

# 폴리머 모르타르를 이용한 콘크리트관 라이닝의 접착에 관한 연구

## A Study on the Adhesion of Concrete Pipe Lining Using Polymer Mortar

정 학 용\*  
Chung, Hak-Yoong

조 영 국\*\*  
Jo, Young-Kug

소 양 섭\*\*\*  
Soh, Yang-Seob

---

### ABSTRACT

The purpose of this study is to evaluate the adhesion of concrete pipe lining using polymer mortar. The polymer mortars with various mix proportions are prepared, and tested for flexural and compressive strengths, adhesion in tension, and the aspects of lining surface and workability are evaluated. From the test results, it is apparent that the appropriate polymer mortars for lining to concrete pipe can be produced. The flexural and compressive strengths of polymer mortar for lining are affected by type of resin, and aggregates content, and water content at the surface of concrete pipe is important factor for improvement in adhesion of polymer mortar. It is obvious that the economical polymer mortars having an excellent cost performance ratio can be produced through this study.

---

### 1. 서 론

하수관에는 콘크리트관, 주름관, PVC관 등이 이용되고 있다. 이중 우리나라에서는 경제성의 면에서 콘크리트관을 가장 많이 이용하고 있는데 최근 각종 폐수로 인해 콘크리트관의 부식, 오폐수의 누수로 인한 악취 및 환경오염에 커다란 사회적 문제가 되고 있다. 따라서 방식성 및 내약품성이 우수한 콘크리트관의 개발이 시급히 요구되고 있다.<sup>1)</sup> 일반적으로 콘크리트관의 부식 메카니즘은 오폐수 중에 함유된 유기물의 부패와 자유수에 함유된 황산염의 박테리아에 의한 환원 등으로 황화수소가 발생하고 이어서 관로의 기상(氣相)중에 생식하는 호기성 박테리아로부터 황산이 생성된다.<sup>2)</sup> 이렇게 생성된 황산은 시멘트 중의 칼슘성분을 분해용출 시켜 콘크리트를 부식시키고 결국 파괴에 이르게 한다. 한편 내식성이 우수한

---

1)\*정회원, 전북대 건축공학과 석사과정

2)\*\*정회원, 충남산업대 건축공학과 전임강사

3)\*\*\*정회원, 전북대 건축공학과 교수

레진콘크리트관이 이용될 수 있으나 경제성면에서 다소 문제가 있기 때문에 내식성 특히 내산성이 우수한 시멘트 콘크리트관의 개발이 요구된다.

따라서 본 연구는 폴리머 모르타르로 관의 내면을 라이닝하여 기존 철근콘크리트관에 비해 역학적 성질 및 내구성이 우수한 하수관을 개발할 목적으로 실시되었으며 작업성, 내면상태, 접착성의 평가와 함께 라이닝 폴리머 모르타르의 최적 배합조건 및 성형조건을 도출하고자 하였다.

## 2. 사용재료

### 2.1 베이스 콘크리트

#### 2.1.1 시멘트 및 골재

시멘트는 KS L 5201(포틀랜드 시멘트)에 규정된 S사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며 표1에 나타난 성질을 갖는 골재를 사용하였다.

표1. 골재의 물리적 성질

	골재 최대치수 (mm)	조립률 (F.M)	표건비중	흡수율 (%)	단위용적중량 (kg/m <sup>3</sup> )
잔골재	5	2.86	2.55	1.77	1,599
굵은골재	13	6.06	2.64	1.87	1,552

#### 2.1.2 혼화제

본 실험에서 사용된 혼화제는 K사의 나프탈렌계 고성능 감수제를 사용하였다.

### 2.2 라이닝 모르타르

#### 2.2.1 수지

본 실험에서 사용된 수지로는 M사의 UP-G550(불포화 폴리에스테르 수지)과 D사의 수경성 에폭시 수지를 사용하였으며 이들의 성질을 표2에 나타내었다.

표2. 불포화 폴리에스테르 수지와 에폭시 수지의 성질

수지의 종류	품명	경도	점도(PS)	비중
불포화 폴리에스테르 수지	G-550	42	2.50	1.11
에폭시 수지	RM-2	79	3.01	1.35

#### 2.2.2 충전재 및 골재

충전재는 표3에 나타난 중질 탄산칼슘을 사용하였으며, 골재는 주문진산 표준사를 사용하였다.

