



# 콘크리트충전 각형강관구조의 다이아프램 개구부 형상에 따른 기둥-보 접합부 구조적 거동

김기훈<sup>1</sup> · 이명재<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>사원, 마이다스아이티, 건설엔지니어링팀, <sup>2</sup>정교수, 중앙대학교, 건축학부

## Structural Behavior of Beam-to-Column Connections of Rectangular CFT Structures having Different Diaphragm Opening

Kim, Ki Hoon<sup>1</sup>, Lee, Myung Jae<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Technical Engineer, Engineering CS Dept, Midas IT, Seongnam, 463-400, Korea  
<sup>2</sup>Professor, Building Science & Engineering, Chung-Ang University, Seoul, 156-756, Korea

**Abstract** - The steel tube of Concrete-Filled Tube(CFT) confines the concrete and the concrete restrains the buckling of the tube, The objective of this study is to investigate the influences of the opening shape of the through diaphragm in case of the rectangular CFT column-to-beam connection through the structural experiment. The experiment results are compared with analysis results obtained by using the FEM program. These results are shown that strength of the rectangular CFT column-to-beam connection have similar structural performance regardless of the opening shape if opening areas of the through diaphragm are same. Also in case the connection area/shape of the through diaphragm and the flange of H-beam are similar, it was ascertained that the bending stress occurred at the beam can be transferred to the column through the diaphragm.

**Keywords** - Rectangular CFT, Beam-to-column connection, Diaphragm shape, FEM

### 1. 서론

CFT 구조는 강관이 콘크리트를 구속하여 압축내력을 증가시키고, 콘크리트는 강관의 국부좌굴을 감소시켜 단면의 증가 없이 내력을 크게 증가시킬 수 있다. 때문에 강성, 내력, 변형성능, 내화, 시공 등의 측면에서 우수한 특성을 발휘하는 구조시스템이다. 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.

내측 또는 관통 다이아프램의 경우 콘크리트 충전을 위해 다이아프램 중앙에 100mm 이상의 원형 개구부를 두는 것이 일반적이고(KSSC, 2003)<sup>[1]</sup>, 국내외적으로 이 경우의 실험 연구(Park and Lee, 2013<sup>[2]</sup>, Miyao *et al.*, 1989<sup>[3]</sup>)가 많이 이루어졌다.

기존연구에서 CFT 기둥-보 접합부 상, 하부 다른 형식의 다이아프램 적용한 접합부의 구조적 거동을 조사한 바 있고 그 타당성이 확인되었다(Park, 2012<sup>[4]</sup>, Park *et al.*, 2011<sup>[5]</sup>). 이 연구에서는 다이아프램의 4개 코너부에 개구부를 두는 경우에 구조적 거동을 중앙에 원형개구부를 둔 경우와 비교하여 차이점을 조사하고자 하였다. 즉, 각형CFT 접합부에 관통 다이아프램의 개구부 형상을 달리 적용하였을 때, 그에 따른 접합부의 내력을 평가하고 다이아프램 및 보 플랜지의 구조적인 거동의 특성을 실험을 통해 고찰하였다. 그리고 유한요소해석을 실시하여 실험과의 비교를 통해 그 타당성을 확인하였다.

Note.-Discussion open until December 31, 2015. This manuscript for this paper was submitted for review and possible publication on January 19, 2015; revised March 31, 2015; approved on April 7, 2015.

Copyright © 2015 by Korean Society of Steel Construction

\*Corresponding author.

Tel. +82-2-820-5871 Fax. +82-2-824-1776

E-mail. mjlee@cau.ac.kr

## 2. 실험

### 2.1 실험계획

다이아프램 형식은 기존 관통 다이아프램 형식을 따라 강관 중앙에 타설 구멍을 낸 P1 실험체, 강관 네 귀퉁이에 각각 1/4원을 낸 P2 실험체, 마지막으로 타설 구멍 없이 보 방향으로만 보 플랜지 폭과 동일한 강판을 관통시킨 P3 실험체 세 가지이며, P3 실험체의 경우 P1, P2 실험체에 비해 상대적으로 충전성이 개선될 것이라 예상하고 제작하였다. 각 실험체에 따른 CFT 기둥-보 접합부의 제원과 치수를 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Specimen list

Specimen	R (mm)	Column (SPSR 400) (mm)	Length of Column (mm)	Beam (SHN400) (mm)	Length of Beam (mm)	Number (EA)
P1	55	300×300×9	3,200	350×175×7×11	2,255	1
P2	55					1
P3	-					1

#### 2.1.1 관통 다이아프램 형식의 P1 실험체

다이아프램에 접합되는 H형강 보 단면은 H-350×175×7×11로, 강관의 단면 사이즈는 □-300×300×9로 각각 정하였다. 또한 관통 다이아프램의 강종은 SS400으로 폭  $h_s$ 는 20mm이며, 두께  $t_s$ 는 12mm로 정하였다. 콘크리트 충전을 위한 구멍을 강관 중앙에 두었으며 직경은 110mm로 제작하였다.

#### 2.1.2 관통 다이아프램 형식의 P2 실험체

콘크리트 충전을 위한 구멍을 강관 네 귀퉁이에 1/4원으로 내었다. 반경은 55mm로 제작하여 전체 구멍의 면적이 P1 실험체 다이아프램의 구멍 면적과 동일하게 하였다. 나머지 제원은 P1 실험체의 다이아프램과 동일하다.

