

레진 콘크리트로 제작한 하수관의 성능 평가

The Evaluation of Performance of Drain Pipes manufactured with Resin Concrete

서 정 인*
Jeong-In Suh

유 성 원*
Sung-Won Yoo

전 성 환**
Seong-Hwan Jeon

ABSTRACT

Resin concrete has better properties than regular cement concrete in making structures such as manholes, pipes, etc. This study is to evaluate the performance of drain pipes made with resin concrete for the development its application. The test results have been checked by JSWAS K-11, because Korea does not have the code for its check-up. They satisfied all the requirements.

1. 평가배경

산업의 고도화 및 생활환경의 개선에 따라 매년 하수도용 관로가 연장되고 있다. 일반적으로 하수관으로는 콘크리트관이 주로 이용되어 왔으나, 다양화된 산업 오폐수에 포함된 산, 알카리류, 유산물질에 의해 콘크리트관이 부식 파손되어 누수가 발생하고, 유속이 저감되는 등 많은 문제점이 발생하고 있는 실정이다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 콘크리트 결합재로서 무기질 시멘트를 전혀 사용하지 않고, 대신에 불포화 폴리에스테르수지를 결합재로 사용한 레진 콘크리트가 토목 및 건축현장에서 기능성 재료로서 높은 관심을 받고 있으며, 이에 관한 연구가 각계에서 활발히 진행되고 있다. 레진 콘크리트는 시멘트 콘크리트에 비하여 기계적 강도, 내약품성, 내구성과 뛰어난 수리특성 지니고 있음에 착안하여, 레진 콘크리트를 이용하여 하수도용관을 시험 제작하고, 기계적 특성을 KS규격의 각종 성능시험방법에 의해 시험하고, 현재 우리나라 규격이 존재치 않으므로 일본 하수도협회 규격1)에 의해 평가하여 레진 콘크리트 응용에 관한 기초 자료를 제공하고자 한다.

2. 사용재료

2.1 결합재

본 실험에 사용된 결합재로는 S사의 불포화 폴리에스테르수지를 사용하였으며 기초적 배합특성 및 물리적 성질을 표1에 나타내었다. 상온경화용 촉매로는 메틸에틸케톤퍼옥시드(MEKPO)를 사용하였다.

* 우석대학교 토목공학과 조교수

** (주)대원산업 기술개발실 실장

표 1 사용 폴리에스테르의 물리적 성질

수지명	점도 (poise)	단위중량 (kg/m ³)	겔타임 (min)	왁스 존재 유무	외관
폴리마스터MC-821	2~3	1.12	7~8	유	코발트색

*점도는 동절기 점도를 표시한 것으로 하절기의 경우 3~4poise로서 온도변화에 주의해야 함.

2.2 충전제

충전제는 성형성을 고려해야 할 뿐 아니라, 압축강도와도 밀접한 관계를 나타낼 수 있으므로 선택과 사용량에 충분한 고려가 필요하다. 본 실험에서는 증점, 골재, 결합재 간의 재료분리를 막기 위하여 플라이애시를 사용하였으며, 많은 경우에 탄산칼슘을 사용하기도 한다. 표2.2.1에 탄산칼슘의 기초적 특성을 표기하였다.

탄산칼슘은 석회석을 분쇄하여 만든 초미립 분말로서 상온에서 안정한 백색의 약 알카리성이며, 석회석의 순도와 입자크기 제조 방법에 따라 보통, 중질, 경질로 구분하며, 폴리머 콘크리트에는 중질탄산칼슘을 일반적으로 사용한다.

2.3 골재

골재는 크게 굵은 골재와 잔 골재로 나누어 사용하였으며, 입도분포 및 사용량은 표2, 표3과 같다.

표 2 배합설계표

폴리에스테르	8mm골재	쇄석	플라이애시	속 매
15%	19%	52%	14%	결합재 양의 2%

*각 골재는 건조 상태이어야 하며, 플라이애시는 탄산칼슘과 대체할 수 있음

표 3 쇄석분 입도분포

체크기(mm)	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	FM
통과율(%)	100	93	86	54	32	12	5	3.2

일반적으로 결합재는 12%~16% 정도를 사용한다. 결합재를 증가와 레진 콘크리트 강도증진 사이에 직접적인 연관성이 있고, 온도에 따라 점도가 급격히 변화하므로, 본 실험에서는 이러한 점들을 고려하여 15%로 선정하였다. 충전제-결합재비의 증가함에 따라 내부조직이 치밀해지게 되므로 강도발현에는 유리하나, 워커빌리티 저하의 원인이 되므로 본 실험에서는 이러한 점들을 고려하여 93%(100%사용이 일반적임)를 채택하였다. 골재는 미분을 함유하고 있는 쇄석과 8mm골재를 3:1 정도로 사용하여 입도를 고려하였으나, 0.8mm 이하의 쇄석 비율이 45%(쇄석전체비율)를 초과하게 되어 쇄석분을 세척하는 공정을 검토할 필요가 있다.

