

## 장경간 강바닥판 케이블교량에 적용하기 위한 폴리우레탄 폴리머콘크리트의 공용특성 연구

### A Study to Evaluate Performance of Poly-Urethane Polymer Concrete for Long-Span Orthotropic Steel Bridge

박희영	Park, Heeyoung	정회원 · (주)로드코리아 기술연구소 선임연구원 (E-mail: heeyoung2000@hanmail.net)
이정훈	Lee, Junghun	정회원 · (주)로드코리아 기술연구소 책임연구원 · 교신저자 (E-mail: hun1347@gmail.com)
곽병석	Kwak, Byeongseok	정회원 · (주)로드코리아 기술연구소 선임연구원 (E-mail: kwak0730@hanmail.net)
최이현	Choi, Iehyun	정회원 · (주)로드코리아 대표이사 (E-mail: choi02hy@hanmail.net)
김태우	Kim, Taewoo	정회원 · 세종대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail: jjang717@dreamwiz.com)

#### ABSTRACT

**PURPOSES :** The purpose of this study is to evaluate physical properties, durability, fatigue resistance, and long-term performance of poly-urethane concrete (PU) which can be possible application of thin layer on long-span orthotropic steel bridge and to check structural stability of bridge structure.

**METHODS :** Various tests of physical properties, such as flexural strength, tensile strength, bond strength and coefficient of thermal expansion tests were conducted for physical property evaluation using two types of poly urethane concrete which have different curing time. Freezing and thawing test, accelerated weathering test and chloride ion penetration test were performed to evaluate the effect of exposed to marine environment. Beam fatigue test and small scale accelerated pavement test were performed to assess the resistance of PU against fatigue damage and long-term performance. Structural analysis were conducted to figure out structural stability of bridge structure and thin bridge deck pavement system.

**RESULTS :** The property tests results showed that similar results were observed overall however the flexural strength of PUa was higher than those of PUB. It was also found that PU materials showed durability at marine environment. Beam fatigue test results showed that the resistances of the PUa against fatigue damage were two times higher than those of the PUB. It was found from small scale accelerated pavement test to evaluate long-term performance that there is no distress observed after 800,000 load applications. Structural analysis to figure out structural stability of bridge structure and thin bridge deck pavement system indicated that bridge structures were needed to increase thickness of steel deck plate or to improve longitudinal rib shape.

**CONCLUSIONS :** It has been known that the use of PU can be positively considered to thin layer on long-span orthotropic steel bridge in terms of properties considered marine environment, resistance of fatigue damage and long-term performance.

#### Keywords

*poly-urethane, thin layer pavement, polymer concrete, performance, steel deck bridge, accelerated pavement test*

Main Author : Park, Hee Young, Associate Researcher  
Research Institute, Roadkorea Inc, Rm 1602, KDB U-Tower, 1029,  
Yeongdeok-Dong, Giheung-Gu, Yongin-Si, Gyeonggi-Do, 446-908, Korea  
Tel : +82.31.627.5113 Fax : +82.31.378.4854  
email : heeyoung2000@hanmail.net

International Journal of Highway Engineering  
http://www.ijhe.or.kr/  
ISSN 1738-7159 (Print)  
ISSN 2287-3678 (Online)

# 1. 서론

최근의 케이블교량은 기존 기술한계를 극복하고 공학과 예술이 융합된 하나의 랜드마크가 되고, 토목기술수준을 평가할 수 있는 하나의 척도이기 때문에 전세계적으로 초장대교량(현수교: 2,000m, 사장교: 1,000m 이상의 주경간장)을 경쟁적으로 건설 또는 계획 중에 있으며, 규모도 점차 장대화되는 추세이다.

케이블교량이 점차 장대화되는 반면 증가하는 강(鋼)재료비로 인해 경제성이 떨어지는 문제를 해결하기 위한 교면포장 박층화 방안이 관심을 받고 있는데, 이탈리아에서 건설중인 Messina Strait Bridge(주경간장 3,300m인 세계 최장경간 현수교)의 경우 교면포장으로 폴리머콘크리트를 적용하여 포장으로 인한 고정하중을 약 75% 정도 줄이는 방안이 제시되었으며, 현재 건설 또는 계획 중인 다수의 교량에서 교면포장을 박층화하기 위한 노력이 활발하게 진행되고 있다.

이러한 교면포장 기술동향에 따라 본 연구에서는 장경간 강바닥판 케이블교량에 폴리우레탄계열의 박층 폴리머콘크리트 포장(이하 PU)에 대한 국내 적용가능성을 검토하기 위해 재료물성시험, 환경모사시험, 실내공용성시험, 소형포장가속시험 등의 과정을 통하여 포장재료의 내구성 및 공용 특성을 평가하였다. 또한 국외 폴리머콘크리트 포장의 적용 기술 사례를 검토한 결과 기존 교면포장에 비해 1/8 수준인 12mm의 박층포장두께를 일반적으로 적용하고 있는데 이와 유사하게 국내 교면포장에 적용하였을 때 교량 상부 구조에 미치는 피로영향에 대한 검토를 위해 구조해석을 실시하였다.

## 2. 박층포장재료

### 2.1. 개요

현재 국내외로 강(鋼)바닥판 교량에 구스아스팔트와 PSMA 또는 SMA를 80mm로 구성하거나 에폭시 아스팔트를 50mm로 구성하는 교면포장공법이 주로 적용되고 있는 가운데 교면포장의 박층화와 장기 공용성 확보를 위해서는 기존에 적용되었던 교면포장 재료 보다 휨추중성, 피로저항성과 같은 내구성능이 우수한 동시에 해상환경 하에서 시공 및 공용이 가능하여야 한다.

