

# FCP(Free-form Concrete Panel) 제작에 사용되는 FSM(Free-form Silicone Mold)의 한계와 해결방안

## Limitation and Solution of Free-form Silicone Mold (FSM) used in Free-form Concrete Panel (FCP) Manufacture

정경태<sup>1</sup> · 윤종영<sup>1</sup> · 유채연<sup>2</sup> · 이동훈<sup>3\*</sup>

Jeong, Kyeong-Tae<sup>1</sup> · Youn, Jong-Young<sup>1</sup> · Yu, Chae-Yeon<sup>2</sup> · Lee, Dong-Hoon<sup>3\*</sup>

**Abstract :** In order to manufacture high-quality free-form concrete panel (FCP), it is necessary to analyze the limitations of free-form silicone mold (FSM) and conduct technology development research. Currently, the FSM used in FCP manufacture is classified into a side silicon mold(SSM) and a lower silicon mold(LSM). In this study, the limitations of each silicon mold were analyzed and solutions were proposed. In the case of side silicon mold, there is a limit to cannot supporting the side pressure of concrete. Therefore, a mold stacking method was proposed, and at the same time, a process of correcting the movement value of the rod was proposed. In the case of the lower silicon mold, there is a limit to completely implementing the design shape. Therefore, a real-time scanning method and a process of displaying FCP shape coordinates were proposed. The results of this study are expected to be used as basic data for manufacturing high-quality FCP.

**키워드 :** 비정형 콘크리트 패널, 비정형 실리콘 거푸집, 측면 실리콘 거푸집, 하부 실리콘 거푸집, 형상 오차

**Keywords :** free-form concrete panel, free-form silicone mold, side silicone mold, lower silicone mold, shape error

### 1. 서론

비정형 콘크리트 패널(Free-form Concrete Panel, 이하 FCP)은 비정형 콘크리트 외피를 구현하기 위해 다양한 형태로 분할된 패널이다[1]. FCP를 제작하기 위해서는 비정형 거푸집이 필요하며 현재는 주로 비정형 실리콘 거푸집(Free-form Silicone Mold, 이하 FSM)을 사용하고 있다[2,3]. FSM은 내수성, 내열성, 곡면 구현성 등이 우수하여 FCP 제작에 유리한 재료로 볼 수 있다[4]. 또한, FSM은 FCP 제작에 불리한 재료로도 볼 수 있다. 그림 1에 나타낸 바와 같이, 선행 연구들에서는 FSM을 사용하여 FCP를 제작하였으며 제작된 FCP의 형상에는 약 3mm 정도의 오차가 발생하고 있다[3,4]. 형상 오차는 발생 위치에 따라 측면 형상 오차와 하부 형상 오차로 구분할 수 있다. 각각의 오차는 FSM 중, 측면 실리콘 거푸집(Side Silicone Mold, 이하 SSM)과 하부 실리콘 거푸집(Lower Silicone Mold, 이하 LSM)의 한계로 인해 발생하고 있다[3,4]. 본 연구에서는 SSM과 LSM의 한계와 형상 오차 발생의 관계를 분석하고 그에 따른 해결방안을 제안한다.

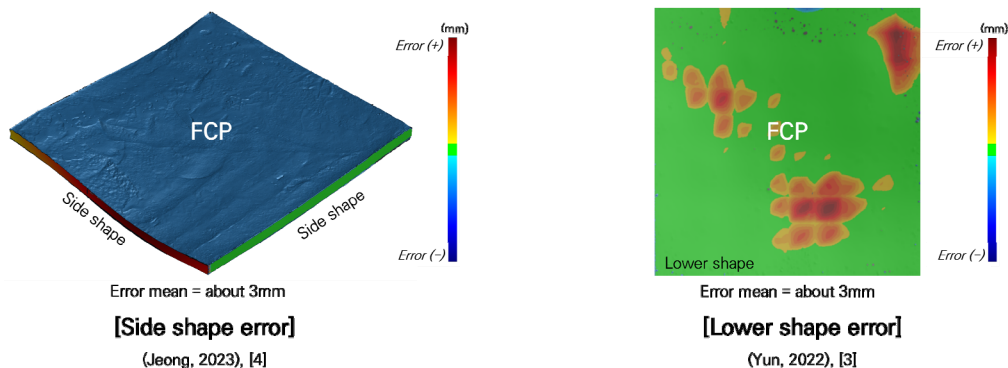
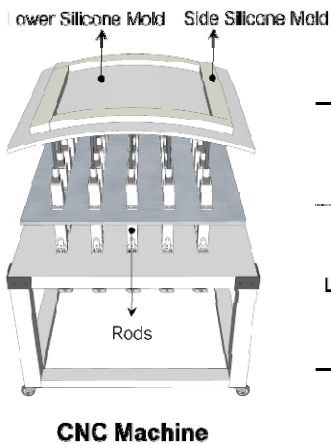


