

내약품성이 강화된 경질염화비닐재와 고점성 모르타르 및 특수제관장치를 사용한 상하수시설의 리뉴얼공법(IV) - 리플래시재구축공법의 시공특성 -

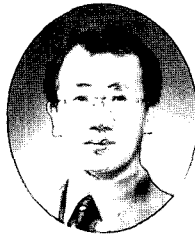
- The Renewal Methods for Rehabilitation of Deteriorated Sewers(IV) -
(The Construction Performance of Reconstruction Methods for Sewers)



권영진*
Kwon, Young Jin



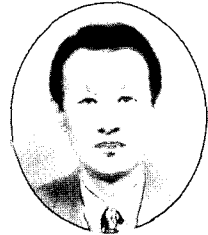
김중호**
Kim, Chung Ho



이희원***
Lee, Hee Won



이홍원****
Lee, Hong Won



조근호*****
Cho, Kun Ho

1. 서 론

제1보에서는 원형관거 뿐만 아니라 장방형 및 마제형 등 다종다양한 형태의 상하수시설에서 내면으로부터 보강함으로써 관거가 보유하는 내하력을 향상시키고 또한 침입수의 방지를 통수하면서 시공가능한 유일한 기술인 리플래시재구축공법(reconstruction methods for sewers)의 기본개요에 대하여 서술하였다. 또한 제2보 및 제3보에서는 리플래시재구축공법의 주요소재인 프로파일과 고점성 모르타르 등의 기초특성과 제관기, 지보재 및 이입장비 등의 주요특성에 관하여 고찰한 후 기존관과 갱생재의 일체화에 관한 연구와 아울러 내하특성 등의 구조거동 등을 중심으로 그 성능에 대한 검토결과를 각각 서술하였다.

본 제4보에서는 본 공법의 현장적용을 위한 곡선관로대응, 단차대응, 이입재주입 시공과 오수유하중 시공시험 등의 시공성능

을 실험을 통하여 규명하였고, 또한 국내외의 시공사례를 통한 현장적용성을 검토하여 본 공법의 시공성능을 파악하고자 한다.

2. 본 공법의 시공성능평가

본 공법의 시공성능을 평가하기 위한 시험항목은 <표 1>과 같이 곡선관로 대응 시험부터 고압세정시험에 이르기까지 6종 류로 하였다.

표 1. 시공성능 시험항목

순서	시공 성능 시험 항목
1	곡선관로 대응시험
2	단차 대응시험
3	이입재 주입시공 시험
4	오수유하중 시공시험
5	기설 하수관에 의한 지수성 시험
6	고압세정시험

2.1 곡선관로 대응시험

곡선관로에 대한 제관(製管)성능을 확인하기 위하여 다음과 같은 조건에서 시험을 실시하였다.

- 모의관로 : HP Φ 1,100 mm \times 약 10 m
- 굴곡각 : 10°/1개소 \times 3개소 = 30°

- 제관경 : 내경 Φ 1,000 mm
외경 Φ 1,043 mm
- 프로파일 : 경질염화비닐재 #79S

<그림 1>은 시험방법의 모식도를 나타내고 있으며 <사진 1>은 그 결과를 보여주고 있다.

본 시험결과 굴곡각 1개 10° \times 3개소 (30° 휩)의 모의관로 내에 제관경 Φ 1,000으로 제관한 결과 문제없이 시공가능함으로서 곡선관로에 대한 대응은 매우 우수한 것을 확인하였다.

2.2 단차대응시험

구형관의 단차관로에 대한 제관성능을 확인하기 위하여 다음의 조건에서 <그림 2>와 같이 단차대응시험을 실시하였다.

- 모의관로 : RC박스칼버트 폭1,500 mm \times 높이 1,500 mm \times 15m, 관로접합부에 16 mm 및 50 mm의 단차를 만든.
- 제관사이즈 : 폭 1,400 mm \times 높이 1,400 mm \times 천치 R300 mm
- 프로파일 : W형스틸보강재 일체형

* 정회원, 호서대 환경안전공학부 교수
** 리플래시기술(주) 부장
*** 리플래시기술(주) 전무이사
**** 리플래시기술(주) 대표이사
***** 시설물리플래시시험의회 회장

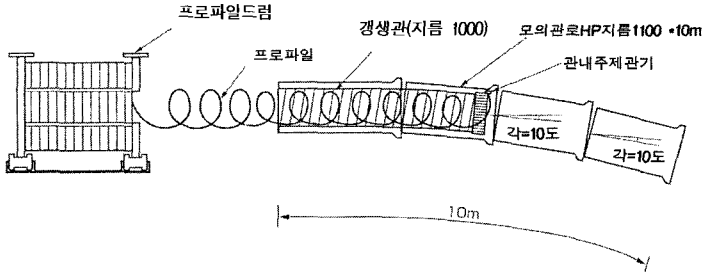


그림 1. 시험방법의 모식도

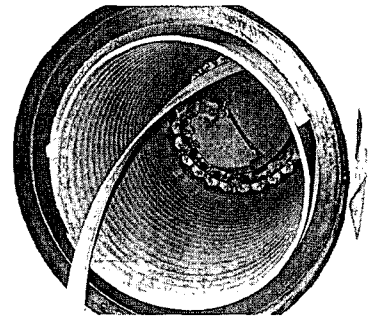


사진 1. 곡선관로 대응시험 결과

프로파일(# 79SW)

