

철근 콘크리트 벽과 강판 콘크리트 벽이 수직으로 만나는 이질접합 구조물의 면외 휨 거동 특성 연구

황 경 민^{1)*} · 이 경 진²⁾ · 함 경 원¹⁾ · 김 원 기³⁾

¹⁾ 선임연구원, 한전 전력연구원, 파워시스템연구소 ²⁾ 책임연구원, 한전 전력연구원, 파워시스템연구소 ³⁾ 교수, 호서대학교, 건축공학과

A Study on Out-of-Plane Flexural Behavior of the Structure with a Vertical Plane Connection between a Reinforced Concrete Wall and a Steel Plate Concrete Wall

Hwang, Kyeong Min^{1)*} Lee, Kyung Jin²⁾ Hahm, Kyung Won¹⁾ Kim, Won Ki³⁾

¹⁾ Senior Researcher, Power System Laboratory, Korea Electric Power Corporation Research Institute, Daejeon, 305-760, Korea

²⁾ Principal Researcher, Power System Laboratory, Korea Electric Power Corporation Research Institute, Daejeon, 305-760, Korea

³⁾ Professor, Dept. of Architecture, Hoseo University, Asan, Chungnam, 330-713, Korea

ABSTRACT : This paper describes the experimental study on the structural behavior of the vertical plane connection between a reinforced concrete wall and a steel plate concrete wall under out-of-plane flexural loads. The specimen was tested under a dynamic test with the use of cyclic loads. As a result of the test, ductile failure mode of vertical bars was shown under a push load and the failure load was more than that of the nominal strength of the specimen. However, the shear failure mode of the connection was confirmed in case of a pull test and thus demonstrates a need for a shear reinforcement.

KEYWORDS : out-of-plane flexural behavior, vertical plane connection, a steel plate concrete wall, cyclic loads, vertical bars, non-contact lap splice

1. 서 론

최근들어, 국내 APR+ 신형 원자력발전소 구조물에 대한 설계가 이루어지면서, 건설공기를 단축시키고 건설단가를 절감시키기 위해 철근 콘크리트(Reinforced Concrete, 이하 RC) 구조 대신에 강판 콘크리트(Steel plate Concrete, 이하 SC) 구조의 일부 적용이 검토되고 있다. SC 구조는 구조체의 양면에 강판을 설치하고 내부에 콘크리트를 타설하는 구조형식으로, 강판과 스티드를 이용하여 콘크리트와 일체화시키는 구조로서, 강판과 스티드가 RC 구조의 거푸집과 구

조개의 역할을 동시에 수행하는 개념이다. 시공성 측면에서 SC 구조와 RC 구조를 비교해 보면, 단순벽체 구조인 경우 RC 구조는 철근 조립에서 거푸집 제거까지 소요되는 기본공기가 28일이고, SC 구조는 14일로서 SC 구조가 RC 구조에 비해 공기단축 면에서 큰 장점을 가진 것으로 보고되고 있다^[1].

기존의 RC 구조로 된 원전 구조물에 SC 구조를 일부 적용하게 되면, RC 구조와 SC 구조 간의 연결부위에서 이질접합부가 발생하게 되지만, 접합부의 파괴거동이나 강도에 대한 연구가 미비한 상태이기 때문에 이를 설계에 반영시키기 위해 이질접합부에서의 구조적 특성을 상세히 검토할 필요가 있다.

최근들어, SC 구조의 거동특성에 관한 기초 연구^[2]를 시작으로 SC 구조의 내진설계를 위한 감쇠비에 대한 연구^[3], 폭두께비에 따른 SC 구조의 압축거동에 대한 연구^[4] 등 SC 구조를 대상으로 한 연구가 활발히 진행되고 있다. 한편, 본 논문과 직접적으로 관련된 연구로서 이경진 등(2010)^[5]이

Note.-Discussion open until August 31, 2013. This manuscript for this paper was submitted for review and possible publication on March 28, 2012; revised June 25, 2012; approved on December 20, 2012.
© KSSC 2013

* Corresponding author

Tel. +82-42-865-5587 Fax. +82-42-865-5592
E-mail: hkm316@kepc.co.kr

RC 구조와 SC 구조가 이질접합된 보형 실험체를 대상으로 면외 휨 거동특성을 분석하는 등 그동안 수평면 이질접합 구조에 대한 연구는 활발히 진행되었으나, RC부와 SC부가 수직면으로 접합되는 구조물의 휨 거동에 대한 검토는 미진한 상황이다.

따라서 본 연구에서는 원전 구조물 내 RC벽과 SC벽이 수직면의 이질접합 형태로 만나는 경우에 대하여, 이를 모사한 L형의 실험체를 제작하고 면외 휨 실험을 통해 이질접합 구조물의 거동 특성을 확인하고자 하였다.

또한, 관련 선행논문인 이경진 등(2012), '강관 콘크리트 구조 이질접합부의 면외 휨/면내 전단하중 특성에 관한 실험 연구'⁽⁶⁾에서는 이론내력 대비 96% 수준에서 정착철근 인발 파괴 모드에 의한 실험결과를 나타내었기 때문에, 본 연구에서는 접합부의 정착철근의 상세안을 변경하여 정착부의 연성 항복 거동을 유도함으로써 정착방법의 적정성을 검증하고자 하였다.

2. 정착부 설계식

SC 구조의 접합부에 관한 설계식으로는 벽체와 기초부가 접합할 경우, 대한전기협회에서 제정한 KEPIC SNG⁽⁷⁾에서 이형철근을 사용하는 정착철근의 SC 벽체 내부 연성 미결침 이음길이 l_d 는 300mm 이상이어야 하며 다음과 같다.

$$l_d = \left[\frac{F_{yr}}{1.1 \sqrt{f_{ck}}} \frac{\Psi_e \Psi_s \Psi_{sc}}{c_b + K_{tr}} \right] d_b \quad (1)$$

(가) 연직방향 정착철근이 스테드 몸체길이의 2/3 구간 외에 배치된 경우 :

$$\frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \leq 2.5 \quad (1a)$$

(나) 연직방향 정착철근이 스테드 몸체길이의 2/3 구간 내에 배치된 경우 :

$$\frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \leq 3.0 \quad (1b)$$

여기서, F_{yr} : 정착철근의 설계기준 항복강도(MPa)
 f_{ck} : 콘크리트의 설계기준 압축강도(MPa)
 Ψ_e : 에폭시 도막계수
 Ψ_s : 철근의 크기 계수

