

리브 보강된 SC구조 벽-바닥 접합부의 거동 및 내력 평가

박정학^{1*}

¹박사과정, 공주대학교

Behavior and Strength of Rib Stiffened SC Wall-slab Connection

Park, Joung Hak^{1*}

¹Ph.D. candidate, dept of Architecture and Architectural Engineering Kongju National University, Gongju, 314-701, Korea

Abstract - Until now, wall-slab plate of steel plate concrete has been constructed by joint. But, the shear plate has problems in the workability as well as structural integrity. This study investigates the behavior and strength of rib stiffened SC wall-slab connection. Seven prototype specimens of wall-slab connections were fabricated and tested. the structural safety of the specimens was confirmed through the monotonic loading test. Based on the experimental observations, this study propose the strength formula of the joint was proposed. To enhance the reliability of the proposed strength formula, analytical verification was performed through inelastic finite element analysis. Effect of parameters, such as, load point, friction coefficient, on the joint strength was examined. The proposed formula yields a conservative value for most cases.

Keywords - SC wall-slab connection, Rib, Load point, Friction coefficient, The joint strength

1. 서론

SC(Steel Plate Concrete)구조란 Fig. 1에서와 같이 양면 강판(Sur Plates)내에 콘크리트를 채워 넣은 샌드위치식 합성구조체로 시어 스티드, 스티프너, 웹 플레이트 등이 강판에 부착되어 강판과 콘크리트의 합성작용으로 구조적 기능을 수행하는 구조를 말한다.

이 구조는 종래 철근 콘크리트 공사의 건설공기 지연요소를 대폭적으로 감소시킬 수 있으며 공장 모듈화를 통해 시공공기의 단축과 시공 품질의 향상 및 건설 안전성 측면에서 유리한 공법이다^[1].

강판콘크리트(SC)구조 벽-바닥접합부는 표면 강판에 의해 콘크리트가 나뉘게 되며 이 때문에 바닥 단부의 응력 전달

기구가 RC구조의 것과 다를 것으로 예상된다. 이에 기존 1차 연구에서는 SC구조 벽-바닥 접합부에서의 전단력 전달 기구로서 Fig. 2에서와 같이 접합면의 마찰에 의한 전단저항력 Q_{fr} , 전단플레이트에 의한 부담전단력 Q_{sp} , 접합면 스티드에 의한 부담전단력의 3가지 요소에 대하여 평가하였다^[2].

SC구조에서 벽-바닥 접합부는 상부 철근 및 하부 전단플레이트, 콘크리트 슬래브로 구성되는데 시공적 측면에서 좀

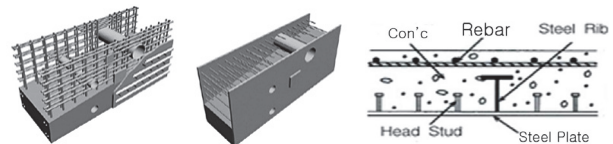


Fig. 1. RC Structure and SC Structure

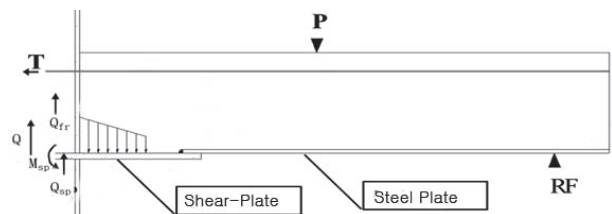


Fig. 2. Joint Shear Strength of First Step

Note.-Discussion open until February 28, 2015. This manuscript for this paper was submitted for review and possible publication on December 6, 2011; revised June 27, 2014; approved on July 25, 2014.

Copyright © 2014 by Korean Society of Steel Construction

*Corresponding author.

Tel. +82-070-8770-5980 Fax. +82-31-268-7927

E-mail. jounghark@kongju.ac.kr

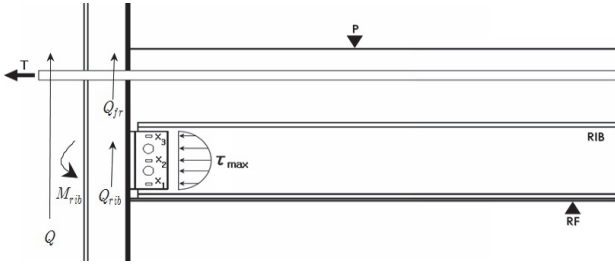


Fig. 3. Joint Shear Strength of Second Step

더 높은 효율성을 고려하여 Fig. 3에서와 같이 전단 플레이트 대신 보강 리브를 대체하는 안이 제시되고 있다. 따라서 본 연구에서는 보강 리브가 설치된 벽바닥 접합부에 대한 구조적 성능을 검토하고자 한다. 이를 위하여 실험체의 하중가력점, 벽면의 마찰계수 및 단부의 지지형태 등을 달리하였으며 각 경우에 대하여 파괴모드 및 최대내력을 분석하였다.

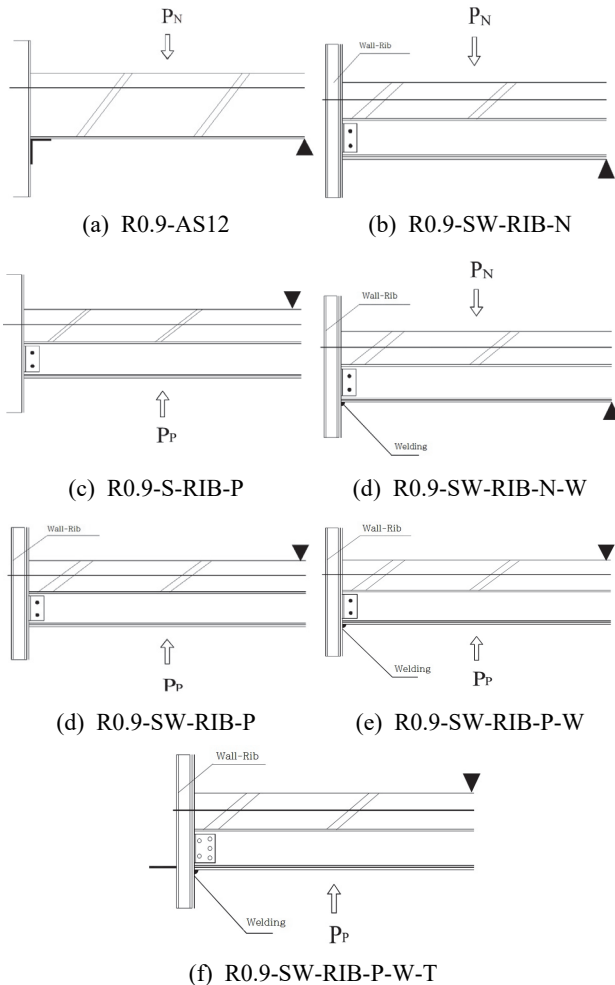


Fig. 4. Type of Specimens

궁극적으로 실험으로부터 도출된 접합부 내력 평가식과 해석결과와의 비교검토를 통하여 접합부 내력식의 적정성을 평가하였다.

