

CFT 기둥-보 내다이하프램의 형상변화를 고려한 인장실험

곽성신, 최병정*
경기대학교 일반대학원 건축공학과

Tension test considering the shape change of CFT Column-to-Beam Interior Diaphragm

Sung-Shin Kwak, Byong-Jeong Choi*

Department of Architectural Engineering, Kyonggi University Graduate School

요 약 콘크리트 충전강관(Concrete Filled Steel Tube, 이하 CFT) 기둥에 사용되는 내다이하프램은 사용 강제량은 적으나 강관과 네 면을 용접해야 하므로 용접이 까다롭고 개구부가 필요한 단점을 가지고 있다. 본 연구에서 살펴보고자하는 개선 내다이하프램은 콘크리트 충전을 위한 중앙부 홀을 4등분하여 각 코너부위를 절삭했다. 개선 내다이하프램은 중앙부 홀의 넓이는 기존 내다이하프램과 동일하지만 강관과 접하는 내다이하프램의 폭이 감소하여 용접 길이가 기존 내다이하프램 대비 약 70%가 감소된다. 개선 내다이하프램의 인장성능을 검토하기 위하여 콘크리트 타설 홀의 반지름인 R값을 설계 변수로 3개의 실험체를 제작하였다. 단순 인장 실험을 통하여 내다이하프램에 동일 하중을 받았을 때 각 실험체의 면내 변형률을 분석하였다. 범용 유한요소해석 프로그램(ANSYS 19.2)를 사용하여 실제 단순 인장 실험과 동일한 조건으로 해석을 수행하고 개선 내다이하프램과 기존 내다이하프램의 하중 전달을 비교하였다. 내다이하프램의 폭이 플랜지 폭과 같거나 작을 때는 내다이하프램의 단부에서부터 응력이 집중되고 플랜지 폭이 더 클 때는 중앙부에서 응력이 집중되는 것을 확인하였다.

Abstract The diaphragm used for CFT columns has a small amount of steel to be used, but has a disadvantage that welding is difficult and openings are required because the steel tube and four sides must be welded. The improved diaphragm to be examined in this study was cut into four corners by cutting the center hole for concrete filling. In the improved diaphragm, the width of the center hole is the same as that of the previous diaphragm, but the width of the diaphragm contacting the steel tube is reduced, thereby reducing the welding length by about 70% compared to the previous diaphragm. The in-plane strain of each specimen was analyzed when the same load was applied to the interior diaphragm through a simple tensile test. Using the general FEM program(ANSYS 19.2), the analysis was performed under the same conditions as the actual simple tensile test, and the load transfer between the improved diaphragm and the previous diaphragm was compared. When the width of the diaphragm is equal to or smaller than the flange width, stress is concentrated from the end of the diaphragm, and when the flange width is larger, stress is concentrated at the center.

Keywords : Interior Diaphragm, CFT, Welding length, FEM, ANSYS

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

콘크리트 충전강관(Concrete Filled Steel Tube, 이하

CFT) 기둥은 강관과 보 플랜지의 접합부에 응력이 집중되는 것을 방지하기 위하여 내다이하프램을 사용한다. CFT 기둥-보 접합부 내다이하프램은 관통형 내다이하프램, 내다이하프램, 외다이하프램으로 구분할 수 있다. 이중 내다

본 연구는 APR+ 복합모듈화 기술개발의 목적으로 수행되었으며, 2017년도 경기대학교 대학원 연구원장학생 장학금 지원에 의하여 수행되었습니다.

*Corresponding Author : Byong-Jeong Choi(Kyonggi Univ.)

Tel: +82-31-249-9702 email: bjchoi@kyonggi.ac.kr

Received December 7, 2018

Revised (1st December 31, 2018 2nd January 3, 2019)

Accepted February 1, 2019

Published February 28, 2019

이아프램은 최소한의 강제량으로 보 플랜지의 하중을 기동과 반대편 보에 원활히 전달할 수 있어 가장 보편적으로 사용되어 왔다[1]. 내다리아프램은 강관 내부에 다리아프램이 내접하도록 용접하는 형태이며 사용 강제량은 적으나 강관과 4면을 용접해야 하므로 용접이 까다롭고 개구부가 필요한 단점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 보완하기 위하여 내다리아프램에 대한 형상제안과 그에 따른 실험 및 해석 연구가 필요하다.

1.2 기존연구

복합십자형 다리아프램으로 보강한 각형 CFT 기둥-보 인장축 접합부의 구조성능에 관한 연구[2]에서는 기존 다리아프램 2개, 제안 다리아프램 3개로 총 5개의 단순인장 실험체를 제작하였다. 기존 다리아프램은 복합십자형 다리아프램과 비교하기 위해 내다리아프램과 관통 다리아프램을 제작하였다. 복합십자형 다리아프램은 다리아프램의 폭을 보 플랜지 폭에 맞추어 강관면의 다리아프램 구축을 해제시켰으며, 중앙에 원형 보강 슬리브를 설치하여 기존 형상과 개구율을 30%로 일치시켰다. 두 개의 복합십자형 다리아프램 실험체는 하중 가력방향을 장·약축으로 나눠서 축에 따른 성능평가를 비교하였고, 원형슬리브가 삽입하지 않은 실험체를 제작하여 원형슬리브의 유·무에 따른 성능평가를 수행하였다. 단순인장 실험은 U.T.M을 이용하여 수행하였고, 실험결과와 유한요소해석결과를 비교하였다. 복합십자형 다리아프램은 기존 다리아프램과 비교했을 때 초기강성 및 최대내력이 동등이상의 성능이 나타났고, 보 플랜지 및 다리아프램에 응력을 고르게 분포시키고 접합부의 응력집중이 완화되었다.

