

## 하수도용 유리섬유복합관의 거동(Ⅱ)

### A Behaviors of Sewerage Glass Fiber Reinforced Plastic Pipes (Ⅱ)



김영진(Kim, Young Jin\*) 정회원 | 한국토지주택공사 수석연구원 | 공학박사 | yjkim@lh.or.kr

#### 1. 들어가기

우리나라 하수관의 대부분을 차지하고 있던 철근콘크리트관(흙관 등)은 부식과 이음부의 수밀능력저하 등으로 인한 지반오염 등 사회적으로 심각한 문제로 대두되고 있어 더 이상 흙관을 오수용으로는 사용을 안하고 있다. 이러한 이유로 인하여 200년대 들어 장기 내구성 확보, 지반오염방지, 수밀확보, 취급의 용이성, 기타 친환경적인 재료의 개발 등으로 인하여 다양한 관종들이 우후죽순처럼 사용되어지고 있다.

이를 재료적으로 분류하여보면, 콘크리트(PC관 포함)계통관, 폴리에스테르수지콘크리트(구, 레진콘크리트)계통관, 도관, 덕타일주철관, 유리섬유(유리섬유복합관, 강화플라스틱복합관)계통관, 폴리에틸렌, PVC, 파형강관(수지포함) 등 다양한 물성치를 갖고 혼용된 방식의 각종관들이 춘추전국시대를 맞고 있다고 해도 과언이 아니다. 이는 환경부의 하수관거 정비사업(BTL 포함) 등 잇단 호재도 한목

을 하고 있으나, 강성관으로 분류되는 관들 중 현 장여건에 맞는 적절한 설계 및 시공이 미흡한 사례도 종종 발생하고 있다. 몇 가지 특수한 상황에 대하여 언급해 보면, 바닷가에 위치한 구조물들은 빈번한 조수간만의 차로 인해 자중이 무거운 콘크리트계통관의 국부세굴현상으로 관 연결부의 꺾임 현상 발생, 흙관내부에 부식방지용으로 에폭시 코팅처리를 하여 관 수명연장 및 방식도장처리, 오점으로 인한 누수발생, 흙관 연결부의 고무링 눌림 또는 이탈현상 등으로 인한 수밀 미확보문제, 깨지거나 단차가 발생하는 등 다양하게 발생하고 있으며, 연성관 계통의 문제로는 무엇보다도 중요한 지나친 관의 변형문제, 재료의 함량 미달 등에 따른 품질확보 부족(강성부족 및 재료의 비합성문제 등), 연약지반에서의 다짐부족에 따른 관의 안정성확보 부족, 변형된 상태에서의 누수량 체크 필요성 제기, 과도한 신·수축발생으로 인한 관의 과도한 인장력 발생, 충분히 검증되지 않은 관의 내구수명(대략 50년 품질보증제도 정비 미흡), 경량화에 따른 부력발생문제, 각기 다른 체결방식에 따른 작업인부

\* 한국토지주택공사 수석연구원 yjkim016@lh.or.kr

의 미숙련 등으로 볼 수 있다. 하지만 우리가 쉽게 간과했던 사례들 중에 몇 가지 추가할 사항으로는 각 관종별 내구수명에 따른 관 변형에 대한 시험 및 내구수명의 검증 및 인증제도 필요성 대두, 지중에 묻혀있는 관의 변형된 상태에서의 수밀시험에 대한 노력, 각 관종별 50년 이상씩 된다는 관의 내구수명 확보문제, 변형된 상태에서의 관의 통수단면 확보 문제, 1,000mm 이하 연성관에 대한 CCTV촬영에 의존한 정성적인 판단에 근거한 관 변형 문제, 변형 측정장비의 적극적인 활용 미비로 인한 지속적인 변형량 측정에 따른 관의 유지관리 문제, 수지를 입힌 파형강관과 같은 조도계수(n)에 대한 다양한 형태의 관경별 국내 실험자료 미확보로 인한 논란의 문제(즉, 평활면이 있는 강관과 평활면이 없는 강관의 조도계수가 같다고 설계함으로써 시공 후 추가적인 단면 확대 문제 야기), 하천변 등과 같은 지하수위차에 따른 연성관의 부력 문제, 각 관종별 장기허용변형률에 대한 기준치 제시 부족 등으로 볼 수 있다. 이러한 문제점들 중에서 나머지는 차후에 게재하도록 하고 금번 논지에서 필자가 다루고자 하는 주요 내용은 [환경부 하수도시설기준(2005)]에서 언급하고 있는 연성관의 허용변형률 중에서 유리섬유복합관(Fig.1 참조)의 장기허용변형률 문제에 대해 언급을 하고자 한다.