2. 실험체의 종류와 형태

2.1 실험체의 종류

리브가 보강된 SC구조 벽-바닥 접합부의 접합성을 실험하는 실험체 J24/400의 종류는 Table 1과 같이 7가지로서 전단 플레이트를 ㄱ형강로 교체한 기존연구 형태의 실험체와 전단플레이트를 H형강 리브로 교체하고 이를 다시 S-RIB슬래브와 SW-RIB슬래브로 나누고 바닥 강판의 용접 유무 상태와 바닥 강판 설치부에 실험체내에 타이바 설치 유무로 구분하였다. 바닥강판두께는 6mm로 하고 스티드(13φ L=120mm)를 180mm간격으로 압접, 바닥강판과 리브는 모살용접 하였으며 접합부 벽의 표면 강판과 리브는 2L-90×90×6(mm)형강을 벽체표면강판에 모살용접하고 리브와는 M24고력볼트로 체결하였다^[3].

2.2 실험체의 형태

실험체는 최대한 접합부 전단 파괴를 유도하기 위하여 전단 스패비를 2이하 되도록 실험체를 설계하였으며 실험목적상 반력 벽에 고정토록 제작되었다 Fig. 5에서 보는 바와 같

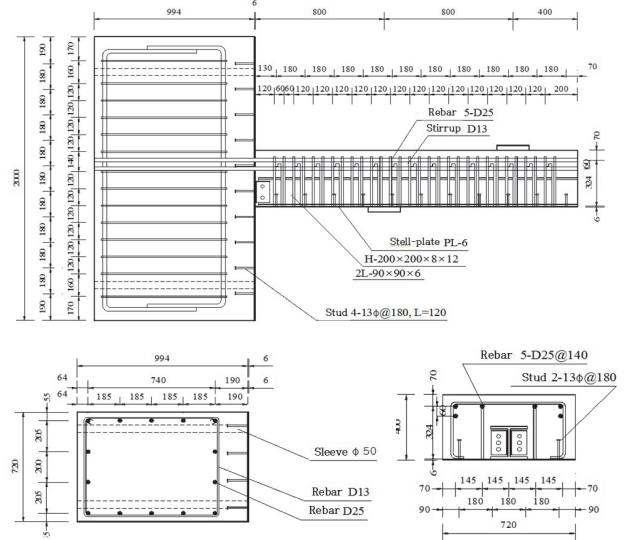
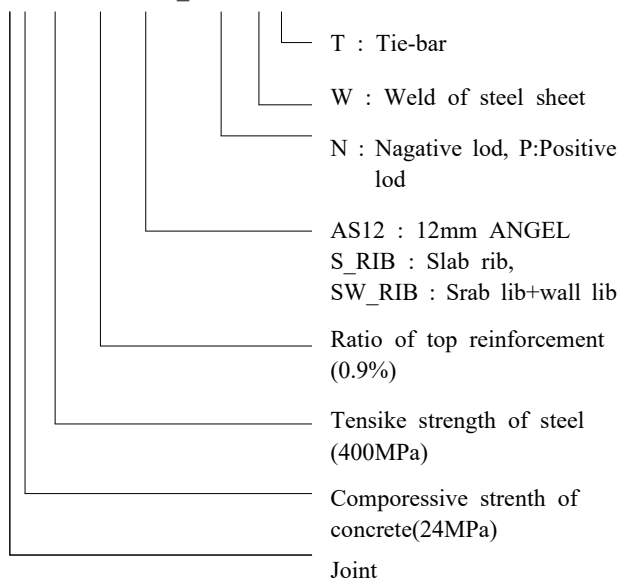


Fig. 5. SC Wall-Half Slab R0.9-S-RIB-P(unit : mm)

Table 1. A Summary of the Parameter & Specification

Model name	R0.9-A S12	R0.9-S _RIB-P	R0.9-SW _RIB-N / R0.9-SW _RIB-P	R0.9-SW _RIB-N- W/ R09-SW _RIB-P- W	R0.9-SW _RIB-P-W -T
Slab type	Half- SC	Half-SC	Half-SC	Half-SC	Half-SC
Top reinforcement of slab	5-D25	5-D25	5-D25	5-D25	5-D25
Ratio of top reinforcement (Pt)	0.9%	0.9%	0.9%	0.9%	0.9%
Thickness and form of shear-plate	L-150× 150×12	H-250 ×250×14 ×14	H-250 ×250×14 ×14	H-250 ×250×14 ×14	H-250 ×250×14× 14
Slab thickness	400mm	400mm	400mm	400mm	400mm
Model width	720mm	720mm	720mm	720mm	720mm
Thickness half-slab steel sheet	6mm	6mm	6mm	6mm	6mm
Interval of shear reinforcement	6cm	6cm	6cm	6cm	6cm
Stud interval	180mm	180mm	180mm	180mm	180mm
Weld of steel sheet	-	×	×	○	○
Tie-bar	-	×	×	×	○

J24/400-R0.9-SW_RIB-N-W-T



이 콘크리트 벽은 폭 720mm, 두께 994mm의 콘크리트에 내부 보강철근을 설치하였으며 슬래브와 접촉되는 벽체 면은 스티드를 부착한 강판을 사용하였다. 슬래브는 SC 바닥 강판에 종 방향으로 H-200×200×8×12(mm) 형강 바닥면 좌우측을 모살용접하여 일체화시켰으며 접합부의 파괴 성상을 관찰하기 위하여 전단 보강근을 기존SC구조물의 전단 보강근 보다 3배 더 밀실하게 배근하였다. 스티드 규격은 13×80(mm)로서 540mm피치와 180mm게이지 간격으로 두께 6mm강판에 설치하였다. 상단철근은 철근비 0.9%로 하여 직경 25mm철근을 5개를 설치하였으며 하단철근은 H-RIB로 대체하였다.

이를 위하여 적용 가능한 7개의 표준모델을 설정하고 이에 대한 실험체를 제작하였으며 구조성능실험을 수행하였다. 실험체의 성능평가방법으로 실 규모 단조 가력실험을 통하여 접합부의 전단력전달기구와 접합내력을 확인하고 유한 요소 해석을 수행함으로써 접합부 구성요소가 접합부 내력에 미치는 영향을 파악하였다^[4].