2심으로 제작된 각형강관 내다리아프램 접합부 개발에 관한 연구[3]에서는 내다리아프램에 대한 시공성 및 경제성을 고려하여 T자 형태의 강관 내부에 다리아프램을 용접 접합한 각형강관을 두 개를 제작하고, 두 개 형상의 접합되는 면을 용접하여 제작한 형태이다. 내다리아프램의 개구부에 의해 생기는 결함을 보완하기 위하여 개구부 주위에 플레이트를 덧댈으로써 구조적으로 내력을 보강하였다. 제안된 접합부의 형상에 따라 범용유한요소 해석프로그램을 사용하여 구조성능을 분석하였다. 내다리아프램의 모서리를 곡선과 사선으로 절삭한 경우와 공기구멍만 뚫은 경우로 나눠 변수를 설정하였다. 곡선과 사선으로 절삭한 다리아프램의 경우 보 플랜지와

강관의 접촉부분에서 가장 큰 응력이 나타났고, 공기구멍만 뚫은 다리아프램은 중앙 플레이트 보강 부분에서 가장 큰 응력이 나타났다. 공기구멍만 뚫은 다리아프램은 다른 해석모델보다 보 플랜지에서 많은 힘을 받는 것으로 나타났다.

Experimental investigation of new internal-diaphragm connections to CFT columns under cyclic loading[4]에서는 테이퍼 수평보강재로 보강한 CFT 기둥-보 접합부의 내진성능을 검토하였다. 반복하중을 가했을 때 보 플랜지 단부에 보강되어있는 테이퍼 수평보강재로 인하여, 보 플랜지가 하중을 공유할 수 있게 되어 응력집중이 완화되고 보 플랜지의 과도한 국부 변형을 막을 수 있는 것으로 나타났다.

2. 실험 변수 및 실험체 계획

기존의 연구[1-8]에서는 코너부위를 대각선으로 절삭하거나 중앙부 홀의 구멍을 축소시키고 코너부위를 절삭시킨 내다리아프램을 제안했다. 국외 논문에서는 다리아프램의 형상제안보다는 CFT기둥과 보 플랜지 접합부를 보강했을 때 응력분포 검토와 반복하중을 통한 내진 성능 분석을 수행했다. 본 연구에서 살펴보고자하는 개선 다리아프램은 콘크리트 충진을 위한 중앙부 홀을 4등분하여 각 코너부위를 절삭한다. 개선 다리아프램은 중앙부 홀의 넓이는 기존 다리아프램과 동일하지만 강관과 접하는 다리아프램의 폭이 감소하여 용접 길이가 기존 다리아프램 대비 약 70%가 감소된다. 콘크리트 타설을 위한 중앙 홀의 반지름인 R(Radius) 값을 Fig. 1과 같이 설계변수로 설정하여 R 값에 따른 실험체를 제작하였다.

- 1) 콘크리트 타설을 위한 홀의 넓이는 기존 다리아프램의 넓이와 동일하게 설정하고, 코너부위를 R값에 따라 절삭한다.
- 2) 다리아프램의 네 면이 강관에 모두 접합되어있지 않고, 절삭되고 남은 L_w 길이만 용접(완전용입 그루브용접)하여 용접 길이를 감소시킨다. (L_w 은 강관과 접합되는 다리아프램의 폭)
- 3) 0.9R(372 mm), 1.0R(414 mm), 1.1R(456 mm)과 같이 R 값이 증가함에 따라 다리아프램의 두께를 증가시켜 다리아프램의 단면적은 일정하게 유지시킨다.

실험체는 개선사항을 바탕으로 설계변수에 따라 Table 1과 같이 6개로 구성하였다. Type A, B, C 실험체는 개선사항을 바탕으로 제작한 내다이하프램으로 단순인장 실험과 유한요소해석을 통하여 인장성능을 검토하였다. Type B 실험체는 Fig. 2(d)와 같이 R 값이 1.0R로 L_w 값과 보 플랜지 길이가 300 mm 동일한 기준 실험체이다. Type A 실험체는 R 값이 0.9R로 Type B에 비하여 감소되었지만 Fig. 2(c)와 같이 L_w 는 84 mm 증가하여 다이아프램의 폭이 보 플랜지의 폭보다 넓어진 실험체이다. Type C 실험체는 Fig. 2(e)와 같이 R 값이 1.1R로 증가한 실험체로 Type B보다 L_w 가 84 mm 감소하였다. 따라서 Type C은 다이아프램 폭이 보 플랜지 폭보다 좁아진 실험체이다. 개선 다이아프램의 형상 및 치수는 Fig. 2와 같다.

Type D, E, F 실험체는 기존 다이아프램으로, 개선 다이아프램과 콘크리트 타설을 위한 중앙부 홀의 넓이가 같은 실험체이다. Type D는 Type A와, Type E는 Type B와, Type F는 Type C와 R 값이 같은 실험체이다. Type D, E, F는 제작하지 않고 범용유한요소해석 프로그램을 통하여 개선 다이아프램과 비교하였다. 기존 다이아프램의 형상 및 치수는 Fig. 3과 같다.

