

하수계통에서의 콘크리트 구조물의 부식 방지를 위한 PVC라이닝 공법

PVC Lining for Corrosion Protection of Concrete in Sewerage System



황 대 하*

<필자주>

본 자료는 1974년 호주 부식 협회, 호주 흄즈사(Humes Co.) 개발 연구소 책임 연구원들의 협조를 얻어 소개하게 되었다.(C.A.Baker, B.A.B.S., M.I.E.(Aust)) 이 자료를 번역하게 된 동기는 우리나라의 경우 하수처리 계열에 있어 PVC라이닝 적용이 전무한 실정으로 우리나라 콘크리트관의 내구성 증진을 위하여 기술적 측면에서 볼 때 많은 이용이 될 것으로 생각되었기 때문이며 본 자료가 많은 도움이 될 것으로 기대한다.

본인이 본 공법과 관련하여 1982년부터 3년간 사우디아라비아 합작 공장인 DONG AH ALBILAD CONCRETE Co.에서 제조 시공한 경험을 토대로 하였음을 첨언한다.

1. 서 언

본 연구자료는 하수처리 계통에서 콘크리트의 부식방지를 위하여 PVC라이닝을 호주에서 12년간 시행한 경험을 근거로 연구한 것으로 부식의 근본원인은 이미 잘 알려져있으므로 방지책에 대하여 개략적으로 소개하고자 하며, 특히 본 연구 보고에서는 하수 환경에 있어 PVC 라이닝 적용에 대한 것을 소개한다. PVC 라이닝의 물리, 화학적 성분이 하수용에 적합 하고, 특히 현장 매설 결과 라이닝하면 그 속으로 침투되지 않는것이 이

공법의 특징이며, 실내시험과 현장시험에서 12년간 시험한 결과를 요약했다.

또한, 이 자료는 호주 전역의 심하게 오염된 하수구에 생성되는 2황화수소(H_2S) 상태를 분석했으며⁽¹⁾⁽²⁾, 아주 심하게 부식이 우려되는 하수구에서도 본 PVC 라이닝공법을 적용함으로써 100년의 수명을 보장한다. 하수 구조는 2000여년전부터 존재하였으며, 콘크리트 재료가 개발되어 콘크리트가 이러한 구조로 사용될 때, 하수에 콘크리트가 부식되는 원인이 확실히 밝혀졌고 그 방지(예방)책이 콘크리트관이나 구조의 수명 연장을 위하여 필요하다. 본 논문에서는 여러가지 상태, 즉 하수구 내부표면의 부식, 침투 메카니즘, 다양한 이론 및 실질적 방지(예방) 체계 등을 약술한다.

이러한 분석에서 PVC(Polyvinyl chloride film)는 가장 양성적인 예방으로 나타나고 PVC를 명료하게 설명하는 물리, 화학적 성질에 대해서 논한다. 매우 부식된 상태에서 12년간 사용한 물질에 영향을 주는 자료가 제시되었으며 실제 사용한 기록 역시 도표로 나타내었다. 때때로 콘크리트 하수구의 부식은 관 또는 구조물의 외부에서

*정회원, 동아건설(주) 창동공장장/이사

발생하며 보통 지면에서 침투하는 물이 그 주원인이다. 외부침식에 대한 보호에 관한 문제는 본 논문 범주외의 사항임을 밝혀둔다.

2. 콘크리트 하수계통의 부식원인

오스트레일리아 하수계통 구성은 다음과 같이 이루어진다.

- ① 하수 및 가정폐수는 일반적으로 가정에서 배출
- ② 산업 폐기물
- ③ 불법 하수라인
- ④ 결합 조인트, 파손된 관 및 맨홀을 통해 하수구 속으로 지표수의 물의 침투

콘크리트가 고농도의 황산염, 염화물, 이산화탄소, 무기 및 유기산과 다른 유기물질에 의하여 침식하는 동안, 가정 하수는 일반적으로 해가 없지만 산업 하수는 유독성 화학 물질을 내포할 수 있다. 그러나 유해(독성)폐기물은 통상 하수구에 들어오기 전에 처리되나, 또는 하수구내에서 해가 없도록 충분히 희석시켜야 한다.

