

# 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트의 덧씌우기 포장공법 적용을 위한 연구

## A Study for the Application of Pavements Overlay Method of Very Rapid Hardening Acrylic Polymer Modified Concrete

김영규<sup>\*</sup> · 이승우<sup>\*\*</sup> · 이풍희<sup>\*\*\*</sup> · 박남일<sup>\*\*\*\*</sup> · 김정환<sup>\*\*\*\*\*</sup>

Kim, Young Kyu · Lee, Seung Woo · Lee, Poong Hee · Park, Nam Il · Kim, Jung Hwan

### 1. 서 론

국내의 시멘트 콘크리트 포장은 88고속도로가 개통된 이후 산업의 급격한 발달과 중차량의 증가로 꾸준하게 신설 및 확장되었으나, 최근 콘크리트 포장의 내구연한이 20년에 가까워짐에 따라 많은 구간에서 노화 손상이 발생되어 유지 보수 및 재건설을 필요로 하고 있다.

국내의 경우 유지보수 시 일반적으로 아스팔트 포장 덧씌우기를 실시하고 있으며, 이는 시공경험이 풍부하고 시공 후 교통개방시간을 단축할 수 있기 때문이다. 하지만 아스팔트 덧씌우기의 경우 기존 콘크리트포장과 물성 및 열팽창계수 등의 재료 특성이 상이하여 줄눈부에서 발생하는 반사균열, 덧씌우기 구간에서의 포트홀 및 다양한 포장 파손으로 인하여 잦은 유지보수를 필요로 한다(이경하 외, 2000). 이로 인하여 도로포장의 효과적인 유지보수 공법을 필요로 하게 되었으며, 이에 유지보수 공법 중 일부 국가에서는 교통량 증가 및 중차량에 대한 하중지지 능력이 우수하고, 기존 콘크리트 포장과의 재료특성이 유사하여 유지보수 후 포장 파손이 적으며, 가장 경제적인 유지보수 대안으로 평가 받고 있는 콘크리트 덧씌우기가 대두되고 있다.

콘크리트 덧씌우기는 사용연한이 길고, 중차량에 대한 저항성이 우수하며, 소성변형의 발생이 없어 유지보수 빈도 및 유지관리비를 현저히 줄일 수 있는 장점이 있다. 하지만 콘크리트 포장의 특성 상 비교적 긴 양생기간으로 인한 우회도로 가설 및 교통통제 등의 기술적인 문제가 발생하게 된다(최판길 외, 2006). 이를 위하여 국내의 경우 콘크리트 덧씌우기 공법 적용 시 조기 교통개방을 위한 콘크리트 재료의 연구가 활발히 진행되어 현장에 적용되고 있으나 시공비가 고가이며, 습윤 양생 및 소요자재 등의 공법상의 문제로 인하여 대규모 보수에서의 적용이 현실적으로 불가능한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 콘크리트 덧씌우기의 단점으로 지적되고 있는 신속한 교통개방을 위하여 경제성을 확보하고, 조기강도 발현이 가능하며, 별도의 습윤 양생을 필요로 하지 않는 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트를 사용하여 국내 콘크리트 덧씌우기 공법 적용을 위한 최적 배합비를 도출하였다. 또한 작업성, 내구성 및 환경저항성에 대한 평가를 수행하였으며, 실험결과를 바탕으로 2회에 걸친 시험시공을 실시하여 국내 여건에 맞는 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트의 덧씌우기 공법 적용성을 검토하였다.

### 2. 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트의 특성

#### 2.1 재료 특성

초속경 아크릴계 폴리머 콘크리트(Very Rapid Hardening Acrylic Polymer Modified Concrete)는 도로 보

\* 정회원 · 강릉원주대학교 토목공학과 박사과정(E-mail:kingdom1980@nate.com)

\*\* 정회원 · 강릉원주대학교 토목공학과 부교수 · 공학박사(E-mail:swl@gwnu.ac.kr)

\*\*\* 정회원 · (유)금영토건 회장(E-mail:ph64037424@naver.com)

\*\*\*\* 정회원 · (유)금영토건 대표이사(E-mail:kytg8484@hanmail.net)

\*\*\*\*\* 정회원 · 한일시멘트 테크니컬센터장 · 공학박사(E-mail:whtlotus@hanil.com)

수용 Ready-mixed mortar(이하 레미탈; sand+binder가 혼합됨), 물, Acrylic Polymer, 굵은 골재 및 혼화제(소포제)가 혼합된 것으로써 시공성, 내구성 및 경제성을 확보하기 위하여 국내 H시멘트에서 개발되었다.

