

초유동화 폴리머시멘트모탈의 실용화 연구

The application study on the super flowing
the polymer based cement mortar

○ 손 형 호 •
Son, Hyung-Ho

이 종 열 **
Lee, Jong-Ryul

ABSTRACT

Recently, as the problems according to the deteriorated structure were gathering strength, there were required the advent of the high performance for polymer cement composite in building construction devison. The polymer cement mortar was developed for improvements of the various problems in ordinary cement mortar.

The purpose of this study is to established the introduction of a new type of finishing method using the super flowing polymer-based self levelling mortar for concrete slab and floor.

1. 서론

폴리머시멘트복합체(polymer cement-composite)에 관한 연구는 배경에 따라서 국가별로 차이가 있지만, 본격화 된 것은 1950~1960년대로 알려져 있다. 일본의 경우 약 30여년의 역사를 갖고 있을 정도로 활발한 연구가 진행되고 있다. 세계적으로는 미국, (구)소련, 독일, 영국 그리고 일본을 포함한 5대 선진국이 주도하고 있는 실정이다. 현재 폴리머시멘트복합체에 관한 각종 시험방법이 상술한 국가별로 규격화 되어 있는 반면, 국내는 일부만 제정되어 있어 이의 제정이 시급한 사안이라 할 수 있다.

폴리머시멘트복합체는 종래의 시멘트콘크리트(또는 모탈) 중 결합재인 시멘트의 일부 또는 전부의 대체, 강화를 위해서 폴리머(polymer, 중합체 또는 고분자로 칭함)를 사용하여 제조한 복합체의 총칭으로 제조원리의 차이에 따라 폴리머시멘트모탈 또는 콘크리트(PCM, PCC로 약칭), 그리고 시멘트결합재 전부를 폴리머로 치환한 폴리머모탈(또는 콘크리트)로 분류된다. 일반적으로 폴리머시멘트모탈은 콘크리트 구조물의 보수재료로서 널리 사용되어 왔으나, 대부분이 열화된 표면 부위에 대하여 흠손으로 미장 마감하는 patching

모탈의 형태로 사용해 왔다. 그러나, 시멘트의 일부를 폴리머로 치환하게 되면 혼합된 슬러리는 일반 시멘트모탈과 상이한 특성을 나타내어 치환된 폴리머가 공기연행효과, 폴리머입자의 ball bearing 효과 등에 의하여 슬러리의 작업성을 향상시키며 경화체의 역학적 성질도 개선되는 특징때문에 전세계적으로 많은 응용 연구가 시도된 바 있다.

본 연구에서는 폴리머시멘트모탈의 실용화 연구의 일환으로 일반적인 폴리머시멘트모탈에 초유동화를 부여, 최근 건축물의 바닥마감에 널리 사용되고 있는 자기수평성모탈 공법의 가능성을 검토하였으며, 아울러 경화한 초유동화 폴리머 시멘트모탈의 특성을 활용하여 건축물 주차장에 시험 적용함으로써 새로운 폴리머시멘트 복합체의 용도를 소개하고자 하였다.

2. 실험개요

2.1 실험시료 제조

본 실험에 사용한 폴리머시멘트모탈은 실험실에서 제조한 시멘트모탈(plain) 및 제조된 시멘트모탈에 대하여 국내에서 생산된 수용성 고분자를 혼합하여 폴리머시멘트모탈(control)을 제조하였으며, 초유동화폴리머시멘트 모탈은 독일 S사에서 제조된 시멘트 혼화용 합성고분자 수지를 사용하였다.

* 쌍용양회 중앙연구소 주임연구원

** 쌍용양회 중앙연구소 신제품개발실장

사용된 시멘트 및 골재, 수용성고분자의 물리적 성질을 표 1 및 표 2에 각각 나타내었다.

