 공종과의 협의 및 조정이 필요한 사항
(7) 설계도서의 조정 및 변경이 필요한 사항
(8) 기타사항

2. 재료

2.1 품질기준

2.1.1 시멘트

SMAT-CON에 사용되는 시멘트는 Latex와 혼합하여 물리, 화학적 성질이 변하지 않는 것으로 입증된 라텍스 개질 콘크리트용 VES시멘트이어야 하며, 표 2-1의 품질기준을 만족하여야 한다. 시멘트는 최근 1년 이내에 생산되고 덩어리가 없는 것이어야 한다.

표 2-1. VES시멘트의 품질기준

구 분	시험 방법	기 준	
분말도 (㎠/g)	KS L 5106	5,000 ~ 6,000	
응결시간 (분)	KS L 5103	초 결	25분 이상
		종 결	60분 이하
압축강도 MPa(kgf/㎠)	KS L 5105	3 시간	25(250) 이상
		1 일	30(300) 이상
		28 일	45(450) 이상

2.1.2 물

SMAT-CON 혼합에 사용하는 물은 깨끗하여야 하며, 기름, 염분, 산, 알칼리, 당분 등의 품질에 영향을 주는 유해물이 있어서는 안된다.

2.1.3 잔골재

SMAT-CON용 잔골재는 KS F 4571에 적합한 콘크리트용 전기로 산화 슬래그 잔골재이어야 한다.

2.1.4 굵은 골재

SMAT-CON용 굵은 골재는 전문시방서 토목편 13-3-1의 2.2에 적합한 깨끗하고 견실한 쇄석 또는 자갈이어야 한다. 최대골재치수는 포설두께의 1/2이하이어야 한다.

2.1.5 라텍스(Latex)

SMAT-CON에 사용되는 라텍스는 고형분 함유량, 입도 분포, 제조공정 등에 따라 품질의 변화가 심하므로 표준화된 제조공정을 갖춘 공장 제품을 사용하여야 한다. 안정화제는 공장에서 첨가되어야 한다. 라텍스는 우유 빛을 가지며, 독성 및 인화성이 없어야 하고, 표 2-2의 품질기준을 만족하여야 한다.

표 2-2 SMAT-CON용 라텍스 품질기준

구 분	시험 방법	기 준
고형분 함유량(%)	KS M 6516	46~49
pH	KS M 6516	8.5~12.0
응고량(%)	KS M 6516	0.1이하
점도(mPa·s)	KS M 6516	100 이하 (최초 승인값의 ±20)
표면장력(dyn/cm)	KS M 6516	50이하 (최초 승인값의 ±5)
평균입자 크기(Å)	KS A ISO 13320-1	1,400 ~ 2,500 (최초 승인값의 ±300)

2.1.6 지연제

지연제는 가사시간을 연장하기 위해서 사용할 수 있다. 지연제는 물과 함께 용액으로 용해되어야 한다. 라텍스를 포함하지 않은 배합 탱크로 넣어 배합에 분산되어야 한다.

1) 2.1.7 줄눈재료

SMAT-CON을 이용한 도로포장 보수· 재포장의 경우 기존 줄눈과 일치되는 줄눈을 새롭게 설치하여야 하며 줄눈재료의 품질은 다음사항을 준수하여야 한다.

(1) 콘크리트포장용 주입줄눈재에는 상온시공식, 특수성형시공식이 있으며, 이에 대한 선정은 설계서에 따른다. 단 별도의 명시가 없는 경우에는 상온 시공식을 사용하는 것으로 한다.

(2) 주입줄눈재는 콘크리트 슬래브의 팽창수축에 순응하고, 콘크리트와 잘 부착하며, 물에 녹지 않고 방수성이며, 고온시에 유출되지 않고 저온시에도 충격에 잘 견디며, 토사 등의 침입을 막고 또한 내구적인 것으로서 감독자가 승인한 것을 사용해야 한다.

(3) 주입줄눈재용 프라이머는 주입줄눈재에 적합한 품질의 것을 사용해야 한다.

(4) 주입줄눈재의 품질기준은 표 2-3에 적합한 것을 사용하여야 한다.

(5) 줄눈 시공시 백업재는 줄눈 폭 보다 직경이 20~50% 더 큰 폴리에틸렌 폼막대를 사용한다.

표 2-3 실리콘 실란트 품질기준(ASTM D 5893)

시험항목	시험방법	실리콘 종류	
		Non-Sag	Self-Leveling
유동성	ASTM D 2202	≤7.6 mm 슬럼프	이상 없을 것
성형율(mL/min)	ASTM C 1183	≥50	≥50
볼 점착성(h)	ASTM C 679	≤5	≤5
접착성 (-29℃, 100% ext., immersed, non-immersed, oven-aged)	ASTM D 5893	이상없을 것	이상없을 것
경도(-29℃, Type A2)	ASTM C 661	≤25	≤25
경도(23℃, Type A2)	ASTM C 661	≥30	≥30
흐름성	ASTM D 5893	No flow	No flow
최대 신장율, %	ASTM D 412(C)	≥600	≥600
인장력 150%, 23℃, kPa	ASTM D 412(C)	≤310	≤310
촉진내후성, 500시간	ASTM C 793	이상없을 것	이상없을 것
복원력, %	ASTM D 5893	≥75	≥75

2.1.8 양생재료

고속도로공사 전문시방서(토목편) 13-8-1절에 따른다.

2.2 재료의 시험 및 승인

2.2.1 시멘트

고속도로공사 전문시방서(토목편) 13-1에 따른다.

2.2.2 골재

굵은골재는 고속도로공사 전문시방서(토목편) 13-3-1, 콘크리트용 전기로 산화 슬래그 잔골재는 KS F 4571에 따른다.

2.2.3 라텍스

시공자는 라텍스가 표 2-2의 기준을 만족하도록 제조되었음을 확인하는 제조자의증명서를 제출하여야 한다. 증명서에는 라텍스 제조일자, 배치 또는 로트 번호, 양, 제조자 이름, 제조공장의 주소 등이 표시되어 있어야 한다. 라텍스는 공사에 사용하기 15일전에 시료 및 시험성과표를 감독원에게 제출하여 승인을 받아야 한다.