Ψ_{sc} : 콘크리트 파단에 대한 강관콘크리트 벽체계수

c_b : 철근간격(mm)

K_{tr} : 횡방향 철근지수

$$(K_{tr} = \frac{0.8 A_{tr} F_{ytr}}{10 s n}) \quad (2)$$

A_{tr} : 정착보강재와 스테드의 전체단면적(mm²)

F_{ytr} : 정착보강재 또는 스테드의 설계기준 항복강도 중에서 최소값(MPa)

s : 스테드의 최대 중심간격(mm)

n : 정착철근의 수

d_b : 철근 공칭지름(mm)

3. 실험 개요

3.1 실험체의 구성

RC벽과 SC벽이 수직면의 이질접합 형태로 만나는 구조물을 모사하기 위하여 L형 타입의 실험체를 제작하였다. 상부 수직방향의 RC부는 1,500mm×1,800mm×450mm(길이×높이×두께)로, 하부 수평방향의 SC부는 2,000mm×1,800mm×450mm(길이×높이×두께)로 구성하였다. RC부 내부에는 수직철근 D25가 150mm 간격으로 배근되어 SC부로 내려오면서 식 (1)에 의한 연성 미결침 이음길이 730mm(l_{dh} = 408mm, h = 322mm)로 정착되었으며, 수평철근은 D13@150으로 배근하였다. SC부의 상하부 표면강관은 SM490 6t 강관을 사용하였고, 스테드는 M13@150으로 배치하였다. 하중 가력 시 SC부의 전단파괴를 방지하기 위하여 H-466×199×8×12 형강 6개를 SC부에 보강하였다. 이러한 실험체의 구성은 Fig. 1에 나타내었다.

한편, 실험체의 설계강도와 재료실험에 의한 재료강도를 정리하면 Table 1과 같다.

Table 1. Design and material strength of a specimen

Specimen	Design strength (MPa)	Material strength (MPa)	Maximum strength (MPa)
Concrete	35	44.8	-
Steel plate (SM490)	325	463	556.0
Steel bar (SD40)	420	489.2	650.6

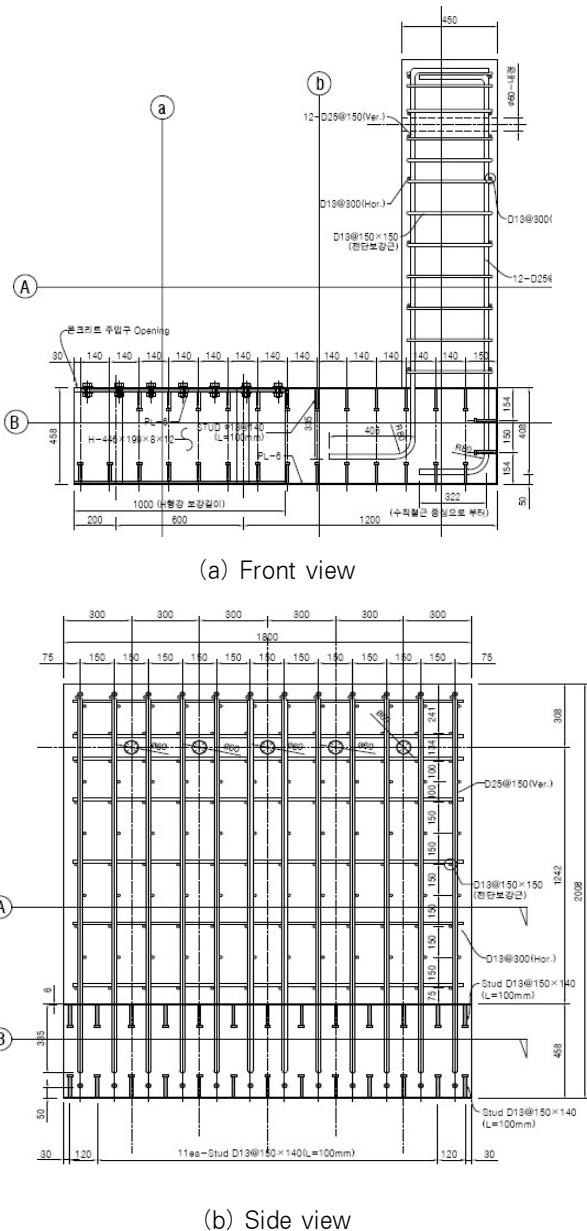


Fig. 1 Specimen design

3.2 실험방법

실험에 앞서, 설계강도 및 재료강도에 의한 실험체의 예상 파괴강도를 계산해 보았다. Table 1의 설계강도에 의해 실험체의 공칭 파괴강도를 정리하면 아래와 같다.

$$a = \frac{A_{rt} \times F_{yr}}{0.85 f_{ck} b} = \frac{12 \times 506.7 \times 420}{0.85 \times 35 \times 1,800} = 47.7 \text{ mm}$$

$$M_n = 0.85 f_{ck} a b \left(d - \frac{a}{2} \right) = 946.3 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$P_n = \frac{M_n}{l} = \frac{946.3}{1,250} = 757 \text{ kN}$$

위와 동일한 방법으로 Table 1의 재료강도에 의해 재료실험 파괴강도를 계산하면 약 887kN이다.

한편, 실험체의 면외 휨성능을 평가하기 위한 하중가력 위치는 Fig. 2와 같이 실험체 SC부 바닥으로부터 높이 1,700mm 지점으로 정하고 1,000kN 용량의 유압가력기 2대를 이용하여 면외 휨 하중을 구현하고자 하였다. 한편, 실험체 하부에는 200mm 높이의 강성받침대를 H형강으로 구성하여 RC벽과 SC벽 사이 접합부의 실제 거동을 반영하고자 하였다. 그리고, 실험체와 하부 기초를 강봉 6개 및 하이드로 너트로 고정하였으며, 하중 가력 시 실험체 하단의 밀림을 방지하기 위한 장치를 구성하였다.