2.3 실험체의 재질

실험체의 재질은 Table 2와 같이 설계상의 재질과 실험에 의한 실제 재질을 보여주고 있다. 인장강도 실험편은 6mm 두께의 강판 6개, 12mm 두께의 강판 3개에 대하여 인장강도 실험을 실시하였다. 실험체에 사용된 콘크리트는 설계기준강도 24N/mm²로 총 9개의 공시체를 제작하여 28일 압축 강도를 실험하였다.

Table 2. Material Properties

Division	Material	Specification	Value of design strength (Mpa)	Experimental results (Mpa)
Steel	SS490	L-90×90×8	$F_y = 275$ $F_u = 490$	$F_y = 366$ $F_u = 496$
		H-200×200×8×12		$F_y = 370$ $F_u = 494$
Stud	SS490	φ13	$F_y = 285$ $F_u = 490$	-
Concrete	four week age compressive strength		$f'_c = 24$	$f'_c = 32$
Rebar	SD30	D25	$F_y = 300min$ $F_u = 440min$	-

3. 실험방법

3.1 실험 측정 장치

본 실험에서는 가력시 접합부와 슬래브의 각 부위별 처짐량과 철근 및 리브의 변형률을 측정할 수 있도록 계측기를 설치하였다. 가력지점의 하부에 실험체의 처짐량 측정을 위해 100mm 변위계(LVDT)를 설치하였고, 벽-바닥 접합부에 발생하는 모멘트로 인한 벽-바닥의 벌어짐량을 측정하기 위하여 슬래브 상하단부에 25mm 변위계(LVDT)를 설치하여 회전 변위량을 측정하였다. 접합부에 전달되는 전단력을 측정하기 위하여 우측 단부지점에 로드셀을 설치하여 반력을 측정하였으며 가력하중과 반력의 차이 값으로 하여 전단력을 추정하였다. 전단력에 가해지는 하중 분포상태를 파악하기 위하여 하프슬래브 접합부에서 15mm 간격으로 상하부 표면 3개 지점에 변형률게이지(WSG)를 부착하였다. 또한 접합부에 발생하는 모멘트 효과를 측정하기 위하여 상부 철근 6개의 바닥단부 위치에 스트레인게이지를 부착하였다.

3.2 실험체 가력

Fig. 7에서 보는 바와 같이 실험체는 경간 1600mm로 슬래브의 일단은 벽체에 고정, 일단은 단순지지로 구성하였고 중앙부에 일점가력하도록 하였다. 가력하중은 실험체별로 용량 2000KN과 3000KN의 가력장치(Actuator) 1대를 사용하여 단조하중을 가하였다. 좌측 지지점의 반력을 측정하기 위하여 2000KN의 로드셀을 지지구좌 하부에 설치하였

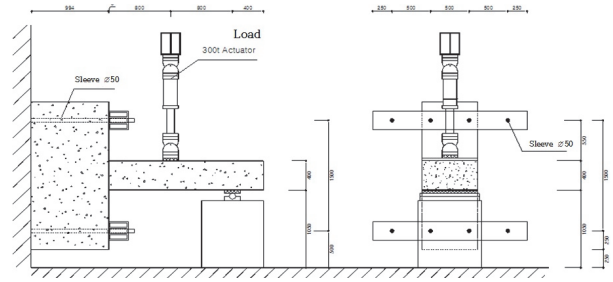


Fig. 7. Test Set Up 1

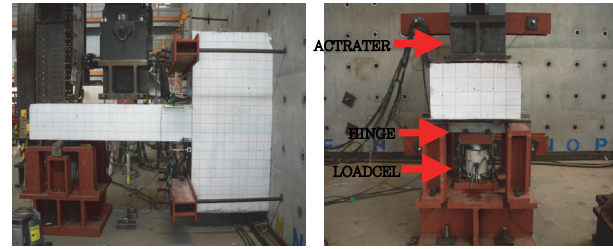


Fig. 8. Test Set Up 2

다. 실험방법은 재하하중 400KN까지는 초당 0.001mm로 변위제어 하였으며 400KN이후부터 실험 종료시까지 초당 0.0005로 제하여 하중이 저하될 때까지 수행하였다.

4. 실험결과 및 분석

4.1 균열 상황

Fig. 9에 최대내력시의 균열 상황을 도시화하였다. 부모멘트를 받는 실험체 Fig. 9(a), (b), (c)는 초기 휨균열이 발생하고 전단균열이 전진되면서 부재에 45°방향의 사인장 균열을 보였으며 부재 전단 파괴로 실험이 종료되었다.

정모멘트를 받는 부재 Fig. 9(d), (e), (f)의 최대 내력시 균열 상황은 초기 휨균열이 발생하고 휨균열이 전진되어 휨내력에 도달한 후 종국적으로는 휨파괴가 발생함으로써 최대내력에 도달하였다.

Table 3에는 실험체별 설계내력 및 실험치를 표기하였다.

결과를 비교하면 1차실험R0.9-S12와 2차실험R09-AS12에서 수행한 SC 벽-바닥 접합부실험에서 전단력 전달기구, 고정도등 접합부의 거동특성을 확인하였으나, 실험체R0.9-S12, R0.9-AS12의 실험 결과 모두 접합부 전단파괴보다 부재전단파괴가 선행하였다. 1,2차 실험에서 제시한 접합부 설계전단강도보다 낮은 하중에서 부재 전단 파괴가 발생함

