

탄소섬유시트(CFRP Sheets)로 보강된 장주 각형강관기둥의 중심축하중거동

박재우¹⁾ · 최선규²⁾ · 유정한^{3)*}

¹⁾ 부장, (주) 가운, 건축부 ²⁾ 대표, 선영구조기술사건축사사무소 ³⁾ 조교수, 서울과학기술대학교 건축학부

Behaviors of Long Square Hollow Section Columns Retrofitted using Carbon Fiber Reinforced Polymer Sheets(CFRP Sheets) Subjected to Concentrated Axial Loading

Park, Jai Woo¹⁾ Choi, Sun Kyu²⁾ Yoo, Jung Han^{3)*}

¹⁾ Director, Dept. of Construction, Gayoon Construction, Co, Ltd., Seoul, 143-130, Korea

²⁾ President, Sunyoung Architects & Engineering Consultants, Seoul, 135-924, Korea

³⁾ Professor, School of Architecture, Seoul National University of Science & Technology, Seoul, 139-743, Korea

ABSTRACT : This paper presents the experimental results of behavior of slender square hollow section columns strengthened with carbon fiber reinforced polymers (CFRP) sheets subjected to concentrated axial loading. Three long specimens were fabricated and one stub column were fabricated. The main parameters were the number of CFRP layers. From the tests, it was observed that global buckling were occurred at the center of specimen for unretrofitting slender column. However, CFRP retrofitting could prevent the global buckling of slender column. Maximum increase of 22% was also achieved in axial-load capacity with three longitudinal layered CFRP applied on four sides of steel tubes.

KEYWORDS : carbon fiber sheet, CFRP, steel hollow section(SHS), long column, retrofit

1. 서 론

일반적으로 강구조물을 보수 보강에는 강판에 볼트나 용접을 이용하는 접합하는 강판보강법이 널리 사용되어 왔다. 그러나 강판보강법은 볼트구멍으로 인한 모재의 단면손실이나 용접 열로 인한 잔류응력으로 모재에 변형이 생기는 등 많은 단점이 있다. 또한 강판 자체는 중량재료로서 자중이 증가하고, 시공성이 떨어지며, 보강재료로 사용된 강판 또한 부식이 발생하는 단점이 있다.

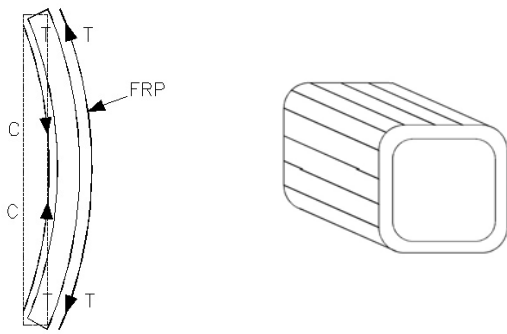
최근 기존의 강판보강법에 대한 고정관념을 탈피하여 해외를 중심으로 강구조물의 섬유보강플라스틱(Fiber reinforced

polymer plastic, 이하 FRP)은 적용한 보수보강에 대한 연구가 진행되고 있으며, 실제로 시공현장에서도 다양하게 적용되고 있다^[1]. FRP는 강판에 비해 경량재이기 때문에 시공성이 간편하고, 강한 내부식성을 지니고 있다. FRP는 강판보다 약 5-10배 정도의 인장강도를 지니고 있어 적은 보강량으로 높은 보강효과를 기대할 수 있다. 또한 보수보강 시공시에 폭시를 사용해 접착하기만 하면 되므로 시공이 간편하고, 볼트구멍으로 인한 모재의 단면손실이 발생하지 않는다. 기존 강구조물의 FRP보강에 대한 연구내용을 고찰하면 Miller *et al.*,^[2] Colombi *et al.*^[3]는 합성보의 강재부위와 H형강 하부플랜지에 탄소섬유시트(Carbon Fiber Reinforced Polymer Sheet, 이하 CFRP)와 유리섬유시트(Glass Fiber Reinforced Polymer Sheet, 이하 GFRP)로 보강하여 휨성능을 증가시키는 연구를 수행하였다. Narmashir *et al.*^[4]은 H형강 보의 양단부 전단구간에 CFRP스트립으로 전단보강을 하여 실험을 수행하여 보강효과를 검증하고 유한요소 해석을 수행하였다. 본 연구내용과 비슷한 속이 빈 중공강관의 FRP보강효과에 대한 연구내용을 고찰하면 박재우^{[5],[6]}는 설계기준^{[7],[8]}

