Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering
Vol. 25, No. 3 (2013), pp.164-167
http://dx.doi.org/10.6110/KJACR.2013.25.3.164

보일러 폐열 회수를 통한 현장경화관(CIPP)공정 성능 향상

Performance Improvement of Cured-In-Place-Pipe(CIPP) Process by Boiler Waste Heat Recovery

김영진(Young-Jin Kim)[1], **정청우**(Chung Woo Jung)[1], **이윤정**(Yoon Jung Lee)[2], **김성수**(Sung Soo Kim)[1], **강용태**(Yong Tae Kang)[1†]
[1]경희대학교 기계공학과, [2]나스텍 이앤씨
[1]*Department of Mechanical Engineering, Kyung Hee University, Yong-In 446-701, Korea*
[2]*Nassteck ENC, Sung-Nam 463-896, Korea*

(Received September 28, 2012; revision received February 14, 2013)

Abstract The objectives of this paper are to study the performance improvement of waste heat recovery from a boiler, by the Cured-In-Place-Pipe(CIPP) process. The conventional apparatus does not utilize the waste heat from the boiler during the process. However, the present apparatus recovers the waste heat from the boiler. When the new apparatus is used, the bending strength and modulus of the CIPP becomes double, and is over 45% stronger, than the required conditions, respectively. It is found that the energy consumption reduces to 50%, by recovering the waste heat from the boiler, and the oil consumption amount reduces to 1/3, compared to the conventional apparatus.

Key words Cured-in-place-pipe(현장경화관), Plate heat exchanger(판형열교환기), Waste heat recovery(폐열회수)

† Corresponding author, E-mail: *ytkang@khu.ac.kr*

1. 서 론

국내에는 현재 약 7만 km의 공공 하수관거가 부설되어 있으며, 대부분의 하수관거는 노후하수관의 부식과 균열에 의한 하수유출이나 불명수 유입, 오물의 퇴적 등으로 심각한 환경문제를 야기하고 있다.(1) 또한 국내 하수관거의 사용수명은 주변 환경에 따른 하수관의 빠른 노화나 미흡한 유지관리 등의 원인으로 이론적인 설계 수명에 훨씬 미치지 못하고 있으며, 국내의 거의 모든 관거가 전면적인 정비를 하지 않으면 안 되는 상황에 있다.(2)

현재까지 국내에서는 이와 같은 불량하수관거의 개·보수공사 공사는 지표면을 굴착하여 새로운 관으로 교체하는 굴착공법에 의존하고 있다. 그러나 이러한 공사시행에 따른 도시미관의 저해와 교통 혼잡, 빈번한 도로굴착 및 재포장 등으로 인해 인근주민의 생활불편을 야기할 뿐 아니라 많은 사회비용을 발생시키고 있다.(3) 하지만 1990년대 초부터 도로의 굴착 없이 노후관을 보수, 보강하는 비굴착 보수공법이 폭넓게 적용되고 있다. 비굴착 보수공법은 굴착공사의 문제였던 굴착으로 인한 공사기간의 장기화, 교통통제로 인한 시민들의 불편, 분진과 소음으로 인한 환경문제, 지하 지장물의 파손 및 안전문제 등을 해결할 수 있는 공법으로 비굴착 전체보수 공법 및 부분보수공법이 다양하게 적용되고 있다.

비굴착 관로보수 공법은 맨홀을 통하여 관로내부에 열경화성수지가 함침된 보수용 튜브를 공기압 및 수압 또는 견인 방식으로 삽입한 후 경화시켜 기존관의 안쪽으로 새로운 관을 형성시키는 보수공법이다. 보수재가 경화되는 동안 관 내부의 온도와 압력이 적절하게 유지되어야 현장경화관(CIPP)의 경화품질을 보장할 수 있게 된다.

보수용 튜브를 경화시키는 방법으로 크게 온수를 이용하는 방법과 증기를 이용하는 방법이 있다. 온수를 이용하는 경우 대량의 물을 사용해야하고, 그 물을 가열하기 위한 보일러 가동시간이 증가함에 따라 에너지 소비량이 많아지며, 작업에 사용된 물이 폐수로 발생되는 단점을 가지고 있다. 스팀을 이용하는 방식의 경우 증기의 응축에 따른 보수재의 미경화로 인한 시공품질이 저하되는 단점을 가지고 있다.

따라서 본 논문에서는 기존의 비굴착 보수 공법 중 고압의 공기를 이용해 보수재를 반전삽입하고 스팀을 사용하여 경화시키는 공법에 보일러의 폐열을 판형열교환기를 이용하여 열을 회수하는 공법을 제시하고자

ⓒ SAREK

한다. 이에 따라 에너지 사용량을 현저히 절감시키며, 시공시간을 단축시킬 수 있는 것으로 기대된다.