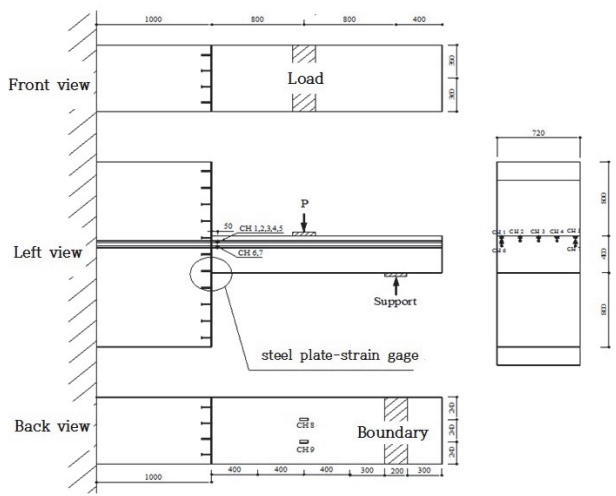


Fig. 6. Install Strain Gauge

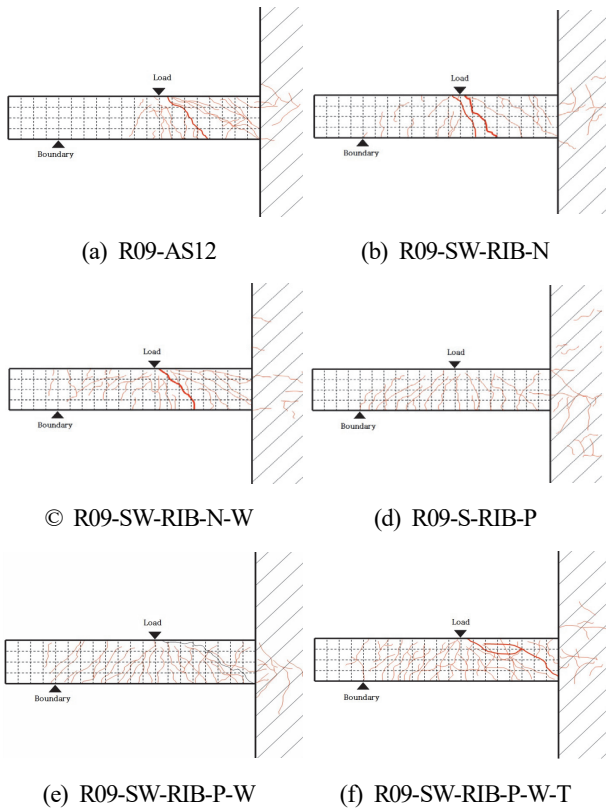


Fig. 9. Cracking Patterns

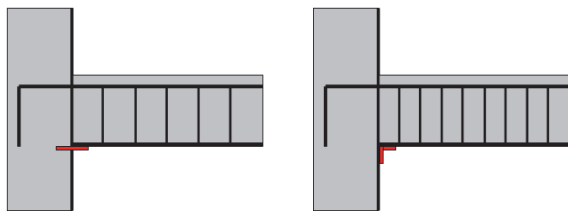


Fig. 10. First step-R0.9-S12:D10@100, Second step-R0.9-AS12:D10@60

에 따라 제시한 설계전단강도에 대한 안전성을 확인할 수 없었다. 따라서 접합부 설계전단강도 이상에서 부재의 전단파괴가 일어나도록 유도하기 위하여 부재의 전단보강 철근을 더욱 밀실히 배근하여 접합부 파괴를 유도할 3차 실험이 필요하겠다.

리브로 보강된 실험체는 실험치에 있어서는, 기존의 리브가 없는 SC구조체 R09-AS12보다 높은 부재 내력을 보여주었다. 그러나 실험 결과 모두 접합부 전단파괴보다 부재전단파괴가 선행하였다. 따라서 실험체가 보유한 접합부의 내력의 평가가 어려웠으므로 1차 실험연구와 같은 유한요소 비선형해석을 통해 접합부 전단내력을 추정하게 되었다. 또한 리브로 보강된 실험체의 경우, 정모멘트를 받는 실험체에서는 부재 휨파괴로, 부 모멘트를 받는 실험체에서는 부재 전단파괴로 실험이 종료되었다^[5].

4.2 하중과 변형관계

Fig. 11은 부모멘트를 받는 실험체에서 기존의 리브가 없는 SC구조체 R09-AS12와 리브와 바닥 강판이 벽체에 용접된 실험체 R09-SW-RIB-N-W와 용접되지 않은 실험체 R09-SW-RIB-N의 하중-변위 곡선을 나타내고 있다.

기존의 리브가 없는 SC구조체 R09-AS12와 전단 플레이트를 리브로만 대체한 실험체 R09-SW-RIB-N의 하중 내력 값은 23%높은 하중값을 보였다. R09-SW-RIB-N-W와 R09-SW-RIB-N의 두 실험체는 모두 거의 동일한 하중-변위의 관계를 나타내었으며 두부재 모두 부재의 전단파괴로 실험이 종료되었다. R09-SW-RIB-N-W 실험체의 경우 부재의 전단파괴 발생과 더불어 강판의 용접 부위에서 인장파단이 발생함에 따라 파괴 시 전단력이 바닥 강판의 용접부

Table 3. Value of Design Strength & Experimental Results

Model name R09-	Value of design strength (kN)			experimental results (kN)				Remarks (Mode)
	Connection Shear strength	Member Shear strength	Member Bending strength	Maximum Shear force	Maximum Bending force	Maximum Load	Reaction	
AS12	843	997	392	1157	377	1629	471	Shear destruction of section
SW-N	725	997	616	1184	522	1836	651	Shear destruction of section
S-P	725	997	339	1256	572	1971	714	bending destruction of section
SW-P	Failure							
SW-N-W	843	997	616	1183	659	2007	824	Shear destruction of section
SW-P-W	843	997	339	1445	683	2237	792	bending destruction of section
SW-P-W-T	842	997	339	1337	760	2287	950	bending destruction of section

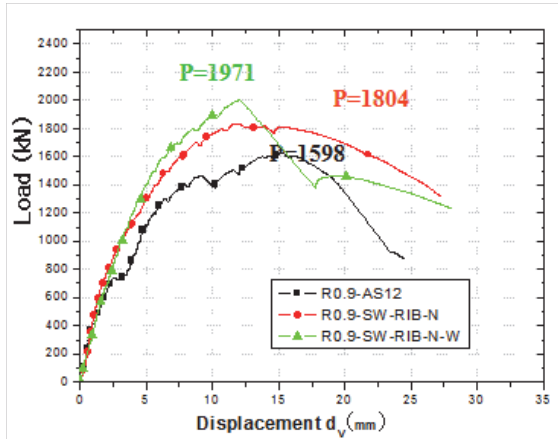


Fig. 11. Negative Moment Load

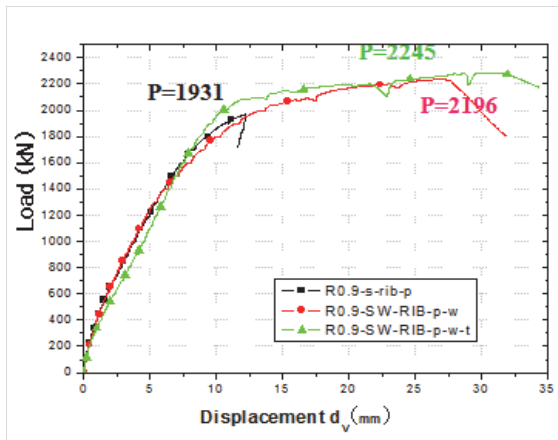


Fig. 12. Positive Moment Load

로 전이되었음을 확인할 수 있었다. 그러나 두 실험체는 하중-변형 곡선 및 최대 전단내력에서 차이를 보이지 않았으므로 바닥 강판의 용접이 접합부 내력에 큰 효과가 없음을 알 수 있었다.

