

# 국부좌굴 현상을 고려한 강판 콘크리트 패널의 효율적인 스테드 배치 간격 설정

김 정 래<sup>1</sup> · 이 원 호<sup>1</sup> · 곽 효 경<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>한국과학기술원 건설 및 환경공학과

## Determination of Efficient Shear Stud Spacing in Steel-Concrete Panel(SCP) considering Local Buckling Behavior

JoungRae Kim<sup>1</sup>, WonHo Lee<sup>1</sup> and Hyo-Gyoung Kwak<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Civil and Environmental Engineering, KAIST, Daejeon, 34141, Korea

### Abstract

In this paper, finite element analysis of Steel-Concrete panel(SCP) was conducted considering the local buckling behavior and the optimized design of shear studs arrangement was studied by comparing with design guidelines. If the spacing of the studs of SCP is widened, it is easy to be manufactured and the weight of members become lighter. On the other hand, the steel plate would be vulnerable to the local buckling behavior. Therefore, the guidance and design of SCP limit the maximum spacing of the studs to prevent the development of shear cracks and local buckling, however this is based on the design criteria of the other composite structures. Parameter studies with changes in stud spacing on steel plate and SCP are conducted and the obtained result was compared with values given in design guidelines.

**Keywords** : steel-concrete panel, composite plate, shear connector, design of studs arrangement, local buckling analysis

### 1. 서 론

일반적인 철근 콘크리트 구조물과 달리 강판 콘크리트 구조(steel-concrete panel, SCP)는 강판에 직접 콘크리트를 타설하여 거푸집의 설치 및 제거가 필요하지 않으며 패널 단위로 모듈화가 가능하기 때문에 시공 기간 및 비용을 절감할 수 있다. 특히 극지 및 오지의 비용이 높은 LNG 액화플랜트 건설 지역은 시공 환경이 열악하기 때문에 현지 작업이 최소화되는 모듈화 시공 및 설치 방법에서 크게 이점을 가진다. 또한 철근 콘크리트 구조물과 비교하여 얇은 두께의 구조를 사용하여도 되므로 구조물의 경량화도 가능하다.

강판 콘크리트 구조는 미국과 일본 등에서 구조적 성능과 적용에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 일본은 1995년

부터 산학이 공동으로 강판 콘크리트 구조의 구조적 특성을 파악하기 위한 기초 실험들을 수행하였으며, 이를 바탕으로 JEAG-4618 '강판콘크리트구조 내진설계 기술지침 건물·구조물편'을 작성하였다. 압축실험, 온도특성실험, 이음부 인장실험 등 기초 실험 결과는 이후 미국 및 국내의 강판 콘크리트 기술기준 개발의 배경 자료가 되었다. 미국은 Westinghouse Electric Company사가 개발한 원자로 AP1000이 NRC로부터 건설 부지 표준설계인증을 재취득하였고, 미국 내에 Vogtle 3,4호기와 VC Summer 2,3호기 등이 건설되고 있다. 국내에서는 2000년대부터 연구가 진행되기 시작하여 2010년에는 대한전기협회에서 원자력구조 강판 콘크리트 설계기준인 KEPIC SNG(KEA, 2010)를 제정하여 매년 개정판을 발행하고 있다. 한국수력원자력 등에서 원자력발전소 건물에 점진적 적용을

\* Corresponding author:

Tel: +82-42-350-3621; E-mail: khg@kaist.ac.kr

Received September 29 2017; Revised November 1 2017;

Accepted November 2 2017

©2017 by Computational Structural Engineering Institute of Korea

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

검토하고 있으며 유사 격납구조물인 LNG 저장탱크에 대한 연구도 진행되고 있다(Lee *et al.*, 2015; Lee *et al.*, 2015; Cho *et al.*, 2014). 그러나 이와 같은 기술기준들은 기존의 ACI(2008), AISC(2008)과 같은 기존의 합성구조 설계기준들을 바탕으로 정리되었고 설계 및 기술기준이 완전히 정립되지 않아 현재에도 강판 콘크리트의 특성을 고려하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

