

## 접착식 콘크리트 덧씌우기의 부착강도 특성 분석

### Bond Strength Characteristics of Bonded Concrete Overlay

박종원	Park, Jong Won	정회원 · 강릉원주대학교 토목공학과 석사과정 (E-mail: hansum1234@naver.com)
김영규	Kim, Young Kyu	정회원 · 강릉원주대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail: kingdom1980@nate.com)
이승우	Lee, Seung Woo	정회원 · 강릉원주대학교 토목공학과 교수 · 공학박사 · 교신저자 (E-mail: swl@gwnu.ac.kr)
한승환	Han, Seung Hwan	정회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 수석연구원 · 공학박사 (E-mail: hansu@ex.co.kr)

#### ABSTRACT

**PURPOSES :** Bonded concrete overlay is a favorable maintenance method since the material properties are similar to existing concrete pavements. In addition, bonded concrete overlay has advantage of structural performance since the overlay layer and the existing pavement perform as a monolithic layer. It is important to have suitable bond strength criteria to secure the performance of bonded concrete overlay. This study aimed to investigate the factors influencing bond strength characteristics between existing concrete pavement and overlay material.

**METHODS :** Bond strength between overlay and existing pavement are measured and analyzed for various conditions such as the type of overlay materials, compressive and flexure strength of overlay and existing pavement, and deterioration status of existing pavement.

**RESULTS :** The strength of overlay material does not significantly influence the bond strength. The overlay of ultra-rapid hardening cement generally gives low bond strength. However, ultra rapid hardening polymer modified concrete gives robust bond strength. The deterioration of existing concrete significantly decrease the bond strength.

**CONCLUSIONS :** Bond strength of bonded concrete overlay highly depends on condition of existing concrete pavement rather than overlay material.

#### Keywords

*bonded concrete overlay, bond strength, deterioration, existing concrete pavement, overlay material*

Corresponding Author : Lee, Seung Woo, Professor  
Department of Civil Engineering , Gangneung Wonju National  
University, 7, Jukheon-gil, Gangneung-si, Gangwon-do, 210-702, Korea  
Tel : +82.33.640.2419 Fax : +82.33.646.1391  
E-mail : swl@gwnu.ac.kr

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

#### 1. 서론

국내의 콘크리트 포장은 88고속도로의 건설을 기점으로 신설, 확장되어 왔으나 최근 콘크리트 포장의 내구연한이 20년에 가까워짐에 따라 많은 구간에서 노후화 및 열화에 의한 파손이 발생되었으며 이는 포장의 구조적/기능적 성능을 감소시켜 도로이용자의 불편을 초래하고 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 덧씌우기

공법을 적용하고 있으며, 이를 통한 기존 콘크리트 포장의 공용수명을 증가시키고 있다.

국내에서는 일반적으로 조기교통개방이 가능하며 시공경험이 풍부한 아스팔트 덧씌우기 공법을 사용하고 있으나 아스팔트와 콘크리트 간의 재료물성 및 열팽창계수 등의 특성이 상이하여 유지보수 후 포장파손이 발생하고 있다. 이로 인하여 아스팔트 덧씌우기 공법의 구

조적 파손을 예방하고 공용성 확보를 위하여 콘크리트 덧씌우기 포장에 대한 연구가 진행되었다. 접착식 콘크리트 덧씌우기(BCO, Bonded Concrete Overlay) 공법은 덧씌우기 층을 기존 포장층과 완전부착 하도록 시공하여 구조적/기능적 성능을 회복시키는 공법으로서 구조적으로 안정적이며 중차량에 대한 하중 지지능력이 우수하고, 기존 콘크리트 포장과의 재료물성이 유사하여 유지보수 후 포장파손 발생이 적다는 장점이 있다. 1996년 한국도로공사에서 시행한 덧씌우기 시험시공의 경우 접착식 덧씌우기 구간에 대해 88고속도로 105km 지점에서 광주방향으로 약 250m에 대하여 시공하였으며 시공 5년에 경과한 시점까지 양호한 상태를 보였다(김진춘 외, 2001/ 한국도로공사, 1997). 시험시공 이후로 접착식 덧씌우기 공법의 시공이 꾸준히 증가하고 있으며 또한 다양한 초속경성 재료의 도입으로 콘크리트 덧씌우기 시공 시 초기 교통개방이 가능하고 아스팔트 포장 덧씌우기보다 평균수명 확보가 용이하기 때문에 국내 현장 적용실적이 증가하고 있는 추세이다(손현장 외, 2011).

