

Failure Risk Assessment of Reinforced Concrete Sewer Pipes on Joint-Related Defects

원심력철근콘크리트관의 결함에 따른 심각도 평가 -이음부 사례를 중심으로-

Sangjong Han* · Hyunjun Shin · Hwankook Hwang

한상종* · 신현준 · 황환국

한국건설기술연구원 환경연구실

Abstract : Sewer joint-related defect is one of the most common domestic sewer defects along with the lateral pipe problem. However, there are currently no criteria that precisely assess the joint-related sewer defects. Therefore, this study examined the joint-related sewer defects found in domestic circumstances, classified them according to the suggested defect code, and presented the examples of defect pictures. Each defect code was organized as the process of out of pipeline alignment (OPA) which shows the progress in deterioration. Each defect was classified into 5 grades depending on appropriate repair and rehabilitation method. The result of this study is expected to be useful for domestic CCTV inspectors to assess the sewer condition and helpful for managers to make a decision of repair and rehabilitation.

Key words : Sewer, CCTV inspection, Joint-related Defect, Failure Risk Assessment

주제어 : 하수관거, CCTV 조사, 이음부 결함, 심각도 평가

1. 서론

국내 과거 경제성장의 급격한 도시화시기에 매설된 하수관거의 주요 관종인 원심력철근콘크리트관(흙관)은 매설 후 20 ~ 30 여 년이 지남에 따라 노후화 문제가 점차적으로 부각되고 있다. 당시 급격한 도시화 진행에 비하여 적절한 하수관거의 설계 및 시공방법에 대한 기술력이 부족하였고, 시공관리지침 등의 품질관리를 강화하는 법·제도는 뒤늦게 이루어지는 구조적인 문제가 존재하였다. 이에 따라서 초창기 매설 하수관거는 수밀성이 보장되지 못하는 문제점을 가지고 있었다. 이러한 영향으로 하수관거 CCTV조사 시 이음부

에 대한 결함은 연결관 접합 문제와 함께 가장 많은 결함을 나타내고 있다. Lee(1995)는 당시 전국 15개 시도의 하수관 7,333 km에 대한 부실실태 조사결과, 기존관거는 약 26 m당 1개소의 파손 및 접합불량, 신설관거는 약 111 m당 1개소의 파손 및 접합불량 사례를 발견하였다고 보고하였다. 수밀시험을 실시하도록 하였으나 시공상의 문제점 뿐만 아니라 사용자재의 문제점도 존재하였다. 당시 콘크리트관 메이커들 간의 과다경쟁은 좋은 품질을 제작하기 보다는 가격에 맞추는 불량 관거를 제작하기도 하였는데, 관거의 두께가 얇다거나 강도가 약해서 잘 깨지고 균열이 가거나, 물을 많이 흡수하는 것 등이었다고 하였다. Ko (2001)는 우리나라 하수관거의 부실에 대한 문제점으로 우리나라 하수도 시설의 초창기에는 대부분 우수 배

* Received 14 October 2013, revised 11 December 2013, accepted 13 December 2013.
* Corresponding author: Tel : +82-31-910-0692 Fax : +82-31-910-0291 E-mail : sjhan@kict.re.kr

제기능으로 건설되었으며 수밀성이 보장되지 않는다고 지적하였으며, 하수관 이음부 접합불량, 침하로 인한 이탈, 연결관 접합불량 등으로 인한 누수로 토양과 지하수를 오염시킨다고 하였다. Yu (2002)는 시공경과년수가 5년 4개월에 불과한 칼라접합한 800 ~ 1,000 mm 콘크리트관의 총 64개소의 이음부개소에 대해서 조사한 결과를 보고하였다. 대부분의 하수관 상단부에 중방향 균열이 발생되어 있으며 칼라가 파손되거나 유실되어 있고 제자리에서 이탈된 것 등이 상당수 발견되었다고 하였다.

따라서 이음부 관련 결함은 누수와 침입수의 주된 경로이며, 하수관거 노후화의 주된 인자이기 때문에 관련 결함발생 메커니즘과 함몰리스크의 심각도에 따른 결함사례를 분류할 필요가 있다. 현재 하수도 시설 기준(2011)에서 제시된 이음부 관련 결함항목은 이음부 이완, 이음부 수평 어긋남, 관 침하로서 각각 A, B, C등급으로 판단기준을 구분하게 하고 있지만 각각의 결함항목들의 상대적인 가중치가 없기 때문에 정비 우선순위를 판단하기에 부적절하다. 또한 국내 실정의 결함사진 예를 제시해주지 못하기 때문에 조사자의 시각에 따라 상이한 판독결과들이 도출되고 있다. 따라서 본 연구의 목적은 이음부 기반 각종 결함들을 검토하고 결함 발생 메커니즘과 함몰리스크의 심각도에 따라서 분류하여, 조사자와 관리자에게 하수관거 정비 의사결정을 지원하기 위함이다.

