

## 유닛형 경량철골 천정시스템 개발에 관한 연구

### A Study of the Development of a Modular, Lightweight Steel Ceiling System

김혜연(Hyeyeon Kim)<sup>†</sup>, 배상환(Sanghwan Bae)

대림산업 기술개발원

Technology R&D institute of Daelim industrial Co., Ltd.

(Received January 2, 2017; revision received February 7, 2017; Accepted: February 8, 2017)

**Abstract** This study consists of an analysis of pre-existing ceiling construction systems as well as the development of a replacement unitary, lightweight steel ceiling system and related legal standards. Based on the material conditions and progression of the study, appropriate components were chosen and details were modified by mock-up test. A final study model was evaluated for performance and adaptability based on four parameters (indoor environment, constructability, budget economy, and aesthetics) and compared to the pre-existing ceiling system. As a result of the initial study, a lightweight steel design was created consisting of a reinforced structure with modular bars and entry holes for components. This system was hung directly on the suspension structure. The new design increased lighting and acoustic performance adapted to an indoor environment. Moreover, the speed of construction was increased by approximately 30%, the cost was decreased by approximately 20%, and ceiling aesthetics were improved.

**Key words** Unitary ceiling(유닛형 천정), Lightweight steel(경량철골), Modularization(모듈화), Facility wiring management(설비 배선 정리)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: lovely@daelim.co.kr

## 1. 서 론

### 1.1 배경 및 목적

최근 건축화, 모듈화가 건축분야에서 각광받으며 현대 사회가 직면한 문제들의 대안으로 제시되고 있다. 국내 사회는 점점 고령화 사회로 접어들면서 전문 인력을 확보하기 어려워졌고, 외국인 노동자가 늘어나면서 미숙한 작업자로 인해 시공 품질은 저하되고 있다.<sup>(1)</sup> 이러한 추세를 보이는 건축 분야에 모듈화를 도입하여 간편하게 시공이 가능한 시스템을 만들면 전문 작업자들을 최소한으로 고용할 수 있으므로 인건비가 절감될 것이다.<sup>(2)</sup> 아울러 공장 생산으로 공사 품질은 향상되고, 현장 공정이 최소화되므로 공기도 단축시키는 효과를 가져 올 수 있다.<sup>(3)</sup> 이와 같은 장점 때문에 해외에서는 이미 모듈러 건축이 점차 확산되고 있으며, 국내에서도 모듈화에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

건축 시공 현장에 첨단 장비들이 많이 들어오면서 직접 인력을 투입하는 공정은 감소하였으나, 아직 전문 인력의 수작업에 맡기고 있는 공정 중 하나는 천정공사이다. 천정공사는 전기배선, 설비, 설비배관, 조명, 경량철골, 마감 등 여러 가지 공정이 중첩되어 있고, 각 공정이 전문작업자의 숙련도에 의존하고 있다. 이에 천정공사에서 인건비가 높은 비중을 차지하며, 작업자의 숙련도에 따라 품질이 일정하지 않고, 공정 간 간섭으로 공기 지연이 발생하기도 한다.

본 연구는 건축분야에서 주목하고 있는 모듈화의 개념을 천정에 적용하여 유닛형의 경량철골 천정시스템을 개발하고자 하였다. 공장작업을 극대화하고 현장 시공을 간소화하여 일정한 품질 확보, 인건비 감소, 공기 단축을

목표로 하였다. 적용 대상은 대공간의 오피스 현장으로 한정하였다.

### 1.2 연구 방법

본 연구는 문헌조사를 통해 기존 경량철골 천정시스템의 종류와 각 시스템의 특징을 파악하였고, 천정 구성 요소들의 법적 기준을 조사하였다. 기존 천정공사의 문제점을 분석하여 개발할 유닛 내 구성요소들의 방향성을 제시하였다.

본 연구에서 설정한 방향성과 법적 기준에 근거하여 유닛 구성 및 배치를 선정하였다. 천정 구성요소들은 기존 공사방식들을 개선할 수 있고 유닛화에 적합한 타입으로 선정하였다. 두 차례 Mock-up을 통해 시공성, 구조적 안정성을 고려하여 경량철골 시스템 현수 방식 및 바 디테일(bar detail)을 결정하였다.

구성한 천정시스템은 실내 환경, 시공성, 경제성, 미관측면에서 성능을 검토하여 향후 적용성에 대해 평가하였다.