접착식 콘크리트 덧씌우기의 장단기 공용성을 확보하기 위한 방안으로는 기존 콘크리트 포장층이 건전해야 하며, 적정 부착성능을 확보하여 완전부착을 통한 일체화 거동을 나타내야 한다. 접착식 콘크리트 덧씌우기의 공용성을 저하시키는 원인으로는 크게 부착면 파손에 의하여 구조적 성능이 감소하는 것으로, 부착면에서의 수직 인장응력 및 수평 전단응력이 임계치에 도달하여 부착강도 이상 발생할 경우 파괴되는 것이다. 도로공사 시험시공의 경우 시공 1년경과 후 기존 포장의 전단면 보수부에서 약간의 접착력 상실을 확인할 수 있었으며 접착식 콘크리트 덧씌우기 공법에서의 부착강도 확보를 위한 연구가 진행되고 있는 실정이다. Lange 등(2001) 등이 실험과 함께 수치해석을 병행한 연구 결과를 살펴보면 건조수축과 함께 온도변화에 따른 수축·팽창으로 인하여 슬래브 컬링현상을 야기해 단부와 모서리에서 발생하는 높은 수직인장응력에 의한 부착면 인장파괴가 발생하는 것으로 나타났다. 또한 Medina Chavez 등(2007)의 연구에 의하면 California 주에서 시공한 노후 콘크리트 포장(JPCP) 위에 접착식 콘크리트 덧씌우기 공법을 적용한 사례를 통하여 덧씌우기 시공초기 건조수축으로 덧씌우기 층이 수축하면서 경계면에서 발생하는 과도한 전단응력으로 인하여 부착면 파손이 발생한다고 보고하였다. 그러나 Texas 주에서 시험시공 및 평가한 결과를 통하여 컬링(curling)이나 와핑(warping)에 의한 수직 인장응력으로 부착면 파손이 발

생한다고 결론 내렸다(Medina Chavez et al., 2007).

국내의 경우 초기 교통개방과 장기적인 포장공용성 확보가 용이한 덧씌우기 재료가 개발되어 현장적용이 이루어지고 있지만 기존 콘크리트 포장 및 덧씌우기 재료적 특성이 부착면 파괴 특성에 미치는 영향에 대한 연구가 전무한 상황으로, 품질관리기준을 정립하기 위하여 실질적인 부착강도 발생 매커니즘을 정립하는 것이 필요한 것으로 판단된다. 이승우 등(2012)에 의하면 접착식 콘크리트 덧씌우기 공법의 구조적 파손 중 부착면 파손의 발생 특성을 확인하기 위하여 3차원 유한요소해석을 실시하였으며, 이에 따라 해석조건별 부착응력 발생 특성을 확인한 결과 부착응력이 수직 인장응력에 의한 영향이 지배적인 것으로 나타났다.

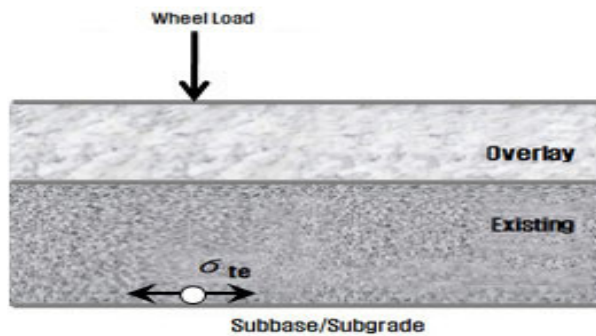
따라서 본 연구에서는 접착식 콘크리트 덧씌우기에 대한 부착 파괴특성을 기존 콘크리트 포장 및 덧씌우기 재료조건에 따라 분석하기 위해 수직 인장응력을 모사하는 직접인장시험(Pull-out test)를 실시하여 발생하는 부착강도를 분석하였으며 이에 따라 각 포장층의 재료적 특성이 부착강도에 미치는 영향을 검토하고자 하였다.