2. 관련 선행연구 고찰

2.1 결함코드 및 점수 고찰

하수관거 이음부 관련된 결함분류를 정립하기 위하여 영국, 호주, 뉴질랜드 각각의 하수관거 상태평가 매뉴얼을 검토하였다. Table 1에서는 이음부 결함 관련 유럽표준(영국), 호주, 뉴질랜드의 각각 결함코드와 결함점수 구분을 나타내고 있다. 여기서 결함점수는 각 나라마다 함몰 리스크에 대한 상대적 가중치이다. 영국과 호

주는 최고점수를 165점, 뉴질랜드는 100점을 부과하고 있다.

영국과 호주의 경우에는 이음부 관련 결함에 대하여 이음부 이완(JO: Joint Opening), 이음부 단차(JD: Joint Displaced) 두 가지를 분류하고 있다. 영국매뉴얼의 경우, 이음부 이완은 관두께의 1 ~ 1.5배(OJM)은 1점, 관두께의 1.5배 이상이고 토사가 안보이는 경우(OJL)는 결함점수 2점을 부과하고 있었다. 그러나 이음부 이완이 커져서 토사가 보이는 경우는 관 구멍(Hole)으로 인식하여 80점을 부과하고 있었다. 이음부 단차(JD)의 경우도 관경의 10 % 이상 또는 토사가 보이는 경우는 80점을 부과하고 있었다.

호주매뉴얼의 경우, 이음부 이완은 10 ~ 20 mm (0.5점), 20 ~ 30 mm (2점), 30 mm 이상 (5점) 등 CCTV조사시 판별하기 어려운 미세한 범위까지 결함점수를 차등 부과하고 있었다. 이음부 결함이 심각하게 악화되는 경우는 토사나 공극노출, 토사유입의 경우에 대하여 별도의 코드 (SV: Soil visible, VV: Void Visible, ING: Soil ingress)를 제공하여 결함점수 60점을 부과하고 있었다.

뉴질랜드 매뉴얼은 우리나라 하수도 시설기준 (Table 2)과 비교하면 새로운 코드체계를 도입함에 따라 구체적인 결함 범위를 알 수 있으며, 상대적인 결함 가중치 제도를 도입한 부분에서 진보성을 가지고 있다. 그러나 이 매뉴얼이 뉴질랜드의 주 결함특성인 도관의 결함분류체계 및 결함사진 예를 제시하고 있기 때문에 우리나라에 도입·적용되기 위해서는 국내의 주력 매설 관종인 원심력철근콘크리트관의 결함특성에 맞게 재평가가 필요하다.

2.2 이음부에 발생하는 결함발생 메커니즘

이음부 관련 결함은 수밀성을 저하시키며, 지속적인 누수 또는 침입수가 반복 발생하면 관 기초의 세굴 및 공동화를 야기시킬 수 있다. 이음

Table 1. Structural defect codes and scores under overburden load in overseas countries

Defect	England ¹⁾				Australia ²⁾			New Zealand ³⁾		
	Code		Description	Score	Code	Description	Score	Code	Description	Score
	EN 13508-2	MSCC								
Joint Opening	BAJ A	OJM	between 1 and 1.5 times pipe thickness	1	JD L (Longitudinal)	10-20 mm	0.5	JO S	less than 20 mm	0
		OJL	greater than 1.5 times pipe thickness	2		21-30 mm	2	JO M	20-40 mm	5
			If soil visible grad as a hole (code: H)	80		> 30 mm	5	JO L	greater than 40 mm	25
Joint Displaced		JDM	between 1 and 1.5 times pipe thickness	1	JD R (Radial)	5-10 mm	2	JD S	less than 10 % diameter	0
		JDL	greater than 1.5 times pipe thickness	2		11-20 mm	5	JD M	10-25 % diameter	15
			> 10 % diameter & Soil visible	80		> 20 mm	15	JD L	> 25 % diameter	45
Joint Faulty								JF S	Minor cracking or spalling	1
								JF M	crack is open but not penetrated	10
								JF L	Crack extends through to the pipe wall	25
Dipped pipe								DP S	Dip less than 25 % diameter	10
								DP M	Dip 25-50 % diameter	15
								DP L	Dip more than 50 % diameter	35
Soil visible or ingress				SV VV ING		60				
collapse	BSC C	X	Pipe collapsed	165	X	Pipe collapsed	165	PX	Pipe collapsed	100

Source : 1) Sewer Rehabilitation Manual 4th Edition(WRc, 2001)
2) Conduit Inspection Reporting Code of Australia 2nd Edition (WSAA, 2008)
3) Pipe Inspection Manual 3rd edition (NZWWA, 2006)

