

초박층 교면포장용 폴리머 콘크리트의 물리적 특성

The Physical Properties of Polymer Concrete for Ultra Thin Bridge Deck Pavement

김 현 준¹⁾ 손 영 효^{2)*} 한 범 진³⁾ 정 지 은⁴⁾ 박 선 규⁵⁾
Kim, Hyeon Jun Son, Yeong Hyo Han, Bum Jin Jung, Ji Eun Park, Sun Kyu

Abstract

This research was performed to identify physical properties of polysulfide epoxy polymer concrete for ultra-thin bridge deck pavement, and improve domestic applicability. With the optimum mix ratio determined from mixing experiments of polymer concretes, compressive, flexural, and bond strength were tested to identify its strength properties along with the freezing-thawing resistance test to evaluate its durability in harsh environments. As a result, the tested polymer concretes showed excellent performance in strength and deflection characteristic and all tested strength satisfied the criteria of American Concrete Institute. Moreover, it had better performance under variable temperatures comparing to other existing pavement materials. By the results of freezing-thawing resistance test and strength measurement for specimens underwent the freezing-thawing process, it can be judged that there is no such problem to the concrete's durability. In conclusion, the newly developed polymer concrete in this research has appropriate properties for use in ultra-thin pavement on bridge deck, and moreover it has superior applicability in comparison with former materials due to its improved temperature sensitivity.

Keywords : Freezing-thawing, Polymer concrete, Polysulfide epoxy, Strength test, Ultra-thin bridge deck pavement

1. 서 론

교량 기술자에게 교량 상판의 열화는 언제나 주요한 관심사이다. 교면포장의 역할로는 여러 가지가 있겠지만 그 중 가장 중요한 역할은 기상작용, 염화물 및 기타 유해 물질들의 침투, 교통하중으로 인한 충격 등으로부터 교량상판을 보호하는 것이다. 최근 재료의 성능 향상과 설계 및 시공 기술의 발전으로 인해 교량이 장대화, 장기간화 되는 추세이다. 필연적으로 교량은 훨씬 열악하고 혹독한 환경에 노출되게 되었고, 이와 함께 자중 경감을 통한 구조적 시스템의 효율화를 모색하게 되었다. 이를 위해 기존의 아스팔트나 시멘트 콘크리트 계열의 교면포장재료 대신 폴리머 콘크리트 포장에 대한 관심이 높아지고 있다.

미국의 경우 1950년대부터 다양한 폴리머 콘크리트 포장에

대한 연구가 이루어져 왔으며 (ACI, 1998), ACI와 ASSHTO에서는 각각 “Guide for polymer concrete overlay”와 “Guide Specification for polymer concrete bridge deck overlays” 등의 지침을 제정하여 폴리머 콘크리트 교면포장의 설계 및 시공 기준을 표준화 하고 있다 (Kim et al., 2010). 또한 NCHRP에서는 지역별, 기후별로 폴리머 콘크리트 포장의 장기거동 특성에 대한 연구가 지속적으로 이루어져 왔다 (NCHRP, 2011).

최근 국내에서도 폴리머 콘크리트 포장에 대한 관심이 높아져 아크릴 폴리머 콘크리트 (Kim et al., 2009; Lee, 2010)와 폴리설파이드 에폭시 폴리머 콘크리트의 소개 및 물리적 특성에 대한 연구가 수행되었다 (Kim and Suh, 2011). 그러나 현재 폴리머 콘크리트 교면포장에 대한 국내 기준이 전무하고, 특히 초박층 교면포장 재료인 폴리설파이드 에폭시 폴

1) 정회원, 삼성물산 건설부문 주임, 공학석사
2) 정회원, 삼성물산 건설부문 주임, 공학석사, 교신저자
3) 정회원, 성균관대학교 초고층장대교량학과 석사과정
4) 정회원, 성균관대학교 건설환경시스템공학과 석사과정
5) 정회원, 성균관대학교 건설환경시스템공학과 교수

* Corresponding author : dudgy123@naver.com

• 본 논문에 대한 토의를 2013년 6월 30일까지 학회로 보내주시면 2013년 7월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

리머 콘크리트의 경우 전적으로 해외의 기술에 의존하고 있어 국내로의 적용에 어려움이 있는 실정이다. 따라서 본 연구는 현재 국내에서 개발 중인 폴리설파이드 에폭시 폴리머 콘크리트를 대상으로 물리적 특성을 확인하고 기존의 초박층 교면포장 재료들과 비교, 평가함으로써 폴리설파이드 에폭시 폴리머 콘크리트 교면포장의 국내로의 적용성을 높이기 위하여 수행되었다.

