

절곡된 단면을 갖는 얇은 판요소 콘크리트 충전 각형강관 기둥의 부착거동

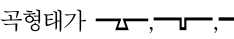
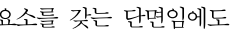
Bond Behavior of Thin-Walled Rectangular Profiled Steel Sheet Concrete Short Columns

윤 현 도* 박 완 신** 한 병 찬***
Yun, Hyun-Do Park, Wan-Shin Han, Byung-Chan

Abstract

The paper is presented experimental study results on bond stress between profiled steel and concrete in Profiled SPC(Profiled Steel Plate Concrete) rectangular steel tubes through an experimental program in which 13 pull-out specimens were tested. Advantages and class of composite members and current problems of construction work are noted, past research of PSSC is described. An experimental study is described and evaluated. The bond capacity is interrelated with slip at the steel concrete interface. The factors influencing the mechanism of bond stress transfer were the cross section shape, length/diameter, diameter/thickness and environmental parameters(temperature, moisture). The results of experimental program indicated that the force transfer could be characterized into two regions. The first region was governed by bond with no relative slip between the profiled steel and concrete. The second region occurs after the chemical debonding. Bond stress transfer in this region was governed by frictional resistance between profiled steel and concrete and cross section shapes. The important factors influencing the magnitude of frictional resistance are the profiled steel shapes, length/diameter and environmental parameters. (temperature, moisture)

요 지

본 연구는 콘크리트로 충전한 절곡된 단면을 갖는 각형강관 기둥의 부착특성을 매입인발(Pull-out) 시험을 통해 평가하였다. 시험체는 단면 250×250mm의 강관 단면에 콘크리트를 충전한 PSSC기둥으로 표 준형(P), 사다리꼴(I), 직사각형(II), 역사다리꼴(III)의 4가지 형태(Fig. 3)와, 부착길이에 대한 폭비(L/D=2.0, 2.5, 3.0), 단면의 폭두께비(d/t)으로 설정하여 총 13로 하였다. 실험결과 얇은 판요소 절곡된 강관과 콘크리트의 부착거동은 일반적인 부착거동과 유사하게 화학적 부착과 기계적 부착의 형태로 거동하였으며, 부착응력은 강관의 절곡형태가  순으로 높게 나타났다. 또한  타입 시험체의 경우에는 얇은 판요소를 갖는 단면임에도 불구하고 AIJ에서 제시하고 있는 0.147N/mm²의 값을 상회하는 것으로 나타나 부착응력을 고려할 수 있을 것으로 판단되었다.

Keywords : Column, Bond behavior, Profiled steel plate, Steel plate Concrete, Pull-out test, Profiled steel short concrete structure

핵심 용어 : 기둥, 부착거동, 절곡된 강관, 강관콘크리트, 인발 실험, PSSC구조

* 정희원, 충남대학교 건축공학과 교수

** 정희원, 충남대학교 건축공학과 박사과정

*** (주)AMS 엔지니어링 대표

E-mail : wiseroad@cnu.ac.kr

•본 논문에 대한 토의를 2005년 3월 31일까지 학회로 보내 주시면 2005년 7월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

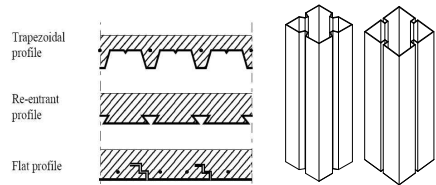
1. 서 론

최근 초고층 건물이나 원전 등의 대형구조물에 콘크리트충전 강관구조(Concrete filled tubular structure, CFT), 철골철근콘크리트 구조(Steel reinforcement concrete, SRC), 강판콘크리트 구조(Steel plate concrete, SPC) 등과 같은 합성구조의 이용이 증가하고 있다. 합성구조는 강재와 콘크리트 간의 상호 합성작용(Composite action)으로 내력과 변형능력이 증가하며 구조부재의 단면 감소와, 공장화를 통한 시공성 향상이 기대된다. 또한 강구조에 비하여 충전콘크리트의 국부좌굴 억제로 폭두께비를 완화할 수 있어, 궁극적으로 강재의 사용량을 절감할 수 있는 장점이 있다. 합성구조에서 중요한 요소는 이질적인 강판과 충전콘크리트의 일체성 확보를 통하여 안정적 구조시스템 확보(Composite)하는 것이라 할 수 있다. 이러한 관점에서 시공 또는 건물의 사용 중 발생할 수 있는 강판과 충전콘크리트 계면에서의 부착-미끄러짐 및 자유/전조수축 등을 억제하기 위하여 전단연결재(Shear connector)가 많이 이용되고 있다. 그러나 기둥과 같이 폐단면을 갖는 구조에서는 시공상의 문제점과 고가의 시공비가 요구되는 단점이 있다. 더욱이 얇은 판요소를 갖는 강판을 사용하는 경우에는 강판의 국부좌굴 가능성이 있으며, 강판이 매우 얇기 때문에 전단연결재의 용접시 시공의 어려움이 동반된다.