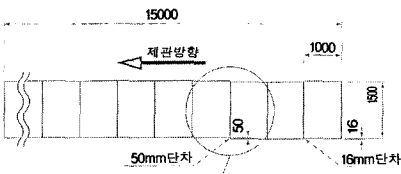


그림 2. 단차대응시험 모식도

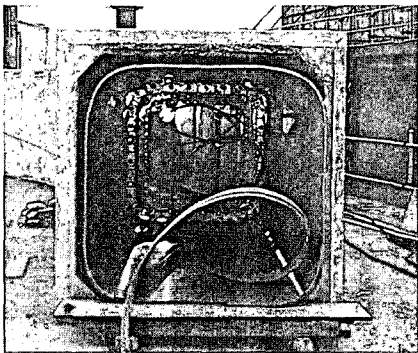


사진 2. 단차대응시험결과

그 결과 <사진 2>에 나타낸바와 같이 16mm 및 50mm 단차를 둔 단형모의관로에 갱생구형관을 제관 삽입한 결과 단차에 따른 문제없이 시공 가능한 것을 확인하였다.

2.3 이입재 주입 시공시험

본 시험의 목적은 이입재가 전 스펠에 충분하게 충전되었는가 하는 점과 고품질 시공 여부를 확인하는데 있으며 확인방법은 실제의 구형하수관갱생을 시공한 현장에서 지보공 천공부위 및 코어 채취공시체를 육안관찰하여 이입재에 큰 공극 및 공기포, 균열 등의 유무를 조사하고, 충전상황을 확인하였다.

-기설하수관 사이즈 : 1,670 mm × 1,500 mm

- 갱생하수관 사이즈 : 1,540 mm × 1,370 mm
- 시공스팬 : 30m
- 지보공 천공 : $\Phi 49$ mm, 약 2m마다 정점 2개소, 계 34개소
- 코어채취 : $\Phi 31.5$ mm, 약 7m 간격에 4단면, 계 20개소(정점 및 측벽)

시험결과 시공 스펠(30m)에 있어서는 전 지보공천공부위 및 코어채취 위치에서 이입재의 공극이 없이 완전히 충전된 것을 확인하였다. 또한 이입재의 품질확인용 시체의 구형양거 시공현장에서 이입재 충전 28일 후, 관거로부터 코어 공시체와 교반조에서 채취한 공시체에 대하여 압축강도 시험을 행하였다.

-기존하수관 사이즈 : 1,670 mm ×

표 2. 오수유하중작업에 대한 측정결과

측정일	시간	기상	작업공정	수심	유해물의 관로내 작업에의 영향
1일	AM 9:10	가랑비	제관기 반입	11cm	제관중, 제관기에 다소 유해물이 부착되지만, 제관작업에는 전혀 영향 없음
	PM 1:40	구름	권출링 작업	15cm	
2일	AM 9:30	맑음	권출링 작업	제관기보다 상류 250 mm, 제관기보다 하류 170 mm	
	PM 4:30	맑음	제관 작업	제관기보다 상류 250 mm, 제관기보다 하류 100 mm	
3일	AM 10:30	맑음	프로파일 접속작업	제관기보다 상류 260 mm, 제관기보다 하류 120 mm	
4일	AM 10:00	맑음	제관 작업	제관기보다 상류 270 mm, 제관기보다 하류 90 mm	
	PM 3:30	맑음	제관 작업	제관기보다 상류 250 mm, 제관기보다 하류 90 mm	
5일	AM 10:00	맑음	제관기분해·반출, 부착부삭공·접합부용접	재생관내 110 mm, 기설관내 250 mm	
6일	AM 9:30	맑음	지보공 설치	재생관내 90 mm, 기설관내 240 mm	
7일	AM 2:30	맑음	지보공 설치	재생관내 80 mm, 기설관내 220 mm	
8일	AM 10:00	구름김	주입작업단얼음	재생관내 100 mm, 기설관내 270 mm	지보공 설치후 지보체에 다소 유해물이 부착되는 것을 제외하면 영향 없음
	PM 1:30	구름김	주입작업	재생관내 90 mm, 기설관내 250 mm	
9일	PM 0:00	맑음	주입작업	재생관내 90 mm, 기설관내 360 mm	
10일	PM 2:00	맑음	주입작업	재생관내 100 mm, 기설관내 260 mm	
11일	AM 10:30	맑음	지보공 철거	재생관내 80 mm, 기설관내 210 mm	
12일	AM 9:30	맑음	관구절단, 연결관·지보삭공 마감	재생관내 90 mm, 기설관내 260 mm	
13일	PM 1:00	맑음	마감 작업	재생관내 90 mm, 기설관내 250 mm	작업에 영향 없음

표 3. 지수성시험 부위의 개요

	기준관경	갱생관경	선로연장	관거연장	상류맨홀	하류맨홀	연결관수	
							오수	우수
No.1	250	200	30.60	29.70	원형 90	원형 90	0	4
No.2	300	250	24.30	23.40	직사각형 90×60	직사각형 90×60	0	2
No.3	350	300	42.80	40.80	원형 120	원형 120	7	4