Fig. 2 Test set-up

하중가력 방법은 Table 2와 같이 실험체의 동적거동을 평가하기 위하여 좌우 수평방향으로 실험체가 항복할 때까지 반복하중을 가력하는 방법을 선정하였다. 즉, 1단계에서는 파괴강도의 2/3의 하중을 가력하여 탄성 범위 내에서의 반복하중에 따른 강성 및 강도 저하를 확인하고자 하였으며, 2단계에서는 실험체의 항복 시점에서의 거동을 분석하고자 하였다. 각 하중가력 단계마다 실험체의 콘크리트 균열을 확인하였으며, 실험체 내부 및 외부에 설치한 변형률 게이지와 변위계를 이용하여 실시간으로 실험체의 변형율과 변위를 측정하였다.

Table 2. Loading plan

Loading stage	Maximum load	Repetitions
1	Push	2 cycles
	Pull	
2	Push	2 cycles
	Pull	
3	Push	Until failure

변형률 게이지는 Fig. 4와 같이 RC부 내부의 수평철근 및 수직철근과 SC부 내부의 강판 및 스티드에 부착하였다.

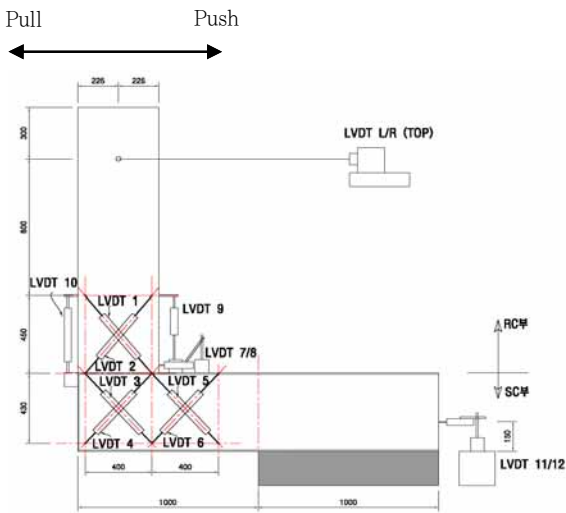


Fig. 3 Displacement meters(LVDT) set-up

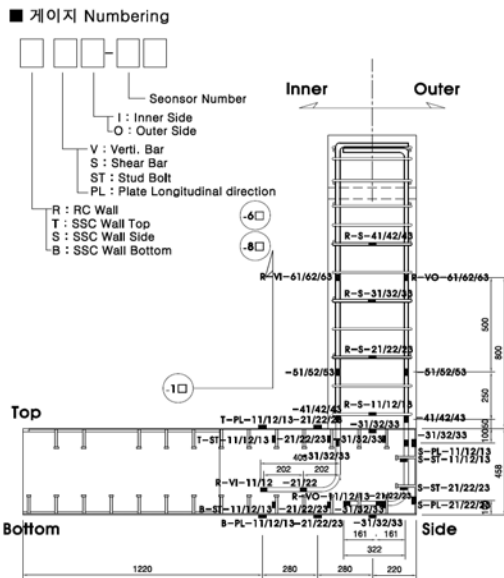


Fig. 4 Strain gauges set-up

4. 실험 결과

4.1 휨 하중 실험 결과

Fig. 2와 같이 구성한 실험체에 면의 휨 하중을 가력한 결과, 1단계 최대하중 581kN 가력(Push) 시 가력부 위치에서 10.2mm의 변위가 발생하였으며, -321kN 가력(Pull) 시 접합부 부근 SC부 패널 존(Panel zone)에 의한 전단균열이 발생하여 계속 Pull 하중 가력이 진행되지 못 하였다. 따라서, 계획하던 양방향 반복하중 가력을 중단하고, 접합부 수직철근의 연성 미검침 이음길이의 검증을 위한 Push 하중 단조가력 실험을 진행하였으며, Push 하중에 의한 휨 파괴 후 다시 Pull 하중 파괴실험을 진행하였다.

2단계 Push over 단조가력 실험결과, 804kN 가력 시 접합부 부근 SC 구조에 전단균열이 발생하기 시작하였고, 892kN 가력 시 접합부 압축부에서 콘크리트 압괴 파괴가 발생하였다. 이후 실험체는 이론값에 의한 예상 파괴하중인 887kN을

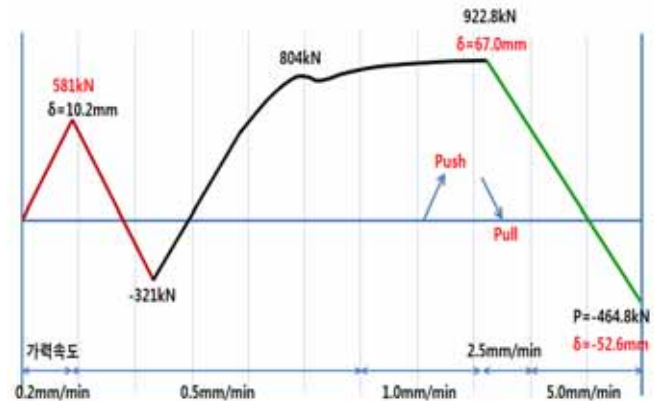


Fig. 5 Loading hysteresis curve

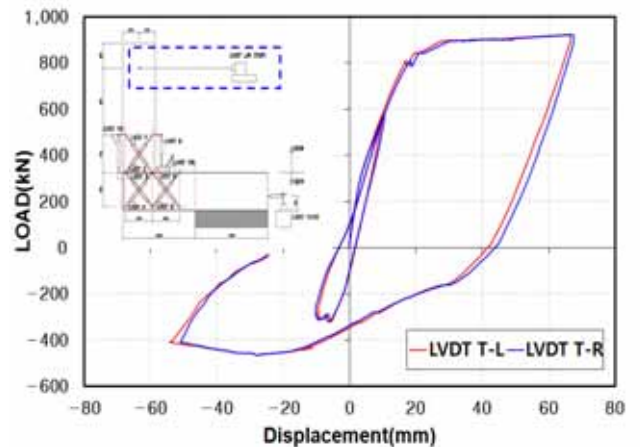
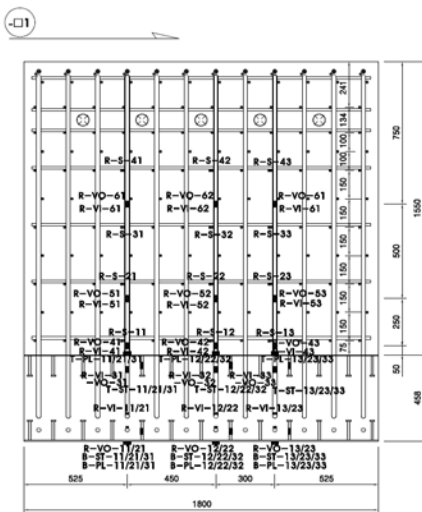


Fig. 6 Loading-displacement curve



Fig. 7 Result of the stage 2 - push over loading

초과하는 최대하중 922.8kN에서 파괴되었으며, 수직철근 인발파괴 모드가 아닌 연성 항복파괴 거동을 보였다.

