박층 포장용 아크릴 폴리머 콘크리트의 현장 적용성 향상을 위한 연구

A Study on the Improvement of the Applicability in the Field of Acryl Polymer Concretes for Thin Pavements

소경락* 김태우** 이현종*** 김형배**** 곽병석*****

So, Kyung Rock Kim, Tae Woo Lee, Hyun Jong Kim, Hyung Bae Kwak, Byoung Seok

1. 서 론

현재 전 세계적으로 친환경, 저탄소, 지속성장 등의 새로운 성장 패러다임이 제시되고 있으며, 이러한 변화는 산업의 전반으로 퍼져 나가고 있다. 도로의 포장에 있어서도 종래 방식의 포장 수명은 기대수명 이하이고, 여전히 취약한 문제점들이 존재하는 현 실정을 감안하였을 때 새로운 포장 재료의 연구는 필수 불가결하다.

본 연구에서는 폴리머 콘크리트를 사용한 포장 재료의 연구를 실시하였다. 선진국의 경우 폴리머 콘크리트에 대한 연구가 이미 활발히 진행되어 있다. 폴리머 콘크리트란 시멘트 콘크리트 결합재의 일부 또는 전부를 고분자 폴리머로 대체하여 제조한 것을 말한다. 이것은 교면포장의 주재료로도 쓰이며 긴급보수 및 국부적인 보수, 또한 그 특성상 방수에 탁월하여 방수층 재료로도 탁월한 성능을 보인다(이광호 등, 2007). 선진국과는 다르게 국내에서는 폴리머 콘크리트에 대한 연구가 매우 더딘 상황이고, 그 적용범위 또한 매우 한정적이었다. 따라서 본 연구에서는 기존의 방수층 재료로 연구 및 적용이 되었던 아크릴 폴리머 콘크리트(Acryl Polymer Concrete, 이하 APC라 명칭함)를 표층 포장재로써 박층 포장을 하기위한 연구를 실시하였다. 포장체의 두께를 약 1㎝ 정도로 실시하는 초 박층 형식이기 때문에 교량에 적용할 경우 사하중을 대폭적으로 감소할 수 있을 것으로 기대하며(Rosenberg, 2000), 경화시간이 1시간 이내로 향후 보수공사에 적용되었을 경우 조기 교통개방의 효과도 따를 것으로 기대된다.

본 연구에서는 APC의 현장적용성에 초점을 맞추어 물리적인 성질을 개선하기 위한 연구를 진행하였다. 이를 위해 점도시험, 구배시험, 압축강도, 휨 강도, 인장강도, 선수축 및 열팽창계수, Thermal Compatibility 등의 실내시험과 포장가속시험 및 현장시험시공을 통한 공용성을 확인하였다.

2. 실내시험

2.1 시험재료

박층 포장용 APC는 기본적으로 골재와 아크릴 수지 및 기타 소량의 첨가제로 구성된다. 본 연구에서는 국내 L사에서 개발한 아크릴 수지(MMA: Methyl Methacrylate)를 사용하였고, 골재는 기존연구(김태우 등, 2009 ; 서재운 등, 2007)를 바탕으로 골재의 함량 및 입경을 정하였으며 최대직경 1.5㎜에서 최소직경 0.07㎜의 골재를 일정 비율로 혼합하여 사용하였다. 첨가제로는 경화제, 유동화제가 있는데, 경화제는 벤졸 페록사이드(Benzoyl

* 정회원 · 세종대학교 토목환경공학과 · 석사과정(E-mail : angks44@naver.com)