2.2.4 물

물은 기름, 산, 유기불순물, 혼탁물 등 콘크리트나 강재에 나쁜 영향을 미치는 유

해물질을 함유하거나 바닷물을 사용할 수 없으며, 수질이 의심스러울 경우에는 감독원의 승인을 받아야 한다.

2.2.5 피막양생제

시공자는 피막양생제의 시험성과를 공사에 사용하기 15일전에 감독원에게 제출하여 승인을 받아야 한다.

2.2.6 줄눈재료

시공자는 줄눈주입재의 시료 및 시험성과를 공사에 사용하기 15일전에 감독원에게 제출하여 승인을 받아야 한다.

2.3 재료의 저장

2.3.1 시멘트

SMAT-CON용 시멘트는 분말도가 높고, 외기 습도에 영향을 받기 쉬우므로 방습구조로 된 밀폐된 포장으로 저장되어 있어야 하고, 현장에서 30일 이상 저장되어서는 안된다. 저장방법은 고속도로공사 전문시방서(토목편) 13-1절 2.2에 따른다.

2.3.2 골재

고속도로공사 전문시방서(토목편) 13-3-1절 2.3에 따른다.

2.3.3 라텍스

라텍스는 직사광선, 대기온도, 저장기간, 공기유입 등에 따라 품질변화가 심한 재 료이므로 저장 시 다음사항을 준수하여야 한다.

(1) 저장 용기의 재질은 스텐레스 스틸(Stainless Steel) 또는 유리섬유보강 폴리에스테르(Glass Fiber-reinforced Polyester)여야 한다.

(2) 라텍스는 결빙되어서는 안 되며, 저장온도는 0℃ ~ 29℃ 범위이내이어야 한다.

(3) 장기 저장시 굳어짐 현상(Creaming), 층리현상, pH 저하 등이 생길 수 있으므로 6개월 이상 저장해서는 안된다.

(4) 저장 용기의 뚜껑은 항상 닫혀 있어야 하고, 라텍스 사용시 공기가 유입되지 않도록 주의하여야 한다.

(5) 장기간 직사광선에 노출되어서는 안되고 비, 스팀 등으로부터 보호·저장되어야 한다.

(6) 라텍스는 환경오염에 영향을 줄 수 있으므로 누수 되거나 하수구, 지표면 등에 유입시켜서는 안되고 폐 드럼은 제조회사에 반품하거나 승인된 위탁처리 업자에 위탁처리 해야 한다.

2.3.4 피막양생제

피막양생제는 동절기에 동결하지 않도록 창고 안에 보관하여야 하며, 이를 사용할

때에는 양생시험을 실시하여 변질여부를 확인한 후 사용하여야 한다.

2) 2.3.5 줄눈재료

줄눈주입재는 창고 안에 보관하거나 적당한 덮개로 덮어서 보관해야 하며, 줄눈주입재가 변질되지 않도록 저장해야 한다.

3. 시 공

3.1 시공장비

3.1.1 시공일반

시공조건에 맞는 장비 선정은 SMAT-CON에 의한 교량 바닥판의 보수·보강 공사 및 도로포장 보수·재포장의 품질 및 작업효율에 중요한 영향을 미치므로 시공자는 공사에 사용할 모든 장비의 기종, 기능, 기계상태, 배치계획 등을 기재한 장비 사용계획서를 제출하여 감독원의 승인을 받아야 하며, 공사현장에 반입하여 사용 전에 감독원의 확인을 받아야 한다.

3.1.2 바닥판 상면 절삭 및 처리 장비

(1) 절단장비

절단장비는 규정된 깊이까지 콘크리트를 자를 수 있는 장비이어야 한다.

(2) 상온절삭기

상온절삭기는 콘크리트의 표면을 지정된 깊이까지 절삭할 수 있는 장비이어야 하며, 장비의 가동으로 생기는 이물질 또는 먼지 등을 수집하거나 처분할 수 있어야 하며, 작업의 능률 및 환경차원에서 효율적인 장비이어야 한다.

(3) 핸드 브레이커 장비

핸드 브레이커로는 무게가 20kg 이하의 잭 햄머가 허용되며, 바닥판의 표면으로부터 45° 이상의 각도로 사용하지 않아야 한다.

(4) 워터제트(Hydro-demolition)

워터제트는 철근이나 건전한 기존 콘크리트에 손상을 주지 않으며 철근아래 손상된 콘크리트를 제거할 목적으로 사용하는 장비로서 펌프압력은 1,000bar 이상이어야 하고 절삭표면의 요철이 적고, 작업능률이 일정량 이상인 장비이어야 하며, 절삭물이 비산되지 않도록 비산방지 망을 설치하여야 한다. 현장에 적용하기 전에 절삭 폭, 절삭 표면상태, 작업능률 등에 대한 장비의 적정성을 검사하여야 한다.

(5) 진공흡입장비

진공흡입장비는 워터제트에 의해 분쇄된 미세물질 및 워터제트에 사용된 물을 흡입 청소하는 장비로서 철근아래 깊은 곳까지 절삭 이물질을 흡입할 수

있는 흡입력을 가진 장비이어야 하고, 적재용량은 6㎥ 이상이여야 하며, 흡입호스가 장착되어 있는 장비이어야 한다.

(5) 진공흡입장비가 결합된 워터블라스팅장비(Vacuum and Water Blasting)

VnW System장비는 진공흡입장비와 워터블라스팅이 일체화된 장비로 상온절삭기 및 기타 파쇄장비에 의해 분쇄된 미세물질 및 부착력 저해 물질을 고압의 물을 살수함과 동시에 흡입 청소하는 장비로서 절삭 이물질을 흡입할 수 있는 흡입력을 가진 장비이어야 하고, 적재용량은 6㎥ 이상이여야 하며, 펌프압력은 420bar이상이어야 한다.