## 2. 경량철골 천정시스템 고찰

### 2.1 경량철골 천정시스템의 종류와 특징

기존에 많이 사용되는 천정시스템 및 특징을 Table 1에 정리하였다. 각 천정시스템은 시공성, 외관, 비용 등의 차이가 있어 건물의 용도나 크기 및 설비 시스템 등에 맞추어 선정한다.

Table 1 Characteristic of lightweight ceiling systems

Type	Image	Characteristic	Type	Image	Characteristic
M-Bar		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hidden bars</li> <li>- Hardness, no distortion</li> <li>- Perfect horizontal plane</li> </ul>	Direct suspension		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fast and simple construction</li> <li>- Access shaft wherever</li> </ul>
Chip-Bar		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beauty of exterior</li> <li>- Hardness, no distortion</li> <li>- Nonflammability</li> <li>- Vertical-junction</li> <li>- Perfect horizontal plane</li> </ul>	T-bar		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beauty of exterior</li> <li>- Practical by installing top runner on groove of bar</li> </ul>
T&H-Bar		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ceiling connection with big module using T-Bar and H-Bar</li> <li>- Enlargement of modules, free arrangement of lighting</li> <li>- Fast and simple construction</li> </ul>			

Table 2 Standards of fire fighting facilities

Facility	Standards
Sprinkler	within 2.3 m radius
Fire detector	1 per 70 m <sup>2</sup>
Speaker	under 25 m(horizontal distance)

## 2.2 천정 구성요소 법규 기준

천정 구성요소는 경량철골, 전기배선, 설비배관, 조명, 소방 설비, 마감재로 이루어져 있다. 그 중 외관으로 드러나는 경량철골, 조명, 소방 설비에 대한 법규 기준은 다음과 같다.

- (1) 경량철골은 KS D 3609<sup>(4)</sup> 규정에 합격한 것 또는 동등 이상의 성능을 가진 부재를 사용할 수 있다. 부재 변형은 가능하나, 구조 성능을 확보해야 한다.
- (2) 조명은 법적으로 규제된 기준은 없지만, KS에서 권장하는 KS 조도 기준<sup>(5)</sup>이 있다. 이 기준은 재실자의 활동 유형 또는 시설별 작업수준에 따라 레벨을 나누어 권장 조도 범위 및 작업면 조명방법을 제시한다. 본 연구는 오피스 건물을 대상으로 진행하였으므로 KS 조도 기준 시설별 작업수준에서 ‘사무실-키보드식별 (조도 분류 G)’을 선택하였다. 이 레벨은 300~600 lux의 조도범위를 가지며 작업면을 조명하는 방법을 권장한다.
- (3) 소방 설비인 스프링클러, 스피커, 화재감지기는 화재안전기준에 의거한 법적 규제(NFSC 103, 202, 203<sup>(6)</sup>)가 있다. 오피스 건물의 소방 설비 배치 간격은 Table 2와 같다.

## 2.3 기존 천정공사의 문제점

천정공사는 여러 공정이 중첩되어 있으며 각 공정 파트별로 다른 작업자들이 작업을 하는데 이에 따른 천정공사의 문제점을 살펴보면 다음과 같다. 각 분야의 전문 작업자들이 필요하기 때문에 인건비 비중이 높은 편이며, 또한 여러 공정이 한 공간에서 진행되므로 파트 간 사전 협의가 충분히 이뤄지지 않은 상태에서는 작업 간 충돌이 발생하여 공사 지연 및 공사비가 상승하기도 한다. 특수한 용도의 로비 혹은 공연장을 제외한 일반적인 천정은 균일한 조도나 전반적인 미관을 고려하기 보다는 작업자의 경험에 따라 보급된 마감재의 사이즈에 맞춰 시공되어 왔다.

천정을 구성하는 시스템별로 문제점을 분석하면 다음과 같다.

