

# 철골조 학교건축에 관한 연구(3):건축재료 및 시공

## Steel Skeleton School Building (3):Building Material and Construction

이 경 회 *	김 상 대 **	이 선 구 ***	박 영 기 ****
Lee, Kyung-Hoi	Kim, Sang-Dae	Lee, Sun-Goo	Park, Young-Ki
신 성 우 *****	구 재 오 *****	박 영 호 *****	박 흥 순 *****
Shin, Sung-Woo	Koo, Jae-Oh	Park, Young-Ho	Park, Heung-Soon

### 1. 서 론

학교 건축물은 신축이나 개축 또는 증축의 경우 시급히 공사되어야 하며, 특히 개축이나 증축의 경우 방학을 이용한 공사가 대부분이다. 더욱이 이러한 방학은 하절기나 동절기여서 물을 사용하는 공사의 시공 기간이 많이 소요되거나 품질 확보가 어려운 측면이 있다.

또한, 기존의 철근 콘크리트 공사의 경우 해체를 하거나 보수공사의 경우 공기가 더 소요되거나 구조재료의 반복 사용이 거의 불가능하다. 근래에 이러한 구조체 문제점의 대안으로 미국, 일본, 독일 등 일부 선진국에서는 오래 전부터 건식공법이면서 공기 단축이 가능한 철골조에 관한 연구가 진행되어 많은 경우 철골조로 대체되고 있다. 그러나 이러한 철골조의 경우 일반 철근콘크리트조에 비하여 재료 원가 상승 요인이 있으며, 구조체를 통하거나 간막이벽의 경량화에 따른 소음 전달의 가능성, 그리고 내화성의 저하 등 문제점을 갖고 있어 이에 대한 검토, 그리고 기존 각종 법규에 대한 검정을 통한 개선 방법이 필

요한 상황이다.

본 시공·재료분야에서는 학교 건축을 철골조로 할 경우의 사용성(소음, 진동, 단열 등), 시공성(공기 단축), 그리고 경제성을 향상시킬 수 있는 각종 자재 선정, 그리고 공법 방안 제시, 나아가 이들을 바탕으로 한 종합적 경제성 평가를 하며, 학교건축물을 철골조로 시공할 경우의 구조체 조립과 내외벽체, 그리고 테크 플레이트 및 관련 콘크리트공사 등에 관한 시공지침에 관하여 다루기로 한다. 이외의 일반적인 사항에 대해서는 건축공사 표준시방서와 관련기관의 특기사항서를 참조하도록 한다.

### 2. 경제성 평가

#### 2.1 추진방안 및 변수

본 장에서는 학교 수요가 많이 소요되는 초등학교를 대상으로 기존의 철근 콘크리트와의 비교 분석을 하였다. 비교 대상의 학교의 경우 계획에서 제시된 단위 평면 계획을 바탕으로 설계된 철근 콘크리트를 철골구조 시스템으로 변경하여 소요되는 재료·시공과 관련된 공법을 제시하며 나아가 공기와 공사비를 고려한 경제성 평가를 하도록 하였다. 대상으로 한 평면 및 구조 시스템은 다음 표 1.1과 같다.

대상 평면형을 2장에서 제시된 평면중 기존의 초등 학교에서 일반적인 편복도형 중 9.0m×7.5m를 기본

---

\* 정회원, 연세대 건축공학과 교수, 회장  
\*\* 정회원, 고려대 건축공학과 교수  
\*\*\* 정회원, 숭실대 건축공학과 교수  
\*\*\*\* 정회원, 연세대 건축공학과 교수  
\*\*\*\*\* 정회원, 한양대 건축공학과 교수  
\*\*\*\*\* 정회원, 강원대 건축공학과 교수  
\*\*\*\*\* 정회원, (주)동양구조안전기술 사장  
\*\*\*\*\* 정회원, (주)금강연구소 자재응용연구팀장

표 1.1 재료 시공 비교 대상 구조물

	평면형	단위 모듈	구조 시스템
1 안	편복도형	9.0m × 7.5m	철근콘크리트조
2 안	편복도형	9.0m × 7.5m	철골조
3 안	편복도형	8.4m × 8.4m	철근콘크리트조
4 안	편복도형	8.4m × 8.4m	철골조
5 안	중복도형	9.0m × 7.5m	철근콘크리트조
6 안	중복도형	9.0m × 7.5m	철골조

모듈(복도폭 2.4m제외)로하여 철근콘크리트조를 1안으로, 철골조를 2안으로 하였으며, 향후 개방학교의 기본 모듈이 될 수 있는 8.4m × 8.4m에서 철근콘크리트조를 3안, 철골조를 4안으로 하였다. 이외에도 확장형인 중복도형에서 9.0m × 7.5m 모듈 중 철근콘크리트조를 5안, 그리고 철골조를 6안으로 그리고 최종으로 중공 P.C 슬래브(hollow core slab)로 할 경우를 7안으로 하여 비교 분석하였다.

