

## 하수도용 연성관의 다짐정도에 따른 관거의 거동에 대한 사례연구 A Case Study of between Pipe Deformation-Compaction Ratio using Flexible Sewer Pipe

김영진<sup>1)</sup>, Young-Jin Kim, 이수현<sup>2)</sup>, Soo-Heon Lee, 안창근<sup>3)</sup>, Chang-Keun Ahn, 오진기<sup>4)</sup>, Jin-Ki Oh

<sup>1)</sup> LH공사 토지구획연구원 공학박사, PhD, Korea Land & Housing Corporation

<sup>2)</sup> (주)베이스소프트 사장, CEO, Basis Soft Inc.

<sup>3)</sup> (주)삼안 연구개발원 부장, General Manager, Saman Research & Development Center

<sup>4)</sup> (주)현대건설 차장, Chief Engineer, Hyundai Engineering & Construction Co.

**SYNOPSIS** : Sewer Pipes are not being managed for twenty years after laying. So, The life span of sewer pipes is on the decrease. For solve the life span decrease of sewer pipes, correct checking of questions and measure preparation are necessary through investigation in sewer pipes.

This research investigated on the state of sewer pipes in the housing and industrial sites through CCTV(closed-circuit television) and device of digitalized strain investigation. And, a result is as follows.

A results of PE, PVC, GRP, CSP investigations were found of pipe-transformation state by earth pressure and external load.

**Keywords** : sewer pipes, deformation, soil compaction, pipe deformation

### 1. 서 론

하수도용 연성관에 대한 연구는 최근에 새로운 이슈로 부각되고 있는 실정이다. 특히 오수용으로 흡관을 주로 사용하던 시공조건에서 최근에는 플라스틱계통의 연성관으로 사용 환경이 변화되고 있는 실정이며, 국가에서 시행하고 있는 하수관거 정비 사업을 통하여 흡관은 많은 문제점이 있는 것으로 나타났다. 최근의 신소재 및 첨단재료의 개발에 따른 관거의 발전은 가히 획기적이라고 판단할 수밖에 없다. 하지만 연성관은 관의 변형을 허용할 수밖에 없는 상황에서 90%이상 다짐도 확보방안은 현장의 다양한 상황을 고려하지 않은 판단이라고 생각된다. 또한 연성관의 변형으로 설계 유속에 오류가 발생되고 관내 퇴적 등이 발생하면 결국 전체 관망의 성능 저하가 발생하고 이러한 문제는 홍수와 같은 자연 재해 발생 시 더욱 큰 인적, 물적 자원의 손실을 초래할 수 있다. 이에 본 사례연구에서는 다짐도의 정도에 따른 관거의 변형상태를 비교하여 설계 및 시공의 차이점에 따른 관거의 거동을 살펴보고, 연성관의 다짐정도에 따른 관거의 변형에 따른 설계의 다양성을 살펴보고자 하였다.

### 2. 관의 거동

#### 2.1 다짐 정도에 따른 관의 거동

스프링부까지의 모래 다짐방법은 ①관부설 바닥면 모래포설 및 기초면 고르기 ②관부설 후 모래 채움

및 정지 ③양질의 토사 포설 및 장비에 의한 1층 다짐(30cm) 순으로 진행하며, 반드시 시험시공을 실시하여 다짐횟수, 다짐두께, 다짐장비등 문제점을 파악 개선하여야 한다. 그림 1. 은 다짐도에 대한 개념도를 제시한 것으로 모래기초를 스프링부까지 포설하여 다진후 양질의 토사를 다짐함으로써 모래를 대체하고 토사재활용을 통한 경제적인 단면을 설계하고자 한 기본사례이다.