Fig. 12은 정모멘트를 받는 실험체의 전단력과 가력점 변위의 관계를 나타내고 있다. 바닥 플레이트의 용접이 안된 실험체 R09-S-RIB-P의 경우 가력장치의 용량 부족으로 실험체의 최대 내력을 확인할 수 없었으나 실험 종료시 부재의 휨 파괴가 상당히 진전된 상태로 접합부 파괴의 양상은 나타나지 않았다.

R09-SW-RIB-P 실험체의 경우 가력벽에 설치문제로 실험을 실패하였다.

정모멘트를 받는 실험체에서 용접유무, 벽체 리브 유무, 정착 타이바 유무에 관계없이 상부 철근량이 주도되어 실험체 R09-S-RIB-P, R09-SW-RIB-P-W, R09-SW-RIB-P-

W-T 모두 유사한 하중-변위 곡선을 나타내었다. 그러므로 정모멘트를 받는 부재에서의 부재의 휨파괴가 발생되어 접합부설계 전단강도의 안정성을 확인할 수 없었다.

4.3 전단내력의 평가

부재의 최대전단력은 부모멘트를 받는 실험체의 경우보다 정모멘트를 받는 실험체가 크게 나타났는데 이는 리브에 의한 압축강도의 증가로 상단철근 부재의 극한 응력까지 내력이 증가한 것으로 판단된다. 모든 실험체에 있어서 최대하중에 도달할 때까지 접합부 파괴는 발생하지 않았는데 이는 접합부의 파괴는 직접전단에 의해서 발생하며 직접전단 파괴를 일으키는데 요구되는 전단력은 부재가 전단파괴를 일으키는데 필요한 전단력보다 일반적으로 크기 때문이다. 대부분의 실험체가 있어서 부재 파괴가 발생하는 최대하중에서 접합부의 가해진 전단력은 설계기준 제안식의 값보다 30%~70% 크게 나타나 제안식의 값은 안전측의 값을 제시함을 나타내고 있다. 그러나 집중하중이 접합면에 근접할수록 부재 측면에서는 스트럿-타이 작용에 따라 부재의 전단내력은 증가하는 반면 접합부 측면에서는 부재 단부 휨모멘트의 감소로 휨 압축력이 비례적으로 감소함에 따라 마찰에 의한 접합부의 직접 전단내력이 감소하게 된다. 콘크리트와 벽체 강판면의 분리 시 내부 주 철근에 발생하는 인장력과 동일한 압축력이 발생하는 엇물림 효과에 의하여 마찰전단내력이 유발되며 이는 마찰전단내력의 하한선으로 규정할 수 있으며 이는 지난 연구에서 제안된바 있다(김우범, 2006). 상기의 실험으로부터 일반적으로 원자력구조물에 상정되는 하중상태 하에서는 접합부 파괴가 발생하지 않고 부재 파괴가 선행됨이 확인 되었으며 본 기준에서 제시한 접합부 강도식은 안전측 결과를 나타냄을 확인하였다^[6].

이상의 고찰과 지난 연구 결과를 토대로 SC구조 벽-바닥 접합부의 전단내력은 콘크리트와 강판의 접합면의 마찰저항에 의한 전단내력과 전단플레이트에 의한 전단내력 및 리브에 의한 전단내력을 합산하여 다음과 같이 산정할 수 있다.

$$V_n = V_{n,fr} + V_{n,sp} + V_{n,rib} \quad (1)$$

하부강판이 벽체에 연결되지 않는 경우에는 다음과 같이 산정하였다.

$$V_n = V_{n,fr} + V_{n,rib} \quad (2)$$

여기서, $V_{n,fr} = \phi\mu A_{rt}F_{yr}$

$$V_{n,sp} = 3M_n/l_w$$

$V_{n,rib}$: 리브 접합면의 공칭전단강도

$$M_n = Z_{sp} \cdot s f_y$$

$$l_w = 4 \cdot t_{sp}$$

V_n : 벽·바닥 접합부의 공칭전단강도(N)

F_{yr} : 철근의 항복인장응력도(N/mm²)

$V_{n,sp}$: 전단플레이트가 있는 경우의 전단플레이트의 공칭 전단강도로서, 전체 전단강도의 40%이상으로 한다.(N)

$V_{n,fr}$: 접합면에서의 마찰 저항력에 의한 공칭전단강도로서, 시어플레이트를 설치한 경우는 전체 공칭전단강도의 60%이하로 한다.(N)

$M_{n,sp}$: 전단플레이트의 면외 공칭휨강도(N·mm)

Z_{sp} : 전단플레이트의 면외 휨에 관한 소성단면계수(mm³)

F_{ysp} : 전단플레이트의 항복응력도(N/mm²)

l_w : 전단플레이트 상의 하중 분포 길이(mm)

t_{sp} : 전단플레이트의 두께(mm)

$\phi = 0.5$, 엇물림 효과가 예상되지 않는 장기하중의 경우

= 1.0, 엇물림 효과가 예상되는 단기하중의 경우

μ : 접합면에서의 콘크리트와 강판의 마찰계수로 0.7로 한다.

A_{rt} : 바닥 슬래브의 단부 상단에서의 철근 단면적(mm²)

F_{yr} : 철근의 항복인장응력도(N/mm²)

5. 접합부 전단의 해석적 평가

5.1 실험 및 해석 값의 비교

접합부실험과정에서 접합부의 파괴가 발생하지 않음에 따라 접합부 최대 전단 내력의 추정은 어려우므로 이를 해석적 평가로 대처하였다. 접합부의 해석은 범용프로그램 ABAQUS를 사용하여 유한요소 비선형해석을 수행하였다. 콘크리트와 강판, 철근의 재료적 비선형과 실험체 변형에 있어서 기하학적 대변형을 고려하였다. 실험에서는 집중하중이 벽체에서 80cm 떨어진 점에서 고정되어 작용하여 전단스팬비가

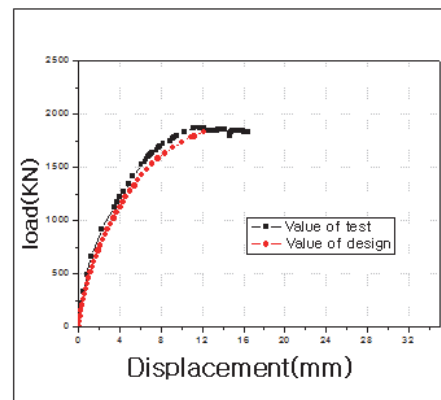


Fig. 13. Defection Curves (R0.9-SW_RIB-N)

