



관통형 다이아프램을 갖는 조립형 콘크리트 충전 각형 합성기둥-보 접합부의 내진성능

김선희¹ · 염경수² · 최성모^{3*}

¹공학박사, 서울시립대학교, 건축공학부, ²소장, (주)하모니구조엔지니어링, ³교수, 서울시립대학교, 건축학부

Seismic Performance of Built-up Concrete Filled Square Composite Column-to beam Connection with Through Diaphragm

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

¹Ph.D., Department of Architectural Engineering, University of Seoul, Seoul, 130-743, Korea

²Project Manager, Harmony Structural Engineering, Seoul, Korea

³Professor, Department of Architectural Engineering, University of Seoul, Seoul, 130-743, Korea

Abstract - Concrete filled tubular columns are widely used because the mutual reaction between the concrete and the tube improves strength and ductility of the columns. In an attempt to secure efficient use of members, built-up square columns featuring large width-thickness ratio and the use of thin steel plates are suggested in this study. In order to evaluate the structural characteristics and seismic performance of the column-to-beam connections of the new shape columns, cyclic load test of T-shaped column-to-beam connections was conducted with variables of diaphragms and concrete-filling. Moment-rotational angle relationship, dissipated energy and failure behavior were compared to evaluate stress transfer mechanism of the new shape built-up square column-to-beam connections associated with the variables.

Keywords - Welded Built-up square column, Flange through diaphragms, Cyclic loading program, Moment-Rotation angle

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

기둥-보 접합 형식은 일반적으로 모멘트 접합(강접합)이 많이 사용된다. 특히 폐단면을 갖는 콘크리트 충전 강관기둥-보 접합부에 연직하중이 작용하게 되면 하부의 압축측은 기둥내부의 충전 콘크리트에 의해 강관 플랜지의 면 외변형이 구속되지만, 상부의 인장측 강관 플랜지의 면외 변형은 구속하기 어렵기 때문에 인장측에 대한 적절한 보완이 필요

하다^[1]. 즉 기둥-보 접합부의 내력은 기둥과 보 플랜지를 연결하는 접합 형식에 따라 좌우 된다고 할 수 있다. 현재 국내 및 일본에서 강관기둥에 일반적으로 사용되고 있는 접합 형식은 제작방법에 따라 관통다이아프램, 내다이아프램, 외다이아프램으로 구분될 수 있다. 각 현장특성과 경계조건에 따라 다이아프램을 설치하는데 강진지역인 일본에서 주로 관통형 다이아프램 연구가 많이 소개되어지고 있다. Chung (2002)^[2]보고에 의하면 일본의 강구조 건축물의 사례조사 결과 Fig.1과 같이 다이아프램 형식에 따라 구분되었다. 관통형 다이아프램을 적용한 강구조 공사는 93%로 압도적 이었으며 콘크리트 충전강관기둥의 경우 역시 57%로 많은 비중을 차지하고 있다. 이러한 이유는 Fig. 2와 같이 하중전달 경로특성으로 인해 하중전달이 명쾌하다. 강관을 잘라 다이아프램을 삽입하고 보플랜지를 다이아프램에 직접 접합하는 형식으로 보플랜지의 인장력은 다이아프램을 통하여 직접 전달된다. 하지만 보 플랜지와 다이아프램이 맞닿는 접합면

Note.-Discussion open until April 30, 2015. This manuscript for this paper was submitted for review and possible publication on May 16, 2014; revised August 5, 2014; approved on August 11, 2014.

Copyright © 2014 by Korean Society of Steel Construction

*Corresponding author.

Tel. +82-2-6490-2759 Fax. +82-2-6490-2749

E-mail. smc@uos.ac.kr

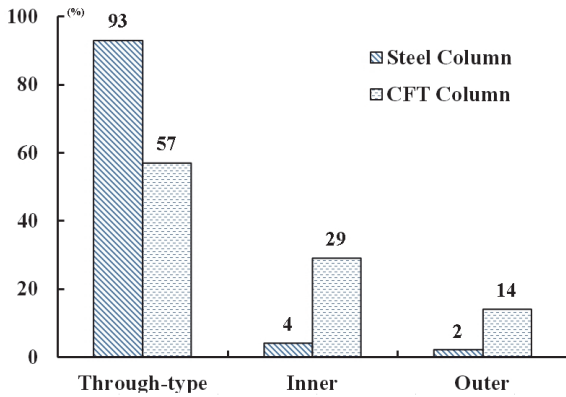


Fig. 1. Frequency of use according to diaphragm type^[2]

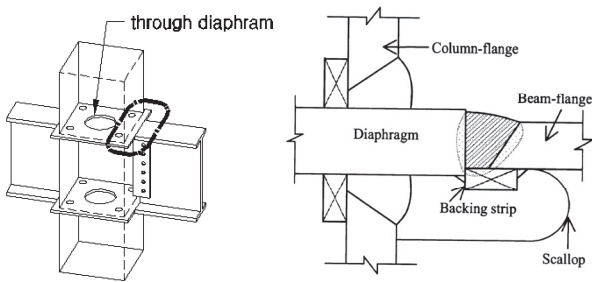


Fig. 2. Through diaphragm

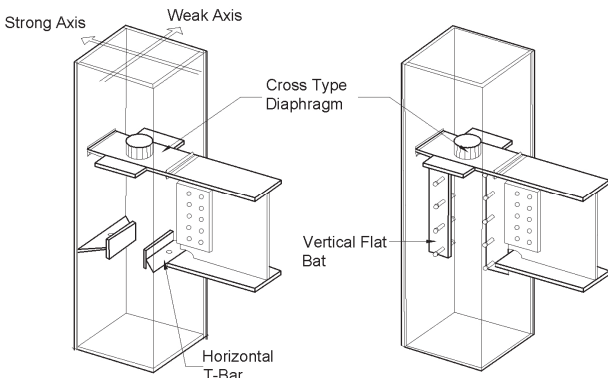


Fig. 3. Combined-Cross diaphragm

에서 갑작스런 기하학적인 형상변화로 인한 응력집중으로 접합부의 파괴가 발생할 수 있다. 또한 다이아프램 삽입 시 강관을 자르고 다시 연결해야 하므로 제작공정이 복잡하여 이에 대한 개선방안이 필요하다.