표3. 충전재의 특성

#325체 잔분 (%)	평균입도 (micron)	수분 (%)	pH	비중	백색도 (%)
54.1	37.2	0.15이하	8.8	2.7	90±0.5

## 3. 시험방법

### 3.1 공시체 제작

#### 3.1.1 압축 및 휨강도용 공시체

시험용 공시체는 KS F 2419(폴리에스테르 레진 콘크리트의 강도 시험용 공시체 제작방법)에 따라 제작 하였으며 압축강도 및 휨강도 공시체 몰드는 4cm×4cm×16cm를 사용하였다. 표4는 라이닝 폴리머 모르타르의 배합표를 나타내고 있다.

표4. 라이닝용 폴리머 모르타르의 배합 (단위 : wt. %)

모르타르의 종류	결 합 재(kg)		경화제(kg)	표준사((kg)	충진재 (CaCO <sub>3</sub> (kg))
	에폭시	불포화 폴리에스테르			
EP-1	16.6	-	8.4	60.0	15.0
EP-2	11.0	-	5.6	66.8	16.6
EP-3	13.4	-	6.6	64.0	16.0
UP-1	-	20.0	1phr	66.6	13.4
UP-2	-	16.6	1phr	69.6	13.8
UP-3	-	25.0	1phr	62.6	12.4

\*phr : 레진양의 백분율

폴리머 모르타르의 다짐은 공시체 몰드를 진동대 위에 올려놓고 진동을 가했으며 공시체 1개 제작시 3 개층으로 나누어 다짐을 충분히 하였으며 기중양생(20±2℃, R.H.50%)을 실시하여 재령 7, 14, 28일에 있어서 휨 및 압축강도를 측정하였다. 여기에서 압축강도는 휨강도 측정후 절편을 사용하였다.

#### 3.1.2 원통형 공시체

원통형 공시체는 KS F 2454(원심력으로 다져진 콘크리트의 압축강도 시험방법)에 준하여 제작 하였다. 원통형 공시체의 몰드는 ø20cm×30cm×5cm를 사용하였고 공시체의 두께는 자유롭게 조정할수 있으며 이 실험에서는 베이스 콘크리트의 두께를 3cm, 라이닝 두께를 0.5cm로 제작하였다. 표6은 베이스 콘크리트의 배합표를 나타내고 있다.

표5. 베이스 콘크리트의 배합표

W/C(%)	S/a(%)	단위중량(kg/m <sup>3</sup> )				
		시멘트	물	잔골재	굵은골재	혼화제(%)
32	61	400	130	892	568	1

표5에 나타난 배합으로 콘크리트를 공시체 몰드에 투입하고 몰드를 3연식 원심력 성형기위에 올려놓고 원심성형을 실시한다. 위의 배합에서 물시멘트비를 낮게 선정한 이유는 공시체 성형후 내면에 슬러지 배출량을 최대한 줄이기 위함이다. 원심성형시 베이스 콘크리트의 두께가 균일하게 되도록 하고 베이스 콘크리트의 원심성형후에는 원심을 저속(345rpm)으로 돌리면서 미리 준비한 폴리머 모르타르를 소형 시료 삽을 사용하여 투입한다. 이때 코팅이 균일하게 되도록 해야하며 내면의 물흐름 상태 등을 육안으로 관찰한다. 표6은 원통형 공시체의 원심력과 회전시간을 나타냈다. 성형이 완료된 공시체는 고온양생(85℃)을 4시간 실시한후 탈형하여 기중양생(20±2℃, R.H.50%)을 7, 14, 28일 실시하였다.

표6. 원통형 공시체의 원심력과 회전시간

구 분	저 속		중 속		고 속	
	원심력(G)	시간(분)	원심력(G)	시간(분)	원심력(G)	시간(분)
베이스콘크리트	3	4-5	10	3-4	30	2-3
라이닝	-	-	10	5-6	30	3-4

### 3.2 물리적 특성 시험

휨강도는 KS F 2407(콘크리트의 휨강도 시험방법)에 준하여 시험하였고, 압축강도는 KS F 2483(보의 절편에 의한 폴리에스테르 레진 콘크리트의 압축강도 시험방법)에 따라 시험 하였다. 인장 접착강도 시험은 JIS A 6915(두꺼운 마무리 도장재)에 준하여 원통형 공시체를 길이 방향으로 자르고 라이닝 부위를 4cm×4cm로 잘라 인장용 강재와 라이닝 부위를 강력 에폭시로 도포하여 굳은 다음 인장접착강도 시험기로 시험하였다.<sup>3)</sup>

## 4. 시험결과 및 고찰

### 4.1 경화된 모르타르의 특성

폴리머 모르타르 EP-1은 경화후 레이턴스층이 두껍게 발생했으며 EP-2의 배합은 시공성이 좋지 않았고 경화후 표면이 매끄럽지 못했다. 그러나 EP-3은 시공성 및 표면상태 모두 양호한 편이었다. 그림1에는 라이닝 폴리머 모르타르의 휨강도를 나타내었다. 그림1에서 알 수 있는 바와 같이 불포화 폴리에스테르 수지보다 에폭시 수지를 사용한 라이닝 폴리머 모르타르의 휨강도가 전반적으로 약간 더 높게 나타났다. 그리고 수지의 양과 골재의 양이 1 : 4를 기준으로 해서 골재의 양이 많거나 적을 경우 휨강도는 작게 나타났다.