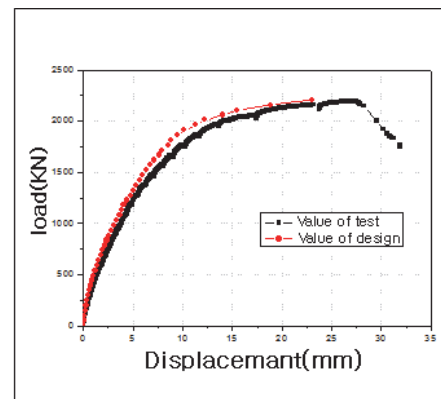


Fig. 14. Defection Curves (R0.9-SW_RIB-N-W)

Table 4. Value of Experimental Result and Analysis

	Value of experimental result				Value of analysis			
	Maximum Load (kN)	Reaction (kN)	Displacement (mm)	Connection (kN)	Maximum Load (kN)	Reaction (kN)	Displacement (kN)	Connection (kN)
R0.9-SW_RIB-N	1806	639	11.7	1167	1889	882	12.14	1007
R0.9-SW_RIB-N-W	2194	776	26.9	1418	2294	1248	23.08	1273

고정됨으로 인하여 전단스팬비의 영향을 파악할 수 없기 때문에 해석모형에서는 작용하중 점을 80cm에서 10cm씩 이동하여 전단내력의 변화를 조사하였다^[7].

Fig. 13과 Fig. 14은 실험체 R0,9-SW_RIB-N와 R0,9-SW_RIB-P-W의 가력실험결과와 해석 결과의 하중-변위 관계 곡선을 비교한 것이며, Table 4에는 두 실험체의 실험 및 해석 값을 수치적으로 비교하였다. Fig. 13, 14와 Table 4를 통하여 각각의 모델의 해석에서 얻어진 최대하중과 반력, 변위 및 접합부에 전달되는 전단력은 실제 가력실험을 통해 얻어진 결과와 비교하였을 때 그 값이 서로 근접함을 알 수 있었고, 이를 통하여 차후에 수행되는 여러 변수를 적용한 모델의 해석에 대한 신뢰성을 확인하였다^[8].

5.2 가력점 이동에 따른 파괴모드 및 내력

이 절에서는 먼저 실제 실험체와 같은 조건을 가진 해석모델로 지지보와 캔틸레버보(비지지보)를 기준으로 하여 실험체의 파괴모드를 살펴보고, 그때의 접합부 내력을 비교 검토

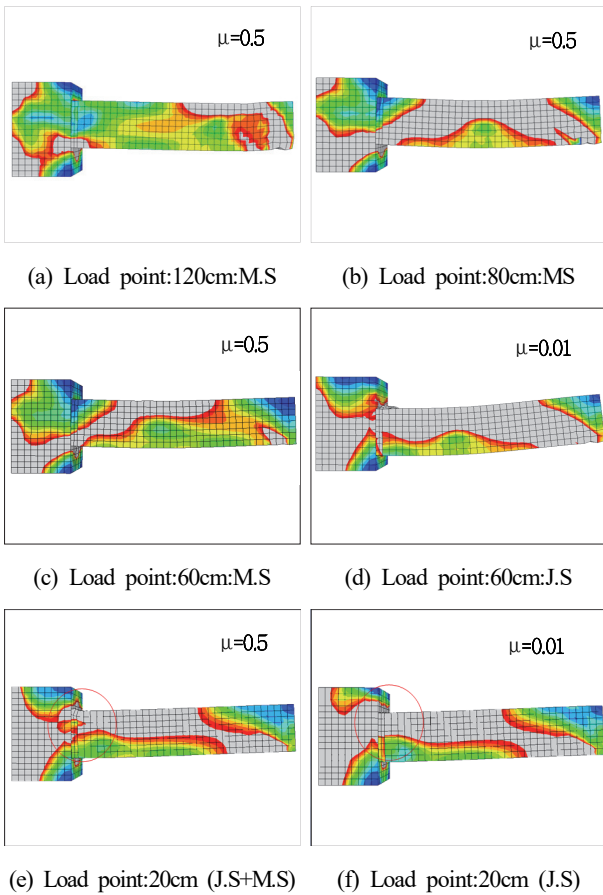


Fig. 15. Stress Distribution & Failure Mode (Supported Model)

하였다. Fig. 15는 지지보모델로 마찰계수가 0.5인 경우와 마찰계수가 0.01인 경우에 대하여 하중가력점을 이동하며 얻어진 해석결과이며 파괴시점에 대한 응력 분포와 파괴모드를 나타내었다.

벽-바닥 접합부 실험체를 일점가력하였을 경우 가력점의 위치에 따라 발생할 수 있는 실험체의 여러 가지 파괴 모드를 나타낸 것이며, 이에 해당하는 파괴모드는 다음과 같이 분류하였다.

- J.S : 접합부 전단 파괴(Joint Shear Failure)
- M.S : 부재 전단파괴(Member Shear Failure)

Fig. 15(a), 15(b)는 하중이 120cm, 80cm에 위치하였을 때의 경우로, 이와 같이 하중이 벽체에서 멀리 떨어지게 되

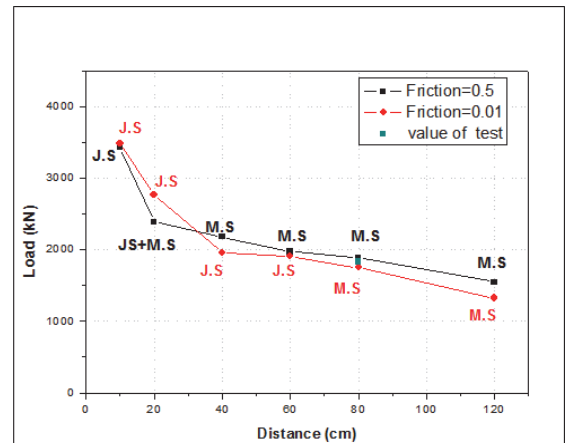


Fig. 16. Value of Load at Each Load Point (Supported Model)

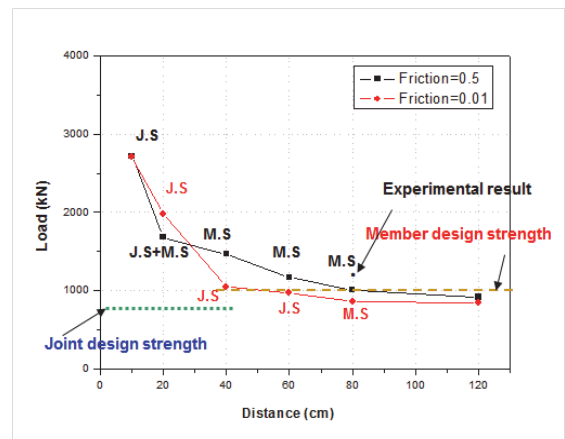


Fig. 17. Maximum Shear Strength at Each Load Point (Supported Model)