Table 2. Criteria with Joint-related defect (Korea Water & Wastewater Works Association, 2011)

Defect		A	B	C
Joint	Joint opening	more than 1/3 diameter	1/3-1/5 diameter	less than 1/5 diameter
	Joint Displacement	more than 1/3 diameter	1/3-1/5 diameter	less than 1/5 diameter
	Dipped pipe	more than 1/2 diameter	less than 1/2 diameter	-

부의 이완의 정도는 CCTV조사시 일반적으로 쉽게 판단되어 질 수 있지만 이음부 단차로 발전하는 원인은 관 기초와 되메움재의 다짐도 부족이 지목되고 있고 CCTV조사로 관찰할 수 없는 영역이다. Moser and Folkman (2008, pp. 47-48)는 소켓접합의 시공 시 소켓주변의 관기초의 공극에 따른 이음부 단차 발생 메커니즘을 제시

하였다(Fig. 1).

소켓부분에서 관 기초가 잘 다져지지 않는 경우 공극이 발생되어 침하될 수 있는 공간을 제공한다. 안식각(Angle of Repose) ϕ 가 40°일 때 공극은 하수관 외경의 1/2이상(0.643D)의 범위 만큼에서 공극이 발생할 수 있으며, 삼구측 하수관에 지속적으로 활하중이 발생하면서 수구부

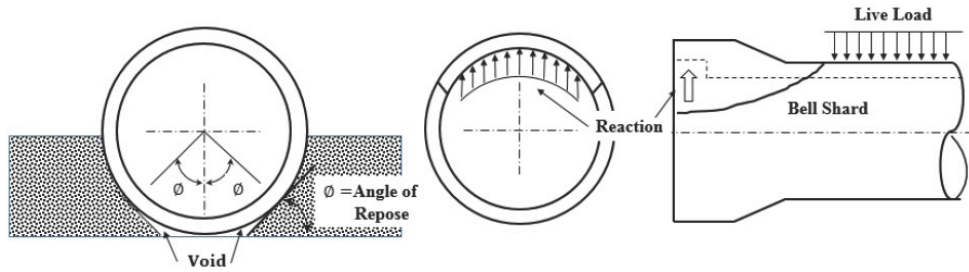


Fig. 1. Broken Bells in rigid pipes(Moser and Folkman, 2008)

와 삽구부와 맞댄 부분에서 전단응력이 발생하여 삽구부의 상단에서 크랙이 발생하는 Broken Bells 현상이 발생된다고 하였다.

한편 국내 초창기 하수관거 시공방법인 맞대기 이음방식은 칼라의 틈새 간격 때문에 수밀성이 떨어지며, 일부에서는 칼라를 대지않고 맞대기 접합 후 몰탈처리한 경우도 있었다. 이러한 부실 시공사례들은 관 기초의 세굴 및 공동화를 야기하며 이음부 단차의 주요 원인이 되었다. 또한 국내의 이음부 결함의 특성 중 또 하나로서 곡관(Joint Displacement, Horizontal: JDH)의 시공 사례가 존재한다. 홉관은 원칙적으로 직선으로 연결하여야 수밀성이 유지되기 때문에 곡관의 경우는 수밀시공을 기대하기 어렵다. 결국 관 기초의 불량과 이음부의 수밀성 저하가 가중되면서 주변 토양이 교란되며, 상재하중이 지속됨에 따라서 결국 이음부 기반의 원인으로 관 정렬상태가 교란되는 상태로 발전한다. 본 연구에서 이 현상을 Out of Pipeline Alignment (이하 OPA)로 명명하였다. OPA는 Fig. 2과 같이 두 가지 형태로 발생초기상태를 제시하였다.

3. 연구수행방법

본 연구는 국내 원심력콘크리트관에 대한 CCTV 촬영동영상들을 직접 재생하여 이음부 기반의 모든 이상항목을 발췌하여 분석한 결과이다. 결함판독을 위해 수행한 자료의 분량은 8개 지역의 약 135 km 분량이었다. 해당 CCTV 동영상을 직접 2 ~ 3회 반복 재생한 후 결함특성

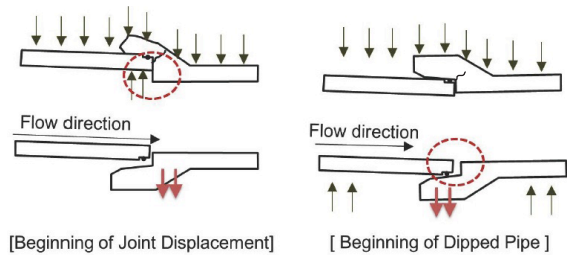


Fig. 2. Beginning of OPAs in socket-joint

이 적절히 나타나는 화면을 대표적 결함사례로서 캡취하였다. 수집에 활용된 프로그램은 국내 널리 사용되며 손쉬운 캡취기능을 제공하고 있는 Kmplay™ 동영상 플레이어를 사용하였다.