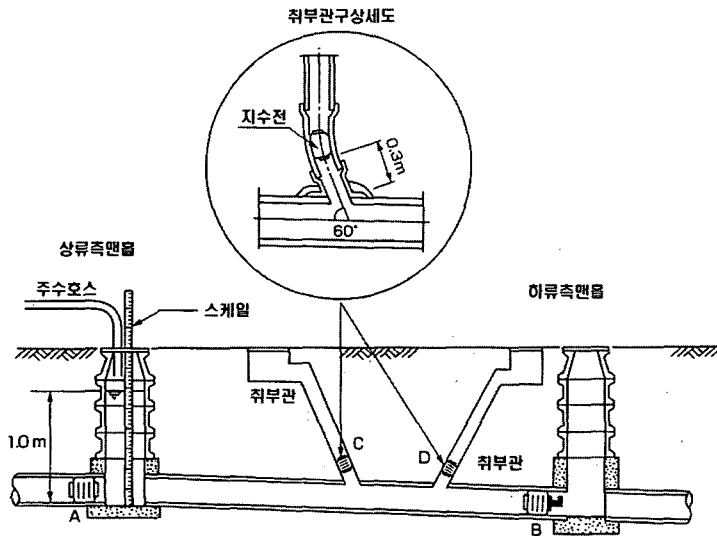


그림 3. 지수성 시험방법

- 1,500 mm
- 갱하수관 사이즈 : 1,540 mm × 1,370 mm
- 시공스팬 : 30 m

확인결과는 다음과 같다.

① 이입재는 지보공 천공부, 코어채취 부

위에서 확인한 결과 기준수관과 갱생관의 간극에 완전 충전된 것을 확인하였다.

② 코어채취샘플·교반조 채취 샘플과도 고정성 모르타르의 압축강도의 규격치인 4 주강도 35 MPa를 95% 신뢰하한에서 상회하며 목표값을 만족하였다.

③ 교반조 채취 샘플의 압축강도의 편차

(표준편차 $\sigma = 47.3$)는 작지만, 코어채취 샘플은 편차가 있었다(표준편차 $\sigma = 109.7$). 이 원인으로는 이입재주입시 공기가 들어갔거나 코어채취 및 공시체 제작 등의 가공의 영향이 주 원인으로 사료된다.

2.4 오수 유하중 시공시험

갱생관내부의 오수의 흐름을 막지 않고, 시공가능한 공법인 것을 확인할 목적으로 실제의 구형 하수관 갱생시공 도중 다음의 항목에 대하여 측정함으로써 각 시공공정에서 오수유하의 영향을 관찰하였다.

- ① 수심
 - ② 유하물의 상황 등(육안관찰)
 - ③ 상기 측정시의 작업공정과 상황(육안관찰)
- 기존 하수관 사이즈 : 1,670 mm × 1,500 mm
 - 갱생 하수관 사이즈 : 1,540 mm × 1,370 mm
 - 시공스팬 : 30 m

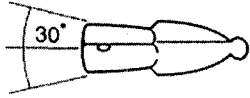
상기항목에 대한 측정·관찰한 결과를 다음 <표 2>에 나타내었다.

본 시험결과 각 작업공정에 있어서 수심 0.1 ~ 0.3m(기존관내) 정도에서는 오수의 유하는 전혀 작업에 영향을 미치지 않는 것을 확인하였다.

표 4. 지수성능시험결과

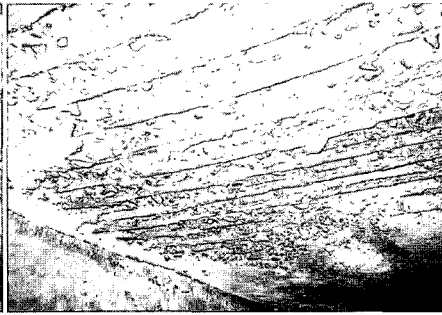
		No.1					No.2					No.3					
		수량 수위 GL-(mm)	3분후 수위 GL-(mm)	수위차 (mm)	누수량 (R)	지수량 (%)	수량 수위 GL-(mm)	3분후 수위 GL-(mm)	수위차 (mm)	누수량 (R)	지수량 (%)	수량 수위 GL-(mm)	3분후 수위 GL-(mm)	수위차 (mm)	누수량 (R)	지수량 (%)	
기준 관거	1회	750	908	158	95.5		405	629	224	121.0		2145	2180	35	39.6		
	2회	730	909	179	107.0		400	600	200	108.0		2100	2145	45	56.9		
	3회	730	904	174	103.8		420	599	179	96.7		2100	2143	43	48.6		
	평균				102.1	0				108.6	0				46.4	0	
갱생 관거	삭공전	1회	470	472	2	1.1		400	410	10	5.4		2100	2105	5	5.7	
		2회	470	473	3	1.7		396	405	9	4.9		2100	2101	1	1.1	
		3회	470	472	2	1.1		396	406	10	5.4		2100	2100	0	0	
		평균				1.3	98.7				5.2	95.2				2.3	95.0
	삭공후	1회	750	785	35	19.8		400	474	74	40.0		2100	2107	6	6.8	
		2회	770	804	34	19.7		390	458	68	36.7		2100	2105	5	5.7	
		3회	760	795	35	20.0		393	458	65	35.1		2100	2101	1	6.1	
		평균				19.8	80.9				37.3	65.7				4.5	90.3