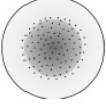

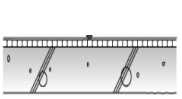

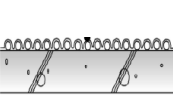
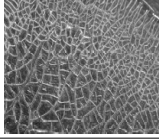
초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트는 일반 콘크리트와 달리 Acrylic Polymer와 함께 pre-mix된 레미탈이 혼합되어 있으며, 레미탈에 대한 화학성분은 표 1과 같다. 레미탈의 경우 일반적인 보통 포틀랜드 시멘트와 달리 초속경 시멘트의 특성인 CSA계( $3CaO \cdot 3Al_2O_3 \cdot CaSO_4$ )를 다량 함유하고 있으며, 수화반응 시 매우 빠른 속도로 침상 결정의 3차원적 망목구조를 형성하는 고황산염의 칼슘술포알루미늄에이트 수화물(calcium sulfoaluminate hydrate)인 에트링자이트(ettringite)를 생성시켜 수 시간 내에 높은 강도를 발현하게 된다. 또한 1일 이후에도 ettringite가 지속적으로 생성되며, 보통 시멘트에 존재하는  $C_3S$ ,  $C_2S$ 의 수화반응에 의해 생성된 Gel상의 C-S-H(calcium silicate hydrate) 수화물에 의해 경화체의 조직이 치밀해지고 강도발현이 지속적으로 증진된다. 초속경 시멘트의 광물성분 중  $3CaO \cdot 3Al_2O_3 \cdot CaSO_4$ 이 물과 반응하여 생성된 Ettringite는 물리/화학적으로 매우 안정되어 있으며, 광물 중에  $SO_3$  공급원을 충분히 가지고 있어 다른 화합물로의 전이가 일어나지 않게 되며, 구조체의 내구성을 크게 향상시킬 수 있다.

표 1. Ready-mixed mortar의 화학조성표

구분	화학성분, wt(%)									
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	Ig.loss	sum
모래	97.2	-	-	-	-	-	-	-	-	97.2
바인더	12.43	17.49	2.34	47.18	1.28	0.01	0.04	17.67	1.20	99.64

또한 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트의 특징 중 하나인 Acrylic Polymer의 혼합은 표 2와 같이 Core-cell 중합반응을 통하여 연속 도막을 형성함으로써 대기 양생이 가능하며, 양생시트 사용 및 습윤 양생을 실시하지 않아도 우수한 도막 형성으로 인해 건조수축 균열 저감, 부착강도 및 내구성을 향상시킬 수 있다.

표 2. Acrylic Polymer의 Core-cell 중합반응 특성

	아크릴계 폴리머	일반폴리머
입자구조 특성	 <ul style="list-style-type: none"> <li>Core : 필름의 강도가 높은 수지</li> <li>Cell : 도막 성능이 높은 수지</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>강도를 높이면 도막 성능이 저하</li> <li>도막 성능을 높이면 강도 저하</li> </ul>
도막 형성 상태	 	 
비고	균질한 도막 형성	불균질한 도막 형성

## 2.2 덧씌우기를 위한 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트의 적용 기준

충분한 작업성 확보와 조기 교통개방을 위한 덧씌우기 콘크리트 포장에 성공적으로 시공하기 위해서는 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트 재료의 적정 특성이 요구된다. 이를 위해 국내외 문헌연구를 통하여 강도, 작업성, 장기 안정성, 부착강도 및 환경하중저항성 등에 대한 적정 요구 기준을 표 3에서 제시하였다(윤경우 외, 2004), (조윤호 외, 2005), (한국도로공사, 2009).

표 3. 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트의 덧씌우기 공법 요구 기준

항목	시험방법	규격	기준	
압축강도	교통개방 시 28일	KS F 2405	MPa	21 이상
				30 이상
휨강도	교통개방 시	KS F 2407, KS F 2408	MPa	4.5 이상
응결	초결	KS F 2436	분	25분이상
	종결			-
슬럼프		KS F 2402	mm	160~220
공기량		KS F 2421	%	3~6
부착강도		ASTM C 1404	MPa	1.4 이상
동결융해저항성		KS F 2456(B type)	%	상대동탄성계수비
표면박리저항성(제설제)		ASTM C 672	육안평가(50사이클)	0=좋음, 5=나쁨
염소이온 침투 저항성		KS F 2711	Coulomb	낮을수록 우수함
			침투깊이(mm)	-
건조수축		KS F 2424, ASTM C 157	mm	-