강판 콘크리트 패널에서 강판과 콘크리트는 전단 스티드와 같은 연결재를 이용하여 전단력을 전달하고 두 부재를 연결하는데, 스티드의 종류와 배치에 따라서 부착강성이 결정된다. 스티드 간격이 좁을수록 완전부착 상태에 가까운 합성거동을 하게 되어 우수한 구조적 성능을 기대할 수 있으나, 스티드 개수가 증가함에 따라 패널 자체의 무게가 증가하고 콘크리트 타설 시에 굵은 골재의 크기보다 스티드 간격이 좁으면 제작에 어려움이 발생하므로 경제성이나 시공성에 있어 이점을 잃게 된다. 따라서 설계 시 구조적 목표성능을 만족하되 스티드 간격은 최대한 넓히는 것이 효율적이다.

본 연구는 강판 콘크리트 구조에서 효율적인 스티드 배치를 위하여 스티드 간격에 따른 유한요소 좌굴 해석을 수행하였다. 강판 콘크리트 구조 설계 지침 및 선행연구(Zhang *et al.*, 2014)에 따르면 스티드 간격은 강판이 항복되기 전에 국부좌굴이 발생하는 기준이 된다. 따라서 단일 강판의 선행 좌굴 해석을 통하여 좌굴 형상 및 스티드 간격이 좌굴에 미치는 영향을 확인하고, 강판 콘크리트 부재 해석을 통해 해석적인 최적 설계안과 설계 지침에 따른 값을 비교하였다.

## 2. 본 론

이 장에서는 강판 콘크리트의 스티드 간격 관련 설계 지침을 소개한 후, 유한요소 해석을 통해 구한 최적 스티드 간격 배치와 비교하였다.

### 2.1 강판 콘크리트 스티드 배치 관련 기준

국내 기술기준인 KEPIC-SNG(2010)에서 전단 스티드 간격 관련 기준은 간격이 스티드 지름의 4배 이상이 되도록 하는 항목만 있으며, 이는 AASHTO(1996)에서도 동일하다. AISC(2008)는 스티드의 최소 간격은 스티드 지름의 4배, 최대 간격은 지름의 32배로 제한하고 있으며, EUROCODE(2004)는 최소 간격은 전단방향일 경우 지름의 5배 이상, 전단 수직방향으로는 지름의 4배 이상이며 최대 간격은 800mm 혹은 슬래브 두께의 6배 이하로 정하고 있다. 위와 같이 일반적인 합성 구조의 전단 스티드에 대한 설계 기준에서는 최대

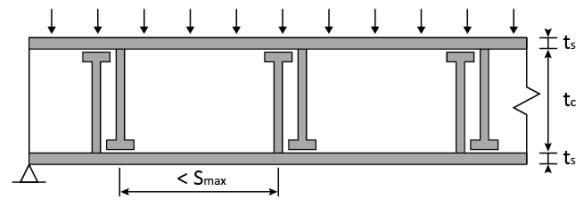


Fig. 1 Maximum stud spacing considering shear cracks

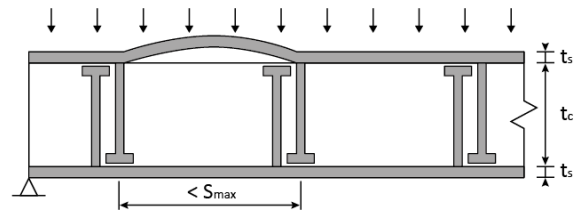


Fig. 2 Maximum stud spacing considering local buckling

간격을 크게 제한하고 있지 않다.

반면 강판 콘크리트 구조의 적용을 위한 설계 지침인 DNV INCA Guidance(2010)에서는 스티드 간격을 제한하는 기준이 보다 구체적으로 명시되어 있다.

$$S_{max} \leq 0.75 \times (t_c + 2 \times t_s) \quad (1)$$

$$S_{max} \leq 22 \times t_s \times \sqrt{235/f_y} \quad (2)$$

여기서,  $S_{max}$ 는 스티드의 최대 간격,  $t_c$ 는 콘크리트의 두께,  $t_s$ 는 강판의 두께,  $f_y$ 는 강판의 항복강도이다.

