

Polly-pigs를 이용한 노후급수관의 세관에 관한 연구

Old Service Pipe Cleaning of Polly-pigs Cleaning technique

이현동, 배철호, 박정훈, 김길남*

Hyun-Dong Lee · Chul-Ho Bae · Jeong-Hoon Park · Gil-Nam Kim*

한국건설기술연구원, 동호엔지니어링(주)*

Korea Institute of Construction Technology, DongHo Eng. Co.*

Abstract

Polly-pigs technique was developed to remove internal rusts and scales from service pipes in the building by using Polly-pigs that were used as various applications in conventional plant pipelines.

Results of cleaning experiments on 15mm GSP(Galvanic Steel Pipe) showed that hydraulic cross sectional area was more increased from 3.5% to 15.4% for straight part or elbow parts of several test pieces. Results of optical analysis also showed that rust and scale removed mostly by KDP series(only consisted of Polyurethane) were outside red colored scale ($Fe_2O_3 \cdot H_2O$), and there was a limitation to the removal of black colored scale($Fe_3O_4 \cdot nH_2O$) that was below red colored scale.

But it was evaluated that KDPS series coated fine sand with KDP series could remove not only red colored scale but also black colored scale and more increase hydraulic cross sectional areas of 15mm GSP old service pipes from 13.0% to 17.9%. After KDPS series cleaning, hydraulic cross sectional areas of them were recovered from 95.9% to 99.5%.

Turning force of Polly-pigs was largely improved by the effect of Helical guide vane(Cleaning v/v) and Rotating wing(Pigs), and the number of pig rotating also more increased sixteen times compared with conventional cleaning system without Helical guide vane and Rotating wing.

After KDPC series cleaning of 100mm GSP old service pipes that hydraulic cross sectional areas were 90%, hydraulic cross sectional areas were almost recovered perfectly like new service pipes. Additionally pressure necessary to run Polly-pigs in 100mm GSP was lower and cleaning efficiency also was higher than 15mm GSP cleaning. Therefore it was thought that as the diameter of pipe was more increased, pressure necessary to clean service pipes was more decreased and cleaning efficiency was more increased in Polly-pigs cleaning.

Keywords : Polly-pigs, Old service pipes, Cleaning, Renovation, Rehabilitation

요약문

본 연구에서는 기존 배관설비 분야에서 다양한 용도로 사용되고 있는 Polly-Pigs를 이용한 건물내 급수관의 스케일을 제거하기 위한 공법을 개발하여 이를 평가하였다.

15mm 노후관의 세관실험결과, KDP series에

의해서 직관부 또는 곡관부의 통수능은 3.5~15.4%까지 증가되는 것으로 나타났으며, 육안분석 결과 대부분 제거가 이루어진 부분은 적색 스케일($Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$)이었으며, 흑색 스케일($Fe_3O_4 \cdot nH_2O$)의 제거에는 한계가 있는 것으로 나타났다. 그러나 KDP series의 겔표면에 Fine sand를 coating한 KDPS series에 의해서는 sand의 효과로 노후관의

통수능이 13.0~17.9%까지 증가되어 통수능이 95.9~99.5%까지 높게 회복되는 것으로 나타났으며, 대부분의 흑색 스케일도 크게 제거되는 것으로 나타났다. 또한 Cleaning v/v의 나선형 가이드 베인(Helical guide vane)과 Pigs의 회전날개(Rotating wing)의 영향으로 주행시 Pigs의 회전력은 크게 향상되어 16배이상 회전수가 증가하는 것으로 나타났다. 이로 인해 100mm 급수관의 세관에서는 통수능이 90%인 노후관이 세관 후 통수능이 완전히 회복되는 것으로 나타났다. 또한 15mm 급수관에 비하여 매우 낮은 압력하에서도 세관효과가 높은 것으로 나타나 관경이 클수록 세관에 필요한 세관압력은 크게 감소되며, 세관효과는 증가되는 것으로 나타났다.

주제어 : 폴리피그, 노후관, 세관, 개량, 갱생

1. 서론

최근 국민의 식생활 수준이 높아지면서 먹는 물에 대한 관심도 높을 뿐만 아니라, 대부분의 수도꼭지에서의 적수와 출수불량의 원인이 정수장 또는 배·급수관 등의 부식으로 인한 문제보다 건물내 급수관의 부식 또는 노후도로 인한 것으로 이에 대한 국민적 관심도가 매우 커지고 있는 상황이며, 이에 따라 급수관 갱생 부분에 대한 관심도 한 높아지고 있는 상황이다.¹⁾²⁾³⁾⁴⁾

현재까지 건물내 급수관의 세관방법은 화학적 세관방법과 물리적 세관방법으로 구분될 수 있다. 화학적 세관방법으로는 오존(O₃)과 과산화수소(H₂O₂)를 비롯하여 다양한 상용화된 제품들이 개발되어 있는 상태이다. 그러나 이들 화학적 세관방법은 세관시 유독한 가스 또는 냄새를 유발하는 등 많은 문제점을 안고 있다. 물리적인 세관방법도 매우 다양하나 건물내 급수관 세관에 사용되고 있는 방법으로는 대표적인 것이 최근 한국건설기술연구원에서 개발한 공기충격파를 이용한 세관공법과 고압세관공법, Air Sand(A/S) 공법 등이 있다.¹⁾⁵⁾

