

# 콘크리트 슬래브 마감재료의 계면부착 거동에 관한 실험적 연구

An experimental study on the adhesive properties of  
the top coated materials for concrete slab

이 중 열<sup>\*1</sup> , 손 형 호<sup>\*2</sup>  
Lee J. R. , Son H. H.

## Abstract

This study presents the physical and adhesive properties of the top coated materials for concrete slab, i.e, cement based top coated materials, epoxy mortar. The purpose of this study offers the investigation of construction factors to affect the quality of the coated materials over hardened concrete. The experimental results shows that the water content 3% of sand decline the strength and adhesive properties of epoxy mortar, on the other hand, dry surface and curing for cement based material.

## 1. 서 론

콘크리트가 토목, 건축구조용 재료로 널리 사용되어 온 것은 주지된 바와 같으나, 타설시 워커빌리티의 미확보, 니심불량 등 시공상의 세반 문제점 및 대기환경 오염으로 인한 콘크리트 중성화속도의 상승작용 등의 복합적 요인으로 인해 콘크리트 표면에 다양한 형태의 열화가 발생한다. 이러한 배경에서 시멘트콘크리트의 각종 부재에 사용되는 마감재료는 바탕면인 콘크리트의 재조이력 특성을 고려하여 마감하는 것이 유효하리라 판단되며, 특히 콘크리트 슬래브 마감에 사용되는 각종 마감재료에 대해서는 재료자체의 물리특성, 환경적 요인, 바탕면의 성상 등에 따라 영향을 받는 것으로 알려져 있어, 이 부분에 대한 보다 실용적인 연구가 절실한 실정에 있다.

본 연구는 각종 콘크리트구조물의 슬래브 마감재료로 많이 사용되는 대표적인 시멘트계 및 레진계 마감재료에 대하여 바탕면의 성상 및 마감재료의 물리성능과의 관계를 도출하고자 하였으며, 아울러 각종 콘크리트구조물 바닥에 시공된 마감재료의 조기열화의 원인에 대하여 기초적 자료를 얻고자 실시하였다.

## 2. 실험개요

### 2.1 실험재료

본 실험에 사용한 마감재료는 표 1에 나타난 바와 같은 시멘트계 및 레진계 각각 1종을 선정하여 각 마감재료별로 통상의 배합조건을 따라서 실시하였다.

표 1 시멘트계 및 레진계 마감재료

결합재 구 분	마감재종류	배 합 조 건 (%)	
		결합재	골 제
시멘트계	시멘트계상도재	46	54
레진계	에폭시몰탈	20	80

표 1에서 시멘트계상도재(上塗材)는 S시제 지기수 평성몰탈로서 특수시멘트, 수축저감제, 혼회제로 구성되어 있는 결합재에 규사 6호를 배합에 사용하였다. 한편, 에폭시몰탈은 국내 D사제로서 수지 및 경화제 1:1 비율의 결합재를 사용하였다.

### 2.2 실험인자 및 수준

본 실험에 사용한 시멘트계상도재 및 에폭시몰탈의 재료배합 및 양생인자에 관한 영향을 알아보기 위하여 표 2와 같은 실험수준을 선정하였다.

\*1 정회원, 쌍용연구소 신제품개발실장.

\*2 정회원, 쌍용연구소 신제품개발실(주임연구원)

표 2 실험인자 및 수준

실험인자	수 준		비 고
	0	1	
A.마감재종류	시멘트계 (CBM)	레진계 (EM)	0 실험배치 - L <sub>2</sub> <sup>7</sup> 형
B.골재함수상태	건조 (Sd)	습윤 (Sw)	직교배열 실험배치
C.양생방법	기건(Cd)	습윤(Cw)	
D.콘크리트표면처리	Dry*1	Wetting*2	

표 2에서 골재 함수상태의 조정을 위해 함수율 0.1% 이하로 건조한 것을 건조, 골재에 인위적으로 살수하여 3~0.5%로 조정된 것을 습윤으로 하였으며, 양생방법은 기건의 경우 23℃,RH 65%, 습윤의 경우 23℃,RH 80% 이상으로 유지되는 실험실에서 실시하였다. 또한 콘크리트 표면처리상태에 따른 계면부착력을 비교하기 위하여 비탕면으로 설계기준강도  $\sigma_{ck} = 210\text{kg/cm}^2$ , 15x15x50cm 크기의 콘크리트공시체를 기건양생실내에 그대로 7일간 보관한 것을 Dry, 하단부 5cm 높이까지 물에 침지시킨 것을 Wet로 하였다.