이러한 문제의 대안으로써 절곡된 강판콘크리트 구조(Profiled steel sheet concrete, 이하 PSSC)구조를 들 수 있다. PSSC구조는 Fig. 1과 같이 강판을 절곡하여(Profiled) 부착면적을 증가시키고 그 기하학적 형태를 통해 두 이질재 사이의 부착응력을 증가시킬 수 있는 구조시스템으로, 절곡된 단면을 갖는 합성슬래브, 보, 기둥, 벽체 등 여러 구조부재로 연구 개발되고 있는 실정이다(Table 1). 절곡된 강판을 이용한 강관을 이러한 합성구조에 사용하는 경우에는, 절곡으로 인하여 강판과 충전콘크리트의 부착면적이 증가하며, 기하학적 구속효과로 인하여 수평전단력에 대한 저항성이 향상되어 종국적으로 전단연결재의 사용을 저감시킬 수 있을 것으로 판단되며, 판의 형상비가 감소되어 국부

좌굴의 억제효과도 있을 것으로 기대된다.

그러나, 강판과 충전콘크리트의 순수 부착특성에 관한 연구는 C.W. Roeder⁽³⁾, Morishita⁽⁴⁾ 등에 의해 활발한 연구가 진행되어온 반면, 얇은 판요소를 갖는 합성구조에서의 강판과 콘크리트의 순수부착에 관한 연구는 매우 미흡하다. 또한 절곡된 강판을 이용한 PSSC기둥의 부착특성에 관한 연구는 전무한 실정이다. 이러한 이유는 Table 1에서도 알 수 있듯이 기존의 PSSC구조 시스템에 관한 연구가 구조부재의 거동 및 개발에 초점을 맞추어 연구가 진행되었기 때문으로 판단된다. 따라서 본 연구는 콘크리트로 충전한 절곡된 단면을 갖는 각형강관 기둥의 부착특성을 매입인발(Pull-out) 시험을 통해 평가하고자 하였다.



(a) Profiled 합성 슬래브 (b) Profiled 합성기둥

Fig. 1 PSSC 구조시스템의 예

Table 1 PSSC 구조에 관한 기존연구 일람

연구자	연구내용	년도
·Dowling, P. J., Janss, J., Virdi	·Composite steel-concrete columns	1977
·Jonson, R. P	·Composite structures (columns, beams)	1983
·Wright, H. D., Evans, H. R., Harding, P. W.	·Floor construction (profiled steel sheeting)	1987
·Orito, Y, Sato, T., Tanaka, Watanabe	·unbonded steel tube composite columns	1988
·Narayann, R.	·Steel-concrete composite structures (stability, bond strength)	
·Wright, H. D., Evans, H. R., Gallocher, S	·Composite walling	1992
·Kyakula, M	·Composite profile beams	1993
·Oehlers, D. J.	·Composite profile beams	
·Uy, B., Bradford, M. A	·Profile composite beams (Elastic local buckling behavior)	1994
·Daniels, B, J., Crinel, M.	·Composite slabs (behavior, strength)	
·Uy, B., and Bradford, M. A	·Profiled composite, RC beam (Service load tests)	1995
	·Profiled composite, RC beam (Time-dependent behavior)	
·O'Shea, M.D., Bridge, R. Q.	·Profile composite beams (ductility)	1995
	·Circular thin-walled steel tubes (medium, high strength concrete)	1997
	·Thin walled circular steel sections (Local buckling)	

이를 위하여 강관과 충전콘크리트의 화학적 부착응력(최대부착응력) 및 기계적 평균 부착응력을 평가하고, 실험결과를 토대로 절곡된 단면을 갖는 각형강관 기둥의 부착응력에 영향을 미치는 요소를 종합적으로 분석하여, 이를 적용하기 위한 기초적 자료를 제시하고자 한다.

2. 얇은 판요소 합성기둥의 부착특성에 관한 기존연구

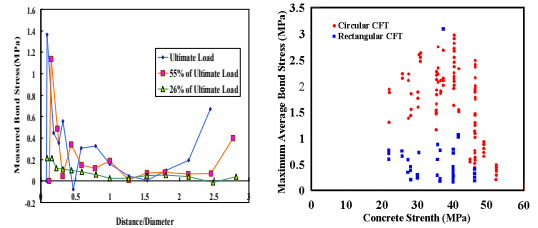
C.W. Roeder⁽³⁾는 Fig. 2와 같이 기존의 연구 자료와 실험을 분석하여 원형 CFT기둥에 대한 최대 및 평균 부착응력을 회귀식을 통해 제안하였으며 다음과 같다.