따라서, 식 (1)의 연성 미결침 이음길이(730mm)에 의해 이질접합부에 $l_{dh}=408\text{mm}$, $h=322\text{mm}$ 의 정착길이를 수직 철근을 구성하였을 경우, 연성거동을 통하여 충분한 내력을 확보하고 있음을 확인할 수 있었다. 또한, 이질접합부에서 전단패널 존에 의한 전단균열을 방지하기 위한 보강이 필요함을 확인할 수 있었다.

실제 실험 시 적용되었던 하중가력 이력곡선 및 하중-변위 곡선은 Fig. 5 및 6과 같다.

Fig. 7 및 9는 2단계 Push over 단조가력 실험에 대한 파괴형상을, Fig. 8은 Pull 하중 가력 시 이질접합부의 패널 존에 의한 전단균열 형상을 보여주고 있다.

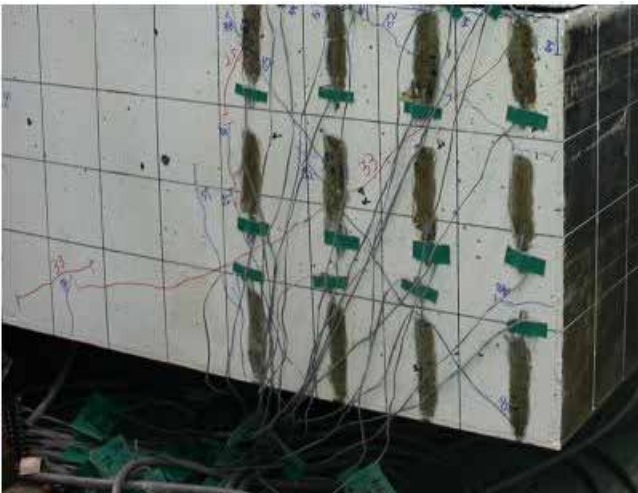


Fig. 8 Shear crack at the connection due to stage 1 - pull loading

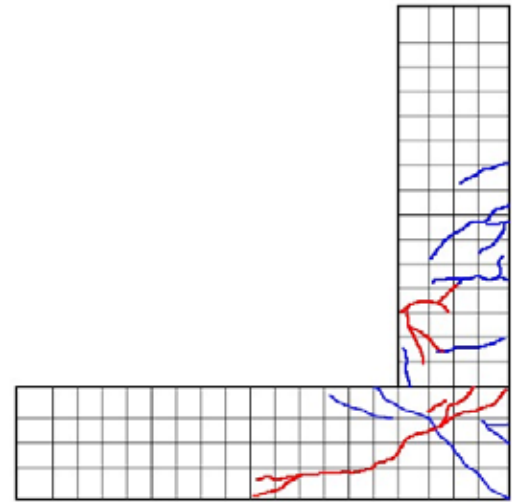


Fig. 10 Crack diagram after failure (Front view)

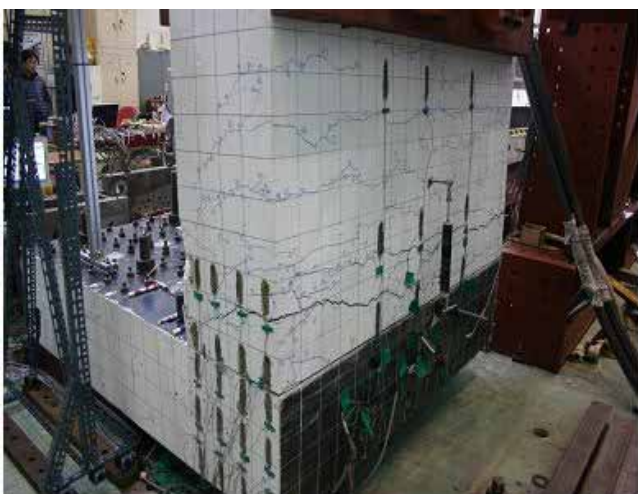


Fig. 9 Failure of the specimen due to stage 2 - push over loading

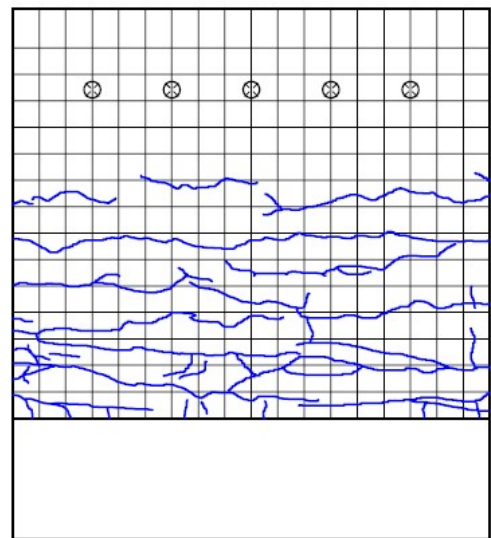


Fig. 11 Crack diagram after failure (Side view)

실험체 최종 파괴 후 균열도는 Fig. 10 및 11에 나타내었다. Fig. 10에서 패널 존에서의 전단균열이 두 수직철근 (Inner 및 Outer) 사이의 공간을 통해서 진행된 것을 확인할 수 있으며, 따라서 이질접합부 수직철근 사이에 이 전단균열을 방지하는 보강이 이루어져야 할 것으로 판단된다. Fig. 11은 Push 하중에 의한 휨 균열도를 보여주고 있다.

