

친환경성 폴리우레탄계 고내충격성 모르타르 및 앵커를 활용한 교량 신축이음장치의 일체화 공법 개발

2008. 12. 01.

주관연구기관 / (주)캐 어 콘

협동연구기관 / 진도화성(주)
국립한경대학교

참 여 기 업 / (주)국제이엔씨
(주)행림종합건축사사무소

건 설 교 통 부
한국건설교통기술평가원

제 출 문

건설교통부장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

본 보고서를 “친환경성 폴리우레탄계 고내충격성 모르타르 및 앵커를 활용한 교량 신축이음 장치의 일체화 공법 개발”의 최종보고서로 제출합니다.

2008 . 12 . 01 .

주관연구기관 : (주)케어콘

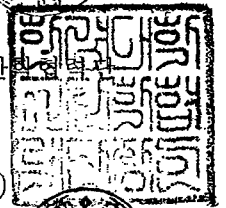
대표이사 이 진 용

협동연구기관 : 한경대학교 산학협력단

단장 박 장 우

협동연구기관 : 진도화성(주)

대표이사 김 성 길



요 약 문

I. 제 목

친환경성 폴리우레탄계 고내충격성 모르타르 및 앵커를 활용한 교량 신축이음장치의 일체화 공법 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

교량 신축이음장치의 파손 유형을 보면, 그 원인이 주로 후타재와 관련된 부재에서 많이 발생하는 것을 알 수 있다. 중차량 통과에 따른 충격과 진동하중으로 인해서 후타재의 파손이 심하게 일어나고, 신축이음장치를 후타재에 고정하기 위해서 사용하는 앵커에서 풀림 현상이 많이 발생하고 있다. 특히 신축이음장치에서 가장 많이 사용하는 핑거조인트의 나사 풀림 현상을 미연에 방지하기 위해서는 핑거조인트에 사용되는 앵커고정장치의 개선이 절대적으로 필요하다.

후타재의 파손은 모든 신축이음장치에서 발생하는 현상으로 기존에 사용하고 있는 후타재로는 신축이음장치의 종류와 관계없이 차량의 충격하중을 흡수할 수 없으므로, 차량이 교량의 신축이음장치를 통과 할 때에 가해지는 충격하중을 충분히 흡수 할 수 있는 새로운 후타재의 개발이 절실하게 필요한 상황이다.

III. 연구개발의 내용 및 범위

기존에 후타재로 사용하고 있는 무수축 모르타르, 에폭시수지모르타르는 높은 압축강도와는 달리 취성이기 때문에 약한 충격에도 파손된다. 특히 에폭시수지모르타르에서 바인더인 에폭시수지의 점도조절제로 사용하는 부틸글리시딜에테르(BGE) 또는 3급카르복시산글리시딜에테르(CGGE)가 독성이 강하여 취급자는 물론 주민들로부터 민원이 발생하는 경우가 많으며, 황변현상이 일어나고, 가격이 비싼 단점을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 연성구조와 경성구조를 한 분자 내에 가지고 있으며, 상온에서 수경화성이 있고, 에폭시수지보다 가격이 저렴하고 독성이 적은 폴리우레탄을 이용한 후타재용 모르타르를 개발하였다. 폴리우레탄은 분자 중에 우레탄 결합($-NHCOO-$)을 갖는 구조로 디이소시아네이트와 폴리올과의 반응에 의하여 제조되며, 원료의 종류, 분자량, 함량, 상혼합 정도, 가교 등의 인자로 강인성, 마모성 등의 기계적 성질을 조절할 수 있는 우수한 고분자이며, 경직한 분자쇄인 하드세그먼트(hard segment, HS)와 유연한 구조의 소프트세그먼트(soft segment, SS)로 이루어져서, 블록으로 구분된 코폴리머(segmented block copolymer)이다. 각 세그먼트(segment)는 서로 열역학적인 불친화성으로 인해서 HS는 수소 결합 등의 물리적 가교결합을 이루어 높은 용점을 갖는 하드도메인(hard domain)을 형성하고, 낮은 T_g 를 갖는 SS로 인해 고무탄

성을 발현한다. 또한 사용온도 범위가 넓고 안정한 HS가 고분자 사슬간 미끄러짐을 방지하며 엔트로피 효과에 의한 SS의 회복으로 탄성 성질을 발현한다. 따라서 HS와 SS의 조합에 의해서 폴리우레탄의 물성을 폭넓게 변화시킬 수 있으며, SS를 구성하는 부분에 에폭시수지·아크릴수지·실리콘수지 등으로 치환하여 새로운 특성을 창출할 수 있는 에폭시 변성 폴리우레탄 바인더를 새롭게 개발하였다. 본 연구에서는 새롭게 개발된 바인더에 채움재로 주로 규사를 사용하고, 내마모성이 우수하고, 흡수율이 적으면서 환경친화적인 슬래그 골재와 폐기물인 폐유리를 추가로 첨가하면서 경제적이고, 내구성이 우수한 최적의 배합비를 갖는 후타재용 CM(친환경 폴리우레탄 시멘트 바인더) 모르타르와 EC(친환경 고경도 폴리우레탄 바인더) 모르타르를 개발하였다.

또한 기존의 신축이음장치에 사용되는 앵커는 충격과 진동에 대한 저항성이 약하기 때문에 신축이음장치와 앵커가 외부에서 반복하중이 작용하는 경우에 일체화 거동을 하지 못한다. 그러나 본 연구개발에서는 신축이음장치를 교량 슬래브와 안전하게 고정하기 위해서 새로운 앵커고정 방법을 개발하고, 충격 및 진동에 강한 후타재용 CM 모르타르와 EC 모르타르를 적용함으로써, 공용중에 앵커의 풀림 현상을 제거하고, 후타재의 균열을 최소화해서 신축이음장치와 후타재가 일체화 거동을 하도록 하였다.

IV. 연구개발결과

인장강도 · 경도 · 흡수율 · 수축율에서 목표치 이상 도달하는 후타재용 바인더 수지를 개발하였으며, 특히 기존에 사용하고 있는 BASF건설화학(주)제품 후타재용 바인더보다 우수한 친환경 폴리우레탄 시멘트 바인더(CM)와 친환경 고경도 폴리우레탄 바인더(EC)를 개발하였다. 개발된 바인더에 채움재(산업부산물, 산업폐기물)로 폐유리미분말, 슬래그, 탄산칼슘 등을 사용하고, 각각 재료의 특성 및 장단점을 파악하기 위해 바인더와 골재의 비율을 달리하여 가장 우수한 물성치를 갖는 최적의 배합비 도출하였으며, 후타재로 사용시에 시공성이 우수하고, 충격 및 진동에 저항성이 높은 CM 모르타르와 EC 모르타르를 개발하였다. 그리고 신축이음장치의 앵커 풀림 현상을 제거하기위해서 개발한 앵커 고정장치에 후타재를 적용해서, 반복피로시험을 한 결과, 기존에 사용하고 있는 신축이음장치와는 다르게 공용중에 앵커의 풀림 현상 및 후타재의 균열이 발생하지 않았으며, 신축이음장치도 안정적으로 거동하였다.

V. 연구개발결과의 활용계획

후타재의 세계시장규모는 약 700억원으로 예상하고 있으며, 지속적으로 증가하고 있다. 본 연구에서 개발된 후타재는 국내의 교량에 우선적으로 적용을 할 예정이며, 추후에는 외국에도 수출을 할 계획이다. 그리고 본 연구의 개발 제품은 교량의 후타재 이외에도, 방수 및 보수재로도 사용이 가능하다. 방수(국내)제는 연간 약 1조 2000억원(전문건설협회)으로 예

상하고 이중에서 재료비는 약 20%로 1,200억 예상함 ➡ 국내 방수업체와 개발 기술 보급
➡ 생산공장 설치 ➡국내시장 약 20% 지배(약 240억 예상) ➡ 해외시장 진출 모색할 수 있
다. 방수공사 이외에도 플랜트공사용 무수축 그라우트 및 기타 토목 및 건축공사에 활용이
가능할 것으로 예상된다.

S U M M A R Y

The expansion joint is an important part of the bridge, but the failure is occurred on the non-shrinkage concrete which is connected to the slab of the bridge and the expansion joint, and the other problem is the release of anchors in expansion joint due to the impact and vibration during the driven car on the bridge, especially an overloaded car. In this study, to overcome the failure of non-shrinkage of concrete, the elastomeric mortar is developed. The elastomeric mortar shall be a polyurethane material compounded with an aggregate system to develop an excellent bond to a variety of surfaces, including concrete and steel. It has excellent flexibility characteristics, high load bearing capacity and is not prone to spalling or cracking. The development of elastomeric mortar has been finished with respect to mechanical properties, and also to verify the durability of it, many experimental work has be done. To prevent the release of anchors in the expansion joint, the special anchor has been developed instead of the screwed anchor which is used on site now. The special anchor shall have a higher resistance against impact and vibration than those of the screwed anchor. It was verified with fatigue test over 2,000,000 cycles

목 차

제 1 장 서 론	1
제 2 장 국내·외 기술개발 현황	3
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	11
제 4 장 연구개발목표 달성도 및 관련분야에의 기여도	96
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	99
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	103
제 7 장 참고문헌	107

C O N T E N T S

Chapter 1 Introduction	1
Chapter 2 Technical development of domestic and foreign countries	3
Chapter 3 Contents and results of this study	11
Chapter 4 Achievement of this study and influence of areas related to the study	96
Chapter 5 Application of this study	99
Chapter 6 Information collected from abroad during the study	103
Chapter 7 References	107

제 1 장 서 론

교량 신축이음장치는 교량의 상판에서 발생하는 콘크리트의 온도변화에 의한 신축·건조수축·크리프·활화중 등에 의한 상부구조의 이동과 회전을 원활하게 수용하기 위한 장치로 교량 상판에 일정한 간격으로 설치된다. 그러나 신축이음장치는 교통량의 증가에 따른 지속적이고 반복적인 충격과 차량하중에 의해서 이음장치를 고정하는 후타재의 파손이 빈번하게 일어나고 있으며, 또한 이를 고정하기 위하여 사용되는 앵커의 풀림현상이 자주 발생하고 있기 때문에 이에 대한 내구성을 갖추어야 한다. 교량의 신축이음장치(최근 시공성이 우수한 평거조인트를 많이 사용)의 파손은 주로 후타재와 관련된 부재에서 많이 발생하며 하자 발생 원인을 제거하고 교량의 내구성을 증대시키기 위해서는 충격하중을 흡수 할 수 있는 고내충격성의 후타재 및 앵커 풀림현상을 방지 할 수 있는 장치개발이 절실하게 필요한 상황이다.

기존에 사용하고 있는 무수축 콘크리트 등과 같은 무기질계 후타재는 충격에 약한 취성재료로서 설치 후에 자주 하자가 발생하고, 내화학약품성에 대한 저항성 등 내구성이 취약하기 때문에 수시로 재 보수를 해야 하는 문제점, 특히 재 보수 시 신축이음장치 전체를 교체해야하는 문제점을 가지고 있다. 또한 최근에 후타재로서 강력하게 추천되고 있는 에폭시수지모르타르는 경화시간이 2~3일로 길어서 보수 및 시공 기간에 교통통제시간이 길게 소요되고, DGE·BGE 등과 같은 환경규제 물질을 다량 배출하는 동시에 경화제로 사용하는 아민계 물질에 의해서 냄새가 발생되므로 공사현장 주위의 주민들로부터 민원이 발생하고, 압축강도는 강하지만 탄성과 연성이 낮으므로 상부로부터 받는 충격 및 하중을 직접적으로 바닥콘크리트에 전달하여 교량 상판의 내구성을 악화시키는 요인이 되고 있다.

따라서 독일·미국 등의 선진국에서는 1980년대부터 고분자 물질을 이용하여 충격 및 진동에 강하고, 각종 산 및 알칼리 용액에 대한 저항성과 가솔린·등유·BTX 등과 같은 용제에 대한 저항성 및 동결융해에 대한 저항성이 강한 탄성콘크리트를 개발하여, 교량의 건설 및 보수는 물론 고속도로, 활주로 등과 같이 중차량의 교통량이 많은 간선도로의 보수에 적용하고 있다. 2000년대에 들어서면서 국내에서도 압축강도 향상 일변도의 콘크리트 제조기술 개발에서 탈피하여 폴리머 및

섬유를 이용한 탄성콘크리트에 대한 연구가 대학과 연구기관을 중심으로 활발하게 진행되고 있지만, 아직 실용적이면서도 친환경적인 후타재용 탄성콘크리트 제조기술을 확보하지 못하고 있는 형편이다. 반면, BASF 등과 같은 다국적 기업들은 최근 국내에서의 탄성콘크리트 수요가 급증할 것을 예상하여 2004년도부터 국내에 후타재용 탄성콘크리트(Wabo-crete)를 수입하여 한국도로공사 등을 대상으로 활발하게 영업활동을 진행하고 있으나, 공급가격이 터무니없이 높은 상태이기 때문에 범용으로 사용되지 못하고 있다.

따라서 본 연구에서는 차량이 교량 신축이음장치를 통과 할 때에 가해지는 충격 하중으로부터 하자 발생 원인을 제거하기 위해서, 기존에 사용하고 있는 에폭시수지에 비하여 탄성과 내약품성이 월등히 우수하며, 환경규제물질과 냄새를 방출하지 않고, 시공 후 24시간 이내에 차량의 통행이 가능한 후타재용 모르타르를 개발하였다. 또한 이것을 신축이음장치에 적용해서 반복피로하중을 받는 신축이음장치에서 발생하는 앵커 풀림현상을 최소화하였으며, 새로 개발된 후타재용 모르타르에 적합한 앵커 고정장치를 개발함으로써, 기존의 앵커풀림 현상을 완전히 제거하였다. 특히 전반적으로 교량 신축이음장치의 안전성이 확보되었으며, 내구성도 증진되었다.

제 2 장 국내·외 기술개발 현황

(1) 국내 관련분야에 대한 기술개발현황

국내에서 탄성콘크리트라는 개념이 도입된 것은 아래 표에서 보는 바와 같이 1998년에 지정된 건설신기술 106호[폴리머 탄성콘크리트 박층포장재(길상산업(주))]가 처음이다. 여기서 사용하는 탄성콘크리트는 페타이어 분말을 에폭시 수지 모르타르에 혼합하여 휨 강도와 자체 탄성력을 기존 에폭시 콘크리트보다 2.5~5.0배 증가시킨 것으로, 물성이 열악할 뿐만 아니라 기존의 용제형 에폭시 수지를 사용하므로 다량의 환경오염성 용제(DGE, BGE 등)를 방출하는 제품이다.

표 2.1 건설신기술 106호

지정번호	106	지정년도	1998
고시번호	1998-163	고시일자	1998-06-08
신기술명	폴리머 탄성콘크리트 박층포장재		
기술분류	도로 및 공항		
개발자	번호	법인명 (개인명)	TEL
	1	길상산업(주)	02-567-0020
			주소 서울시 서초구 양재동 266-5 신성빌딩 202호
범 위	박층 포장재 중 페타이어 분말을 혼합하여 휨 강도와 자체 탄성력을 기존 에폭시 콘크리트보다 2.5~5.0배 증가시킨 것으로 보도포장, 광장포장, 지하주차장 포장, 건물내부 포장, 자전거도로 포장, 보도육교 포장 등 용도에 따라 배합비율을 에폭시 200~250kg, 규사 1200~1275kg, 규사분 120~135kg, 중석 300~350kg, 페타이어 20~25kg, 폐유리 80~100kg 범위로 3가지 기준의 배합기준 적용		
내 용	폴리머 탄성콘크리트 박층 포장재는 강구조물 표면에 우레탄계 수지를 사용한 도막 방수로 완전 방수를 유도한 후, 방수가 완료된 표면에 에폭시계 수지를 바인더로 하는 폴리머 탄성 콘크리트로 포장하는 박층 포장재로 약 100kg/cm ² 의 높은 휨 강도와 자체 탄성력으로(기존 에폭시 콘크리트보다 2.5~5.0배 증가) 육교 및 교량의 진동에 의한 충격을 흡수하고, 단면의 최소화로 자체 중량 감소 효과 및 우수한 칼라의 표현으로 시각적인 안정성 등 공용성이 뛰어난 포장재이다.		
보호기간	1998-06-08 ~ 2003-06-07		

그 후 “대구사건설화학코리아 주식회사”는 [혼성신축이음장치(대한민국 실용신안 특허, 등록번호: 20-0403801, 출원일자: 2005년09월22일)]에서, 교량구조물 등에 설치되는 혼성신축이음장치의 구조물 이음 틈새부 양측에 타설 양생되어 구조물 측에 결합되는 탄성콘크리트를 소개하였다.

또한 “대구사건설화학코리아주식회사”는 회사명을 “바스프 건설화학 코리아 주식회사”로 변경하고 2006년04월24일 [폴리우레탄 수지 모르타르 및 그의 시공방법 (특허등록번호: 10-0655227)] 특허를 출원하고 2006년12월01일 등록하였다. 이 특허를 통하여 국내에 처음으로 폴리우레탄 수지를 이용한 탄성콘크리트가 소개되었으며, 그 독특한 특성으로서는 유동성이 우수하면서 ASTM D 695 에 따라 측정된 압축강도가 재령 5시간에서 10 MPa 이상이고, 535g의 강철구를 1 m 높이로부터 1000회 낙하시키는 방법에 의한 내충격 시험에 의해 손상되지 않음을 특징으로 제시하고, 이 제품은 교량·도로·고가다리 등의 이음매에 사용하는 연결장치 등을 고정하기 위하여 사용될 수 있다고 개시하였다.

- 2004년도 부터 교량보수용 탄성콘크리트(elastomeric concrete)로 DEGUSSA(현재 BASF Construction Materials)가 한국도로공사를 중심으로 판촉활동을 벌이고, D.S.Brown사가 아스팔트/콘크리트 활주로 및 도로용 보수재로 판촉을 시작하였다. 상기 판촉제품들은 2액형으로 수지 : 경화제 : 골재의 비가 1:2:4로 현장에서 배합하여 사용하는 제품이며, 골재는 물론 보수하고자 하는 부위가 완전히 건조된 상태에서 시공해야만 하는 번거로움이 있다.
- 2007년도에 들어서는 국내 한일P&T(주)가 일본으로부터 폴리우레탄계 수지를 수입하여, 시멘트 : 모래 : 자갈의 배합비가 1:2:4에 모르타르 배합에 수지(8%), 물(10%)를 첨가하여 [애니팔트]라는 상품명으로 아스팔트 포장도로에 자주 발생하는 편홀 보수를 중심으로 콘크리트/아스팔트를 긴급 보수재로 판촉활동을 활발하게 벌이고 있다. 상기 판촉제품은 1액형이고, 물과 혼합하여 시멘트와 같이 사용하는 제품으로 습기가 있는 부위에도 적용 가능한 동시에 압축강도: 278~360 kg/cm², 휨강도: 47~112 kg/cm², 탄성계수: 28.7~23.3 x10⁴kg/cm² 되는 제품으로 탄성콘크리트에 비하여 월등히 우수한 제품이다.

(2) 국외 관련분야에 대한 기술개발현황

프랑스 Macel Ceintrey는 1980년 10월 24일 [WABOCRETE FMV{US Patent: 4,362,430, Dec. 7, 1982}]를 개발하여 1982년 미국특허를 등록하였다. 이 발명제품은 Ureide 수지와 Epoxy 수지 그리고 골재를 사용하는 탄성콘크리트(Elastomeric concrete)로 다음과 같은 특성을 지닌 것으로 교량용 신축이음장치에 사용하기에 최적인 제품임을 일찍이 강조하였다.

표 2.2 Wabocrete용 수지와 에폭시 수지의 특성 비교

조건		Wabocrete용 수지	에폭시 수지
20℃	신장률	200% 이상	30 ~ 45 %
	인장강도	45 bars	30 ~ 45 bars
-15℃	신장률	100%	0%
	인장강도	100~150 bars	300 bars

한편, "Watson Bowman Acme"는 상기 특허를 활용하여 Wabo[®]Crete와 이를 이용한 SiliconeSeal, FlexFoam, FabroSpan, StripSeal, Membrane System (<http://www.wbacorp.com>)을 개발하여 다국적 기업인 BASF(DEGUSSA)를 이용하여 교량과 고속도로용 탄성콘크리트(Elastomeric Concrete for Bridge & Highway Application)로 세계 시장을 장악하고 있다.

여기서 제시하는 Wabocrete II의 대표적인 물성은 다음과 같다.

표 2.3 Wabo®Crete II의 물성

Item	Physical property		ASTM test method	Requirement
Binder	Tensile Strength		D 638	750 psi(5 MPa) min.
	Elongation at Break		D 638	200% min.
	Hardness (Shore D)		D 2240	30-49
	Compression Set (22 hrs @ 58°F)		D 395	50% max.
	Tear Resistance		D 624	80 lbs/in min.
	Water Absorption (by weight)		D 570	3% max.
	Heat Shrinkage		D 1299	1.6% max.
	Oven aging (@ 158°F, 72 hrs)	Tensile Strength	D 638	750 psi(5 MPa)
		Elongation		150%
Binder and Aggregate	Compressive Strength		D 695	2,200 psi(15 MPa) min.
	Resilience (@ 5% deflection)		D 695	90% min.
	Pot Life (@ 5°F)		-	10 min.
	Impact Resistance	@ 20°F (-29°C)	Specimen are cast discs with 2.5" diameter 0.375" thickness. Specimen are conditioned for four hours at last temperature. A one pound steel ball is dropped onto the center of the specimen through a plastic tube from an initial length of 5 feet. The drop height is increased by intervals ou to 7 feet or untill the specimen cracks	no cracks
		@ 32°F (0°C)		no cracks
		@ 58°F (70°C)		no cracks

또한 1960년도부터 미국의 D.S. Brown Company(www.dsbrown.com)는 폴리우레탄계 탄성콘크리트용 수지를 개발하여 “Delpatch”와 “PaveSaver” 라는 상품명으로 활주로 · 고속도로 · 교량 보수/건설용 탄성콘크리트(elastomeric concrete)를 미국을 중심으로 전 세계에 공급하고 있다.

“DELPATCH”는 다음과 같은 특성이 있다.

- 1) High-load bearing capacity - 고 하중에 대한 내구성
- 2) Outstanding anti-spalling properties - 고성능 보수성
- 3) Excellent adhesion to concrete and steel - 우수한 접착력
- 4) Impact resistance - 고도의 내 충격 저항성
- 5) Compressive strength - 고도의 압축강도와 탄성
- 6) Chemical resistance - 고도의 화학약품 저항성
- 7) Ease of installation - 용이한 작업성

표 2.4 Delpatch™ ELASTOMERIC CONCRETE의 물성

Physical property		Test method	Requirements
Tensile Strength		ASTM D 412(mod)	600 psi min.
Elongation at Break		ASTMD 412(mod)	25% min.
Hardness (Durometer Type-D)		ASTM D 2240	50 min.
Compression -deflection(5%) properties	Stress [psi]	ASTM D 695	800 min./ 1400 max.
	Resilience	ASTM D 695(mod)	95 min.
Impact, Ball Drop (@ -20°F, no cracking)		ASTM D 3029(mod)	>10ft
Fluid Immersion[wt.%] (change after 70 hrs in room temp. Jet fuel)		ASTM D 471	8% max.
Adhesion to concrete [psi]	Dry Bond	-	400 min.
	Wet Bond	-	250 min.

표 2.5 PaverSaver™ ELASTOMERIC CONCRETE의 물성

Physical property	Test method	Requirements
Gel Time [min]	Tex-614-J Testing Epoxy Materials	1 min. – 60 max.
Wet Bond Strength to concrete [psi]	Tex-618-J Testing Elastomeric Concrete	250 min.
Compressive Strength (24 hrs) [psi]	ASTM D 579 Standard Test Methods for Compressive Strength of Chemical-Resistant Mortars, Grouts, Monolithic Surfacings and Polymer Concretes, Method B	2,000 min.
Compressive Stress [psi] (@0.1 in., 7days)	Tex-618-J Testing Elastomeric Concrete	2,000 min.
Resilience [%]	Tex-618-J Testing Elastomeric Concrete	65 min.
Thermal Compatability (after 9 cycles, 1 cycle; 8 hrs @60°C, 16hrs @-21°C)	ASTM C884/C884M Standard Test Method for Thermal Compatibility Between Concrete and an Epoxy-Resin Overlay	No delaminating or cracking

최근 독일을 본거지로 한 세계적인 화학회사인 BASF (<http://www.buildingsystems.basf.com>)은 콘크리트의 높은 강도와 기계적 성질을 폴리우레탄수지의 강력한 내화학적성질 및 열적성질과 신장률을 결부시킨 폴리우레탄계 콘크리트(UCRETE)를 개발하여 “the world’s toughest floor” 이라는 표어로 전 세계 산업용(식품공장, 제약공장, 화학공장, 전자산업, 엔지니어링산업 등) 바닥재 시장을 강력하게 공략하고 있다.

UCRETE는 다음과 같은 특성이 있다.

- 1) 수성형으로 냄새가 적고 친환경적인 제품
- 2) 습한 바닥에도 시공이 가능
- 3) 빠른 경화 속도로 공사기간이 짧음
- 4) 에폭시 수지 정도의 기계적인 물성
- 5) 에폭시 수지에 비하여 월등한 내열/내열수성
- 6) 에폭시 수지에 비하여 월등한 내화학약품성
- 7) 에폭시 수지보다 월등한 내충격성

표 2.6 UCRETE® ELASTOMERIC CONCRETE의 물성

Physical property	Test method	Requirements
압축강도	BS6319: Part2	58 MPa(450 kgf/cm ²)
휨강도	ISO 178	14 MPa(100 kgf/cm ²)
동적탄성율	ASTM C597-83	19.5 GPa(180000 kgf/cm ²)
인장강도	ISO R527	6 MPa(70 kgf/cm ²)
콘크리트부착강도	BS6319: Part2	콘크리트를 물고 떨어짐
열팽창계수	ASTM C531	$2.4 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$
열전도도	BS874	1.1 W/m ² ℃
표면저항	BS2050	$3 \times 10^4 \Omega$
밀도	BS6319: Part5	2100 kgf/cm ³
표면불꽃 퍼짐성	BS476: Part7	Class 2

(3) 연구결과가 국·내외 기술개발현황에서 차지하는 위치

이와 같이 선진국에서 현재 활발하게 연구되고 있는 탄성콘크리트는 기존의 시멘트콘크리트에 강섬유·탄소섬유·유리섬유 등과 같은 각종 섬유를 보강하여 약간의 탄성을 부여하는 것이 아니면, 또한 기존의 에폭시수지(신장율: 30~35%)·아크릴수지(신장율: 30~140%) 등과 같은 강성 수지를 이용하여 콘크리트의 탄성을 신장시키는 기술의 범위를 초월하여, 신장률이 강력한 폴리우레탄계수지(신장율: 50~1000%)를 이용하는 유연한 콘크리트(flexible concrete)가 다양하게 개발되어 교량·고가도로·고속도로·활주로 등은 물론 각종 산업용 바닥재로 새롭게 활용되고 있다.

특히 최근 독일·일본 등의 선진국에서는 석유가격 상승과 지구환경오염 문제에 직면하면서 원유가 아닌 바이오원료를 활용한 친환경·무용제·고농도·수계 제품 개발이 활발하게 진행되고 있으며, 에폭시 수지의 강력한 접착력 및 기계적인 강도와 폴리우레탄 수지의 탄성 및 친환경적인 특성을 결합시킨 PU-PE 혼성수지(hybrid resin)를 개발하여 건설용은 물론 전기/전자용 수지로 다양하게 활용하고 있다.

따라서 본 연구에서는 1차적으로 국내에서 판촉활동을 벌이고 있는 “바스프건설화학 주식회사”의 탄성콘크리트를 입수하여 화학분석을 통하여 폴리우레탄계 바인더를 이용한 탄성콘크리트임을 확인 하였으며, 2차적으로는 폴리우레탄을 주원료로 사용하여 무용제 타입의 친환경 고경도 폴리우레탄 바인더(DelpatchTM 유사품)를 개발하였고, 3차적으로는 시멘트콘크리트와 폴리우레탄 수지를 이용한 친환경 폴리우레탄 시멘트 바인더(UCRETE[®] 유사품)을 개발하였다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

(1) 바인더 제조 기술 개발

1) 기존 후타제용 탄성콘크리트 분석

① 후타제용 탄성콘크리트

기존 조인트 후타제로 사용되는 탄성콘크리트의 성능과 물성을 확인하기 위하여 BASF건설화학코리아의 탄성콘크리트 시편을 입수하여 여러 가지 물성 분석 시험(FT-IR분석, XRD/XRF분석, TGA분석)을 실시하였다.

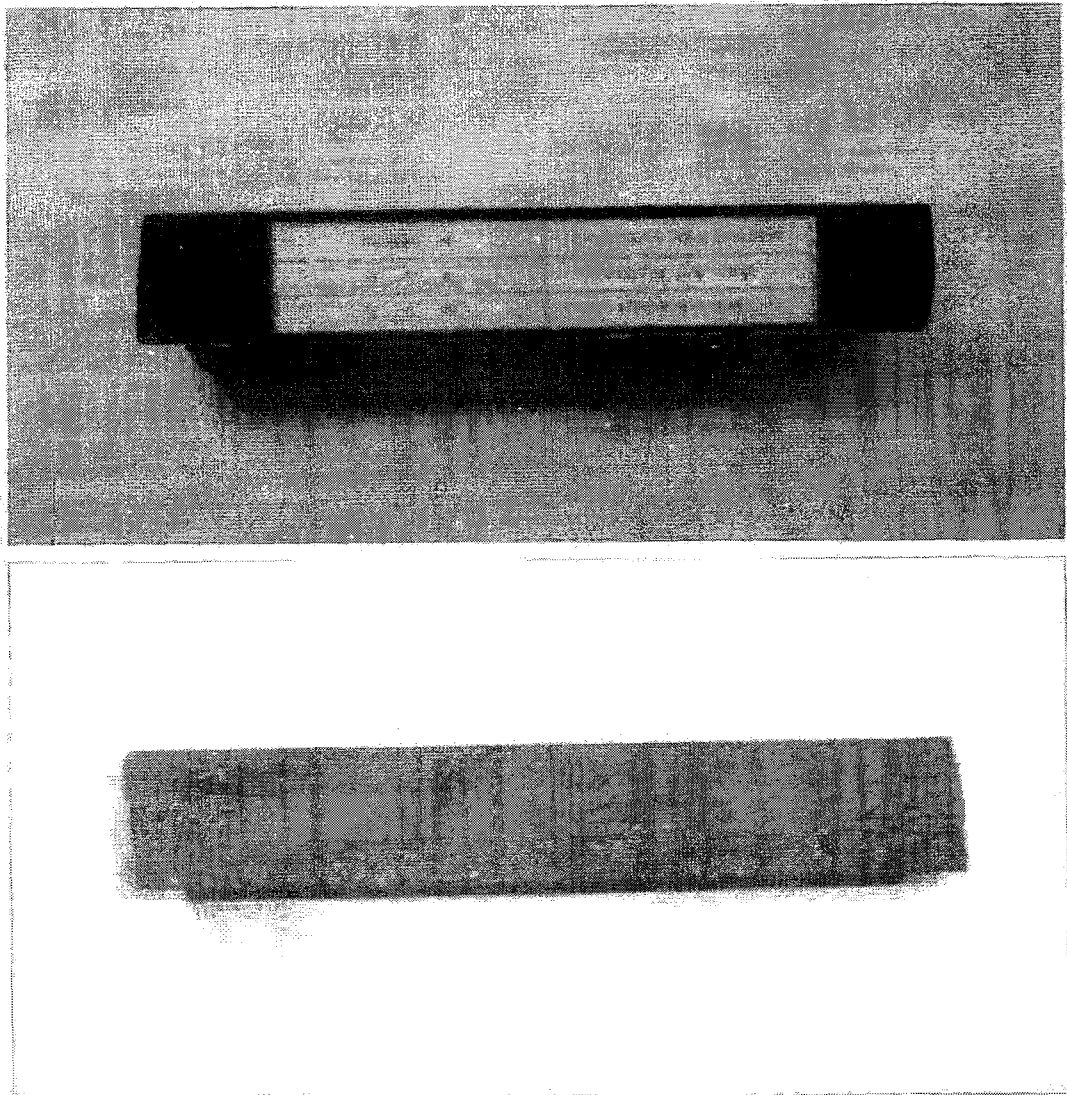


그림 3.1 기존 후타제

② FT-IR 분석

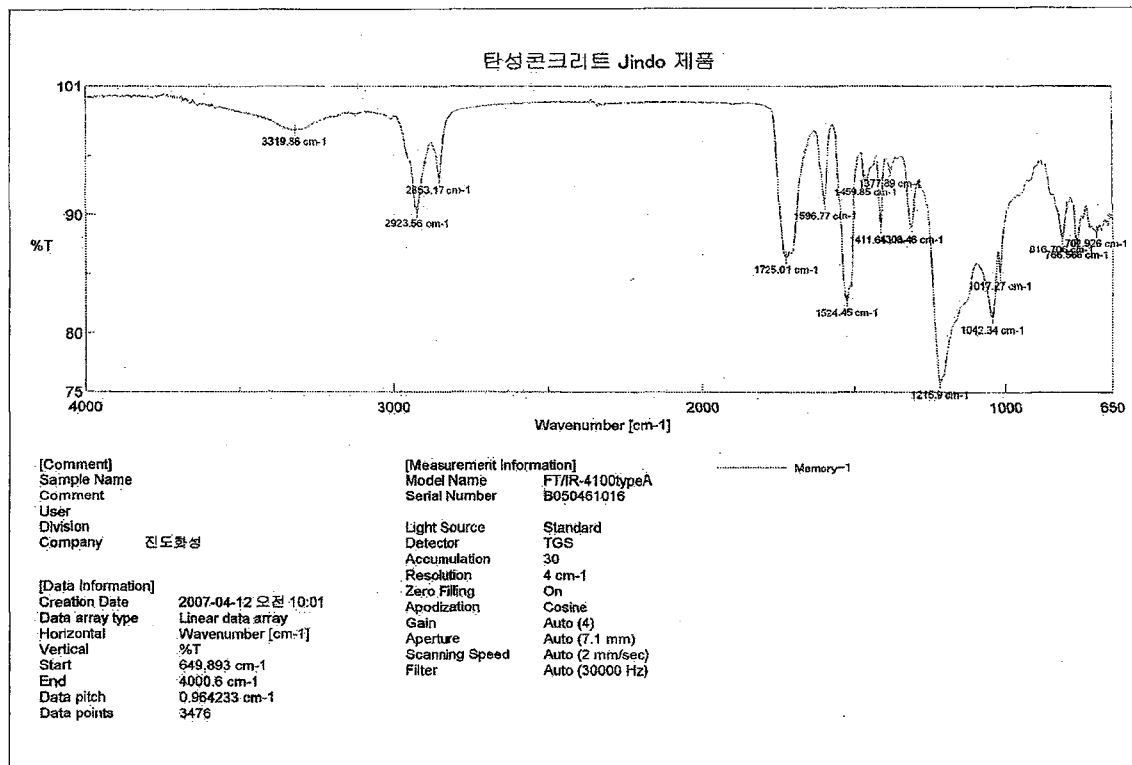
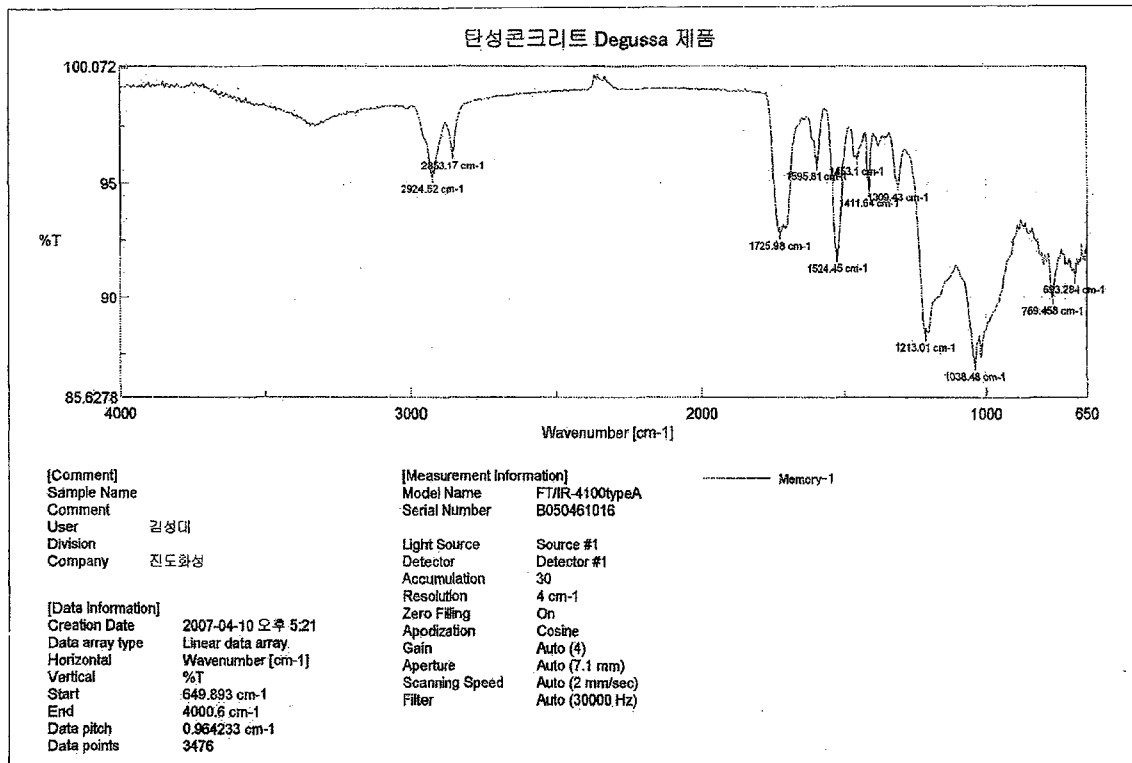


