

파이프 서포트의 좌굴특성에 대한 지지조건의 영향

이진섭 · 이연수 · 오탁근*

인천대학교 안전공학과

(2015. 2. 6. 접수 / 2015. 3. 3. 수정 / 2015. 3. 16. 채택)

Effect of Boundary Condition on Buckling Characteristics of Pipe Supports

Jin Seop Lee · Yeon Su Lee · Tae Keun Oh*

Department of Safety Engineering, Incheon National University

(Received February 6, 2015 / Revised March 3, 2015 / Accepted March 16, 2015)

Abstract : Recently, a lot more disasters in the temporary structures happen because the stabilities of the temporary structures are disregarded by the reduction of the unit cost, using defective materials, the existing materials and so on. Pipe supports, which are one of the temporary structures, are basically used for the most constructing works such as buildings, bridges, plants and so on. In the most sites, adequate support installations of the pipe supports have not been performed although the presence of the guideline legally and institutionally. In this study, therefore, the collapse accidents of the pipe supports were investigated on the basis of theoretical analysis as well as the buckling tests by simulating the site support condition. Both the theoretical analysis and test results show that the buckling load in the fixed ends is at least 4 times larger than one in the pinned ends. This results will be utilized for safety assurance as well as accident prevention in the field application.

Key Words : pipe support, collapse accident, buckling, boundary condition, temporary structure

1. 서론

우리나라에서 2013년 한 해 동안 발생한 산업재해는 재해자 91,824명, 사망자 1,929명 이었으며 이로 인하여 발생한 직접손실액은 3,795,434만원이고 직·간접 손실을 포함한 경제적 손실액의 추정액은 18,977,170백만원으로 나타났다. 전 산업에 종사하는 근로자 중 건설업 근로자수는 2,566,832명이고 재해자수는 23,600명, 사망자수는 567명으로 전 산업 재해자 및 사망자 대비 25.7%, 29.4%를 각각 점유하고 있다¹⁾.

최근, 2003년부터 11년 동안 고용노동부와 한국산업 안전보건공단에서 조사한 거푸집동바리 공사의 붕괴 재해는 총 30건으로 사망자 47명, 부상자 91명으로 다른 건설현장의 재해발생 형태에 비하여 사고 발생률은 다소 낮게 나타나고 있으나 재해강도가 커서 1건의 사고에 평균 4.6명의 재해자가 발생되었다. 또한, 이와 같은 사고는 일단 발생하게 되면 인적 손실과 더불어 물질적 피해와 그에 따른 복구의 어려움으로 공기 지연 등

경제적 손실이 매우 큰 것이 특징으로 나타났다.

거푸집동바리 붕괴재해는 공사현장에서 거푸집동바리가 가설공사라는 안이한 생각으로 경험에 의존하여 작업할 뿐만 아니라 품질과 안전에 대한 인식부족, 시공 방법에 대한 이해부족, 거푸집의 설치방법에 따른 구조적인 해석능력의 부족 등에 기인하고 있다²⁾, 미국의 경우도 Hadripriono와 Wang의 보고 자료에 의하면 1961년부터 1982년까지 22년 동안 미국에서 일어났던 85개의 거푸집 붕괴의 원인을 조사 하였는데 72% 이상이 콘크리트 타설 중에 발생하였다고 한다³⁾.

특히, 거푸집동바리 붕괴사고의 원인 중 양단부의 지지조건이 문제가 되고 있는 바⁴⁾ 본 연구에서는 국내 건설현장에서 가장 흔히 사용하고 있는 4 m 파이프 서포트를 대상으로 상·하부지지 조건 변화에 따른 허용응력의 변화를 분석하였다. 또한, 경계조건에 따른 좌굴하중 값을 조사·제시함으로써 설계와 사용상의 안전성을 도모하고 궁극적으로 동종사고 예방에 도움이 되고자 한다.