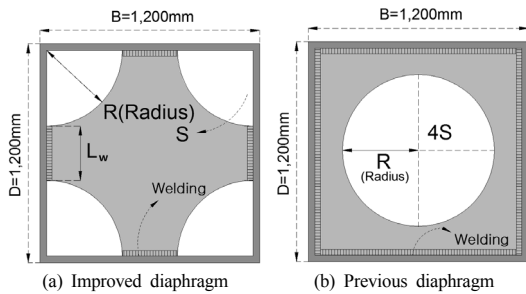


Fig. 1. Variable Factor(R, Radius) for experiment

Table 1. List of specimens

Specimen	R (Radius) (mm)	Thickness Diaphragm, t (mm)	L_w (mm)	B×D×tube (mm)
Type A	372(0.9R)	20	390	1,200×1,200×36
Type B	414(1.0R)	26	300	1,200×1,200×36
Type C	456(1.1R)	36	216.7	1,200×1,200×36
Type D	372(0.9R)	20	1,128	1,200×1,200×36
Type E	414(1.0R)	26	1,128	1,200×1,200×36
Type F	456(1.1R)	36	1,128	1,200×1,200×36

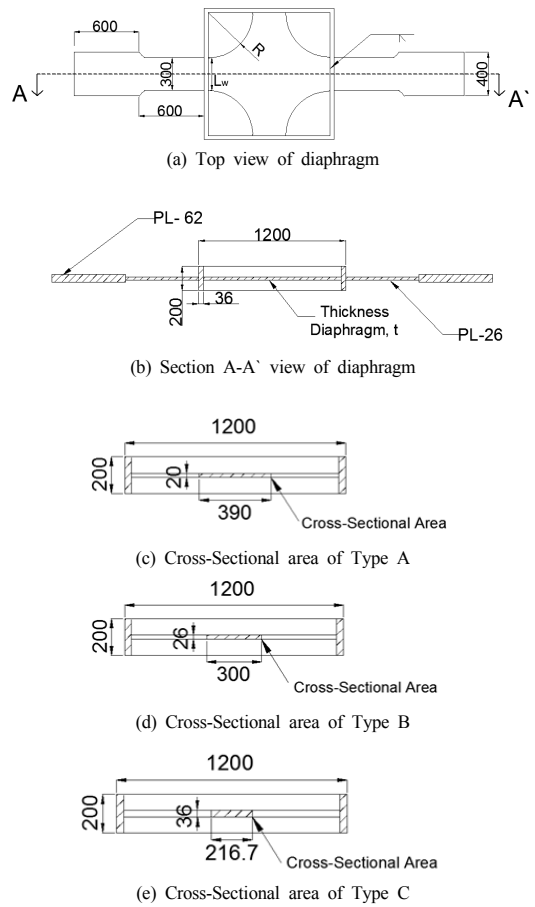


Fig. 2. Specimen details of improved diaphragm

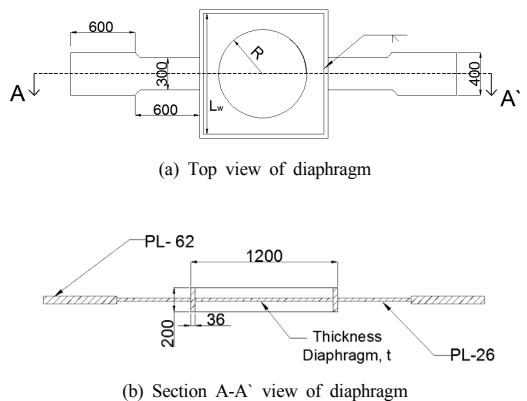


Fig. 3. Specimen details of previous diaphragm

실험체 제작에 사용된 강종은 강관은 SM355, 다이아프램과 보 플랜지는 SS275를 사용했다. 본 실험에 사용

된 강재의 재료 시험은 KS B 0801[9]의 규정에 따라 시험편을 제작하였고 KS B 0802[10] 규정에 따라 실험을 실시하였다. 각 부재에 따른 재료시험결과는 Table 2에 정리하였고, 재료시험에 대한 응력-변형 곡선은 Fig. 4와 같다.

Table 3. Material test results

Member	Steel grading	Steel specimen	F_y	F_u	$\frac{F_y}{F_u}$	Elo. (%)	
			(N/mm^2)				(%)
Steel tube	SM355 (SM490)	38t	1	474.39	545.11	87.03	28.71
			2	477.87	549.7	86.93	29.11
			3	475.55	547.13	86.92	28.49
			Avg	475.94	547.31	86.96	28.77
Diaphragm	SS275 (SS400)	32t	1	357.58	531.11	67.33	28.66
			2	371.00	541.99	68.45	28.11
			3	362.24	531.68	68.13	29.16
Beam flange			Avg	363.61	534.92	67.97	28.64