1.2 선행연구

강관기둥-보 접합부에 대한 기존연구로 Choi *et al.* (2002)^[3]

는 기둥-보 접합부의 인장측만을 이상화하여 단순인장 예비 실험을 시작으로 Fig. 3과 같은 복합십자형 실대 실험을 수행한 바 있다. 접합부 실험을 통해 내력식을 제안하였으며^[3] 내력식을 검증하기 위해 유한요소해석법을 이용하여 하중전달 요소인 슬리브와 콘크리트에서의 응력전달을 분석하였다. 또한, 상부는 복합+자형 내 다이아프램을 사용하고 하부는 각각 수평 T-bar와 스티드 볼트로 보강된 수직플레이트 형태의 상하 이형 다이아프램으로 보강된 접합부를 제안^[4] 하고 구조성능을 평가하였다. 여기서 수평 T-bar로 보강한 접합부의 경우 하부의 수평 T-bar는 보의 하부 플랜지의 압축하중을 사다리꼴 모양의 수평플레이트 끝에 용접된 수직플레이트가 콘크리트에 분산시키고, 인장하중을 수직플레이트의 앵커효과를 통해 저항하도록 계획하였다. 스티드 볼트로 보강한 접합부의 경우 수직플레이트는 플레이트에 보강된 스티드 볼트가 수평 T-bar의 수직플레이트의 역할을 하도록 계획하였다. 그 결과 슬리브의 삽입으로 인한 앵커효과로 기둥내부의 콘크리트가 내력을 분담함으로써 효과적인 내력상승이 가능해졌으며, 비탄성 회전각 0.03rad의 소성 변형능력을 확보하고 있음을 확인하였다.

내진 각형강관 기둥-H형강보 접합상세의 구조성능 평가가 Jang *et al.* (2010)^[5]에 의해 소개된바 있다. 각형강관을 사용한 기존의 모멘트 접합부는 주로 관통형 다이아프램 형식을 사용하고 있는데 시공이 복잡한 단점을 극복하고자 다양한 형태의 접합상세를 구현하여 내진성능을 평가하였다. 관통형 다이아프램은 평가된 내력과 강성 그리고 소산에너지 평가에서 모두 기준에 만족하는 결과를 얻었지만 상세가 복잡한 단점으로 하여 현장적용에 어려움을 극복하지 못하고 있다. 또한 국내 건축강구조 표준접합상세 지침에서는 콘크리트 충전 합성기둥의 관통형 다이아프램에 대한 상세는 누락된 상태이다. 따라서 폐단면을 갖는 기둥부재의 현장적용이 이루어지기 위해서는 다양한 다이아프램에 대한 연구개발은 중요한 과제라 할 수 있다. 이 연구에서는 조립형 콘크리트 충전강관기둥-보 접합 형식을 관통형 다이아프램 형식으로 설정하여 실험계획 되었다. 기둥 내에 콘크리트 충전 여부, 관통형 다이아프램의 설치 여부의 변수를 갖는 3개의 T형 실험체를 제작하였다. 이력거동을 갖는 접합부 구조실험을 통해 내력 및 내진성능, 하중전달을 평가하고자 한다.

2. 제안 접합부 상세

플랜지 관통형 접합부의 다이어그램 형상결정을 정리하면 원활한 하중경로를 위해 보 플랜지에서 다이어프램으로 전달되는 것을 기본으로 설정하였다. Fig. 4와 같이 십자형 다이어프램으로 양측에 응력전달이 가능하도록 계획했으며, 기둥에 콘크리트가 충전될 경우 다이어프램에 설치된 스티프너가 합성작용에 의한 내력증진 효과가 발휘될 것으로 판단된다. 기둥의 제작상 조립형 기둥^[6]이므로 각각 측면의 조립상태가 단부와 중앙부로 나뉘지는데 이때 중앙부의 폭을 보 플랜지 폭과 동일하게 함으로써 제작 시 기둥부재와 조합되는 형식을 갖추었다. 강관 기둥에 충전되는 콘크리트의 충전성을 확보하기 위해 콘크리트 단면적의 약 15% 이상의 개구율 확보를 권장하고 있다^[7]. 본 접합상세의 경우 십자형 다이어프램으로 양모서리의 공간 확보가 가능하여 콘크리트 면적 대비 약 31% 개구율이 확보된다. Fig. 4는 본 논문에서 제안하는 접합부의 개념도이다.

기둥-보 접합부 시험체는 총 3개로 일람은 Table 1에 정리하였다. 기둥과 보는 SS400강재로 제작되었으며 기둥의 상하부 플레이트(지그와 볼트 접합되는 부위)는 SM490강재를 사용하였다. 콘크리트 설계 압축강도는 30MPa로 타설하였다. Fig 5,6은 시험체 상세와 변위 측정위치이다. 그밖에 공통사항으로 보의 규격은 H-500x200x10x16이며, 웨브는 볼트와 단일판(single plate)을 이용하여 전단 접합하였다. 볼트는 F10T-M20을 적용하였다. 용접조립된 기둥의 두께는 6mm로 전체 폭은 450mm이다. 폭두께비가 73이므로 규준에 초과된 얇은 세장판 요소로 이뤄진 용접조립형 각형 기둥이다.