우레탄수지는 -OH를 가지는 알코올과 -NCO 기를 가지는 이소시아네이트(Isocyanate)가 중합하여 생성한 흑색의 반응형 수지로 경화시 물리적 강도와 내화학적 물성이 뛰어나다. 따라서, 일부 토목 선진국(유럽, 미국 등)에서는 우레탄 수지를 적용한 포장 및 보수재료를

다양한 구간에 사용한 사례가 있다.

### 2.2. 교면포장 두께에 따른 경제성 효과분석

박층포장재료 적용시 경제성 증대 가능 여부를 판단하기 위해 장경간 강바닥판 케이블 교량의 교면포장 박층화(포장두께 80mm, 50mm, 12mm)에 따른 강케이블 물량감소효과를 확인하였다.

#### • 가정사항

- 교량연장 : 1,800m  
(L1 : 400m, L2 : 1,000m, L3 : 400m)
- Anchor Span Cable : 무시
- Wrapping, 행어로프, 부속물 중량 : 무시
- 고정하중 강도 : 100kN/m
- 행어간격 : 20m
- 교량폭 : 양방향 4차로(폭 : 19m)
- 케이블강도 : 1,860MPa
- 케이블 응력수준 : 이순신대교와 동등 수준
- 새그비 : 1/10

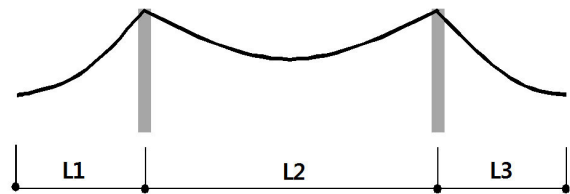


Fig. 1 Length of Cable Bridge

Table 1. Cable Weight Variation Related to Bridge Deck Pavement Thickness

pavement thickness (mm)	non-stress field (m)	sectional area (m <sup>2</sup> )	cable weight (tonf)	reduction ratio (%)
80	1,848	0.352	4,996	0.0
50	1,848	0.316	4,485	10.2
12	1,848	0.272	3,860	22.7

Table 1에서 보는 바와 같이 포장두께가 80mm에서 50mm가 될 경우 케이블 중량이 10.2% 감소되고, 12mm가 될 경우 22.7% 감소되는 것으로 나타났다. 따라서, 교면포장의 박층화를 통하여 케이블 및 기타 부대 시설의 강제 물량을 절감하고 강바닥판 교량의 경량화가 가능해져 교량 전반에 걸친 경제성 측면에서 상당히 유리한 효과를 나타낼 것으로 기대된다.

### 3. 물성 평가

#### 3.1. 개요

본 연구에서 다루는 포장재료는 앞서 설명한 우레탄 수지와 경화제를 2:1의 비율로 혼합한 후, 1~3mm의 세 골재와 함께 교반하여 만들어지는 폴리머콘크리트의 한 종류로서, 동일한 우레탄 계열 수지를 사용하지만 양생 시간에는 차이가 있는 두 가지 종류의 포장재료를 대상으로 연구를 진행하였다.

양생시간 차이에 따라 각각 PUa와 PUb로 구분하였으며, PUa는 24시간의 양생시간이 필요한 반면 PUb는 1~2시간의 빠른 양생이 가능한 재료이다.

폴리우레탄 폴리머 콘크리트의 강바닥판 교면포장 적용가능성을 판단하기 위해 기본적인 물성평가인 저온 휨시험(ASTM C 580-02), 인장강도시험(ASTM D 638-08), 부착강도시험(KS F 4042), 선수축률 및 열팽창계수시험 (ASTM C531-00)을 실시하였다.

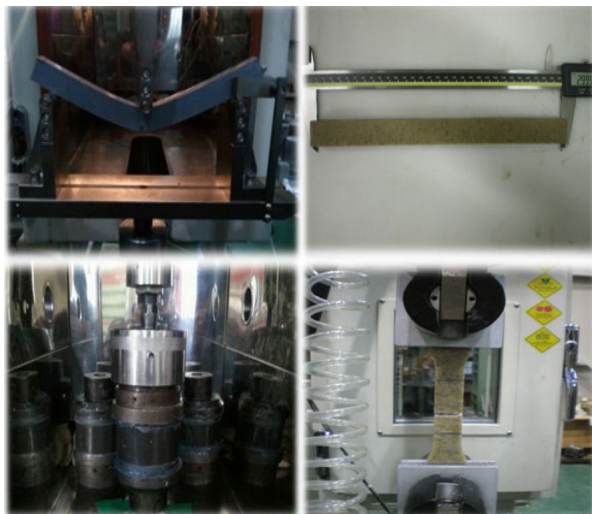


Fig. 2 Physical Property Test

#### 3.2. 물성시험결과

저온 휨시험을 수행한 결과 Fig. 3과 같이 PUb의 휨강도가 29.44MPa로 PUa의 23.51MPa보다 다소 높게 나타났으며, PUb의 변형률이 0.0265%로 PUa의 0.0087%에 비해 3배 정도 높게 나타났다.