특히 노후상태에 따라서는 세관뿐만 아니라 관 자체의 내구성을 향상시키기 위해서 일본에서 개발 보급된 Air sand 이후 액상에폭시로 급수관을 도장하는 A/S 및 라이닝 공법이 대표적으로 사용되고 있다. 그러나 공기충격파는 작업이 편리하며,

기기의 조작이 간단하다는 특징을 가지고 있으나 급수관내 경질스케일을 제거하기보다는 연질스케일 또는 급수관 통수 이후 정기적인 세관에 사용될 경우 효과가 있으며, 고압세관수의 경우는 대부분 아파트를 비롯한 공동주택의 경우 세대내 급수관경이 15mm의 소구경으로 이루어졌을 뿐만 아니라 대부분 이음부, 분기관 등이 많고, 노후도에 따라서는 관폐쇄율이 높아 고압세관을 위한 호스 등을 급수관 내부로 진입시키기 어렵기 때문에 기존 건물내 급수관의 세관에 사용될 경우 이들 문제를 해결해야 할 것으로 판단된다. Air Sand는 연마재를 공기로 선회류시켜 급수관 내부의 스케일을 제거하는 것으로 대부분은 경질스케일 제거에도 효과가 매우 좋으나 급수관의 노후상태에 따라서는 파손 또는 구멍 등이 발생되므로 사전에 급수관에 대한 부식 및 노후도에 대한 평가가 매우 중요하다.⁶⁾⁷⁾⁸⁾

Polly-pigs는 Pigs가운데에서도 Form Pigs에 해당하며, 배관내 축적물을 제거하거나 또는 유체의 이송 등 정유, 가스, 상하수도 등 여러 분야에서 폭 넓게 사용되고 있으며, 특히 상수도분야에서는 이미 송·배수관로와 같은 대구경의 스케일을 제거하기 위한 용도로 폭넓게 이용되고 있다. 또한 최근에는 Polly-pigs를 이용한 배관탐사장치까지 개발되는 등 정밀진단분야에도 적용되고 있다.

그러나 건물내 급수관은 대부분 관경이 100mm 이하의 소구경으로 Polly-Pigs의 주행에 있어 높은 수압이 요구되며, 또한 건물내 급수관의 스케일을 제거하기 위한 세관 또는 갱생에 대한 관심도가 낮아 다른 기타 갱생공법과 마찬가지로 건물내 급수관의 세관을 위한 공법으로 적용되거나 활용되고 있지 못하고 산업설비 분야에서 폭넓게 사용되고 있다.

따라서 본 연구에서는 기존 배관설비 분야에서 다양한 용도로 사용되고 있는 Polly-Pigs를 이용한 건물내 급수관의 스케일을 제거하기 위한 공법을 개발하고, 이를 평가하였다

2. 실험 방법

2.1 재료 및 시약

2.1.1 노후급수관

본 연구에서 세관 대상관종으로서 서울특별시를 비롯한 기타 다른 지역으로부터 채취한 수도

용 아연도강관을 사용하였다. 시험에 사용된 채취한 노후관의 관경은 15mm와 100mm이었다.

2.1.2 Polly-Pigs

본 연구에서는 급수관의 녹과 스케일 제거에 적합한 Polly-pigs를 개발하여 Polly-pigs세관 효과를 평가하였다. 급수관의 세관을 위한 Polly-pigs의 모양과 특징을 Table 1에 나타내었다. Table 1에서 15mm 소구경 급수관에 대해서는 순수 Polyurethane 재질로만 이루어진 직경이 13mm (KDP-1), 14.5mm(KDP-2), 16.5mm(KDP-3)인 KDP Series (DongHo Eng.)와 KDP series의 겉표면에 미세 규

사를 코팅한 KDPS series를 사용하였다. 또한 100mm 급수관에는 기존 Polly-pigs의 후면을 회전날개(Rotating wing) 모양으로 개조한 KDPC series를 사용하였다.

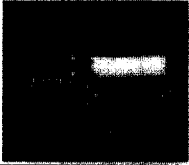

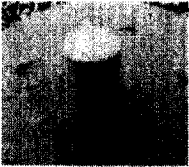



2.2 실험장치

2.2.1 Launcher

일반적인 Pigs 공법에서 Launcher는 Pigs를 주행시키기 위해서 배관에 장착하는 설비이다. 일반적으로 사용되는 Polly-pigs의 발사대 기능을 하는 Launcher의 형태는 매우 다양하다.

본 연구에서는 건물내 급수관의 세관 환경에 적

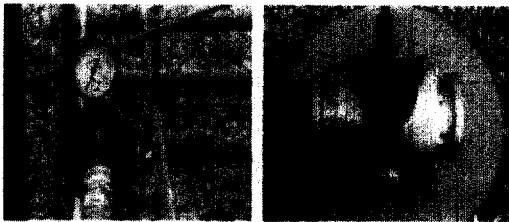
Table 1. Features and Characteristics of Developed Polly-pigs

Polly-pigs	Features	Characteristics
KDP Series (For 15mm)		<ul style="list-style-type: none"> -Only consisted of Polyurethane -Application for initial cleaning -For soft slime and scale -For accumulations -Soft and flexible
KDPS Series (For 15mm)		<ul style="list-style-type: none"> -Consisted of Polyurethane and fine sand -For rust and scale -Soft and Flexible
KDPC Series (For 100mm)		<ul style="list-style-type: none"> -Swabe pigs -Only consisted of Polyurethane -Application for initial cleaning -For soft slime and scale -Soft and flexible
		<ul style="list-style-type: none"> -Criss cross pigs -Consisted of Polyurethane and silicon carbide -For soft rust and scale -Flexible
		<ul style="list-style-type: none"> -Silicon carbide pigs -Consisted of Polyurethane, silicon carbide, and thick sand -For strong soft rust and scale -Flexible
		<ul style="list-style-type: none"> -Brush pigs -Consisted of Polyurethane, silicon carbide, and wire -For strong soft rust and scale -Flexible