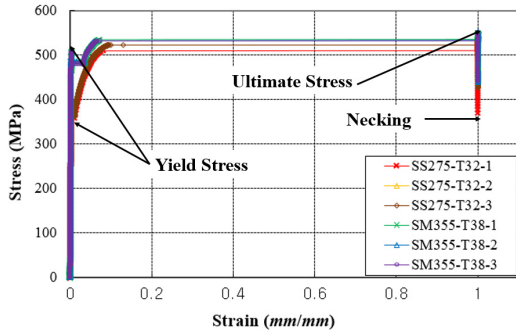


Fig. 4. Stress-Strain curve of steel

3. 내다이아프램 인장실험

3.1 실험체 가력 방법 및 측정 방법

내다이아프램 인장실험체의 경우 보를 통해서 전달되는 하중을 고려하여 Fig. 5(b)와 같이 가력을 실시하였다. 본 실험은 부재의 항복에 따른 하중을 가정할 때 인장강도(F_u)보다는 항복강도(F_y)를 사용하여 항복을 계획하였으며 탄성 범위 내 실험을 수행하여 항복 값 이내에서 검토를 진행하였다. 가력을 진행할 때 보 플랜지 부분에서 과단이 발생하게 되면 U.T.M에 충격이 예상되

므로 플랜지가 소성에 이르는 한계하중 범위에서 0.005 mm/sec의 변위제어로 가력하였다. 다이아프램의 변형률을 측정하기 위해서 Fig. 5(c)와 같이 실험체 별로 스트레인 게이지를 부착하였다.

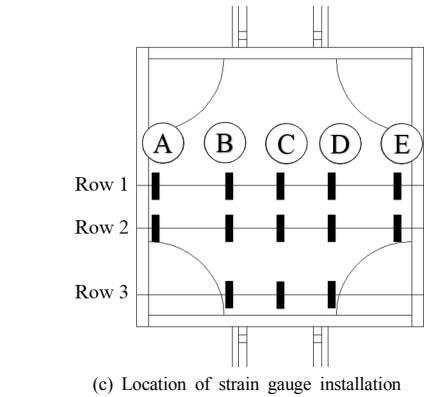
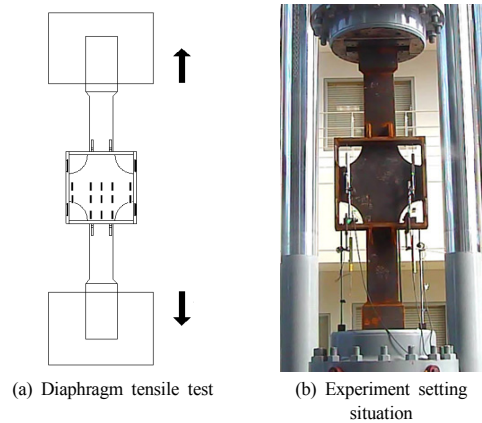
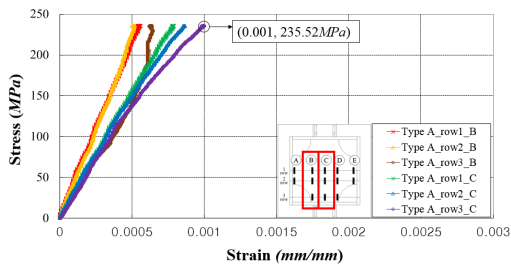


Fig. 5. Diaphragm pressing force situation

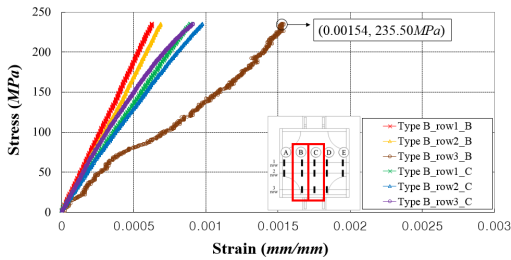
3.2 실험 결과

3.2.1 응력-변형률 분석

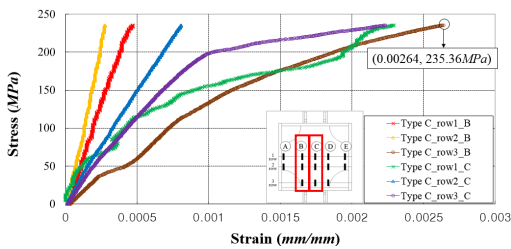
각 실험체별로 부착된 변형률 게이지로부터 모든 데이터를 추출하였지만, A열과 E열의 경우 변형률 값이 매우 작기 때문에 주요 변형이 발생하는 B열과 C열에 대한 분석을 수행하였다. D열의 경우 B열과 대칭인 위치로 유사한 변형률 분포를 나타내고 있어 분석에서 제외하였다. 변형률 게이지로부터 추출한 값을 Fig. 6과 같이 각 실험체 별 B열과 C열에 해당하는 모든 행의 응력-변형률 곡선을 나타내었다.



(a) Stress-Strain curve of Type A



(b) Stress-Strain curve of Type B



(c) Stress-Strain curve of Type C

Fig. 6. Stress-Strain curve for Specimens

Type A의 응력-변형률 곡선은 B열보다 C열에서 상대적으로 변형률이 높게 측정되었다. C열 3행에서 최대 응력은 235.52 MPa, 최대변형률은 0.001로 나타났다. Type A는 보 플랜지의 길이보다 다이아프램의 폭이 더 넓기 때문에 플랜지를 통해 하중이 작용하게 되면 다이아프램의 C열에 우선적으로 하중을 받고 점차 B, D열 바깥으로 응력이 퍼져나가므로 C열의 변형률이 상대적으로 큰 것을 확인할 수 있다.