인장강도는 Fig. 4와 같이 PUa가 4.30MPa이고 PUb가 4.13MPa로 비슷하게 나타났으며, 신장률은 PUa가 11.50%로 PUb의 9.37%보다 다소 높게 나타났다.

Fig. 5의 부착강도 시험결과 PUa가 2.89MPa, PUb가 2.65MPa로 서로 비슷한 수준으로 나타났다. 기존에 국내에서 강바닥판 교면포장재료로 많이 사용되고 있는 구스아스팔트의 부착강도가 3.13MPa인 것을 감안하면

(박희영, 2006) PU의 부착성능은 구스아스팔트의 경우와 비슷한 것으로 판단된다.

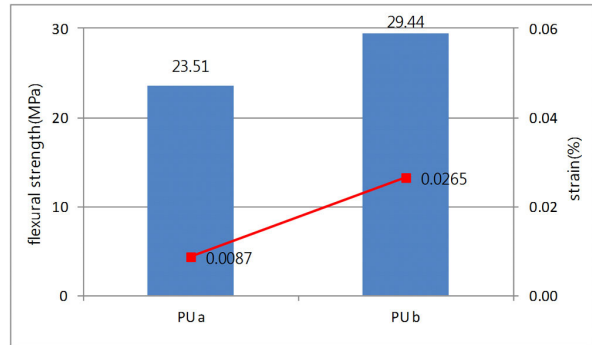


Fig. 3 Comparison of Flexural Strength and Strain

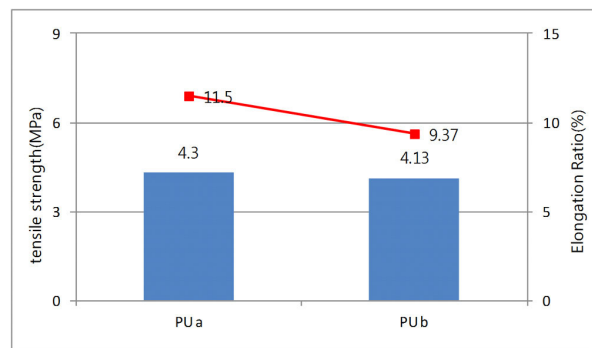


Fig. 4 Comparison of Tensile Strength and Elongation

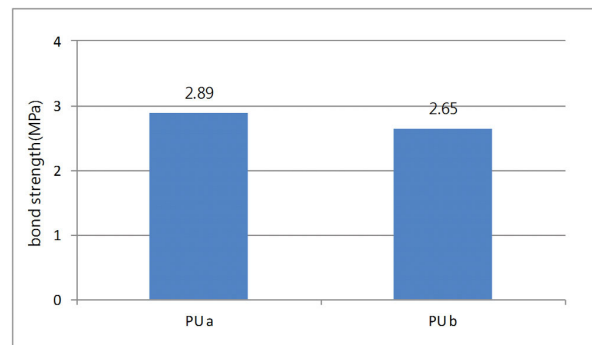


Fig. 5 Comparison of the Strength

선수축률 시험결과 PUa의 선수축률은 0.124%이고 PUb는 0.105%로 비슷하게 나타났으며, PUa의 열팽창계수는  $10.8 \times 10^{-5} \text{ mm/mm/}^\circ\text{C}$ 이고 PUb는  $11.2 \times 10^{-5} \text{ mm/mm/}^\circ\text{C}$  비슷하게 나타났다. 일반적으로 강바닥판의 열팽창계수가  $1.2 \times 10^{-5} \text{ mm/mm/}^\circ\text{C}$ 인 것을 감안하면 온도변화에 따른 수축팽창으로 인한 응력이 포장과 강바닥판간에 발생할 가능성이 있을 것으로 판단되나, 강바닥판 교면포장 재료로 주로 사용되고 있는 아스팔트계열 재료의 열팽창계수인  $3.3 \times 10^{-5} \text{ mm/mm/}^\circ\text{C}$ 과 큰 차이가 나지 않기 때문에 문제가 없을 것으로 판단된다.

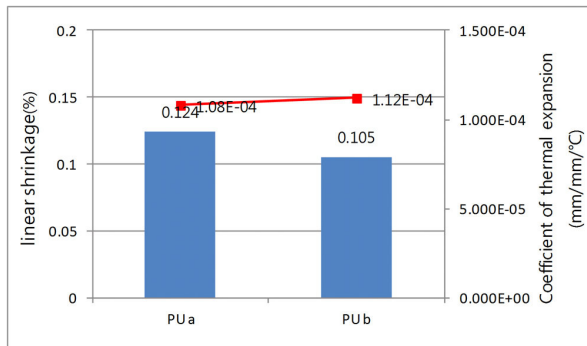


Fig. 6 Comparison of the Linear Shrinkage and Coefficient of Thermal Expansion

## 4. 환경모사시험

### 4.1. 환경모사

폴리머콘크리트의 경우 해상환경에서 발생 가능한 동결융해, 자외선, 염소이온에 대하여 취약할 수 있는 것으로 보고된 바 있다(인교진, 1998). 이에 따라 PU에 대하여 동결융해시험(KS F 2456), 촉진내후성시험(KS F 2274), 염소이온 침투저항성 시험(KS F 2711)을 통하여 환경모사를 진행한 후 압축강도, 휨강도, 인장강도, 탄성계수 등의 물성 항목에 대해 환경모사 실시 전후의 변화를 실내 물성시험을 통해 평가하였다.