합하도록 Launcher에 해당하는 Cleaning v/v를 개발, 제작하였다. Cleaning v/v의 특징은 기존 Launcher에 유입부와 유출부 내부를 나선형 가이드 베인(Helical guide vane)으로 제작하였다. 나선형 가이드베인의 기능은 유체가 Cleaning v/v를 통과할 때 와류를 자동 발생시켜줌으로서 Pigs가 빠르게 회전하도록 고안된 것이다. Cleaning v/v 측면에 설치된 작동레버를 설치하여 원터치 조작만으로 Pigs 삽입과 주행이 가능하도록 하였다.

또한 Cleaning v/v 앞부분에는 압력계를 설치하여 Pigs주행시킨 후, 스케일 제거에 따른 압력 감소를 확인할 수 있도록 하였다. 관내면 스케일에 따라 통수능이 감소하면 압력계에 나타난 관내면 압력도 증가하기 때문에 스케일의 제거효과를 파악할 수 있을 뿐만 아니라 Pigs 배출여부도 확인 가능하기 때문이다.

Cleaning v/v의 크기는 아파트와 같은 공동주택의 수도계량기 함(Box)의 크기(Size)와 작업공간 등을 고려하여 수도계량기 규격(Size)으로 제작하였다. Fig. 1은 개발된 15mm 관종과 100mm이상 관종의 규격의 Cleaning v/v이다.



(a) For 15mm GSP (b) For 100mm GSP
Fig. 1. Launcher(Valve for Cleaning)

2.2.2 압송장치

본 연구에서는 급수관 내면에서 Pigs주행을 위한 압송원으로 물을 이용하였으며, 소구경 급수관인 경우 녹과 스케일에 따라 고압이 요구됨에 따라 압송압력은 최고 20kgf/cm²까지 가능하도록 하였으며, Controller를 부착하여 급수관의 녹과 스케일에 따른 급수관의 상태에 따라 압송압력을 달리할 수 있도록 하였다. Fig. 2는 급수관 Polly-pigs 세관을 위하여 제작한 압송장치 시스템이다.

2.2.3 Pilot plant

Polly-pigs 세관장치를 이용하여 노후급수관의

세관효과를 분석하기 위하여 Fig. 3의 15mm 아연도강관(13m×2m×2m)과 100mm 강관(15m×1m×2m)으로 건물내 급수시스템 Pilot plant를 설치하였으며 일부구간에 15mm, 100mm 노후급수관을 각각 설치할 수 있도록 하였다.

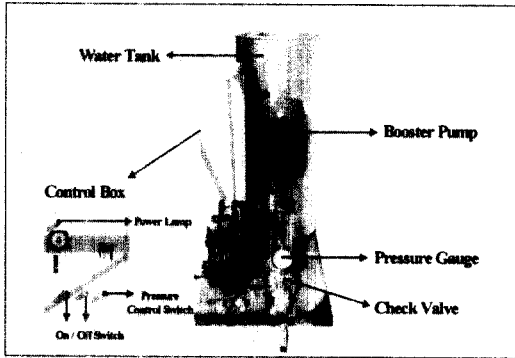
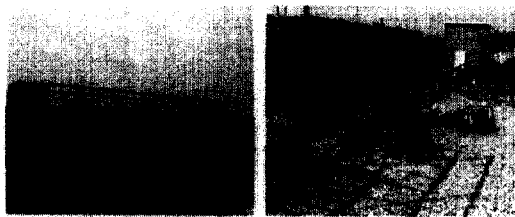


Fig. 2. Apparatus for Polly-pigs running (KDRP apparatus)

또한 주행중인 Polly-pigs의 모습을 관측하기 위하여 일부구간은 투명 아크릴관으로 하였다. 또한 압송원으로 물을 사용하기 위하여 압송장치에 4톤 규모의 FRP 물통을 고압호스로 연결하였다.



(a) For 15mm cleaning (b) For 100mm cleaning
Fig. 3. Pilot plant for testing Polly-pigs Cleaning

2.3 Polly-pigs에 의한 급수관 세관실험

일반적으로 스케일이 관경에 비해 두껍게 형성된 경우는 여러 가지 Size 및 종류의 Pigs를 복합적으로 사용해야 한다. 예를 들면 15mm급수관에 1~2mm이상 두꺼운 스케일이 형성되어 있다고 할 경우 처음부터 가장 큰 Pigs를 사용하게 되면 스케일 제거량이 너무 많게 되어 주행 도중 퇴적된 스케일로 인한 폐색으로 주행을 중단하는 문제를 일으키게 된다. 이러한 경우는 Size가 작은 것부터 시작하여 순차적으로 Size가 큰 것으로 이행

해 나가면서 스케일의 제거량을 조절하면서 제거해야 한다. 따라서 본 연구에서는 Fig. 4와 같이 (a) → (d) 단계에 따라 15mm 급수관은 KDP series를 통하여 세관을 우선적으로 실시하였으며, KDP series에 의해서 제거되지 않은 녹과 스케일은 KDPS series를 사용하였다. 100mm 급수관의 경우는 KDPC series중 Swabe pigs에서 Brush pigs 순으로 세관을 실시하였다. 세관의 종결은 세관이 진행됨에 따라 Pigs 유출시 적색이 더 이상 나타나지 않고, Cleaning v/v의 압송압력이 감소하지 않는 시점으로 하였다. 사용되는 Pigs는 큰 손상을 입지 않는 한 계속해서 반복 사용하는 것을 원칙으로 하였다.