** 정회원 · 세종대학교 토목환경공학과 · 박사과정(E-mail : jjang717@dreamwiz.com)

*** 정회원 · 세종대학교 토목환경공학과 · 교수 · 공학박사(E-mail : hlee@sejong.ac.kr)

**** 정회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 · 책임연구원 · 공학박사(E-mail : kimhyun3@ex.co.kr)

***** 정회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 · 연구원 · 공학석사(E-mail : kwak0730@hanmail.net)

Peroxide: BPO)로서 수지 중량대비 3%를 사용하였고, 이는 함량의 증감으로 경화시간을 조절할 수 있는 특징이 있다. 또한 유동화제 첨가에 따른 물리적 특성을 알아보기 위해 수지 중량 대비 3%를 사용하여 시험을 실시하였다(최 수 등, 1999)

국내에서는 폴리머 콘크리트에 대한 시험규정이 없으므로 간이 시험을 제외한 대부분의 시험을 ASTM의 규정에 준하여 실시하였다. 수지의 함량을 조절하여 재료비를 구성 하였으며, 그 내용은 표 1과 같고 이것을 바탕으로 실내시험을 실시하였다. 실내시험은 먼저 현장 적용 시 작업성을 판단해 볼 수 있는 점도시험과 흐름시험을 실시하였으며, APC의 기본적인 물리적인 특성을 살펴보기 위해 압축, 휨, 인장강도시험, 선수축율 및 열팽창계수 시험을 실시하였다. 또한 주변 온도변화에 대한 적응성을 살펴보기 위해 Thermal Compatibility 시험을 실시하였다.

표 1. 시험적용 시편의 재료성분 및 구성비율

APC Type	재료구성 및 비율	비 고
A	수지23%, 골재77%, 유동화제 무첨가	경화제 및 유동화제 첨가량 - 각각 수지중량 대비 3%
A-1	수지23%, 골재77%, 유동화제 첨가	
B	수지25%, 골재75%, 유동화제 무첨가	
B-1	수지25%, 골재75%, 유동화제 첨가	
C	수지27%, 골재73%, 유동화제 무첨가	
C-1	수지27%, 골재73%, 유동화제 첨가	

2.2 시험방법 및 결과

2.2.1 점도 시험

수지함량의 변화와 유동화제의 첨가에 따른 점도 변화를 알아보기 위해 점도 시험을 실시하였다. 이는 APC의 현장적용 시 작업성을 판단할 목적이며, 시험에 사용된 장비는 Brook Field사의 LVDV-Ⅱpro점도계로써, 외국 폴리머 콘크리트 시험에서 사용되는 장비이다. 시험결과는 그림 1과 같다. 그림을 통해 알 수 있듯이 A시편이 점도가 가장 높게 측정되었고, C시편의 점도가 가장 낮았다. 유동화제의 첨가에 따른 점도의 변화는 매우 작게 나왔으며, 이것으로 유동화제가 점도에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 판단되었다. 또한 외국에서 박층 포장용 재료로 사용되는 에폭시계열의 T사 제품과 점도를 비교해보면 B 시편과 매우 유사함을 알 수 있다.