첫 번째 기준은 전단 균열이 콘크리트 두께를 관통하여 진행되는 것을 방지하기 위한 기준으로 식 (1)를 만족하여야 한다. 두 번째 기준은 강판의 국부좌굴 발생을 방지하기 위한 기준으로 식 (2)를 만족하여야 한다. 전단 균열과 관련한 첫 번째 기준은 강판 콘크리트 구조가 주로 사용되는 200mm 이상에서 좌굴 관련한 두 번째 기준에 비하여 넓은 간격을 허용하고, 상하의 강판에 부착된 스티드가 엇갈려서 등간격으로 위치할 경우 스티드 간격을 보다 넓게 설정할 수 있다. 반면, 국부좌굴과 관련된 두 번째 기준은 강판의 단면이 항복하기 이전에 국부좌굴이 발생하지 않도록 하는 기준이며(Faella *et al.*, 2000) 다른 기준과 비교하여 보수적으로 스티드 간격을 제한하고 있다.

### 2.2 단일 강판의 탄성 좌굴 해석

강판 콘크리트 구조에 사용하는 강판의 두께는 6.3mm에서 38mm까지 다양하게 설계된다(Cho *et al.*, 2014). 두꺼운 강판은 주로 원전 구조물에서 방사선 차폐 등의 용도로 사용되는데, 식 (2)에 따라 국부좌굴현상이 문제가 되는 것은 얇은 강판이므로 강판 두께 6mm와 8mm에 대해서 좌굴 해석을

수행하였다.

먼저, SCP 구조에서 좌굴의 대상이 되는 강판의 국부좌굴 형상을 확인하고 좌굴 이론과의 비교를 통한 검증을 위하여 단일 강판에 대한 탄성 좌굴 해석을 수행하였다. 해석은 ABAQUS 6.13 프로그램의 linear perturbation; Buckle 모드를 이용하였다. 강재의 탄성계수와 항복강도는 각각 210GPa, 460 MPa을 사용하였다. 해석모델은 단일 강판을 쉘요소로 사용하였으며, 강판의 네 변을 단순지지 상태로 정의하였을 때와 네 꼭지점에 스티드가 위치한 것으로 가정하여 정의하였을 때를 비교하였다(Fig. 3). 2축 응력 상태에서 강판의 한 변의 길이를 변수로 하여 정사각형 강판의 항복 강도와 좌굴이 발생하는 응력의 크기가 같아지는 변의 길이를 구하였다. 따라서 강판의 크기가 구한 값보다 클 경우에는 강재가 항복하기 이전에 좌굴이 먼저 발생한다.

해석 시 좌굴이 발생하는 방향에 대해서 변위 분포를 나타내면 Fig. 4와 같다. 네 변이 단순지지된 경우에는 강판의 중앙에서 좌굴이 발생하는 반면, 꼭지점에만 경계조건이 있는 경우에는 가장자리인 각 변의 중앙에서 좌굴이 발생한다. 경계 조건과 강판의 두께에 따른 결과를 Table 1에 정리하였다.

$$\sigma_{cr} = \frac{2\pi^2 D}{a^2 t} = \frac{2\pi^2}{a^2 t} \times \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)} \quad (3)$$

$$a^2 \leq \frac{t^2}{f_y} \times \frac{2\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \quad (4)$$