3.1.3 SMAT-CON 생산 장비

SMAT-CON는 경화속도가 매우 빠르므로 현장에서 콘크리트를 생산하여야 하며, 생산 장비는 각 재료를 정량으로 혼합할 수 있는 장비이고, 생산과 포설이 연속적으로 이루질 수 있는 생산능력을 가져야 한다. 생산하기 전에 감독원 입회하에 검·교정을 하여야 하며, 재료의 계량오차는 표 3-1의 범위 이내이어야 한다.

표 3-1 재료의 계량 허용 오차

재료의 종류	허용오차(%)	비고
시멘트	-1, +2	
물	-2, +1	
라텍스	±2	
골재	±3	
혼화제	±3	

(1) 이동식 콘크리트 믹서(Mobile Mixer)

① 원재료를 분리 적재하여 포설위치까지 이동하여 재료의 재공급 없이 시간당 7.0㎥이상의 SMAT-CON을 생산과 동시에 포설할 수 있는 장비이어야 한다.

② 배합수, 골재, 라텍스, 혼화제 등을 일정하게 투입할 수 있고, 배합 량을 조 절할 수 있는 정밀한 조절밸브가 장착되어 있어야 한다.

③ 포장될 교면의 전폭을 적실 수 있는 살수 장치가 설치되어 있어야 한다.

(2) 현장용 믹서

현장용 믹서는 시공면적이 적은 공사에 사용되는 생산 장비로서 다음의 구비조건을 갖추고 있어야 한다.

① 믹서의 용량은 0.3㎥/batch 이상이어야 하고, 90초 이내에 충분한 혼합이 될 수 있도록 교반기 날개가 배치되어 있고, 믹서의 회전속도는 70 rpm 를 유지하여야 한다.

② 장비 자체적으로 혼합, 배출이 가능하여야 한다.

③ 원재료의 투입이 용이하도록 투입구가 충분히 커야하고, 신속한 배출이 될 수 있도록 배출구가 크고 개폐에 따른 혼합물의 누출이 없어야 한다.

3.1.4 마무리 장비

SMAT-CON 마무리면이 소요의 다짐도와 평탄성 등을 만족시킬 수 있는 장비로서 아래의 조건을 만족시킬 수 있어야 한다.

(1) 마무리 장비는 자체 동력으로 전·후방 이동이 가능하여야 한다.

(2) 배면에서의 콘크리트 표면 마무리가 고르게 퍼지도록 스크리드(Screed) 전면을 위로 올릴 수 있어야 한다.

(3) 마무리 장비는 오거(Auger), 롤러(2개 이상), 1,500~5,000 RPM의 진동 장치가 장착되어 있어야 한다.

(4) 기온이 높고, 바람불고, 건조한 기후에는 가사시간이 10분정도로 짧아질 수 있 기 때문에, 타설과 마무리 장비는 콘크리트 타설과 최종 마무리 사이의 시간이 10분 이상이 되지 않도록 계획되어야 한다.

3.1.5 마무리장비 레일(Rail)

(1) 레일은 마무리장비의 중량을 충분히 지지할 수 있고 이동 중 변형이 생기지 않는 재질 및 단면을 가져야 한다.

(2) 레일은 마무리면이 계획고에 일치될 수 있도록 설치되어져야 한다.

(3) 레일 받침대는 좌우·상하 움직임이 없도록 고정시켜야 한다.

(4) 레일 이음부 간격은 2m 이상이어야 한다.

(5) 레일 받침대의 간격은 1m 이내로 하여야 한다. 다만, 레일 이음부 전·후에는 40cm 이내로 하여야 한다.

3.2 바닥판 콘크리트 절삭

3.2.1 절삭방법

SMAT-CON에 의한 재포장시에는 적정한 양생시간의 확보와 교통차단시간을 최소화하기 위해서는 절삭 및 표면처리가 빠른 시간 내에 이루어질 수 있도록 절삭방법을 선정하는 것이 매우 중요하다. 콘크리트 교량 바닥판의 상부면은 절삭장비(상온 절삭기 또는 워터제트)를 사용하여 설계도서에 규정된 깊이까지 완전히 제거하여야 한다. 절삭장비를 적용하여 제거하기 어려운 부분은 핸드 브레이커를 사용할 수 있다.

3.2.2 철근 상부 콘크리트 절삭

철근 상부의 콘크리트 절삭은 현장조건 및 절삭능률을 감안하여 상온절삭기, 워터제트, VnW차량, 핸드 브레이커 등의 장비를 사용하여 절삭할 수 있다. 만약 상온절삭기를 사용하는 도중에 상부철근이 노출되거나 걸려나오는 경우에는 즉

시 절삭을 멈추고, 워터제트에 의한 방법으로 절삭을 실시하여야 한다. 상온 절삭기 또는 핸드 브레이커에 의한 방법으로 절삭할 경우, 남아있는 표면부 손상 콘크리트를 포함하여 표면의 약한 콘크리트를 제거하기 위해서 워터제트 등에 의한 표면처리를 실시하여야 한다.

3.2.3 철근 하부 콘크리트 절삭

바닥판 콘크리트의 열화가 철근아래까지 진전되어 있을 경우에는 워터제트에 의한 절삭방법으로 열화 된 콘크리트를 완전하게 제거하여야 한다. 이때 워터제트에 의한 절삭 깊이는 최소 10㎜ 이상이여야 한다.

3.2.4 절삭 폐기물 처리

상온절삭기와 워터제트에 의해 절삭한 폐기물은 미니로더로 집적하여 덤프트럭에 실어 지정된 폐기물 처리장소에서 처리하고, 미니로더로 제거되지 않는 폐기물은 진공흡입장비 또는 VnW차량을 이용하여 흡입 제거하여야 한다.

3.2.5 최종 표면 상태 확인

절삭 후 표면상태는 보수·보강효과 및 신구콘크리트의 부착력에 크게 영향을 미침으로 최종표면처리가 완료된 후에는 교면포장, 방수층, 열화 및 손상이 발생한 콘크리트 등의 양호하지 못한 모든 재료가 제거되었는지를 확인하여야 한다.