* Corresponding Author : Tae Keun Oh, Tel : +82-32-835-8294, E-mail : tkoh@incheon.ac.kr

Department of Safety and Environment Systems Engineering, Incheon National University, 119 Academy-ro, Yeonsu-gu, Incheon 406-772, Korea

2. 거푸집 동바리의 안전기준 및 이론적 배경

2.1 거푸집 동바리의 중요성

거푸집 및 거푸집동바리는 콘크리트의 일정한 형상과 치수를 확보할 때까지 발생 가능한 모든 종류의 하중, 측압, 충격 등에 대해 안정성을 확보하고 경화(硬化)에 필요한 수분의 누출을 방지, 움직임, 배부름, 도괴 등의 변형이 생기지 않도록 설치되어야 한다. 또한 외기의 영향을 차단하여 콘크리트의 적절한 양생을 유지시키는 기능을 충분히 수행하여야 함은 물론 작업의 경제성이 고려되어야 하므로 품질관리, 안전관리, 공기단축, 공사비 등 다양한 측면에서 매우 중요한 가설 구조물이다⁵⁾.

거푸집동바리는 거푸집 및 장선·명에 등을 소정의 위치에 유지시키고 수평재가 받는 하중을 하부구조에 전달하는 수직 부재로서 거푸집동바리의 설치는 층고 및 슬래브의 두께 등 조건과 상황에 따라 방법을 달리 하여 다양하게 설치되고 있다⁶⁾.

거푸집동바리의 사용 재료에는 여러 종류가 있으나 공사중에 붕괴재해가 많고 주로 국내 건설현장에서 많이 사용되고 있는 동바리 지주재는 파이프 서포트(Pipe Support)와 강관틀(B/T) 지주이다.

2.2 거푸집 동바리의 안전기준

거푸집동바리 및 거푸집에 관련한 안전규정은 산업안전보건법, 시행령, 시행규칙, 산업안전보건기준에 관한 규칙과 노동부고시의 콘크리트공사 표준안전작업지침 등에서 규정하고 있다. 산업안전보건법 제 23조의 안전상의 조치 및 동법 시행령, 시행규칙은 안전에 관한 포괄적 규정이며, 실제 거푸집 및 동바리 공사의 안전 규정으로 적용되고 있는 것은 산업안전보건기준에 관한 규칙 제2편 안전기준의 제4장 건설작업 등에 의한 위험예방에서 제1절 거푸집동바리 및 거푸집과 산업안전 보건 법 제27조 기술상의 지침으로 규정하고 있는 고용노동부 고시인 콘크리트공사 표준안전지침(고시 제 2012-93호) 그리고 KOSHA GUIDE에서 구체적으로 규정하고 있다.

거푸집동바리에 가장 많이 쓰이는 파이프 서포트의 재료기준은 다호장치 의무안전인증기준 또는 KS F 8001에 적합하여야 하며 요약하면 Table 1과 같다⁷⁾.

Table 1. Safety accreditation standard of pipe support

Division	length(mm)	strength (kN)
Accreditation standard	< 6,000	> 40

2.3.오일러(Euler) 좌굴 하중

거푸집 동바리는 축력을 받는 부재이고 오일러의 기둥 좌굴에 관한 지배방정식을 따른다. 중심 축하중 P를 받는 기둥에서의 최소 하중에 의해 좌굴 현상이 발생할 때, 이 때의 좌굴 하중을 탄성 좌굴 하중 P_{cr} 또는 오일러 좌굴 하중 P_E 라고 한다⁸⁾.

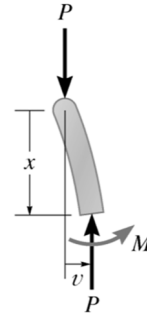


Fig. 1. Buckling of euler column.