### 3. 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트의 적용성 평가

본 연구에서는 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트의 작업성 확보 및 신속한 교통개방을 위하여 슬럼프, 공기량 및 응결시간 측정 실험을 통해 요구 기준에 맞는 최적배합비를 도출한 후, 압축강도 및 휨강도 시험과 양생에 따른 강도 특성을 분석하였다. 또한 부착강도 실험을 통하여 기존 포장층과의 부착특성을 알아보고, 동결융해, 염분침투 저항성, 표면박리 저항성 및 건조수축 등의 환경하중 저항성 평가를 통해 국내 여건에 맞는 콘크리트 포장 덧씌우기 재료의 적용성을 평가하였다.

#### 3.1 최적 배합비 도출 및 강도 특성

작업성 확보와 초기 교통개방이 가능한 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트 재료의 내구성, 안정성 및 환경하중 저항성을 평가하기 위해서는 합리적인 콘크리트 배합비 산정이 우선시 되어야 한다. 본 연구에서는 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트의 최적 배합비 도출을 위하여 Acrylic Polymer, Ready-mixed mortar의 함량을 고정된 후 W/B비를 변경하였으며, 슬럼프, 공기량, 응결시간, 초기 압축강도 및 휨강도 측정을 통하여 표 4와 같이 최적배합비를 도출하였다.

표 4. 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트의 최적 배합비

굵은골재 최대치수 (mm)	W/B(%)	S/a(%)	단위량(kg/m <sup>3</sup> )				
			W	Ready-mixed mortar		G	AE제
				B	S		
15	36	44	141	390	756	979	B×0.03%
			순수물량 : 106 액상폴리머 : 66 고형분량 : 31				

덧씌우기 공법 적용을 위한 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트의 최적배합비는 내구성, 안정성 및 환경하중 저항성 평가를 수행하기 위한 단계로써, 실험 결과는 표 5 및 6과 같이 나타났다. 응결시간 측정 결과 35~40분 사이에 초결이 진행되어 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트의 작업성을 충분히 확보할 것으로 판단된다. 또한 양생 조건에 따른 압축강도 측정 결과 포설 4시간 후 소요 강도 21MPa를 확보하여 신속한 초기 교통개방이 가능하며, 공법 적용 시 대기 양생을 통한 강도 발현이 가능할 것으로 판단된다.

표 5. 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트의 배합 특성

구분	결과
슬럼프	초기 : 150mm~170mm 5분경과 후 90mm~120mm
공기량	6%
응결시간	초결 (35~40분), 종결(55~60분)

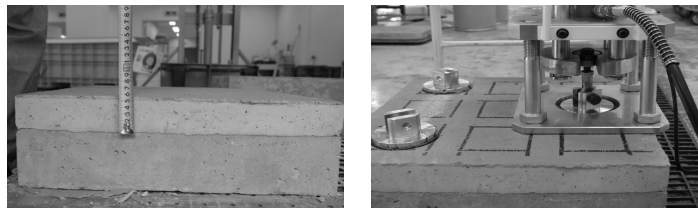
표 6. 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트 강도 특성

구분	압축강도(MPa)		휨강도(MPa)
	습윤	대기	
4시간	22.6	21.2	5.5
5시간	23.5	-	-
1일	27.5	26	6.5
7일	33.7	31.3	7.0
28일	36.2	-	7.1

### 3.2 부착강도 특성

기존콘크리트 포장과 덧씌우기 사이의 부착강도는 접착식 콘크리트 덧씌우기 공법의 가장 중요한 인자로써 본 연구에서는 ASTM C 1404에 의거한 부착강도(직접인발시험) 실험을 실시하였다. 기존 콘크리트면과 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트면 사이의 부착강도를 확인하기 위하여 시험체 크기 500×500×150mm의 기존 일반 포트랜드 시멘트 콘크리트 시편을 제작한 후 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트를 5cm 덧씌우기하여 재령 4시간, 7일, 28일에 대하여 각각 3회씩 부착강도를 측정하였다.

그림 2는 부착강도 측정과정을 나타내는 것으로써, 콘크리트 시편을 제작한 후 실제 시공현장의 절삭된 콘크리트 포장 표면을 모사하기 위해 그라인더 및 스틸 브러쉬를 사용하여 콘크리트 표면의 모르타르를 제거한 후 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트를 5cm 덧씌우기 하였다. 1시간 30분의 대기양생이 끝난 후 코어작업을 실시하였으며, 에폭시를 사용하여 인발시험용 지그와 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트면을 완전 부착시켜 부착강도를 측정하였다.