3.3 타설 전의 준비사항

3.3.1 시공 일반

절삭표면의 거칠기, 함수조건, 청소상태 등은 SMAT-CON의 부착력에 매우 크게 영향을 미치므로 타설 전의 바닥상태를 반드시 확인하여야 하며, 준비는 다음사항을 준수하여야 한다.

3.3.2 절삭면 청소

절삭작업에 의해 발생된 미분말 이물질은 절삭 표면에 흡착되어 부착을 저해할 수 있으므로 고압살수 및 진공흡입장비를 이용하여 깨끗이 청소하여야 한다.

3.3.3 습윤상태 유지

절삭표면은 타설시까지 1시간 이상 습윤상태를 유지하고 있어야 한다. 습윤상태 유지에 의해 발생된 요철 부분에 고인 물은 라텍스 분리현상이 발생 할 수 있으므로 SMAT-CON 타설전에 압축공기 등을 이용해 고인 물을 깨끗이 제거하여야 한다.

3.3.4 노출 철근 결속

기존 바닥판의 철근이 노출된 경우는 받침대로 고정시키고, 결속하여 포설중 다짐 및 장비의 이동에 의해 철근 변형이 없도록 하여야 한다.

3.3.5 마무리 장비의 시험가동

마무리 장비의 지지 레일이 설치되고 나서 SMAT-CON 를 포설하기 전에 마무

리 장비를 시험가동하여 최소 포설두께를 확보할 수 있는지 확인하여야 한다.

3.4 배합 및 생산

3.4.1 시공 일반

SMAT-CON의 휨 전단성능, 부착성능, 방수 및 동결융해 저항성능 등을 충분히 발휘하기 위해서는 시험을 통하여 시방배합이 결정되어야 하고, 배합은 소요 품질과 작업에 적합한 작업성과 마무리성을 갖는 범위 내에서 이루어져야 한다.

3.4.2 배합

(1) 배합 기준

SMAT-CON의 배합기준은 표 3-2와 같다.

표 3-2 교량 바닥판 보수 및 교면 재포장용 SMAT-CON의 배합기준

항 목		시험 방법	단 위	기 준
압축강도	4hr	KS F 2405	MPa(kgf/㎠)	21(210) 이상
	28일			30(300) 이상
단위 라텍스량		-	단위시멘트 중량의 %	5~10
물/시멘트 비		-	-	0.3~0.4
굵은골재 최대치수		-	-	포설두께의 1/3이하
슬럼프 범위		KS F 2403	㎝	16~22
공기량 범위		KS F 2409	%	4.5±1.5

* 상기 배합조건을 만족하는 시방배합 예

** 잔골재는 콘크리트용 전기로 산화 슬래그 100%임

굵은골재 최대치수 (㎜)	슬럼프의 범위 (㎝)	공기량의 범위 (%)	물-시멘트비W/C (%)	잔골재율 S/a (%)	단 위 량(kg/㎥)				
					물 W	시멘트 C	잔골재 S	굵은골재 G	라텍스 (SB)
19	16~22	3~6	38	47	87	300	1212	1017	51

(2) 시방배합

시공자는 감독원이 승인한 콘크리트의 재료를 사용하여 감독원의 입회하에 시방배합을 실시하여야 한다.

(3) 현장배합

시공자는 SMAT-CON에 이용할 골재의 시험결과를 반영한 수정배합표를 작성하여 감독원과 협의하여 현장배합을 결정하고, 확인배합을 하여야 한다.

3.4.3 생산

(1) 믹서에 투입되는 재료의 순서는 골재, 시멘트, 물, 라텍스 순으로 연속해서 투입하여야 한다.

(2) 응결시간을 연장시키기 위해서 사용되는 지연제는 물과 함께 혼합하여 사용하여야 하며, 배합 후 또는 라텍스에 직접 첨가하여 사용해서는 안된다.

(3) 믹싱 시간(Mixing Time)은 소요의 공기량과 슬럼프를 확보할 수 있는 시간 이상이어야 한다.

(4) 믹서로부터 배출된 SMAT-CON의 구성성분과 반죽질기는 포장이 종료될 때까지 균등하여야 한다.

(5) 믹서의 용량은 표면에 라텍스 필름막(Latex Film)이 생기기 전에 마무리 작업이 종료되고, 마무리 장비가 일정한 속도로 진행될 수 있어야 한다.

3.5 포설·마무리

3.5.1 브루밍(Brooming) 작업

부착력을 증진시키고 신·구 경계면의 결함을 없애기 위하여 타설 직전에 소량의 SMAT-CON를 솔 또는 적절한 도구를 이용하여 기존 바닥판 표면에 모르타르(Mortar)를 엷게 도포하는 작업으로서 다음 사항을 준수하여야 한다.

(1) SMAT-CON 타설전에 바닥판 표면은 압축공기에 의해서 깨끗이 청소되어야 하며, 포설하기 직전 1시간 동안은 표면이 습윤상태에 있도록 하여야 한다.

(2) 표면에 고여 있는 물은 타설전에 제거되어야 한다.

(3) 신·구 경계면의 수직면은 SMAT-CON가 충분히 도포될 수 있도록 고무장갑을 낀 손으로 반복하여 문질러야 하며, 경계면 상단은 기존 콘크리트 상부 표면에 5㎝ 정도 연장하여 시행하여야 한다.

(4) 브루밍한 표면은 SMAT-CON가 포설되기 전에 건조되어서는 안된다.

3.5.2 포설

(1) 브루밍한 면이 마르는 것을 방지하기 위해서 가능한한 빨리 SMAT-CON가 타설 되어야 한다.

(2) 포설 두께는 최소 설계깊이를 만족하여야 하고, 진동다짐으로 마무리하여야 한다.

(3) 모서리부, 측벽부, 신축이음부, 철근 노출부, 깊이가 변하는 부위 등과 같이 채움이 취약한 부위에는 봉 다짐을 실시하여야 한다.