유사한 황산염이 함유된 지면수의 침투나 유독한 이산화탄소가 함유된 물은 역설적으로 콘크리트 수명에 영향을 미칠 만큼 충분한 고농도는 아니다. 이와 같이 일반적으로 일어나는 것을 제외하고 하수(구)에 처리되지 않은 부식성 산업폐기물은 운반하도록 만들어져 있으나 호주에서 이와 같은 경우는 드물고 특별한 예방책이 자주 요구되지는 않는다. 이런 상황은 해외 특히, 낮은 PH산의 폐기물이 존재하는 유럽에서 자주 일어난다.

그러나 많은 나라에서 발생하고 있는 것과 같이 콘크리트 하수(구)에서 주요 부식 요인으로 과거 30년간 알려져 있는 2황화수소 침투현상이 일어나고 있다. 2황화수소 부식과정을 요약 하면 황화합물은 하수속에서 자연히 나타나는 하수 황화물인 무기 화합물 및 산화물(황산염)은 공기가 없는 조건하에서는 박테리아활동에 의해 생긴(주로 하수의 진흙) 황화물이 함께 생성된다.

이 황화물은 용액과 황화수소 비율에서 PH의 농도와 온도에 의해 나타난다. H₂S의 하수면 위의 공기상태에서 박테리아활동에 의하여 점차적으로 PH가 줄어들고 콘크리트 표면에 황산이 형성되

어 산화된다. 황산은 시멘트 속의 석회와 수경성 칼슘실리케이트와 반응하여 조직을 파괴 및 Putty같은 페이스트의 콘크리트 상태를 만든다. 이 같은 과정은 그림1에 나타내었다. 2황화수소 침식은 부식과정의 필수적인 장소에서 알맞은 상태로 각각 존재할 때에만 일어난다.

이와 같은 가장 중요한 요소는

- ① 하수가 2황화수소 성분(함량)으로 잘 용해되어야 하며 낮은 PH(수소 이온농도 지수) 현상, 즉 산업황화물, 높은 BOD(생화학적 산소 요구량), 고온, 낮은 유속 및 오랜 지체 시간과 같은 것은 중요한 요인들이다.
- ② 2황화수소는 콘크리트 표면에 여건이 조성되어야 하고 대기에서 가용성이 있어야 한다. 이 같은 현상은 높은 상대습도가 필요하고 거친 흐름이 강조된다.
- ③ 박테리아 활동에 좋은 상태 ; 하수의 벽이 습기가 차고 자양분이 있는 상태이다.

간단히 말해 2황화수소침식은 부패된 하수(높은 B.O.D)(생화학적 산소요구량), 고온, 환기가 잘 안되고 낮은 지면에 낮게 흐르는 산업폐기물이나 또는 다른 유황원천이 그 하수구에 수용되는 곳에서 흔히 발생한다. 일반적으로 찌꺼기가 물리는 집수장이나 하수구 입구와 같이 더러운 주변이 형성될 때에만 발생한다.⁽³⁾ 이런 상태하의 콘크리트를 보호하기위해 PVC 라이닝이 일반적으로 널리 사용되고 있다.

3. 부식방지 체계

2황화수소 침식 결과로 콘크리트 구조물 파괴방지에 대한 4가지 기본 방법에 대하여 기술한다.

- ① 콘크리트 표면상에서 2황화수소 형성을 방지하기 위한 방법의 한가지는 2황화수소 농도를 낮추거나, 습기를 제거하기 위한 환기처리 방법이 있는데 값이 비싸게 든다.

소규모인경우는 고려할 수 있으나, 대규모 하수처리인 경우에는 비경제적이다.