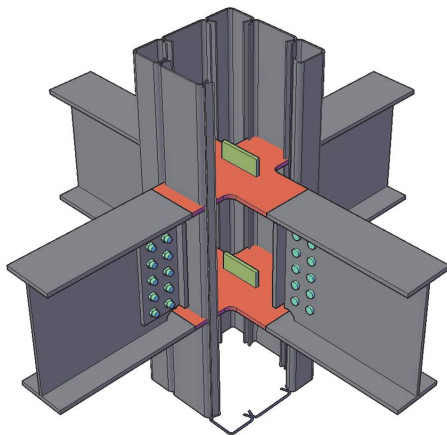


Fig. 4. Conceptual diagram

Table 1. List of specimens

No	Concrete filled with or without	Diaphragm		Loading method	Stress flow
		Upper	Bottom		
FDN	⊙	⊙	⊙	Cycle Loading	Beam-flange →Diaphragm →Filled Concrete
ND N	×	⊙	⊙		Beam-flange →Diaphragm →Column surface
FUN	⊙	⊙	×		Bottom : Beam-flange → T-bar → Filled Concrete

3. 반복가력 내진성능 실험

3.1 실험체 개요

용접조립 각형기둥-보 접합부는 충전성의 확보가 매우 중요한 요소라고 할 수 있다. 콘크리트 충전을 위하여 다이어프램을 제외한 개구부의 면적이 15% 이상을 갖도록 권장하고 있으며 본 시험부재의 관통형 다이어프램은 십자형상으로 개구율 30%를 확보하고 있다. 내부 앵커역할을 유도하여 콘크리트와의 합성효과를 극대화 하고자 강축방향으로 보강 플레이트를 보강하였다. 보강 플레이트는 보의 플랜지와 동일한 두께를 갖으며 즉, 보 플랜지와 다이어프램, 보강 플레이트는 16mm로 동일하다.

시험체의 설치는 Fig. 7에서 보는 바와 같이 기둥 상하단을 힌지 상태로 유지하고 보 단부에 200ton 용량의 액츄에이터를 설치하였다. 또한 가력 시 보의 면외좌굴을 방지하기 위해서 양쪽에 횡 좌굴 방지용 지그를 설치하였다. 하중이력은 ANSI/AISC SSPEC-2010 Cyclic Loading Program에 의해 가력 하였다^[8]. 기둥중앙에서 가력점까지의 거리를 기준으로 층간변위각을 산정하여 이를 기준으로 변위제어 하였다. 하중가력은 층간변위비를 기준으로 0.375, 0.5, 0.75% 일 때 각각 6회, 1%일 때 4회, 1.5%이상의 경우 2회씩 반복 가력을 실시하였다. 반복가력에 따른 시험체의 변형율과 변위를 측정하고자 Fig 6과 같이 응력 집중이 예상되는 위치에 스트레인게이지를 부착하였다. 변위계(LVDT)는 각각 기둥, 보, 패널존에 2곳씩 설치하여 변위를 측정하였다. 각 부재에

