

# 프리캐스트 콘크리트 관로용 가요성 지수재의 실험적 연구

## A Experimental Study of Flexible Rubber Packing Materials of Precast Concrete Pipeline

김태협\*      김광수\*      홍성남\*      박선규\*\*      조청휘\*\*\*      이준구\*\*\*  
Kim, Tae Hyup   Kim, Kwang Soo   Hong, Sung Nam   Park, Sun Kyu   Cho, Cheong Hwi   Lee, Jun Koo

### ABSTRACT

Buried pipeline is a indispensable factor of leading smoothly a society as a primary role. Recently, as a matter of convenience of construction and the economical purpose, the use of Precast Concrete products quickly increased. But there was various damage forms in a part of joint of Precast Concrete buried pipeline.

The purpose of this study is to propose the new type of the flexible rubber packing material (EF) which could resist a permanent deformation of the ground or an earthquake and to investigate its safety together with effectiveness as conducting experiment and analysis.

### 1. 서론

대표적인 파이프라인 구조물인 지중 매설관로는 인간의 생활 및 사회의 원활한 기능 수행에 필수 불가결한 요소로서 작용하고 있으며, 최근 이 분야에서 공사기간 동안의 차량통행 제한과 우회도로 확보 등의 불편을 줄이고 총공사비의 절감을 목적으로 프리캐스트 콘크리트 제품의 사용이 크게 증가하고 있다. 그러나 프리캐스트 콘크리트제 지중 매설관로의 연결부에는 여러 가지 원인에 의한 손상이 발생하여 본래의 수밀성을 유지하지 못하고 있다. 이러한 연결부의 손상은 일반적으로 매설지반의 운동과 밀접한 관련성을 갖고 있으며, 특히 지반의 영구변형이나 지진에 의한 진동은 지중 매설관로와 같이 비교적 얇은 깊이에 매설되는 구조물에 심각한 손상을 유발시키고 있다.

본 연구에서는 기존의 물리적 구속에 의한 연결부 지수공법의 문제점을 개선하면서 지반의 영구변형이나 진동이 발생해도 소요의 지수성능을 확보할 수 있는 가요성을 갖는 고무 지수재인 EF 지수재를 개발하고 이에 대한 안정성과 효용성을 검토하고자 실험과 해석을 수행하였다.

\* 정회원, 성균관대학교 대학원

\*\* 정회원, 성균관대학교 토목환경공학과 교수

\*\*\* 정회원, 한림에코텍(주)

## 2. 실험개요

### 2.1 EF지수재의 개요

EF지수공법은 프리캐스트 콘크리트제품의 조인트부에서 발생하는 누수를 방지하기 위해 개발한 기술이다. 그림 1에 나타낸 것처럼 조인트부의 양쪽 단면에 미리 사춤을 만들어 그 구멍에 접착 충전재를 충전하여 실재를 삽입하고 콘크리트제품과 실재를 일체화해서 조인트부의 누수를 방지하는 지수 원리이다.

본 공법의 특징은 박스 합체가 부등침하로 인해 변형을 받더라도 실재가 유연하게 대응하여 물이 새지 않는다는 것이다. 또한 시공이 매우 간단하기 때문에 경제적이면서 높은 지수성능을 발휘한다.

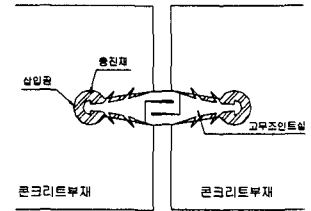


그림 1. EF 지수재 형상

### 2.2 사용재료 및 실험방법

EF 지수공법에 대한 성능을 테스트 하기 위하여 수밀 실험, 인장 시험, 재하 실험을 실시하였다. 각 실험체별 사용 재료는 표 1에 나타내었다.

프리캐스트 제품의 조인트부가 상하 좌우로 변형하더라도 이음부에서 누수가 일어나지 않는지, 그 성능을 검증하기 위해 우선 규격이 1,000x300(내경)x400(외경)(mm)인 홈관을 가지고 수밀성 실험을 실시하였고, EF 지수재의 인장강도를 측정하기 위해 규격이 50x50x30(mm)인 공시체 3개를 이용하여 10mm/min의 속도로 인장강도시험을 실시하였다. 마지막으로 재하 실험은 규격이 1500x1,000x2000(mm)인 표준하수관거를 이용하여 하중재하방법을 다르게 하여 실험한 것 2가지와 관거를 EF지수재로 연결하여 하중을 재하한 것으로 구분하여 3가지 실험을 실시하여 여러 가지 하중상황에 따른 관거의 거동과 EF지수재의 효능을 테스트 하고자 하였다. 각 실험의 거치모습은 그림 2에 나타내었다.