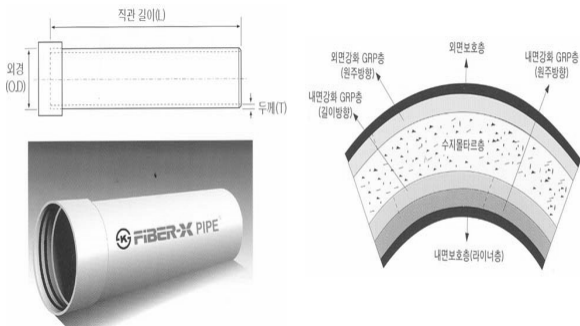


Fig. 1 유리섬유 복합관

## 2. 유리섬유복합관의 거동 특성

### 2.1 관의 변형 양상

강성관은 Fig. 2에서 보는바와 같이 주변토압에 비해 큰 강성을 가지며 부(-)의 아칭효과가 정돌출형 매설관인 경우에 주로 발생하게 된다. 그리고 강성관의 주요한 파괴양상은 관 표면의 균열과 파쇄가 원인이 된다. 연성관은 주변토압에 비해 작은 강성을 가지며 매설관에 작용하는 연직응력이 토피압력보다 작기 때문에 정(+)의 아칭효과가 나타나게 된다. 그리고 연성관의 주요한 파괴양상은 과도한 관의 변형에 의해서 발생된다. 또한 수평방향의 변형은 흙의 수동저항을 유발하여 뒤편재가 잘 다져진 경우에는 상부 연직응력과 수평 저항응력이 같아진다.

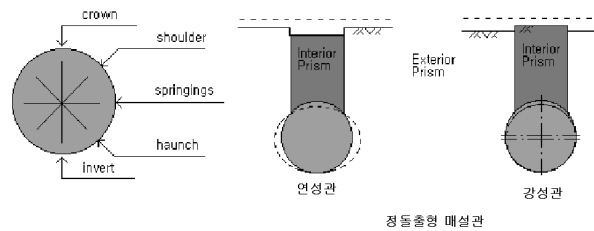


Fig. 2 관의 각 부분의 정의와 강성관 및 연성관의 변형양상

Fig.2 와 같이 강성관과 연성관의 외부하중재하로 인한 변형거동은 강성관은 재료적으로 외부하중에 견디다가 종국에는 상부(crown), 스프링구간(spring), 인버트(invert) 구간에서 파괴되되 거동을 보이게 되며, 연성관의 거동은 외부하중 재하 시 관에 미치는 구속응력(주동토압에서 수동토압으로의 전환)은 관-지반 상호작용(soil-structure interaction)으로 인하여 지반이 다져지면서 관과 지반이 안정화에 다다르게 된다. 그러다가 종국에는 하트(heart) 모양의 파괴로 이어진다(Fig.3 참조). 유리섬유복합관은 중간층(속채움 층)에 수지모르터를 삽입하여

하중에 견딜 수 있는 층과 내·외면에 보호층을 씌우므로써 하나의 복합일체(합성구조)형 구조체로 이루어져 있다. 따라서 파괴양상은 강성관의 파괴 현상을 보이는 것이 아니라 연성관의 변형-좌굴 파괴현상을 보이기 때문에 변형을 허용하고 있으며, 강성파괴로 본다는 것은 이러한 구조적 거동을 충분히 살펴보지 않은 것으로 판단된다. 또한 일본의 경우에서처럼 허용변형률을 제조에 따른 구조형상 및 환경에 따른 시공조건에 따라서 3%~5%까지 장기적인 허용변형률을 두어야 한다고 필자는 생각한다. 하지만 국내에선 PE관과 PVC관만 환경의 5% 이내로 획일적으로 규정하고 있기 때문에 이런 문제점에 대한 개선책이 요구되고 있는 실정이다.

