

강재 파이프서포트의 압축하중 시험에 따른 안전 및 품질관리 기준 개선에 관한 연구

오병한 · 최병정*

경기대학교 건축공학과

(2018. 2. 28. 접수 / 2018. 3. 20. 수정 / 2018. 4. 13. 채택)

A Study on Improvement of Safety & Quality Management Standard Based on Compression Tests of Steel Pipe Supports

Byoung-Han Oh · Byong J. Choi*

Department of Architectural Engineering, Kyonggi University

(Received February 28, 2018 / Revised March 20, 2018 / Accepted April 13, 2018)

Abstract : As of July 1, 2017, the method of quality management of construction equipment had been changed completely. In case of manufacturing and distributing pipe supports, the support length according to the safety certification standard shall be not more than 6 m and the compressive strength shall be not less than 40,000 N at the maximum height. However, the field tests for the quality control standard were usually performed at 3.5 m when the length of the pipe supports is 3.5 m to 4.0 m, and the compression strength was specified to be more than 35,300 N. This difference in the two standards can cause confusion in practice. In this study, the compression load of the pipe supports was tested and found to be more than 30% defective. Therefore, it is necessary to review the modification of the safety certification and quality standards to improve the standard requirements.

Key Words : compression tests, pipe support, safety certification standard, quality control standard

1. 서론

2017년 7월 1일부터 건설현장 가설기자재의 안전 및 품질관리 방법이 완전히 바뀌었다. 따라서 건설현장 가설기자재 중 하나인 “강재 파이프서포트(Steel Pipe Support)”에 대한 품질관리 또한 기존 품질관리 방법에서 많은 부분이 변경되었으며 이에 따라 건설현장에서는 변경된 규정에 따라 철저한 품질관리를 실시해야만 건설공사 중 발생할 수 있는 재해를 예방할 뿐만 아니라 관련기관으로 부터의 점검에 적절히 대비할 수 있을 것으로 보인다¹⁾.

그동안 강재 파이프서포트에 대한 안전 및 품질관리는 고용노동부와 국토교통부가 역할을 분담해 왔다.

고용노동부에서는 산업안전보건법에 따른 고용노동부 “방호장치 안전인증고시(제2016-54호)에 따라 파이프서포트의 신제품에 대한 안전인증을 실시하고 안전인증에 합격된 제품만을 제작 및 유통할 수 있도록

하였다²⁾.

또한 건설현장에서 사용한 파이프서포트에 대해서는 재사용가설기자재 자율등록 운영규정(2003. 3. 10)에 따라 행정지침 “재사용 가설기자재 자율등록제 관리기준”을 마련하여 한국가설협회로 하여금 이를 시행하도록 하여왔다³⁾.

이 제도는 가설기자재를 제품 상태별로 사용가능, 보수필요, 폐기 등 3개 등급으로 구분·관리하는 제도로 한국가설협회에서 자율적으로 운영하여 왔으며 인증기준의 90%이상 성능이 확인된 제품은 재사용이 가능하며, 재사용 등록제품에 스티커를 부착할 경우 감독 및 단속이 면제되는 제도였다. 그러나 이는 “산업안전보건법 제34조의4 안전인증기준”에 미달하는 가설기자재를 양도·대여·사용하지 못하도록 하고 있는 법적 규정에 위반될 뿐 아니라 이를 위반 시 형사상 처벌규정(3년 이하 징역 또는 2,000만원 이하의 벌금)을 두고 있는 상황에서 법적 근거도 없이 임

* Corresponding Author : Byong J. Choi; Tel: +82-31-249-9702, E-mail : bjchoi@kyonggi.ac.kr

Department of Architectural Engineering, Kyonggi University, 154-42 Gwanggyosan-ro, Yeongtong-gu, Suwon-si, Gyeonggi-do 16227, Korea

의로 완화된 기준으로 검사하고, 부실한 재사용 등록 (스티커부착)에 따른 지도·감독으로 가설기자재 품질관리에 큰 사각지대요인으로 작용하여 왔다⁴⁾. 특히 2015년 감사원의 “건설자재 품질관리 실태” 감사에서 “산업안전보건법 제34조(안전인증)에서 정하는 법적인 근거”없이 운영되는 재사용자율등록제가 불량가설재 사용요인으로 악용되고 있다는 의견과 함께 동 제도 폐지를 요구함에 따라 2017.6.1부터 재사용 자율등록제도가 전면 중단되게 되었다⁵⁾.

이에 따라 가설기자재에 대한 품질관리 제도는 2017.7.1부터 국토교통부 “건설공사 품질관리 업무지침(제2017-450호)”에 따라 건설현장에서 직접 관리하도록 개정되었고 고용노동부는 방호장치 안전인증고시(제2016-54호)에 따라 신제품에 대한 제조·유통에 대한 관리만을 담당하도록 하였다. 그러나 이와 같은 안전 및 품질관리제도 개선사항에 대해서도 파이프서포트의 안전 및 품질관리에 문제점이 발생되었는데 그것은 신제품에 대한 안전인증제도인 고용노동부 방호장치 안전인증 고시(고용노동부 고시 제2016-54호) 별표 16에 “파이프서포트의 최대사용길이는 6,000 mm 이하 이고 최대 사용길이에서 압축강도는 40,000 N 이상”이어야 한다고 명시되어 있다.

국토교통부 고시인 “건설공사 품질관리업무지침(제2017-450호)”에서는 KS F 8001에 따라 “평누름에 의한 압축하중” 시험 시 최대 사용길이가 3.5~4 m인 제품은 3.5 m에서 시험하도록 하고 있고 이에 따라 압축하중을 평균값 39,200 N, 개개값 35,300 N 이상으로 규정하고 있는 등 두 관계부처의 안전 및 품질 기준 고시 사이에 차이가 있어 품질관리 뿐 아니라 사용자 사이에 혼란이 발생할 수 있다^{6,9)}. 고용노동부의 방호장치 안전인증 고시(고시 제2016-54호)와 국토교통부의 건설공사 품질관리업무지침(고시 제2017-450호)은 Table 1에 비교한 바와 같다.