표 5. 고압세정시험부위의 개요

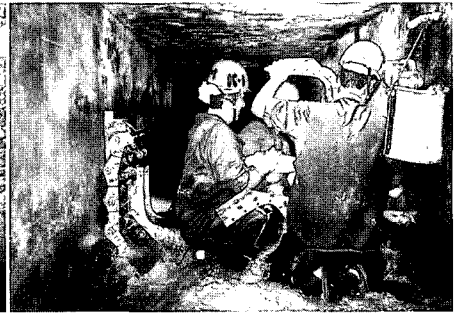
노즐의 형상	No.	위치	기존 관경	갱생 관경	스팬	세정방향	횟수	세정수압(MPa) (kgf/cm ²)	
								7.4(75)	15.2(155)
 공경 23 mm, 공수 7 1인치 후방분사노즐	1	A	250	200	29.70	상류 → 하류	10	이상	이상
						하류 → 상류	10	이상	이상
	2	B	300	250	23.40	상류 → 하류	10	이상	이상
						하류 → 상류	10	이상	이상
	3	C	350	300	40.80	상류 → 하류	10	이상	이상
						하류 → 상류	10	이상	이상



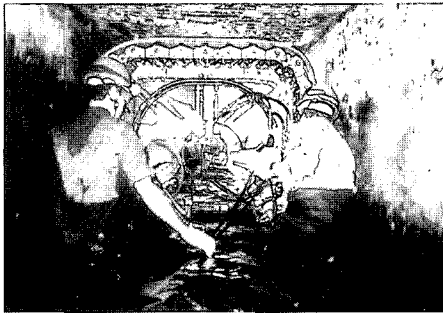
a. 갱생전 기존관의 상황



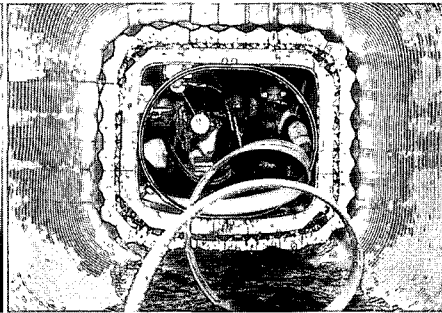
b. 갱생전 기존관의 부식 상황



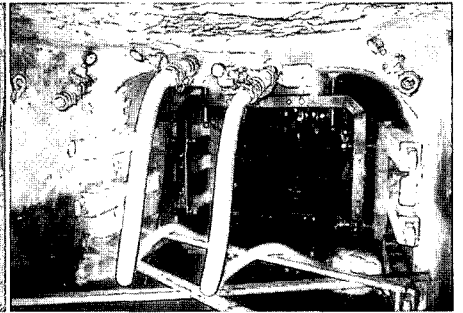
c. 제관기의 조립



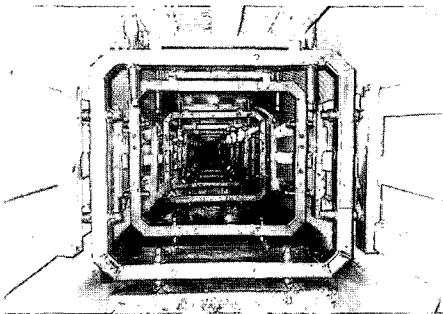
d. 하수공용하의 제관



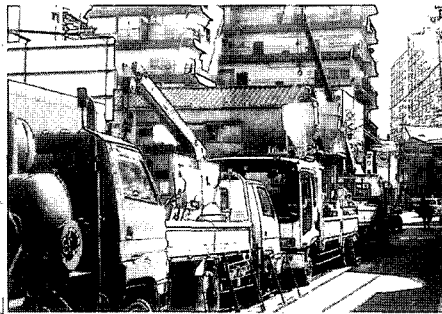
e. 제관 상황



f. 관구 실링 충전확인용 밸브의 부착



g. 지보재 설치 상황



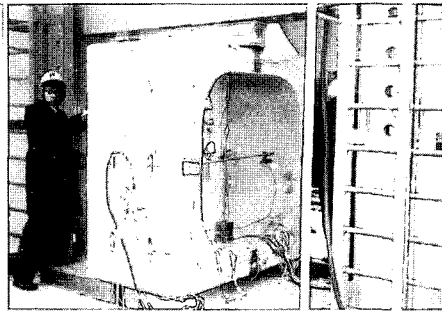
h. 뒷면 충전재의 충전상황(지상)



