

타공각관 하지재의 압축성능에 관한 실험

최환령¹ · 오상훈^{2*} · 김영주³

¹석사과정, 부산대학교, 건축공학과, ²교수, 부산대학교, 건축공학과, ³대표, ㈜한국건축구조연구원

Test of Compressive Performance of Perforated Square Pipe Support

Choi, Hwan Ryoung¹, Oh, Sang Hoon^{2*}, Kim, Young Ju³

¹Graduate student, Dept. of Architecture Engineering, Pusan University, Busan, 46241, Korea

²Professor, Dept. of Architecture Engineering, Pusan University, Busan, 46241, Korea

³CEO, Korea Institute of Structural Engineering & Consulting, Busan, 46241, Korea

Abstract - In this study, a new type of perforated pipe support system (Inner Z-lock system) was proposed that can solve the problems of existing general support system and improve constructability and structural safety. Experimental research was conducted to investigate the compressive performance of perforated pipes. The variables of the experiment were the length of the perforated pipe, cross-sectional shape, number of holes, and direction of loading, and compressive tests were carried out based on pin-support conditions at both ends of specimens. As a result of the experiment, the buckling strength of the perforated pipe was approximately 80% of that of the existing general square pipe, and despite the presence of perforations, the result exceeded the buckling strength curve suggested by the code.

Keywords - Perforated square pipe, Support system, Slenderness ratio, Compressive performance, Buckling strength

1. 서론

건식으로 금속패널이나 석재패널 또는 프리캐스트 콘크리트재의 외장재를 외주벽에 설치하는 경우, 이들을 지지하기 위해 철근콘크리트조의 외주벽이나 철골조의 외부에 바탕틀을 설치하게 된다. 바탕틀은 각형강관 또는 형강을 격자형태로 구성한 것으로 하지철물 또는 하지재등 다양하게 지칭되고 있다. 이러한 하지재 시스템은 각형강관으로 제작된 수직부재와 수평부재의 접합으로 격자형태로 구성되는 것이 일반적이다. 그리고, 현재 실무에서는 하지재의 접합부가 주로 점용접 방식으로 이루어짐에 따라 용접에 의한 화재 리스크 및 시공성에 문제점이 제기되고 있으며, 이러한 용접 접합 방식은 지진하중 발생 시 내진성능이 매우 취약하다는

것을 알 수 있다. 이에 최근에는 수직부재와 수평부재를 용접접합이 아닌 볼트와 파스너를 이용하여 접합하는 다양한 하지재 시스템^{[1]-[7]}이 개발되었고, 일부는 실무에 적용되고 있다.

그 중에서 각관에 타공이 있는 신형상의 타공각관 하지재 시스템(Inner Z-lock system)^[3]이 개발되었으며 (Fig. 1), 이 시스템은 타공이 일정간격으로 배치되어 있어서 어느 위치에서나 접합이 가능하고, U 타입의 클립(U-Clip)을 이용하면 볼트시공이 더욱 편리한 장점이 있으며 또한 우수한 내진성능의 확보가 가능하다. 이 시스템에 사용되는 각관은 시공이 편리하지만 타공으로 인해 단면결손이 초래되기 때문에, 축력이나 휨에 관한 구조성능이 취약할 가능성이 있으며 이에 대한 성능검증이 요구된다.

기존 용접방식의 하지재 시스템은 주로 폐단면 형태의 각관을 사용하지만 제안된 하지재 시스템에 사용되는 타공각관은 휨이나 축력을 받을 때 단면결손 부분에서 국부좌굴이 발생할 가능성이 매우 크다.

따라서 본 연구에서는 타공각관에 있어서 국부좌굴에 가장 큰 영향을 받는 압축재를 대상으로 축방향 실험을 실시하여 압축성능을 평가하고자 한다.

Note.-Discussion open until December 31, 2024. This manuscript for this paper was submitted for review and possible publication on April 29, 2024; revised on May 02, 2024; approved on May 02, 2024.

Copyright © 2024 by Korean Society of Steel Construction

*Corresponding author.

Tel. +82-51-510-1009

E-mail. osh@pusan.ac.kr

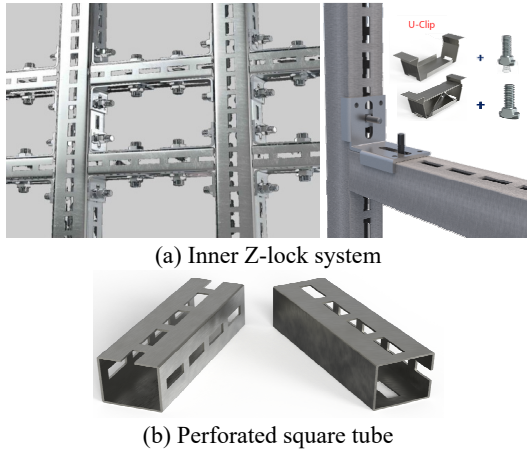


Fig. 1. Geometric scheme of Inner Z-lock system

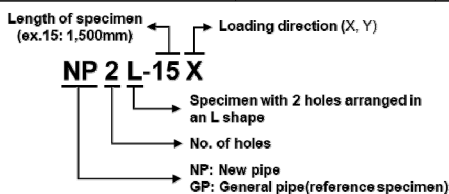
2. 실험 프로그램

2.1 실험체 개요

본 연구에서는 각관의 사이즈가 모두 동일한 단면(□-50(폭)×2(두께))에 대해서 총 22개의 타공각관 압축 실험체가 계획되었다. Table 1을 참조하면, 실험체는 기존 일반적인 폐단면의 각관 실험체 4개(기준 실험체; reference specimens), 3개의 타공(Holes)이 있는 각관 실험체 8개, 2개의 타공이 있는 각관 실험체 10개로 구성되어 있다. 실험체의 변수는 타공의 개수 및 위치, 세장비 및 하중방향이다.