또한 한국산업안전보건공단의 “재사용가설기자재 성능기준에 관한 지침(KOSHA GUIDE C-25-2016)” 도 2016.12월 개정하여 “성능기준은 안전인증규격과 자율 안전확인규격의 100% 이상으로 한다”라고 하였다¹⁰⁾.

따라서 파이프서포트는 산업안전보건법 제34조의 4에 명시된 바와 같이 안전인증기준에 미달하는 가

설기자재가 양도·대여·사용되지 않도록 안전 및 품질관리기준을 명확히 통일 할 필요가 있으며 이를 위해 시중에 유통되고 있는 파이프서포트의 압축하중을 시험하고 또한 이를 근거로 고용노동부 방호장치 안전인증고시(제2016-54호)와 국토교통부 건설공사 품질관리 업무지침(고시 제2017-450호)의 파이프서포트 압축강도 기준, 한국산업표준(KS F 8001)에 대한 통일을 제안하고자 본 연구를 수행하였다.

2. 선행연구 고찰 및 이론적 배경

2.1 선행연구 고찰

파이프 서포트에 대해 이미 다수의 연구가 진행되었으며 이에 대한 주요 연구내용은 파이프서포트의 좌굴특성에 대한 지지조건 영향, 공동주택 슬래브의 알루미늄 파이프 서포트 개발에 관한연구(1), 파이프서포트(V6)의 좌굴특성에 관한 연구, 구조해석에 의한 파이프서포트의 내력비교에 관한연구, 재사용 파이프서포트의 내력변화연구(I, II), 파이프서포트의 내력산정방안 등으로 주로 동일높이의 파이프 서포트에 대한 압축시험치와 오일러공식 및 Midas 프로그램을 통한 유한요소해석 결과와의 비교를 통해 설계 및 시공시의 안전성을 검토하는 내용과 재사용파이프 서포트의 재령별 내력변화에 대한 연구가 진행되었다

따라서 본 연구에서는 그간 진행되지 않았던 파이프 서포트의 높이변화에 따른 압축하중 재하를 통해 항복강도를 시험하고 이에 따른 파괴형상을 관찰하여 파이프서포트의 내력 향상을 위한 보강부위에 대해 연구를 진행하였다.

2.2 거푸집 동바리의 중요성

가설구조물(Temporary structures)은 본 구조물을 축조하기 위해 필요한 보조적인 역할을 하는 임시 구조물로서 본 구조물이 완공이 되면 철거되는 구조물이다¹¹⁾.

가설 구조물 중 특히 거푸집 및 거푸집동바리는 붕괴 등 위험성이 높으므로 콘크리트의 일정한 형상과 치수를 확보할 때까지 발생 가능한 모든 종류의 하중, 측압, 충격 등에 대해 안정성을 확보하고 경화에 필요한 수분의 누출을 방지, 움직임, 배부름, 도괴 등의 변형이 생기지 않도록 설치되어야 한다.

거푸집동바리는 거푸집 및 장선·명애 등을 소정의 위치에 유지시키고 수평재가 받는 하중을 하부구조에 전달하는 수직 부재로서 거푸집 동바리의 설치는 충고 및 슬래브의 두께 등 조건과 상황에 따라 방법을 달리하여 다양하게 설치되고 있다

Table 1. Comparison of management standards for pipe support

Category	Safety certification criteria	Quality control standard (KS F 8001)
Compressive strength (N)	40,000	• Avg. 39,200 • each 35,300
Measuring length	Maximum length	When the length is 3.5 m ~ 4.0 m, it is measured at 3.5 m.

거푸집 동바리의 사용재료에는 여러 종류가 있으나 공사중에 붕괴재해가 많고 주로 국내현장에서 많이 사용되는 동바리 지지재는 파이프 서포트(Pipe Support)와 강관틀(B/T)지지이다¹²⁾.

2.3 거푸집 동바리의 안전기준

거푸집 동바리 및 거푸집에 관련한 안전규정은 산업안전보건법, 시행령, 시행규칙, 산업안전보건기준에 관한 규칙과 고용노동부 고시의 콘크리트 공사 표준안전작업지침 등에서 규정하고 있다.

산업안전보건법 제 23조의 안전상의 조치 및 동법 시행령, 시행규칙은 안전에 관한 포괄적 규정이며, 실제 거푸집 및 동바리 공사의 안전규정으로 적용되고 있는 것은 산업안전보건기준에 관한 규칙 제2편 안전기준의 제4장 건설작업 등에 의한 위험예방에서 제1절 거푸집동바리 및 거푸집과 산업안전보건법 제27조 기술상의 지침으로 규정하고 있는 고용노동부 고시인 콘크리트공사 표준안전지침(고시 제2012-93호) 그리고 KOSHA GUIDE에서 구체적으로 규정하고 있다¹²⁾.

2.4 오일러(Euler)의 좌굴하중

거푸집 동바리는 축력을 받는 부재이고 오일러의 기둥 좌굴에 관한 지배방정식을 따른다. 중심축하중 P를 받는 기둥에서의 최소하중에 의한 좌굴 현상이 발생할 때, 이때의 좌굴 하중을 탄성좌굴 하중 Pcr 또는 오일러 좌굴하중 PE라고 한다.