$$f_{2\sigma_f} = 2.109 - 0.026(d/t) \quad (1)$$

$$f_{mean_f} \cong 2.314 - 0.0195(d/t) \quad (2)$$

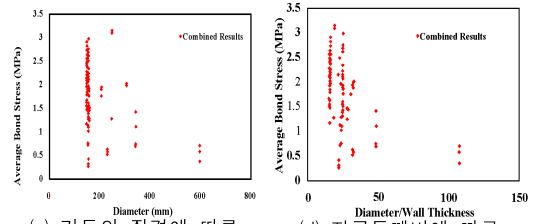
여기서, d/t 는 강관의 지름-두께비이다. 상기식에 의하면 원형 CFT기둥의 부착강도는 강관의 d/t 가 증가함에 따라 선형적으로 감소하며 d/t 가 80을 초과하는 경우 $f_{2\sigma}$ 는 0이 되는 것을 알 수 있다. 또한 Fig. 2(b)에 나타나 있듯이 각형강관의 경우에는 원형강관 응력에 비하여 부착강도가 약 70% 정도 낮게 나타난다고 보고하였다. 이러한 경향은 Morishita⁽⁴⁾가 수행한 각형(Square, Octagonal) CFT기둥에 관한 부착성능 실험(Push-Out)에서도 동일하게 나타나며, 부착강도가 0.15~0.30MPa값을 갖는다고 제시하였다.

현행 규준을 살펴보면, 절곡된 단면을 갖는 강관을 이용한 CFT기둥의 부착응력을 평가할 수 있는 직접적인 규준은 없으나, 유사 구조부재에 대한 EUROCODE⁽⁵⁾는 합성기둥 단면 최대치수의 문힘길이에 대해 0.5 MPa의 부착응력을 허용하고 있으며, 일본건축학회의 철골철근콘크리트 구조계산규준⁽²⁾에서는 부재 전체 문힘 길이에 대해 $0.02f_c(0.45 \text{ MPa이하})$ 의 부착응력을 허용하고 있다.



(a) 부착길이/폭 비에 따른 부착응력 분포

(b) 콘크리트 압축강도에 따른 부착응력 분포



(c) 기둥의 직경에 따른 부착응력 분포

(d) 지름두께비에 따른 부착응력 분포

Fig. 2 Noncompact Section을 갖는 CFT기둥의 부착특성⁽¹⁾

이상의 기존 연구 및 규준을 종합해 보면 얇은 판요소를 절곡한 PSSC구조는 판의 기하학적 특성에 의해 부착특성이 우수할 것으로 판단되지만 이에 대한 연구가 전무하며, 기존 유사구조의 규준을 적용하는 경우에도 얇은 판요소로 구성되는 PSSC구조의 부착성능을 적절하게 평가하지 못하는 것을 알 수 있었다.

3. 실험계획 및 방법

3.1 시험체

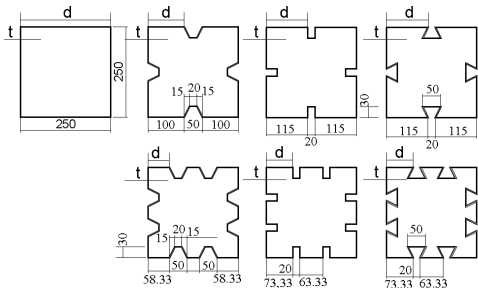
매입인발실험을 통한 얇은 판요소를 갖는 절곡된 각형강관 기둥의 부착특성을 평가하기 위하여 총 13개의 시험체를 계획하였으며 시험체 일람 및 형상은 Table 1 및 Fig. 3과 같다.

시험체는 단면 250×250mm의 강관 단면에 콘크리트를 충전한 PSSC기둥으로 내부에 콘크리트를 충전하였다. 실험변수는 단면형태인 표준형(P), 사다리꼴(I), 직사각형(II), 역사다리꼴(III)의 4가지 형태(Fig. 3)와, 부착길이에 대한 폭비(L/D=2.0, 2.5, 3.0), 단면의 폭두께비(d/t)로 설정하였다.

Table 1 시험체 일람표

시험체	L (mm)	D (mm)	t (mm)	단면 치수 (mm×mm)	f _{cu} (MPa)	Profiled Steel shape
ST P2578	625	250	3.2	250×250	30.59	
ST I 2031	500	250	3.2	250×250	31.09	
ST I 2531	625	250	3.2	250×250	31.09	
ST I 2018	500	250	3.2	250×250	31.09	
ST I 3031	750	250	3.2	250×250	31.09	
ST II 2036	500	250	3.2	250×250	31.38	
ST II 2536	625	250	3.2	250×250	31.38	
ST II 2023	500	250	3.2	250×250	31.38	
ST II 3036	750	250	3.2	250×250	31.38	
ST III 2036	500	250	3.2	250×250	31.48	
ST III 2536	625	250	3.2	250×250	31.48	
ST III 2023	500	250	3.2	250×250	31.48	
ST III 3036	750	250	3.2	250×250	31.48	

