

단면형상 변화에 따른 내다이어프램의 단순인장내력 실험평가

김선희¹ · 염경수² · 최성모^{3*}

¹소장, (주)엑트파트너 기술연구소, ²기술대표, (주)엑트파트너, ³교수, 서울시립대학교, 건축학부

Evaluation of Simple Tensile Strength of Internal Diaphragm According to Cross Sectional Shape

Kim, Sun Hee¹, Yom, Kyong Soo², Choi, Sung Mo^{3*}

¹Manager, Ph.D, ACT Partner Corp. Institute of Technology, Seoul, 04799, Korea

²Professional Engineer Architectural Structures/CTO, ACT Partner Corp., Seoul, 04799, Korea

³Professor, Dept. of Architectural Engineering, University of Seoul, Seoul, 02504, Korea

Abstract - Within the diaphragm looking at the load transfer path (load transfer mechanism) most of the tensile force of the beam flange is directly transmitted to the rectangular steel tube column with the internal diaphragm, some tension due to the defect section of the diaphragm is transmitted to the concrete. In other words, the shape of the inner diaphragm and the size in contact with the column surface are the main variables in the tensile force. The experiment to produce a simple tensile test 12 specimens by the joining details of internal diaphragm (T-shaped horizontal frame binding) as variables was performed. Simple tensile test specimens consisting of a binding frame showed a safety of action than that of the charged concrete pillars, but shows a relatively similar to the initial stiffness and strength.

Keywords - Internal diaphragm, Mega column, Load transfer mechanism, Square CFT column to beam

1. 서론

폐단면을 갖는 기둥-보 접합부에 연직하중이 작용하게 되면 하부의 압축 축은 기둥 내부에 충전 콘크리트에 의해 강관 플랜지의 면외 변형이 구속되지만 상부 인장 축의 강관 플랜지의 면외 변형은 구속하기 어렵기 때문에 인장 축에 적절한 보강이 필요하다. 다이어프램의 두께는 보의 최대내력 이상의 하중을 전달해야 하므로 다이어프램의 두께는 접합되는 보 플랜지 두께와 동일하거나 그 이상으로 해야 한다. 기둥-보 접합부의 내력은 기둥과 보 플랜지를 연결하는 접합 형식에 따라 좌우된다고 할 수 있다^{[1][4]}. 각 현장과 조건에 의해 다이어프램이 설계되고 있지만 가장 문제가 되고

있는 것은 시공성이다. 외관이 단순하고 기둥 단면 손실 없이 응력전달이 용이한 내(內)다이어프램의 경우, Fig. 1과 같이 내다이어프램을 강관내부에 용접으로 설치하는 형식으로 강관제작 완료 전 다이어프램이 설치되어야만 하고, 기둥과 보와 용접 접합시 용접보조재로서 뒷담재(backing strip)와 엔드 탭(end tap)이 사용되며, 폐단면의 특성상 용접 작업이 매우 어렵다^[9].

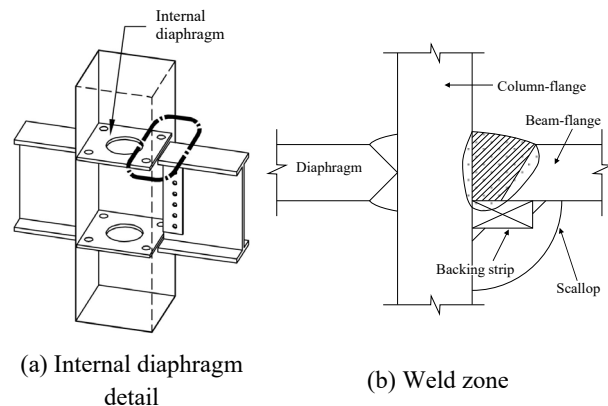


Fig. 1. Beam to column moment connection with internal diaphragm plate

Note.-Discussion open until December 31, 2021. This manuscript for this paper was submitted for review and possible publication on January 21, 2021; revised on April 14, 2021; approved on April 24, 2021.

Copyright © 2021 by Korean Society of Steel Construction

*Corresponding author.

Tel. +82-2-6490-2759 Fax. +82-2-6490-3749

E-mail. smc@uos.ac.kr

내다이어프램 접합형식에 대한 다양한 접합방식이 개발되어 있지 않으며, 기존 방법의 경우 폐단면인 각형강관의 가공 및 다이어프램 설치과정이 복잡하여 비용측면에서 불리하고 현장적용에 어려움과 콘크리트 충전성 확보에 대한 문제점을 가지고 있다. 따라서 각형 강관의 가공 및 내다이어프램의 접합방법을 개선한 형상을 제안하며, 접합부 내력 확보 검토를 위한 단순인장내력실험을 수행하였다.