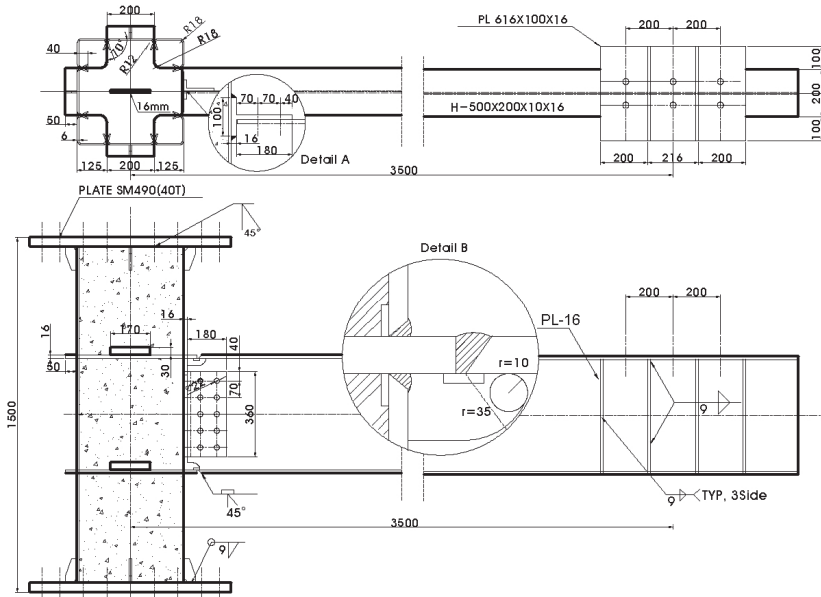


Fig. 5. Detail of column to beam connection

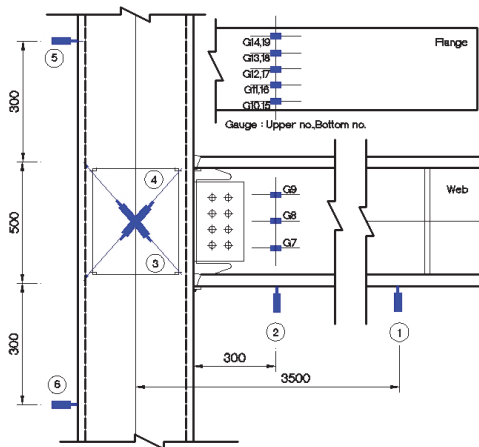


Fig. 6. Location of strain gauge and LVDT

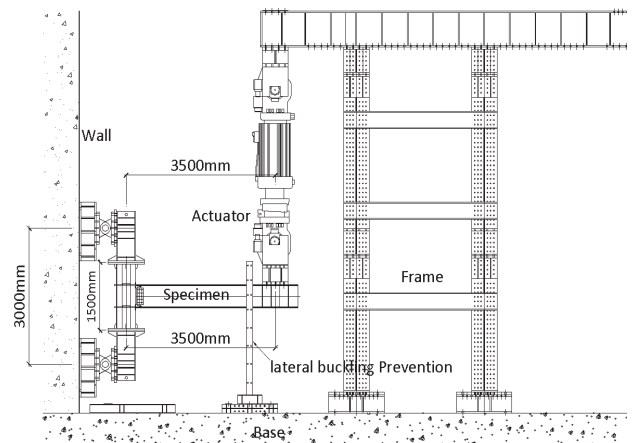


Fig. 7. Boundary condition

서 측정된 변위는 모멘트-회전각 관계 분석 데이터로 사용된다.

전체 변위는 가력점에서 보 하부의 줄 변위계(wire gauge)로 측정하였고, 기둥-보 접합부에서 300mm 떨어진 기둥 상,하면에 변위계를 두개 설치하여 기둥 회전각을 측정하였다. 패널존 거동 측정은 대각방향 측정에 양쪽에 두개의 LVDT를 설치하였다.

3.2 재료시험

실험에서 사용된 강재의 기계적 성질을 알아보기 위하여

인장시험 규준^{[9],[10]}에 따라 각 5개씩의 인장 시험편을 절취하여 인장시험을 행하였다. 본 실험에서 사용된 재료는 SS400으로 두께에 따라 결과를 Table 2에 정리하여 나타냈다. 기둥-보 접합부에 사용된 강재의 두께에 따라 정리하였으며, 공칭항복강도는 235MPa, 인장강도는 400MPa로 모든 시험편은 공칭 항복강도에 만족하지만 두께가 가장 두꺼운 16mm의 경우 평균 인장내력이 383MPa로 다소 낮게 평가되었다. 콘크리트의 경우 총 6개의 공시체(100x200)를 제작하여 실험체와 같은 공간에 배치하였다. 100ton UTM을 이용하여 7일, 28일 압축시험을 수행하였다. 콘크리트 공칭강도인 25.5MPa이상의 결과를 얻었다.

Table 2. Results of material test

Material		Thickness (mm)	Fy (MPa)	Fu (MPa)	Fy/Fu	E (kN/cm ²)	Elo (%)
Steel	Column	6	286	423	0.68	19040	18
	Beam	10	271	427	0.63	19700	25
		16	236	383	0.61	19900	31
Concrete		200X100	7days (f _{ck} =22.5MPa), 28days (f _{ck} =33MPa)				

3.3 접합부 파괴거동

반복하중을 받은 기둥-보 접합부의 각각 구간별 거동을 Fig 8~10에 하중-변위 관계로 정리 하였다. 세로축은 보의 가력된 하중을 나타내고 가로축은 보 플랜지 단부로부터 측정된 변위계 값이다.

기둥내부에 콘크리트가 충전되었으며, 상하부에 관통형 다이아프램이 설치된 실험체의 파괴거동을 보면 다음과 같다. 3step까지 탄성적인 거동을 보이며, 6step까지 육안으로 확인할 수 있는 변형이 발생되지 않았다. 7step 시작부터 균열 폭이 증가하다가 최대내력 도달 후 보 상부 플랜지 접합

부근에서 찢기듯 파단이 발생되어 실험이 종료되었다.

FDN 실험체에서 기둥 내부 콘크리트만 제외된 실험체이다. 3step까지는 탄성적 거동을 보였지만, FDN 실험체에 비해 내력차가 크게 발생되었으며, 5step이후부터는 연성적으로 거동하였다. 6step 이후 내력이 급격하게 저감되었지만 외관상 파단 부위를 발견하지 않아 실험을 계속 진행하였다. 내부 콘크리트의 구속없이 계속해서 연성적 거동을 9step까지 진행되다가 강재파단 충격음과 동시에 실험을 종료하였다. 외관상의 파단부위가 발견되지 않아 기둥의 일부를 산소 절단한 결과 상 하부 관통형 다이아프램의 파단부를 발견할 수 있었다.

FUN실험 상체는 FDN 실험체에서 하부 다이아프램만 제외된 실험체이다. 상부 측에만 다이아프램이 설치되어 내력 자체의 차이가 크게 나타났다. 보 상부 스كل럽에 균열이 발생하였으나 하중의 급격한 저하는 보이지 않았다. Fig 11과 같이 보 상부에서 인장력을 받을 때 다이아프램과 보 플랜지 이음부에서 파단되었다. 하부 다이아프램이 없는 상부로 모멘트의 경우 상부 보 플랜지 측으로 응력흐름이 집중되면서 최종 파단에 이른 것으로 추정된다.

