

충전성을 개선한 각형CFT 기둥-보 접합부의 구조 특성

박 제 영¹⁾ · 이 명 재^{2)*}

¹⁾ 사원, 공학석사, (주)아이스트, 구조설계 ²⁾ 교수, 중앙대학교, 건축학부

Structural Characteristic of Beam-to-Column Connections in Rectangular CFT Structures Considering Concrete Filling

Park, Je Young¹⁾ Lee, Myung Jea^{2)*}

¹⁾ Staff, Master's Graduate, IST, Structure Design, Seoul, 135-080, Korea

²⁾ Professor, School of Architecture, Chung Ang University, Seoul, 156-756, Korea

ABSTRACT : CFT structures require a diaphragm to prevent buckling of steel at connections. An outer diaphragm has better concrete filling than a through diaphragm due to a large bore, but due to the larger size than the through diaphragm, it has poorer constructability and cooperation with building equipment. The building structure has a floor slab that was unified with the upper diaphragm, so the outer diaphragm was placed at the upper bound. Moreover, the through diaphragm was placed at the lower connection to avoid obstruction of the building equipment. The CFT structure with the improved concrete filling showed the same structural behavior as the CFT structure with the use of the same type of diaphragms at the upper and lower connections.

KEYWORDS : square CFT, beam-to-column connection, diaphragm, concrete filling, FEM

1. 서 론

건축물의 고층화 및 대형화에 따라 건축구조물에는 보다 높은 강성, 경량, 시공의 용이성, 공기단축 등이 요구된다. 이에 따라 여러 가지 구조방식 중 콘크리트충전 강관(Concrete Filled Tube, 이하 CFT)과 같은 합성구조의 연구가 활발하게 진행되었다. CFT구조는 강관이 콘크리트를 구속하여 압축내력을 증가시키며, 콘크리트는 강관의 국부좌굴을 감소시켜 단면의 증가 없이 내력을 크게 증가시킬 수 있다^[1]. 때문에 강성, 내력, 변형성능, 내화, 시공 등의 측면에서 우수한 특성을 발휘하는 구조시스템이다. 하지만 CFT 기둥과 보의 접합부에서 콘크리트의 충전성을 확보하고 충전

된 콘크리트의 품질을 확보하기가 쉽지 않아 실제 현장에 적용하는데 걸림돌이 되어 왔다. 강관기둥과 보의 접합부에는 일반적으로 접합부의 응력 집중이나 변형에 대한 보강을 위하여 다이아프램을 사용하는데, 외측다이아프램 형식을 채택할 경우에는 콘크리트의 충전성이 큰 문제가 되지 않지만, 내측 또는 관통 다이아프램을 사용할 경우에는 충전성에 주의해야 한다.

기존의 연구에서는 CFT기둥-보 다이아프램 접합부에서 관통 다이아프램이나 외측 다이아프램을 혼합하여 사용하지 않았다. 일반적인 경우 접합부의 상, 하부에 같은 형식의 다이아프램을 사용하고 있다. 이 연구에서는 CFT구조 접합부의 상부 다이아프램은 외측다이아프램 형식으로 하고 하부 다이아프램은 관통다이아프램 형식으로 하였다(이하 절충형).

이것은 건축물에 바닥슬래브가 있으므로 상부 다이아프램은 바닥슬래브와 일체가 되고 하부 다이아프램으로 관통다이아프램을 적용하여 건축설비와의 마찰을 피하며 콘크리트의 충전성을 개선시키고자 한 것이다. 이 접합부형식은 이 연구에 앞서 이명재 등(2011)^[2]에 의해 원형CFT구조 접합부에 대하여 그 구조적거동을 조사한 바 있고 그 타당성이 확인되

Note.-Discussion open until October 31, 2013. This manuscript for this paper was submitted for review and possible publication on December 27, 2012; revised March 18, 2013; approved on April 9, 2013. © KSSC 2013

* Corresponding author

Tel. +82-2-820-5871 Fax. +82-2-824-1776
E-mail: mjlee@cau.ac.kr

었다⁽²⁾⁽³⁾.

보 항복강도 P_y 을 구하여 보 항복강도 P_y 보다 최대 하중과 강성이 높을 경우의 외측다이아프램과 관통다이아프램의 h_s (폭)와 t_s (두께)를 찾아내어 H형강 보의 크기나 강종의 변화 없이 외측다이아프램이나 관통다이아프램의 h_s (폭)와 t_s (두께)의 변화만으로도 보다 효율적인 설계가 가능하도록 최적의 다이아프램의 h_s (폭)와 t_s (두께)를 고찰하였다.

2. 실험

2.1 실험계획

절충형 다이아프램형식은 접합부의 양쪽을 각각 다른 형태의 다이아프램을 사용한 것으로 내경이 작은 관통다이아프램을 한 곳에만 적용시키면 양쪽 접합부에 관통다이아프램을 적용시킨 실험체보다 상대적으로 충전성이 개선될 것이라 예상하고 제작하였다. 외측다이아프램과 관통다이아프램은 다음과 같이 치수를 정하였다.

2.1.1 외측 다이아프램

다이아프램의 장기허용인장력을 구하기 위해 다이아프램에 접합되는 H형강 보 단면을 H-350×175×7×11로, 강

관의 단면 사이즈는 □-300×300×9로 각각 정하였다. 또한 외측다이아프램의 폭 h_s 는 75mm이며, 강종은 SS400강종을 사용하였다. 다이아프램의 두께는 H형강 보 플랜지보다 1mm큰 12mm로 정하였다.

2.1.2 관통 다이아프램

다이아프램의 두께는 외측다이아프램과 같은 12mm, 관통다이아프램의 폭 h_s 는 20mm이며, 콘크리트 충전을 위한 구멍 내경은 110mm로 제작을 하였다.

2.2 실험체 제작

각형CFT기둥-보 접합부실험을 위하여 □-300×300×9 각형강관과 H-350×175×7×11 보를 사용하였다. 절충형 실험체는 상부 다이아프램이 인장과 압축을 받을 때의 2종류로 제작을 하였고, 상부측 주두부분에 직경 200mm의 콘크리트 타설을 위한 구멍을 두었다. 기존방식의 실험체는 외측다이아프램과 관통다이아프램 각각 1개씩 제작을 하였다. 각종 실험체 일람을 Table 1에 나타내었다. 각형강관기둥 길이는 3,200mm 이고 H형강 보 길이는 2,275mm이며 보 단부 하중가력지점에는 스티프너를 두어 국부좌굴을 방지하였다. 절충형 실험체 형상을 Fig. 1에 나타내었다.