그림 3.2 기존 후타재 FT-IR 분석

③ XRD/XRF 분석

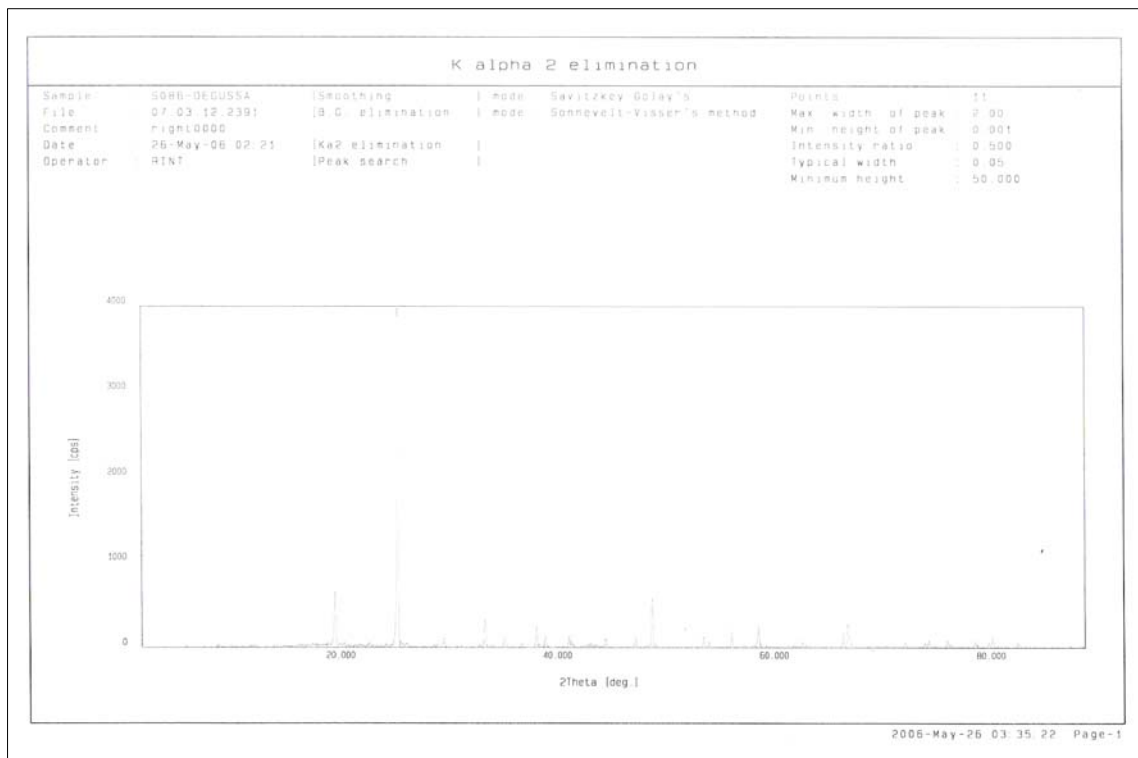
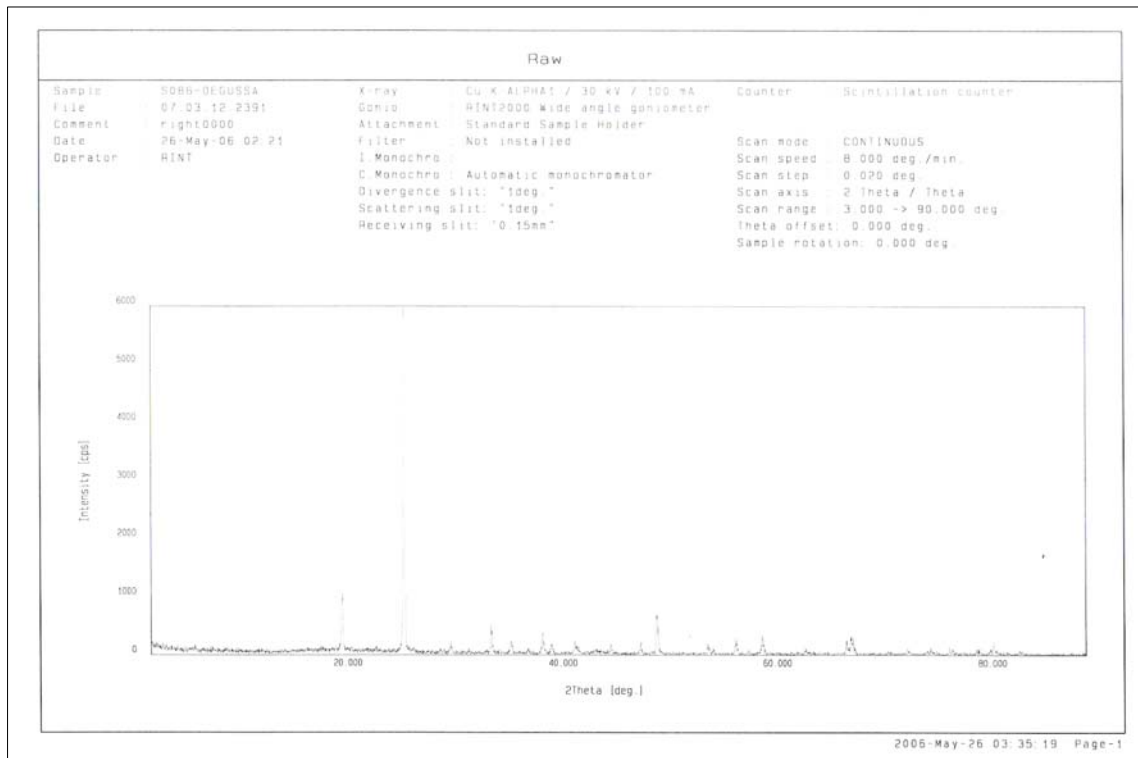
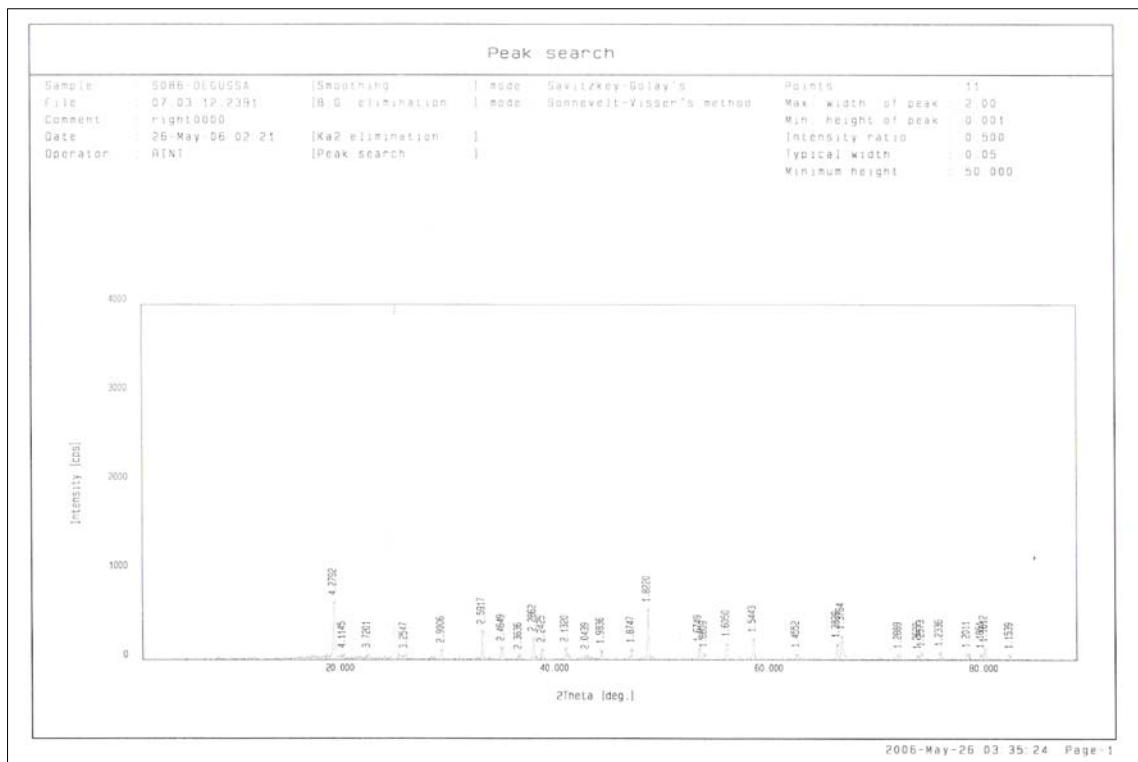


그림 3.3 기존 후타재 XRD/XRF 분석(1)



Peak search

Sample	5086-01GUS5A	File	07_03_12_2391	Comment	right0000
Date	26-May-06 02:21	Operator	RINT		

Peak No	2Theta	FWHM	d-value	Intensity	I/Io	Peak No	2Theta	FWHM	d-value	Intensity	I/Io
1	20.740	0.165	4.2792	657	17	31	83.760	0.071	1.1539	60	1
2	21.580	0.071	4.1145	61	2						
3	23.900	0.071	3.7201	65	2						
4	26.540	0.165	3.3558	3980	100						
5	27.380	0.118	3.2547	55	1						
6	30.800	0.094	2.9006	119	3						
7	34.580	0.165	2.5917	331	8						
8	36.420	0.118	2.4649	144	4						
9	38.040	0.047	2.3636	52	1						
10	39.380	0.141	2.2862	252	6						
11	40.180	*****	2.2425	128	3						
12	42.360	0.165	2.1320	133	3						
13	44.280	0.141	2.0439	51	1						
14	45.700	0.165	1.9836	110	3						
15	48.520	0.094	1.8747	122	3						
16	50.020	0.141	1.8220	579	15						
17	54.760	0.188	1.6749	138	3						
18	55.260	*****	1.6609	73	2						
19	57.360	*****	1.6050	196	5						
20	59.840	0.141	1.5443	243	6						
21	63.920	0.094	1.4552	72	2						
22	67.640	0.165	1.3839	183	5						
23	68.060	0.141	1.3764	274	7						
24	73.400	0.094	1.2889	62	2						
25	75.220	0.071	1.2622	55	1						
26	75.560	0.118	1.2573	86	2						
27	77.280	0.165	1.2336	90	2						
28	79.780	0.094	1.2011	74	2						
29	81.080	0.071	1.1851	68	2						
30	81.400	0.188	1.1812	137	3						

2006-May-26 03:35:26 Page-2

그림 3.3 기존 후타재 XRD/XRF 분석(2)

발급번호

KAS07C086

2
2

시험결과

시료명 또는 시료번호	분석시험항목 (단위 : wt% order)					
	Na	Mg	Al	Si	P	S
DEGUSSA 탄성콘크리트	$\leq 10^{-1}$	$\leq 10^{-2}$	10^0	major	10^{-3}	10^{-2}
미국실리콘	10^{-2}	10^{-2}	10^{-1}	major	$\leq 10^{-3}$	$\leq 10^{-2}$
	Cl	K	Ca	Ti	Cr	Mn
DEGUSSA 탄성콘크리트	10^{-2}	10^0	10^0	10^{-1}	$\leq 10^{-1}$	10^{-1}
미국실리콘	$< 10^{-3}$	10^{-2}	major	major	-	-
	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Rb
DEGUSSA 탄성콘크리트	major	10^{-2}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-2}	$\leq 10^{-2}$
미국실리콘	10^{-2}	$\leq 10^{-3}$	-	-	-	-
	Sr	Zr	Y			
DEGUSSA 탄성콘크리트	10^{-3}	$\leq 10^{-2}$	-			
미국실리콘	$\leq 10^{-3}$	10^{-3}	10^{-3}			

FPC07-1B (1)

Advanced Analysis Center

A4 (210 x 297)

그림 3.4 기존 후타재 XRD/XRF 시험결과

④ TGA

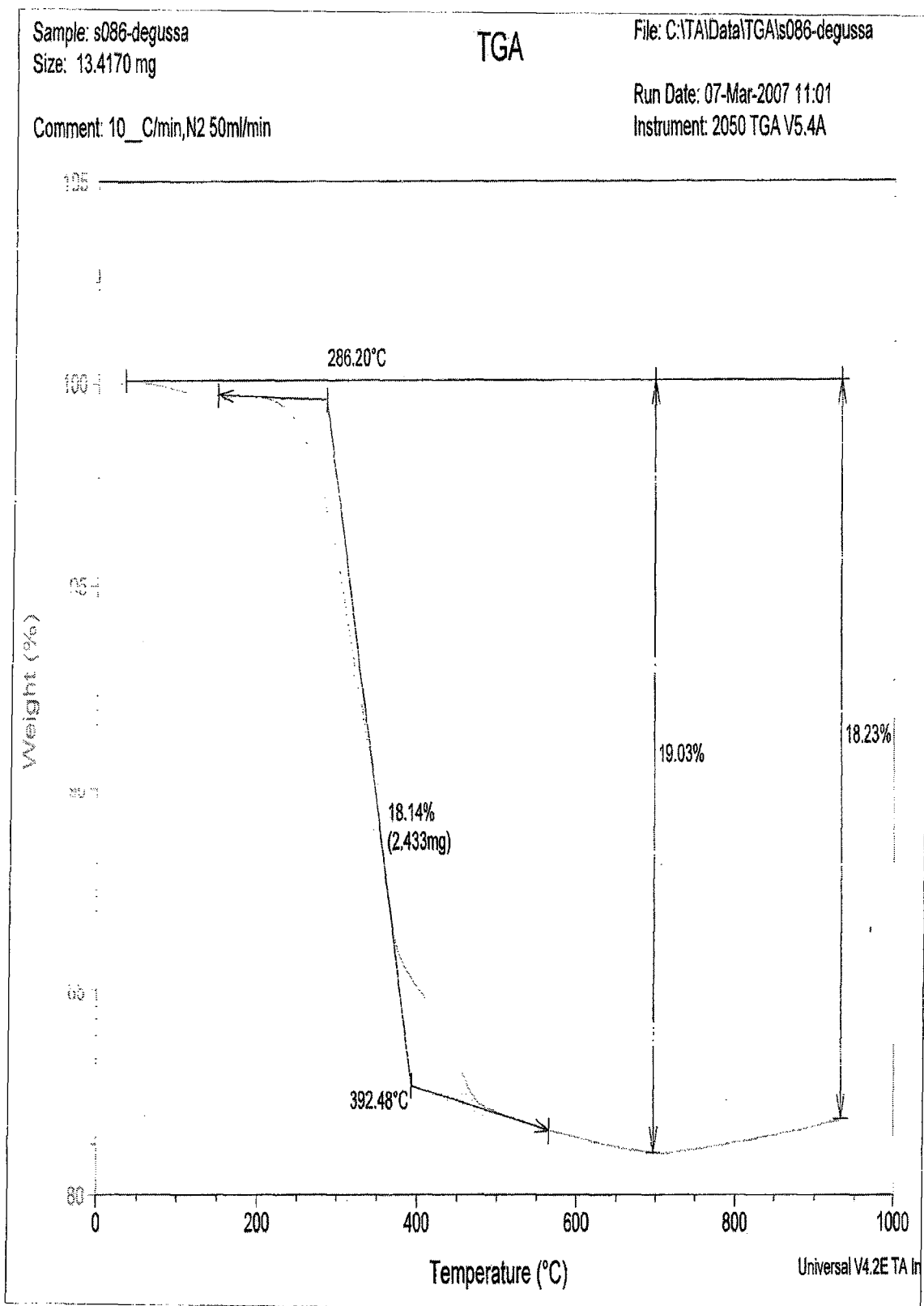


그림 3.5 기존 후타재 TGA 분석

⑤ 분석결과 고찰

BASF건설화학코리아(www.basf-cc.co.kr)로부터 교량 신축이음장치 후타재로 국내에서 시판하고 있는 탄성콘크리트 시편을 (주)국제이엔씨로부터 입수하여 기기분석한 결과는 다음과 같이 고찰되었다.

- ㉠ 후타재용 탄성콘크리트 외관이 검은색으로 카본블랙이 함유되었으며, 골재로는 시멘트 입자 정도의 미분으로부터 1mm 이하로 작은 모래까지 석탄회(bottom ash) 혹은 중유회 계통의 골재가 사용되었다. 또한 시편을 손톱으로 눌렀을 경우에 손톱자국이 생기는 것(ASTM D2240 경도 : 약 50)은, 바인더가 폴리우레탄계통인 것으로 판단된다.
- ㉡ FT-IR 분석에서 방향족계통의 전형적인 폴리우레탄 특성피크(2260~2270 Wavenumber[cm⁻¹])가 관찰되었으며, TDI 및 MDI 계통의 디이소시아네이트가 주 원료임을 알 수 있다.
- ㉢ XRF 분석결과 후타재용 탄성콘크리트 시편에 포함된 무기물로 규소(Si)와 철(Fe)이 주성분이고, 골재의 주성분은 SiO₂, Fe₂O₃·Fe₃O₄로 판단된다. 따라서 탄성콘크리트 외관이 검은색으로 나타나는 것이 Fe₃O₄에 의한 것으로도 추정된다.
- ㉣ TGA 분석 결과 286℃~390℃에서 열분해 되어 탄성콘크리트 전 중량의 14% 정도 감량이 일어나는 것은 우레탄 수지이고, 390℃~460℃에서 분해되어 약 5% 감량이 일어나는 것은 카본블랙인 것으로 판단된다.
- ㉤ 분석결과에 의하면, BASF건설화학코리아에서 시판하고 있는 후타재용 탄성콘크리트는 TDI 및 MDI 계통의 디이소시아네이트를 주 원료로 사용한 폴리우레탄이 약 15 중량%, 카본블랙이 약 5%, 골재가 80% 함유된 것으로 판단된다.

2) 에폭시변성폴리우레탄 바인더 개발

BASF건설화학코리아(구: DEGUSSA) 후타재용 탄성콘크리트 시편의 기기분석 결과, 바인더 수지의 주성분이 TDI 및 MDI 계통의 폴리우레탄계임을 감안하여, 에폭시 수지에 비하여 유연성이 좋으며, 기계적 물성이 에폭시 수지와 우레탄수지의 중간정도의 물성을 가지고, 내약품성 · 내유성 · 내산성이 우수한 친환경 폴리우레탄 시멘트계 바인더(CM) 과 친환경 고경도 폴리우레탄 바인더(EC)를 개발하였다.

① 친환경 폴리우레탄 시멘트계 바인더(CM) 개발

㉠ 개요

친환경 폴리우레탄 시멘트계 바인더(CM)는 접착성 · 균열추종성 등이 우수하면서도 인체에 유해한 6대중금속{납(Pb) · 수은(Hg) · 카드뮴(Cd) · 크롬(Cr+6) · 브롬계 난연제(PBBS · PBDES)}이 함유되지 않은 친환경 폴리우레탄 시멘트계 수지로 수분산형(W/O) 이기 때문에 콘크리트 등의 기재에 수분이 8% 이상으로 높은 상태에서 시공해도 기재와 방수층 간에 부풀음이나 핀홀(pin hole)이 발생하지 않는다. 그리고 기재와의 접착성이 우수하고 도막신도의 온도 의존성이 비교적 적으므로 증기세척 및 열수(80℃ 이상)세정 등의 고열에 노출이 계속되어도 바닥 콘크리트로부터 박리되지 않는다. 또한 수지 경화체의 구조가 아이소시아네이트 결합으로 형성된 강성구조(hard segment)와 식물성의 폴리올 결합으로 형성된 연성구조(soft segment)가 조합된 형태이므로 내후성 · 내충격성과 균열 추수성이 우수하며, 도포 시에 피장성과 접착성이 적으므로 작업성 및 표면 마무리성이 좋고, 냄새 및 VOCs가 없다.

따라서 본 제품은 교량의 신축이음장치의 후타재로 개발이 되었지만, 건축물의 방수재 · 보수재 · 포장재 · 마감재 및 아스팔트/콘크리트 도로 긴급 보수재 등으로 사용하는 경우 상술한 바와 같은 장점을 보이면서도 인체에 유해한 성분을 방출하지 않는 친환경적인 폴리우레탄 시멘트계 조성물이다.

㉔ 물성치

표 3.1 친환경 폴리우레탄 시멘트계 바인더(CM)의 전형적인 물성치

평가항목	단위	물성	평가방법
점도	cps	1000-2000	Brookfield
가사시간	min	10-35	Brookfield
경도(Shore D)	-	55-85	KS F ISO 3211
인장강도	N/mm ²	15-30	KS F ISO 3211
인열강도	N/mm	30-70	KS F ISO 3211
신장율	%	40-60	KS F ISO 3211
6대금속	함유 유/무	무	KS M ISO 3680
유기용제	함유 유/무	무(수성)	KS M ISO 3680

㉕ 내화학약품성

일반 바닥재로 널리 사용되고 있는 에폭시 수지, Floor, EC 바인더와 내화학약품성을 비교 검토했을 때, 친환경 폴리우레탄 시멘트계 바인더(CM)가 우수한 특성을 보였으며, 에폭시 수지는 산에 대하여 취약한 점이 확인되었다.

표 3.2 CM의 내화학약품성 비교

용액	내약품성			
	에폭시 수지	Floor	EC	CM
NaOH 2%	◎	◎	◎	◎
NH ₄ OH 10%	◎	◎	◎	◎
초산 5%	○	◎	○	○
황산 10%	△	◎	○	○
에탄올 95%	△	◎	◎	○
시멘트포화수	◎	◎	◎	◎
대두유	◎	◎	◎	◎
우유	◎	◎	◎	◎
윤활유	◎	◎	◎	◎

(◎: 변화없음, ○: 색깔변화, △: 색과 모양 변형, x: 표면·색·모양 변형)

* 처리조건: 상온에서 7일간 침적

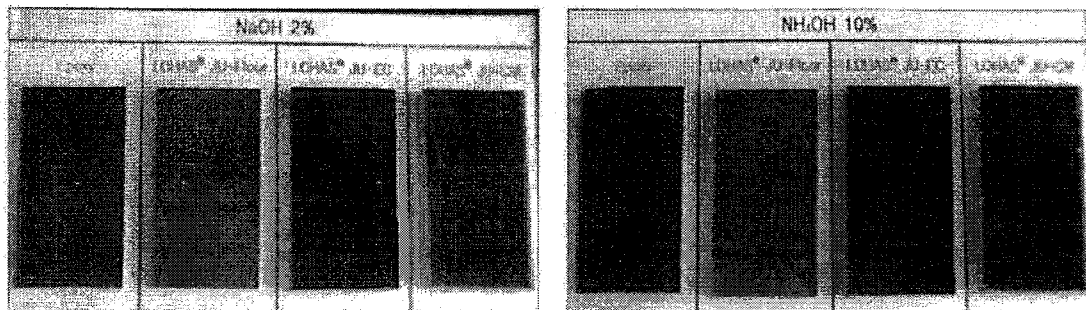


그림 3.6 CM의 NaOH, NH₄OH에서의 내약품성(표면상태)

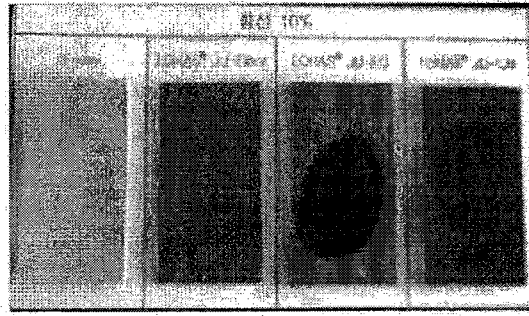
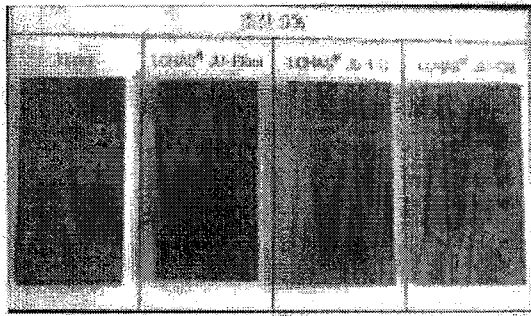


그림 3.7 CM의 Acetic Acid, Sulfuric Acid에서의 내약품성(표면상태)

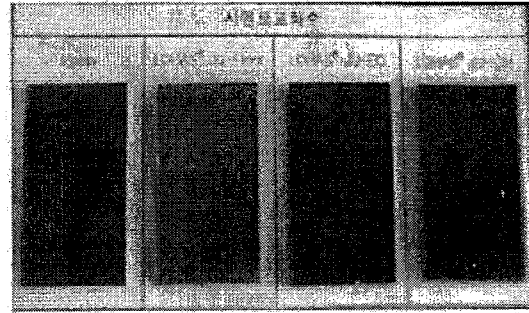
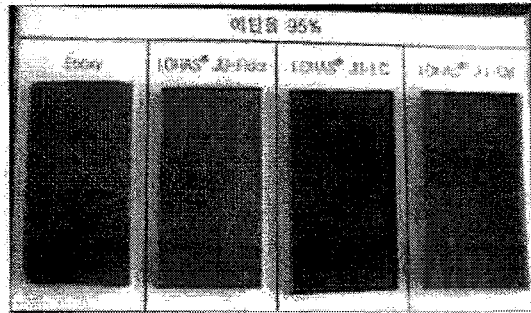


그림 3.8 CM의 Ethanol, Cement Paste에서의 내약품성(표면상태)

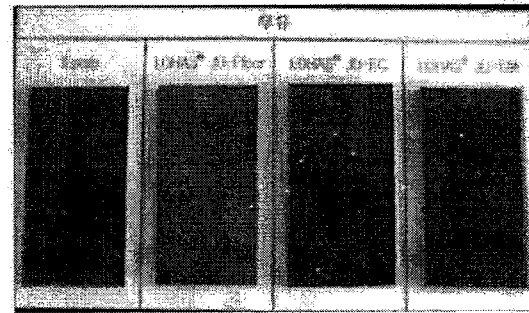
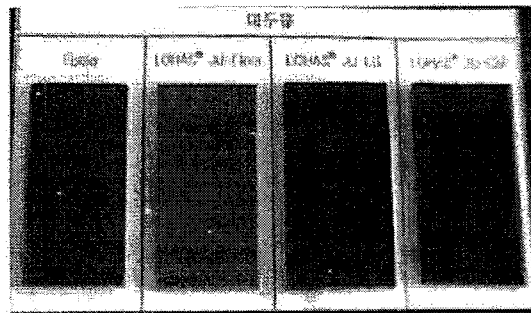


그림 3.9 CM의 대두유, 우유에서의 내약품성(표면상태)

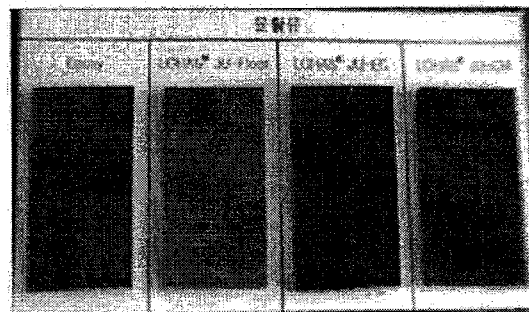


그림 3.10 CM의 윤활유에서의 내약품성(표면상태)

② 친환경 고경도 폴리우레탄 바인더(EC) 개발

㉠ 개요

친환경 고경도 폴리우레탄 바인더(EC)는 경화제로 아이소시아네이트기(R-NCO)를 2개 이상 가지는 방향족 아이소시아네이트(TDI-80, MDI 등) 또는 지방족 아이소시아네이트(HDI, H₁₂MDI 등)를 사용하여 폴리올(R-OH)과 반응시켜서 제조한 예비중합 중에서 한 가지 이상을 선택적으로 사용하고, 점감제와 가교결합제를 주제의 첨가제로 사용하며, 농산물로 얻어지는 피마자유 또는 수소화피마자유를 주제의 주성분으로 사용하는 것을 특징으로 하는 무용제형(solvent-free) 2액형 상온경화형 친환경 고경도 폴리우레탄 바인더(EC)이다.

㉡ 물성치

표 3.3 친환경 고경도 폴리우레탄 바인더(EC)의 전형적인 물성치

평가항목	단위	물성	평가방법
점도	cps	850-1800	Brookfield
가사시간	min	10-35	Brookfield
경도(Shore D)	-	45-85	KS F ISO 3211
인장강도	N/mm ²	15-30	KS F ISO 3211
인열강도	N/mm	32-65	KS F ISO 3211
신장율	%	40-70	KS F ISO 3211
6대금속	함유 유/무	무	KS M ISO 3680
유기용제	함유 유/무	무	KS M ISO 3680

㉔ 내화학약품성

일반 바닥재로 널리 사용되고 있는 에폭시 수지와 내화학약품성을 비교 검토했을 때, 친환경 고경도 폴리우레탄 바인더(EC)는 거의 모든 약품에 대하여 에폭시 수지보다 우수한 결과를 보였다. 특히, 아래 사진에서 확인할 수 있는 것과 같이 에폭시 수지는 표면의 색상 변화 및 갈라짐이 매우 심했으며, 휨·수축·팽창과 같은 변형이 매우 심하게 일어나는 것을 확인할 수 있다.

표 3.4 EC의 내화학약품성 비교

용액	내약품성		용액	내약품성	
	에폭시 수지	EC		에폭시 수지	EC
초산 10%	x	◎	초산 50%	완전용해	◎
황산 10%	△	◎	황산 50%	○	◎
염산 18%	◎	◎	염산 36%	△	◎
질산 10%	△	○	질산 50%	완전용해	완전용해
NaOH 10%	◎	◎	시멘트포화수	◎	◎
설탕물 10%	◎	◎	소금물 10%	◎	◎
경유	◎	◎	대두유	◎	◎
메탄올	△	◎	열수	◎	◎

(◎: 변화없음, ○: 색깔변화, △: 색과 모양 변형, x: 표면·색·모양 변형)

* 처리조건: 상온에서 7일간 침적

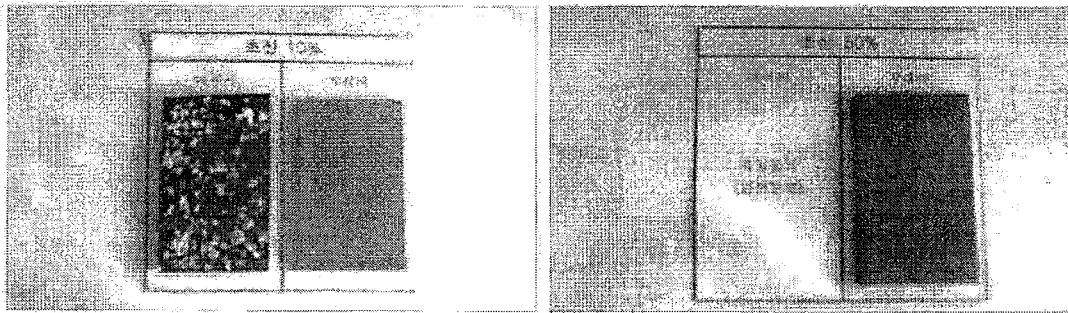


그림 3.11 EC의 Acetic Acid에서의 내약품성(표면상태)

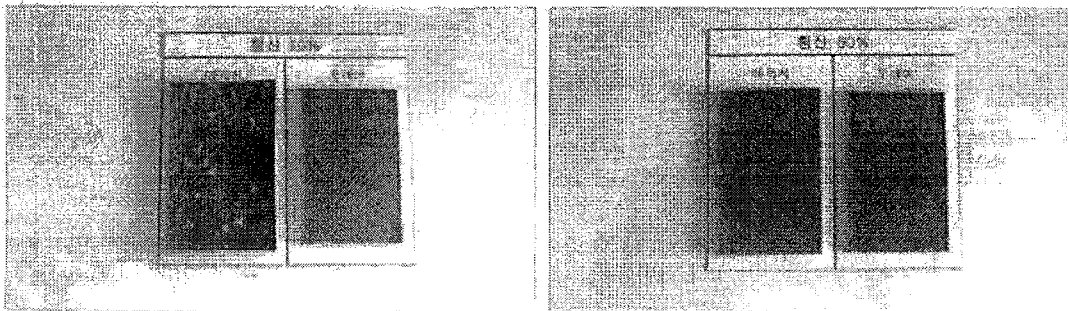


그림 3.12 EC의 Sulfuric Acid에서의 내약품성(표면상태)

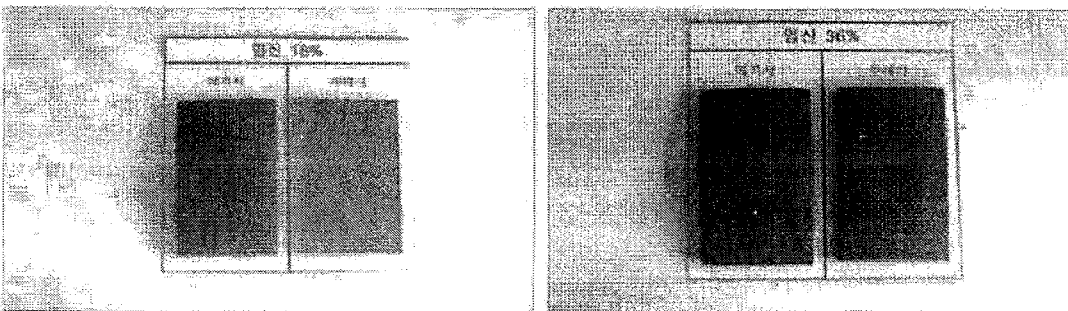


그림 3.13 EC의 Hydrochloric Acid에서의 내약품성(표면상태)

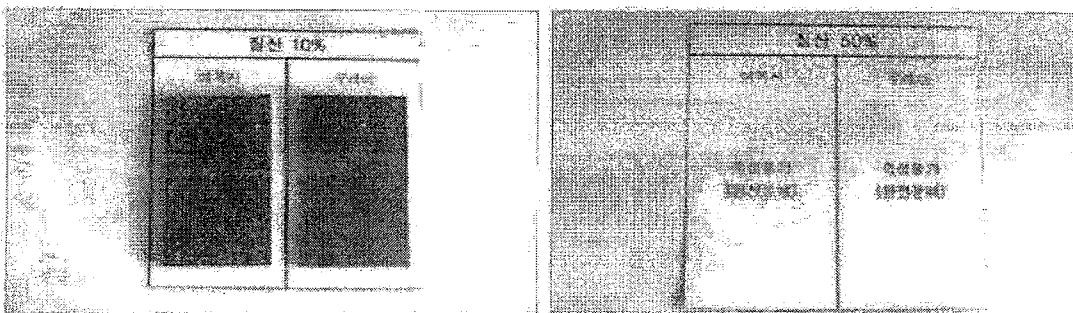


그림 3.14 EC의 Nitric Acid에서의 내약품성(표면상태)