4.2 하중-변형을 실험 결과

실험체의 하중전이를 파악하기 위해 RC부 수직철근 및 수평철근, SC 상하부 표면강판, SC 내부 스티드, 콘크리트 표면에 변형을 게이지를 Fig. 4와 같이 설치하여 실험 시 변형율을 계측하였다. 2단계 Push over 하중에서 최대 922.8kN에서 실험체가 파괴되었을 때 하중 분담이 가장 큰 부재는 RC부 수직철근(D25)이다. 이질접합부 외측부(Outer) 및

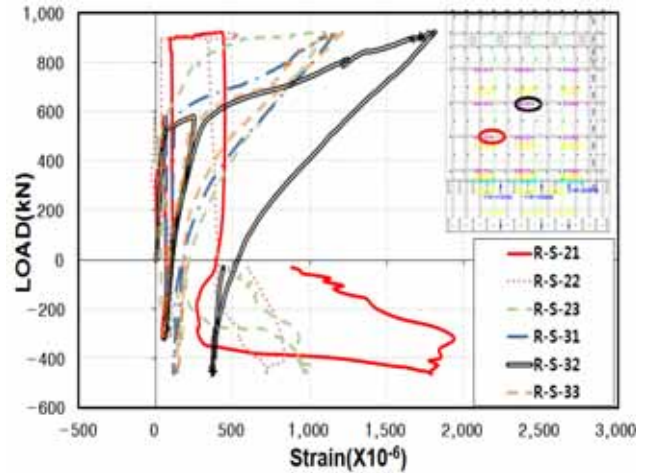


Fig. 14 Load-strain results for the horizontal bars

내측부(Inner)에 두 줄로 설치된 수직철근에 대한 하중-변형을 실험 결과를 Fig. 12에 나타내었다.

이질접합부 외측부에 설치한 수직방향 철근 중 RC부 중앙부에 위치한 R-VO-52 게이지와 측면에 위치한 R-VO-51 게이지는 실험체가 항복하면서 최종적으로 변형율이 증가하면서 파괴되었다.

이질접합부 내측부에 설치한 수직철근의 하중-변형을 관계를 Fig. 13에 나타내었다. 이질접합부 내측부에 위치한 수직철근 중 이질접합부에 인접한 R-VI-41, R-VI-43 철근은 실험체가 항복하면서 동시에 파괴에 이르렀다.

RC부 수평철근의 하중-변형을 관계는 Fig. 14와 같다. 하중을 Push over로 가력할 경우 대부분의 하중을 수직철근이 부담하면서 상대적으로 수평철근에는 큰 응력이 작용하지 않았으며, 일부 게이지(R-S-21, R-S-32)에서 철근이 항복에 근접하는 거동을 나타내었다.

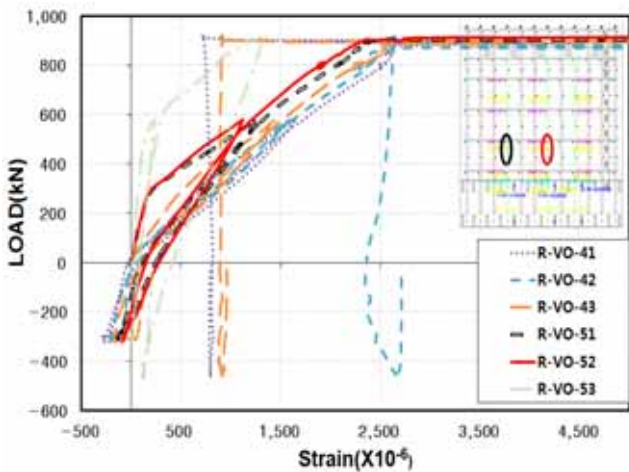


Fig. 12 Load-strain results for the outer vertical bars

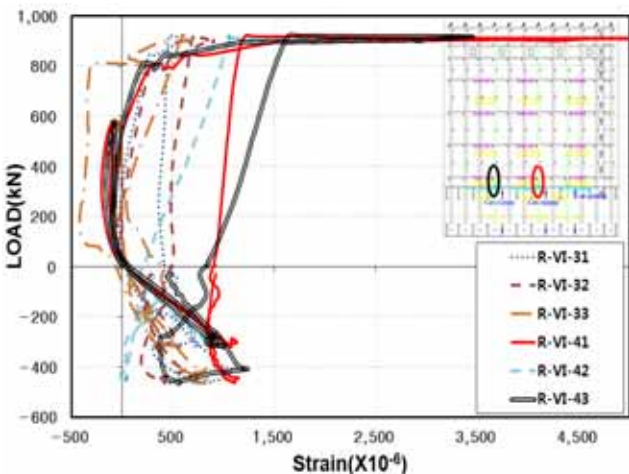


Fig. 13 Load-strain results for the inner vertical bars

5. 수치해석 검증

앞서 수행한 면외 휨 실험결과에 대하여 해석적으로 거동 특성을 검증하고자 범용 구조해석 프로그램인 ABAQUS⁽⁸⁾를 이용하여 수치해석을 수행하였다.

5.1 해석 모델링

재료 비선형성을 고려하기 위하여 콘크리트와 철근 및 표면강판은 Plastic Option을 적용하였다. 콘크리트는 'Concrete Damaged Plasticity'를, 강재는 'Plastic'을 사용하였다. 한편, 해석모델을 위한 요소 선택으로서, 콘크리트는 Solid 요소인 C3D8R(8절점 3자유도 요소)을, 표면강판은 Shell 요

