

# 하상여과공법의 유지관리를 위한 조사장치 개발 및 현장 성능평가

*The Inspection system development & Field experiments on performance evaluation for O & M RBF*



글 | 吳基植  
(Oh, Ki Sik)

토목시공기술사  
한라산업개발(주) 부회장

E-mail : ksoh@hallasanup.com



글 | 曹泰鎬  
(Cho, Tae Ho)

산업기계설비기술사  
한라산업개발(주) 사업본부장

E-mail : thcho@hallasanup.com

This research is about the inspection system which is for maintenance of laterals of local RBF(River bed Filtration). Inspection system is designed for local use in order to endure water resistance up to 50m and it also can examine the internal condition and colgging of laterals by moving inside of the laterals about 100m back and forward. We will conduct performance test of inspection system at the lalcal RBF site and present its result.

Key words : 하상여과, 조사장치, Oil Defense Chamber, CODS, CAPR

## 1. 서론

최근 하천수질정화 및 간접취수 등의 목적으로 수평집수관을 이용한 하상여과기술이 도입되어 낙동강 하류지역 등에서 시공되고 있다. 이들 하상여과에서 이용되는 수평집수관은 공사 중에 유입되는 이물질 및 시공완료 후 유입되는 대수층의 오염물질, 집수정 내의 미생물 활성화 등으로 인해 폐색현상이 발생하여 하상여과시설의 운영에 영향을 미친다. 이에 따라 하상여과시설을 안정적으로 운영하기 위하여 유지관리 기술개발의 필요성이 높아지고 있다.

하상여과시설 중 수평집수관의 시공상태 및 폐색상태를 모니터링하기 위한 조사장치는 수직깊이의 수중 50m(5kg/cm<sup>2</sup>)까지의 방수와 수직집수정 내 구간을 전·후진 회전촬영이 가능한 조사장치가 필요하다. 그러나 현재 국내에서 사용되는 기존의 하수도관이나 지하관정에서 이용하는 CCTV 조사장비는 방수능력이 일반적으로 반침수상태 또는 짧은 시간의 침수상태에서는 방수에 불가하며, 수중상태의 수평집수관내에서 부력과 장비무게(케이בל)를 견인 할 수 있는 충분한 추진력이 없어 영상촬영의 검사작업이 불가하다. 이러한 기존 조사장비의 문제점을 해결하고, 하상여과시설의 환경적 특성을 고려하여 본 연구에서는 특수한 방수구조(Oil Defense Chamber), 카메라와 자주차를 일체형으로 고안하여 수중에서 완전한 방수 기능을 갖추었으며, 수평집수관내부에 밀착하여 추진력을 갖는 바퀴구조와 전복상태에서 주행가능하도록 몸체(자주차)를 바퀴 직경보다 작게 개발하였다. 또한, 수평집수관내부의 상하좌우 구분을 쉽게 할 목적으로 카메라 촬영방향 표시 기능(CODS : Camera Operating Display on the Screen) 및 자동정렬 기능(CAPR : Camera Position Automatic Return)을 적용하였다.

본 논문은 국내 하상여과시설에 적합한 조사장치를 개발하고, 조사장치의 현장 성능평가를 실시 하는 것을 목적으로 하였으며, 수평집수관 내부영상을 분석, DB화, 저장 및 리포트함으로서, 유지관리에 대한 지속적이고 체계적인 관리방안을 수립하고자 한다.

## 2. 국내외 기술개발 동향

기존 하수도관 CCTV 촬영장비의 기술력은 선진국(유럽, 미국)에 비하여 70~90% 수준이다. 본 기술개발의 중요 특징 중 하나인 50m 수직깊이의 수중에서 작업 가능한 조사장비는 국내외적으로 최초로 적용된 기술로 가장 근접한 기술은 INUKTUN사의 조사장비로 약 수심 30m까지 방수성을 가진 제품이 있다.