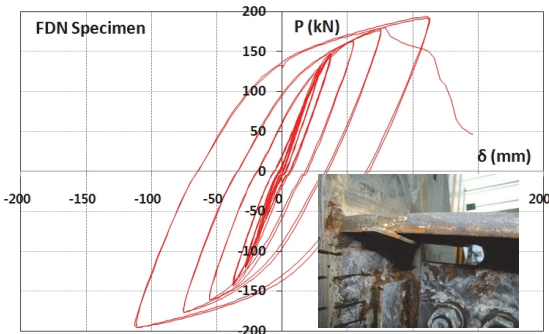


Fig. 8. FDN specimen P-δ curve

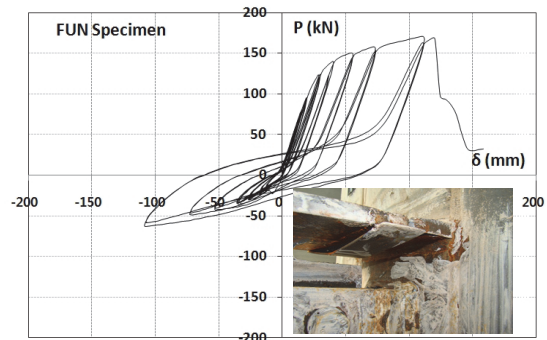


Fig. 10. FUN specimen P-δ curve

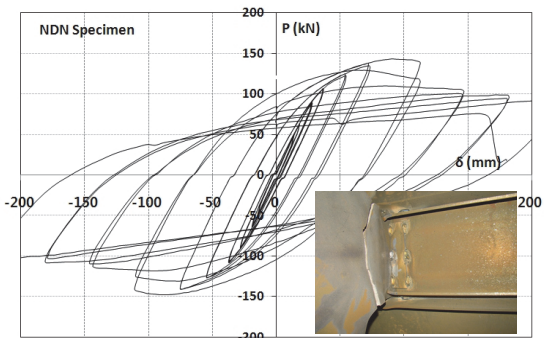


Fig. 9. NDN specimen P-δ curve



Fig. 11. FUN specimen when failure step

4. 분석 및 고찰

4.1 모멘트 회전각 관계

기둥-보 접합부는 지진 시 발생하는 큰 전단력과 에너지를 흡수 할 수 있도록 일정한 소성변형능력이 확보되어야 하는 중요한 요소이다. 미국 강구조 협회(AISC Seismic Provisions for Structural Steel Building)에서는 골조별 내진성능을 분류하고 있다^[8]. Fig. 12는 각 실험체의 모멘트-회전각 곡선을 보여주고 있다. FDN(No1.) 실험체는 기본 실험체로 가장 높은 내력이 확보되었으며, 0.03rad의 소성 회전각을 보여주었다. 실험체의 최종파괴가 다이아프램과 플랜지의 용접부가 찢어지면서 발생하였으므로 용접결함에 의한 파괴로 판단되며, 용접관리가 충분히 된다면 0.04rad 이상의 회전각을 충분히 확보할 수 있을 것으로 추정된다. 내부 콘크리트가 없는 NDN(No2.) 실험체는 0.05rad 이상의 연성적인 거동을 나타내었다. 각각의 결과를 Table 3에 정리하였다.

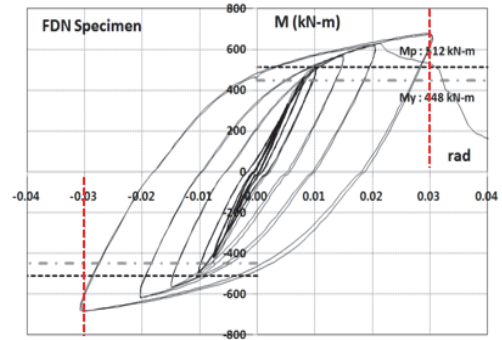
4.2 강성 및 내력

각 실험체의 내력과 강성을 비교하기 위해서 Fig.13과 같이 단조화한 곡선을 작도하였다. FDN실험체는 상부 인장 시 최대하중 194.3kN으로 가장 높은 내력을 나타냈으며, 가장 안정인 추세로 나타났다. 무 충전 NDN 실험체는 상부 인장 시 최대하중 143.9kN, 하부 인장 시 최대하중 148.1kN을 나타냈다. 충전된 FDN실험체에 비해 약 50kN의 내력차이가 있지만 연성적인 거동을 나타내고 있다. 상부에만 다이아프램이 설치된 FUN실험체는 상부 인장 시 최대하중 167.6kN, 하부 인장 시 58.3kN으로 약 2.8배의 차를 보이고 있다. 하부에 발생하는 인장력은 기둥강관 면에서 받아주기 때문에 작은 내력에도 변형이 발생되었다.

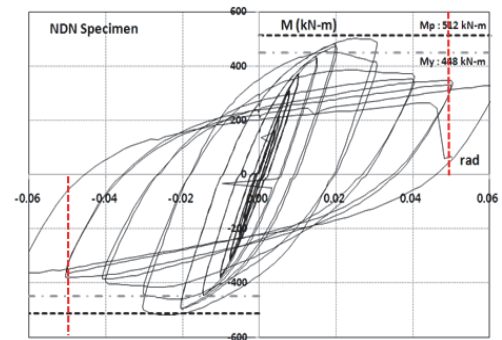
각 실험체의 하중-변위 관계를 정리하기 위하여 초기강

Table 3. Moment-Rotation angle relation

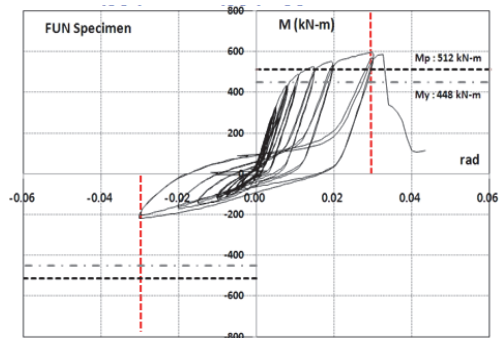
Type		Maximum Moment (kN-m)	Angle of Rotation (rad)
FDN	positive	680.05	0.03
	negative	685.41	0.03
NDN	positive	503.83	0.05
	negative	518.67	0.05
FUN	positive	586.88	0.03
	negative	204.12	0.03