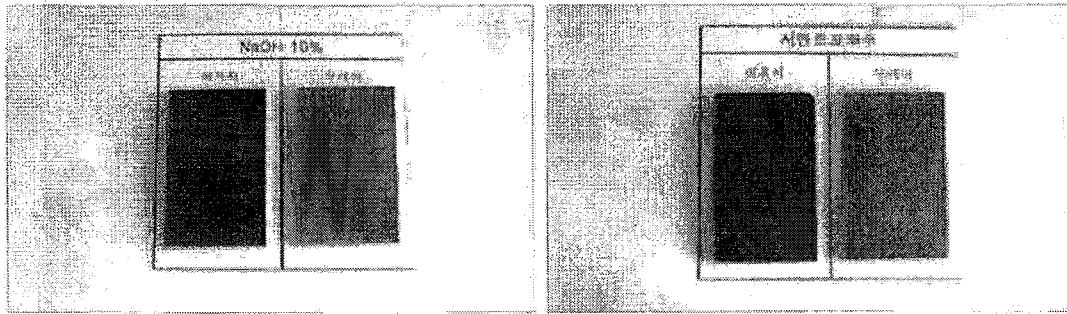


그림 3.15 EC의 Sodium Hydroxide(가성소다), 시멘트포화수에서의 내약품성(표면상태)

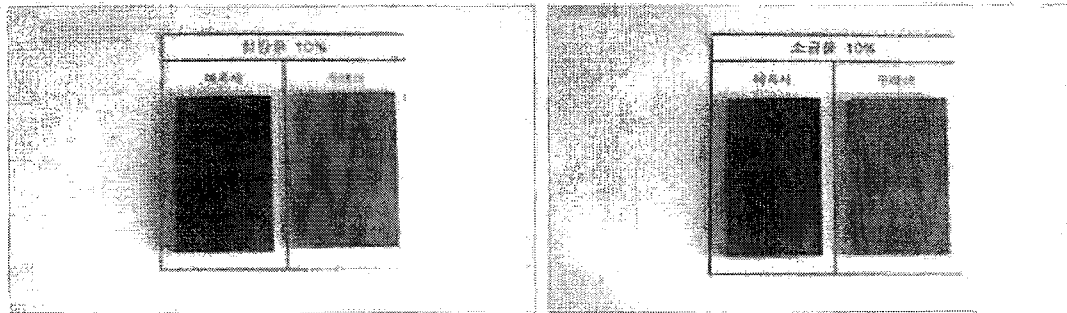


그림 3.16 EC의 설탕물, 소금물에서의 내약품성(표면상태)

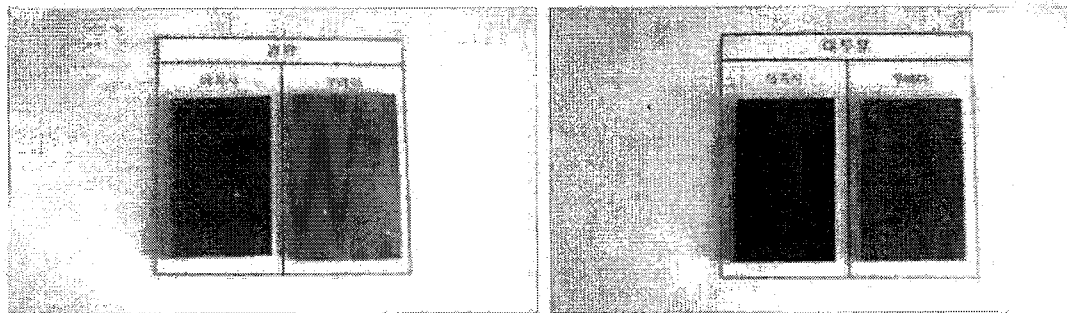


그림 3.17 EC의 Diesel Fuel(경유), 대두유에서의 내약품성(표면상태)

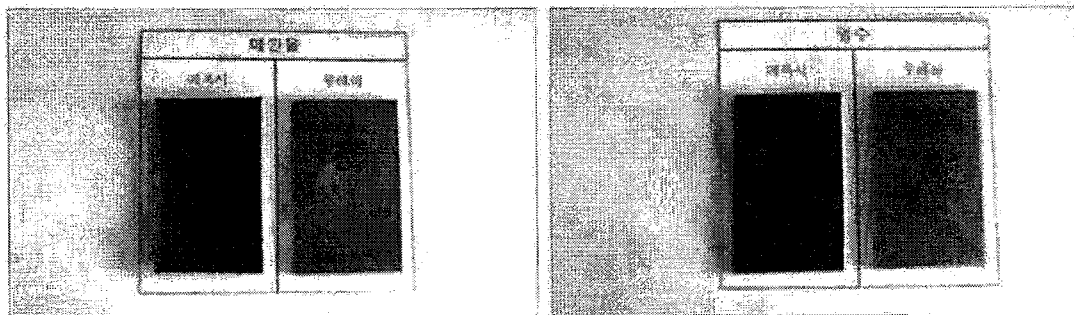


그림 3.18 EC의 메탄올, 열수(80℃)에서의 내약품성(표면상태)

(2) 친환경 폴리우레탄계 고내충격성 모르타르(후타재) 개발

개발된 바인더(CM, EC)에 적합한 골재 및 채움재를 선택하고, 이것을 적절한 비율로 혼합해서 최종 개발 목표 중 하나인 후타재용 친환경 폴리우레탄계 고내충격성 모르타르를 개발하였다. 현재 교량의 조인트에는 주로 에폭시계 콘크리트와 초속경 모르타르가 사용되고 있으나, 물리적 성능이 떨어지고, 충격에 취약하다. 따라서 본 연구개발에서는 탄성이 우수하고, 외부에서 가해지는 충격 및 진동에 저항성이 강한 후타재를 개발하기 위해 후타재용 골재 및 채움재로 내마모성이 우수하고 흡수율이 적으면서 환경 친화적인 채움재를 사용하였다. 따라서 본 연구에서는 현재 모르타르 제조에 많이 사용되는 규사와 마모성 및 흡수성에 대한 저항성이 우수한 제강 슬래그, 탄산칼슘, 슬래그 미분말, 시멘트, 플라이애쉬, 유리 미분말 및 실리카 흙을 사용하여 비교하기로 결정했으며, 후타재 제조를 위해서 사용된 골재 및 채움재의 종류 및 특성은 다음과 같다.

1) 골재 및 채움재

① 골재

㉔ 규사

현재 국내에서 사용하고 있는 규사는 1호사에서 6호사까지로 구분하고 있으며, 크기는 2.36mm ~ 0.6mm와 같다. 표 3.5는 규사의 규격에 따라 규사 크기의 범위를 나타낸 것이다. 본 연구 개발에서는 주로 3호사, 4호사, 5호사와 6호사를 주로 사용해서 후타재 실험을 수행하였다.

표 3.5 규사크기에 따른 규격

규격	1호사	2호사	3호사	4호사	5호사	6호사
mm	2.36~6.70	1.70~2.36	1.18~1.70	0.85~1.18	0.60~0.85	0.21~0.60

㉔ 제강 슬래그

일반적으로 사용되는 제강슬래그의 제조과정은 용융된 슬래그를 서냉시켜 임팩트 브레이커로 파쇄한 후, Free CaO에 의한 팽창 붕괴성을 해결하기 위하여 약 6개월간 야적하여 에이징(Aging) 처리시켜 사용용도에 맞게 재분쇄 또는 그대로 도로용 도반재 등으로 사용된다. 그러나 본 실험에 사용되는 제강슬래그는 용융된 슬래그를 고압의 공기로 급냉시켜 특수가공 처리함으로써 Free CaO의 함량이 1%이하의 안정화된 구상형의 잔골재로 제조된다. 이와 같이 제조되면 골재의 입형은 구형이 되고, 스피넬 구조로 되어있어 흡수율이 매우 낮다. 또한 경도가 6.5 ~ 8로 매우 견고하여 내풍화성, 내식성이 우수하다.

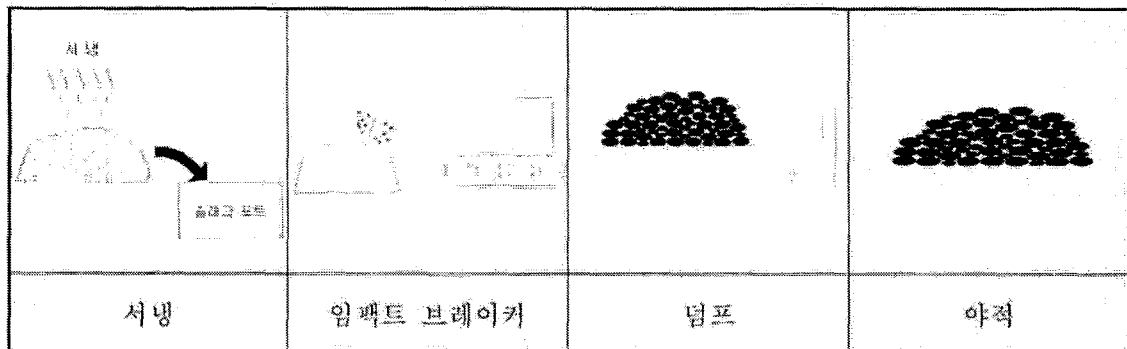


그림 3.19 일반 제강 슬래그

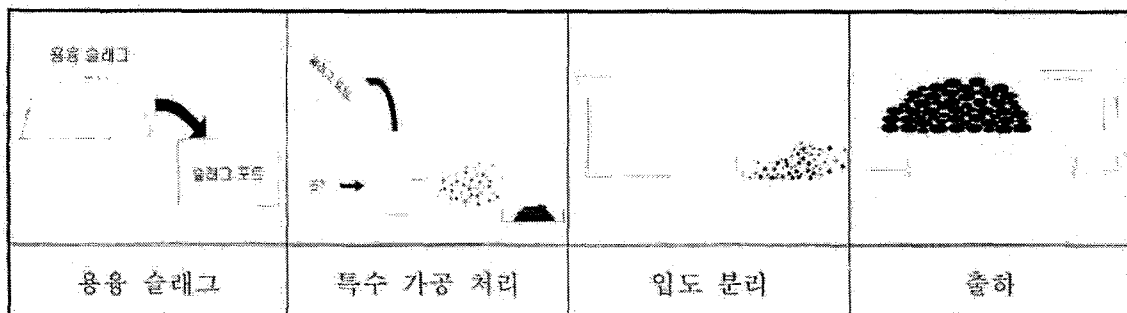


그림 3.20 자용 제강 슬래그

㉕ 물리적 특성

사용 제강슬래그의 물리적 성질은 일반적인 골재로 사용되는 규사보다 비중은

높고, 흡수율은 낮고, 경도는 유사한 수준이다. 또한 슬래그 골재의 입형이 구형이기 때문에 실적률은 높게 나타난다.

표 3.6 슬래그 골재의 물리적 특성

종류	최대입경(mm)	입형	흡수율(%)	실적률(%)	경도
제강슬래그	1	구형	0.3	65.9	7

㉠ 화학적 성질

기준에 사용되는 일반 제강슬래그와 후타재용 사용 제강슬래그는 용융된 슬래그를 서냉시키지 않고 공기와 물로 아토마이징(Atomizing)처리함으로써 CaO가 단독으로 존재하지 않고 $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ 등의 복합 산화물 형태로 존재하게 되어 에이징 처리 없이도 Free CaO의 석출량이 저감되기 때문에 보다 안전한 상태로 존재한다.

표 3.7 화학적 특성 비교

구분	화학생분(%)							Free CaO(%)
	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	T · Fe	MgO	K ₂ O	S	
사용 제강슬래그	13.0	39.9	9.6	30.2	8.0	0.03	0.1	0.15
일반 제강슬래그	13.8 ~ 27.0	44.3 ~ 51.0	1.5 ~ 9.0	1.5 ~ 17.5	6.0 ~ 7.0	0.02 ~ 0.1	0.07 ~ 1.5	0.1 ~ 20

㉡ 구형 골재가 후타재의 공학적 특성에 미치는 영향

기준 연구 결과에 따르면 구형의 입형을 가지는 골재를 사용한 콘크리트는 각형을 지닌 골재를 사용한 콘크리트와 비교해서 다음과 같은 장점을 갖는다.

a) 굳기 전 특성

- 유동성, 충전성, 시공성이 향상된다.

- 비빔성이 향상된다.
- 공기량이 감소한다.

b) 굳은 후 특징

- 압축강도가 향상된다.
- 밀실한 조직(내구성 향상)을 갖는다.
- 고강도화가 가능하다.

㉔ 사용 제강슬래그와 기존 일반 골재와의 흡수율 비교

사용 슬래그와 기존 골재의 흡수율을 비교 평가한 결과를 다음 그림에 나타냈다. 강모래의 흡수율은 1.19%, 규사는 0.60%, 가넷은 0.55%인 것에 비해 사용 제강슬래그는 0.30%로 강모래보다 약 300%, 규사보다 약 101%, 가넷보다 약 84% 정도 흡수율이 낮게 나타났다. 이는 사용 제강슬래그의 표면이 비정질 형태로 가지기 때문이다.

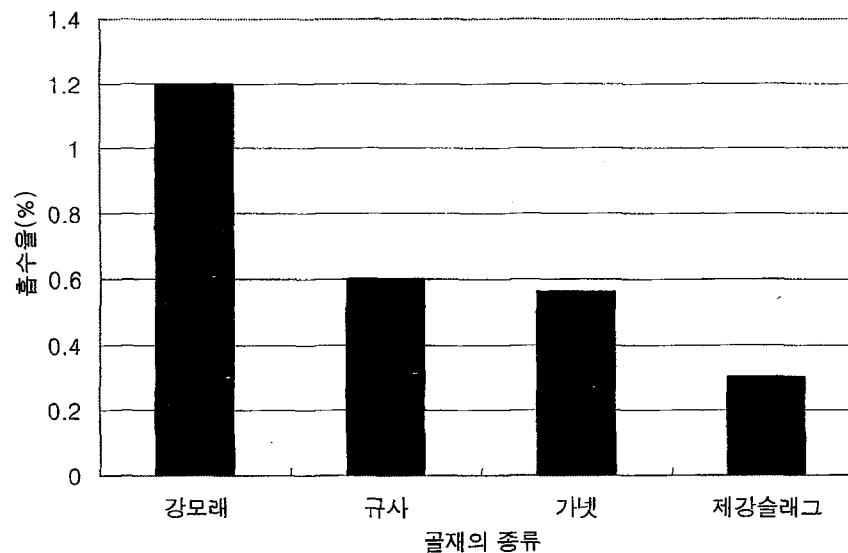


그림 3.21 흡수율 비교

㉕ 사용 제강슬래그와 기존 일반 규사 골재의 실적률 비교

사용 슬래그와 기존 골재의 실적률을 비교 평가한 결과는 다음 그림과 같다. 각

형의 규사 5호와 6호의 실적률이 약 58%와 59%로 나타난 반면에 구형의 사용 제강슬래그 골재 5호와 6호의 실적률은 약 66%와 68%로 규사보다 약 8~9% 향상된 우수한 실적률을 보이고 있다. 또한, 각형의 규사 5호와 6호를 혼합한 실적률이 약 62%로 나타난 반면에 구형의 사용 제강슬래그 골재 5호와 6호를 혼합한 실적률은 약 69%, 규사와 다기능성 슬래그 골재를 용적비로 1:1로 혼합한 경우에는 66.5%로 규사를 혼합한 것 보다 약 7%, 4.5% 향상되었다.

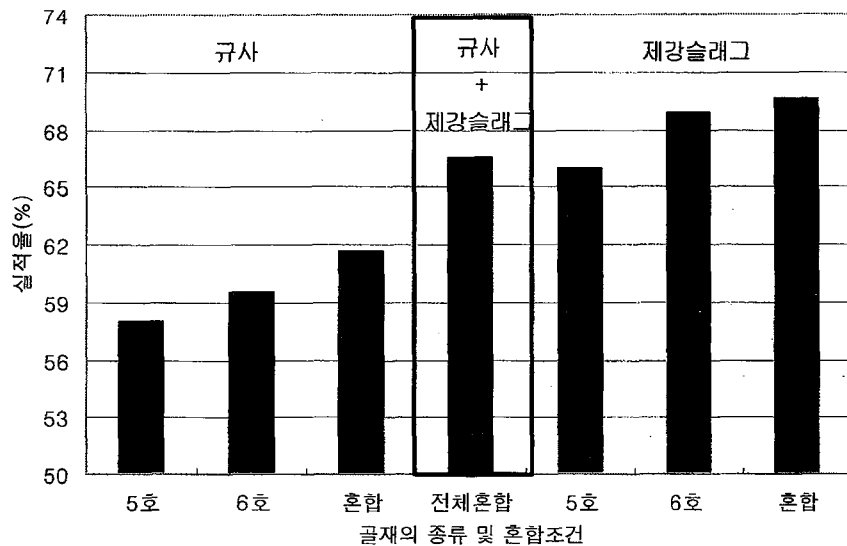


그림 3.22 실적률 비교

2) 채움재

① 유리미분말

각종 폐유리를 분쇄하여 입자 크기에 따라 분류하여 원료화한 제품으로 세라믹 분야는 물론, 건축/토목분야 등 각종 산업분야에 다양하게 사용되는 제품이다.

㉠ 특징

유리미분말 생산설비를 도입하여 엄격한 품질관리 절차를 통하여 생산되는 고품질 소재로서, 판유리, 병유리, 산업용 유리 등을 분쇄한 후 입도분류를 통해서 생산

한다. 그리고 유리미분말은 각종 세라믹 소성원료는 물론, 건축/토목용 소재로 사용된다.

㉔ 용도

지름이 큰 유리미분말(조분)은 유리타일, 유리블록, 인조 대리석 등의 제조에 사용되고, 지름이 작은 유리미분말(미분)은 인공 경량골재, 발포 유리블록 등에 사용된다.

㉕ 규격

유리미분말의 크기는 3 ~ 5 mm, 1 ~ 3 mm, 1mm 미만, 75 ~ 150 μm , 45 ~ 63 μm 로 구분한다.

㉖ 종류

유리미분말은 일상생활에서 많이 사용하는 병유리, 판유리, 거울 등을 수거해서 분쇄한 후에 재사용하는 것으로 미분과 조분으로 구분해서 사용하고 있다. 생산된 유리 분말의 사용처는 다음 표 3.8과 같다.

표 3.8 유리미분말 사용처

종류	외형	미분	조분
병유리	혼색	인공경량골재, 폼 글라스	도로 non-slip, 글라스 아스팔트, 유리테라조
	백색		
	녹색		
	갈색		
판유리	투명	유리구슬(비즈), 유리블록	유리섬유 원료, 인조석
거울	거울		인조석

㉞ 생산공정도

유리미분말을 생산하기 위해서 우선 원료를 투입하고 분쇄를 한 다음에 입도를 분류해서 조분과 미분으로 구분해서 생산을 하게 된다. 조분은 1 ~ 5mm, 미분은 10~100 μ m 로 구분해서 사용한다. 생산공정도를 보면 다음 그림과 같다.

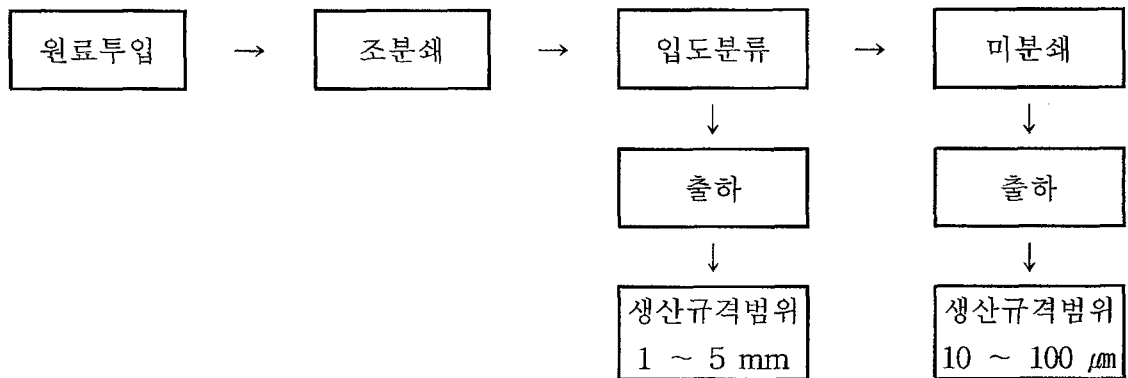


그림 3.23 생산공정도

㉞ 성분

유리미분말은 주로 실리카로 이루어져 있는 광물질로서, 화학적성분의 함유량은 다음 표와 같다.

표 3.9 유리미분말 성분

성분	함유량(wt%)
Na ₂ O	11.7
MgO	1.1
Al ₂ O ₃	2.55
SiO ₂	68.9
K ₂ O	1.03
CaO	12.5
Fe ₂ O ₃	1.17

② 탄산칼슘(CaCO_3)

탄산칼슘은 천연으로는 광물의 방해석, 빙주석, 선석에 존재하고, 석회석, 대리석, 백암 등에서 산출된다. 탄산칼슘은 석회석을 분쇄하여 만든 초미립 분말로서 상온에서 약알칼리성이고, 입자구조는 대개 불규칙 괴상으로부터 구다면체 및 단섬유와 같은 정교한 기하학적 형상을 가지고 있다. 탄산칼슘은 주로 건설자재의 충전재로 사용되고 있으며, 재료의 물성을 변화시키고, 원가를 절감한다. 표 3.10과 표 3.11은 탄산칼슘의 화학조성물과 물리적 특성을 표시한 것이다.

표 3.10 화학조성물

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Ig. Loss
0.66	0.16	0.16	54.32	1.25	43.32

표 3.11 화학조성물

흡수율(ml/100g)	밀도(g/ml)	수분함유량	pH
23.56	0.76 ~ 1.25	0.16	9.2

③ 고로 슬래그 분말

용광로(高爐)방식의 제철작업에는 선철과 동시에 주로 알루미늄 규산염으로 구성되는 슬래그가 생산된다. 이 용융상태의 고온 슬래그를 물, 공기 등으로 급랭하여 입상화한 것을 고로 슬래그(granulated blast furnace slag)라고 부른다. 고로 슬래그 분말의 화학성분은 필요에 따라 첨가되는 석고류를 함유한 화학성분으로서 표시된다. 석고류가 첨가된 고로 슬래그 분말은 CaO 함유량 및 염기도가 높다. 염기도는 다음 식에 따라 계산한다.

$$\text{고로 슬래그의 염기도 } b = \frac{\text{CaO} + \text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{SiO}_2}$$

급랭한 유리구조의 슬래그는 잠재수경성을 나타낸다. 즉 슬래그 분말을 물과 혼합

하여 경화작용을 부여하기 위해서는 알칼리성 혹은 황산염의 자극물질을 첨가하여 OH^- 이온이나 SO_4^{2-} 이온이 충분한 양으로 존재하도록 해야 한다. 이들 이온의 존재하에서 고로 슬래그 분말은 포틀랜드시멘트와 동일하게 수경성을 발휘한다. 일단 수화가 개시되면 장기적으로는 석회결합 기능도 나타내기 때문에 고로 슬래그 분말은 포졸란 반응도 함께 갖는 물질이다. 표 3.12와 표 3.13은 고로 슬래그의 화학 성분 범위와 물리적 특성을 나타낸 것이다.

표 3.12 화학조성물

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3
30.0~36.0	12.0~18.0	0.25~0.35	38.0~45.0	10.0 이하	4.0 이하

표 3.13 화학조성물

종 류	밀도(g/cm^3)	잔분 ($>45\mu\text{m}, \%$)	평균입경 (μm)	비표면적 (cm^2/g)
고 로 1 종		-	2 ~ 4	8,000 ~ 10,000
슬래그 2 종	2.88 ~ 2.94	-	7 ~ 9	6,000 ~ 8,000
미분말 3 종		2.0 이하	12 ~ 16	4,000 ~ 6,000

수쇄슬래그는 비중 1.89~2.77로 그 범위가 넓지만, $74\mu\text{m}$ 이하로 분쇄한 고로 슬래그 분말 비중은 2.85~2.94의 범위를 갖으며, 평균 2.90 정도이다. 이 값은 포틀랜드시멘트의 비중(3.15)보다 8%정도 작으며 플라이애쉬나 실리카 흙에 비하면 포틀랜드시멘트와의 비중차가 작고 혼합재로서의 혼합 특성이나 콘크리트에 대한 결합재의 분산 특성이 우수하다. 분체입자의 형상은 매끈한 구곡상의 파면을 갖는 입상상으로 물과 접해도 표면변화는 곧바로 보이지 않고 포틀랜드시멘트의 입자와 같이 겔화하여 콘크리트의 주도에 큰 영향을 미치지 않는다. 입경 $10\mu\text{m}$ 이하의 것은 재령 28일까지의 초기강도에 영향을 미치며, $10\sim40\mu\text{m}$ 의 것은 장기강도에 밀접한 관계가 있다. 현재 생산되고 있는 $4,000\sim6,000\text{cm}^2/\text{g}$ 의 범위의 고로 슬래그 분말은 최대입경이 $48\sim150\mu\text{m}$, 평균입경은 $10\sim16\mu\text{m}$, $10\mu\text{m}$ 이하의 양은 33~50%의 범위

에 있으며, $44\mu\text{m}$ 잔분은 0.8~15.3% 정도이다. 본 연구에서는 고로슬래그 미분말 1종을 사용하고 있으며, 분말도는 $8,000\sim 10,000\text{cm}^2/\text{g}$ 급 분말의 평균입경은 $2\sim 3\mu\text{m}$ 정도이다.

④ 플라이 애쉬(Fly ash)

플라이애쉬는 화력 발전소에서 석탄을 연소시킨 후 발생하는 석탄재로서, 사용하는 탄의 종류 및 소성로에 따라 특성을 달리한다. 전자는 석탄중의 CaO함유량에 따라, 플라이애쉬의 화학 성분 및 결정상이 주로 변화하고, 후자는 로의 형식에 의해 석탄의 소성 온도가 달라지며, 소성 온도가 높을수록 플라이애쉬의 유리상 비율이 커지고 입자의 형태는 구형이 된다. 플라이애쉬가 산업 부산물인 관계로 품질 변화가 심하고, 초기 강도 저하 등의 단점이 있으나, 양질의 플라이애쉬를 적절히 사용하면 작업성 향상, 수화열 저감, 장기 강도 증진, 내구성 향상 등의 품질을 향상시킬 수 있다.

그림 3.24는 시멘트와 플라이애쉬의 입자형태를 전자현미경(SEM)을 사용하여 확대한 사진으로서 플라이애쉬 입자는 시멘트 입자에 비하여 원형의 모양을 가지고 있다. 또한 표 3.14는 국내 보령과 삼천포에서 생산되고 있는 플라이애쉬의 물리·화학적 특성을 보여주고 있으며, 일반적으로 삼천포 플라이애쉬가 보령산에 비해 품질이 안정적이고 입자의 크기가 작은 것이 특징이다.

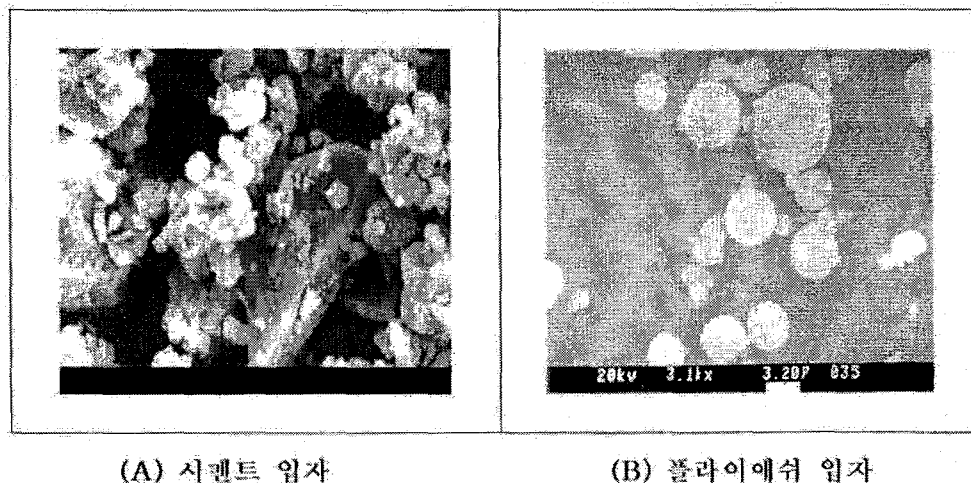


그림 3.24 시멘트 및 플라이애쉬의 SEM 사진

표 3.14 국내산(보령 및 삼천포) Fly ash의 물리·화학적 특성

생산지 \ 화학조성	보령	삼천포
SiO ₂	57.61	55.50
Al ₂ O ₃	26.11	28.12
Fe ₂ O ₃	4.84	5.96
CaO	5.20	3.61
MgO	1.12	1.47
SO ₃	0.15	0.04
K ₂ O	0.72	1.18
Na ₂ O	0.70	0.35
TiO ₂	1.92	2.59
MnO ₃	0.18	0.19
P ₂ O ₅	0.60	0.30
비 중	2.22	2.35
비표면적(g /cm ³)	4,080	4,720
강열감량(%)	3.66	3.03
평균입경(μm)	18.46	10.75

⑤ 실리카 흡

실리카 흡은 실리콘이나 페로실리콘의 규소합금을 전기아크식 노(爐)에서 제조할 때 배출가스에 부유하여 발생하는 부산물이며, 규소합금의 원료로서 규석, 석탄, 목편, 철가루 등과 환원제로서 코크스를 전기로에 투입하여 약 2,000℃의 고온으로 페로실리콘을 제조하게 된다. 이때 중간생성물인 SiO가 가스화되어 이것이 공기에 의해 산화하여 SiO₂로 되고 다시 응축하여 초미립자로 생성되고, 생성된 초미립자는 전기집진장치를 이용하여 회수함으로써 실리카 흡이 얻어진다. 실리카 흡은 포졸란 재료로서 적합하지 못한 CaSi와 SiMn으로부터 부산되는 실리카흡을 제외하고 주성분의 80% 이상을 SiO₂로 구성하고 있다. 실리카 흡의 약 90% 이상이 구형으로 구성되어 있고, 입경이 1μm이하, 평균입경은 0.1μm정도, 비표면적이 약 20m²/g 정도, 비중이 약 2.1~2.2 정도이고, 단위용적질량은 250~300kg/m³ 이다.

3) 친환경 폴리우레탄 시멘트 바인더(CM)와 친환경 고경도 폴리우레탄 바인더(EC)를 이용한 후타재용 모르타르 개발

본 연구에 사용된 교량용 신축이음 장치 후타재는 본 연구를 통해 개발된 CM 모르타르와 EC 모르타르를 사용하였으며, 그 특성을 기존에 많이 사용하고 있는 후타재용 무수축 모르타르와 비교하였다. 기존에 사용하고 있는 후타재에 비해서 탄성이 우수하고, 외부에서 가해지는 충격 및 진동에 대한 저항성이 강한 CM 모르타르와 EC 모르타르를 개발하기 위해서, 모르타르 제조에 많이 사용되는 규사와 마모성 및 흡수성에 대한 저항성이 우수한 제강 슬래그, 탄산칼슘, 시멘트, 플라이 애쉬, 유리 미분말 및 실리카 흙을 사용하였다. 선별된 골재와 채움재를 이용해서 경제적이고, 내구성이 우수한 최적의 후타재용 모르타르를 개발하기 위해서, 많은 배합시험을 거듭한 결과 표 3.15와 같은 최적의 배합을 도출하였다.

지금까지 주로 사용되어 온 무수축 모르타르는 차량의 반복적인 충격하중으로 인해 일부 파손되더라도 신축이음 장치 전체를 교체해야 하기 때문에 경제적인 큰 손실을 가져오게 된다. 따라서 본 연구에서는 차량의 반복적인 충격하중을 안전하게 흡수할 수 있는 후타재용 모르타르를 개발하고, 이에 대한 압축하중, 탄성계수, 인장하중, 포아송비, 재령에 따른 길이변화율, 부작강도 등 재료적 물성을 파악하였다.

표 3.15 후타재용 모르타르 배합비

배합명	결합재(%)		채움재(%)	골재(%)
	폴리우레탄	시멘트	탄산칼슘 실리카흙 등	규사 유리미분말 등
무수축 모르타르	-	-	-	-
CM 모르타르	25	-	10	65
EC 모르타르	20	18	5	57

① 배합

CM 모르타르와 EC 모르타르 제조방법은 우선 모르타르 믹서기에 그림 3.25와 같이 CM, EC 바인더(폴리우레탄)의 주제와 경화제의 정량을 계량하여 투입하고 약 120초를 배합하게 된다. 바인더가 완전히 배합되면 경량의 채움재 및 골재를 계량하여 믹서에 투입하고 약 120초를 배합한다. 그 다음 CM 모르타르와 EC 모르타르의 역학적 특성을 알아보기 위해서 각각의 시험에 맞는 시편을 제작한다.

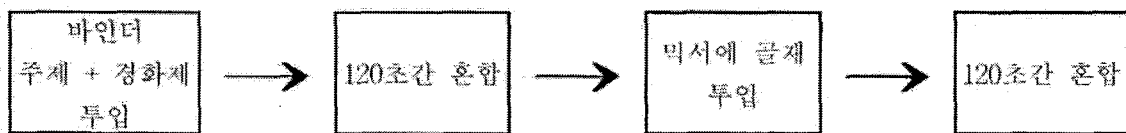


그림 3.25 CM 모르타르와 EC 모르타르 배합순서

② 압축강도 시험

압축강도는 CM 모르타르와 EC 모르타르 두 종류의 후타재를 3일, 7일, 14일, 28일 동안 양생시켜 각각 3개씩 시험하였다. 압축강도용 공시체는 KS F 2404에 따라 직경 100mm, 높이 200mm의 실린더형 물드를 사용하여 제작하였다. 콘크리트 압축강도 시험은 한경대학교 구조실험동에 있는 1000kN 탄능시험기(U·T·M)를 사용하여 실시하였다. 압축강도 시험 설치상황과 최종파괴 상황은 그림 3.26과 같다.



(a) 설치 상황



(b) 최종파괴 상황

그림 3.26 압축강도 시험

압축강도는 그림 3.26에서 보는 바와 같이 하중값을 공시체 단면적(7850mm^2)으로 나눈 값으로 계산하였으며, 탄성계수는 공시체에 변형게이지(strain gauge)를 종방향으로 부착하여 측정된 값을 이용하였다. 탄성계수는 응력도 변형도 곡선상에서 직선의 기울기 부분에 해당되는 재료 물성값을 의미하는데, 후타제인 경우 응력도-변형도 곡선이 그림 3.27과 같이 비선형 형태를 보여주고 있어 탄성계수가 하나의 값으로 결정할 수 없다. 따라서 원점과 $0.5 f_{ck}$ 의 두점을 연결한 직선을 탄성계수로 결정하였다. 이렇게 결정한 이유는 $0.5 f_{ck}$ 까지 하중을 준 후에 제거하면 변형율이 원래 상태로 완전히 복구되었기 때문이다. 표 3.16은 이를 근거로 작성된 것이다. 응력도-변형도 곡선은 응력도와 변형율 관계를 그래프로 나타낸 것으로 재료물성을 파악하는데 가장 기본이 되는 것으로 응력도는 하중을 단면적으로 나눈 값이며, 변형율은 응력에 따라 변화된 비율을 의미한다. 그림 3.27과 그림 3.28은 CM 모르타르와 EC 모르타르의 제령 3일, 7일, 14일, 28일에 대한 압축강도 시험결과에 따른 응력도 변형도 곡선을 나타낸 것이다. 그림 3.27과 그림 3.28에 나타난 바와 같이 3개의 동일 실험체가 거의 동일한 응력도-변형율 관계를 보여주고 있다.