〈표 1〉 국내 기술 분석

구 분	국내		
	개발품	S사	D사
사진			
주요 구성품	<ul style="list-style-type: none"> <li>방수성능                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 카메라 : 50m 방수</li> <li>- 자주차 : 50m 방수</li> </ul> </li> <li>카메라                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 360도 무한 회전</li> <li>- 상하 120도 회전</li> </ul> </li> <li>자주차                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사용관경 : 150~300mm</li> <li>- 방수구조 : 오일 챔버</li> </ul> </li> <li>휴대용 콘트롤러</li> <li>전동식 권취기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>방수성능                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 카메라 : 5m 방수</li> <li>- 자주차 : 5m 방수</li> </ul> </li> <li>카메라                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2차원평면 스캔</li> </ul> </li> <li>자주차                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사용관경 : 250~350mm</li> <li>- 방수구조 : 없음(정밀 밀폐)</li> </ul> </li> <li>차량탐제용 콘트롤러 및 권취기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>방수성능                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 카메라 : 5m 방수</li> <li>- 자주차 : 5m 방수</li> </ul> </li> <li>카메라                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 360도 무한 회전</li> <li>- 상하 110도 회전</li> </ul> </li> <li>자주차                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사용관경 : 180~300mm</li> <li>- 방수구조 : 없음(정밀 밀폐)</li> </ul> </li> <li>휴대용 콘트롤러</li> <li>전동식 권취기</li> </ul>
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 하상여과 스크린 구조에 적합한 자주차 구조</li> <li>- 완전 수중 상태에서 상수도관 100m 추진</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 카메라·레이더 복합형 진단 로봇생산</li> <li>- 하수관로를 연속적으로 스캐닝하여 2차원 평면으로 표현</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 직경 180~350mm까지의 다양한 하수도관 조사 로봇장치 생산</li> <li>- 타업체와 비교하여 가격이 저렴함.</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 장비 가격 고가</li> <li>- 방수성능 개선을 위해 옵션기능이 적음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 타업체와 비교 장비 가격이 가장 고가</li> <li>- 하수도관 조사 전용으로 수중 조사 불가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 장비 가격 저가</li> <li>- 하수도관 조사 전용으로 수중 조사 불가</li> </ul>
종합평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 수평집수관 전용 조사 장치</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 수중상대인 수평집수관에 적용 불가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 하수도관 전용 조사 장치로 수중상대에서 적용 불가</li> </ul>

## 3. 하상여과 유지관리를 위한 조사장치 개발

### 3.1. 하상여과 시설의 환경적 특성

조사장치는 크게 Pan/Tilt 카메라, 자주차, 콘트롤러, 권취기 등으로 구성되어 있다. 일반적으로 기존 관로 조사장치는 하수관로나 전력관 또는 가스라인 등의 관로에 유량이 거의 없는 상태에서 사용되며, 방수에 취약한 바퀴 및 카메라 등

회전축의 특성상 유량이 많은 관로에서는 사용할 수 없다.

본 수평집수관 조사장치는 수심 50m에서 수평으로 최대 100m까지 하상여과 수평집수관 내에서 전·후진 회전촬영하며 조사가 가능하다.

또한 기존 관로 조사장치의 문제를 해결하기 위하여 본 조사장치의 카메라와 자주차의 회전축에 오일 디펜스 챔버(Oil Defense Chamber)라는 방수구조를 고안하고, 스케일이 형성된 수평집수관 내면에서 충분한 추진력을 가지는 바퀴구조로 제작하였으며 조사장치의 전복상태에서 주행이 가능하도록 몸체(자주차)를 바퀴 직경보다 작게 개발하였다. 또한, 수중상태 원형집수관의 경우 상




하좌우 구별이 어려워 카메라 촬영방향을 그래픽으로 표현하여 모니터 화면에 디스플레이하는 카메라 촬영 방향 표시기능(CODS : Camera Operating Display on the Screen), 프로그램과 자동 정렬 기능(CAPR : Camera Position Automatic Return)을 적용하였다.