(a) FDN Specimen M-θ relation



(b) NUN Specimen M-θ relation



(c) FUN Specimen M-θ relation

Fig. 12. Moment-Rotation of angle relation

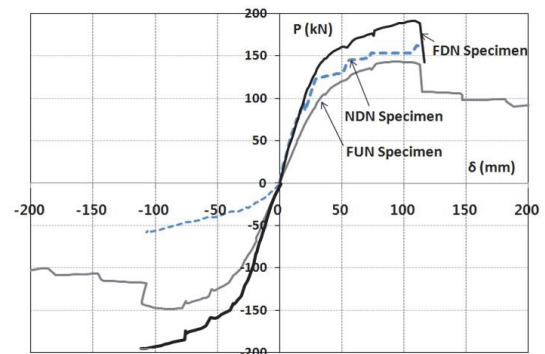


Fig. 13. Skeleton curve

Table 4. Summary of Experiment results

Specimens		Yield Displacement (mm)	Yield Strength (kN)	Ultimate Strength (kN)	Initial Stiffness (kN/mm)
FDN	(+)	31.62	136.01	194.3	4201
	(-)	28.35	137.08	195.8	
NDN	(+)	32.70	100.76	143.95	3086
	(-)	31.25	103.73	148.19	
FUN	(+)	25.86	117.37	167.68	1991
	(-)	32.45	40.82	58.32	

성 구배를 갖는 직선과 초기강성 구배의 1/3인 직선을 평행 이동시켜 두 직선의 교점을 항복내력으로 가정하였고 이때의 처짐을 항복변위로 한다. Table 4에 각 실험체별 초기강성, 항복하중, 항복변위 및 최대하중을 나타냈다.

4.3 층간 부재각 비교

실험체의 층간변위각과 보, 패널, 기둥만의 부재각 산출

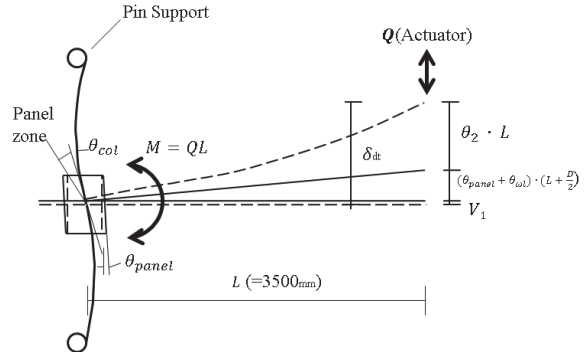


Fig. 14. Define for rotation angle of members

은 아래 식 (1)~(4)에 의해 산출하였다. 모멘트는 하중에 보의 가력점과 기둥중심사이의 거리를 곱하여 나타냈다. 각 부재에서 발생하는 부재각을 도식화하여 Fig. 14와 같이 나타내었다.

· 전체 층간 변위각: $\theta_1 = \delta_{dt} - V_1 / (L + D/2)$ (1)