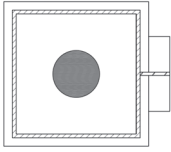
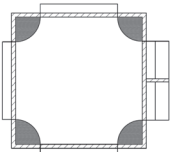
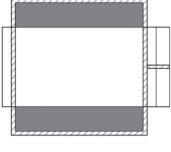
#### 2.1.3 관통 다이아프램 형식의 P3 실험체

H형강 보와 같은 폭인 175mm의 강판을 관통 다이아프램으로 제작하였다. 보 방향으로만 관통하는 이 다이아프램은 타설을 위한 구멍이 없이 양쪽에 생기는 공간을 통해 콘크리

트를 충전시켰다. 그 외에 강종과 폭 및 두께에 대한 조건은 P1, P2 실험체의 다이아프램과 동일하다.

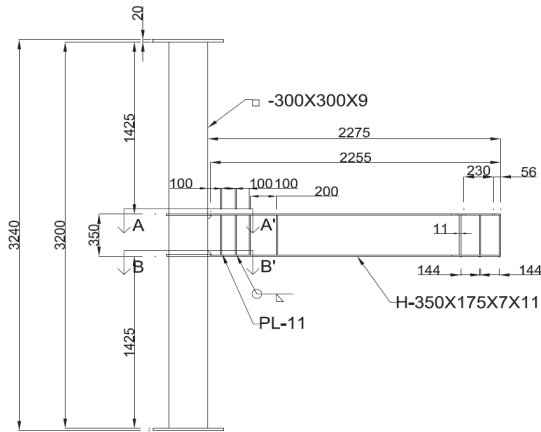
P1, P2, P3 실험체의 다이아프램 형상을 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Diaphragm shapes

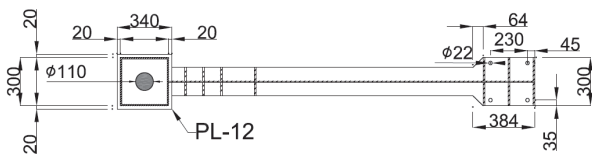
Specimen	Steel Tube	Diaphragm	H-beams	Remark
	Steel Grade			Diaphragm Shape
P1	SPSR 400	SS 400	SHN 400	
P2				
P3				

### 2.2 실험체 제작

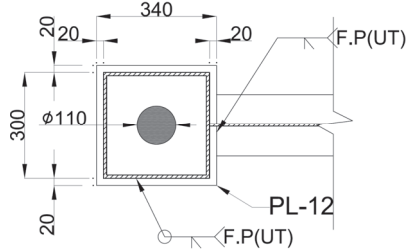
각형CFT 기둥-보 접합부의 치수는 □-300×300×9 각형강관과 H-350×175×7×11 보를 사용하였으며, 세 개 실험체의 인장측 다이아프램과 압축측 다이아프램에는 해당하는 관통 다이아프램을 설치하였다. 상부측 주두부분에 직경 200mm의 콘크리트 타설을 위한 구멍을 두었으며, 접합부 주위 H형강에는 스티프너를 100mm 간격으로 3개, 마지막은 200mm 간격으로 삽입하여 접합부가 최대내력에 도달하기 전에 H형강 보가 국부좌굴로 인해 먼저 항복하는 현상을 방지하였다. 콘크리트의 설계압축강도( $f_{ck}$ )는 30MPa 급을 사용하며 직접 레미콘과 펌프카로 현장에서 타설을 하였다. 강재의 접합에 관해서는 관통 다이아프램의 경우, 강관을 절단 후 강관 사이에 관통다이아프램을 맞댐용접으로 접합을 하였으며 H형강 보 웹과 강관, H형강 보 단부의 스티프너는 필릿용접을 하였다. 그 외 나머지 부분은 모두 그루브용접으로 처리하였다. 실험체의 형상을 Fig. 1에 나타내었다.



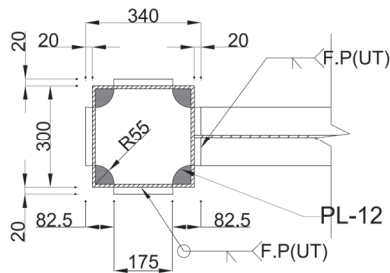
(a) Shape of the specimens



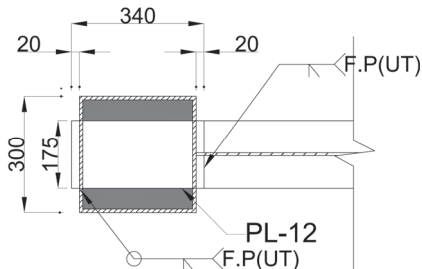
(b) Shape of the specimens



(c) Diaphragm shape of P1 specimen



(d) Diaphragm shape of P2 specimen



(e) Diaphragm Shape of P3 Specimen

Fig. 1. Detail Shapes of P1, P2 and P3

### 2.3 구조재료시험

각형강관과 다이아프램, H형강 보의 플랜지와 웨브 부분에서 각각 3개씩 인장시험편을 절취하여 실험하였다. 인장강도에 사용된 시험편은 한국산업표준<sup>[6]</sup>의 금속재료 인장시험편 B 0801에 제시된 시험편에 준하여 제작하였다. 압축강도용 공시체는 지름 150mm, 높이 300mm의 원형공시체로 제작하여 만능재료시험기(U.T.M.)로 가력하였다. 강재 인장시험편의 인장시험 결과 및 콘크리트 압축강도 시험결과를 Table 3에 나타내었다.