오일러 기둥의 지배방정식은 Fig. 1에서 보는바와 같이 기둥 내부 모멘트(M)과 처짐 형상(v)의 관계식으로부터

$$\frac{d^2v}{dx^2} + \left(\frac{P}{EI}\right)v = 0 \tag{1}$$

여기서, E는 탄성계수, I는 단면 2차 모멘트, v는 축방향으로의 변위이다. 2차 미분 방정식 식 (1)의 해를 구하면 식 (2)과 같다.

$$P = \frac{n^2 \pi^2 EI}{L^2} \quad n = 1, 2, 3, \dots \tag{2}$$

여기서 n은 오일러 기둥의 좌굴 형상을 결정하는 상수이다. n=1에서의 좌굴 하중은 식 (3)과 같다.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \tag{3}$$

여기서 P_{cr} 을 오일러 좌굴 하중 또는 탄성 좌굴 하중이라 한다. 식 (3)은 기둥의 안정 상태에서 불안정 상태로 바뀌게 되는 최초의 하중을 의미하며, 이에 대응하는 기둥의 좌굴 형상은 다음과 같게 된다.

$$v = \alpha \sin \frac{\pi x}{L} \tag{4}$$

오일러 좌굴 하중은 기둥 양단의 지지 조건에 따라

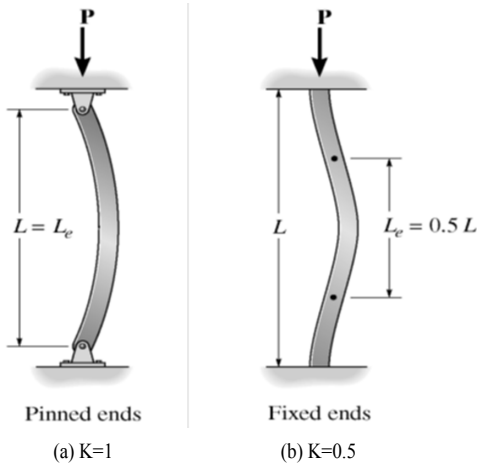


Fig. 2. Buckling deformation according to the boundary condition.

유효 좌굴 길이가 변화함으로써 달라진다. 이러한 유효 좌굴 길이는 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 좌굴 형상의 변곡점 간의 거리로 정의할 수 있다.

즉 양단 힌지기둥의 좌굴 형상은 Fig. 2와 같이 sine 형태가 되며, 이때의 좌굴 하중은 식 (3)과 같이 주어진다.

그러나 양단의 지지 조건에 따라 기둥의 좌굴 형상은 달라지며, 이때의 좌굴 하중은 유효 좌굴 길이를 고려하여 식 (5)으로부터 구한다⁸⁾.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} \quad (5)$$

여기서, K는 유효 좌굴 길이 계수로 Fig. 2에서 나타낸 값과 같다.

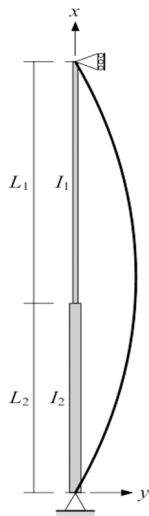


Fig. 3. Buckling deformation of pipe support with two different diameters.

또한 내관과 외관을 갖는 파이프 서포트의 좌굴 하중은 Fig. 3과 같이 양단이 단순 지지된 파이프 서포트의 내관과 외관의 단면 2차 모멘트를 각각 I_1 , I_2 , 길이를 각각 L_1 , L_2 , 전체 길이를 L 이라 하면 좌굴에 의해 변형된 형상은 식 (4)와 같은 sine 함수이고 모멘트는 $M=P_{cr}y$ 이므로, 변형에 의하여 내부에 축적된 에너지 ΔU 는 식 (6)과 같다^{9,10)}.