ST I 20 10 : Profiled된 강관의 폭두께비
 | L 부착길이(L)에 대한 강관 폭(D)의 비
 Profiled된 강관의 단면형태(Fig. 3)



(a) I type (b) II type (c) III type (d) IV type
 Fig. 3 시험체의 단면형상 및 d/t의 정의

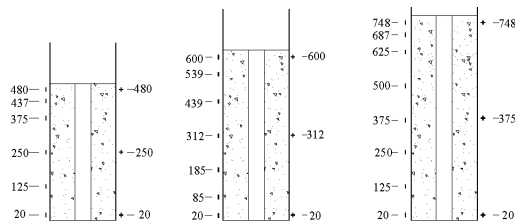


Fig. 4 철근변형률 게이지(좌-1축, 우-2축) 부착위치(단위:mm)

또한 Fig. 4 및 사진 1과 같이 같이 강관의 양 측면에 철근 변형률 게이지(WSG)를 종방향으로 부착하여 부착응력분포를 분석할 수 있도록 하였으며, 2축 변형률 게이지를 부착하여 콘크리트 타설 후 콘크리트의 축압 및 수축량을 지속적으로 측정할 수 있도록 하였다. 절곡된 강관내 충전콘크리트에 대한 변형률 측

정은 2회/일로 실험당일까지 기록하였으며, 환경변수 로써 온도와 습도를 동시에 측정하였다.



Photo 1 철근변형률 게이지 부착 전경

3.2 가력 및 측정방법

시험체의 가력은 Fig. 5와 같이 50tf용량의 액츄레이터를 이용하여 매입인발 시험을 수행하였다. 시험체는 $\phi 50\text{mm}$ 강봉(인장강도 750MPa)을 이용하여 바닥면에 완전 구속될 수 있도록 볼트로 체결하였으며, 상부에 액츄레이터와 시험체를 볼트 체결하여 인발시험을 수행하였다. 측정은 양측면에 변위측정장치(LVDT)를 설치하여 강관과 콘크리트의 상대 변위를 측정하였으며 자료수집 장치(TDS-601A)를 이용하여 데이터를 저장하였다.

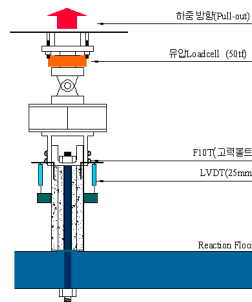


Fig. 5 가력 및 측정장치



Photo 2 실험 전경

3.3 재료의 기계적 특성

시험체에 사용된 강관과 콘크리트에 대한 재료시험을 KS 기준에 따라 실시하였으며 그 결과는 Table 2 및 3과 같다. 강관의 경우는 강관이 얇은 판요소를 갖기 때문에 인장시편을 제작하여 재료시험을 수행하였다.

Table 2 강판의 재료특성

구 분	σ_y (MPa)	σ_t (MPa)	탄성계수(MPa)	신율(%)
일반구조용(SS400)	293.8	376.4	37,142	25.6

Table 3 콘크리트의 재료특성

시험체명	레미콘 규격	압축강도(MPa)	탄성계수(MPa)	슬럼프(cm)
P,I,II,III	25-300-18	30.59~31.48	11,212	18

콘크리트는 실험 당일 각 시험체에 대한 공시체를 3개씩 압축시험을 실시하여 평균값으로 하였다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 부착 메카니즘의 일반적 특성

부착은 일반적으로 크게 화학적 부착(Chemical Bond), 기계적 부착(Mechanical Bond) 그리고 마찰(Friction)로 구분할 수 있다. 화학적 부착은 부착-미끄러짐 거동의 초기 하중에서 최대 하중사이의 거동으로 충전콘크리트의 페이스트와 강판 사이의 부착으로, 부착력상실시 매우 취성적이며 불안정한 거동을 한다. 기계적 부착은 강판의 표면처리 상태, 단면 형상 그리고 전단연결재 등에 의한 것으로 화학적 부착과괴 이후 비교적 연성적이며 안정적인 거동을 한다. 마지막으로 마찰은 콘크리트와 강판의 상대적 이동(Moving up or down) 현상으로 발생하게 되며 기계적 부착의 연성적 거동을 유도할 수 있다.

