

# 경화된 콘크리트에 접착된 폴리머 콘크리트의 부착강도 특성

## Bonding Strength of bonded Polymer Concrete on Cured Cement Concrete

홍 승 호\*, 권 순 민\*\*  
Hong, Seung Ho Kwon, Soon Min

### ABSTRACT

The cement concrete pavements are designed twenty years of performance life in Korea. At the present time, some expressways have been elapsed seventy percent of performance life which are detecting local failures. The most repair methods using to repair failures are partial depth repair and full section repair. These methods are most important bonding strength between rapid curing materials and substrate concrete pavements. This study was performed to evaluate bonding strength of the composites section made of rapid curing material and substrate concrete pavements. The pull-out tester was used to test bonding strength for the composites section made of each materials. In the results of the test, the bonding strength values of the epoxy mortar and acrylic mortar are higher than those of the other materials. The performance life of repaired section is affected by various factor. The bonding strength of bonded composites section may be affect the performance life, significantly.

Keywords : bonding strength, repair material, pull-out test

### 1. 서론

시멘트 콘크리트 포장부의 기능을 회복시키기 위하여 다양한 공법 및 재료가 적용되고 있다. 콘크리트 포장의 보수·보강 용도로 사용되기 위해 재료가 지녀야 할 가장 중요한 특성은 교통 차단시간을 최소화하는데 있다. 한국의 시멘트 콘크리트 포장은 공용수명을 20년으로 설계하고 있다. 현재 몇몇 고속도로 노선은 공용수명의 70%가 경과된 상태이며, 국부적인 파손 발생이 많이 관찰되고 있다. 시멘트 콘크리트 포장에서 가장 많이 발생하는 파손 형태는 줄눈부 스폴링과 국부적인 부분단면 파손인데, 이런 형태의 파손을 보수하기 위하여 가장 많이 적용되는 보수 방법으로는 부분 단면 보수, 전면 덧씌우기가 시행되고 있다.

본 연구에서는 부분 단면 보수 및 전면 덧씌우기 공법 수행시 중요한 역학적 특성인 부착강도에 대해 1일 이내에 교통 개방이 가능한 폴리머계 재료들과 기존 시멘트 콘크리트 포장과의 부착특성에 대하여 실내 실험을 실시하여 대기 상태에 노출된 복합 부재 시편과 환경 요인인 온도 변화를 작용시킨 복합 부재의 부착특성에 대하여 검토하였다.

### 2. 실험개요

#### 2.1 사용재료 및 온도 변화

본 실험에 사용된 재료는 국내산 4종, 외국산 2종으로 표 1과 같다. 덧씌우기 재료와 기존 콘크리트의 복합부재는 주기적으로  $-20^{\circ}\text{C}$  ~  $20^{\circ}\text{C}$  온도변화를 작용시켰다. 온도 변화의 적용은 외부에서 작용하는 열이 복합 부재의 부착특성에 주는 영향을 분석하기 위한 것으로 복합 부재의 외부로부터의 반복적인 열 팽창·수축 작용은 대기에 노출

\* 정회원, 한국도로공사 도로연구소 연구원

\*\* 정회원, 한국도로공사 도로연구소 연구원

된 공용중인 시멘트 콘크리트포장의 파손부 보수에 사용되는 재료와 기존 콘크리트의 공용수명과 밀접한 관련이 있기 때문이다.

표 1 실내시험 재료 및 배합특성

시험재료명	시험항목	배합특성	생산국
A사 1종 시멘트 콘크리트	온도 작용에 따른 부착강도	1종 시멘트+복합골재+물(수용성)	국산
B사 아원계 초속경콘크리트	온도 작용에 따른 부착강도	초속경시멘트+복합골재+물(수용성)	국산
C사 에폭시 몰탈	온도 작용에 따른 부착강도	주제+경화제+골재(불수용성)	국산
D사 복합우레탄 몰탈	온도 작용에 따른 부착강도	주제+경화제+골재(불수용성)	미국
E사 MMA 몰탈	온도 작용에 따른 부착강도	주제+경화제+골재(불수용성)	독일
F사 우레탄 우레아 콘크리트	온도 작용에 따른 부착강도	주제+경화제+골재(불수용성)	국산
G사 수성 아크릴 몰탈	온도 작용에 따른 부착강도	수성 아크릴+복합시멘트(수용성)	국산