- (1) 기존의 조명 시스템은 분전반에서 전기 배선을 분배한 뒤, 배선에서 다시 조명기구에 개별 연결을 하는 방식을 많이 사용해 왔다. 전선의 배치, 조명과 배선과의 연결이 수작업으로 이뤄지다보니 시간이 많이 소요되고, 전문 인력이 필요하기에 인건비가 상승하고, 대공간에서는 연결 배선 비용도 상승한다.
- (2) 기존 천정공사 시 배선 및 배관이 복잡하게 얽혀있어 타 공정에 간섭 되는 상황이 발생한다. 경량철골 시공 시 배선을 피해 공사를 진행하다 공사시간이 지연되고 구조적 안정성이 떨어지는 경우가 발생한다. 이는 훗날 보수 시에도 결함부위를 찾는데 어려움이 될 수 있다.
- (3) 기존에 많이 사용하는 암면 재질의 마감재는 석고와 시멘트가 섞여서 밀도가 높은 편이다. 이로 인해 자체 흡음률도 떨어지고 자중 때문에 보편적으로 600×600 mm 크기에 맞추어 천정프레임 및 타공이 결정된다.

기존 공사방식을 개선하기 위해 경량철골을 중심으로 구성요소들을 유닛화하여 공정을 단순화 하고, 경량 철골 간격을 장스팬화하여 부재 결속부위를 줄이는 것을 개발방향으로 설정하였다.

## 3. 유닛형 경량철골 천정시스템 개발

제 2장에서 고찰한 법규를 기반으로 유닛을 구성하였고, 경량철골과 유닛화 될 구성요소는 기존 천정공사의 문제점을 보완할 수 있는 제품으로 선정하였다.

### 3.1 유닛 구성 및 간격 설정

본 연구에서는 장스팬화를 목표로 하나, 제 2.3절에서 조사한 법규 기준은 만족해야 하므로 항목 중 최소 간격인 2.3 m를 기준으로(스프링클러 기준) 주요 바 간격을 설정하였다. 주축을 잡기 위해 길이 확보가 필요한 조명(Lighting) 라인(A)과 디퓨저(Diffuser) 라인(B)을 주요 모듈로 나누었다. 법규상 2.3 m 간격으로 설치가 필요한 스프링클러는 균일한 조도확보를 위해 일정간격으로 배치가 중요한 조명 라인에 배치하였으며, 나머지 설비기구들은 법규 기준이 스프링클러에 비해 간격이 넓기 때문에 각각의 법규 기준에 따라 화재감지기(B라인 4개마다 1개), 스피커(B라인 8개마다 1개)는 디퓨저 라인(B)에 배치하였다. 유닛 단위로 연결되면서 기본 유닛단위만큼 길이가 남지 않는 주변부의 경우 타공이 없는 모듈을 사용한다. 모듈바 및 설비시스템 구성안은 Fig. 1과 같다.

### 3.2 천정 구성 시스템 선정

- (1) 조명은 최근 오피스 조명 및 전시용 간접등에 사용되는 LED T5<sup>(7)</sup> 타입을 사용하였다. 이 시스템은 전기배선에 조명기구를 병렬로 연결하지 않고 조명 간 직렬 연결방식을 취하고 있어 설치가 간단하고, 배선작업이 대폭 줄어든다. 조명기구 자체가 컨버터를 내장하고 있어 운반도 용이하고, 다른 배선에 간섭을 일으키지 않는다는 점에서 본 연구의 모듈화 방향과 일치하는 경향을 보인다. 또한 조명기구 자체가 배선과 관계없이 독립적 설치가 가능하다는 점에서 경량철골과 유닛으로 구성하기에 용이하다.
- (2) 설비 배선의 정리를 위해 Excelline<sup>(8)</sup>을 사용하였다. 이 제품은 배관, 배선, 접속구가 일체화 된 Assembly type(6wire 입선-공통 1, 접지 1, 스위치 4) 배선기구로 Free wiring system이라 할 수 있다. Excelline의 집약적 배선 정리는 타 공정에 간섭을 줄여주고, 간단한 결착방식으로 전문 작업자가 아니어도 시공이 가능하다. 이 시스템은 본 연구에서 지향하는 모듈화의 방향과도 부합하며, 전기배선과 상관없이 독립적인 연결 체계를 가지므로 경량철골에 유닛으로 구성하기 용이하다. 이와 함께 무덕트 천정공조 방식을 사용하여 천정 내 간섭을 줄이는 방향성을 유지하였다.
- (3) 마감재는 Atic<sup>(9)</sup>이라는 제품을 사용하였다. 장스팬을 구현하기 위해서는 자중이 적은 자재가 필수적이다. 이 제품은 100% 압면 소재로 1,200, 1,800단위의 제품이 생산될만큼 경량이다. 이로 인해 운반 및 설치도 쉽고, 장스팬에도 처짐이 적어 모듈화의 방향성에 부합하는 제품이라고 할 수 있다. 또한 흡음률도 우수하여 성능면에서도 적용에 용이하다.