Fig. 7 Environment Simulation Test

온도변화에 따른 재료의 저항성을 평가하기 위한 동결융해시험은 시험체를 급속(2~4시간)으로 반복(100~300사이클) 동결융해(4°C, -18°C)하여 노출 전후의 포장재료의 내구성을 평가한다. 본 연구에서는 시험체의 1회 노출 변화시간을 4시간으로, 반복횟수를 300 사이클로 설정하여 시험을 실시하였다.

태양광에서 발생하는 자외선에 따른 포장재료의 저항성을 평가하기 위한 자외선폭로시험은 시험체를 광원(제논-아크 광원, 자외선형과 램프, 개방 불꽃 카본-아크 램프 및 자외선 카본-아크 램프)에 의하여 노출하거나 직접 옥외에서 창유리를 투과한 태양광을 300시간

노출하여 노출 전후의 재료의 내구성을 평가한다. 본 연구에서는 다양한 광원 중에서 선사인 카본 아크 램프(개방 불꽃 카본-아크 램프)를 이용하여 시험체를 300시간 노출하여 시험을 실시하였다.

강우, 강설, 그리고 용설재 등에 따른 포장재료의 저항성을 평가하기 위한 염소이온 침투저항성시험은 확산셀 장치를 이용하여 염소이온농도의 변화를 측정하는 방식과 NaCl 용액이나 해수에 시험체를 침지시켜 염소이온의 농도분포를 측정하는 방식이 있으나 장시간의 시험기간이 소요되는 문제점이 있다. 따라서 본 연구에서는 전기적인 촉진방식으로 통과 전하량을 측정하여 재료의 저항성을 단시간 내에 평가할 수 있는 염소이온 침투저항성시험을 실시하였다.

### 4.2. 물성평가 결과

동결융해시험 과정을 거친 후 25°C에서의 휨강도시험을 실시한 결과 Fig. 8에서 보는 바와 같이 PUa는 5.9MPa로 동일하였고, PUB는 4.7MPa에서 4.6MPa로 소폭 감소하였다. 또한 자외선폭로시험 과정을 거친 후 휨강도시험을 실시한 결과 PUa는 5.9MPa, PUB는 4.7MPa으로 시험 전후 변화가 전혀 없는 것으로 나타났다. 이에 따라 PU 포장재료는 온도변화와 자외선의 영향을 휨강도 측면에서 거의 받지 않는 것으로 판단된다.

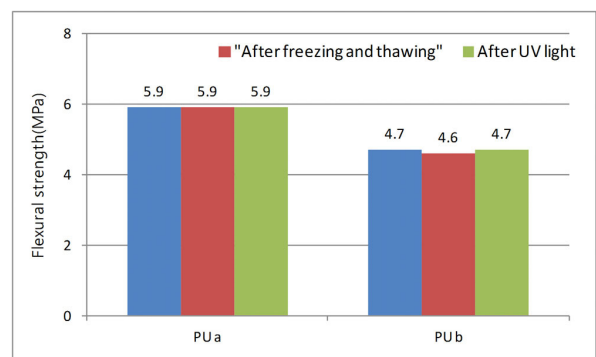


Fig. 8 Comparison of the Bending Strength before and after Environment Test

동결융해시험 과정을 거친 후 시험에 대한 압축강도 시험을 실시한 결과 Fig. 9에서 보는 바와 같이 PUa는 11.6MPa에서 11.2MPa로 소폭 감소하였으며, PUB는 9.8MPa로 전후 변화가 전혀 없었다.

또한 자외선폭로시험 과정을 거친 후 압축강도시험을 실시한 결과 PUa는 11.6MPa에서 11.2MPa로 소폭 감소하였으며, PUB는 9.8MPa에서 9.5MPa로 소폭 감소한 것으로 나타났다. 이에 따라 PU 포장재료는 온도변화와 자외선의 영향을 압축강도 측면에서 거의 받지 않

는 것으로 판단된다.

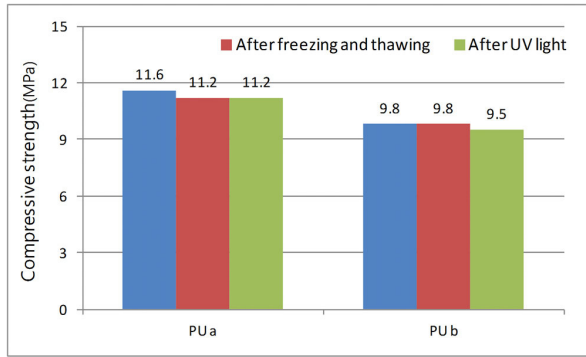


Fig. 9 Comparison of the Compressive Strength before and after Environment Test

동결융해시험 과정을 거친 후 시편에 대한 인장강도 시험을 실시한 결과 Fig. 10에서 보는 바와 같이 PUa는 2.1MPa에서 1.8MPa로 약간 감소하였으며, PUb는 2MPa에서 1.8MPa로 약간 감소하였다. 또한 자외선폭로 시험과정을 거친 후 인장강도시험을 실시한 결과 PUa는 2.1MPa에서 1.7 MPa로 약간 감소하였으며, PUb는 2MPa로 전후 변화가 전혀 없었다. 이에 따라 PU 포장재로는 온도변화와 자외선의 영향을 인장강도 측면에서 거의 받지 않는 것으로 판단된다.