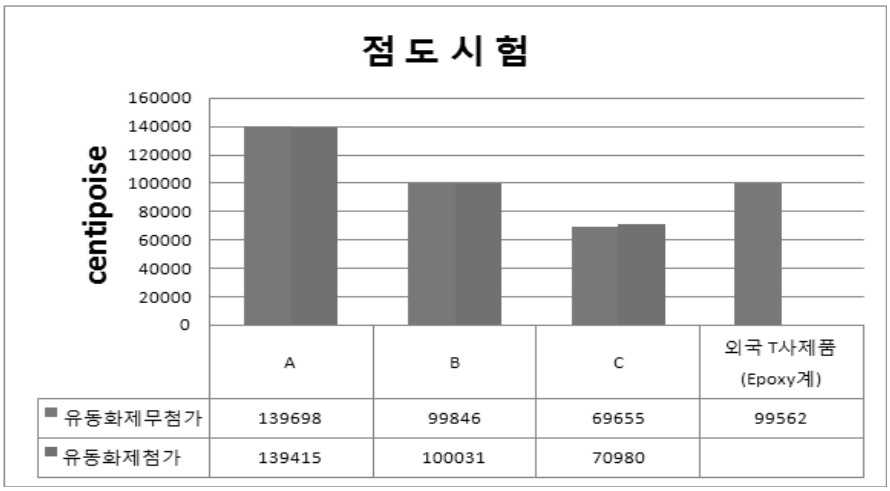

그림 1. 점도시험 결과

2.2.2 흐름 시험

도로에 존재하는 구배에 대하여 점도시험으로는 실질적인 구배에 대한 흐름정도를 파악하기가 쉽지 않다고 판단하여, 각 종류별로 구배에 대한 흐름치를 알아보기 위한 흐름시험을 실시하였다. 적용 구배는 2%, 4%, 6%, 8%의 총 4가지 구배에 대하여 시험을 실시하였다.

시험결과는 표 2와 같다. 결과를 살펴보면 동일한 경사에서 A, B, C 와 A-1, B-1, C-1을 비교해 보았을 때 유동화제를 첨가한 type들이 첨가하지 않은 type에 비하여 상대적으로 높은 흐름치를 나타냈다. 이러한 경향은 모든 경사도에서 동일하게 나타났는데, 이것으로 보아 유동화제의 첨가는 점도에는 영향이 거의 없지만 실질적인 유동성에 영향이 있음을 알 수 있다. 또한 경사가 작은 경우, 유동화제를 첨가하지 않은 C 시편과 유동화제를 첨가한 B-1 시편의 흐름 값이 비슷한 것을 확인할 수 있었다. 이것은 유동화제의 첨가로 유동성 증진의 효과를 볼 수 있는 저 경사에서는 수지의 함량을 약 2% 정도 감소시켜도 동일한 유동성을 확보할 수 있음을 의미한다. 유동성의 확보는 작업성의 증대 및 self-leveling의 부가적인 효과를 주며, 유동화제의 첨가로 인해 수지의 함량을 줄일 수 있으므로 경제적인 시공에도 도움이 될 것으로 판단된다. 흐름시험 결과 가장 높은 흐름치를 나타내는 C type은 상대적으로 높은 수지의 함량으로 현장 적용성 향상에 적합하지 않을 것으로 판단하여 다음 시험에는 제외하였다.

표 2. 흐름시험 결과

구 분	적 용 구 배			
	2%	4%	6%	8%
A	1.85㎝	2.3㎝	2.82㎝	3.08㎝
B	1.92㎝	2.75㎝	3.25㎝	3.39㎝
C	2.25㎝	2.94㎝	3.7㎝	4.23㎝
A-1	2.15㎝	2.48㎝	2.91㎝	3.18㎝
B-1	2.2㎝	2.69㎝	3.52㎝	4.08㎝
C-1	2.7㎝	3.79㎝	3.83㎝	4.32㎝

2.2.3 강도 시험

본 시험에서는 압축, 휨, 인장 강도 시험을 실시하였다. 각각 ASTM C570-01, ASTM C-580-02, ASTM D638-08에 준하여 실시하였고 시험결과는 6개 시편의 평균값으로 나타내었다.

압축강도를 살펴보면 네 가지 시편에서 큰 강도의 차이를 보이지는 않았다. 단지 A type이 B type보다 크게 나왔는데, 이는 상대적으로 적은 수지의 함량에 기인하는 것으로 판단된다. 본 연구에 사용된 수지는 높은 연성을 가지고 있기 때문에 수지의 함량 증가는 강도의 감소를 초래 할 수 있음을 보여준다. 또한 유동화제의 첨가로 강도증진의 효과는 있었으나, 그 영향은 매우 작으므로 휨강도 및 인장 시험에서는 유동화제를 첨가한 시편을 제외하였다. 휨강도 시험결과를 살펴보면 A type과 B type 모두 온도가 감소함에 따라 강도는 증가하는 경향을 보였으며 변형율은 감소하였다. 이러한 결과는 아크릴 수지 고유의 유리전이 온도에 따른 결과 값이 측정된 것으로 판단되었다. 또한 인장강도의 경우 A type은 5.57Mpa이고 B type의 4.98Mpa에 비해 약 0.6Mpa 정도 크게 나왔으며, 파단 신장율은 A type이 B type 보다 적게 나왔다. 휨 강도와 인장강도 역시 A type 더 크게 나왔는데 이것 또한 압축강도와 마찬가지로 수지 함량에 따른 결과임을 알 수 있었다.