본 유닛형 천정에 사용한 구성 시스템 형상은 Fig. 2에 나타내었다.

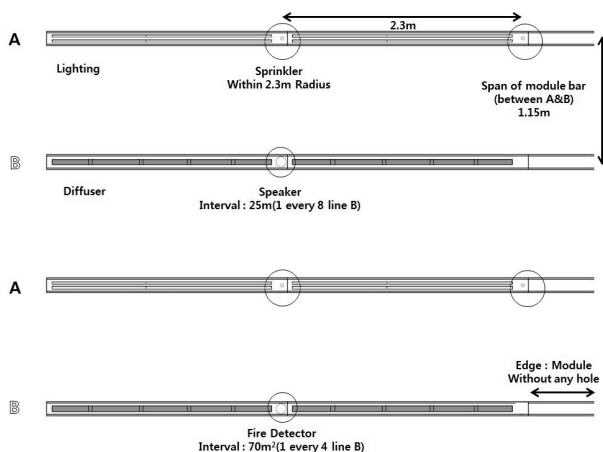


Fig. 1 Arrangement of module-bars and facilities.

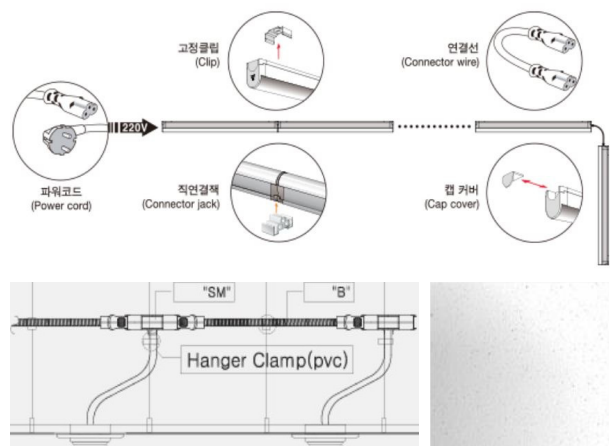


Fig. 2 Lighting, wiring, finishing system for the unit.

### 3.3 Mock-up을 통한 디테일 개선

두 차례 Mock-up을 통해 경량철골 천정시스템의 디테일을 개선하였다. 두 번 모두 동일한 장소 및 조건에서 시행되었고, 1차 Mock-up은 현수방식만 차이를 두었다. 현수방식을 제외하고 설정 조건이 동일하므로 2차 Mock-up을 기준으로 정리한 Mock-up 개요는 Table 3과 같다.

1차 mock-up을 통해 직접현수방식과 간접현수방식을 비교하여 유닛에 적합한 방식을 선정하였다. 모든 조건이 동일한 두 개의 실에 현수방식만 차이를 두고 비교하였다. 그 중 직접현수방식은 천정 내 간섭이 적고 장스팬의 대형 마감재 설치가 용이하였다. 그러나 구조적인 안정성을 고려했을 때, 간접현수의 캐링찬널보다 넓은 간격으로 Cross bar를 보강하는 것이 필요하다는 결론을 얻었다(Table 4 참조).

2차 mock-up을 통해 main bar의 디테일을 정리하였다. 제 2장에서 기존 경량철골 천정시스템 조사를 통해 T-bar 타입을 선정하여 두 bar를 잇는 유닛을 설계하였으나 bar까지 유닛화하기 위해 모듈바 형태로 변경하였다. 구조적 안정성 측면에서 길이방향으로 처짐을 방지하기 위해 중심부를 보강하였고, 뒤틀림을 방지하기 위해 양단에 가새를 보강하였다. 이후 이 모든 수정부분을 하나의 형태로 결합하여 압출형으로 정리한 모듈바 형상을 제시하였다(Table 5 참조).