Note.-Discussion open until December 31, 2013. This manuscript for this paper was submitted for review and possible publication on February 18, 2013; revised May 19, 2013; approved on May 29, 2013.
© KSSC 2013

* Corresponding author

Tel. +82-2-970-9015 Fax. +82-2-974-1480
E-mail: happyjh@seoultech.ac.kr



(a) Concept of FRP retrofit of long columns (b) FRP layers in longitudinal direction

Fig. 1 Detail of FRP retrofit of slender columns

에서 정한 비조밀단면 이상의 폭두께비를 지닌 세장판으로 구성된 각형강관기둥에 CFRP쉬트를 보강한 후 중심압축실험을 수행하였으며, 보강을 통해 탄성좌굴응력을 향상시켜 보수보강효과를 검증하였다. Teng⁽⁹⁾은 GFRP로 보강된 단주 원형강관에 대한 중심축하중 실험을 수행하였으며, GFRP의 횡방향 보강을 통해 구속효과를 발휘하여 내력을 향상시킴으로써 보강효과를 검증하였다.

본 연구에서는 건축구조기준(KBC 2009)⁽⁷⁾과 미국 강구조설계기준(AISC LRFD 2010)⁽⁸⁾에서 제시하는 비조밀단면 제한치 이하의 폭두께비로 구성된 각형강관기둥에서 중심축하중을 받는 세장비가 큰 장주기둥에 대해 CFRP 보강효과를 검증하고자 한다. 장주기둥은 Fig. 1(a)와 같이 전체좌굴(Global buckling)을 발생시키는 데 전체좌굴이 발생하게 되면 Fig. 1(a)와 같이 한쪽면은 압축력이 다른 한쪽면은 인장력이 발생하는 휨좌굴이 발생한다. 이중 인장력이 발생하는 외측면에 Fig. 1(b)와 같이 강관의 길이방향으로 FRP쉬트를 보강하면 최외단 강관표면에 보강을 통해 인장보강(Tension reinforcement)효과를 기대할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 장주 강관기둥 3개를 제작하여 이중 2개의 실험체에는 길이방향으로 FRP쉬트를 보강하고 1개의 보강하지 않는 실험체를 제작한 후 중심축하중실험을 수행하였다. 실험을 통해 구조적 거동을 관찰하였고, 보강을 통한 내력상승효과를 관찰하여 보강효과를 검증하고자 한다.

2. 실험계획 및 계측계획

2.1 실험체제작

KBC 2009기준⁽⁷⁾이나 AISC⁽⁸⁾에서는 하중조건과 단면의 형상에 따라 조밀단면, 비조밀단면, 세장판단면으로 구분하고 있



(a) Steel tube welding (b) FRP sheet retrofitting

Fig. 2 Specimen fabrication procedure

Table 1. Test specimens

Specimen label	Size(mm) (B×B×t, mm)	Column type	L (mm)	CFRP Layer	CFRPdirection
SH8-0T	□-75×75×3.2	Stub column	205	0	-
SH38-0T	□-75×75×3.2	Long column	1600	0	-
SH38-1T	□-75×75×3.2	Long column	1600	1	L
SH38-3T	□-75×75×3.2	Long column	1600	3	L

* L : Longitudinal direction

는데, 본 연구에서 각형강관에 대한 폭두께비는 균일 압축을 받는 각형강관의 비조밀단면의 한계폭두께비($b/t = 1.40 \sqrt{E/F_y}$) 이하의 폭두께비를 가진 비조밀단면의 각형강관 □-75×75×3.2단면을 선정하였다(KBC 2009기준⁽⁷⁾, AISC⁽⁸⁾). 이는 압축력에 대해 항복강도에 도달하기 이전에 강관의 표면에 국부좌굴을 발생시키지 않게 하고 장주기둥에서 전체좌굴을 유도시키기 위함이다. 따라서 본 연구에서는 폭 75mm, 두께 3.2mm, 길이 1600mm 강관으로 장주기둥을 제작하여 양단에는 하중이 균등하게 분포할 수 있도록 Fig. 2(a)와 같이 엔드플레이트를 설치하였다. 제작된 강관에 대한 계획 세장비(KL/r)은 38.5이다. 강관표면에 Fig. 2(b)와 같이 CFRP쉬트를 Fig. 1(a)의 개념을 토대로 Fig 1(b)와 같이 강관의 길이방향으로 보강하였으며 시방서에 따라 10일간 양생하였다. 보강량에 대한 효과를 관찰하고자 0겹, 1겹, 3겹을 실험변수로 채택하였다. 또한 장주의 세장효과로 인한 내력감소효과를 배제한 실제 강관의 압축항복내력을 관찰하고자 동일단면 강관의 stub column을 제작하였고 CFRP쉬트는 보강하지 않았다. stub column 실험체의 길이는 실험체 폭의 3.0 배로 하였다.