표 3. 압축강도시험 결과

	압축강도(Mpa)	파괴시 변형율
A	22.07	0.160
B	21.02	0.172
A-1	22.46	0.159
B-1	21.21	0.166

표 4. 휨강도시험 결과

	휨 강 도(Mpa)						파괴시 변형율					
	20℃	5℃	0℃	-5℃	-10℃	-15℃	20℃	5℃	0℃	-5℃	-10℃	-15℃
A	6.9	15.8	17.5	22.5	24.5	27.5	0.034	0.017	0.013	0.008	0.007	0.006
B	7.0	15	17.8	22.7	23.6	26.6	0.033	0.019	0.014	0.009	0.007	0.007

표 5. 인장강도시험 결과

Type / 시편번호	A		B	
	강도(MPa)	파단 신장율	강도(MPa)	파단 신장율
1	5.60	3.2	5.01	3.4
2	5.61	3.4	4.68	4.2
3	5.58	2.6	4.98	3.4
4	5.28	3.6	5.32	4.4
5	5.80	4	4.93	4
평균	5.57	3.36	4.98	3.88

2.2.4 선수축율 및 열팽창계수 시험

폴리머 콘크리트의 특성상 상대적으로 그 수축량이 크다. 본 연구는 폴리머 콘크리트의 수축량을 알아보기 위하여 본 시험을 ASTM C531-00에 준하여 실시하였고, 이에 더하여 열팽창 계수 시험 또한 실시하였다. 선수축율 및 열팽창계수에 대한 시험결과는 표 6과 같다. 평균값으로 볼 때 B type이 A type보다 0.3mm정도 더 수축을 하였는데, 이것은 B type의 수지함량이 더 높기 때문이라고 사료된다. 몰탈의 구성 성분을 고려할 때 골재의 수축보다는 수지에서 수축하는 양이 주를 이룰 것으로 판단되기 때문이다.

열팽창계수 시험 또한 그 평균값이 A type 보다는 B type의 팽창량이 더 큰 것을 알 수 있는데 이 역시 선수축율 시험에서 유추한 바와 같이 수지의 함량에 그 원인이 있다고 사료된다. 열팽창계수는 A type이 4.778×10^{-5}을 B type이 5.972×10^{-5}을 나타내었는데 이는 콘크리트의 열팽창계수보다 약 4~5배 큰 값이지만 이미 개발된 선진국의 그것과 비교할 때 비슷한 값을 나타내는 것으로 보아 현장적용성에는 문제가 없을 것으로 판단된다(ACI 548.5R-94, 1998)

표 6. 선수축율 및 열팽창계수시험 결과

평균값	수축 후 시편길이(㎜)	수축량(㎜)	선수축율(%)	팽창 후 시편길이(㎜)	팽창량(㎜)	열팽창계수 (㎜/㎜/℃)
A	299.49	0.514	0.171	300.59	1.102	4.778×10^{-5}
B	299.15	0.853	0.284	300.52	1.376	5.972×10^{-5}

2.2.5 Thermal Compatibility

Thermal Compatibility는 열에 대한 호환성에 관한 실험이다. APC를 현장에 시공하였을 때 현장의 온도변화에 대한 바닥판과 APC포장층의 접착성 및 포장상태의 변화를 알아보기 위해 본 시험을 실시하였다. 시험은 ASTM C884/C884M-98에 준하여 실시하였으며, 시편은 각 배합비율 당 두 개를 기본으로 하였다.