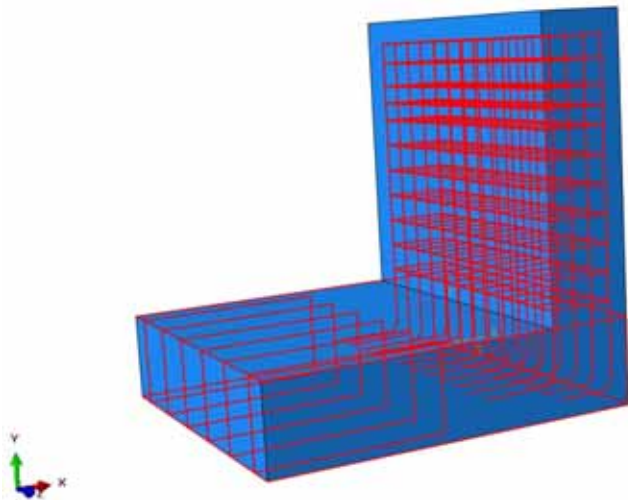


Fig. 15 Numerical analysis model

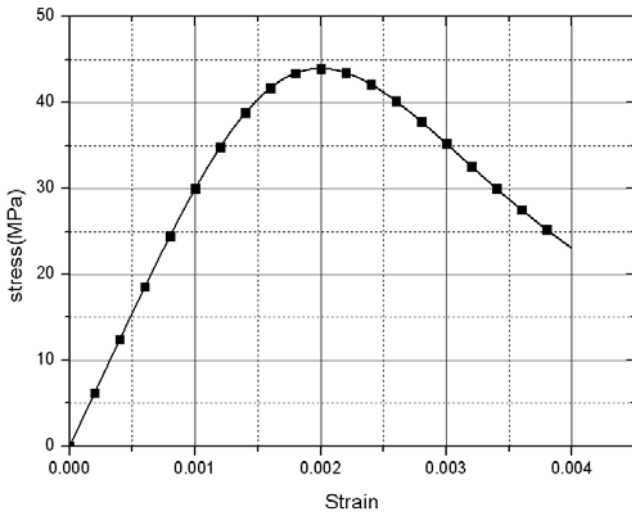


Fig. 16 Stress-strain curve of concrete material model

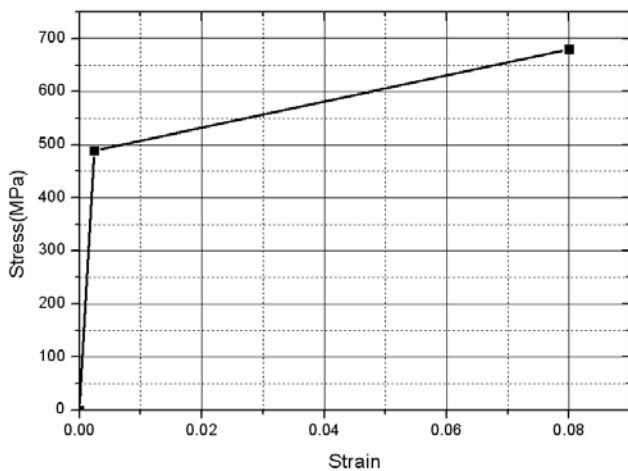


Fig. 17 Stress-strain curve of steel bars material model

소인 S4R(4절점 8자유도 요소)을 사용하였으며, 철근은 휨과 전단에 대해 거동하는 특성을 반영하여야 하기 때문에 Beam 요소인 B31(2절점 선형 빔)을 적용하였다.

또한 모델링 시 표면강판과 콘크리트 사이 및 콘크리트와 철근 사이를 완전 합성거동으로 가정하여 재료 간의 Interaction option을 적용하였다. 경계조건은 SC부가 바닥과 고정되는 부분에 대하여 변위 및 회전을 구속하였다.

Fig. 16 및 17은 비선형 해석에 적용된 콘크리트와 철근의 재료모델을 나타낸 것으로, Table 1에서의 재료실험에 의한 강도값을 적용하였다.

콘크리트의 재료모델은 비구속 콘크리트의 재료모델로 나타내어 값을 적용하여 해석을 수행하였으며, 강재는 bi-linear 모델을 적용하여 항복과 극한 응력을 나타내어 비선형 해석을 수행하였다.

한편, 하중조건은 Push와 Pull 하중의 두 가지 경우에 대한 단조가력 조건으로 해석을 수행하였다.

5.2 해석 결과

하중가력 방향별로 기하 비선형성과 재료 비선형성을 모두 고려하여 해석을 수행하였다. 해석모델의 바깥쪽으로 하중을 가력하는 경우(Pull 하중)와 안쪽으로 가력하는 경우(Push 하중)로 나누어 Table 3과 같이 실험결과에 대한 해석결과를 비교분석하였다. 수치해석에서는 실험 초기 단계의 반복하중 가력에 의한 내력 저감을 반영하지 못하였기 때문에 가력부의 변위의 크기에는 다소 차이가 있었으나, 최대하중에서는 Pull 하중 및 Push 하중에서 각각 17.9 및 -6.9%의 차이를 보여, 유사한 거동을 보임을 알 수 있었다.

Table 3. Comparison of test and analysis results

Loading type		Maximum Loading (kN)	Displacement at loading point (mm)	Deference rate (%)
Analysis	Pull	548.10	15.53	17.9
	Push	859.04	40.61	-6.9
Test	Pull	464.8	52.6	-
	Push	922.8	67.0	-

또한, 해석결과를 실험결과와 직접적으로 비교하기 위하여 하중에 따른 변위 그래프를 Fig. 18 및 19에 나타내었다. 선형 구간인 탄성 범위 내에서 실험값과 해석값의 강성이 유사한 결과를 보이고 있는 것을 확인할 수 있었다.

해석결과에서의 최대하중은 Fig. 5의 실험결과와 마찬가지로 Push 하중가력 시의 내력이 Pull 하중 시의 내력보다 큰 것으로 나타났다. 이는 Fig. 20 및 21에서도 나타난 바와 같이 Pull 하중가력 시 접합부의 전단패널 존에서의 콘크리트 균열의 발생으로 인한 원인으로 판단된다. 또한, 접합부에서 콘크리트 내부 주응력 방향이 Fig. 10에서의 실험에 의한 균열도와 유사함을 알 수 있다. 한편, Fig. 22 및 23은 Push 하중가력 시 콘크리트의 등가응력도 및 주응력도를 보여주고 있으며, 접합부에서 Pull 하중 시와는 반대방향의 균열도를 나타내고 있음을 알 수 있다.

한편, Push 하중가력 시 철근부위의 Von-Mises 등가응력도를 Fig. 24에 나타내었다. 인장측인 실험체 Outer 수직 철근 중 RC부 접합부 부근에 가장 큰 응력이 집중되고 있는 것을 확인할 수 있었다.