2. 폴리설파이드 에폭시 폴리머 콘크리트 교면포장

에폭시 재료는 일반적으로 우수한 역학적 물성치, 내화학성, 내화성, 내후성 및 긴 수명을 가지고 있으나 자외선에 취약한 것으로 알려져 있다. 폴리설파이드 에폭시는 자외선 저항성까지 크게 개선된 재료로서 우수한 부착 능력과 시공성 덕분에 박층 교면포장 재료로 적합한 특성을 가지고 있다 (Stenko and Chawalwala, 2001). 또한, 높은 강도 발현 특성과 우수한 마모, 마찰 저항성을 가지고 있고 수분, 염화물을 비롯한 기타 유해물질에 대한 침투저항성도 뛰어나다. 그 외에도 부착 대상에 관계없이 6~13mm의 초박층 포장 (약 15~20kg/m²) 이 가능하여 자중 경감을 통한 구조 시스템의 효율화를 꾀할 수 있으며 빠른 경화 특성으로 인한 조기 교통개방 효과를 기대할 수 있어 경제성 측면에서도 강점을 지니고 있다. 시공방법으로는 슬러리 공법 (Slurry Method)과 브room 앤 시드 공법 (Broom and Seed Method)이 있으며 본 연구에서는 슬러리 공법을 대상으로 시험을 진행하였다. 시공 순서는 기본적으로 교량 상판의 표면처리, 프라이머 도포, 폴리머 콘크리트 배합 및 타설, 표면 골재 칩핑 및 표면 마무리 순으로 이루어지며 특별히 새로운 시공기계가 아닌 기존의 시공기계로 시공이 가능할 것으로 기대된다 (Dinitz and Stenko, 2010; Kim and Suh, 2011).

3. 시험재료 및 방법

3.1 시험재료

3.1.1 바인더

폴리설파이드 에폭시를 이용한 초박층 교면포장 공법에서는 바인더 자체가 접착 목적의 프라이머로 사용된다. 기존 구조물에 대한 폴리머 콘크리트의 부착 성능은 폴리머 콘크리트 포장 시공의 성공 여부를 가늠하는 중요한 요소이기 때문에 바인더의 성능은 매우 중요하다. 바인더는 주체와 경화제로 이루어져 있으며 주체는 비스페놀 A 타입 에폭시 레진과 액상형 폴리설파이드 폴리머가 사용되었다. 경화제는 아민 계열을 사용하였으며 연구목적에 맞는 바인더 성능을 위해 소량의 금속염 촉매를 첨가하였다.

3.1.2 채움재

채움재로는 국내에서 생산된 규사와 미분화된 규사, 석분 등이 사용되었다.

3.2 배합 실험

3.2.1 바인더 배합 실험

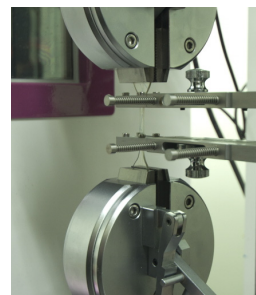
바인더 배합 실험은 주체 합성 실험, 바인더 배합 실험, 바인더 실내 물성 시험 순으로 수행하였다. ACI에서는 폴리머 콘크리트 바인더에 대해서 폴리머 콘크리트와 별도로 주체의 점도, 가사시간, 인장 강도, 신율 등의 기준을 제시하고 있다 (ACI, 2008). 따라서 실험으로부터 도출된 배합으로 제조된 바인더를 대상으로 점도, 가사시간, 인장 강도, 신율 등의 실내물성시험을 수행하여 ACI 기준의 충족여부를 판단하였다. 또한 자외선에 취약한 것으로 알려진 에폭시 재료의 자외선 저항성 개선 여부를 확인하기 위해 바인더 시편에



(a) Resin Synthesis Experiment



(b) Viscosity, Gel time Test



(c) Tensile Strength, Tensile Elongation Test



(d) Polymer Concrete Mix Experiment

Photo 1 Mix Experiment

168시간, 1000시간의 자외선 촉진 처리를 수행하여 변화를 관찰하였다.

3.2.2 폴리머 콘크리트 배합실험

폴리머 콘크리트 배합실험은 바인더와 채움재를 1:3.7부터 1:2.0까지의 비율로 조절하여 수행하였고 배합시 혼합성과 점성, 유동성 등을 고려하여 용기 잔류량과 흐름량을 기준으로 폴리머 콘크리트의 최적 배합을 결정하였다. 용기 잔류량은 시료 700g을 혼합한 후 혼합용기에서 부어낼 때 용기에 잔류하는 양으로 점성과 시공성을 판단하는 기준으로 사용하였다. 흐름량은 500g의 시료를 지름 83mm, 높이 43mm의 원통에 부었을 때 시간에 따라 퍼지는 길이를 측정하여 흐름성을 판단하였다. 배합순서는 드릴 등을 이용하여 채움재를 미리 충분히 섞은 후 주제와 경화제를 혼합한 다음 바인더와 채움재를 믹서로 약 3분간 충분히 배합하는 순으로 수행하였다.