Table 1. Specimen list

Specimen ID	Section	Slenderness ratio	Length [mm]	loading direction
GP-05	General Pipe (50x2)	25.8	500	-
GP-10		51.5	1,000	-
GP-15		77.3	1,500	-
GP-20		103.1	2,000	-
NP2-05X	New Pipe with 2 holes (50x2)	25.8	500	X
NP2-05Y		25.8	500	Y
NP2-10X		51.5	1,000	X
NP2-10Y		51.5	1,000	Y
NP2-15X		77.3	1,500	X
NP2-15Y		77.3	1,500	Y
NP2-20X		103.1	2,000	X
NP2-20Y		103.1	2,000	Y
NP2L-20-1	New Pipe with 2 holes (50x2)	103.1	2,000	-
NP2L-20-2		103.1	2,000	-
NP3-05X	New Pipe with 3 holes (50x2)	25.8	500	X
NP3-05Y		25.8	500	Y
NP3-10X		51.5	1,000	X
NP3-10Y		51.5	1,000	Y
NP3-15X		77.3	1,500	X
NP3-15Y		77.3	1,500	Y
NP3-20X		103.1	2,000	X
NP3-20Y		103.1	2,000	Y



실험체의 단면(□-50×2)은 기존 석재패널 적용 시 사용되는 하지재의 기본 사이즈이며, 실무에서 주로 활용하는 수직부재의 앵커설치 기준길이는 약 1,200 mm-1,800 mm이므로 이를 고려하여 실험체의 길이가 500 mm, 1,000 mm, 1,500 mm 및 2,000 mm로 계획되었다. 특히 타공이 2, 3개인 실험체는 가력방향(X, Y)에 따라서 다른 내력과 파괴모드를 발휘할 것으로 예상되며, 각 관 단면의 타공 위치 및 가력방향은 Table 1의 그림을 참조하기 바란다. GP 및 NP2L 계열실험체는 가력방향과 상관이 없기 때문에 표에 별도로 표기하지 않았다.

본 실험체에 사용된 각관이 재료는 용융 아연 마그네슘 알루미늄 합금 도금강관(SGMH295Y)으로서, 한국산업규격(KS D 3030)^[8]에 따르면 항복강도, 인장강도 및 연신율의 기준값이 각각 295 MPa 이상, 400 MPa 이상 및 18% 이상으로 규정되어 있으며, Table 2의 재료 시험결과를 참조하면 이러한 기준값을 모두 만족하는 것을 확인할 수 있다.

Table 2. Material properties

Specimen	Yield Stress [MPa]	Tensile Stress [MPa]	Yield Ratio [%]	Elongation at fracture [%]
No.1	298	453	66	34
No.2	308	447	69	33
No.3	308	448	69	34
Average	305	449	68	34

2.2 압축재의 좌굴하중

각관 실험체의 좌굴성능을 살펴보기 위해서 먼저 압축요소의 한계 폭두께비를 파악할 필요가 있으며, 강구조설계기준^{[9],[10]}을 참고하여 각관과 같이 판요소가 구속되어 있는 경우에는 폭두께비 제한값은 아래와 같다.

콤팩트 단면 제한값

$$\lambda_p = 1.12\sqrt{E/F_y} \tag{1}$$

비콤팩트 단면 제한값

$$\lambda_r = 1.40\sqrt{E/F_y} \tag{2}$$

여기서, E 는 강재의 탄성계수, F_y 는 강재의 항복강도를

나타낸다. 실험체에 사용된 각관은 □-50×2 단면이므로 폭두께비를 산정하면 위의 식에 의해서 콤팩트 단면에 포함되는 것을 알 수 있다.

휨좌굴은 콤팩트 및 비콤팩트 단면의 압축재에 적용되는데, 비탄성좌굴(식 (3))강도와 탄성좌굴강도(식 (4))는 각각 다음과 같이 산정된다.

$$\frac{KL}{r} \leq 4.71\sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ 또는 } F_e \geq 0.44F_y \text{ 인 경우,}$$

$$F_{cr} = \left[0.658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y \tag{3}$$

$$\frac{KL}{r} > 4.71\sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ 또는 } F_e < 0.44F_y \text{ 인 경우,}$$

$$F_{cr} = 0.877F_e \tag{4}$$

여기서, F_e 는 탄성휨좌굴강도 ($=\pi^2E/(KL/r)^2$), K 는 유효좌굴길이계수, L 은 부재의 길이, r 는 단면이차반경을 나타낸다.

Fig. 2는 세장비에 따른 좌굴강도를 나타낸 그래프인데, 실선은 오일러 공식에 따른 탄성좌굴강도를 나타내며, 점선은 비탄성 및 탄성좌굴을 결정짓는 세장비 ($4.71\sqrt{(E/F_y)}$)에 따른 설계좌굴을 나타낸 것이다. 이 그래프는 실험체 제작에 사용된 강재의 공칭항복강도 (295 MPa)를 기준으로 하였으며 4종류의 실험체 길이에 따른 세장비(KL/r)를 각각 나타내었다. 모두 타공이 없는 각관에 대한 값이며, 이 부재들의 세장비는 모두 비탄성좌굴 범위 내에 있는 것을 알 수 있다.