실험체 일람표는 Table 1에 정리하였으며 버니어캘리퍼스로 측정된 결과, 계획된 강관의 두께인 3.20mm와는 달리 실제 강관의 두께는 2.83mm로 측정되어 세장비는 계획과

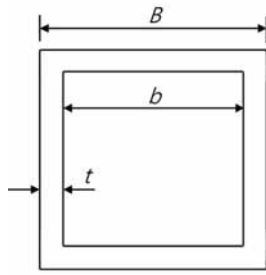


Fig. 3 Cross section

Table 2. Material test result of steel plate

Thickness (mm)	F_y (MPa)	F_u (MPa)	F_y/F_u	Elongation (%)	Elastic Modulus (GPa)
2.83	310.0	384.4	0.81	23.4	192

Table 3. Material test result of CFRP sheet

Thickness (mm)	Tensile Strength (MPa)	Strain at rupture	Elastic Modulus (GPa)
0.184	2696	0.015	179.7

다르게 실제 세장비는(KL/r)은 37.9이며 Table 1에는 실험체 사이즈와 변수계획을 정리하였다.

실험체에 대한 표기설명은, 예를 들어, SH38-3T의 경우 SH는 Square Hollow 형상(박스형), 38은 세장비(KL/r) 38을 3T는 CFRP 3겹 보강을 의미한다. 또한 SH5-0T는 무보강 stub column 실험체를 의미한다.

2.2 재료시험

강판에 대한 재료시험^[10] 결과는 Table 2에 정리하였고, CFRP쉬트에 대한 재료시험^[11] 결과는 Table 3에 정리하였다. 또한 제조사에서 제공한 에폭시 함침 전 CFRP쉬트 두께는 0.184mm/ply이며, 에폭시 함침 후 CFRP쉬트 시공 두께는 0.5~1.0mm/ply이다.

2.3 실험체 설치 및 계측계획

Fig. 4는 실험체 설치에 대한 사진이다. 중심축하중 실험을 수행하고자 2000kN급 만능시험기(UTM)를 이용하여 수행하였으며, 길이방향에 대한 변위를 측정하기 위해 만능시험기의 하부가력판 양 모서리에 2개의 LVDT를 설치하였으며 축변위는 2개의 수직 LVDT 측정값의 평균값으로 하였다. 또한 전체좌굴로 인해 횡변위가 발생할 것으로 예상되는 실



Fig. 4 Test setup (Front side)

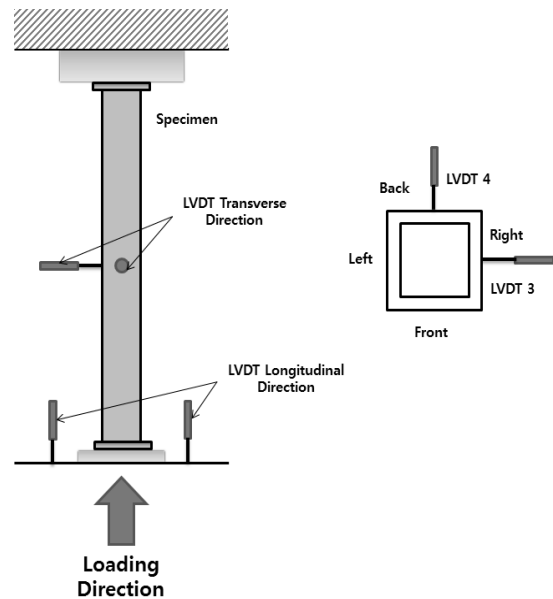


Fig. 5 LVDT setup plan

험체 중앙부위에 Fig. 5와 같이 횡방향으로 2개의 LVDT를 설치하여 횡방향변위 값을 측정하였다. 실험체 중앙부 4면에는 Table 4와 같이 4개의 스트레인게이지를 실험체 하부에서 8,000mm 떨어진 곳에 길이방향으로 부착하여 변형률을 측정하였다.