### 2.3 실험항목 및 측정방법

(1) 응결특성 : 시멘트계 및 레진계마감재료에 대한 응결특성은 ASTM C403(Proctor 관입시험에 의한 응결시간 측정)에 의해 측정하였다.

(2) 압축 및 휨강도 : 공시체는 4x4x16cm 몰드에 제작, JIS R 5201에 의해 측정하였다.

(3) 계면부착강도 : 콘크리트공시체 위를 10mm 두께로 수평을 유지하여 미장마감처리 한 후 양생 조건별로 양생하였다. 이때, 측정용 5x5cm로 콘크리트면내까지 절단하여 마감재 위면을 금속제 attachment로 에폭시부착시켜 건연식부착력시험기를 이용, 직접인장에 의한 부착력시험으로 평가하였다.

(4) 반발경도 : 비파괴시험방법으로 널리 사용되는 Schmidt Hammer에 의한 반발경도로서 측정하였다. 이때 측정기기는 일본 KAMEKURA SEIKI사제(model : CX-750)를 사용하였다.

(5) 표면함수량 : 비탕면인 콘크리트 표면의 함

수량 거동을 파악하기 위하여 재료에 함유된 수분의 유전율을 이용하여 표면의 수분을 측정하는 기기인 portable 콘크리트 표면수분측정기(일본Kett사제,model:HI-500)를 사용하였다.

### 3. 실험결과

#### 3.1 골재함수율이 마감재 종류별 경화기구에 미치는 영향에 대한 고찰

시멘트계상도재는 수경성시멘트 자체로 결합되는 반면, 에폭시몰탈의 경우, 에폭시수지 및 경화제의 결합에 의해 발현되는 특징이 있다. 그러나, 각 결합재의 역학적 성질 또는 경제적 목적으로 추진되는 골재는 입형,입도,흡수율 등의 물리적 성질에 따라 수경성시멘트의 가수혼합물(페이스트) 또는 에폭시혼합물과의 부착성에 영향을 주는 것으로 알려져 있다.<sup>(1-3)</sup> 그림1~3은 마감재종류별로 골재 표면수량에 따른 경화기구의 영향을 알아보기 위하여 표 2의 실험수준으로 제조된 시멘트상도재(CBM) 및 에폭시몰탈(EM)의 응결특성, 압축 및 휨강도에 대한 실험결과이다.

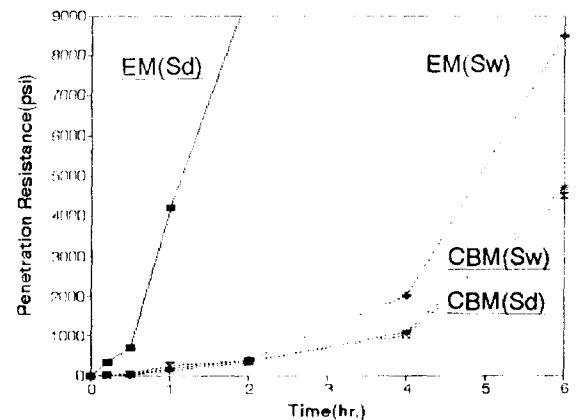


그림 1 골재표면수량을 달리한 마감재의 응결특성

이 그림에서 시멘트계상도재는 골재함수율에 상관없이 초결시간이 비슷한 값을 나타내고 있는 반면, 에폭시몰탈의 경우 함수율 3% 수준의 골재를 사용시 약 90분 정도 지연되는 것으로 나타났다.

이는 골재의 표면수가 에폭시수지 및 경화제의 화학반응을 방해하는데 기인한 것으로 판단된다.

시멘트계상도재의 경우, 표면수량의 증가에 따른 영향은 유동성의 척도인 flow치의 증가(약 3~5%) 외에는 큰 차이가 없었다. 이는 시멘트자체의 특성(수경성물질)때문으로 사료된다.

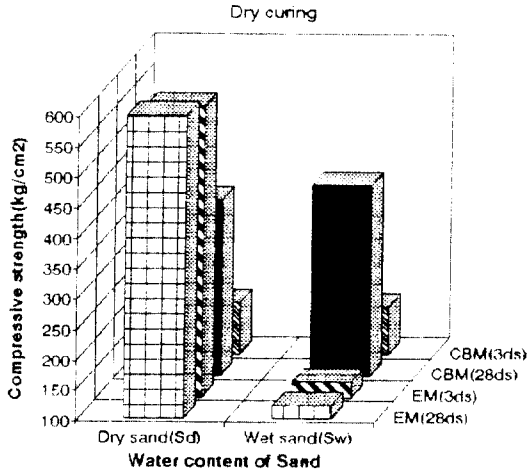


그림 2 골재표면수량을 달리한 마감재의 압축강도 (온도 23°C, RH 65%, 기건양생)