i. 부착관 상황



j. 갱생후의 관내 상황



k. 복합관의 파괴 외압시험



l. 갱생 후의 관내 유량 성능 시험

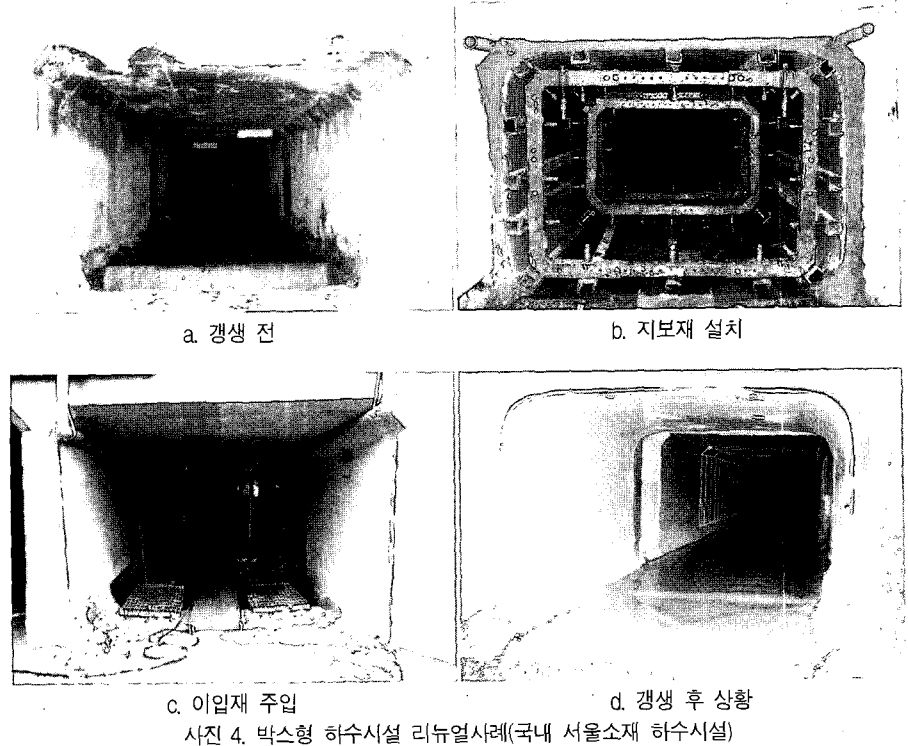
사진 3. 박스형 하수시설리뉴얼사례(일본)

2.5 지수성시험

갱생관의 지수성을 확인하기 위하여 <표 3>과 같이 갱생작업 전, 갱생작업 후, 연결관구삭공 후에 주수시험을 실시하여 누수량을 측정하였다.

계측방법으로서 상류측 맨홀의 상류관구(A)와 하류맨홀(B) 및 연결관(C), (D)의 각각의 지수전을 설치하고 상류측 맨홀의 관저높이보다 +1.00m까지 주수하고 주입수위의 하강상황(3분간)을 3회 계측하였다. 시험결과를 <표 4>에 나타내었다.

본 시험결과 갱생작업 후 지수상황은 양호하고 약간의 누수현상은 맨홀부분의 이음부, 관구 등에 의한 누수로 판단됨으로서 본관부 및 연결관구부도 충분히 지수가 가능하였다.



a. 갱생 전

b. 지보재 설치

c. 이입재 주입

d. 갱생 후 상황

사진 4. 박스형 하수시설 리뉴얼사례(국내 서울소재 하수시설)

2.6 고압세정시험(고압세정수로의 내구성에 관한 조사실험)

<표 5>의 시험시공부위서 고압세정수에 의해 프로파일의 감합부 및 라이닝면의 내수압성을 조사할 목적으로, 세정수압 7.4 MPa 및 15.20 MPa로 상류, 하류 각 10회씩 실시하였고, 세정전후 비디오카메라를 사용하여 프로파일 감합부 연결관구부를 관찰하고 비디오에 수록했다. 그 결과 라이닝면 및 접합부, 연결관구부에서 이상현상은 발생하지 않음으로서 세정작업에 의한 영향은 없는 것으로 판단되었다.