3.3 강도시험

배합실험을 통해 도출된 비율로 제작된 폴리머 콘크리트에 대해서 압축, 휨, 부착 강도를 측정하여 ACI 기준과 비교하였다. 모든 시험은 ACI에서 제시하고 있는 ASTM에 준하여 시험을 수행하였으며, 각 항목에 대한 ACI 기준, 시험규격, 시편의 크기 및 하중 재하속도를 Table 1에 나타내었다.

또한 기존의 연구로부터 폴리머 콘크리트가 시험온도에 대한 의존성이 큰 것으로 알려져 있기 때문에 온도조건에 따른 강도 특성의 변화를 파악하기 위해 -10, 5, 20, 40, 60°C의 온도 조건에서 압축, 휨, 부착 강도 시험을 수행하였다. 압축, 휨 강도 시험은 시험별로 5개의 시편을 제작하여 최고, 최저값을 제외한 3개 값의 평균을 사용하였고 스틸에 대한 부착 강도 측정의 경우 강도 측정만을 위한 스틸모형을 자체 제작하여 수행하였다. 제작한 스틸모형의 형상은 Photo 2와 같다.

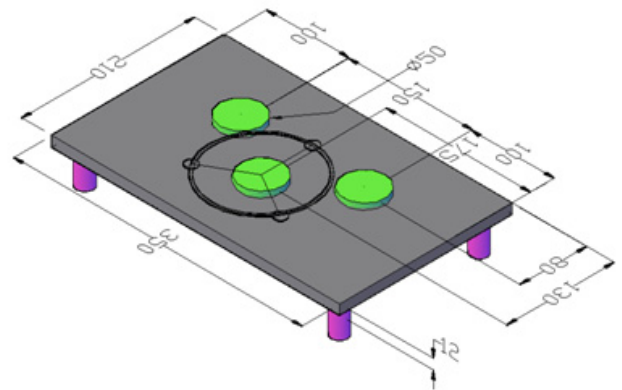


Photo 2 Steel Specimens for Bond Strength

3.4 내구성 시험

국내 폴리머 콘크리트 교면 포장에 실제 시공사례가 없어 장기적인 특성에 대한 연구가 전무한 실정이다. 본 연구에서는 폴리머 콘크리트를 포장에 적용하였을 경우 혹독한 기후, 특히 동결 융해에 의한 교면포장의 파손 혹은 파괴 가능성을 관찰하고 내구성을 평가하기 위해 ASTM 기준에 준하여 동결 융해 저항성 시험을 수행하였으며 시험 방법으로는 기준 급속 동결 후 수중 융해 시험을 선택하였다. 동결 융해 시험은 온도 측정용 공시체 중심부 온도를 기준으로 4°C에서 -18°C로 떨어졌다가 다시 4°C로 상승되는 과정을 1cycle로 정의하여 총 300cycle의 동결 융해 과정이 반복되었으며, 0, 150, 300cycle의 동결 융해 처리를 거친 시편에 대하여 고유진동

Table 1 Strength Test Method

Item	Property	Compressive Strength	Flexural Strength	Bond Strength
	ACI Standard (MPa)		ACI 548.9M-08 > 7 (3 hours) > 34 (24 hours)	ACI 548.5R-94 14
Test Method		ASTM C579-01	ASTM C580-02	ASTM C1583/C1583M
Test Specimen (mm)		50×50×50	25×25×300	D = 50
Load Rate		41.0MPa/min	3.53mm/min	2.10MPa/s

수를 측정하여 상대 동 탄성계수를 계산하였다. 또한 150, 300cycle의 동결 융해 처리를 거친 시편에 대하여 압축, 휨, 부착 강도를 측정하여 동결 융해로 인한 폴리머 콘크리트의 강도 특성 변화를 관찰하였다.

4. 시험 결과

4.1 배합 실험

4.1.1 바인더

주체의 합성 실험으로부터 비스페놀 A타입 에폭시 레진의 함량이 많아질수록 인장 강도와 경도가 증가하지만 신율은 감소하고, 액상형 폴리설파이드 폴리머의 함량이 많아질수록 유연성이 증가되어 파단시 신율은 증가하나 인장 강도가 감소하는 특성을 나타내었다. 바인더 배합 실험에서는 주체와 경화제의 비율에 따라 확연한 물성의 차이를 알 수 있었다. 경화제의 비율이 증가함에 따라 인장 강도는 증가하고 신율과 가사시간은 감소하는 특성을 보였으나 주체와 경화제만으로는 30분 이내의 가사시간을 확보하면서 충분한 인장 강도와 신율을 얻지 못하였다. 경화속도를 촉진하기 위하여 소량의 금속염 촉매를 적용한 결과, 주체에 대한 경화제의 비가 22%, 촉매의 비가 1%일 때 연구에서 목표로 하는 모든 물성을 만족함을 알 수 있었다. 바인더 배합 실험의 결과를 Fig. 1에 그래프로 나타내었고 Fig. 1(b) 가사시간 그래프 안의 숫자는 주체에 대한 촉매의 비율이다. 도출된 비율로 제조된 바인더에 대한 점도, 가사시간, 인장 강도, 신율, 자외선 저항성 시험의 결과를 Table 2에 나타내었다. 168, 1000