탄성좌굴하중 또는 오일러의 좌굴 하중은 식(1)과 같다.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \tag{1}$$

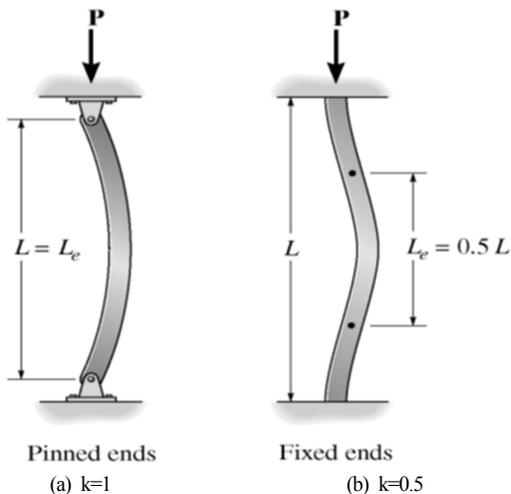


Fig. 1. Buckling deformation according to the boundary condition.

그러나 Fig. 1과 같이 양단 지지조건에 따라 기둥의 좌굴 형상은 달라지며 이때의 좌굴하중은 유효좌굴길이를 고려하여 식(2)에 따른다¹²⁾.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} \tag{2}$$

3. 연구방법

본 연구에서는 강재 파이프서포트(KS F 8001)중 길이가 가장 길고 고용노동부의 방호장치 안전인증 기준에 따라 인증을 받은 강재 파이프서포트(4종, 최대길이 4,000 mm±10)을 시중에서 구매하여 높이에 따른 압축하중 시험을 실시하고 항복강도와 특성을 파악하여 방호장치 안전인증고시 기준에 따라 적합하게 생산되어 유통되고 있는지를 검사하였으며 이를 근거로 안전인증기준, 품질관리업무지침 및 한국산업표준의 기준을 비교하였다.

3.1 파이프서포트의 종류

한국산업표준(KS F 8001:2016)에 따르면 강재 파이프서포트의 종류와 길이는 Table 2와 같이 규정하고 있다.

Table 2. Comparison of management standards

Types	Length of use(mm)	
	Minimum length	Maximum length
Type 1	1,800±10	3,200±10
Type 2	2,000±10	3,400±10
Type 3	2,400±10	3,800±10
Type 4	2,600±10	4,000±10

*Remarks1 : The minimum length is the length when the support pin is assembled to the uppermost pin hole of the inner pipe

**Remarks2 : The maximum length is the length when the overlapping length of the inner tube and the outer tube is maintained at 280 mm or more and the support pin is assembled to the lowermost pin hole of the inner tube

3.2 파이프서포트 안전인증기준

파이프서포트의 종류는 Fig. 2과 같이 단일형과 결합형[(A),(B)]의 두 종류가 있으며, 파이프서포트를 제작할 경우에는 재료의 가공은 휨, 비틀림 등에 따른 강도의 저하가 없어야 하고 용접 구조는 전체 둘레용접, 양면 용접 또는 이들과 동등 이상의 강도를 갖는 방법으로 해야 하며 강재는 부식 방지 도료에 따른 도장, 도금 등으로 표면처리를 하는 방식으로 제작하도록 하고 있다.

파이프서포트의 재료는 Table 3와 같이 지지재,

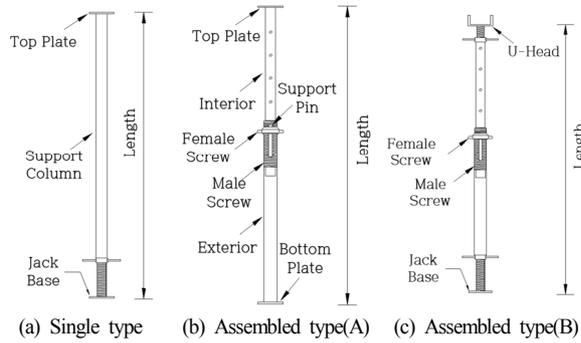


Fig. 2. Types of pipe supports.

Table 3. Specification of pipe support (Unit: mm)

Part	Material	
	Steel	Aluminum alloy
Support column	STK400 of KS D 3566 (general structural carbon steel pipe) or SPSR400 of KS D 3568 (general structure square steel pipe)	A 6061S of KS D 6759 (aluminum and aluminum alloy extruded shape)
Male screw	SPP of KS D 3507 (carbon steel pipe for piping)	
Female screw	GC200 of KS D 4301 (gray iron product) or GCD 450-10 of KS D 4302 (spheroidal graphite cast iron product)	
Support pin	SM35C of KS D 3752 (carbon steel for mechanical structure)	
Top and Bottom plate	SS330 of KS D 3503 (general structural rolled steel)	

Table 4. Dimensions of pipe support

Section shape	Dimensions of pipe support (outside diameter)
Circle	$\phi 48.3$ mm or more
Square	$\square 48.5 \times 48.5$ mm or more
Polygon	The outer diameter of the circumscribed circle is 48.6 mm or more

숫나사, 암나사, 지지핀, 받이판 및 바닥판 등으로 구성되어 있으며 이 기준에 적합하거나 동등 이상의 기계적 성질을 가진 것을 사용해야 하며 각 부분은 현저한 손상, 변형, 또는 부식이 없는 것을 사용하도록 하고 있다. 파이프서포트의 구조는 강관의 이음부가 없어야 하며 최대 사용길이(파이프서포트를 최대 길이로 늘렸을 때의 받이판의 상부에서 바닥판의 하부까지의 길이)는 6,000 mm이어야 하고 파이프서포트의 단면 치수는 Table 4와 같다.

받이판 및 바닥판의 크기는 Fig. 3와 같이 한변의 길이가 120 mm 이상인 사각형 또는 지름 120 mm 이상의 원형 및 이와 동등 이상의 면적을 가지는 다각형으로써 지름 4 mm 이상의 못 구멍이 2개, 물뿔기 구멍이 있어야 한다. 또한 두께는 5.4 mm 이상이어야 하고 받이판 및 바닥판은 이중 하나를 분리 및 조립될

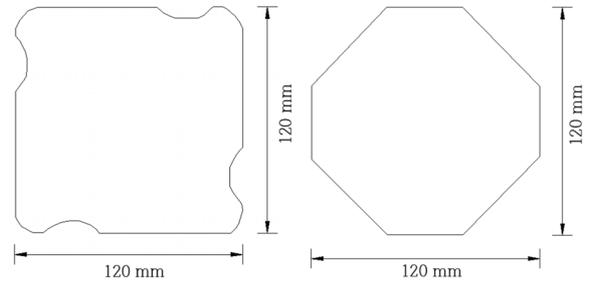


Fig. 3 Bottom plate structure of pipe support.

