

# 회전체 강판 슬릿을 활용한 막 구조물 신 공법에 대한 연구

김형도\*, 부윤섭\*, 채지용\*, 정준수\*, 고광웅\*\*

\*한국건설기술연구원 건축연구본부

\*\* (주)주앤보 기술연구소

e-mail:0926sky@kict.re.kr

## Study on new membrane structure method using rotating body steel plate slit

Hyung-Do Kim\*, Yoon-Seob Boo\*, Ji-Yong Chae\*, Joon-Soo Chung\*,  
Kwang-Woong Ko\*\*

\*Dept. of Building Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

\*\*Dept. of Technology Research Institute, Juandbo Inc.

### 요약

2024년 고용노동부의 자료에 따르면, 건설업 전체 사망자중 건설현장 추락사고 사망자의 비율이 42%로 가장 높다. 연성 막재를 지붕으로 사용하는 막 구조물 시공 작업은 고공에서 수행되어 추락사고 위험이 매우 크다. 또한 지붕 막재의 장력이 제대로 관리되지 않으면 누수, 찢어짐 등 사용성 저하와 유지관리 비용증가의 원인이 된다. 본 연구에서는 막 구조물 지붕 막재 시공 작업의 추락사고 위험을 저감하면서 지붕 막재에 균일한 장력이 도입 가능한 막 구조물 신공법의 실증을 목표로 한다. 이를 위해 회전체 강판 슬릿을 철골 등의 메인 강성부재의 종 방향 이음새(스플라이스부)와 횡 방향으로 지붕 막 재를 지지하는 아치퍼린이 체결되는 4방향 접합부에 적용한 4m×4m 목업 시험체 및 10m×7m 실스케일의 시제품을 제작하고, 회전체 강판 슬릿을 활용한 막 구조물 신공법의 설계, 제작, 시공, 계측 기술을 검증하고자 한다.

### 1. 서론

2023년 기준, 산업 재해 조사 대상 사망사고 발생 현황에 대한 2024년 고용노동부의 자료에 따르면, Table 1과 같이 건설업 전체 사망자 598명 중 건설현장 추락사고 사망자는 251명으로 42%의 비율에 달한다[1].

Table 1. 2023 Industrial Accident Status Supplementary Statistics (Status of fatal accidents by type of accident investigation target)

Category	Total	Fall	Pinch	Bump	Crush	Hit	Other
Deaths	598	251	54	79	43	67	104
Death accidents	584	249	54	79	43	67	92

Fig. 1과 같이 연성 막재를 지붕으로 사용하는 막 구조물 시공 작업은 고공에서 수행되어 추락사고 위험이 매우 크고, 시공이 어려워 추락 사고 유발 가능성이 높다[2,3]. 막 구조물은 지붕 막재의 장력 유지관리가 필수적이며, 지붕 막재의 장력이 제대로 관리되지 않으면 Fig. 2와 같이 플리터링이나 폰딩(막의 처짐) 현상이 발생하여 구조적 문제가 생길 수 있다

[4]. 또한 초기 장력과 그 유지가 대공간 막 구조물의 안정성에 중요한 역할을 한다고 밝히고 있으며, 장력이 균일하게 도입되지 않으면 막 구조물의 접합부와 지붕 형태에서 하자가 발생할 수 있다[5].



Fig. 1. Case of roof membrane pulling construction work



Fig. 2. Membrane defect case

본 연구는 Fig. 1과 같이 지붕 막재 한쪽 면을 구조 부재에 고정 시킨 후 반대편에서 지붕 막재 당기기 작업을 수행하는 일반적인 막 구조물 지붕 막재 시공 작업의 추락사고 위험을 저감하면서 지붕 막재에 균일한 장력이 도입 가능한 막 구조물 신공법의 실증을 목표로 한다. 이를 위해 신공법을 적용한 목업 시험체 및 실스케일 시제품 제작을 통해, 막 구조물 신공법의 설계, 제작, 시공, 계측 기술을 검증하고자 한다.