## 2. 접착식 콘크리트 덧씌우기의 특성

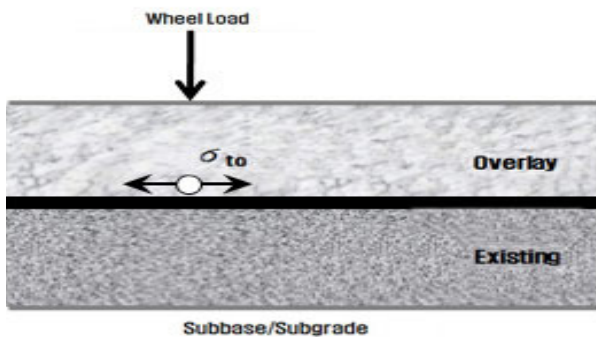
### 2.1. 콘크리트 덧씌우기의 분류

일반적으로 도로포장은 공용성이 감소함에 따라 많은 구간에서 파손이 발생하여 유지보수 및 재건설을 필요로 하게 된다. 노후 콘크리트 포장의 덧씌우기는 주로 경험에 의하여 발전되어 왔으며, 현재 다양한 조건 하에서 여러 형태의 덧씌우기 공법이 시행되고 있다. 이 중 접착식 콘크리트 덧씌우기는 포장 재료적인 측면의 파손이 적으며 비교적 포장상태가 양호한 경우 시행하여 콘크리트포장의 구조적, 기능적 개선을 위한 것으로 기존 콘크리트 포장 위에 콘크리트를 접착시키는 공법이다. BCO는 Fig. 1(a)와 같이 일반적으로 기존 포장층과 덧씌우기층을 단일체(monolithic)에 가깝게 접착시키는 것이 포장체의 구조적 강화에 매우 효과적이라는 관점에서 비롯된 것이다. 층간 부착이 중요하기 때문에 milling 또는 blasting 등을 통하여 기존 포장의 열화 부위를 제거한 후 직접시공하거나 bonding agent를 사용하기도 한다. BCO 층의 응력상태를 살펴보면 기존 포장과 덧씌우기층이 일체거동을 하기 때문에 중립축이 아래로 내려가고 포장층 하부에 인장응력이 발생하게 된다. 덧씌우기 설계 시 열화부위를 제외하는 기존 포장의 유효단면을 사용하므로 국내의 경우 약 5cm내외로,

국외의 경우 약 8~16cm 범위로 비교적 얇은 두께로 시공된다. 기존 포장에 실질적으로 재시공이 필요하거나 D형 균열 등 내구성에 문제가 있는 경우를 제외하면 콘크리트포장에 널리 사용할 수 있는 유지보수 대안이다. 반면에 비착착식 콘크리트 덧씌우기(UBCO; Unbonded Concrete Overlay)는 콘크리트포장의 구조적, 기능적으로 개선하기 위하여 BCO보다 기존포장의 열화상태가 심각한 곳에 사용하는 것이 일반적이다. UBCO는 Fig. 1(b)와 같이 기존의 콘크리트포장 위에 분리층을 두고 그 위에 새로운 콘크리트층을 덧씌우는 공법이다. 이 공법은 접착식 콘크리트 덧씌우기 공법(BCO)과는 상반되는 개념을 갖고 있으며, 두 콘크리트층을 완전히 분리시킴으로써 기존 포장체의 결함이 덧씌우기층으로 전달되는 것을 막고 덧씌우기층이 독립적인 포장체로 거동할 수 있도록 하는 것을 목적으로 하는 공법이다. 독립적인 덧씌우기층은 포장 파손이 발생할 가능성이 크기 때문에 일반적으로 두껍게 시공하고 있으며, 경우에 따라 기존 포장층 두께 이상으로 시공하는 경우도 있다. 두 층이 완전히 분리되어 있기 때문에 각각의 층에 중립축이 형성되며 각 층의 하부는 인장응력을 받아 덧씌우기 층에서의 파손 발생 확률이 높아진다.



(a) BCO (Bonded Concrete Overlay)



(b) UBCO (Unbonded Concrete Overlay)

Fig. 1 Mechanistic Characteristics of Concrete Overlays (Huang, 2003)

## 2.2. 부착강도 측정방안 고찰

BCO는 공용수명 동안 본래의 기능을 수행할 수 있도록 기존 콘크리트와 일체가 되어 외부의 물리적 또는 환경적 하중에 견딜 수 있어야 한다. 따라서 품질관리 시 덧씌우기 층의 부착력 확보가 중요한 요인이라 할 수 있으나 이에 대한 측정방법 및 기준의 경우 Table 1과 같이 각 기관에 따라 차이를 보이고 있다(K. D. Smith et. al., 2002/한국도로공사, 2009). 국내의 경우 현행 품질관리를 위한 부착특성 평가 시 KS F 2762에 의거한 Pull-out test를 시행하여 수직 인장에 대한 부착강도를 제시하고 있다.

Table 1. Bond Strength Criteria of BCO

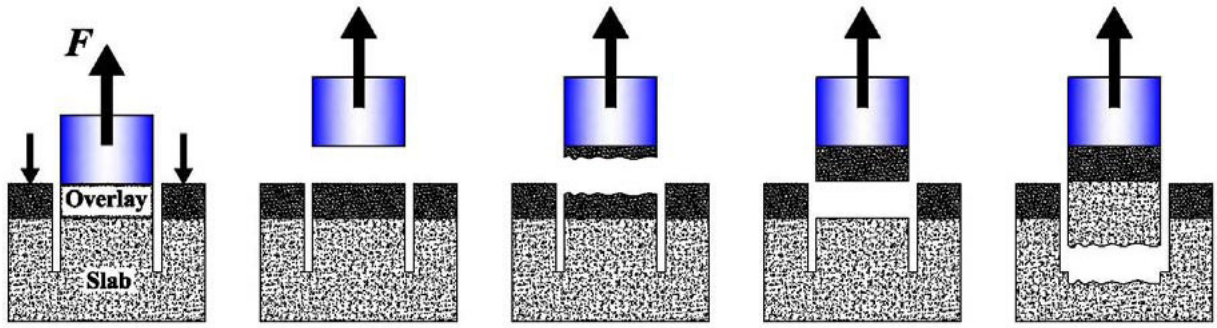
	Criteria		Reference
Bond strength (shear)	1.4MPa		ACPA, 1990
Bond strength (tensile)	0.9MPa		Canadian Standard (Stark and Polyzois, 1999)
	2.1MPa	Excellent	Sprinkel and Ozyildirim, 2000
	1.7 ~ 2.1MPa	Very good	
	1.4 ~ 1.7MPa	Good	
	0.7 ~ 1.4MPa	Fair	
0 ~ 0.7MPa	Poor		
	1.4MPa		Korea Expressway Corporation, 2009