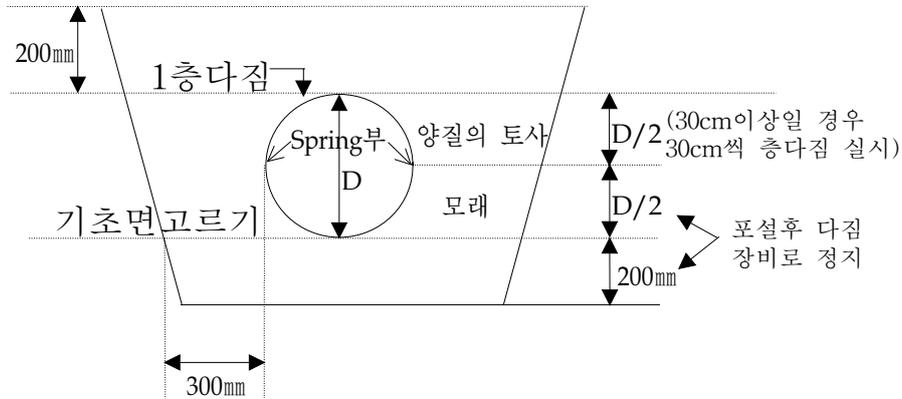


그림 1. 다짐도에 대한 기본(예)

## 2.2 설계 및 시공시의 차이점 분석

평상시 설계에서는 현장다짐정도에 대한 값들이 누락된 사례가 많이 있다. 예를 들어 현장밀도와 설계 시 밀도의 차이는 보통 설계 시에서의 95%다짐정도에 따라서는 현장에 대한 다짐도 확보 및 밀도가 차이가 날 수 밖에 없다. 구, 한국토지공사 택지 지구 내 오수관을 시공한 사업지구는 총 241지구(2006년까지)로서, 그중 113개 지구의 현황은 다음 그림 2와 같다.

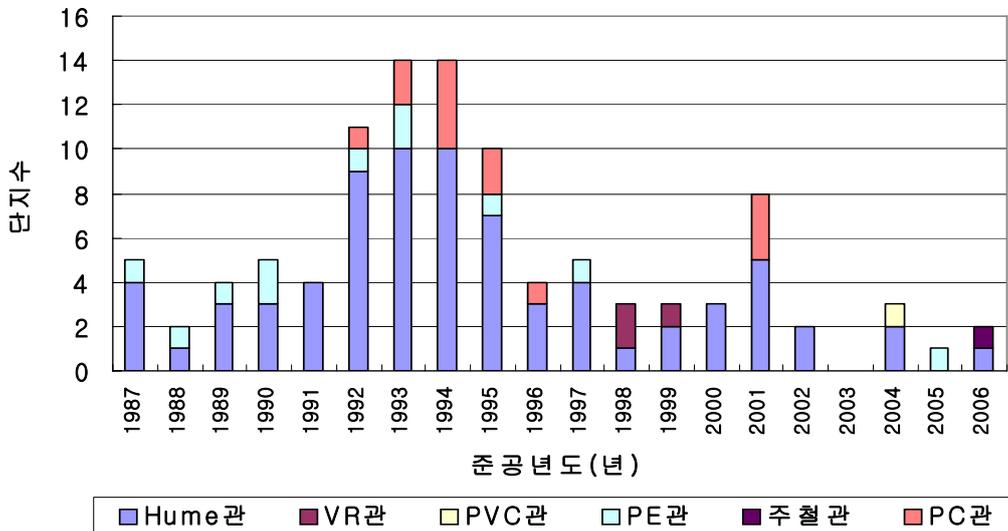


그림 2. 년도별 오수관종별 매설 현황

설계치에 대한 값들은 90% 다짐도를 기준으로 하여 시행하기 때문에 현장에 따른 다짐의 정도를 충분히 반영을 못하고 있는 실정이며, 파이프의 강성 값을 충분히 고려하지 않은 설계로 인하여 변형의 양상은 다양하게 발생하고 있다. 표 1. 은 파이프의 다짐도, 원 강성 계수 및 변형률에 대한 것으로 국내에서 조사한 내용과 유사한 경향을 보이고 있다.