Table 2 Results of Binder Property Test

Test Item	Standard (ACI 548.9M-08)	Result
Viscosity (MPa · s)	700 to 2,800	1,453
Gel time (Min)	15 to 45	25
Tensile Strength (MPa)	12 to 34	16.3
Tensile Elongation (%)	30 to 70	66
Ultraviolet Light Resistance Test	-	Pass

시간의 자외선 촉진 처리를 거친 시편을 육안 관찰한 결과 Photo 3과 같이 일부 변색이 관찰되었으나 그 외의 부풀음, 갈라짐, 떨어짐 등의 이상은 발견되지 않았다. 바인더의 변색은 실제 시공시 채움재로 인해 어두운 색을 띠는데다가 노면에 마찰 저항을 위한 골재가 추가적으로 덧씌워지기 때문에 큰 문제가 되지 않을 것으로 판단하였다.

4.1.2 폴리머 콘크리트

혼합성과 시공성을 고려한 폴리머 콘크리트의 최적 배합비를 도출하기 위하여 바인더와 채움재를 1:2.0부터 1:3.7까지의 비율로 조절하여 수행하였고 그 결과를 Table 3에 나타내었다. 실험 결과 바인더와 채움재의 비율이 1:2.5 미만일 경우 채움재의 비율이 높은 경우보다 향상된 혼합성과 흐름성을 나타내었지만 상부에 기포가 다량 발생하고 바인더와 채움재의 재료분리 현상이 일어났다. 반대로 바인더와 채움재의 비율이 1:2.5를 초과할 경우 혼합시 교반에 어려움이 발생하였고 흐름성이 적어 실제 시공에 어려움이 있을 것으로 판단되었다. 배합 실험 결과, 1:2.5로 배합하였을 경우 최적의 혼합성, 점성 및 유동성을 지닌 배합으로 판단하였다.

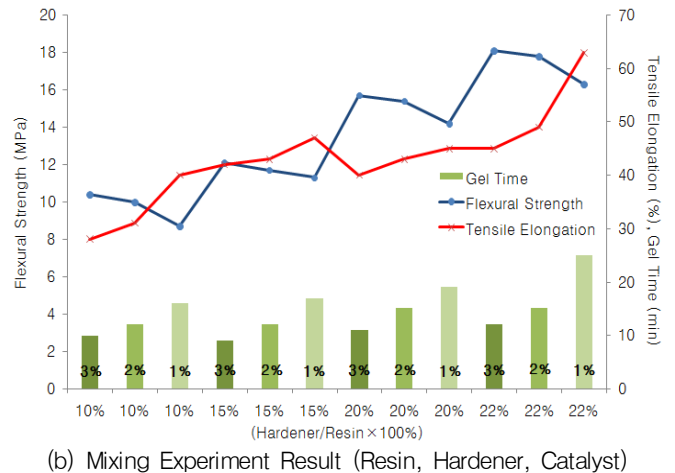
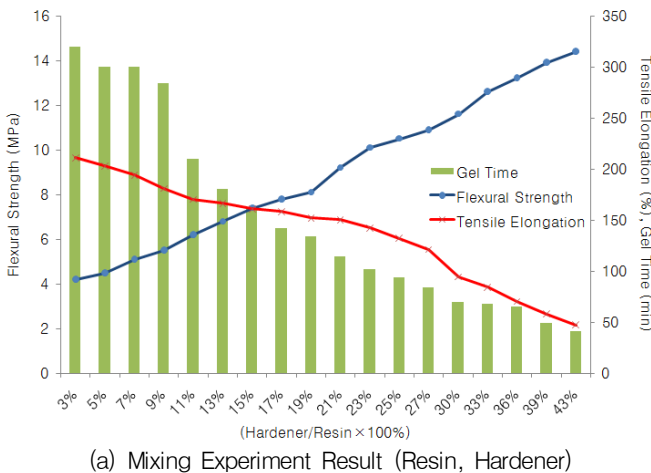