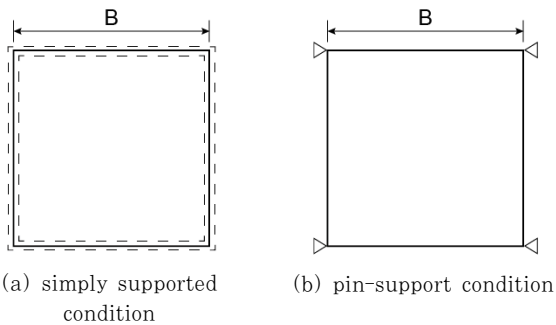


Fig. 3 Single plates with boundary condition

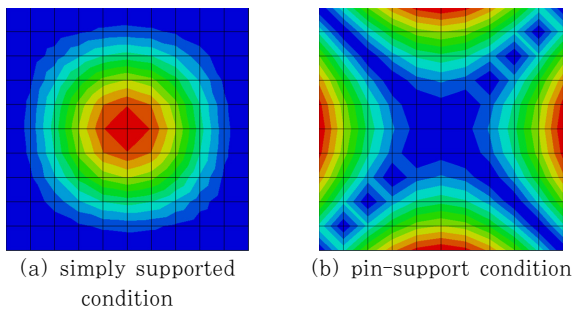


Fig. 4 Buckling shape of single plates

Table 1 Maximum edge length of single plate avoid buckling

Boundary condition	Thickness, $t_s$ (mm)	Maximum edge length, B(mm)
Simply supported	6	169.5
Simply supported	8	226
Pin-supported	6	103.6
Pin-supported	8	138.2

강판의 두께가 얇을수록 좌굴이 발생하지 않는 최대 강판 크기가 감소하며 이는 이론적 배경 및 설계지침과 일치한다. 단순지지 조건 하의 이축응력 상태 판좌굴 이론은 식 (3)과 같으며(Timoshenko and Gere, 1961), 이를 정사각형 판의 한 변의 길이인  $a$ 에 대하여 치환하고, 좌굴응력을 강재의 항복 강도로 설정하여 다시 정리하면 식 (4)와 같다. 식 (4)에 따라 각각 두께 6mm와 8mm인 정사각형 강판의 좌굴을 방지하는 최대 한 변의 길이를 계산하면 각각 171.8mm, 229.1mm 이므로 해석 결과가 이론적인 배경과 유사한 결과를 보이는 것을 확인할 수 있다. 네 변이 구속되지않고 스티드 위치에 대해서만 구속될 경우에 좌굴에 더 취약하였다.

하나의 강판에 대해서는 이론적으로도 비교적 쉽게 구할 수 있으나 하나 이상의 강판이 연속적으로 연결되어 스티드가 다수 배치될 경우에는 좌굴 형상 및 스티드 배치에 의한 영향을 쉽게 예측하기가 어렵다. 따라서 다수의 스티드가 존재하는 경우 국부좌굴에 미치는 영향을 알아보기 위하여 Fig. 5와 같이 가로, 세로 방향으로 5개씩 강판이 연속된 경우에 대하여 추가적인 해석을 수행하였다. 강판 콘크리트 제작 시에 거푸집으로 사용되는 강판은 채널 등을 사용하여 구속되므로 가장 외곽의 모서리를 따라 변위를 구속하고, 등간격으로 Fig. 5의 교차점에 스티드 효과 모사를 위해 변위를 구속하였다.

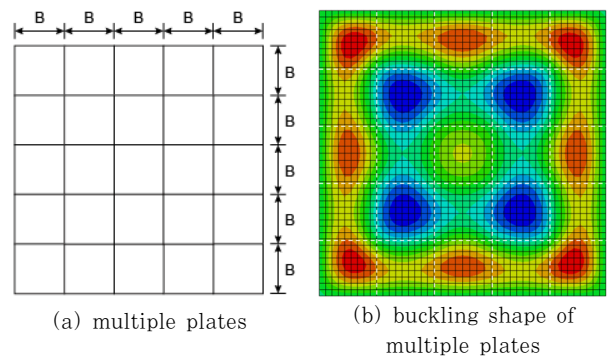


Fig. 5 Multiple plates(5 by 5)

Table 2 Maximum edge length of multiple plates case

Thickness, $t_s$ (mm)	Maximum edge length, B(mm)
6	222
8	168

강판의 두께에 따라 단일 강판과 유사한 경향성을 보였으며, 그 결과는 Table 2에 나타내었다. 이상 강판 하나의 경우에 국부좌굴이 발생하지 않는 최대 변의 길이를 구하였으나, SCP 구조에서는 콘크리트 부재의 영향 등으로 인하여 보다 복잡한 거동이 예상되므로 상세한 모델링 및 소성해석을 수행하였다.