2. 내다이어프램 형상제안

지진하중이 구조물에 작용함에 따라 접합부의 상부에는 압축하중이, 하부에 인장하중이 발생할 수 있고, 그에 따른 접합부의 설계가 필요하다. 하지만 이를 고려하지 않은 접합부는 취성적으로 파괴될 가능성이 있다. 특히, 내진성능이 고려되지 않은 접합부 하부에 인장하중 발생 시, 기둥 철골 구조만으로는 인장력에 저항할 수 없어 시스템 전체의 붕괴로 이루어질 가능성이 있다. 따라서 합성기둥의 접합부는 내진성능을 확보할 수 있는 중간모멘트골조 접합부가 요구된다. 그럼에도 건축강구조 표준접합 상세지침을 확인하면 현재 중간모멘트골조 CFT 기둥-보 접합부 표준접합상세가 없는 상황이다^{[5],[6]}. 본 연구의 대상인 이중 두께를 갖는 각형 콘크리트 충전형 기둥은 중앙부가 후판(약 15 mm - 25 mm)으로 설계되고, 모서리는 냉간성형된 절곡부재(10 mm)로 구성된다. 기둥의 전체 폭은 약 800 mm - 1,200 mm 내로 설계되는 메가 기둥에 속한다. 그로 인해, 건축물이 내진성능을 발휘하기 위해서는 단순히 골조의 내진성능뿐만 아니라 접합부의 내진성능 또한 고려해야 한다. 따라서 접합부의 내진성능을 고려하기 위하여, 접합부에 연직하중과 지진하중이 조합되었을 때의 조합하중에 의한 하중이력을 소화하고 하중전달이 용이한 다이어프램 형상이 요구된다.

보 플랜지는 중앙부(후판)영역에서 용접되며, 내다이어프

램에 응력이 전달되는 구도이다. Fig. 2(a)와 같이 인장 응력 방향(수평)으로 평평한 타입의 수평형 다이어프램은 보 플랜지에서 발생하는 응력이 내다이어프램까지 전이될 수 있는 기본 형상이다. 콘크리트 충전성 확보를 위해 중앙·모서리 부분을 절삭 가공하였다. 대부분의 인장력은 강재에서 저항되지만, 내부 충전된 콘크리트의 합성효과와 중앙부에서 전이되는 응력을 수직, 수평으로 받는 구도로 Fig. 2(b)와 같은 바인딩 프레임 형상을 제안하였다. 마지막으로 위에서 설명된 2가지 타입의 혼합형으로 Fig. 2(c)의 형상과 같은 T형 스티프너형을 추가하였다.

3. 단순인장 접합부 실험

3.1 실험계획 및 방법

단순인장 실험체는 총 12개로 일람은 Table 1과 같다. 주요 변수는 내다이어프램 형상 크기 3가지이며, 콘크리트 충전 여부와 다이어프램 크기, 기둥 폭, 플랜지 두께의 변화로 구성되었다. 내부 다이어프램이 없는 실험체(N1)가 비교대상으로 계획되었고, T형 스티프너형의 경우 형상 크기와 기둥 단면 크기 변화로 총 7개의 실험체를 제작하였다. 그밖에 바인딩 프레임형은 총 3개, 수평형 타입은 T6 실험과 비교 대상으로 1개이다.

2중 두께를 갖는 용접조립 기둥은 3가지 타입으로 □-500×500(모서리강재 너비 = 125 mm, 두께 = 6 mm / 후판너비 = 250 mm, 두께 = 12 mm), □-650×650(모서리강재 너비 = 150 mm, 두께 = 6 mm / 후판너비 = 350 mm, 두께 = 17 mm), □-800×800(모서리강재 너비 = 200 mm, 두께 = 6 mm / 후판너비 = 400 mm, 두께 = 22 mm) 단면 크기이다. 보 플랜지 길이는 600 mm로 기둥 500 mm 단면 폭을 갖는 실험체의 총 길이는 1,700 mm이다.

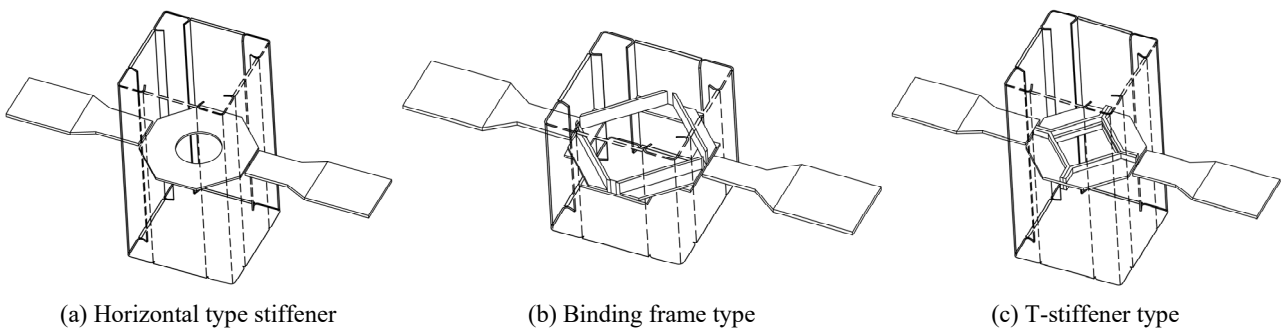
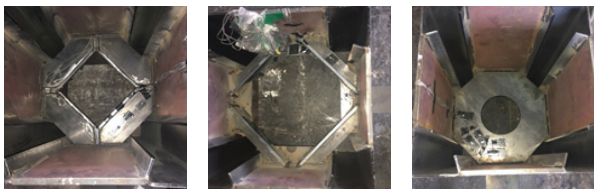