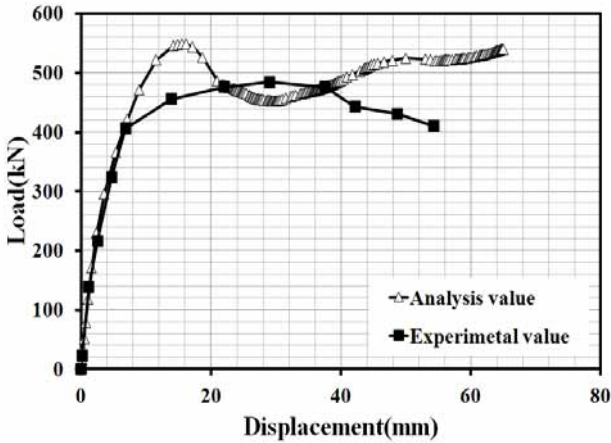


Fig. 18 Comparison of test and analysis results (Pull loading)

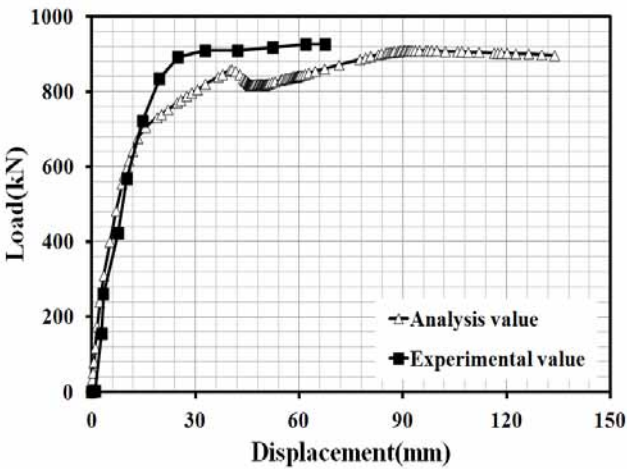


Fig. 19 Comparison of test and analysis results (Push loading)

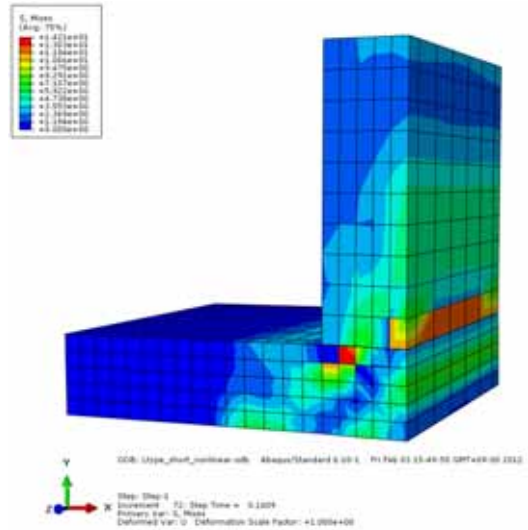


Fig. 20 Stress distribution of concrete (Pull loading)

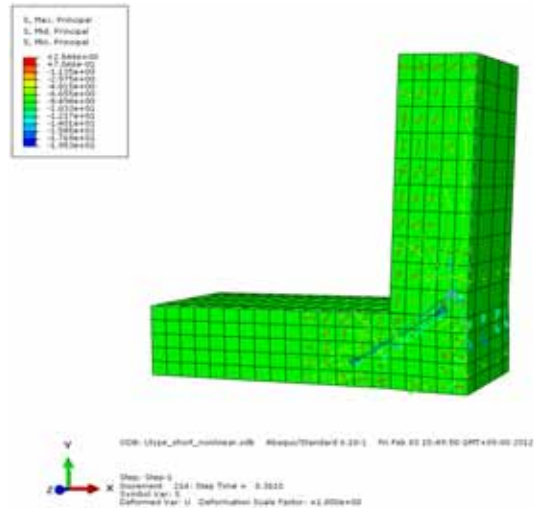


Fig. 21 Principal stress distribution in concrete (Pull loading)

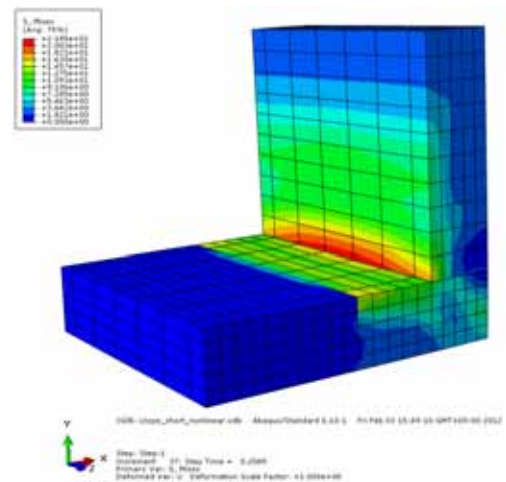


Fig. 22 Stress distribution of concrete (Push loading)

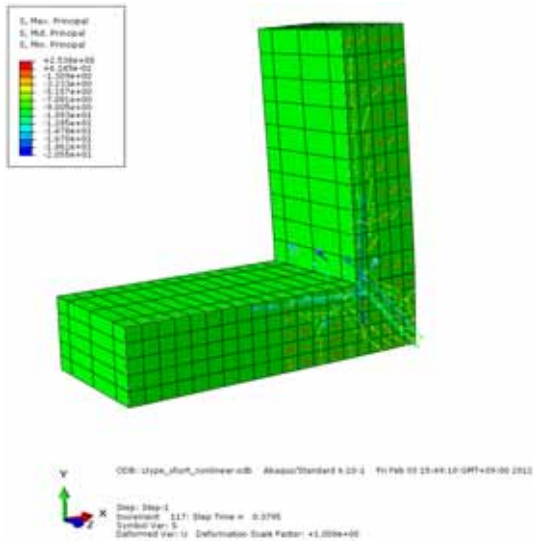


Fig. 23 Principal stress distribution in concrete (Push loading)

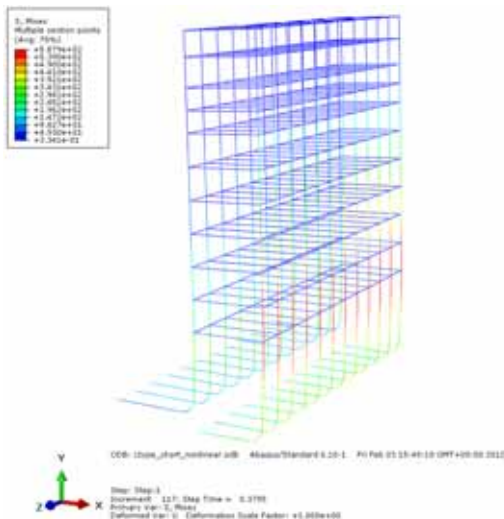


Fig. 24 Stress distribution of steel bars (Push loading)

6. 결 론

원전 구조물 내 RC벽과 SC벽이 수직면의 이질접합 형태로 만나는 경우에 대하여, 이를 모사한 L형의 실험체를 제작하고 면외 휨 실험을 통해 이질접합 구조물의 거동 특성을 확인하였다.