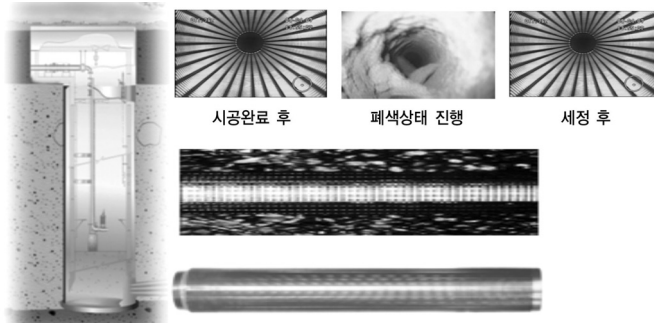
### 3.2. 하상여과 수평집수관 조사장치 설계 사항

#### (1) 방수성능 향상

본 조사장치는 깊은 수심의 환경에서도 완전 방수성능을 가지기 위해 오일 디펜스 챔버(Oil

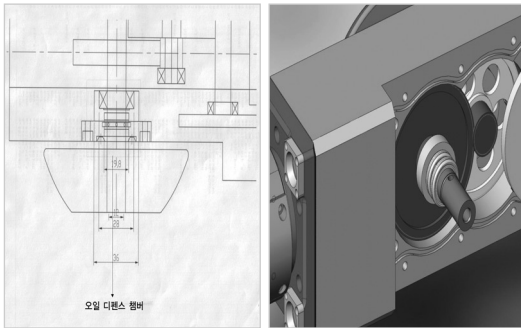
〈표 2〉 국외 기술 분석

구 분	국외		
	IBAK	INUKTUN	RADIO DETECTION
사진			
국적	독일	캐나다	영국
주요 구성품	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 방수성능                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 카메라 : 10m 방수</li> <li>- 자주차 : 10m 방수</li> </ul> </li> <li>• 카메라                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 360도 무한 회전</li> <li>- 상하 120도 회전</li> </ul> </li> <li>• 자주차                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사용관경 : 200~350mm</li> <li>- 방수구조 : 없음(정밀 밀폐)</li> </ul> </li> <li>• 차량탐제용 콘트롤러 및 권취기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 방수성능                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 카메라 : 30m 방수</li> <li>- 자주차 : 30m 방수</li> </ul> </li> <li>• 카메라                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 360도 무한 회전</li> <li>- 상하 120도 회전</li> </ul> </li> <li>• 자주차                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사용관경 : 200~350mm</li> <li>- 방수구조 : 없음(정밀 밀폐)</li> </ul> </li> <li>• 차량탐제용 콘트롤러 및 권취기</li> <li>• 전동식 권취기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 방수성능                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 카메라 : 10m 방수</li> <li>- 자주차 : 10m 방수</li> </ul> </li> <li>• 카메라                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 360도 무한 회전</li> <li>- 상하 120도 회전</li> </ul> </li> <li>• 자주차                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사용관경 : 200~350mm</li> <li>- 방수구조 : 없음(정밀 밀폐)</li> </ul> </li> <li>• 휴대용 콘트롤러</li> <li>• 전동식 권취기</li> </ul>
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 하수관로 조사장비 회사중 선두기업</li> <li>- 높은 기술력 보유</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 수심 30m 방수</li> <li>- 탈부착이 편리한 미니 트랙이라는 구동유닛 보유</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 다양한 종류의 카메라 보유 (푸쉬형, 팬·틸트 카메라)</li> <li>- 이동이 편리한 소형시스템 보유</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 장비 가격 고가/주문제작 불가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 장비 가격 고가/주문제작 불가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 장비 가격 고가/주문제작 불가</li> </ul>
종합평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 차량에 탑재된 일체형 조사장치로 수중상태에서 조사 작업 불가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 약 30m까지의 방수 성능을 보유하였으나 장비가격이 고가이고 주문제작이 불가함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 하수도관 전용 조사 장치로 수중상태에서 적용 불가</li> </ul>

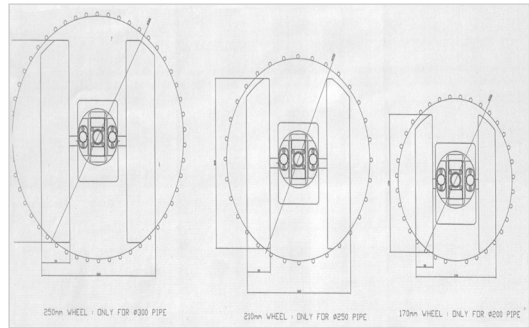


**하상여과 시설 개요**

- 수직집수정 : 직경 6m
- 수평집수관
  - 위치 : 최대 수심 50m
  - 직경 : 150~200mm(최대 350)
  - 길이 : 30~50m(최대 100m)