$$\begin{aligned} \Delta U &= \int_0^{L_1} \frac{M^2}{2EI_1} dx + \int_0^{L_2} \frac{M^2}{2EI_2} dx \\ &= \frac{P_{cr}^2 \alpha^2}{4EI_2} \left[L_2 + \frac{I_2}{I_1} L_1 - \frac{L}{2\pi} \left(\sin \frac{2\pi L_2}{L} + \frac{I_2}{I_1} \sin \frac{2\pi L_1}{L} \right) \right] \quad (6) \end{aligned}$$

또한 외력에 의한 외부 일은 식 (7)과 같다.

$$\Delta T = \frac{P_{cr}}{2} \int_0^L \left(\frac{dv}{dx} \right)^2 dx = \frac{P_{cr} \pi^2 \alpha^2}{4L} \quad (7)$$

따라서 외력과 내력 에너지의 크기가 같다고 ($\Delta U = \Delta T$) 하면 좌굴 하중의 값 P_{cr} 은 식 (8)과 같다.

$$P_{cr} = \frac{P_c}{A^*} \quad (8)$$

여기서, $P_c = \frac{\pi^2 EI_2}{(KL)^2}$ 이고

$$A^* = \frac{L_2}{L} + \frac{I_2}{I_1} \frac{L_1}{L} - \frac{1}{2\pi} \left(\sin \frac{2\pi L_2}{L} + \frac{I_2}{I_1} \sin \frac{2\pi L_1}{L} \right) \text{이다.}$$

3. 동바리 좌굴실험 및 분석

기존 연구자들의 동바리 붕괴사고를 재해 분석 및 통계 분석 등의 결과 등을 토대로 동바리 설치시 붕괴 재해를 유발할 가능성이 높은 요인은 동바리의 설치시 양단 경계 조건, 수평연결재의 설치 여부 및 수직도 준수 여부가 대표적으로 나타났다^{1,9)}.


본 연구에서는 사고유발요인 중 파이프 서포트의 상·하부 경계조건에 대한 유한요소해석 및 하중재하실험을 통해 좌굴하중 값의 변화를 이론적 및 실험적으로 검증 하였다.

본 연구에서 도출된 결과는 안전관리자 등 관계자에게 향후 건설현장에서 거푸집동바리 설치시 안전성이 확보된 올바른 설치방법으로 활용되는데 필요한 자료가 될 것으로 판단된다.

3.1. 오일러 기둥 좌굴하중의 이론적 산출

우선, 다양한 경계조건에 따른 오일러 좌굴하중 값의 측정을 위해 이용한 시험편의 제원은 Table 2와 같다. 이 제원은 실험에서 사용한 시험편의 제원과 동일하다.

Table 2. The information of test specimens

Dimension	Picture
inner: $\phi 48.6\text{mm}$, $t 2.3\text{mm}$ outer: $\phi 60.5\text{mm}$, $t 2.3\text{mm}$ $E = 210\text{GPa}$ $L = 4\text{m}$ $L1 = 2.3\text{m}$, $I1 = 9.0\text{cm}^4$ $L2 = 1.7\text{m}$, $I2 = 17.\text{cm}^4$	

현장에서 일반적으로 사용되는 길이 4 m의 내관과 외관을 갖는 파이프 서포트를 모델로 하여 파이프 서포트의 양단 경계 조건 별 좌굴 하중을 계산하였다. 식 (5)에 제원을 대입하여 경계 조건 별로 좌굴 하중을 계산하여 그래프로 비교하면 Fig. 4와 같다.

3.2. 유한요소 해석에 의한 좌굴하중의 검토

유한요소해석을 통해 좌굴하중을 산출하기 위해 구조해석 범용프로그램인 MIDAS Civil 2012 Plus의 Buckling Analysis 기능을 이용하여 해석을 수행하였다.

앞서 오일러 식을 이용하여 이론적으로 구한 오일러 값과 비교를 위해 양단 경계조건 변화를 주어 유한요소 해석을 수행하였다. 해석에 적용된 파이프 서포트의 모델 제원은 Table 2와 같다. 유한요소해석 결과는 오일러 식으로 구한 좌굴 하중 및 실제 실험으로 측정한 좌굴 하중 값과 비교 분석하였다.