콘크리트는 $f_{ck} = 30\text{MPa}$ 급을 사용하며 실험실에서 직접 레미콘과 펌프카를 사용해 현장 타설을 하였다.

강재의 접합에 관해서는 외측다이아프램의 경우 강관외측에 다이아프램 내측을 개선해 맞댐용접으로 접합을 하였으며, 관통다이아프램의 경우 강관을 절단 후 강관 사이에 관통다이아프램을 맞댐용접으로 접합을 하였다. H형강 보 웨브와 강관, H형강 보 단부의 스티프너는 필릿용접을 하였으며, 그 외 나머지 부분은 모두 맞댐용접으로 접합을 하였다.

Table 1. Specimen list

Specimen Name	Steel Pipe Steel Grade	Diaphragm Steel Grade	H-beams Steel Grade	Remark
EP-T	SPSR 400	SS 400	SHN 400	Penetration Diaphragm (Tension) Exterior Diaphragm (Compression)
EP-C				Exterior Diaphragm (Tension) Penetration Diaphragm (Compression)
EE				Exterior Diaphragm (Tension) Exterior Diaphragm (Compression)
PP				Penetration Diaphragm (Tension) Penetration Diaphragm (Compression)

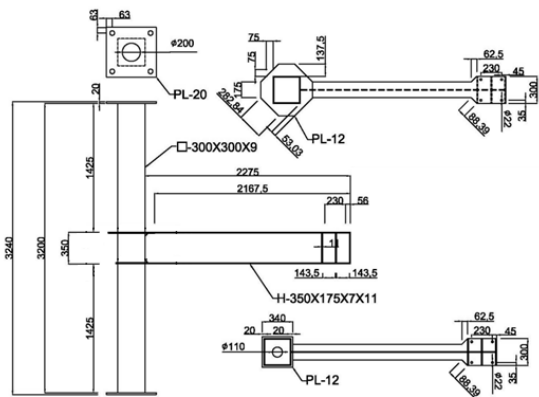


Fig. 1 Eclectic CFT beam - to - column connections specimen details

Table 2. Materials the experimental results

Material		Yield Strength (MPa)	Tensile strength (MPa)	Yield Ratio(%)	Elongation (%)	
Steel	Tube	370	480	76	40	
	H-Shape Steel	Flange	358	498	73	45
		Web	380	515	83	39
	Diaphragm	370	497	74	31	
Concrete test piece specimen	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	Average
	28	28	31	32	32	

2.3 구조재료실험

각형강관과 관통다이아프램, 외측다이아프램, H형강 보의 플랜지와 웨브 부분에서 각각 3개씩 인장시험편을 절취하여 실험하였다. 인장강도에 사용된 시험편은 한국공업규격의 금속재료 인장시험편 B 0801에 제시된 시험편에 준하여 제작하였다. 압축강도용 공시체는 지름 150mm, 높이 300mm의 원형공시체로 제작하여 만능재료시험기(U.T.M.)로 가력하였다. 강제 인장시험편의 평균값을 Table 2에 나타내었다.

2.4 가력 및 계측방법

가력 및 계측방법은 Fig. 2와 같이 기둥-보 접합부를 'T' 자형으로 제작하여 보 끝단에 하중을 가해 접합부에 모멘트가 도입되도록 가력하는 방법이다. 절충형 접합부 실험체는 H형강 보 상플랜지가 인장을 받을 때와 압축을 받을 때의 양자의 하중조건을 택하여 가력하였다. EP-C 실험체는 외측다이아프램이 인장을 받고, EP-T 실험체는 기둥의 상, 하의 위치를 바꿔 관통다이아프램이 인장을 받도록 설치를 하여 가력을 하였다. 기존 접합부형식의 실험체에 관해서는 상, 하 다이아프램 형식이 같으므로 상플랜지가 인장을 받는 경우만을 대상으로 하였다. 가력은 실험실 여건상 기둥을 수평으로 하여 보 부재를 수직으로 세워 보 단부에 수평력을 가하는 방법으로 실험을 하였으며, 실험체의 편심을 최소화 하기 위하여 Oil Jack을 당기는 단조가력을 하였다. 주두와 주각부분, Oil Jack 설치부와 Load Cell과 H형강 보 접합부는 모두 편접합으로 처리하였다. 자세한 가력 및 실험체 계측상황을 Fig. 2에 나타내었다.

가력에는 Oil Jack을 사용하고 100kN 용량의 Load Cell을 이용하여 하중을 계측하였고, LVDT 및 Wire Strain Gauge 등으로 변위 및 변형율을 계측하여 하중점 변위, 패널 존 원형강관의 변형, H형강 보 상, 하플랜지의 변형 등을 측정하였다. LVDT는 H형강 보 끝단 하중점, 하 플랜지 용

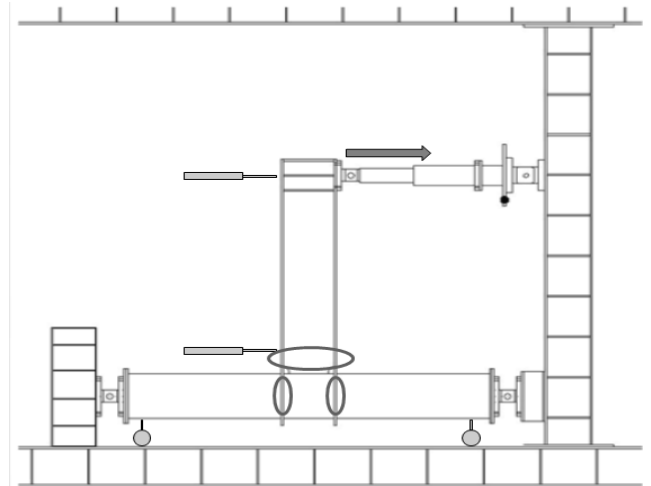


Fig. 2 Specimen loading the situation

접부, 실험체 설치상황에서 주각, 주두 부분의 수직 변위를 계측하였고, 다이얼 게이지를 기둥의 양끝단 하단부에 설치하여 가력시 기둥의 변형을 측정하였으며, Wire Strain Gauge는 H형강 보 플랜지 용접부 상부 50mm위치 좌, 우 측과 끝단에서 20mm부분과 다이아프램의 측면의 두께부분 총 6곳에서 변형도를 계측하였다.