Type B는 보 플랜지의 길이와 다이아프램의 폭이 동일한 경우로 최대변형률이 B열보다 C열이 더 높게 측정되었다. 최대변형이 발생한 B열 3행의 최대응력은 235.5 MPa, 최대변형률은 0.00154로 나타났다.

Type C의 응력-변형률 곡선은 C열보다 B열에서 상대적으로 변형률이 높게 측정되었다. B열 3행에서 최대

응력은 235.36 MPa, 최대변형률은 0.00264로 나타났다. Type C는 보 플랜지의 길이보다 다이아프램의 폭이 더 좁은 실험체로, 플랜지로부터 하중이 전달될 때 B열에 응력이 먼저 전달된다.

Table 4와 같이 동일한 하중을 받았을 때 최대 변형률을 기준 실험체(Type B)와 비교하여 나타났다. Type A의 최대 변형률은 기준 실험체 대비 약 35% 낮게 나타났다. Type C의 최대 변형률은 기준 실험체 대비 약 71% 높게 나타났다. 세 가지 실험체의 최대변형률이 발생한 응력-변형률 곡선을 Fig. 7와 같이 비교하였다. 실험체별 최대 변형률을 보면 R변수 값이 증가할수록 변형률 값은 더 커지는 것을 알 수 있다. 기준 실험체와 비교했을 때 Type C가 Type A보다 큰 차이가 나타나는 것은 Type C는 다이아프램의 폭이 감소했지만 두께는 증가했기 때문에 상대적으로 중앙부까지 힘이 쉽게 전달되기 때문이다.

Table 4. Comparison of maximum strain at the same P_{max}

Type	Row	Column	P_{max} (kN)	σ_{test} (MPa)	ϵ_{test}	$\frac{\epsilon_{test}}{\epsilon_B}$
Type A	3	C	1837.03	235.52	0.001	0.65
Type B	3	B	1837.04	235.50	0.00154	-
Type C	3	B	1836.81	235.36	0.00264	1.71

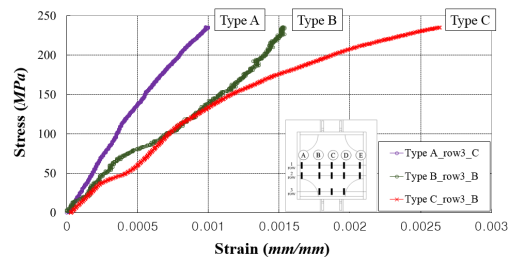


Fig. 7. Stress-Strain curve difference of three types

3.3 유한요소해석을 통한 비교

3.3.1 해석 개요

본 연구에서는 범용 유한요소해석프로그램을 사용하여 내다이하프램 구조해석을 수행하였다. 해석에 사용한 물성치는 재료시험의 결과 값을 사용하지 않고 Table 5와 같이 일반적인 강재의 강도 값을 사용하였다. 실험체는 Fig. 8과 같이 ANSYS의 Design Modeler를 사용하여 기존 다이아프램과 개선 다이아프램을 모델링하였다.

모델링 과정에서 서로 다른 Geometry가 연결되어있는 다이아프램과 강관, 강관과 보 플랜지의 경우 전체 메쉬를 동일한 크기로 설정하게 되면 절점이 공유되지 않아 메쉬 품질이 떨어진다. 따라서 접촉면에 대한 메쉬 크기를 조절하는 Contact Sizing 기능을 이용하여 메쉬 품질을 향상시켰다. 메쉬 품질은 1.0에 가까워질수록 메쉬가 잘 나뉘어졌다고 할 수 있다. 본 해석에서는 해석 요소로 Hex8(6면체, 8절점)과 Wed6(5면체, 6절점)를 설정하였고, 전체 메쉬 품질을 검토한 결과 Fig. 9 과 같이 나타났다, 평균 메쉬 품질은 0.937로 1.0에 근접하는 수치로 나타났다.

유한요소해석은 2가지의 구조해석을 수행하였다. 첫 번째는 실제 실험결과와 비교하기 위해서 Fig. 10와 같이 국부좌표를 이용하여 다이아프램의 응력과 변형을 값을 추출하였다. 두 번째는 기존 다이아프램과 개선 다이아프램의 하중전달을 비교하기 위하여 항복강도에 도달했을 때, 변형도 경화영역, 인장강도에 도달했을 때 응력 분포를 비교하였다.

Table 5. Material properties

Member	Steel grading	E	F_y	F_u	Poisson's ratio
		Unit: N/mm^2			
Steel tube	SM355 (SM490)	205,000	325	490	0.3
Diaphragm	SS275	205,000	235	400	0.3
Beam flange	(SS400)				