Fig. 1 Binder Mixing Experiment results

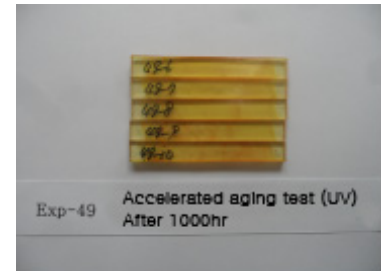
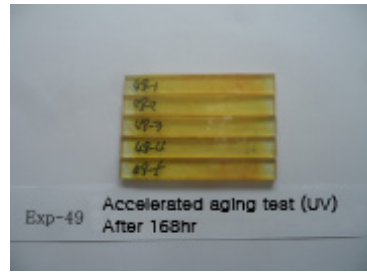
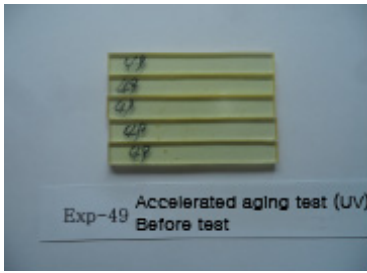


Photo 3 Test Specimens of Ultraviolet Light Resistance

Table 3 Mix Experiment Results of Polymer Concrete

Item		Mix Ratio (Binder : Aggregate + Filler, Aggregate : Filler = 7 : 3)				
		1:3.7	1:3.5	1:3.0	1:2.5	1:2.0
Material (%)	Binder (Resin+hardener)	21.28	22.22	25.00	28.57	33.33
	Aggregate (Silica Sand)	55.11	54.44	52.50	50.00	46.67
	Filler (Fine Particles)	23.62	23.33	22.50	21.43	20.00
Quantity of Container Residue (g)		385	304	223	129	88
Quantity of 5minutes Flow (mm)		174	194	222	252	279
Quantity of 10minutes Flow (mm)		181	207	238	258	290
Thickness after Stiffening (mm)		12.40	11.00	8.10	8.00	6.90

Table 4 Strength Test Results

Item	Property	Compressive Strength		Flexural Strength	Bond Strength Status
		ACI 548.9M-08		ACI 548.5R-94	ACI 548.9M-08
ACI Standard		> 7MPa (3 hours)	> 34MPa (24 hours)	14MPa	1.7MPa
Test Result (MPa)		9.617	36.001	23.416	4.39 (Steel), 2.15 (Concrete)
Judgement		Pass	Pass	Pass	Pass

4.2 강도 시험

도출된 배합비로 제조된 폴리머 콘크리트의 강도 시험 결과를 Table 4에 나타내었다. 강도 시험 결과 ACI에서 제시하는 모든 기준값을 상회하는 결과를 나타내었다. 이는 기존에 연구된 아크릴 폴리머 콘크리트 (APC)의 압축, 휨 강도인 22MPa, 7MPa (Kim et al., 2010)에 비해 매우 우수한 성능을 나타낼 뿐만 아니라, 기존 폴리설파이드 에폭시 폴리머 콘크리트인 T-48의 압축, 휨 강도인 39MPa, 14MPa (Kim and Suh, 2011) 보다 동등하거나 그 이상의 성능을 나타내었다. 온도에 따른 폴리머 콘크리트의 강도 특성 변화를 관찰하기 위해 -10, 5, 20, 40, 60°C에서 수행한 압축, 휨, 부착 강도의 측정 결과와 기존 폴리머 재료와 비교한 결과를 Fig.

2에 나타내었다. 시험 결과 온도가 상승함에 따라 모든 강도가 저하되어 일반적으로 알려진 온도에 대한 의존성이 관찰되었으나 기존의 재료에 비해 온도 민감성이 개선되어 보다 폭 넓은 적용성을 갖춘 것으로 판단된다. 온도별 휨 강도 시험의 하중-변위 관계를 Fig. 3에 나타내었는데 -10, 5°C에서는 직선적인 하중-변위 관계를 나타내며 마치 시멘트 콘크리트처럼 취성파괴가 발생하였고, 20, 40, 60°C에서는 온도가 올라갈수록 동일 하중 대비 변위량이 급격히 증가하는 현상을 보였다. -10°C에서의 휨 시험 결과를 이용하여 계산된 휨 강도와 파괴시 변형률을 기존 연구에서 수행된 교면포장 재료의 휨 강도와 파괴시 변형률을 비교하여 Table 5에 나타내었다 (Kim and Suh, 2011). 계산 결과 기존의 폴리설파이드 에폭시 계열의 포장재료와 -10°C 조건에서 거의 동등한 변