Table 3. Test results of materials

Material	Yield strength	Tensile strength	Yield ratio	Elongation		
	$F_y$ (MPa)	$F_u$ (MPa)	$F_y/F_u$ (%)	(%)		
Steel	Rectangular steel tube	315	461	68	38	
	H-Flange	408	548	74	33	
	H-Web	319	448	71	37	
	Diaphragm	333	484	69	38	
Concrete Specimens	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	Mean $f_{ck}$ (MPa)
	28	28	31	32	32	

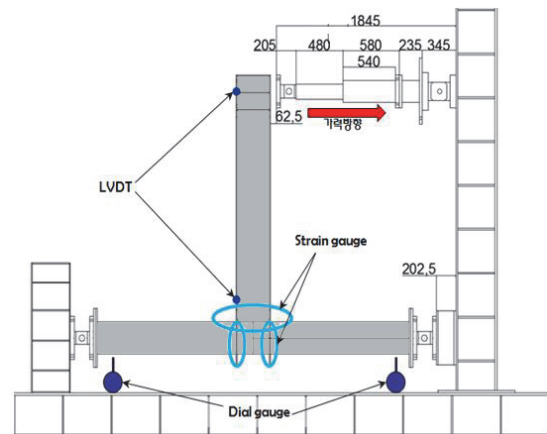


Fig. 2. Loading condition of the specimens

### 2.4 가력 및 계측방법

가력 및 계측방법은 Fig. 2와 같이 기둥-보 접합부를 'T' 자형으로 제작하여 보 끝단에 하중을 가해 접합부에 모멘트가 유도되도록 가력하는 방법을 택했다. 이로써 상층 다이아프램에는 인장, 하층 다이아프램에는 압축력이 가해지며,

실험체의 편심을 최소화 하기위하여 Oil Jack을 당기는 단조가력을 하였다. 주두와 주각부분, Oil Jack설치부와 Load Cell, H형강 보 접합부는 모두 핀접합으로 처리하였다.

실험실 여건상 기둥을 수평으로 하여 보 부재를 수직으로 세워 보 단부에 수평력을 가하는 방법으로 실험을 하였으며, 자세한 가력 및 실험체 계측상황을 Fig. 2에 나타내었다.

가력에는 Oil Jack을 사용하였으며 980kN 용량의 Load Cell로 하중을 계측하였고, LVDT 및 Wire Strain Gauge (이하 w.s.g.) 등으로 하중점의 변위, 패널존 내 강관의 변형, H형강 보 및 상, 하플랜지의 변형 등을 측정하였다. LVDT는 H형강 보 끝단 하중점과 하 플랜지 용접부위에서 주각, 주두 부분의 수직 변위를 계측하였고, 다이얼 게이지는 기둥의 양단 하단부에 설치하여 가력 시 기둥의 변형을 측정하였으며, w.s.g.는 H형강 보 플랜지 용접부 상부 50mm위치 좌, 우측과 다이아프램 측면의 돌출부분 총 8곳에서 변형률을 계측하였다. 단, 실험체 P3의 경우는 다이아프램의 측면 돌출부분이 없으므로 상하 돌출부분에서 계측하였다.

## 2.5 실험결과

### 2.5.1 P1 실험체

P1 실험체의 하중-변위 관계를 Fig. 3에 나타내었다. 그래프에서  $P_y$ 와  $P_v$ 는 각각 H형강 보의 항복내력 및 전소성내력에 상당하는 가력하중으로서, 식 (1)과 같으며 값은 각각 146.5kN, 164.1kN이다.

$$P_y = \frac{F_y S_x}{L}, \quad P_v = \frac{F_y Z_x}{L} \quad (1)$$

여기서,  $F_y$  : H형강 보 항복강도

$S_x$  : H형강 보 단면계수

$Z_x$  : H형강 보 소성 단면계수

$L$  : H형강 보 길이

전소성내력에 거의 도달한 후 내력이 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 다음으로 H형강 보 플랜지와 다이아프램의 하중-변형도 관계를 각각 Fig. 4에 나타내었다. 인장을 받는 상플랜지의 변형도가 압축을 받는 하플랜지의 변형도보다 큰 것을 확인할 수 있었다. 이는 보에 전달되는 모멘트의 저항을 인장측 플랜지에서 많이 부담하며, 다이아프램 역시 압

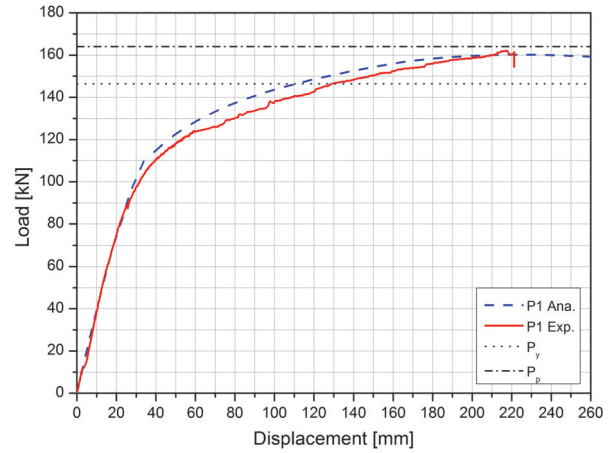


Fig. 3. Load-displacement relationship of P1

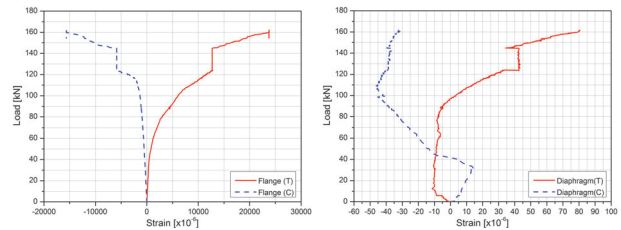


Fig. 4. Load-strain relationship of P1 flange and diaphragm



Fig. 5. Before loading and after loading of P1



Fig. 6. Deformation shape of P1 connection

축측보다 인장측 상부 다이아프램의 변형도가 큰 것으로 보아 전체적인 부재의 내력을 인장측 접합부가 지배하고 있음을 알 수 있다. 또한 플랜지와 다이아프램의 변형도가 비슷한 양상을 보이고 있어 대체적으로 보의 전달된 모멘트가 다이아프램을 통해 기둥으로 잘 전달되고 있음을 알 수 있다.