## 2.2 실험방법

### (1) 복합부재 제작

복합부재의 제작 방법은 국내·외에서 제시된 규격화된 방법이 없기 때문에 30cm×30cm×15cm의 몰드를 제작하여 시편을 제작하였다. 기존면으로 사용된 콘크리트 시편은 충분한 양생을 위하여 덧씌우기를 시행하기 1개월 전에 13mm 골재를 사용하여 압축강도 250kg/cm<sup>2</sup> 이상이 결과되도록 표 2와 같은 배합으로 제작하였다. 복합부재는 제작 전에 기존 콘크리트면의 수분을 최소화하기 위하여 건조한 실내에서 3일 이상 노출시켰다. 기존 콘크리트 부착면에 있을 수 있는 레이턴스와 이물질 제거를 위해 부착면은 철술로 건전한 면이 노출될 수 있도록 갈아냈다. 부착면이 준비된 시편에 각 재료의 특성에 맞게 배합된 재료를 5cm 두께로 균일하게 덧씌우기를 실시하여 복합부재를 제작하였다.

표 2 1종 시멘트 기존 콘크리트 시편 배합비

w/c (%)	물(w) kg	시멘트(c) kg	잔골재(s/a) %	골재(kg)		표준형 혼화제 (g)
				잔골재	굵은골재	
31	159	361	40	738	1,065	1,176

### (2) 부착강도 측정

부착강도 측정은 그림 1과 같은 인발시험기(Pull-out Tester)를 사용하여 측정하였으며, 측정 결과의 정확성을 위하여 디지털 압축 로드셀을 시험기에 장착하여 부착강도를 확인하였다. 부착강도 측정은 복합부재면에 수직으로 코어링을 기존 콘크리트면으로 2cm 깊이까지 실시 한 후 강판 디스크를 에폭시로 상면에 부착하여 수직방향으로 인장하중을 작용하여 부착강도(인장강도)를 측정하게 된다. 부착강도 계산은 KS F2405 콘크리트의 압축강도 시험방법과 동일하게 된다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 1종 기존 콘크리트 부착강도

1종 기존 콘크리트 시편에 5cm 깊이로 코어링 실시 후 기존 콘크리트면에서 수행한 부착강도 측정은 표 3과 같이 평균 부착강도는 18 kgf/cm<sup>2</sup>이었다. 부착시험에서 시편은 모두 상부면에서 파손이 발생되었다. 경화된 콘크리트 부재에 코어링 실시 후 측정된 부착강도와 경화된 콘크리트 시편에 경화되지 않은 콘크리트를 접착시켰을 때의 부착강도는 많은 차이를 보인다. 표 5의 초속경 시멘트 콘크리트의 부착강도인 8.8 kgf/cm<sup>2</sup>과 비교하면 경화된 콘크리트의 부착강도는 18 kgf/cm<sup>2</sup>이 측정되어 2배정도 높게 나타나는 것을 알 수 있다.

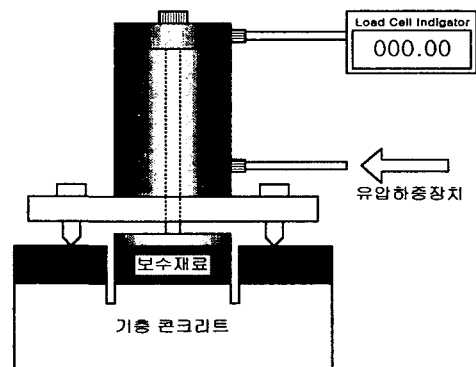


그림 1 인발시험기 개념도

표 3 1종 콘크리트 시편 부착강도

측정일	온도	파괴하중(kgf)	부착강도(kgf/cm <sup>2</sup> )	파괴면 형상
2000.10.28	받지 않은 상태	1,350	17	상부면에서 파손
		1,475	19	상부면에서 파손
		1,300	17	상부면에서 파손
		1,500	19	상부면에서 파손
		평균	1,406	평균