이와 같이 각각의 연구자 및 기관에서 상이한 부착강도 품질관리기준을 제시하고 있는 이유는 앞서 기술한 바와 같이 부착면에서 발생하는 주요 부착파괴모드에 대한 상반된 연구 결과에서 비롯되는 것이다. 따라서 품질관리를 위한 부착강도 측정 시 수직 인장강도 기준을 사용하는 것이 합리적이며, 국내에서 시행하고 있는 Pull-out test(KS F 2762)의 경우 수직 인장에 대한 부착강도를 제시하는 것으로 적용 타당성이 있는 것으로 판단된다.

## 3. 직접인장에 따른 부착강도

### 3.1. 실험 조건

접착식 콘크리트 덧씌우기의 재료적 특성, 하부층 강도, 하부층 열화 정도에 따른 부착특성을 검토하기 위하여 Table 2와 같은 다양한 부착실험 조건을 설정하였으며, 각각의 실험조건에 대하여 직접인장(direct tensile test) 실험방법을 적용하여 부착강도를 측정하였다. 덧씌우기 재료의 경우 보통포틀랜드시멘트(OPC;



(a) Bond test (b) Failure in adhesion layer (c) Failure in overlay (d) Failure in bond layer (e) Failure in substrate

Fig. 2 Bond Failure Characteristics due to Pull-Out Test

Table 2. Bond Strength Test with Various Conditions

Type of existing PCC	Deterioration status of existing PCC	Overlay material
OPC <sup>1)</sup> (25~30 MPa)	-	URHC <sup>2)</sup>
		URH-LMC <sup>3)</sup>
		URH-APMC <sup>4)</sup>
OPC (30~35 MPa)	-	OPC (30~35 MPa)
		OPC (35~40 MPa)
		URHC
	Surface scaling resistance test (after 25 cycles)	URH-LMC
		URH-APMC
		URHC
OPC (35~40 MPa)	-	URHC
		URH-LMC
		URH-APMC

- 1) OPC: Ordinary Portland Cement Concrete
- 2) URHC: Ultra Rapid Hardening Cement Concrete
- 3) URH-LMC: Ultra Rapid Hardening Latex-Modified Concrete
- 4) URH-APMC: Ultra Rapid Hardening Acrylic Polymer-Modified Concrete

Ordinary Portland Cement)를 사용하는 포장용 콘크리트, 초속경 시멘트(URHC; Ultra Rapid Hardening Cement)를 사용하는 콘크리트와 함께 현재 현장에 적용 중인 초속경 아크릴계 폴리머 개질 콘크리트(Ultra Rapid Hardening Acrylic Polymer-Modified Concrete) 및 초속경 라텍스 개질 콘크리트(URH-LMC : Ultra Rapid Hardening Latex-Modified Concrete)를 사용하였다. 일반적으로 8~10시간 동안의 야간시공이 이루어지는 접착식 콘크리트 덧씌우기의 경우 교통개방시간을 기준으로 재령 3~4시간 내외의 부착강도 품질관리기준을 만족해야 하므로 OPC의 경우 초속경을 요구하는 덧씌우기 재료로 사용은 불가능하나 이에 대한 부착 특성을 분석하고자 실험조건에 추가하였다.

기존 콘크리트 포장층을 모사하기 위하여 사용된 OPC의 경우 굵은골재 최대치수 25mm에 대하여, 30~35MPa 범위의 표준배합은 도로공사 전문시방서를 참조 후 사용하였으며, 25~30MPa 및 35~40MPa 범위의 OPC는 단위시멘트량의 증감을 통하여 슬럼프와 공기량의 기준을 만족시킨 후 적용하였다. 상부층 덧씌

Table 3. Mixture Proportion of Concrete

	Gmax (mm)	Slump (cm)	Air (%)	W/B (%)	S/a (%)	Content (kg/m <sup>3</sup> )				
						Water	Binder	Fine Agg.	Coarse Agg.	Etc.
OPC (30~35MPa)	13, 25	4	6	45	42	148.5	330	759	1,067	AE Water Reducing Agent(B×0.3%)
Overlay URHC	13	8	3~6	40	35	160	400	631	1,172	Reducing Agent(B×0.3%) Retarder(B×0.3%)
Overlay URH-LMC	13	16~22	3~6	38	55	74	360	960	787	Latex 115
Overlay URH-APMC	13	15~17	6	36	44	106	390	756	979	Acrylic Polymer 66 AE(B×0.03%)

