

파이프서포트(V6)의 좌굴특성에 관한 연구

백신원* · 송인용*

한경대학교 안전공학과 · *한국산업안전보건공단
(2011. 4. 18. 접수 / 2011. 6. 20. 채택)

A Study on the Buckling Characteristics of Pipe Support(V6)

Shinwon Paik* · Inyong Song*

Department of Safety Engineering, Hankyong National University

*Korea Occupational Safety & Health Agency

(Received April 18, 2011 / Accepted June 20, 2011)

Abstract : Among the accidents and failures that occur during concrete construction, many are formwork failures which usually happen when concrete is being placed. A system of formwork filled with wet concrete has its weight at the top and is not basically a stable structure. Slab formwork consists of sheathing, stringer, hanger and shore. There are several types of adjustable shores. In construction site, pipe supports are usually used as a shore of slab formwork. In this study, pipe support systems with/without horizontal connector were measured by buckling test. Buckling load of respective pipe support system was analyzed by structural analysis program(MIDAS). Buckling load of pipe support with/without horizontal connector was got by test and structural analysis. According to these results, we know that horizontal connector made pipe support system very safe. Buckling load of pipe support with horizontal connector is 56% higher than that without horizontal connector. So horizontal connector is important in slab formwork systems. Finally, the present study results will be used to design slab formwork system safely in the construction sites.

Key Words : temporary structure, slab formwork system, shoring, shore, horizontal connector

1. 서론

가설구조물(Temporary structures)은 본 구조물을 축조하기 위해 필요한 보조적인 역할을 하는 임시 구조물로서 본 구조물이 완공이 되면 철거되는 구조물이다. 따라서 실제 현장에서는 가설구조물의 경우 본 구조물에 비해 크게 중요하게 여기지 않고 정확한 구조해석에 의한 설계와 시공이 이루어지지 않아 시공중에 붕괴되는 경우가 종종 있다. 이러한 가설구조물의 붕괴는 많은 인명피해뿐만 아니라 공기의 연장, 재시공 등의 경제적인 손실이 매우 큰 특징을 가지고 있다^{1,2)}.

건설업회계처리준칙 제3조 제9호에서는 가설재를 도급공사의 시공과정상 공사를 위하여 보조적 또는 임시적으로 설치, 사용되고 당해 공사완료 후 해체 또는 철거되는 모든 자재라고 정의하고 있다. 일반적으로 재료는 건설공사에 투입된 후 그 투입

재료 자체가 공사목적물의 일부로서 흡수되어 버리지만 가설재는 일시적으로 공사현장에 투입되었다가 일정한 기능을 한 후에 다시 철거 또는 해체되어 환수되고 수회에 걸쳐 재사용이 가능한 재료, 즉 공사목적물에 흡수되지 않는 재료를 말한다²⁾.

건설현장에서 가장 많이 사용하는 동바리는 파이프서포트(Pipe support)이며 국내에서 생산되고 사용이 허용된 파이프 서포트의 높이는 4 m 이하이다. 산업안전기준에 관한 규칙에서는 동바리 2분까지의 연결과 보조지주의 사용을 허용하고 있다. 층고가 4 m를 초과하는 구조물에서는 거푸집 동바리 조립시 안전한 기성제품의 동바리를 사용하는 방법으로 유도하는 것이 골조공사시 붕괴재해를 사전에 예방할 수 있는 지름길이 된다. 최근들어 층고가 4 m를 초과하는 골조공사시 시스템 동바리(System support)의 사용이 점차적으로 빈번해지고는 있으나 시스템 동바리에 관한 관련규정 및 조립·해체에 관한 자료가 부족한 실정이다^{3,6)}.

콘크리트 교량가설용 동바리 구조체는 상부하

* To whom correspondence should be addressed.
paiksw@hknu.ac.kr

중을 연결하는 상부연결부, 상부하중을 지지하는 동바리부, 동바리부의 하중을 지반으로 전달하는 하부기초부로 구성되며, 동바리 구조형식에 따라 조립형동바리, 강관틀동바리, 강재동바리, 혼합형동바리가 있다. 조립형동바리와 강관틀동바리는 일반적으로 시스템 동바리라고 한다. 또한 가설방식에 따라 전체지지식 동바리, 지주지지식 동바리, 거더지지식 동바리로 분류한다.

슬래브거푸집동바리 구조물은 일반적으로 거푸집널, 장선, 띠장, 동바리로 구성되어 있는 가설구조물이며, 이중 동바리는 파이프서포트(Pipe support)가 주로 사용되고, 콘크리트의 중량, 거푸집 자중, 작업하중 등을 지지하는 역할을 하는 부재로서 가장 중요한 부재중 하나이다. 파이프서포트는 한국공업규격 KS F 8001에 규정되어 있고, 안전성 확보를 위해 ‘가설기자재 성능검검규격’에서 규정하고 있다⁶⁾.