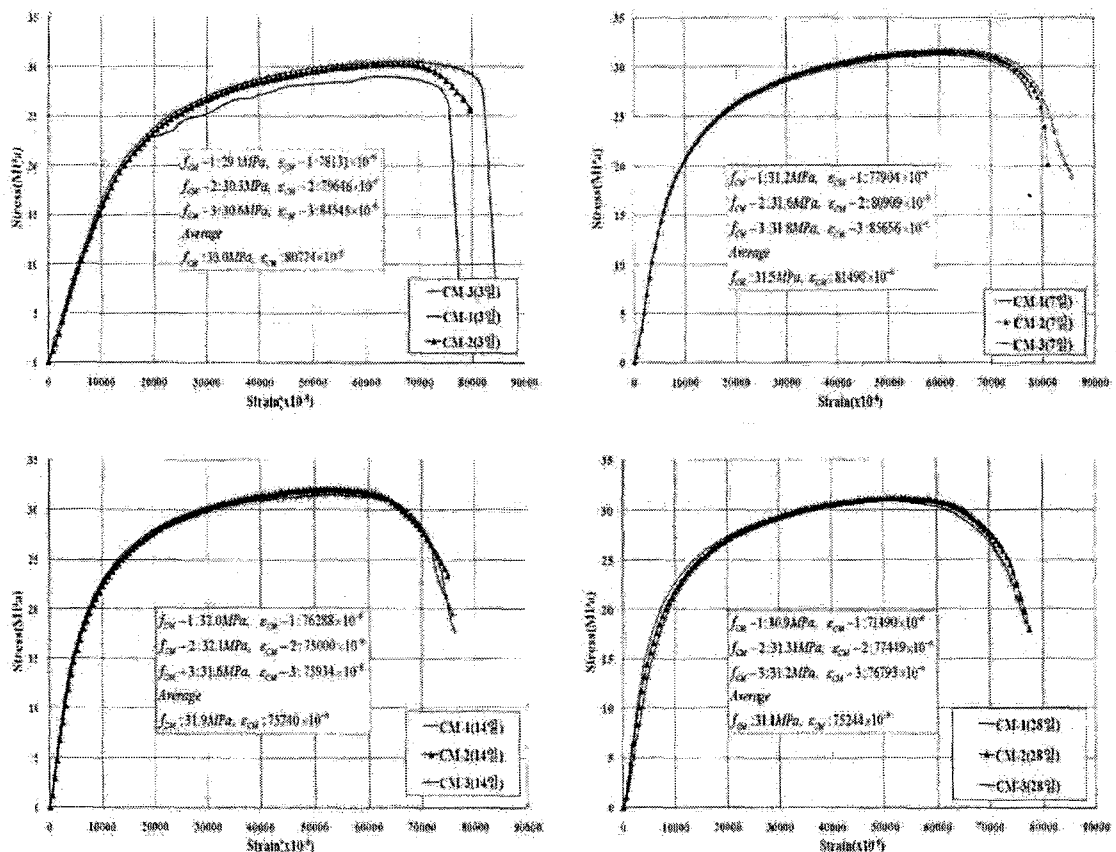


그림 3.27 CM 모르타르 응력도-변형율 곡선

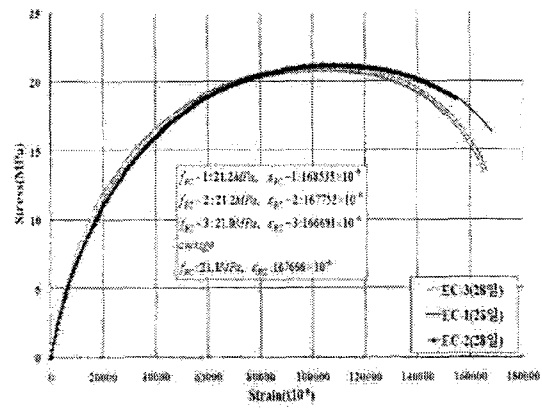
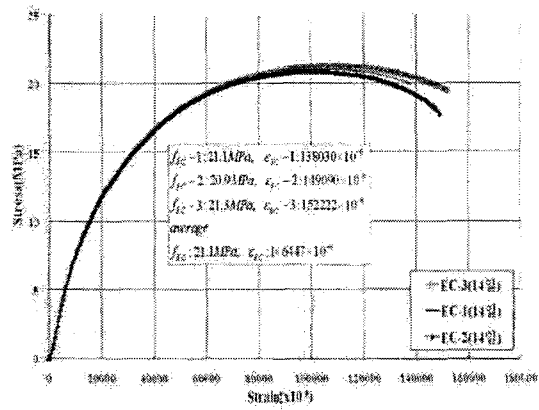
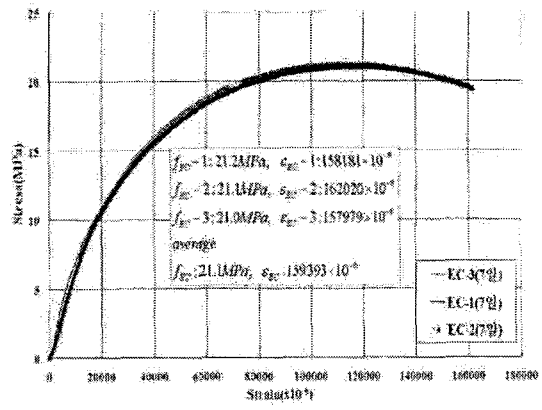
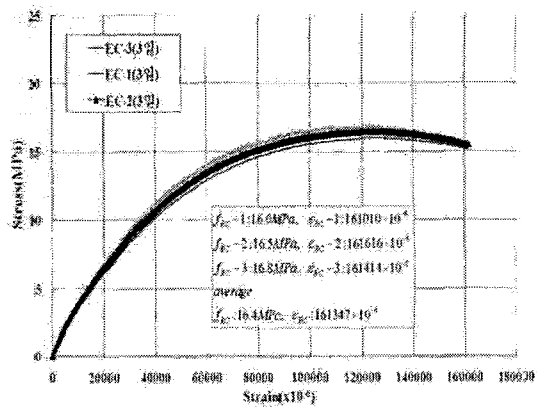


그림 3.28 EC 모르타르 응력-변형률 곡선

그림 3.29와 그림 3.30은 CM 모르타르와 EC모르타르의 3일, 7일, 14일, 28일 압축 강도 응력도-변형을 곡선을 각각 비교하여 나타낸 것이다.

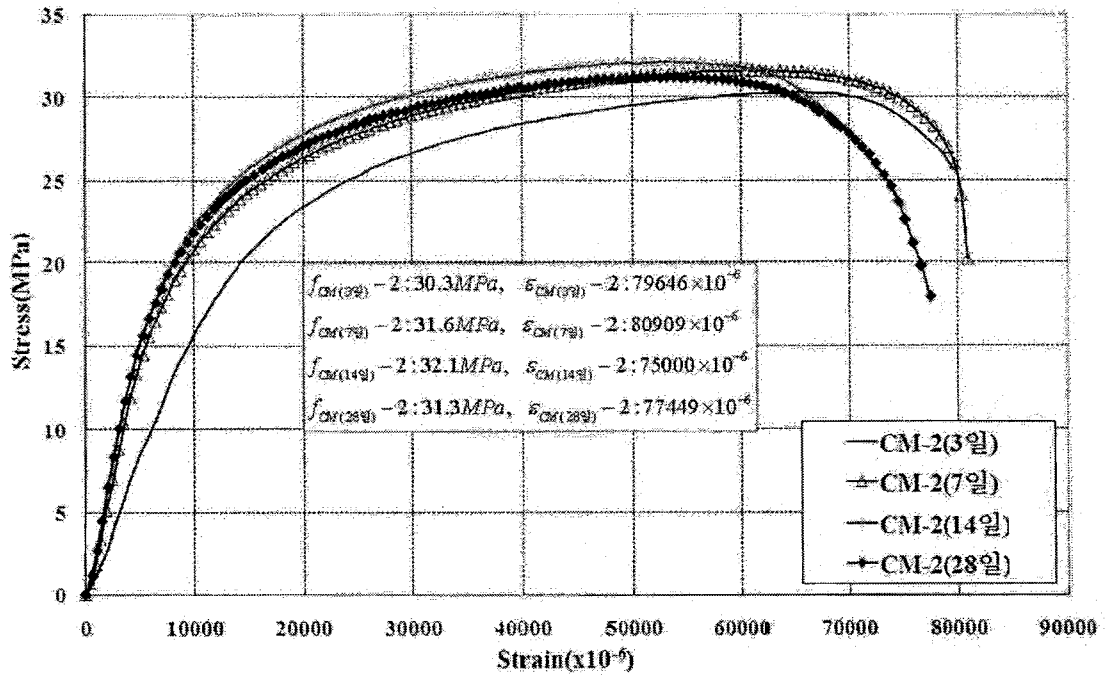


그림 3.29 양생기간에 따른 CM 모르타르 응력도-변형도 곡선비교

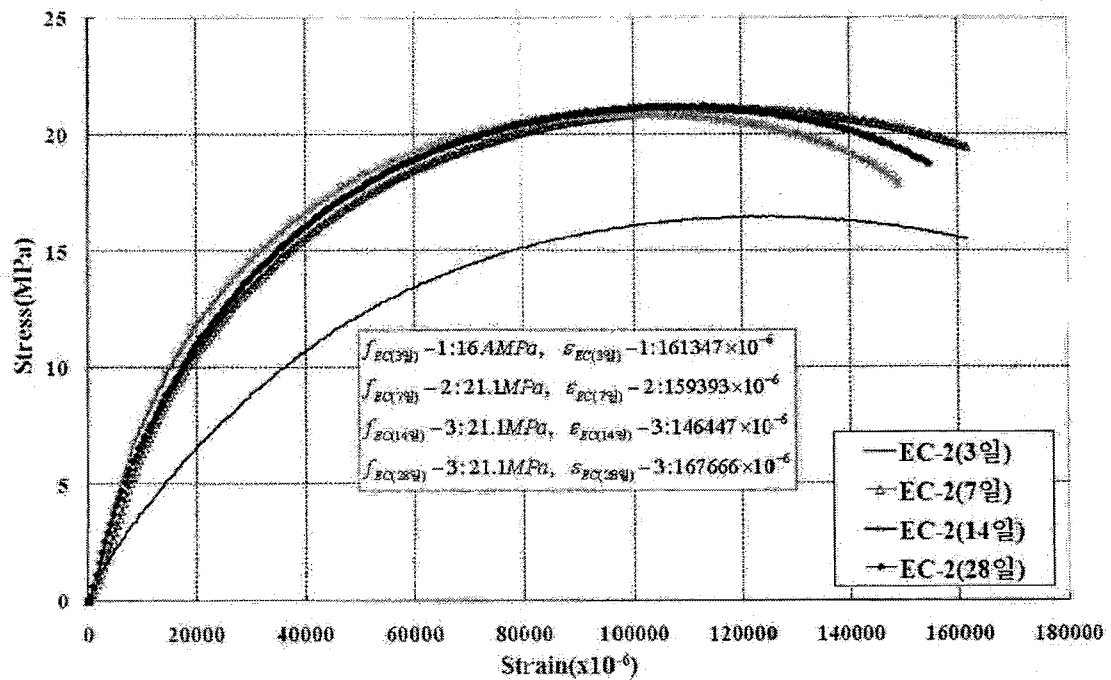


그림 3.30 양생기간에 따른 EC 모르타르 응력도-변형도 곡선비교

그림에서 보는 바와 같이 재령 3일과 7일의 응력도-변형률 곡선이 차이를 보이고 있고, 7일 이후의 응력도-변형률 곡선이 거의 동일하게 나타나고 있어 최대압축강도를 발현하기 위해서는 최소 7일의 양생기간이 필요한 것으로 나타났다.

표 3.16은 재령기간에 따른 CM 모르타르와 EC 모르타르의 압축강도, 극한변형률, 탄성계수 등을 나타낸 것이다. 표에서 보는 바와 같이 압축강도는 CM 모르타르가 31.6MPa(7일이후; 31.5, 31.9, 31.3)로 나타나 EC 모르타르(20.0MPa)에 비해 1.58배 높게 나타났다. 그러나 극한 변형률과 탄성계수는 EC 모르타르가 우수한 성능을 보여주고 있다(표 3.16 참조).

표 3.16 압축강도 시험결과

종류	재령	시험체명	단면적	최대하중	압축강도		극한 변형률		0.5f _{ck}	0.5f _{ck} 에	탄성계수	
			(mm ²)	(kN)	(MPa)		(×10 ⁻⁶)		(MPa)	상응하는 변형률	(GPa)	
CM 모르 타르	3일	CM3-1	7850	228.1	29.1	30.0	78131	78300	14.53	9238	1.57	1.62
		CM3-2	7850	237.9	30.3		79646		15.15	9471	1.60	
		CM3-3	7850	240.2	30.6		84545		15.30	9065	1.68	
	7일	CM7-1	7850	245	31.2	31.5	77904		15.61	5889	2.65	2.63
		CM7-2	7850	248.3	31.6		80909		15.82	5899	2.68	
		CM7-3	7850	249.3	31.8		85656		15.88	6183	2.57	
	14일	CM14-1	7850	251.6	32.1	31.9	76288		16.03	4903	3.27	3.15
		CM14-2	7850	251.6	32.1		75000		16.03	5353	2.99	
		CM14-3	7850	247.8	31.6		75740		15.78	4925	3.20	
	28일	CM28-1	7850	242.4	30.9	31.3	71490		15.44	4431	3.48	3.18
		CM28-2	7850	245.4	31.3		77449		15.63	5187	3.01	
		CM28-3	7850	244.7	31.2		76793		15.59	5098	3.06	
EC 모르 타르	3일	EC3-1	7850	125.7	16.0	16.4	161010	15900	8.00	28383	0.28	0.30
		EC3-2	7850	129.3	16.5		161616		8.24	27085	0.30	
		EC3-3	7850	131.6	16.8		161414		8.38	26224	0.32	
	7일	EC7-1	7850	165.0	21.0	21.1	157979		10.51	18656	0.56	0.55
		EC7-2	7850	165.6	21.1		162020		10.55	19688	0.54	
		EC7-3	7850	166.7	21.2		158181		10.62	19623	0.54	
	14일	EC14-1	7850	165.6	21.1	20.8	138030		10.55	16308	0.65	0.65
		EC14-2	7850	164.0	20.1		149090		10.45	16035	0.65	
		EC14-3	7850	167.2	21.3		152222		10.65	16660	0.64	
	28일	EC28-1	7850	166.7	21.2	21.1	168535		10.62	18657	0.57	0.58
		EC28-2	7850	166.4	21.2		167752		10.60	18935	0.56	
		EC28-3	7850	164.5	21.0		166691		10.48	16803	0.62	

③ 인장강도 시험

CM 모르타르와 EC 모르타르의 인장강도는 직접 인장시험이 어렵기 때문에 쪼갬인장 시험 결과를 토대로 산정하였다. 쪼갬인장 시험은 그림 3.31에 나타난 바와 같이 직경 100mm, 높이 200mm의 실린더형 물드를 놓힌 상태에서 실험을 실시하였다.

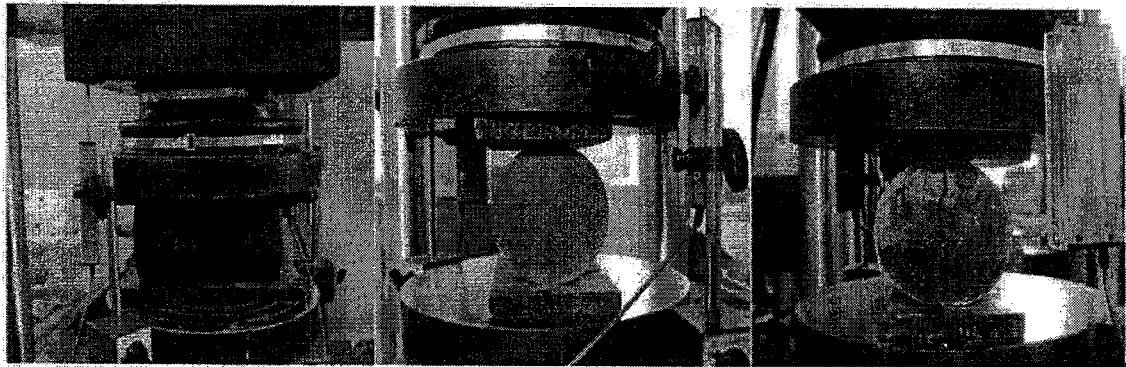


그림 3.31 쪼갬인발 실험 상황

실험은 28일 양생하여 시험체별 각 3개의 쪼갬인장 시험을 실시하였다. 인장응력은 $f_t = \frac{2P}{\pi dl}$ 로 산정하였으며, 실험 결과 CM 모르타르의 인장응력은 4.82MPa(4.89MPa, 4.80MPa, 4.77MPa), EC 모르타르의 인장응력은 4.14MPa(4.12MPa, 4.06MPa, 4.23MPa)로 나타났다. 압축강도에 대한 인장강도 비율을 표 3.17에 나타내었다. 표에서 나타난 바와 같이 인장강도에 대한 압축강도의 비율은 CM 모르타르인 경우 15.6%로 나타났고, EC 모르타르인 경우는 19.8%로 나타났다.

표 3.17 인장강도에 대한 압축강도 비율

종류	제령	시험체 명	압축강도 (f_{ck})		인장강도 (f_t)		$\frac{f_t}{f_{ck}}$
			(MPa)		(MPa)		(%)
CM 모르타르	28일	CM28-1	30.9	30.8	4.89	4.82	15.6
		CM28-2	31.3		4.80		
		CM28-3	30.2		4.77		
EC 모르타르	28일	EC28-1	21.2	20.9	4.12	4.14	19.8
		EC28-2	21.2		4.06		
		EC28-3	21.0		4.23		

④ 포아송비 시험

포아송비는 수직방향의 압축변형률/ 수평방향의 인장변형률의 비로 나타낸다. 포아송비는 탄성범위에서 변형률과 응력도가 선형구간에서 정확한 산정이 가능하다. 그러나 콘크리트와 같이 응력도-변형률 곡선이 비선형 거동을 보이는 재료의 포아송비는 정확한 산정이 어렵기 때문에 응력도와 변형률 관계가 선형인 것으로 가정하여 계산한다. CM 모르타르와 EC 모르타르인 경우도 응력도-변형률 관계가 비선형이기 때문에 탄성범위 임의의 단계에서 포아송비가 일정하지 않다. 그림 3.32는 EC 모르타르의 수직 및 수평방향의 변형률을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 포아송비가 일정하지 않고, 점점 증가하고 있음을 알 수 있다. 압축강도 $0.83f_{ck}$ (17.5MPa)을 기점으로 이하에서는 수직방향의 변형률이 수평방향의 변형률보다 크게 나타나고 있으나, 그 이상에서는 오히려 수평방향 변형률이 크게 나타나고, 최대강도에서는 포아송비가 1.91배에 도달하였다. CM 모르타르 역시 이와 유사한 ($\nu=1.85$) 경향을 보여주고 있다. 강재의 포아송비가 0.3인 경우와 비교해 볼 때, 6배 정도의 매우 높은 결과를 보여주고 있으며 특히, 수직 및 수평방향의 응력도-변형률 곡선에서 수평방향의 변형률이 수직방향의 변형률을 초과하였다.

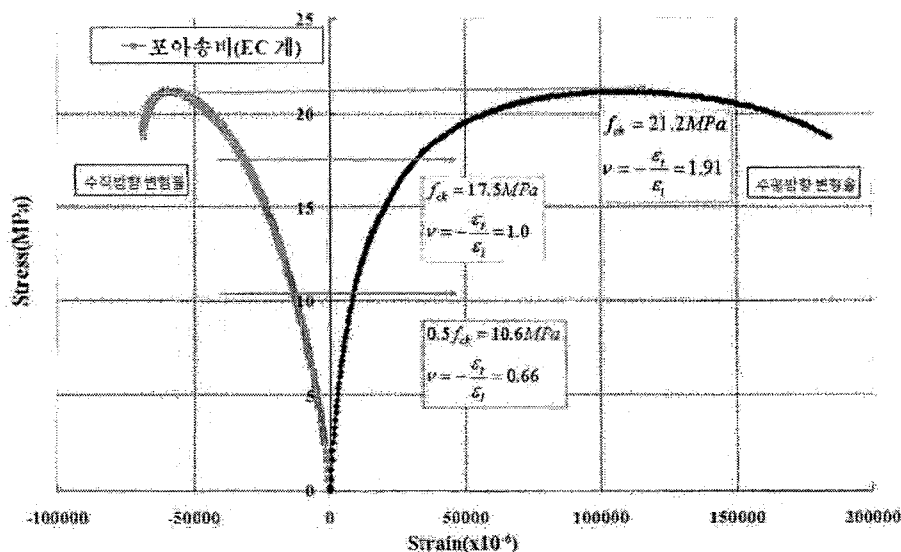


그림 3.32 EC 모르타르 실험체의 수직 및 수평 변형률 비교

⑤ 재령에 따른 길이 변화율 시험결과

CM 모르타르, EC 모르타르, 무수축 모르타르의 재령에 따른 변화율을 비교하기 위해 가로 25.4mm, 세로 25.4mm, 길이 284mm인 직사각형 기둥형태의 시편을 각각 2개씩 제작하였다. 시험체 모두 재령 3일 이후부터 온도 $20\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, 습도 $60\pm 5\%$ 항온항습 조건으로 약 3개월 동안 측정하였다. 일반적인 콘크리트의 경우 자기수축(chemical shrinkage)과 건조수축(drying shrinkage)에 의해 체적변화가 발생된다. 자기수축은 수화반응에 의한 체적변화를 말하며, 건조수축은 온도변화와 상대습도 차이로 인해 내부에 있던 수분이 증발하는 것을 의미한다. 경화되지 전에는 자기수축과 건조수축이 동시에 진행되며, 경화된 후에는 자기수축이 미미하여 무시할 수 있고, 대부분 건조수축에 의한 길이변화만 발생된다. 자기수축과 건조수축은 모두 재령기간 동안 수분의 감소로 인하여 발생된다.

CM 모르타르와 EC 모르타르는 모두 물을 사용하지 않았으므로, 수분 감소로 인한 자기수축과 건조수축은 발생하지 않으며, 단지 화학반응(발열반응)에 의해서 부피가 팽창되고, 팽창된 부피가 재령시간에 따라 점점 감소하는 경향을 보여주었다. 재령에 따른 길이변화율의 시험결과는 표 3.18과 같다. CM 모르타르와 EC 모르타르의 길이변화율은 $1600(\times 10^{-6})$, $1100(\times 10^{-6})$ 으로 나타났다. 이 값은 재령 후 3일 이후에 측정한 것으로 타설 당시부터 3일전까지 발열반응에 의해 팽창된 체적이 점점 감소되는 것을 의미하며, 무수축 모르타르인 경우는 자기수축과 건조수축이 합해진 값을 의미한다. 재령에 따른 길이변화 시험 상황은 그림 3.33과 같으며, 재령에 따른 길이변화 곡선은 그림 3.34에 나타내었다.

표 3.18 재령에 따른 길이변화율 시험결과

시험편	시험기간	길이 (mm)	변위 (mm)	변형율	
CM 모르타르 - 1	2007. 11.19 ~ 2008. 2.17	284	0.4688	0.001651	0.001646
CM 모르타르 - 2		284	0.4660	0.001641	
EC 모르타르 - 1		284	0.3730	0.001313	0.001141
EC 모르타르 - 2		284	0.2752	0.000969	
무수축 모르타르 1-1		284	0.2128	0.000749	0.000746
무수축 모르타르 1-2		284	0.2110	0.000743	

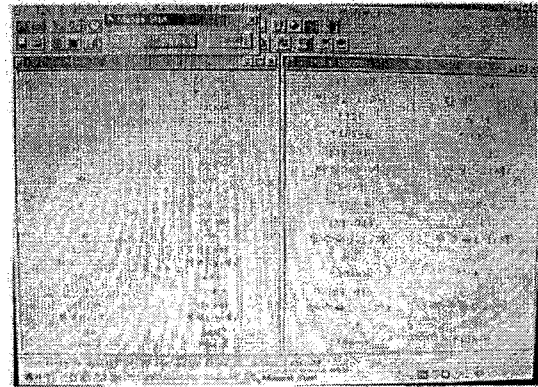
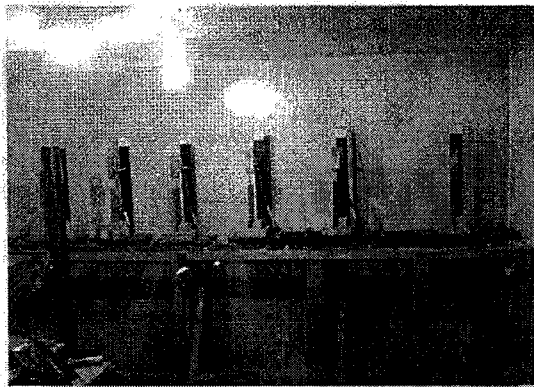


그림 3.33 재령에 따른 체적변화 비교 실험 상황

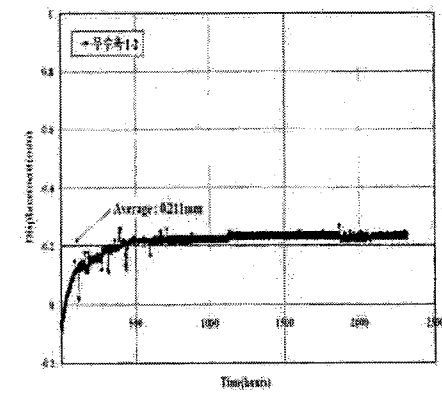
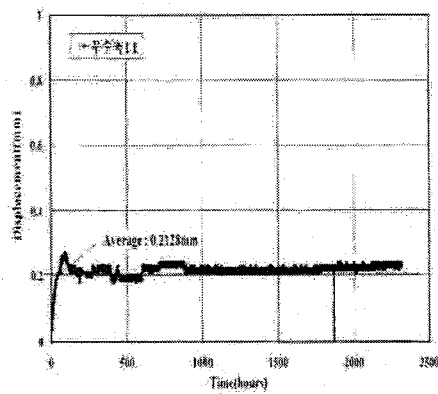
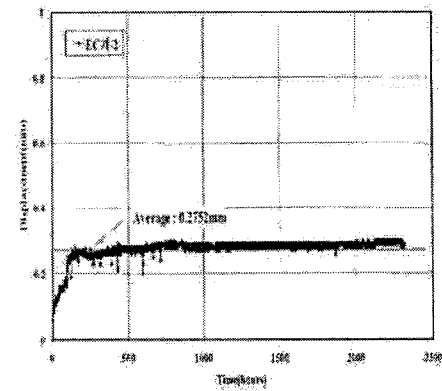
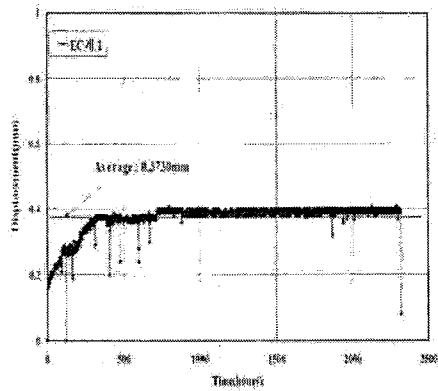
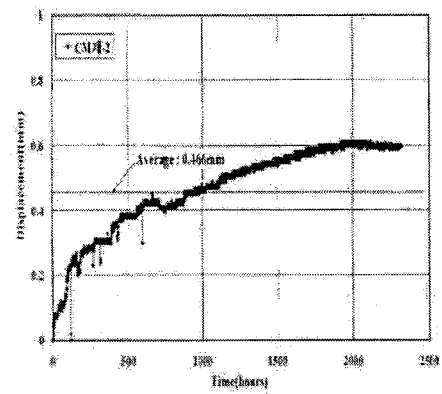
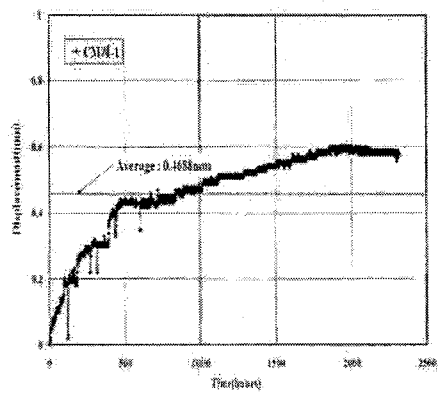
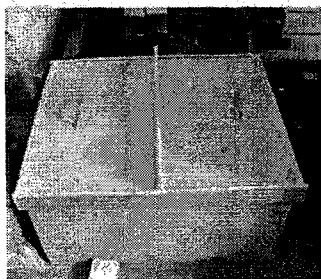
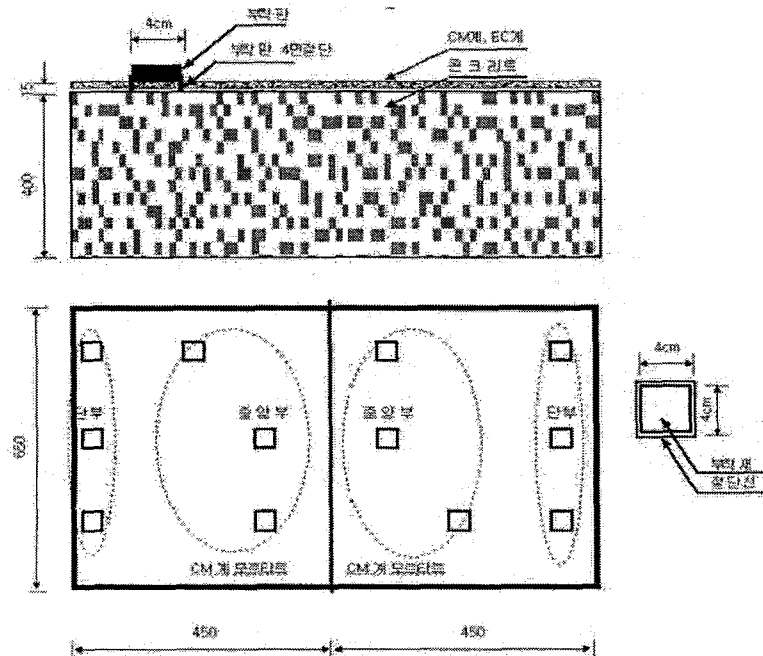


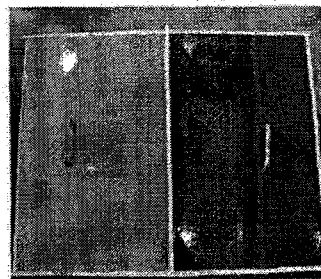
그림 3.34 재령에 따른 체적변화 비교

⑥ 부착응력 시험결과

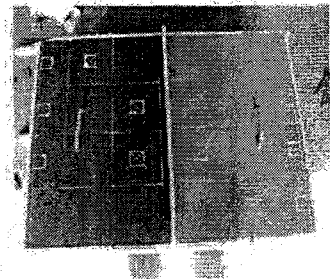
CM 모르타르 및 EC 모르타르의 부착강도를 파악하기 위하여 부착시험을 실시하였다. 시험편은 그림 3.35에 나타난 바와 같이 기 타설된 콘크리트 블록(650 x 900 x 400)을 2등분하여 CM 모르타르와 EC 모르타르를 각각 15mm 두께로 타설한 후, 일주일 양생 후 부착실험을 실시하였다.



(a)콘크리트 블록(타설 전)



(b)EC 및 CM



(c)모르타르 타설

그림 3.35 제형에 따른 제작변화 비교

부착시험 방법(그림 3.36 참조)은 정방형 형태의 부착판 (40 x 40)을 강력 접착력을 이용하여 부착한 후, 부착판 면을 따라 4면을 콘크리트 구조체 위치까지 절단하고, 부착기기로 부착시험을 실시하였다. CM 모르타르 및 EC 모르타르 모두 각각 단부 (모서리에서 부착판까지의 거리가 10mm 만큼 떨어진 위치) 와 중앙부로 나누어 3 개의 동일 시험편을 제작하였다. 단부는 기 설치된 콘크리트 블록의 압축강도는 28.8MPa 이다. 부착시험 결과 단부와 중앙부의 영향은 크지 않는 것으로 나타났으며, CM 모르타르(2.2MPa)와 EC 모르타르(2.1MPa)의 부착강도는 비슷한 수준인 것으로 나타났다.

표 3.19 부착시험 결과

시험체	CM 모르타르				EC 모르타르			
	단부		중앙부		단부		중앙부	
	하중 (N)	부착응력 (MPa)	하중 (N)	부착응력 (MPa)	하중 (N)	부착응력 (MPa)	하중 (N)	부착응력 (MPa)
1	3785	2.37	3099	1.94	4178	2.61	3707	2.32
2	3354	2.10	4393	2.75	2256	1.41	3413	2.13
3	3609	2.26	3119	1.95	3177	1.99	3354	2.10
평균	3583	2.24	3537	2.21	3204	2.00	3491	2.19

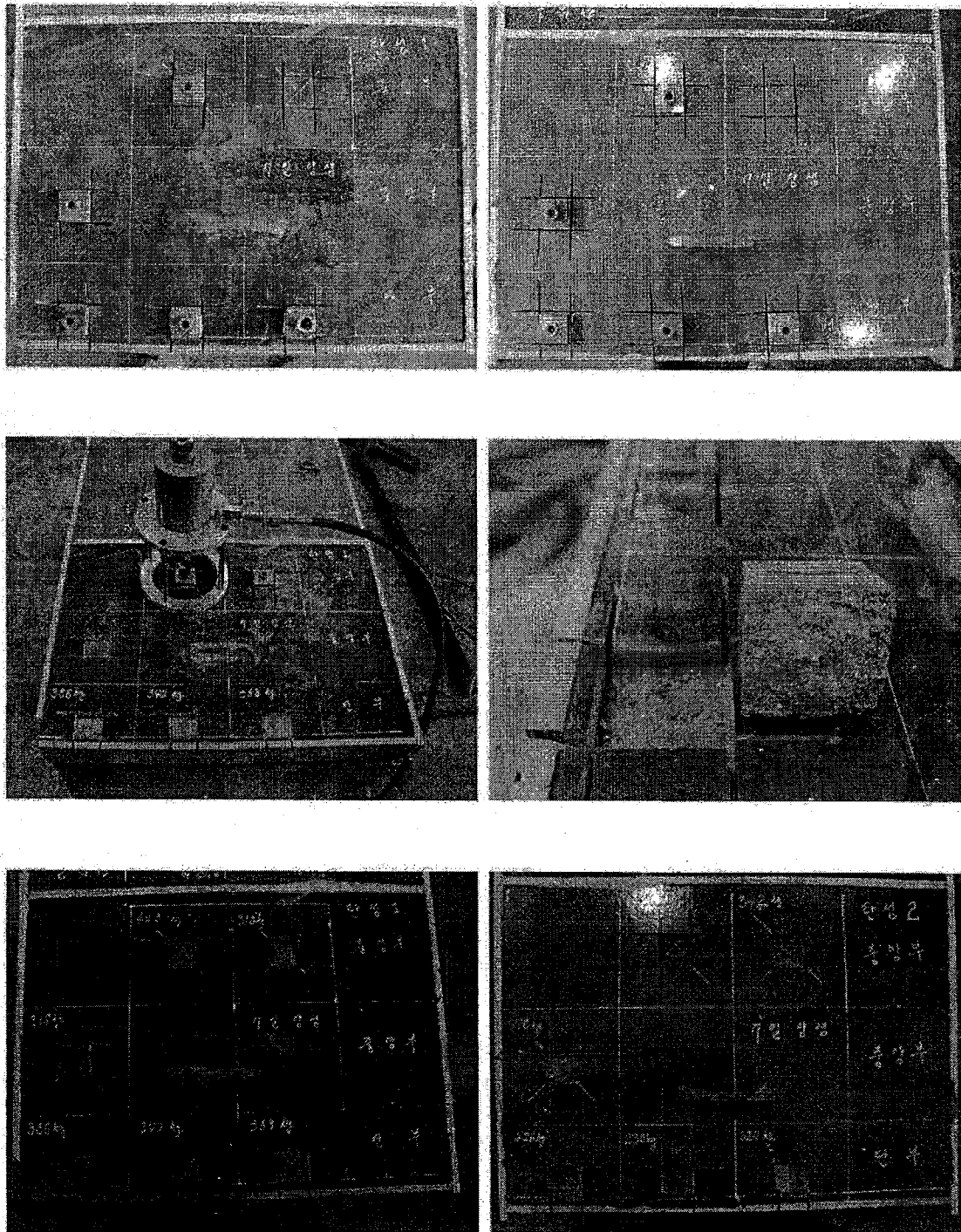


그림 3.36 부착시험 방법 및 파괴 상황

⑦ 내충격성 시험결과

교량의 신축이음 부분에는 차량 및 무거운 중장비들이 움직이게 되며, 이동시에 충격하중이 바닥판에 가해지게 된다. 이때 사용하는 바탕재 및 구성재료가 충격에 대한 저항성이 없다면, 패임, 손실 등 결함이 발생되게 된다. 특히 후타재는 재료의 특성상 이러한 결함을 최소화하기 위해서, 예상되는 여러가지 상황에 대한 저항성, 패임저항성, 충격회복성 등을 가지고 있어야 한다. 따라서 사용재료의 충격저항성을 확인하고, 그 적정여부를 판정하는 것이 중요하다. 내충격성 시험은 KS F 4921 (에폭시 수지계 방수/방식 도료)에 의거하여, 콘크리트 밀판(크기:300 × 300 × 60 mm)위에 본 충격충을 시공한 시험체를 대상으로 끝이 반구형인 추(선두직경 10mm, 질량 500 +2g)를 일정 높이(0.3m, 0.5m, 1.0m, 1.5m)에서 충격충 위로 낙하시킨 다음 충격충의 균열 및 박리가 되었는지의 유무를 육안으로 관찰하는 것이다. 표 3.20의 실험결과에 의하면 CM 모르타르와 EC 모르타르는 무수축 모르타르와 다르게 탄성에 대한 복원력이 우수하고, 특히 충격에 대한 강한 저항성을 지니고 있는 것을 알 수 있었다.