2.5 실험결과

2.5.1 PP 실험체

PP 실험체의 경우 스티프너 없이 가력을 하였는데 다이아프램에 내력이 미치기 전에 H형강 보가 패널보다 먼저 국부 좌굴이 일어나는 양상이 나타나 본 연구의 목적이 되는 다이아프램의 내력을 확인하기 위하여 PP 실험체를 제외한 EE, EP-T, EP-C 실험체에는 H형강 보의 국부좌굴을 억제하기 위하여 각형강관으로부터 100mm 간격으로 3개의 스티프너와 3번째 스티프너에서 200mm의 간격을 이격시켜 1개의 스티프너를 삽입하였다.

PP 실험체의 실험결과를 Fig. 6(a)에 나타내었다. 최대하중 시 H형강 보 압축 플랜지의 국부좌굴과 전체 실험체 모습을 Fig. 3에 나타내었으며, 최대하중은 146kN이다.

2.5.2 EE 실험체

EE 실험체의 실험결과를 Fig. 6(b)에 나타내었으며, 최대하중은 181kN이다.

2.5.3 EP-T 실험체

PP 실험체의 경우 스티프너가 삽입되어 있지 않아 EP-T 실험체와 직접적인 비교는 할 수 없었으나 PP 실험체 또한

EP-T 실험체와 마찬가지로 동일한 양상을 나타낼 것이라고 예상된다. EP-T 실험체의 실험결과를 Fig. 6(c)에 나타내었으며, 최대하중은 168kN이다.

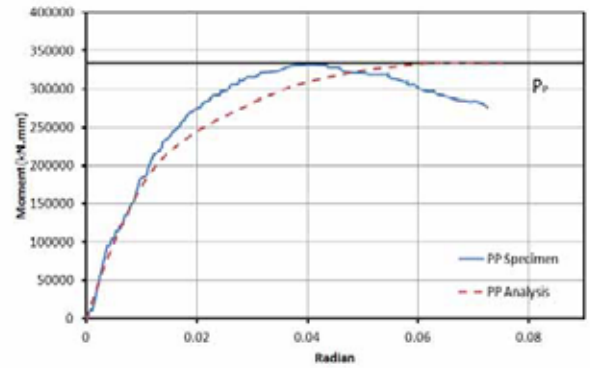
2.5.4 EP-C 실험체

최대내력이 상, 허부 모두 외측다이아프램을 적용시킨 EE 실험체보다 4%정도 내력이 높게 나옴을 알 수 있으나 내력에 큰 변화는 없다는 것을 확인 할 수 있다.

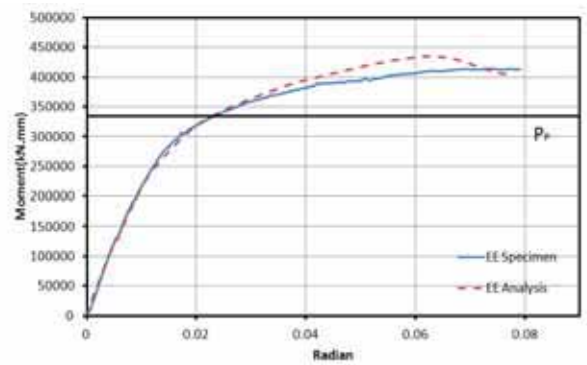
EP-C 실험체의 실험결과를 Fig. 6(d)에 나타내었으며, 최대하중은 189kN이다.



Fig. 3 Test loading



(a) PP specimen moment-radian



(b) EE specimen moment-radian

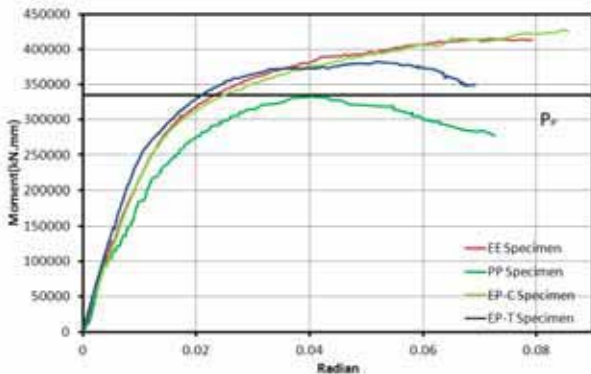
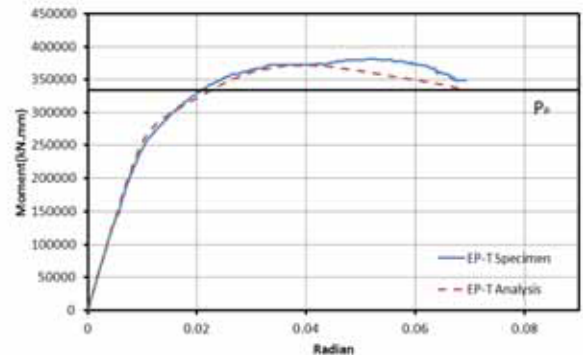