한편, 동바리로 주로 사용되는 파이프서포트는 V1, V2, V3, V4, V5, V6 여섯 종류로 나눌 수 있는데, 이중 V1, V2, V3, V4 네 종류가 한국산업안전공단 성능검정규격품이나, 현장에서는 층고 때문에 V5, V6 두 종류도 종종 사용되고 있다^{7,8)}.

본 연구에서는 V6 파이프서포트를 구입하여 수평연결재가 없는 경우와 있는 경우에 대해 좌굴실험과 구조해석을 통해 좌굴하중을 비교 분석함으로써 수평연결재의 중요성을 알아보는데 그 목적이 있다. 또한, 현장에서 손쉽게 설치하고 해체할 수 있는 수평연결재를 개발하여 본 연구의 실험에 적용함으로써 실제 현장에 사용될 수 있는 가능성을 찾아보는데도 그 목적이 있다.

2. 파이프서포트 구성 및 규격

콘크리트 공사의 받침기둥(거푸집 받침기둥)으로 사용되는 파이프 서포트는 Fig. 1과 같이 외관, 내관, 암나사, 슛나사, 받이판, 바닥판, 지지핀으로 구성되어 있으며, 파이프 서포트의 규격은 다음 Fig. 2와 같다.

3. 실험방법

V6 파이프서포트는 여러 회사에서 제작하여 판매하고 있으나 본 연구에서는 V6 파이프서포트의 제작오차를 줄이기 위해 자동화가 되어 있어 제품의 신뢰도가 높은 K공업(주)에서 실험에 사용되는 V6 파이프서포트를 동일한 재료로 제작하였다.

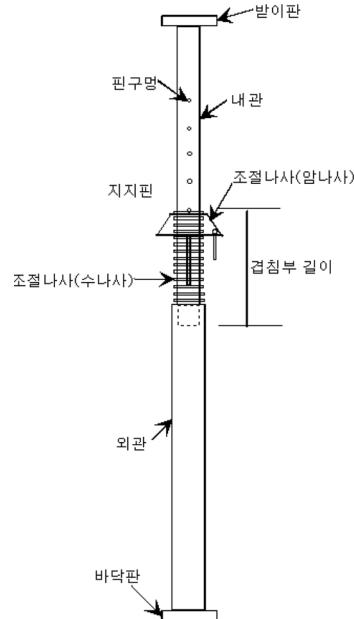


Fig. 1. Element name of pipe support.

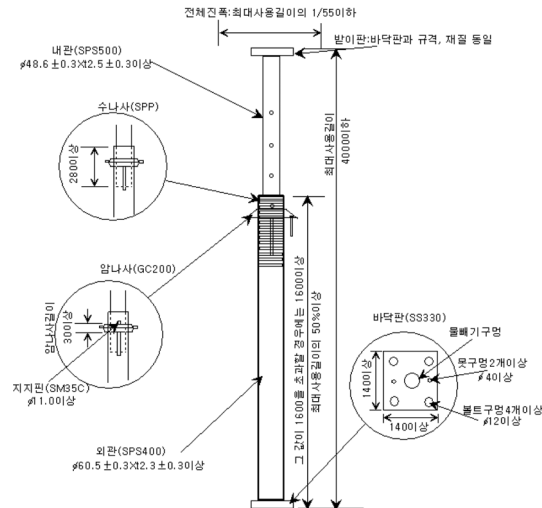


Fig. 2. Standard of pipe support.

본 연구의 파이프서포트 실험은 철골구조물과 PS 강연선을 이용한 하중 도입방법을 이용하였으며, 파이프서포트의 높이는 파이프서포트(V6)의 최대 길이인 6 m로 하고, 파이프서포트의 간격은 띠장방향으로 1.5 m, 장선방향으로 1.2 m로 계획하였다. 실험변수는 기존에 손쉽게 설치하고 해체할 수 있게 개발된 수평연결재를 설치한 경우와 수평연결재를 설치하지 않은 경우 두 가지로 하였고, 이때 각 실험변수당 3개의 시험체에 대해 실험을 실시하

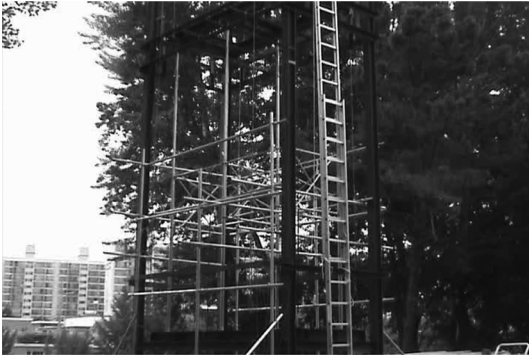


Photo 1. Photograph of structural test.