4.2 인발하중-변위 관계

각 시험체에 대한 인발하중 및 화학적/기계적 부착응력을 Table 4에 정리하였으며, 실험변수별 인발하중-변위관계를 Fig. 6~9에 나타내었다. 전반적인 매입하중 변위 거동을 살펴보면 가력이후 화학적 부착에 의하여 하중이 증가하는 특성을 보였다. 최대 인발하중이후 급격한 변형의 증가와 함께 하중이 감소하였으며 이후 기계적 부착 하중에서 강판이 인발하면서 미끄러지는 거동을 보였다. 각 타입별 최대인발하중이후의 기계적 부착강도 특성을 살펴보면, 굴곡되지 않은

P(—)타입 및 I(—)타입 시험체의 경우는 최대 인발하중 이후 급격한 내력의 저하가 발생하였으며 화학적 부착응력에 대한 기계적 부착응력의 비는 8.17~27.5%로써 기계적 부착응력을 기대할 수 없는 것으로 나타났다. 특히 I 타입의 경우에는 절곡되어 있음에도 불구하고 기계적 부착강도가 매우 작은 것을 알 수 있었다. 이는 민형의 P타입의 경우 타설시 측압에 의한 구속력이 부착강도에 기여하고 있는 것에 반하여 I타입 시험체는 단면의 형상에 의해 측압에 의한 구속력이 발생하지 않고 오히려 콘크리트의 경화시 발생하는 건조수축에 의해 부착강도가 감소하기 때문에 판단되었다.

II(—)타입 및 III(—)타입 시험체는 부착강도가 P타입 및 I타입에 비하여 매우 큰 것을 알 수 있으며, 최대 인발하중이후 내력의 저하 이후에도 큰 기계적 부착강도(II형=46~71%, III형=56~84%)를 보이고 있음을 알 수 있었다. 절곡된 II타입 및 III타입의 매입 인발하중이 P타입 및 I타입에 비하여 증가한 이유는 절곡에 의해 부착면적이 증가했기 때문으로 판단되었으며, 최대인발하중 이후 내력의 저하가 상대적으로 적은 이유는 단면의 기하학적 형상에 의해 절곡된 강판과 콘크리트사이의 부착 및 마찰 면적의 차이와 무빙입이 일어나는 동안 단면형상에 의한 기하학적 저항요인 및 편심의 영향에 의한 것으로 판단되었다.

Table 4 부착실험 결과

명 칭	Pu (kN)	τ_{chem} (MPa)	τ_{mech} (MPa)	변위 (mm)	τ_{mech}/τ_{chem} (%)
ST P2578	78.77	0.129	0.031	0.108	23.05
ST I 2031	73.66	0.1310	0.011	0.022	8.17
ST I 2531	66.45	0.0949	0.016	0.048	15.06
ST I 2018	49.27	0.0631	0.014	0.02	21.39
ST I 3031	66.99	0.0811	0.022	0.028	27.50
ST II 2036	122.38	0.201	0.0981	0.019	48.71
ST II 2536	144.82	0.192	0.112	0.018	57.85
ST II 2023	187.65	0.208	0.150	0.032	71.94
ST II 3036	165.76	0.186	0.0871	0.014	46.90
ST III 2036	147.95	0.218	0.148	0.022	68.23
ST III 2536	177.92	0.210	0.145	0.021	68.55
ST III 2023	160.58	0.148	0.824	0.029	55.60
ST III 3036	210.71	0.211	0.177	0.023	84.01

주) · Pu : 최대부착력 · τ_{chem} : 화학적 부착응력
· τ_{mech} : 기계적 부착응력(평균값)

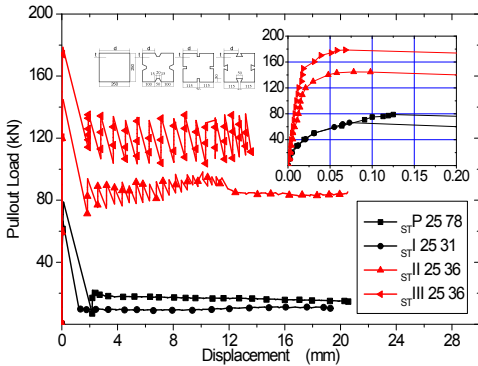


Fig. 6 단면 형상에 따른 인발 하중-변위 곡선(L/D=2.5)