4. 연구수행결과

4.1 심각도에 따른 결함코드 표기법

하수관거 결함표기법은 환경부 (2011)의 제정된 지침의 기본적인 결함코드를 따랐다. 이음부에서의 수밀성 저하 및 상재하중에 따른 복합적인 영향으로 발생하는 결함의 악화과정은 이음부 이완 (JO: Joint Opening)으로부터 이음부 결함(JF: Joint Faulty), 이음부 단차 (JD: Joint displacement) 또는 이음부의 V자 형태의 역경사 현상인 관 침하 (DP: Dipped Pipe)로 발전된다. Table 3은 본 연구에서 이음부 기반의 점차적으로 악화되는 결함분류를 심각도 숫자와 조합하여 결함코드로 표기한 결과이다.

4.2 이음부 이완

우리나라에서 일반적으로 발생하는 이음부 이

Table 3. Joint-based sewer defect

Defect	Severity		
	small	medium	Large
Joint Opening	JO1	JO2	JO3
Joint Displacement, Horizontal		JDH1	JDH2, JDH2X
Joint Faulty	JF1	JF2	JF3, JF3X
Joint Displacement	JD1	JD2	JD3, JD4
Dipped pipe	DP1	DP2	DP3
Pipe Collapse			PX

완 관련 결함은 소켓이음, 맞대기 이음, 곡관 시공의 결과에 따라 달라진다. 이음부 이완의 경우, JO(Joint Opening)코드와 곡관에 따른 수평방향의 단차인 JDH(Joint Displacement, Horizontal)코드로 분류하였다. 이음부의 수밀성 여부는 가장 근본적인 결함 판단 척도로서, 흠관의 KS 표준규격에 따라 수밀성 여부를 평가하였다(KSA, 2001).

흠관의 표준규격(Fig. 3, 좌)에 따르면 이상적인 소켓접합 시공이면 좋으나, 고무링의 존재에

의해서 경미한 이음부 이완 형태인 40 mm 이내 일 때까지는 수밀성에 문제가 발생하지 않는 것으로 판단된다[JO1]. 그러나 40 ~ 70 mm의 이완의 범위에는 고무링이 소켓에서 이탈되기 시작함으로써 수밀성에 문제가 발생된다[JO2]. 소켓접합의 이완범위가 70 mm 이상이면 이음부가 탈각되어 토사가 보이게 되므로 심각도가 매우 클 수 있으나, 칼라이음을 통한 맞대기 접합 시공시의 70 mm 이상의 이음부 이완 사례가 다수 존재한다. 따라서 칼라이음 시공의 경우, 70 mm 이상의 이음부 이완이 발생되었지만 몰탈처리가 양호하고 파손이 목격되지 않은 결함의 경우가 JO3에 해당된다. 이러한 결함들의 사례를 Fig. 4에서 제시하였다. 단, 이 결함들은 수밀성이 양호하고 파손이 없을 때의 결함 분류이다.

흠관은 원칙적으로 직선으로 연결하여야 수밀성이 유지된다. 따라서 맨홀에서 하수관의 방향전환을 실시하는 것이 원칙이지만, 과거에 칼라 이음 또는 칼라 이음 없이 맞대기 접합을 통한 곡관시공을 수행한 사례가 다수 목격되었다.

Nominal Diameter	L1 (mm)	L3 (mm)
300	65	36
400	70	36
450	70	36
500	70	36
600	75	36
700	75	40
800	80	40

Length	Collar-joint		Hume pipe		Gap spacing
	Bore Diameter	Nominal Diameter	Bore Diameter	Thickness	
150	390	300	300	30	30
150	500	400	400	35	30
200	556	450	450	38	30
200	614	500	500	42	30
200	730	600	600	50	30
200	846	700	700	58	30
200	962	800	800	66	30

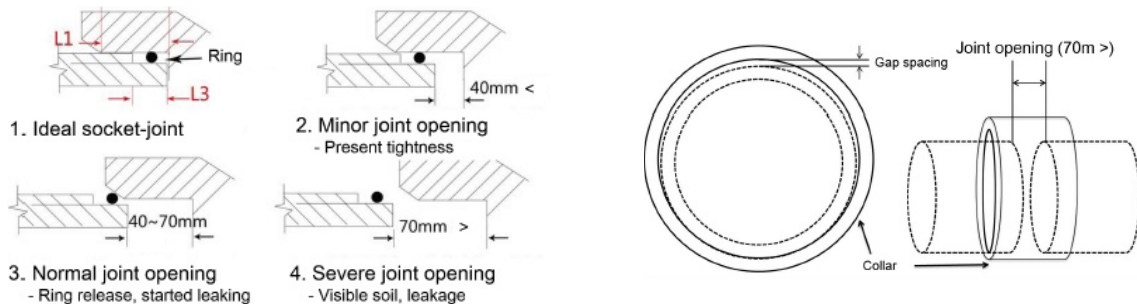


Fig. 3. Dimension of Socket-Joint and Collar-joint (KS F 4403)