Table 1. Summary of pipe support test

Test variable	Support space		Span number	Height (m)	With or without horizontal connector	Test number
	Sleeper direction (m)	Joist direction (m)				
Case 1	1.5	1.2	2	6	without horizontal connector	3
Case 2	1.5	1.2	2	6	with horizontal connector	3

였으며, 수평연결재는 파이프서포트의 외관 가장 윗부분에 설치하였다.

이때 각 시험체의 파이프서포트 중앙부분(내관 부분 최하단)에 스트레인게이지를 부착하여 각 하중에 따른 변형율을 측정하였고, 이러한 하중, 변형율 등은 TDS-303 데이터로거와 Visual Log 프로그램을 이용하여 측정하였다. 본 연구에서는 또한 실험결과와 비교하기 위해 각 실험변수에 대한 좌굴 구조해석을 수행하였고, 이때 건축 및 토목 구조물의 설계 및 안전성 검사에 주로 사용되고 있는 MIDAS 프로그램을 사용하였다.

Photo 1은 구조실험 전경을 보여주는 사진이며, Table 1은 본 연구의 수평연결재가 없는 경우와 있는 경우에 대한 실험변수를 요약한 표이다.

4. 실험결과 및 분석

파이프서포트(V6)의 각 실험변수에 따른 MIDAS 프로그램을 이용한 좌굴하중은 Table 2와 같으며, 이때 경계조건은 시험체의 경계조건과 같이 하부는 고정단, 상부는 위아래로 자유스럽게 이동할 수 있는 고정단으로, 수평연결재의 부분은 일체화된 것으로 보고 해석을 수행하였다.

파이프서포트(V6)의 각 실험변수에 따른 좌굴하

Table 2. Buckling load of pipe support(V6)(Structural analysis)

Test variable	Buckling load (Structural analysis) (kN)	Remarks
Case 1	125.0	
Case 2	165.2	

Table 3. Buckling load of pipe support(V6)(Test)

Test variable	Buckling load (kN)	Buckling load including upper flange weight (kN)	Mean buckling load (kN)
Case 1	Test 1	74.9	80.8
	Test 2	72.2	
	Test 3	77.4	
Case 2	Test 1	127.4	125.9
	Test 2	119.8	
	Test 3	112.4	

중은 Table 3과 같으며, 이때 상부프레임의 자중(0.6 kN)을 고려하였다.

Table 4는 파이프서포트(V6)의 각 실험변수에 따른 실험값 및 구조해석값에 대한 표이며, Fig. 3은 이에 대한 비교그림으로써 수평연결재가 없는 경우 실험값이 구조해석값의 64.6%를 보였으며, 수

Table 4. Comparison of buckling load between structural analysis and test

Test variable	Structural analysis (kN)	Test (kN)	Relative buckling load(test/structural analysis) (%)	Remarks
Case 1	125.0	80.8	65	
Case 2	165.2	125.9	76	

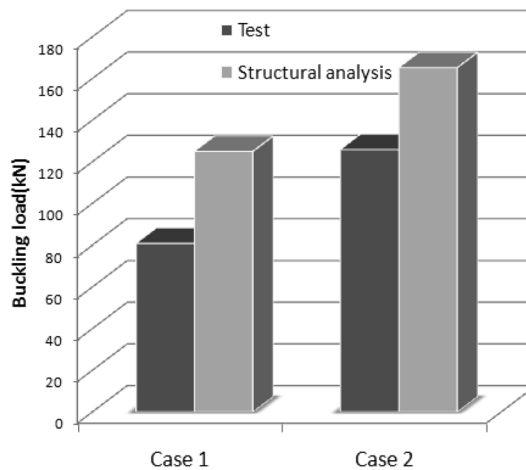


Fig. 3. Comparison of buckling load between test and structural analysis.

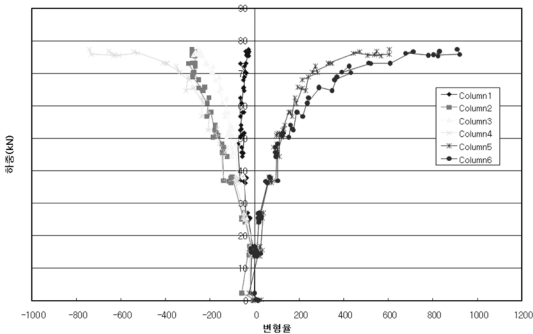


Fig. 4. Stress-strain curve of pipe support(V6)(without horizontal connector).