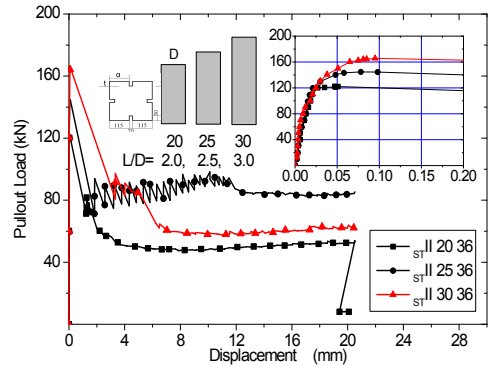


Fig. 8 II타입 시험체의 길이별 인발하중-변위 곡선

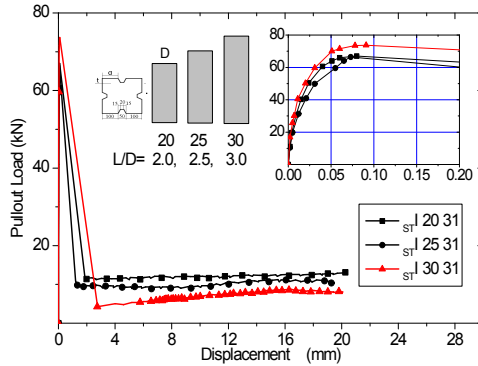


Fig. 7 I타입 시험체의 길이별 인발하중-변위 곡선

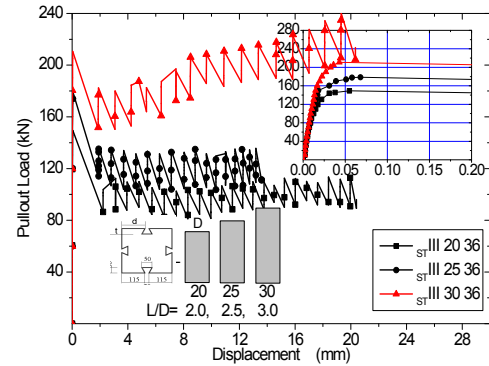


Fig. 9 III타입 시험체의 길이별 인발하중-변위 곡선

이를 통하여 절곡된 형태의 단면에 있어서의 부착특성은 I형보다는 II형 및 III형이 보다 우수할 것으로 판단되었으며 최대 부착강도 이후에도 기계적 부차 거동에 의해 일정 수준(II형=46~71%, III형=56~84%)의 부착강도를 확보할 수 있을 것으로 판단되었다.

4.3 부착강성

합성 구조물에 있어서 초기강성은 구조물 전체 거동에 매우 중요한 영향을 끼친다. 특히 충전콘크리트 합성부재(CFT)의 경우 강관과 콘크리트의 화학적 부착 성능은 구조물 초기거동에 상당한 영향을 끼칠 수 있다. 본 연구에서도 Fig. 10~13에서와 같이 부착실험 결과를 토대로 단면형상-P, I, II, III, 부착길이/단면비(L/D)-2.0, 2.5, 3.0, 폭두께비(d/t)=0.5인 시험

체에 대하여 초기부착강성 및 화학적 부착과괴 이후 강성저하를 비교·분석하였다. 그 결과 단면형상에 따라 P, I, II, III시험체 순으로 초기부착강성이 높게 나타났으며 부착길이/단면비(L/D)에 대하여 2.0, 2.5, 3.0인 시험체 순으로 높게 나타났다. 또한 Table 5에서 나타난 바와 같이 폭두께비가 18인 시험체에서는 III타입 시험체가 초기부착강성이 가장 크게 나타났다.

4.4 강관의 변형률 분포특성

본 실험에서는 강관의 측면에 1축 변형을 게이지를 부착하여 강관 부착길이방향에 나타나는 강관의 변형율을 측정하였다. 측정된 강관 변형률 값에 따라 유효부착면적을 산정 하였으며 5단계의 하중 값에 대한 변형율을 기록하였다.

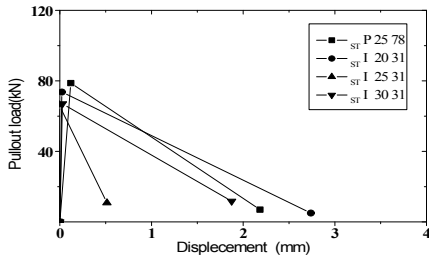


Fig. 10 P, I 타입 시험체의 강성변화

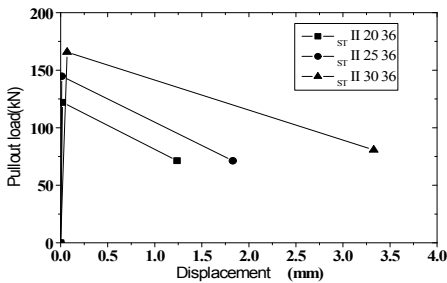


Fig. 11 II 타입 시험체의 강성변화

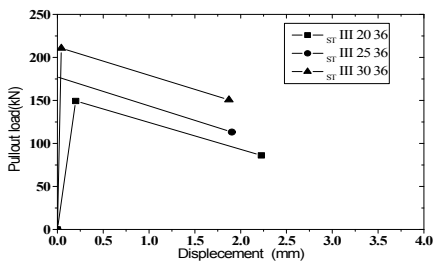


Fig. 12 III 타입 시험체의 강성변화

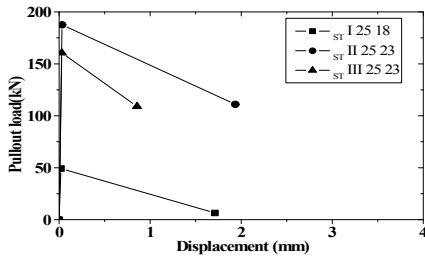


Fig. 13 $d/t=0.5$ 시험체의 강성변화

Fig. 14~17는 시험체 P, I, II, III타입의 각 변수에 따른 강관의 변형율을 그래프로 나타낸 것이다. 그림에서 볼 수 있듯이 4개 시험체 모두 부착각이 대한 단면폭의 비(L/D)가 약 1.0인 위치에서 최대 부착력이 작용할 경우에 비슷한 강관 변형율을 갖는 것으로 나타났다.