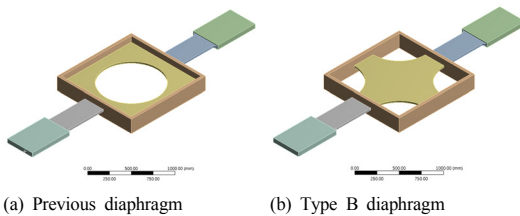


Fig. 8. Modeling of experiments using FEM

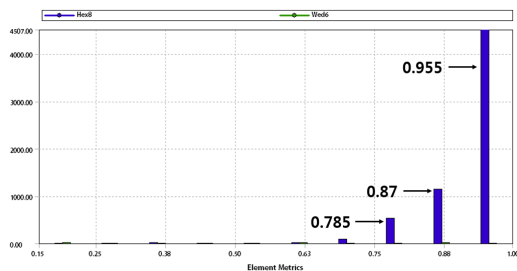


Fig. 9. Mesh quality of modeling

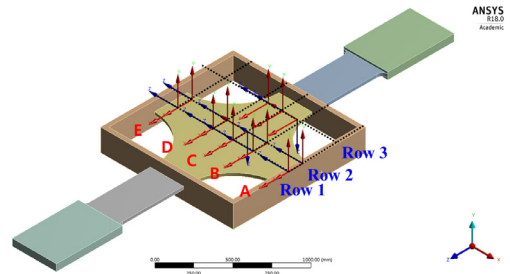


Fig. 10. Coordinates according to strain gauge position

3.3.2 응력 변형을 비교

국부좌표를 이용하여 스트레인게이지 위치와 동일한 위치에서 응력 변형률 값을 추출하였다. Fig. 11과 같이 최대 변형이 발생하는 지점에서 실험결과 값과 해석결과 값을 비교하여 응력 변형률 곡선을 나타내었다. 해석결과도 실험결과와 동일하게 R변수 값이 증가할수록 변형률 값이 더 커지는 것을 확인할 수 있다. 또한 Fig. 12과 같이 실험체별 최대변형률이 발생하는 위치를 확인했을 때 Type A는 C열 3행, Type B와 Type C는 B열 3행인 것을 확인할 수 있다. Table 6과 같이 실험결과와 해석결과의 최대변형률을 비교해보면 Type A는 약 4% 차이로 근소한 차이를 보였고, Type B은 약 12%, Type C은 약 48%의 차이를 보였다. Type C의 최대 변형률은 실험결과와 해석결과의 차이가 다른 실험체에 비하여 상대적으로 크게 나타났다. Type C의 초기강성은 유사하게 나타났지만 응력이 150MPa에 도달했을 때 실험결과의 내력이 급격히 감소한다. 이는 Type C의 경우 다이아프램의 폭이 플랜지 폭에 비하여 상대적으로 좁고, 두께가 가장 두꺼운 실험체로 150MPa 지점에서 응력이 급격히 집중되었기 때문이라고 판단된다.

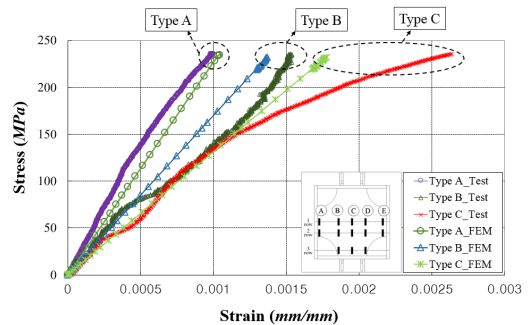
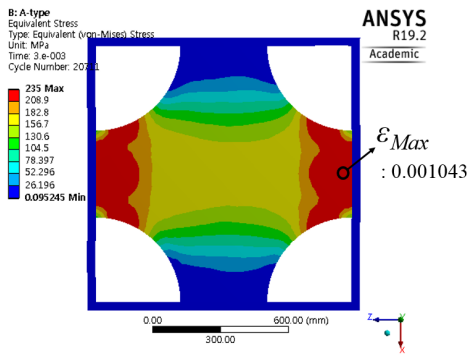
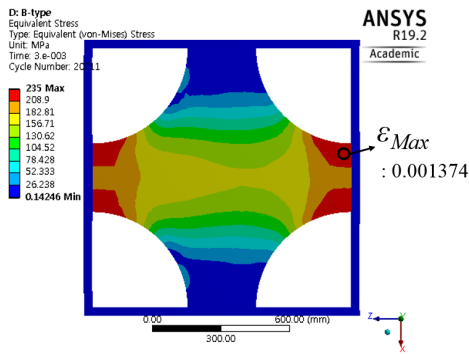


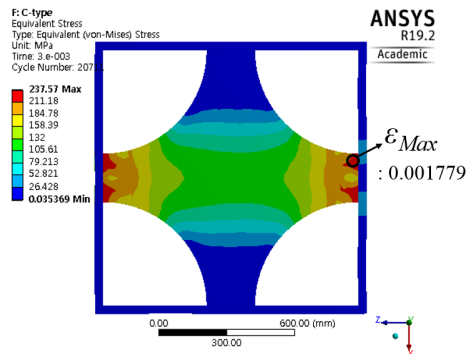
Fig. 11. Stress-Strain curve comparison of test and FEM



(a) Maximum strain at the FEM of the Type A



(b) Maximum strain at the FEM of the Type B



(c) Maximum strain at the FEM of the Type C

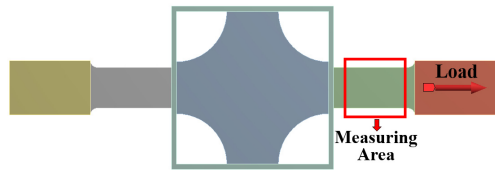
Fig. 12. Stress transfer analysis in FEM

Table 6. Maximum strain comparison of test and FEM

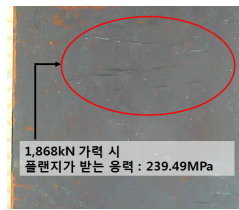
Type	σ_{test} (MPa)	ϵ_{test}	σ_{FEM} (MPa)	ϵ_{FEM}	$\frac{\epsilon_{test}}{\epsilon_{FEM}}$
Type A	235.52	0.001	235	0.001043	0.96
Type B	235.50	0.00154	235	0.001374	1.12
Type C	235.36	0.00264	237.57	0.001779	1.48