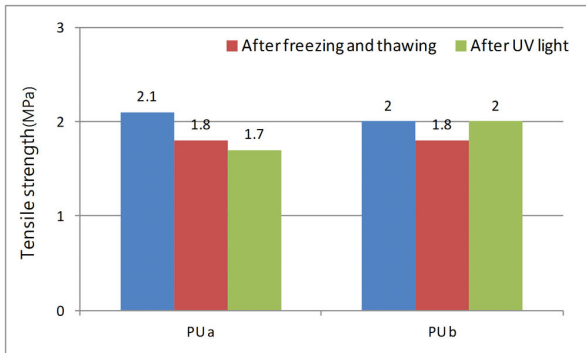


Fig. 10 Comparison of the Tensile Strength before and after Environment Test

동결융해시험 과정을 거친 후 시편에 대한 탄성계수 시험을 실시한 결과 Fig. 11에서 보는 바와 같이 PUa는 83MPa에서 74MPa로 감소하였으며, PUb는 60MPa에서 46MPa로 감소하였다. 또한 자외선폭로 시험 과정을 거친 후 탄성계수 시험을 실시한 결과 PUa는 83MPa에서 73MPa로 감소하였으며, PUb는 60MPa에서 53MPa로 감소하였다.

두 재료 모두 동결융해와 자외선의 영향을 받은 후 탄성계수가 감소하는 경향을 보였으나 그 변화 정도가 10% 내외로 크지는 않은 것으로 보아 내구성 유지에는

문제가 없을 것으로 판단된다. 단, PUb의 경우 PUa에 비해 동결융해에 따른 탄성계수가 상대적으로 크게 변화하는 경향을 보여 향후 장기 공용시험에서 충분한 검토가 필요할 것으로 사료된다.

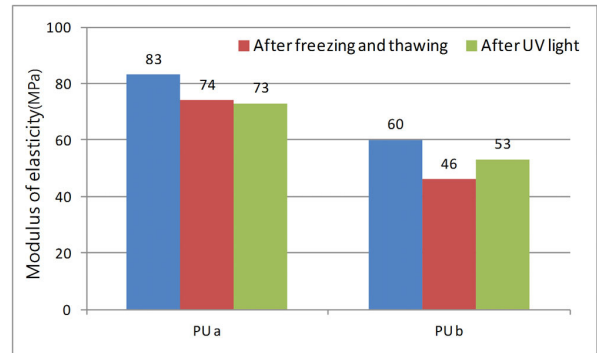


Fig. 11 Comparison of the Modulus of Elasticity before and after Environment Test

염소이온 침투저항성시험 결과 PUa와 PUb의 통과 전하량이 모두 0(c)으로 두 포장재료 모두 염소 이온의 침투가 전혀 발생하지 않아 염화물에 대한 내구성이 매우 우수한 것으로 판단된다.

## 5. 실내 공용성 평가

### 5.1. 개요

본 연구에서는 PU에 대한 빔피로시험(ASTM D 7460-08)을 실시하여 반복하중에 대한 실내 내구성을 평가하였다.

빔피로시험은 폴리머콘크리트의 강성과 실제 적용하는 12mm의 박층포장 두께를 고려하여 1.2cm×5cm×30cm의 빔시편을 제작하여 균열이 발생하기 쉬운 동절기의 온도조건(-15℃)을 모사하여 수행하였다. 하중은

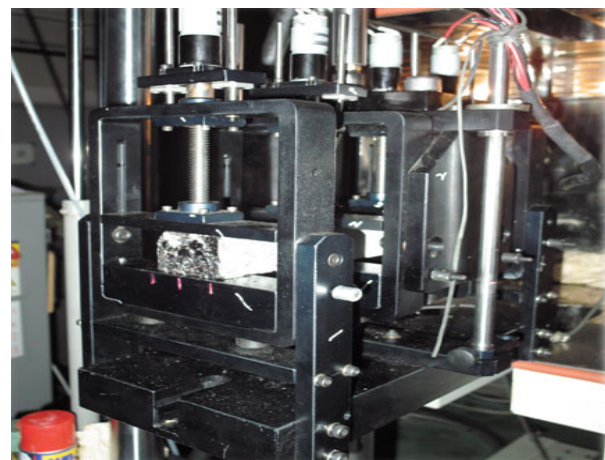


Fig. 12 Beam Fatigue Test

변형률 제어방식으로 5Hz 주기로 반복하중을 재하하여 장경간 강바닥판 케이블교량에서 발생할 수 있는 리브간 최대처짐인 0.4mm의 처짐이 지속적으로 발생하도록 모사하여 시험을 진행하였다.

## 5.2. 시험결과

Fig. 13에서 보는 바와 같이 PUa의 스티프니스는 반복하중횟수 1,000,000회에서 초기 스티프니스 대비 약 13% 정도 감소되어 유지되는 것으로 나타났으며, PUb의 스티프니스는 반복하중횟수 1,000,000회에서 약 20% 정도 감소되어 유지되는 것으로 나타났다. 따라서 PUa의 피로저항성능이 PUb에 비해 약 2배 정도 더 우수하며, 스티프니스 감소율을 고려할 때 PU의 경우 피로에 의한 파손은 야기되지 않을 것으로 판단된다.