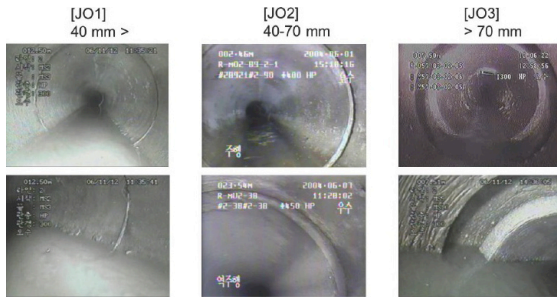


Fig. 4. Defects of Joint Opening

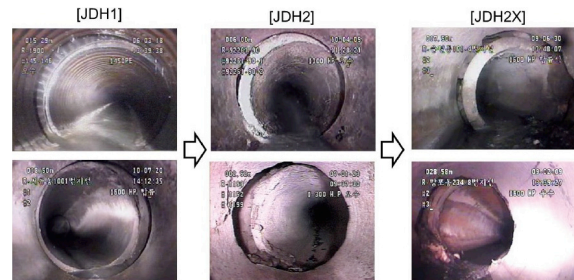


Fig. 5. Defects of Joint Displacement, Horizontal

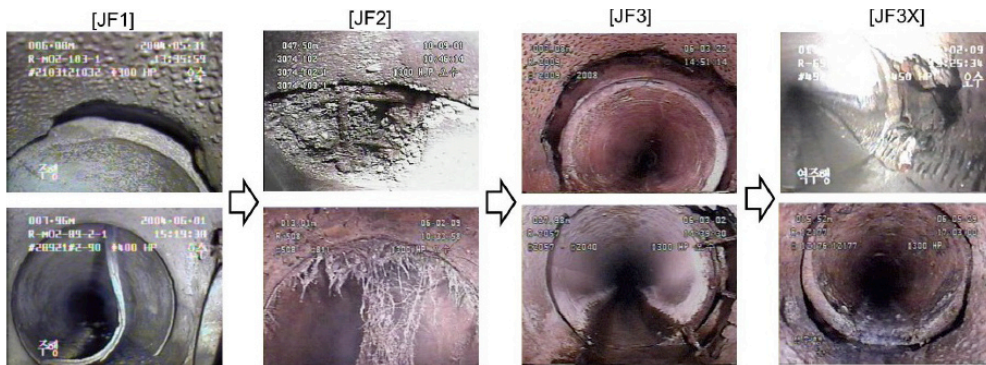


Fig. 6. Defects of Joint Faulty

이러한 사례는 Fig. 5에서 제시한 바와 같이 심각도 분류에 따라 이음부 곡관에서 틈 없이 몰탈 되메움을 수행한 경우 [JDH1], 이음부 곡관의 틈이 벌어져 보이는 경우 [JDH2], 이음부 곡관에서 틈사이로 토사가 유입된 경우 [JDHX]로 구분하였다.

4.3 이음부 결함

이음부의 국부적 파손 등 관재료의 손상은 이음부 결함(Joint Faulty)으로 구분하였으며, 이러한 결함 예를 Fig. 6에서 제시하였다. JF1은 하수관거 삽입시 하수관 수구부가 파손되었거나 고무링이 돌출되는 등 수밀성이 결여되기 시작한 국소적 결함이다. JF2는 시간경과에 따라 외부의 침입수나 나무뿌리가 침입하면서 이음부 주변이 파손되면서 외부침입이 목격될 때의 결함이다. JF3는 이음부 파손정도가 심각해진 현상으로서 주로 칼라접합시에 해당되는 것

으로 이음부 주변의 철근노출이 목격되지만, 칼라가 외부토양을 차단하고 있어서 토양이 보이거나 유입되지는 않는다. JF3X는 이음부 주변의 부식이 확장되고 칼라가 파손되어 주변 되메움재가 목격되는 경우이다. 또한 이음부의 틈사이로 누수가 육안으로 관찰될 수 있다.

이음부 결함은 관의 경사변화는 느낄 수 없는 결함, 즉 관의 정렬상태는 양호한 상태로써 되메움재가 교란되기 이전까지의 결함이다.

4.4 이음부 관 정렬 교란

OPA 결함은 이음부 단차(Joint Displacement)와 관 침하(Dipped pipe)로 구분할 수 있으며, 맨홀과 맨홀사이의 하수관의 한 스패에서 각 관거 부재의 상호연계성에 때문에 동시에 목격될 수 있다(Fig. 7).