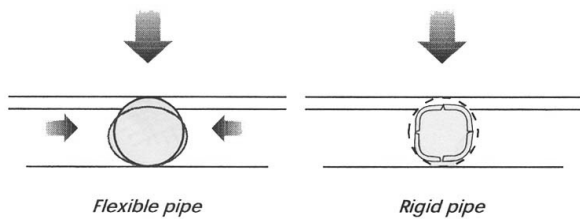


Fig. 3 연성관(Flexible pipe)과 강성관(Rigid pipe)의 하중에 따른 변화

유리섬유계통관은 부식과 강성을 높이기 위하여 불포화폴리에스테르수지에 모래(규사성분)를 사용하여 만든 관으로 강성의 성질과 연성의 성질을 동시에 갖고 있다. 하지만 얇은 두께로 인하여 강성의 성질보다는 변형에 좌우되는 성질이 주로 보이기에 변형에 대한 허용치를 두어 장기적인 내구 수명을 확보하여 단기하중에 의한 분류보다는 재료 및 외부하중에 따른 장기적인 연성거동에 관점을 두고 보는 것이 더 정확하다고 판단된다. 또한 실제 현장에서 발생하고 있는 관 변형에 따른 기초 조건별 기준을 두고 허용변형률에 따른 관의 사용 수명 또는 유지관리에 초점을 맞추어야 할 것으로 판단된다. 재료적 성질만 보면 처짐이나 변형은 단

기 및 장기의 처짐과 변형으로 구분되며 단기처짐과 변형은 하중 작용시에 순간적으로 발생하고, 장기 처짐과 변형은 장기간에 걸쳐서 지속적으로 발생하는 것으로써 관의 단기 및 장기 처짐량은 허용처짐량 이하이어야 한다. 폴리에틸렌관(PE계통관), PVC관 등 연성관으로 분류되는 자재들에 대한 하중-변형시험을 시행한 결과에 의하면 유리섬유복합계통관의 변형 특성 또한 연성관의 거동을 보이고 있으므로 여기서는 유리섬유복합관의 하중-변형 특성에 대하여 살펴보고자 한다. 또한 환경부에서 제정한 하수도시설기준 등을 검토하여 기준에 없는 것들을 새롭게 정립할 필요가 있음을 명시하고 다음과 같이 살펴보고자 한다.

### 2.2 일본의 사례

유리섬유복합계통관 중 일본의 국토개발기술연구센터에서 발행한 [하수도용 강화플라스틱복합관 도로매설지침]과 일본하수도협회(JSWAS K-2)에서 발행한 [하수도용 강화플라스틱복합관]에서 보면 설계시 사용되는 강화플라스틱복합관의 허용변형률은 기초의 조건에 따라서 Table 1.과 같이 명시하고 있다.

Table 1. 설계시 사용하는 허용변형률(일본)

기초 종류	쇄석기초(%)	모래기초(%)
설계시 사용하는 허용변형률	5.0	4.0

### 2.3 국내 사례

국내에서 생산되고 있는 유리섬유복합관의 관 내경 허용차에 대한 기준은 KS에서 명시하고 있으며, 200mm~500mm 까지는 허용오차를 ± 1.5mm, 그 이상은 ± 3.0mm 으로 규정하고 있고, 국내의 “강화플라스틱 복합관( KS M 3333 : 1995)” 에서도 이를 준용하고 있다. 하지만 “수도용 플라스틱 배관계-불포화 폴리에스테르 수지 유리섬유강화

플라스틱(GRP)-압력 및 비압력 배관(2005)”에서는 다소 허용차가 다르게 적용되고 있는데, 실례를 들어보면 관내경이 400mm 경우 최소값을 -4mm, 최대값을 +8mm 로 규정하고 있어 KS M 3333 과 규정이 다르게 적용되고 있음으로 이에 대한 충분한 검토가 필요하다고 본다. 물론 사소한 사항으로 간주 할 수 있으나 관경의 변화에 따라서 통수 단면적 확보문제에 따른 전체 유량의 변화, 관 변형 후 발생할 수 있는 관 내부를 흐르는 유속 및 유량의 변화에도 영향을 줄 수 있는 것으로 나타나고 있다. 따라서 관의 변형문제에 따른 허용변형률 기준 제시는 관의 생존문제와 통수단면적 확보 및 변형으로 인한 관의 파손 문제 등을 일으킬 수 있으므로 시급히 허용변형률에 대한 국가기준을 마련할 필요가 있으나, 충분한 실험적 데이터가 축적되지 않았으므로 Table 1. 에서와 같이 일본의 사례를 참조하되 국내의 실험치를 바탕으로 기준으로 정하고, 국내의 연성관의 기준을 일괄적으로 5%로 정하는 것 보다는 충분한 실험을 통한 시공조건별 기준을 정하는 것이 급선무라고 본다. 이러한 사유로 인하여 [오수관거 자재적정성 검토 연구\_2004]에서는 모래기초시 허용변형률을 4%로 제시하고 있다.