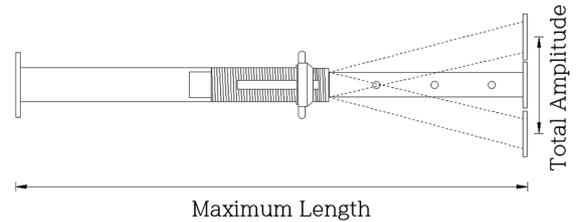


Fig. 4. The amplitude of the pipe support.

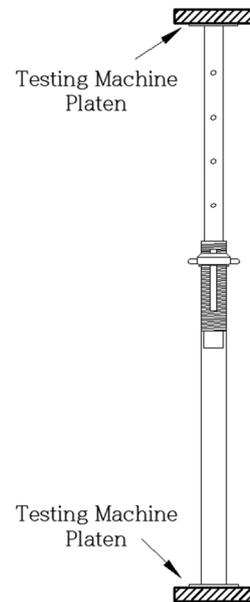


Fig. 5. Compressive strength test of pipe support.

수 있는 구조로 할 수 있다. 받이판 및 바닥판을 높이 조절 및 명을 고정하기 위한 받침철물로 대체할 경우에는 동 고시 별표 21의 규정에 적합한 조절형 받침철물로서 지지재와 일체화된 구조여야 한다. 받이판과 바닥판의 중심은 지지재의 중심에 위치해야 하며 받이판 및 바닥판은 지지재의 중심에 대해 직각이고 받이판과 바닥판은 상호 동일 방향이어야 한다. 내관과 외관이 결합되는 구조인 경우 내관과 외관의 길이를 조절하기 위한 숫나사, 암나사 및 지지핀이 있어야 하고 암나사부 길이는 지지핀에 전달된 비틀림 하중에 견딜 수 있도록 최소 30 mm 이상이어야 하며 지

지핀의 지름은 11.0 mm 이상이어야 한다. 또한, 파이프서포트의 최대 사용 길이에서 내관과 외관의 최소 겹침길이는 300 mm(최대 사용 길이가 2,500 mm 미만일 때는 150 mm) 이상이고 파이프서포트는 외관을 고정시키고 최대 사용길이로 사용할 때의 Fig. 4와 같이 받이판 상부의 중심 진동폭의 최대치수가 최대 사용길이의 55분의 1 이하여야 한다.

파이프서포트의 시험성능 기준은 파이프서포트의 최대 사용길이에서 압축강도 40,000 N 이상이어야 하고 파이프서포트의 압축강도 시험방법은 Fig. 5와 같이 파이프서포트의 최대 사용길이에서 받이판 및 바닥판의 중심이 시험기 가압판의 중심과 일치하도록 압축하중을 가하여 하중의 최대값을 측정하며 이 경우 재하 속도는 분당 8 mm 이하로 한다.

3.3 파이프서포트 시험체

파이프서포트 시험체는 Fig. 2(b)와 같은 형상의 결합형(A) 파이프서포트로서 시중에서 강재 파이프서포트(KS F 8001, 4종, 최대길이 4,000 mm ±10)을 2015년~2016년에 생산된 제품을 구매(2016년 말)하여 시험에 사용하였다.

파이프서포트 시험체의 규격은 Fig. 6과 같으며 최대길이는 3,990 mm이고 바닥판, 받이판, 내관과 외관, 암나사, 숫나사, 지지핀 등으로 구성되어 있다.

파이프서포트에는 내관부위에 지지핀 구멍이 12



Outer tube	Inner tube	Inner tube length
59.9Φ × 1.9T (STK400)	48.6Φ × 2.2T (STK500)	2,610
Outer tube length	Overlap length	Maximum length
1,700	320	3,990
Female screw	Male screw	Support pin
Φ78 × 33 (GCD45)	Φ60.5 × 3.2T × 200 (SPP)	Φ12 (SM35C)
Bottom plate	Top plate	Hole spacing
140 × 140 × 5.4T (SS400)	140 × 140 × 5.4T (SS400)	120

Fig. 6. Pipe support specification (Unit : mm).

개 뿔려 있으며 그 간격은 120 mm이다.

파이프서포트의 길이별 시험을 위해 최하단 hole부터 “hole1, hole2, hole3” 등으로 명명하여 최상부 hole은 hole12로 명명하였다.

3.4 파이프서포트 압축강도 시험기기

파이프서포트 압축강도 시험기기는 Fig. 7과 같으며 최대압축강도는 300 kN이다.



(a) Compression tester



(b) Measurement monitor



(c) Pressurizer

Fig. 7. Pipe support compressive strength tester.

3.5 시험방법

시중에서 구매한 Fig. 6의 파이프서포트를 Fig. 7의 압축강도 시험기에 설치하고 가압하여 파이프서포트의 항복강도(N)를 측정하였다. 파이프서포트는 최대 길이(3,996 mm), 즉 지지핀을 최하단부 구멍인 hole1에 체결하고 총 10개의 파이프서포트에 대해 압축시험을 실시하여 최대길이에서 안전인증기준(40,000 N)을 상회하는지를 측정하였다. 또한 지지핀 간격(120 mm)에 따라 지지핀을 hole2부터 hole12까지 차례로 체결하고 압축강도를 시험함으로써 파이프서포트의 길이 변화에 따라 항복강도의 변화를 측정하였다.

파이프서포트에 대한 하중재하는 분당 8 mm로 하였으며 지지조건은 양단고정조건으로 상·하부에 홈을 파고 받이판과 받침판을 홈에 끼운 후 압축 하중 시험을 하였다.