Table 5 부착강성

명 칭	초기 부착강성 (kN/mm)	강성저하 (kN/mm)
ST P2578	656.39	23.01
ST I 2031	3348.32	25.50
ST I 2531	1328.90	44.70
ST I 2018	2329.66	28.97
ST I 3031	2463.27	25.33
ST II 2036	6424.47	19.18
ST II 2536	8023.50	40.37
ST II 2023	11840.07	27.50
ST II 3036	5863.99	40.30
ST III 2036	6789.3	31.52
ST III 2536	8506.0	34.32
ST III 2023	9161.35	23.01
ST III 3036	5537.35	61.42

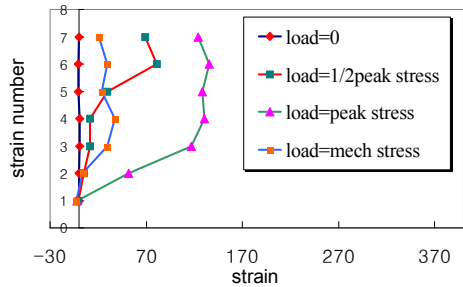


Fig. 14 $ST P25\ 78$ 시험체 강관에서의 변형분포

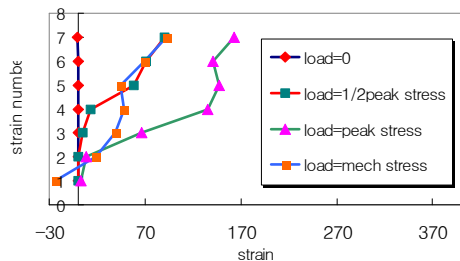


Fig. 15 $ST I25\ 31$ 시험체 강관에서의 변형분포

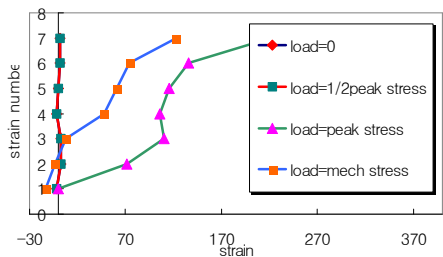


Fig. 16 $ST II25\ 36$ 시험체 강관에서의 변형분포

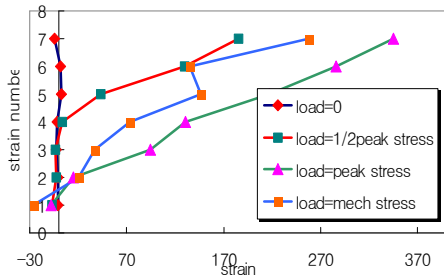


Fig. 17 STIII25 36 시험체 강관에서의 변형분포

4.5 콘크리트의 수축 특성

본 실험에서는 콘크리트의 수축특성이 얇은 판요소 각형강관 기둥의 부착응력에 끼치는 영향을 파악하기 위하여 강관 측면에 2축 변형률 게이지를 부착하여 콘크리트 타설 시점부터 본 실험이 수행되기 전까지 1일 2회씩 콘크리트의 수축량을 측정하였으며 콘크리트 양생에 있어 중요한 환경변수(온도, 습도)를 동시에 측정하였다. Fig. 18에서 볼 수 있듯이 콘크리트의 수축은 온도와 습도에 민감하게 반응하였지만 강관의 변형량에 의한 간접적인 방법에 의존했기 때문에 수축량은 매우 작게 나타났다. 또한 콘크리트 타설 시점에서 초기경화량과 후기 경화량을 상대적으로 비교해 본 결과 P, I타입 시험체는 약 0.735~0.85의 수축량을 나타내었고, II, III타입 시험체는 약 0.65정도의 수축량을 나타내었다. 이는 실험결과에서 나타난 바와 같이 절곡된 단면을 갖는 강관이 콘크리트의 수축량을 저감시킨 것으로 판단된다.