## 2. 본론

### 2.1 연구방법

연구 방법은 3개의 절차로 기획되고 실증되었다. 첫째는 기존 지붕 막재 당기기 시공 문제점 고찰 및 검증목표 설정, 둘째는 4m×4m 목업 시험체 및 10m×7m 실스케일 시제품 설계, 제작, 시공, 마지막은 회전체 강판 슬릿을 활용한 막 구조물 신공법 설계, 제작, 시공, 계측 기술 검증이다.

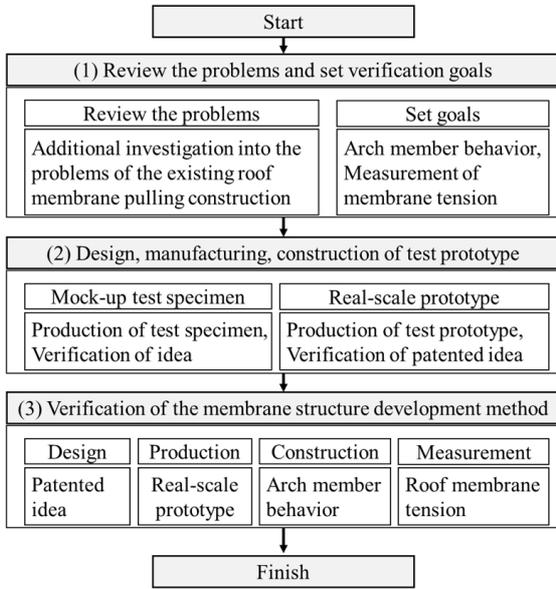


Fig. 2. Research flow chart

연성 지붕 막재 당기기 시공법 검토를 통해 도출된 지붕 막재 당기기 시공의 문제점은 중앙부 지붕 막재의 처짐을 방지하고, 막재의 형상을 유지시켜주는 아치 퍼린 철골부재와 지붕 막재 간 마찰이 주요인으로 분석되었다. 기존의 지붕 막재 한쪽 면을 구조 부재에 고정 시킨 후 반대편에서 지붕 막재 당기기 작업을 수행 시 아치 퍼린이 지붕 막재가 당김 작업의 장애물로 작용하기 때문이다. 이로써 아치 퍼린 전후(또는 좌우)로 지붕 막재에 균일한 장력이 도입되지 못하고, 심한 경우 시공 시 지붕 막재가 찢어지는 사례도 발생한다.

본 연구에서는 기존 공법의 문제점을 개선하기 위해 Fig.

3과 같이 펼쳐진 막재의 끝단에 지붕 막재를 고정 시킨 후 지붕 막재 중앙부의 아치 퍼린을 수직방향으로 상향시켜 지붕 막재에 균일한 장력을 도입하는 공법을 적용하였다.



Fig. 3. Patented idea

### 2.2 회전체 강판 슬릿을 활용한 신공법 개발 및 적용

본 연구에서는 아치 퍼린과 내민보의 힌지거동을 구현하기 위해 Fig. 4, 5와 같이 회전체 강판 슬릿을 활용한 접이식 구조물 접합방식을 적용하였다.

회전체 강판 슬릿을 활용한 접이식 구조물 접합방식은 철골 등의 메인 강성부재의 종 방향 이음새(스플라이스부)와 횡 방향으로 지붕 막 재를 지지하는 아치퍼린이 체결되는 4방향 접합부에 적용된다.