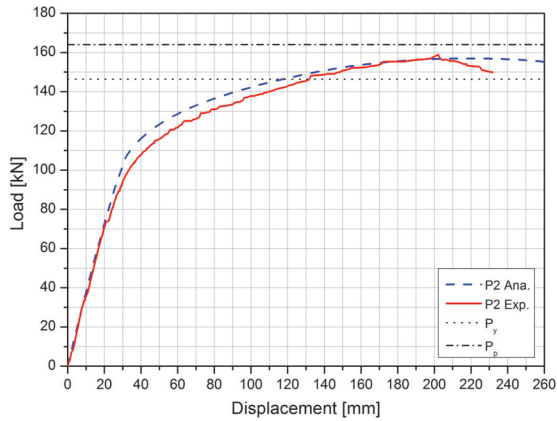


Fig. 7. Load-displacement relationship of P2

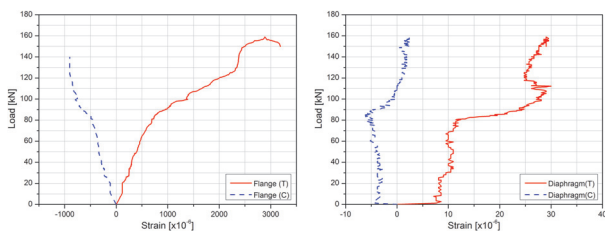


Fig. 8. Load-strain relationship of P2 flange and diaphragm



Fig. 9. Before loading and after loading of P2



Fig. 10. Deformation shape of P2 connection

한편, 실험체의 가력 전 상황과 가력 후 상황을 Fig. 5에 나타내었으며, 가력 후 접합부 주위 H형강 보의 변형과 플랜지 국부좌굴 모습을 Fig. 6에 나타내었다.

### 2.5.2 P2 실험체

P2 실험체의 하중-변위 관계를 Fig. 7에 나타내었다. 그

래프에서 전소성내력인 164.1kN에 조금 못 미쳐 내력이 떨어지는 것을 알 수 있다. 다음으로 H형강 보 플랜지와 다이아프램의 하중-변형도 관계를 Fig. 8에 나타내었다. P1 실험체와 마찬가지로 인장을 받는 상플랜지의 변형도가 압축을 받는 하플랜지의 변형도보다 큰 것을 확인할 수 있었다. 이는 보에 전달되는 모멘트의 저항을 인장측 플랜지에서 많이 부담하며, 다이아프램 역시 압축측보다 인장측 상부 다이아프램의 변형도가 큰 것으로 보아 전체적인 부재의 내력을 인장측 접합부가 지배하고 있음을 알 수 있다. 또한 플랜지와 다이아프램의 변형도가 비슷한 양상을 보이고 있어 대체적으로 보의 전달된 모멘트가 다이아프램을 통해 기둥으로 잘 전달되고 있음을 알 수 있다. 한편, 실험체의 가력 전 상황과 가력 후 상황을 Fig. 9에 나타내었으며, 가력 후 접합부 주위 H형강 보의 변형과 플랜지 국부좌굴 모습을 Fig. 10에 나타내었다.

### 2.5.3 P3 실험체

P3 실험체의 하중-변위 관계를 Fig. 11에 나타내었으며, 실험 중 실험체가 최대내력에 도달한 후 H형강 보와 다이아프램의 용접열영향부 파단(Fig. 14)으로 가력을 중단하였다. 다이아프램과 보 접합부분의 단면이 작은 만큼 앞서 실험한 P1, P2 실험체에 비해 내력이 다소 떨어지는 것을 알 수 있다. 다음으로 H형강보 플랜지와 다이아프램의 하중-변형도 관계를 Fig. 12에 나타내었다. 앞선 두 실험체와 마찬가지로 인장을 받는 상플랜지의 변형도가 압축을 받는 하플랜지의 변형도보다 큰 것을 확인할 수 있다. 다이아프램의 변형도 양상을 통해 접합부의 응력전달이 다이아프램을 통해 잘 이루어지고 있음을 알 수 있다. 한편, 실험체의 가력 전 상황과 가력 후 상황을 Fig. 13에 나타내었으며, 가력 후 접합부 주위 H형강 보의 변형과 플랜지 국부좌굴 모습을 Fig. 14에 나타내었다.

### 2.5.4 초기강성 및 기준화시킨 접합부 내력

각각 실험체의 초기강성 및 최대내력을 Table 4에, 최대내력을 일반적인 타입인 P1 실험체의 최대내력으로 기준화시킨 도표를 Fig. 15에 나타내었다.