Fig. 4 Comparison with test result



(c) 10 EP-T specimen moment-radian

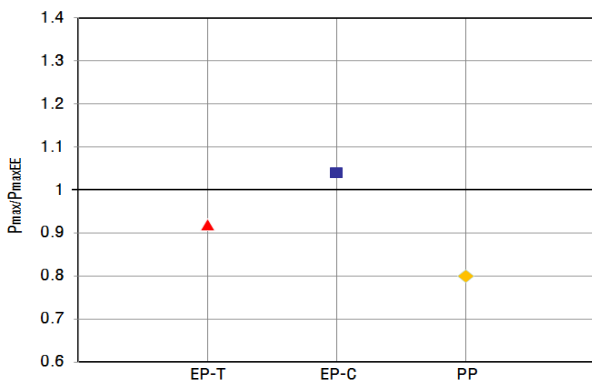
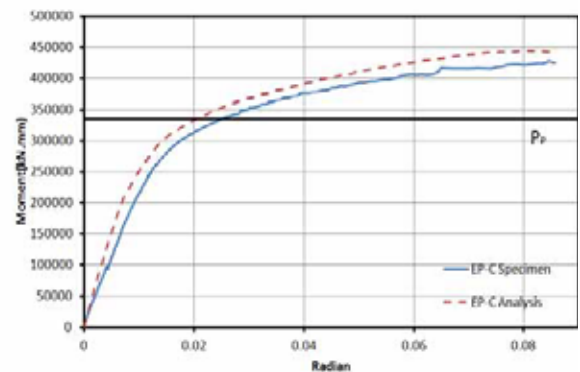


Fig. 5 Normalized with EE type



(d) EP-C specimen moment-radian

Fig. 6 Each specimen moment-radian

2.5.5 기준화시킨 접합부 내력

각각 실험체의 하중-변위관계를 Fig. 4에 나타내었으며, PP, EP-T, EP-C 실험체의 최대내력을 EE 실험체의 최대내력으로 기준화시켜 Fig. 5에 나타내었다. EP-T 실험체의 경우 EE 실험체보다 7%정도 낮은 내력을 나타내며, EP-C 실험체는 0.5%정도 높은 내력을 나타내었다. 인장축, 압축축 다이아프램을 비교하면 인장축 다이아프램을 같은 종류를 사용한 실험체의 최대내력이 유사함 알 수 있으며, PP 실험체가 다이아프램보다 보가 먼저 파괴가 일어나지 않았다면 EP-T 실험체와 유사한 최대내력을 보일 것이라고 판단된다.

3. 유한요소해석

3.1 모델링

기둥은 상부 다이아프램부분, 하부 다이아프램부분, 외측 다이아프램, 관통다이아프램, H형강 보 부분으로 5개로 나눠 솔리드 요소로 모델링하였으며, 관통, 외측 여부에 따라 2가지 형태의 다이아프램을 모델링하였다. 강재끼리의 용접부위는 'tie'로 묶어 동일한 거동을 하게 하였으며, 강재와 콘크리

트 사이에는 마찰계수를 두는 'finite sliding'을 사용하여 극소하게 미끄러지도록 정하였다(류성곤(2010)). 각 파트별로 유한요소해석을 위한 메쉬를 나누고 접합부 부근은 보다 작은 사이즈로 나누어 내력분포를 자세히 알아 볼 수 있도록 하였다. Fig. 7부터 Fig. 11까지 5가지의 부재로 나누어 모델링을 나타냈으며, 재료 기계적 성질은 모두 항복강도가 235MPa를 적용하여 이론적인 다이아프램의 성능을 알아보고자 하였다^[4].

하중은 실험과 동일하게 보 끝단 상플랜지에서 지면과 수직방향으로 변위제어법을 사용하여 실험 시 각각의 실험체 가력종료 시점의 변위를 입력하여 유한요소해석을 Abaqus 6.11을 사용하여 시행하였으며, 하중이 가해지는 부분을 Rigid를 만들어 하중이 가해지는 부분의 항복을 억제 시켰으며, 모든 하중은 편심이 없다고 가정하였다. 기둥의 양 단부는 하중을 가하는 방향의 회전을 제외한 나머지 변위와 회전을 제어한 회전단으로 모델링하여 실제 실험과 동일한 조건을 주었다.