Fig. 2. Suggested shape of internal diaphragm

Table 1. Experiment list

No.	Internal diaphragm shape	Con'c filled or not	Section size (mm)	Flange size (mm)
N1	Non-reinforced	○		150×10
T1	T-stiffener (106×28×14×14)	×	500×500	150×14
T2		○		
T3		○	650×650	
T4		○	800×800	
T5	T-stiffener (106×20×10×10)	×	500×500	150×10
T6		○		
T7	T-stiffener (80×20×10×10)	○		
B1	Binding frame (60×60×10)	×	500×500	
B2		○		
B3	Binding frame (40×40×10)	○		
H1	Horizontal type stiffener (thk. = 10, hole = 200)	○		150×10



(a) T-stiffener (b) Binding frame (c) Horizontal type stiffener

Fig. 3. Internal diaphragm shape for experiment

실험체 가력은 3,000 kN급 유압식 만능시험기(UTM)를 사용하여 보 플랜지 양쪽에서 인장력을 가하여 최대내력 이후 파괴모드가 확인될 때까지 가력속도 0.02(mm/s)의 변위 제어로 가력하였다. Fig. 4와 같이 변위 측정은 600 mm 표점 거리 사이에 한쪽 강관 플랜지로부터 보 플랜지 300 mm까지 위치에 변위계를 설치하여 축 방향 변위를 측정하였다. 변형률 게이지(WSG)를 Fig. 5와 같이 보 플랜지와 내다이어프램 및 강관(모서리강재, 중앙후판)에 부착하여 변형률 분포를 측정하였다.

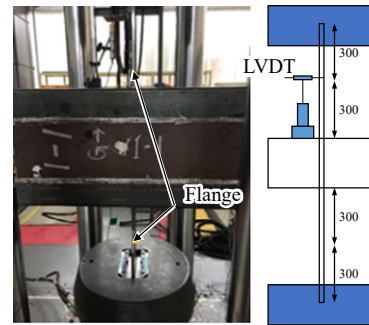


Fig. 4. Boundary condition

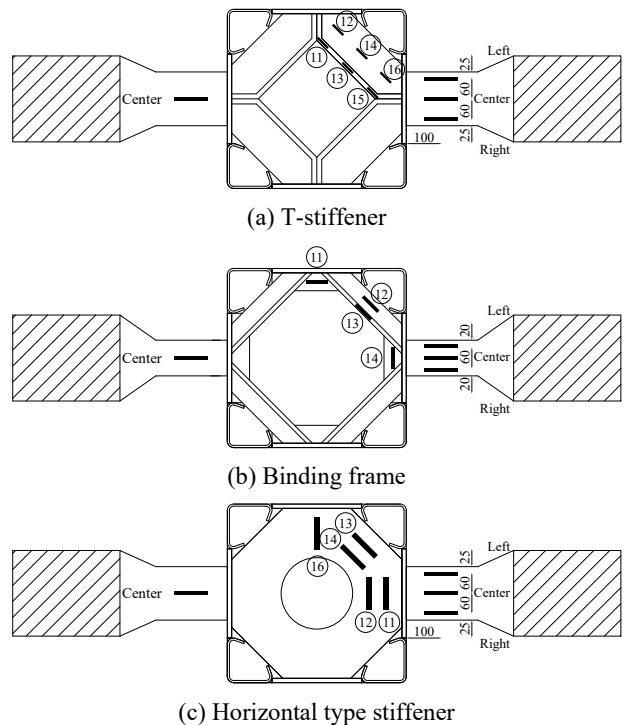


Fig. 5. Measurement of rotation of strain gauge

3.2 재료시험

사용된 강재의 기계적 성질을 알아보기 위해 KS B 0801^[7] 및 KS B 0802^[8] 규준에 따라 각각 3개씩 인장시험편을 절취하여 인장시험을 수행하였다. 본 실험에서 사용된 재료는 SM355의 8 mm, 10 mm, 14 mm 강재이다. 각 시험편의 결과는 평균값으로 Table 2에 정리된 바와 같이 두께가 두꺼워질수록 항복강도가 낮게 평가되었다. 또한, 콘크리트 공시체에 대한 21일 압축강도는 수행하였으며 시험결과는 Table 3에 정리된 바와 같이 27 MPa 평균 압축강도를 얻었다. 실험결과와 내력 비교 및 분석시에 재료 강도를 통해 얻어진 결과를 적용하였다.