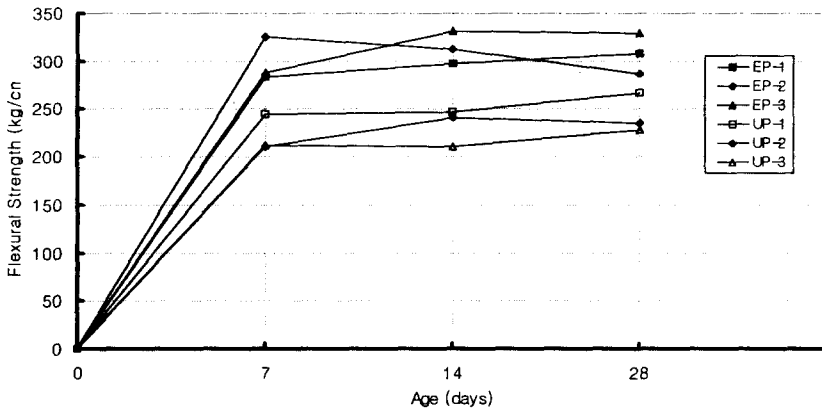


그림1. 각 배합의 휨강도 특성

그림2는 라이닝 폴리머 모르타르의 압축강도를 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 압축강도에서는 폴리에스테르 모르타르가 에폭시 모르타르보다 전반적으로 높은값을 나타냈다. 에폭시 모르타르에서는 수지의 양과 골재의 양이 1 : 5일 때 압축강도가 가장 높았고, 골재의 양이 이보다 적거나 많은 경우는 감소하는 경향을 나타냈다. 폴리에스테르 모르타르에 있어서는 수지의 양과 골재의 양이 1 : 3일 때 압축강도가 가장 높았고 골재의 양이 이보다 더 많아 질수록 감소하였다.

휨강도 및 압축강도의 결과로서 불포화 폴리에스테르 및 에폭시 수지를 이용하여 기존 콘크리트에 라이닝할 때 충분한 압축강도를 발휘 하였으며 기존 콘크리트보다 높은 강도를 갖는 라이닝 폴리머 모르타르 배합으로 내력을 증가시키기에 충분하였다.