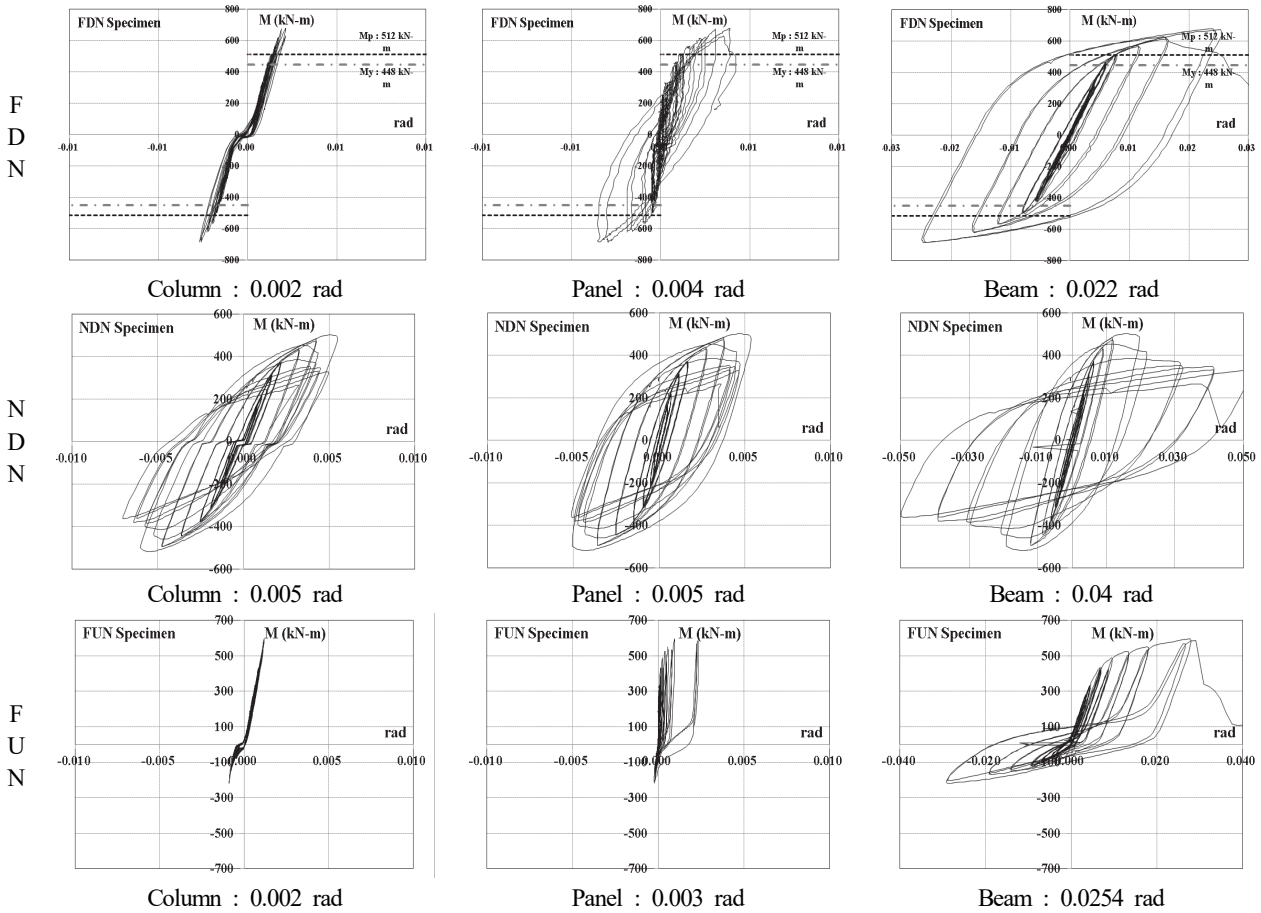


Fig. 15. Rotation angle of members (each Column, Panel, Beam)

• 보의 부재각 : $\theta_2 = \theta_1 - \theta_{panel} - \theta_{col}$ (2)

• 패널의 부재각 : $\theta_{panel} = d_1 - d_2 / (2h \cos \theta)$ (3)

• 기둥의 부재각 : $\theta_{col} = d_3 - d_3 / (h)$ (4)

층간 변형각을 보, 기둥, 패널의 회전각으로 분해하여 보면 주로 보의 회전각이 지배적임을 알 수 있다. 또한 패널과 기둥의 회전각을 보면 탄성적 거동을 보이며, 보의 소성거동이 진행됨에 따라 회전각이 증가하는 것을 알 수 있다. 다음 Fig. 15는 각 실험체의 부재각을 나타내었다.

4.4 소산에너지 평가

소산 에너지는 구조물의 중요한 내진 특성 중의 하나이다. 소산에너지는 하중-변위 이력관계에 의해 둘러싸인 면적을 누가(누적)하여 구할 수 있으며 이것을 총 소성일로 평가 할 수 있다^{[11],[12]}. 각 실험체가 파단에 도달할 때까지 보에서 흡수한 에너지를 Fig. 16에 비교하고 있다.

다소 콘크리트로부터 구속이 없었던 NDN 실험체는 충분한 연성거동을 보인 바와 같이 가장 많은 에너지 흡수 한 것으로 평가되고 있다. 보다 정략적인 평가를 위해 최대내력 발휘된 시점(8step)과 종국상태 시점(10step)을 분할하여 재 산정하였다. 그 결과 Fig 15 안에 막대 그래프와 같이 최대 내력 시점까지는 약 117kN-m, 종국상태까지는 약 111kN-m의 인성이 확보되는 것으로 평가 되었다. 한편, 기본 실험체인 FDN의 경우 상부에만 다이아프램이 설치된 FUN 실험체에 비해 3배의 에너지를 흡수한 것으로 평가되고 있다.

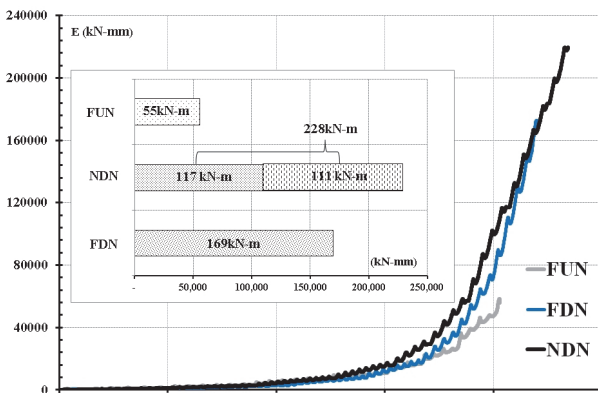


Fig. 16. Cumulative energy absorption capacity

5. 결론

관통형 다이아프램을 갖는 내부 앵커형 용접조립 각형기둥-보 접합부 실험을 통한 결론은 다음과 같다.

- (1) 기본형 실험체인 FDN은 가장 높은 내력을 발휘하며 안정적인 거동을 보이는 것으로 평가 되었다. 또한 0.03rad 비탄성회전각 사이클을 모두 안정적으로 확보하고 있다.
- (2) 기둥 내부에 콘크리트가 제외된 NDN실험체의 경우 FDN에 비해 약 50kN의 내력차이를 보이지만 충분한 연성적인 거동을 보이고 있으며, 하부에 다이아프램이 없는 FUN 실험체와 비교해 볼 때 하부 인장력은 약 2.5 배의 차이를 보이고 있다.
- (3) 하부 다이아프램을 생략한 FUN실험체를 제외한 기둥-보 접합부 실험결과 상하부의 인장력은 보의 항복모멘트 이상의 내력을 발휘하였으며 콘크리트가 채워진 FUN과 FUN은 보의 소성모멘트 이상의 내력을 확보하는 것으로 평가 되었다.
- (4) FDN실험체는 FUN실험체에 비해 약 3배 이상의 에너지 흡수능력을 발휘한 것으로 평가되었다. 한편, NDN 실험체의 소성변형능력은 가장 우수하게 평가되었으며 FUN실험체에 1.3배 FUN실험체에 비해 4.1배의 차이를 보이고 있다. 연성거동을 하면 많은 변형을 함으로써 많은 에너지를 흡수하였기 때문에 비교적 높게 평가된 것으로 판단된다.