3.2 초속경시멘트와 콘크리트 복합부재 부착강도

초속경 시멘트 콘크리트의 기층 콘크리트와의 부착 강도를 측정한 결과는 표 4와 같다. 초속경 시멘트 콘크리트의 온도 변화를 받지 않은 상태에서의 부착강도는 8.8 kgf/cm<sup>2</sup>가 측정되었으며, 온도 변화를 받은 상태에서의 부착 강도는 3.2 kgf/cm<sup>2</sup>와 6.4 kgf/cm<sup>2</sup>가 측정되었다. 초속경 시멘트 콘크리트는 본 실험의 온도 변화에 따라 부착 강도는 낮아지는 것으로 관찰되었다. 초속경 시멘트 콘크리트의 부착강도 측정시 파손 형태는 온도 변화를 받지 않은 시편의 경우 총 4회 측정에서 부착경계면에서 2회, 상부면에서 2회 파손이 관찰되었고, 온도 변화를 받은 시편의 경우 총 8회의 측정에서 모두 부착경계면에서 파손이 관찰되었다.

표 4 초속경시멘트 콘크리트와 기층 콘크리트의 부착강도

측정일	온도	파괴하중(kgf)	부착강도(kgf/cm <sup>2</sup> )	파괴면 형상
2000.11.04	받지 않은 상태	439.6	5.6	부착 경계면에서 파손
		726.7	9.3	부착 경계면에서 파손
		488.5	9.2	에폭시 접착면에서 파손
		1,112.5	14.2	상부면에서 파손
		평균	691.8	평균
2000.11.15	온도 변화 작용	277.8	3.5	부착 경계면에서 파손
		166.7	2.1	부착 경계면에서 파손
		316.7	4.0	부착 경계면에서 파손
		233.2	3.0	부착 경계면에서 파손
		평균	248.6	평균
2000.11.20	온도 변화 작용	259.6	3.3	부착 경계면에서 파손
		591.0	7.5	부착 경계면에서 파손
		575.0	7.3	부착 경계면에서 파손
		582.5	7.4	부착 경계면에서 파손
		평균	502	평균

3.3 에폭시 몰탈과 콘크리트 복합부재의 부착강도

에폭시 몰탈의 모든 시편이 기층 콘크리트면에서 파괴되었고 측정 결과는 표 5와 같이 온도 변화를 받지 않은 상태에서의 부착강도는 32 kgf/cm<sup>2</sup>로 부착강도가 매우 큰 것을 볼 수 있으며, 온도 변화를 받은 상태에서의 부착 강도는 23 kgf/cm<sup>2</sup>로 온도 변화를 받지 않은 부재보다 26 % 정도 강도 저하가 발생하는 것으로 측정되었다. 에폭시 몰탈은 기층 콘크리트와의 부착력이 우수한 것으로 판단되며, 온도 변화를 받은 상태에서도 부착력이 크게 저하되지 않는 것으로 관찰되었다. 2000년 11월 13일에 실시된 부착력 측정에서는 기층 콘크리트가 저온의 영향으로 인하여 약화되어 부착 강도가 낮은 상태에서 기층 콘크리트면에서 파괴가 발생된 경우라고 판단된다.

3.4 복합우레탄 몰탈과 콘크리트 복합 부재 부착강도

복합우레탄 몰탈의 기층 콘크리트와의 부착 강도를 측정한 결과는 표 6과 같다. 복합우레탄 몰탈은 온도 변화를 받지 않은 상태에서의 부착강도는 9.7 kgf/cm<sup>2</sup>가 측정되었으며, 온도 변화를 받은 상태에서의 부착 강도는 11.7 kgf/cm<sup>2</sup>가 측정되었다. 본 실험에 적용된 온도 범위 내에서 부착 강도의 변화는 없는 것으로 관찰되었다. 복합우레탄 몰탈의 부착강도 측정시 파손형태는 시편의 상부에서 파손되거나 또는 부착 경계면에서 파손이 발생되었다.