Table 3 Summary for 2<sup>nd</sup> mock-up

Location	A room of the lab in Daejun
Suspension way	Direct
Bar composition	A : Lighting+Sprinkler, B : Diffuser+Fire detector
Lighting system	LED T5 type
Wiring for facilities	Excelline(Bundle system)
Finishing	Atic(Rock wool 100%)

Plane

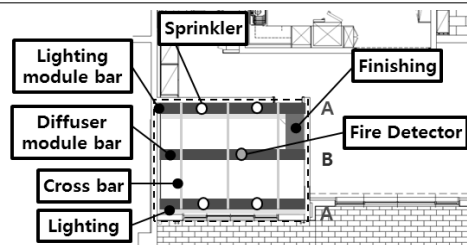


Table 4 Result of 1<sup>st</sup> mock-up

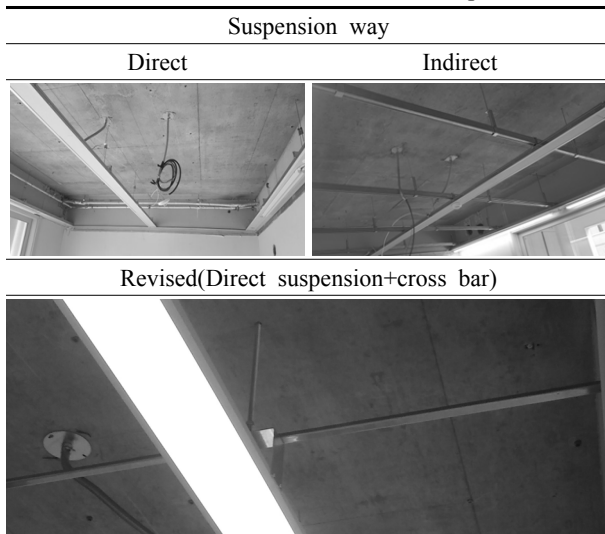
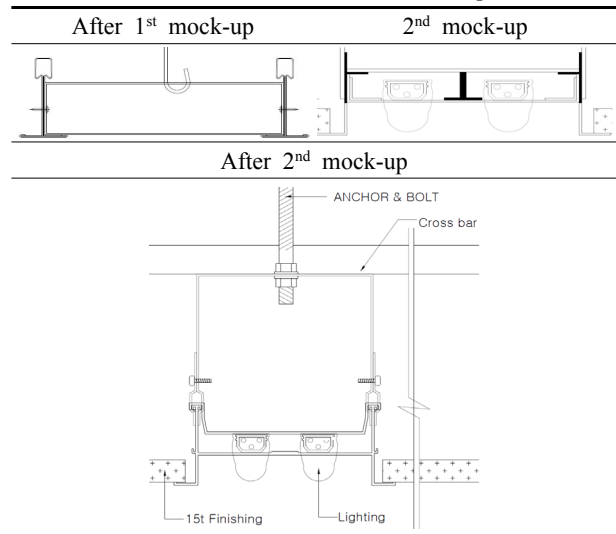


Table 5 Result of 2<sup>nd</sup> mock-up



## 4. 유닛형 경량철골 천정시스템 성능평가

### 4.1 구성 요소 실내 환경 영향 평가

유닛형 경량철골 천정시스템의 적용 시 실내 환경에 영향을 미치는 정도를 평가하기 위해 성능평가를 실시하였다.

#### 4.1.1 빛환경 평가

제 2장에서 조사한 KS 기준조도에 따르면 오피스 건물에 적합한 조도는 300~600 lux이나, 일반적으로 오피스 조명 설계 시 기준조도는 500 lux로 설정하고 있다. 본 연구에서 구성한 유닛 간격이 작업면 기준(바닥에서 85 cm 떨어진 지점, 책상높이)으로 500 lux를 만족하는지 시뮬레이션을 통해 확인하였다. 검토 개요는 Table 6과 같다. 검토 결과, 현재 유닛의 조명 배치로 벽에 인접한 일부를 제외하고는 전반적으로 500 lux 이상의 조도를 만족하는 것으로 나타났다. 검토 결과 상세는 Fig. 3과 같다.

#### 4.1.2 음환경 평가

제 2장에서 검토한 마감재를 오피스 건물에 적용 시 음환경을 검토하기 위하여 시뮬레이션을 시행하였다. 소음원으로부터 소음이 확산되는 정도를 평가하기 위해 대공간 오피스(천정고 2.4 m, 실크기 38×35 m)를 대상으로 진행하였고, 검토 개요는 Table 7과 같다.