표 1. 파이프의 다짐도, 원강성 계수 및 변형률의 관계

다짐도		강성 값	공칭 원강성계수(SN) : 파이프 강성의 약 2배			
			2	4	8	16
다짐도 (%)	94 초과 다짐시 변형률		0.0~2.1	0~1.5	0.5~1.3	0.6~1.0
	87~94 다짐시 변형률		2.4~5.3	1.8~4.2	1.6~3.0	1.2~2.0
	87 미만 다짐시 변형률		5.6~11.2	4.5~9	3.1~6.5	1.4~4.4

### 2.3 현장 조사 사진

현장조사를 통하여 OO시 △△구청의 현장사진을 살펴보면 관의 현재 상태는 처참할 정도로 변형이 되어있고 RC박스 구조체는 보수가 되어있으나 연결부위에 있는 관의 상태는 그림 3.에서 보는바와 같이 열악한 상태를 보이고 있다. 맨 좌측의 사진은 연결부위의 누수가 예상되어 지반의 오염을 야기할 수 있고 중간사진과 맨 우측의 사진은 망치로 그 사이즈를 보여주기 위하여 촬영을 하였다. 이는 강성구조체인 RC 박스구조물이 연성관을 잡아줄 수 있음에도 불구하고 과거의 변형된 상태로 시공을 마친 것을 알 수가 있었다.



그림 3. 관의 변형된 상태

### 2.4 실측값

현장에서 조사된 값들을 활용하여 특정 관에 대하여 관경 300mm, 매설심도 1m에서 관의 변형률을 측정하여보니 2%~2.7%(다짐도 83%)로 나타났으며, 관경 400mm 매설심도 1m인 경우의 다짐도 95%일 경우 변형률은 1%~2% 정도 발생하였다. 이는 초기변형으로 설계 시에 장기변형에 대한 검토 및 유지관리 시 주의를 요한다. 특수 제작된 변형 측정 장비를 활용하여 매설된 관에 대하여 측정을 실시한 결과 값들과 평균변형률을 조사한 결과치의 조사는 중요한 것이다. 표 2.는 관종별 기초 및 토피별 조사지점 및 평균변형률의 관계를 조사한 것이다.

표 2. 관종별 기초 및 토피별 조사지점 및 평균변형률의 관계

No.	관종	관기초	토피(m)	조사지점 (개소)	평균변형률 (%)
1	A	모래기초	0.5-1.0	15	0.7-2.1
2	B	모래기초	1.2	15	1.9
3	C	모래기초	2.0	19	2.4
4	D	모래기초	1.5	15	4.4
5	E	모래기초	1.4-4.5	47	5.2-7.2
6	F	모래기초	1.0-2.5	44	4.0-7.6
7	G	콘크리트기초	2.5	9	3.7

## 2.5 설계 시점에서 관거의 특성 반영

앞의 표 1.에서 제시한 파이프의 다짐도-원강성 계수-변형률의 상관관계를 이용하여 그림 4.와 같이 그래프로 작성하고, 주어진 변형률과 강성 계수 값을 이용하여 해당 관거의 다짐도를 계산한 결과이다. 이러한 값들을 설계 시점에서 반영하여 적절한 기초 유형을 선택하여 보고서를 작성하고, 이를 토대로 시공할 경우 공사가 끝난 후에도 해당 관거 지역의 다짐도가 기준에 다소 부족하여도 변형률은 최소로 할 수 있을 것이다.