대상 초등학교의 계단은 R.C.조는 R.C.형, 그리고 철골조는 공기단축을 위하여 철골계단으로 하며, 이 때 발생되는 철의 이미지를 일부 자연재료 등을 도입하여 감소시켜 나가도록 한다.

표 1.2 공사개요

안	편복도형			중복도형		
	9.0m × 7.5m		8.4m × 8.4m		9.0m × 7.5m	
	1안 m <sup>2</sup> (평)	2안 m <sup>2</sup> (평)	3안 m <sup>2</sup> (평)	4안 m <sup>2</sup> (평)	5안 m <sup>2</sup> (평)	6안 m <sup>2</sup> (평)
연면적	3207.6 (1058.6)	3207.6 (1058.6)	3265.9 (1077.9)	3265.9 (1077.9)	5832 (1924.8)	5832 (1924.8)
규모(층)	3	3	3	3	3	3
구조	골조 R.C.	철골 R.C.	철골 R.C.	철골 R.C.	철골 R.C.	철골 R.C.
기초	독립	독립	독립	독립	독립	독립
외부	벽돌조 (1B)	벽돌조 (1B)	벽돌조 (1B)	벽돌조 (1B)	벽돌조 (1B)	벽돌조 (1B)
마감	내부 벽돌조 (0.5B)	스틸스터드 + 양면석고보드 + 암면	1안과 동일	2안과 동일	1안과 동일	2안과 동일

• 7안은 슬래브를 중공 PC(hollow core) 슬래브를 사용

## 2.2 시 공

서울시내에 있는 초등학교를 대상으로 하였으며 검토가 된 자세한 내용은 다음 표 1.2와 같다. 여기서 외벽의 경우 1B 벽돌조이외에도 경량판넬 등이 근래에 시도되고 있으나 본조사에서는 일반적인 기준 1B 벽돌조를 대상으로 검토하였다.

### 2.3 공정계획

일반적으로 철골조는 전식공법으로 철근콘크리트조에 비하여 공기단축이 유리한 점으로 인식되어 왔다. 더욱이 학교건축은 공사가 시급히 요구될 경우가 많으며 기존 학교의 경우 방학중에 주요공사가 이루어져야 한다. 따라서 본 연구에서는 기존의 철근콘크리트공사를 철골조로 대체할 경우의 골조공사와 전체공사 공정관계를 비교 분석하였으며 그 내용은 다음과 같다.

#### 2.3.1 철근콘크리트조

대상 초등학교의 철근콘크리트조 1개층의 골조공정은 현장여건이나 작업층에 따라 차이가 있으나 10일 정도 공기가 소요되며, 이때 거푸집 존치기간은 기둥의 경우 1-3일, 슬래브의 경우 2-4일 정도가 소요되고 있어, 1개층 골조공사 10일중 기둥과 슬래브의 거푸집 공사가 대개 3-5일로서 골조공사의 30-50%가 소요되므로 이에 대한 개선책이 필요함을 알 수 있다.

대상 초등학교의 전체공정은 그림 1.1과 같다. 이중 가설공사의 경우 공사초기단계에서 외부마감까지 전 공정에 걸쳐 공기가 소요되고 있는데 이는 대상 구조체가 3층 이어서 곤도라와 같은 별도시설이 불필요하기 때문이다. 부대 토목공사의 경우 화단 등의 시설이 요구됨으로 이 공정은 마지막에 위치하고 있다. 전체공정은 12개월 정도 소요되고 있는데, 이중 콘크리트 골조공사가 4개월로써 전체공정의 1/3정도 됨을 알 수 있다.