Table 2. Coupon test results

Grade	Thickness (mm)	Yield strength F_y (MPa)	Tensile strength F_u (MPa)
SM355	8	483	528
	10	450	536
	14	366	478

Table 3. Concrete compressive test results

Normal strength (MPa)	Mold size (mm)	Mean strength (MPa)
24	Φ100×200	27

3.3 파괴거동

대부분의 실험체는 보 플랜지에 네킹(necking) 형상이 발생했고 파단으로 이어졌다. Fig. 6에는 각 실험체의 파단에 이르게 한 종국상태 실험사진을 정리하였다. 내부 다이어프램이 없는 실험체(N1)의 경우 보 플랜지에서 발생하는 인장력을 기둥 중앙부에서 직접 받게 되면서 볼록하게 면외 좌굴이 발생했다. 반면 다이어프램이 내부에 있지만 콘크리트가 충전되지 않은 실험체(T1, T5, B1)의 경우, 다이어프램과 기둥면 또는 기둥면과 보 플랜지의 용접부가 파단되는 형상으로 실험이 종료되었다. 콘크리트가 기둥 내 충전되고 내부 다이어프램이 있는 8개의 실험체에서는, 보 플랜지가 항



(a) N1
(out-of-plane buckling of the central plate)



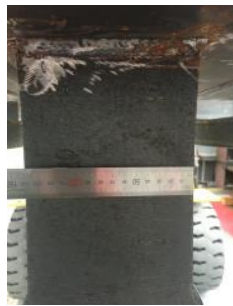
(b) T1
(crack in stiffener weld)



(c) T2
(necking)



(d) T3
(weld fracture)



(e) T4
(necking at beam flange)



(f) T5
(weld fracture)



(g) T6
(necking at beam flange)



(h) T7
(necking at beam flange)



(i) B1
(crack in binding frame weld)



(j) B2
(necking at beam flange)



(k) B3
(necking at beam flange)



(l) H1
(necking at beam flange)

Fig. 6. Failure mode

복되면서 최대내력에 도달된 이후 네킹 형상을 보이며 내력이 저감되는 양상을 보였다. 최대내력 이후의 콘크리트 일부가 균열이 심화되면서 박리되는 양상도 나타났다.

3.4 하중-변위 관계

단순인장접합부 실험체의 하중-변위 그래프는 Fig. 7에 각 실험체별로 정리하였다. 각 실험체의 항복하중($P_{y,t}$) 및 최대하중($P_{max,t}$), 설계하중($P_{y,th}$)은 Table 4와 같다. 그 내용 중 설계하중($P_{y,th}$) 값 386 kN, 675 kN, 769 kN이 나온 근거는 재료시험에 얻은 재료 항복강도에 각 보 플랜지의 단면적 (800 mm^2 , $1,500\text{ mm}^2$, $2,100\text{ mm}^2$)을 곱한 값이다. 그 중 설계하중 만큼 내력을 발휘한 실험체는 12개 중 8개이며, 파괴 거동이 모두 보 플랜지 네킹 현상으로 공통점을 확인할 수 있었다.

N1 실험체의 경우 내부 다이어프램 없이 제작되었으며, 가력 시 121 kN에서 강관 내부 충전된 콘크리트와 강관이 탈락하였다. 지속적으로 강관의 변형이 생기면서 최대하중 453 kN에서 중앙부 후판의 배부름 현상이 발생하였다. 콘

Table 4. Results of simple tension experiment

No.	Tensile load (kN)			
	Yield load $P_{y,t}$	Maximum load $P_{max,t}$	Design load $P_{y,th}$	$P_{y,t}/P_{y,th}$
N1	121	453	675	0.18
T1	451	514	769	0.59
T2	760	952	769	0.99
T3	771	1,029	769	1.00
T4	771	1,069	769	1.00
T5	412	480	675	0.61
T6	667	786	675	0.99
T7	701	799	675	1.03
B1	174	220	386	0.45
B2	377	510	386	0.98
B3	383	474	386	0.99
H1	707	810	675	1.05