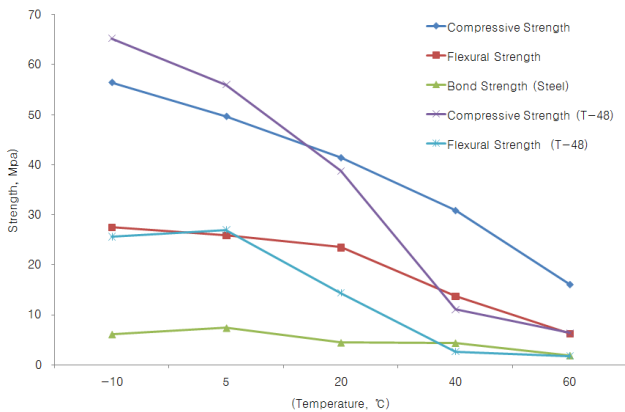


Fig. 2 Strength Properties in the Variation of Temperature

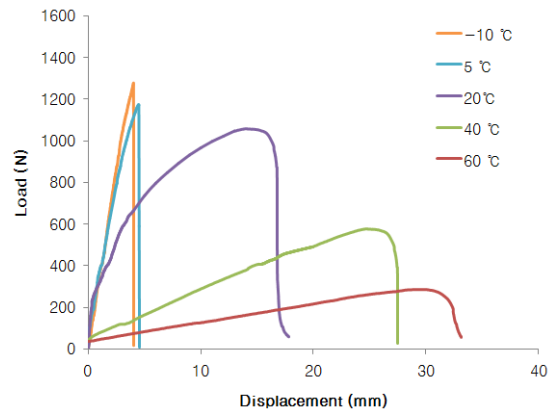


Fig. 3 Bending Load-Displacement Graph

Table 5 Comparison with Existing Materials

Material	Property	Maximum Load (N)	Maximum Flexural Strength (MPa)	Displacement (mm)	Strain	Test Specimen (mm)
PG 76-22 10mm SMA		6,625	11.2	0.8451	0.0028	100×50 ×350
PG 76-22 8mm SMA		5,925	10.67	0.8457	0.0028	
Guss Asphalt		6,559	11.81	0.5651	0.0019	
T-48		23,625	28.35	1.4916	0.0112	100×50 ×300
Polysulfide Epoxy Polymer Concrete		1,280	28.26	3.9985	0.0113	25×25 ×300

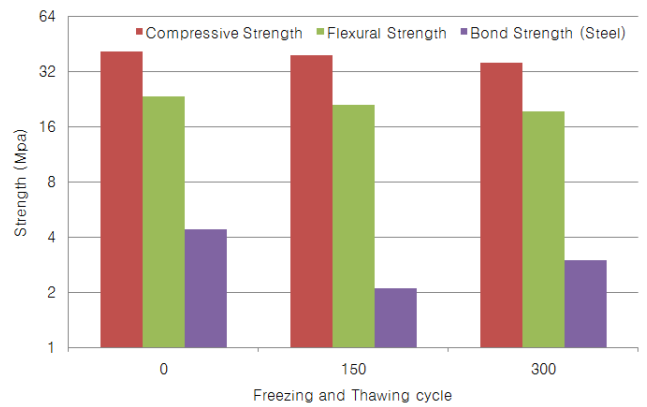


Fig. 4 Strength Test Results after Freezing-Thawing Process

형률 값을 나타내었으며 기존의 SMA, 구스아스팔트와 비교해서는 휨강도는 2배 이상, 변형률은 최소 4배 이상의 성능을 발휘하는 것으로 나타났다. 결과적으로 새로 개발된 폴리설파이드 에폭시 폴리머 콘크리트는 우수한 휨 추종성을 가질 것으로 기대되며 기존 해외 폴리설파이드 에폭시 계열의 포장에 비해서도 그 성능이 뒤떨어지지 않는 것으로 판단된다.

4.3 내구성 시험 결과

동결 융해 저항성 시험은 재료의 내동해성에 대한 내용 연수를 정량적으로 예측하는 시험방법은 아니지만 사용 재료 또는 배합이 다른 콘크리트와의 비교를 가능하게 한다. 300cycle의 동결 융해 처리를 한 시편에 대해 상대 동탄성계수를 측정된 결과 97.27%로 매우 우수한 내구성능을 나타내어 기존 폴리설파이드 계열의 94.15%에 비해 동결 융해에 대한 저항성이 향상된 것으로 판단된다. 그 외에 시편 외부의 부풀음, 떨어짐, 갈라짐 등의 결함도 발견되지 않았다.

동결 융해 처리 후 수행한 압축, 휨, 부착 강도 측정 시험 결과는 Fig. 4와 같다. 300cycle의 동결 융해 처리를 거친 시편의 압축, 휨, 부착 강도는 각각 35.747MPa, 19.484MPa, 2.99MPa로 측정되어 0cycle의 강도에 비해 각각 약 13.59%, 16.79%, 31.81% 저하되었다. 특히 압축 강도와 휨 강도는 Fig. 5에서 알 수 있듯이 동결 융해 처리를 하지 않은 시편에 비해 강도 저하 현상이 나타났으나 300cycle의 동결 융해 처리를 한 시편조차도 ACI에서 제시하고 있는 폴리머 콘크리트 교면포장에 대한 기준을 충족하는 것으로 나타나 동결 융해로 인한 폴리머 콘크리트의 내구성에는 문제가 없을 것으로 판단된다. 일반적으로 동결융해 사이클이 진행될수록 부착강도가 줄어드는 것이 정상이나 본 실험에서는 150cycle의 부착강도보다 300cycle의 부착강도가 증가되는 현상을 보였다. 이는 150cycle 실험체의 포장면과 부착면 사이에 침투한 소량의 수분이 원인이라 사료되며, 이를 통해 향후 실제 시공시 표면처리의 품질 정도가 제품 본연의 성능을 발휘하는데 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다.