표 3.20 후타재 내충격성 시험 결과

	0.3 m	0.5 m	1.0 m	1.5 m
CM 모르타르 - 1	이상없음	이상없음	이상없음	이상없음
CM 모르타르 - 2	이상없음	이상없음	이상없음	이상없음
EC 모르타르 - 1	이상없음	이상없음	이상없음	이상없음
EC 모르타르 - 2	이상없음	이상없음	이상없음	이상없음
무수축 모르타르 - 1	이상없음	이상없음	이상없음	미세함몰
무수축 모르타르 - 2	이상없음	이상없음	이상없음	미세함몰

⑧ 인발성능 평가 실험

본 연구에 사용된 교량용 신축이음 장치에 적용되는 부착식 앵커의 인발성능을 파악하기 위해 인발실험을 수행하였다. 실험체는 3종류의 후타재(CM 모르타르, EC 모르타르, 무수축 모르타르)를 사용하였고, 묻힘길이 $10d_b$, $15d_b$ 각각 3개씩 제작하여 실험을 실시하였다.

㉑ 부착식 앵커의 사용재료 물성

부착식 앵커는 D30인 강봉을 이용하여 전조 방식으로 나사선을 제작하였다. 부착식 앵커의 형상은 그림 3.37과 같다. 그림 3.38은 D30인 강봉과 이 강봉을 이용하여 전조 방식으로 나사선으로 제작한 부착식 앵커를 인장시험을 통해 얻은 응력-변형률 곡선을 나타내었다.

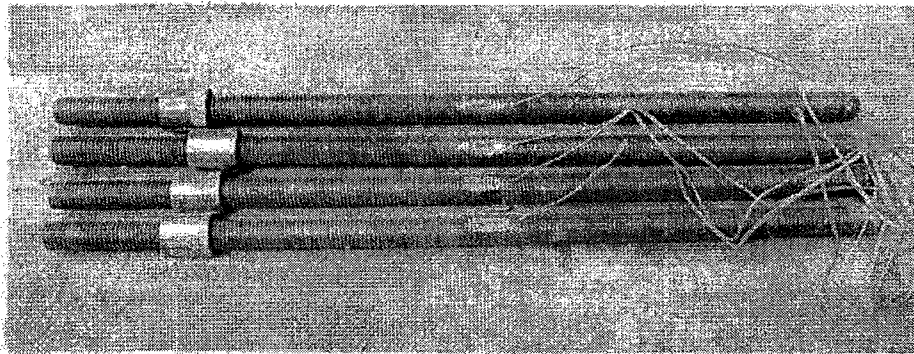


그림 3.37 부착식 앵커의 형상

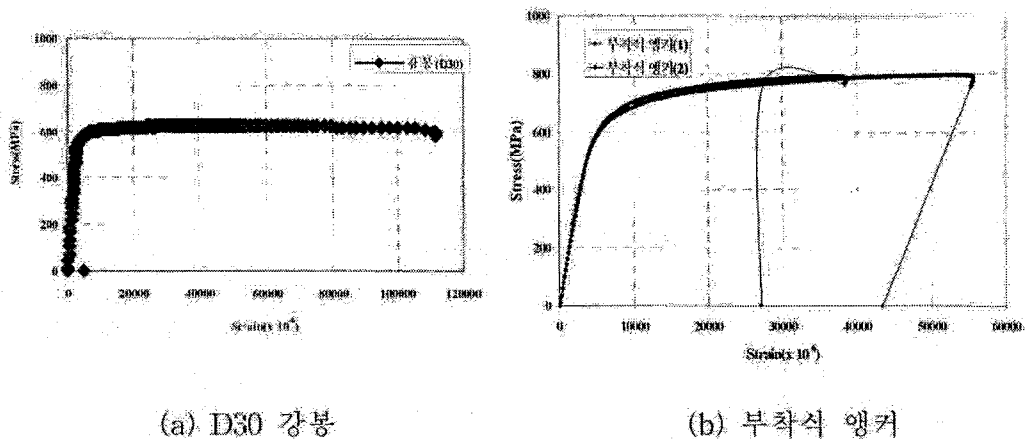
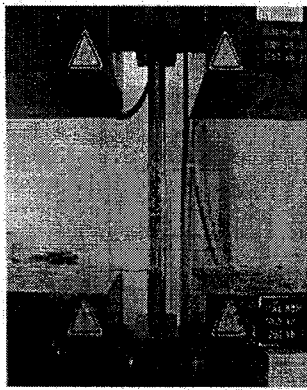


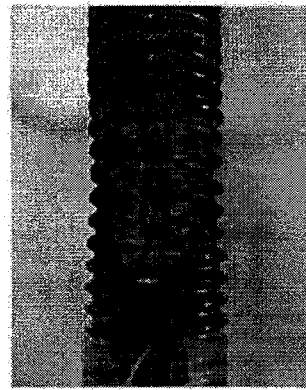
그림 3.38 응력도 변형도 곡선



(a) D30 강봉



(b) 부착식 앵커



(c) 최종파괴

그림 3.39 인장시험

인장시험 결과는 표 3.21에 정리하여 나타내었다. 표 3.21에서 항복강도는 그림 3.38에서 보는 바와 같이 항복점이 명확하지 않아서 0.2% offset 방법으로 결정하였다.

표 3.21 재료시험 결과

	지름 (mm)	단면적 (mm ²)	항복강도 (MPa)	항복변형율 ($\times 10^{-6}$)	최대강도 (MPa)	최대변형율 ($\times 10^{-6}$)
강봉	30	706.5	582	4,993	627	111,584
부착식 앵커	20	314.0	618	6,754	790	55,800

㉔ 인발 실험체 일람 및 제작

신축이음장치에 사용되는 모르타르의 종류에 따라 인발성능 실험체를 제작하였다. 실험체 일람표는 표 3.22에 나타내었다. 표에 나타난 바와 같이 실험체는 총 18개로, 모르타르의 종류(무수축 모르타르, CM 탄성콘크리트, EC 탄성콘크리트), 물 함량이 ($10d_s$, $15d_s$)를 주요 변수로 하였으며, 각 실험체 별로 동일하게 3개씩 제작하였다.

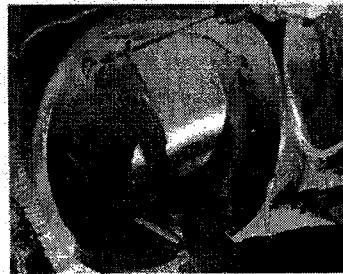
표 3.22 실험체 일람

No.	실험체명	후타재	문힘길이 d_b , (mm)	부착식 앵커 지름 (mm)	실험체 형상
1	Mor-10 d_b -1	무수축 모르타르	10 d_b , (200)	20 (동일)	가로×세로×높이 (300×500×300) 동일
2	Mor-10 d_b -2		10 d_b , (200)		
3	Mor-10 d_b -3		10 d_b , (200)		
4	Mor-15 d_b -1		15 d_b , (300)		
5	Mor-15 d_b -2		15 d_b , (300)		
6	Mor-15 d_b -3		15 d_b , (300)		
7	CM-10 d_b -1	CM 모르타르	10 d_b , (200)		
8	CM-10 d_b -2		10 d_b , (200)		
9	CM-10 d_b -3		10 d_b , (200)		
10	CM-15 d_b -1		15 d_b , (300)		
11	CM-15 d_b -2		15 d_b , (300)		
12	CM-15 d_b -3		15 d_b , (300)		
13	EC-10 d_b -1	EC 모르타르	10 d_b , (200)		
14	EC-10 d_b -2		10 d_b , (200)		
15	EC-10 d_b -3		10 d_b , (200)		
16	EC-15 d_b -1		15 d_b , (300)		
17	EC-15 d_b -2		15 d_b , (300)		
18	EC-15 d_b -3		15 d_b , (300)		

실험체 제작과정은 그림 3.40과 같다.



(a) 거푸집 제작



(b) 모르타르 배합



(c) 모르타르 타설

그림 3.40 실험체 제작과정

㉔ 실험체 설치 및 실험방법

실험체 설치는 그림 3.41과 같다. 그림에서 보는 바와 같이 골조형 스트롱 프레임 상부에 1000kN 액추에이터를 설치하고, 하부 프레임에 인발실험체는 고정하였다. 액추에이터 단부와 부착식 앵커 단부의 연결은 별도의 철물을 제작하여 연결하였다. 인발시 부착식 앵커에 발생하는 변형율을 측정하기 위하여 후타재 표면으로부터 50mm 떨어진 동일 위치에 2개의 철근 변형게이지를 부착하였다(그림 3.41 참조). 그리고 인발시 부착식 앵커의 미끄러짐 변위를 측정하기 위하여 앵커의 앞 부분(loaded end)과 뒷 부분(free end)에 각각 2개와 1개의 변위계(LVDT) 설치하였다.

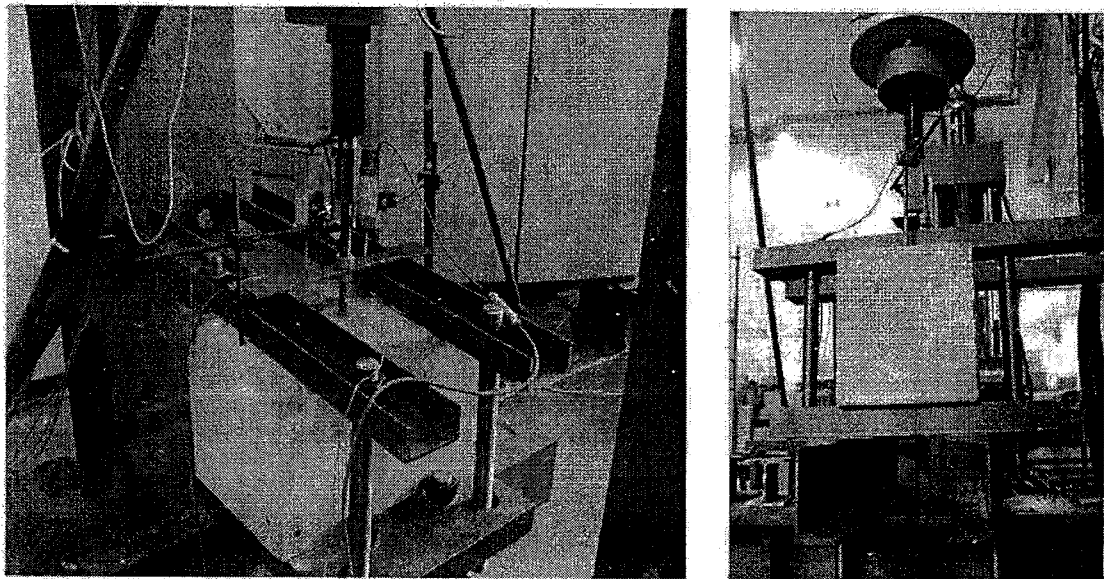
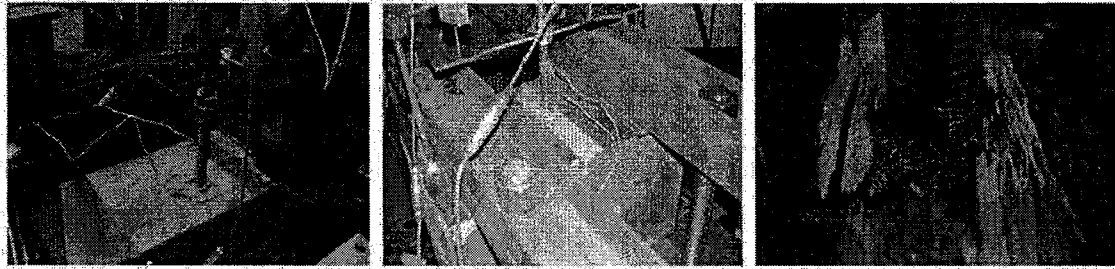


그림 3.41 실험체 설치 상황

㉕ 실험결과

실험체의 응력도-변위 곡선을 그림 3.42와 그림 3.43에 각각 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 모두 뿔힘파괴에 의해 최종파괴 되었다. 뿔힘파괴가 발생하기 전에는 앵커 뒷부분의 변위(free end)는 발생되지 않고 하중단에서의 탄성변형에 의한 변위만 발생하였다. 인발하중이 증가할수록 뒷부분의 변위가 발생되고 최종적으로 뿔힘파괴에 도달되어 하중이 급격하게 감소되었다.

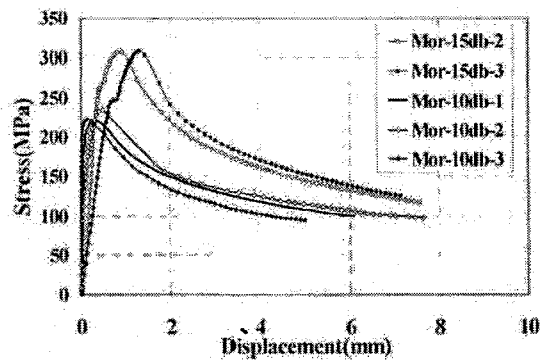


(a) 무수축 모르타르

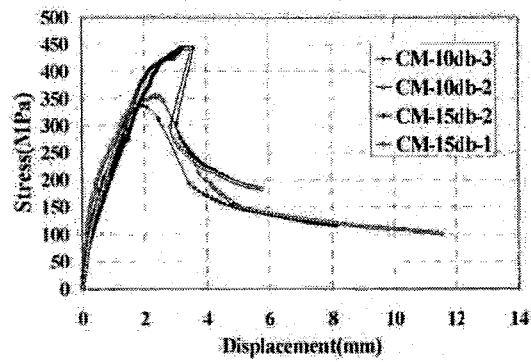
(b) CM 모르타르

(c) EC 모르타르

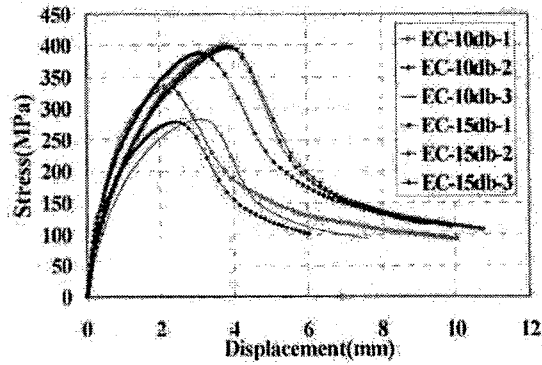
그림 3.42 실험체 파괴사진



(a) 무수축 모르타르



(b) CM 모르타르



(c) EC 모르타르

그림 3.43 하중단에서의 응력도 변위 곡선

각 실험체의 최대하중, 응력도 및 변형율 등의 실험결과를 표 3.23에 정리하여 나타내었으며, 표에서 보는 바와 같이 인발시 최대 하중은 69.8kN~138.9kN 값을 가지며 이 때 앵커에 발생하는 응력은 222.2MPa~442.2MPa 수준(앵커의 재료시험에서 얻은 항복하중의 36%~72%의 수준)으로 나타났다. 이 값은 앵커 하나당 받는 인발시 하중으로 신축이음장치에 차량이 통과하는 하중이 116.6kN 보다 작은 값을 가지나, 차량 폭 내에 앵커를 2-3개 정도 설치 가능하므로 충분히 안전한 값을 확보할 것으로 판단된다.

표 3.23 실험결과

실험체명	최대하중	최대하중시 변위	응력 f_s	변형율	A	f_y	f_s/f_y	파괴모드
	kN	mm	MPa	micro	(mm ²)	618	0.36	뽑힘파괴
Mor-10db(1)	69.8	0.51	222.2	1741	314	ditto	0.36	ditto
Mor-10db(2)	73.6	0.67	234.5	1811	314	ditto	0.38	ditto
Mor-10db(3)	70.0	0.41	223.0	1308	314	ditto	0.36	ditto
Mor-15db(1)	-	-	-	-	-	-	-	-
Mor-15db(2)	96.1	0.93	306.1	2069	314	ditto	0.50	ditto
Mor-15db(3)	96.8	1.31	307.0	2228	314	ditto	0.50	ditto
CM-10db(1)	-	-	-	-	-	-	-	-
CM-10db(2)	111.5	2.41	355.2	3324	314	ditto	0.57	ditto
CM-10db(3)	106.2	1.97	337.8	3028	314	ditto	0.55	ditto
CM-15db(1)	138.7	3.52	441.6	-	314	ditto	0.71	ditto
CM-15db(2)	138.9	3.59	442.2	-	314	ditto	0.72	ditto
CM-15db(3)	-	-	-	-	-	-	-	-
EC-10db(1)	105.4	2.15	335.5	3265	314	ditto	0.54	ditto
EC-10db(2)	87.5	2.43	278.7	2717	314	ditto	0.45	ditto
EC-10db(3)	89.0	3.06	283.5	2352	314	ditto	0.46	ditto
EC-15db(1)	124.6	3.90	396.9	5091	314	ditto	0.64	ditto
EC-15db(2)	125.5	3.87	399.8	4876	314	ditto	0.65	ditto
EC-15db(3)	121.6	3.12	387.2	4285	314	ditto	0.63	ditto

(3) 신축이음장치용 앵커 개발

1) 개요

제품의 하자, 교통량의 증가, 소홀한 시공, 미숙한 보수, 적기 미보수 등으로 신축이음장치는 교량의 구성요소 중에서 가장 파손이 빈번한 부재이다. 신축이음장치의 종류는 Finger joint, Wing flex joint, Inger joint, Mono cell joint, Rail joint 등으로 구분하고 있는데, 교량 종류에 따른 신축량의 범위와 기능에 따라서 사용하고 있으며, 최근에는 시공성이 우수한 핑거조인트(Finger joint)를 많이 사용하고 있다. 그러나 핑거조인트는 중차량 통과에 따른 충격과 진동하중으로 인한 후타재의 파손이 심하고, 또한 신축이음장치를 후타재에 고정하기 위해서 사용하는 앵커의 풀림 현상이 많이 발생하고 있다(그림 3.44).

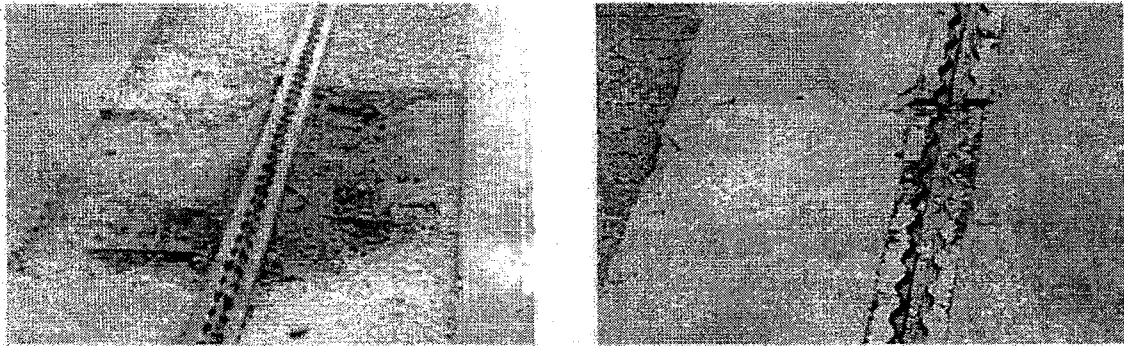


그림 3.44 교량 신축이음부의 후타재 파손

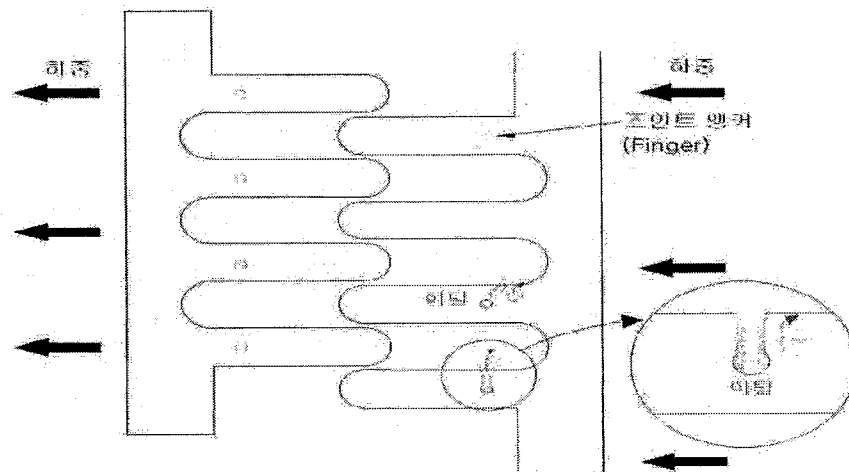


그림 3.45 핑거조인트 앵커 이탈

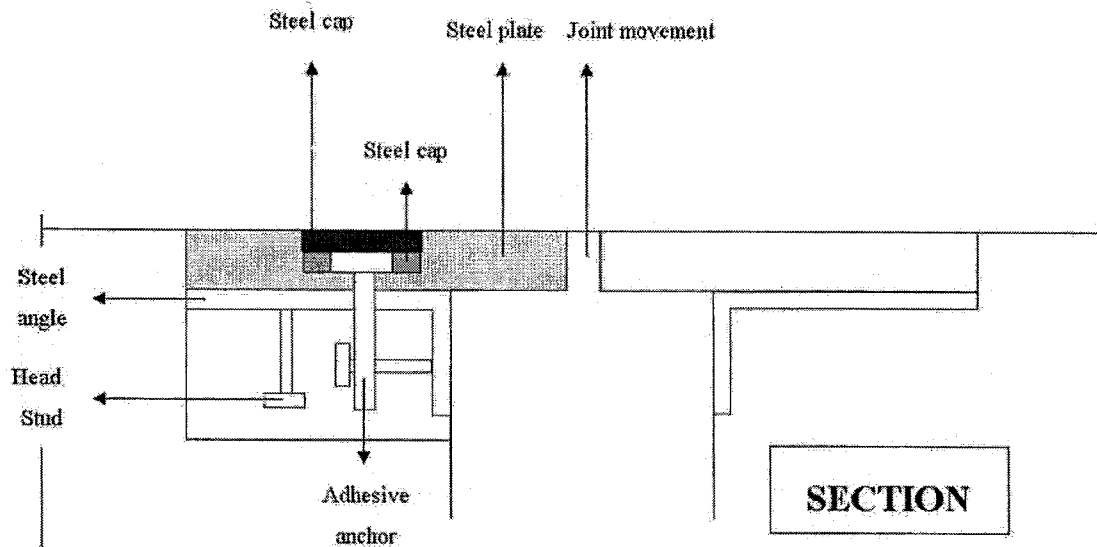
특히 후타재의 파손은 핑거조인트 뿐 아니라 모든 신축이음장치에서 공통적으로 발생하는 현상으로서 기존 후타재로는 신축이음장치의 종류와 관계없이 차량의 충격하중을 충분히 흡수할 수 없는 것을 알 수 있다. 그러므로 차량이 교량의 신축이음장치를 통과 할 때에 가해지는 충격하중으로부터 하자 발생 원인을 제거하기 위해서는 충격하중을 흡수할 수 있는 후타재의 개발 및 나사의 풀림 현상을 미연에 방지하기 위한 앵커시스템의 개선이 절실히 필요하다.

2) 신축이음장치 상세(안) 제안

교량 신축이음장치용 앵커를 개발하기 위해서는 신축이음장치의 상세에 따라 시공성, 경제성, 앵커의 구조안정성 평가 등이 달라지므로 앵커 개발은 신축이음장치와 더불어 개발되어야 한다. 앵커 개발에 앞서 제안된 신축이음장치 상세(안)은 그림 3.46과 같이 모두 4종류이며, 이 중 마지막 상세 (안)을 채택하였다. 채택된 신축이음장치 상세는 신축이음장치가 본래의 기능을 원활히 수행하는데 필요한 다음과 같은 기본적인 사항을 고려하였다.

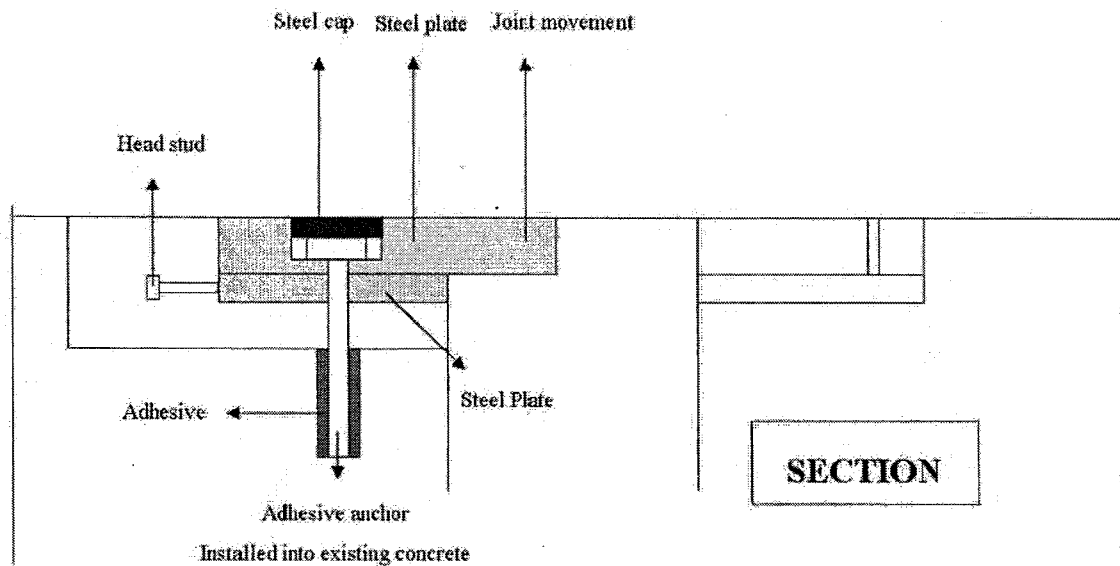
- ㉠ 신축량을 수용할 수 있는 유간을 확보
- ㉡ 교량상판의 처짐에 의한 변위에 대응할 수 있을 것
- ㉢ 신축이음장치가 포장과 평탄성을 유지
- ㉣ 교량과 신축이음장치가 일체성
- ㉤ 완전한 방수 및 배수
- ㉥ 구조가 간단하여 시공이 편리하고 유지보수가 용이할 것
- ㉦ 신축이음장치가 설치되는 교량상판 단부는 충분히 보강될 것

Schematics of a expansion joint design



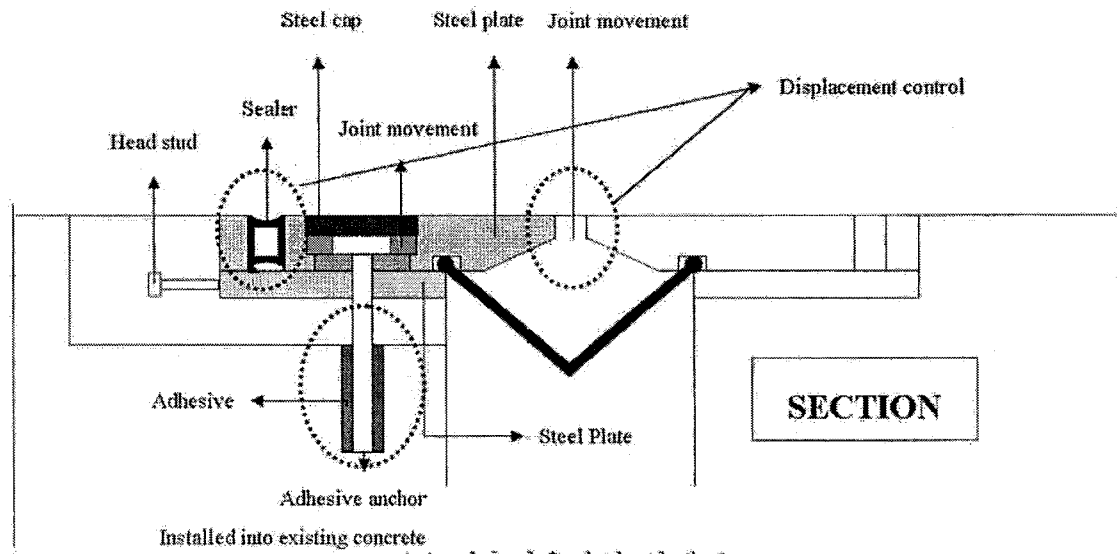
(a) 신축이음장치 상세 1.

Schematics of a expansion joint design



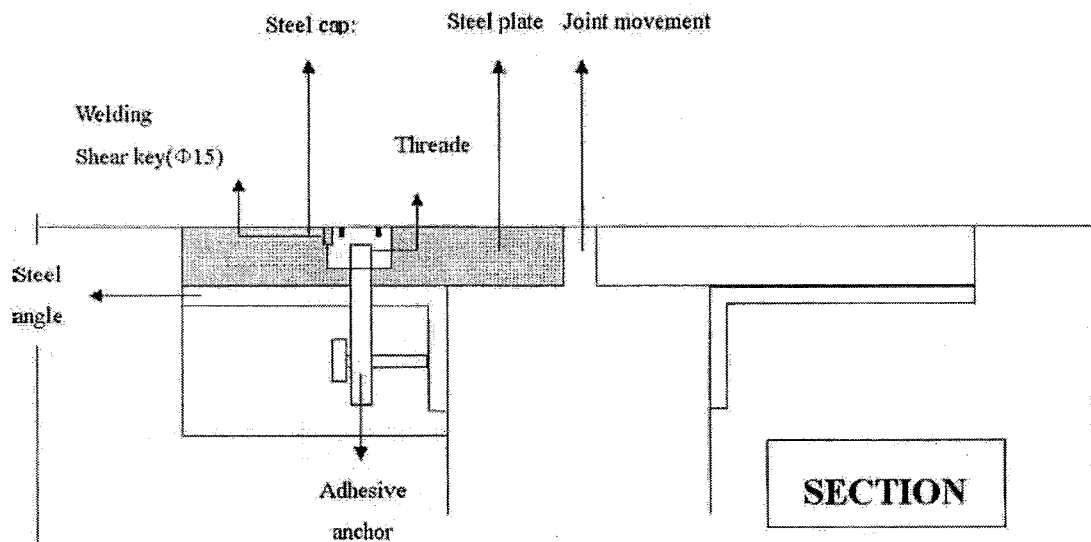
(b) 신축이음장치 상세 2.

Schematics of a expansion joint design



(c) 신축이음장치 상세 3.

Schematics of a expansion joint design



(d) 신축이음장치 상세 4.

그림 3.46 신축이음장치 상세 제안

3) 나사 풀림 현상을 방지하기 위한 앵커 시스템 개발

나사 풀림 현상을 방지하기 위한 앵커는 크게 부착식 앵커와 앵커 캡으로 이루어져 있다. 부착식 앵커 형태는 그림 3.47과 동일하며, 총 길이는 312mm로 문힘길이 15db(300mm)와 앵커 캡에 연결되는 12mm를 합한 길이이다.

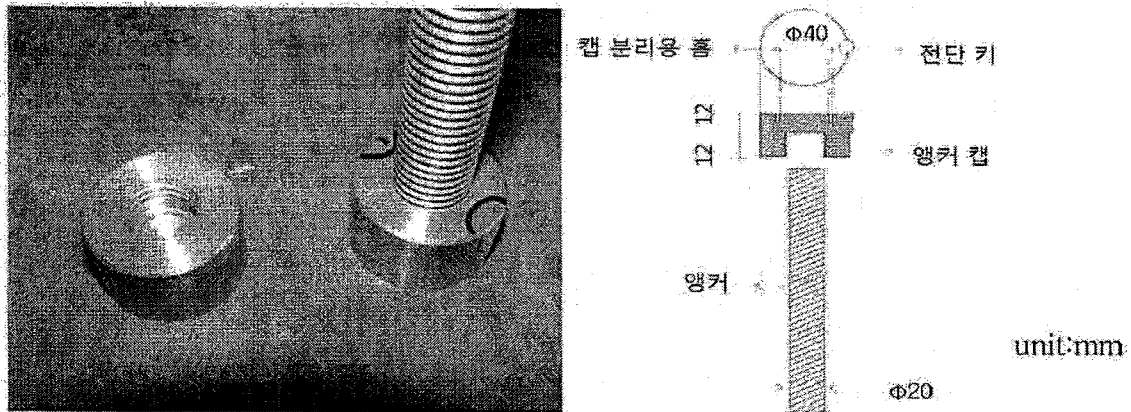


그림 3.47 나사풀림 현상을 방지하기 위한 앵커 고정장치

앵커 캡의 안쪽형태는 부착식 앵커가 체결될 수 있도록 내경 20mm, 깊이 12mm인 암나사 형식으로 홈이 나 있고, 바깥형태는 외경 40mm, 두께 24mm인 원통형이며, 나사선이 없다(그림 3.47 참조). 이는 그림 3.48과 같이 신축이음장치 상부판을 앵커 캡과 동일한 크기의 홈을 낸 부분에 그대로 끼우기 위해서이다. 상부판에 앵커 캡을 끼운 후에는 상부판과 앵커 캡을 일체시키기 위하여 전단키를 설치하고 전단키 둘레를 용접하게 된다.

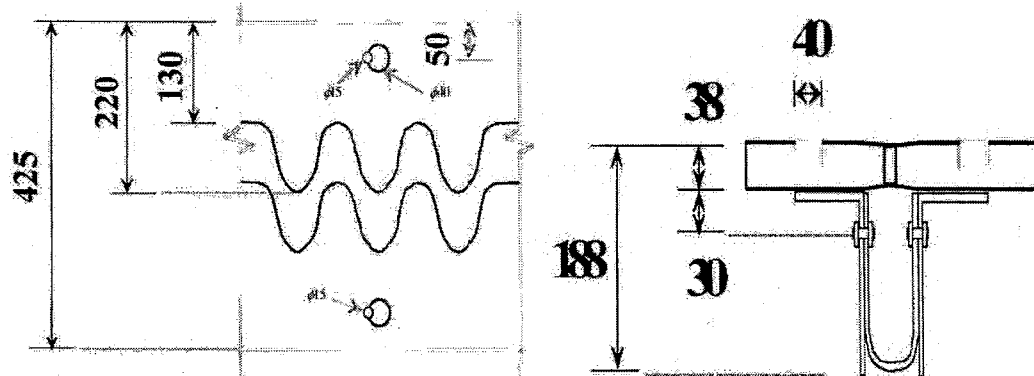


그림 3.48 신축이음장치 상부판 앵커 캡 위치

부착식 앵커 설치 순서는 다음과 같다.

첫째; 부착식 앵커와 앵커 캡을 체결한다(그림 3.47 참조).

둘째; 신축이음장치 상부판의 홈(지름 40mm, 깊이 24mm) 안에 앵커 캡을 넣는다.

셋째; 신축이음장치 상부판과 앵커 캡을 관통하는 지름 15mm, 깊이 10mm인 홈을 낸다.

넷째; 홈과 동일한 지름 15mm, 높이 10mm인 봉(전단키)를 넣고 전단키 둘레를 용접한다.

부착식 앵커 고정장치를 현장에 적용하기 위해서는 부착식 앵커의 인발 성능, 앵커 캡의 성능, 전단키의 역할 등이 규명되어야 하며, 부착식 앵커의 설치 후 해체가 가능한지 여부를 확인하여야 한다.

이를 확인하기 위하여 "교량신축이음장치 시험방법(KS F 4425)" 따라 실험을 실시하였으며, 본 실험에 앞서 앵커 캡의 성능 및 전단키의 역할을 규명하기 위하여 부분 선행실험을 실시하였다.