〈그림 1〉 오일 디펜스 챔버 Drawing



〈그림 2〉 관경 별 바퀴 구조

Defense Chamber)라는 방수 구조를 고안하였다. 오일 디펜스 챔버란, 오일과 물이 서로 혼합되지 못하는 성질을 이용하여, 자주차 방수의 가장 취약한 부분인 바퀴휠축(Axis)을 감싸는 챔버(Chamber)를 설치하고 그 챔버 내부에 오일을 채워 넣어 바퀴 축 틈새로 스며들어 오는 물을 챔버 내부의 오일 내압을 이용하여 외부방향으로 밀어내는 원리이다. 또한 주차 후미에 있는 케이블 테일 컨넥터(Tail connector)부 바다와 일체형으로 설계되어 차체에 누수가 될 만한 구조적 문제를 최소화 했다.

**(2) 자주차(Crawler) 추진력 및 안전성**

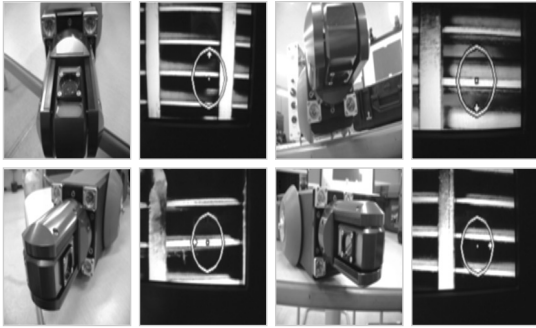
하상여과 수평집수관내부에서의 차체 전복방지기능은 자주차의 바퀴를 광폭으로 제작하여 평평한 관 내면을 주행하는 것과 같은 효과를 얻게되며 자연중력에 의해 관로 하저부로 미끄러져 내려오는 구조를 갖는다. 그리고 차체가 전복되

더라도 차체의 높이가 바퀴보다 작아 전복된 상태에서도 주행이 가능한 구조로 설계되었다. 또한 150~300mm까지 관경에 투입될 수 있도록 다양한 규격의 바퀴와 휠을 갖추었다.

**(3) 카메라 촬영 방향 모니터 표시 기능(CODS) 및 카메라 자동 정렬 프로그램(CAPR) 기능**

**1) 카메라 촬영 방향 모니터 표시 기능(CODS)**

수중상태의 수평집수관은 상하좌우가 식별 불가능한 내부구조를 가진다. 그에 따라 촬영검사 도중 이상부위가 정확히 파악되지 않을 수 있다. 또한 측면 접사 회전촬영의 경우에는 화면만 모니터링해서는 지금 회전되고 있는 위치를 정확히 파악할 수 없다. 그래서 본 개발품에는 카메라의 촬영방향에 대한 정보를 모니터에 그래픽으로 표시하는 CODS (Camera Operating Display on the Screen) 프로그램 기능을 개발하였다. 출력



〈그림 3〉 CODS프로그램 기능

화면에서 원은 관로의 횡단면을 의미하고 화살표는 카메라의 촬영방향을 의미하는데, 화살표의 길이가 짧아지는 것은 카메라의 촬영각도가 정면을 향하고 있다는 것을 의미하고 반대로 길어진다면 그것은 카메라의 촬영방향이 측면을 향할 때 그 각도가 커지고 있음을 의미한다. 이로써 검사자는 관로내부에 어떤 변형이 이루어진 정도와 위치를 정확히 확인할 수 있다.

(나) 카메라 자동정렬프로그램(CPAR)

카메라 자동정렬 프로그램(Camera Position Automatic Return)은 자주차의 카메라가 검사도중에 어느 방향을 비추고 있더라도 사용자가 카메라의 방향을 다시 정면으로 원위치 시키고자 할 때 사용할 수 있는 일종의 프로그래밍 기능이다. 이 기능은 어떤 이상부위의 발견시 그 위치를 CODS 기능을 통해 그래픽 표시 상태로 확인하는



〈그림 4〉 자동정렬 전 카메라 모습



〈그림 5〉 자동정렬 후 카메라 모습

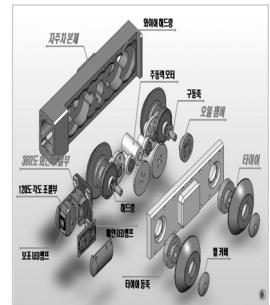
것과는 별도로 육안으로 명확히 확인케 해줄 수 있는 장점이 있다. 또한, 측시 회전촬영을 하고 난 후 자동정렬하여 주행을 손쉽게 할 수 있도록 하였다.