3.3.3 보 플랜지의 응력 분포

Type A, B, C 은 실제 실험에서 보 플랜지가 소성거동을 할 때 가력하중은 각 1,868kN, 1,920kN, 1,880kN 이다. 이때 실제 실험체의 플랜지가 받는 응력은 각 239.49MPa, 246.15MPa, 241.03MPa 이다. 플랜지가 단면 항복 이후 소성 거동을 분석하기 위하여 Fig. 13와 같이 실험 결과와 유한요소해석 결과를 동일한 위치에서 비교하여 나타냈다. 실제 보 플랜지에서도 소성거동을 보일 때 유한요소해석 결과에서도 응력이 집중되는 것을 확인할 수 있다.



(a) Plastic deformation measuring area



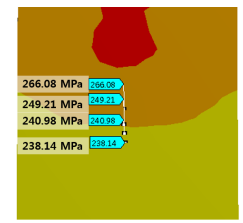
(b) Type A Specimen



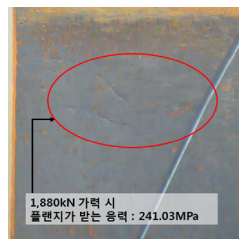
(c) Type A Modeling



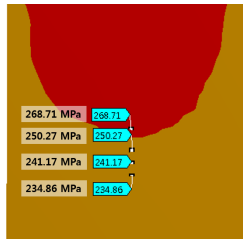
(d) Type B Specimen



(e) Type B Modeling



(f) Type C Specimen



(g) Type C Modeling

Fig. 13. Experimental and analytical plastic deformation area

4. 기존 다이아프램과 비교

Fig. 14과 같이 응력-변형을 곡선에서 항복강도, 변형도 경화, 인장강도에서의 응력분포를 Table 7과 같이 나타내었다. 개선 다이아프램의 경우 항복강도에 도달했을 때에는 응력분포가 대칭을 이루고 있는 것을 볼 수 있다. R값이 커지면서 다이아프램의 중심에 응력이 집중되는 것을 확인할 수 있다. Type C은 플랜지 폭보다 다이아프램의 폭이 더 좁기 때문에 항복강도에 도달했을 때 응력이 플랜지와 다이아프램의 단부에 집중되는 것을 볼 수 있다. 변형도 경화구간에서 인장강도까지 진행될 때에는 점차 보 플랜지에 응력이 집중되는 것을 확인할 수 있다. 기존 다이아프램의 경우 항복강도에 도달했을 때에는 응력분포가 대칭으로 형성되지 않고 플랜지와 강관의 접촉면 단부에 집중되는 것을 볼 수 있다. 변형도 경화 구간을 거쳐 인장강도에 도달할 때에는 강관이 하중 방향으로 벌어지면서 다이아프램에서 받는 응력이 점차 좁아지고 플랜지에 응력이 이동하는 것으로 나타났다.

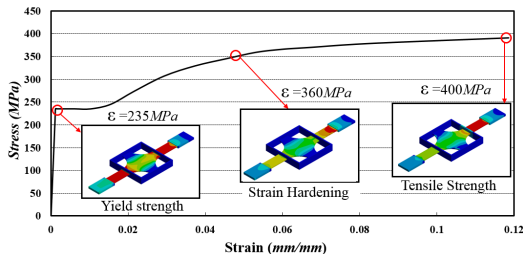
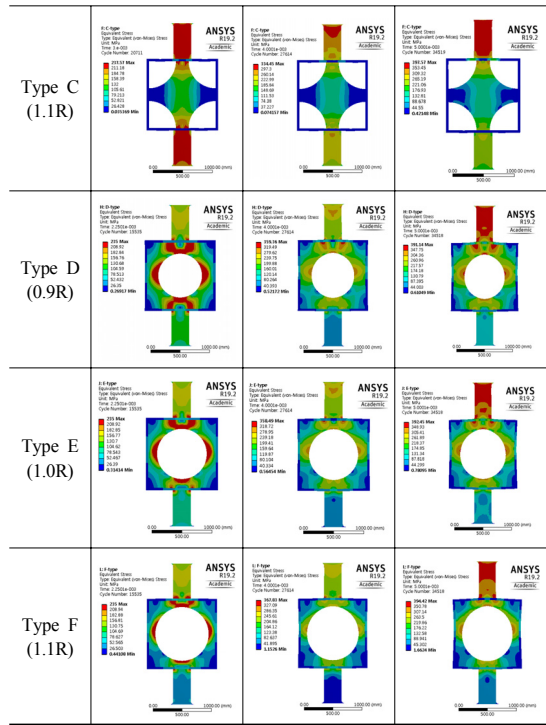


Fig. 14. Specific point values in the stress-strain curves

Table 7. Results of stress distribution analysis according to Stress

Load Type	Yield Strength (235 MPa)	Strain Hardening (360 MPa)	Tensile Strength (400 MPa)
Type A (0.9R)			
Type B (1.0R)			