이상과 같이 철근콘크리트조 학교건축의 기준층 골조공정과 전체 골조공정을 분석해 보면 골조공사 공정 자체가 거푸집조립 및 완성, 철근배근, 콘크리트 타설, 양생 및 탈형 등의 과정을 반복하는데 후기 공정과 순차성을 갖고 있어 근본적으로 골조공사기간의 단축, 그리고 후차 공정과의 중첩진행 등의 공법으로 개선 되지 않으면 전체공정이 늘어나서 경제적

공 종	1월차	2월차	3월차	4월차	5월차	6월차	7월차	8월차	9월차	10월 차	11월 차	12월 차
	15 말	15 말	15 말									
가설공사												
토공사												
철근CON'C공사												
조적공사												
미장공사												
방수공사												
타일공사												
도장공사												
수장·목공사												
창호·유리공사												
지붕공사												
철물·잡공사												
부대토목												
기계설비												
전기설비												
비 고												

그림 1.1 철근콘트리트조의 예정공정표

손실을 초래할 수 있다. 또한 골조공정 자체가 총공사기간에서 차지하는 비중의 1/3이 되며, 골조공사가 주공정선(Critical Path)에 해당된다. 더욱이 학교공사는 방학중에 주로 진행되어야 하거나 공사가 시급히 요구되는 경우가 많아 공기단축을 위한 대체공법 및 구법에 대한 연구가 필요하다. 따라서, 철골조 학교건축은 프로젝트는 이러한 맥락에서 타당성을 갖는 것으로 볼 수 있다.

### 2.3.2 철골조

일반 철골공사는 3층 단위가 1절로 진행되나, 지하깊이와 3개층을 동시에 1절로 할 경우에는 시공상의 어려움이 있으며 1층의 골조안정성을 확보하기 위하여 1층을 1절로 두고, 2-3층을 2절로 구분하여 공사하는 것으로 한다. 사용하는 양중기계는 타워크레인보다는 이동식 하이드로리크 크레인(hydraulic crane)을 최대 100ton이내를 사용하는 것이 경제적이며 시공

성이 양호하다. 골조공사의 경우에 기둥 및 보는 철골조로 하며, 1층 바닥보는 내구성을 고려하여 철근콘크리트보로 계획한다.

연구대상인 초등학교의 골조공사의 전체공정은 그림 1.2와 같다. 전체공정 중 골조공사는 구조체용 철골공사와 슬래브용 철근콘크리트 공사로 구분되며, 이 중 철골공사는 2.5개월이 소요되고 있어 골조기간이 단축되고 있음을 알 수 있다. 철근 콘크리트공사 중 데크 플레이트 등을 사용함에 따라 후속공사인 조적조, 미장, 방수, 타일공사가 대부분이 동시에 진행되어 전체공정이 2개월 정도 단축되는 효과를 보이고 있다. R.C조에 비하여 전기설비기간이 단축되지 않고 있는 것은 R.C조에서도 콘크리트공사와 함께 일반 전기배선 등의 공정이 진행되기 때문이다. 학교공사중 토목 공사는 화단 등의 마무리작업이 많아 가장 후속공정으로 남아있음을 알 수 있다.