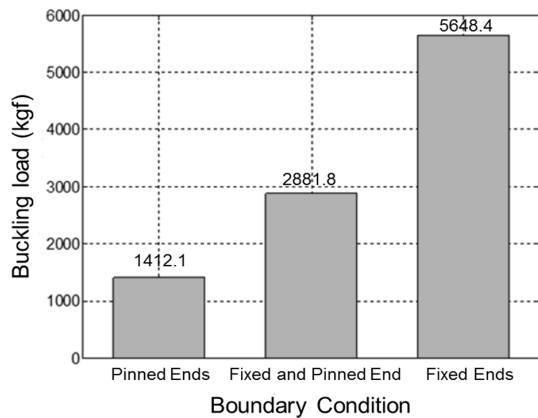
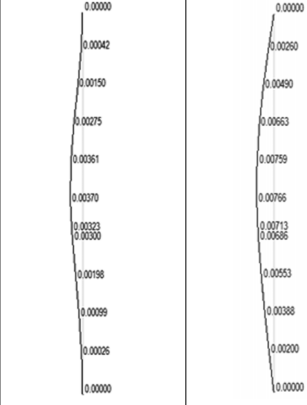


Fig. 4. The comparison of theoretical buckling load according to the boundary condition.

Table 3. The buckling load by finite element analysis

Boundary Condition	Fixed Ends	Pinned ends
Theoretical Value	5648.4 kgf	1412.1 kgf
Finite Element Analysis	5834 kgf	1411 kgf



양단 경계 조건을 고려한 좌굴 하중 해석 결과를 오일러 값으로 구한 좌굴 하중과 비교하여 Table 3에 나타내었다. 먼저, 양단 고정 조건을 살펴보면, 오일러 값의 경우 5648.4 kgf, 유한요소 해석 값의 경우 5834 kgf으로 유한요소 해석 값이 약 3.2% 크게 나왔다. 반면, 양단 힌지 조건에서는 오일러 값이 1412.1 kgf, 유한요소 해석 값이 1411 kgf으로 오일러 값이 0.08% 크게 산출되었다. 오일러 값과 유한요소 해석 값의 비교 결과 양단 힌지 조건에서 오차가 작은 것으로 보아 유한요소 해석 결과에서 양단 힌지 조건을 좀 더 정확히 산출한 것을 알 수 있다.

3.3 거푸집 등바리 좌굴 실험 및 분석

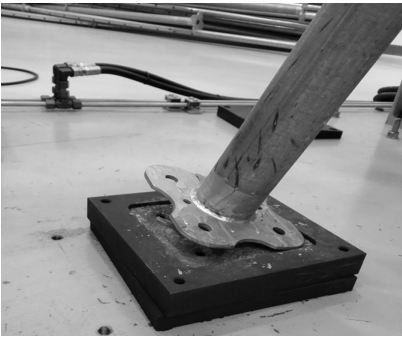
경계 조건에 따른 좌굴 하중의 오일러 값 및 유한요소 해석 값과 실험으로부터 측정한 좌굴 하중을 양단 경계 조건의 변화에 따라 비교하였다.

우선, 상·하단 경계 조건 중 양단 힌지를 모사하기 위해서 Fig. 5(a)와 같이 건설현장의 실태를 반영하여 파이프 서포트의 상·하단에 목재를 못으로 연결하고 파이프 서포트에 끼워 고정하였다.