4. 시험결과 및 분석

4.1 최대길이에서의 시험결과 및 분석

파이프서포트를 최대길이(3,990 mm), 즉 지지핀을 최하단 hole1에 체결하고 파이프서포트 10분에 대해 압축강도 시험을 실시한 결과 Table 5와 같이 10분의 파이프서포트 중 7분은 방호장치 안전인증기준의 항복강도(40,000 N)를 초과 하였으나 3분은 미달하여 약 30%의 불합격율을 나타내었다.

파이프 서포트에 이와 같이 30%의 불량률이 발생하는 이유는 현행 안전인증기준이 제작업체가 제공한 3분의 시험체가 모두 40,000 N을 상회하는 경우 인증에 합격한 것으로 하고 있으나 이는 최상의 품질관리가 된 시험체로 시험을 실시하여 인증을 받고

Table 5. Compressive strength(N) at support pin hole1 (maximum length)

Pipe support number	Height (mm)	Yield strength (N)	Safety certification criteria (40,000 N) comparison
No. 1	3,990	46,200	pass
No. 2	3,990	38,270	fail
No. 3	3,990	58,060	pass
No. 4	3,990	47,560	pass
No. 5	3,990	42,360	pass
No. 6	3,990	35,100	fail
No. 7	3,990	36,490	fail
No. 8	3,990	55,640	pass
No. 9	3,990	45,860	pass
No. 10	3,990	43,470	pass
Average	3,990	44,901	12% above

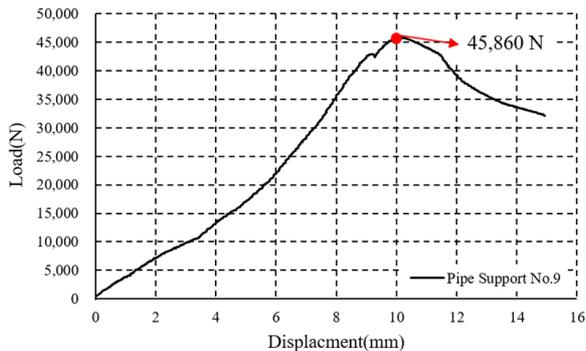


Fig. 8. Compressive strength test graph (pipe support No. 9).

이후 제작과정에서는 품질관리가 미흡한 제품들이 시중에 유통되고 있기 때문이라고 사료된다.

파이프서포트 압축시간별 압축강도 변화량은 압축강도시험기에 연결된 컴퓨터 모니터를 통해 Fig. 7 과 같은 변화값을 얻을 수 있었으며 Fig. 8은 시험체 No.9의 압축강도 시험 그래프이다.

4.2 길이 변화에 따른 시험결과 및 분석

파이프서포트의 길이변화(hole2~hole12)에 따른 시험결과 및 분석을 실시하였다. 파이프서포트 지지핀을 hole2(하단으로부터 2번째 구멍)에 체결하고 압축강도를 시험한 결과는 Table 6과 같다. 또한 파이프서포트 지지핀을 hole3(하단으로부터 3번째 구멍)에 체결하고 압축강도를 시험한 결과는 Table 7과 같았다.

파이프서포트 지지핀을 hole4부터 hole12까지 순서에 따라 시험한 결과를 Table 8에서 Table 16까지 정

Table 6. Compressive strength(N) at support pin hole2

Pipe support number	Height (mm)	Yield strength (N)	Safety certification criteria (40,000 N) comparison
No. 1	3,870	72,520	pass
No. 2	3,870	69,770	pass
No. 3	3,870	67,300	pass
Average	3,870	69,863	74.6% above

Table 7. Compressive strength(N) at support pin hole3

Pipe support number	Height (mm)	Yield strength (N)	Safety certification criteria (40,000 N) comparison
No. 1	3,750	69,720	pass
No. 2	3,750	70,210	pass
No. 3	3,750	74,090	pass
Average	3,750	71,340	78.4% above

Table 8. Compressive strength(N) at support pin hole4

Pipe support number	Height (mm)	Yield strength (N)	Safety certification criteria (40,000 N) comparison
No. 1	3,630	67,570	pass
No. 2	3,630	71,800	pass
No. 3	3,630	69,430	pass
Average	3,630	69,600	74.0% above

Table 9. Compressive strength(N) at support pin hole5

Pipe support number	Height (mm)	Yield strength (N)	Safety certification criteria (40,000 N) comparison
No. 1	3,510	82,640	pass
No. 2	3,510	78,750	pass
No. 3	3,510	77,180	pass
Average	3,510	79,523	98.8% above

Table 10. Compressive strength(N) at support pin hole6

Pipe support number	Height (mm)	Yield strength(N)	Safety certification criteria (40,000 N) comparison
No. 1	3,390	87,240	pass
No. 2	3,390	81,560	pass
No. 3	3,390	85,570	pass
Average	3,390	84,790	111.9% above

Table 11. Compressive strength(N) at support pin hole7

Pipe support number	Height (mm)	Yield strength(N)	Safety certification criteria (40,000 N) comparison
No. 1	3,270	87,040	pass
No. 2	3,270	82,230	pass
No. 3	3,270	78,600	pass
Average	3,270	82,623	106.5% above

Table 12. Compressive strength(N) at support pin hole8

Pipe support number	Height (mm)	Yield strength(N)	Safety certification criteria (40,000 N) comparison
No. 1	3,150	81,500	pass
No. 2	3,150	84,570	pass
No. 3	3,150	85,240	pass
Average	3,150	83,770	109.4% above

Table 13. Compressive strength(N) at support pin hole9

Pipe support number	Height (mm)	Yield strength(N)	Safety certification criteria (40,000 N) comparison
No. 1	3,030	84,490	pass
No. 2	3,030	84,540	pass
No. 3	3,030	84,340	pass
Average	3,030	84,456	111.1% above