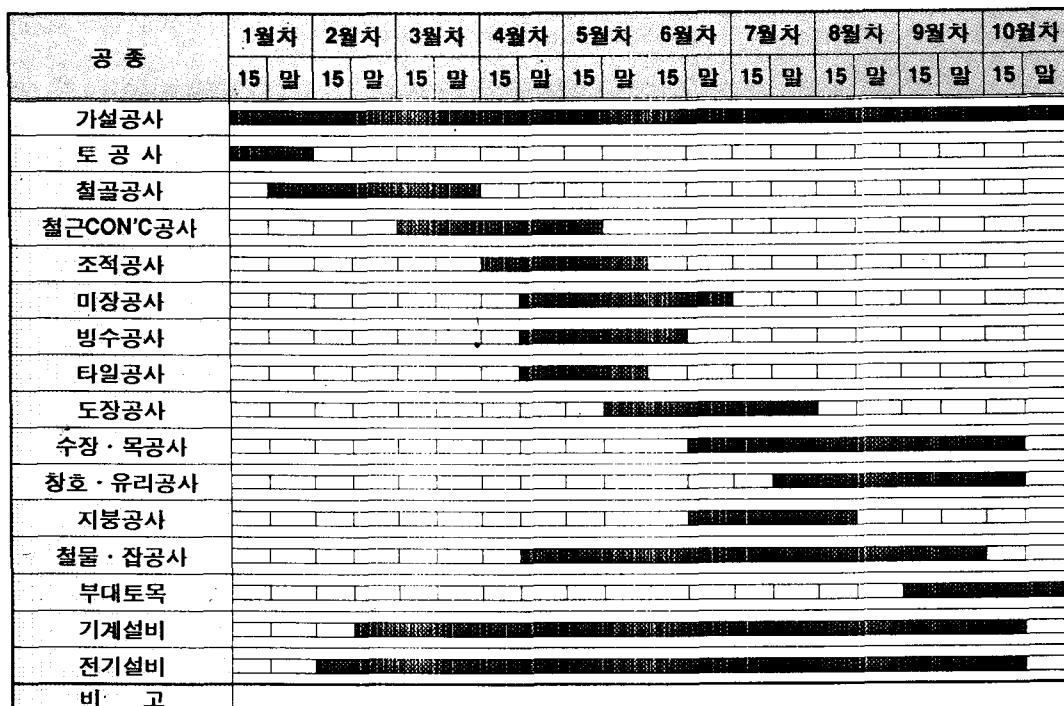


그림 1.2 철골조의 예정공정표

#### 2.4 양중 계획

대상 초등학교의 경우 3층 높이로 철골부재 양중시 타워크레인보다는 이동 크레인을 사용하는 것이 효과적이며 양중용량은 아래 표 1.3과 1.4를 기준으로 하여 결정하는 것이 바람직하다. 철골조 수직 양중계획의 경우 대개 1절당 3개층을 기준으로 부재 수 및 양중 회수, 그리고 조립회수를 기본으로 하고 있으나, 기초깊이와 3개층을 동시에 1절로 할 경우 시공상의 어려움이 있으므로 본 기둥공사에서는 2층 바닥위 1M 위치에 접합점을 두어 2절로 구분함과 동시에 1층 기둥시공의 안전성을 확보한다.

표 1.3 철골기둥 양중물량 산출

층별	부재 크기	총당 양중물량(ton)	합계 (ton)
지상 1층	H300×300×10×15	6.5	19.5
~3층	H394×398×11×18	21.03	63.09
총 계		82.62	

표 1.4 철골보 양중물량 산출

구분	부재 크기	길이 (m)	단위증량 (kg/m)	양중물량 (ton)
큰보	2G1, 3G1, 2G2, 3G2 H400×200×8×13	648	66	42.8
	RG1, RG2 H244×175×7×11	324	44.1	14.3
	2G3, 3G3 H440×300×11×18	190.5	124	23.62
	2G4, 3G4 H588×300×14×23	268.5	175	47.0
	RG3, RG4 H400×200×8×13	225	66	14.85
작은보	2B1, 3B1 H450×200×9×14	840	76	63.84
	2B2, 3B2 H482×300×11×15	216	114	24.62
	RB1, RB2 H294×200×8×12	528	56.8	29.99
총 계				261.02

## 2.5 경제성

학교건축에서 기존의 철근콘크리트 공사비와 현재의 구조를 철골조로 변경한 경우의 공사비를 산출하였다. 이는 기존의 철근 콘크리트공사에서의 문제점인 인력수요를 줄이고 품질 관리를 향상하며, 공사기간을 단축함으로써 철골구조로의 변경에 따른 경제성 확보가 구조형식 변경을 위한 중요한 목적이기 때문이다.

본 연구에서 공사비 비교 분석은 양쪽 모두 동일한 사항 중 토목공사, 설비공사, 전기공사와 지붕 및 흠통공사의 경비는 제외하였거나 같은 공사비를 계상하도록 하였으며, 자재비, 인건비 등 단가기준을 양쪽에 동일하게 적용하였다. 공사비는 97년 설계예가 기준을 적용하였다.

대상 평면은 기존의  $9 \times 7.5m$  모듈을 현재의 편복도형에서 철근 콘크리트와 철골조로 할 경우, 그리고 이를 중복도형으로 할 경우, 나아가 새로운 평면형인  $8.4 \times 8.4m$ 에서 편복도와 중복도형을 철근콘크리트조와 철골조로 할 경우와  $9 \times 7.5m$  편복도 철골조에서 슬래브를 데크프레이트 대신 중공 P.C슬래브로 할 경우의 공사비 분석을 실시하였다. 공사비 산출은 구조평당 금액과 마감 평당 금액으로 구분하였으며 종합된 공사비를 산출하도록 하였다. 최종으로는 공사기간을 고려하여 공사비를 비교 분석함으로써 철골조의 공기단축효과를 고려하도록 하였다. 자세한 공사비 분석은 다음과 같다.