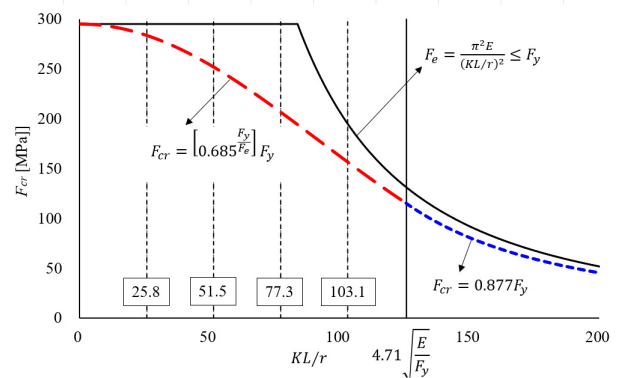


Fig. 2. Buckling stress according to slenderness ratio

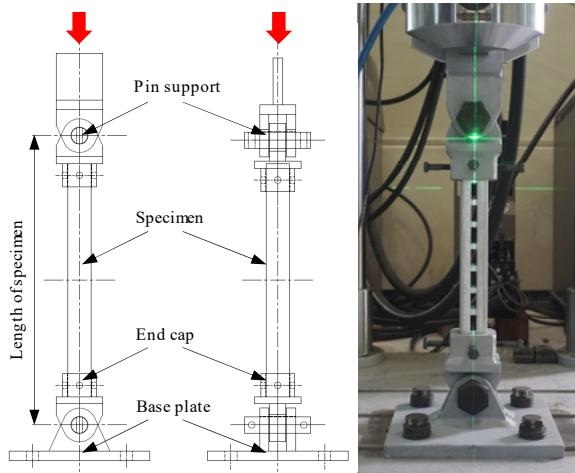


Fig. 3. Test setup

2.3 실험체 셋업 및 가력방법

Fig. 3는 실험체의 테스트 셋업을 나타낸 것인데, UTM(Universal Testing Machine) 가력장비를 활용하여 중심축 하중을 가하도록 계획되었다. 실험체의 상하부는 편형상의 지지를 통해 의도된 방향(Loading direction; X, Y)으로 휨좌굴 거동이 발생하도록 하였다. 실험체의 가력방향은 Table 1을 참조하기 바란다. 또한 실험체 각관의 상하단은 단부캡(End cap)으로 보강하여 셋팅에 의해 의도되지 않은 단부의 국부좌굴을 방지하도록 하였다. 가력은 압축력 하에서 3 mm/min의 속도로 진행하였으며, 실험체가 좌굴을 통해 최대하중 이후 하중이 저하하여 압축성능을 거의 상실할 때까지 진행하였다.