2. 실험장비 및 방법

2.1 경화방법에 따른 분류

비굴착 보수 공법에는 크게 두 가지로 나누어진다. 온수를 사용하는 온수 적용 공법과 고온의 스팀을 이용하는 스팀 적용 공법이 있다.

온수 적용 공법이란 보수재의 반전에 사용했던 물을 가열하여 온수를 관에 공급하여 경화시키는 방법으로서, 보수재 전체에 골고루 열이 전달되고, 응축수 발생이 없는 보편화된 기술이다. 하지만 다량의 폐수 발생, 많은 에너지 소비, 고온의 폐수로 인한 작업의 위험성, 보일러의 폐열 손실 등의 문제점을 가지고 있다.

스팀 적용 공법이란 물을 가열하여 스팀형태로 관에 공급하여 경화시키는 공법으로서, 온수 적용 공법에 비해 경화시간이 단축되며, 폐수 발생이 없다는 장점이 있다. 그러나 스팀의 응축으로 인한 응축수 발생으로 미경화 부분이 발생하여 품질 저하, 보일러의 폐열손실 등의 문제점을 가져온다.

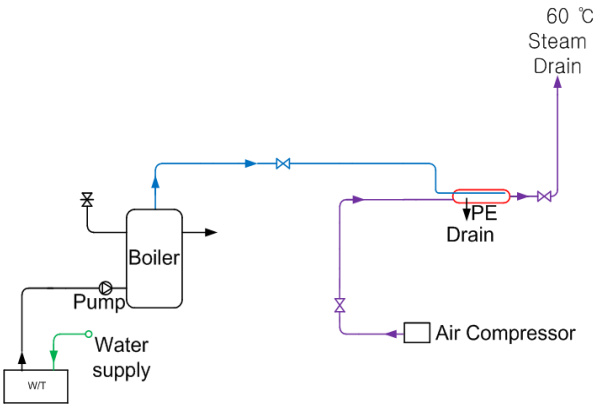

Fig. 1 Schematic diagram of the conventional apparatus.

2.2 기존 장비 구성

Fig. 1에 기존 장비의 개략도를 나타내었다. 기존의 장비의 경우 스팀을 생산하는 동안 보일러가 계속 가동되며, 배출되는 배기가스를 대기 중으로 배출하였다. 그리고 보수재를 경화하는 동안 하수관 내의 열 순환을 위해 종점맨홀을 통해 공기를 배출시킨다. 또한 보수재의 경화가 진행되는 동안 적절한 온도와 압력 유지가 필요하여 상온의 고압공기와 스팀을 적절히 혼합하여 공급한다.

2.3 개선 장비 구성

Fig. 2에 개선 장비의 개략도를 나타내었다. 본 장비에서는 이코노마이저(Economizer), 2개의 판형열교환기, 열 호스, 기수분리기를 이용하여 장비 효율을 향상시켰다. 각각 부품의 설명은 다음과 같다.