4) 신축이음 장치 부분 선행실험

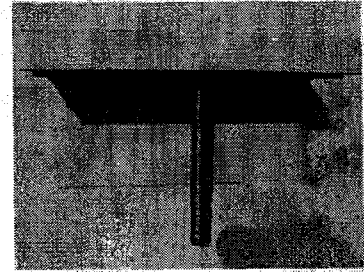
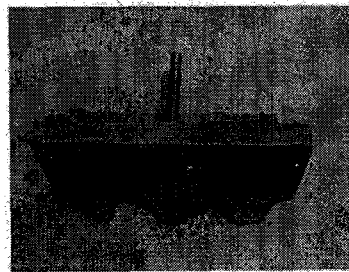
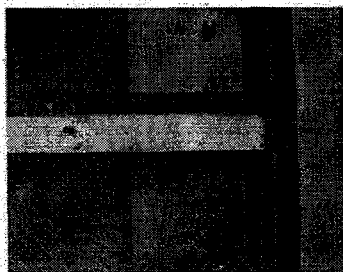
① 실험개요

KS F 4425 시험 방법에 따른 실험에 앞서 부분 선행실험을 실시하였다. 부분 선행실험의 목적은 앵커 캡의 성능을 위한 크기 결정, 전단키의 크기 결정, 실험 후 앵커 시스템의 해체유무를 확인하기 위해서이다. 앵커 캡의 크기는 신축이음장치의 상판 두께와 부착식 앵커 지름(20mm)을 고려하여 결정되었으며(지름 : 40mm, 높이 : 24mm), 앵커 캡과 부착식 앵커가 체결되는 압나사 부분은 높이가 24mm인 점을 감안하여 12mm로 결정하였다.

신축이음장치 상부판과 앵커 캡을 관통하는 전단키 크기결정은 지름 10mm 또는 15mm로 결정하였다. 결정된 부착식 앵커 캡과 전단키 크기는 시공성과 구조안전성 및 제작 경험 등의 종합적인 판단으로 결정된 것이며, 최적의 단면 상태는 향후 추가적인 실험이 필요하다. 단지 선행실험에서는 본 실험에 앞서 앵커 고정장치에서 문제가 발생되는지 판단여부와 해체가 용이한지를 확인하기 위한 실험이다.

② 실험체 제작 및 실험체 일람

선행실험체는 그림 3.49에 나타난 바와 같이 현재 생산되는 핑거형 조인트의 일부를 이용하여 제작하였다.



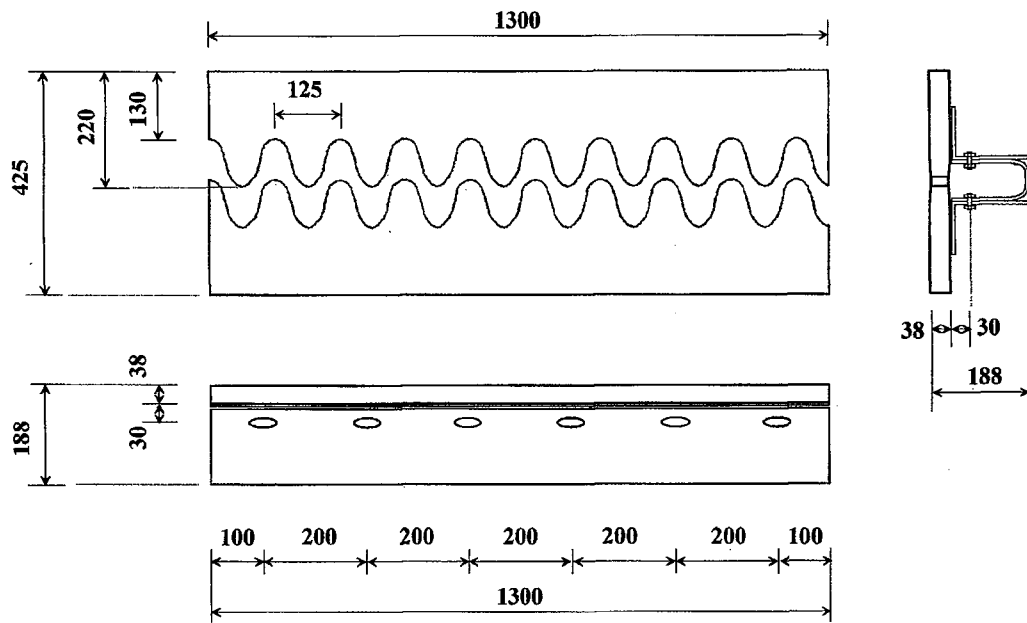


그림 3.49 핑거형 조인트 치수 및 형상

핑거형 조인트를 3등분하여 그림 3.50과 같이 선행실험체의 강재 부분을 제작하였으며, 후타재를 타설하기 위한 거푸집 형상 및 배근상황 및 선행실험체의 제작과정은 그림 3.51과 같다.

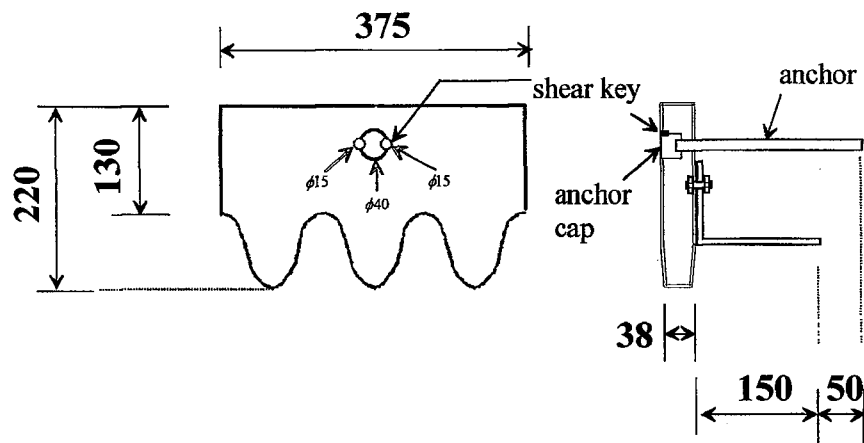
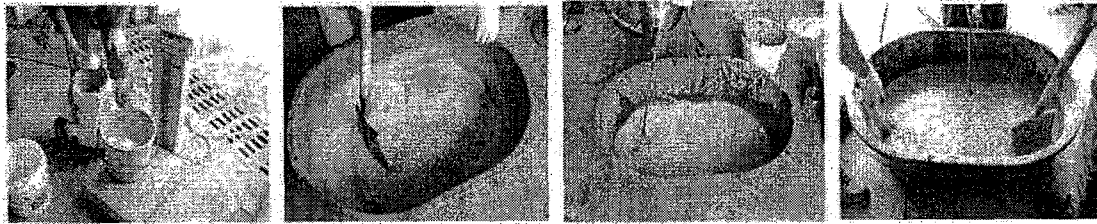
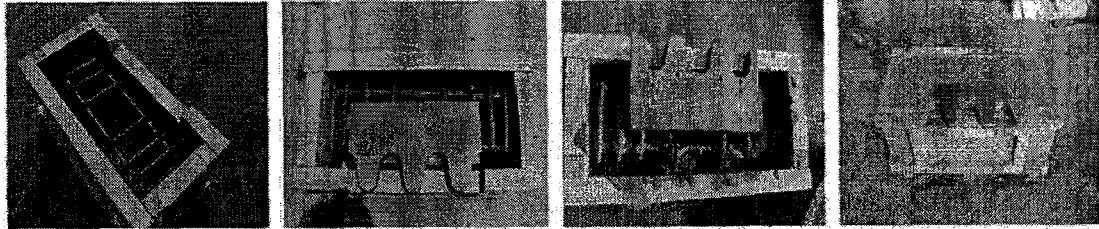


그림 3.50 부분 선행연구 실험체 강재의 형상 및 치수



(a) 개량 (b) 골재 혼합 (c) 주재와 경화제 혼합 (d) 혼합물 배합



(e) 거품집 (b) 조인트 설치 (c) 후타재 타설 (d) 양생

그림 3.51 전행 실험체 제작과정

실험체는 모르타르 종류와 전단키 수를 변수로 하여 총 4개를 제작하였다(표 3.24참조).

표 3.24 전행실험체 일람

실험체명	후타재 종류	전단 키 지름 (지름, mm)	전단 키 높이 (mm)	전단키 개수
CM-S15-1	CM 모르타르	15	10	1
EC-S15-1	EC 모르타르			
Mor-S15-1	무수축 모르타르			
Mor-S15-2	무수축 모르타르			2
note : CM, EC, Mor : 모르타르 종류, S : 전단키, 15 : 전단키 지름(mm), 1, 2 : 전단키 개수				

③ 실험방법 및 결과

선행실험은 앵커 캡 및 전단키의 이상 유무를 확인하기 위한 목적으로 실시하였다. 실험방법 "교량신축이음장치 시험방법(KS F 4425)" 따라 최소 22.54 kN(2.3 tonf), 최대 116.62 kN(11.9 tonf)하중을 1사이클로 하여 3Hz 주파수로 2,000,000회 피로하중을 가력하였다. 실험 기간은 약 7.7일이 소요되며, 실험이 진행되는 동안 후타재에 발생하는 균열 및 신축이음장치 부분의 손상정도를 육안으로 확인하고 사진으로 기록하였다. 그림 3.52와 그림 3.53은 실험상황과 실험 후 실험체의 형상을 각각 나타낸 것이다. 그림 3.53에 보는 바와 같이 2,000,000회가 진행된 후의 신축이음 장치의 손상정도는 확인할 수 없었으며, 앵커 캡 부분과 전단키에서의 문제는 발생되지 않았다. 4개의 실험체 모두 피로하중 후의 이상증후는 발견되지 않았다. 따라서 앵커 캡과 전단키의 크기는 기준에서 정의하는 하중 이상의 구조적 성능을 발휘하는 것으로 판단된다.

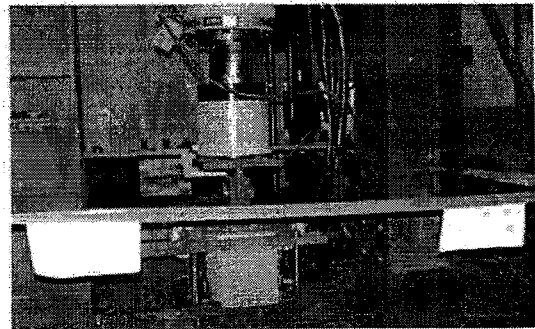
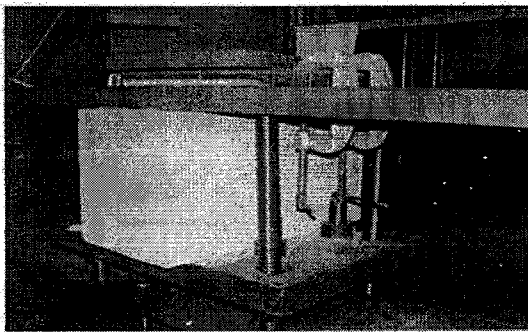


그림 3.52 피로실험 상황(선행실험체)

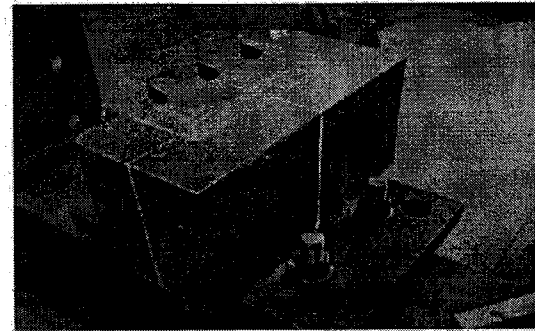
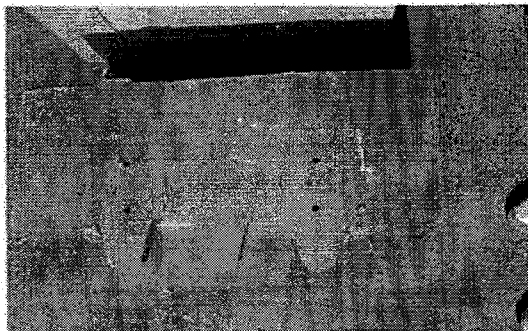


그림 3.53 최종 파괴상황

④ 앵커 고정장치 해체

앵커 고정장치의 해체순서는 설치 순서의 반대로 진행된다. 먼저 전단기를 제거하고 앵커 캡을 반시계 방향으로 돌려 분리하고, 상판을 분리시킨다. 이러한 일련의 과정들이 순조롭게 진행되는 것을 확인할 수 있었으며, 그 과정을 그림 3.54에 나타내었다.

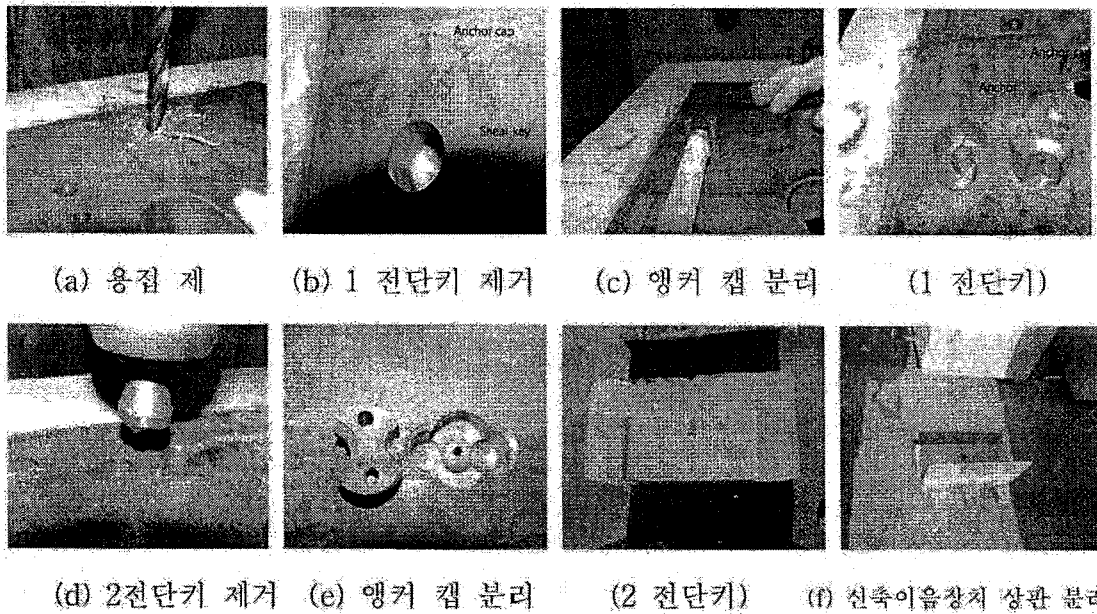


그림 3.54 앵커 고정장치 해체 및 상판 분리과정

⑤ 신축이음 장치 피로시험

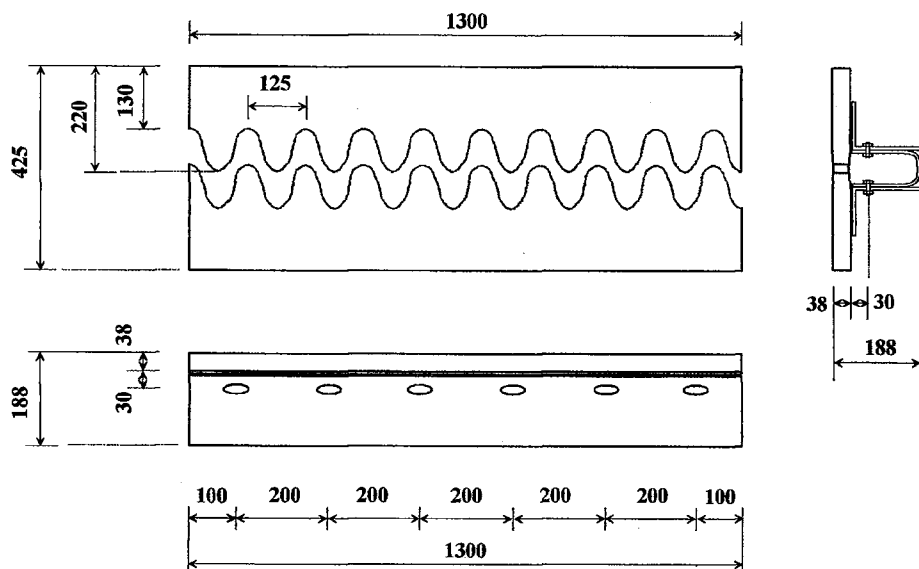
㉓ 실험개요

부분 인장실험을 통해 앵커 캡 및 전단키의 이상 유무를 확인하고, 신축이음장치의 상부판이 분리되는지를 확인하였다. 본 실험은 부분 선행실험과 동일하게 "교량 신축이음장치 시험방법(KS F 4425)" 따라 실험을 실시하였다. 본 실험의 목적은 후타재를 무수축 모르타르 대신 개발된 CM계 모르타르 또는 EC계 모르타르를 사용할 수 있는지를 확인하기 위해서이다.

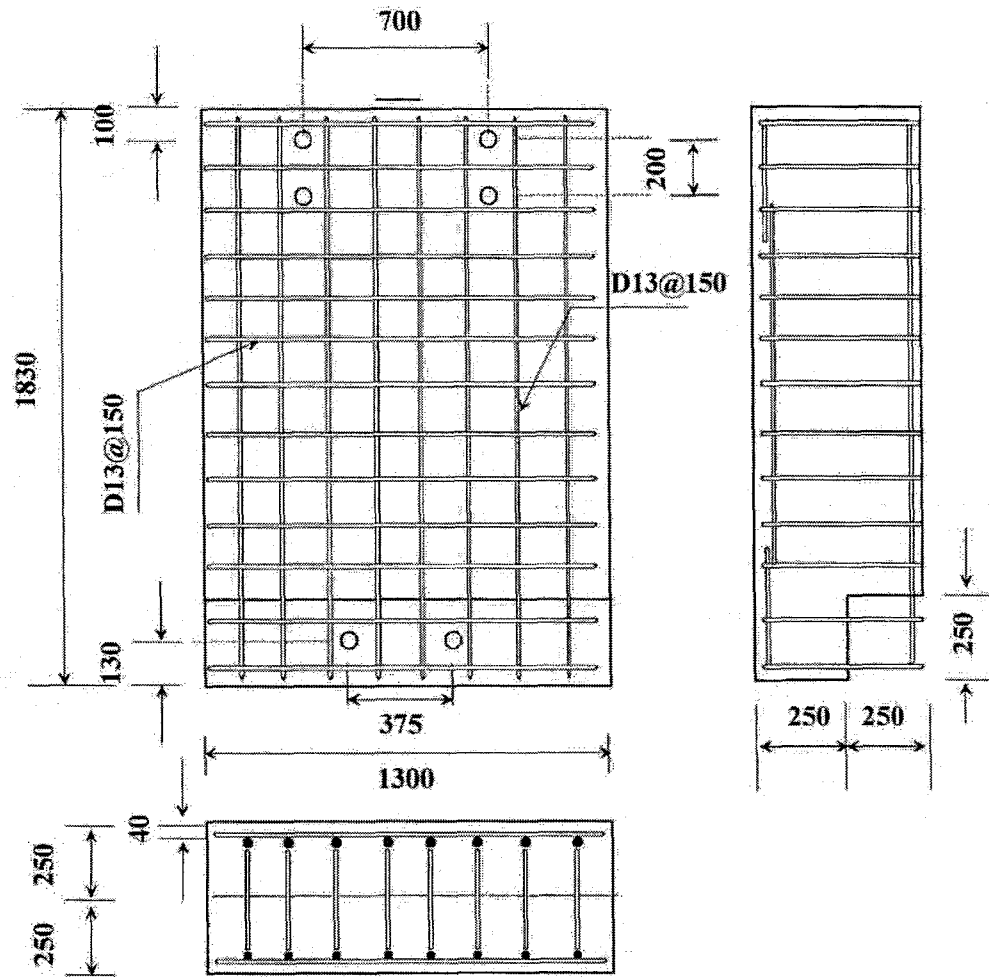
㉔ 실험체 배근 및 일람

실험체 형상 및 배근상황은 그림 3.55에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 실험체 폭은 신축이음장치의 폭과 동일하게 1300mm로 하였으며, 실험체 길이는 실험실의 여건에 따라 1830mm로 결정하였다. 그리고 실험체 높이는 후타재가 타설되는 부분과 기존콘크리트의 두께를 고려하여 500mm로 결정하였다.

실험체 제작은 그림 3.56에 나타난 바와 같이 1. 실험체 거푸집 및 배근 2. 콘크리트 타설 3. 실험체 양생 4. 신축이음장치 설치 5. 후타재를 타설하기 위한 거푸집 제작 6. 후타재 타설 7. 후타재 양생 순으로 이루어 졌다.

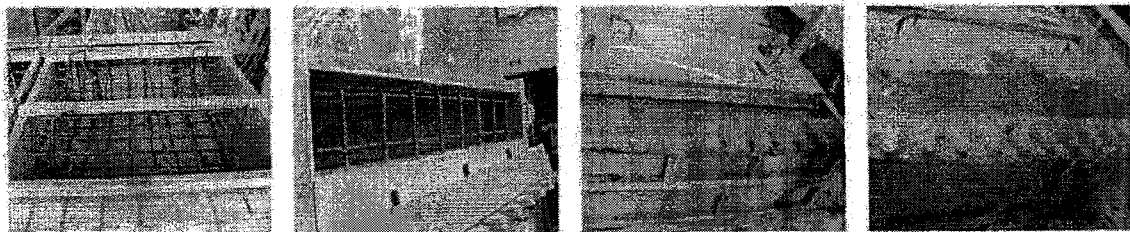


(a) 신축이음장치 형상 및 치수



(b) 거푸집 및 철근 배근상황

그림 3.55 실험체 형상 및 배근상황(본 실험체)



(a) 거푸집 제작 (b) 후타재용 거푸집 (c) 신축이음장치 설치 (d) 후타재 양생

그림 3.56 실험체 제작과정

신축이음장치에 설치된 앵커 시스템은 선행실험체와 동일하며, 후타재는 CM 모르타르, EC 모르타르, 무수축 모르타르를 사용하여 각각의 실험결과를 비교하였다.

㉔ 실험방법 및 결과

실험체 설치 상황은 그림 3.57과 같다. 그림에서 보는 바와 같이 시공과 동일한 방법으로 신축이음장치를 설치하고, 각각 제작된 실험체를 맞물려 설치하였다. 실험은 선행실험과 동일한 방법으로 "교량신축이음장치 시험방법(KS F 4425)" 따라 최소 22.54 kN(2.3 tonf), 최대 116.62 kN(11.9 tonf)하중을 1사이클로 하여 3Hz 주파수로 2,000,000회 피로하중을 가력하였다. 실험 기간은 약 7.7일이 소요되며, 실험이 진행되는 동안 후타재에 발생하는 균열 및 신축이음장치 부분의 손상정도를 육안으로 확인하고 사진으로 기록하였다.

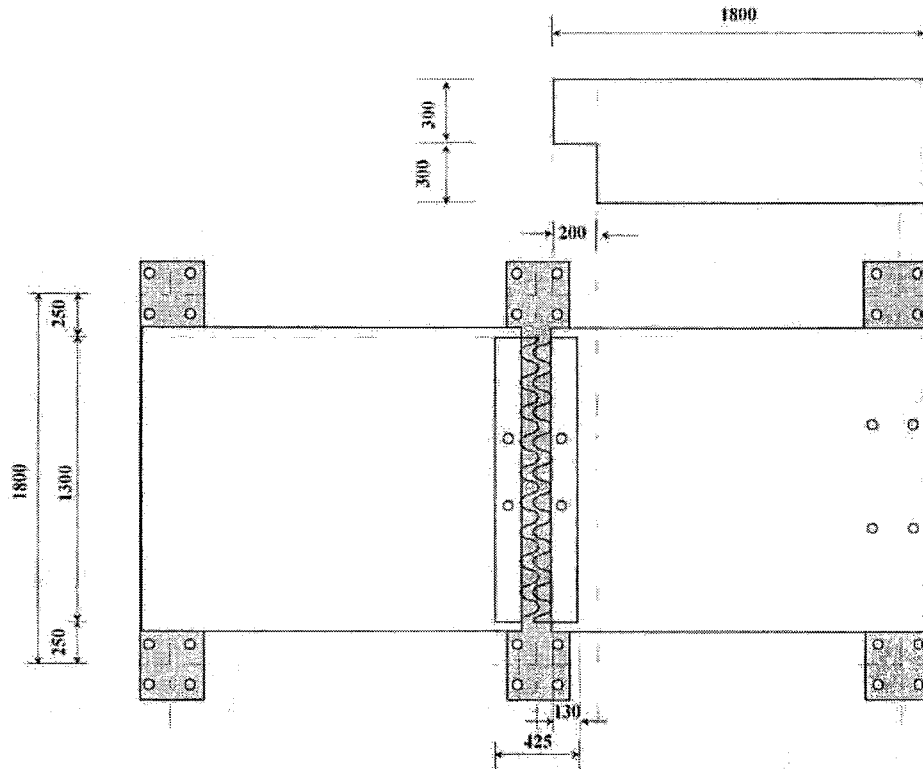


그림 3.57 실험체 설치상황

2,000,000회를 실시한 후의 최종파괴 상황은 그림 3.58에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 모든 실험체가 양호한 상태로 실험이 종료되었으며, 후타제에서의 균열이나 앵커시스템에서의 구조적 결함은 발견되지 않았다.

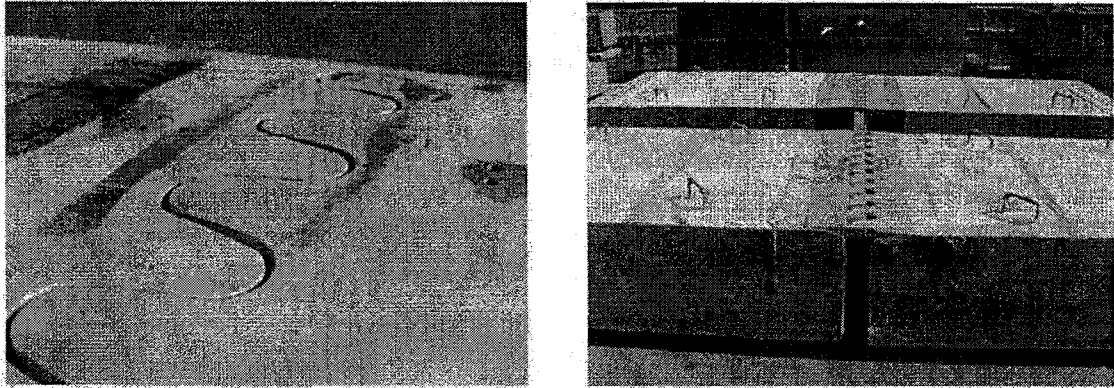


그림 3.58 최종파괴 상황

(4) 결론

본 연구를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 개발된 친환경 폴리우레탄 시멘트 바인더(CM)와 친환경 고경도 폴리우레탄 바인더(EC)는 에폭시 수지에 비하여 유연성이 좋으며, 내약품성 · 내유성 · 내산성이 우수하다.
2. 친환경 폴리우레탄 바인더를 이용해서 개발된 후타재용 CM 모르타르, EC 모르타르는 인장강도, 포아송비, 건조수축 등의 물성치가 기존 수입 제품보다 우수하다.
3. 신축이음장치의 고정용으로 사용되는 앵커는 인발성능 실험을 통해서 앵커의 문힘길이를 결정하였으며, 이를 근거로 부착식 앵커의 개수를 결정할 수 있다.
4. 나사가 풀리지 않는 신축이음장치 상세를 제안하였으며, 부분 인장실험을 통해서 구조적 안전성을 규명하였다.
5. 실물 크기의 피로시험을 통해서 품질이 규명된 CM 모르타르, EC 모르타르 및 앵커고정장치는 신축이음장치에 사용이 가능하고, 하중 재하시에 신축이음장치와 같이 거동하므로써 내구성 및 구조적 안전성이 우수하다.
6. 본 연구에서 개발된 후타재 및 앵커고정장치는 시공시방서 및 설계지침서에 따라 현장에서 쉽게 적용이 가능하고, 사용성이 우수하다.

(5) 시방서

1) 명칭

후타재용 친환경성 폴리우레탄계 고내충격성 모르타르(CM 모르타르, EC 모르타르)를 적용한 앵커 풀림 방지 장치된 교량 신축이음장치 설치

2) 기술개요

전단키와 앵커캡을 이용해 기존에 발생하던 앵커풀림 현상을 방지한 새로운 교량신축이음장치를 설치하고 내구성과 충격저항성이 우수한 친환경 폴리우레탄계 모르타르(CM 모르타르, EC 모르타르)를 후타재로 사용하여 신축이음장치 설치를 완성하는 친환경적이고 우수한 방법

3) 앵커풀림 방지 신축이음장치 설치

① 일반사항

- ㉠ 본 시방서에 언급되는 신축이음장치는 핑거타입 신축이음장치(Finger Type Expansion Joint)로 한정한다.
- ㉡ 교량의 상부구조의 변위와 변형을 원활하게 함으로써 2차 응력을 최소화하여 차륜이 교면을 안전하게 주행하도록 평탄성을 유지하고 교면수와 각종 오물이 교량 하부구조로 유입되는 것을 저지하며 콘크리트 부식을 방지하도록 하여야 한다.
- ㉢ 신축이음장치는 ISO 9000 시리즈 인증업체에서 품질관리절차에 따라 생산된 제품을 사용하여야 한다.
- ㉣ 신축이음장치의 신축량은 상온 15℃를 기준으로 하여, 설치온도를 측정하고 신축량을 계산하여 감독원의 승인을 득한 후 설치한다.
- ㉤ 신축량은 상부구조의 온도변화, 활하중에 의한 상부구조의 변위, 콘크리트의 크리이프와 건조수축, 설치시의 온도, 여유량 등을 고려하여 산정하여야 한다.

- ㉞ 신축이음장치의 신축은 설치온도를 기준한 신축량, 회전 및 도로교 표준시방서에 규정된 하중에 의한 중.횡방향으로 지지되도록 설계된 구조 계산서, 공장 제작도면 등에 관해 충분히 검사하여 작성한다.
- ㉟ 신축이음장치에 사용하는 Rubber seal은 반드시 타이어 코드계로 보강되어야 하며, 공급원 승인전 견본을 제출하여 승인을 받아야 한다.
- ㊱ 신축이음 장치의 시공은 철물공사업 또는 철근 콘크리트 전문공사업 면허를 소지한 자에 의하여 시공되어야 하며 시공전에 감독원의 승인을 득해야 한다.

② 목적

- ㉠ 온도변화에 의한 상부구조의 신축기능
- ㉡ 콘크리트 재령에 따른 건조수축과 크리프에 의한 신축 기능
- ㉢ 활하중 재하시 보의 처짐에 의한 변형을 수용

③ 재료

- ㉠ 핑거조인트(Finger-Type Joint)의 강재는 KS D 3515(용접구조용 압연강재) 또는 KS D 3503(일반구조용 압연강재)에 규정한 재료를 사용하여야 한다.
- ㉡ 배수 고무판의 재질은 네오프렌 합성고무를 주원료로 하고 고무와 고무 사이에 타이어 코드계 (NYLON 1260D/2)로 보강되어야 하며, 또한 사전에 배수 고무판 견본을 제출하여 감독원으로부터 승인을 받아야 한다
- ㉢ 상부판과 하부판의 미끄럼(sliding)면은 윤활역할 및 고하중 충격과 방청효과가 뛰어난 고체 윤활 피막제를 도포하여야 한다.

표 3.25 강재 품질기준

구 분 \ 강 재		SM 490B	SS 400	비고
화 학 성 분	C	0.18이하	-	
	Si	0.55이하	-	
	Mn	1.60이하	-	
	P	0.035이하	0.05이하	
	S	0.035이하	0.05이하	
인 장 강 도		490~610 N/mm ²	402~510N/mm ²	
항 복 점		315N/mm ² 이상	235N/mm ² 이상	두께 16~40mm
		295N/mm ² 이상	216N/mm ² 이상	두께 40mm 초과
연 신 율		21%이상	21%이상	두께 16~40mm
		23%이상	23%이상	두께 40mm 초과

표 3.26 배수 고무판 품질기준

항 목		국내규정	시험방법
경 도 (HS)		45 - 60	KS M 6518
인 장 강 도 (kgf/cm ²)		150 이상	"
신 장 율 (%)		300 이상	"
가열노화시험 100℃ × 70HR	경 도 변 화 (HS)	±10 이하	"
	인 장 강 도 (kgf/cm ²)	130 이상	"
	신 장 율 (%)	250 이상	"
압축영구 줄임율(100 ± 1℃ × 22시간)		25% 이하	"
오존 균열 시험(농도100 ± 5ppm × 온도 40 ± 2℃ 신장 20% × 70HR)		균열 없을 것	"

표 3.27 프리스트레스 타이 볼트(Tie Bolt) 품질기준

구 분		강 재	SCM 440(10.9)	비 고
화 학 성 분	C		0.38 ~ 0.43	
	Si		0.15 ~ 0.35	
	Mn		0.6 ~ 0.85	
	P		0.03 이하	
	S		0.03 이하	
	Cr		0.9 ~ 1.2	
	Mo		0.1 ~ 0.3	
경 도			HB 280 ~ 365	
인 장 강 도			980 N/mm ² 이상	
항 복 점			882 N/mm ² 이상	
연 신 율			9% 이상	

④ 시공순서 및 설치방법

㉠ 아스팔트 포장면의 절단 및 면정리

- ㉠ 블록-아웃부는 수직으로 단차 없이 절단하고 압축공기 및 물청소를 하여 이물질을 완전히 제거한 후 접착면에는 접착제를 바른다.

㉡ 보강철근 가공, 조립 설치

- ㉠ 기존 슬래브 및 교대에 노출된 철근은 절단하지 말고 신축이음장치 도면대로 배근하고, 부득이 신축이음장치 설치가 곤란한 경우는 감독원과 협의하여 최소 개소만 절단한다.
- ㉡ 표준도에 철근배근도가 없는 형식은 배근 상세도를 제출받아 시공해야 한다.
- ㉢ 기존 철근과는 용접으로 연결하고 검측시 용접부위를 해머로 충격을 가하

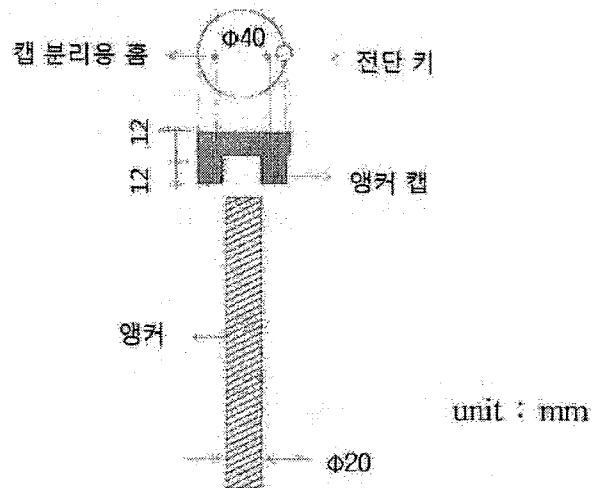
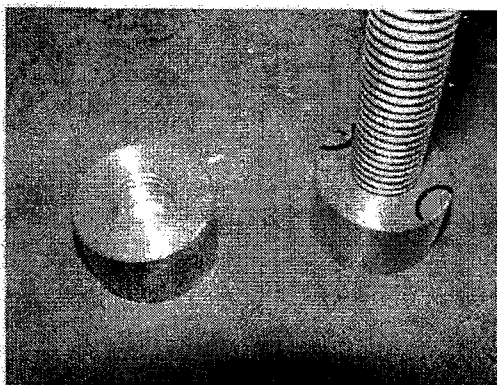
여 용접상태를 확인한다.

㉔ 신축이음장치 설치 및 기부접 조립, 설치

- ㉔ ① Joint를 도면에 맞게 거치시키며 상.하차 및 거치시 인양기를 사용하며 Joint에 손상이 가지 않도록 주의한다.
- ㉔ ② 부착식 앵커와 앵커 캡을 체결한다.
- ㉔ ③ ANCHOR 및 보강 철근은 슬라브 철근과 견고히 용접 하여야하며, 최대의 평탄성이 유지되도록 한다.
- ㉔ ④ 후타재 타설 시 새는 부위 없이 기부접을 견고하게 설치한다.