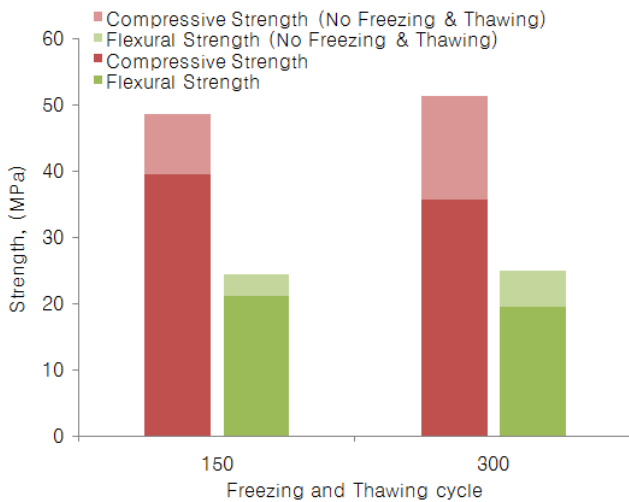


Fig. 5 Strength Comparison after Freezing-Thawing Process

5. 결론

본 연구에서는 폴리설파이드 에폭시 폴리머 콘크리트를 이용한 초박층 교면포장의 국내 적용성을 향상시키기 위해 폴리머 콘크리트의 최적 배합을 도출하고 다양한 실내 물성 시험을 통한 성능 검증과 기존 재료와의 비교 및 분석을 수행하였다. 본 연구를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

- (1) 폴리설파이드 에폭시 폴리머 콘크리트 배합 실험에서 주재, 경화제, 촉매의 비율에 따라 바인더의 인장 강도는 4배 이상 (4.2~18.1MPa), 파괴시 신율은 7배 이상 (28~211%), 가사시간은 35배 이상 (9~320분)의 차이를 나타냈고, 바인더와 채움재의 비율에 따라 혼합성과 유동성에도 차이를 나타냈다. 따라서 추후 실제 현장에 적용할 경우에는 상황에 맞는 적절한 배합을 고려하여 사용해야 할 것으로 판단된다.
- (2) 강도 시험 결과를 살펴보면 3시간 압축 강도 9.62MPa, 24시간 압축 강도 36.0MPa, 휨 강도 23.42MPa, 스틸과의 부착 강도 4.39MPa 이상, 콘크리트와의 부착강도 2.15MPa 이상으로 나타나 ACI에서 제시하는 모든 기준을 상회하는 우수한 성능을 보여주었다. 특히 3시간 압축 강도의 결과로 보아 폴리설파이드 에폭시 폴리머 콘크리트 교면포장 재료의 가장 큰 장점 중의 하나인 교통조기개방효과도 충분히 기대할 수 있을 것으로 판단된다. 기존의 박층 교면포장 재료인 APC, T-48과 물리적 특성을 비교하여 보았을 때 모든 항목에서 동등하거나 그 이상의 성능을 발휘하는 것으로 나타났다.

- (3) 온도가 상승함에 따라 압축, 휨, 부착 강도 모두 감소하는 경향을 보였으나 기존의 교면포장 재료에 비하여 휨 추종성능과 온도 민감성이 크게 개선된 것으로 나타났다. 따라서 기존의 초박층 교면포장 재료에 비해 더욱 다양한 환경에서 폭 넓게 적용될 수 있을 것으로 판단된다.
- (4) 동결융해 저항성 시험에서 300cycle 이후의 상대 동탄성 계수는 97.27%로 동결융해에 대한 매우 우수한 내구성을 지니고 있음을 보여주었다. 또한 300cycle 동결융해 처리를 한 시편에 대한 압축 강도, 휨 강도, 부착 강도 측정 결과 각각 35.75MPa, 19.48MPa, 2.99MPa로 나타나 동결융해 처리를 하지 않은 시편과 비교하여 그 성능이 저하되었으나 여전히 ACI 기준을 상회하는 성능을 보여주었다.
- (5) 결과적으로 국내 기술로 개발중인 폴리설파이드 에폭시 폴리머 콘크리트가 초박층 교면포장으로 적용되기에 적합한 물리적 특성을 지녔으며, 기존 국내·외의 박층 교면포장과 비교하여 보았을 때 최소 동등하거나 그 이상의 성능을 발휘하는 것으로 판단된다. 그러나 성공적인 초박층 교면포장의 적용을 위해서는 고온에서의 급격한 강도저하 현상의 개선과 국내 지역 환경의 영향에 따른 에폭시 폴리머 콘크리트의 적용 범위 및 그에 따른 유지관리 등에 대한 추가적인 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 중소기업청의 2011 산학연협력 기업부설연구소 지원사업의 일환으로 ‘고기능·고내후성 폴리머를 이용한 박층 콘크리트 혼합물 개발’ 연구과제 하에 수행되었으며, 본 실험 수행중 보여주신 전폭적인 지원에 감사드립니다.