- ② 박테리아 기생(활동) 예방법

콘크리트에 살균제를 넣어 규소 4불화물 가스(Silicon Tetrafluoride gas) 처리로 - Ocrate 과

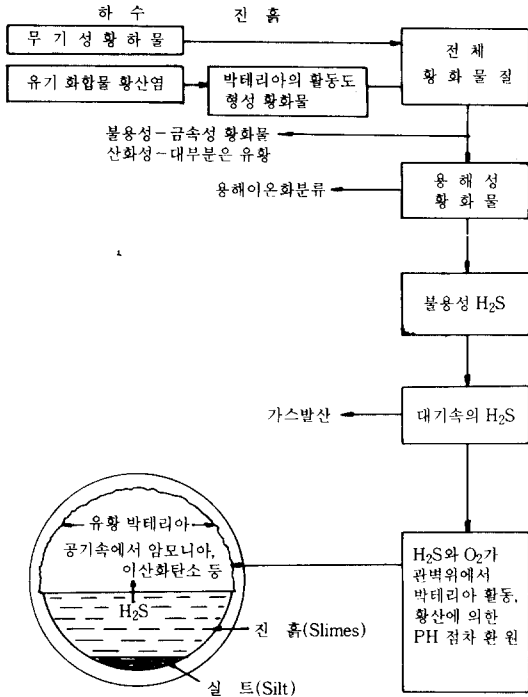


그림 1 "H₂S 침투현상" 메카니즘

정⁽⁴⁾-상업적인 측면에서 사용되어 왔으나 단기간 사용에만 효과적인 것으로 알려졌다. 근본적인 문제는 콘크리트 표면에 충분히 용해된 박테리아를 발견하는 것인데, 아직 이 문제를 해결하기 위하여서는 다년간의 연구가 필요 할 것이다.

③ 황산에 의해 천천히 콘크리트가 영향받게 한다.

④ 라이닝 설치는 콘크리트 표면에 황산과 산이 접촉할 때 영향을 받지 않는 가장 효과적인 방법이다. Humes 회사에서 특수 콘크리트제품과 여러가지 라이닝 자재⁽⁵⁾를 연구하기 위하여 2황화수소 상태하에서 연구를 수행해 온 콘크리트 관련 제품에 대한 상관효과를 표1에 나타냈다.

라이닝을 보호하는 확실한 방법은 액체로 솔질하거나 뿌리거나 또는 계속적으로 보수 하든가 또는 점차적으로 중합된 보호피막을 형성시키는 것이다. 라이닝 형태에 대한 기본적인 요구는 편흡이 생기지 않고 지속적으로 접착된 피막을 형성시키는 능력이다. 라이닝은 콘크리트 하수도가 흐르는 물이 압력을 이겨낼 수 있도록 수평 및 수직면

표 1 각종 콘크리트에 대한 상대 영향도
(Relative Performance of Various Concretes)

Material	Rating	Test Age Yrs.
Control Concrete	1	-
Concrete with Sulphate Resisting Cement	1.2	6
Concrete with Ciment Fondu	4	7
Concrete with 1% Copper Bactericide	1.5	4
Concrete with Limestone Aggregate (Coarse and Fine)	2	7
Concrete with 0.2% Calcium Fluoride	1	3
Pozzolanic Concrete	1	3

(註) Rating System은 각종 콘크리트 상관 수명을 나타내는데 사용되어 왔다. 표준시편에 주어진 그림 1은 대략 6mm/년의 비율로 자재 손실이 나타난다. RATING 2는 일정한 노출 기간내에 표준시편의 자재 깊이의 1/2이 손실된 시편 비율을 뜻한다. 표준시편은 손상될때마다 교체한다.

이 아주 견고하게 콘크리트 관에 집착되게 사용하여야 한다.

라이닝을 할 때 편흡이 생기는 문제점은 피막두께 조정으로 해결할수 있으며, 지금도 호주, 중동 지역에서는 기계를 사용하여 관 내면에 PVC 라이닝 작업을 시행하고 있다. 다른 플라스틱 시트(plastic sheet) 및 탄력성있는 재료는 적당한 화학적 저항성이 있으나 값이 비싸고 취약하기 쉽고 균열이 가고 또는 용접상의 문제점이 있는등 불리한점의 많은 제약이 따른다. PVC 형성 피막은 액체 라이닝 피막보다도 경비 절감이 크고 2황화수소 침식의 적용을 거의 받지않는다.

4. PVC 라이닝

콘크리트 하수도 계통에서 부식방지를 위한 효과적인 라이닝에 대한 기본적인 요구 사항을 명시하면 다음과 같다.

- ① 폐기물의 모든 성분과 2황화수소 침식으로 형성된 황산에 대한 화학적 저항성이 있어야 한다.
- ② 하수도에 쓰이는 PVC 라이닝은 물리적인 조건이 맞아야하고, 파손과 취급에 적당한 강도와 신장성과 저항이 있어야 하고, 사용온도 범위에서 효과적이어야 한다.