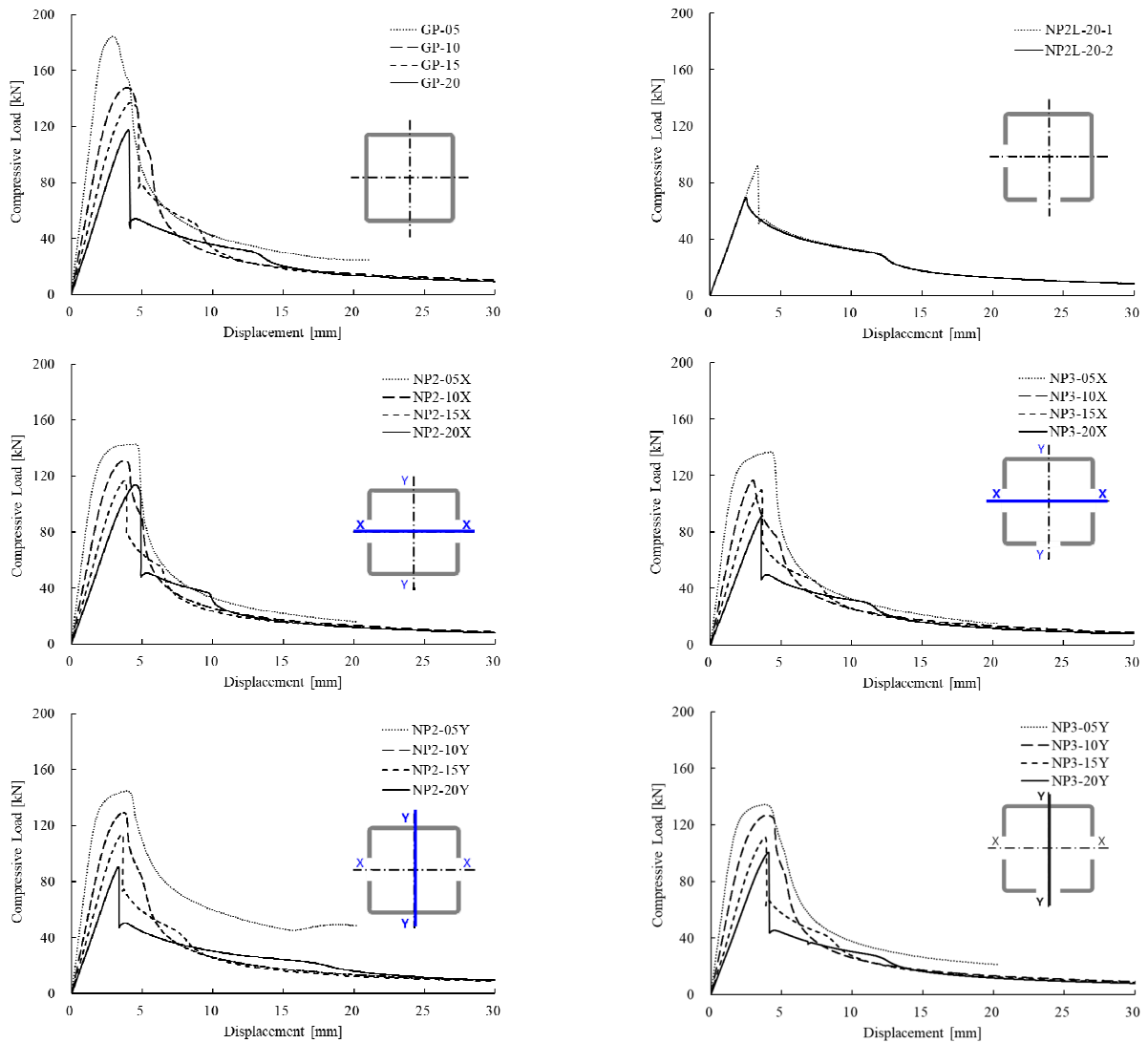


Fig. 4. Compressive load-displacement curve

3. 실험 결과

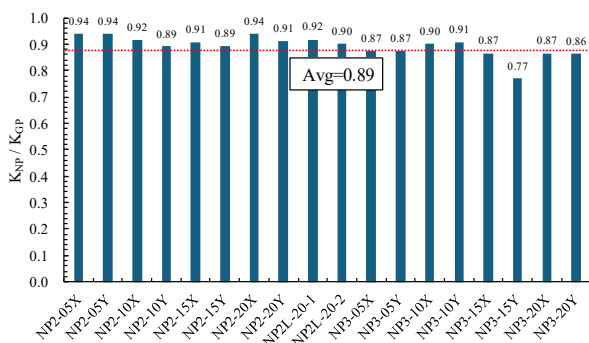
Fig. 4는 각관 실험체의 압축하중-변위 관계 곡선을 각각 단위(시리즈)별로 구분해서 나타낸 것이다. 모든 실험체는 초기에 탄성적으로 거동하다가 항복 하중을 경험하고 최대하중에 도달하면 좌굴에 의해 하중이 저하하였다. 그래프 형태를 관찰하면, 세장비가 작은 경우는 항복 이후 완만한 이차강성의 곡선을 일부 경험한 후 하중이 저하하는 데 반해, 세장비가 증가하면 할수록 항복 이후 하중이 저하하는 과정이 빨라지는 것을 알 수 있다. 이것은 세장비가 증가할수록 좌굴내력이

비탄성 좌굴에서 탄성좌굴 모드 특성으로 다가가기 때문이며(실제로는 모든 실험체의 세장비가 $4.71\sqrt{E/F_y}$ 이하이므로 비탄성좌굴 범위에 속함; 세장비=125.7), 실험체의 길이가 2,000 mm(세장비 = 103.1)인 경우에는 최대하중 도달 이후에 급격히 하중이 저하하는 특징을 보였다.

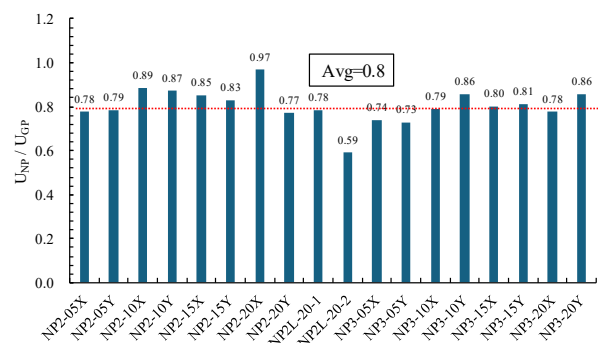
Fig. 5는 실험체의 최종 파괴모드를 나타낸 것이며, 국부좌굴, 횡좌굴, 횡비틀림좌굴 등의 파괴모드 특징을 보였다. 특히, NP2L 시리즈 실험체와 NP3 시리즈 실험체는 X, Y축이 비대칭 단면이므로 횡비틀림 좌굴의 영향이 더욱 크다고 할 수 있다.



Fig. 5. Failure modes of specimens



(a) Initial stiffness ratio of NP to GP



(b) Ultimate (Buckling) strength ratio of NP to GP

Fig. 6. Bar chart for initial stiffness and ultimate strength

4. 실험결과 분석

4.1 강성 및 내력

Table 3는 실험결과를 요약해 놓았는데, 이 결과를 기반으로 Fig. 6에 초기강성과 최대내력(이하 좌굴내력)에 대해서 기준 실험체인 일반 폐단면 각관(GP series; reference specimens)에 대한 비율을 각각 나타내었다. 일반 각관에 대한 타공각관의 초기 강성비는 0.77~0.94의 분포를 나타내고 있으며 평균적으로 0.89의 값을 나타내었다. 또한 일반 각관에 대한 타공각관의 좌굴 내력비는 0.59~0.97의 분포를 보이며, 평균적인 내력비는 0.8를 나타내었다. 따라서 타공각관의 단면에 홀이 2개 또는 3개가 배치되어 있는 경우, 평균적으로 일반각관 대비 약 80%의 좌굴내력을 확보하고 있는 것을 알 수 있다.