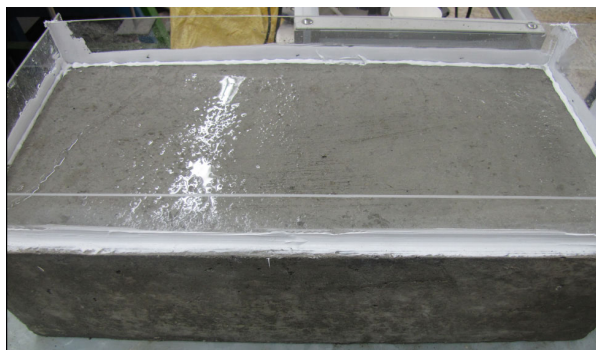
우기 재료로 사용된 콘크리트의 경우 굵은골재 최대치수 13mm를 사용하였으며, OPC의 경우 하부층과 동일한 배합비를 적용 후 각각 슬럼프와 공기량은 혼화제 사용을 통하여 시방기준 범위에 들게 하였다. 또한 Overlay URH-LMC 및 Overlay URH-APMC 콘크리트의 경우 건설신기술로 지정되어 현장에 적용되고 있으므로 제시된 표준배합을 사용하였다. 실험에 사용된 콘크리트 재료에 대한 표준 배합은 Table 3과 같다.

### 3.2. 시편 제작

Fig. 3은 부착실험을 위한 시편 제작 과정을 나타낸 것으로 각각의 콘크리트 재료에 대하여 압축강도 및 휨강도 시편을 제작하여 재료적 특성을 확인하였다. 하부층 시편을 28일 대기양생한 후 상부 덧씌우기층을 제작하였다. 이때 일부 시편의 경우 하부층 열화 조건을 모사하기 위하여 표면박리저항성 실험을 진행하였으며, ASTM C 672를 참조하여 4%의 염화칼슘 수용액을 침투시켰다. 표면박리저항성을 평가하기 위하여 17시간동안 (-)18℃에서 동결하였으며, 7시간은 상온에서 용해 과정을 거치는 1사이클을 총 25회 반복 수행하였다. 실험 오차를 줄이고 현장 시공 조건을 일부 모사하기 위하여 하부층 표면의 모르타르층은 steel brushing을 통하여 제거하였다. 이후 상부 덧씌우기층을 포설한 후 28일 대기양생을 실시하였다.



(a) Existing PCC for Pull-Out Test (500×250×150mm)



(b) Scaling Test (3 Cases)



(c) Surface Deterioration after 25Cycles of Scaling Test

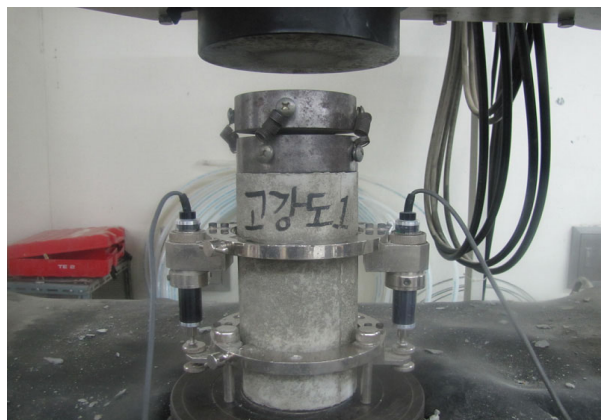


(d) Overlay on Existing PCC

Fig. 3 Specimen Preparation and Curing of Existing Concrete Pavement

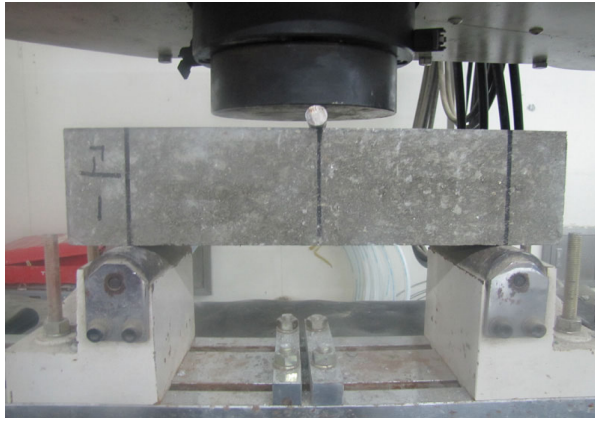
### 3.3. 콘크리트 기초 물성 및 부착강도 측정 과정

부착강도 특성을 확인하기 위하여 사용된 콘크리트는 28일 항온항습 양생 후 Fig. 4와 같이 압축 및 휨강도 등의 기초물성을 측정하였다.