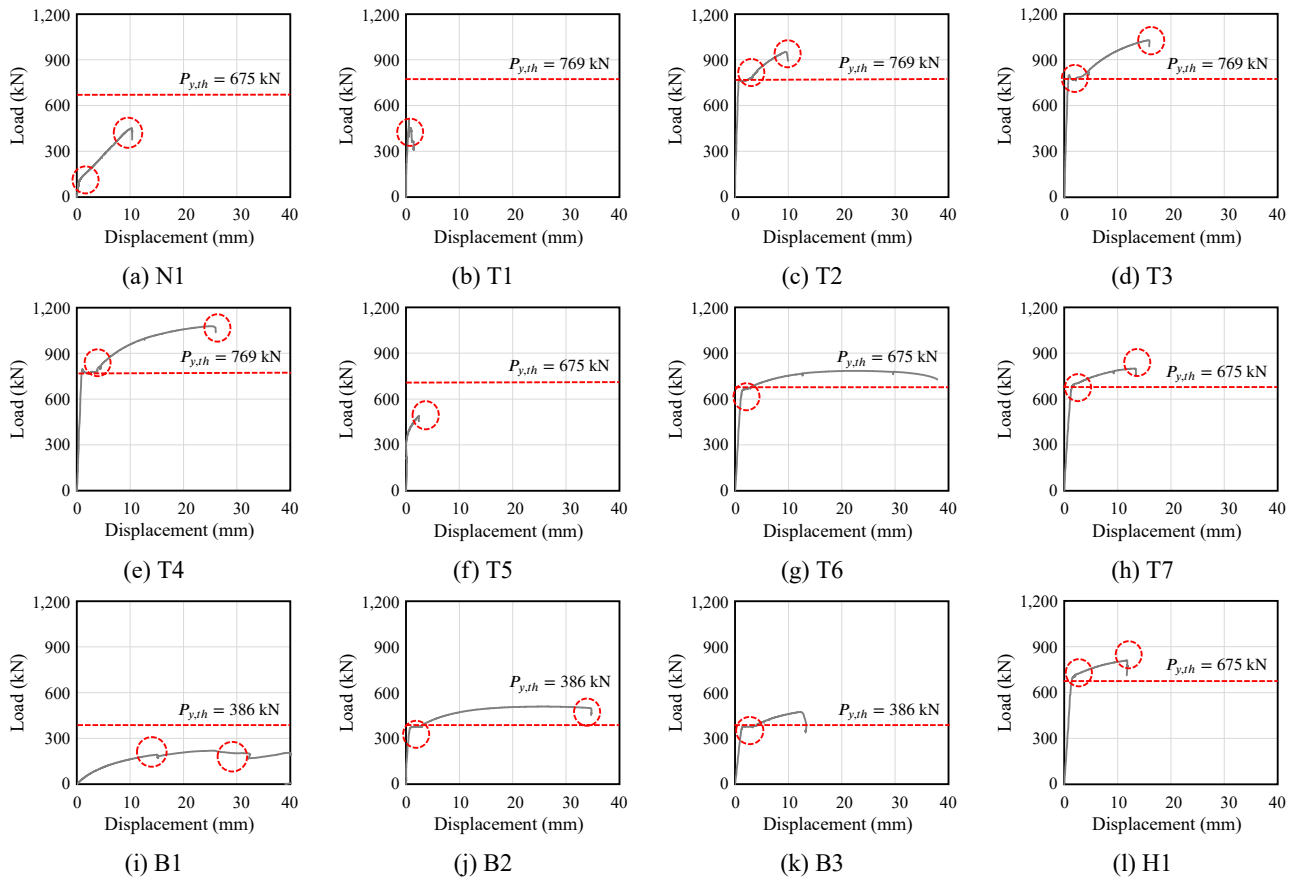


Fig. 7. Load - displacement curve

크리트를 충전하지 않은 T1 실험체의 경우 가력 시 설계하중 451 kN으로 T형 스티프너 용접부에서 균열이 발생하였다. 최대하중 514 kN 이후 하중은 계속 떨어지면서 용접부의 균열이 지속적으로 발생하였다. 이로 인해 T형 스티프너 부재 사이가 점차 벌어지다가 떨어져 나가면서 실험을 종료하였다. T1과 동일한 형상으로 콘크리트가 충전된 T2 실험체의 경우 설계하중과 유사한 항복내력을 갖는 것으로 평가되었다. T3 실험체는 T2에서 기둥 단면 크기가 확대된 실험체이다. 예상 설계하중과 항복내력이 유사하게 나타났고, 최대내력과 도달하는 시점이 증폭되어 연성률이 증가되어 나타났다. T4 실험체의 경우 T3에서 기둥 단면 크기가 더 확대된 실험체로 항복 및 최대하중이 매우 유사하게 나타났고, 최대내력에 도달하는 시점의 변위가 약 1.2배 증가되었다. T5, T6 실험체는 다이어프램과 보 플랜지 크기를 축소한 형태로 무충전(T5)의 경우 무충전된(T1) 실험체와 매우 유사한 파괴거동을 갖고 있고, 내력 역시 설계하중 대비 약 60% 정도로 항복내력이 평가되었다. T6 실험체의 경우 최대내력 이후에도 매우 완만한 거동을 보이는 특징을 갖고 있다. 가장 작은 T형 스티프너로 구성된 T7 실험체는 T형 실험체

7개 중 가장 우수한 내력 발휘가 된 것으로 평가된다. 바인딩형 내다이어프램 실험체(B1 - B3) 하중 변위 관계를 보면, T형 스티프너 실험체 대비 다이어프램 강재량과 용접량이 적은 타입임에도 매우 연성적인 양상을 보이는 것이 특징이며, 무충전 실험(B1)을 제외하고는 설계하중 이상 항복내력을 갖고 있었다. 수평형 다이어프램의 경우 T7 실험체와 매우 유사한 내력과 거동양상을 보였으며, 설계하중보다 약 5% 상위한 결과를 갖는 것으로 평가되었다.