또한 Cleaning v/v와 KDPC series가 관내면에서의 Pigs의 회전력에 미치는 영향을 평가하기 위하여 5mm 간격으로 Straight Line(표준선)이 표시된 100mm 투명 아크릴 관(Length : 2m)을 제작하고, Wire로 둘레를 감싸고 있는 Brush Pigs를 사용하여 관내면을 통과시킨 후, 관 도입부와 말단부에서의 Pigs의 Wire에 의해서 나타난 Trace Line을 이용하여 단위길이당 회전각도를 산출하였으며, Pigs가 관내면에서 1회 회전하는데 소요되는 거리를 구하여 비교 평가하였다.

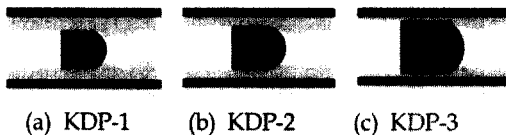


Fig. 4. The method for KDP series cleaning to remove rust and scale inside

2.4 분석방법

본 연구에서는 Polly-pigs 세관효과를 평가하기 위하여 세관전후의 압송 압력변화, 통수단면적을 각각 측정하였다. 통수단면적의 측정은 급수관 내부에 중류수를 채워 용적의 변화를 측정하였다. 또한 통수능은 조도계수를 고려하지 않은 통수단면적만을 고려한 것이다.

3. 결과 및 고찰

3.1 15mm 노후급수관의 세관

3.1.1 KDP series에 의한 세관효과

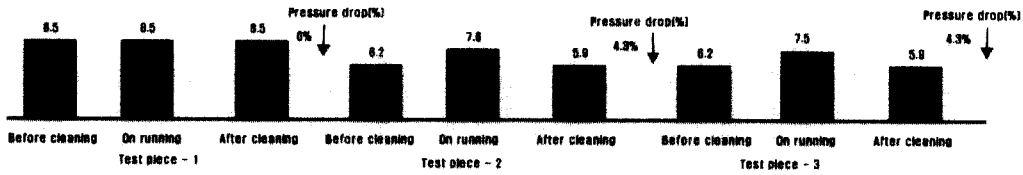
Fig. 5에 KDP series에 의한 노후관 직관부에

대한 세관 실험결과를 나타내었다. 세관구간의 길이는 13m이며, 노후관(L=1m)은 중앙에 설치하였다. KDPR apparatus의 압송압력을 10kgf/cm²로 고정하였다. 노후관 설치 이전 신관으로 구성되었을 때 Cleaning v/v에 나타난 압력은 5.9kgf/cm²이었으나 노후관 시편설치로 압력은 6.2kgf/cm²에서 8.2kgf/cm²까지 상승하였다. 이는 노후관내면의 녹과 스케일 등으로 통수단면적이 감소함으로서 압송압력의 증가를 초래하였기 때문이다. Fig. 5에서 초기 통수능이 72.1%와 77.6%인 노후관은 압송압력이 초기 6.2kgf/cm²이었으나 KDP series에 의해서 세관이 진행됨에 따라 녹과 스케일이 제거됨에 따라 통수단면적이 넓어짐으로 인해서 5.9kgf/cm²로 감소하여 각각 4.3%의 압송압력이 감소하는 것으로 나타났다. 또한 통수능도 세관 후, 83.2%와 93.2%로 각각 11%와 15.4%까지 크게 증가하였다. 그러나 KDP series에 의한 세관으로 노후관의 통수능을 100%까지 회복시키는 것은 어려운 것으로 보여진다. 이는 KDP series 자체가 매우 부드럽고 유연성이 높아 노후관의 주행에 큰 어려움은 없으나 육안 분석결과 대부분 제거가 이루어진 부분은 적색 스케일(Fe₂O₃·3H₂O)로 판단되었으며, 더 이상 제거되지 아니하는 부분은 내면에서 녹이 크게 성장한 부분 중 흑색(Fe₂O₄·nH₂O)을 띠는 부분으로 보였다.

Fig. 6에서 KDP series에 의한 노후관 곡관부에 대한 세관 실험결과를 나타내었다. 세관구간은 10.5m이며, 노후관의 길이는 엘보우를 중심으로 0.25m이다. KDPR apparatus의 압송압력을 직관부에 세관과 동일한 10kgf/cm²로 고정하였다. 노후 곡관부 설치 이전 동일 신관인 곡관부로 구성되었을 때 Cleaning v/v에 나타난 압력은 5.0kgf/cm²이었으나 Fig. 6에서 초기 통수능이 74.6~86.8%이었던 노후관의 압송압력은 6.5~6.9kgf/cm²로 나타났다. 따라서 직관부 노후관 세관에서 사용한 세관구간과 시편길이가 짧지만 압송압력은 상대적으로 더 높게 요구되는 것으로 나타나 실제 건물내 급수관 세관시 곡관부에 따른 필요한 압송압력을 고려해야 할 것으로 판단된다. 이는 압송압력이 충분하지 못할 경우 Pigs가 관내면에 정지할 우려가 있기 때문이다.