또한 양단 고정 조건을 연출하는데는 실험 시간이 과다하게 소요되는 등 여러가지 문제점이 도출되어 최대한 고정 조건에 근접하게 모사하기 위하여 Fig. 5(b)와 같이 파이프 서포트가 고정된 시험기 상·하단부 프레임에 일정 크기의 홈을 파고 서포트의 상부 받이판, 하부 바닥판에 끼워 삽입하는 방법을 이용했다. 즉, 두 가지 경계조건, 양단 힌지와 고정 조건을 이용하여 Fig. 6과 같이 파이프 서포트를 하중재하장치에 설치하여 좌굴 하중값을 측정하였다.



(a) Pinned end



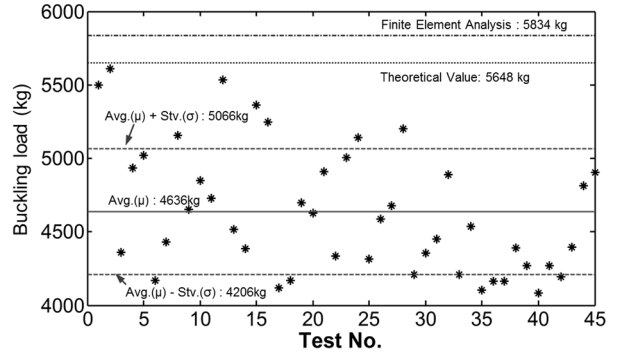
(b) Fixed end

Fig. 5. The actual boundary condition of pipe support

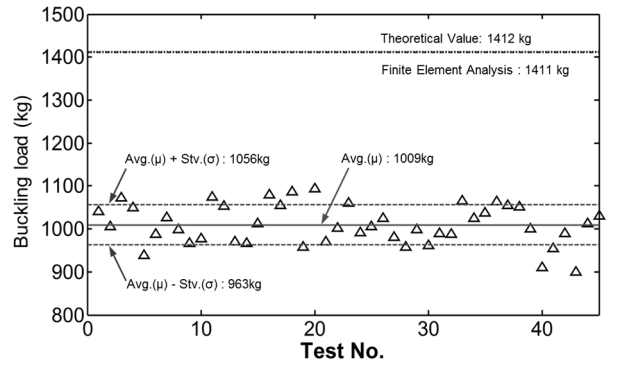


Fig. 6. The buckling test of pipe support.

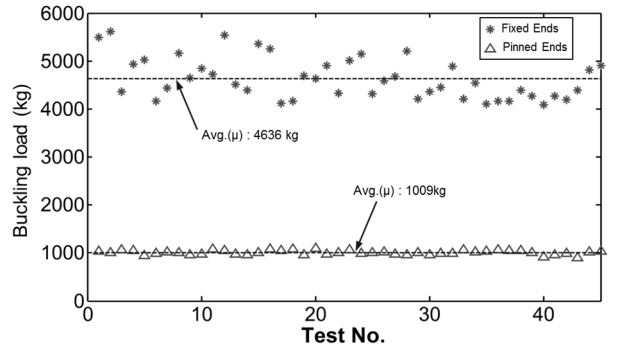
실험으로부터 예측한 결과 값을 Fig. 7에 나타내었다. 양단 고정 조건 및 양단 힌지 조건 각각의 조건에서 45 회씩 실험을 수행하여 좌굴 하중 값을 예측하였다. 양 단 경계 조건 실험의 경우 예측 횟수가 45회로 예측 데



(a) Fixed ends



(b) Pinned Ends



(c) Comparison between fixed and pinned ends

Fig. 7. The test results according to the boundary condition.

이터는 정규분포를 따른다고 가정할 수 있다. 양단 고정 조건에서 실험 결과 값의 평균(μ)은 4,636.4 kgf이었으며, 양단 힌지 조건에서는 평균 값이 1,009.7 kgf으로 계산되었다. 양단 고정 조건에서 표준편차는 429.7 kgf, 양단 힌지 조건에서 표준편차(σ)는 46.5 kgf으로 계산되었다. 양단 고정 조건에 비해 양단 힌지 조건의 표준편차가 10.8% 수준으로 대부분의 실험 값이 평균 값 부근에서 예측되었다. 반면, 양단 고정 조건에서는 상대적으로 표준편차가 크게 도출되었는데, 이는 실험 조건에서 대형압축굴곡 실험 장비의 상·하부 프레임에 홈을 파

Table 4. The analysis on the data distribution according to the upper and lower boundary condition.