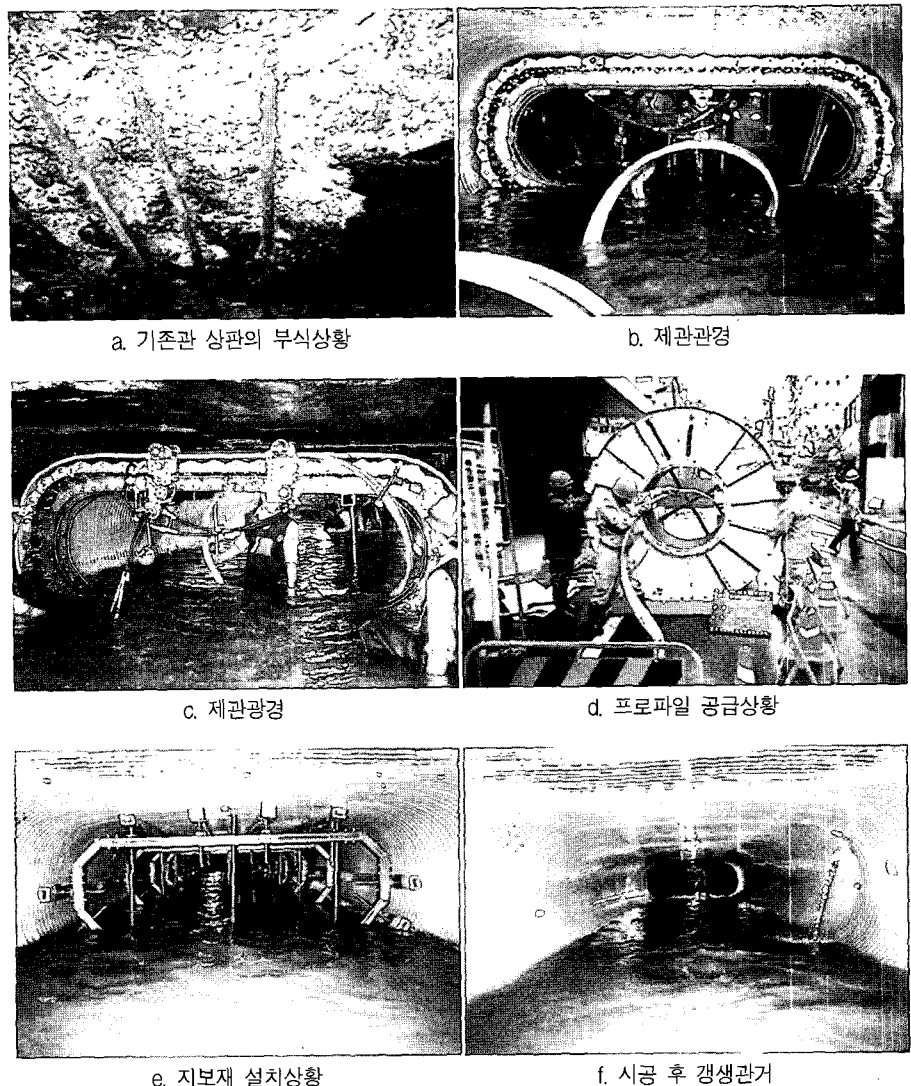
3. 본공법의 국내외 시공사례 조사 및 분석

전술한 시공성능평가에 기초하여 국내외 하수시설 리뉴얼 공사에 적용된 사례를 하수시설종류별로 분석하였다.

3.1 구형암거 적용사례

3.1.1 시공개요

<사진 3>은 이웃 일본에서 시공된 사례로서 대상관거는 차도폭 5m의 도로에 부설된 관거로서 축조후 80년 경과된 합류



a. 기존관 상판의 부식상황

b. 제관관경

c. 제관관경

d. 프로파일 공급상황

e. 지보재 설치상황

f. 시공 후 갱생관거

사진 5. 박스형 하수시설 리뉴얼 사례(일본)

식하수도 구형관거이다. 사진조사결과 <사진 3(a)(b)>에 나타낸바와 같이 상판의 철근노출이 극심하고 유효단면이 50% 정도로 감소된 부위도 있었으며 구조해석결과 방치할 경우 매우 위험한 상태인 것으로 판명되었다.

또한 <사진 4>는 국내 서울의 하수처리

시설을 본 공법으로서 시공한 사례를 나타낸 것이고 <사진 5>는 차도폭 7.6m의 도로에 부설되어 있는 합류식 하수도 구형관거에 대하여 본 공법으로 시공된 사례이다.

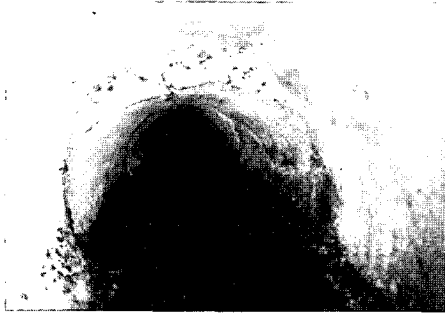
3.1.2 사용재료 및 시공방법

사용프로파일은 #79SW와 #80SW를

사용하였고 기타의 이입재의 특성과 시공 순서는 <사진 3~5> 및 제1보에서 서술한 바와 같다.

3.1.3 갱생후의 성능

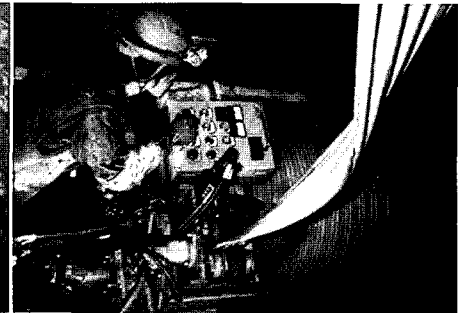
갱생후 관의 강도를 평가할 목적으로 복합관의 시험체를 작성하여 파괴의압시험



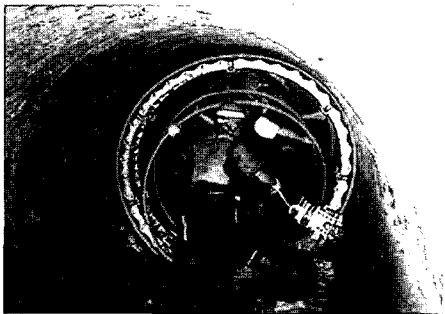
a. 기존관(600mm)의 상황(부식, 열화 등)