KDP series에 의한 세관 후, 압송압력은 초기 압력에 비하여 세 개의 노후관에 대하여 4.3~10.4%까지 감소하는 것으로 나타났으며, 통수능도

(a) Cleaning v/v, pressure(kgf/cm²)



(a) Hydraulic cross section(%)

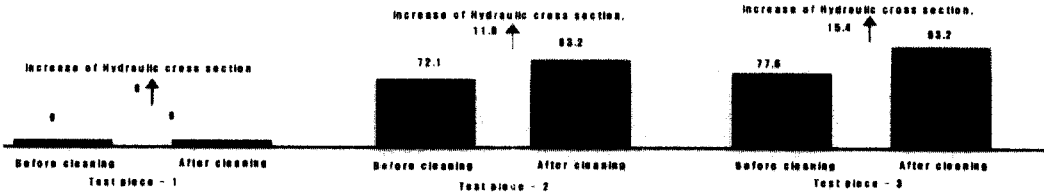
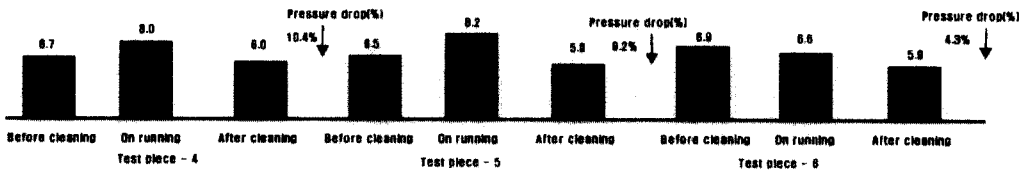


Fig. 5 Variation of pressure and hydraulic cross section before and after KDP series cleaning on a straight part of 15mm GSP test piece(L=1m)

(a) Cleaning v/v, pressure(kgf/cm²)



(a) Hydraulic cross section(%)

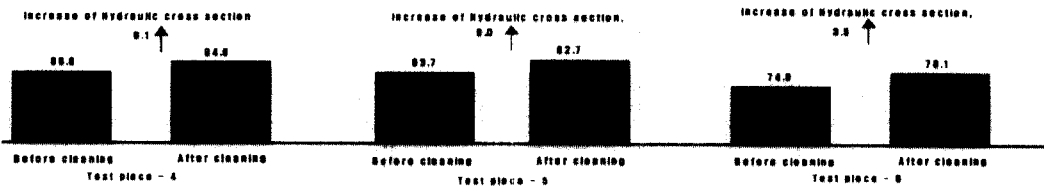


Fig. 6 Variation of pressure and hydraulic cross section before and after KDP series cleaning on a elbow part of 15mm GSP test piece(L=0.5m)

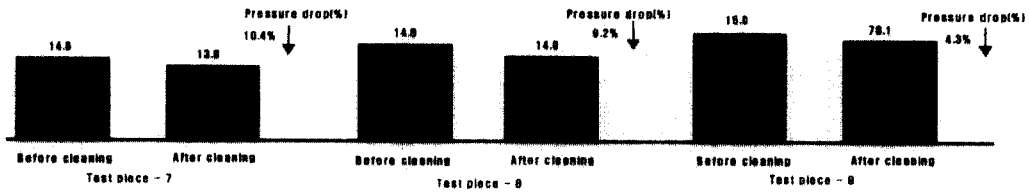
초기에 비하여 3.5~9.0% 증가하여 최종 통수능은 78.1~94.9%로 나타났다. 세관에서 통수능 회복의 이러한 차이는 육안 분석결과 앞서 언급한 바와 같이 노후관 내면의 흑색스케일의 정도에 따른 결과로 판단되며, 비슷한 통수능을 갖는 경우에도 관내면의 스케일의 상태가 다른 것은 관내면의 부식이 수질에 큰 영향을 받기 때문인 것으로 판단된다.

3.1.2 KDPS series에 의한 세관효과

Fig. 7에 KDP series 세관 이후 KDPS series에 의한 노후관 직관부에 대한 세관 실험결과를 나타

내었다. 세관구간의 길이는 27m로 하였으며, 노후관(L=1m)은 중앙에 설치하였다. KDPR apparatus의 압송압력은 세관구간의 길이를 고려하여 20kgf/cm²으로 고정하였다. 노후관 설치 이전 실험관으로 구성되었을 때 Cleaning v/v에 나타난 압력은 13.7kgf/cm²이었으나 노후관 시편설치로 노후관의 녹과 스케일 상태에 따라 압력은 14.6~15.02kgf/cm²까지 상승하였다. Fig. 7에서 KDP series 세관 이후 KDPS series에 의한 세관으로 압송압력은 14.0~13.8 kgf/cm²까지 감소하여 일부 노후관의 경우는 실험관 설치와 비슷한 압력까지 감소하여 관내면의 녹과 스케일이 거의 제거가 된

(a) Cleaning v/v, pressure(kgf/cm²)



(a) Hydraulic cross section(%)