표 1 시멘트의 물리적 성질

| Blaine (cm ² /g) | 응결시간 | | 압축강도 (kg/cm ²) | | |
|--------------------------------|------|------|----------------------------|-----|-----|
| | Ini. | Fin. | 3 일 | 7 일 | 28일 |
| 3,270 | 4:30 | 6:40 | 180 | 245 | 345 |

표 2 골재 및 수용성고분자의 물리적 성질

| 구 분 | 물리적 성질 |
|----------------------------|---|
| 골 재 | - 산 지 : 제천산 규사 8호 - 비 중 : 2.54 - 흡수율 : 0.82% - 입 도 : 0.084 ~ 0.6mm |
| 수용성 고분자 수 지 (국내산) | - 고형분 : 47±0.5 % - pH : 8±0.5 - surface tension : 75mN/m - viscosity : 800mPa.sec |
| 합 성 고분자 수 지 (독일산) | - 고형분 : 47±0.5 % - pH : 10±0.5 - surface tension : 40mN/m - viscosity : 300mPa.sec |

2.2 실험방법

(1) 유동성 평가

실험시료로 제조한 시멘트모탈 및 폴리머시멘트모탈의 유동성 평가는 일본 건축학회 표준시방서 (JASS 15M-103)의 SL재의 flow 측정방법을 사용하였으며, 제조된 슬러리의 유동성 경시변화를 최초, 30, 60 및 90분 간격으로 각각 측정하였다.

(2) 응결시간

제조된 폴리머 시멘트모탈의 응결시간은 KS L 5103 (길모아침에 의한 응결시간시험)에 의하여 측정하였다.

(3) 압축 및 휨강도

폴리머시멘트모탈의 경화특성을 알

아보기 위하여 JIS R 5201(시멘트의 물리 시험방법)에 의하여 각각 압축 및 휨강도를 측정하였으며, 이 때 성형된 공시체는 양생온도 23±1℃, RH 65% 조건에서 기건양생을 실시하였다.

(4) 부착강도

1) 휨부착강도: JIS 실험모탈 (4x4x16cm)로 제작된 시멘트모탈 경화체를 4주 재령에서 다이아몬드 커터로 중앙부를 절단하여 한쪽 부위를 제조된 실험 시료로 충전한 후 휨재하시 부착강도를 측정하였다.

2) 인장부착강도: 단위시멘트량 300kg인 콘크리트블록을 제작하여 표면에 제조된 시료를 각각 10mm의 두께로 마감한 후 건연식인장력 부착시험기에 의한 부착강도를 측정하였다.

(5) 낙錘충격시험

인장부착력 시험체에 10kg의 가지형 강구를 1m 높이에서 낙하시켰을 때 균열 발생한 낙하회수를 측정하였다.

(6) 건조수축

JIS A 6202방법(콘크리트용 팽창재)에 준하여 기건양생(23±1℃, RH 65%) 조건에서 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 굳지않은 폴리머시멘트모탈의 특성

(1) 유동성

모래/시멘트비 2.0의 시멘트 모탈에 나프탈린계 고유동화제를 C x 1.0wt%를 첨가하여 제조한 초보 유동화 모탈(CM)에 국내산 수용성 고분자수지를 고형분 기준으로 폴리머/시멘트비(P/C비) 10%를 첨가하여 폴리머시멘트모탈(Control)을 제조하였다. 또한, 독일산 합성 고분자수지도 동일한 방법으로 혼합하여 초유동화 폴리머시멘트모탈(SEPCM)을 제조하여 유동성을 측정하였다. 이 때 w/c비는 동일한 점도를 갖도록 Brookfield LVF(60rpm)로 측정하여 약 20mPa·sec의 범위에서 표준이 되는 w/c비를 각각 선정하였다.

그림 1은 표준점도를 갖는데 필요한 w/c비를 나타낸 것으로서 초보 유동화모탈은

첨가된 고유동화제의 공기연행 효과에 의하여 w/c가 감소되는 결과를 나타내고 있으나, 국내산 수용성 고분자수지를 혼합한 폴리머 시멘트모탈(Control)의 경우 점도를 상승하게 되면서 오히려 w/c가 증가하는 결과를 보여주고 있다.

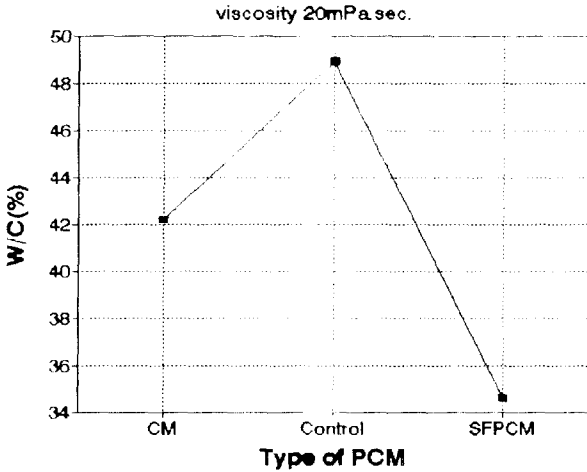


그림 1 폴리머시멘트모탈의 w/c비 저감 효과 (Brookfield LVF, 20mPa · sec)