타공각관의 형상 및 길이에 대한 보다 정확한 좌굴내력을 평가 및 산정하기 위해서는 추가적으로 비탄성좌굴에 관한 이론적인 연구가 필요하다.

4.2 좌굴내력에 미치는 각관길지와 홀의 개수 영향

Fig. 7은 단면형상과 홀의 개수에 따른 하중-변위 곡선을 비교하기 위해서 실험체의 길이별 단위로 묶어서 그래프를 나타낸 것이다. 전 길이에 대해서 타공이 없는 일반 각관 실험체의 좌굴내력이 가장 큰 것을 보여주고 있으며, 타공각관에 대한 내력비는 실험체의 길이가 길어지면 상대적으로 줄어드는 경향을 보였다.

Fig. 8은 좌굴내력에 대한 홀의 개수의 영향을 판단하기 위해서 실험체 길이별로 일반각관에 대한 타공각관의 좌굴내력비를 막대 그래프로 나타낸 것이다. 그래프를 참조하면, 길이가 길어질수록 내력이 다소 저하하는 것을 알 수 있고, 각 길이별 내력비는 타공이 2개인 실험체는 0.78~0.88의 분포를, 타공이 3개인 실험체는 0.74~0.82의 분포를 보이고 있다. 타공이 3개인 실험체 대비 2개인 실험체가 약 3%~6% 내력이 더 큰 결과를 나타내었다. 실험체의 길이가 500 mm인 실험체는 타공이 없는 실험체와 비교하여 일반 각관에 대한 타공각관

Table 3. Summary of test results

Specimen	Initial stiffness [kN/mm]	Yield strength [kN]	Yield displacement [mm]	Ultimate strength [kN]	Displacement at ultimate strength [mm]
GP-05	84.4	168.2	2.05	184.1	2.95
GP-10	53.2	127.5	2.56	147.7	3.94
GP-15	39.6	124.8	3.35	137.0	4.21
GP-20	30.4	114.8	3.85	117.3	4.05
NP2-05X	79.1	115.0	1.59	142.8	4.51
NP2-05Y	79.2	119.7	1.61	144.7	3.93
NP2-10X	48.8	113.6	2.50	130.9	3.76
NP2-10Y	47.4	113.6	2.56	129.0	3.69
NP2-15X	35.9	108.3	3.21	116.8	3.77
NP2-15Y	35.3	107.8	3.18	113.6	3.57
NP2-20X	28.5	106.8	3.95	113.6	4.54
NP2-20Y	27.7	90.0	3.30	90.5	3.33
NP2L-20-1	27.9	90.8	3.31	91.8	3.37
NP2L-20-2	27.4	69.0	2.51	69.3	2.56
NP3-05X	73.7	109.5	1.62	136.5	4.18
NP3-05Y	73.7	110.3	1.62	134.4	3.78
NP3-10X	48.0	105.0	2.39	116.7	3.01
NP3-10Y	48.3	106.2	2.39	126.9	3.97
NP3-15X	34.2	102.9	3.18	109.8	3.61
NP3-15Y	30.4	108.0	3.62	111.2	3.85
NP3-20X	26.3	89.3	3.50	91.2	3.62
NP3-20Y	26.2	97.7	3.84	100.5	4.08

의 내력비가 0.78(홀이 2개), 0.74(홀이 3개)인데, 이는 실험체의 세장비가 작기 때문에 단주효과에 의해서 국부좌굴이 발생하기 이전에 단면이 소성내력을 발휘했기 때문이라고 판단된다. 이 실험체를 제외하면, 좌굴 내력비는 일반 각관의 단면력(타공각관의 단면적에 항

복응력을 곱한 내력)에 대한 타공각관이 단면력 비율, 즉, 홀이 2개인 경우 0.88, 홀이 3개인 경우 0.82와 거의 유사한 값을 알 수 있다.

4.3 좌굴내력에 미치는 가력방향의 영향

Fig. 9은 좌굴내력에 미치는 가력방향의 영향을 살펴 보기 위해서 타공각관의 Y방향 내력에 대한 X방향 내력의 비(U_x/U_y)를 길이별로 막대 그래프로 나타낸 것이다. X, Y축으로 각각 대칭인 GP 시리즈 및 NP2L 시리즈 실험체는 제외하였다.

압축실험은 Fig. 3와 같이 실험체의 단부를 양단 핀지기로 계획하여 의도적으로 가력방향을 설정한바, 좌굴 내력에 미치는 영향을 파악하고자 한 것이다. Table 4는 NP2 시리즈 및 NP3 시리즈 실험체의 단면 및 단면2차 모멘트비($(I_x/I_y)_{NP2}$, $(I_x/I_y)_{NP3}$)를 나타낸 것이다. 단면2차모멘트비를 통해 두 시리즈 실험체 모두 X방향이 강축으로 보이나, Fig. 9의 실험결과를 참조하면, NP2의 경우는 가력방향에 관한 내력비(U_x/U_y)가 500 mm인 실험체를 제외하면, 1.01~1.26 분포의 결과를 보였지만, NP3는 내력비가 0.91~0.99의 분포로 오히려 반대의 결과를 보였다. 이는 강축, 약축이 명확한 대칭인 NP2 시리즈 실험체와는 달리 NP3는 양축 모두 비대칭이므로 횡비틀림좌굴에 의한 영향이 큰 것으로 판단된다.