3. 실험계획

본 실험의 실험계획은 JSWAS K-11(일본하수도협회규격)에 준하여 레진 콘크리트관의 각종 성능을 평가하기 위한 것으로 구체적으로는 레진 콘크리트의 압축·인장·휨 강도 평가, 관의 외압강도를 확인하기 위하여 외압시험, 내산성을 확인하기 위한 내산성 시험, 흡수율을 확인하기 위한 흡수성 시험을 실시하여 레진 콘크리트의 기계적 성질 및 화학적 성질을 파악하였다

4. 실험방법 및 장치

4.1 압축·인장·휨 강도 평가

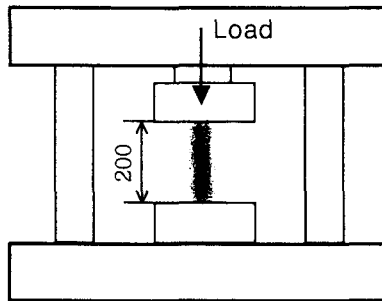


그림 4 압축강도시험

레진 콘크리트의 압축강도를 평가하기 위하여 표2의 배합설계에 따라 각 재료를 계량하고 KS F 2419 폴리에스테르 레진 콘크리트의 강도시험용 공시체 제작방법에 준하여 혼합, 다짐하여 제작하였다. 제작된 공시체를 만능재료시험기(최대300tonf)를 이용하여 KS F2481 폴리에스테르 레진 콘크리트 압축강도 시험방법에 준하여 평가하였다. 공시체는 배합 후 경과시간에 따른 강도 변화를 측정하기 위하여 총 10개 제작하고, 2시간 단위로 강도변화를 측정하였다. 그림 3에 압축강도 시험상황을 나타냈다.

인장강도와 휨강도를 평가도 압축강도의 경우와 같이 각 재료를 계량하고 KS F 2419 폴리에스테르 레진 콘크리트의 강도시험용 공시체 제작방법에 준하여 혼합, 다짐하여 제작하였다. 제작된 공시체를 KS F 2408 및 KS F 2482 레진 콘크리트의 인장 및 휨 강도 시험방법에 준하여 평가하였다. 공시체는 배합 후 경과 시간에 따른 강도 변화를 측정하기 위하여 총 10개씩 제작하고, 2시간 단위로 강도 변화를 측정하였다.

그림 2에 압축·인장·휨 강도 평가 결과를 나타냈다. 그림에 나타난 것과 같이 압축에서 최대 942 kgf/cm^2 , 인장에서 95 kgf/cm^2 , 휨에서 230 kgf/cm^2 로 전체적으로 시멘트 콘크리트 강도에 비해 훨씬 높은 강도를 나타내고 있음을 알 수 있다. 특히 약 20분 정도에서 겔화되어 재령 8시간 정도에서 최대 강도의 90% 이상을 발현되므로, 경화방법의 선택에 따라서 높은 생산성을 기대할 수도 있다. 또 골재의 입형 및 입도, 미분량의 선별 및 개선에 따라서는 강도증진을 기대할 수도 있다.

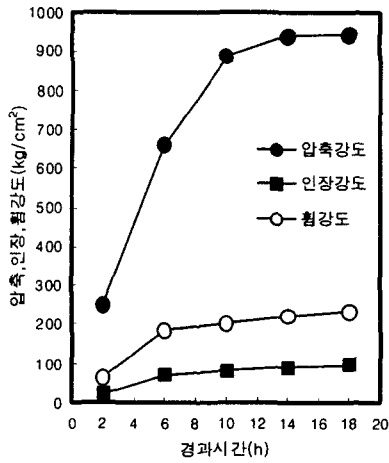


그림 5 시간 경과에 따른 강도

4.2 내산성 시험

레진 콘크리트관의 내산성을 확인하기 위하여 4.1.1에 사용된 레진 콘크리트 배합설계에 준하여 제작된 공시체(2개)를 800℃에서 24시간 건조한 후 실온까지 냉각한 후 그림 3과 같이 유산용액 5W%에 24시간 침전시킨 후 질량을 0.1g까지 측정한다. 이 값을 m_1 으로 하고, 다시 유산용액 5W%에 48시간 침전시킨 후 질량을 0.1g까지 측정하여 그 값을 m_2 로 하여 질량변화율 ΔM (식1 참조)을 구하였다.

$$\Delta M = (m_2 - m_1) \times 100\% \quad (1)$$

내산성 시험 결과를 표4에 나타냈다. 시험 결과에서 보는 바와 같이 질량 변화가 거의 일어나지 않았으며, 이 값은 JSWAS K-11(일본하수도협회규격)의 규정을 만족하므로 산에 대한 내구성이 충분함을 확인할 수 있다