Table 4. Strain gauge setup plan

Gauge No	Side	Location (from bottom)	Gauge direction
1	Front	800mm	Longitudinal Direction
2	Right	800mm	Longitudinal Direction
3	Back	800mm	Longitudinal Direction
4	Left	800mm	Longitudinal Direction

3. 실험결과 및 분석

3.1 하중-측변위관계

Fig. 6은 측정된 하중-변위 관계곡선을 각 실험체별로 나타낸 것이다. Fig. 6에서 상부실선(하중 340.6kN)은 stub column에 의해서 측정된 최대내력(항복내력, $P_y = A_s \times F_y$) 값이다.

각 실험체는 최대내력 이후 원만한 하중감소현상을 보이고 있으며, SH38-0P실험체의 경우 세장비로 인한 전체좌굴의 영향으로 내력이 항복내력 값(P_y)보다 저하됨을 알 수 있다. 그러나 CFRP쉬트로 보강한 SH38-1P실험체는 13%의 내력상승으로 항복내력 근처까지 내력이 상승하였고, SH38-3P 실험체는 22%의 내력상승으로 항복내력값을 초과하여 보강 효과를 검증할 수 있었다. Fig. 6의 하중-변위 곡선을 살펴 보면 보강실험체에서 초기강성(하중-변위 곡선상에서 기울기)이 저하됨을 관찰할 수 있다. 이는 Table 3의 CFRP쉬트에 대한 소재실험결과와 CFRP쉬트의 경우 강재에 비해 탄성계수가 낮은 저탄성 CFRP쉬트이기 때문에 하중변위곡선에서 초기구간(탄성구간)에서 보강으로 인해 강도는 증가하여도 강성이 저하가 됨을 알 수 있었다. 따라서 추후 고탄성 CFRP쉬트를 사용한 추가실험이 필요할 것으로 사료된다.

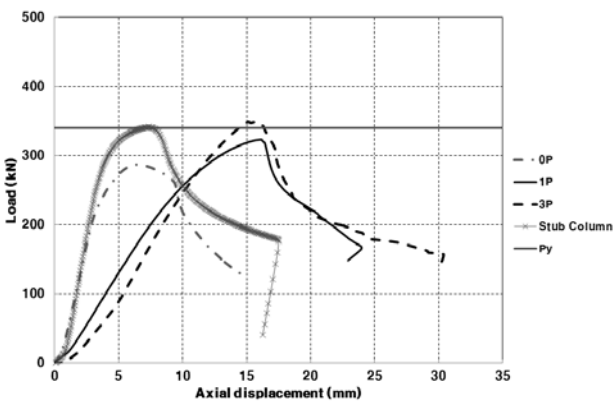
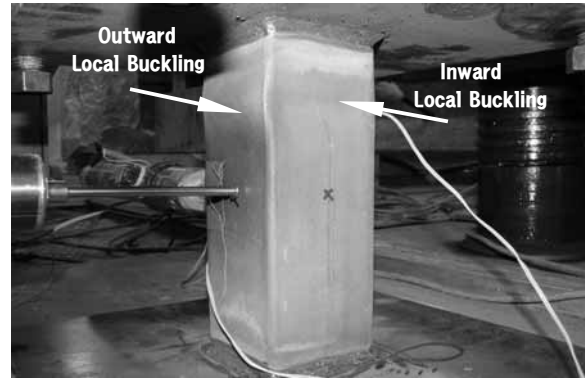


Fig. 6 Load-axial displacement curve

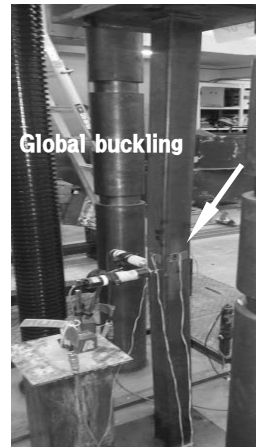
3.2 실험체 파괴과정

Fig. 7은 4개의 실험체에 대한 최종파괴전경을 나타낸 것이다. 먼저, stub column실험체는 Fig. 7(a)와 같이 실험체 상단부위에서 마주보는 두 면은 안쪽방향으로 국부좌굴이 발생하였고, 나머지 마주보는 두 면은 바깥쪽방향으로 국부좌굴이 발생하며 파괴되었다.