4. 분석 및 고찰

4.1 하중 단계별 변형률 분포 양상

내다이어프램의 하중전달의 흐름을 확인하기 위해서 다이어프램 하중단계별 변형률 분포를 다음 Fig. 8과 같이 정리하였다. 각 그래프에서 y축의 숫자는 Fig. 6에서 나타난 다이어프램에 부착된 변형률 게이지 번호이다. 다이어프램이 없는 실험체(N1)의 경우는 기둥 표면에 부착되었다. 콘크리트

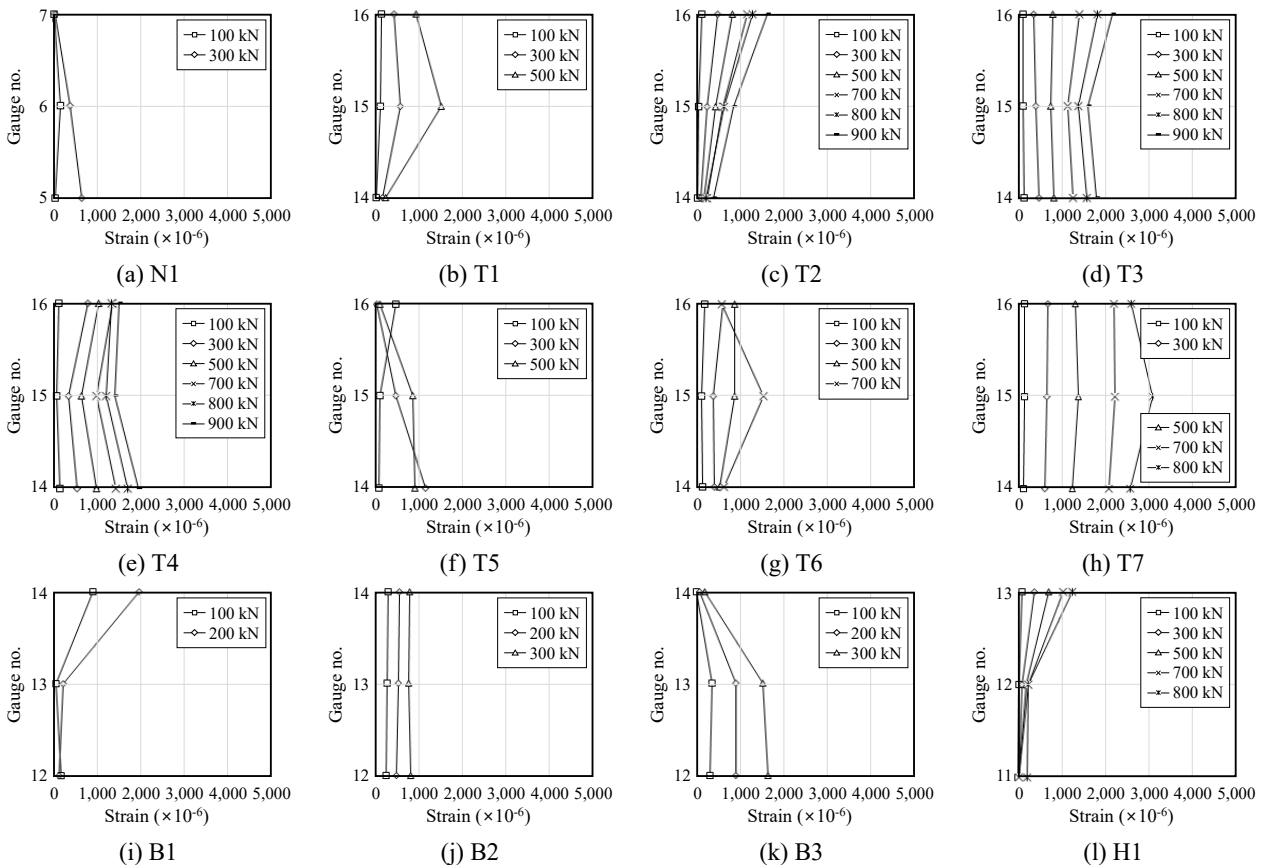


Fig. 8. Strain distribution by load step

트가 충전된 11개 실험체를 대상으로 분석해보면 다이어프램 단면이 작을수록, 기둥 단면 폭이 클수록 변형범위가 확대되었고 민감하게 반응되었다. 변형률 양상이 확연하게 증가하는 단계의 하중과 각 실험체의 항복내력(하중-변위 관계)이 매우 유사하게 대비되었다. 사용된 강종의 항복응력은 $366 \text{ N/mm}^2 - 483 \text{ N/mm}^2$ 이므로 선형 탄성적인 변형률을 고려하면 $1,785(\times 10^{-6}) - 2,356(\times 10^{-6})$ 의 축방향 변형이 발생된다. 즉 모든 실험에서 내다이어프램까지 응력분포가 형성되었음을 예상할 수 있다.