(4) 예상치 못한 기상변화에 대비하여 굳지 않은 콘크리트를 보호하기 위해 사

전에 충분한 준비를 하여야 한다. 만일, 포설 중 비가 내리면 감독원은 모든 작업을 중단시키고, 이로 인해 손상된 부분은 제거하여야 한다.

3.5.3 교면 마무리

(1) 장비에 의해서 마무리가 곤란한 포설 양쪽 단부, 보수면적이 작거나 국부적인 보수 등은 흙손으로 인력 마무리하여야 한다. 이때 마무리 면을 3m 직선자로 평탄성을 점검하여 0.3㎝이상의 요철이 발생하는 즉시 수정하여야 한다.

(2) SMAT-CON 마무리 면은 소요의 평탄성과 계획고를 유지할 수 있어야 한다.

(3) 평탄 마무리가 끝나고 표면에 성형성이 유지되면 즉시 타이닝을 실시하거나, 양생 후에 쏘컷팅을 실시하여 충분한 마찰계수를 갖도록 하여야 한다. 이때, 홈의 깊이는 0.3㎝ 이상, 홈의 간격은 3 ~ 5㎝를 표준으로 한다.

(4) 특별히 마찰계수를 증진시킬 필요가 있을 경우에는 감독원의 지시에 따라 홈의 깊이 및 간격을 조정할 수 있다.

(5) 교량특성, 주변환경 등의 기타상황에 따라 타이닝이 아닌 다른 방법으로 미끄럼을 증진시키는 것이 요구되는 경우에는 감독원의 승인 하에 시행할 수 있다.

(6) 연석 및 방호벽에 인접한 30㎝의 폭에 대해서는 실시하지 않아도 된다.

3.6 양 생

3.6.1. 피막양생제

(1) 피막양생제는 유성제품을 사용하여야 하며, 사용량은 1.5ℓ/㎡(원액농도 0.105 kg/㎡) 이상으로 한다.

(2) 포설마무리 후 즉시 양생제를 살포하여야 한다.

(3) 양생제는 전면적에 고르게 살포되어야 하며, 어떠한 경우에서든 양생제가 살포 되지 않은 부분이 있어서는 안된다.

3.6.2 양생

(1) 표면마무리가 끝난 후 교통이 개방될 때까지 건조, 온도변화, 하중, 충격 등의 나쁜 영향을 받지 않도록 보호하여야 한다.

(2) 콘크리트 표면이 변형되지 않을 정도로 성형되면 즉시 깨끗하고, 고르게 물로 축인 넝마를 덮고 습윤 양생을 실시하여야 한다.

(3) 습윤 넝마를 덮은 후에 바로 불투명한(백색) 비닐로 덮고 교통개방에 필요한 강도가 발현될 때까지 양생하여야 한다

(4) 일반적으로 소요 강도는 적용온도에서 2~6시간사이에서 얻을 수 있지만, 대기온도가 13℃이상인 경우에는 최소 3시간이상 양생하는 것으로 하는 것으

로 한다. 다만, 대기온도가 13℃이하일 경우는 감독원과 협의하여 양생기간을 더 연장할 수 있다.

(5) 습윤 넝마 아래의 콘크리트 표면이 마르는 경향이 있으므로 양생하는 동안 넝마 위에 추가적인 물을 주는 것이 필요할 수 있다.

3.7 줄눈처리

3.7.1 시공 일반

교면제포장을 제외한 콘크리트 도로포장의 보수 및 재포장 시 모든 줄눈은 설계도서에 따라 콘크리트 절단기에 의해 콘크리트가 손상을 입지 않는 시기에 절단하여야 하며, 절단부위의 청소를 실시 후 프라이머를 바른 다음 주입줄눈재로 채움을 하여야 한다.

3.7.2 횡방향 줄눈

횡방향 줄눈은 기존 포장의 줄눈부, 덧씌우기 포장전 전단면 보수부위의 줄눈부 그리고 기존의 유지보수 활동에 의해 생성된 줄눈 위치에 덧씌우기 포장체를 직접 절단하여야 한다. 모든 횡방향 줄눈은 줄눈절단시 스폴링이 발생하지 않는 한 가능하면 빨리 절단하여야 한다. 절단폭은 설계도서에 따른다.

(1) 덧씌우기 두께가 10cm 이하인 경우

덧씌우기 두께가 10cm 이하인 경우 줄눈의 깊이는 덧씌우기 두께에 1.3cm 정도를 더한 깊이로 절단하여야 한다.

(2) 덧씌우기 두께가 10cm 이상인 경우 덧씌우기 두께가 10cm 이상인 경우 줄눈의 깊이는 덧씌우기 두께에 1/3 이상 깊이로 절단하여야 한다.

3.7.3 세로줄눈

세로줄눈의 절단깊이는 덧씌우기 두께의 1/2을 절단하며, 기존 포장줄눈과 일치하도록 절단하여야 한다.

3.7.4 주입줄눈재

(1) 실리콘 실란트의 품질기준 본 시방서 표 2-3과 같다.

(2) 주입줄눈재 삽입전에 일정한 폭으로 기존 줄눈부 위치와 동일한 위치에 줄눈 컷팅을 실시하며, 새로운 줄눈용 실란트 설치전에 완전하게 청소해야 한다. 모든 유해한 물질은 새 실란트 적용 전에 줄눈부로부터 제거 되어야 한다.

3.7.5 주입줄눈재 준비

(1)상온 줄눈주입재

재료 사용 전 재료오염이나 손상에 대비하여 용기통을 검사해야한다. 물, 덩어리, 분리된 혼화제나 불만족스러운 것이 포함된 어떠한 재료도 폐기 처분되어야 한다.

3.7.6 주입줄눈재 시공방법

적용 시간은 백업재 설치 및 최종 청소 실시 후 즉시 줄눈 및 균열에 충진해야 한다. 비나 다른 나쁜 상황으로 실란트 설치에 방해가 있을 때에는 작업을 중지한다. 작업 재개 시에는 줄눈을 다시 청소하고 실란트 충진 전에 건조시켜야한다.