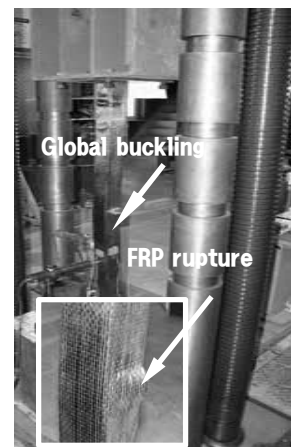
장주기둥의 파괴과정을 관찰해 보면 무보강실험체 SH38-0P



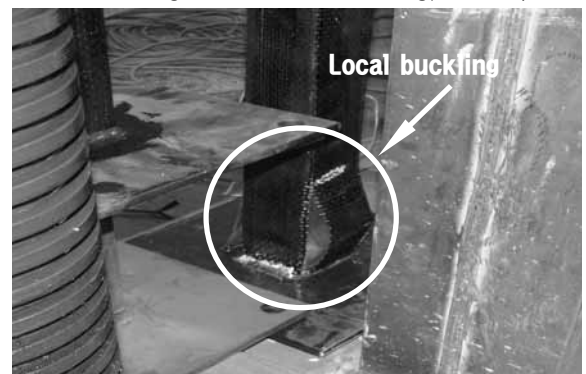
(a) Stub column failure shape



(b) SH38-0P : Global buckling



(c) SH38-1P : Global buckling, FRP rupture



(d) SH38-3P : Local buckling, FRP rupture

Fig. 7 Failure procedure of specimens

는 상단부위에서 약 7,500mm떨어진 곳에서 Fig. 7(b)와 같이 back side(LVDT 4)쪽의 횡변위가 발생하며 전체좌굴이 발생한 후 파괴되었다. SH38-1P 실험체는 최대내력점 이후 측면위 18mm(하중 290kN)단계에서 Fig. 7(c)와 같이 실험체의 back side(LVDT 4)쪽으로 횡변위가 발생하며 발생위치는 상단부위에서 약 5,500mm떨어진 곳이다. 전체좌굴 발생후, 횡변위가 계속적으로 증가하고여 이로 인해, CFRP시트가 파단(rupture)으로 실험체는 파괴되었다. SH38-3P 실험체는 전체좌굴이 발생하지 않고 실험체 최대내력점 이후 측면위 약 17mm(하중 350kN)지점에서 Fig. 7(d)와 같이 실험체 하부에 국부좌굴이 발생하였고, 국부좌굴의 범위가 확장됨에 따라 CFRP시트가 파단으로 실험체가 파괴되었다.

3.3 최대내력평가

Table 5는 각 실험체별로 측정된 최대내력을 정리하여 나타낸 것이다. Table 5에서 P_y 는 stub column에서 측정된 최대내력 값이고 항복내력으로 정의한다.

최대내력비교결과는 Fig. 8의 결과와 같이 CFRP시트 보강경수가 증가함에 따라 각각 13%, 22% 상승하는 것으로 나타났다.

서론에서 언급한 것과 같이 전체좌굴로 인한 휨좌굴로 인해 한쪽 면은 인장, 한쪽 면은 압축을 받게 되는데 인장을 받는 면에 CFRP시트를 길이방향으로 보강하여 인장보강효과

Table 5. Test results

Specimen	Ptest (kN)	Gain in strength	P_y (kN)	Ptest/ P_y
SH8-0P	340.6	-	340.6	1.00
SH38-0P	286.9	1.00	340.6	0.84
SH38-1P	322.9	1.13	340.6	0.95
SH38-3P	348.9	1.22	340.6	1.02