3.2 실험결과와의 비교

각각 실험체 해석의 하중-변위관계를 Fig. 12에 나타내었

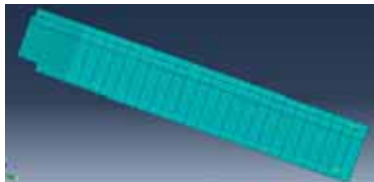


Fig. 7 H beam

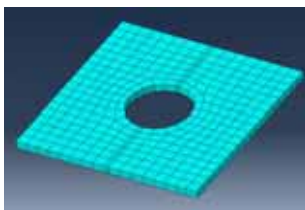


Fig. 8 Penetration diaphragm



Fig. 9 Exterior diaphragm

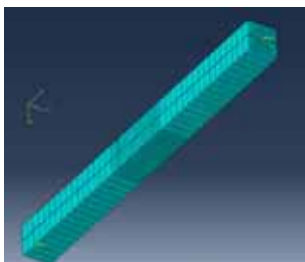


Fig. 10 Concrete

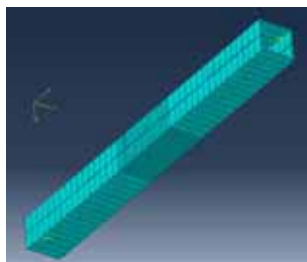


Fig. 11 Square tube

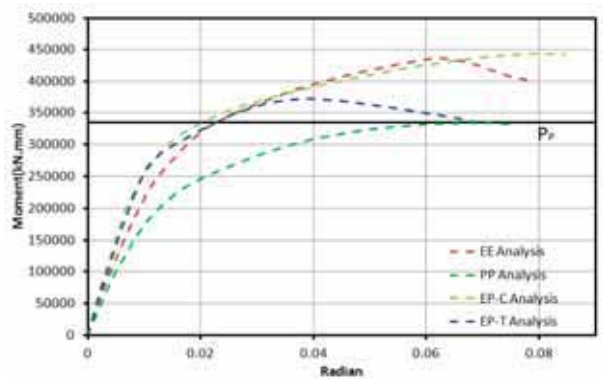


Fig. 12 Comparison with analysis result

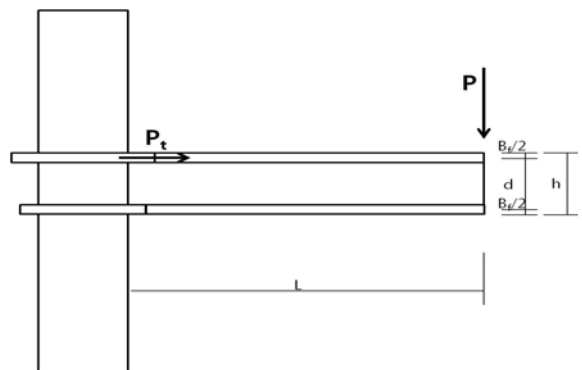


Fig. 13 Exterior diaphragm tension

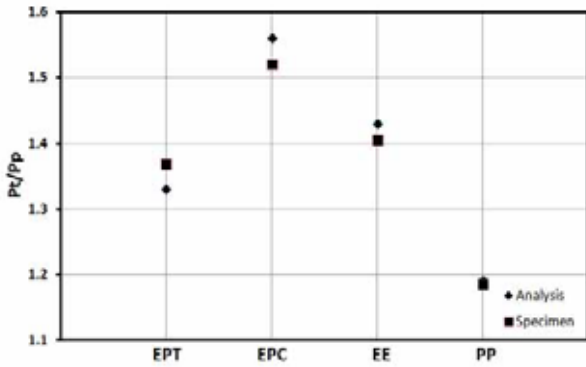


Fig. 14 P_p Comparison of flange axial force and maximum load

으며, 해석과 실험의 각 실험체를 설계기준과 비교하기 위하여 최대하중(P_{max})을 사용한 인장축 플랜지의 축력(P_t 식 (1))과 보의 전소성모멘트를 보의 춤으로 나눈 식 (2)와 비교를 하여 Fig. 13에 나타내었다. 실험 및 해석결과는 P_p 의 약 10% 내외의 값을 나타내고 있음을 알 수 있다. 이는 설계식 P_a 를 사용할 경우 보의 전소성능력까지 사용 가능함을 알 수 있다(Fig. 14).

$$P_t = \frac{P_{max}L}{d} \quad (1)$$

$$P_p = \frac{F_y Z_x}{d} \quad (2)$$

여기서, F_y : H형강 보 항복강도
 Z_x : H형강 보 소성 단면계수
 L : H형강 보 길이
 d : 보의 춤($h - t_f$)

3.3 영향변수 해석

H형강 보 항복강도 P_y 을 구하여 보 항복강도 P_y 보다 항복내력과 초기강성이 높을 경우의 외측다이아프램과 관통다이아프램의 h_s (폭)와 t_s (두께)를 찾아내어 H형강 보의 크기나 강종의 변화 없이 외측다이아프램이나 관통다이아프램의 h_s (폭)와 t_s (두께)의 변화만으로 보다 효율적인 설계가 가능하도록 최적의 다이아프램의 h_s (폭)와 t_s (두께)를 찾아보았다.

H형강 보의 항복강도를 235MPa로 하였을 시 보 항복강도 P_y 의 식(3)은 아래와 같다.

Table 3. Apply a range of variables

Function	Variables	Maximum (mm)	Minimum (mm)
$t_s \geq t_f$	t_s	-	11
$0.75 \leq t_s/t \leq 2.0$	t_s	18	6.75
$h_s/B \geq 0.15t_f/t_s$	h_s	-	45

$$P_y = \frac{F_y S_x}{L} \quad (3)$$

여기서, F_y : H형강 보 항복강도
 S_x : H형강 보 단면계수
 L : 보의 팔 길이

변수로 들어가는 h_s (폭)와 t_s (두께)의 적용범위 변수의 최대, 최소값을 산출하면 Table 3과 같이 나타난다^[5].

3.3.1 해석용 구조재료의 기계적 성질

외측다이아프램과 관통다이아프램, H형강 보(플랜지, 웨브), 각형강관의 항복강도를 235MPa로 하고 완전탄소성체로 하여 각형CFT구조의 거동을 h_s (폭)와 t_s (두께)에 따른 초기강성과 항복내력을 확인하기 위하여 EE, PP, EP-C, EP-T 각각의 실험체를 해석하였다. 항복강도 235MPa의 기계적 성질은 Fig. 15와 같이 완전탄소성 구간을 적용하였다.

3.3.2 관통다이아프램(PP)

관통다이아프램의 모멘트-회전각 그래프(Fig. 16)와 관통다이아프램의 강성변화 그래프(Fig. 17)의 결과를 분석하여 보면, 관통다이아프램의 h_s (폭)와 t_s (두께)를 변화시켰을 시 t_s (두께)를 12mm에서 11mm로 줄였을 경우를 제외하

