

재사용 파이프서포트의 내력변화 연구(I)

백신원[†] · 노민래^{*}

한경대학교 안전공학과 · *한국산업안전공단 산업안전보건연구원
(2004. 2. 4. 접수 / 2004. 6. 11. 채택)

A Study on the Strength Change of Used Pipe Support(I)

Shin-Won Paik[†] · Min-Lae Ro^{*}

Department of Safety Engineering, Hankyong National University

*Occupational Safety and Health Research Institute, KOSHA

(Received February 4, 2004 / Accepted June 11, 2004)

Abstract : Slab formwork consists of sheathing, stringer, hanger and shore. There are several types of adjustable individual shores. In constructions site, pipe supports are usually used as shores. The strength of a pipe support is decreasing as it is frequently being used at the construction site.

In this study, 2857 pipe supports were bought to find out the strength change of used pipe support and unused pipe supports according to aging. Among these pipe supports, 2337 pipe supports were lent to the construction companies free of charge. Compressive strength was measured by knife edge test and plate test at each 3 month. Test results show that the strength of unused pipe supports almost equaled to the strength of new pipe supports until 191 days, but the strength of used pipe supports at 191 days was lower than the strength of new pipe supports. So, the strength of used pipe supports at 191 days was not satisfied the specification of KS F 8001. According to these results, it shows that attention has to be paid to formwork design using used pipe supports.

Therefore, the present study results will be able to provide a firm base to design slab formwork and test the performance of used temporary structure and prevent formwork collapses.

Key Words : temporary structure, slab formwork, shore, pipe support, plate test, knife edge test

1. 서 론

일반적으로 가설구조물(Temporary structures)은 본 구조물이 완공된 후 철거되는 임시구조물로서 실제 현장에서는 본 구조물에 비해 크게 중요하게 여기지 않아 정확한 구조계산에 의한 설계와 시공이 이루어지지 않고 있어 시공 중에 종종 붕괴되는 경우가 있다. 이러한 가설구조물의 붕괴는 인명피해는 물론이고 재시공, 공기의 연장 등으로 인한 재산상의 피해가 매우 큰 특징을 가지고 있다⁶⁻⁸⁾.

특히 콘크리트 공사에 주로 시공되는 가설구조물인 거푸집동바리 구조물은 거푸집판, 장선, 띠장, 동바리로 구성되는데 콘크리트 타설중에 붕괴되어 큰 인명피해와 경제적 손실을 초래하곤 한다. 이러한

거푸집동바리 구조물 붕괴는 여러 가지 원인에 의해 붕괴되는데, 동바리가 가장 중요한 붕괴의 원인이 되는 경우가 많다⁶⁻⁸⁾.

일반적으로 동바리는 거푸집판, 장선, 띠장재를 소정의 위치에 유지시키고, 수평부재가 받는 수직하중 및 수평하중을 하부구조에 전달하는 수직부재를 말하며, 이러한 동바리로 강관지주, 스틸서포트, 샷보드, 강재동바리, 철서포트 등으로 불려지는 파이프 서포트(Pipe support)가 주로 사용되는데, 파이프 서포트는 외관, 내관, 받이판, 바닥판, 압나사, 슛나사, 지지핀으로 구성되고, 노동부 산업안전 보건법에 근거를 둔 '가설기자재 성능검정규격'품으로 한국산업안전공단에서 성능검정을 해 주고 있고, 그 종류는 한국산업안전공단에서 성능검정을 해주는 V-1, V-2, V-3, V-4 네 종류이다^{4,5)}.

그러나 현장에서는 신품질 때 성능검정을 통과한

[†]To whom correspondence should be addressed.
paiksw@hnu.hankyong.ac.kr

파이프 서포트는 전용횟수나 사용기간에 관계없이 사용되는데, 파이프 서포트의 내력은 전용횟수나 사용기간에 따라 점점 감소하게 되어 구조계산에 의한 설계와 시공이 되더라도 거푸집 동바리 붕괴 사고의 원인이 될 수 있다.

따라서 본 연구에서는 신품 파이프 서포트를 구매하여 참여 건설업체 및 개인에게 무료임대 해주고 일정기간마다 시험체를 샘플링하여 강도실험을 통해 전용횟수와 사용기간에 따른 파이프 서포트의 내력변화를 측정, 그 결과를 종합 분석하여 파이프 서포트의 장기적인 내력변화의 특성을 알아내는데 그 목적이 있다.