### 2.3 SCP 부재 소성 좌굴 해석

실제 강판 콘크리트 구조에서 콘크리트 및 합성 거동이 국부 좌굴에 미치는 영향을 확인하기 위하여 SCP 구조 상세 모델링 및 부재 해석을 수행하였다. 해석 대상 패널은 선행연구(Shin and Hwang, 2015)를 참고하여 크기 및 두께를 설정하였는데 좌굴 거동은 스티드의 간격과 강판의 두께에 의한 영향이 지배적이므로 가로, 세로 3m 크기의 SCP 패널에 대하여 해석을 수행하였다. Table 3에 정리된 바와 같이 각각 강판과 콘크리트가 6mm, 188mm인 SCP200과 8mm, 234mm인 SCP250을 ABAQUS 6.13의 arc length method를 이용

하여 2축응력 좌굴해석을 수행하였다. 콘크리트의 소성 거동은 강판의 좌굴해석에 큰 영향을 주지 않기 때문에 탄성거동을 가정하였으며, 콘크리트의 탄성계수와 푸와송비는 각각 37,000 MPa, 0.18을 사용하였다. 강판은 소성 거동을 기반으로 bi-linear 응력-변형률 곡선을 정의하였으며 탄성계수는 210,000MPa, 항복강도 460MPa, 극한강도 670MPa, 푸와송비는 0.29을 사용하였다.

해석 모델은 해석적 효율성을 위하여 구조적 대칭성을 고려하여 Fig. 7의 ©-© 영역과 같이 전체 모델의 1/8부분에 대하여 유한요소 모델을 구성하였다. SCP 구조에 용접되는 channel의 효과를 고려하여 강판 외곽의 z축 변위는 고정하였고, 스티드가 콘크리트에 매입되어 있는 상태를 모사하기 위하여 embedded 조건을 사용하였다. 강판과 스티드는 용접하여 완전 집합(perfectly bond) 상태이므로 경계면에서 tie 조건을 정의하였으며, 강판의 국부좌굴에 직접적으로 영향을 미치지 않는 맞은편에 용접된 스티드는 생략하였다.

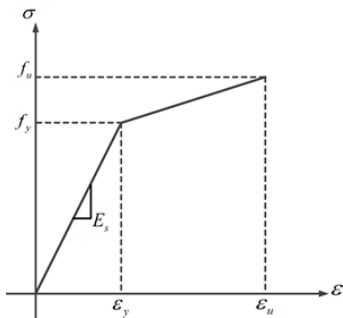


Fig. 6 Stress-strain curve of steel

Table 3 Dimension of SCP

SCP name	total thickness, $t_{total}$ (mm)	concrete thickness, $t_c$ (mm)	steel thickness, $t_p$ (mm)
SCP200	200	188	6
SCP250	250	234	8

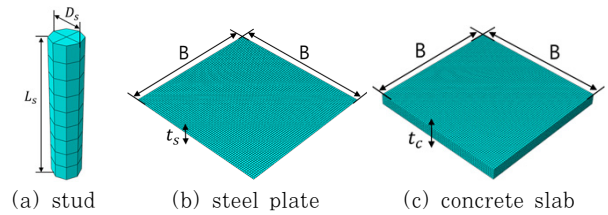


Fig. 8 Finite element mesh of SCP components

ABAQUS 소성 해석 시 강판의 항복 조건은 폰 미세스 항복 조건(von Mises yield criterion)을 기준으로 항복을 예측하게 되며 폰 미세스 응력( $\sigma_v$ ) 산정식은 식 (5)과 같다.

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad (5)$$

해석 결과 강판의 절점 중 국부좌굴 방향(z축) 변위가 가장 크게 발생하여 국부좌굴이 발생하는 지점인 Fig. 9의 절점 ①에 대해서 응력-변위 관계를 그래프로 나타내면 Fig. 9(b), 10(b)와 같다. 강판에 좌굴이 발생하기 전에 항복하면 Fig. 9(b)와 같이 선형관계 이후 항복이 발생하는 반면, 응력이 항복강도에 이르기 전에 국부좌굴이 발생하면 Fig. 10(b)와 같이 z축 변위가 비선형적으로 증가하는 분기점(bifurcation point)이 나타나며 분기점의 응력이 좌굴하중이 된다. 따라서 절점 ①에 대해서 응력증가에 따른 변위 그래프를 확인하면, 각 스티드 배치에서 국부좌굴 발생 여부를 확인할 수 있으므로, 스티드 간격을 변수로 하여 항복강도에 도달하기 이전에 국부 좌굴이 발생하는지 여부와 그 때의 좌굴하중을 나타내면 Fig. 11, Fig. 12와 같다.