3.8 품질관리 및 검사

3.8.1 라텍스

SMAT-CON에 사용되는 라텍스는 본 시방서 2절 2.1.5의 품질기준과 검사항목에 준하여 라텍스 100ton 반입 시 마다 1회 이상 품질시험을 실시하여야 한다.

3.8.2 SMAT-CON

SMAT-CON의 품질관리 및 검사는 표 3-3에 따르며, 품질관리 시험은 바닥판 위에 배출되는 시점에 실시되어야 한다.

표 3-3 SMAT-CON의 품질관리 및 검사 기준

항 목		시험 방법	시험빈도	단 위	기 준
압축강도	4hr	KS F 2405	50㎥당 1회 교량마다 1회 이상	MPa (kgf/㎠)	21(210) 이상
	28일				30(300) 이상
슬럼프 범위		KS F 2403	1일 1회 이상	㎝	16~22
공기량 범위		KS F 2409	1일 1회 이상	%	3~6

3.8.3 접착강도

(1) 신구 콘크리트 포장의 접착강도는 충분한 양생이 완료된 후 직접인장시험방법에 의한 실험 결과 1.4MPa(14kgf/㎠) 이상이어야 한다.

(2) 접착이 불량한 부위는 제거 후에 재타설하여야 한다.

3.8.4 평탄성

7.6m 프로파일미터를 사용하여 평탄성을 점검하여 PrI 값이 160mm/㎞ 이상의 요철이 발생된 경우는 승인된 장비를 사용하여 연마함으로써 소요의 평탄성을 유지할 수 있도록 한다.

3.8.5 균열

바닥판 50㎡에서 어느 위치에서 균열폭이 0.3㎜를 초과하는 균열의 길이가 15m 이상인 균열밀도의 경우에는, 균열부를 깨끗하게 한 후에 0.3㎜ 이상의 모든 균열 부위가 에폭시로 완전히 채워지도록 압력주입법 또는 저점도 에폭시를 이용

한 중력주입법에 의해서 채워져야 한다.

3.8.6 양생상태

양생이 불량한 부위는 제거하고 재타설하여야 한다.

3.9 시공의 제한

(1) 낮에 기온이 30℃이상으로 예상되거나, 표 3-4의 그래프를 이용하여 대기온도, 상대습도, 콘크리트 온도, 풍속 등을 고려한 수분증발량이 0.75kg/㎡/hr이상으로 예측되는 경우에는 양생대책을 세워 감독관의 승인을 득한후 SMAT-CON을 타설해해야 한다.

(2) 시공자는 기상조건을 감독에게 보고하여야 한다.

(3) 야간작업이 이루어지는 경우에는 작업장의 조명 계획을 제출하여야 한다. 계획서는 15일 이전에 감독자에게 제출하여 콘크리트 타설을 승인받도록 한다. 조명은 통행차량에 영향을 주지 않는 방향으로 설치되어야 한다.

(4) 타설 시점에서 SMAT-CON의 온도는 21±11℃ 범위에 있어야 한다.

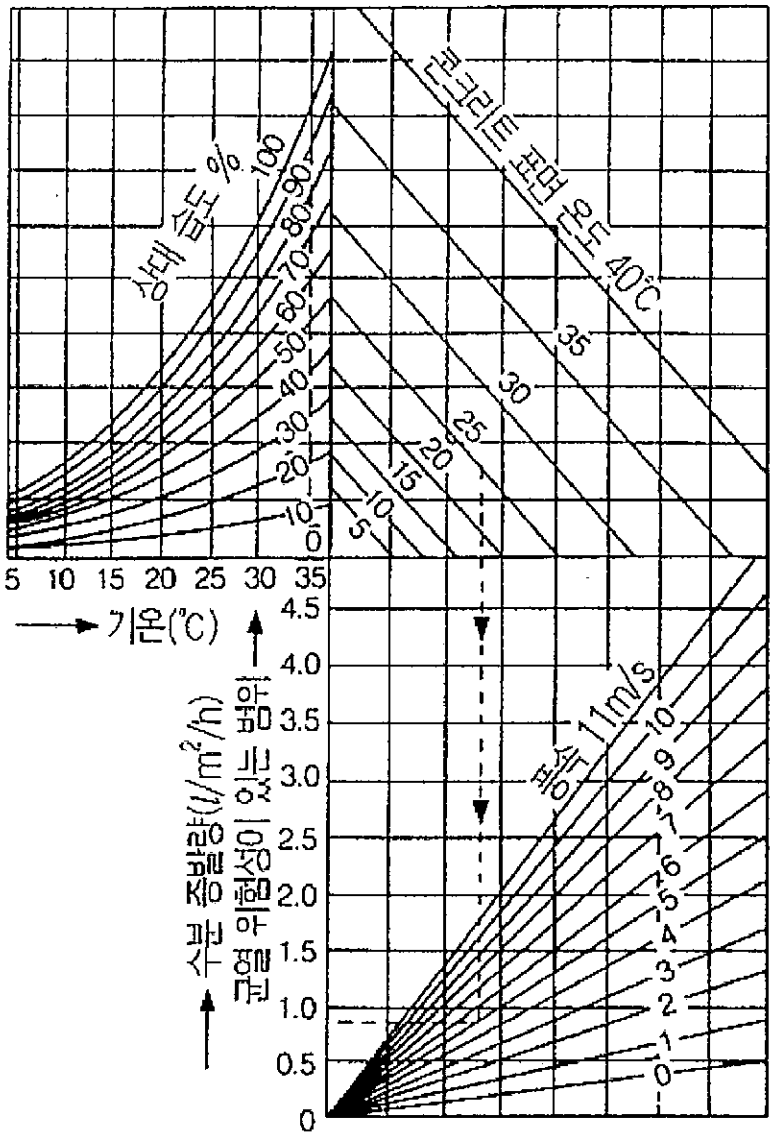
(5) 타설 현장이 직사광선에 노출된 상태로 대기온도가 30℃ 이상이거나, 그 이상으로 예상되면 SMAT-CON 교면포장 보수공사 시공계획을 변경하여야 한다.