2. 실험개요 및 방법

파이프 서포트는 가설기자재이므로 단기간 사용되나 자연에 노출되어 부식등에 의해 열화되기 쉽고, 전용횟수가 증가하거나, 하중부담이력이 증가하여 그 내력이 감소하게 된다.

동바리로 사용되는 파이프 서포트는 '가설기자재 성능검정규격'이 있어 근원적인 안전성을 확보하고 있으나, 여러 번 전용하여 사용하다 보면 그 내력이 저하되나, 건설현장에서는 이러한 내력저하를 고려하지 않고 신품의 내력을 기준으로 거푸집동바리 구조를 설계하고 시공하고 있어 붕괴재해가 빈번히 발생하고 있다.

따라서 본 연구에서는 성능검정규격품인 V-1, V-2, V-3, V-4 파이프 서포트중 V-4 파이프 서포트를 선정하여 전용횟수, 재령, 하중부담이력에 따른 그 내력변화를 측정하여 실제 현장에서 거푸집동바리 구조를 설계하거나 시공하는데 있어 참고할 수 있는 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

본 연구에서는 총 2,857본의 V-4 파이프 서포트를 구매하여 임대용과 보관용으로 나누어 일정기간마다 전용횟수, 재령, 하중부담이력에 따른 내력을 측정하여 그 내력변화를 알아보는 장기연구과제로 1차적인 연구결과를 먼저 발표하게 되었다.

파이프 서포트는 여러 회사에서 제작하여 판매하고 있으나 본 연구에서는 자동화가 되어 있어 제품의 신뢰도가 높은 K공업(주)에서 파이프 서포트의 품질의 균일성을 확보하기 위해 실험에 사용되는 총 2,857본의 파이프 서포트를 하루에 제작하였다.

총 2,857본의 파이프 서포트 중 2,337본은 건설회사에 임대용으로 사용하였고, 나머지 520본은 보관용으로 나누어 사용하였다.

Table 1. Amplitude of pipe-supports

Type of pipe-supports	Maximum length	Amplitude (mm)	Average amplitude (mm)	Remarks
V-4	4.2m	55,65,72,69,71,70,70,70,71,70,67,65,65,70,51,64,58,50,68,71	65.6	Allowable amplitude: 4200/55=76.4mm

본 연구에서는 보관용 파이프 서포트 520본중 120본에 대해 파이프 서포트를 제작한 직후 신품에 대한 내력측정을 길이 3.5m와 4.0mm로 하여 나이프 에지시험과 평압시험을 실시하였으며, 약 3개월이 지난 후에 임대용 파이프 서포트 2,337본중 40본을 샘플링하여 내력측정하고, 약 6개월이 지난 후에 보관용 파이프서포트 40본과 임대용 파이프서포트 80본을 샘플링하여 내력을 측정하였다.

3. 실험 결과

3.1. 진폭측정결과

신품에 대한 진폭을 측정한 결과는 Table 1과 같다. 표에서 보는 바와 같이 KS F 8001의 허용진폭을 만족하는 파이프 서포트임을 알 수 있었다.

3.2. 재령별 내력측정결과

1차로 파이프 서포트를 구매한 후 즉시 신품에 대해 길이 3.5m와 4.0m로 하여 나이프에지 시험 및 평압시험에 의해 각각 30본의 내력을 측정하였으며, 2차로 재령 91일에 재사용품 파이프 서포트중 40본을 샘플링하여 나이프에지 시험 및 평압시험에 의해 각각 20본씩 내력을 측정하였다. 또한 3차로 재령 183일에 보관용 파이프 서포트중 40본을 샘플링하여 나이프에지 시험 및 평압시험에 의해 각각 20본씩 내력을 측정하였고, 재사용품 파이프 서포트중 40본을 샘플링하여 나이프에지 시험 및 평압시험에 의해 각각 20본씩 내력을 측정하였다. 다음 Table 2는 이에 대한 내력측정 결과표이다. Fig. 1은 파이프 서포트의 재령별 내력변화를 나타내는 그림이다.