면 부재의 전단파괴로 내력이 결정되며 응력분포 상황으로부터 대각선 전단균열이 발생하였음을 유추할 수 있다. 하중이 60cm에 위치한 경우에 대해서는, Fig 15(c), 15(d)와 같이 마찰계수가 큰 0.5의 경우와 마찰계수가 적은 0.01의 경우를 비교한 결과, 마찰계수가 큰 경우에는 M.S모드로 마찰계수가 적은 경우에는 J.S모드로 파괴됨에 따라 마찰계수가 파괴모드에 영향을 미치고 있음을 확인하였다. Fig 15(e), 15(f)와 같이 하중이 벽면에 아주 근접한 20cm의 경우 두 경우 모두 접합부 파괴가 발생하지만, 내력의 크기에 있어서는 Fig. 17에 나타난 바와 같이 마찰계수가 0.5인 경우 접합면 상단에서 일부 부재 전단파괴가 먼저 발생하여 접합부 내력을 저감시키는 요인으로 작용하였기 때문이다.

Fig. 15는 지지보 모델에서 마찰계수가 0.5인 경우에 대하여 하중 위치에 따른 최대하중 값과 최대전단력 값을 나타낸 해석 결과이다. 지지보의 부정정 특성 때문에 Fig. 16의 최대하중의 결과만으로는 분석에 어려움이 있어 Fig. 17의 접합부에 발생한 최대전단력으로 분석을 수행하였다. 하중이 접합면에서 멀리 위치한 80cm, 120cm의 경우에는 마찰계수에 관계없이 부재 전단파괴가 발생하였으며 접합부 파괴는 발생치 않았다. 그러나 하중이 접합면에 근접할수록 마찰력이 적은 경우에는 하중위치 60cm에서 접합부 파괴가 발생하였으며 마찰력이 큰 경우에는 접합면에 더욱 근접한 20cm에서 접합부 파괴가 발생하였다. 이를 통하여 마찰력이 적은 경우에는 하중이 벽면에서 떨어진 경우에도 접합부 파괴가 발생할 수 있음을 확인하였다. 벽면에 근접할수록 접

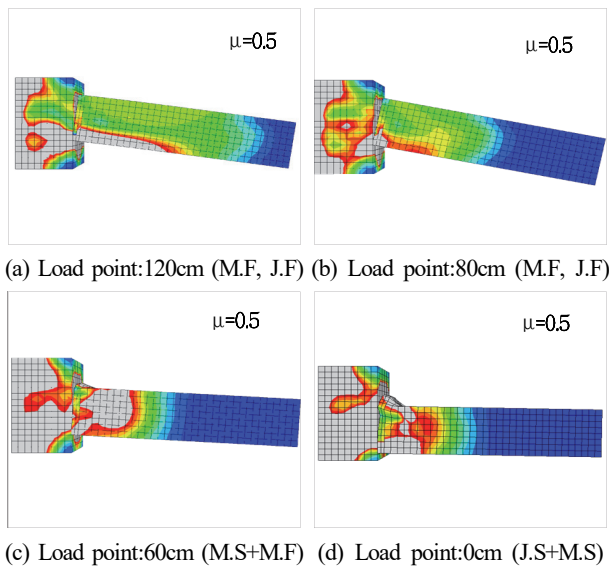


Fig. 18. Stress Distribution & Failure Mode (Cantilever Model)

합부 전단내력이 증가하는데 이는 철근과 리브에 가해지는 전단력은 직접 전단의 형태로 가해지며, Fig. 15(a), 15(b)와 같은 강제변형 파괴 모드가 나타나기 때문인 것으로 판단된다. 마찰계수가 0.5인 경우의 하중위치 120-40cm에 이르기 까지 접합부 파괴는 발생치 않았으며 부재 전단파괴로 내력이 결정되었는데 하중이 벽체에 근접할수록 부재전단내력이 증가하는 전단스팬비의 영향으로 파악된다. Fig. 17에는 해석결과 뿐만 아니라 실험결과, 접합부 설계강도, 부재 설계강도를 나타내었는데, 접합부 설계강도는 마찰계수가 0.01인 경우보다 적게 산정되고 있음을 알 수 있으며 이는 보수적인 값을 제시하고 있음을 뜻한다.

Fig. 18은 마찰계수 0.5인 경우에 대하여 캔틸레버보(비지지보)의 파괴지 응력분포 및 형상을 나타내었으며 Fig. 19는 마찰계수 0.5와 0.01인 경우 파괴시의 실험체 내력 결과이다. 캔틸레버보(비지지보)의 파괴 형태는 가력점 위치변화에 따라 부재 휨파괴, 부재전단파괴, 접합부파괴로 진행되었으며 하중위치가 40cm에 근접할 때까지는 마찰력이 실험체 내력에 영향을 미치지 않음을 알 수 있는데 이는 실험체가 부재파괴로 내력이 결정되므로 벽면에 마찰력은 이에 관계하지 않기 때문이다. 부재휨파괴 곡선이 설계휨강도 곡선과 유사하게 나타나는 것은 당연한 결과로 판단되며 하중이 접합면에 근접할수록 휨내력은 크게 상승하므로 이때에는 접합부파괴로 내력이 결정됨을 알 수 있다. 하중이 접합면에 근접한 20cm의 경우 마찰계수의 영향이 커지며 이는 접합부 내력의 차이를 나타내고 있음을 알 수 있다.

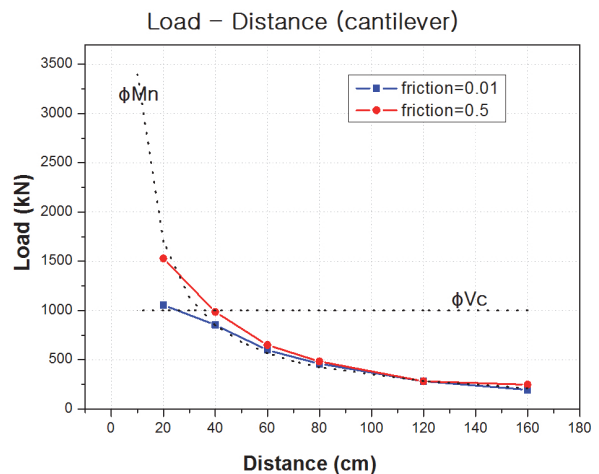


Fig. 19. Maximum Load by Friction (Cantilever Model)