P1 실험체와 P2 실험체의 초기강성의 차이는 실험과 해석 모두 5% 이내로 상당히 유사하며, P3 실험체는 두 실험체에 비해 10~16% 정도 낮은 초기강성을 보였다. 또한 P2 실험체의 최대내력은 P1 실험체에 비해 2% 정도 낮아 역시 유사

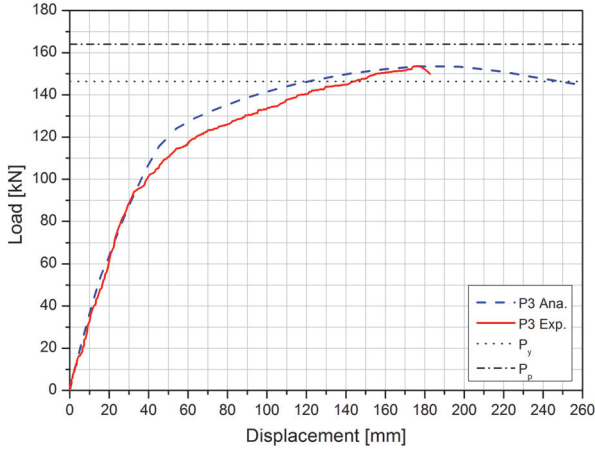


Fig. 11. Load-displacement relationship of P3

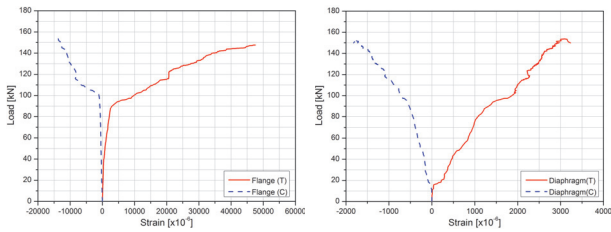


Fig. 12. Load-strain relationship of P2 flange and diaphragm



Fig. 13. Before loading and after loading of P3



Fig. 14. Deformation shape of P3 connection

하며, P3 실험체 역시 5.5% 이내의 작은 내력 차이를 보여 상대적으로 세 실험체 모두 유의한 접합부 내력을 가진다고 할 수 있다.

Table 4. Initial stiffness and maximum strength

		P1	P2	P3
Experiment	Initial Stiffness	3,819MPa	3,629MPa	3,221MPa
	Maximum Strength	164kN	161kN	155kN
Analysis	Initial Stiffness	3,887MPa	3,711MPa	3,493MPa
	Maximum Strength	164kN	163kN	157kN

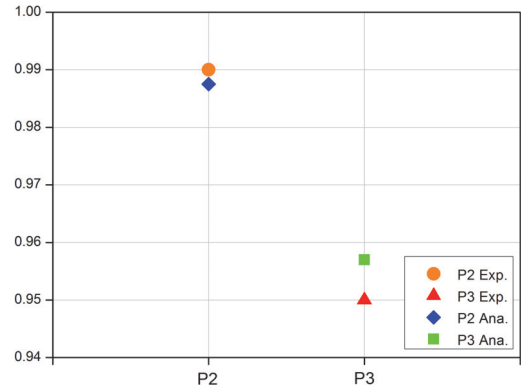


Fig. 15. Normalized maximum strength with P1

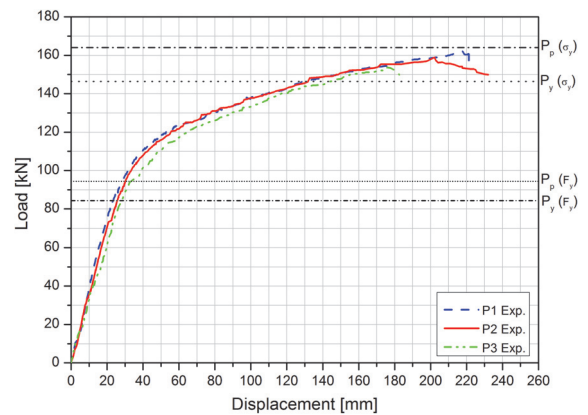


Fig. 16. Load-displacement relationship among 3 specimens

## 2.6 실험결과 분석

각 실험체의 하중-변위 관계를 비교한 경우(Fig. 16)를 살펴보면, 세 실험체의 접합부 내력이 강재의 설계기준항복강도( $F_y = 235\text{MPa}$ )를 이용한 보의 항복내력( $P_y$ ) 및 전소성내력( $P_p$ )을 무난히 상회하는 것을 확인할 수 있다. 또한 P1 실험체와 P2 실험체는 초기 강성뿐만 아니라 탄소성구간에서도 거의 유사한 양상을 보이며, P3 실험체는 두 실험체

에 비해 초기강성은 10~16%, 최대내력은 5.5% 정도 낮게 측정되었지만 상대적으로 그 수치가 유사함을 알 수 있다.

이로써, 접합부의 H형강 플랜지와 동일한 형상의 다이아프램이 단일방향으로만 관통하는 경우에도, 보에 발생한 휨 응력이 충분히 기둥으로 잘 전달됨을 알 수 있다. 또한 보 플랜지와 다이아프램의 하중-변형도 관계에서는, 보에 전달되는 모멘트의 저항을 인장측 플랜지에서 많이 부담하며, 다이아프램의 경우에는 압축측보다 인장측 상부 다이아프램의 변형도가 큰 것으로 보아 전체적인 부재의 내력을 인장측 접합부가 지배하고 있음을 확인할 수 있다.

### 3. 유한요소해석

#### 3.1 해석방법

실험결과와 검증의 위해 실제 실험과 동일한 치수의 부재와 물성치, 재료성능을 사용하여 유한요소해석 프로그램(Abaqus 6.11)을 통해 수치해석을 실시하였다.