시험결과는 표 7과 같다. 본 시험은 시험의 종료 후 균열 및 접착상태 이상 유무 등을 판단하는 시험으로, 시험 종료 후 시편에서는 균열 및 접착상태와 관련하여 어떠한 변화도 찾아볼 수 없었다. 따라서 본 APC는 현장의 온도변화에 의한 몰탈과 바닥면과의 접착에 문제가 없을 것으로 판단된다.

표 7. Thermal Compatibility 시험 결과

구분	A1	A2	B1	B2
Pass/Non Pass	Pass	Pass	Pass	Pass

2.3 실내시험 결과의 비교

APC에 대한 실내시험을 바탕으로 시험결과를 종합하였다. 본 연구에서 실시한 시험은 ACI(American Concrete Institute)-Guide for Polymer Concrete Overlays에 제시된 시험법을 참조하였고, 가이드에 제시된 수지의 종류별 기본적인 물성 값과 본 연구에서 실시한 시험결과를 비교한 것은 표 8과 같다. 본 연구에서 사용한 수지는 아크릴 계열의 MMA 수지이다. ACI가이드에 제시된 계열 중 methacrylate계열과 가장 유사하지만, 본 연구에 사용한 수지는 연구목적에 따라 특정 성질을 개선하기 위해 우레탄과 아크릴 계열의 첨가물이 포함되어 있기 때문에 정확히 어느 한 가지 type과 비교를 할 수는 없다. 하지만 대부분의 기본 물성이 제시된 값에서 크게 벗어나지는 않는 것으로 미루어 봤을 때 개략적인 비교는 가능하다고 사료된다. 또한 향후 현장에서의 시공을 위해서는 APC의 물리적 특성을 보다 객관적으로 판단할 수 있어야한다. 따라서 본 연구는 현재 상용화 되어 있는 해외 제품과의 물리적인 특성들을 비교 해 보았으며 그 내용은 표 9와 같다. 표 9에서도 볼 수 있듯이 APC는 해외제품들과 비교하였을 때 그 결과가 매우 비슷하거나 더 우수한 값을 나타내는 항목도 있었다. 따라서 연구의 목표인 박층 포장용 표층 재료로써 사용가능한 물리적인 성질의 개선은 이루어졌다고 사료 된다. 이와 동시에 소규모 시험시공을 통하여 현장에 대한 적용성 또한 확인 할 수 있었으며, 현장에 적합한 APC의 수지함량 정도 또한 확인할 수 있었다.

표 8. ACI Guide에 제시된 물리적 특성과의 비교

구분			경화시간 (hr)	압축강도 (MPa)	휨강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	Thermal compatability
APC	MMA계열	Value	1-2	22	7	0.14×10^{3}	10 cycles
		Test method	-	ASTM C579	ASTM C580	ASTM C579	ASTM C884
ACI Guide	Methacrylate	Value	1-3	14-62	9-21	$0.34\text{-}6.9\times10^{3}$	-
		Test method	-	ASTM C579	ASTM C580	ASTM C579	ASTM C884

표 9. 외국제품과의 물리적 특성 비교

구 분	APC		외국제품(MMA계) T사 제품		외국제품(Epoxy계) T사 제품	
	Value	Test Method	Value	Test Method	Value	Test Method
압축강도(MPa)	22	ASTM C579	10.3~17.2	ASTM D695	34	ASTM C109
휨 강도(MPa)	7	ASTM C580	5.5~8.3	ASTM D790	12	ASTM D790
인장강도(MPa)	5.5	ASTM D638	3.4~5.5	ASTM C307	12	ASTM C307
열팽창계수(/℃)	4.7×10^{-5}	ASTM C531	9.24×10^{-5}	ASTM C531	$1.1\sim1.3\times10^{-5}$	ASTM C531
부착강도(MPa)	>5.5	ASTM C1583	>1.7	ASTM C1583	>1.7	ASTM C1583