(a) 접착 덧씌우기 시편 제작 (b) 부착강도 측정

그림 2. 부착강도 측정과정

부착강도 측정결과 재령 4시간에서 기준치 1.4MPa를 상회하는 결과를 확보하였으며, 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트의 부착강도는 매우 우수하여 기존 콘크리트와의 부착력 부족으로 인해 발생할 수 있는 초기 균열 및 파손 영향은 적을 것으로 판단된다.

표 7. 부착강도 측정 결과

구분	기준	부착강도	시험방법
4시간	1.4MPa 이상	1.6MPa	ASTM C 1404
7일		1.7MPa	
28일		2.2MPa	

### 3.3 환경하중 저항성 평가

초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트의 환경하중 저항성을 평가하기 위하여 그림 3과 같이 동결융해 저항성, 표면박리 저항성, 염소이온 침투 저항성 및 건조수축 실험을 실시하였다.

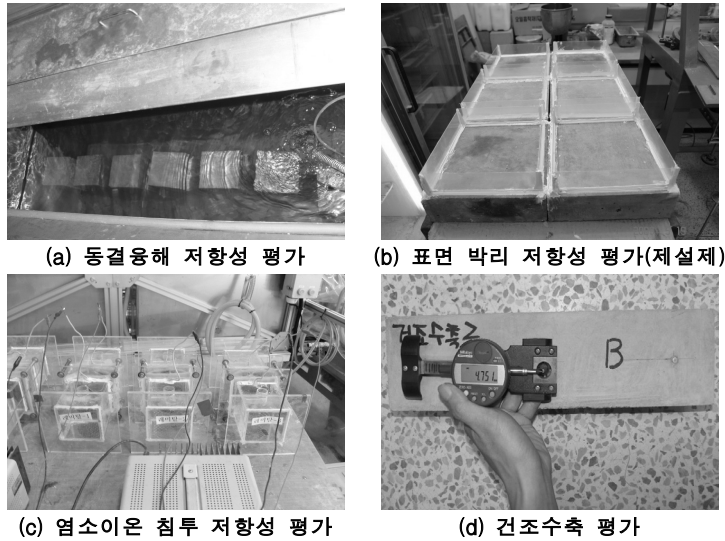


그림 3. 환경하중 저항성 평가

환경하중 저항성 시험결과, 염소이온 침투 저항성은 수정 통과 전하량이 194.94C로 매우 낮은 수치가 나왔으며, 침투깊이 또한 0.4mm를 나타내어 해안 지역의 염분 유입 및 제설제 사용으로 인한 도로포장 파손에 대해 높은 저항성을 가질 것으로 판단된다. 표면 박리 저항성은 50 사이클 평가 결과 육안관찰 및 무게 변화 결과 OPC는 표면박리가 심하게 발생하여 무게 변화가 24g정도 발생된 반면 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트의 무게 변화는 0.37g로 변화가 거의 없으며, 육안관찰 결과 매우 낮음으로 표면박리 저항이 우수하게 나타났다. 건조 수축 시험결과 8주차까지 진행된 결과 건조수축량은 보통 포틀랜드 시멘트 콘크리트(OPC)의 50%정도로 나타나 초기 균열에 따른 내구성 손실이 적을 것을 판단된다. 동결융해 저항성의 경우 상대동탄성 계수가 94%로 일반 콘크리트 보다 우수한 내구성을 가지고 있음을 확인하였다.

이를 통하여 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트는 환경하중에 대해 일반 포틀랜드 시멘트 콘크리트에 비해 매우 우수하며, 하부 기존 콘크리트를 보호하여 수명을 증대 시키고 도로의 공용성을 장기적으로 유지할 것으로 판단된다.