모델링은 크게 각형강관, 관통 다이아프램, H형강 보, 콘크리트, 플레이트 총 5개 파트로 나누어 실시했으며, 접합 조건의 경우 강재의 용접부위는 'tie'로 일체화를 유도하였고 강관과 콘크리트 표면의 부착 부위는 'interactions'의 'finite sliding'을 사용하여 0.65의 마찰계수를 두고 극소하게 미끄러지도록 설정하였다(Ryu, 2010)<sup>[7]</sup>. 유한요소해석을 위한 메쉬 작업의 경우, 접합부 부근에서의 해석 신뢰도를 높이기 위해 가운데 기둥 부분에서 보 방향으로 450mm, 양단 기둥 방향으로 각각 475mm 까지 범위를 두어메쉬 사이즈(20mm)를 정밀하게 지정하였다. 해석에 필요한 재료

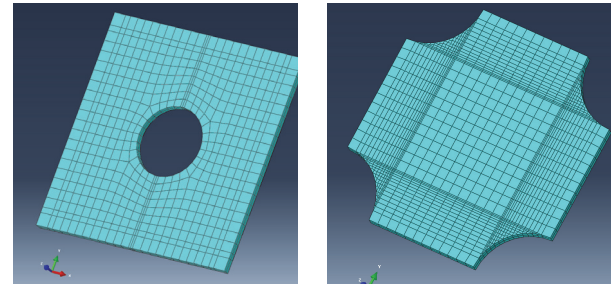


Fig. 17. Mesh modeling for P1, P2 diaphragm parts

의 기계적 성질은 실제 구조재료시험을 통해 얻은 값들을 취하여 기입하였다. 재료의 응력-변형률 관계에서 구간 별로 10개씩 해당하는 수치를 뽑아 각형강관, H형강 보 플랜지, H형강 보 웹, 다이아프램에 적용했으며, 콘크리트의 경우에는 5개의 수치를 뽑아 적용하였다.

가력은 실험과 동일하게 보 끝 상측플랜지를 가력점으로 지면과 수직한 방향으로 실시했으며, 변위제어법을 사용하여 가력점에서 수직방향으로 300mm의 변위를 유도하였다. 또한 하중이 가해지는 부분은 'Rigid' 옵션으로 강체변위를 유도하여 해당 부분의 변형과 항복을 억제시켰으며, 모든 하중은 편심이 없다고 가정하였다.

경계 조건은 기둥 양단에 기둥과 수직한 축을 중심으로 회전 가능하게 하여 핀 접합을 유도했으며, 나머지 방향의 변위와 회전은 구속하여 실제 실험과 동일한 조건을 생성했다. 마지막으로 해석 방법은 static, Riks 타입이며, 수치해석 결과의 수렴을 위한 'Estimated total arc length'는 '1'로 설정하고 'Arc length increment'의 초기 값은 0.001로 설정하여 비선형해석을 실시하였다. P1, P2 실험체 모델의 다이아프램 모델링과 메쉬 형상을 Fig. 17에 나타내었다.

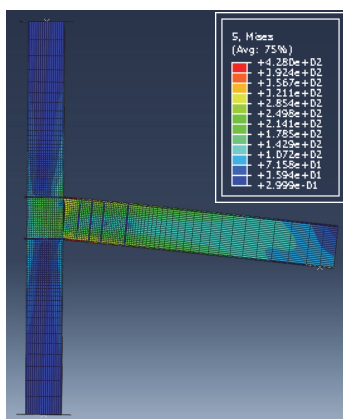


Fig. 18. After FEM analysis of P1 model

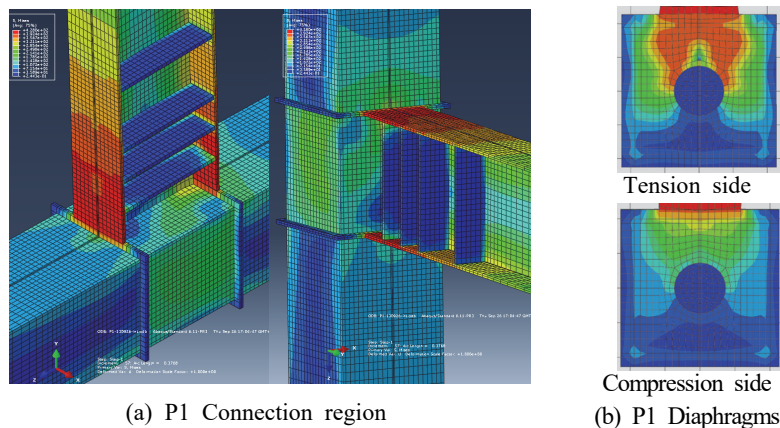


Fig. 19. Stress distribution of P1 model

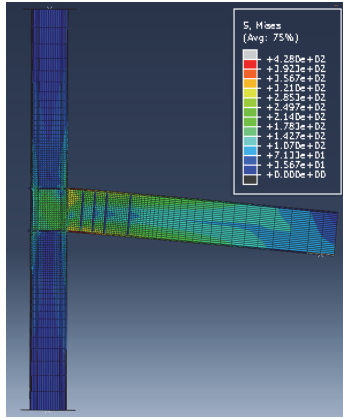
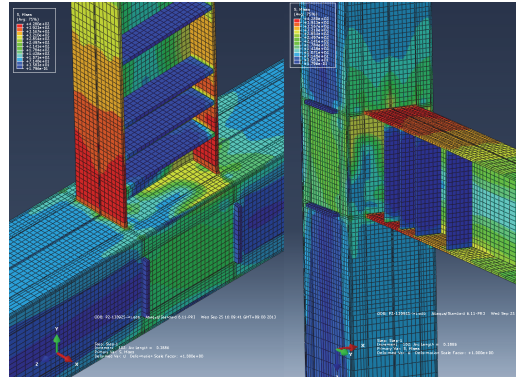
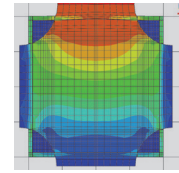