2.4 관 제조에 따른 문제 및 개선 방향

“현장에 묻혀있는 관은 말이 없으나 변형된 모습으로 표현한다.”라는 말을 통하여 유리섬유복합관의 관 제조시 발생하고 있는 단면 축소현상은 제조방식에 따라서 충분한 양생시간이 얼마나 중요함을 말하고 있다. filament winding 방식은 mandrel(멘드렐)에서 충분한 경화시간을 주고 양생해야 하는데 바로 뽑아냄으로 인한 경화수축현상이 발생하게 되어 실제 현장에 반입된 관들을 측정된 결과에 의하면 내경이 400mm인 관의 경우 0.5%(내경 398mm)에서 0.75%(내경 397mm) 까지 단면이 축소하는 현상을 보였는데 이는 경화시간이 짧다는 것을 반증하는

사례라고 볼 수 있으며, KS M 3333 기준에서 보면 관 내경이 200mm~500mm 인 경우에 허용오차를 ± 1.5mm(400mm 인 경우 허용오차범위는 398.5mm~401.5mm)로 규정하고 있는데 이를 초과하여 단면이 줄어들었다고 볼 수 있다. 따라서 이런 문제를 해결하기 위해서는 경화시간을 충분히 늘리거나 KS 기준에서 언급하고 있는 허용차의 범위를 재조정하거나, 멘드렐(제조장치)에서 관 생산시 공칭치수보다 크게 하여 경화시간을 고려하여 충분히 양생할 수 있도록 해야 한다. 그리고 일부에서 제기하고 있는 열경화성수지 성질상 반복 피로에 의해 불포화 폴리에스테르 층이 유리섬유층과 박리 된다는 의문제기와 그 후 수분에 의해 분해가 일어난다고 하는데 이러한 문제제기에 대하여 다양한 실험적 증거와 충분한 해결책에 대한 강구노력이 있어야 할 것으로 판단된다. 또한 현장에서 분기관을 만들 때 발생하는 유리섬유가루에 대한 해결노력과 이때 물과 반응하여 장기적인 재료의 층 분리현상 또한 해결해야 할 것으로 판단된다. 물론 유리섬유계통관의 내용수명이 다한 후 폐자재의 처리문제는 제조회사에서 충분히 대책을 세웠을 것으로 믿는다. Table 2. 는 한때 제기되었던 문제들에 대한 개선방향을 언급하고 있다. 이런 문제점들의 개선을 통하여 오늘날의 좋은 제품들이 시장에서 호평을 받고 있는 것이며, 세계적으로 우수한 관을 생산하고 수출할 수 있는 계기가 되었다고 생각된다.

Table 2. 유리섬유계통관의 문제점 및 개선방향

기준 문제 제기 사항	① 관제조시 발생하는 경화수축현상으로 관단면의 축소 현상 발생
	② 반복피로하중에 따른 폴리에스테르 층과 유리섬유 층의 분리 현상
	③ 분기관 천공시 수분에 의한 분리현상
	④ 천공시 발생하는 유리섬유가루의 처리노력
	⑤ 장기내구성에 대한 지속적인 검증 노력
	⑥ 설계시 장기허용변형률에 대한 기준 제시
	⑦ 고무링 및 연결장치에 대한 사용수명 제시
	⑧ 수밀시험방법 개선 필요
- 기존에는 노상에서 관 체결 후 수밀시험	

개선 방향	① 충분한 경화시간의 확보 필요/제조시 관내 경단면의 치수 확대/KS M 3333에서 제시 하고 있는 허용오차의 범위 확대 ② 반복하중으로 인한 층 분리 현상발생에 대한 충분한 실험적 증명 ③ “일체형 분기관” 을 사용하거나 별도의 마감 처리를 할 것 ④ 유리섬유가루에 대한 별도대책 강구 ⑤ 실내시험에 의한 자료만 의존할 것이 아니라 하중 및 계속적인 내마모실험 등 수행 ⑥ 장기물성시험을 통한 제조회사별 기준 제시 ⑦ 고무링에 대한 재료적 성질 분석 ⑧ 지중에 관을 매설한 후 하중을 재하하고 관의 수밀시험을 할 것(하수도 공사 시공요령 개정)
----------	---

### 3. 관의 변형 조사

#### 3.1 CCTV 촬영 조사

유리섬유계통관의 내구수명은 보통 50년 이상으로 본다고 설계 하고 있으나 관변형에 따른 장기적인 거동을 파악하여 구조적 안정성을 확보해 주어야 한다. 지중에서 발생하고 있는 관-지반의 변형문제를 CCTV촬영에만 의존하여 판독한다는 것은 관내부의 부식, 파손 및 접합상태 등에 따른 육안검사로서 정성적인 판단일 수 밖에 없다. TV영상을 통하여 보이는 변형상태를 두고 판단하는 것은 촬영각도(Tilting : 상하로 촬영 각도를 움직이는 것, Panning : 좌우로 촬영 각도를 움직이는 것) 및 속도를 일정하게 맞추어야 하며 이에 따라 영상(image)을 제대로 볼 수 있으며 전경사진으로는 좋으나 정확한 수치를 나타 내기에는 부족하다(Fig. 4 참조).