㉕ 앵커 조립 및 신축이음장치에 결합 설치

- ㉔ ① 신축이음장치 상부판의 홈(지름 40mm, 깊이 24mm) 안에 앵커 캡을 넣는다.
- ㉔ ② 신축이음장치 상부판과 앵커 캡을 관통하는 지름 15mm, 깊이 10mm인 홈을 낸다.
- ㉔ ③ 홈과 동일한 지름 15mm, 높이 10mm인 봉(전단키)를 넣어 체결한다.



㉖ 온도에 따른 조인트 유간 조정

- ㉔ ① 현장 온도에 따라 신축이음장치의 유간을 조정한다.

㉗ 후타재(CM 모르타르, EC 모르타르) 타설

- ㉔ ① 후타재(CM 모르타르, EC 모르타르) 시방규정에 맞게 타설한다.

㉘ 기후 조건에 따른 후타재 양생실시

- ㉔ ① 현장 기후 조건 및 상황에 따른 시방규정에 맞춰 양생을 실시한다.

㉙ 신축이음장치 상판 해체

- ㉠ 앵커 캡에서 전단기를 풀어 뺀다.
- ㉡ 앵커 캡을 분리한다.
- ㉢ 신축이음장치 상부판을 분리한다.
- ㉣ 배수 고무판(Water Drain Sheet) 설치
 - ㉠ 시방규정에 맞게 배수 고무판(Water Drain Sheet)을 설치한다.
- ㉤ 상판 재설치 및 전단키 고정
 - ㉠ ㉣의 상판 해체와 반대로 상판을 설치한다.
 - ㉡ 전단키 둘레를 용접하여 고정시킨다.
- ㉥ 후타재 면의 최종정리 및 신축이음장치 표면정리
 - ㉠ 양생된 후타재 면의 요철이나 패인 곳을 평탄하게 정리하고 신축이음장치 표면에 이물질이나 거꾸집 잔재 등을 제거한다.

4) 후타재(CM 모르타르, EC 모르타르) 타설

① 일반사항

- ㉦ 시멘트·충전재·수지조성물의 배합안정성이 양호하고, 가사시간 10~120분까지 자유롭게 조절이 가능하고, 지축건조/경화시간을 2시간~24시간으로 짧아서 공기단축이 가능하고 조속한 차량통행이 가능하며, 수분 존재 하에서도 기재와의 접착성이 양호하고, 도포 직후에 라텍스 성분에 의한 피장성(皮張性)과 점착성이 없기 때문에 마무리 작업성이 용이하고, 경화물에 연성과 강성이 있으므로 하지 콘크리트의 균열에 대한 추수성(追隨性)이 양호하고, 휘발성유기화합물(VOCs)과 인체에 유해한 6대중금속(즉, 납(Pb) · 수은(Hg) · 카드뮴(Cd) · 크롬(Cr⁺⁶) · 브롬계 난연제(PBBS · PBDES))이 함유되지 않은 친환경성 폴리우레탄계 시멘트 모르타르이다.

② 특징

- ㉧ 휘발성유기화합물(VOCs)과 환경부 규제 6대중금속이 함유되지 않은 친환경성 제품

- ㉔ 수 경화형으로 수분 존재 하에서도 기재와의 접착성이 양호
- ㉕ 높은 압축강도($20 \sim 40 \text{kg/mm}^2$) 발현으로 구조용 보수재로 적합
- ㉖ 탄성콘크리트로 충격에 잘 파손되지 않음
- ㉗ 유·무기 복합형으로 불이 붙지 않음
- ㉘ 콘크리트·아스팔트와의 접착력이 강함
- ㉙ 내수성, 내구성, 내후성, 내약품성이 우수함
- ㉚ 가사시간 및 경화시간 조절이 용이함
- ㉛ 냄새가 없고 마무리작업성이 좋음
- ㉜ 한번에 두꺼운 도막형성이 가능하여 표면상태의 요철이 심한 곳에 적합

③ 용도 및 재료특성

- ㉞ 교량용 후타재
- ㉟ 탄성콘크리트
- ㊱ 콘크리트·아스팔트 도로 보수
- ㊲ 주차장, 냉동·냉장창고 바닥
- ㊳ 기계, 자동차, 인쇄, 주물공장 등 고강도를 요하는 바닥
- ㊴ 식품공장, 주방, 우유공장, 제약회사 바닥
- ㊵ 진동·충격을 많이 받는 대형 기계의 받침대

표 3.28 후타재(CM 모르타르, EC 모르타르) 품질기준

구 분	압축강도 [N/mm ²]	가사시간 [min]	경화시간 [hr]	특 성
긴급 보수재	20 이상	10	2	- 아스팔트·콘크리트 도로 긴급 보수용
저 강도형	20 이상	30	24	- 틈새 채움용 - 저강도·저탄성 콘크리트용
고 강도형	40 이상	30	24	- 고강도·고탄성 보수용 - 고강도·고탄성 콘크리트용

④ 시공 방법

㉓ 작업환경

- ㉓ ㉓ 강우 시 또는 강우가 예상되는 경우에는 시공을 피한다.
- ㉓ ㉓ 강우 후 바탕 면의 습도를 조사해서 표면건조 상태인지를 확인 후 시공하는 것이 좋다.
- ㉓ ㉓ 기온이 5℃ 이하로 낮아서 시공에 지장이 예상되는 경우에는 시공을 피한다.
- ㉓ ㉓ 강풍, 고온다습한 경우 시공 및 양생에 주의해야 한다.
- ㉓ ㉓ 환기 및 채광이 부족한 경우 충분한 환기 및 조명 설비를 갖춘 후 작업해야 한다.
- ㉓ ㉓ 벽면시공의 경우 적절한 발판을 설치한 후 시공해야하며 시공 후 발판 철거 시에는 시공된 바닥 층을 손상시키지 않도록 주의해야 한다.
- ㉓ ㉓ 시공 장소 주변으로 재료가 비산되어 오염되지 않도록 필요한 보호조치를 한다.
- ㉓ ㉓ 시공용 장치, 기기 등은 시공 장소 근처의 적절한 곳에 정비하고 항상 정리정돈 한다.

㉓ 손상방지

바닥층위에서 아래와 같은 작업을 할 경우 또는 바닥 층의 보호, 마감을 할 경우 바닥 층을 손상시키지 않도록 주의해야 한다.

- ㉓ ㉓ 용접기 또는 그라인더 등 불꽃이 발생하는 작업을 할 경우
- ㉓ ㉓ 설비배관, 기구 등의 설치 작업
- ㉓ ㉓ 가설재료, 기자재의 운반, 설치 또는 철거 작업이 있는 경우

㉓ 시공방법

㉓ ㉓ 하지정리

- ㉓ ㉓ ㉓ 하지를 충분히 건조시킨다.
- ㉓ ㉓ ㉓ 표면의 굴곡 및 노화부분은 철술 등으로 제거한다,
- ㉓ ㉓ ㉓ 녹, 먼지, 모래, 그리스, 페인트 등 이물질은 후타재(CM 모르타르, EC

모르타르)와 하지의 접착에 악영향을 주므로 미리 제거해야 한다.

㉔ 기타 하지처리는 특기 시방에 따라 처리한다.

⑥ 후타재(CM 모르타르, EC 모르타르) 시공

㉕ 사용목적 및 장소에 따라서 각 용도에 맞는 후타재(CM 모르타르, EC 모르타르)를 선별한다.

㉖ 후타재(CM 모르타르, EC 모르타르)용 주재와 경화제는 사용하기 전에 반드시 교반하여 사용한다.

㉗ 선별된 후타재(CM 모르타르, EC 모르타르)의 주재와 경화제를 규정된 배합비로 혼합하고 고속믹서로 2분간 충분히 혼합하여 프리믹스를 만든다.

㉘ 프리믹스에 선택된 후타재(CM 모르타르, EC 모르타르)의 드라이모르타르를 규정된 배합비로 정확히 계산하여 혼합하고, 믹서 또는 손으로 빠르고 균일하게 약 3분간 혼합한다.

* 배합용기는 밀이 등근 플라스틱 통으로 혼합하고자 전체량의 약 1.2배 이상의 용량을 갖는 용기를 사용하는 것이 좋다.

㉙ 흙손과 삽을 이용하여 가사시간 이내에 퇴로를 고려하여 도포 순서를 정한 후 시공을 완료한다.

⑤ 시공 시 주의사항

㉚ 후타재(CM 모르타르, EC 모르타르)용 주재와 경화제는 여러 가지 성분의 혼합물이므로 사용하기 전에 반드시 교반해서 사용한다.

㉛ 후타재(CM 모르타르, EC 모르타르)의 물성은 주재, 경화제, 드라이모르타르의 혼합정도에 좌우되므로 균일한 혼합물을 얻는 것이 중요하다.

㉜ 가사시간이 지난 제품은 부착성이 떨어지고 제반 물성이 나빠질 수 있으므로 필요한 양만 배합하여 가사시간 내에 사용한다.

㉝ 후타재(CM 모르타르, EC 모르타르) 제품별 배합비와 규정된 재료를 반드시 사용한다.

㉞ 동절기 사용 시 온도에 따른 경화시간이 길어짐으로 충분히 경화시간을 확보

한 후 사용 한다.

- ㉞ 후타재(CM 모르타르, EC 모르타르)의 주재 및 드라이모르타르는 수분과 접촉되면 민감하게 반응하여 변성되므로 사용 중 또는 사용 후 수분과의 격리 조치를 철저히 유지한다,
- ㉟ 기재 표면에 수분이 존재하면 후타재(CM 모르타르, EC 모르타르) 층과의 접착력을 현저하게 낮추므로, 시공 전에 기재 표면의 흡수도를 가능한 한 낮추는 것이 좋다.

5) 품질검사 및 규격관리

① 일반사항

- ㉑ 품질관리는 설계도면과 시방서에 명시된 사용자재에 관한 품질관리(품질시험 및 검사)와 시공상태에 요구된 규격관리(시공관리)에 의하여 이루어져야 한다.

② 품질관리 요령

- 재료의 검사 및 시험

- ㉒ 재료 반입 시 종류·규격·반입량·제조업자명·제조년월일·저장유효기간·성능에 관련한 시험성적표(국공립품질시험 관련기관, 정부공인 품질시험 전문기관의 발행에 의한 것)를 명시하고, 감독관의 검수·승인을 받는다.

- 공급 승인 요청서

- ㉓ 감독관은 시공계획서 등에 기재된 품명 및 수량 등을 확인하고 품질시험을 실시한다.
- ㉔ 시공 중의 재료검사 및 시험은 시공 전의 재료와 시공 중의 재료가 상이함이 있을 때 감독관의 판단에 따라 시험한다.

③ 시공 후(완성 시)의 검사 및 시험

- ㉕ 규정에 맞게 확실하게 시공되어 있는지 확인한다.

- ㉔ 경화 상태 및 하자 발생 유무를 확인한다.

(6) 설계지침서

1) 개요

교량의 신축이음장치는 교량의 주요 부재로써 신축장치에 대한 개념을 충분히 이해한 후 정밀시공이 되어야 만이 교량 내구성 증진, 주변지역 소음 저감 및 주행 차량의 안전을 확보할 수 있다. 특히, 최근에는 연속교가 많이 시공되어 큰 규모의 신축이음장치가 설치되고 있고, 노선별로 교량이 많이 시공되고 있으며, 외적으로 는 주행차량의 대형화 및 통행차량의 증가로 파손시에 유지보수가 곤란한 실정임 으로 제 기능을 발휘할 수 있는 제품을 선정하고, 정밀시공이 되도록 하여야 한다.

2) 신축이음장치 설치 목적

- ① 온도변화에 의한 상부구조의 신축기능
- ② 콘크리트 재령에 따른 건조수축과 크리프에 의한 신축 기능
- ③ 활하중 재하시 보의 처짐에 의한 변형을 수용

3) 신축이음장치의 요구조건

신축이음장치는 온도변화에 따른 신축과 콘크리트의 재령에 따른 건조수축 및 크리프 변형, 상부구조의 활하중에 의한 이동과 회전을 원활하게 수용할 수 있도록 교량 단부에 설치된다. 그런데 신축이음장치는 차량하중에 대하여 충분한 안전성과 내구성, 우수 또는 낙하물 등의 낙하를 방지하는 방수성과 수밀성을 동시에 갖추어야 하며, 또한 향후 유지보수가 간편한 구조이어야 한다.

신축이음장치를 교량에서 필수적인 부분으로 교량 설계 초기 단계에서 신중히 결정해야 한다. 신축이음장치는 주의 깊게 설계되고 전문 기술자에 의해 적절히 시 공되어 공용 중에 정기적인 유지보수가 수행된다면, 오랜 기간 동안 별 문제없이

성능을 발휘할 수 있다.

신축이음장치가 교량에서 차량의 충격과 진동을 받는 교면상에 위치하고, 물, 먼지, 잔모래(grit), 자외선과 오존 등 자연 요소뿐만 아니라 용빙제, 시멘트 알칼리 등 각종 화학물질의 영향을 받게 되는 가장 취약한 위치에 놓이게 된다는 것을 신축이음장치 설계시 감안하여야 한다.

신축이음장치의 성능에 영향을 미치는 주요 인자는 다음과 같다.

- ① 신축이음장치의 구조적인 변위
- ② 차량 통과 빈도와 하중 크기
- ③ 신축이음 설계의 적정성
- ④ 사용 재료의 안정성
- ⑤ 설치시 및 공용기간 동안의 기후와 온도
- ⑥ 시공시 현장 준비와 숙련도
- ⑦ 받침

적절한 성능을 발휘하기 위해 신축이음장치는 다음과 같은 조건을 만족해야 한다.

- ① 구조물의 수평 및 수직 방향에 대한 모든 이동을 수용할 수 있어야 한다.
- ② 모든 하중에 대해 유해한 변형이 발생하지 않아야 한다.
- ③ 소음이 적고 진동이 없는 등 쾌적한 승차감과 주행 안전성을 저해하지 않아야 한다.
- ④ 부식에 대한 저항성과 각종 화학 물질에 대한 안정성을 가지고 있어야 한다.
- ⑤ 점검, 유지관리, 보수 또는 교체가 쉬워야 한다.
- ⑥ 물, 모래 등의 침투가 효과적으로 차단되는 구조를 가져야 한다.
- ⑦ 교량받침 교체시 신축이음장치의 기능 손실이 발생하지 않아야 한다.

4) 신축이음장치 형식 분류

표 3.29 신축이음장치 형식 분류

분 류	형 식	종 류	특 징
지 지 식	고무제품 형 식	○ Trans Flex ○ Ace ○ Hama-Highway ○ Freyssinet 등	○ 합성고무와 강재를 조합하여 윤하중을 상판유간에서 지지토록 제조된 상품
	강재형식	○ Finger Joint	○ 강재로 제작
	특수형식	○ Honel ○ Mageba ○ Maurer ○ 3W 등	○ Steel Beam을 사용하여 장대유간장에 적응토록 제조된 상품
	알미늄캡 형 식	○ Wabo	○ 고무제품형식의 표면에 알미늄합금재로 피복한 형식
비지지식	고무형식 제 품	○ Hama-Highway ○ Mageba ○ Freyssinet 등	○ 윤하중이 상판유간에서 지지되지 않고 통과하도록 제조된 상품
	강재형식	○ L형보강 Joint ○ 보강강재 Joint 등	○ 유간의 양측머리로 L형강이나 강재로서 보강

5) 신축량 계산

① 지간 100m 이하일 경우

- 개략 산출공식에 의하여 신축량 계산

$$\textcircled{㉑} \text{ 콘크리트교} : \Delta \ell = 0.6 \ell + 10(\text{m/m})$$

$$\textcircled{㉒} \text{ P C 교} : \Delta \ell = 0.84 \ell + 10(\text{m/m})$$

$$\textcircled{㉓} \text{ 강 교} : \Delta \ell = 0.72 \ell + 10(\text{m/m})$$

(ℓ : 지간, m)

② 지간 100m 이상일 경우

- 도로교 시방서 기준에 의하여 신축량 계산

$$\textcircled{㉑} \text{ P C 교} : \Delta l = \Delta l_t + \Delta l_s + \Delta l_c + \Delta l_r + \text{여유량}$$

$$\textcircled{㉒} \text{ 기타 교량} : \Delta l = \Delta l_t + \Delta l_s + \Delta l_r + \text{여유량}$$

$$\Delta l_t = \alpha \cdot \Delta T \cdot l \quad (\text{온도 변화에 의한 신축량})$$

$$\Delta l_s = -20 \cdot \alpha \cdot \beta \cdot l \quad (\text{콘크리트 건조수축에 의한 수축량})$$

$$\Delta l_c = P_t \cdot \beta \cdot l / E_c \cdot A_c \quad (\text{콘크리트의 크리프에 의한 수축량})$$

$$\Delta l_r = \sum (h_i \cdot \theta_i) \quad (\text{보의 처짐에 의한 수축량})$$

α : 재료의 선 팽창계수

$$- \text{ 콘크리트} : 1.0 \times 10^{-5}$$

$$- \text{ 강재} : 1.2 \times 10^{-5}$$

β : 건조수축, 크리프에 의한 저감계수

: 콘크리트의 크리프 계수 (2.0)

h_i : 받침의 회전중심에서 보의 중립축까지의 높이 ($2h/3$)

θ_i : 보의 회전각

$$- \text{ 콘크리트교} : 1/300$$

$$- \text{ 강교} : 1/150$$

6) 교량 신축이음부에 대한 유간 검토

검토 산식 $\Delta l_t = \Delta l_T + \Delta l_{sh} + \Delta l_{cr} + \Delta l_r + \Delta l$ 이다.

① 온도변화에 의한 이동량

$$\Delta l_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot l$$

여기서, ΔT : 온도변화(PC교, 한랭한 지방, $-15^{\circ}\text{C} \sim +35^{\circ}\text{C}$)

α : 선팽창계수 ($= 1.0 \times 10^{-5}$)

l : 신축거더 길이

표 3.30 가동받침의 이동량 산정시 온도변화 및 선팽창계수

교량 종류	온도변화		선팽창 계수
	보통지방	한랭한 지방	
PC교, RC교	-5℃ ~ +35℃	-15℃ ~ +35℃	1.0×10^{-2}
강교(상로교)	-10℃ ~ +40℃	-20℃ ~ +40℃	1.0×10^{-2}
강교(하로교 및 강바닥판교)	-10℃ ~ +50℃	-20℃ ~ +50℃	1.0×10^{-2}

② 콘크리트의 건조수축에 의한 이동량

$$\Delta l_{sh} = \epsilon_{sh} \cdot l \cdot \beta$$

여기서, $\epsilon_{sh} : -20 \times 10^{-5}$ (= $-20 \times \alpha$)

α : 선팽창계수 (= 1.0×10^{-5})

l : 신축거더 길이

β : 건조수축 저감계수

-20 : 건조수축에 해당하는 온도변화(재령에 따른 저감율)

③ 콘크리트의 크리프에 의한 이동량

$$\Delta l_{cr} = \epsilon_{cr} \cdot l \cdot \beta$$

여기서, $\epsilon_{cr} = \frac{\sigma_c}{E_c} \cdot \Phi$

$$\sigma_c = \frac{n \cdot (0.9P_j)}{A_c}$$

β : 크리프 저감계수, Φ : 콘크리트의 크리프계수 (2.0)

P_t : 프리스트레싱 직후의 PC강재에 작용하는 인장력 (0.9 P_j 로 가정)

A_c : 콘크리트의 단면적, E_c : 콘크리트의 탄성계수 (= $15000 \times \sqrt{\sigma_{ck}}$)

받침을 고정하거나 신축이음을 설치시킬 때는 콘크리트의 건조수축 및 크리프가 어느 정도 진행되어 있다고 생각할 수 있다. 따라서, 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 어느 시점으로부터의 이동량과 전 이동량과의 비를 저감계수 라고 하면, 어느 재령에서부터 나머지 이동량은 전 이동량에 대해 저감계수를 곱하여 구할 수 있다.

표 3.31 건조수축 및 크리프의 저감계수 (β)

콘크리트의 재령(월)	0.25	0.5	1	3	6	12	24
건조수축 및 크리프의 저감계수()	0.8	0.7	0.6	0.4	0.3	0.2	0.1

표 3.32 콘크리트의 탄성계수 (E_c)

σ_{ck}	210	240	270	300	400	500
E_c	2.20×10^5	2.35×10^5	2.50×10^5	2.60×10^5	3.00×10^5	3.40×10^5

표 3.33 콘크리트의 크리프계수와 건조수축량

콘크리트의 크리프 계수	$\phi = 2.0$
콘크리트의 건조 수축	20℃ 하강 상당

④ 여유량 (Δl_r)

설치여유량으로 $\pm 10\text{mm}$, 부가여유량으로 $\pm 10\text{mm}$ 로 한다.

설계 이동량은 계산 이동량에 설치 여유량을 더한 값이다.

⑤종방향 상대변위의 영향 (Δl_l)

활하중에 의한 종방향 상대변위를 10mm로 가정한다.

7) 형식 및 제품 선정시 고려사항

- ① 신축장치는 설계도에 제시된 신축량 및 유간을 충분히 확보할 수 있는 규격의 제품이어야 한다.
- ② 상부 슬라브 두께, 빔과 빔 사이 간격 등을 고려하여 설치가 가능한 제품을 선정
- ③ 소음피해가 우려되는 지역은 고무제품이나, 방음대책을 고려한 제품을 선정하여야 한다.
- ④ 제설작업시 리무빙을 많이 하는 지역은 강제형식을 선정하는 것이 내구성 측면에 유리하다.

8) 신축장치 형식 및 설계유간 결정

① 지간 100m 이하(신축량 100m/m 이하)의 경우

- ㉔ 개략적인 공식에 의하여 계산된 신축량을 기준으로 설계기준에 제시된 신축장치 형식 선정
- ㉕ 설계유간은 신축장치 형식에 따른 고유 수치임

② 지간 100m 이상의 경우

- ㉔ 도로교 시방서 기준에 의하여 신축량 계산
- ㉕ 계산된 신축량을 기준으로 계산된 신축량보다 다소 여유 있는 규격으로 신축장치 형식 선정
- ㉕ 설계유간은 신축장치 형식에 따른 고유 수치임.

【공인기관 시험성적서】

후타제용 바인더(EC)

KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE



한국화학시험연구원
150-938 서울특별시 영등포구 영등포동 5가 68-2
Tel: 02-2164-0011 Fax: 02-2634-0016

시험성적서

우 404-817 인천광역시 서구 가좌3동 539-8

TEL (032)5709-700

FAX (032)575-5613

성적서번호 : TAS-042016

접 수 일 자 : 2008년 11월 07일

대 표 자 : 김성길

시험완료일자 : 2008년 11월 13일

업 체 명 : 진도화성(주)

주 소 : 경기 시흥시 정왕동 1352 시화공단 1마 210

시 료 명 : JD-PU/PE

시험결과

시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법
인장강도	MPa		12.9	ASTM D 412 : 2006(Die C)
신장률	%		46	ASTM D 412 : 2006(Die C)
듀로미터경도(D Type)	-		62	ASTM D 2240 : 2005
인열강도	kN/m		51.9	ASTM D 624 : 2000(Die C)
흡수율((23±2) °C, 24 h, 증류수)	%		2.1	ASTM D 570 : 1998
노화시험((100±1) °C, 24 h)				ASTM D 573 : 2004
-무개변화율	%		1.5	ASTM D 471 : 2006

용 도 : 품질관리용

비 고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

Ham-Gung Cho

시험원 : 조한성
Tel : 032-570-9678

Hyung-Gwon Park

기술책임자 : 박형근
E-mail : sungjae@ktr.or.kr

2008년 11월 13일



한국화학시험연구원장



총 1 페이지 중 1 페이지

【공인기관 시험성적서】

친환경 폴리우레탄-시멘트 모르타르(CM)



시험성적서 TEST REPORT

접수번호: R080318-WR004
 신청인: 진도화성(주) 김성길
 주소: 경기도 김포시 대곶면 상마리 234-2
 시료명: 폴리우레탄계시멘트(JU-CM)

접수일자: 2008년 03월 18일

시험결과

시험항목		결과	시험방법
압축강도 (N/mm ²)		43.8	KS F 4041 : 2004
휨강도 (N/mm ²)		13.7	
부착강도 (N/mm ²)	표준	2.0 (밀판파손)	
	온냉반복시험 후	2.0 (밀판파손)	
내마모성 (mg/mm ²)		0.10	
내충격성		이상없음	KS L 5104 : 2006
인장강도 (N/mm ²)		5.0	
경도 (듀로미터, Type-D)		77	KS M ISO 868 : 2006

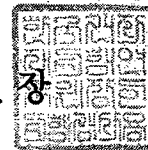
-계속-

- 비고: 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과이며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
 2. 이 성적서는 한국건설시험연구원의 사전 서면동의없이 홍보선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없습니다.

담당자: 박현일 (02-3415-8824)
 표순진 (031-389-9150)

2008년 05월 29일

한국건설시험연구원장



(방수보수보강센터, 주소: 137-707 서울 서초구 서초3동 1465-4, 전화번호: 02-3415-8834, www.kicm.re.kr)



친환경 폴리우레탄-시멘트 모르타르(CM)



시험성적서 TEST REPORT

R080318-WR004

시험항목		결과	시험방법
TVOCs (g/L)		3.67	KS M ISO 11890-2 : 2007
오염성 (겉모양)	공기름	이상없음	KS M 3510 : 2005 (의뢰자제시)
	윤활유	이상없음	
	95% 에탄올	이상없음	
	시멘트 페이스트	이상없음	
	10% 암모니아 수용액	변색이 나타남	
	우유	이상없음	
	5% 아세트산	변색이 나타남	
	5% 염산	변색이 나타남	
	5% 황산	변색이 나타남	
	2% NaOH	이상없음	

끝.

※ 온냉반복시험 조건은 KS F 4042에 준하여 시험함.

※ 배합비(질량비)

[주제 : 경화제 : 분말 = 1 : 1 : 6]

※ 시험성적서 이용목적 : 품질관리용

(방수보수보강센터, 주소: 137-707 서울 서초구 서초3동 1465-4, 전화번호: 02-3415-8834, www.kicm.re.kr)



후타재용 친환경 고경도 폴리우레탄 모르타르(EC)



시험성적서 TEST REPORT

접 수 번 호: R080318-WR005

접 수 일 자: 2008 년 03 월 18 일

신 청 인: 전도화성(주) 김성길

주 소: 경기도 김포시 대곶면 상마리 234-2

시 료 명: 탄성콘크리트 (JU-EC)

시 험 결 과

시험항목		결과	시험방법
압축강도 (N/mm ²)		34.8	KS F 4041 : 2004
휨강도 (N/mm ²)		17.4	
부작강도 (N/mm ²)	표준	2.0 (밀판파손)	
	온냉반복시험 후	2.0 (밀판파손)	
내마모성 (mg/mm ²)		0.11	
내충격성		이상없음	
인장강도 (N/mm ²)		7.5	KS L 5104 : 2006
경도 (듀로미터, Type-D)		77	KS M ISO 868 : 2006

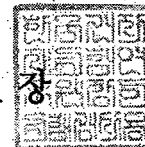
-계속-

- 비 고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과이며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
2. 이 성적서는 한국건설자재시험연구원의 사전 서면동의없이 홍보선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없습니다.

담 당 자: 박현일 (02-3415-8824)
표순진 (031-389-9150)

2008년 05월 29일

한국건설자재시험연구원장



(방수보수보강센터, 주소: 137-707 서울 서초구 서초3동 1465-4, 전화번호: 02-3415-8834, www.kicm.re.kr)



후타제용 친환경 고경도 폴리우레탄 모르타르(EC)



시험성적서 TEST REPORT

R080318-WR005

시험항목		결과	시험방법
TVOCs (g/L)		16.76	KS M ISO 11890-2 : 2007
오염성 (질모양)	폼기름	이상없음	KS M 3510 : 2005 (의뢰자제시)
	윤활유	이상없음	
	95% 에탄올	이상없음	
	시멘트 페이스트	이상없음	
	10% 암모니아 수용액	변색이 나타남	
	우유	이상없음	
	5% 아세트산	변색이 나타남	
	5% 염산	변색이 나타남	
	5% 황산	변색이 나타남	
2% NaOH		이상없음	

※ 온냉반복시험 조건은 KS F 4042에 준하여 시험함.

※ 배합비(질량비)

[주제 : 경화제 : 분말 = 2 : 1 : 9]

※ 시험성적서 이용목적 : 품질관리용

끝.

(방수보수보강센터, 주소: 137-707 서울 서초구 서초3동 1465-4, 전화번호: 02-3415-8834. www.kicm.re.kr)



후타재용 친환경 고경도 폴리우레탄 모르타르(EC)



시험성적서 TEST REPORT

한국전자재시험연구원

접 수 번 호 : R080820-ES004

접 수 일 자 : 2008 년 08 월 20 일

신 청 인 : 천도화성(주) 김 정 필

주 소 : 경기도 시흥시 정왕동 1352 시화공단 1마210

시 료 명 : JU-EC (탄성콘크리트)

시 험 결 과

시험항목	결 과	시험방법
Pb (mg/kg)	40.4	USEPA 3050B : 1996 (ICP 분석)
Cd (mg/kg)	검출안됨	
Cr ⁶⁺ (mg/kg)	검출안됨	USEPA 3060A : 1996 (UV-Vis 분석)
Hg (mg/kg)	검출안됨	USEPA 3052 : 1996 (AAS 분석)
PBBs (mg/kg)	검출안됨	USEPA 3540C : 1996 (GC-MS 분석)
PBDEs (mg/kg)	검출안됨	

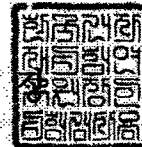
※ 시험성적서 이용목적 : 품질관리용

- 비 고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과이며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
2. 이 성적서는 한국전자재시험연구원의 사전 서면동의없이 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없습니다.

담당 자 : 이세진 (031-389-9105)

2008년 09월 11일

한국전자재시험연구원



(안전환경평가센터, 주소: 137-707 서울 서초구 서초3동 1465-4, 전화번호: 031-389-9100, www.kicm.re.kr)



제 4 장 연구개발목표 달성도 및 관련분야에의 기여도

(1) 연구개발 최종목표 및 달성도

교량 신축이음장치에 가해지는 충격과 진동에 대한 우수한 충격흡수성과 저항성이 우수한 다음과 같은 물성을 나타내는 후타재용 바인더(CM 바인더, EC 바인더)를 개발 하였다.

1) 1차년도

개발제품	개발 목표 및 평가 착안점	달 성 도		가중치	취득점수
		단위	%		
CM 바인더, EC 바인더 제조 기술 개발	- 인장강도 : 5MPa	- 12.9	100	10	53
	- 신장율 : 150%	- 46	50	10	
	- 경도(Hardness) : 30-49	- 62	100	10	
	- 찌김저항성: 80(2in/min)	- 51.9	80	10	
	- 흡 수 율 : 3 % 이하	- 2.1	100	10	
	- 수축율 : 1.6% 이하	- 1.5	100	10	
지적재산	○ 국내외 학술지 게재 1건	1건	100	10	10
	○ 특허 출원 1건	2건	100	30	30
합계			93	100	93

2) 2차년도

개발제품	개발 목표 및 평가 작안점	달 성 도		가중치	취득점수
		단위	%		
CM 모르타르, EC 모르타르 바인더 내구성	- 6대 중금속 비함유 - 내약품성 : 에폭시수지 이상 - 내후성 : 황변없음	- 비함유 - 에폭시수지 이상 - 황변없음	100 100 100	5 10 5	20
CM 모르타르, EC 모르타르	- 압축강도 : 40MPa 이상 - 부착강도 : 1.0MPa 이상 - 충격저항성 : 무균열	- 34.8~43.8MPa - 2.0 이상MPa - 무균열	100 100 100	10 10 10	30
신축이음장치	- 앵커풀림현상 제거 - 설계지침서 작성 - 시공지침서 작성	- 피로시험 후 앵커 풀림 현상 제거 확인 - 설계지침서 작성 - 시공지침서 작성	100 100 100	10 10 10	30
지적재산	○ 국내외 학술지 게재 2건	2건	100	10	10
	○ 특허 출원 1건	2건	100	10	10
합계			100	100	100

(2) 연구개발 관련분야 기여도

1) 기술적 측면

- (1) 폴리우레탄 활용기술 확보
- (2) 교량 조인트 외 후타재용 토목 건축 구조물에 적용
- (3) 앵커 개발 및 설계 기술 확보
- (4) 앵커 정착에 관련된 학문적 기여도
- (5) 신축이음장치에 관련된 기술력 확보
- (6) 후타재와 앵커의 일체화 거동에 따른 안전성 확보
- (7) 유지관리 기술 향상 및 교량의 수명 연장 기대
- (8) 건설 방수 및 보수 기술 확보

2) 경제·산업적 측면

- (1) 조인트 시공상의 원가절감 및 유지관리 비용 감소
- (2) 신축이음장치 및 후타재 국산화로 수입대체 효과 기대
- (3) 고탄성·고내충격성·고작업성·친환경을 지닌 후타재의 개발로 타 분야와의 연계 가능성.
- (4) 건축 및 토목 방수·보수재 산업발전
- (5) 건설화학산업 발전

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

(1) 추가연구의 필요성

최근 선진국에서는 아크릴계 및 에폭시계 수지를 이용한 폴리머콘크리트에서 연구범위를 확장하여 친환경적이면서 연성이 강력한 폴리우레탄을 개발하여 콘크리트산업분야에 새로운 장을 개척하고 있다.

폴리우레탄계 수지가 그동안 콘크리트분야에서 쉽게 사용되지 못한 주된 이유는 폴리우레탄 수지를 형성하는 주원료로 사용하는 폴리이소시아네이트가 수분과 반응하면 탄산가스(CO_2)가 발포하기 때문이었다. 그러나 최근 이와 같은 탄산가스 발생을 억제하거나 제어할 수 있는 다양한 기술과 수계화 기술이 개발되면서 폴리이소시아네이트계 원료를 사용하는 각종 콘크리트용 바인더 또는 CAS(Coating Adhesive and Sealant)의 개발이 다양하게 진행되고 있으므로, 이에 대한 연구가 필요한 실정이다. 또한 폴리우레탄계 수지는 에폭시수지와는 달리 강성과 연성을 폭넓게 변화시킬 수 있으며, 콘크리트 · 플라스틱 · 금속 · 비금속 · 목재 등 재반 물질에 접착력이 강력한 폴리우레탄계 수지를 이용한 건설재료화학 및 건설재료공학에 대한 지속적인 연구가 요구되고 있다.

또한 폴리우레탄계 수지를 이용한 후타재 개발로 교량에 사용되는 신축이음장치의 내구성을 향상시킬 수 있지만, 기계적 특성과 공용성에 따른 장기 내구성에 대하여 추가적으로 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다. 그리고 개발된 후타재를 교량의 신축이음장치는 물론이고, 바닥재, 콘크리트 및 아스팔트 긴급보수재, 도로 미끄럼 방지턱 등 다양한 분야에 적용이 가능할 것으로 예상됨으로 이에 관련된 역학적 특성 및 내구성이 추가적으로 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

(2) 타 연구에의 응용

앞에서 기술한 바와 같이 본 연구에서 개발된 폴리우레탄과 후타재용 모르타르는 다양한 분야에 사용이 가능하다.

1) 친환경 폴리우레탄 시멘트 바인더(CM) 및 친환경 고경도 폴리우레탄 바인더(EC)

에폭시 수지 보다 우수한 기계적인 물성과 더불어서 강력한 탄성과 접착력, 내약품성을 지니고 있으므로 콘크리트 구조물의 방수재, 코팅재 등에 적용이 가능하다. 또한 폴리우레탄의 경화제를 수성형으로 하여 폴리우레탄수지 원료인 주제뿐만 아니라 시멘트와도 반응을 하여 폴리우레탄-시멘트계 모르타르 및 콘크리트를 형성하는 것으로 친환경성은 물론 기재의 표면건조조건에 예민하지 않고 접착력과 기계적인 물성과 열수에 대한 저항성이 좋아서 식품공장 및 각종 산업용 바닥재로도 사용이 가능하다.