한편, 초유동화 폴리머 시멘트모탈의 경우 w/c비가 control보다 약 14%의 저감효과를 얻을 수 있었다. 이는 혼합되는 수용성 고분자수지의 점도차에 기인하는 것으로 판단되며, 폴리머시멘트모탈 제조시 사용되는 고분자 수지의 점도는 슬러리의 유동화에 매우 중요한 인자임을 나타내고 있다.

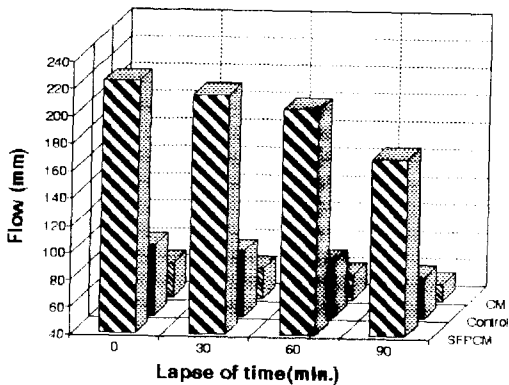


그림 2 폴리머시멘트모탈 flow 경시변화

그림 2는 JASS 15M-103의 SL재 유동성 측정방법을 이용하여 제조된 슬러리의 flow

경시변화를 측정한 결과이다. SL재 유동성 측정은 $\phi 50\text{mm} \times H 51\text{mm}$ 의 PVC관에 제조된 슬러리를 충전하여 수직으로 들어올렸을 때 스스로 퍼진 직경을 flow치로 하여 측정한다. 그림 2에서 SFPCM의 경우, CM이나 control과 비교시, 초기 유동성이나 후기유동성 모두 매우 뛰어난 결과를 보이고 있다. 이러한 결과를 볼 때, 실험에 사용된 합성 고분자수지에 dispersion된 각종 안정화 원료에는 비교적 알칼리성이 높은 시멘트모탈과의 친화력이 우수한 모노머가 혼재되어 있는 것으로 생각된다.

(2) 응결시간

폴리머 시멘트모탈의 초기 경화특성을 알아 보기 위하여 길모아침에 의한 응결시간을 측정하여 그림 3에 나타내었다.

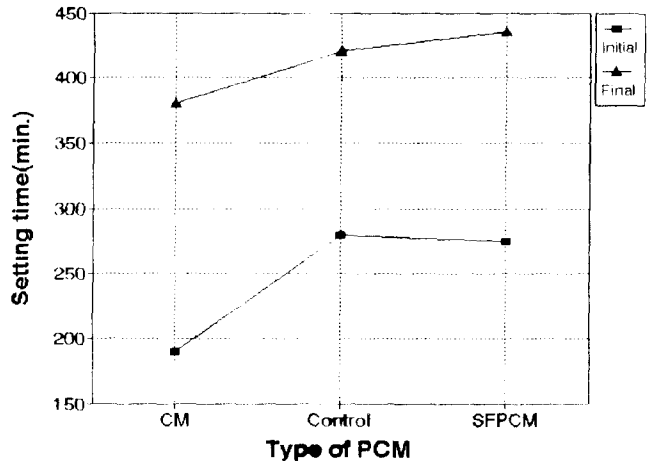


그림 3의 결과를 보면 CM의 경우 종래의 시멘트 모탈보다 다소 응결시간이 단축되게 나타났으며, SFPCM이나 Control의 경우는 오히려 길게 나타났다. 이러한 결과는 사용된 골재입도, 폴리머 자체성질에 기인한 것으로 판단된다.