Table 14. Compressive strength(N) at support pin hole10

Pipe support number	Height (mm)	Yield strength(N)	Safety certification criteria (40,000 N) comparison
No. 1	2,910	80,170	pass
No. 2	2,910	81,450	pass
No. 3	2,910	83,510	pass
Average	2,910	81,710	104.2% above

Table 15. Compressive strength (N) at support pin hole11

Pipe support number	Height (mm)	Yield strength(N)	Safety certification criteria (40,000 N) comparison
No. 1	2,790	74,070	pass
No. 2	2,790	74,710	pass
No. 3	2,790	83,540	pass
Average	2,790	77,440	93.6% above

Table 16. Compressive strength(N) at support pin hole12

Pipe support number	Height (mm)	Yield strength(N)	Safety certification criteria (40,000 N) comparison
No. 1	2,670	81,090	pass
No. 2	2,670	84,030	pass
No. 3	2,670	83,740	pass
Average	2,670	82,953	107.3% above

리하였으며, 항복강도는 모두 안전인증기준인 40,000 N을 상회 하는 결과 값을 얻을 수 있었다.

4.3 수평연결재 체결 시 시험결과 및 분석

파이프서포트 지지핀을 Fig. 9와 같이 hole1(하단으로부터 1번째 구멍)에 체결하고 파이프서포트 중간부분에 수평연결재를 체결하여 고정시키고 압축강도를 시험한 결과 Table 17과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 산업안전보건법 안전보건기준에 관한 규칙 제332조(거푸집동바리 등의 안전조치)에서 “높이 3.5 m를 초과하는 경우 높이 2미터 이내마다 수평연결재를 2개 방향으로 만들고 수평연결재의 변위를 방지”하도록 하고 있는바 본 시험에서도 수평연결재를 체결하는 것만으로도 약 118%이상의 강도 증가를 얻을 수 있어서 수평연결재 체결의 중요성을 알 수 있었다.



Clamping of support pin hole1 and horizontal joint

Female thread breakage

Fig. 9. Pipe Support Compressive Strength Test after clamping of support pin hole1 and horizontal joint.

Table 17. Compression strength(N) after clamping of support pin hole1 and horizontal joint

Pipe support number	Height (mm)	Yield strength(N)	Safety certification criteria (40,000 N) comparison
No. 1	3,990	85,030	pass
No. 2	3,990	88,070	pass
No. 3	3,990	89,480	pass
Average	3,990	87,526	118.8% above

4.4 길이별 항복강도에 영향을 주는 요인 분석

파이프서포트 지지핀을 hole1에서부터 hole12까지 단계별로 체결하여 길이별로 압축강도 시험을 실시한 결과 항복 강도에 도달했을 때 Fig. 10 및 Fig. 11과 같이 파이프서포트의 변형 또는 파괴 형상은 내관의 좌굴, 지지핀의 꺾임, 암나사와 슛나사의 밀림 또는 벌어짐, 암나사의 파손 등으로 이와 같은 현상이 항복강도에 영향을 주는 것으로 판단된다.

파이프서포트 길이별 파괴형태는 Table 18과 같이 hole1~hole4까지는 내관이 좌굴되다가 지지핀이 꺾이면서 항복강도에 다다랐고, hole5에서는 내관이 좌굴되다가 지지핀이 꺾이고 이후 암나사가 벌어지거나 슛나사와의 체결력이 떨어져 밀려 내려가는 현상이 발생하였다.

또한 hole6~hole12까지는 내관이 좌굴되다가지지

Table 18. Fracture type according to length by supporting pin hole fastening

Hole No.	Height (mm)	Failure shape (Factors affecting yield strength)			
		Inner tube buckling	Support pin break	Female screw sliding, widening	Female screw fracture
hole1	3,990	○	○	×	×
hole2	3,870	○	○	×	×
hole3	3,750	○	○	×	×
hole4	3,630	○	○	×	×
hole5	3,510	○	○	○	×
hole6	3,390	○	○	○	○
hole7	3,270	○	○	○	○
hole8	3,150	○	○	○	○
hole9	3,030	○	○	○	○
hole10	2,910	○	○	○	○
hole11	2,790	○	○	○	○
hole12	2,670	○	○	○	○



Fig. 10. Pipe support failure type due to compressive load(1)

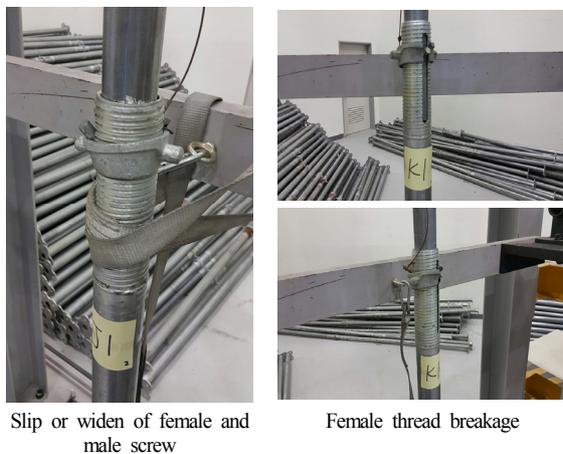


Fig. 11. Pipe support failure type due to compressive load(2).

핀이 꺾이고 암나사가 밀리거나 벌어지다가 세로로 찢어지면서 파손되는 현상이 발생하였다.

4.5 파괴형태에 따른 관리 및 보강방안

파이프 서포트에 대한 압축시험 결과 hole1~hole4까지는 파이프 서포트의 항복강도에 영향을 주는 최초 요인이 내관이 좌굴되다가 지지핀이 꺾이는 시점에서 항복강도에 이르는 것으로 확인되었다.

따라서 지지핀의 강도를 강화하면 파이프 서포트의 압축강도를 높일 수 있을 것으로 사료된다.