- ③ 현재 사용되는 그림2(key 시트)는 콘크리트에 잘 결합되는 방식이라 볼수 있다.
- ④ 하수도에서 박테리아 번식 활동에 영향을 받아서는 안된다.
- ⑤ 부식 방지를 위해서 용접, 고무링, 기타 다른 접합 방법을 통하여 라이닝을 보호 할수있는 형태가 되어야 한다.
- ⑥ 현장 보수가 용이하여야 한다. PVC 시트는 상기와 같은 사항을 충족시킬수 있으며 PVC 라이닝은 이런 면에서 적당하다. 장기간의 안정성을 위하여 합성수지의 선택은 가장 중요한 바 플라스틱 선정은 고분자량이고, 적당한 안정제를 사용하는 것이 좋다.

호주에서 제작하여 하수도 보호에 광범위하게 사용하고 있는 PVC의 기본적 규격은 다음과 같다.

표 2 물리적성질 (Physical Properties)

Physical Property	Test Method	Acceptable Limit
Tensile Strength (both longitudinal and transverse to key)	ASTM.D.412	17.25 MPa(Min)
Elongation at Break (both longitudinal and transverse to key)	ASTM.D.412	225%(Min)
Hardness	Shore Durometer D at 20°C	54 - 62 (Min) (Max)
Plasticiser Permanence (24 hours at 90°C on 50mm diam. disc)	ASTM.D. 1203-67 Method B	1.0% (Max)
Water Absorption at 24 hours (sample size 75mm x 25mm by thickness of sheet)	ASTM.D. 570	0.10% (Max)
Water soluble matter at 24 hours	ASTM.D. 570	0.05% (Max)
Tear Strength (both longitudinal and transverse to key)	ASTM.D. 1004 Grip Speed 8.5mm/sec	80 N/mm (Min)

콘크리트에 비해 고 인장강도, 고 신장성의 PVC라이닝은 손상없이 그러한 문제점을 충족시키고 따라서 신축 조인트 균열이나, 허용처짐을 보완할수 있다. 형상에 따라 곡선을 자유자재로 유연하게 할수 있고 접이음 용접에 표면 접촉면을 만든다.

PVC라이닝용 PVC 시트의 한면은 매끄러운 표

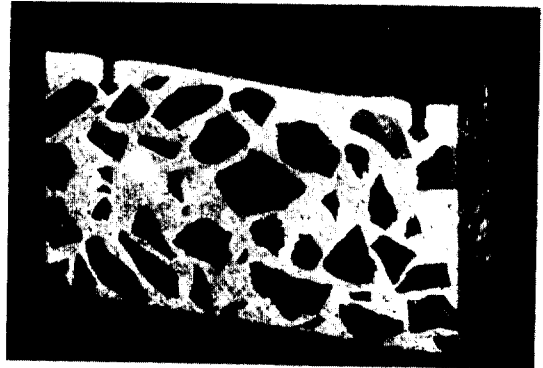


그림 2 관을 보호하기위한 PVC 라이닝 단면 진동기를 사용하여 콘크리트내에 Key를 삽입한다.

면을 가지고 그 반대면은 콘크리트에 박힐 KEY를 가진 면으로 구성되어 있다. 이 KEY는 기계적으로 밀어넣어 콘크리트속에 박히고 그 KEY 주위는 콘크리트로 채워져야 한다. PVC라이닝은 콘크리트 타설전에 거푸집 작업에 적용할때는 KEY 주위⁽⁶⁾를 못이나 소철선으로 나무에 묶어서 고정시킨다. 콘크리트 관 내면의 라이닝은 기계적인 진동방법⁽⁷⁾을 사용하여 라이닝 할수 있다.

어느 경우건 간에 라이닝의 접착강도가 200KPA를 초과하여야 하고 67mm 간격을 갖고 있는 KEYS인 인발력은 14N/mm이상 이어야한다. 연속적 라이닝의 PVC가 잘 녹을 때까지 기조정된 시간과 조정된 압력을 적용하여 양 전극 간에 겹치고 맞물린 용접 과정에 의해서나, 또는 열풍 용접 과정으로 용접이 잘 되게 할수 있다. 그림3과 같이 PVC 시트나 맞물린 PVC 시트를 열풍 용접기로 그에 맞는 Weld Strip을 사용하여 용접한다. 90도 직각면의 용접용으로는 "Corner Welds"라는 특수 제작된 Strip이 쓰여진다.