3.3. 하상여과 수평집수관 조사장치

(1) 조사장치 세부 구성도



〈그림 6〉 하상여과 조사장치 시스템



〈그림 7〉 자주차 구성도

(2) 조사장치의 구성품

구분	사진	사양
일체형카메라·자주차		-카메라 : 50kg/cm <sup>2</sup> 압력방수 -자주차 : 50kg/cm <sup>2</sup> 압력방수 -360도 무한 회전 -상하 120도 회전 -카메라 27만화소 -방수구조 : 회전축 2중 씰링 구조(오일 챔버, 오일 충전) -사용관경 : 150~300mm

구분	사진	사양
휴대용 콘트롤러		-카메라 상하좌우 방향 조종 -자주차 전후진 구동 조종 -램프 광량 조절 -외부 영상 신호 출력 단지 -자막삽입 기능 -저장 : PMP 모니터 -휴대가 편리한 Brief Case type 콘트롤러
전동식 권취기		-케이블 컨넥터 굴절부 없이 케이블을 몸체에 실링 연결처리 -자동정렬 장치 -거리측정기 -속도 조절장치

### 3.4. 유지관리 프로그램

#### (1) 프로그램 개요

본 유지관리 프로그램은 하상여과시설의 기본 사양 및 조사결과를 영상자료에 포함하여 각 이벤트 별로 DB구축을 가능하게 하였다. 따라서 하상여과 수평집수관 시공상태 검사 및 유지관리의 목적으로 폐색상태를 지속적으로 관리할 수 있다.

#### (2) 프로그램 주요 기능

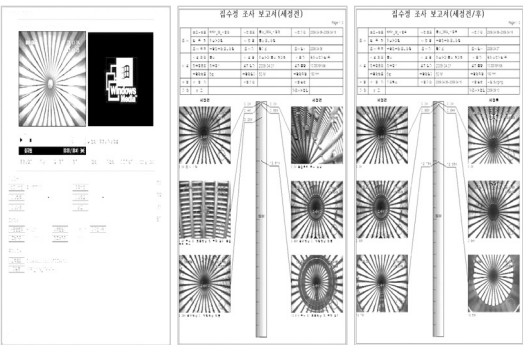
■ 시설 및 사업 정보 관리	■ 보고서관리
■ 수위/수질관리	■ 보고서 출력 관리
■ 이상항목 및 등급 판정	



프로그램 메인화면

시설 및 사업정보 입력

수위/수질 관리



이상항목 및 등급판정

세정전 보고서

세정 전/후 보고서

〈그림 8〉 보고서 화면

### 4. 현장 성능평가

2009년 2월~2009년 5월까지 U시와 K시의 하상여과 시설 현장에서 총 5회에 걸쳐 수평집수관 32개를 대상으로 조사장치의 운영 및 성능평가를 실시하였다. U시 하상여과 현장 수평집수관 12개소 및 K시 하상여과 현장 수평집수관 20개소에서 현장 성능평가를 실시하여 우수한 방수성, 추진성 및 안정성을 보여주었으며, 총 32개소의 수평집수관 영상자료를 포함한 DB를 구축하였다.

수평집수관 조사과정은 ① 현장 조사준비, ② 조사장치의 세팅 ③ 조사장치 수평집수관 입구거치(잠수사) ④ 조사작업 실시 ⑤ 조사장치 회수 ⑥ 현장정리 ⑦ 영상자료 검토 및 DB구축 등으로 구성된다.

조사장치의 현장 성능평가는 U시 4개 집수정과 K시의 2개 집수정을 대상으로 실시하였으며, 하상여과 현장의 개요는 〈표 3〉과 같다.