표 1. 사용재료

실험	사용재료
수밀성 실험	콘크리트 : 굵은 골재 22mm, 슬럼프 12 $f_{ck}$ (설계기준강도)=35MPa 이형철근 : D10, D13, Data Logo(EDX-1500A)
인장 시험	인장시험 공시체 3개, 시험체 연결봉(철근2개) 인장 시험기 (AG-25TG(AUTOSCALE))
재하 실험	콘크리트 : 굵은 골재 25mm, 슬럼프 12 $f_{ck}$ (설계기준강도)=35MPa 액추에이터(900kN 용량) 하중 재하대(2,500mm , 3,500mm) Data Logo(EDX-1500A)

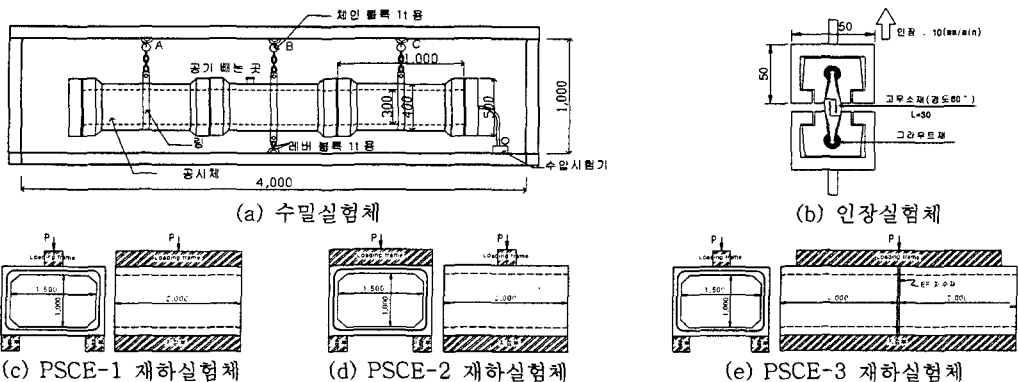


그림 2. 실험체 거치모습

### 3. 실험결과

#### 3.1 수밀성 실험결과

수밀성실험을 수행하고 지수재의 설계폭 40mm, 설계수압 0.1MPa 일때 지수재의 누수를 확인한 결과 아무런 이상이 없음을 알수 있었고 EF지수재의 최대 성능을 확인하기 위해 흡판에 고정되어 있던 연결 플레이트를 풀고 지수재가 파단될때 까지 수압을 가한 결과 0.06MPa 의 수압에 최대변위 80mm 일때 지수재가 파단되는 것을 확인할 수 있었다.

#### 3.2 인장시험결과

인장시험 결과 규격치가 7MPa 이상이고 실험결과 EF 지수재의 최대변위가 10~12cm로서 인장강도는 7.3에서 7.5MPa 의 결과값이 나왔다. 이는 규격치를 넘는 것으로 인장에 대해서도 안전하다는 결론을 얻었다.

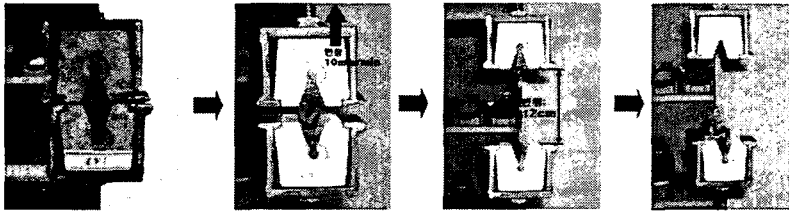


그림 3. 인장시험과정

#### 3.3 재하실험결과 및 해석

재하실험결과 그림 4와 같은 상부중앙부의 하중-변위곡선을 얻을 수 있었다. 유압펌프의 최대용량이 900kN인 관계로 그 이상의 실험결과는 얻을 수 없었지만 PSCE-1는 500kN정도의 하중일때 항복이 발생하였고 PSCE-2는 900kN의 하중에서도 항복이 일어나지 않을정도로 하중저항성이 강하며 PSCE-3에서는 800kN정도의 하중에서 항복이 발생하는 것을 확인할 수 있었다.