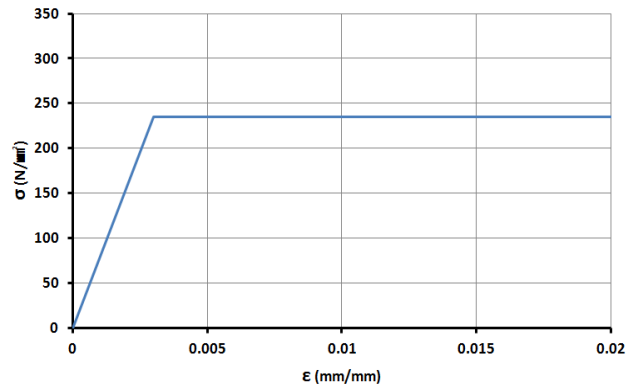


Fig. 15 235MPa steel stress-strain relationship

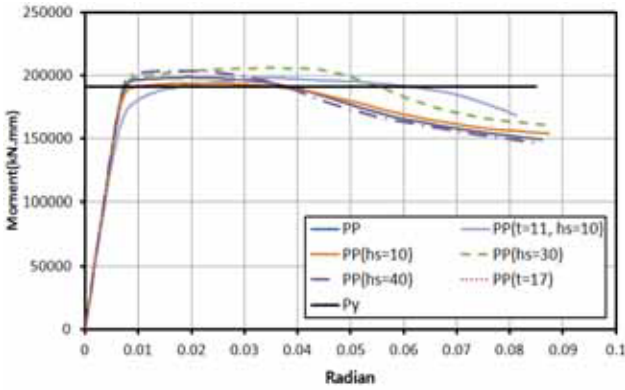


Fig. 16 Penetration diaphragm variable moment-radian

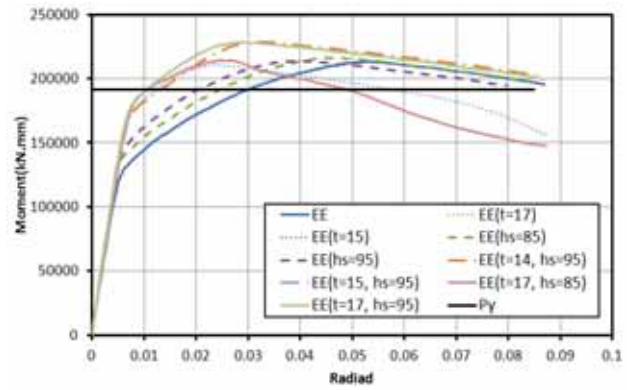


Fig. 18 Exterior diaphragm variable moment-radian

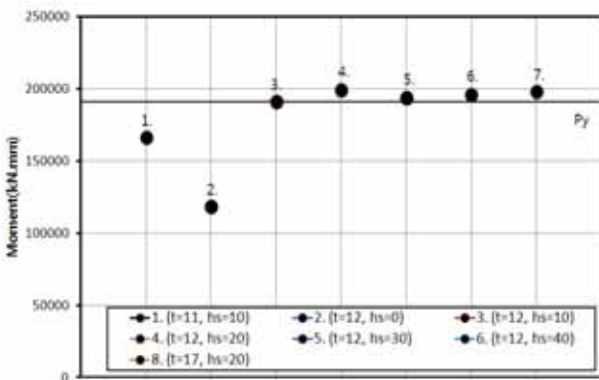


Fig. 17 Penetration diaphragm stiffness transition

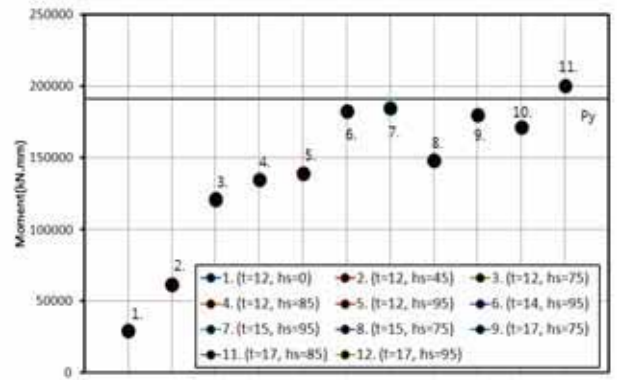


Fig. 19 Exterior diaphragm stiffness transition

고, 초기강성의 변화가 확연히 나타나지 않는다는 것을 확인할 수 있었지만, 기존 실험체의 사이즈인 h_s (폭) 20mm를 10mm로 줄여도 초기강성과 구조성능에 큰 차이가 나타나지 않기 때문에 h_s (폭)를 10mm로 줄여서 설계를 하여도 된다고 판단이 된다.

3.3.3 관통다이아프램(EE)

외측다이아프램의 모멘트-회전각 그래프(Fig. 18)와 외측다이아프램의 강성변화 그래프(Fig. 19)의 결과를 분석하여 보면, 외측다이아프램의 h_s (폭)와 t_s (두께)를 변화시켰을 때 h_s (폭)의 변화보다는 t_s (두께)를 변화시켰을 때가 초기강성증가에 보다 효율적이라는 것을 확인할 수 있다. h_s (폭)을 95mm, t_s (두께)를 17mm로 하였을 시 보의 항복강도가 되는 P_y 84kN 보다 높은 초기강성을 나타남을 확인할 수 있다.

3.3.4 관통다이아프램(EP-C)

앞서 실험과 해석에서 나왔던 결과와 같이 외측다이아프램이 인장을 받을 때가 EP-T보다 높은 항복내력과 초기강성을

나타냄을 확인할 수가 있었으며, 외측다이아프램과 마찬가지로 h_s (폭)와 t_s (두께)의 변화에 따라 초기강성증가에 영향을 주는 것을 확인할 수 있다. 외측다이아프램과 마찬가지로 h_s (폭)을 95mm, t_s (두께)를 17mm로 하였을 시 보의 항복강도가 되는 P_y 84kN 보다 높은 초기강성을 나타냄을 확인할 수 있다(Fig. 20, Fig. 21).

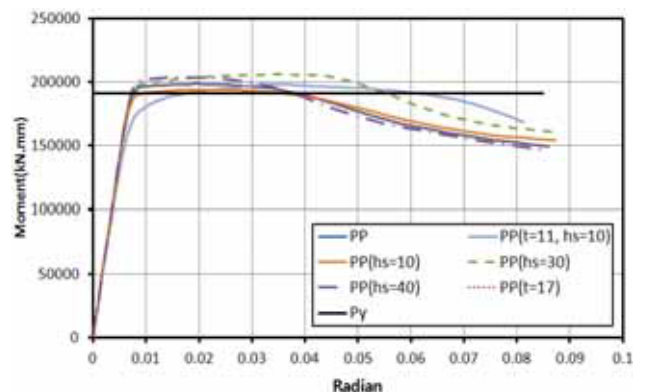


Fig. 20 Eclectic diaphragm(EP-C) variable moment-radian

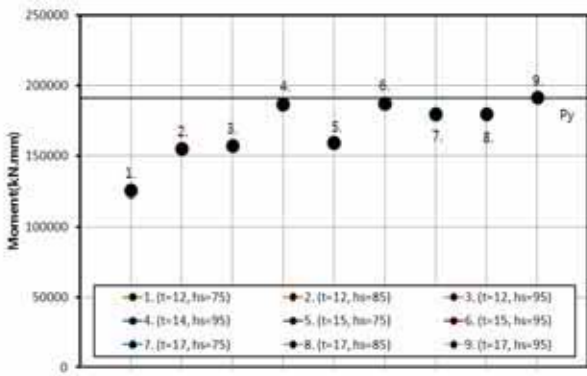


Fig. 21 Eclectic diaphragm(EP-C) stiffness transition

3.3.5 관통다이아프램(EP-T)

관통다이아프램의 실험과 해석의 결과와 마찬가지로 h_s (폭)와 t_s (두께)의 변화에 따라 초기강성의 변화에 영향이 미미함을 보인다. 이는 절충형 CFT의 실험결과와 같이 인장을 받는 다이아프램이 구조성능에 많은 영향을 끼침을 확인할 수 있다. 기존 실험체의 다이아프램 사이즈인 h_s (폭) 20mm를 10mm로 줄여도 초기강성과 구조성능에 큰 내력저하가 나타나지 않기 때문에 h_s (폭)를 10mm로 줄여서 설계를 하여도 된다고 판단이 된다(Fig. 22, Fig. 23).