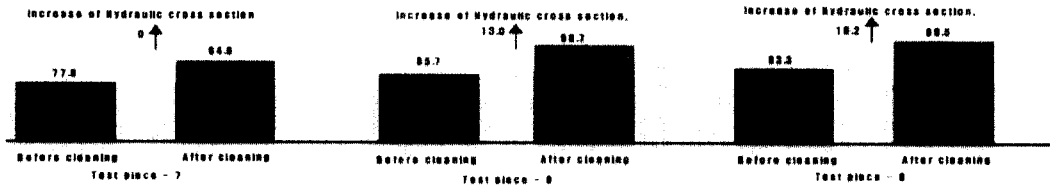
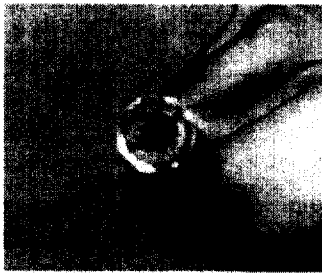
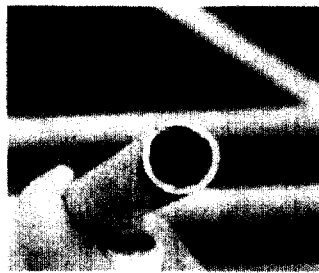


Fig. 7 Variation of pressure and hydraulic cross section before and after KDP and KDPS series cleaning on a straight part of 15mm GSP test piece(L=1m)



(a) Before cleaning



(b) After KDP series cleaning



(c) After KDPS series cleaning

Fig. 8 Pictures of 15mm test piece before and after KDP and KDPS series cleaning

것으로 나타났다. 통수능의 측정결과를 보면 KDPS series 세관 후, 77.9~85.7%의 노후관의 통수능은 95.9~99.5%까지 크게 증가된 것으로 나타났다. KDPS series에 의한 통수능의 증가는 Fig. 8에 나타낸 바와 같이 KDP series에 의해서 제거되지 않았던 흑색스케일 등이 KDPS series의 표면에 부착된 fine sand에 의해서 대부분 제거되었기 때문에 보여진다.

따라서 15mm 아연도강관의 경우에는 녹과 스케일 정도에 따라 이를 제거하기 위해서 KDP와 KDPS series를 적절하게 혼용하여 사용해야 할 것으로 보여진다. 또한 15mm 아연도강관의 녹과 스케일을 제거함에 있어 높은 압송압력이 요구되므로 세관 이전에 노후관의 정확한 상태의 평가를 통하여 누수발생 가능성을 방지해야 할 것으로 판단된다.

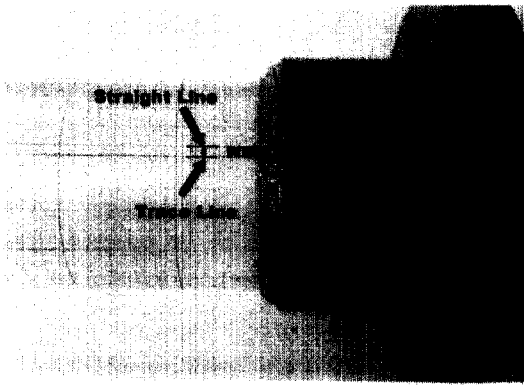
3.2 100mm 급수관의 세관

3.2.1 나선형 가이드베인과 회전날개가 Pigs의 회전에 미치는 영향

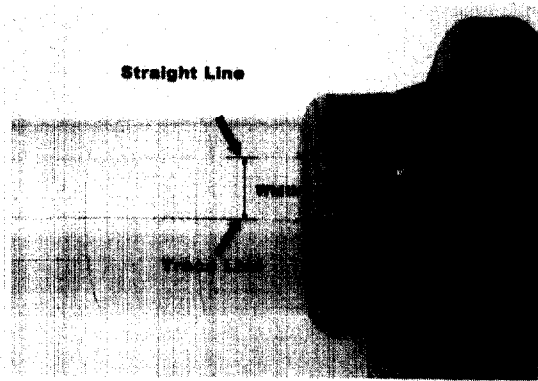
Fig. 9에 Cleaning v/v의 나선형 가이드베인과 Pigs의 후면의 회전날개가 있는 KDPC series중 Brush Pigs를 각각 사용하여 나선형 가이드베인과 회전날개가 Pigs의 회전력에 미치는 영향을 평가하여 나타내었다. Fig. 9에서 나선형 가이드베인과 회전날개가 없는 경우(Fig. 9 (d))가 Straight Line과 Brush Pigs 표면의 Wire에 의해서 나타난 Trace Line의 관 말단부에서의 이격거리가 0.2mm로 나타났다. 그러나 나선형 가이드베인과 회전날개가 있는 경우(Fig. 9 (b))는 31mm로 나타나 나선형 가이드베인과 회전날개의 영향으로 관내면에서 Pigs가 더 회전한 것으로 나타났다. Table 2에는 Straight Line과 Trace Line의 이격거리를 이

용하여 pigs가 회전한 단위길이(m)당 회전각도와 이를 이용하여 Pigs가 관내면에서 주행시 1회 회전하는데 소요되는 거리를 계산하여 나타내었다.