표 8. 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트 환경하중 저항 특성

구분	시험방법	규격	분류	
			초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트	OPC
동결융해 저항성	KS F 2456 B type	300사이클에서 상대동탄성계수비(%)	94.0	91.9
표면박리 저항성	ASTM C 672	50사이클 육안평가 0=좋음, 5=나쁨	0=좋음	4
염소이온 침투 저항성 (Coulomb)	ASTM C 1202	낮을수록 우수함 (양생=28일)	195 (매우 낮음)	1170
		침투깊이(mm)	0.4	9.3
건조수축	KS F 2424 ASTM C 157	길이변화(mm)	-0.028 (8주 경과)	-0.050 (8주 경과)

#### 4. 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트의 접착식 덧씌우기 시험시공

##### 4.1 시험시공 개요

본 연구에서는 초속아크릴계 폴리머 개질 콘크리트의 최적배합비 산정, 강도 특성 평가 및 환경하중 저항성 평가 연구 결과를 활용하여 표 9와 같이 3회에 걸친 시험시공을 실시하였다. 1차 시험시공은 2009년 12월에 경부선 부산방면 262~263km 지점에서 연장 72m, 폭 4.2m로 진행되었으며, 2차 시험시공은 2009년 5월에 중부선 통영방면 2차로에 연장 200m로 진행하였다. 또한 3차 시험시공은 경부선 서울영업소 광장부 6차로의 진·출입로에 대하여 총 440m의 연장으로 진행되었다. 영업소의 특성 상 광장부 381.5m의 경우 기계포설을 실시하였으며, 포설장비의 진입이 어려운 58.5m의 경우 인력으로 포설하였다.

표 9. 시험시공 개요

	일시	구간	연장(m)	폭(m)	절삭깊이(cm)	비고
1차	2009. 12. 02	경부선 262~263km	72	4.2	5	부산 방향 3차로
2차	2009. 05. 03	중부선 145.5~145.7km	200	4.4	5	통영 방향 2차로
3차	2010. 06. 23 ~06. 25	경부선 서울영업소	381.5	6.9	4	기계타설
			58.5	3	4	인력타설



(a) 1차 시험시공



(b) 2차 시험시공



(b) 3차 시험시공

그림 4. 시공구간 전경

##### 4.2 시공장비 특성

초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트 덧씌우기 공법의 경우 시공 준비 및 콘크리트 포설 단계에서 기존의 장비를 활용하여 시공이 가능하나, 초속경 재료의 특성상 원활한 콘크리트의 수급을 위하여 이동식 대량생산이 가능한 Batch system을 갖춘 장비의 운용이 불가피하다. 이를 위하여 레디믹스트 모르타르, 물, 액상 폴리머 및 골재를 전산화 자동 중량계산하여 배합하는 MCBP(Movable Concrete Batch Plant)장비를 자체 개발하여 시공에 적용하였다. 그림 5는 MCBP를 나타낸 것으로써 전폭 2.75m, 높이 4.1m의 크기로 제작되었으며, 20m<sup>3</sup>/hr의 콘크리트 생산량을 확보할 수 있다.



(a) 측면



(b) 후면

그림 5. Movable Concrete Batch Plant

### 4.3 시험시공 절차 및 결과

초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트 덧씌우기 시험시공은 그림 6과 같이 표면 절삭, 청소 및 Hydro Demolition 등의 Pre-resurfacing 과정을 거친 후 시공 및 마무리 과정을 실시한다. 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트 덧씌우기 두께설계에 의해 시험시공 시 기존 콘크리트포장을 평균 5cm 절삭하였으며, 열화로 인한 파손상태가 심각한 부분 및 균열이 완전히 제거되지 않은 부분에 대하여 3.5cm를 추가 절삭 하였다. 또한 부착력 증진을 위하여 절삭면 청소를 실시하였으며, 콘크리트 포설 전 폴리머를 살포하였다.

1차 시험시공의 경우 09시에 교통을 차단한 후 기존 콘크리트 표면 절삭 및 청소, 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트 생산 및 포설을 14:30분에 종료하였으며, 타이닝, 줄눈설치 및 대기 양생 후 18시에 교통을 개방하였다.



그림 6. 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트 덧씌우기 시험시공 과정

시험 시공 후 그림 7과 같이 현장 샘플 채취를 통하여 기존 콘크리트포장과 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트 덧씌우기 간의 접착부위에서 완전 부착을 확인하였다. 시험시공 구간의 경우 현재 공용중인 도로로써 신속한 교통개방을 위하여 추가적인 현장 실험은 이루어지지 못했으나, 시공구간의 지속적인 모니터링을 실시하여 포장 표면 상태를 점검하고, 미끄럼저항성, 부착실험 및 평탄성 측정을 통하여 내구연환을 검토할 계획이다.