표 5 에폭시 몰탈과 기층 콘크리트의 부착강도

측정일	온도	파괴하중(kgf)	부착강도(kgf/cm <sup>2</sup> )	파괴면 형상
2000.10.21	받지 않은 상태	2,500	31.8	기존 콘크리트면에서 파괴
		2,000	25.5	기존 콘크리트면에서 파괴
		3,000	38.2	기존 콘크리트면에서 파괴
		평균 2,500	평균 31.8	
2000.11.13	온도 변화 작용	823	10.5	기존 콘크리트면에서 파괴
		659	8.4	기존 콘크리트면에서 파괴
		636	8.1	기존 콘크리트면에서 파괴
		1,862	23.7	기존 콘크리트면에서 파괴
		평균 995	평균 13	
2000.11.14	온도 변화 작용	1,987	25.3	기존 콘크리트면에서 파괴
		1,934	24.6	기존 콘크리트면에서 파괴
		1,560	19.9	기존 콘크리트면 및 일부 경계면에서 파괴
		1,875	23.9	기존 콘크리트면에서 파괴
		평균 1,839	평균 23	

표 6 복합우레탄 몰탈과 기층 콘크리트의 부착강도

측정일	온도	파괴하중(kgf)	부착강도(kgf/cm <sup>2</sup> )	파괴면 형상
2000.10.21	받지 않은 상태	750	9.5	시편 상부에서 파손
		775	9.9	부착 경계면에서 파손
		750	9.5	시편 상부에서 파손
		평균 758	평균 9.7	
2000.11.14	온도 변화 작용	869	11.1	부착 경계면에서 파손
		921	11.7	부착 경계면에서 파손
		942	12.0	부착 경계면에서 파손
		954	12.1	부착 경계면에서 파손
		평균 921	평균 11.7	
2000.11.20	온도 변화 작용	804	10.2	시편 상부에서 파손
		803	10.2	시편 상부에서 파손
		935	11.9	시편 상부에서 파손
		939	11.9	시편 상부에서 파손
		평균 870	평균 11.1	

3.5 MMA 몰탈과 콘크리트 복합부재의 부착강도

MMA 몰탈과 기층 콘크리트와의 부착 강도를 측정한 결과는 표 7과 같다. MMA 몰탈의 온도 변화를 받지 않은 상태에서의 부착강도는 14.1 kgf/cm<sup>2</sup>이 측정되었고, 온도 변화를 받은 상태에서의 부착 강도는 17 kgf/cm<sup>2</sup>과 9 kgf/cm<sup>2</sup>가 측정되었다. 본 재료는 2000년11월20일까지 온도 변화 상태에서 부착강도의 변화가 있는 것으로 관찰되었다. MMA 몰탈의 부착강도 측정시 파손 형태는 온도 변화를 받은 시편의 경우 총 7회의 측정에서 2회가 기존 콘크리트면에서 파괴가 발생되었으며, 그외 5회의 측정에서는 부착경계면에서 파손이 발생되었다. 또한, 온도 변화를 받은 시편의 경우 총 8회의 측정 전부가 부착 경계면에서 파손이 발생하는 것으로 관찰되었다.

3.6 우레탄우레아 몰탈과 콘크리트 복합부재의 부착강도

우레탄우레아 콘크리트의 기층 콘크리트와의 부착 강도를 측정한 결과는 표 8과 같다. 우레탄우레아 콘크리트의 온도 변화를 받지 않은 상태에서의 부착강도는 8.1 kgf/cm<sup>2</sup>가 측정되었으며, 온도 변화를 받은 상태에서의 부착 강도는 9.2 kgf/cm<sup>2</sup>와 13.1 kgf/cm<sup>2</sup>가 측정되었다. 우레탄우레아 콘크리트의 부착강도는 온도 변화에 따른 변화는 없는 것으로 관찰되었다. 우레탄우레아 콘크리트의 부착강도 측정시 파손 형태는 온도 변화를 받지 않은 시편의 경우 총 3회 측정 모두 부착경계면에서 파손되었으며, 온도 변화를 받은 총 8회의 측정에서도 모두 부착경계면에서 파손되었다.