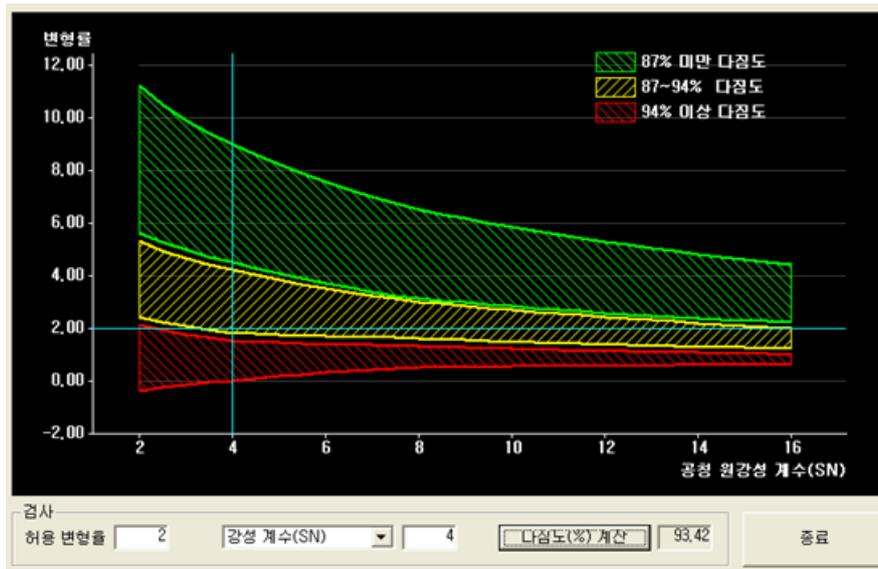


그림 4. 변형률과 강성 계수값에 따른 다짐도

또는 그림 5.에서 보는 것처럼 시공 현장의 적정 다짐도를 토대로 관거의 변형률과의 관계를 토대로 필요한 관거의 강성 계수 값을 구하여 설계 시에 주어진 강성 계수 이상의 관거를 선택하여 설계를 진행하게 되면, 이 또한 관거의 변형률을 최소화 할 수 있는 방법이 될 것이다. 적정한 기초 또는 적정한 관거의 사용은 결국 연성관을 사용하는 관망의 성능을 유지할 수 있는 최소의 조건이 될 것이다.

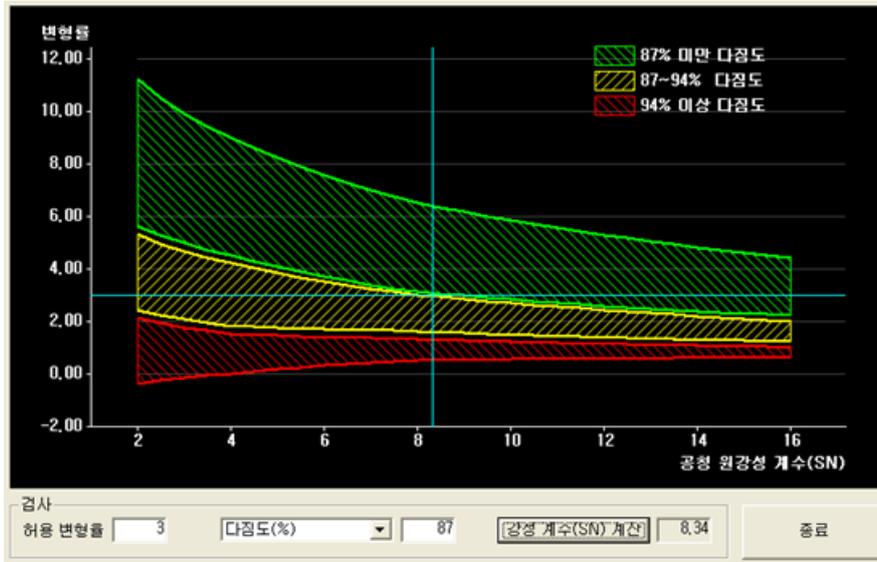


그림 5. 다짐도 또는 강성 계수 계산

그림 6.은 설계자가 현재 선택한 관거의 특성에 따라서 필요한 다짐도가 얼마인지를 알려주는 횡단면도이다. 이 다짐도와 현재 선택된 기초 유형이 적절한지 여부를 바로 파악할 수 있다.