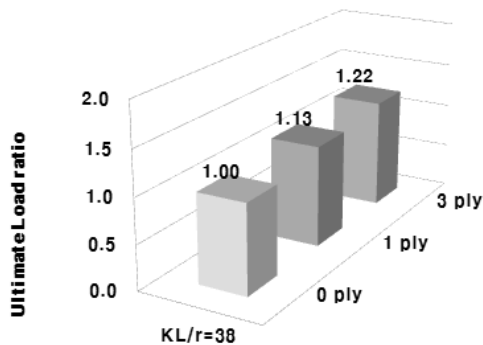


Fig. 8 Effect of CFRP retrofitting for load capacity

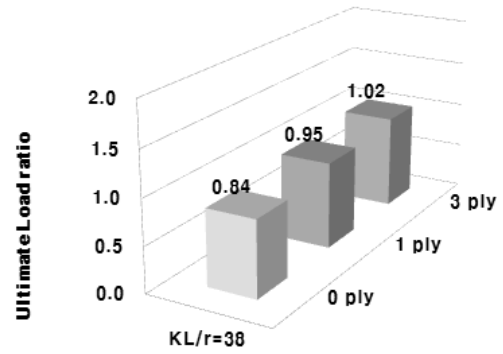


Fig. 9 Comparison of load capacity between stub column and long column

를 도출할 수 있었다. 다만 SH38-3P실험체는 충분한 CFRP 시트 보강량 때문에 강관에서 전체좌굴이 발생하지 않고 stub column의 파괴모양과 같이 실험체 하부에서 국부좌굴이 발생하며 파괴하게 되었다. 실제로 항복내력(P_y)과 장주실험체의 최대내력을 비교한 결과 Fig 9의 분석과 같이 SH38-0P, SH38-1P실험체는 전체좌굴의 영향으로 stub column의 항복내력보다 각각 16%, 5% 정도 내력이 저하됨을 알 수 있지만, SH38-3P실험체는 전체좌굴로 인한 내력저하 없이 2% 정도 내력이 상승한 것으로 나타났으며, stub column의 항복내력 수준까지 내력을 발휘하는 것으로 나타났다. 따라서 충분한 양의 보강량은 장주실험체에서 전체좌굴에 지배를 받지 않고 국부좌굴에 영향을 받게 되며 부재의 내력은 항복내력까지 상승시켜 전체좌굴의 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

3.4 하중-횡변위 관계

Fig. 10은 각 실험체의 하중-횡변위 관계곡선이다.

횡변위는 실험체 중간부위에 설치한 2개의 LVDT를 통해 측정되었다. Fig. 10은 두 개의 횡방향 LVDT 중 전체좌굴로 인한 횡변위가 발생한 LVDT 4번(back side)에서 측정된 값이며 SH38-3P실험체는 육안관으로는 횡변위가 발생되지 않아 두 실험체와 동일하게 LVDT 4번에서 측정된 값을 표시하였다.

Fig. 10에서 알 수 있듯이 보강량이 증가함에 따라 전체좌굴에 의한 횡변위가 감소하는 것으로 나타났으며, SH38-3P 실험체는 전체좌굴이 발생하지 않아 횡변위는 약 3mm정도로 거의 없는 것으로 나타났다. 따라서 하중-횡변위 곡선을 통해 알 수 있듯이 CFRP시트의 보강이 장주실험체에서 나타나는 전체좌굴로 인한 횡변위를 제어하여 전체좌굴에 대한

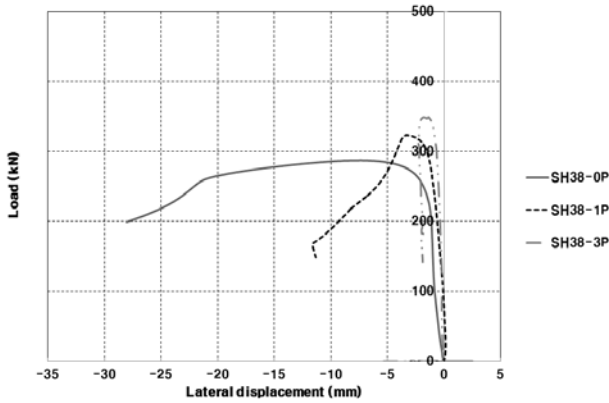


Fig. 10 Load-lateral displacement curve

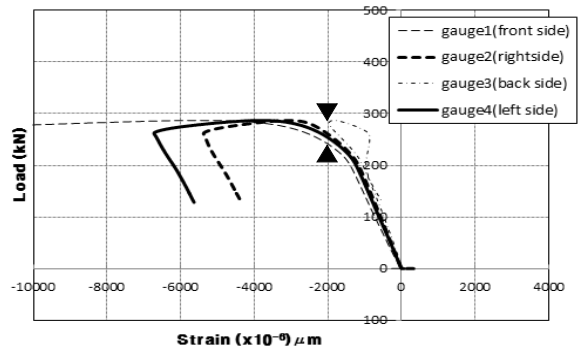
안정성을 확보할 수 있음을 확인할 수 있다.