3.2 폴리머시멘트모탈의 경화특성

(1) 압축 및 휨강도

폴리머 시멘트모탈의 압축강도를 나타낸 그림 4의 결과를 살펴 보면 SFPCM이나 CM 모두 28일 재령에서 $300\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상의 강도를 발현하고 있다. 반면, Control 시료의 경우, 상대적으로 낮은 강도를 나

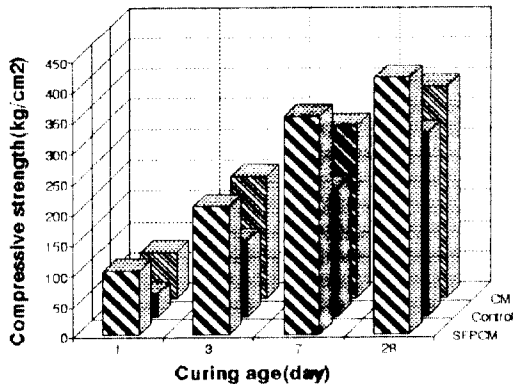


그림 4 폴리머시멘트 몰탈의 압축강도

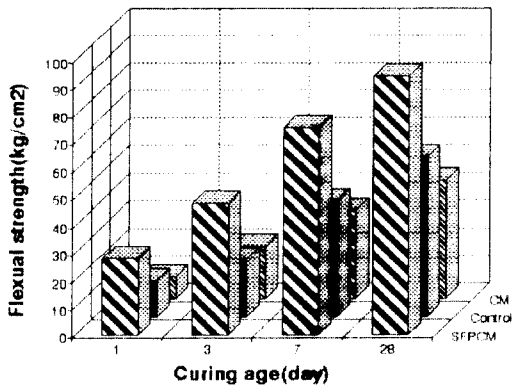


그림 5 폴리머시멘트 몰탈의 휨강도

타내고 있다. 이러한 결과는 Control시료의 경우, 비교적 점도가 높은 고분자수지를 사용함에 따른 w/c비의 증가에 기인한 것으로 판단된다.

한편, 그림 5의 휨강도 발현결과를 보면 SFPCM의 경우, 비교적 초기 재령인 3일에서 약 40kg/cm 정도의 높은 강도를 나타내고 있다. 또한 Control의 경우, 압축강도는 CM보다 낮은 반면 휨강도는 약 20% 정도 상회하는 수준으로 나타났다.

이러한 경향은 폴리머시멘트몰탈의 일반적인 연구보고와 유사한 결과로서 그러한 mechanism에는 여러 학설이 있지만, 골재계면과의 co-matrix 상에 의한 것으로 설명되는 것이 일반적인 학설이다.

(2) 부착강도

폴리머 시멘트몰탈은 대부분 열화된

콘크리트면의 미장 보수재로 널리 사용돼 왔음은 주지된 바 있다. 따라서, 실용적으로는 압축 및 휨의 내력보다 부착성이 중요하다고 할 수 있다. 그림 6은 부착성능 중에서 휨부착에 의한 계면접착력을 알아보기 위하여 일반 시멘트몰탈 경화시편의 중앙부를 다이아몬드커터로 절단한 후 CM Control 및 SFPCM 슬러리로 충전한 후 재령별로 휨부착강도를 측정된 결과이다.

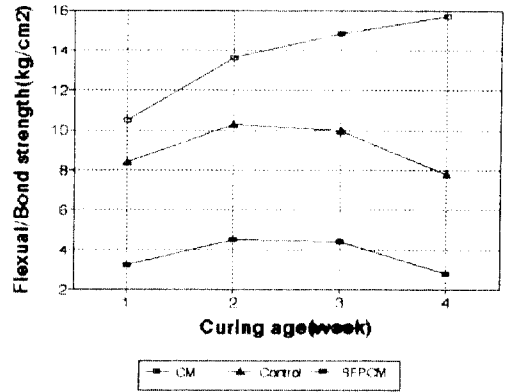


그림 6 폴리머시멘트몰탈의 휨부착강도

실험결과, CM은 파단면에서 휨부착력이 매우 낮게 나타났으며, 재령 2주 이후에는 오히려 부착력이 저하하는 경향을 보여주고 있다. Control의 경우도 동일한 경향을 나타내고 있는 반면, SFPCM의 경우는 재령이 증가함에 따라 지속적으로 부착력이 증가하고 있음을 알 수 있다. 한편, 인장부착에 의한 계면부착력을 알아보기 위하여 전연식 부착력시험기를 사용하여 인장 부착력시험 결과를 그림 7에 나타내었다.