Fig. 4. Overview of new membrane structure method using rotating body steel plate slit

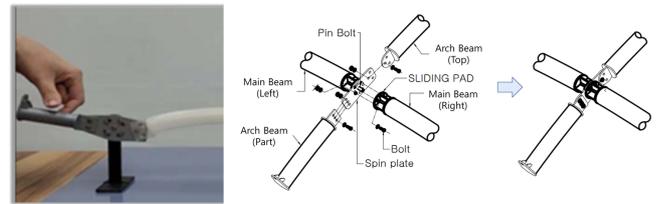


Fig. 5. Disassembly and assembly diagram of patented component using rotating body steel plate slit

회전체 강판 슬릿을 활용한 접이식 구조물 접합방식은 세부 접합 방식에 따라 아치 퍼린과 내민보의 힌지 회전축을 기준으로 좌우가 동일한 각 변위를 갖는 방식과 내민보 방향으로 회전체, 아치 퍼린 방향으로 메인 강성부재와 강접의 고정단으로 만들어 좌우가 상이한 각 변위를 갖는 방식으로 구분될 수 있다. 두 가지 방식 모두 내민보를 회전시켜 지붕 막재에 균일한 장력을 도입할 수 있다.

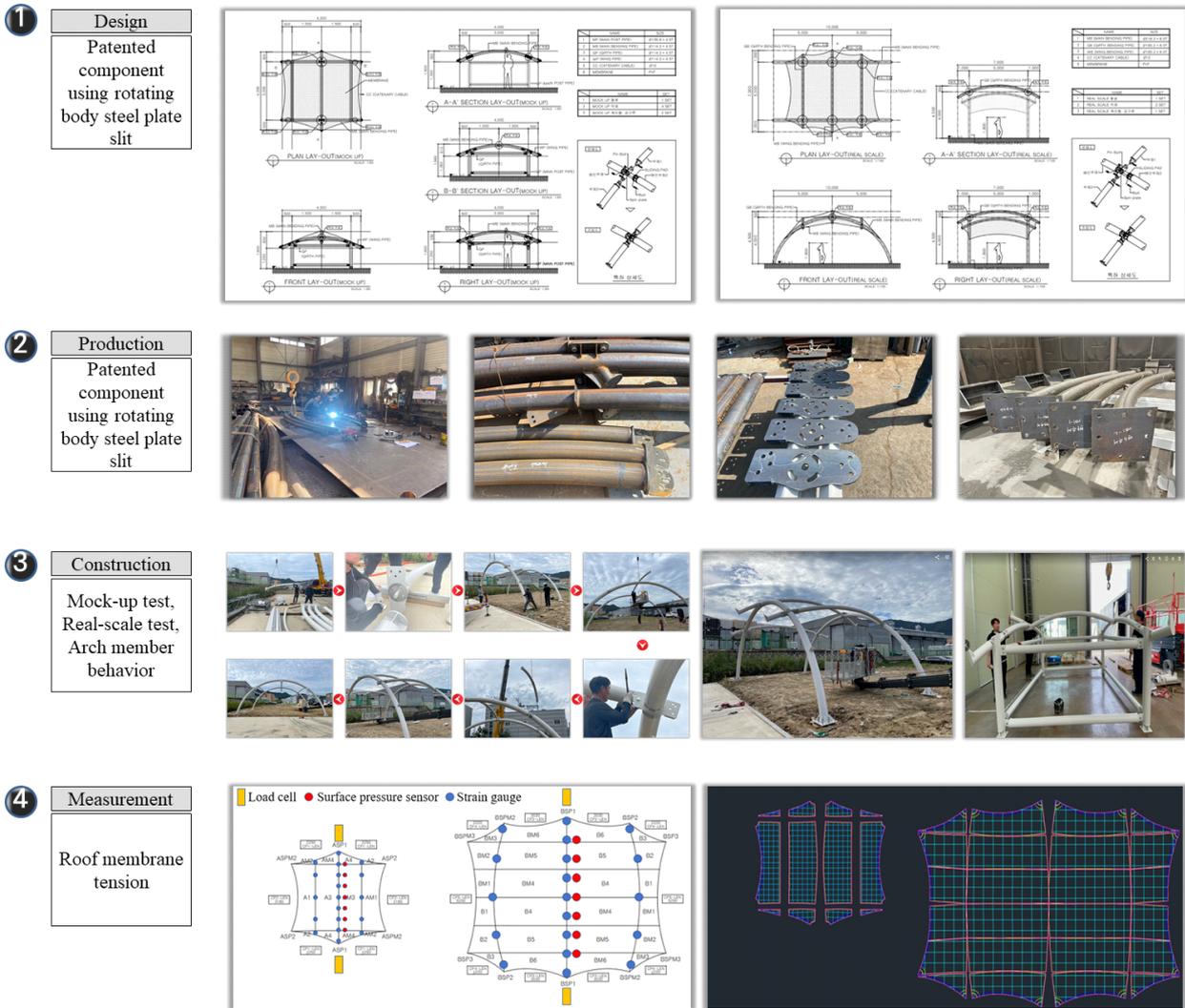


Fig. 6. Verification of design, manufacturing, construction, and measurement techniques of new method using rotating body steel plate slit

### 2.3 회전체 강판 슬릿을 활용한 신공법의 실증

본 연구에서는 회전체 강판 슬릿을 활용한 신공법에 대해 4m×4m 크기 목업 시험체와 10m×7m 크기 실스케일 시제품 실증을 통해 성능을 검증하고, 회전체 강판 슬릿을 활용한 신공법의 설계, 제작, 시공, 계측기법을 체계적으로 정립한다.

지붕 막재에 균일한 장력 도입 여부 성능 검증을 위해 목업 시험체와 실스케일 시제품 모두 2개의 지붕 막재를 제작하고, 기존의 지붕 막재 당김 시공방식과 회전체 강판 슬릿을 활용한 신공법 시공방식을 지붕 막재 장력 도입 결과를 비교하여 검증할 예정이다. 이를 위해 지붕 막재 장력 도입 시 막재에 발생하는 변형률, 아치퍼린의 상향으로 발생하는 지붕 막재와 아치 퍼린 사이의 면압량, 아치 퍼린 내민보 양 끝단에 작용하는 압축력을 계측한다.