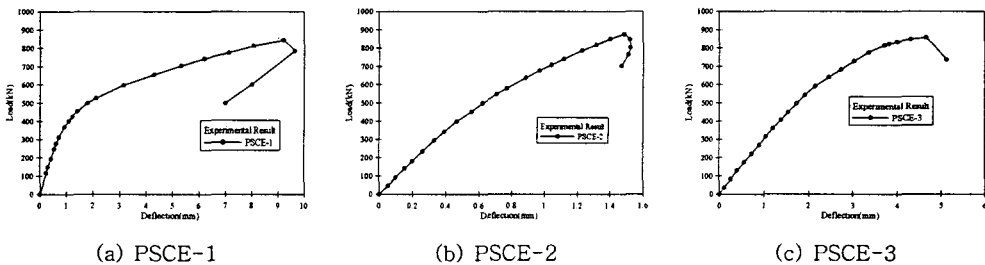


그림 4. 상부 중앙부의 하중-변위

본 연구에서 수행된 재하실험에 대한 결과를 검증하기 위해 유한요소해석을 수행하였다. 해석은 범용 유한요소 해석프로그램인 다이아나(DIANA)를 사용하였으며, 부재의 단면형상과 하중재하 및 지지조건을 적절히 모사하기 위하여 3차원 비선형유한요소 해석을 수행하였다. 그림 5. (a)와 (b)는 PSCE-1 및 PSCE-2 실험체의 철근모델링과 mesh 구성을 나타낸것이고 그림 5.(c)와 (d)는 실험체의 처짐형상을 나타낸 그림이다. PSCE-3 실험체는 PSCE-1실험체 두개를 EF지수공법에 의하여 접합시킨 모델링을 하여 해석을 수행하였다.

실험결과와 해석결과를 비교해 본 결과 그림 6.(a)~(c)에서 보는 것과 같이 PSCE-1 에서의 최대하중에서는 실험값이 해석값보다 2.5% 정도 작게 나왔고 PSCE-2에서는 실험값이 해석값보다 8.6% 정도 작게 나왔으며 PSCE-3에서는 실험값이 해석값보다 9.4% 정도 작게 나왔다. 그러나 그래프의 전체 경향을 살펴보면 서로 비슷한 곡선형태를 나타내는 것을 확인할 수 있다.

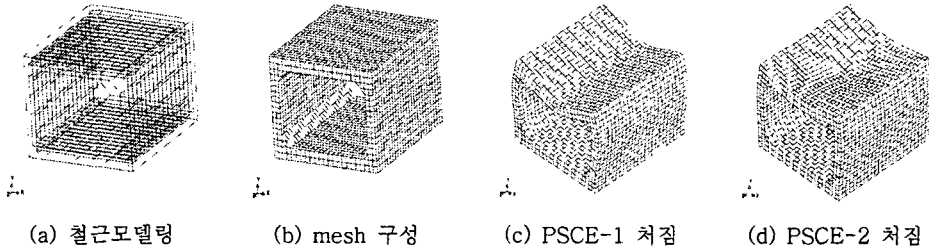


그림 5. 해석모델링 및 처짐형상

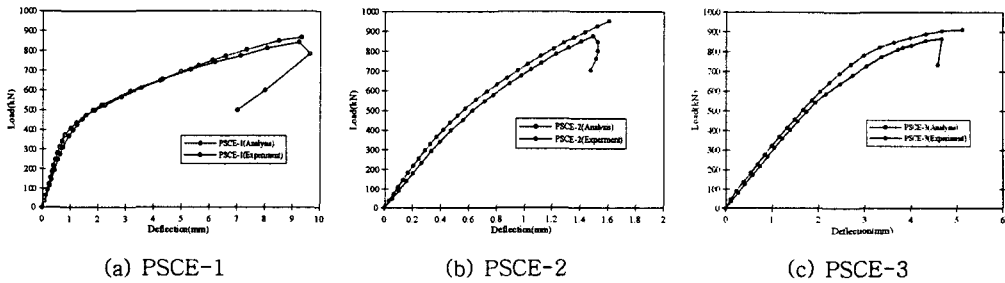


그림 6. 실험결과와 해석결과와의 하중-처짐곡선 비교

#### 4. 결론

이상의 실험결과와 해석결과를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 수밀성 실험을 수행한 결과 설계폭과 설계수압시 지수재의 누수에 아무런 이상이 없음을 알 수 있었다. 또한, EF지수재의 최대성능을 확인하기 위해 실험해본결과 0.06MPa의 수압에 최대변위 80mm까지 지수재가 견디는 것을 발견하였다.
2. 인장 시험결과 인장강도가 규격치를 넘는 값을 얻음으로서 인장에서도 안전하다는 판단을 내릴 수 있다.
3. 프리캐스트 표준하수관거의 재하실험을 수행한 결과 실험결과보다 해석결과에서의 최대하중값이 더 낮게 나왔지만 전체 그래프의 경향이 거의 일치함을 확인할 수 있다.

이와 같이 EF지수재의 수밀성 실험, 인장시험, 표준하수관거의 재하실험과 해석을 수행한 결과 EF지수재를 실용화 함에 있어 큰 문제점을 발견할 수 없었고 앞으로 EF지수재가 실용화가 된다면 기존의 하수관거의 문제점을 크게 개선할 수 있을 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

1. 김철영, “조립식 프리캐스트 박스 암거 연결부 성능개선에 관한 연구”, 석사학위논문, 명지대학교, 1998
2. Klaus- Jurgen Bathe, “Finite Element Procedures”, Prentice Hall International Editions, 1996