(6) 비가 오거나, 기온이 0℃이하이거나 양생 시에 0℃이하로 내려갈 가능성이 있는 경우에는 포설하지 않아야 한다.

(7) 10분 이상 동안 타설작업이 지연되거나 플라스틱 표면 필름막이 형성될 때, 젖은 넝마를 가지고 일시적으로 재포장 작업면을 덮도록 하여야 한다. 30분 이상 포설이 중단될 경우 시공조인트(Construction Joint)를 설치하여야 한다.

(8) 교통개방 시간은 포설 마무리 후 최소 3시간 이상 양생되어야 하며, 압축강도 21MPa(210kgf/㎠) 이상 발현되어야 한다.

표 3-4 굳지 않은 콘크리트에서 발생하는 수분증발량


상대 습도 %
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
5 10 15 20 25 30 35
기온(℃)
수분 증발량(l/m²/h)
균형 있는 냉방이 유지되는 범위
4.5
4.0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0
실내 풍속 1m/s
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
실내 건구 온도 40℃
35
30
25
20
15
10
5

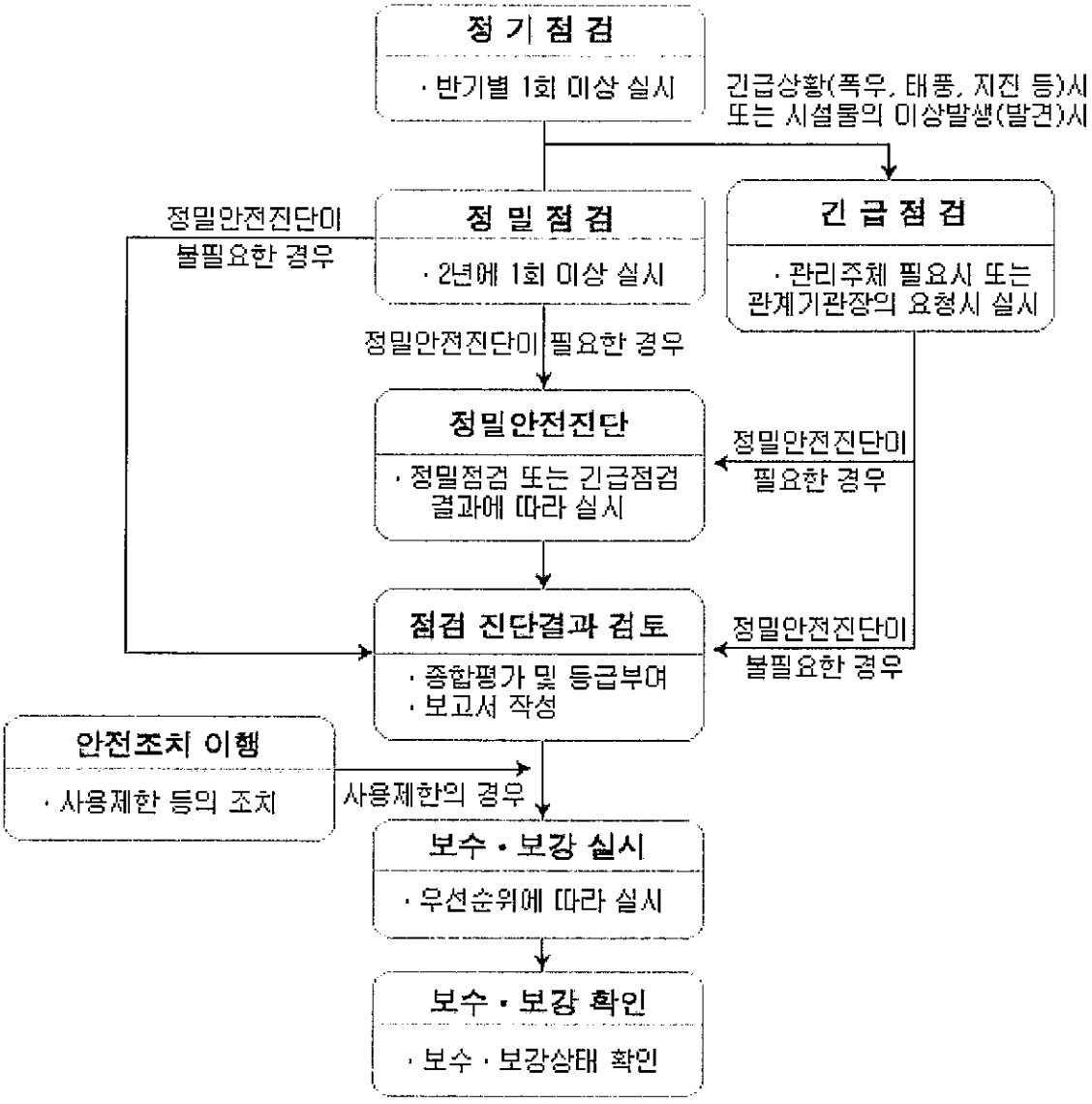
전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능콘크리트(SMAT-CON)와 이를 활용한 교량 바닥판 및 도로포장 보수 . 재포장 유지관리 지침서

2011. 8.

1. 유지관리의 목적

유지관리의 목적은 본 공법의 현장적용의 안정성을 평가하고, 공용기간에 따라 열화 및 손상 정도를 파악하여 적기에 효과적으로 보수·보강함으로써 도로의 기능을 보존시키고, 이용차량들의 편의와 안전을 도모하는데 있다.