참고문헌(References)

[1] 김선희, 방중석, 박영욱, 최성모(2012) 합성반강접 CFT기둥-보 접합부 구조의 경제성 평가, 한국강구조학회논문집, 한국강구조학회, 제24권, 제1호, pp.109-117.
Kim, S.H., Bang, J.S., Park, Y.W., and Choi, S.M. (2012) The Structural Economical Efficiency Evaluation of Partially Restrained Composite CFT Column-to-Beam Connection, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol.24, No.1, pp.109-117 (in Korean).

[2] 정진안(2002) 일본의 보-기둥 접합부, 한국강구조학회지, 한국강구조학회, 제14권, 제4호, pp.42-49.
Chung, J.A. (2002) Beam-to-Column Connections in Japan, *Magazine of the Korean Society of Steel Construction*, Vol.14, No.4 pp.42-49 (in Korean).

- [3] 최성모, 윤여상, 김요숙, 김진호(2003) 이형 하부다이아프램으로 보강된 각형 CFT 기둥-보 접합부의 내진성능에 관한 연구, 한국강구조학회논문집, 한국강구조학회, 제15권, 제5호, pp.579-589.
Choi, S.M., Yun, Y.S., Kim, Y.S., and Kim, J.H. (2003) A Study on Seismic Performance for CFT Square Column-to-Beam Connections Reinforced with Asymmetric Lower Diaphragms, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol.15, No.5, pp.579-589 (in Korean).
- [4] 오현근, 김선희, 최성모(2013) 상하 이형 다이아프램으로 보강된 2심 냉간성형 각형 CFT기둥-보 접합부의 실험적 연구, 한국강구조학회논문집, 한국강구조학회, 제25권, 제1호, pp.35-45.
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).
- [5] 장보라, 심현주, 김용익, 정진안, 오영석, 김상섭, 최병정, 이은택(2010) 내진 각형강관 기둥-H형강 보 접합상세의 구조성능평가, 한국강구조학회논문집, 한국강구조학회, 제22권, 제4호, pp.305-312.
Jang, B.R., Shim, H.J., Kim, Y.I., Chung, J.A., Oh, Y.S., Kim, S.S., Choi, B.J., and Lee, E.T. (2010) Structural Performance Evaluations of Seismic Wide-Flanged Beam-to-Rectangular Steel Tube Column Connection Details. *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol.22, No.4, pp.305-312 (in Korean).
- [6] 김선희, 염경수, 최성모(2013) 내부 앵커형 콘크리트 충전 기둥의 내력 및 변형 능력에 관한 연구, 한국강구조학회논문집, 한국강구조학회, 제25권, 제4호, pp.347-357.
Kim, S.H., Yom, K.S., and Choi, S.M. (2013) A Study on the Load Carrying Capacity and Deformation Capacity of the Internal Anchors Welded Cold Formed Concrete Filled Columns, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol.25, No.4, pp.347-357 (in Korean).
- [7] 한국강구조학회(2009) 건축강구조 표준접합상세지침, 구미서관.
KSSC (2012) *Detailed Guidelines of Standard Connection in Steel Structures*, Goomiseogwan, Korea (in Korean).
- [8] American Institute of Steel Construction (2010) *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings* (ANSI/AISC 341-10), USA.
- [9] 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).
- [10] 국가기술표준원(2003) 금속 재료 인장 시험 방법(KS B 0802: 2003).
Korean Agency for Technology and Standards (2003) *Method of Tensile Test for Metallic Materials* (KS B 0802: 2003), Korea (in Korean).
- [11] 정도섭(2004) 복합심자형으로 보강한 콘크리트 충전 각형 강관기둥-보 접합부의 구조성능에 관한 연구, 석사학위논문, 서울시립대.
Jung, D.S. (2004) *A Study on Structural Performance of Concrete Filled Tubular Square Column-to-Beam Connections with Combined Cross Diaphragm*, Master's Thesis, University of Seoul, Korea (in Korean).
- [12] Choi, S.M., Hong, S.D., Kim, D.G., Kim, Y.S., and Kim, J.H. (2004) Structural Capacities of Tension Side for CFT Square Column-to-Beam Connections with Combined-Cross Diaphragm, *Proceedings of the 7th Pacific Structural Steel Conference*, American Institute of Steel Conference, pp.24-27.

요 약 : 콘크리트 충전형 기둥은 두 재료의 상호작용으로 인해 강도와 연성이 증대되어 기둥부재로 많이 사용되고 있다. 부재를 효율적으로 사용하고자 하는 노력에서 얇은 강판을 사용한 폭두께비가 큰 용접조립각형 기둥형상을 제안하였다. 세장비가 큰 용접조립 각형 기둥-보 접합부에 관한 연구로서 구조적 특성을 명료하게 평가하고 접합부의 내진성능을 고찰하고자 한다. 따라서 본 논문에서는 T자형 기둥-보 접합부의 반복가력 실험을 수행하였으며, 주 변수는 다이아프램 설치 유무와 콘크리트 충전유무이다. 모멘트-회전각 관계, 소산에너지, 파괴거동 등을 비교하여 변수에 따른 용접조립각형기둥-보 접합부의 응력전달 메커니즘을 평가하고자 한다.

핵심용어 : 용접조립각형 강관, 플랜지 관통형 다이아프램, 반복가력, 모멘트-회전각