현장에서 콘크리트 구조물에 맞도록 넓은 Blanket을 공장에서 제작할 수 있다. 10,000-15,000볼트 스파크 시험기를 사용하여 용접상태를 세심한 검사와 물리적인 검사로 핀홀이 없는 라이닝 구조를 만들수 있다.



그림 3 열풍 자동 용접기로 "Blanket" 용접 작업 장면

5. 화학적, 세균적 저항성

호주에서 제작된 PVC 라이닝에 대한 화학적, 세균적 저항성은 12년간 현장시험과 시험실 시험을 실시했으며, 3가지 기본적인 시험의 유형은 다음과 같다.

- ① 하수도의 낮은 농도에서 정기적으로 측정되는 중량의 변화를 전위차의 적극적인 물질의 농축된 용액의 노출
- ② 시험실에서 세균학적인 시험 촉진
- ③ 극심한 2황화수소 조건에서 라이닝한 콘크리트와 라이닝을 하지 않은 콘크리트를 옥외 노출하에서 그 라이닝 재료 자체를 평가 하였다.

화학적 노출시험은 1963년부터 시작하였으며 상온에서 다음과 같은 용액을 적용 시험 하였다.

- 5 % 염화나트륨
- 1 % 염화 철
- 12¹/₂ % 차아염소산 나트륨
- 20 % 황산
- 1 % 질산
- 5 % 수산화나트륨
- 1 % 비누/세제 용액

장기간 "PLASTILINE" 흡수시험

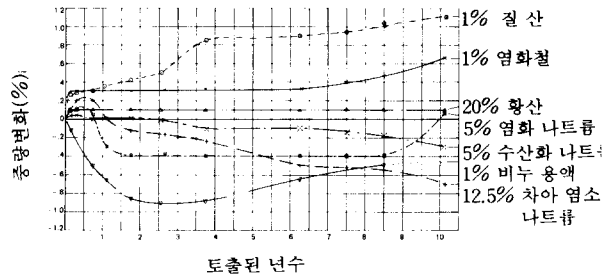


그림 4 1963년부터 여러 극심한 상태의 용액속에서 노출된 "PLASTILINE" PVC 라이닝의 중량 변화 그래프

중량 변화는 일정한 간격을 두고 시행되었으며 그 결과는 그림4에 나타냈다. 그 결과는 10년이상이 지난 후에 중량변화는 ±1%정도였으며, 그 무게는 마지막 7년동안 안정적으로 지속되어 왔다. 박테리아의 침식에 대한 PVC의 민감성은 지금까지 보고되어 있으며⁽⁸⁾, 그리고 침식율을 조정하는 가소제(Plasticiser)형 박테리아에 의해서 가소제(Plasticiser)가 이용되어 왔다.

3키실레닐 인산염은 높은 민감성으로 추출된 Di-Octyl Adipate로써 완전한 불활성으로 분류된다. BURGESS와 DARBY에 의해서 시험된⁽⁹⁾ 중량 손실은 무게 손실방법과 호흡미터 법⁽⁹⁾을 둘 다 사용한 시험계열은 Bacterium Pseudomonas Aeruginosa으로된 보통 하수의 효과에 기초를 두고 있다.

하수 라이닝의 표본은 Tri-Xylenyl Phosphate (3키실레닐 인산염)과 Di-Octyl Adipate (디옥틸 아디페이트)로서 합성수지화된 조정과 1945년 이래로 미국 로스앤젤레스에서 만족할만하게 수행되어 알려진 미국 PVC 라이닝과 비교되었으며, 시험결과는 표3에 요약되어 있다. 이러한 특성에 기대할만한 점은 시험결과에서 산발적으로 나와 있지만 호주 및 미국의 PVC 라이닝 둘 다 박테리아 분해에 저항이 있는 것으로 결론지을 수 있다.