3. 실외시험

3.1 포장가속시험 개요 및 결과

포장가속시험을 위해 사용된 포장가속시험기는 20여 년간의 차량하중을 단기간에 모사할 수 있는 장비로써 단기간 내 포장재료 및 보수공법의 신뢰성 및 중차량 하중, 온도, 습도의 영향에 대한 평가가 가능하다는 장점이 있다. 따라서 본 연구에서는 신뢰성이 높은 포장가속시험을 통해 박층 포장용 아크릴 폴리머 콘크리트의 포장 공용성을 평가하기 위하여 한국 도로공사 도로교통 기술연구원 내 APT(accelerated performance testing)실험동에서 포장가속시험을 실시하였다.

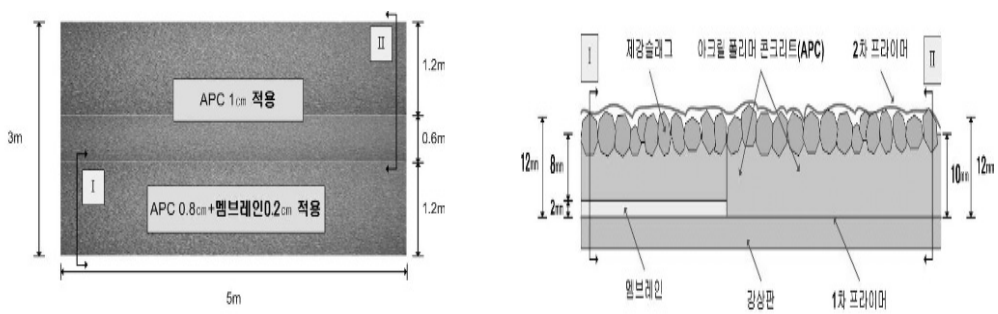

그림 2. 포장가속시험 적용단면 및 시공계획

본 포장가속시험에서는 아크릴 폴리머 콘크리트를 강상판에 적용하였다. 포장가속시험 적용단면 및 시공계획은 그림 2 와 같다. APC는 그 포장 두께가 약 1~2cm 이내이기 때문에 사하중의 대폭적인 감소 효과가 그 특징이다. 이러한 장점은 특히 교량에 적용하였을 경우 더 극대화 되기 때문에 이를 고려하여 강상판에 본 포장을 적용하였다. 강상판은 상대적으로 콘크리트 슬래브에 비해 휨에 대하여 취약하므로 이를 보완하기 위하여 강상판과 APC사이에 멤브레인층을 두어 멤브레인층을 둔 포장공법과 APC 포장공법을 비교해 보았다. 멤브레인층은 수지와 파우더만을 일정비율로 혼합하여 사용하였다. 이 층은 상대적으로 수지의 함량이 많으므로 마치 고무와 같은 탄성적인 효과를 제공할 것으로 기대되며, 강상판과 APC층 사이에 휨 및 진동에 대한 저항성을 향상시켜 줄 것으로 기대된다.

포장가속시험은 총 세가지 하중조건을 주어 실시하였다. 먼저 총23톤/윤하중5.7톤의 하중조건으로 실시하였는데 38,000회까지 육안으로 어떠한 소성변형도 발견하지 못했다. 따라서 그 이후부터는 총 31톤/윤하중 7.85톤으로 적용하였고 이 또한 160,000회까지 실시하였는데 포장상태는 양호하였다. 마지막으로 총 36톤/윤하중 9톤으로 상승시켜 600,000회 까지 실시하였고, 시험 종료후 포장상태는 매우 양호하였다. 시험결과 82톤 등가단축하중으로 변환 시 15,903,939회의 효과가 있는 것으로 나타났다.