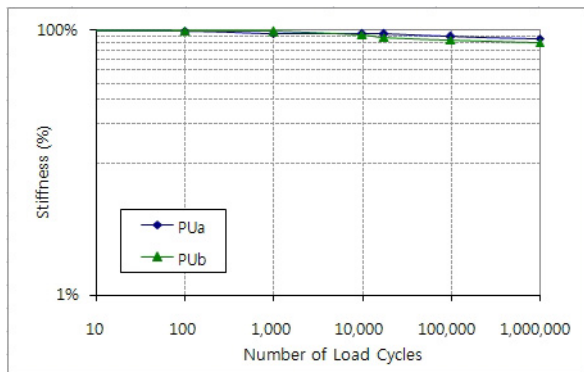


Fig. 13 Comparison of the Stiffness Reduction Ratio

## 6. 장기공용성 평가

### 6.1. 개요

본 연구에서는 실제 해상환경조건과 강바닥판 교면 포장의 처짐, 중차량의 접지압을 유사하게 모사할 수 있는 소형포장가속시험기를 이용하여 PU에 대한 장기공용성을 평가하였다.

소형포장가속시험기의 제원은 Table 2와 같다.

강바닥판 교량에서 발생하는 처짐에 대한 박층 포장 재료의 공용성능을 가속화하여 평가하기 위해 U리브간 처짐을 최대 6mm까지 발생하도록 하중을 설정(일본 본주사국연락교 U리브간 허용처짐 0.4mm로 규정)하였으며, 포장의 파손을 가속화시키기 위하여 접지압을 2.89MPa(일반 중차량 접지압 : 0.75MPa)로 설정하여 공용성시험을 수행하였다. 시험온도는 -20℃, 20℃, 60℃로 설정하여 국내의 동절기, 상온, 하절기의 온도를 모사하였으며, 습도는 국내 연평균습도인 60~70% 범위를 유지하도록 하였다. 또한 공용시 자외선 영향을

고려하여 해상 교량의 연평균 자외선 노출량을 기준으로 시험체에 자외선을 노출시켰다.

Table 2. Specification for Accelerated Pavement Tester

	Specification
Type of Equipment	Vertically Oval Shape Type 4 Wheel System
Size of Equipment	Length : 3.7m, Width : 0.7m, Height : 1.5m
Test Section	Length : 1.5m(0.5m×3EA), Width : 0.5m
Wheel Spec	Diameter : 380mm, Width : 120mm Material : Solid Type Urethane Tire
Weight	Maximum 1 ton
Speed	Maximum 10km/h
Environmental Control	Heating System(-20~60℃) Humidity System(0~100%) Ultra-Violet System(12.8W)



Fig. 14 Small Scale Accelerated Pavement Tester

## 6.2. 소형포장가속시험 결과

소형포장가속시험을 수행한 결과, 동절기(-20℃), 상온(20℃), 하절기(60℃) 조건 및 습도, 자외선 조건에서 PUa와 PUb 시험체 모두 하중통과횟수 800,000회 이상의 반복적인 과도한 처짐에 따른 인장 및 휨 변형에도 파손이 발생하지 않아 상당히 우수한 장기공용성을 가지는 것으로 판단된다.

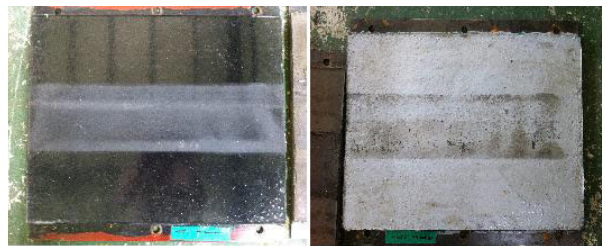


Fig. 15 Accelerated Pavement Test Specimens

## 7. 구조해석

### 7.1. 해석조건

박층교면포장 적용시 강바닥판에 피로도가 증가하

여 피로균열이 발생하게 된다. 실제로 강바닥판 교량은 교통하중에 의한 피로에 의해 U리브와 강바닥판 접합부에 균열이 자주 발생하며 포장의 박층화에 따라 이러한 피로는 가속화된(Henk Kolstein, 1998). 따라서, 본 연구에서는 MIDAS CIVIL 2009를 이용하여 PU를 강바닥판 교량에 적용할 경우에 대한 구조 해석을 실시하여 강바닥판 두께별 구조적인 안정성을 평가하였다.

포장부에서 발생하는 피로균열은 포장 하부의 인장에 의하여 발생하는데 타이어가 위치한 부분에서는 정모멘트로 인한 Bottom-Up 크랙이 발생하며, 타이어와 타이어 사이에서는 부모멘트로 인한 Top-Down 크랙이 유발된다. 따라서, 해석구간은 선행된 연구(Medani TO, 2006)를 통하여 포장과 강바닥판 하부에서 인장변형률이 최대 발생하는 구간을 Section 1로, 포장과 강바닥판 상부에서 인장변형률이 최대 발생하는 구간을 Section 2로 설정하였다.