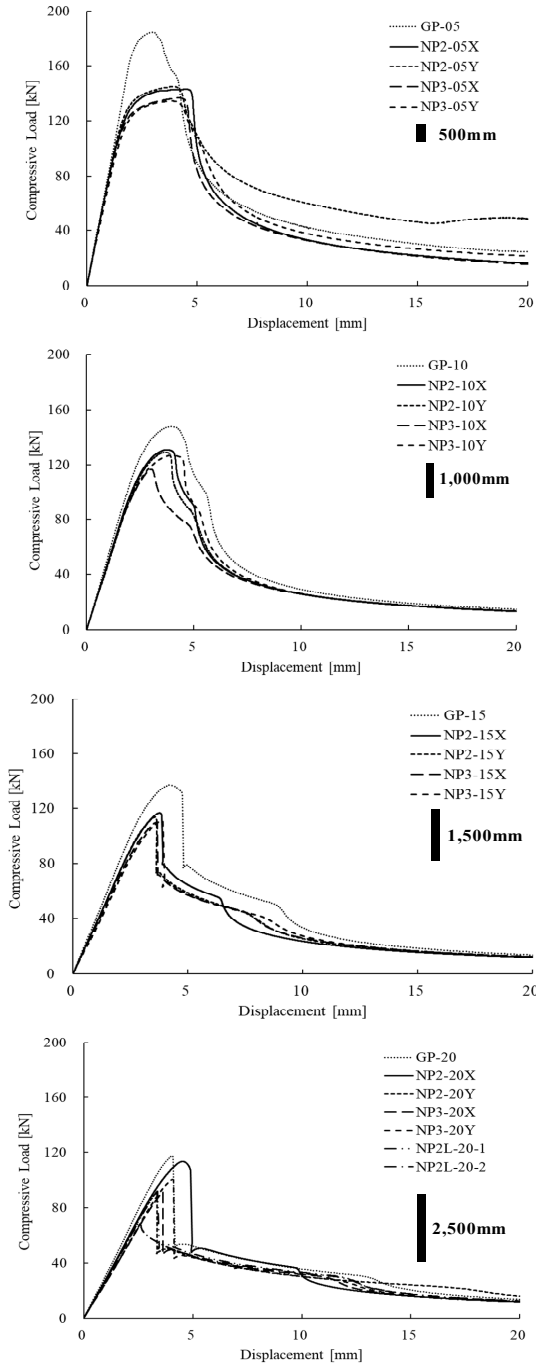


Fig. 7. Comparison of curves according to cross-sectional shapes

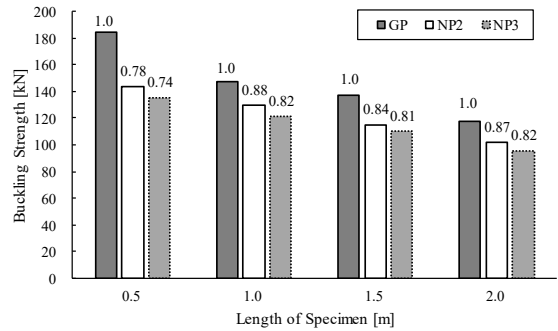


Fig. 8. Effect of length and number of holes

Table 4. Ratio of moment of inertia

Contents	NP2 series	NP3 series
Cross section shape		
I_x/I_y	1.20	1.09

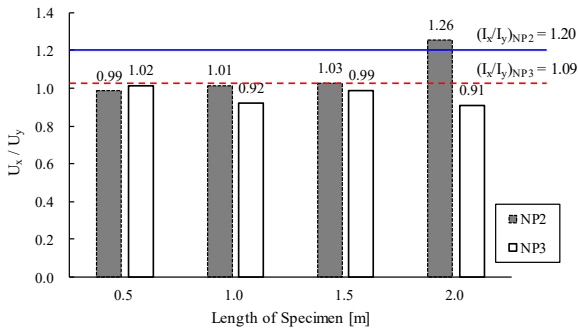


Fig. 9. Effect of loading direction

5. 기준에 의한 좌굴내력 평가

Fig. 10은 각 실험체의 좌굴내력을 항복 단면력(= 단면적 × 항복응력)과 최대 단면력(= 단면적 × 인장응력) 선도와 함께 나타낸 것이다. 단면력(section strength)은 실험체의 재료시험결과를 반영한 값이다. 그래프는 길이 500 mm인 실험체의 내력은 최대 단면력 동등 이상으로 분포하고 있으며, 일부 실험체를 제외하면 항복 단면력과 최대 단면력선도 사이에 분포하고 있는 것을 알 수 있다. 특히, 단면 형상이 완전 비대칭인 NP2L의 두 실험체는 항복 단면력 이하의 성능을 보임을 알 수 있다. 이러한 결과는 세장비가 증가할수록 횡좌굴 및 횡비틀림 좌굴의 영향이 증가하기 때문이라고 판단된다.