표 7 MMA 몰탈과 기층 콘크리트의 부착강도

측정일	온도	파괴하중(kgf)	부착강도(kgf/cm <sup>2</sup> )	파괴면 형상
2000.10.27	받지 않은 상태	725	9.2	부착 경계면에서 파손
		800	10.2	부착 경계면에서 파손
		1,800	22.9	기층 콘크리트면에서 파손
		평균   1,108	평균   14.1	
2000.11.14	온도 변화 작용	866	11.0	부착 경계면에서 파손
		1,361	17.3	기층 콘크리트면에서 파손
		920	11.7	부착 경계면에서 파손
		1,709	21.8	부착 경계면에서 파손
		평균   1,214	평균   15.5	
2000.11.20	온도 변화 작용	595	7.6	부착 경계면에서 파손
		1,043	13.3	부착 경계면에서 파손
		229	2.9	부착 경계면에서 파손
		1,043	13.3	부착 경계면에서 파손
		평균   727	평균   9	

표 8 우레탄우레아 몰탈과 기층 콘크리트의 부착강도

측정일	온도	파괴하중(kgf)	부착강도(kgf/cm <sup>2</sup> )	파괴면 형상
2000.10.21	받지 않은 상태	500	6.4	부착 경계면에서 파손
		650	8.3	부착 경계면에서 파손
		750	9.5	부착 경계면에서 파손
		평균   633	평균   8.1	
2000.11.14	온도 변화 작용	554	7.0	부착 경계면에서 파손
		717	9.1	부착 경계면에서 파손
		921	11.7	부착 경계면에서 파손
		691	8.8	부착 경계면에서 파손
		평균   721	평균   9.2	
2000.11.20	온도 변화 작용	1,095	13.9	부착 경계면에서 파손
		1,047	13.3	부착 경계면에서 파손
		952	12.1	부착 경계면에서 파손
		1,019	13.0	부착 경계면에서 파손
		평균   1,028	평균   13.1	

### 3.7 수성아크릴 몰탈과 콘크리트 복합부재 부착강도

수성 아크릴 몰탈의 기층 콘크리트와의 부착 강도를 측정된 결과는 표 9와 같다. 수성 아크릴 몰탈의 온도 변화를 받지 않은 상태에서의 부착강도는 15 kgf/cm<sup>2</sup>, 22 kgf/cm<sup>2</sup>가 측정되었으며, 온도 변화를 받은 상태에서의 부착 강도는 20 kgf/cm<sup>2</sup>와 21 kgf/cm<sup>2</sup>가 측정되었다. 본 실험에서 수성 아크릴 몰탈의 온도 변화에 따른 부착강도의 변화는 없는 것으로 관찰되었다. 수성 아크릴 몰탈의 부착강도 측정시 파손 형태는 온도 변화를 받지 않은 시편의 경우 총 7회 측정에서 부착경계면에서 4회, 에폭시 접착면에서 3회 파손이 관찰되었고, 온도 변화를 받은 시편의 경우 총 8회의 측정에서 부착경계면에서 2회, 기층 콘크리트면에서 3회, 에폭시 접착면에서 3회 파손이 관찰되었다.

## 4. 결론

기층 콘크리트 시편과 덧씌우기 재료 사이의 부착강도 특성 분석을 위한 실내시험 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 1종 콘크리트 부착시험에서 시편은 모두 상부면에서 파손이 발생되었다. 초속경 시멘트 콘크리트의 부착강도인 8.8 kgf/cm<sup>2</sup>과 비교하면 경화된 콘크리트의 부착강도는 18 kgf/cm<sup>2</sup>이 측정되어 2배정