(a) Compressive Strength

(Fig. Continued)



(b) Flexural Strength

Fig. 4 Material Property Measurement

부착강도 측정은 Fig. 5와 같이 기존 콘크리트층을 28일 양생 후 상부 덧씌우기를 실시하였으며, 덧씌우기 콘크리트의 재령 28일 후 코어링을 실시하여 부착강도를 측정하였다. Pull-out test의 경우 하부층 15cm 위에 상부층 5cm 덧씌우기를 실시한 후 직경 10cm의 코어비트를 사용하여 깊이 7cm의 코어링 후 부착강도를 측정하였다.



(a) Coring for Pull-Out Test



(b) Bond Strength Measurement



(c) Failure Shape of Bond Interface

Fig. 5 Bond Strength Measurement

## 4. 접착식 콘크리트 덧씌우기의 부착강도 특성 평가

### 4.1. 접착식 콘크리트 덧씌우기 재료의 기초물성 검토

Table 4는 접착식 콘크리트 덧씌우기의 부착특성 평가 시 사용된 콘크리트에 대하여 각각 3개의 시편을 제작한 후 압축강도 및 휨강도를 측정된 결과이다. OPC의 경우 기존 포장층과 덧씌우기층의 배합비를 동일하게 사용하였으나 굵은골재 최대치수 및 배합 시 온/습도 등의 영향으로 미소한 차이를 나타내었다. 덧씌우기층의 경우 바인더의 함량이 일반적인 콘크리트 재료와 비교하여 높기 때문에 비교적 높은 압축강도 특성을 나타내었으며, 특히 라텍스 및 아크릴계 폴리

Table 4. Material Properties of Concrete

Layer	Overlay material	Material property (MPa)	
		Compressive strength	Flexural strength
Existing PCC	OPC (25~30MPa)	25.0	4.8
	OPC (30~35MPa)	30.5	5.1
	OPC (35~40MPa)	35.6	5.3
Overlay	URHC	44.0	9.1
	URH-LMC	33.5	12.5
	URH-APMC	40.2	10.6
	OPC (30~35MPa)	30.0	6.5
	OPC (35~40MPa)	33.2	6.6

머를 사용하는 개질 콘크리트 URH-LMC와 URH-APMC의 경우 OPC와 비교하여 매우 높은 휨강도 특성을 확보하였다.

#### 4.2. 부착강도 특성 검토

접착식 콘크리트 덧씌우기의 부착특성을 평가하기 위하여 Pull-out test에 의한 수직 인장 부착강도 실험 결과를 Table 5에 나타내었다. 부착강도는 각 3개의 결과에 대한 평균을 의미한다. Pull-out test에 의한 직접인장 부착강도 측정 결과 URHC(초속경 시멘트) 콘크리트를 제외하고는 현행 도로공사 부착강도 기준인 1.4MPa를 상회하고 있으며 Fig. 2의 (d)와 같은 계면에서의 부착파괴를 보였다. URHC의 경우 배합 시 적정 응결지연제를 첨가하여 초기 작업성을 확보하였으나 몰드에 타설 및 다짐 시 조기 경화하여 기존 콘크리트 포장층과의 일체화 거동을 위한 충분한 부착 성능을 발휘하지 못한 것으로 판단된다. 초속경성을 발휘하는 덧씌우기 재료의 경우 URHC, URH-LMC 및 URH-APMC로 구분할 수 있으며, 이중 URHC를 제외한 나머지 재료의 경우 라텍스 및 아크릴계 폴리머를 첨가한 개질 콘크리트로서 품질관리기준 이상의 부착강도를 확보하였다. 추가적으로 기존 콘크리트포장층(OPC) 위에 덧씌우기한 OPC 재료의 경우 완전부착을 통한 우수한 부착강도를 확보하였다.

Table 5. Results of Bond Strength

Type of existing PCC	Type of overlay material	Bond strength (MPa)
OPC (Compressive strength of 25.0 MPa)	URHC	0.7
	URH-LMC	1.4
	URH-APMC	1.8
OPC (Compressive strength of 30.5 MPa)	OPC (Compressive Strength of 30.0 MPa)	2.3
	OPC (Compressive Strength of 33.2 MPa)	2.2
	URHC	1.2
	URH-LMC	1.5
	URH-APMC	1.9
OPC (Compressive strength of 35.6 MPa)	URHC	N/A
	URH-LMC	2.2
	URH-APMC	2.1