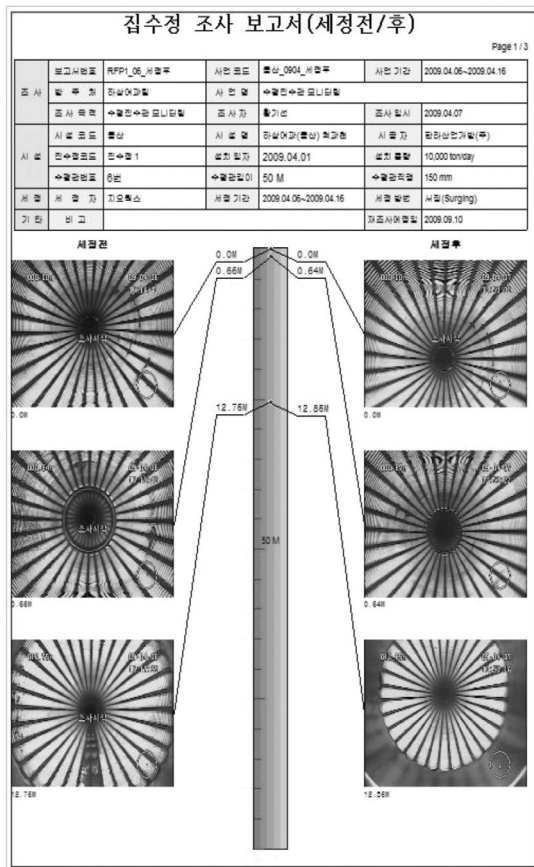
〈표 3〉 하상여과 현장 개요

구분	U 시	K 시
위치도		
집수정수	4개소(집수정당 수평집수관 8개소)	9개소(집수정당 수평집수관 10개소)
수평 집수관 규격	내경 : 150mm, 길이 : 50m	내경 : 200m, 길이 : 30m
시설 용량	집수정당 10,000m³/일	집수정당 20,000m³/일
수평 집수관 심도	6.7m~9.7m	35m





〈그림 9〉 수평집수관 조사 과정



〈그림 10〉 수평집수관 세정 전·후 조사보고서

## 5. 결론

수평집수관 조사장치는 U시 및 K시 하상여과시설을 대상으로 성능평가결과, 하상여과 수평집수관에 적용이 가능한 충분한 방수성, 추진력 및 안전성을 확보하였다. 또한, 하상여과 수평집수관 내 영상자료로 막힘 및 폐색상태를 실시간으로 파악하였다. 이를 통해 향후 하상여과 수평집수관의 경제적이고 효율적인 유지관리 기술을 확립하였다.

본 조사장치는 순수 국내 기술에 의해 개발된 하상여과 수평집수관 촬영조사 장치로 수입대체 효과 뿐 아니라 국내외적으로 발표된 관련 장치 중 유일하게 5kg/cm<sup>2</sup>의 방수성능을 갖는 제품으로서 향후 중국, 싱가포르, 말레이시아를 포함한 동남아 국가 등을 대상으로 수출 가능하다.

〈원고접수일 2010년 2월 17일(수)〉

## 참고문헌

1. 정상준, 송호면, 황환국 (2002) 국내·외 수밀시험방법 및 장비현황 조사연구, 한국물환경학회·대한상수도학회 2002공동 추계학술발표회 논문집, pp. 59-62
2. 이현동, 광필재, 주충남, 황재운, 최준항 (2004) 상수도관망의 유지관리를 위한 의사결정 방법, 한국물환경학회·대한상수도학회 2004공동 추계학술발표회 논문집, pp. 20-28
3. 김주환, 배철호, 김정현, 홍성호, 이경재 (2006) 대형 상수관로 노후상태 조사 및 평가에 관한 연구, 상수도학회지, 논문 20권 4호 pp. 545-558
4. 신승복, 정철권, 김양섭, 박규홍 (2006) NASP을 이용한 하수관거 조사·관리시스템, 한국물환경학회·대한상수도학회 2004공동 추계학술발표회 논문집, pp. 1213-1220
5. <http://www.cpenc.com>
6. <http://www.hytec.fr>
7. <http://www.ibak.de>
8. <http://www.inuktun.com>
9. <http://www.radiodetection.com>
10. <http://www.rico-eab.de>