본 실험연구를 수행한 결과를 정리하면 다음과 같다.

- (1) 동적하중을 모사한, Push 및 Pull 반복하중에 의해 면외 휨 하중을 구현하고자 하였으나, 1단계 Pull 하중가력(321kN) 시 이질접합부의 전단패널 존 내 콘크리트

전단균열 파괴가 발생하면서 반복하중 가력이 중단되었다. 따라서, 수직면의 이질접합 구조물 설계 시 접합부의 전단패널 존에 대한 보강이 검토되어야 할 것으로 판단된다.

- (2) 수직철근의 접합부의 연성 미결침 이음길이의 검증을 위해, KEPIC-SNG 설계기준식에 따른 730mm 길이 ($l_{dh}=408\text{mm}$, $h=322\text{mm}$)로 실험체를 설계하고 실험을 수행한 결과, Push 하중 가력에 의한 Outer 수직철근의 최종 파괴모드가 정착길이에 의한 인발파괴가 아닌, 연성 항복거동을 보였다. 따라서 설계기준식의 접합부 철근의 연성 미결침 이음길이의 적정성을 확인할 수 있었으며, 730mm의 길이를 $l_{dh}=408\text{mm}$, $h=322\text{mm}$ 로 반영하여 설계가 가능함을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 2010년도 지식경제부 기반기금과제인 “기기 구조물 복합모듈화 기술개발” 과제의 일부로서 연구비 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌(References)

- [1] 한국수력원자력발전주식회사(2003) 원자력구조물 복합모듈화 타당성 조사에 관한 연구. Korea Hydro & Nuclear Power Co. Ltd. (2003) *A feasibility study on the modularization of structures for nuclear power plants* (in Korean).
- [2] 문일환, 유석태, 김태영, 이한우(2006) SC 구조 거동특성 파악을 위한 기초적 연구, 2006 대한토목학회 정기학술대회 논문집, 대한토목학회, pp.429-432. Moon, I.H., Yoo, S.T., Kim, T.Y., and Lee, H.W. (2006) Fundamental study of steel plate reinforced concrete(SC) structure, *Journal of Korean Society of Civil Engineers Expo 2006*, KSCE, Vol. 32, pp.429-432 (in Korean).
- [3] 이승준, 김원기(2010) SC 구조의 내진설계를 위한 감쇠비, 한국강구조학회논문집, 한국강구조학회, 제22권, 제5호, pp.487-496. Lee, S.J. and Kim, W.K. (2010) Damping ratios for seismic design of SC structures, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol. 22, No. 5, pp.487-496 (in Korean).
- [4] 한홍수, 최병정, 한권규(2011) 폭두께비에 따른 강판콘크리트구조의 압축거동, 한국강구조학회논문집, 한국강구조학회, 제23권, 제2호, pp.229-236.

Han, H.S., Choi, B.J., and Han, K.G. (2011) Compression behavior of steel plate-concrete structures with the width-to-thickness ratio, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol. 23, No. 2, pp.229-236 (in Korean).

[5] 이경진, 함경원, 박동수, 김우범(2010) 철근 콘크리트 구조와 강판 콘크리트 구조 이질접합부를 가진 보의 휨 하중 특성에 관한 실험연구, *한국강구조학회논문집*, 한국강구조학회, 제22권, 제5호, pp.455-463.

Lee, K.J., Hahm, K.W., Park, D.S., and Kim, W.B. (2010) An experimental study on flexural properties of SC(Steel Plate Concrete) beam structure with reinforced concrete joint, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol. 22, No. 5, pp. 455-463 (in Korean).

[6] 이경진, 황경민, 함경원, 김우범(2012) 강판 콘크리트 구조 이질접합부의 면외 휨/면내 전단하중 특성에 관한 실험 연구, *한국강구조학회논문집*, 한국강구조학회, 제24권, 제 2호, pp.137-147.

Lee, K.J., Hwang, K.M., Hahm, K.W., and Kim, W.B. (2012) An experimental study on flexural/shear load properties of SC(Steel Plate Concrete) structure with reinforced concrete joint, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol. 24, No. 2, pp. 137-147 (in Korean).

[7] 대한전기협회(2010), 전력산업기술기준(KEPIC), SN 원 자력구조 - SNG 강판콘크리트구조.

KEA (2010) *Korea Electric Power Industry Code, SN, Structural for Nuclear power plants - SNG, Steel plate Concrete Structures*, Korea Electric Association (in Korean).

[8] ABAQUS (2006) *User's Manual Version 6.5*, Hibbit Karlsson, and Sorensen, Inc., Pawtucke, RI.

요 약 : 본 연구에서는 철근콘크리트 벽과 강판 콘크리트 벽이 서로 수직면의 이질접합 형태로 만나는 벽의 면외 휨 거동 특성을 검토 하기 위하여, L형 실험체를 제작하고 휨 실험을 수행하였다. 실험 시, 실험체의 동적특성을 확인하기 위하여 Push 및 Pull 하중을 반복하는 싸이클 하중을 구현하고자 하였다. Push 하중에 의한 실험 결과, 실험체의 공칭강도를 초과하는 휨 성능을 발휘하였으며, 이에 따라 설계에 적용된 수직철근의 미접침 이음길이의 타당성을 확인할 수 있었다. 한편, Pull 하중 가력 시에는 수직철근이 최대 내력을 발휘하기 전에 접합 부 콘크리트에서 전단 파괴 거동이 나타나, 이에 대한 보강이 필요함을 확인하였다.

핵심 용어 : 면외 휨 거동, 수직면 접합부, SC 벽체, 반복하중, 수직철근, 미접침 이음길이