이음부 단차(Joint displacement)로 악화되는 과정은 Fig. 8에서 제시하였다. 흙관의 공칭

치수(KS F 4403)에 따르면 CCTV조사 가능한 범위의 관경 300 ~ 800 mm에 대하여 관두께/안지름의 비율(Fig.3, 우측)을 산출한 결과 10.0 ~ 8.3 % 범위였는데(Fig. 3, 우측), 따라서 JD1의 결함은 이러한 약 8 % 이내의 단차 또는 관두께 범위내의 결함으로서 되메움재가 보이지 않는 경미한 이음부 단차에 해당된다. JD2는 이음부에서 관 두께를 초과한 경우로 되메움 토사가 보이며 OPA가 점차 심각해지는 단계이다. 따라서 본 결함범위는 비굴착 전체보수(CIPP공법)의 시공가능 범위로서 25 % 이내로 규정하였다. 이음부 단차가 25 % 이상[JD3]이 되면 비굴착 전체보수공법으로는 보수할 수 없으며, 굴착교체로 정비해야 한다. JD4의 경우는 50 % 이상단

차에 해당되는 것으로서 우수관(합류관)의 침수 위험도가 매우 클 뿐만 아니라 오수관에서도 설계 여유율을 초과하기 때문에 최우선의 긴급정비를 시행해야 한다.

관 침하(Dipped pipe)는 관저의 역경사를 발생시키는 것으로서 심각도 구분을 Fig. 9과 같이 나타냈다. DP1은 CCTV 조사자가 관 침하가 발생초기를 판단할 수 있는 척도로서 이음부에서 상하방향의 접합 이격거리가 다른 이음부 이완 형태(Fig. 9, 좌측 첫 번째 사진)로서, 조사자는 이 결함을 목격시 결함코드를 기입해야 한다. DP2는 CCTV 주행 시 관경사 변화가 느껴지는 것으로, 완경사인 경우 점차적으로 수위가 높아지는 것에 해당된다. 단 본 결함은 유량 수위가