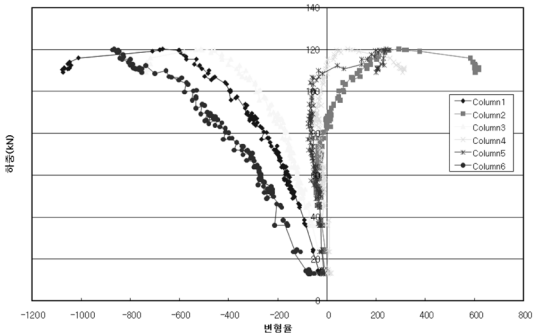


Fig. 5. Stress-strain curve of pipe support(V6)(with horizontal connector).

평연결재가 있는 경우 실험값이 구조해석값의 76.2%를 보였다. 이러한 결과를 보이는 것은 구조해석시 파이프서포트의 내관과 외관의 이음을 정확하게 모델링할 수 없어 완벽하게 이음으로 연결된 것으로 보고 해석을 했기 때문으로 사료되며, 본 실험결과 값은 추후 파이프서포트(V6)의 좌굴하중 산정에 있어 좋은 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다. Fig. 4는 수평연결재가 없는 파이프서포트(V6)의 응력변형률곡선이며, Fig. 5는 수평연결재가 있는 파이프서포트(V6)의 응력변형률곡선이다. Fig. 4와 Fig. 5에서 보는 바와 같이 하중이 증가함에 따라 좌굴이 한 방향으로 발생되기 때문에 3개의 변형률은 양수인 압축변형률을, 다른 3개의 변형률은 음수인 인장변형률을 보이는 것을 알 수 있었다.

5. 결론

본 연구의 파이프서포트(V6) 좌굴실험은 철골구조물과 PS강연선을 이용한 하중 도입방법을 이용하였다. 좌굴실험에서 파이프서포트의 높이는 파이프서포트(V6)의 최대길이인 6 m로 하고, 파이프서

포트의 간격은 띠장방향으로 1.5 m, 장선방향으로 1.2 m로 계획하였다. 실험변수는 기존에 손쉽게 설치하고 해체할 수 있게 개발된 수평연결재를 설치한 경우와 수평연결재를 설치하지 않은 경우 두 가지로 하였고, 이때 각 실험변수당 3개의 시험체에 대해 실험을 실시하였으며, Midas 프로그램을 이용하여 구조해석도 수행하였다. 이러한 결과로부터 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 좌굴실험결과에서는 수평연결재가 있는 파이프서포트(V6)는 수평연결재가 없는 경우보다 약 55% 정도 증가함을 보였다.
 - 2) 구조해석결과에서는 수평연결재가 있는 파이프서포트(V6)는 수평연결재가 없는 경우보다 약 32% 정도 증가함을 보였다.
 - 3) 수평연결재가 없는 파이프서포트(V6)의 좌굴하중은 구조해석 결과값의 65% 값을 보였다.
 - 4) 수평연결재가 있는 파이프서포트(V6)의 좌굴하중은 구조해석 결과값의 76% 값을 보였다.
- 따라서 본 연구의 결과들은 추후 거푸집동바리 설계 및 안전성 검토시 유용한 자료로 사용될 것으로 사료된다.

감사의 글 : 본 연구는 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원의 지원에 의한 것으로 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 1) Formwork for Concrete, M. K. Hurd, 1992.
- 2) 최순주, “거푸집·동바리 붕괴재해 사례분석을 통한 재해원인과 예방대책”, 한국콘크리트학회 제19회 기술강좌, 1999. 12.
- 3) 백신원, 최순주, “A Study on the Safety Model of Temporary Structures”, 제1회 한·일 안전공학 학술발표대회, 1999. 11.
- 4) 백신원, 노민래, “재사용 파이프서포트의 내력변화 연구(I)”, 한국안전학회지, 제19권, 제2호, 2004.
- 5) 백신원, 노민래, “재사용 파이프서포트의 내력변화 연구(II)”, 한국안전학회지, 제20권, 제3호, 2005.
- 6) 백신원, 최순주, “재사용 파이프서포트의 내력변화 연구(III)”, 한국안전학회지, 제21권, 제3호, 2006.
- 7) 파이프서포트의 내력에 관한 연구, 한국산업안전공단 산업안전보건연구원, 1999. 12.
- 8) 6m 파이프 서포트의 구조성능 및 안전성 평가, 가설기자재 시험연구소, 1998. 8.