Table 3. Structural Analysis Conditions

	Specifications and Contents
Deck	Thickness : 14mm, Width : 4,800mm, Length : 7,500mm, Modulus of Elasticity : $2.1 \times 10^5$ , Unit weight : 7.85kgf/cm <sup>3</sup> , Poisson's Ratio : 0.3, material : KS-Civil
U-rib	Thickness : 6mm, Width : 300mm, Height : 325mm, U-rib between Width : 300mm
Transverse Ribs	Thickness : 8mm, Interval Length : 2,500mm
Transverse Ribs Plate	Thickness : 18mm, Width : 200mm
Weight Condition	Weight : 8.2ton (Dual-Wheel Axle Load), Contact Pressure : 120Psi, Pressure Area : 220×220mm
Pavement Property	Modulus of Elasticity : 140MPa, Unit Weight : 1.8kgf/cm <sup>3</sup> , Poisson's Ratio : 0.3
Etc	The Length between Steel Deck and Transverse Ribs Plate : 535mm

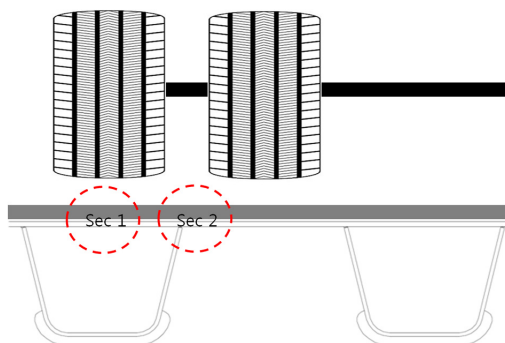


Fig. 16 Structural Analysis Section

## 7.2. 해석결과

Fig. 17을 보면 Section 1의 강바닥판 두께가 14mm일 때 포장하부의 인장변형률은  $-268\mu\epsilon$ , 16mm일 때  $-246\mu\epsilon$ , 18mm일 때  $-207\mu\epsilon$ 로 나타났으며, 강바닥판 두께가 14mm일 때 강바닥판 하부에서 발생하는 인장변형률은  $181\mu\epsilon$ , 16mm일 때  $145\mu\epsilon$ , 18mm일 때  $119\mu\epsilon$ 로 나타나 강바닥판의 두께가 두꺼워질수록 인장변형률이 감소하는 것으로 확인되었다.

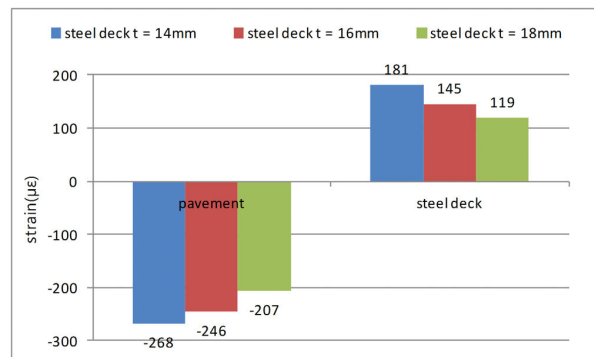


Fig. 17 Comparison of Tensile Strain(Section 1)

Section 2의 강바닥판 두께가 14mm일 때 포장 상부의 인장변형률은  $689\mu\epsilon$ , 16mm일 때  $509\mu\epsilon$ , 18mm일 때  $393\mu\epsilon$ 로 나타났으며, 강바닥판 두께가 14mm일 때 강바닥판 상부의 인장변형률은  $280\mu\epsilon$ , 16mm일 때  $208\mu\epsilon$ , 18mm일 때  $158\mu\epsilon$ 로 강바닥판의 두께가 두꺼워질수록 인장변형률이 감소하는 것으로 나타났다.

본 해석결과에 따르면 교면포장두께의 박층화에 따라 강바닥판에서 발생하는 인장변형률이 증가하여 피로 손상을 야기할 것으로 예상됨에 따라 폴리머 콘크리트포장을 12mm의 초박층으로 적용시 강바닥판의 두께를 기존 14mm에서 증가시키거나, 강바닥판 하부의 구조물의 형상을 변경하여 강바닥판 구조체의 피로를 감소시킬 필요가 있다고 판단된다.

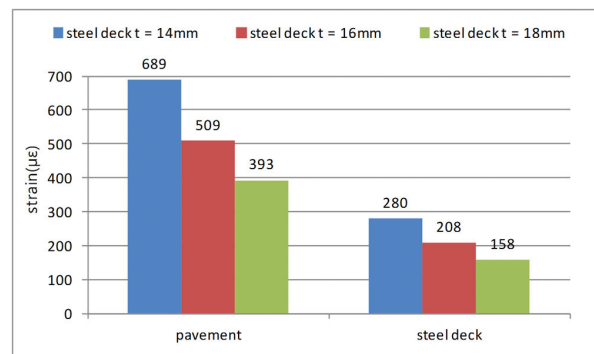


Fig. 18 Comparison of Tensile Strain(Section 2)

실제로 기존 연구사례들을 살펴보면 Fig. 19와 같이

강바닥판 하부 구조물인 U-Rib의 형상을 개선하여 줄어든 강바닥판 두께로 인해 증가하는 피로를 완화시키는 연구(오창국 외, 2012)가 진행되어 피로시험을 통해 검증된 바 있다. 또한 이탈리아의 메시나 대교의 경우 10~12mm 포장두께의 폴리머콘크리트 계열 초박층포장을 적용함으로써 교량의 고정하중을 감소시키기 위해 강바닥판의 두께를 15~17mm로 증가시키는 방안이 제시된 사례가 있다.