극심한 2황화수소 상태에 연장된 노출의 효과는 현장 시도에 따라 실질적으로는 좋은 자료가 되었다. Humes사는 하수당국의 협조를 얻어서 여러 지역의 2황화수소 상태를 현장시험 할수있었다. 일례로, M.M.B.W. Werribee 하수 농장은 호주

표 3 생화학적 시험 중 량 손실 방법
(Bacteriological Tests Weight Loss Method)

Cumulative mean % weight losses over 6 inoculations						
Material	Inoculation Number					
	1	2	3	4	5	6
A. American "T-lock"	0.34	0.34	0.34	0.40	0.42	0.42
B. Australian "Plastiline"	Nil	0.04	0.06	0.16	0.16	0.26
C. Susceptible Control	10.06	13.24	15.15	15.97	16.04	16.29
D. Resistant Control	Nil	0.04	0.08	0.14	0.14	0.22

Respirometric Method

Material	Cumulative Pressure Change(mm) in 893 hours	
		Mean
A. American "T-lock"	289	277
	265	
B. Australian "Plastiline"	201	246
	291	
C. Susceptible Control	722	517
	311	
D. Resistant Control	112	122
	131	

의 여름날 에도 불구하고 썩은 하수를 채우고, 거의 환기를 시키지 않고 매년 6mm 깊이의 콘크리트 부식이 되도록 여건을 만들어 놓았다. 1962년부터 이러한 상태에서 PVC 시트를 상하단 모두 침전 시켜보았다. 이러한 현장 시험결과 어떤 요소가 성형화 시키며, 어떤 요소가 Lead Stabiliser 요소를 가지고 있는가 면밀히 분석되고 있다.

가소제의 이동을 알아내기 위하여 얇은 부분을 접착력이 있는 에폭시와 마이크로롬 (현미경으로 보기위해 물건을 얇게 자르는 기구)으로 짜른 조각을 사용하여 금속 덩어리 위에 PVC시료를 붙여서 준비하였다.

시편의 두께는 일반적으로 약 0.15mm로서 총 두께의 10%이다. 하수가 접촉되는 표면은 노출됨으로 콘크리트로 접촉되는 표면은 보호됨으로 지정 표시된다. 이러한 시험으로 측정된 가소제 및 Lead 성분은 표4에 설명되어 있다. 결과는 가소제나 또는 Lead 성분이 노출되는 기간중 중요한 변화가 없는 것으로 나타 났다. 이것은 가소제가 세균번식이나 또는 다른 방법에 의해 추출되지 않음

표 4 "Plastiline"의 폭로 시험(Analysis of Exposed "Plastiline")

Sample Description	Plasticiser Content % 註①	Lead Content % 註②
Exposed	0-5 %	26.0 %
	0-10 %	27.6 %
Internal	10-20 %	-
	25-40 %	25.7 %
	35-55 %	25.8 %
	53-62 %	26.6 %
	78-89 %	26.8 %
	85-94 %	26.1 %
Protected	90-100 %	25.2 %
	95-100 %	27.3 %
Whole Sample	-	3.62 %
New Sample 註③	26.1 %	3.67 %

- (註) ① 역류상태하에서 24시간 동안 추출에 의한 측정
 ② 섭씨 600℃에서 탄화가 되고 염산속에서 용해시험 후 원자 흡광 분광 광도계에 의한 측정
 ③ 하수에서 노출되지 않은 시료

것을 말하며 또한 다른 주요한 Plastiline 구성분인 Lead가 안정되었을 때만을 의미하는 것이며, 이것은 또한 황화수소 노출에 의한 영향이 없음을 뜻한다.

PVC라이닝을 한 콘크리트는 노출된 하수구의 폐수면 아래와 그 윗부분은 영향을 전혀 받지 않는다. 2황화수소를 8년간 노출 후 물리적 시험은 227% Break에 신장으로 20.15MPa의 인장력을 갖는 Plastiline Material을 나타낸다. 이 결과는 시방서 요구에 못 미치고 있다. 이와 같은 10-12년의 시험은 PVC가 노출된 하수에 영향을 받지 않았으며 보다 오랜 사용기간 중에도 변하지 않고 안정된다는 결과를 나타내고 있다.

6. 기타 관련 PVC 특성

물리적으로 하수 사용을 적절히 하려면 라이닝은 파이프 설치전에 비교적 장기간 대기에 노출시켜 견딜 수 있고 여하한 Service 기간 중 어떤 기온하에서도 만족스럽게 수행할 수 있어야 한다. 라이닝 자재의 시료는 멜보른 산업지역에서 보통 대기상태에 노출된 선반에 놓여 8년이상 노출시켰었다. 불변하는 가소제의 성능과 가소제의 성분시

험은 3~6년 후에 실시되었으며 결과는 표5에 나타냈다.