### 3. 결론

#### 3.1 시사점

기존 막 구조물의 지붕 막재 당김 시공은 크레인으로 철골 등의 강성부재를 건인 후 고공의 공중에서 강성 부재의 이음 체결, 강성 부재와 아치퍼린 간 체결, 지붕 연성 막재의 당기기 작업으로 타 공법 및 공사 대비 추락사고 위험이 높다.

#### 3.2 결론

본 연구는 지붕 막재에 균일한 장력이 도입되는 신공법의 시제품 현장 적용 및 실증 연구이다. 국내외 현안 인 현장 고소작업을 본 개발 공법으로 대체 함으로 건설업의 추락사고 저감에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2024년도 한국건설기술연구원 연구비 지원에 의한 연구개발적립금사업(과제번호: 20240404-001, 과제명: 기존 공법 대비 현장 시공이 용이한 대공 간 막 구조물 설계, 제작, 시공, 계측 기술 개발)의 지원을 받아 연구되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] 고용노동부, “2023년 산업재해 현황 부가 통계”, 2024년.
- [2] 박금성, 김형도, 곽명근, “연성개폐 지붕구조물 Erection 시공법에 관한 사례 연구”, 한국공간구조학회지, 제 16권 4호, pp. 101-108, 12월, 2016년.
- [3] 심학보, “ETFE 막구조물의 구조 성능, 시공 안전, 품질 관리 방안 검토”, 한국공간구조학회지, 제 19권 4호, pp. 4-7, 12월, 2019년.
- [4] 진상욱, 손수덕, 이승재, “막장력 측정을 통한 막구조물의 장력 유지관리 시스템 검토”, 한국공간구조학회지, 제 16권 2호, pp. 39-45, 6월, 2016년.
- [5] 오상근, 김동범, 이선규, “대공간 막 구조물 지붕의 수밀성능 확보를 위한 유지관리 지표 연구”, 한국건축시공학회지, 제 11권 1호, pp. 51-59, 2월, 2011년. DOI : 10.5345/JKIC.2011.02.1.051