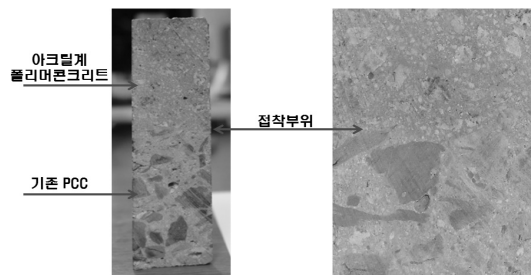


그림 7. 시험시공 샘플

## 5. 결 론

본 연구는 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트의 부착식 콘크리트 덧씌우기 재료 활용을 위하여 최종 배합비를 도출하였으며, 양생 방법에 따른 강도 특성을 알아보았다. 또한 기존 콘크리트 포장면과 부착 특성 및 동결융해, 염소 이온 침투 저항성, 표면박리 저항성, 건조수축 특성 등 환경하중 저항성을 평가하였으며, 연구 결과를 활용하여 2회 실시한 시험시공을 통하여 적용성을 검증하였다. 본 연구를 통하여 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트의 덧씌우기 재료 적용이 가능할 것으로 판단되며, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트의 작업성과 신속한 조기 교통개방의 조건을 만족 시킬 수 있는 슬럼프, 공기량, 응결시간 및 압축강도를 평가하여 최적배합비를 산정하였으며, 초결 및 종결시간을 조절하여 충분한 작업시간을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.
- 2) 대기 양생 조건에서 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트의 포설 3~4시간 경과 후 소요강도를 발현하여 대규모 덧씌우기 포장에 적용이 가능할 것으로 사료된다. 또한 충분한 휨강도 및 부착강도 확보를 통하여 조기개방을 실시할 경우 내구성 측면에서 유리하며, 부착식 덧씌우기 시공 시 신/구 콘크리트가 완전 부착하여 일체거동 할 것으로 판단된다.
- 3) 동결융해 저항성, 염소이온 침투 저항성, 표면박리 저항성 및 건조수축에 따른 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트의 환경하중 저항성을 평가한 결과 일반 포트랜드 시멘트 콘크리트에 비해 매우 우수하며, 기존 하부 콘크리트를 보호하여 포장 수명을 증대 시키고 도로의 장기 공용성을 유지할 것으로 판단된다.
- 4) 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트의 덧씌우기 시험시공을 통하여, 전산화 자동 중량 계량의 이동식 대형 Batch plant를 사용하여 균일한 품질관리가 이루어 질 수 있으며, 충분한 작업성 확보 및 신속한 조기 교통개방을 실시 할 수 있었다. 또한 시험시공 후 샘플 채취를 통하여 기존 콘크리트 포장과의 완전 부착을 확인하였다.

본 연구를 통하여 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트는 신속한 조기 교통개방이 요구되는 대규모 Bonded Concrete Overlay에 적합한 재료로 사료되며, 개발된 시공 장비의 활용을 통하여 덧씌우기 포장 재료의 균일한 품질관리가 가능하고, 충분한 작업성 및 신속한 조기교통개방 특성 확보를 확인하였다.

## 참고 문헌

1. 이경하, 한승환, “노후 콘크리트 포장 및 덧씌우기 보수구간의 파손 사례” 한국도로포장공학회지 제5권 1호, 2000
2. 원종필, 김현호, 안태송 “조기교통개방 콘크리트의 강도특성”, 한국도로포장공학회지 제3권 2호 pp. 123~130, 2001
3. 윤경구, 김동호, 최성용, 최관길, “조강시멘트를 사용한 라텍스개질 콘크리트의 보수재료 개발” 석재연 논문집, 제 9권, pp. 9~107, 2004
4. 조윤희, 강장환, 김지원, “화이티타핑:신속한 교통개방이 가능한 콘크리트 덧씌우기 공법”, 한국도로학회 논문집, 제 7권 제3호, pp. 3~9, 2005
5. 최관길, 전성일, 윤경구, 권수안, “고분말도 플라이애시를 사용한 조기교통개방용 콘크리트개발 가능성 검토”, 한국도로학회 학술발표논문집, 2006
6. 한국도로공사 도로연구소, “콘크리트 덧씌우기에 의한 포장보강방안연구”, 1997
7. 한국도로공사, 고속도로공사 전문 시방서, 2009
8. ACI “Polymer-Modified Concrete” 2003
9. ACPA “Guide to Concrete Overlay Solutions” 2007
10. P. Kumar Mehta, Paulo J. M. Monteiro, “Concrete-Microstructure, Properties, and Materials”, Third Edition
11. Sidney Mindess, J. Francis Young, David Darwin, “Concrete”, Second Edition
12. Yang H. Huang, “Pavement analysis and design”, Second Edition