### 2.5.1 개별 분석

#### (1) $9.0 \times 7.5m$ 편복도형

공사비 분석으로 재료비와 노무비 그리고 일반경비로 구분하였다. 이중 재료비는 철근콘크리트조의 경우 457,600,000원이며 철골조는 719,802,000로서 철골조로 시공함에 따라 재료비가 57.3% 증가하였다. 이는 철골조 가격과 건식벽(수장공사)사용에 따른 경비상승으로 보인다. 그러나 노무비에서는 철근콘크리트조가 700,841,000원인데 비하여 철골조가 551,698,000으로써 21.3%의 절감되었는데, 이는 건식화에 따른 단순노무비의 절감효과가 반영된 것으로 보인다. 이를 종합하여 보면 총공사비로서 철근콘크리트조는 1,162,615,214원이며 철골조는 1,273,964,177원으로 9.6%의 공사비 증액으로 나타났다.

#### (2) $8.4 \times 8.4m$ 편복도형

공사비 분류결과 철골조로 할 경우 재료비가 55.8% 증액 되었으나, 노무비는 22.5%감소되어 전체적으로 7.9%의 증액으로 나타나 평면형상등에 따라서 철골조의 공사금액상승이 둔화되고 있음을 보여주고 있다.

#### (3) $9.0 \times 7.5m$ 중복도형

공사비 분류결과 철골조로 할 경우 재료비는 54.8% 증가되나 노무비는 20.7%감소되어 종합적으로 7.6%의 공사비 증액으로 나타났다. 이를 편복도형과 비교하여 볼 때 9.6%에서 7.6%로 2.0%의 감소가 나타났는데, 이는 규모가 커짐에 따라 철골조의 단가가 상승하고 있어 미래형 교실 평면인 정방형이 공사비면에서도 양호한 결과를 보여주고 있다.

#### (4) $9.0 \times 7.5m$ 중공형 슬래브

슬래브를 데크프레이트에서 중공형으로 할 경우 재료비는 70.6%증액되었으며, 노무비는 22.8% 감소되어 전체적으로 12.2%가 증액되어 철골조의 데크프레이트 슬래브보다 공사금액이 증액 되었으나, 실제 공사기간이 가장 단축됨에 따라 최종금액은 상당히 감소될 것으로 판단된다.

### 2.5.2 경제성 평가

#### (1) 공기단축을 고려한 공사비 비교

공기단축을 고려한 공사비 비교가 표 1.5에 나타나 있다. 본 연구에서는 이미 철골조의 경우 철근콘크리트로 보다 2개월의 공기단축 효과가 있음을 알 수 있다. 이러한 공기단축을 공사비로 고려하여 볼 때 주로 간접비를 줄이는 효과가 있는데, 이는 인건비, 운영비, 가설공사비, 사무실 유지·관리비, 장비 감가상각비, 세금 공과금, 임차료 보험료등이 해당된다. 이러한 간접비는 본 공사중의 경우 대개 전체 공사비의 7~8%에 해당된다. 따라서 2개월 단축은 전체 공사비의 1.4~1.6%의 절감 효과가 있다. 따라서 본 대상 초등학교를 철근콘크리트조에서 철골조로 변경할 경우 공사비 상승이 7~12%임을 비추어볼 때 공기단축을 고려하면 5~10%의 공사비 증액이 있는 것으로 판단된다.

이러한 경비증가는 2개월 간의 금융이자나 학생들의 조기 입주에 또다른 이점을 배제한 순수한 공사비

차원에서의 비교이며, 이들을 고려하면 철골조의 경우 추가의 이점이 충분히 있는 것으로 판단된다. 단 여기서 언급한 상기공사비 내용은 재료비나 노무비 혹은 경비 등의 대상 여건에 따라 변동될 수 있다.

## (2) 제 안

본 초등학교를 철근콘크리트조에서 철골조로 변경할 경우 개방형 교실이나 공기단축 등의 이점에도 불구하고 전체공사비 일부 증액은 피할 수가 없을 것 같다.

이는 본 연구대상 초등학교가 3층으로 비교적 단층이어서 철골조의 이점이 공기단축 등에서 크게 효과가 없기 때문이다. 따라서 이러한 공사비 증액을 줄여줄수 있는 방안중 하나는 추가의 공기단축을 위하여 기초 등을 P.C화시키는 방법이다. 이는 3층 규모의 건물은 기초 상부축하중이 상대적으로 작기 때문에 필요에 따라 기초를 P.C화 시킴으로 기초공사기간을 단축할 수 있을 것으로 보인다. 이외에도 철근 가공을 선조립화 하던지 중공 슬래브(Hollow core slab)를 이용하면 철골조의 최대장점인 공기단축 효과가 배가 될 수 있을 것으로 보인다.