그림 2의 골재표면수량에 따른 마감재의 압축강도 결과를 보면 시멘트계상도재는 그림 1과 마찬가지로 골재표면수에 대한 영향은 거의 없는 것으로 나타났으나, 예폭시물탈의 경우 초기재령에서 심한 강도저하 현상이 나타나 大浜의 연구결과<sup>(4)</sup>와 유사하게 나타났다. 이 결과를 미루어 보아 레진물탈 제조시 골재의 표면수량은 최소한 0.1~0.5% 이하로 관리해야만 표면수량에 대한 영향을 최소화할 수 있을 것으로 판단된다.

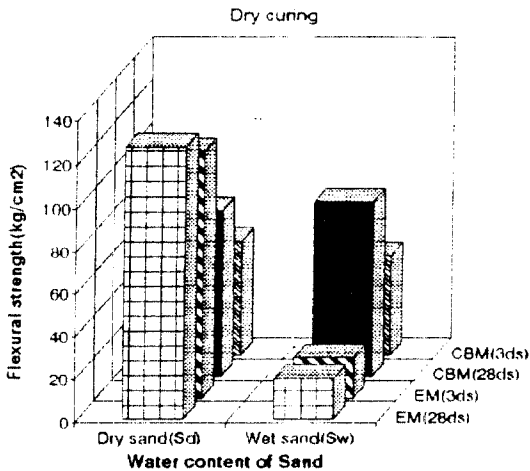


그림 3 골재표면수량을 달리한 마감재의 휨강도 (온도 23°C, RH 65%, 기건양생)

한편, 그림 3은 휨강도에 대한 결과로서 그림 2의 압축강도의 경우와 유사한 경향을 나타내고 있다.

### 3.2 골재표면수량을 달리한 마감재의 양생방법이 경화기구에 미치는 영향

콘크리트(또는 모르터)를 구성하는 결합재의 경화기구를 제어하는 요인 중의 한가지로 양생방법을 들 수 있다. 수경성물질 중의 대표적 재료인 시멘트는 양생방법에 따라 경화물성에 큰 차이를 나타내고 있음은 많은 연구보고가 있다. 본 실험은 콘크리트 슬래브 마감재료로서 현장배합으로 시공된 마감재의 양생은 실용적으로는 기건, 습윤 및 수중의 3가지 형태를 취할 수 있으므로 이 중 현실적으로 가능한 기건 및 습윤조건에 대한 기계적 특성변화를 검토하고자 하였다.

그림 4 및 5는 골재표면수량을 달리하여 표 1의 배합조건에 의하여 제작한 공시체를 양생조건별로 압축 및 휨강도를 측정된 결과이다.

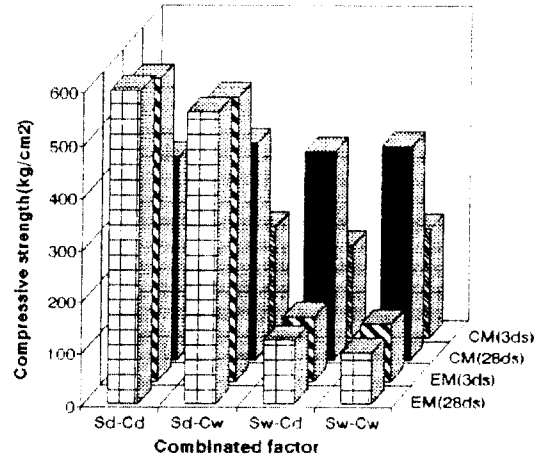


그림 4 골재표면수량을 달리한 마감재의 양생방법 차이에 따른 압축강도

그림 4에서 시멘트계상도재의 경우, 기건보다는 습윤양생이 초기 및 장기재령 모두에서 유효한 효과를 나타내고 있어 결합재인 시멘트의 초기수화를 충분히 하기위한 일반적인 양생방법과 일치하고 있음을 보여주고 있다. 반면, 예폭시물탈은 습윤보다 기건양생이 다소 유효한 것으로 나타났지만 대소의 차이는 크지 않으며, 오히려 배합시 사용한 골재의 표면수량에 의한 영향이 더 큰 것으로 나타났다. 한편, 골재표면수량을 달리한 마감재의 양생방법 차이에 따른 휨강도를 나타낸 그림 5의 경우도 그림 4와 유사한 경향을 보여주고 있다.