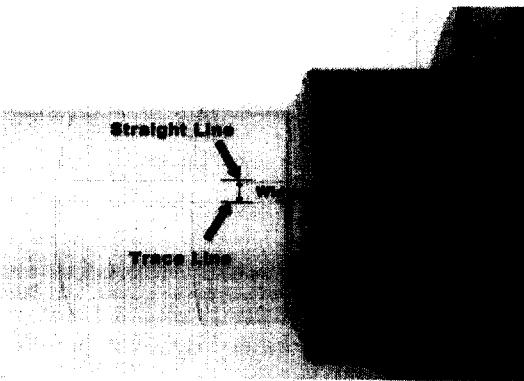
Table 2에서 보면 나선형 가이드베인과 회전날개가 있는 경우(P-3)가 단위길이(m)당 17.8 °씩 회전



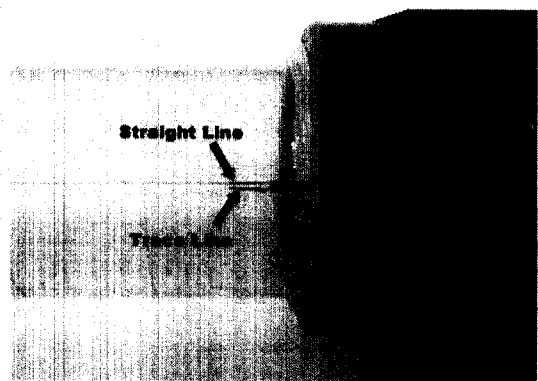
(a) Cleaning v/v(with Helical guide vane) + Brush pigs(without Rotating wing)



(b) Cleaning v/v(with Helical guide vane) + Brush pigs(with Rotating wing)



(c) Cleaning v/v(without Helical guide vane) + Brush pigs(with Rotating wing)



(d) Cleaning v/v(without Helical guide vane) + Brush pigs(without Rotating wing)

Fig. 9 Effect of Helical guide vane(Cleaning v/v) and Rotating wing(KDPC series) on Turning Force of Pigs

Table 2 Rotating Angle and Distance Required for One Rotating of Pigs by Guide Vane(Cleaning v/v) and Rotating Wing(KDPC series)

Test Pieces (L=2m)	Cleaning System	Rotating angle (Deg./m)	Distance required for one rotating of Pigs (m)
P-1	Cleaning v/v(with Guide vane) + Brush pigs(without Rotating wing)	2.9	124.1
P-2	Cleaning v/v(with Guide vane) + Brush pigs(with Rotating wing)	17.8	20.2
P-3	Cleaning v/v(without Guide vane) + Brush pigs(with Rotating wing)	5.2	69.2
P-4	Cleaning v/v(without Guide vane) + Brush pigs(without Rotating wing)	1.1	327.3

Table 3 Variation of pressure(Cleaning v/v) of by KDPC series cleaning on 100mm GSP test piece

Test Piece (100mm GSP)	Variation of Pressure, Cleaning v/v (kgf/cm ²)		Pressure drop (kgf/cm ²)
	Before KDPC series cleaning	After KDPC series cleaning	
A Straight Part (L=0.4m)	0.2	0.1	0.1
A elbow part (L=1.2m)	0.3	0.1	9.2

Table 4 Variation of hydraulic cross section of by KDPC series cleaning on 100mm GSP test piece

Test Piece (100mm GSP)	Variation of hydraulic cross section (%)		Increase of hydraulic cross section (%)
	Before KDPC series cleaning	After KDPC series cleaning	
A Straight Part (L=0.4m)	90	100	10
A elbow part (L=1.2m)	90	100	10

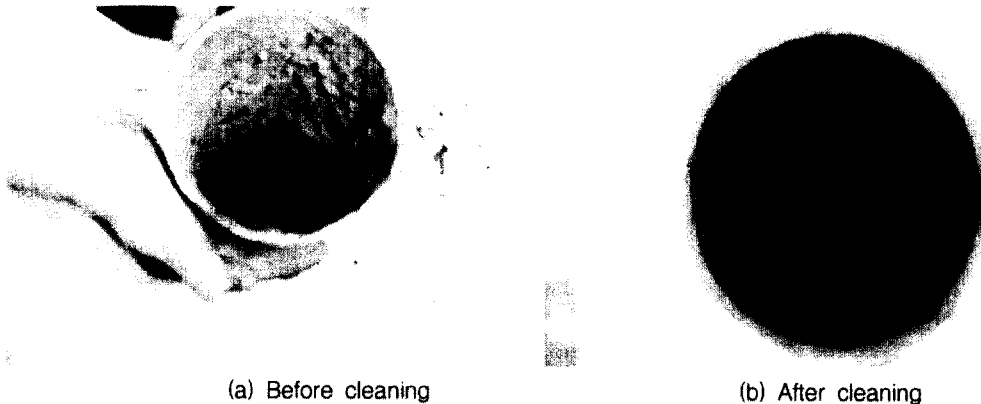


Fig. 10 Pictures of 100mm test piece before and after KDPC series cleaning

하는 것으로 나타났으며, 관내면에서 주행시 1회 회전하는데 소요되는 거리는 20.2m로 가장 짧게 나타났다. 따라서 Cleaning v/v의 나선형 가이드 베인과 Pigs의 회전날개의 영향으로 Pigs가 동일 구간을 주행할 경우 회전수는 16배 이상 커지므로 세관효과도 매우 높아질 것으로 판단된다. 또한 Table 2에서 나선형 가이드베인이 없는 Cleaning v/v에서 회전날개로 인한 Pigs의 회전각도(P-3과 P-4)는 4.7배 증가하는 것으로 나타났으며, 나선형 가이드베인이 있는 Cleaning v/v에서 회전날개로 인한 Pigs의 회전각도(P-1과 P-2)는 6.14배 증가됨으로서 나선형 가이드베인으로 인한 회전각도의 증가는 1.4배정도로 나타나 나선형 가이드베인보다는 회전날개가 주행시 관내면에서의 Pigs의 회전에 미치는 영향이 더 큰 것으로 판단된다.