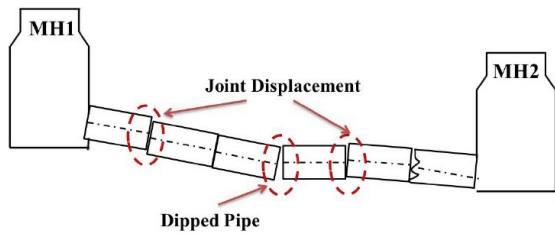


Fig. 7. Schema of Out of Pipeline Alignment

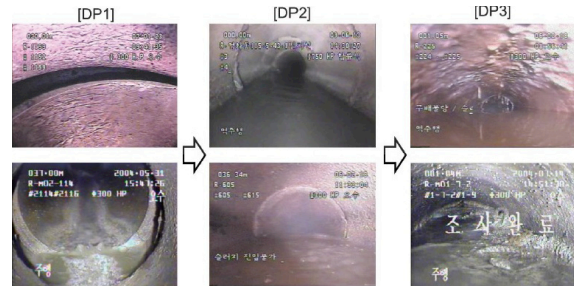


Fig. 9. Defects of Dipped pipe

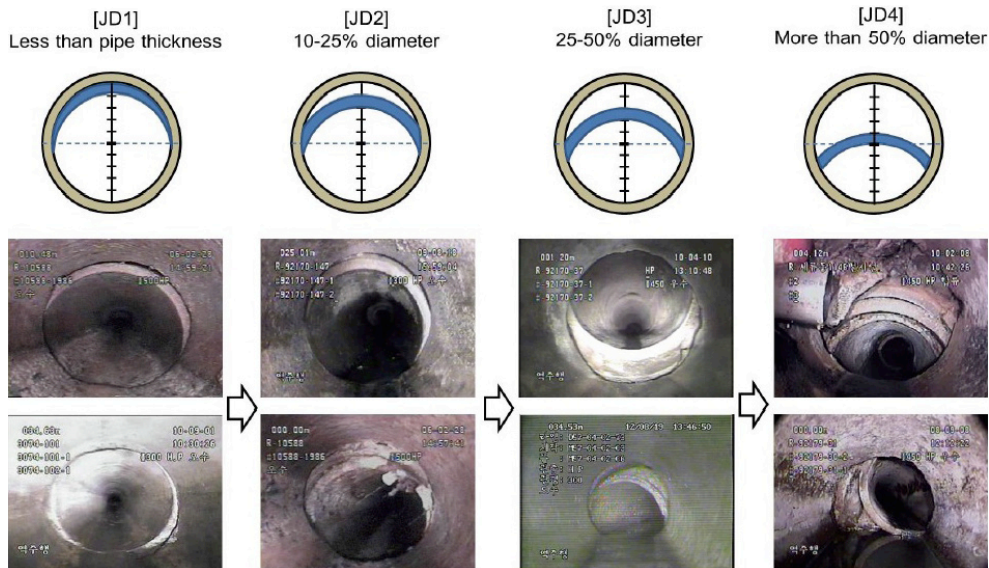


Fig. 8. Defects of Joint Displacement

50 % 범위로서 CCTV 주행 및 관측이 가능한 수준에 한정한다. 본 결함은 비굴착 전체보수의 임계점에 다다른 것으로 정제된 퇴적도를 준설하고 가급적 빠르게 비굴착 전체보수를 시공해야 한다. DP3는 관로내의 유량의 정체수위가 50 %를 초과하여 조사자가 더 이상 조사를 진행할 수 없을 경우이며 심하면 정체수위는 관정까지 차오른 사례를 목격하였다. 이 결함은 유량정체 및 토사퇴적, 황화수소에 의한 관정부식 등으로 구조적, 수리적 리스크가 크기 때문에 긴급 굴착 교체를 시행해야 한다.

4.5 의사결정을 위한 고찰

OPA의 악화과정을 판단하기 위하여 수집된 이음부 기반의 모든 결함자료들에 대하여 함몰 발생 리스크의 심각도 우선순위에 따라 분류하였다. 배열된 결함들은 상호연계성을 고려하여 심각도에 따라 종합평가가 되었다(Fig. 10).

소켓이음, 칼라이음, 곡관이음형태에서 각각 발생된 결함 특성들이 함몰(PX)로 도달하는 경우는 두 가지로 구분하였다. 첫째 이음부의 관기초의 침하를 수반하면서 악화되는 경우는 관침하(DP) 또는 이음부 단차(JD)를 통하여 함몰(PX)로 도달되는 경로이다. 둘째 이음부의 관기초가 안정적인 경우는 침하가 발생되지 않으면서 되메움 토사가 유입 교란되는 형태였다. 주로 칼라이음 혹은 곡관 이음시, 파손된 틈으로부터 되메움 토사가 관로내로 유입되며 점차적으로 지반의 교란과 아울러 수리적인 통수능력 저하가 발생하는 노후화 과정이다.

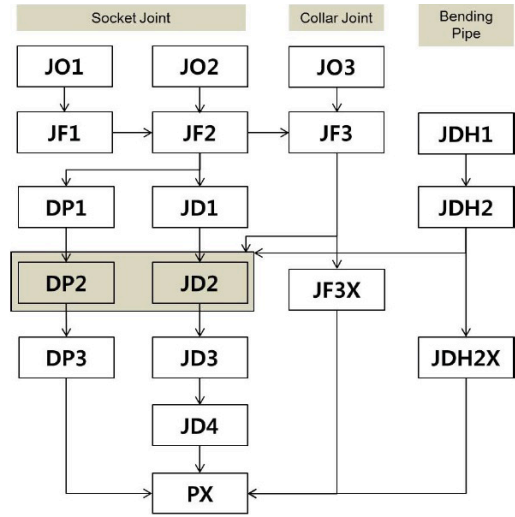


Fig. 10. Deterioration process of out of pipeline alignment

Table 4에서 이음부 결함에 대한 우리나라 보수공법 시공가능 범위에 맞추어 의사결정단계를 등급 5로 분류하였다. 등급 1의 경우는 JO1, JO2, JO3와 같은 소켓이음과 맞대기 이음의 시공초기 수밀성은 양호한 상태와, JF1에 해당되는 국소 결함이다. 이것은 조치 없음으로 분류하였다. 등급 2의 경우는 비굴착 부분보수가 가능한 단계로서 비교적 노후화 초기단계의 이음부의 지수·보강이 주로 필요한 결함인 JDH1, JF2, JF3, JD1, DP1으로 선정하였다. 등급 3의 경우는 관거 주변의 지반 교란 또는 OPA가 본격적으로 발생하는 결함으로서, 관로전체 스펠단위의 구조적 안정을 요구하므로 비굴착 전체보수가 필요한 것으로 구분하였다. 이에 해당되는 결함은 JDH2, JF3X, JD2, DP2 이다.

등급 4와 등급 5는 비굴착 전체보수의 시공

Table 4. Defect grading for decision-making of repair and rehabilitation

Grading	Peak Score	Appropriate response	JO	JDH	JF	JD	DP
1	0-14	No action	JO1(0), JO2(5), JO3(10)		JF1(5)		
2	15-29	Point repair		JDH1(15)	JF2(15), JF3(25)	JD1(20)	DP1(25)
3	30-49	Rehabilitation using CIPP		JDH2(30)	JF3X(40)	JD2(45)	DP2(45)
4	50-74	Renewal in the short term		JDH2X(60)		JD3(60)	
5	≥75	Immediate Renewal				JD4(80)	DP3(75)

Note : Number in Parenthesis have been proposed for defect score.