동일 소재의 기존 마감재는 흡음률 0.5인 반면 새로 선정된 마감재는 0.85의 흡음률을 가지는데, 이들을 오피스 천정에 적용 시 성능을 가시화 한 결과는 Fig. 4와 같다. 적색에서 청색으로 갈수록 음성 전달정도(STI)가 낮은 것을 뜻한다(범위 0.99~0.01).<sup>(10)</sup> 실의 좌측 상단의 소음원에서 실 전체로 소음이 퍼지는 기존 마감재와 달리, 새로 적용한 마감재는 주변만 전달되고 이 외 부분은 소음 전달력이 떨어지는 것을 확인하였다.

### 4.2 천정시스템 시공성 평가

시공성은 직접 Mock-up 작업을 진행한 천정 전문 작업자(천정공사 작업 경력 10년 이상)들의 의견을 듣고자 하였다. 학술적인 평가도 중요하지만 작업자 입장에서 쉽고 간편해야 실질적인 현장 적용성이 높아진다고 판단 하였다.

Table 6 Summary for lighting simulation

	Type	LED T5
Lighting	Service power	20 W×2
	Luminous flux	1,350 lm
Simulation program	Relux	

Table 7 Summary for sound simulation

	Original	Adapted	
	Rock wool+ (Plaster or Cement)	Rock wool 100%	
Finish-ing	Sound absorbing coefficient	0.4	0.85
	Weight(kg/m <sup>2</sup> )	5.5	2.2
Simulation program	Odeon 12.0		

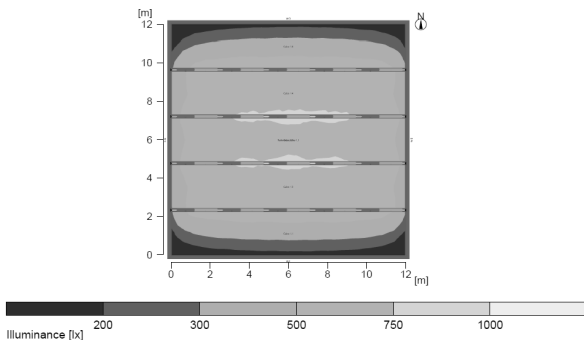


Fig. 3 The result of illuminance distribution.

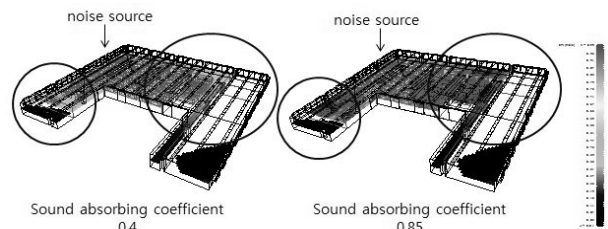


Fig. 4 The result of SPI comparison.

시공과정은 Table 8에 정리하였다. 시공과정 상세를 설명하면, 벽 사면에 몰딩작업 이후 레이저 포인터를 켜 후 라인에 맞추어 슬라브 타공을 한다. 타공구에 맞추어 ㄷ자 부속과 체결된 달대를 달고, 모듈바를 그 부속과 체결한다. 모듈바는 길이 방향으로 체결해 나간다. 달대 및 모듈바의 안정성을 위해 달대와 모듈바의 교차점을 Cross bar로 고정해준다. 이후 소방 설비 및 조명을 설치한 후 유닛간 연결을 통해 전원을 공급한다. 간섭이 없는 장스팬의 모듈바 사이로 마감재를 가볍게 밀어 넣어준다.

Mock-up 과정에서 시공성을 평가한 결과, 현장에서 간편한 체결만으로 경량 철골 및 모듈바가 설치되었고, 외부 전기배선과 독립적인 시스템을 가진 조명과 설비배선을 사용하여 유닛간 연결도 빠르게 진행되었다. 간섭을 최소화한 시스템에서 경량인 마감재는 양단만 걸쳐 밀어 넣는 형태로 이 역시 작업속도가 향상됨을 알 수 있었다. Mock-up을 진행한 천정공사 전문 작업자들은 장스팬화로 인해 부재 체결 부위가 줄어들어 공사시간이 기존 공사방식 대비 30%정도 감소한 것으로 평가하였다. 또한 이 같은 시스템이 안정화되면 천정 전체 공정을 경량철골 공정에서 담당할 수 있을 만큼 시스템이 간결하다고 평가하였다.