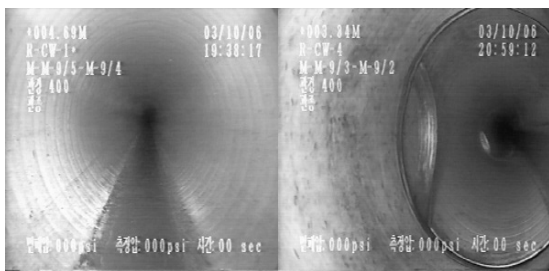


Fig. 4 내부 상태 (CCTV 촬영)

#### 3.2 LVDT(접촉식 미소변위 측정 장치)에 의한 변형량 측정

현장에서 유리섬유복합관을 묻어놓고 변형량을 직접 실시간 확인하는 방법중 하나는 LVDT장치를 관에 접촉시켜 계측하는 방법이 있는데, 매설순서를 보면 터파기 수행, 베딩재 조성, 관 설치, LVDT설치(Fig. 5 참조), 단계별 성토·다짐하는 순으로 이루어진다. 양산물금현장에서(2003년) 직접 시험시공을 통하여 관의 변형을 점검하였다. 관 내경은 600mm, 두께 8mm, 길이 6m의 관에 대하여 베딩재로는 양질의 모래를 20cm 포설하였다. 관 상단의 토피고는 1m로 시공하였으며, 하중재하는 만재된 덤프트럭을 사용하였다. 관을 되메우기한 후 7일간 거치한 후의 수직변위량을 확인하니 3.9mm 정도 발생하였고, 차량하중을 태운 후에는 7.5mm로 증가하였다. 차량 재하 후의 변형률은 1.25%로 증가하였다. 이러한 사실은 유리섬유계통관의 변형은 필수적임을 알 수가 있었으며, 허용변형률에 대한 기준제시가 필요함을 알 수 있다.

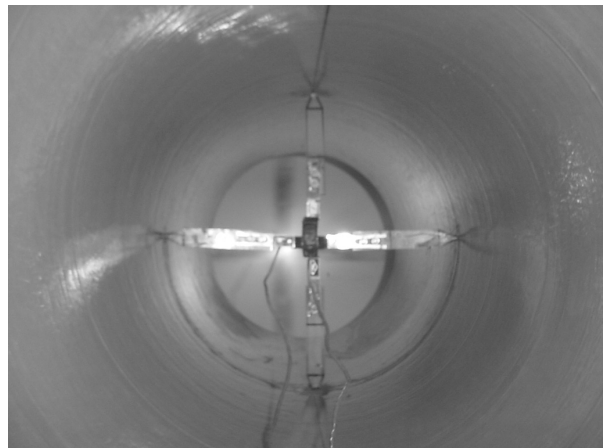


Fig. 5 변위계 및 변형률 측정

### 3.3 Deflector(이동식 변형측정 장비)에 의한 변형량 측정.

2000년 초반까지만 해도 외국 및 국내의 경우 제대로 된 현장에서의 관변형 측정은 거의 없었다고 봐도 과언이 아니다. 일부 있다고 하면, 외국의 멘드렐(mandrel) 등과 같은 정성적인 판단을 할 수 있는 측정장비 밖에 없었지만 이미 국내에서는 2003년 말부터 관 변형의 심각성을 인지하고 CCTV 촬영 등을 통하여 상태파악을 하였으나 이는 정성적인 판단으로 보는 사람과 촬영 각도에 따른 형상의 변화에 따라서 변형된 값을 수치로 파악하기에는 어려움이 많았다. 그래서 개발된 장비가 DEFLECTER(deflection meter, 필자 주)가 있었고 관내 토사 등 이물질의 여부에 따라서 0.5%의 오차는 발생하였으나 나름대로 정량적인 판단근거로 활용하였고 수치화된 최초의 변형측정장비로 개발하였다(Fig. 6 참조).