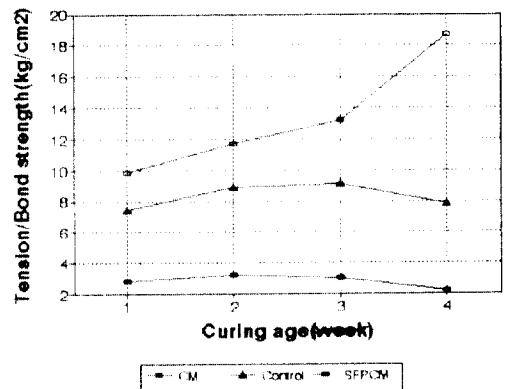


그림 7 폴리머시멘트몰탈의 인장부착강도

그림 7의 결과를 살펴보면 초기재령에서 휨부착력보다 다소 저하하는 경향을 보여 주고 있으며, 그 경향은 유사하게 나타나고 있다. 일반적으로 부착력은 피부착체의 상태에 따라 상이하게 되므로 휨부착력과 인장 부착력간의 상관성을 도출하려면 검토해야 할 factor가 많기 때문에 본 실험에서는 생략하였다.

(3) 건조수축

그림 6~7의 결과에서 재령이 증가함에 도 불구하고 계면부착력이 저하하는 요인 중의 하나로 부착시킨 폴리머시멘트모탈 경화체의 체적변화를 들 수 있다.

그림 8은 폴리머시멘트모탈 경화체의 체적변화를 알아보기 위하여 기건양생(23℃ RH 65%)조건에서 공시체의 길이변화를 측정한 결과이다.

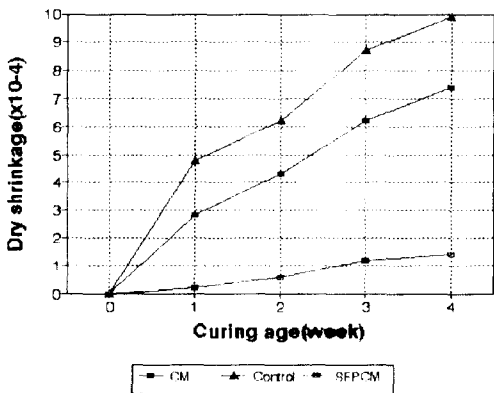


그림 8 폴리머시멘트모탈의 건조수축

실험결과, Control의 초기건조수축은 오히려 CM보다 크게 나타났으며, 재령이 증가할 수록 그 경향은 심한 경향을 나타내고 있다. 폴리머시멘트모탈의 건조수축은 결합되는 폴리머의 종류, 폴리머-시멘트비 등에 따라 차이가 있으며, 일반적으로는 보통 시멘트모탈보다는 적은 것으로 알려져 있어 본 실험결과와는 상반된 경향을 나타내고 있다. 이러한 결과는 Control의 슬러리 제조시 목표점도에 소요되는 단위 수량이 상대적으로 증가했기 때문에 발생한 w/c비의 상승요인으로 생각된다.

반면, 초유동화폴리머시멘트모탈(SFPCM)에서는 건조수축이 상대적으로 매우 적게 나타나고 있어 사용되는 고분자수지의 종

류에 따라 큰 영향을 받고 있음을 예상할 수 있다. 이러한 결과는 대부분의 폴리머 제조업체에서 시멘트모탈 혼화용으로 생산하면서 시멘트모탈의 제반 문제점을 개선하기 위한 각종 기능성유기혼화제를 첨가(* 액체)하기 때문으로 판단된다.

(4) 내충격성

폴리머시멘트모탈의 내충격성을 알아보기 위하여 그림 9와 같은 시험장치를 제작하여 인장부착력시험체에 낙하시켰을 때 균열이 발생한 낙하회수를 구하였다.

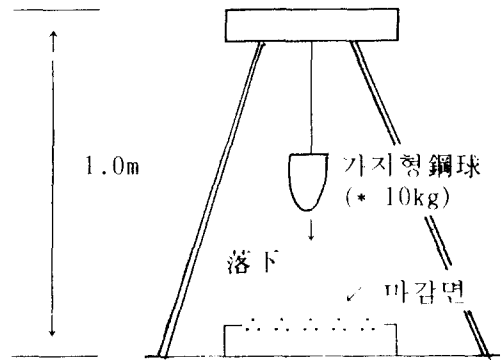


그림 9 落錘衝擊시험장치

그림 9의 장치를 이용하여 CM, Control 및 SFPCM으로 각각 제작한 인장부착력 시험체의 상면에 낙하높이를 10 ~ 50cm범위에서 5단계로 낙하 시키면서 표면에 균열이 발생할 때의 낙하 회수를 정리한 것이 그림 10이다.