그림 1. FCP의 형상 오차 [3,4]

1) 한밭대학교, 박사과정  
2) 한밭대학교, 석사과정  
3) 한밭대학교, 교수, 교신저자(donghoon@hanbat.ac.kr)

## 2. FSM의 한계와 해결방안

본 연구에서는 그림 2에 나타난 바와 같이, SSM 및 LSM의 한계를 분석하고 해결방안을 제시하였다. SSM의 경우에는 거푸집의 형태, 적용방식 등으로 인해 콘크리트의 측압을 버티지 못하는 한계가 있다. 이에 본 연구에서는 SSM 적층 방법을 제안하였다. 하지만 SSM을 적층할 경우, LSM의 처짐이 발생하기 때문에 처짐량 예측과 Rod의 이동값 보정에 관한 연구가 수행되어야 한다. LSM의 경우에는 실리콘의 탄성, 형상 구현방식, 컴퓨터 수치제어(Computer Numerical Control, 이하 CNC) 장비 등과 같은 요인들로 인해 하부 형상에 오차가 발생하고 SSM의 배치 위치가 왜곡되는 한계가 있다. 이에 본 연구에서는 실시간 형상 스캔 및 보정 시스템과 FCP 형상 좌표 시스템을 제안하였다. 실시간 형상 스캔 및 보정 시스템은 1차로 구현된 LSM의 형상을 실시간으로 분석하고 오차가 발생한 주변의 Rod로 하여금 상하부 이동을 통해 형상을 보정하는 방식이다. 반면, FCP 형상 좌표 시스템은 LSM의 윗면에 SSM의 정확한 위치를 표시해주는 시스템이다. 이를 통해 하부 형상 오차뿐만 아니라 측면 형상 오차를 감소시킬 수 있다.



	Limitation	Solution
Side Silicone Mold	<ul style="list-style-type: none"> <li>There is a characteristic that is difficult to withstand the side pressure of concrete.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mold stacking method</li> <li>- Calculation of deflection amount of mold</li> <li>- Rod movement value correction</li> </ul>
Lower Silicone Mold	<ul style="list-style-type: none"> <li>There is characteristic that cannot be implement as designed.</li> <li>It is not known exactly where the side silicone mold should be arranged.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Real time scanning method</li> <li>- Analysis of shape error</li> <li>- Rod movement value correction</li> <li>✓ FCP shape coordinate display method</li> <li>- Arrangement position of side silicone mold</li> </ul>

그림 2. FSM의 한계와 해결방안

## 3. 결론

현재까지 FCP 제작을 위한 수많은 기술 개발 연구가 수행되었으나 설계 형상 그대로의 FCP를 제작하고 있지는 못하다. FCP의 형상 오차는 기존 연구와 실험 데이터를 통해 FSM의 여러 한계에서 비롯된 것으로 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서는 FSM과 형상 오차 발생의 관계를 분석하고 3가지의 해결방안을 제안하였다. 하지만 제안된 해결방안에 대한 실현 가능성, 구체화, 문제점 등에 관한 추가적인 검토가 필요하다. 본 연구의 결과는 FCP 제작 분야의 관련자들에게 FCP의 품질 향상을 위한 기초적인 연구자료로서 활용될 것으로 기대된다.

## 감사의 글

본 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2020R1C1C1012600).

## 참고문헌

1. Lee D. A Study of Construction and Management Technology of Free-form Buildings [Ph.D. Thesis]: Kyung Hee University. 2015. 186 p.
2. Yun J. Development of Connection Technology and Operational Technology for the Lower Mold of Free-form Concrete Panels [master's Thesis]. Hanbat National University. 2022. 74 p.
3. Jeong K. Development of Two-Sided CNC and Side Mould Control Equipment for Automatic Manufacturing of Free-form Concrete Panel [master's Thesis] Hanbat National University. 2021. 63 p.
4. Jeong K. Development of Side Silicone Mold for Reducing Shape Error of Free-form Concrete Panel. buildings. 2023. Vol.13, No.2. p. 1-11.