표 4 내산성 실험 결과

JSWAS-규격치	공시체 질량 (g)		질량변화율 (%)	
	m_1	m_2	ΔM	ΔM 평균치
±0.1%이내	3449.8	3450	0.006	0.004
	3485.3	3485.4	0.003	

*규정: ±0.1%

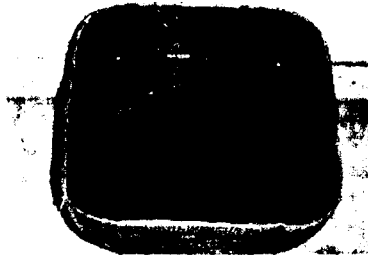


그림 6 유산 5W% 용액 침전 상황

4.3 흡수성시험

레진 콘크리트관의 흡수율을 확인하기 위해서도, 4.1.1에 사용된 레진 콘크리트 배합설계에 준하여 제작된 공시체(2개)를 800℃에서 24시간 건조한 후 꺼내어 실온까지 냉각시킨 후 그 값을 m_1 으로 하고, 공시체를 끓는 물에 30분간 침전시킨 후 다시 꺼내어 실온과 같은 수중에 넣어 15분간 냉각한다. 냉각이 끝난 공시체를 마른걸레로 닦고 질량을 0.1g까지 측정한다. 이 값을 m_2 로 하여 질량변화율 ΔM (식2 참조)을 구하였다.

$$\Delta M = (m_2 - m_1) / m_1 \times 100\% \quad (2)$$

흡수성 시험 결과를 표5에 나타냈다. 시험결과에서 보는 바와 같이 질량변화가 거의 일어나지 않아 흡수율이 아주 작음을 확인할 수 있다

표 5 흡수성 실험 결과

JSWAS-규격치	공시체 질량 (g)		질량변화율 (%)	
	m_1	m_2	ΔM	ΔM 평균치
±0.1%이내	3438.8	3441.0	0.06	0.055
	3425.6	3427.6	0.05	

*규정: ±0.3%

4.4 외압시험

관의 외압강도를 측정하기 위하여 (주)대원콘크리트에 설치되어 있는 외압강도시험기(최대 재하 가능 하중 : 30tf)를 이용하여 외압강도를 평가하였다. 시험체는 표2의 배합설계에 준하여 제작하였고 자

연양생으로 제작되었다. 시험 결과는 표6에 표시한 것과 같이 외압강도는 기준치 이상임을 확인할 수 있었다

표 6 외압강도 시험결과

호칭지름	외압하중(tf/m)		파괴하중(tf/m)	비 고
	규격치	시험치	시험치	
A형 350	3.06	3.12	3.52	3.12tf/m 균열발생 규정: 3.059tf/m

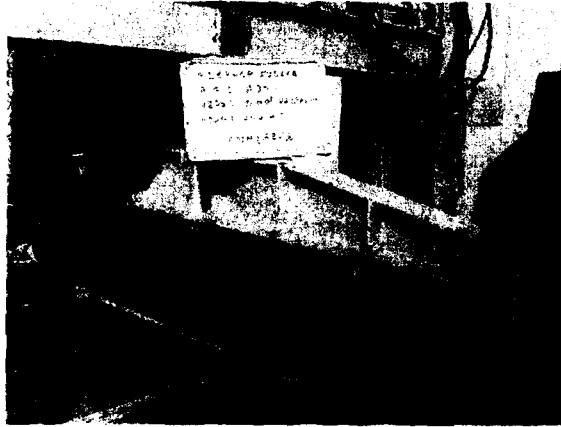


그림 7 외압강도시험 (파괴형상)

5. 결론 및 향후 과제

레진 콘크리트로 시험 제작된 하수관이 우리나라에는 아직 마련되어 있지 않지만, 일본의 하수도 협회 규격을 준거하여 성능을 평가한 결과 모든 기준을 만족함을 알 수 있다.

결합재율은 강도, 워커빌리티, 경제성에 가장 밀접한 관계를 가지나, 결합재량이 14% 이상인 경우 레진 콘크리트 내부에 수축량 증가에 따른 미세균열이 유발될 수 있으며, 이 때문에 인장강도가 저하되고 외부균열의 유도를 초래할 수 있다. 따라서 경제성과 안전성을 높이기 위해, 결합재율과 수축에 의한 균열관계를 상호간의 연관성을 파악하여 적정 결합재율을 산정할 필요가 있다.

중질 탄산칼슘을 충전제로 사용시 강도증진 및 작업성 개선에는 유리하나 경제성이 떨어지며 경화시 수축량 증대를 검토할 필요가 있다.

참고 문헌

1. 社團法人 日本下水道協會(1998), 下水道用 レジンコンクリート管.
2. 박승범(1998), 토목재료학, 문운당.
3. P. Kumar Metha(1992), Concrete, 2nd Ed..
4. ACI(1992), Manual of Concrete Practice.