3.5 하중-변형을 관계

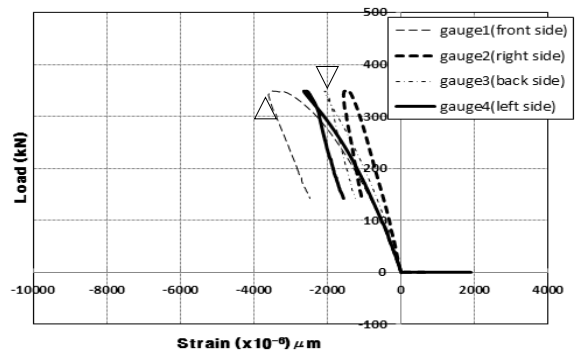
Fig. 11은 두 실험체(SH38-0P, SH38-3P) 중앙부위에 설치한 스트레인 게이지에서 측정하여 작성한 하중-변형률관계 그래프를 비교한 것이다.

이중 SH38-0P실험체는 back side(gauge 3)면이 인장을 받고, front side(gauge 1)면이 압축을 받는 전체좌굴이 발생하며 파괴되었다. Fig. 9(a)에서 gauge 1, 3 그래프를 살펴보면 gauge 1(front side)의 그래프는 ▲ 표시부분인 하중 250kN(약 3000 μ)이후 압축방향으로 확연히 변형율이 증가함을 확인할 수 있다. 반면 gauge 3(back side) 그래프를 살펴보면 ▼ 표시부분인 하중 290kN(약 2000 μ)수준까지 압축변형율이 발생하다 이후 변형율의 방향이 바뀔 수 있다. 이는 최대내력점까지는 압축변형율이 발생하다가 이후 전체좌굴의 발생으로 gauge 3면에서 인장변형율이 발생하여, 전체좌굴의 거동과 같이 한쪽면은 압축변형율이 다른 반대쪽면은 인장변형율이 발생함을 의미한다.

반면 Fig. 11(b)에서 살펴보면 gauge 1(front side)과 gauge 3(back side)이 최대내력지점인 하중 350kN(gauge 1 (front side), ▲표시(약 3500 μ), gauge 3 (back side), ▽표시(약 2000 μ)) 수준까지 압축변형율이 발생하다 두 변형율이 더 이상 변형율이 증가하지 않음을 관찰할 수 있다. 두 gauge의 변형율이 압축변형율의 값을 나타내는 마주보는 두면이 압축응력을 동시에 받고 있기 때문이며, 이를 통해 전체좌굴이 발생하지 않았음을 확인할 수 있다. 또한 최대내력점 이후 변형율의 급격한 변화를 관찰할 수 있는데, 이는 최대내력 이후 국부좌굴이 발생하여 급격한 변형율이 발생하였기 때문이다. 따라서 SH38-3P실험체는 전체좌굴이 발생하지 않고, 내력이 stub column의 항복내력까지 상승함과 동



(a) Load-axial strain curve (SH38-0P)



(b) Load-axial strain curve (SH38-3P)

Fig. 11 Load-axial strain curve

시에 국부좌굴이 발생으로 변형율이 급격히 변화하였기 때문에 장주가 아닌 단주와 같이 거동함을 확인할 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 판폭두께비가 작은 비조밀단면으로 구성된 각형강관 장주기둥에 CFRP쉬트를 길이방향으로 보강한 장주 실험체 2개와 보강하지 않은 장주 실험체 1개를 제작하였고, 동일단면의 항복내력을 측정하고자 1 개의 보강하지 않은 stub column을 제작하여 중심압축실험을 수행하였다. 실험으로 부터 도출한 결론은 다음과 같다.

- (1) 장주기둥에 대해 전체좌굴이 발생하면 휨좌굴로 인한 횡변위가 발생하게 되는데 길이방향으로 CFRP쉬트 보강하여 인장력이 발생하는 면에서 인장보강효과를 통해 전체좌굴의 지연 및 좌굴하중을 상승시킬 수 있었다.
- (2) SH38-0P실험체와 SH38-1P실험체는 각각 하부에서 상부에서 7,500mm, 5,500mm 떨어진 곳에서 전체좌굴이 발생하였고 전체좌굴로 인한 횡변위가 발생하였다. 그러나 SH38-3P실험체는 충분한 양의 보강량 때문에

나머지 두 실험체와는 달리 전체좌굴이 발생하지 않고 하단부위에서 국부좌굴이 발생하였으며, 이후 CFRP시트가 파단으로 실험체가 파괴되었다.