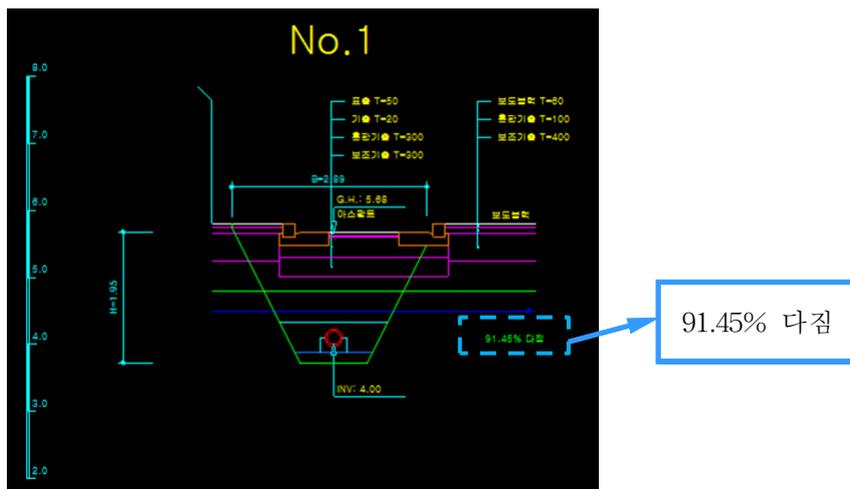


그림 6. 다짐도를 표현한 횡단면도

그림 7.은 각각의 관거에 따른 변형률과 강성계수 그리고 그에 따른 다짐도를 보고서 형태로 출력한 것으로서 적정한 다짐도를 나타내고 있고, 현장조사를 통하여 적정 다짐도에 대한 대처가 필요하며 파이프의 강성값과 변형률에 따라서 역으로 다짐도를 측정할 수 있는 프로그램이 되겠다. 이는 설계값에서 제시하고 있는값과 현장의 차이를 간편하게 알 수 있도록 작성한 프로그램으로 생각하면 편하다.

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
2	관로번호	측점		규격	측점연장	공제연장				실제연장	맨홀 직속 소켓	허용변형률	강성계수 (kN/m <sup>2</sup> )	다짐도	비고		
3						맨홀공제		합계									
4						유입부 TYPE	연장		유출부 TYPE							연장	
5	A-10 ~ A-6																
6	A-10	No.0	~	No.3+15.86	D200	75.86	1호맨홀	0.45	1호맨홀	0.45	0.90	74.96	2	3.00	6.00	94.43	신설
7	A-9	No.3+15.86	~	No.6+6.48	D200	50.62	1호맨홀	0.45	1호맨홀	0.45	0.90	49.72	2	3.00	6.00	90.12	신설
8	A-8	No.6+6.48	~	No.10+5.19	D250	78.71	1호맨홀	0.45	1호맨홀	0.45	0.90	77.81	2	2.00	4.00	93.42	신설
9	A-7	No.10+5.19	~	No.12+16.25	D300	51.06	1호맨홀	0.45	1호맨홀	0.45	0.90	50.16	2	4.00	5.00	87.00	신설
10	A-6	No.12+16.25	~	No.16+1.71	D300	65.45	1호맨홀	0.45	1호맨홀	0.45	0.90	64.55	2	4.00	5.00	87.00	신설
11																	
12	A-15 ~ A-12																
13	A-15	No.0	~	No.3+2.53	D200	62.53	1호맨홀	0.45	1호맨홀	0.45	0.90	61.63	2	3.00	6.00	88.92	신설
14	A-14	No.3+2.53	~	No.6+4.75	D200	62.22	1호맨홀	0.45	1호맨홀	0.45	0.90	61.32	2	3.00	6.00	88.92	신설
15	A-13	No.6+4.75	~	No.9+15.27	D200	70.53	1호맨홀	0.45	1호맨홀	0.45	0.90	69.63	2	3.00	6.00	88.92	신설
16	A-12	No.9+15.27	~	No.12+10.47	D200	55.20	1호맨홀	0.45	1호맨홀	0.45	0.90	54.30	2	3.00	6.00	88.92	신설
17																	

그림 7. 다짐도를 표현한 보고서 형태

### 3. 결론

설계치와 시공치의 차이는 클 수밖에 없으며 시공 조건에 맞는 파이프의 강성값과 지반의 다짐정도에 따른 변형률 값을 축으로 하는 값들을 정하여서 설계를 하여야 한다. 즉, 90% 다짐을 확보하는 것이 현장에서는 어렵고 모래를 180°기초하거나 360°기초를 하건 관거의 안정성 확보에는 별도의 조치가 필요한 실정이며, 특히 모래기초는 물다짐이라는 설계조건 및 현장여건을 충분히 고려치 못할 것으로 판단되므로 현장발생토사를 재활용하여 관반침대를 사용하거나 다른 재료의 투입을 통하여 관거의 안정성을 높이고 파이프의 강성을 높이는 방안도 하나의 사례라고 볼 수 있다.

### 참고문헌

1. 김영진, 이정민(2007), “하수도용 연성관에 대한 변형특성 및 측정 장치에 관한 사례조사”, 대한상하수도학회 가을 학술 발표회, pp.G17~20.
2. 한국토지공사(2003), “오수관거 자재적정성 검토연구”, pp. II-3~II-79.
3. 한국토지공사(2006), “지하매설용 연성관의 거동특성에 관한 연구”, pp.2~40.