References

1. ACI Committee 548, Guide for Polymer Concrete Overlay, ACI 548.5R-94, 1998.
2. ACI Committee 548, Specification for type ES (Epoxy Slurry) polymer overlay for bridge and parking garage decks, ACI 548.9M-08, 2008.
3. Arthur M. Dinitz, Michael S. Stenko, “The successful use of thin polysulfide epoxy polymer concrete overlays on concrete and steel orthotropic bridge decks”, 2010 Structures Congress ASCE, 2010, pp.530-540.
4. ASTM International, Standard test method for flexural strength

- and modulus of elasticity of chemical-resistant mortars, grouts, monolithic surfacings, and polymer concretes, ASTM C580-02, 2012.
5. ASTM International, Standard test method for tensile strength of concrete surfaces and the bond strength or tensile strength of concrete repair and overlay materials by direct tension (Pull-off method), ASTM C1583/C1583M, 2008.
 6. ASTM International, Standard test methods for compressive strength of chemical-resistant mortars, grouts, monolithic surfacings, and polymer concretes, ASTM C579-01, 2012.
 7. ASTM International, Standard test methods for resistance of concrete to rapid freezing and thawing, ASTM C666/C666M, 2008.
 8. Kim, H. B., Kwak, B. S., Park, J. Y., "Application of Thin Polymer Concrete Overlay to the Pavements", Journal of 26th KECRI Conference, 2010, pp.65-79. (in Korean)
 9. Kim, J. H., Suh, Y. C., "Laboratory Evaluation of Polysulfide Epoxy Overlay Material for Bridge Deck", Journal of Korean Society of Road Engineers, vol. 13, No. 2, 2011, pp.159-166. (in Korean)
 10. Kim, T. W., Kim, D. Y., Nguyen, M. T., Lee, H. J., "A Study on the Physical Characteristics of Acryl Concretes for Thin Bridge Deck Pavements", Journal of Korean Society of Road Engineers, vol. 11, No. 3, 2009, pp.1-11. (in Korean)
 11. Lee, H. J., "Introduction of Acryl Polymer Concretes for Thin Pavements", Journal of Korean Society of Road Engineers, vol. 12, No. 3, 2010, pp.5-8. (in Korean)
 12. Michael S. Stenko, Arif J. Chawalwala, Thin polysulfide epoxy bridge deck overlays, Transportation research record 1749, 2001, pp.64-67.
 13. NCHRP Synthesis 423, "Long-term performance of polymer concrete for bridge decks", Transportation research board, 2011.

Received : 12/13/2012
 Revised : 02/17/2013
 Accepted : 02/22/2013

요 지

본 연구는 국내에서 개발 중인 초박층 교면포장용 폴리설파이드 에폭시 폴리머 콘크리트의 물리적 특성을 파악하고 국내로의 적용 가능성을 향상시키기 위해 수행되었다. 바인더와 폴리머 콘크리트의 배합실험을 통해 폴리머 콘크리트의 최적 배합비율을 결정하고, 결정된 배합비율로 생산된 폴리머 콘크리트에 대하여 압축, 휨, 부착 강도 시험을 수행하여 강도특성을 파악하였으며 동결 융해 저항성 시험을 통해 폴리머 콘크리트의 내구성을 평가하였다. 강도 시험 결과, 우수한 강도 성능과 휨 추종성을 나타내었고 미국콘크리트학회에서 제시하는 모든 강도 기준을 충족하였다. 또한 다양한 온도에서의 강도 시험에서도 기존의 재료에 비하여 개선된 성능을 나타내었다. 동결 융해 시험 및 동결 융해 과정을 거친 시편의 강도 시험 결과, 폴리머 콘크리트의 내구성에는 전혀 문제가 없는 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서 새롭게 개발된 폴리머 콘크리트는 초박층 교면포장으로 사용하기에 적절한 특성을 가지고 있을 뿐만 아니라, 온도 민감성도 개선되어 기존의 초박층 교면포장 재료에 비해 폭 넓은 적용성을 갖춘 것으로 판단된다.

핵심 용어 : 동결 융해, 폴리머 콘크리트, 폴리설파이드 에폭시, 강도 시험, 초박층 교면포장