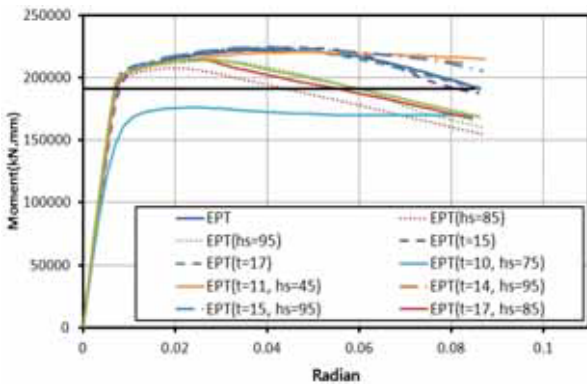


Fig. 22 Eclectic diaphragm(EP-T) variable moment-radian

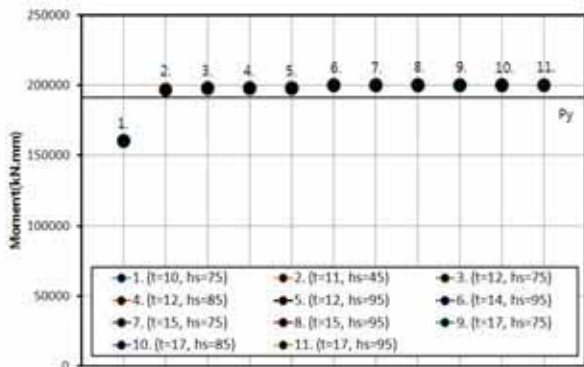


Fig. 23 Eclectic diaphragm(EP-T) stiffness transition

3.3.6 고찰

1) 해석 결과

Table 4의 결과는 분석하여 보면, 외측다이아프램은 t_s (두께)를 12mm에서 17mm로 늘렸을 경우 항복내력이 약 41%가 증가하며, h_s (폭)가 75mm에서 95mm로 증가될 경우 항복내력이 약 16% 증가한다. 관통다이아프램은 t_s (두께)를 12mm에서 17mm로 늘렸을 경우 내력이 약 4%가 증가하며, h_s (폭)가 20mm에서 40mm로 증가될 경우 내력이 약 3% 증가한다.

2) 기둥-보 접합부의 조건

다이아프램의 초기강성 및 항복내력을 증가를 위해서는 다이아프램의 h_s (폭)의 증가보다는 t_s (두께)의 증가가 더욱 효율적임을 확인할 수 있지만, t_s (두께)를 무작정 증가시키는 것보다는 h_s (폭)를 적당히 증가시켜 가면서 효율적인 t_s (두께)와 h_s (폭)를 찾는 것이 설계를 합리적으로 할 수 있는 방안이라고 판단할 수 있다.

□- 300×300×9 강관과 H- 350×175×7×11 보를 사용할 때 다이아프램형식 별로 접합부의 초기강성과 보의 항복내력을 확보하는 조건은 앞의 해석결과로부터 다음과 같이 각각 나타낼 수 있다.

- ① 관통다이아프램의 h_s (폭)를 10mm, t_s (두께)는 12mm
- ② 외측다이아프램의 h_s (폭)를 95mm, t_s (두께)를 17mm
- ③ 절충형다이아프램 EP-C는 외측다이아프램이 인장일 경우 외측다이아프램의 사이즈인 h_s (폭)를 95mm, t_s (두께)는 17mm
- ④ 절충형다이아프램 EP-T는 외측다이아프램이 압축일 경우 외측다이아프램의 사이즈인 h_s (폭)를 45mm, t_s (두께)는 11mm

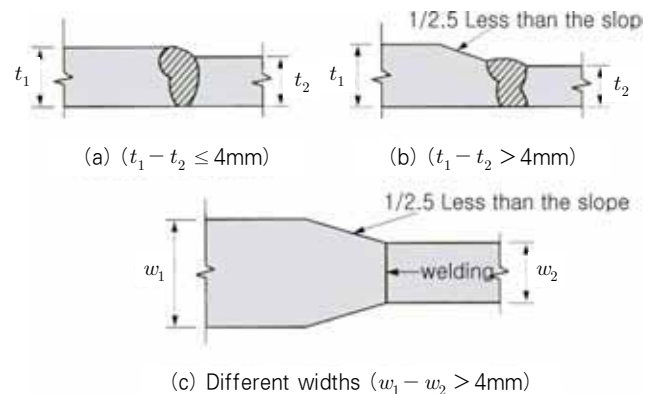


Fig. 24 With different thickness of groove weld

Table 4. Variable the maximum moment and P_a
Width & Thickness Unit (mm)

Specimen	Diaphragm	Diaphragm Thickness (t_s)	Diaphragm Width (h_s)	Maximum Moment (kN.mm)
PP	Penetration	12	0	179725
	Penetration	11	10	193804
	Penetration	12	10	197258
	Penetration	12	20	197925
	Penetration	12	30	204750
	Penetration	12	40	202475
	Penetration	17	20	207025
EE	Exterior	12	0	-
	Exterior	12	45	-
	Exterior	12	75	213850
	Exterior	15	75	211575
	Exterior	17	75	211575
	Exterior	12	85	216125
	Exterior	17	85	213850
	Exterior	12	95	213850
	Exterior	14	95	222950
EP-C	Exterior	15	95	227500
	Exterior	17	95	213850
	Penetration	12	10	220665
	Exterior	12	75	
	Penetration	12	10	197920
	Exterior	15	75	
	Penetration	12	10	197925
	Exterior	17	75	
	Penetration	12	10	209991
	Exterior	12	85	
	Penetration	12	10	202469
	Exterior	17	85	
	Penetration	12	10	204743
	Exterior	12	95	
	Penetration	12	10	225221
	Exterior	14	95	
	Penetration	12	10	227495
Exterior	15	95		
EP-T	Penetration	12	10	176010
	Exterior	75	10	
	Penetration	12	10	210131
	Exterior	11	45	
	Penetration	12	10	213854
	Exterior	12	75	
	Penetration	12	10	227493
	Exterior	15	75	
	Penetration	12	10	227497
	Exterior	17	75	
	Penetration	12	10	207020
	Exterior	12	85	
	Penetration	12	10	213842
	Exterior	17	85	
	Penetration	12	10	213847
	Exterior	12	95	
	Penetration	12	10	216123
	Exterior	14	95	
	Penetration	12	10	216124
Exterior	15	95		
Penetration	12	10	218392	
Exterior	17	95		

다이아프램의 t_s (두께)가 H형강의 플랜지 t_s (두께)의 차이가 4mm 이상인 경우는 Fig. 24와 같이 용접을 한다.