5. 결론

개선 다이아프램 실험체의 단순 인장 실험결과와 유한요소해석결과를 바탕으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) R값에 따라 형상이 다른 내다이아프램이 동일하중을 받았을 때 다이아프램의 면내 변형률은 R값이 작을수록 안정적으로 나타나는 것으로 나타났다.
- (2) 실험체별 최대 변형률이 발생하는 위치는 3행에서 가장 높게 나타났다. 다이아프램의 폭이 플랜지의 폭보다 작으면 하중은 보 플랜지를 따라서 다이아프램의 단부에 먼저 도달하게 된다. 따라서 다이아프램의 폭이 보 플랜지의 폭보다 큰 경우에는 중앙부에서 최대변형률이 발생한 것이다. 이와 같은 결과는 유한요소해석결과와 매우 유사한 경향이 나타났다.
- (3) 하중이 점차 증가하여 플랜지에서 소성변형이 나타날 때 실제 실험 결과와 유한요소해석 결과를 비교해 보면 소성거동을 보일 때 유사한 응력 분포와 응력 값이 나타났다.

(4) 응력분포 해석 결과, 기존 다이아프램의 경우 강관이 하중 방향으로 벌어지면서 플랜지 단부와 접합부에 응력을 크게 받는 것을 확인할 수 있다. 반면에 개선 다이아프램의 경우 응력의 분포가 대칭을 이루며 탄성영역을 넘어 소성영역에서는 접합부가 아닌 보 플랜지에 응력이 집중되었다. 기존 다이아프램은 강관과 보 플랜지에 응력이 집중되어 개선 다이아프램과 비교했을 때 상대적으로 큰 변형이 발생하는 것을 확인할 수 있다. 따라서 개선 다이아프램이 기존 다이아프램보다 접합부의 내력이 더 뛰어나고, 하중전달이 원활한 것으로 나타났다.

Experimental Study on Structural Performance of Two Seam Cold Formed Square CFT Column to Beam Connections with Internal Diaphragm”, Journal of Korean Society of Steel Construction, KSSC-CONF, pp.538-545, June, 2007.

- [8] Sun-Hee Kim, Kwang-Ho Lee, Seong-Hui Lee, Jin-An Chung, Sung-Mo Choi, “Analysis Study on Structural Performance of Two Seam Cold Formed Square CFT Column to Beam Connections with Internal Diaphragm”, Journal of Korean Society of Steel Construction, KSSC-CONF, pp.546-551, June, 2007.
- [9] KS B 0801 : Test pieces for tensile test for metallic materials(2017).
- [10] KS B 0802 : Method of tensile test for metallic materials(2013).

References

- [1] Heon-Keun Oh, Sun-Hee Kim, Sung-Mo Choi, “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.24, No.3, pp.245-256, February, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7781/kjoss.2013.25.1.035>
- [2] Sung-Mo Choi, Sung-Duk Hong, Yo-Suk Kim, Jin-Ho Kim, “Structural Performances of Tension Side for CFT Square Column-to-Beam Connections with Combined Cross Diaphragm”, Architectural Institute of Korea, Vol.20, No.1, pp.23-32, January, 2004.
- [3] Chan-Myuan Park, Kwang-Ho Lee, Sung-Hui Lee, Young-Wook Park, Sung-Mo Choi, “Study on Square Tubular internal diaphragm connection development with two-seam”, Architectural Institute of Korea, pp.289-292, October, 2006.
- [4] Qin, Y., Chen, Z., and Wang, X., “Experimental investigation of new internal-diaphragm connections to CFT columns under cyclic loading”, Journal of Constructional Steel Research, Vol.98, pp.35-44, March 2014.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2014.02.014>
- [5] Heon-Keun Oh, Sun-Hee Kim, Chan-Myuan Park, Sung-Mo Choi, “Study on Structural Performance of Two Seam Cold-Formed Square CFT Column to Beam Connections with Internal Diaphragm”, Journal of the Korean Society for Advanced Composite Structures, Vol. 12, No. 4, pp.81~90, December, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.11004/kosacs.2012.3.4.027>
- [6] Seong-Hui Lee, Hun-Mo Jung, Il-Seung Yang, Sung-Mo Choi, “An Experimental Study on Simple Tension Connections for Square CFT Column to Beam Using Internal Plate with Holes”, Journal of Korean Society of Steel Construction, KSSC, Vol.21, No.6, pp.575-583, December, 2009.
- [7] Seong-Yeol Woo, Kwang-Ho Lee, Joong-Suk Bang, Jin-Ho Kim, Sung-Mo Choi, “A Simple Tension

곽 성 신(Sung-Shin Kwak)

[준회원]



- 2008년 3월 ~ 2011년 2월 : 명덕고등학교 졸업
- 2012년 3월 ~ 2017년 2월 : 경기대학교 플랜트·건축공학과(학사)
- 2017년 3월 ~ 2019년 2월 : 경기대학교, 일반대학원, 건축공학과(석사)

<관심분야>

건축, 건축구조

최 병 정(Byong-Jeong Choi)

[정회원]



- 1999년 1월 ~ 1999년 3월 : (미)BSW ARCHITECT (Enginnering Specialist)
- 1999년 4월 ~ 2000년 12월 : (미)HARZA ENGINEERING COMPANY (구조설계부)
- 2001년 3월 ~ 현재 : 경기대학교 (정교수)
- 2019년 2월 ~ 현재 : 경기대학교 학생지원처(처장)

<관심분야>

건축, 토목