Boundary Condition	The measured number of data		
	$\mu-\sigma\sim\mu-\sigma$	$\mu-2\sigma\sim\mu+2\sigma$	$\mu-3\sigma\sim\mu+3\sigma$
Fixed ends	29(64.66%)	42(93.33%)	45(100%)
Pinned ends	30(66.67%)	43(95.56%)	45(100%)

고 파이프 서포트의 받이판과 바닥판을 삽입 고정된 것이 다소 유격이 있어 실험 때마다 완벽한 고정이 안된 것과 하중재하의 편차 등에 의해 상대적으로 변수가 발생한 것으로 사료 된다.

실험 결과 값의 분포 양상을 분석하기 위해 Table 4와 같이 표준편차를 이용하여 실험 데이터를 추가 분석하였다. 양단 고정 조건에서 $\mu-\sigma\sim\mu+\sigma$ 에 해당하는 실험 데이터 값은 29개로 전체 45개 데이터 중 64.66%를 차지한다. $\mu-2\sigma\sim\mu+2\sigma$ 에서는 42개의 데이터가 이 범위에 속하며(93.33%), $\mu-3\sigma\sim\mu+3\sigma$ 에서는 45개의 데이터가 이 범위에 속해 100%의 데이터가 $\mu-3\sigma\sim\mu+3\sigma$ 범위 내에 있음을 알 수 있다. 양단 힌지 조건의 경우, $\mu-\sigma\sim\mu+\sigma$ 범위에서는 30개 데이터(66.67%), $\mu-2\sigma\sim\mu+2\sigma$ 범위에서는 43개 데이터(95.56%), $\mu-3\sigma\sim\mu+3\sigma$ 범위에서는 45개 데이터(100%)로 분포한다. 일반적으로 정규분포의 경우, $\mu-\sigma\sim\mu+\sigma$, $\mu-2\sigma\sim\mu+2\sigma$, $\mu-3\sigma\sim\mu+3\sigma$ 범위에서 각각 68.27%, 95.45%, 99.73%의 데이터 값이 분포하는데, 양단 고정 조건과 양단 힌지 조건에서 모든 실험 데이터 값이 $\mu-3\sigma\sim\mu+3\sigma$ 범위 안에 있어 실험의 신뢰도가 검증되었음을 알 수 있다.

다음으로 Table 5에서 실험 값을 오일러 값 및 유한요소 해석 값과 비교하였다. 양단 고정 조건에서는 실험 값이 유한요소 해석 값에 비해 약 20.5%, 오일러 값에 비해 약 17.9% 작게 측정되었다. 이는 내관과 외관의 연결부가 핀으로 연결되어 완전한 체결이 어렵고, 양단 경계 조건이 완벽하게 고정되지 않은 것이 원인으로 사료된다.

Table 5. The comparison between buckling loads by test, theoretical analysis and finite element analysis

(unit : kgf)

Div.	①Test	②TA	③FEA	Difference	
				①-②	①-③
Fixed Ends	μ : 4636	5648	5834	-1012	-1197
	σ : 429				
Pinned Ends	μ :: 1009	1412	1411	-402	-401
	σ : 46				

※ TV: Theoretical analysis, FEA: Finite element analysis

양단 힌지 조건의 경우, 실험 값이 유한요소 해석 값에 비해 약 28.4%, 오일러 값에 비해 약 28.5% 작게 측정되었다. 이 경우에서도 마찬가지로 내관과 외관의 연결 조건이 변수로 작용한 것으로 사료된다.