3.2.1 100mm 노후급수관의 세관

본 실험에서는 KDPC series를 사용하여 통수능이 90% 정도의 직관부와 곡관부 등을 대상으로 세관을 실시하였다. 세관구간의 길이는 24m로 하였으며, 노후관은 세관구간의 후미부분에 설치하였다. KDPR apparatus의 압송압력은 세관구간의 길이를 고려하여 3kgf/cm²으로 고정하였다. 노후관 설치 이전 신관으로 구성되었을 때 Cleaning v/v에 나타난 압력은 0.1kgf/cm²로 15mm 아연도강관에 비하여 매우 낮은 압력으로 나타났으며 Table 3에서 보면 노후관 시편설치로 노후관의 녹과 스케일 상태에 따라 압송압력도 0.2~0.3kgf/cm²까지 상승하는 것으로 나타났다. Table 3에서 세관 후, 직관부와 곡관부 등 노후관

의 압송압력은 초기 신품 설치시와 동일한 0.1kgf/cm^2 까지 감소하였다. 이때 통수능은 Table 4에서 대부분 100%까지 회복되는 것으로 나타났으며, Fig. 10에 KDPC series 세관 후, 100mm 노후관 내면의 상태를 나타내었다.

Fig. 10에서 보면 노후관 내면의 녹과 스케일 등이 대부분 제거된 것으로 보여진다. 따라서 15mm 아연도강관에 비하여 관경이 클수록 세관에 필요한 세관압력은 크게 감소되며, 세관효과는 증가되는 것으로 보여진다. 또한 15mm와 100mm 노후관 실험결과를 통하여 보면, Polly-pigs에 의한 세관은 다른 세관 및 재생공정에 비하여 매우 세관절차가 매우 단순하고, 짧은 시간에 세관이 이루어지며, 시공시 필요한 인원도 적어 향후 건물내 급수관의 세관시 매우 경제성이 높은 공법으로 판단된다.

또한 현재 급수관 배관재질은 내식성 재질 사용이 법제화되어 주로 스테인레스강관, 동관, 그리고 합성수지관 등이기 때문에 이들 배관내에서의 축적된 오염물질의 제거효과는 큰 압송압력 없이도 세관효과가 클 것으로 기대된다.

4. 결 론

본 연구에서는 Polly-pigs를 이용하여 건물내 급수관에 사용되었던 노후 아연도강관을 대상으로 하여 세관효과를 평가하였으며 결론은 다음과 같다.

15mm 노후된 아연도강관의 경우, KDP series에 의해서 직관부 또는 곡관부에서의 통수능이 3.5~15.4%까지 증가되는 것으로 나타났으며, 육안분석결과 대부분 제거가 이루어진 부분은 적색 스케일($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)이었으며, 흑색 스케일($\text{Fe}_2\text{O}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)의 제거에는 한계가 있는 것으로 나타났다. 그러나 KDP series의 겉표면에 fine sand를 coating한 KDPS series에 의해서는 sand의 효과로 노후관의 통수능이 13.0~17.9%까지 증가되어 통수능이 95.9~99.5%까지 높게 회복되는 것으로 나타났으며, 대부분의 흑색 스케일도 크게 제거되는 것으로 나타났다. 또한 Cleaning v/v의 나선형 가이드베인과 Pigs의 회전날개의 영향으로 주행시 Pigs의 회전력은 크게 향상되어 16배 이상 회전수가 증가하는 것으로 나타났다. 이로 인해 100mm 급수관의 세관에서는 통수능이 90%인 노

후관이 세관 후, 통수능이 완전히 회복되는 것으로 나타났다. 또한 15mm 급수관에 비하여 매우 낮은 압력하에서도 세관효과가 높은 것으로 나타나 관경이 클수록 세관에 필요한 세관압력은 크게 감소되며, 세관효과는 증가되는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 이현동 외, 에너지절약 건물내 노후급수관의 상태진단 및 평가를 위한 안전진단기술개발, 한국건설기술연구원 (2001. 9)
2. 이현동, 배철호, 박정훈, 정원식, 곽필재, "수돗물의 수질특성이 옥내 급수관의 부식속도에 미치는 영향 평가", 한국물환경학회지 (2001.9)
3. H.D. Lee, C.H. Bae, J.H. Park, J.Y. Koo, "Effects of water quality characteristics on the internal corrosion of galvanized steel pipes in Korean", 第36回日本水環境學講研集(2002.3)
4. 空氣調和.衛生工學會, 給排水.衛生設備計劃設計の實務の知識, 日本 空氣調和.衛生工學會 (1995)
5. 이현동, 배철호, 박정훈, 신현준, 조정식, "공기 충격파를 이용한 노후급수관의 세관에 관한 연구", 한국물환경학회지 (2001.11)
6. Stephen J. Treado, *Test Procedure for Plumbing Systems*. National Institute of Standards and Technology (1997)
7. 室橋 一秀, シースネイク管内カメラと排水管清掃の實際-高機能管内カメラ「シースネイク」とコールマン排水管清掃機について, 建築設備と配管工事 (2000. 2)
8. 大橋 利見, 排水管の洗淨と清掃 - 高壓洗淨機およびワイヤ式排水管清掃機等による洗淨と清掃, 建築設備と配管工事 (2000. 2)

감사의 글

본 연구는 건설교통부가 주관하는 '2000건설기술연구개발사업'의 '에너지절약 건물내 노후급수관의 상태진단 및 평가를 위한 안전진단기술개발'과제의 연구성과의 일부입니다. 연구개발비를 지원해주신 건설교통부와 동호엔지니어링(주), 중앙산업(주), (주)인디시스템에 감사를 드립니다.