Fig. 6은 기존 콘크리트층의 압축 및 휨강도 증가에 따른 부착강도 특성을 나타낸 것이다. URHC의 경우

pull-out test 시 도로공사에서 제시한 부착강도 품질관리기준을 만족하지 못하였으며, 초속경성 덧씌우기 재료 중 부착강도 특성은 좋지 않은 것으로 판단된다. 기존 콘크리트 포장층의 압축 및 휨강도가 25.0 MPa에서 30.5MPa으로 증가할수록 부착강도가 증가하는 것을 확인할 수 있으며 특히 기존 콘크리트 포장층이 35.6MPa인 경우 2.2MPa의 부착강도를 나타내며 현행 부착강도 기준인 1.4MPa를 크게 상회하는 결과를 나타냈다, 이는 기존 콘크리트 포장층이 적정 강도 이상을 유지하는 공용기간 중 두 층을 단일체에 가깝게 접착식 콘크리트 덧씌우기기를 시행할 경우 구조적 성능 확보 관점에서 매우 효과적임을 의미하며 일반적으로 기존 포장상태가 양호할 경우에 시공하는 접착식 콘크리트 덧씌우기에 대한 근거로 제시될 수 있다. 또한, 일반적인 초속경 바인더만을 사용한 URHC의 경우 전반적으로 부착강도를 확보하지 못하였는데 이는 현장 시공 시 발생할 수 있는 사항으로 조기 경화 및 다짐부족 등에 의해 부착성을 발휘하지 못하여 조기 파손으로 발전할 가능성이 있다. 반면 초속경성 바인더에 라텍스 및 아크릴계 폴리머를 첨가한 접착식 콘크리트 덧씌우기 재료의 경우 부착특성이 우수한 것을 확인하였다.

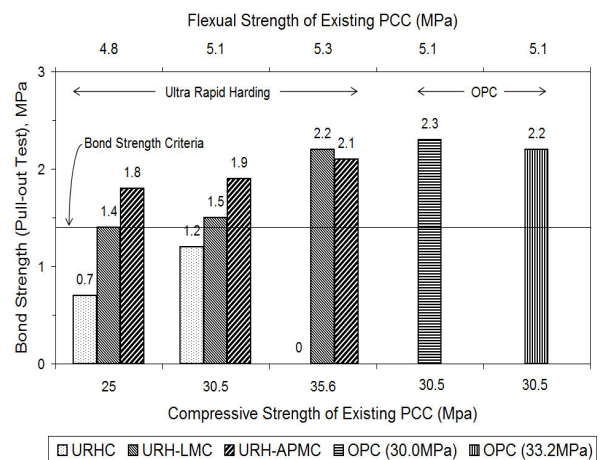


Fig. 6 Bond Strength with Strength Changes of Existing PCC (pull out test)

추가적으로 덧씌우기 콘크리트의 압축강도 증가에 따른 부착강도의 영향은 없는 것으로 나타났다. 동일 조건으로 실험이 진행된 덧씌우기 OPC의 경우 초속경성 재료를 사용하는 덧씌우기 재료에 비하여 상대적으로 높은 부착강도 특성을 나타내었으나 압축강도의 변화가 부착강도에 미치는 영향이 미미한 것으로 판단된다.

### 4.3. 기존 콘크리트포장의 열화에 따른 부착강도 특성

접착식 콘크리트 덧씌우기 시 기존 콘크리트포장의 열화에 따른 부착강도 특성을 확인하기 위하여 압축강도 30.5MPa의 OPC에 대한 표면박리저항성 실험을 실시한 후 URH-LMC 및 URH-APMC 콘크리트를 덧씌우기하여 이에 대한 부착강도를 측정하였다.

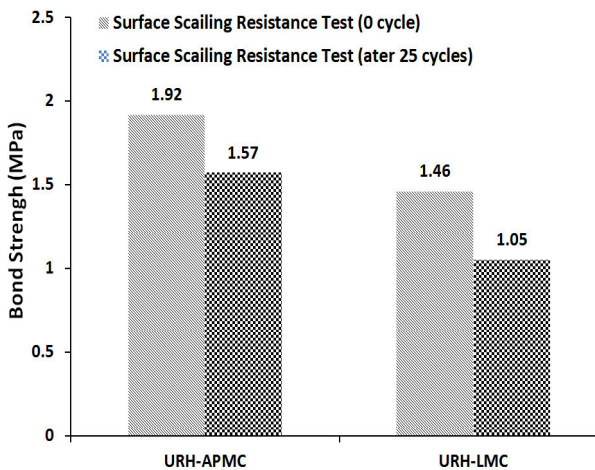


Fig. 7 Bond Strength Changes due to Deterioration of Existing PCC Layer

기존 콘크리트포장층의 열화 유무에 따른 부착강도 측정 결과 열화 후 부착강도가 크게 감소함을 알 수 있다. 이를 통하여 접착식 콘크리트 덧씌우기 건설 시 하부층의 열화에 의한 강도저하가 발생하였을 경우 부착강도가 크게 감소함을 알 수 있으며 내구성 저하로 인하여 조기 부착면 파손이 발생할 수 있다고 판단된다. 그러나 현재 경험적 방법에 의한 접착식 콘크리트 덧씌우기 시공 시 기존 포장층의 열화 특성 파악이 용이하지 않으므로 이에 대한 신뢰성 있는 평가방안을 마련하여 조기 부착면 파손을 미연에 방지해야 한다.