또한 hole5에서는 내관이 좌굴되다가 지지핀이 꺾이고 암나사의 밀림현상이 있을 때 항복에 이르렀고 hole 6~hole12까지는 내관이 좌굴되고 지지핀이 꺾인 이후 암나사가 세로로 찢어지면서 항복강도에 다른 바, 암나사의 강도를 강화하면 파이프서포트의 압축강도를 더욱 높일 수 있는 것으로 분석되었다.

5. 결론

신제품인 4 m파이프 서포트에 대한 압축강도를 시험한 결과 최대 높이에서 약 30%의 불량률이 나타나 안전인증기준에 미달하는 것으로 평가 되었다. 이는 안전인증에 합격하기 위해 제품의 규격은 최소한의 기준으로 제작하고 품질관리가 적합하게 이루어지지 않기 때문이라 사료된다.

그럼에도 국토교통부 건설공사 품질관리 업무지침에는 재사용 파이프서포트에 대한 품질관리를 실시하면서 한국산업표준을 적용하여 높이 3.5~4 m 파

이프서포트를 최대높이가 아닌 3.5 m미터에서 품질 시험을 하도록 한 것은 “산업안전보건법(제67조의2 등)에서 안전인증기준에 미달하는 가설기자재를 양도·대여·사용하지 못하도록 하고 있는 법적 규정에 위반” 된다고 볼 수 있다. 또한, 2015년 감사원의 “건설자재 품질관리 실태” 감사에서 “산업안전보건법에서 정하는 법적인 근거” 없이 운영되는 재사용자율등록제가 불량 가설재 사용요인으로 악용되고 있어 2017.6.1부터 동 제도를 폐지하였고 이에 따라 제도 개선방안으로 국토교통부의 건설공사 품질관리 업무지침에서 파이프서포트의 사용에 따른 품질관리를 하도록 하였는데 또 다시 완화된 기준으로 품질 검사를 하는 것은 향후 가설기자재 품질관리에 큰 문제로 작용될 수 있다고 분석해 볼 수 있다.

국내건설현장에서 사용되는 파이프서포트의 안전성을 검증하기 위해서 압축강도시험을 통한 합격률 및 위치별 항복강도의 추이에 대한 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 도출 하였다.

1) 강재 파이프서포트(KS F 8001, 4종, L=4,000±10)에 대한 압축강도를 시험한 결과 최대 높이(3,990 mm)에서 약 30%의 불량률이 나타나 안전인증기준에 미달하는 것으로 평가되었다. 이는 안전인증에 합격하기 위해 제품의 규격을 최소한의 기준으로 제작하고 안전인증 합격 후 제작과정에서 품질관리에 오류가 발생하기 때문으로 사료된다.

파이프서포트는 신제품에 대한 안전인증기준을 40,000 N으로 현행 유지하되 파이프 서포트 안전인증 시험시에는 시험체 동바리를 인증기관에서 샘플링 수거하여 시험 하도록 제도개선이 필요하다. 또한 국토교통부에서는 건설현장에 반입되는 파이프서포트가 재사용에 따라 강도가 저하되더라도 40,000 N을 상회하는 파이프서포트가 건설현장에서 사용될 수 있도록 품질관리를 하여야 할 것으로 사료된다. 이에 따라 고용노동부의 “방호장치안전인증 기준”과 국토교통부의 “건설공사 품질관리 업무지침” 및 산업통상자원부 KS F 8001은 본 연구의 제안사항과 같이 개정할 필요가 있다.

2) 4 m 파이프서포트의 내관에 설치된 12개의 지지핀 구멍에 지지핀을 단계별로 체결하여 가장 짧은 길이부터 가장 긴 길이까지 길이를 변경해 가면서 항복강도를 시험하였다.

지지핀을 가장 낮은 구멍에 체결하여 길이가 가장 긴(h=3,990 mm) 상태에서 10본에 대한 압축강도를 시험한 결과, 항복강도 평균값은 44,901 N으로 안전인증기준인 40,000 N을 12% 상회하였다.

그러나, 시험에 사용한 10본의 파이프서포트 중 7본은 안전인증 기준인 40,000 N을 상회하였으나, 나머지 3본은 40,000 N에 미달하여 제품제작 시 품질 관리에 문제가 있었음을 알 수 있었다.

또한 아래에서 두 번째부터 열 두번째 구멍까지 단계별로 지지핀을 체결하여 지지핀 구멍별 파이프서포트 3본에 대한 압축강도 시험을 실시한 결과, 평균 항복강도는 두 번째 지지핀 구멍(h=3,870 mm)에서 69,863 N, 세번째 지지핀 구멍(h=3,750 mm)에서 71,340 N의 값은 얻음으로써 모두 안전인증기준인 40,000 N을 훨씬 상회하였고 각 길이별 항복강도 값은 안전인증 기준인 40,000 N의 74.0%부터 최대 111.9%까지 초과된 값을 얻을 수 있었다.

특히 파이프서포트 지지핀 구멍 1번(h=3,990 mm)부터 5번(h=3,510 mm)까지의 항복강도는 44,901 N부터 79,523 N까지 나타남으로써 80,000 N미만이었으나 지지핀 구멍 6번(h=3,390 mm)부터 12번 구멍(h=2,670 mm)까지는 11번 구멍(h=2,790 mm)의 77,440 N을 제외하고는 모두 80,000 N을 상회하는 것으로 나타남에 따라 높이 3.5 m를 기준으로 항복강도 70,000 N과 80,000 N의 경계가 나타남을 알 수 있었다. 이는 산업안전보건법 “안전보건기준에 관한 규칙 제332조(거푸집동바리 등의 안전조치)에 파이프서포트 높이 3.5미터를 초과하는 경우 수평연결재를 2개 방향으로 설치”하도록 한 기준이 합리적인 기준임을 이번 시험을 통해 확인할 수 있었다.