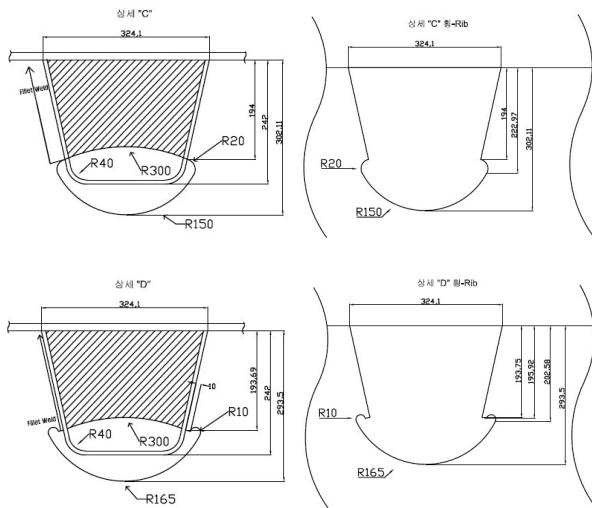


Fig. 19 U-Rib Shape Improvement Case

## 8. 결론

본 연구에서는 장경간 강바닥판 케이블교량에 적용가능 여부를 검증하기 위하여 폴리우레탄 계열의 폴리머 콘크리트에 대한 공용특성을 평가하였으며, 구조해석을 통하여 구조적인 안정성을 평가하여 폴리우레탄 폴리머 콘크리트 적용시 고려되어야 할 부분을 확인하였다.

1. 물성평가 결과, 휨강도와 휨변형률은 PUB가 PUa에 비해 각각 1.3배, 3배 수준으로 다소 높게 나타났으며, 인장강도는 4MPa 이상으로 두 재료 모두 비슷하였다. 신장률은 PUa가 PUB에 비해 1.2배 수준으로 높게 나타났다. 부착강도는 3MPa에 근접한 수준으로 두 재료 모두 비슷하게 나타났으며, 열팽창계수는 두 재료 모두 유사한 수준으로 나타났다. 각 물성평가결과를 종합적으로 고려하였을 때 교면포장 재료로서 물성측면에서 문제가 없을 것으로 판단된다.
2. 환경모사 측면에서 동결융해 저항성, 자외선폭로시험 결과, PUB가 PUa에 비하여 동결융해에 따른 탄성계수가 다소 변화하는 경우를 제외하고는 시험 전

후 변화가 거의 없는 것으로 나타났다.

또한, 염소이온침투저항성시험 결과 PU에서 통과전하량은 0으로 나타나 국내 해상환경조건 하에서의 PU의 내구성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

3. 빔피로시험을 통한 실내 공용성평가 결과, 반복 하중 횟수 100만회에서 PUa의 스티프니스가 초기 대비 13%, PUB의 경우 20% 정도 감소되어 유지되는 것으로 나타남으로써 폴리우레탄 폴리머 콘크리트는 피로에 의한 파손이 문제되지 않는 것으로 확인되었다.
4. 소형포장가속시험기를 이용하여 다양한 환경조건 하에서 처짐 및 접지압을 증가시켜 가속화하여 장기공용성을 평가한 결과, 재하하중 80만회 이상에서도 PU시험체에 파손이 발생하지 않는 우수한 장기공용성을 확인하였다.
5. 구조해석 결과, PU를 강바닥판 교량에 적용하였을 경우 포장과 강바닥판의 인장변형률이 크게 증가하는 것으로 나타나 PU를 강바닥판 교면 포장으로 활용시 강바닥판 두께를 증가시키거나 구조물 형상을 변경하여 강바닥판 구조체의 피로를 감소시켜야 하는 것으로 확인되었다.

본 연구를 통해 장수명, 고내구성의 장점을 가진 폴리머콘크리트의 국내 교면포장재료로서의 적용 가능성을 검증함으로써 향후 교면포장재료 분야에 있어서 발전방향을 제시하고 기술력 향상이 이루어지길 기대한다.

## 감사의 글

본 연구는 초장대교량사업단 제2핵심과제를 통해 지원된 국토해양부 건설기술혁신사업에 의하여 수행되었습니다. 연구 지원에 감사드립니다.

## References

- Byun, Keunjoo(1987), "Polymer Concrete"
- In, Kyojin(1998), "Development of Polymer Concretes with Improved Weathering Properties"
- Jung, Duhwoe(2000), "Steel Deck Bridges foreign status of Bridge Deck Pavements"
- Kim, Daeyoung, Kim, Taewoo, Lee, Hyunjong, Kim, Hyungbae(2010), "Characterization of Acryl Polymer Concretes for Ultra Thin Overlays"
- Kim, Hyunjun(2002), "A Study on the Application of SBS Modified Stone Mastic Asphalt"
- Kim, Taewoo(2009), "A Study on the Physical Characteristics of Acryl Concretes for Thin Bridge Deck Pavements"
- Kwak, Byeongseok, Lee, Junghun, Park, Hee young, Choi,



- Iehyun(2012), "*Development of small accelerated pavement tester for evaluation of long-term performance of the bridge pavement material on steel deck*"
- Lee, Jongyeup(2010), "*An interpretative study on movement characteristics of pavement and steel floor plate*"
- Ministry of Construction and Transportation(2004), "*한국형 포장설계 법 개발과 포장성능 개선방안 연구-콘크리트 포장설계법 개발*"
- Oh, Changkook, Bae, Doobyong(2012), "*Analysis on Optimal scallop shapes to improve fatigue performance*"
- Park, Heeyoung(2006), "*A Study on the Application of the Drainage Layer to Bridge Deck Pavements to Mitigate Moisture Damage*"
- (접수일 : 2012. 2. 1 / 심사일 : 2012. 2. 1 / 심사완료일 : 2012. 7. 23)