그림 3. 멤브레인층 포설 및 시공

3.2 인발시험 개요 및 시험결과

강상판과 APC의 부착상태를 판단해 보기 위하여 그림 4와 같이 인발시험을 실시하였다. 포장구간을 세 구간으로 나누어 각 구간에 3회씩 측정하여 평균값으로 부착강도를 측정하였다. 지름 10cm의 코어 및 4×4㎝ 규격으로 최대 9㎫까지 측정할 수 있는 장비를 사용하였으며, 강상판과 APC와의 경계면의 부착강도만을 측정하기 위하여 표면을 약 3~4mm정도 갈아내고 실험을 실시하였다.

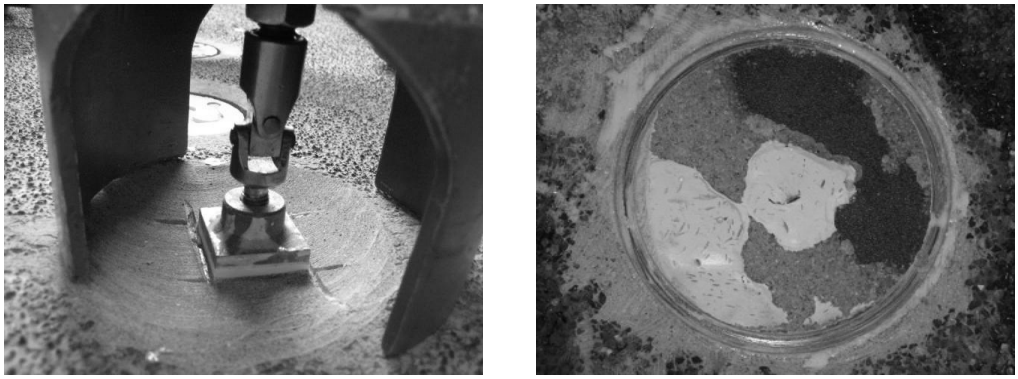

그림 4. 포장가속시험 종료 후 인발시험

시험결과는 표 10과 같으며 3군데 시험위치 중 1개 위치에서만 상판으로부터 약 1/4 정도 원재료가 분리되었고, 나머지 위치에서는 모두 본드부분에서 분리 되었다. 본드에서 분리가 일어난 경우 약 2.5~4.3㎫ 정도의 부착강도를 나타냈으며, 원재료에서 분리가 일어난 경우 약 5.5㎫정도의 부착강도를 나타냈다.

표 10. 부착강도시험 결과

구 분	시험 위치		
	1구간	2구간	3구간
최대하중(N)	43,480	20,000	34,383
단면적(㎟)	7,850	7,850	7,850
파괴면	원재료	본드	본드
부착강도(MPa)	5.54	2.55	4.38

3.3 소규모 현장 시험시공

3.3.1 시공개요

APC의 실내시험 및 포장가속시험 등을 통하여 현장 적용에 문제가 없을 것으로 판단을 하여, 소규모 현장 시험시공을 실시하였다. 시험시공을 통하여 APC의 현장 시공성을 확인 및 평가하고 시공과정에서의 미비점을 보완할 수 있는 방법을 모색해보고자 하였다. 소규모 현장 시험시공은 그림 5와 같이 2009년 7월 3일 중앙고속도로 만종분기점 부근 폐도에 실시하였고 시공단면은 그림 6과 같다.