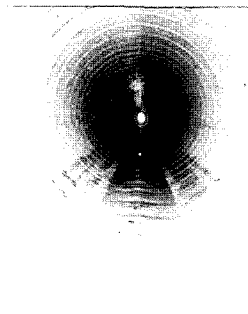
b. 원압방식에 의한 제관방법



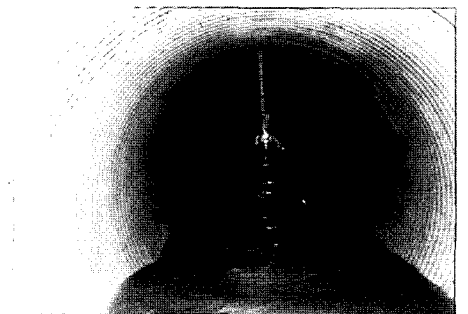
c. 내식성, 평활성, 강도가 우수한 관거로 복원



d. 기존관(2,000mm)의 상황

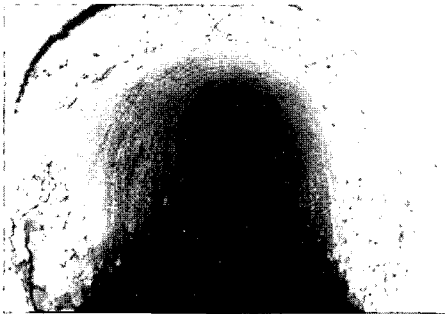


e. 자주방식에 의한 제관방법

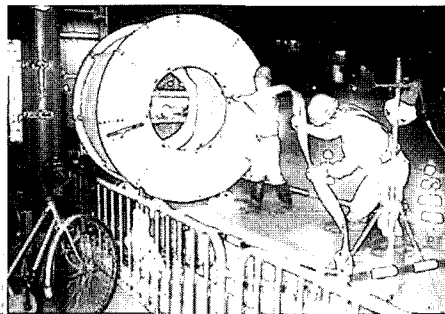


f. 시공후의 갱생관거

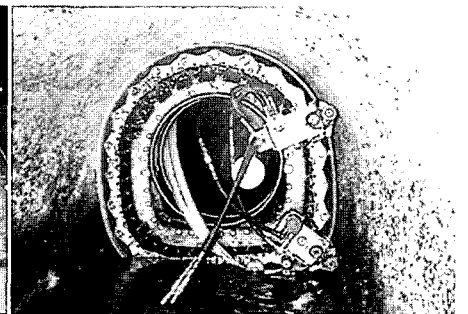
사진 6. 원형관거에 대한 기존관경 크기별 시공사례(일본)



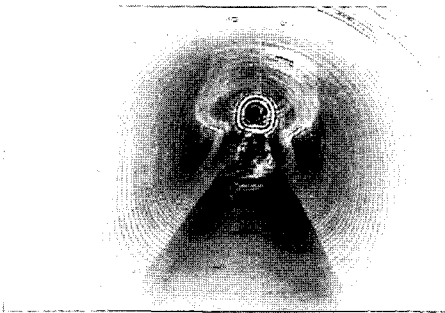
a. 기존관거의 내부상황



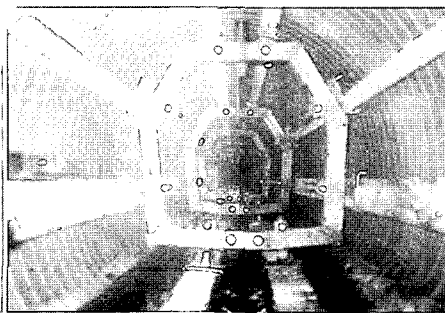
b. 프로파일의 공급상황



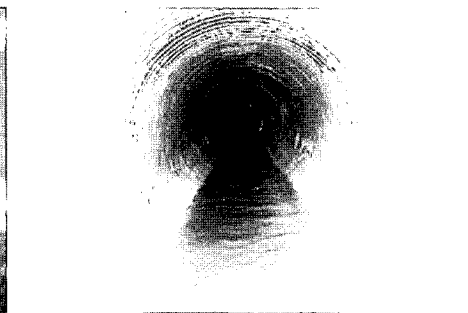
c. 하수공용 하에서의 제관상황



d. 하수공용 하에서의 제관상황



e. 부상방지겸 지보공설치상황



f. 이입재주입후 시공완료상황

사진 7. 마제형단면의 시공사례(일본)

을 행하였다. 본 현장을 가정한 시험체의 경우는 신폴 규격치에 대하여 약 3.4배의 파괴의압치를 나타내었다고 <사진 3(k)> 또한 부식이 진행되어 철근의 부식이 현저한 경우에도 신폴규격치에 대하여 약 2배의 성능을 유지하는 것으로 평가되었으며 시공 중의 소음, 진동 등에 관하여 측정된 결과 도로교통에 의한 소음, 진동 이상의 값은 측정되지 않았다.

또한 기존관의 조도계수가 0.0165이였으나 갱생 후의 조도계수의 측정결과 0.0094이고 경질염화 비닐관과 동등한 0.0010의 조도계수치를 사용하여도 문제가 없는 것을 확인하였다. 따라서 갱생 후는 유하단면이 약 80%로 감소하나 조도계수가 개선됨으로서 결과적으로 유하능력은 약 1% 향상되었다.