4. 결론

이번 연구에서는 동바리 주요 사고 원인을 조사·분석하고 가장 문제가 되는 동바리 설치 현장에서의 발생 가능한 경계조건에 따른 파이프 서포트의 좌굴 하중 변화를 분석하기 위해 압축 실험 및 이론적 해석을 병행하였다.

양단 경계 조건의 변화에 따른 실험 결과를 살펴보면, 양단 고정 조건에서는 측정된 실험 데이터의 평균 값이 유한요소 해석 값 및 오일러 값에 비해 각각 약 20.5% 및 17.9% 작게 도출되었으며, 양단 힌지 조건에서는 약 28% 정도의 오차로 측정되었다. 이는 실험 구성시 양단 경계조건이 오일러 해석과 같이 이상적으로 동바리가 설치되지 않은 것이 원인으로 사료된다. 또한 양단 고정 조건이 양단 힌지 조건에 비해 4.6배 크게 도출되어 동바리의 양단 경계 조건을 완전 고정으로 하면 좌굴 하중에 상당히 유리함을 알 수 있었다.

현장에서는 양단 고정 조건으로 파이프 서포트를 설치하는 것을 원칙으로 하고 있으나 사고 사례 분석에서 알 수 있듯이 대부분의 현장에서 파이프 서포트 설치시 양단을 고정하고 설치하지 않는 실정이다. 본 연구 결과에서 보듯이 양단 고정 조건의 측정 좌굴 하중이 양단 힌지 조건에서의 좌굴 하중에 비해 약 4.6배 크게 나왔다. 따라서 현장에서는 산업안전보건기술기준에 관한 규칙에 의거하여 거푸집동바리의 양단 경계 조건을 완전히 고정시키는 것이 서포트의 내력을 훨씬 크게 증가시킬 수 있을 뿐 아니라 서포트의 전도 위험성을 배제할 수 있는 것을 알 수 있었다. 또한 현장에서 사용하는 파이프 서포트는 내관과 외관의 연결부가 핀 연결로 불완전하게 체결되어 좌굴 하중을 더 감소시킬 수 있는 요인이 있으므로 거푸집동바리 구조계산시 이와같은 점을 고려하도록 하고, 그에 따른 조립도를 작성, 시공하는 것이 바람직하다.

감사의 글 : 이 논문은 소방방재청의 기업재난관리 전문인력 양성사업으로 지원되었습니다.

References

1) Ministry of Employment and Labor, Current Status of the

- Industrial Accident, 2014.
- 2) H.S. Kim and Y. K. Yeo, "The Evaluation of the Safety of Formwork System Considering the Continuous Collapse", Industrial Scientific Research, Vol. 18, No. 1, pp. 197-204, 2000.
 - 3) F. C. Hadipriono and H. K. Wang, "Analysis of Cause of Falsework Failures in Concrete Structures", Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 112, No. 1, pp.112-121, 1986.
 - 4) Y. O. Lee and S. J. Choi, "A Proposed method of the Strength Calculation of Pipe Support", Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 16, No. 1, pp. 59-64, 2001.
 - 5) H. S. Kim, "The Study on the Collapse Cause Analysis of the Shore System because of the Design and Construction Deficiencies", Industrial Scientific Research, Vol. 21, No. 2, pp. 213-220, 2004.
 - 6) KOSHA, "The Structural Stability of the Shore", Regulation Guideline, 2003.
 - 7) Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "The Standard Specification of Temporary Structure (Design)", 2014.
 - 8) A. P. Boresi and R. J. Schmidt, "Advanced mechanics of Materials", John Wiley & Sons, Inc., New York, 1993.
 - 9) S. W. Baek and I. Y. Song, "A Study on the Buckling Characteristics of Pipe Support(V6)", Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 26, No. 3, pp. 59-62, 2011.
 - 10) KOSHA, "The Study on the Resisting Force of Pipe Support", Research Report, 1999.