2) CM 모르타르 및 EC 모르타르

본 연구에서 개발된 후타재용 모르타르는 내충격성을 강화하고, 탄성을 증진시킨 것으로 외부에서 충격 및 진동이 가해지는 구조물에 우선적으로 사용이 가능하다. 특히 플랜트 공사에서 진동이 많이 가해지는 기계장치를 고정하는 고중량 기기 받침대, 콘크리트 도로 보수용, 도로 미끄럼 방지턱 등 다양한 토목 및 건축 구조물에 사용이 가능하다.

3) 신축이음 장치용 앵커고정장치

본 연구에서는 핑거 조인트의 앵커풀럼현상을 제거하기 위해서, 앵커 캡의 안쪽 형태는 부착식 앵커가 체결될 수 있도록 암나사 형식으로 홈을 내고, 바깥형태는 외경 원통형이며, 나사선이 없다. 그리고 신축이음장치 상부판을 앵커 캡과 동일한 크기의 홈을 낸 부분에 그대로 끼우고, 상부판에 앵커 캡을 끼운 후에는 상부판

과 앵커 캡을 일체시키기 위하여 전단키를 설치하고 전단키 둘레를 용접하게 된다. 이러한 형태의 앵커고정장치는 기존에 사용하고 있는 나사식 보다, 고정력이 뛰어나므로, 앵커풀림현상을 완전히 제거할 수 있다. 따라서 신축이음장치를 교량 상판에 고정하기 위한 앵커로는 물론이고, 각종 PC 구조물 및 건물의 부대시설 설치용 등 다양한 분야에 활용이 가능 할 것으로 예상된다.

(3) 기업화 추진방안

1) 친환경 폴리우레탄 시멘트 바인더(CM) 및 친환경 고경도 폴리우레탄 바인더(EC)

본 연구를 통하여 개발된 친환경 폴리우레탄 시멘트 바인더(CM) 및 친환경 고경도 폴리우레탄 바인더(EC) 제품들은 현재 협동연구기관인 진도화성(주)에서 생산할 수 있는 제품들이다. 또한 진도화성은 에폭시 수지, 폴리우레탄 등을 중심으로 한 건설용 폴리머 용액(수지) 제조업체로서 방수/바닥재 제조시설은 물론 영업망과 시공 팀을 가지고 있으므로 이를 이용한 친환경 방수/바닥재 및 건설재료 영업 및 판매에 관한 사업화를 신속하게 추진 할 수 있을 것이다. 또한 CM 모르타르와 EC 모르타르의 원료인 바인더를 납품하여 기술개발에 대한 이윤을 창출할 수 있다.

2) CM 모르타르 및 EC 모르타르

본 연구개발사업의 주관기관인 (주)케어콘은 CM 모르타르와 EC 모르타르의 활용도를 높이기 위해서 개발된 모르타르를 기존 토목, 건축 구조물 유지보수 또는 교량 조인트 신설 및 보수에 사용할 수 있게 설계 반영에 노력하고 꾸준한 제품홍보 및 신기술 획득을 통해 CM 모르타르와 EC 모르타르 판매 향상에 주력할 것이다.

3) 개선된 신축이음 장치

본 연구의 참여기업인 (주)국제이엔씨는 교량 신축이음장치 및 교량받침 등 교량에

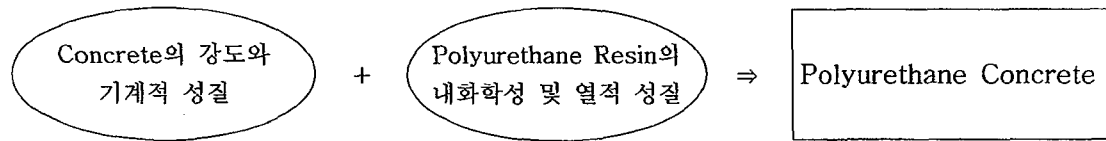
관한 재료를 설계, 적용 및 시공하는 회사로서 개선된 신축이음장치를 특허등록을 통해서 설계에 반영하고, 현장에 적용시켜서 본 연구에서 개발된 신축이음 장치를 판매하고 설계 반영시 CM 모르타르와 EC 모르타르를 후타재로 함께 적용시켜 개발된 제품의 사용을 유도할 계획이다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

본 연구개발을 통하여 수집된 해외과학기술정보는 다음과 같이 정리된다.

- (1) 건설교통기술연구개발계획서 작성 당시에는 교량보수용 후타재(elastomeric concrete)로 DEGUSSA(현재 BASF Construction Materials)가 한국도로공사를 중심으로 판촉활동을 벌이고, D.S.Brown사가 아스팔트/콘크리트 활주로 및 도로용 보수재로 판촉을 시작하였다. 상기 판촉제품들은 2액형으로 수지:경화제:골재의 비가 1:2:4로 현장에서 배합하여 사용하는 제품이며, 골재는 물론 보수하고자 하는 부위가 완전히 건조된 상태에서 시공해야만 하는 번거로움이 있다.
- (2) 2007년도에 들어서는 국내 한일P&T(주)가 일본으로부터 폴리우레탄계 수지를 수입하여, 시멘트:모래:자갈의 배합비가 1:2:4에 모르타르 배합에 수지(8%), 물(10%)를 첨가하여 [애니팔트]라는 상품명으로 아스팔트 포장도로에 자주 발생하는 편홀 보수를 중심으로 콘크리트/아스팔트 긴급 보수재로 판촉활동을 활발하게 벌이고 있다. 제품은 1액형이고, 물과 혼합하여 시멘트와 같이 사용하는 제품으로 습기가 있는 부위에도 적용 가능한 동시에 압축강도: 27.8~36.0 MPa, 휨강도: 4.7~11.2 MPa, 탄성계수: $28.7 \sim 23.3 \times 10^3$ MPa 되는 제품으로 후타재에 비하여 월등히 우수한 제품이다.
- (3) 시멘트를 이용한 폴리우레탄-시멘트계 탄성콘크리트/바닥재 제조기술은 폴리우레탄계-시멘트계 탄성콘크리트 및 바닥재를 대표하는 제품으로서는 BASF의 UCRETE를 손꼽을 수 있다. 식물성 오일(피마자유, Pine Oil 등)과 각종 첨가제를 성분으로하는 주제, 이소시아네이트와 폴리올로부터 합성된 경화제, 골재와 실리카 샌드 및 시멘트를 성분으로 하는 고강도, 고탄성, 내화학약품성을 갖는 UCRETE의 개념과 구성 성분을 보면 다음과 같다.

1) UCRETE의 개념



2) UCRETE의 구성 성분

- ① 폴리우레탄계 및 폴리우레아 수지(Resin)
- ② 모르타르(골재, 실리카 샌드, 시멘트 등)
- ③ 물
- ④ 각종 첨가제(안료, 조절제 등)

특히 시멘트와 폴리우레탄 등의 수지(Resin)를 사용하는 제품은 물과의 관계를 필히 고려하여야 하는데, 기존 제품은 시공 할 때에 콘크리트 함수율 기준(약 8%)에 따른 대기 시간이 필요했으며 삼투압현상으로 인한 문제 발생과 수지의 용해, 증기의 발생 등의 커다란 문제점을 안고 있었다. 하지만 UCRETE는 이러한 물의 문제점을 역으로 이용하여, 오히려 반응 및 양생을 위하여 물을 사용하였으며 위와 같은 문제점을 해결하게 되었다.

Chemical	Conc. %	Temp. °C	UCRETE Resistance Rating	Chemical	Conc. %	Temp. °C	UCRETE Resistance Rating
Acetaldehyde	100	20	R	Isopropanol	100	20	R
Acetic acid	10	85	R	Jet fuel	—	20	R
	25	20	R	Kerosene	—	20	R
	25	85	L	Lactic acid	5	20	R
	40	20	R		25	60	R
	99 (Glacial)	20	L		85	20	R
Acetone	100	20	L		85	60	R
Adipic acid	Saturated	20	R	Lauric acid	100	60	R
Ammonium hydroxide	28	20	R	Maleic acid	30	20	R
Aniline	100	20	R	Maleic anhydride	100	20	R
Antifreeze				Maleic acid	100	20	R
(Ethylene glycol)	100	20	R	Methanol	100	20	R
Aqua regia	—	20	L	Methylated spirits	—	20	R
Beer	—	20	R	Methylene chloride	100	20	L
Benzene	100	20	L	Methyl ethyl ketone	100	20	L
Benzole acid	100	20	R	Methyl methacrylate	100	20	R
Benzoyl chloride	100	20	R	Milk	—	20	R
Blood	—	20	R	Mineral oils	—	20	R
Brake fluid	—	20	R	Motor oil	—	20	R
Brine				"N, N-dimethyl acetamide"	100	20	NR
(Sodium chloride)	Saturated	30	R	N-methyl pyrrolidone	100	20	NR
Butanol	100	20	R	Nitric acid	5	20	R
Calcium chloride	50	20	R		30	20	R
Calcium hypochlorite	Saturated	20	R		65	20	L
Caprolactam	100	20	R	Oleic acid	100	20	R
Carbon disulphide	100	20	L		100	80	R
Carbon tetrachloride	100	80	R	Oleum	—	20	L
Chlorine water	Saturated	20	R	Paraffin	—	20	R
Chloroacetic acid	10	20	R	Perchloroethylene	100	20	R
	30	20	L	Phenol	5	20	L
Chloroform	100	20	L	Phenyl sulphuric acid	10	20	R
Chromic acid	20	20	R	Phosphoric acid	40	85	R
	30	20	R		50	20	R
Citric acid	50	20	R		85	20	R
Copper (II) sulphate	Saturated	20	R	Picric acid	50	20	R
Cresols	100	20	L	Propylene glycol	100	20	R
Crude oil	—	20	R	Potassium hydroxide	50	20	R
Cyclohexane	100	20	R	Skydrol 500B4	—	20	R
Decanoic (Capric) acid	100	20	R	Skydrol LD4	—	20	R
	100	60	R	Sodium hydroxide	20	20	R
Diethylene glycol	100	20	R		20	90	R
Dimethyl formamide	100	20	NR		32	20	R
Ethanol	100	20	R		50	20	R
Ethyl acetate	100	20	L		50	60	R
Ethylene glycol	100	20	R		50	90	L
Fats	—	80	R	Sodium hypochlorite	15	20	R
Formic acid	40	20	R	Styrene	100	20	R
	70	20	R	Sulphuric acid	50	20	R
	90	20	L		98	20	L
	100	20	L	Tetrahydrofuran	100	20	L
Gasoline	—	20	R	Toluene	100	20	R
Heptanoic acid	100	60	R	Toluene sulphonic acid	100	20	R
Hexane	100	20	R	Trichloroacetic acid	100	20	L
Hydrochloric acid	10	80	R	Turpentine	—	20	R
	37	20	R	Vegetable oils	—	80	R
Hydrofluoric acid	4	20	R	Water (distilled)	—	85	R
	20	20	L	White spirit	—	20	R
Hydrogen peroxide	30	20	R	Xylene	100	20	R

R = resistant L = limited resistance NR = not resistant

그림 6.1 UCRETE의 각종 화학물질에 대한 저항성

(4) 일반적으로 교량 및 유사 건물 등의 확장 조인트(Expansion Joint)는 탄성 실링재, 실링재를 잡아주는 앵커와 이를 연결하는 수지 모르타르로 구성되어 있으며, 여기서 사용되는 수지 모르타르는 위에서 언급했던 것과 같이 콘크리트의 온도변화에 의한 신축, 건조수축, 크리프 등의 문제와 앵커의 풀림현상을 제거하기 위한 적절한 방법으로 알려져 있다. 하지만 기존에 사용되던 수지 모르타르는 수지를 단독으로 사용하였으며, 에폭시 수지 같은 경우는 매우 강성으로써 확장 조인트에 사용하기에 적합하지 않은 게 사실이다. 이를 해결하기 위하여 폴리우레탄계 수지의 연성과 에폭시 수지의 강성을 모두 갖춘 하이브리드(Hybrid) 수지의 개발이 시도되고 있으며, 많은 논문과 특허들이 발표되고 있다. 간략하게 에폭시수지와 우레탄수지의 혼성수지 제조기술을 보면 아래와 같다.

- 1) 이소시아네이트 화합물과 폴리올의 우레탄프리폴리머 합성
- 2) 우레탄프리폴리머의 Blocking(페놀계 및 케티민, 알디민 등의 잠재성 경화제)
- 3) 에폭시수지와 우레탄프리폴리머의 하이브리드
- 4) 각종 첨가제 배합
- 5) 폴리아민 화합물 및 촉진제 제조

제 7 장 참고문헌

1. 박기태, 전국 교량 현황 분석, 한국건설기술연구원, 제53권 제5호 2005년 5월.
2. 강재홍 외 3명, 폴리우레탄 콘크리트의 기초적 성상에 관한 연구, 콘크리트 가을 학술포럼, 1996년 pp253-259
3. 한국도로공사, 신축이음장치에 관한 연구, 1993년.
4. C. Barnard, Bridge Joints, Concrete, March 2004년.
5. Polyurethane Technology & Applications, Hutsman International, 2003
6. S. Michael, Szycher's handbook of Polyurethanes, CRC press, 1999년, 22-12p
7. Degussa사 카다로그.
8. D.S.Brown사 시방서.
9. (주)로드셀 회사 카다로그 및 시방서.
10. 폴리우레탄세계, 2006년 1월 5일
11. 폴리우레탄세계, 2006년 4월 5일

【부 록】

특허 등록/출원 증명서

<탄성콘크리트용 고경도 폴리우레탄 수지(LOHAS®JU-EC)>

특
실
다
상
용
자
신
안
인
표

出 願 書

名 稱(商標) : 탄성콘크리트용 친환경성 고경도 폴리우레탄 수지

出 願 番 號 : 10-2007-0055346

出 願 日 字 : 2007. 06. 07

出 願 人 : 진도화성(주)

發 明 者 : 조현영/심현섭/최정규

(考 案 者)

大河 國際特許法律事務所

DAEHA INTERNATIONAL PATENT LAW FIRM

서울특별시 강남구 역삼동 827-49 송강원빌딩 2층

전화 : 558-9611(대) FAX : 558-9614 Home Page : www.daehapat.com



특 허 증

CERTIFICATE OF PATENT

특 허 제 10-0841399 호 (PATENT NUMBER) 출원번호 (APPLICATION NUMBER) 제 2007-0055346 호
출원일 (FILING DATE:YY/MM/DD) 2007년 06월 07일
등록일 (REGISTRATION DATE:YY/MM/DD) 2008년 06월 19일

발명의명칭 (TITLE OF THE INVENTION)
탄성콘크리트용 친환경성 고경도 폴리우레탄 수지

특허권자 (PATENTEE)
진도화성주식회사(110111-0*****)
경기도 시흥시 정왕동 1352

발명자 (INVENTOR)
등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 의하여 특허등록원부에 등록
되었음을 증명합니다.

(THIS IS TO CERTIFY THAT THE PATENT IS REGISTERED ON THE REGISTER OF THE KOREAN
INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE.)

2008년 06월 19일



특 허 청

COMMISSIONER, THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE



<친환경성 폴리우레탄-시멘트 조성물(LOHAS®JU-CM)>

■ 특 허
□ 실 안
□ 디 인
□ 상 표

出 願 書

名 稱(商標) : 친환경성 폴리우레탄계-시멘트 조성물.

出 願 番 號 : 10-2007-0114081

出 願 日 字 : 2007. 11. 09.

出 願 人 : 진도화성(주)

發 明 者 : 최정규/심현섭

(考 案 者)

大河 國際特許法律事務所

DAEHA INTERNATIONAL PATENT LAW FIRM

서울특별시 강남구 역삼동 827-49 송강원빌딩 2층

전화 : 558-9611(代) FAX : 558-9614 Home Page : www.daehapat.com

<교량용 핑커플레이트형 신축 이음장치>

관인생략
출원번호통지서

출원일지 2008.02.18

특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)

출원번호 10-2008-0014448 (접수번호 1-1-2008-0118988-30)

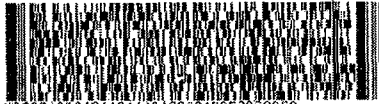
출원인명칭 (주)케어콘(1-2003-031942-2) 외 3명

대리인성명 특허법인 태평양(9-2006-100042-1)

발명자성명 이진용 최동욱

특 허 청 장

- 출원번호통지서 출원 이후 심사진행 상황 등을 확인하실 때에는 출원번호가 필요하오니 출원번호 통지서는 출원절차가 종료될 때까지 보관하시기 바랍니다.
- 2-가. 특허 및 실용신안 출원은 심사청구 후 평균 10개월에 1차 심사처리가 이루어지고, 상표 및 디자인은 출원 후 평균 6개월에 1차 심사처리가 이루어집니다.
2-나. 특허 및 실용신안은 특허청 홈페이지(<http://www.kipo.go.kr>) 이하 "홈페이지"라 함) 내 "특허로(온라인전자출원)" 사이트 "나의출원등록조회"에서 1차 심사처리 1개월 전에 1차 심사결과통지 예정시기를 확인할 수 있으며, 동 사이트 코너인 "통지서비스신청"에서 1차 심사결과통지 예정시기 알림 서비스를 신청하시면, 1차 심사처리 약 1개월 전에 해당 출원 건의 1차 심사결과통지 예정시기를 SMS 또는 E-mail 서비스로 제공 받을 수 있습니다. (단 홈페이지 회원에 한하여 통지 서비스 신청 가능)
2-다. 상표 및 디자인은 특허청 홈페이지(공지사항)에 유별 1차 심사결과통지 예정시기를 매월 게시하고 있으며, 특허정보검색서비스 시스템(<http://www.kipris.or.kr>)을 통해 개별 출원건에 대한 1차 심사결과통지 예정시기를 알려드립니다. 또한, 출원시 1차 심사결과통지 예정시기 알림 서비스를 신청하시면, SMS 또는 E-mail 서비스로 제공해 드립니다.
※ 상기 1차 심사결과통지 예정시기는 사정에 의해 다소 늦거나 빨라 질 수 있습니다.
2-라. 1차 심사결과통지서(심사관이 특허청장의 등본을 송달하기 전 또는 심사관이 최초로 거절 이유를 통지한 후 출원인이 그 거절이유를 받기 전 중 배은 때)까지 귀하께서는 특허출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 명세서 또는 도면을 보정할 수 있습니다.
- 심사청구 특허출원은 출원일로부터 5년 이내에 특허법시행규칙 별지 제24호서식에 의거 심사청구를 하지 않으면 그 출원은 출원취하된 것으로 간주하여 처리됨을 알려드립니다.
- 우선심사 특허출원 또는 디자인등록출원에 대해 조기에 심사받기를 원하시면 우선심사제도를 이용하실 수 있습니다.
- 주소 등 변경신고 출원인의 주소 등을 변경하고자 하는 경우에는 특허법 시행규칙 별지 제4호의 2 서식에 의한 출원인 정보변경(경정) 신고서를 제출하여야 합니다.
- 산업재산권 표시, 광고요령 특허 등 산업재산권을 출원 중에 있는 경우에는 해당 산업재산이 출원 상대방을 다음과 같이 표시하여야 하며, 이를 위반할 경우 특허법 제224조 및 제227조에 의거 처벌 받게 됩니다.
예) 특허출원 10-2001-0000001, 실용신안등록출원 20-2001-0000001, 디자인등록출원 30-2001-0000001, 상표등록출원 40-2001-0000001
- 미성년자 미성년자인 출원인이 만20세에 도달하는 경우 출원인의 부모 등 법정대리인의 대리권은 소멸하게 되므로, 출원인은 직접 또는 대리인을 새로이 선임하여 특허에 관한 절차를 밟을 수 있습니다.
- 문의처 기타 문의사항이 있으시면 특허고객 콜센터(1544-8030)에 문의하시거나 특허청 홈페이지(www.kipo.go.kr)를 참고하시기 바랍니다.
- 특허청 주소 302-701 대전광역시 서구 선사로 139 정부대전청사 4동
특허청 서울사무소 주소 135-911 서울특별시 강남구 역삼동 647-9 한국지식센터
FAX) 대전 : 042-472-7140, 서울 : 02-586-8454



9200510004211011101000015350000000

특허출원서

【참조번호】 0001

【출원구분】 특허출원

【출원인】

【명칭】 (주)케어콘

【출원인코드】 1-2003-031942-2

【출원인】

【명칭】 진도화성주식회사

【출원인코드】 1-2003-027736-2

【출원인】

【명칭】 (주) 국제이엔씨

【출원인코드】 1-2003-023138-9

【출원인】

【명칭】 한경대학교 산학협력단

【출원인코드】 2-2005-050930-3

【대리인】

【명칭】 특허법인 태평양

【대리인코드】 9-2006-100042-1

【지정된 변리사】 황의인

【포괄위임등록번호】 2007-014247-7

【포괄위임등록번호】 2008-002091-7

【포괄위임등록번호】 2008-003517-7

【포괄위임등록번호】 2008-002098-8

【발명의 국문명칭】 교량용 핑거플레이트형 신축 이동장치

【발명의 영문명칭】 FINGER PLATE TYPE EXPANSION JOINT FOR BRIDGE

3-1



<도로 구조물의 신축 이음장치>

관인생략

출원번호통지서

출원일 제 2008.02.18

특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)

출원번호 10-2008-0014451 (접수번호 1-1-2008-0119014-75)

출원인 명칭 (주) 캐어콘(1-2003-031942-2) 외 2명

대리인 성명 특허법인 태평양(9-2006-100042-1)

발명자 성명 이진웅 조현영

특 허 청 장

1. 출원번호통지서 출원 이후 심사진행 상황 등을 확인하실 때에는 출원번호가 필요하오니 출원번호 통지서는 출원절차와 중요할 때까지 보관하시기 바랍니다.
2. 2-가. 특허 및 실용신안 출원은 심사청구 후 평균 10개월에 1차 심사처리가 이루어지고, 상표 및 디자인은 출원 후 평균 6개월에 1차 심사처리가 이루어집니다.
2-나. 특허 및 실용신안은 특허청 홈페이지(<http://www.kipo.go.kr> 이하 "홈페이지"라 함)내 "특허로(온라인전자출원)" 사이트 "나의출원등록조회"에서 1차 심사처리 1개월 전에 1차 심사결과통지 예정시기를 확인할 수 있으며, 동 사이트 코너인 "통지서비스신청"에서 1차 심사결과통지 예정시기를 알람 서비스를 신청하시면 1차 심사처리 약 1개월 전에 해당 출원 간의 1차 심사결과통지 예정시기를 SMS 또는 E-mail 서비스로 제공 받을 수 있습니다.(단 홈페이지 화면에 한하여 통지 서비스 신청 가능)
2-다. 상표 및 디자인은 특허청 홈페이지(공지사항)에 류별 1차 심사결과통지 예정시기를 매월 게시하고 있으며, 특허정보검색서비스 시스템(<http://www.kipris.or.kr>)을 통해 개별 출원건에 대한 1차 심사결과통지 예정시기를 알려드립니다. 또한, 출원시 1차 심사결과통지 예정시기 알람 서비스를 신청하시면, SMS 또는 E-mail 서비스로 제공해 드립니다.
※ 상기 1차 심사결과통지 예정시기는 사정에 의해 다소 늦거나 빨라질 수 있습니다.
2-라. 1차 심사결과통지시(심사관이 특허결정의 통보를 송달하기 전 또는 심사관이 최초로 거절 이유를 통지한 후 출원인이 그 거절이유를 받기 전 중 빠른 때)까지 귀하께서는 특허출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 명세서 또는 도면을 보정할 수 있습니다.
3. 심사청구 특허출원은 출원일로부터 5년 이내에 특허법시행규칙 별지 제24호서식에 의거 심사청구를 하지 않으면 그 출원은 출원취하된 것으로 간주하여 처리함을 알려드립니다.
4. 우선심사 특허출원 또는 디자인등록출원에 대해 조기에 심사받기를 원하시면 우선심사제도를 이용하실 수 있습니다.
5. 주소 등 변경신고 출원인의 주소 등을 변경하고자 하는 경우에는 특허법 시행규칙 별지 제4호의 2 서식에 의한 출원인 정보변경(경정) 신고서를 제출하여야 합니다.
6. 산업재산권 표시, 광고요령 특허 등 산업재산권을 출원 중에 있는 경우에는 해당 산업재산이 출원 상태임을 다음과 같이 표시하여야 하며, 이를 위반할 경우 특허법 제224조 및 제227조에 의거 처벌 받게 됩니다.
(예) 특허출원 10-2001-0000001, 실용신안등록출원 20-2001-0000001, 디자인등록출원 30-2001-0000001, 상표등록출원 40-2001-0000001
7. 미성년자 미성년자인 출원인이 만20세에 도달하는 경우 출원인의 부모 등 법정대리인의 대리권은 소멸하게 되므로, 출원인은 직접 또는 대리인을 새로이 선임하여 특허에 관한 절차를 밟을 수 있습니다.
8. 문의처 기타 문의사항이 있으시면 특허고객 콜센터(1544-6080)에 문의하시거나 특허청 홈페이지(www.kipo.go.kr)를 참고하시기 바랍니다.
9. 특허청 주소 302-701 대전광역시 서구 선사로 139 정부대전청사 4동
특허청 서울사무소 주소 135-911 서울특별시 강남구 역삼동 647-8 한국지식센터
FAX: 대전 : 042-472-7140, 서울 : 02-556-3454



특허출원서

【참조번호】 0002

【출원구분】 특허출원

【출원인】

【명칭】 (주)케어콘

【출원인코드】 1-2003-031942-2

【출원인】

【명칭】 진도화성주식회사

【출원인코드】 1-2003-027736-2

【출원인】

【명칭】 (주)국제이앤씨

【출원인코드】 1-2003-023138-9

【대리인】

【명칭】 특허법인 태평양

【대리인코드】 9-2006-100042-1

【지정된 변리사】 황의인

【포괄위임등록번호】 2007-014247-7

【포괄위임등록번호】 2008-002091-7

【포괄위임등록번호】 2008-003517-7

【발명의 국문명칭】 도로 구조물의 신축 이음장치

【발명의 영문명칭】 EXPANSION AND CONTRACTION CONNECTING JOINT OF ROAD
STRUCTURE

【발명자】

【성명의 국문표기】 이진용

【성명의 영문표기】 LEE, Chin Yong.

3-1



학술지 발표 논문

Ministry of Science and Education of Republic of Kazakhstan
Al-Farabi Kazakh National University The Institute of Combustion Problems

September 12-14,
2007



COMBUSTION
&
PLASMO
CHEMISTRY

4th International Symposium
Almaty, Republic of Kazakhstan



ПРОГРАММА И МАТЕРИАЛЫ
4-го МЕЖДУНАРОДНОГО
СИМПОЗИУМА

EFFECTS OF EMULSIFIERS ON THE PROPERTIES OF STYRENE/METHACRYLATE -TYPE SUPERPLASTICIZER IN CEMENT PASTE

S.M. Negim, M. M.H. Ayoub, H.Y. Cho and S.H. Han

Department of Polymers and Pigments, National Research Center, Dokki, Cairo, Egypt

Jindo Chemical Co./ Korea Polytechnic University, Shiheong, Kyeonggy, Korea

elashmawi5@yahoo.com

Abstract

This paper described the influence of various types of co-emulsifier such as dodecyl benzene sulphonate with poly vinyl alcohol (DBSS/PVA) and DBSS with poly oxyethylene glycol monomethyl ether (DBSS/POE) on the copolymerization of styrene with different methacrylate monomers and on the properties of Ordinary Portland Cement (O.P.C.) paste. The obtained latices were characterized by ¹H NMR, rheological and morphological techniques. The rheological features strongly depend not only on the type of monomer but also on the type of emulsifier used. The viscosity measurements showed that all latices behave as a non-Newtonian shear thinning (pseudoplastic) fluid. Setting time and consistency of the cement paste, combined water and compressive strength of the hardened cement were studied. The results obtained showed that the addition of copolymer latices improve most of the specific characteristics of O.P.C. The combined water, the compressive strength and the setting times increased by addition of latices to O.P.C. paste. The influence of co-emulsifier DBSS/PVA on the copolymer latex and on the physicomechanical properties of O.P.C. is better than those of co-emulsifier DBSS/POE.

1. Introduction

Admixtures are natural or artificial chemicals which are added to the concrete before or during mixing. The most often used admixtures are air-entraining agents, water reducers, retarders and accelerators. Admixtures are used to give special properties to fresh or hardened concrete. Admixtures are used to overcome difficult construction situations, such as hot or cold weather placements, pumping requirements, early strength requirements, or very low water-cement ratio specifications. Water reducers are used for two different purposes in cement concrete: (1) to lower the water content in plastic concrete and increase its strength; (2) to obtain higher workability without adding water. Water-reducers will generally reduce the required water content of a concrete mixture for a given workability ^[1].

2. Experimental

2.1. Semi-continuous Emulsion Copolymerization of Styrene with Methacrylate Monomers

Copolymerization of St as a main monomer in conjunction with BuMA, MMA and GMA of the same feed monomer compositions (5/5) were prepared by the technique of semi-continuous emulsion copolymerization processes. Two types of co-emulsifiers, namely, DBSS (2.0 g)/PVA (1.5 g) and DBSS (2.0 g)/POE (1.5 g) were independently used in the emulsion polymerization processes. The co-emulsifier were dissolved in 50 mL of distilled water and charged into a 250 mL three-necked flask. The redox initiation system composed of KPS (0.81 g)/NaMBS (0.57 g) was added to the flask during mechanical stirring at 500 rpm. The co-monomer (50 g) (St/methacrylate) monomers were added dropwise (about 12 mL/hr) during the stirring process at 65 °C using an automatically controlled water bath under nitrogen atmosphere for a period of 4 hr and another 1 hr at 80 °C.

2.2. Ordinary Portland Cement

The raw materials used in the present study as previously mentioned ^[2].

3. Results and discussion

3.1. Characterization of the Prepared Copolymers

3.1.1. ¹H NMR Spectra

The data of ¹H NMR spectra for the copolymer of St with BuMA, MMA and GMA are given in Table 1, which shows the chemical shifts and the correspondence characteristic bands. It is clear that the ¹H NMR spectra give good information about the structure of the obtained copolymer.

3.2. Rheological Properties of Prepared Copolymers

3.2.1. Power law and Bingham

According to our instrument (Bohlin) Soft-ware, we can automatically get the following values:

- 1- Newtonian viscosity (Pas);
- 2- Power law viscosity (Pas) and power law index (*n*);
- 3- Bingham yields value, τ_0 (Pa) and Bingham viscosity (Pas).

The data represented in Table 2 and 3 clarify the following aspects: -

Proceedings of 2007 KIChE Fall Meeting

대한민국화학공학회

Synthesis of Water-Soluble Polyethylene Glycol Grafted with Maleic Anhydride and Its Application in Cement Admixtures

E. S. Negim^{*}, N. N. Rozik¹, 조현영², 최경규²

Korea Polytechnic University,

¹National Research centre Egypt,

²Jindo Chemical Co., LTD.

(elashmawi5@yahoo.com^{*})

Modification of methoxypolyoxyethylene (MPOE) with maleic anhydride (MA) has been prepared as grafted copolymer by the reaction of MPOE and MA. The unique structural feature of the prepared water-soluble copolymer has been confirmed by FTIR and ¹H NMR. The effects of water-soluble copolymer on the physico-mechanical properties of Ordinary Portland Cement (O.P.C) pastes were investigated. The results showed that the addition of aqueous solutions from the prepared copolymers to the cement improve most of the specific characteristics of (O.P.C). As the concentration of the water-soluble copolymer increases, the water-to-cement (W/C) as well as setting time decreases. The combined water content increases with addition of the copolymer to the mixing water. The compressive strength was sharply increased at nearly all hydration ages.

Information

Table of Contents

Search this CD-ROM

Exit

2008년

가을 학술대회

KCI Fall 2008 Convention

일시: 2008년 11월 7일(금)

장소: KINTEX(일산)

폴리우레탄계 고내충격성 모르타르의 물성치 연구

Properties of High Impact Resisting Mortar based on Polyurethane

이진용* 최동욱** 하상수*** 김동완****

Lee, Chin Yong Choi, Dong Uk Ha, Sang Su Kim, Dong Wan

ABSTRACT

The expansion joint is an important part of the bridge, but the failure is occurred on the non-shrinkage concrete which is connected to the slab of the bridge and the expansion joint, and the other problem is the release of anchors in expansion joint due to the impact and vibration during the driven car on the bridge, especially an overloaded car. In this study, to overcome the failure of non-shrinkage of concrete, high impact resisting mortar is developed. The high impact resisting mortar shall be a polyurethane material compounded with an aggregate system to develop excellent flexibility characteristics, high load bearing capacity.

요약

교량 신축이음장치의 파손 유형을 보면, 그 원인이 주로 후타재와 관련된 부재에서 많이 발생하는 것을 알 수 있다. 중차량 통과에 따른 충격과 진동하중으로 인해서 후타재의 파손이 심하게 일어나고, 신축이음장치를 후타재에 고정하기 위해서 사용하는 앵커에서 풀림 현상이 많이 발생하고 있다. 후타재의 파손은 모든 신축이음장치에서 발생하는 현상으로 기존의 후타재로는 신축이음장치의 종류와 관계 없이 차량의 충격하중을 충분히 흡수할 수 없으므로, 차량이 교량의 신축이음장치를 통과 할 때에 가해지는 충격하중으로부터 하자 발생원인을 제거하기 위해서는 충격하중을 흡수 할 수 있는 새로운 후타재의 개발이 절실하게 필요한 상황이다. 따라서 본 연구에서는 에폭시변성 폴리우레탄 바인더와 필러(filler), 골재를 사용하여 우수한 성능을 갖는 고내충격성 모르타르를 개발하는데 목적을 두었다.

- * 정회원, (주)케이원, 대표이사, 공학박사
- ** 정회원, 국립한경대학교, 건축공학과, 교수
- *** 정회원, 국립한경대학교, 건설공학연구소, 연구교수, 공학박사
- **** 정회원, (주)케이원, 개발팀, 공학박사

신축이음장치에서 나사 풀림을 방지하기 위한 앵커시스템

Anchor system in order not to Unscrew of Expansion Joint for Bridge

하상수* 최동욱** 이진동***
Ha, Sang Su Choi, Dong Uk Lee, Chun Yong

ABSTRACT

The failure of expansion joint for bridge is generally occurred on the non-shrinkage mortar and other problem is the release of anchors in expansion joint due to the impact and vibration during the driven car on the bridge. In this study, to overcome the failure of expansion joint by the failure of non-shrinkage, the elastomeric mortar is developed. The pull-out capacity developed elastomeric mortar compared with that of non-shrinkage mortar. Moreover the anchor system which can be change easily and prevent a fracture of expansion joint is developed.

요 약

교량 신축이음장치의 파손 유형은 주로 후타재(무수축 모르타르)와 관련된 부분에서 많이 발생된다. 또 다른 문제는 중차량 통과에 따른 충격과 진동하중으로 인해서 신축이음장치를 후타재에 고정하기 위해서 사용하는 앵커 풀림 현상이다. 본 연구에서는 무수축 모르타르의 파괴에 따른 신축이음 장치의 파손을 방지하기 위해 탄성콘크리트를 개발하였다. 개발된 탄성콘크리트와 현재 주로 사용하고 있는 무수축 모르타르의 인발성능을 비교하였다. 또한, 후타재와 신축이음장치를 일체화하여 후타재의 파손을 방지하고 신축이음장치를 쉽게 교체할 수 있는 앵커 시스템을 개발하였다.

1. 서론

교량용 신축이음장치의 파손 유형은 크게 무수축 모르타르(후타재)의 손상에 의한 것과 신축이음 장치를 후타재에 고정하기 위하여 사용되는 앵커 풀림현상에 의한 것으로 대별된다. 무수축 모르타르의 손상은 신축이음장치에서 가장 빈번하게 발생되며 신축이음장치의 성능에 관계없이 무수축 모르타르의 상태에 따라 그 수명이 결정된다. 실제 현장에서는 무수축 모르타르가 손상된 경우 무수축 모르타르만 보수하는 경우는 드물고, 대부분 일하며 후타재와 신축이음장치를 새로 설치하는 경제적인 부담을 안고 있다. 앵커 풀림현상은 차량 통과시 소음을 발생하고, 위험을 초래할 수 있으므로 차량 통과시에는 앵커가 풀리지 않고, 해체 및 교체가 가능한 앵커 시스템 개발이 필요하다.

* 정회원, 한경대학교 건설공학연구소 연구교수

** 정회원, 한경대학교 건축학부 교수

*** 정회원, (주)케이온 대표이사