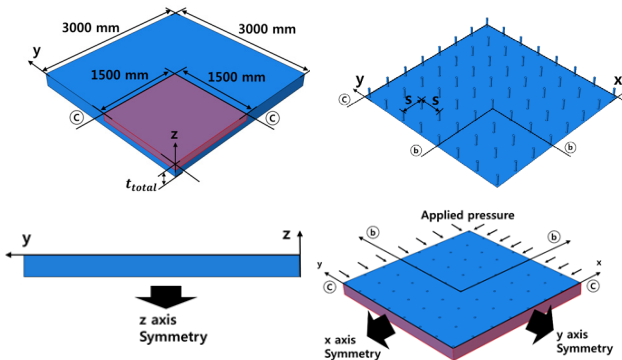
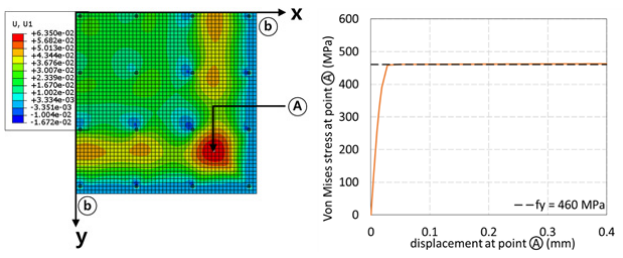
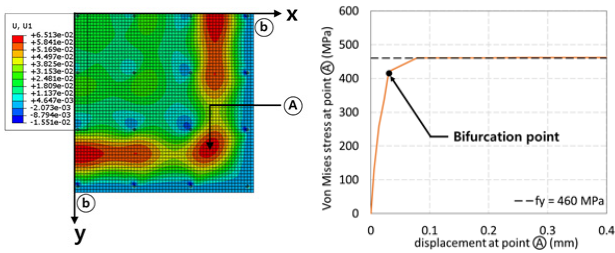


Fig. 7 Dimension and modeling of SCP

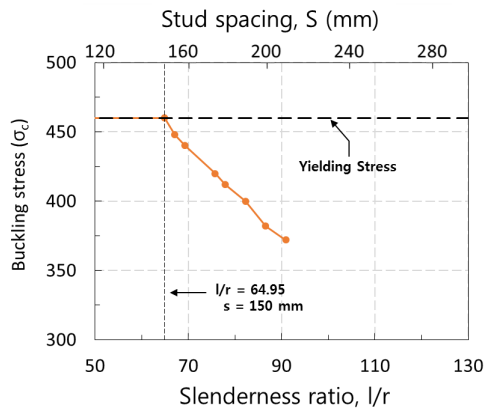




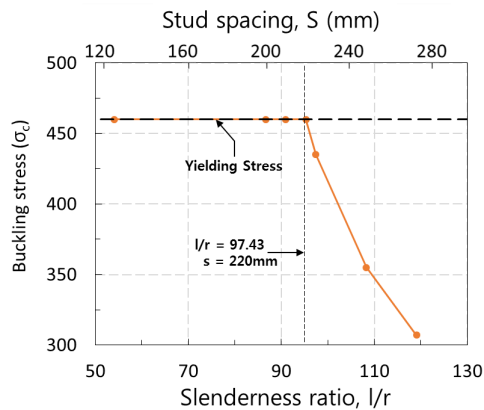
(a) displacement distribution (b) stress-displacement curve  
**Fig. 9** SCP 200 with 150mm stud spacing



(a) displacement distribution (b) stress-displacement curve  
**Fig. 10** SCP 200 with 180mm stud spacing