4.2 내다이어프램 형상에 따른 영향

내다이어프램의 형상에 따른 구조적 거동을 확인하기 위해서 각 실험체의 초기 강성(K_i)과 내력비($P_{y,t}/P_{max,t}$), 변위비($\delta_{max,t}/\delta_{y,t}$)를 Table 5에 정리하였다. 비교대상은 다이어프램이 없는 실험체(N1)와 콘크리트가 충전되지 않아 오로지 강재요소로 인장력이 평가된 실험체들(T1, T5, T6)이다. 첫 번째로 기둥에 콘크리트는 충전되었지만 내부 다이어프램이 없는 경우, 하중전이가 기둥 표면에서 집중되어 내력발휘가 되지 않고, 설계 인장내력 대비 약 18% 수준의 항복내력으로 평가되어 다이어프램의 중요성과 역할을 확연하게 보여준 실험결과가 되었다. 두 번째로 바인딩 프레임(B1)의 경우 콘크리트가 충전된 실험 대비 초기 강성 기울기가 매우 낮게 평가되어, 상당한 변위와 함께 내력도 유지되어 나타났다. 이는 상대적으로 다이어프램의 단면이 작고, 보 플

랜지에서 오는 인장력을 수반하기 위한 요소들이 분산되어 나타난 결과로 보여진다. 마지막으로 T형 스티프너의 경우 설계내력 대비 약 60% 수준의 항복내력이 발휘되었으며, 전체적인 거동에 강성내력 면에서 효과적으로 발휘되었다.

4.3 다이어프램 단면 크기에 따른 영향

다이어프램의 단면 크기에 따른 구조적 거동을 확인하기 위해서 T형 스티프너, 바인딩 프레임을 각 2개씩 비교하였다. 분석은 단면이 작은 실험체(T7, B3)를 기준으로 하여 강성·내력을 무차원화하여 Table 6에 정리하였다. T형 스티프너의 경우 단면이 커질수록 초기 강성이 약 17% 증가하였지만 내력은 오히려 낮은 양상을 나타냈다. 항복내력은 5%, 최대내력은 2% 저평가되었는데 이로써 내부 다이어프램 단면 크기 증가는 강성과 내력에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 하중 전이가 내다이어프램까지 용이하게 전달되는 구성에서 적정 단면으로도 충분히 역할을 하는 것으로 판단된다. 한편 바인딩 프레임의 경우 단면이 커질수록 초기 강성이 7%, 최대내력이 8% 크게 나타났다. 항복내력이 약 2% 낮게 측정되었지만 앞서 T형 스티프너와 대비되는 양상이다. 결과적으로 내다이어프램의 단면 크기는 초기 강성을 높이는데 기여하며, 내력 측면에서는 기둥에 닿는 다이어프램의 면적과 보 플랜지의 구성에 따라 달라질 수 있으며, 접합부 전체 인장내력 향상을 크게 기대하기는 어려운 변수로 판단된다.

Table 5. Performance comparison according to diaphragm shape

No.	Initial stiffness (kN/mm)	$P_{y,t}/P_{max,t}$	$P_{y,t}/P_{y,th}$	$\delta_{max,t}/\delta_{y,t}$
N1	607	0.27	0.18	5.54
T1	684	0.88	0.59	2.38
T5	622	0.86	0.61	4.60
B1	14	0.79	0.45	2.31

Table 6. Performance comparison according to diaphragm size

No.	Initial stiffness (kN/mm)	Ratio (T7/T6), (B2/B3)	Yield load $P_{y,t}$ (kN)	Ratio (T7/T6), (B2/B3)	Maximum load $P_{max,t}$ (kN)	Ratio (T7/T6), (B2/B3)
T6	275	1.17	667	0.95	786	0.98
T7	321	1.00	701	1.00	799	1.00
B2	212	1.70	377	0.98	510	1.08
B3	125	1.00	383	1.00	474	1.00

Table 7. Performance comparison according to column shape

No.	$\delta_{y,t}$ (mm)	$\delta_{max,t}$ (mm)	Yield load $P_{y,t}$ (kN)	Ratio (based on T2)	Maximum load $P_{max,t}$ (kN)	Ratio (based on T2)
T2	3.1	9.8	760	1.00	952	1.00
T3	2.8	15.9	771	1.01	1,029	1.08
T4	3.5	22.5	771	1.01	1,069	1.12

4.4 기둥 단면 크기에 따른 영향

기둥 단면 크기에 따른 거동을 분석하기 위해 T형 스틱프너 타입의 실험체(T2, T3, T4)에 대해 강성과 내력을 무차원화하여 Table 7에 정리하였고, 기둥 단면이 작은(500×500) 경우를 기준으로 분석하였다. 항복내력이 매우 유사하며, 항복시점의 변위도 매우 유사하게 나타났지만, 최대내력이 발생하는 시점의 차이가 뚜렷하게 나타났다. 기둥 단면 크기가 커질수록 최대내력은 8% - 12% 향상되었고, 최대내력이 발생하는 시점의 변위는 약 1.5~2배까지 확대되어 나타났다. 즉, 기둥 단면이 증가할 경우, 내력전이 단면이 확보되면서 보 플랜지에서 발생하는 인장력이 기둥에 전이될 때 최대내력 시점까지 응력배분이 충분히 이뤄지는 결과로 보여진다. 따라서, 기둥 단면이 확대될 때 연성적인 거동을 기대할 수 있을 것으로 보여진다.