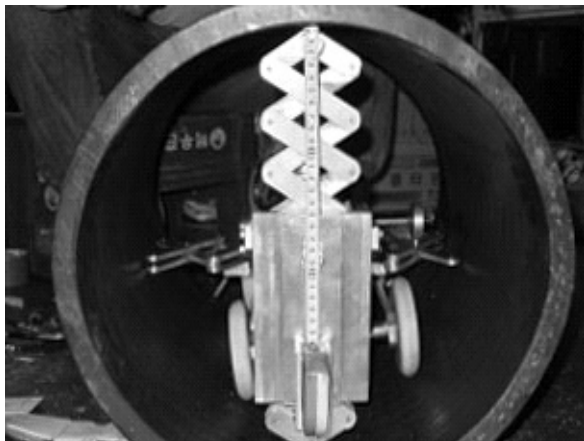


Fig. 6 변형측정기(DEFLECTER)

이를 지속적으로 활용할 시 관의 변형상태에 따른 내구수명진단 및 유지관리에 효과적이라고 판단된다. 본 장비는 관 내부를 주행하면서 본래 CCTV 촬영 기능과 관로의 변형 정도를 측정하기

위한 장치로 개발 되었다. 또한 본 장비를 활용하여 매설된 관을 정기적으로 측정을 하여 연성관의 품질 향상 및 정확한 시공을 유도할 수 있다고 판단된다. 현장에 매설된 관경이 300mm(매설심도가 1m)인 유리섬유복합관을 측정하였더니, 관 변형률은 대략 2.0 %~2.7 %로 나타났다. 이는 관 생산을 시작한지 얼마 안되었던 시기였다.

## 4. 현장조사를 통해본 변형 측정장비 소개

현장조사를 통해 하수관의 변형양상은 다음과 같다.

### 4.1 현장조사장비 소개

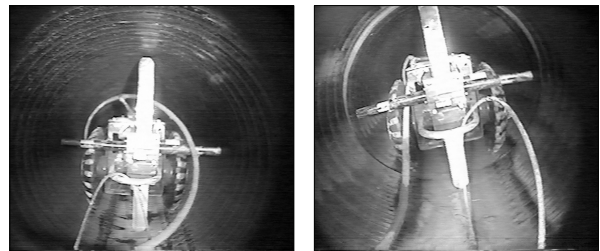


Fig. 7 기계식 변형량 측정장비

Fig. 7 기계식 변형량 측정장비는 연성관로의 내부를 주행하면서 CCTV를 통해 관로의 내부를 촬영함과 동시에 관로의 변형정도를 측정하여 수치적으로 환산 기록하여 매설된 관로의 변형상태를 측정하고 기록하기 위한 장비다.

위 과정을 통해 취득되고 처리된 정보는 보고서와 동영상으로 수요자에게 제공되며, 관로 매설 후 준공 검사 및 매설 후 관로의 거동 변화 등을 관리하는 자료로 사용될 수 있다. 또한, CCTV 촬영과 동시에 이루어지는 공정으로 CCTV 촬영보고서에서 전체 관로의 변형량을 파악할 수 있으며, 관로 거동의 이상 징후 발견 즉시 변형의 정도 측정이 가능하며, 향후

대책 수립에 기초자료로 활용이 가능하다. 하지만 최근에 개발된 Fig. 8 접촉식 관로변형 측정장비는 수치가 전산화되어서 바로 변형률로 표현이 가능한 장비다. 적용관경직경은 200mm에서 700mm까지가 가능하다. 측정오차는 ±1%미만으로 나타났다.

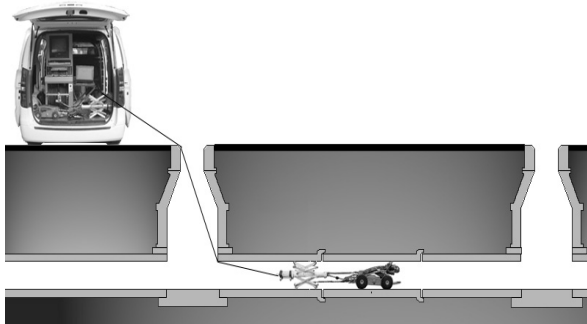


Fig. 8 접촉식 관로변형 측정장비

#### 4.2 측정결과

실제 주택공사 한 현장에 매설된 측정은 Fig. 9 유리섬유복합관의 변형측정치는 다음과 같다. 관경은 450mm로 최대변형률은 3.55%로 나타났다.