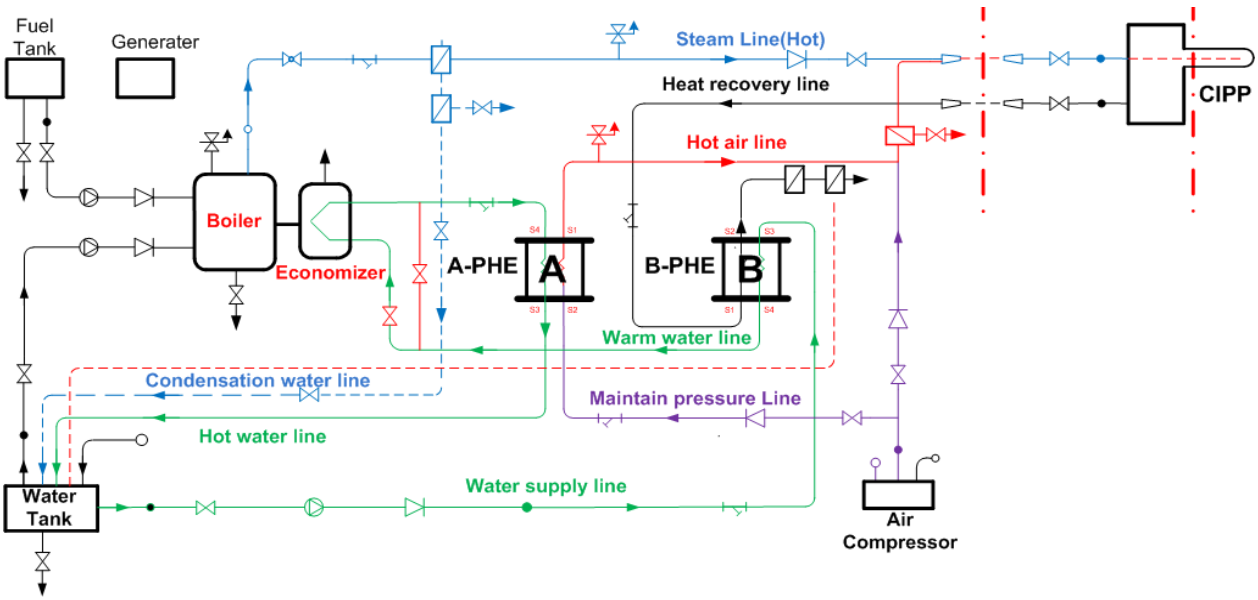

Fig. 2 Schematic diagram of the new apparatus.

2.3.1 판형열교환기

Fig. 3에 판형열교환기 설치 사진을 나타내었다. A 판형의 경우 이코노마이저에 의해 가열된 온수의 열에너지를 회수하는 장치로서, 이코노마이저에 의해 가열된 물과 보수재로 들어가는 상온의 공기 사이의 열 교환을 하는 장치이다.

B 판형의 경우 보수재가 경화되는 동안 관 내부에 버려지는 공기를 그대로 배출하지 않고, 반전기를 통한 하수관 배출 공기와 순환되는 보일러 급수탱크 내의 물 사이의 열 교환을 하는 장치이다.

2.3.2 열 호스

보수재 경화시 온도 차이에 의해 발생하는 응축수에 의한 미경화 문제를 해결하기 위한 장치이다. 보수재 반전시 함께 인입되는 열 호스를 통해 응축수를 가온하여 시공품질을 향상시키는 효과를 갖는다.

2.3.3 기수 분리기

하수관 공기 배출과정에서 스팀형태로 배출되는 물을 회수하여 재이용하기 위한 장치이다. B 판형을 통과하여 배출하는 라인에 설치하여 포집된 물을 물탱크로 회수하여, 전체 시스템에 공급되는 물의 양을 감소시키는 효과를 갖는다.

2.4 실험 방법

2.4.1 현장 경화관(CIPP) 실험

본 실험장비는 2회의 지상 시험시공 후 현장시공을 수행하였으며, 그 중 지상 시험시공 및 현장 시공에 대해 각각 1개의 현장경화관(CIPP) 시편을 채취하였다. 각각의 시편에 대하여 굽힘 강도와 굽힘 탄성률에 대한 시험을 한국화학시험연구원에 의뢰하여 품질 검사를 실시하였다. Fig 4에 현장경화관(폴리에틸렌 파이프) 사진을 나타내었다.

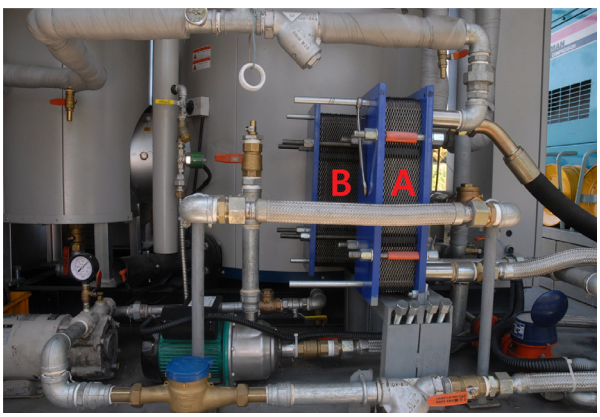

Fig. 3 Photo of the plate heat exchanger.

2.4.2 에너지 효율 평가

전체 시공 공정에서의 에너지효율 상승을 평가하는 방법으로 열교환기 입출구 온도와 열교환기에 의해 회수된 보일러 배기가스 및 하수관 배출공기에 의해 예열된 급수 탱크의 물 온도를 측정하여 절감된 에너지 사용량을 측정하였다. 온도 측정은 Agilent 34970A와 Vee 프로그램을 이용하여 3회에 걸쳐 온도 측정을 하였고, 실험오차는 ± 1.0℃이다.

2.4.3 경유 및 물 사용량 평가

본 평가의 경우 기존의 기술(A-HLS공법)로 시공한 경우와 본 실험 장비를 이용하여 시공한 경우의 경유 및 물 사용량을 비교하였다.