3) 따라서 본 시험에서는 파이프서포트에 수평연결재를 설치하고 항복강도를 측정하여 미설치상태의 항복강도 결과와 비교를 하였다. 시험방법은 지지핀을 아래로부터 1번 구멍(h=3,990 mm)에 체결하고 강관파이프와 클램프를 이용하여 높이 2 m 부위에 수평연결재를 체결하고 파이프서포트 3본에 대해 압축강도를 시험하였으며, 그 결과 항복강도 평균값은 87,526 N로서 안전인증기준인 40,000 N에 약 두배에 이르는 항복강도 값을 얻을 수 있었다. 이는 파이프서포트에 간단한 수평연결재 설치만으로도 충분한 강도를 가지는 것으로 볼 수 있으며, 수평연결재가 파이프서포트의 안전성에 매우 중요한 요소임이 입증 되었다고 할 수 있다.

4) 파이프서포트의 항복강도에 영향을 주는 요인을 확인하기 위하여 지지핀을 가장 낮은 1번 구멍(Hole1, h=3,990 mm)부터 가장 높은 12번 구멍(Hole12, h=2,670 mm)까지 길이 별 압축강도 시험 시 파이프서포트에 발생하는 현상을 확인하였다.

압축강도 시험 중 파이프서포트에 발생하는 현상을

관찰 한 결과, 지지핀 1번 구멍(Hole1, h=3,990 mm)부터 4번 구멍(Hole4, h=3,630 mm)까지는 파이프 서포트의 항복강도에 영향을 주는 최초 요인이 내관이 좌굴되다가 지지핀이 꺾이는 시점에서 항복강도에 이르는 등 2가지 현상이 확인되었다.

따라서 지지핀의 강도를 강화하면 파이프 서포트의 압축강도를 높일 수 있을 것으로 사료된다.

또한 지지핀 5번 구멍(Hole5, h=3,510 mm)에서는 내관의 좌굴, 지지핀 꺾임, 암나사 미끄러짐 또는 벌어짐 등 3가지 현상이 나타났으며 내관이 좌굴되다가 지지핀이 꺾이고 암나사의 밀림현상이 있을 때 항복에 이르렀다.

또한 지지핀 6번 구멍(Hole6, h=3,390 mm)부터 지지핀 12번 구멍(Hole12, h=2,670 mm)까지는 내관의 좌굴, 지지핀 꺾임, 암나사 미끄러짐 또는 벌어짐, 암나사 파손 등 4가지 현상이 발생하였으며 하중재하에 따라 내관이 좌굴되고 지지핀이 꺾인 이후 암나사가 세로로 찢어지면서 항복강도에 다다른 바, 암나사의 강도를 강화하면 파이프서포트의 압축강도를 더욱 높일 수 있는 것으로 분석되었다.

본 시험결과 파이프서포트의 압축강도 시험 중 나타난 내관의 좌굴, 지지핀 꺾임, 암나사 미끄러짐 또는 벌어짐, 암나사 파손 등 4가지 현상이 파이프서포트의 항복강도에 영향을 주는 요인으로 판단된다.

특히 아래로부터 지지핀 1번 구멍(Hole1, h=3,990 mm)에서 4번 구멍(Hole4, h=3,630 mm)까지는 지지핀이 꺾일 때 항복강도에 이르는 바, 지지핀의 강도가 항복강도에 가장 큰 영향을 주고 있고, 6번 구멍(Hole6, h=3,390 mm)부터 12번 구멍(Hole12, h=2,670 mm)까지는 4가지 현상이 모두 나타나면서 평균 항복강도가 11번 구멍(Hole11, h=2,790 mm)의 77,440 N을 제외하고는 모두 80,000 N을 상회하는 결과가 나타난 점에 주목하여 6번 구멍(Hole6, h=3,390 mm) 이후부터는 파이프서포트의 길이가 짧아짐에 따라 내관의 좌굴, 지지핀 꺾임, 암나사 미끄러짐 또는 벌어짐과 같은 3가지 영향 보다는 암나사 파손이 항복강도에 더 큰 영향으로 작용하였음을 알 수 있었다.

5) 본 연구의 한계는 연구에서 사용된 파이프서포트의 시험체수가 기준을 재정립하기에는 상대적으로 적으므로, 향후 품질관리 시험기준을 변경하는 경우, 어느 정도가 적정한지에 대해서는 제품 생산 후 재사용에 따른 강도저하 등을 고려하여 결정되어야 할 것이며 이는 향후 연구가 더 진행되어야 할 것으로 사료된다.

References

- 1) M. K. Choi, Re-use of Construction Site Autonomous Quality Management System, <http://www.ikld.kr/news/articleView.html?idxno=76264>, 2017
- 2) Ministry of Employment and Labor, Safety Device Safety Certification Notice, pp.21-29, 2016.
- 3) Korean Temporary Equipment Association, Regulation of Self-regulatory System of Reusable Construction equipment, pp.1-6, 2013.
- 4) Korea Occupational Safety & Health Agency, Occupational Safety & Health Act, pp.195-215, pp.937, 2017.
- 5) Ministry of Employment and Labor, Notification of Abolition of Operation of Autonomous registration system, 2016.
- 6) Ministry of Trade, Industry and Energy, Industrial Standardization Act, pp.1-16, 2017.
- 7) Industry Standard Council, Steel Pipe Support (KS F 8001), pp.1-10, 2016.
- 8) Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Construction Technology Promotion Act, pp.55-61, 2017.
- 9) Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Guidelines for Quality Control in Construction Projects (Notice), pp.1-12, 2017.
- 10) Korea Occupational Safety & Health Agency, Guideline on Performance Standards for Reusable Installation Equipment, pp.1-5, 2016.
- 11) S. W. Paik and I. Y. Song, "A Study on the Buckling Characteristics of Pipe Support(V6)", J. Korean Soc. Saf., Vol.26, No.3, pp.59-62, 2011.
- 12) J. S. Lee, Y. S. Lee and T. K. Oh, "Effect of Boundary Condition on Buckling Characteristics of Pipe Supports", J. Korean Soc. Saf., Vol.30, No.2, pp.41-47, 2015.