Fig. 9 유리섬유복합관의 변형측정치

Fig. 10은 W-지자체에서 시행한 유리섬유복합관(관경 300mm, 측정거리 45.5m)에 대한 변형도 조사에서 초기의 관변형률은 최대 3%정도로 나타났다.

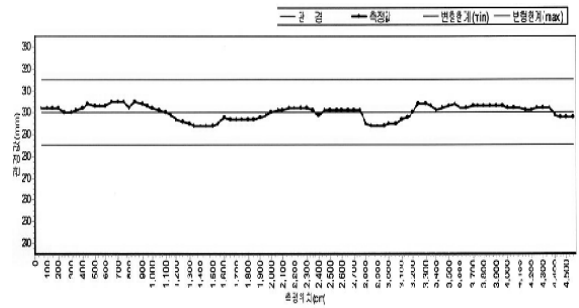


Fig. 10 실측데이터 사례

#### 4.3 레이저 및 초음파를 이용한 변형측정 장비

앞서 개발한 장비는 처리속도와 견인식이라는 한계점을 갖고 있기에 좀 더 효율적인 장비를 개발하기에 이르렀다. 본 장비는 연성관로의 내부를 주행하면서 cctv를 통해 관로의 내부를 촬영함과 동시에 관로의 변형정도를 디지털로 측정하여 수치적으로 환산 기록하여 매설된 관로의 변형상태를 측정하고 기록하기 위한 장비로써 Fig. 11과 같다.

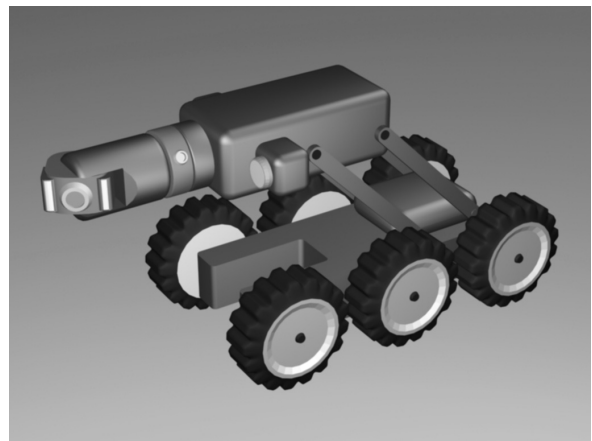


Fig. 11 레이저 및 초음파방식의 변형측정 장비

본 장비를 활용하기 위하여 최근에 매설한 관에 대하여 측정을 실시하였다. 단면에 대한 제원은 관경=400mm, 매설심도=1m(다짐도 95%)인 유리섬유복합관에 대하여 장비를 구동해 보았다. 그 결과 변형률은 약 1%~2.0% 정도 발생하였다. 이는 장비의 측정오차를 줄일 수 있었으며, 정확한 수치화

에 성공한 것으로 판단할 수 있었다. 단지 결점은 매질이 있거나 토사물이 있을 경우에는 청소를 해주어야 한다는 것이기에 사업 준공시에 이 장비를 사용하면 효율적이라고 판단한다.

본 장비의 구성은 관로내를 주행하면서 관로의 변형정도를 측정하는 기기와 이 기기를 이용하여 측정된 신호를 처리하여 화면에 표시하고 판독 가능한 수치그래프로 만드는 처리기법으로 구성되어 있다. 관로 내부 변형 측정기기는 변형 측정부에 장착된 레이저 거리센서를 이용한 거리측정기기, cctv 카메라와 변형 측정부를 장착하고 관로내에서 진행시키는 운반체, 그리고 측정된 측정값을 일정 신호로 변환 송출하는 자료송출기기로 구성되어 있다. 또한, 수치환산 처리기법은 측정부에서 측정된 신호를 변환, 그래픽 처리하는 기법, 수집된 신호를 분석하여 최대의 변형량을 산출하는 기법, 그래픽 처리된 영상을 cctv 촬영 화면과 동시에 모니터에 표현하는 기법, 그리고 cctv 촬영 화면을 포함한 측정부로부터 송출된 측정자료를 실시간으로 저장하는 과정으로 구성되어 있다. 위 과정을 통해 취득되고 처리된 정보는 보고서와 동영상으로 수요자에게 제공되며, 관로 매설 후 준공검사 및 매설 후 관로의 거동 변화 등을 관리하는 자료로 사용될 수 있다.