## 5. 결론

본 연구에서는 기존 콘크리트 포장에 적용되는 접착식 콘크리트 덧씌우기층의 재료특성이 부착강도에 미치는 영향을 검토하였으며, 기존 콘크리트 포장 및 덧씌우기 재료조건에 의한 부착강도를 직접인장시험(pull-out test)을 통해 분석하였다. 이에 대한 주요 결론은 다음과 같다.

1. Pull-out test에 의한 직접인장 부착강도 측정 결과, URHC(초속경 시멘트) 콘크리트를 제외하고 현

행 도로공사 부착강도 기준인 1.4MPa를 만족하였다. 또한 초속경성을 지닌 덧씌우기 재료 중 라텍스 및 아크릴계 폴리머를 첨가한 개질 콘크리트의 경우 URHC와 비교하여 우수한 부착강도를 확보하였다. 기존 콘크리트 포장층의 압축 및 휨강도가 증가할수록 부착강도가 증가하는 경향을 나타냈으나 덧씌우기 재료의 압축 및 휨강도 증가가 부착강도에 미치는 영향은 미미하였다.

- 일반적인 초속경 바인더만을 사용한 URHC의 경우 전반적으로 부착강도를 확보하지 못하였다. 이는 조기 경화 및 다짐부족 등에 의하여 충분한 부착성능을 발휘하지 못한 것으로 조기 파손으로 발전할 가능성이 있다. 반면 초속경성 바인더에 라텍스 및 아크릴계 폴리머를 첨가한 접착식 콘크리트 덧씌우기 재료의 경우 부착 특성이 우수한 것을 확인하였다.
- 기존 콘크리트 포장층의 열화에 따른 부착강도 특성을 확인하기 위하여 표면박리저항성 측정실험을 실시한 후 측정된 결과 부착강도가 크게 감소함을 알 수 있다. 이를 통하여 접착식 콘크리트 덧씌우기 시 하부층의 열화에 의한 강도저하가 발생할 경우 부착강도가 크게 감소하여 내구성 저하로 인한 조기 부착파손이 발생할 수 있다고 판단된다.

### 감사의 글

본 연구는 한국도로공사에서 지원하는 '콘크리트 접착식 덧씌우기의 해석 시스템 구축 및 설계 방안 고찰 연구용역'을 통하여 수행되었습니다. 연구지원에 감사드립니다.

## References

American Concrete Pavement Association, 2008. *Guide to Concrete Overlays: Sustainable Solutions for Resurfacing and Rehabilitating Existing Pavements*, Second Edition, ACPA Publication TB021.02P.

American Society for Testing and Materials, 1996. *Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens*, ASTM C 496.

David A. Lange., and Hak-Chul Shin, 2001. Early Age Stresses and Debonding in Bonded Concrete Overlays, *Transportation Research Record 1778*, Paper No. 01-0410, pp.174~181.

Expressway and Transportation Research Institute, 1997. *Pavement Rehabilitation by Concrete Overlay (III)*, Korean Expressway Corporation.

Granju J. L., 2001. Debonding of Thin Cement-based Overlays, *Journal of Materials in Civil Engineering*, 13(2), pp. 114~120.

Huang, Y. H., 2003. *Pavement Analysis and Design*, Second Edition. Prentice Hall, NJ.



- K. D. Smith, H. T. Yu, and D. G. Peshkin, 2002. *Portland Cement Concrete Overlays: State of the Technology Synthesis*, Publication No. FHWA-IF-02-045, Federal Highway Administration.
- Korean Expressway Corporation, 2009. *Highway Construction Guide Specification*.
- Lee, S. W., and Son, H. J., 2011. A Study on the Factors Affecting on the Life of Bonded Concrete Overlay Pavement using the LTPP Data of U.S.A, *Journal of Korean Society of Civil Engineers, KSCE, Seoul, Korea*, Vol. 31, No. 4, pp. 555~564.
- Lee, S. W., Kim, Y. K., and Lee, P. H., 2011. A Study on the Application of Very Rapid Hardening Acrylic Polymer Modified Concrete for Bonded Concrete Overlay Method, *Journal of Korean Society of Road Engineers, KSRE, Seoul, Korea*, Vol.13, No.1, pp.139~148.
- Lee, S. W., Kim, Y. K., and Han, S. H., 2012. A Study on the Bond-Behavior of Bonded Concrete Overlays, *International Journal of Highway Engineering, KSRE, Seoul, Korea*, Vol.14, No.5, pp.31~45.
- Lee, S. W., Kim, Y. K., Han, S. H., and Han, S. H., 2012. Analysis of Service Life and Possible Causes of Early Distress for Bonded Concrete Overlays, *International Pavement Engineering Conference 2012*, Busan, Korea, pp.105~119.
- Medina-Chavez, C.I., Choi, S.C., and Won, M., 2007. Concrete Pavement Overlays and Failure Mechanisms, *Center for Transportation Research*, Report No. 0-4893-2.
- (접수일 : 2013. 2. 26 / 심사일 : 2013. 2. 28 / 심사완료일 : 2013. 7. 23)