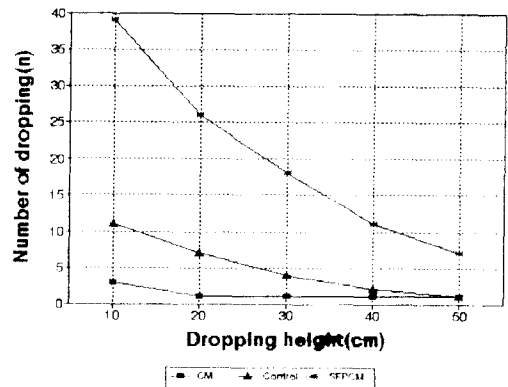


그림 10 낙추충격시험 결과

그림 10의 실험결과에서 고분자 수지가 혼합되어 있지 않은 CM의 경우 적은 낙하회수에서 심한 균열을 발생하였으며, 상대적으로 폴리머 혼합된 Control, SFPCM 등은 내충격성이 증진되는 효과를 나타내고 있음을 알 수 있다.

4. 초유동화폴리머시멘트물탈의 시험시공

4.1 시공개요

SFPCM의 자기수평성물탈공법 적용의 가능성을 알아보기 위하여 축조 중인 건축물의 지하주차장 바닥을 대상으로 현장적용 시험을 표 3과 같이 실시하였다.

표 3 현장개요

| 건물분류 | 시공면적 | SFPCM투입량 |
|---------------------|--------|----------------------------|
| 오피스텔 (여의도 소재) | 3,000㎡ | 슬러리 30톤 - 평균두께 : 7mm |

4.2 시공방법

공전 바닥의 상태를 점검한 결과 열화된 부위(레이탄스)에 대해서는 사전에 chipping 처리하여 제거 한 후 바닥과의 계면부착력을 향상시키기 위해 고분자 수지를 물과 희석하여 도포하였다.

SFPCM의 혼합 및 타설속도를 높이기 위하여 mortar & pumping 작업을 동시에 할 수 있는 장비를 사용하였다.

4.3 시공결과

SFPCM의 혼합 및 타설공정은 용이하게 진행될 수 있었으며, 전공정이 완료하는데 약 9시간이 소요되었다. 타설완료 후 경화상태는 매우 양호하게 나타났으며 현재 약 2개월의 양생 기간동안 장기물성의 변화를 분석 중에 있다.

5. 결론

폴리머 시멘트물탈의 초유동화를 위한 기초적 연구의 일환으로 실시된 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 굳지않은 폴리머 시멘트물탈의 유동 특성을 고찰한 결과, 기초적 유동화

특성을 고찰한 결과, 기초적 유동화물탈에 국내산 폴리머를 혼합한 폴리머 시멘트물탈의 경우 보다 외국품의 경우, 제반 유동물성이 향상되어 국내 폴리머 업계의 시멘트부분에 대한 진보적인 연구성과를 기대해 본다.

- (2) 경화한 폴리머시멘트물탈의 물리특성에 대하여 실험한 결과, 압축강도는 크게 향상되지는 않지만 휨, 부착강도 내충격성 등에서 개선된 효과를 나타내었다. 특히 초유동화 폴리머시멘트물탈의 경우, 기계적인 물성이 매우 뛰어난 효과를 얻을 수 있었다.
- (3) 그러나, 경화체의 체적변화를 나타내는 건조수축면에서는 SFPCM의 경우를 제외하고는 수축 변화가 크게 나타나 폴리머 시멘트물탈의 실용화에 장애요인으로 생각된다.
- (4) 실험결과의 현장적용 결과, 광범위한 바닥면적의 시공에 수평성 물탈 바닥 마감공법의 적용이 가능하였다.

5. 참고문헌

- (1) 大浜嘉彦, 『建築用 ホリマー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, No.65.1973
- (2) 石井 四郎 外 2人 ; セメント系セルフ 레벨リン床下地材, Gyp.&Lime, No.192 1984
- (3) 大浜嘉彦, 出村克宣, 『ホリマーコンクリート』, CMC
- (4) 콘크리트構造物の補修ハンドブック編集委員會, 『콘크리트構造物の補修ハンドブック』