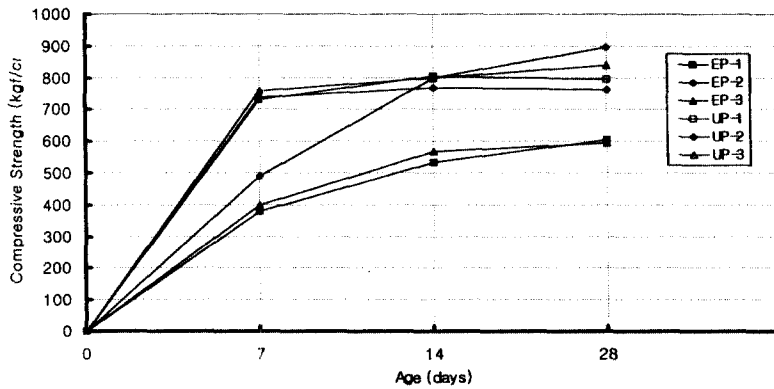


그림2. 각 배합의 압축강도 특성

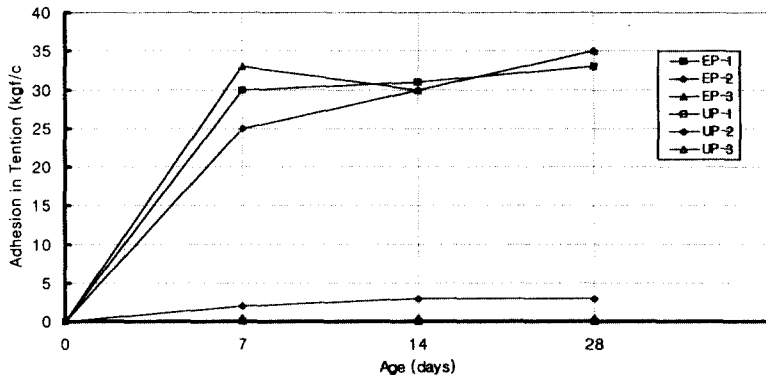


그림3. 각 배합의 인장접착강도

그림3에는 라이닝 폴리머 모르타르의 인장접착강도를 나타내었다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 에폭시 모르타르의 인장 접착강도가 불포화 폴리에스테르 모르타르의 것보다 높게 나타났다. 이는 원통형 공시체 제작과정중 베이스 콘크리트 성형시 내면에 물기가 배어나온 상태에서 라이닝을 실시할 때 에폭시 수지는 수경성이어서 코팅이 잘 되었지만 친수성이 아닌 불포화 폴리에스테르 수지는 육안상으로는 코팅이 된 것 같았으나 베이스 콘크리트와 접착면에서 분리가 이뤄졌기 때문이다. 더우기 고온 양생실(85°C, R.H.85%, 4hr)에서 양생하는 과정에서 경화성이 상대적으로 작은 에폭시 수지는 베이스 콘크리트와 접착이 우수한 반면 불포화 폴리에스테르 수지는 비교적 큰 경화수축이 발생해 접착력이 떨어진 것으로 판단된다. 그러나 불포화 폴리에스테르 수지의 양과 골재의 양을 각각 1 : 5로 한 배합에서는 약간의 접착강도가 발현되었는데 이는 고온양생시에 베이스 콘크리트의 수분이 증발되어 일시적으로 불포화 폴리에스테르 모르타르와 베이스 콘크리트가 접착되는 것으로 판단된다.

량이 많은 배합도 마찬가지였다. 이는 탄산칼슘이 충전역할을 하여 밀도를 높여주고 공극을 감소시켜 주어 모르타르를 더 치밀하고 끈끈하게 잡아주는 역할을 하기 때문으로 여겨진다. 반면, 불포화 폴리에스테르수지로 라이닝한 경우는 수지와 골재를 1 : 3으로 했을 때 내면조도가 가장 양호하였으며 하단부 처짐도 발생하지 않았다.

## 5. 결론

폴리머 모르타르를 이용한 콘크리트관 라이닝의 접착에 관한 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 에폭시 폴리머 모르타르는 불포화 폴리에스테르 모르타르보다 휨강도는 높지만 압축강도는 떨어지는 것으로 나타났으며 에폭시 폴리머 모르타르는 수지와 골재의 양이 1 : 5일 때, 불포화 폴리에스테르 폴리머 모르타르는 1 : 3일 때 가장 높은 압축강도를 나타냈다.
- (2) 각각의 폴리머 모르타르를 원통형 공시체에 라이닝 할 때 원심력 10G로 5-6분, 30G로 3-4분 성형하는 것이 가장 좋으며 에폭시 폴리머 모르타르가 불포화 폴리에스테르 모르타르보다 전반적으로 작업성 및 코팅상태가 양호하였다. 그리고 수지의 양이 많을수록 공시체 하단부에 처짐이 많이 발생하였으며 충전재인 탄산칼슘도 내면상태 및 처짐에 영향을 주는 것으로 나타났다.
- (3) 본 실험에서 사용한 에폭시 수지는 수경성이고 열경화성 이어서 물기가 있는 상태에서도 코팅상태가 양호했고 양생 후에도 경화 수축률이 작아 인장 접착강도가 높은 반면 불포화 폴리에스테르 수지는 친수성이 아니고 경화 수축률이 크기 때문에 접착이 거의 이루어지지 않았다.
- (4) 이상과 같이 콘크리트관의 라이닝 재료로는 불포화 폴리에스테르 폴리머 모르타르보다 에폭시 폴리머 모르타르가 효과적이며 에폭시 수지의 양과 골재, 충전재가 1 : 5일 때, 그리고 골재와 충전재의 양이 4 : 1일 때 휨강도, 압축강도, 인장접착강도, 내면상태 등이 우수한 것으로 나타났다.
- (5) 향후 라이닝 폴리머 모르타르를 실제 콘크리트관 제품에 적용하여 외압강도 및 수밀시험을 실시하고 경제성에서 유리한 제품의 개발에 노력할 필요가 있다.

## 참고문헌

1. 大濱嘉彦, 「同時成形法にするポリマー-モルタルライニング遠心力 鐵筋 コンクリート管の開発」, 第21回セメント・コンクリート研究討論會 論文報告集, 1994, pp. 49
2. 山本孝義 外 3名, 「レジンコンクリートヒューム管の特性」, 自然環境とコンクリート性能に関するシンポジウム論文集, 1993, pp.185-186
3. M. Aamer Rafique Bhutta, Underwater Adhesion of Polymethyl Methacrylate Mortar to Cement Mortar Substrates, Polymers in Concrete( I -EASPIC), 1994, pp.112-115