6. 결론

리브가 부착된 SC구조 벽-바닥 실험체의 거동 및 내력평가를 위한 해석적 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 리브가 부착된 실험체의 내력실험 결과 부재의 강판이나 리브가 인장력을 받는 부모멘트 부재에서는 부재설계내력보다 60%높은 전단력 값에서 부재 전단파괴가 일어났으며 로 상부 철근이 인장력을 받는 정모멘트 부재에서는 부재설계 휨내력 보다 70~120%높은 휨하중에서 휨파괴로 내력이 결정되었고 접합부 전단 파괴는 발생하지 않았다.
- (2) 리브 부착된 SC접합부의 내력을 평가하기 위하여 해석 모델을 작성하였으며 해석결과와 실험결과는 0.05%이내의 근접한 값을 보였다.
- (3) 해석에 의한 부모멘트를 받는 실험체의 내력은 마찰력 0.5에서 벽체에서 20cm 이내에서 접합부 전단 파괴로 진행 되었으며 마찰력 0.01인 부재에서는 벽체에서 60cm 떨어진 지점부터 접합부 전단파괴가 발생하였다. 이는 접합부 전단파괴의 결정적 변수는 벽면의 마찰계수임을 보여주며 하중이 벽면에 근접할수록, 벽면의 마찰계수가 적을수록 접합부 파괴의 가능성이 높아짐을 보였다.
- (4) 본 기준의 제안식은 실험에 의한 값보다 부재 전단에서는 60%이상 부재 휨파괴에서는 100%이상 보수적인 값 제시하고 있음을 확인하였다.
- (5) 제안식의 값과 해석상의 값을 비교하면 벽면으로부터 80cm에 하중이 작용할 경우 접합부의 마찰계수를 0.01로 매우 미미한 값을 설정한 값보다 비슷하거나 5%이상 적은 값을 나타내었으며 이는 매우 보수적인 값임을 확인하였다.

참고문헌(References)

[1] 한국수력원자력주식회사(2003) 원자력구조물 복합모듈화 타당성 조사에 관한 연구, 한국수력원자력주식회사, pp. 93-102.
Korea Hydro & Nuclear Power Co. Ltd. (2003) *A Feasibility Study on the Modularization of Structures for Nu-*

clear Power Plants, KHNP, Korea, pp.93-102 (in Korean).

[2] 平川啓司, 古和田明, 秋田昇道, 藤田朝浩, 持田哲雄, 宮内靖昌(1999) 鋼板コンクリート構造に関する実験的研究: その37 壁床接合部実験(実験計画と結果概要), 日本建築学会学術講演梗概集 B-2 構造 2, 日本建築学会, 日本, pp. 1255-1256.
Keiji, H., Akira, K., Shodo, A., Tomohiro, F., Norio, M., Yasumasa, M. (1999) Experimental Study on Steel Plate Reinforced Concrete Structure. Part 37: Outline of an Experiment on Wall-Slab Connection, *Summaries of Technical Papers of Annual Meeting of Architectural Institute of Japan, B-2, Structures II*, AIJ, Japan, pp.1255-1256 (in Japanese).

[3] 持田哲雄, 北野剛人, 秋田昇道, 藤田朝浩, 神地正紀, 太田秀彦(1999) 鋼板コンクリート構造に関する実験的研究: その38 壁床接合部実験(接合部のせん断力伝達機構), 日本建築学会学術講演梗概集 B-2 構造 2, 日本建築学会, 日本, pp.1257-1258.
Tetsuo, M., Takehito, K., Shodo, A., Tomoshiro, F., Masaki, K., Oota, H. (1999) Experimental Study on Steel Plate Reinforced Concrete Structure. Part 38: Shear Transfer Mechanism of Wall-Slab Connection, *Summaries of Technical Papers of Annual Meeting of Architectural Institute of Japan, B-2, Structures II*, AIJ, Japan, pp.1257-1258 (in Japanese).

[4] 乗物丈巳, 北野剛人, 秋田昇道, 藤田朝浩, 持田哲雄, 太田秀彦(1999) 鋼板コンクリート構造に関する実験的研究: その39 壁床接合部実験(床端部の固定度), 日本建築学会学術講演梗概集 B-2 構造 2, 日本建築学会, 日本, pp.1259-1260.
Takemi, N., Takehito, K., Shodo, A., Tomoshiro, F., Tetsuo, M., Oota, H. (1999) Experimental Study on Steel Plate Reinforced Concrete Structure. Part 39: Reduction of Rotational Rigidity of Wall-Slab Connection, *Summaries of Technical Papers of Annual Meeting of Architectural Institute of Japan, B-2, Structures II*, AIJ, Japan, pp.1259-1260 (in Japanese).

[5] American Concrete Institute (2005) *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary* (ACI 318M-05), USA, pp.171-175.

[6] 이정민, 김우범(2006) 강판-콘크리트구조 접합부의 전단 내력 평가, 대한건축학회지회연합회 2006년 학술발표대회논문집, 대한건축학회지회연합회, pp.383-386.
Lee, J.M., and Kim, W.B. (2006) Evaluation of Shear Capacity in Joint of Steel Plate-Concrete Structure, *Proceedings of Annual Conference of the Regional Association of Architectural Institute of Korea*, RA-AIK, pp.383-386 (in

Korean).

- [7] Dassault Systèmes Simulia Corp. (2006) *User's Manual*, Ver. 6.5, DSS, USA.
- [8] 이정민, 김우범(2006) 강판-콘크리트구조 접합부의 단부 구속도 평가, 대한건축학회지회연합회 2006년 학술발표대회논문집, 대한건축학회지회연합회, pp.387-391.
- Lee, J.M., and Kim, W.B. (2006) Evaluation of Fixidity in Wall-Slab Joint of Steel Plate-Concrete Structure, *Proceedings of Annual Conference of the Regional Association of Architectural Institute of Korea*, RA-AIK, pp. 387-390 (in Korean).

요 약 : 강판콘크리트(SC)구조 벽-바닥접합부는 표면 강판에 의해 콘크리트가 나뉘게 되며 이 때문에 바닥 단부의 응력 전달기구가 RC구조의 것과 다를 것으로 예상된다. 따라서 본 연구에서는 리브가 부착된 SC구조 벽-바닥 실험체의 거동 및 내력평가를 수행하였다. 리브가 부착된 SC벽바닥 접합부의 접합성능을 확인하기위하여 7가지의 접합부 모형을 제작하고 단조 가력실험을 수행하여 구조내력 및 거동특성을 실험결과분석을 통해 고찰하였다. 제안식의 신뢰성을 확보하기위해 유한요소 해석을 수행하였다. 실험체 변수로는 가력지점, 마찰계수이며 이들의 영향에 대해 검토되었다. 실험체 파괴모드 분석을 통해 접합부 내력을 확인하였다. 제안식은 대부분 보수적인 값으로 확인되었다.

핵심용어 : SC구조 벽-바닥 접합부, 리브, 가력지점, 마찰계수, 접합부내력