3. 실험결과

3.1 현장경화관(CIPP) 실험

지상시공 및 현장시공 내역과 각각 현장에서 채취한 현장경화관 샘플 측정 결과를 Table 1과 Table 2에 나타내었다.

지상 시험 시공 및 현장 시공을 통하여 굽힘 강도의 경우 기준치의 2배 정도의 강도를 갖고 있으며, 굽힘 탄성률의 경우 기준에 비해 45% 정도 더 높은 탄성률을 갖는 것으로 확인하였다.

3.2 에너지 효율 평가

동일한 물량과 스팀온도에서 기존 장비와 본 실험장비의 에너지 사용량을 비교한 내용을 Table 3에 표시하였다. 본 실험장비의 경우 기존 장비에 비해 폐열 회수를 통한 예열 효과에 의하여 보일러에서 주는 열량이 50% 정도 감소하는 에너지 절감 효과를 갖는다.

Fig. 4 Photo of the CIPP.

ⓒ SAREK

Table 1. Results of the aboveground test

	Required condition	Test result
Flexural strength	32 [N/mm^2]	62.3[N/mm^2]
Elasticity of flexure	1760 [N/mm^2]	2570[N/mm^2]

Table 2. Results of the underground test

	Required condition	Test result
Flexural strength	32 [N/mm^2]	62.3 [N/mm^2]
Elasticity of flexure	1760 [N/mm^2]	2600 [N/mm^2]

Table 3. Comparisons of energy consumption

	Conventional apparatus	New apparatus
Water temp.	15～25℃ (Avg. 20℃)	60～70℃ (Avg. 65℃)
Total water	1500 kg	
Steam temp.	110℃	
Total calory	67,500 kcal	135,000 kcal

3.3 경유 및 물 사용량 평가

Table 4와 Table 5에 기존 장비 및 본 실험 장비 적용에 따른 경유 및 물 사용량을 나타내었다. 본 실험장비의 경우 기존 장비에 비해 관경이 450 mm이고 연장이 64.3 m(기존)와 62.7 m(본 장비)를 비교한 경우, 경유 사용량은 1/3정도 감소하였으며, 물 사용량이 1/50정도 감소하는 것을 확인 하였다. 물탱크에서 증발한 고온의 스팀이 판형열교환기에서 열교환시 응축되어 물탱크로 회수되어 물 사용량이 현저히 감소하였다.

4. 결 론

본 연구에서는 스팀 발생에 사용되는 보일러의 배기가스와 하수관 배출공기 폐열로 버려지는 에너지를 회수하기 위하여 판형열교환기를 적용하였다. 또한 공사 종점 맨홀을 통해 직접 배출되던 스팀을 열교환기를 적용하여 열 교환을 함에 따라 시공시간 단축 및 시공 효율을 향상 시켰으며 결과는 다음과 같다.

(1) 현장경화관(CIPP) 강도 측정 결과 지상 시험 시공 및 현장 시공에서 검증 기준치에 비하여 굽힘 강도는 2배, 굽힘 탄성률은 45% 이상의 강도를 확보하였다.

(2) 에너지 효율 평가의 경우, 기존 보일러에 비해 폐열 회수에 따른 에너지 절감 효율은 2배 정도 증가하였다.

(3) 경유 및 물 사용량 평가의 경우, 기존 장비에 비하여 경유 사용량은 최대 3배 정도 절감하였으며, 물 사용량도 1/50정도 감소하였다.

Table 4. Oil and water consumption amount in the conventional apparatus

Diameter [mm]	Length [m]	Oil consumption amount [L]	Water consumption amount [L]
450	27.6	57.7	898.5
450	64.3	89.9	973.4
450	12.55	51.5	585.9
400	105.7	115.1	1392.8
400	22.8	59.7	725.5
400	70.5	76.6	908.4

Table 5. Oil and water consumption amount in the new apparatus

Diameter [mm]	Length [m]	Oil consumption amount [L]	Water consumption amount [L]
450	62.7	18.21	25.1
450	27	4.68	17.9
450	58.8	14.61	21.2
450	12	2.88	11.8
400	32.3	7.03	21.7
400	32.7	5.04	18.1

참고문헌

1. Choi, S. Y., Lee, S. W., Kim, Y. G. and Yun, K. K., 2006, Field application of new trenchless process for sewer pipe, Proceedings of the KSCE, pp. 3611-3614.
2. Song, H. M., 1999, The study on the characteristics of sewer pipe non-excavation method, Academic Information, Korea Institute of Construction Technology.
3. Yeom, B. D., 1996, Overview of strengthening method and repairing non-excavation sewer pipe, Proceedings of the KSCE, Vol. 44, No. 8, pp. 61-71.