Table 2와 Fig. 1에서 보는 바와 같이 보관용의 경우에는 재령 183일까지 나이프에지시험의 KS F 8001의 최소값 규정과 평균값 규정, 평압시험의 KS F 8001의 평균값 규정을 모두 만족하였으며, 재령 183일 보관용의 길이 4.0m의 파이프서포트에 대한 나이프에지시험에서 내력은 1033.0kgf로 신품의 내력 1015.3kgf과 거의 같은 결과를 보였고, 재령 183일

Table 2. Strength results

Type of pipe-supports	Age (day)	Type of test	Length (m)	Strength (kgf)
Used pipe-supports	0	Knife edge test	3.5m	1508.0
			4.0m	1015.3
		Plate test	3.5m	4348.5
			4.0m	2784.8
	91	Knife edge test	4.0m	1014.0
		Plate test	4.0m	2816.1
	183	Knife edge test	3.5m	1518.3
			4.0m	1006.3
Plate test		3.5m	3868.5	
		4.0m	2655.7	
Deposit pipe-supports	0	Knife edge test	3.5m	1508.0
			4.0m	1015.3
		Plate test	3.5m	4348.5
			4.0m	2784.8
	183	Knife edge test	4.0m	1033.0
		Plate test	4.0m	2884.8

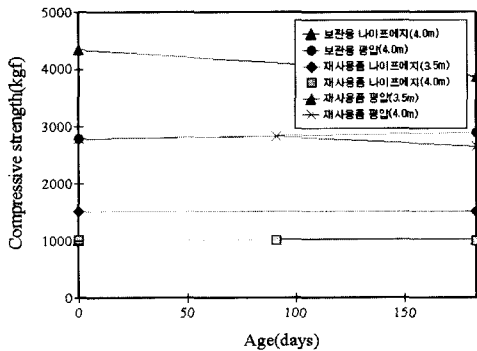


Fig. 1. Strength change according to age

보관용의 길이 4.0m의 파이프서포트에 대한 평압시험에서 내력은 2884.8kgf으로 신품의 내력 2784.8kgf과 거의 같은 결과를 보여 보관용은 현재까지 강도의 변화가 거의 없는 것을 알 수 있었다.

재사용품의 경우에는 재령 91일까지 나이프에지 시험의 KS F 8001의 최소값 규정과 평균값 규정, 평압시험의 KS F 8001의 평균값 규정을 모두 만족하였으나, 재령 183일은 KS F 8001의 규정을 만족시키지 못하는 결과를 보였다.

특히, 재사용품의 재령 183일에 나이프에지 길이 4.0m 측정값중 하나(725kgf)가 KS F 8001의 최소값 890.9kgf을 만족시키지 못함을 알 수 있었고, 재사용품의 재령 183일에 평압 길이 3.5m 측정값중 5개의 측정값이 KS F 8001의 최소값 3,600kgf보다 작아 규

정을 만족시키지 못했으며, 평균값도 3868.5kgf으로 KS F 8001의 평균값 4,000kgf보다 작아 규정을 만족시키지 못함을 알 수 있었다.

3.3. 변형률 측정결과

본 연구에서는 파이프서포트의 하중-변형률 곡선의 경향을 알아보기 위해 파이프서포트 내력시험시 파이프서포트에 Fig. 2와 같이 변형률게이지(Strain gauge)를 부착하여 시험을 수행하였다.

2차 내력측정시 즉 재령 91일의 내력측정시 길이 4.0m 재사용품 나이프에지용 3개의 파이프서포트와 길이 4.0m 재사용품 평압용 3개의 파이프서포트에 Fig. 2의 2차 내력측정시와 같이 파이프서포트 하나에 4개의 변형률게이지를 부착하여 Data Logger를 이용하여 하중-변형률 곡선을 얻을 수 있었다. 이때 Fig. 3과 Fig. 4는 재령 91일 나이프에지 및 평압의 특징적인 하중-변형률 곡선 그림이다.