- (3) 내력분석결과 CFRP시트의 보강접수에 따라 13%, 22%의 내력이 상승하여 보강효과를 검증할 수 있었다. 장주기둥에서 무보강실험체와 1겹보강 실험체는 전체좌굴의 영향으로 stub column대비 내력이 16%, 5% 저하되지만 CFRP시트를 3겹보강한 실험체는 stub column의 항복내력수준까지 내력을 상승시켜 전체좌굴의 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.
- (4) 하중-횡변위 곡선에서 보강량이 증가함에 따라 전체좌굴로 인한 횡변위가 감소하는 것으로 나타났으며, CFRP시트 보강으로 전체좌굴 때문에 발생하는 횡변위에 대해 안정성을 확보할 수 있음을 확인하였다.

감사의 글

이 연구는 서울과학기술대학교 교내 학술연구비 지원으로 수행되었습니다.

참고 문헌(References)

- [1] Xiao, X.L. and Zhang, L. (2006) State-of-the art Review on FRP Strengthened Steel Structures, *Engineering Structures*, Vol. 29, pp.1808-1823.
- [2] Miller, T.C., Chajes, M.J., Mertz, D.R., and Hastings, J.N. (2001) Strengthening of a Steel Bridge Girder Using CFRP Plates, *J. Bridge Eng.*, ASCE, Vol. 6, No. 6, pp.514-522.
- [3] Colombi, P. and Poggi, C. (2006) An experimental, Analytical and Numerical Study of the Static Behavior of Steel Beams Reinforced By Pultruded CFRP Strips, *J. of Composites*, Vol. 37, pp.64-73.
- [4] Narmashiri, K., Jumaat, M.Z., and Ramli Sulong, N.H. (2010) Shear Strengthening of Steel I-Beams by using CFRP strips, *Scientific Research and Essays*, Vol. 5, No. 16, pp.2155-2168.
- [5] 박재우, 유정환, 최선규, 류재용, 최성모(2012) 세장판으로 구성된 각형강관 단주의 탄소섬유시트 보강, *한국강구조학회학술발표대회논문집*, 한국강구조학회, pp. 81-82. Park, J.W., Yoo, J.H., Choi, S.K., Ryu, J.H., and Choi, S.M. (2012) Carbon Fiber Sheets Reinforcement of Square Steel Short Columns with Slender Plates, *Conference Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, pp.81-82 (in Korean).
- [6] 박재우, 최선규, 최성모, 송동엽, 유정환(2012) 탄소섬유시트(CFRP Sheets)로 보강된 세장한 각형강관기둥의 중심축하중실험, *한국강구조학회논문집*, 한국강구조학회, 제24권, 제6호, pp.735-742. Park, J.W., Choi, S.K., Choi, S.M., Song, D.Y., and Yoo, J.H. (2012) Concentrated Axial Loading for Slender Square Hollow Section Reinforced by Carbon Fiber Reinforced Polymer Sheets(CFRP Sheets), *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol. 24, No. 6, pp.735-742 (in Korean).
- [7] 대한건축학회(2009) 건축구조설계기준 및 해설(KBC 2009), 기문당. AIK (2009) *Korea building code and commentary - structural*, Architectural Institute of Korea (in Korean).
- [8] AISC (2010) *Specification for Structural Steel Buildings*, American Institute of Steel Construction, USA.
- [9] Teng, J.G. (2007) Behavior of FRP-jacketed circular steel tubes and cylindrical shells under axial compression, *Construction and Building Materials*, Vol. 21, pp.827-838.
- [10] KS (2007) KS B 0801, 금속재료인장시험편. KS (2011) KS B 0801, *Test pieces for tensile test for metallic materials* (in Korean).
- [11] ASTM (2008) ASTM D 3039, Standard test method for tensile properties of polymer matrix composites.

요약: 본 연구에서는 각형 중공강관(SHS) 장주기둥에 CFRP시트를 길이방향으로 보강하여 중심축하중 실험을 수행하였다. 총 3개의 장주실험체와 1개의 stub column 실험체를 제작하였으며, 실험변수는 CFRP 보강접수이다. 실험결과 장주기둥에 대해 실험체 중간에서 전체좌굴이 발생하며 횡변위가 발생하여 파괴되었지만, CFRP시트의 보강을 통해 전체좌굴을 제어하며 횡변위로 인한 안정성을 확보하였다. 또한 CFRP시트의 보강으로 최대 22%의 내력이 상승하여 내력상승효과를 확인할 수 있었다.

핵심 용어: 탄소섬유시트, CFRP, 중공강관(SHS), 장주, 보수보강