**Fig. 11** Buckling stress and stud spacing/slenderness ratio relation of SCP200



**Fig. 12** Buckling stress and stud spacing/slenderness ratio relation of SCP250

해석 결과 스테드가 등간격으로 배치되었을 때 국부좌굴은 2층 하중 재하지점에서 가장 가까운 외곽 스테드들 사이에서 발생하였으며, 스테드 간격에 따른 국부좌굴 발생 여부와 좌굴 하중은 Fig. 11, Fig. 12에서 확인할 수 있다. 스테드는 강판에 핀 지점(pin support)과 같은 역할을 하므로 4개의 스테드에 둘러싸인 강판을 독립적으로 고려할 경우의 세장비( $l/r$ )를 함께 표시하였다. 이 때,  $l$ 은 강판 한 변의 길이,  $r$ 은 최소 회전 반경 ( $\sqrt{I/A}$ ),  $I$ 는 단면 2차 모멘트이다. SCP 200와 SCP 250 에서 스테드 간격이 각각 150mm, 220mm 이하일 때 강판이 항복할 때까지 국부좌굴이 발생하지 않았으며, 그 이상의 구간에서는 스테드 간격이 증가할수록 점차 낮은 응력에서 국부 좌굴이 발생하였다.

해석결과와 DNV INCA Guidance에서 제시한 국부좌굴 현상을 방지하기 위한 최대 스테드 간격을 비교하면 Table 4와 같다. 안전율을 고려하더라도 설계 지침에 따른 스테드 배치 설계가 다소 보수적일 수 있음을 해석적으로 확인하였다. SCP 구조의 경제성 및 효율성을 위하여 설계 지침이 다소 보수적인 경우에는 스테드의 상세 배치 형상을 고려하여 다른 설계기준을 차용하거나, 해석적인 연구를 토대로 스테드의 최대 간격을 탄력적으로 설계할 필요가 있음을 확인하였다.

**Table 4** Maximum stud spacing of SCP 200 and SCP 250

	DNV INCA guidance	FE analysis
SCP 200	94.35	150
SCP 250	125.80	220

### 3. 결 론

본 연구에서는 강판 콘크리트 구조의 전단 스테드 배치 간격 및 강판 두께가 국부좌굴 거동에 미치는 영향을 파악하였다. 이를 위하여 강판 및 SCP 구조 부재 해석을 통해서 강재의 항복강도와 국부좌굴이 발생하는 응력이 동일해지도록 하는 최대 스테드 배치 간격을 해석적으로 산정하였으며, 강판 콘크리트 설계지침인 DNV INCA Guidance에서 제시하는 값과 비교하였고 다음의 사항을 확인할 수 있었다.

- (1) 단일 강판 및 강판 콘크리트 구조에서 유한요소 해석으로 산정한 좌굴하중은 강판의 두께가 얇을수록, 강판 외곽에서 경계조건으로 변위가 구속된 면적이 적을수록 좌굴에 취약하였으므로 설계 지침 및 이론적 배경과 일치하는 경향성을 가짐을 확인하였다.
- (2) 강판 콘크리트 구조의 해석 결과 얻은 강재의 항복 이전에 국부좌굴이 발생하지 않는 최대 스테드 간격과 DNV INCA Guidance 설계 지침에서 국부좌굴 방지를 위한 최대 스테드 간격을 비교하였을 때 차이가 있

었다. 해석적으로 얻은 값이 설계 지침에 제시된 값에 비하여 두 개의 해석 결과 모두 150% 이상으로 나타남을 확인하였다.

- (3) 현재 합성구조와 관련된 설계기준에서 스티드의 간격에 대한 기준이 간략하거나 생략되어 있는 경우가 많고, 강판 콘크리트 설계지침 등에서는 기존 합성구조의 이론적 배경을 토대로 산정된 기준을 이용하고 있는 경우가 대부분이다. 스티드의 형상 및 배치에 따라서 구조적 성능에 크게 영향을 받는 강판 콘크리트 구조의 특성 상 추가적인 실험 및 해석적 연구를 통하여 기존의 기타 강재-콘크리트 합성구조 설계기준과 구별되는 강판 콘크리트 구조의 특성을 고려한 설계기준을 검토할 필요가 있음을 확인하였다.