3차 내력측정시 즉 재령 183일의 내력측정시 길이 4.0m 재사용품 나이프에지용 3개의 파이프서포트와 길이 4.0m 재사용품 평압용 3개의 파이프서포트에 Fig.2의 3차 내력측정시와 같이 파이프서포트 하나에 8개의 변형률게이지를 부착하여 Data Logger를 이용하여 또한 하중-변형률 곡선을 얻을 수 있었다. 이때 Fig. 5와 Fig. 6은 재령 813일 나이프에지 및 평압의 특징적인 하중-변형률 곡선 그림이다. Fig. 3~Fig. 6에서 알 수 있는 바와 같이 같은 선상

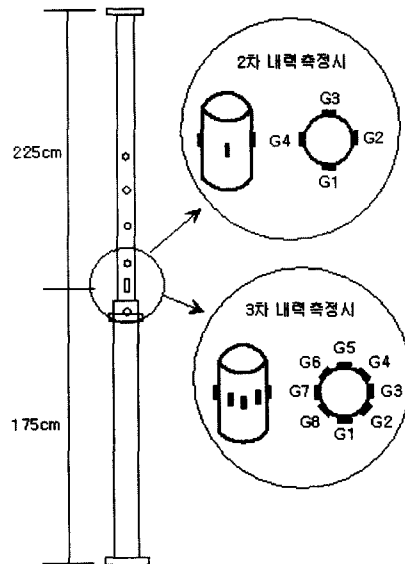


Fig. 2. Position of attached strain gauge

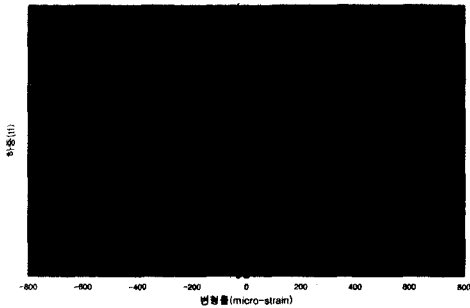


Fig. 3. Load-strain curve of used pipe-support at 91 days (Knife edge test, length=4.0m)

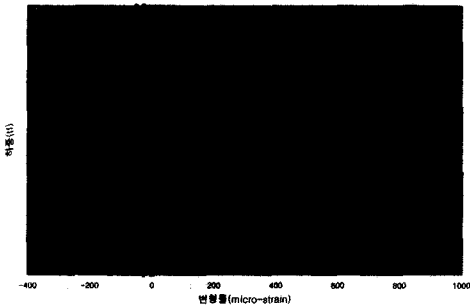


Fig. 4. Load-strain curve of used pipe-support at 91 days (Plate test, length=4.0m)

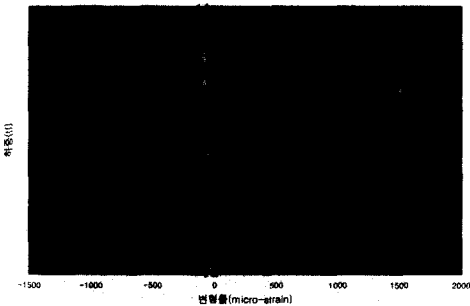


Fig. 5. Load-strain curve of used pipe-support at 193 days (Knife edge test, length=4.0m)

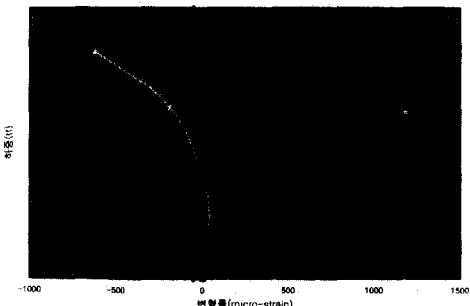


Fig. 6. Load-strain curve of used pipe-support at 183 days (Plate test, length=4.0m)

에 있는 변형률의 합은 거의 일정하게 증가함을 알 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 가설기자재로서 거푸집동바리 구조물의 중요한 구성요소인 파이프 서포트의 전용횟수나 하중부담이력에 따른 내력변화를 알아보기 위해 총 2,857본의 파이프 서포트를 제작하여 이중 2,337본은 건설회사에 임대해 주고, 나머지 520본은 보관용으로 야외에 야적해 놓은 후 일정기간마다 샘플링하여 내력을 측정하여 재사용 파이프 서포트의 내력변화를 알아보는데 그 목적이 있다.