2. 유지관리 이행 절차



3. 손상의 형태 및 처리방법

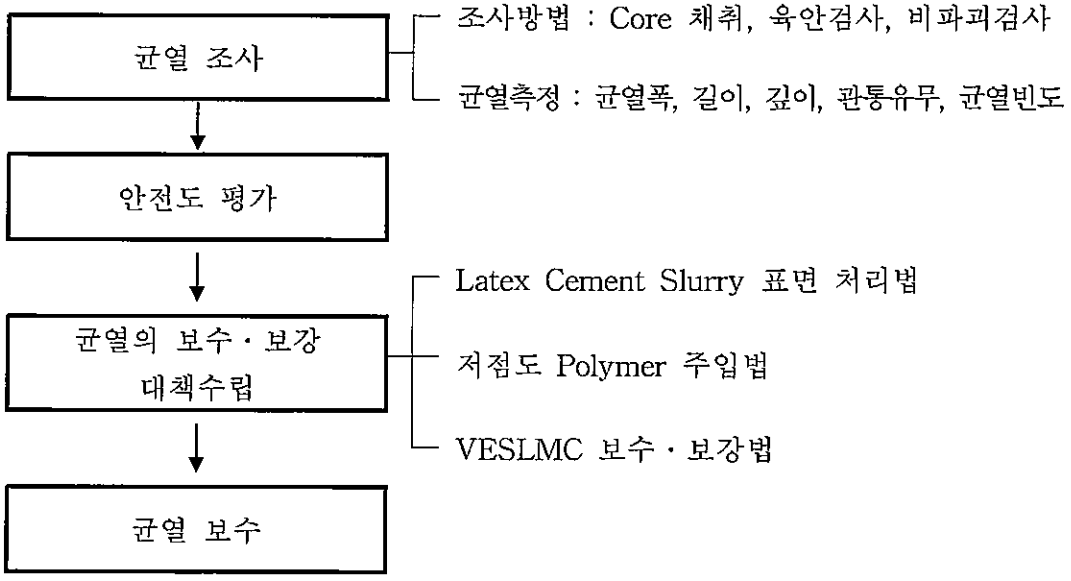
발생시기	발생 형태	처리방법
시공완료 후 즉시	평탄성 불량	승인된 장비로 표면 연마
	마무리면 불량	승인된 장비로 표면 연마
	진동 또는 온도균열 발생	초저점도 엑폭시 주입
	Plastic Shrinkage Crack 발생	Latex-Cement Slurry표면처리
중·단기간 공용 후	부착 결함 발생	SMAT-CON Patching
	시공이음 결함 발생	초저점도 엑폭시 주입
	건조수축균열 발생	초저점도 엑폭시 주입
	반사균열 발생	초저점도 엑폭시 주입
	부분적 파손 및 탈락	SMAT-CON Patching
장기간 공용 후	마모 및 표면박리 발생	Grooving 재실시
	광범위한 균열 및 파손	절삭 재포장

4. 보수 및 보강 방법

(1) 보수 및 보강방법의 종류

- Latex-Cement Slurry 표면처리 방법
- 초저점도 엑폭시 주입 방법
- **SMAT-CON Patching 및 절삭 재 보수**

(2) 보수 및 보강 절차

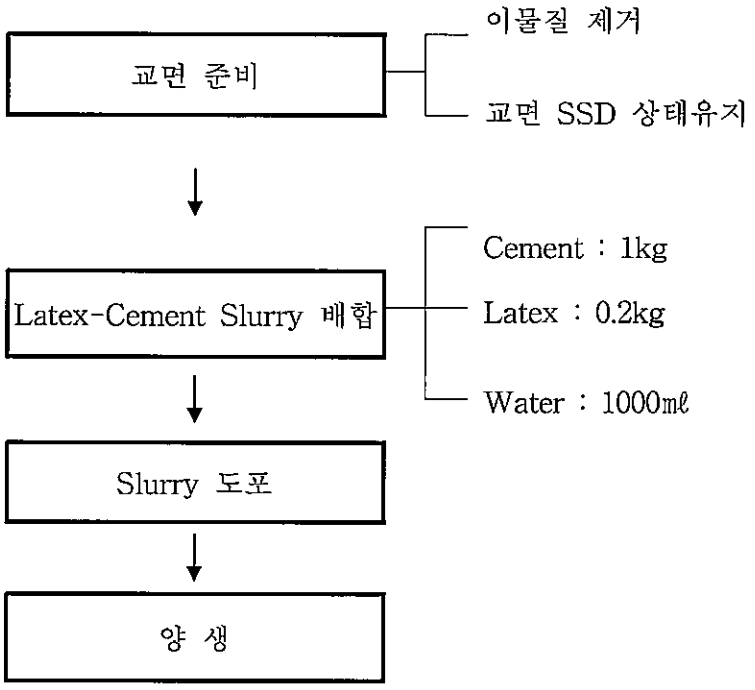


(3) Latex-Cement Slurry 표면 처리

■ 적용대상

Tearing Crack 또는 Plastic Shrinkage Crack과 같이 Grooving깊이 보다 얕고, 균열분포가 분산되어 있는 표면균열에 적용

■ 보수 절차 및 방법



(4) 초저점도 엑폭시 주입

■ 적용범위

온도균열, 건조수축 균열, Cold Joint Crack 등과 같이 관통되지 않고, 균열 폭이 작으나 균열깊이가 깊은 균열 보수에 적용

■ 제품의 특징

- 점도가 매우 낮아 유관으로 관측이 불가능한 깊이까지 엑폭시 침투
- 부착강도가 높아 균열보수 효과 우수
- 0.1mm의 균열폭에도 폴리머의 자중으로 Crack 내에 침투.
- 6기간 내에 교통개방 가능

주 의

1. 이 보고서는 국토해양부에서 시행한 R&D정책·인프라사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토해양부에서 시행한 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.

본 보고서와 관련하여 문의를 원하시는 분은 아래의 문의처로 연락을 주시기 바랍니다.

▶ 문의처 : 한국건설교통기술평가원 TEL 031)381-6311

㈜ 삼우아이엠씨 TEL 02)3400-8700

R&D / 11TRPI-C057479-01

구상형 전기로 산화 슬래그를 이용한 고성능 콘크리트 포장보수공법의 사업화에 관한 연구보고서

■ 발행일 / 2012. 11. 09.

■ 발행처 / ㈜ 삼우아이엠씨

(본사) 강원도 춘천시 효자동 192-1 (우 200-948)

(서울사무소) 서울시 송파구 오금동 33-8 (우 138-855)

■ 인쇄처 / 알파카피 02-400-0457