3.2 원형 및 마제형관거 시공사례

3.2.1 시공개요

<사진 6(a~c)>는 정화센터내의 오티반 송관거의 부식열화를 개선시킬 목적과 관거의 매설심도가 깊고 구조물이 인접하여 있으므로 개착에 의한 재포설은 어려운 상황이었으므로 비개착시공이 가능하고 갱생 후의 강도가 높고 내구성이 우수한 본 공법으로 시공된 사례이다. 또한 <사진 6(d~e)>는 생활인구가 많고 주변 아파트로부터 생활배수 등 유량이 많은 하수도관거로서 관거의 노후화에 따른 누수 및 도로함몰 등이 야기될 가능성이 높은 위험지구로서 소음과 진동 및 공해발생 등을 고려하여 본 공법을 채택하게 되었으며 <사진 7>은 마제

형관거의 사례를 보여주고 있다.

3.1.2 사용재료 및 시공방법

<사진 6(a~c)>는 기존관거가 600mm인 중소구경 원형관거를 갱생한 사례로서 사용한 프로파일은 #87S를 사용하였고 원압방식에 의하여 시공하였다. 특히 본 현장은 겨울철시공이었으나 문제없이 시공이 완료되었다.

<사진 6(d~f)>는 기존관거가 2,000mm인 대구경 원형관거 갱생사례로서 사용한 프로파일은 #79SW를 사용하여 자주식제관방식을 사용하여 시공하였다. <사진 7>은 마제형단면으로서 #80SW를 사용하여 자주식제관방식으로 시공하였다.

3.1.3 갱생후의 성능

전술한 현장 모든 경우에서 인접 구조물에의 영향없이 제관공 및 이입제 주입공은 하수공용하에 시공되었으나 갱생 후의 관거는 조도계수가 개선되고 내식성이 우수한 복합관거로 복원되었다.

4. 결론 및 향후계획

제1보, 제2보 및 제3보에 이어 본 공법의 시공 특성과 국내외의 시공 사례를 분석한 결과는 다음과 같다.

(1) 시공시 주요특성인 곡선관료대응시험, 단차대응시험, 이입제주입시공시험, 오수유하중 시공시험, 기존관거에 의한 지수성시험 및 고압제정시험을 행한 결과 우수한 시공성을 확보하고 있는 것을 확인할

수 있었다.

(2) 국내의 시공사례를 분석한 결과 관거의 사이즈와 형태 및 오수유하등의 환경 조건에 관계없이 조도계수가 향상되어 하수의 유하상황이 개선되며 기존관의 내력의 향상되고 있음을 확인할 수 있었다.

향후 이러한 시공성 분석을 토대로 시공매뉴얼과 설계매뉴얼을 소개할 예정이다. □

참고문헌

1. 권영진 외, "내약품성이 강화된 경질염화비닐재와 고점성 모르타르 및 특수제관장치를 사용한 상하수시설의 리뉴얼공법(I)", 콘크리트학회지, 제15권 제4호 2003. 7, pp.41~47.
2. 권영진 외, "내약품성이 강화된 경질염화비닐재와 고점성 모르타르 및 특수제관장치를 사용한 상하수시설의 리뉴얼공법(II)", 콘크리트학회지, 제15권 제5호 2003. 9, pp.52~60.
3. 권영진외, "내약품성이 강화된 경질염화비닐재와 고점성 모르타르 및 특수제관장치를 사용한 상하수시설의 리뉴얼공법(III)", 콘크리트학회지, 제15권, 제6호, 2003. 11, pp.70~77.
3. 권영진 외, "화학적부식을 고려한 하수관거(암거)의 열화대책공법 및 적용방향", 차세대하수관거정비 특별심포지엄, 대한상하수도학회 하수도연구회, 2002. 10.
4. 이현동, "하수관거의 재질특성분석 및 최적유지관리방안" 차세대하수관거정비 특별심포지엄, 대한상하수도학회 하수도연구회, 2002. 10.

새로나온 책 - "콘크리트 구조설계기준 해설"

◆ 소개 : "...1999년 5월에 건설교통부 제정 「콘크리트 구조설계기준」이 발간되었으며, 2000년 9월에 본 학회에서는 「콘크리트 구조설계기준」을 실무에 사용하는 설계기술자들이 설계기준의 배경을 이해하고, 이를 실제 설계에 적합하게 적용할 수 있도록 「콘크리트 구조설계기준 해설」을 발간하게 되었습니다. 그러나 통합 제정 당시의 설계기준에서 몇몇 오류가 발견되고 또 그 동안의 연구결과를 반영하기 위해 2003년 4월에 「콘크리트 구조설계기준」을 개정하였으며, 이 개정판에 대한 해설집을 이번이 발간하게 되었습니다..."(머리말 中)

• 제 목 : 콘크리트 구조설계기준 해설
• 출판일 : 2004년 2월

• 저 자 : 사단법인 한국콘크리트학회
• 페이지 : 405쪽

• 출판사 : 기문당
• 정 가 : 28,000원