### 4.3 천정시스템 경제성 평가

향후 적용을 위해서는 원가 경쟁력이 확보되어야 하므로 유사한 천정시스템을 가진 기존 오피스 건물을 비교 대상으로 선정하여 원가 비교를 진행하였다. 원가는 크게 자재비 및 인건비로 분리하여 조사하였다. 비교 대상 오피스의 천정시스템과 본 연구 모델의 천정시스템을 비교한 개요는 Table 9와 같다. 비교 대상

Table 8 Process of construction of unitary lightweight steel ceiling system





Type	Image
Molding	
Wiring	
Connecting Bars	
Finishing	

Table 9 Summary of the comparing model for economic evaluation

	Comparing model	Study model	
Light weight steel	T-bar+ module bar	module bar	
Finishing	Miton (Sound absorbing coefficient 0.4)	Atic (Sound absorbing coefficient 0.85)	
	Type	LED Flat lighting	LED T5
Lighting	Size (mm)	1,200×300	1,180×60
	Service power	40 W	20 W×2(40 W)
Wiring for facility	Excelline		

Table 10 Economic evaluation between comparing model and study model(unit : won/m<sup>2</sup>)

	Comparison model	Study model
Material cost : Lightweight steel	7,300	10,000
Material cost : Finishing	18,800	18,500
Labor cost : Lightweight steel+Finishing	11,500	8,500
Material cost : Lighting	7,000	6,900
Labor cost : Lighting	19,892	11,390
Material cost : Excelline	1,469	734
<b>Total</b>	<b>21,361</b>	<b>12,124</b>

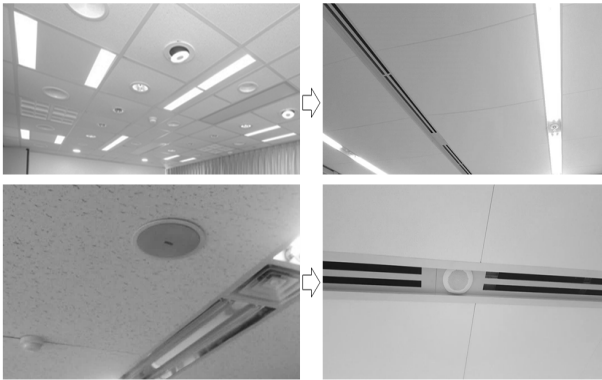


Fig. 5 Improvement of aesthetic functions under the ceiling systems.

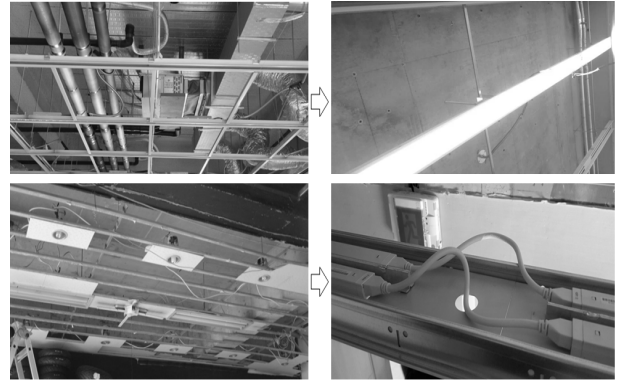


Fig. 6 Improvement of aesthetic functions on the ceiling systems.

오피스와 단위면적( $m^2$ )당 원가를 비교한 결과, 자재비 측면에서 기존 경량철골보다 비용이 증가하지만 시공비(경량철골+마감재 공사) 측면에서 감소하였다. 마감재는 성능과 미관이 향상된 점에 비해 비용은 동등수준을 유지하였다. 조명은 시스템을 변경하면서 조명 간 배선 비용을 줄여 자재비를 절감하였고, 시공이 간소화되면서 인건비도 감소하였다. 설비배선은 비교대상의 오피스도 엑셀라인으로 정리하여 동일하다. 총 비용으로 보면 Table 10과 같이 비교대상 오피스 대비 20%인 약 9,600원/ $m^2$ 를 절감한 효과를 보인다.