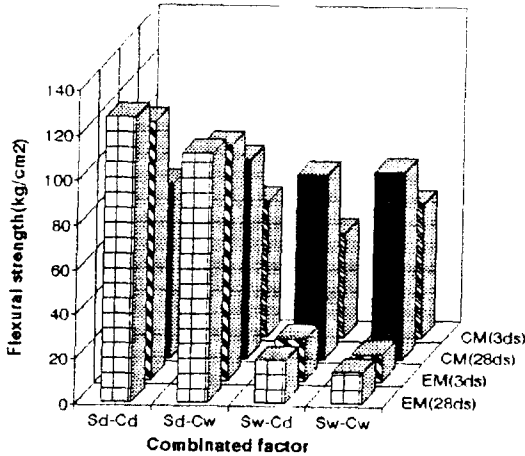


그림 5 골재표면수량을 달리한 마감재의 양생방법 차이에 따른 휨강도

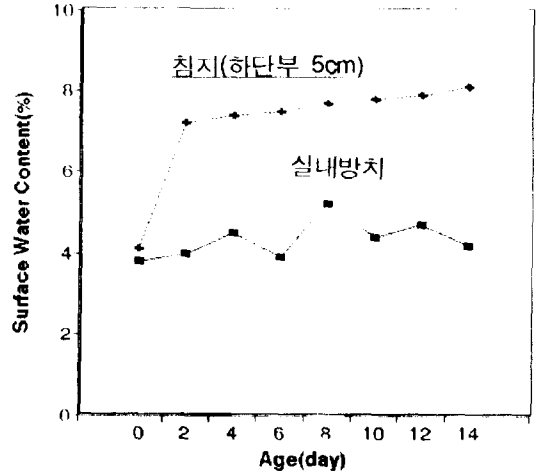


그림 6 외기에 노출시킨 콘크리트 표면의 함수량 변동추이(채령:2주)

### 3.3 콘크리트 표면함수량이 마감재의 계면부착력에 미치는 영향

#### 3.3.1 경화한 콘크리트의 표면함수량변화

콘크리트는 작업에 필요한 워커빌리티를 확보하기 위해 결합재인 시멘트의 수화에 필요한 적량의 물 이외의 잉여수가 잔존되어 있으며, 콘크리트의 워커빌리티를 확보하기 위해 첨가되는 각종 유기혼화제에 의해 콘크리트 특성이 개질되는 반면, 과도한 유동화 현상시 재료분리에 의한 골재의 침강, 불리딩수의 발생 등으로 표면부에는 많은 pore가 생성하는 등 다양한 문제점도 안고 있다. 이러한 배경에서 채령 2개월 경과된 콘크리트공시체를 온,습도가 조절되지 않는 실내에 5cm 높이까지 물에 침지한 것 및 그대로 방치한 것에 대해 각각 portable 표면수분측정기를 이용하여 2주간 표면수량을 측정하 결과가 그림 6이다. 그림 6의 결과를 보면, 콘크리트 표면함수량은 일정한 값을 갖지않고 대기의 습도에 따라 변동되고 있음을 보여주고 있다. 침지전 표면함수량은 약 3.5~4.0%의 범위에 있으나, 외기에 노출시 이 수치를 상회하는 값을 나타내고 있다.

이러한 결과는 외기의 습도상승시 콘크리트표면부의 모세관 공극상부를 통해 물이 흡수되어 표면의 함수량을 증가시킨 것으로 생각되며, 실제 콘크리트 슬래브 부재의 표면함수율 거동은 경화가 진행되었다 하더라도 경화체내의 잉여수의 이동에 의하여 변화되는 것으로 예상된다<sup>(5)</sup>.

#### 3.3.2 콘크리트 계면부착력의 유의인자 검토

공장이나 주차장 바닥마감에 널리 사용되는 시멘트계상도재 및 에폭시물탈에 대하여 각각 표 2의 실험인자로 10mm 두께로 마감처리한 후 schmidt hammer에 의한 반발도(R) 및 직접인장력에 의한 부착강도를 측정하여 계면부착력에 미치는 영향인자를 통계적으로 분석하고자 하였다. 표 3~4는 실험결과 및 통계분석 결과이다.