그림 5. 만종분기점 시험시공

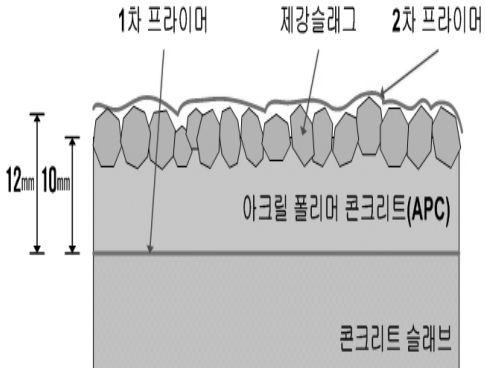

그림 6. 만종분기점 시험시공단면

3.3.2 시공결과

APC의 현장시험시공을 통하여 현장의 온도에 따른 몰탈의 상태 및 시공 상 개선점을 파악할 수 있었다. 현장 기온에 따른 바닥판의 온도변화가 APC몰탈의 경화시간에 영향을 줄 수 있음을 확인하였다. 몰탈의 경화시간에 따라 제강슬레그의 살포 시기가 정해지기 때문에 현장 시공 시에는 바닥판 온도에 의한 APC몰탈의 경화시간은 미리 파악되어야 한다. 또한 현장 여건 및 작업환경에 따라 작업인원을 적절히 배치하여 연속작업이 진행되도록 하여야 한다.

4. 결 론

본 연구에서는 기존의 아크릴 폴리머 콘크리트의 연구를 바탕으로 방수층 등에 한정적으로 적용하였던 아크릴 폴리머 콘크리트의 연구 범위 확대 및 교면포장재의 대안을 제시하기 위하여 표층에 적용하기 위한 연구를 실시하였으며 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

- APC의 구성 재료인 결합재의 함량변화와 강도 및 유동성 증진에 어느 정도 효과가 있는 유동화제를 첨

가하여 점도, 흐름, 압축강도, 휨강도, 인장강도, 선수축, 열팽창계수, Thermal Compatibility등의 실내시험을 실시하였고, 각 함량에 따른 시험결과를 비교함으로써 적정 배합비를 찾아내었다.

- APC의 장기 공용성을 평가하기 위해 포장 가속시험을 수행하였으며, 15,900,000회의 8.2톤 등가단축하중 재하시 까지도 포장에는 어떠한 균열 및 소성변형 기타 파손이 발생하지 않았다.
- APC포장층의 접착강도를 알아보기 위하여 인발시험을 실시하였는데 그 결과 대부분 본드부분에서 분리가 발생하였고 원재료에서 분리가 발생한 부분은 5.5㎫의 우수한 부착강도를 나타냈다.
- APC의 현장 시공성을 평가하기 위하여 소규모 현장 시험시공을 실시하였고, 시공과정에서 현장의 상황에 맞는 작업방법 및 원활한 시공을 위한 작업인원 배치, 물량의 조절량 등을 경험적으로 알 수 있었다.
- APC의 장기 공용성 평가를 위해 보다 많은 현장 시험이 필요하며, 작업성 및 평탄성 개선을 위한 추가 연구가 필요하다.
- 본 연구에서 개발한 APC의 물리적 특성은 ACI에서 제시하는 물성과 비교해 보았을 때 큰 차이를 보이지 않았으며, 해외의 폴리머 콘크리트 제품들과의 비교에서도 매우 유사한 성질을 보이는 것을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 장수명・친환경 도로포장 재료 및 설계 시공기술 개발 사업지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고 문헌

1. 김태우(2009). “교면포장용 아크릴 콘크리트의 물리적 특성 연구”, 석사학위논문, 세종대학교
2. 서재운(2007). “교면포장에 사용될 방수 및 보수용 MMA에 관한 기초연구”, 석사학위논문, 세종대학교.
3. 이광호 등 (2007), “장수명·친환경 도로포장 재료 및 설계시공 개발 연구보고서”, 건설핵심기술연구개발사업 보고서, R&D/05건설핵심D08-01, 한국도로공사.
4. 최수 등(1999). “플라이애쉬 콘크리트의 특성 및 적응성에 관한 연구”, 대한주택공사 주택연구소, 토지주택공사.
5. ACI 548.5R-94 (1998) “Guide for Ploymer Concrete Overlays” American Concrete Institute.
6. Borys F. Schafran et al(1998). ″Guide for Polymer Concrete Overlays.” ACI 548.5R-94, American Concrete Institute, Detroit, MI.
7. Jeanne Rosenberg (2000) “Thin pavements with synthetic binder used in Denmark”, Danish Road Institute Report 105.