지금까지 신품에 대해 나이프에지시험과 평압시험을 길이 3.5m와 4.0m로 나누어 강도를 측정하였고, 재령 91일에 재사용품에 대해 나이프 에지 시험과 평압시험을 길이 4.0m로 하여 강도를 측정하였으며, 재령 183일에 보관용의 파이프서포트에 대해 나이프에지시험과 평압시험을 길이 4.0m로, 재사용품용의 파이프서포트에 대해 나이프에지시험과 평압시험을 길이 3.5m와 4.0m로 하여 측정하였는데, 이러한 실험결과로부터 얻은 결론은 다음과 같다.

1) 신품의 진폭측정결과 KS F 8001의 허용진폭을 만족하는 결과를 보였다.

2) 보관용의 경우, 재령 183일까지 나이프에지시험의 KS F 8001의 최소값 규정과 평균값 규정, 평압시험의 KS F 8001의 평균값 규정을 모두 만족하였으며, 재령 183일까지 내력의 변화가 거의 없어, 현재까지 파이프 서포트를 야외에 야적한 경우에는 내력의 감소가 일어나지 않음을 알 수 있었다.

3) 재사용품의 경우에는 재령 91일까지 나이프에지시험의 KS F 8001의 최소값 규정과 평균값 규정, 평압시험의 KS F 8001의 평균값 규정을 모두 만족하였으나, 재령 183일은 KS F 8001의 규정을 만족시키지 못하는 결과를 보였다.

4) 재령 183일 재사용품의 경우, 길이 3.5m의 나이프에지 측정값은 KS F 8001의 최소값 1,255.5kgf보다 모두 크며, 평균값도 1,518.3kgf이므로 KS F 8001의 평균값 1,381.1kgf보다 큰 결과로 강도규정을 만족하며, 평균값 1,006.6kgf은 KS F 8001의 평균값 980kgf보다 큰 결과로 강도규정을 만족하였으나, 길이 4.0m의 나이프에지 측정값중 하나(725kgf)가 KS F 8001의 최소값 890.9kgf을 만족시키지 못함을

알 수 있었다.

5) 재령 183일 재사용품의 경우, 길이 3.5m의 평압 측정값중 5개의 측정값이 KS F 8001의 최소값 3,600kgf보다 작아 규정을 만족시키지 못했으며, 평균값도 3868.5kgf으로 KS F 8001의 평균값 4,000kgf보다 작아 규정을 만족시키지 못함을 알 수 있었다.

6) 변형률계이지를 파이프 서포트에 부착하여 하중-변형률측정결과 같은 선상의 변형률의 합은 일정하게 증가함을 알 수 있었다.

이상의 연구결과를 통해 신품의 파이프 서포트를 재사용하는 경우 재령 183일에 KS F 8001의 내력기준을 만족시키지 못하는 중요한 결과를 얻을 수 있었으며, 본 연구는 일정한 기만마다(3개월) 샘플링하여 내력을 측정하는 계속 연구로서 일정기간마다 연구결과를 분석하여 논문을 발표할 예정이다.

참고문헌

- 1) 쌍용건설기술연구소, “거푸집설계 및 시공지침안”, 1994. 2.
- 2) 대한건축학회, “강구조 한계상태 설계기준 및 해설”, 1999.
- 3) 대한건축학회, “강구조계산규준 및 해설”, 1983.
- 4) 조병구 외, “가설구조물의 구조계산입문, 건설문화사”, 1990.
- 5) 조병구 외, “가설구조물의 해설, 건설문화사”, 1990.
- 6) 가설기자재 시험연구소, “6m 파이프 서포트의 구조성능 및 안전성 평가”, 1998. 8.
- 7) 백신원, 최순주, “A Study on the Safety Model of Temporary Structures”, 제1회 한·일 안전공학 학술발표대회, 1999. 11.
- 8) 최순주, “거푸집·동바리 붕괴재해 사례분석을 통한 재해원인과 예방대책”, 한국콘크리트학회 제19회 구술강좌, 1999. 12.
- 9) C.G. Salmo and J.E. Johnson, “Steel Structures”, 4th Ed., Harpers & Collins, 1996.
- 10) “Code of Practice for Falsework”, BS 5975, 1996.
- 11) “Formwork for Concrete”, Hurd, M.K., 1992.
- 12) C.F. Salmo and J.E. Johnson, “Steel Structures”, 4th Ed., Harpers & Collins, 1996.