또한, cctv 촬영과 동시에 이루어지는 공정으로 cctv 촬영보고서에서 전체 관로의 변형량을 파악할 수 있으며, 관로 거동의 이상 징후 발견 즉시 변형의 정도 측정이 가능하며, 향후 대책 수립에 기초 자료로 활용이 가능하다.

## 5. 소 결

국내에서 사용되고 있는 유리섬유복합계통관의 변형률에 대한 기준정립은 시급하다. 관 변형이 발생하고 있는 실정에서 국가의 기준인 [하수도 시설 기준]상에 언급이 없다는 것은 변형을 허용하지 않

는다고 유권 해석할 수 밖에 없고, 또한 현장에서 도 유리섬유복합관은 강성관으로 비추어지고 있는 실정이다보면 이에대한 개선책이 급선무라고 생각한다. 또한 국가적으로는 유리섬유복합관에 대한 허용변형률 기준을 정립하고 허용변형률에 대한 기준이 없다면 외부하중재하에 따른 관 변형이 발생해서도 안되고, 변형이 발생하면 관의 수명은 다한 것으로 판단할 수 밖에 없다. 현장에서 발생하는 다양한 시공조건 및 지반조건에 만족하기 위해서는 외국의 기준을 우선적으로 벤치마킹할 필요가 있으며, 제조회사는 최대한 빨리 허용변형률에 대한 실험치를 제시 및 보완할 필요가 있다. 또한 국내에서 적용하고 있는 수밀시험을 관 변형전과 관 변형 후로 분리하거나 관변형 후에 수밀시험을 하는 방법으로 개선할 필요가 있다고 판단한다. 관의 사용처는 지반속에서 묻혀있고 외부하중에 의하여 변형이 당연히 발생하기 때문이다. 이러한 사실에 입각하여 현장에서 두 번의 수밀시험결과 2.5%변형이 발생한 뒤에 누수량은 거의 없었으나 추후 변형이 계속 진행되면 이에 대한 검토가 이루어져야 할 것으로 판단된다. 관을 취급할 때 주의할 점으로는 관 두께가 얇아보니까 충격 등으로 인한 수지몰탈 층이 깨질 염려가 있으며, 지금은 많이 개선이 되었지만 시공시 고무링 돌출현상발생, 연결부의 누수발생 및 부력에 대한 대처능력 부족 등을 들 수가 있으며, 이에 대한 지속적인 관심과 연구개발이 필요하다고 생각한다.

## 6. 나오기

국내에서는 변형에 대하여 체계적으로 정립된 이론이나 책자 등이 찾기가 어렵다고 볼 수 있다. 발표자는 1980년대에도 관이 좌굴되어 도로가 침하되어 사고가 발생한 사례들을 많이 들어왔으나 2000년 초반에 하수도관을 조사하면서 실패를 파



악한 결과 변형의 심각성을 알게 되었다. 또한 이의 파악을 통하여 개선된 자재 및 시공 등에 대하여 많은 노력을 기울였고 또한 사례발표를 통하여 많은 사람과 개선하도록 노력해 보았다. 또한 변형을 측정할 수 있는 장비의 부족으로 인하여 장비를 개발하여 실측도 병행했다. 본 논문에서는 연성관의 변형에 대한 실태조사 및 변형측정장비를 통하여 연성관로의 내부를 주행하면서 관로의 변형 정도를 측정하기 위하여 노력을 경주하였다. 사실 변형측정장비의 개발은 국내가 처음이었으나 외국에서는 장비의 개발을 통하여 국내에 판매하고자 노력하고 있는점 또한 국내의 개발에 대한 의지 및 변형으로 인한 관의 안정성 확보가 우선되어야 할 것으로 판단된다. 또한 매설 후에도 정기적인 점검을 통하여 연성관의 품질 향상 및 정확한 시공을 유도할 수 있기를 바라는 바이다.

### 참고문헌

1. 한국토지공사. (2004) 오수관거 자재적정성 검토 연구.
2. 환경부 (2005) 하수도시설기준
3. 김영진(2006), 유리섬유복합계통관의 변형 특성에 대한 고찰, 환경미디어
4. 대한상하수도학회·대한물환경학회 (2004) 연성관 변형량 측정장비의 개발
5. Marston, A. (1930), "The Theory of External Loads on Closed Conduits", Bulletin No. 96, Iowa Engineering Experimental Station, Ames, IA.
6. Spangler, M.G. (1948), "Underground Conduities", Transaction ASCE, Vol. 113.
7. Bulson, P.S. (1985), "Buried Structures(Static and Dynamic Strength)", Chapman and Hall, LONDON NEW YORK.