Fig. 11은 좌굴응력을 KDS 14에서 제시하고 있는 좌굴응력에 관한 이론식을 적용하여 나타낸 것이다. 그래프는 재료시험결과를 반영하였고, 식 (3)와 식 (4)는 실제 설계식에서 사용하는 저항계수를 반영하지 않았다. 타공이 없는 일반 각관 실험체(GP 시리즈)의 경우 좌굴 내력이 오일러 좌굴곡선에 비해 매우 큰 값으로 분포하

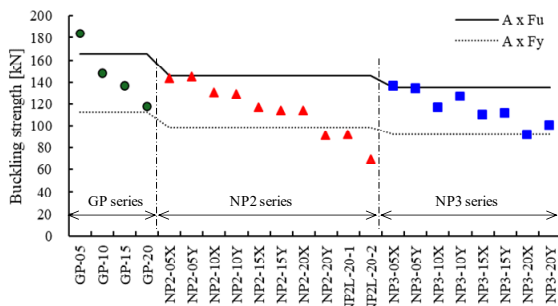


Fig. 10. Buckling strength according to section strength

고 있음을 알 수 있다. 타공이 있는 실험체의 경우에도 세장비가 77.3 이하인 경우에는 항복 응력과 동등 이상의 좌굴응력분포를 보이고 있으며, 세장비가 103.1인 경우에도 오일러 좌굴응력을 상회하는 결과를 보였다.

Fig. 12는 Fig. 11의 결과를 반영하여 좌굴내력을 기준을 반영한 곡선과 함께 도시한 그래프이다. 제안된 타공각관 하지재시스템(Inner Z-lock system)의 경우에는 실제 설계시 앵커간력이 1,200 mm–1,800 mm로 반영되어 시공하고 있으며, 이러한 범위를 사각박스 형태로 그래프에 나타내었다. 그래프에 나타낸 좌굴응력은 설계 범위 내에서 기준에서 제시하고 있는 비탄성좌굴 내력 곡선을 상회하고 있는 것을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 각관에 제안된 것과 같은 홀이 2개 또는 3개가 존재하더라도 어느 정도의 압축성능은 확보하고 있다는 것을 간접적으로 보여준다.

그럼에도 불구하고, 타공각관에 대한 안정성을 확보하기 위해서는 타공각관의 형상 및 길이에 대한 보다 정확한 좌굴내력을 산정하는 것이 요구되며, 추가적인 비탄성좌굴에 관한 이론적인 연구가 필요하다.

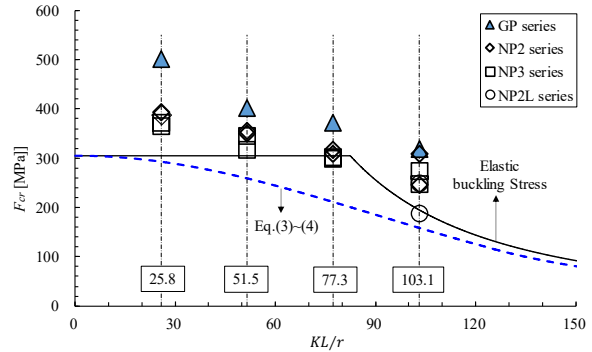


Fig. 11. Buckling stress based on code equation

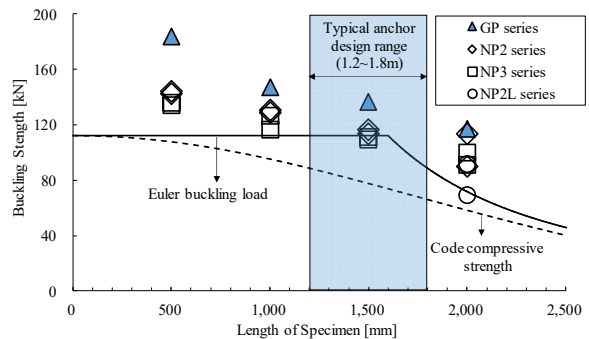


Fig. 12. Design range of perforated square pipe

5. 결론

본 연구에서는 제안된 타공각관 하지재의 압축성능을 평가하기 위해서 22개의 실험체를 대상으로 축방향 실험을 실시하였다. 실험은 실험체의 길이, 단면형상, 홀의 개수, 가력방향 등을 변수로 하여 좌굴내력에 미치는 영향을 조사하였다. 실험결과를 요약하면 아래와 같다.

- (1) 기준 실험체인 일반 각관에 대한 타공각관의 초기 강성비 및 좌굴 내력비는 각각 0.77-0.94 및 0.59-0.97의 분포를 나타내었으며, 타공각관의 좌굴내력은 일반 각관에 대해 약 80%의 내력을 보유하고 있는 것을 확인하였다.
- (2) 실험체는 최종적으로 국부좌굴, 횡좌굴 및 횡비틀림좌굴 등의 파괴모드 양상을 보였으며, 특히 NP2L 시리즈와 NP3 시리즈 실험체는 X, Y축이 비대칭 단면인 관계로 횡비틀림 좌굴의 파괴모드가 더욱 명확한 것을 확인하였다.
- (3) 좌굴내력에 대한 홀의 개수의 영향을 판단하기 위해서 실험체 길이별로 일반각관에 대한 타공각관의 좌굴내력비를 살펴보면, 타공이 2개인 NP2 시리즈 실험체는 0.78-0.88의 분포를, 타공이 3개인 NP3 실험체는 0.74-0.82의 분포를 나타내었다. 따라서 NP3 시리즈 실험체 대비 NP2 시리즈 실험체가 약 3%-6% 분포로 더 큰 압축성능을 발휘할 수 있음을 알 수 있다.
- (4) 가력방향이 좌굴내력에 미치는 영향을 평가하기 위해서 단면2차모멘트비 기반으로 조사할 경우, 500 mm인 실험체를 제외하면, NP2 시리즈의 경우는 가력방향에 관한 내력비(U_x/U_y)가, 1.01-1.26 분포의 결과를 보였지만, NP3 시리즈는 내력비가 0.91-0.99의 분포로 오히려 반대의 결과를 보였다. 이는 강축, 약축이 명확한 대칭인 NP2 시리즈 실험체와는 달리 NP3는 양축 모두 비대칭이므로 횡비틀림좌굴에 의한 영향이 큰 것으로 판단된다.
- (5) KDS 14 기준을 바탕으로 이론적으로 접근하면 타공이 있는 실험체의 경우에도 세장비가 77.3 이하인 경우에는 항복 응력과 동등 이상의 좌굴 응력 분포를 보이고 있으며, 세장비가 103.1인