표 5 대기 노출 효과 (Effect of Atmospheric Exposure)

Sample Age	Plasticiser Permanence	Plasticiser Content(ether extraction)	Tear Strength N/mm
Original (Batch 1)	0.18 %	26.5	104.4
	(Batch 4) 0.34 %	26.5	115.5
3 Years (Batch 1)	0.48 %	25.2	87.7
	(Batch 4) 0.38 %	21.1	94.7
6 Years (Batch 1)	0.32 %	24.9	112.0
	(Batch 4) 0.31 %	23.6	126.0

6년간 대기상에 노출 시킨 결과 PVC 시트의 신축성과 용접 성능은 지장을 받지 않았다. 8년간 대기노출 시트는 인장강도는 19.3 MPA였으며 표면을 깨끗이 한 후 그 자재는 열풍 자동 용접으로 쉽게 할 수 있었다. 옥외의 마모 여건하에서는 재료의 반응 결과를 얻기가 어렵다. 그래서 시험실에서 실시한 마모시험은 PVC와 콘크리트의 마모저항 시험을 3회 실시 하였다.

- * Sand blast 시험 : 건조한 상태에서 실리카모래를 고속으로 움직여 마모에 대한 상대적인 마모저항을 나타내는 시험
- * Steel ball 마모시험 : 건조한 상태에서 Steel ball의 회전과 떨어짐에 대한 마모저항을 나타내는 시험(B.S.368-1936방법)
- * Sliding stone : 건조한 상태에서 돌을 굴리는 방법에 의하여 마모에 대한 저항을 나타내는 시험 이상과 같은 여러 시험결과하에서 마모 상태하에 있는 PVC와 불시멘트비가 비교적 적은 고품질 콘크리트의 외관상 상대적 비율은 다음과 같다.

표 6 마 모 저 항 (Abrasion Resistance)

Test Method	Plast. PVC	Concrete
Sand Blast	1	33
Steel Ball	1	62
Sliding Stone	1	10

이러한 결과는 마모저항⁽¹¹⁾에 대한 기 발간된 자료들과 일반적으로 일치하고 예상치 않은 변화 비율은 아니다. 높은 적용 비율 일지라도 최소 1.5mm를 사용한 고품질 콘크리트의 1/10는 보통 하수에서 게이지상의 주요한 손실을 나타내지는 않는다. 시트의 굴곡성은 온도가 올라갈수록 증가하지만 화학적인 저항은 섭씨60℃⁽¹¹⁾이상에서 영향을 주지는 않는다. 섭씨 80℃에서 단기간 노출은 유해로운 것으로 나타나지는 않으나 섭씨 60℃이상의 기온에 계속적으로 노출하는데 대한 계획은 모든 상이한 조건에서의 치밀 한 시험을 보장한다. 섭씨 0℃ 이하의 상태의 PVC 시트를 시공할 동안은 주위를 따뜻하게 할 필요가 있으며, 하수구 라이닝 작업 온도는 0℃ - 60℃ 범위가 가장 적합하다.

7. 현장 시공

중요한 PVC 라이닝은 1940년대 중반 2 황화수소 문제가 남부 전역을 휩쓸은 미국에서 최초로 사용되었다. 첫 번째 설치는 "T-Lock"^{(12) (13)}라고 호칭하는 형상을 가진 PVC시트를 사용하여 캘리포니아에서 시공되었다. 본격적인 사용은 수년간을 통하여 개발되었고 지금 사용하는 것은 30년간의 훌륭한 시공 기록이다. 호주에서 PVC라이닝의 상업적 최초 적용은 T-Lock를 수입 사용하였지만 호주산 Plastiline Adelaide Trunk 하수구에서 1962년 개발하였고, 미국 시트보다 경제적인 이점과 기술적인 우위성이 있기 때문에 제작되었다.