### 감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 13IFIP-C113546-01).

### References

- AASHTO (1996) American Association of State Highway and Transportation Officials, Standard Specifications for High-way Bridges, 16<sup>th</sup> Edition.
- ABAQUS (2013) ABAQUS Analysis User's Manual version 6.13, Dassault Systèmes Simulia Corp.
- ACI (2008) Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary, Farmington Hills, Michigan, p.503.
- AISC (2005) Specifications for Structural Steel Buildings, Chicago, IL, p.460.
- Cho, S.G., Lim, J.S., Jeong, Y.D., Yi, S.T. (2014) Analytical Study for Design of Shape and Arrangement Spacing of Stud in Steel Plate Concrete (SC) Wall subjected to Shear and Axial Forces, *J. Korea Inst. Struct. Maint. & Insp.*, 18(4), pp.67~76.
- DNV (2010) Assessment of the INCA Steel-Concrete-Steel Sandwich Technology, Det Norske Veritas Public Report.
- Eurocode 4, EN1994-1-1 (2004) Design of Composite Steel and Concrete Structures, Part1.1 General Rules and Rules for Buildings, European Union, p.118.
- Faella, C., Mazzolani, F.M., Piluso, V., Rizzano, G. (2000) Local Buckling of Aluminium Members: Testing and Classification, *J. Struct. Eng.*, 126(3), pp.353~360.
- Japan Electric Association (1987) Technical Guidelines for Aseismic Design of Nuclear Power Plants.
- Korea Electric Association (2010) Nuclear Safety Related Structures : Steel-Plate Concrete Structure, KEPIC-SNG.
- Lee, J.B., Kim, W.K., Suh, Y.P., Kim, K.S., Lee, K.K. (2015) A Revisional Trend of the KEPIC SNG(Code of Steel-plate Concrete Structure in Korean Nuclear Power, *Mag. & J. Korean Soc. Steel Constr.*, 27(5), pp.31~37.
- Lee, K.J., Yi, S.T. (2015) R&D Status of SC(Steel Plate Concrete) Structure of Nuclear Power Plant, *Mag. Korea Concr. Inst.*, 27(5), pp.40~43.
- Shin, D.K., Hwang, Y.Y. (2015) An Experimental Study on Bending Capacity of SC(Steel Concrete) Panel, *Proc. Korea Concr. Inst.*, 1~2.
- Zhang, K., Varma, A.H., Malushte, S.R., Gallocher, S. (2014) Effect of Shear Connectors on Local Buckling and Composite Action in Steel Concrete Composite Walls, *Nucl. Eng. & Design*, 269, pp.231~239.
- Timoshenko, S.P., Gere, J.M. (1961) Theory of Elastic Stability, McGrawHill.

### 요 지

본 논문에서는 국부좌굴 현상을 고려하여 강판 콘크리트 패널(SCP)의 유한요소 해석을 수행하고 설계지침과 비교하여 전단 스티드의 효율적인 스티드 배치 간격을 연구하였다. 강판 콘크리트 구조의 설계 및 기술기준은 전단 균열의 전개와 국부좌굴 현상을 방지하기 위하여 스티드의 최대 간격을 제한하고 있으나 이는 기존 강재-콘크리트 합성 구조의 설계기준을 토대로 산정되었다. 이에 유한요소 해석 프로그램을 이용한 강판 및 SCP의 국부좌굴 부재 해석을 통하여 스티드 최대 배치 간격을 구하고 설계지침에서 제시한 값과 비교하였다. 먼저, 단일 강판에 대하여 국부좌굴 해석을 수행하여 판좌굴 이론과 비교 검증하였고, 연속적인 스티드 배치에 따른 영향을 확인하기 위하여 다수의 강판이 연결된 경우에 대하여 해석을 수행하였다. 또한 강판 콘크리트 구조에서 콘크리트의 영향 및 합성 거동에 따른 영향을 확인하기 위하여 강판 콘크리트 구조를 모델링하고, 국부좌굴이 발생하지 않는 스티드 배치 최대 간격을 구하여 설계지침과 비교하였다.

**핵심용어** : 강판 콘크리트 구조, 합성 패널, 전단 연결재, 스티드 배치 설계, 국부좌굴 해석