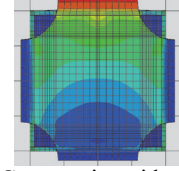
Fig. 20. After FEM analysis of P2 model



(a) P2 Connection region



Tension side



(b) P2 Diaphragms

Fig. 21. Stress distribution of P2 model

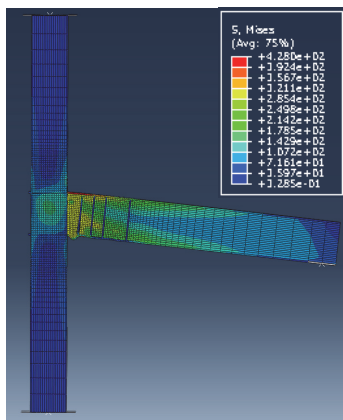
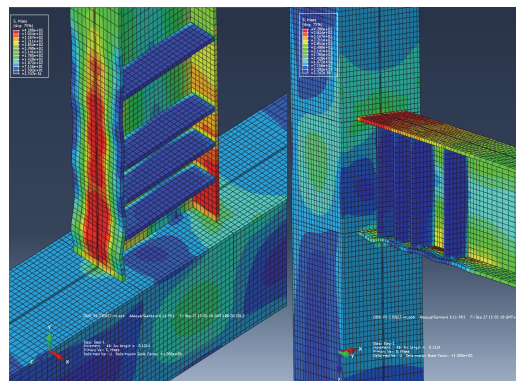
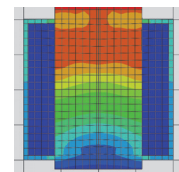


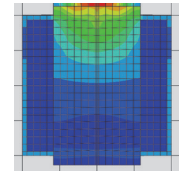
Fig. 22. After FEM analysis of P3 model



(a) P3 Connection region



Tension side



(b) P3 Diaphragms

Fig. 23. Stress distribution of P3 model

### 3.2 해석결과 및 분석

#### 3.2.1 P1 실험체 모델

Fig. 3에 P1 실험체 모델의 해석결과를 실험결과와 함께 나타내었다. 결과를 비교해보면, 내력 부분에서 어느 정도의 차이를 보이지만 전체적으로 초기 강성에서 최대내력까지의 거동이 상당 부분 유사한 것을 확인할 수 있다.

또한 해석 결과 역시 실험 결과와 마찬가지로 보의 전소성 내력보다 0.1kN 작게 도달한 후 내력이 떨어지는 것을 확인할 수 있으며, 인장측 다이아프램이 압축측 다이아프램에 비해 지배적인 응력 분포를 가지는 것도 확인할 수 있다. P1 실험체 모델의 해석 후 형상과 응력 분포를 각각 Fig. 18, Fig. 19에 나타내었다.

#### 3.2.2 P2 실험체 모델

Fig. 7에 P2 실험체 모델의 해석결과를 실험결과와 함께

나타내었다. 결과를 비교해보면, 내력 부분에서 어느 정도의 차이를 보이지만 전체적으로 초기 강성에서 최대내력까지의 거동이 상당 부분 유사한 것을 확인할 수 있다. 또한 해석 결과 역시 실험 결과와 마찬가지로 보의 전소성내력보다 1kN 작게 도달한 후 내력이 떨어지는 것을 확인할 수 있으며, 인장측 다이아프램이 압축측 다이아프램에 비해 지배적인 응력 분포를 가지는 것도 확인할 수 있다. 전체적으로 P1 모델 실험체와 매우 유사한 거동을 보이는 것도 확인할 수 있다. P2 실험체 모델의 해석 후 형상과 응력 분포를 각각 Fig. 20, Fig. 21에 나타내었다.

#### 3.2.3 P3 실험체 모델

Fig. 11에 P3 실험체 모델의 해석결과와 실험결과를, Fig. 22에는 해석 후 형상을 나타내었다.

결과를 비교해보면, 실험 시 다이아프램과 H형강 플랜지



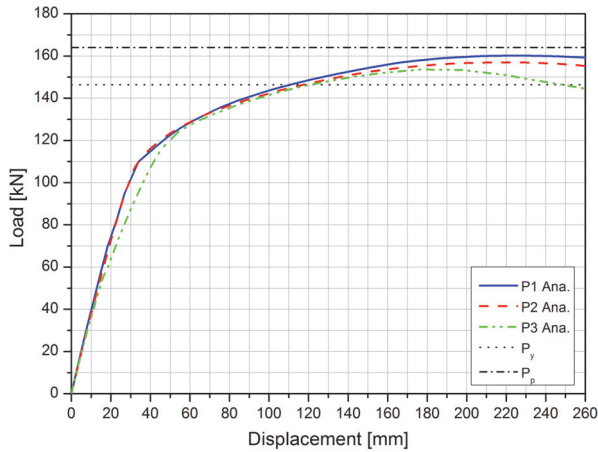


Fig. 24. Load-displacement relationship among 3 models

의 용접 열영향부 판단되어 내력에서 일정 부분 차이를 보이지만 전체적으로 초기 강성에서 최대내력까지의 거동이 상당 부분 유사한 것을 확인할 수 있다.

앞선 두 실험체와 마찬가지로 인장측 다이아프램이 압축측 다이아프램에 비해 지배적인 응력 분포를 가지는 것도 확인할 수 있다. 반면, 접합부 주변 H형강 플랜지의 국부좌굴이 앞선 두 실험체에 비해 크며, 플랜지 중앙부분에 응력이 집중된 것을 확인할 수 있다. P3 실험체 모델의 해석 후 응력 분포를 Fig. 23에 나타내었다.