- 도 높게 나타나는 것을 알 수 있다.
- (2) 본 실험에서 사용된 초속경 시멘트 콘크리트시편의 부착강도특성은 앞에서 설명한 5종류의 보수·보강재와의 역학적 특성을 비교 분석할 목적으로 수행한 것으로 기층 콘크리트와의 부착강도는 8.8 kgf/cm<sup>2</sup>, 3.2 kgf/cm<sup>2</sup>이 측정되었고, 부착경계면에서 대부분 파손이 발생되어 기층 콘크리트와 부착특성이 매우 낮은 것으로 사료된다.
  - (3) 에폭시 몰탈과 기층 콘크리트의 부착강도는 온도 변화를 받지 않은 상태에서 32 kgf/cm<sup>2</sup>와 온도 변화를 받은 상태에서의 23 kgf/cm<sup>2</sup>로 측정되어 강도 변화가 크지 않은 것이 관찰되어 기존 콘크리트면과의 부착특성이 잘 유지되는 것으로 관찰되었다.
  - (4) 복합 우레탄 몰탈과 기층 콘크리트와의 부착강도 실험 결과 11 kgf/cm<sup>2</sup>로 측정되어 기층 콘크리트와의 부착 특성이 낮은 것으로 관찰되었다.
  - (5) MMA 몰탈과 기층 콘크리트와의 부착강도 온도 변화를 받지 않은 경우 14.1 kgf/cm<sup>2</sup>이 측정되었고, 부착경계면에서 많은 파손이 발생하는 것이 관찰되어 기존 콘크리트면과의 부착 특성은 낮은 것으로 관찰되었다.
  - (6) 우레탄우레아 콘크리트의 기층 콘크리트면과의 부착강도 측정에서 최대 13.1 kgf/cm<sup>2</sup>이 측정되었으며, 기층 콘크리트면의 경계면에서 파손이 발생되어 부착특성이 낮은 것으로 측정되었다.
  - (7) 수성아크릴 몰탈의 기층 콘크리트와의 부착강도는 15 kgf/cm<sup>2</sup>, 22 kgf/cm<sup>2</sup>이 측정되었고, 부착강도 측정시 부착 경계면 및 기존콘크리트면에서 파손이 관찰되어 기층 콘크리트와의 부착특성이 좋은 것으로 판단된다.

표 9 수성 아크릴 몰탈과 기층 콘크리트의 부착강도

측정일	온도	파괴하중(kgf)	부착강도(kgf/cm <sup>2</sup> )	파괴면 형상
2000.10.21	받지 않은 상태	750	9.5	부착 경계면에서 파손
		730	9.3	부착 경계면에서 파손
		2,000	25.5	에폭시 접착면에서 파손
		평균   1,160	평균   15	
2000.10.27	받지 않은 상태	1,900	24.2	부착 경계면에서 파손
		1,650	21.0	에폭시 접착면에서 파손
		1,800	22.9	부착 경계면에서 파손
		1,625	20.7	에폭시 접착면에서 파손
		평균   1,744	평균   22	
2000.11.14	온도 변화 작용	1,251	15.9	부착 경계면에서 파손
		1,784	22.7	부착 경계면에서 파손
		1,566	19.9	부착 경계면에서 파손
		1,608	20.5	부착 경계면에서 파손
		평균   1,709	평균   20	
2000.11.20	온도 변화 작용	1,943	24.7	기존 콘크리트면에서 파손
		1,917	24.4	기존 콘크리트면에서 파손
		1,530	19.5	상부 에폭시 접착면 파손
		1,341	17.1	상부 에폭시 접착면 파손
		평균   1,796	평균   21	

참고문헌

1. Peter H. Emmons, " Concrete Repair and Maintenance Illustrated", MEANS COMPANY, 1994.
2. Wall, J.S., and Shrive, N.G., "Factors Affecting Bond Between New and Old Concrete", ACI Materials Journal, PP. 117-125, Mar.-Apr. 1988.
3. MICHAL M. SPRINKEL, "Polymer Concrete Bridge Overlays-Monomers and Resins", TRR No. 1392, 1994.
4. ACI, "Guide for the Selection of Polymer Adhesives with Concrete", ACI 503.5R-92,1992.