하는 양상을 보였다. 상대적으로 다이어프램 단면이 작고, 직접적인 하중(인장)을 수반하기 위한 요소들이 분산되어 나타난 결과로 보여진다.

- (3) 기둥 단면 크기와 보 플랜지가 동일하지만 T형 다이어프램 단면이 커질수록 초기 강성은 약 10% 이상 향상되지만 내력 측면에서는 소폭 향상되거나 오히려 저평가되어 나타났다. 즉, 다이어프램 단면 확대는 접합부 인장내력 향상에 큰 기대하기 어려운 변수로 판단된다.
- (4) T형 다이어프램에 기둥 단면 크기가 1.3배 - 1.6배 증가될수록 항복내력 차이는 1% 미만으로 미소했지만 최대내력은 약 8% - 12% 향상되었으며, 하중-변위 관계에서 매우 연성적으로 거동되었다. 최대내력이 발생하는 시점의 변위가 약 1.5배 - 2배까지 확대되어 평가되었다.

5. 결론

본 연구는 내다이어프램 접합부의 단순인장 실험결과를 통해 접합부의 역학적 특성을 분석하였으며, 내다이어프램 형상과, 내다이어프램 단면 크기, 기둥 단면 크기, 콘크리트 충전 등의 변수가 접합성능과 하중전달의 흐름에 미치는 영향을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 하중 단계별 내다이어프램 내부 변형률 양상을 분석한 결과 다이어프램 단면이 작거나, 기둥 단면 폭이 증가할수록 변형률 양상이 확연하게 증가하는 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 내력과 강성과도 밀접하게 영향을 주고 있으며, 다이어프램 설계에 참고될 자료로 판단된다.
- (2) 내부 콘크리트가 충전되지 않은 조건에 다이어프램 형상에 따른 거동을 살펴보면, 바인딩 프레임의 경우 초기 강성 기울기가 매우 완만한 형태로 내력을 유지

감사의 글

본 연구는 한국연구재단 이공계 신진연구지원사업(NRF-2018R1C1B3009109)의 지원으로 이뤄졌습니다.

참고문헌(References)

- [1] Ki, K., Lee, H.-W., Kim, Y.-K., Kim, T., and Kim, J.-H. (2017) Structural Strength of Beam to CFT Connections with Vertical Diaphragm, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol.29, No.3, pp.237-247 (in Korean).
- [2] Kim, S.H., Yom, K.S., and Choi, S.M. (2014) Seismic Performance of Built-up Concrete Filled Square Composite Column-to Beam Connection with Through Diaphragm, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol.26, No.5, pp.431-439 (in Korean).

- [3] Oh, H.K., Kim, S.H., and Choi, S.M. (2013) Experimental Study on Two-Seam Cold Formed Square CFT Column to Beam Connections with Asymmetric Diaphragms, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol.25, No.1, pp.35-45 (in Korean).
- [4] Choi, I.R., Kim, Y.H., Chung, K.S., and Choi, H.S. (2019) Cyclic Loading Test for CFT Column Connection Using T-Type Exterior Diaphragm and Embedded H-Type Connection Detail, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol.31, No.2, pp.97-106 (in Korean).
- [5] KSSC (2003) *Design/construction Guidelines for Concrete Pipe Structural*, KSSC, Korea (in Korean).
- [6] KSSC (2012) *Detailed Guidelines for Standard Joints of Steel Structures* (Revised Edition), Goomiseogwan, Korea (in Korean).
- [7] Korean Agency for Technology and Standards (2007) *Test Pieces for Tensile Test for Metallic Materials* (KS B 0801: 2007), Korea (in Korean).
- [8] Korean Agency for Technology and Standards (2003) *Method of Tensile Test for Metallic Materials* (KS B 0802: 2003), Korea (in Korean).
- [9] Choi, S., Lee, S., Hong, S., and Kim, J. (2008) Structural Capacities of Tension Side for CFT Square Column-To-Beam Connections with Combined-Cross Diaphragm, *Advances in Structural Engineering*, Sage, Vol.11, No.2, pp.209-227.

요 약: 내다이어프램의 하중전달경로(load transfer mechanism)을 살펴보면 보 플랜지의 인장력의 대부분은 각형강관기둥과 내다이어프램에 직접 전달되며, 다이어프램의 단면결손으로 인한 일부 인장력이 콘크리트로 전달된다. 즉 내다이어프램의 형상과 기둥면과 접하는 크기는 인장력에 주요한 변수이다. 내다이어프램의 접합 상세(T형, 수평, 바인딩프레임)를 변수로 한 12개의 단순인장 실험체를 제작하여 실험을 수행하였다. 바인딩 프레임으로 구성된 단순인장 실험체는 비교적 유사한 초기 강성과 내력을 나타내고 있었지만 콘크리트 충전된 기둥의 경우보다 안정적인 거동을 나타냈다.

핵심용어: 내다이어프램, 대형기둥, 하중전달경로, 각형 충전형 기둥-보 접합부