### 3.2.4 해석결과비교

P1 실험체와 P2 실험체는 실험과 해석을 통해 초기강성, 최대내력 및 전체적인 거동이 유사하다는 것을 알 수 있다. 이로써 각형 CFT 기둥-보 접합부의 내력은 다이아프램의 개구부 면적이 같을 경우, 그 형상과 위치에 크게 영향을 받지 않는다는 것을 알 수 있다. 다만, P2 실험체의 경우 타설 구멍의 직경이 작으므로 콘크리트 충전성에 유의해야한다. P3 실험체의 경우, P1, P2 실험체에 비해 강성과 내력이 낮지만 그 차이가 상대적으로 적다. 각각 실험체 해석모델의 해석결과를 Fig. 24에 나타내었다.

## 4. 결론

이 연구는 각형CFT 구조 접합부에서 관통 다이아프램형식의 경우, 콘크리트 타설 개구부의 형상을 달리하였을 때 그에 따른 접합부의 내력을 평가하고, 다이아프램 및 보 플랜지의 거동에 관해 고찰하기 위하여 가력실험을 실시하였

다. 또한 유한요소해석을 실시하여 실험결과와 비교한 후, 그 타당성을 확인하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) P1 실험체와 P2 실험체는 실험과 해석을 통해 초기강성, 최대내력 및 전체적인 거동이 거의 같게 나타났다.
- (2) 각형CFT 기둥-보 접합부의 거동은 다이아프램의 개구부 면적이 같을 경우, 개구부 위치에 따른 형상에 크게 영향을 받지 않는다는 것을 알 수 있다.
- (3) P3 실험체의 경우 P1, P2 실험체에 비해 강성과 내력이 낮지만 그 차이가 상대적으로 작게 나타났고 기둥-보 접합부의 내력은 보부재의 공칭항복내력 및 공칭전소성 내력을 상회하고있음을 확인하였다.
- (4) P3 실험체의 경우 관통 다이아프램과 보 플랜지의 접합부분 형상과 치수가 동일하면, 보에 발생한 휨응력이 다이아프램을 통해 기둥으로 충분히 전달될 수 있음을 확인하였다.

## 감사의 글

이 연구는 연구재단(과제번호: 2012R1A1A2044305)의 지원을 받아 수행된 연구이므로 이에 감사의 뜻을 전합니다.

## 참고문헌(References)

- [1] 한국강구조학회(2003) 콘크리트 강관구조설계 및 시공지침. KSSC (2003) *Design/Construction Guidelines for Concrete Pipe Structure*, KSSC, Korea (in Korean).
- [2] 박제영, 이명재(2013) 충전성을 개선한 각형CFT구조의 기둥-보 접합부의 구조 특성, 한국강구조학회논문집, 한국강구조학회, 제25권, 제2호, pp.187-196. Park, J.Y., and Lee, M.J. (2013) Structural Characteristic of Beam-to-Column Connections in Rectangular CFT Structures Considering Concrete Filling, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol.25, No.2, pp.187-196 (in Korean).
- [3] 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다이아프램의強度について, 學術講演梗概集, C: 構造 II, 日本建築学会, pp.1641-1642. 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, C: Structures II*, AIK, Japan, pp.1641-1642 (in Japanese).
- [4] 박제영(2012) 충전성을 개선한 각형CFT구조의 기둥-보 접합부 구조적 거동, 석사학위논문, 중앙대학교  
Park, J.-Y. (2012) *Structural Behavior of Beam-to-Column Connections of Rectangular CFT Structures with Improving Concrete Filling*, Master's Thesis, Chung-Ang University, Korea (in Korean).
- [5] 박민수, 김희동, 이명재(2011) 충전성을 개선한 원형CFT 구조의 기둥-보 접합부 구조적 거동, 한국강구조학회논문집, 한국강구조학회, 제23권, 제6호, pp.737-745.  
Park, M.S., Kim, H.D., and Lee, M.J. (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).
- [6] 국가기술표준원(2007) 금속재료 인장시험편(KS B 0801: 2007).  
Korean Agency for Technology and Standards (2007) *Test Pieces for Tensile Test for Metallic Materials* (KS B 0801: 2007), Korea (in Korean).
- [7] 류성곤(2010) 혼합다이아프램 형식을 이용한 CFT기둥-보 접합부 내력, 석사학위논문, 중앙대학교  
Ruy, S.G. (2010) *The Strength of CFT Column-to-Beam Using Hybrid Diaphragm Type*, Master's Thesis, Chung-Ang University, Korea (in Korean).

---

**요 약 :** CFT 구조는 각형이나 원형강관에 콘크리트가 충전된 구조로서, 강관은 콘크리트를 구속하고 콘크리트는 강관의 좌굴을 방지함으로써 부재의 강성 및 강도를 증가시킬 수 있다. 이에 본 연구는 관통 다이아프램 충전개구부 형상이 각형CFT 기둥-보 접합부의 내력에 미치는 영향을 실험을 통해 확인한 후, 유한요소해석을 수행하여 실험 결과와 비교·검증했다.

이로써 각형CFT 기둥-보 접합부의 내력은 관통 다이아프램의 개구부 면적이 같을 경우 그 형상에 크게 영향을 받지 않으며, 관통 다이아프램과 보 플랜지의 접합부분 형상 및 치수가 동일하면, 보에 발생한 휨응력이 다이아프램을 통해 기둥으로 전달되고 있음을 확인하였다.

**핵심용어 :** 각형CFT, 기둥-보 접합부, 다이아프램 형상, 유한요소법

---