가능 범위를 초과한 것으로서, 단기간의 계획에 따른 교체에 필요한 JDH2X, JD3 결함과 발견 시 함몰위험으로 긴급교체가 필요한 JD4, DP3 결함이다.

향후 연구방향으로서 국내 보급된 각종 비굴착 부분보수 및 비굴착 전체보수 공법들의 각각의 해결가능범위에 따라서 구체화된 고찰이 필요하다. 또한 현장의 여건과, 지자체의 허용예산 및 보수계획에 따라서 의사결정방법은 달라질 수 있을 것으로 판단된다.

5. 결론

본 논문은 국내의 8개 지역 135 km 분량의 CCTV 조사결과를 수집·판독한 결과로서, 원심력철근콘크리트관의 노후화의 원인 중의 하나인 이음부의 결함에 대한 분석결과이다. 본 연구결과는 다음과 같이 요약하였으며, 국내실정에 맞는 이음부 결함에 대한 결함분류 체계를 정립할 수 있으며, 아울러 국내 하수관거 상태평가 DB의 표준화에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

- 1) 이음부 결함은 이음부 부실시공, 수밀성 결함 및 관 기초의 불량에서 발생한다. 소켓 접합의 경우 다짐이 부족한 관기초의 공극을 통하여 처짐이 발생됨에 따라 이음부 단차가 발생되고, 맞대기 이음 및 곡관 이음 등은 수밀성에 매우 취약하여 관기초의 지반을 교란시키는 원인을 제공한다.
- 2) 이음부 기반의 관 정렬상태가 교란되는 현상을 OPA(Out of Pipeline Alignment)로 명명하고 노후화 되는 순서는 이음부 이완(JO), 이음부 결함(JF), 이음부 단차(JD) 또는 관 침하(DP)를 거쳐 관 함몰(PX)로 악화되는 것으로 분류하였다.
- 3) 하수관거 유지관리 의사결정지원을 위하여 5등급으로 배분하고 각각의 결함점수 범위를 배분하였다. 1등급은 조치없음에 해당되며 JO1, JO2, JO3, JF1 결함을 포함한

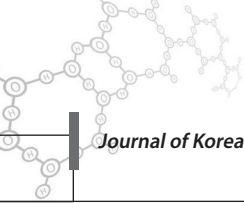
다. 2등급은 이음부의 지수·보강으로 해결할 수 있는 부분보수 영역이며 JDH1, JF2, JF3, JD1, DP1 결함을 포함한다. 3등급은 관로전체 스펠단위의 구조적 안정을 요구하는 비굴착 전체보수가 필요한 결함으로 JDH2, JF3X, JD2, DP2로 구분하였다. 마지막으로 단기간의 계획에 따른 교체에 필요한 JDH2X, JD3와 긴급교체가 필요한 JD4, DP3 결함으로 구분하였다. 본 연구결과는 국내 CCTV 조사자의 하수관거 상태를 진단·평가하고 관리자의 정비공법선정에 지원할 수 있을 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 하수관거관리기술연구단 (과제번호:414-111-002)의 연구비 지원결과로 도출된 논문으로 지원해주신 것에 감사드립니다.

참고문헌

- Ko, Y. I. (2001) Concrete pipes jointing methods, *Sewerage Research Group in Korean Society of Water and Wastewater*, **111**, pp. 121-130
- Yu, J. S. (2002) The origin and counterplan of sewer joints damage, *Sewerage Research Group in Korean Society of Water and Wastewater*, **118**, pp. 39-50
- Lee, Y. G (1995) the method and practice of sewer watertight test, *Sewerage Research Group in Korean Society of Water and Wastewater*, **53**, pp. 327-345
- KWWA (2006) *Management Manual for Sewerage construction*, Korea Water and Wastewater Works Association
- KWWA (2011) *Sewerage facility standards*, Korea Water and Wastewater Works Association
- KSA (1996) KS F 4403 Reinforced spun concrete pipes, Korean Standards Association
- KSA (2001) KS F 4403 Reinforced spun concrete pipes, Korean Standards Association
- The Ministry of Environment (2011) *The study on*



the standardization of sewer evaluation and the establishment of selection criteria for sewer repair and rehabilitation, The Ministry of Environment

Moser, A.P., Folkman, S. (2008) Buried Pipe Design Third Edition, McGraw-Hill. pp 47-48

NZWWA (2006) Pipe Inspection Manual Third edition, *New Zealand Water & Wastewater Association*, New Zealand

WRc (2001) Sewerage Rehabilitation Manual 4th Edition, Water Research Center, UK

WSAA (2008) Conduit Inspection Reporting Code of Australia 2nd Edition, Water Service Association of Australia, Australia