#### 4.4 천정시스템 미관 평가

미관은 주관적인 측면이므로 개발된 천정시스템과 기존 천정시스템과의 차이점을 상단/하단으로 나누어 기술하였다. 천정 상단(천정면~천정슬라브)은 Fig. 5와 같이 소방설비 및 조명기구 간 배선을 최소화하였고, 장스팬으로 달대를 최소화하여 이로 인한 간섭을 축소하였다. 천정 하단(천정면~바닥슬라브)은 Fig. 6과 같이 대형 마감재에 타공을 두지 않고, 타공을 경량철골에 집중시켜 심미적 기능을 향상하고자 하였다.

### 5. 결 론

본 연구는 기존 천정공사의 문제점을 분석하여 기존 천정시스템 및 법규를 기준으로 경량철골에 유닛화된 천정시스템을 개발하였다. 연구의 방향을 장스팬화 및 부재 간소화에 맞추어 이에 적합한 구성요소를 선정한 후 Mock-up을 통해 보완하는 방식으로 개발을 진행하였다. 최종 모델 평가를 위해 실내 환경, 시공성, 경제성, 미관 측면에서 성능평가를 실시하여 검증하였다. 본 연구를 통해 개발된 유닛형 경량철골 천정시스템의 형태 및 성능평가 결과는 다음과 같다.

- (1) Mock-up을 통해 경량철골 디테일을 보완한 결과, 타공이 집중된 모듈바를 직접현수방식으로 걸되, Cross bar를 일정 간격으로 체결하여 구조적으로 보강하였다. 유닛형 경량철골은 T5 조명시스템, 배선정리시스템, 대형 크기의 경량마감재, 소방 설비로 구성하였다.
- (2) 본 시스템의 실내 환경을 평가한 결과, 빛환경은 실 가장자리를 제외하고 목표조도인 500 lux를 만족하였고, 음환경은 마감재 흡음률이 0.8인 자재를 사용하여 음성 전달정도(STI)도가 낮은 양상을 보였다.
- (3) 시공성을 평가한 결과, 일정 패턴으로 동일한 유닛형 경량철골을 체결만 하는 형태이므로 간단하고, 장스팬으로 체결 부위가 감소하므로 작업속도가 30% 향상하는 것으로 분석되었다.
- (4) 경제성을 평가한 결과, 조명배선 등에서 자재비가 감소하고, 전 공정에서 인건비가 감소하는 등 기존대비 20% 원가가 절감되는 것으로 나타났다.
- (5) 미관적 측면에서는 천정 상단의 배선정리 및 장스팬으로 달대 최소화로 인해 간섭이 줄어들고, 천정 하단은 타공을 경량철골에 집중하여 마감재는 온장이 시공되도록 정리되어 심미적 기능이 향상되었다.



## 후 기

본 연구는 국토해양부 주거환경연구사업의 일환으로 국토교통과학기술진흥원이 관리하고 있는 ‘모듈러 건축 중고층화 및 생산성 향상 기술개발’ 연구단의 지원으로 이루어진 것으로서 이에 감사를 드립니다.

## References

1. Lee, H. S., 2014, The Optimization Method of Manufacturing and Construction Process for Modular Buildings, Journal of Architecture Institute of Korea, Vol. 58, No. 5, pp. 10-14.
2. Cho, B. H., 2014, Eight Factors Affecting the Economics of Modular Construction, Journal of Architecture Institute of Korea, Vol. 58, No. 5, pp. 42-46.
3. Jang, H. J., Yoon, S. W., Lee, J. H., Lee, H. S., Park, M. S., and Hyun, H. S., 2016, Steel Member Standardization for Enhancement of Modular Unit Manufacturing Productivity -Focusing on Steel Structure Frame Production in Ham-Yang and Yeo-su Military Facilities BTL Projects-, Journal of Architecture Institute of Korea Planning & Design, Vol. 32, No. 1, pp. 69-77.
4. Korean Standards Association, 2015, KS D 3609 Steel furrings for wall and ceiling in buildings, Korean Standards Association.
5. Korean Standards Association, 1998, KS A 3011 Recommended levels of illumination, Korean Standards Association.
6. Ministry of Public Safety and Security, 2016, NFSC 103, 202, 203, Korea Ministry of Government Legislation.
7. EZ LED, [www.ezlighting.co.kr](http://www.ezlighting.co.kr).
8. Sehong, [www.sehong.net](http://www.sehong.net).
9. HW MSC, [hwmsc.co.kr](http://hwmsc.co.kr).
10. Lee, B. K., 2016, Acoustic evaluation and design of open-plan offices through survey and computer simulation, Graduate school of Hanyang University.