경우에도 오일러 좌굴응력을 상회하는 결과를 보였다. 또한 하지재의 앵커설계 간격에 기반한 설계 범위 내에서 기준에서 제시하고 있는 비탄성좌굴내력 곡선을 상회하고 있으며, 이러한 결과는 각관 단면에 제안된 것과 같은 홀이 2개 또는 3개가 존재하더라도 어느 정도의 압축성능은 확보하고 있는 것을 간접적으로 보여준다.

- (6) 타공각관에 대한 구조적 안정성을 확보하기 위해서는 각관의 형상 및 길이에 대한 정확한 좌굴내력을 산정하는 것이 필요하며, 이러한 결과는 추후 논문을 통해 제시할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었으며(과제식별번호 21AUDP-C146352-04), 이에 감사드립니다.

참고문헌(References)

- [1] Oh, S.H., Park, H.Y., and Park, J.H. (2020) Connection Detail of Cladding Support System for Seismic Performance Improvement, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol.32, No.5, pp.285-295 (in Korean).
- [2] Song, Y.J., Cho, B.H., and Jung, D.I. (2021) Seismic Performance Evaluation of Non-welded Cladding System with Heavy-Weight Exterior Materials, *Proceedings of Annual Conference of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, pp.99-100 (in Korean).
- [3] Choi, H.R. (2022) Earthquake-Resistant System for Earthquake Disaster Prevention of Exterior Building Materials, *Proceedings of Seminar for Development of Policies and Technologies to Secure Seismic Performance of Building Non-Structural Elements*, Korean Society of Seismic Isolation and Vibration Control, pp.48-57 (in Korean).
- [4] Lee, D.-W., Kim, K.-S., Kwak, E.-S., Lee, S.-J., and Shon, S.-D. (2016) The Behavior of Cruciform bracket Building Hardware Improved Seismic Resistance, *Proceedings of Annual Conference of Architectural Institute of Korea*, AIK, Vol.36, No.2, pp.1353-1354 (in Korean).

- [5] Lee, D.-W., Kim, K.-S., Kwak, E.-S., Lee, S.-J., and Shon, S.-D. (2016) The Evaluation of Building Hardware Following the Structure's Horizontal Displacement, *Proceedings of Annual Conference of Architectural Institute of Korea*, AIK, Vol.36, No.2, pp.649-650 (in Korean).
- [6] Lee, D.-W., Lee, S.-J., and Shon, S.-D. (2017) Evaluation of the Seismic Behaviour of Non-Welded Building Hardware Following the Structure's Horizontal Displacement, *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, AIK, Vol.33, No.2, pp.3-10 (in Korean).
- [7] Hong, S.U., Kim, S.H., and Baek, K.Y. (2018) Experimental Study on the Behavior of Building Hardware with Joint Details, *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, KSMI, Vol.22, No.1, pp.190-198 (in Korean).
- [8] Korean Standards Association (2022) *Hot-Dip Zinc-Aluminium-Magnesium Alloy-Coated Steel Sheets and Coils*, KS D 3030, KSA (in Korean).
- [9] Korean Society of Steel Construction (2017) *Design of Steel Structures; Load and Resistance Factor Design*, KDS 14 31 10 : 2017, Ministry of Land, Infrastructure and Transport (in Korean).
- [10] Architectural Institute of Korea (2022) *Design Specification for Cold-Formed Steel Section*, KDS 41 30 30 : 2022, Ministry of Land, Infrastructure and Transport (in Korean).

요 약: 본 연구에서는 기존의 일반적인 하지재의 문제점을 해결하고 시공성 및 안전성을 향상시킬 수 있는 신형상의 타공각관 하지재 시스템(Inner Z-lock system)을 제안하였고, 타공각관에 대한 압축성능을 조사하고자 실험적 연구를 수행하였다. 실험의 변수는 타공각관의 길이, 단면형상, 홀의 개수 및 가력방향 등이며, 양단 핀지지조건을 기반으로 압축성능 실험을 실시하였다. 실험결과, 타공각관은 기존 일반각관 대비 약 80% 수준의 좌굴내력을 확보하고 있으며, 타공이 존재함에도 불구하고 기준에서 제시하고 있는 좌굴내력 곡선을 상회하는 결과를 보였다.

핵심용어: 타공각관, 하지재 시스템, 세장비, 압축성능, 좌굴내력