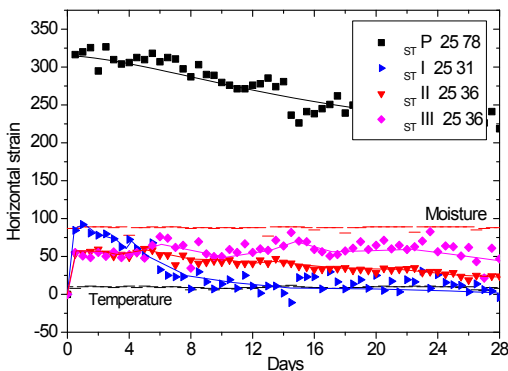


Fig. 18 온도와 습도의 변화에 따른 수축량

4.6 표준식 값과의 비교

본 연구에서 사용된 콘크리트 강도는 30~31MPa로 제한하였으며 각 타입별 시험체 13개의 부착응력 데이터와 BS 5400에서 제시하고 있는 Steel-Concrete의 부착응력 $0.4N/mm^2$ 과 AIJ에서 제시하고 있는 $0.14N/mm^2$ 와 비교하였다. Table 6과 Fig. 19에서 보는 것처럼 본 실험에서 계획한 시험체 모두 BS5400에서 제시하고 있는 값보다 작은 값을 나타냈지만 AIJ에서 제시하고 있는 값에 대해서는 시험체 P, I 타입의 경우에는 AIJ에서 제시하고 있는 값을 과소평가하고 있는 반면 시험체 II, III타입의 경우에는 규준에서 제시하고 있는 값보다 큰 부착응력을 보유하고 있어 적용 가능할 것으로 판단된다.

Table 6 부착실험에 의한 부착응력 결과값

시험체	PU (kN)	τ_u (MPa)	BS5400, (MPa)	AIJ (MPa)
ST P2578	78.77	0.129	0.40	0.147
ST I 2031	73.66	0.131		
ST I 2531	66.45	0.0949		
ST I 2018	49.27	0.0631		
ST I 3031	66.99	0.0811		
ST II 2036	122.38	0.201		
ST II 2536	144.82	0.192		
ST II 2023	187.65	0.208		
ST II 3036	165.76	0.186		
ST III 2036	147.95	0.218		
ST III 2536	177.92	0.210		
ST III 2023	160.58	0.148		
ST III 3036	210.71	0.211		

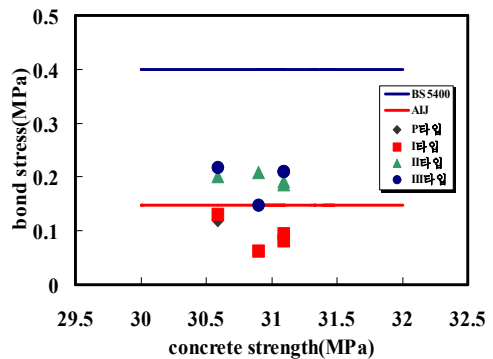














Fig. 19 실험값과 규준값의 비교

5. 결 론

PSSC기둥의 부착특성을 검토하기 위한 매입인발시험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 얇은 판요소 절곡된 강관과 콘크리트의 부착거동은 일반적인 부착거동과 유사하게 화학적 부착과 기계적 부착의 형태로 거동하였으며, 부착응력은 강관의 절곡형태가 , , ,  순으로 높게 나타났다. 특히 , 의 경우 화학적 부착과괴 이후에도 대변형까지 부착응력의 50%이상을 확보하며 거동하는 것으로 나타났으며 이는 강관 단면의 형상에 따른 기하학적 구속력에 의한 것으로 판단되었다.
- 2) 콘크리트의 수축특성은 온도와 습도의 변화에 매우 민감하게 작용하였으며, 콘크리트 양생 중 강관의 횡방향 변형율을 측정할 결과 시험체 타입은 타입에 비하여 콘크리트의 측압에 의한 단면 구속력을 기대할 수 없을 것으로 판단되었다.
- 3) 강관외부의 변형률 분포 특성으로부터, 부착과괴 시 타입 , 의 경우 강관하부의 변형율이 음(-)의 값을 갖는 것으로 보아 절곡된 단면형상에 따른 기하학적인 구속으로 인해 콘크리트 팽창을 억제하였으며 이에 따라 부착응력 및 부착강성 등이 크게 나타난 것으로 판단된다.
- 4) 실험으로부터 얻어진 부착응력 값들은 BS5400에

서 제시하고 있는 Steel-Concrete의 부착응력 0.4N/mm^2 값보다 작은 값을 나타낸 반면 , 타입 시험체의 경우에는 AIJ에서 제시하고 있는 0.147N/mm^2 의 값을 상회하는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 이훈희, 김용철, 박완신, 한병찬, 윤현도(2004), “얇은 판요소 프로파일 각형강관을 이용한 CFT 기둥의 부착거동”, 대한건축학회 춘계학술발표 논문집.
2. 日本建築學會 鐵骨鐵筋コンクリート 構造計算規準・同解説, 1987.
3. Roeder, C. W., “Composite Action and Bond Stress Transfer in Concrete Filled Tubes” accepted for publication, ASCE, Journal of Structural Engineering, 1998
4. Morishita, Y., Tomii, M., and Yosimura, K. (1979b). “Experimental studies on bond strength in concrete filled on square and octagonal steel tubular column subjected to axial load.” Trans. Japan Concrete Inst., Tokyo, 4, 359-366.
5. EUROCODE NO 4. (1990). Design of composite steel and concrete structures. Part 1. : General rules for buildings. Commission of European Communities, Luxembourg.

(접수일자 : 2004년 7월 8일) (금행)