4. 결 론

본 연구는 각형CFT구조의 접합부 구조적 거동을 평가하기 위하여 실험체를 제작하여 실험하였고 실험과 유한요소법의 타당성을 확인 후, 유한요소법의 해석을 통하여 다이아프램의 치수를 조절하여 강성을 높이고, 보다 효율적인 설계를 하기 위하여 변수를 고찰하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 관통다이아프램은 □-300×300×9 강관과 H-350×175×7×11 보를 사용할 때에는 h_s (폭)를 10mm, t_s (두께)는 12mm로 설계하면 접합부의 초기강성과 보의 항복내력을 확보하는 조건이 된다.
- (2) 외측다이아프램은 □-300×300×9 강관과 H-350×175×7×11 보를 사용할 때에는 h_s (폭)를 95mm, t_s (두께)를 17mm로 설계하면 접합부의 초기강성과 보의 항복내력을 확보하는 조건이 된다.
- (3) 절충형 다이아프램 EP-C는 □-300×300×9 강관과 H-350×175×7×11 보를 사용할 때 외측다이아프램이 인장일 경우 외측다이아프램의 사이즈인 h_s (폭)를 95mm, t_s (두께)를 17mm로 설계하면 접합부의 초기강성과 보의 항복내력을 확보하는 조건이 된다.
- (4) 절충형 다이아프램 EP-T는 □-300×300×9 강관과 H-350×175×7×11 보를 사용할 때 외측다이아프램이 압축일 경우 외측다이아프램의 사이즈인 h_s (폭)를 45mm, t_s (두께)를 11mm로 설계하면 접합부의 초기강성과 보의 항복내력을 확보하는 조건이 된다.
- (5) 다이아프램 강성의 증가를 위해서는 다이아프램의 h_s (폭) 증가보다는 t_s (두께)의 증가가 더욱 효율적임을 판단할 수 있다.
- (6) 관통다이아프램과 외측다이아프램을 절충하여 사용한 각형CFT접합부의 성능은 일반적인 접합부 형식의 경우와 동일한 구조적 거동을 나타내고 있는 것이 확인되었다.

감사의 글

이 연구의 수치해석 결과는 2012년 포스코 강구조 학위논문 지원사업에서 지원한 “충전성을 개선한 CFT구조의 기둥-보 접합부의 구조적 거동” 연구결과의 일부임을 밝힌다.

참 고 문 헌(References)

- [1] 宮尾俊明, 松村弘道, 大島基義, 君島昭男(1989) 콘크리트 충전角形鋼管柱鑄鋼ダイヤフラムの強度について, *Summaries of technical papers of Annual Meeting Architectural Institute of Japan*. Structures II 1989, pp.1641-1642 (in Japanese).
Miyao, T., Matsumura, H., Oshima, M., and Kimijima, A. (1989) Strength of cast steel diaphragms for concrete filled RHS columns, *Summaries of technical papers of Annual Meeting Architectural Institute of Japan*. Structures II 1989, pp.1641-1642 (in Japanese).
- [2] 이명재, 박민수, 김희동(2011) 충전성을 개선한 원형 CFT구조의 기둥-보 접합부 구조적 거동, *한국강구조학회 논문집*, 한국강구조학회, 제23권, 제6호, pp.737-745.
Lee, M., Park, M., and Kim, H. (2011) Structural behavior of beam-to-column connections of circular CFT structures improving concrete filling, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol. 23, No. 6, pp.737-745 (in Korean).
- [3] 박민수(2011) 충전성을 개선한 원형 CFT구조의 기둥-보 접합부 구조적 거동, 석사학위논문, 중앙대학교.
Park, M. (2011) *Structural behavior of beam-to-column connections of circular CFT structures with improvement of concrete filling*, M.S. Dissertation, Chung-Ang University, Korea (in Korean).
- [4] 류성곤(2010) 혼합다이하프램 형식을 이용한 CFT기둥-보 접합부 내력, 석사학위논문, 중앙대학교.
Ruy, S. (2010) *The strength of CFT column-to-beam using hybrid diaphragm type*, M.S. Dissertation, Chung-Ang University, Korea (in Korean).
- [5] 한국강구조학회(2003) 콘크리트 강관구조설계 및 시공지침. KSSC (2003) *Concrete pipe structural design and construction guidelines*, Korean Society of Steel Construction (in Korean).

요 약: CFT구조의 기둥-보 접합부는 강관의 국부좌굴을 방지하기 위해 다이하프램이 필요하다. 외측다이하프램 형식은 관통다이하프램 형식보다 콘크리트의 충전성이 좋으나 시공성과 건축설비와 공조하는 측면에서 불편함이 있다. CFT구조 접합부의 상부 다이하프램은 외측다이하프램 형식으로 하고 하부 다이하프램은 관통다이하프램 형식으로 하였다. 이것은 건축물에서 바닥슬래브가 있으므로 상부 다이하프램은 바닥슬래브와 일체가 되고 하부 다이하프램으로 관통다이하프램을 적용하여 건축설비와의 마찰을 피하고자 한 것이다. 결과적으로 충전성을 개선시킨 CFT구조의 구조성능은 상, 하부 모두 관통다이하프램을 적용한 구조와 비교하면 동일하다는 것을 알 수 있다.

핵심 용어: 각형CFT, 기둥-보 접합부, 다이하프램, 충전성, 유한요소법