표 3 반발도 및 부착력 실험결과 (에폭시물탈/시멘트상도재)

실험 No	실 험 인 자 표면처리(A)	표면수 표면수(B)	양생방법(C)	반발도 (R)	부착강도 (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Dry	건조	기건	30.3 / 18.2	39 / 16
2	"	"	습윤	31.9 / 19.4	47 / 17
3	"	습윤	기건	28.4 / 17.8	28 / 16
4	"	"	습윤	26.4 / 19.2	29 / 16
5	Wet	건조	기건	26.9 / 24.7	12 / 20
6	"	"	습윤	25.5 / 26.8	13 / 22
7	"	습윤	기건	24.6 / 25.1	9 / 21
8	"	"	습윤	24.8 / 27.9	11 / 25

표 3 및 표 4의 결과를 살펴보면, 에폭시물탈 및 시멘트계상도재의 계면부착 거동에 공통적으로 영향을 주는 실험인자는 콘크리트 표면처리 방법이지만, 그 경향은 상반되게 나타났다. 특히, 부착강도의 항목에서는 에폭시물탈의 경우, 골재의 표면수에 관한 실험인자와 교호작용이 있는 것으로 나

표 4 실험인자에 대한 분산분석 결과

Factor	에폭시몰탈						시멘트계상도재					
	반발도(R)			부착강도(kg/cm <sup>2</sup> )			반발도(R)			부착강도(kg/cm <sup>2</sup> )		
	V	F <sub>0</sub>	F(0.1)	V	F <sub>0</sub>	F(0.1)	V	F <sub>0</sub>	F(0.1)	V	F <sub>0</sub>	F(0.1)
A	28.8	14.8	**	1200.5	192.1	**	111.7	1687.2	**	66.1	105.8	**
B	13.5	6.9	*	144.5	23.1	*	0.1	1.5		1.1	1.8	
C	0.3	0.2		18.1	2.8		7.0	106.2	**	6.1	9.8	*
AxB	2.4	1.2		72.2	11.5	*	0.6	8.3	*	3.1	5.2	
AxC	0.1	0.04		4.5	0.7		0.7	9.9	*	3.1	5.3	
Error	1.9			6.3			0.1			0.6		

타나 에폭시몰탈의 습윤취약성은 매우 심각한 것으로 판단된다. 반면, 시멘트계상도재의 경우 콘크리트 바탕면의 처리방법에 따른 부착강도의 차이가 크게 나타났으며, 양생방법은 습윤양생의 경우가 마감재의 상내 반발경도 및 부착력 증진에 유리한 결과를 보여주고 있다.

#### 4. 결론

콘크리트 슬래브의 대표적인 표면마감재료로 사용되는 시멘트계상도재 및 에폭시몰탈의 물리성능 및 계면부착거동에 미치는 제반 영향인자에 대한 실험결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 골재표면수량이 응결시간에 미치는 영향은 에폭시몰탈의 경우, 습윤골재 사용시 초결이 약 90분 정도 지연되었으며, 시멘트계재료는 거의 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.
- 2) 골재표면수량 차이에 따른 압축 및 휨강도 발현은 시멘트계상도재의 경우 거의 영향을 받지 않는 것으로 나타난 반면, 에폭시몰탈의 경우는 표면수량 약 3% 정도의 골재 사용시, 건조골재를 사용한 강도의 약 1/5~1/6의 심한 강도저하 현상이 발생되었다.
- 3) 골재표면수량 및 양생방법을 동시에 변화시킨 실험결과, 시멘트계재료는 골재표면수량 차이보다 양생방법의 차이가 영향을 주는 것으로 나타났으나, 에폭시몰탈의 경우는 이와 상반되게 나타났다.
- 4) 경화된 콘크리트 공시체의 표면흡수량 변화를 표면수분측정기를 이용하여 측정한 결과, 표면흡수량은 일정한 값을 갖지 않고 변동되고 있으며, 하단

면을 물에 침지시킨 공시체의 경우, 침지전의 함수량 대비 약 4~5% 상승되는 것으로 나타났다.

5) 콘크리트와의 계면부착력에 영향을 미치는 인자는 콘크리트면 함수상태가 가장 크게 나타났으며, 골재의 표면수 및 양생방법은 마감재료의 종류에 따라 각각 상이하게 나타났다.

#### 5. 참고문헌

- 1) 岩崎 外 2人, "フレッシュコンクリート, 硬化コンクリート", 新體系土木工學 29, 土木學會
- 2) 大浜嘉彦, 出村克宣, "ポリマ-コンクリート", CMC
- 3) 秋山柱一, "セメントコンクリートの化學"
- 4) 大浜嘉彦, "建築用 ポリマ-セメントモルタルの性狀と調合設計法に關する研究" 建築研究報告, 1973
- 5) セメントコンクリート研究會 水委員會, "セメントコンクリート中の水の學動" TCR, 1994