Adelaide Trunk 하수구는 구경 2300 ~ 2650mm의 원심력파이프를 거의 50,000평방미터에 달하는 "Plastiline"라이닝을 시공하였다. 이 Plastiline 라이닝은 포괄적이고 철저한 품질시험을 하였고, 채택전에 호주 정부에서 평가를 하였다. 라이닝은 파이프, 챔버, 맨홀및 다른 특별한 구조, 즉 예상되는 극심한 상태를 극복하기 위한 다른 적당한 구조를 필요로 한다. 하수구의 작은 단면 예를 그림5에 나타낸다. 하수구 콘크리트를 보호하기 위한 "Plastiline"의 사용법에 관련시켜 최초 계약한 주요한 공사는 호주의 타스마니아를

제외한 전국에서 시행되었다. 총사용은 500,000평방미터가 넘는 Data 이다. 추가적으로 시트는 많은 물량이 일본 및 극동으로 수출되었고, 현장에서 시공한 결과 아주 만족한 상태이다.⁽¹⁴⁾

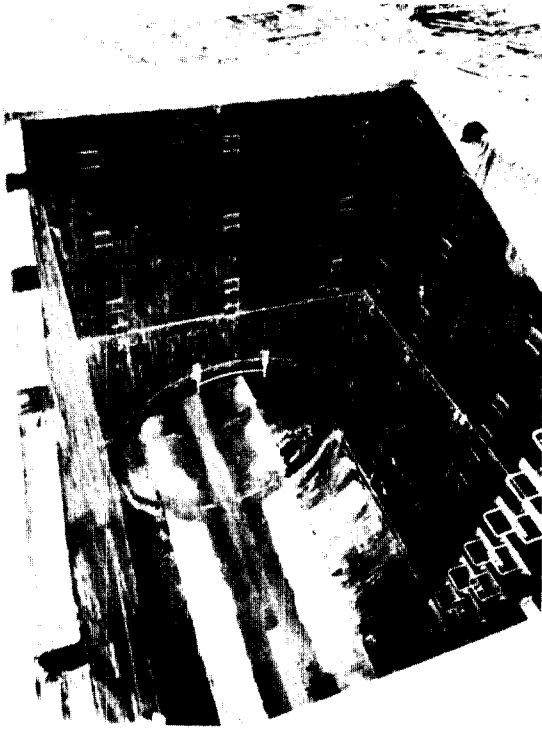


그림 5 하수관과 맨홀의 PVC 라이닝된 단면 일정 하수량이 흐르는 단면은 2황화수소(H_2S) 침식이 일어나지 않기 때문에 라이닝은 생략한다.

8. 결 론

PVC 라이닝은 하수계통에서 2황화수소 침식에 의해서 발생하는 콘크리트 부식을 보호하는데 아주 효율적이며 경제적인 방법임을 제시하고 있다. 그것은 하수도 라이닝 재료에 대한 화학적, 물리적인 요구를 충족시키고, 하수 처리용으로 광범위하게 사용되었다. 30년 가까운 만족스런 실적이 기록되어졌었다. 약 12년동안 현장 경험을 통해서 시험실의 결과를 얻어 내는데 성공하였다. 1963년 "Los Angeles City Engineer"에서 PVC 라이닝은 하수 용으로 100년까지 견딜수 있다고 결론지었다.

참 고 문 헌

1. A.C.I. Monograph No.4 "Durability of Concrete Construction" 1968 pp.140 et seq.
2. Kessler et al "The Effect of Sewage on Sewer Pipe" American Concrete Pipe Association.
3. Thistlethwayte "Control of Sulphides in Sewerage Systems" Edited by D.K.B. Thistlethwayte (Butterworth 19/2).
4. Van der Eerde J. "Chemical Resisting Ocrate Concrete" Cement Lime and Gravel London 1953.
5. Baker C.A. "Chemical Corrosion of Concrete" Australasian Corrosion Engineering, September 1974.
6. Munger C.G. "Sewer Corrosion and Protective Coatings" Civil Engineering August 1960.
7. Humes Ltd. (1964): "Improvements in and Relating to Concrete Pipes and other such bodies" Australian Patent 255655.
8. Dolezer B. "The Resistance of Plastic to Micro-organisms" British Plastics, October 1967.
9. Burgess R. and Darby R. "Microbiological testing of plastics" British Plastics, March 1965, pp 165-169.
10. Herron Testing Laboratories (1959): Laboratory Report P-2835, P-9021, July 17, 1959.
11. I.C.I(1961) "The Chemical Resistance of P.V.C." Information Service Note No.795
12. Pardee L.A. and Studley E.G. "Concrete Sewer Protection" Water and Sewerage Works, April 1957.
13. Kesler J. "Major New Outfall Sewer to Serve Los Angeles" Public Works, February 1957.
14. Longstaff A.G. "The Use of Concrete Pipes in Outfall Servics" CPAA National Seminar 1972. □