본 연구 대상에서 슬래브의 경우 테크플레이트를 사용하였는데 이중 데크플레이트 슬래브의 상부두께가 60cm여서 일부 충격소음에 대한 사전검토가 요망된다. 따라서 슬래브 상부두께를 크게하든지 혹은 중공 P.C슬래브 등을 이용하는 것도 대안이 될 수 있다.

## 3. 재료 및 시공지침

### (1) 국내·외 학교건축 마감재 현황

(가) 국내·외 학교건축 부분별 적용 시스템 비교  
국내 RC조 학교건축물에 적용된 주요 부위별 공법 및 국내·외 철골조 학교건축물의 공법을 비교·분석 하였으며 자세한 내용은 표 1.6에 있다.

### (2) 기존 철골조 학교건축물의 장·단점

#### (가) 장 점

- ① 장대 SPAN 사용 가능(건축 계획의 자유로움)
- ② 공기단축 및 동절기 시공 가능(건식화 공법 개발·경제성 향상)
- ③ 가변형 평면 구조 가능(기능의 변화에 효율적 대처)
- ④ 자재의 경량화, 표준화, 호환성 증대(경제성, 시공성 향상)
- ⑤ 조립공법 개발 및 공업화 가능(품질향상)
- ⑥ 구조재의 재사용 가능(철거시 경제적, 환경 친화적)
- ⑦ 내진성이 우수(변위 흡수 하자 발생 감소)
- ⑧ 기둥 단면감소(유효공간 확대)

#### (나) 문제점 및 보완방안

철골조 학교 건축물에 대한 현장 조사 결과 다음과 같은 문제점이 우려되며 그 대책 및 기술적 방안을 표 1.7과 같이 제시하여 보았다.

표 1.5 경제성 종합평가

구 분		형 태	편복도(9×7.5)	편복도(8.4×8.4)	중복도(9×7.5)	중복도(9×7.5건식)
라 멘 조	연면적(평)		970 평	988 평	1,764 평	VOID
	평당	골조	463,545 원	455,438 원	406,027 원	VOID
	금액	마감	735,027 원	712,884 원	619,439 원	VOID
	공사금액		1,162,615,000 원	1,154,302,000 원	1,808,922,000 원	VOID
철 골 조	연면적(평)		970 평	988 평	1,764 평	1,764 평
	평당	골조	578,711 원	548,336 원	497,280 원	526,483 원
	금액	마감	734,654 원	712,230 원	605,924 원	624,208 원
	공사금액		1,273,964,000 원	1,245,439,000 원	1,946,051,000 원	2,029,819,000 원

표 1.6 국내·외 학교건축 부분별 적용 시스템 비교

구분	철골조		R·C조		비고
	포철 고등학교	해외(미국) DOUGLAS COUNTY HIGH SCHOOL 등	성재중학교	동현초등학교	
외부	외벽  타일 + ①12 C.R.C BOARD + 방수지 + ①10 아이소핑크 + 50 암면 + ①9 석고보드 2겹 (STUD:C-100×40× 10×1.6①)	FINISH(Masonry, Pre finished panel) +MESH + 1"우레탄폼 + BOA RD(무기질 or PlyWood) + 단열재(무기질) + 석고보드 2겹(5/8") (STUD: 6", 18~20 Gauge)	0.5B 환원벽돌 + ①150 공간 + ①50 스치로풀 + 1.0B 시멘트벽돌 + 시멘트 모르터	0.5B 미장벽돌 + 0.5B 시멘트벽돌 + ①50 스치로풀 + 0.5B 시멘트벽돌 + 시멘트모르터 미장	
	지붕  금속기와 + ①60 유리면 + P.E 필름 + ①12 내수합판	①4 Corrugated Metal Sheet + ①70 Mineral Fiber + ①8.5 Deck Plate	칼라아스팔트슁글 + 방수 위 ①24 보호모르터 + R.C Slab + ①80 스치로풀	칼라아스팔트슁글 + ①18 보호모르터 + R.C Slab + ①80 난연성 스치로풀	
일일	내벽  ①110 경량페널 + ⑥6 무석면보드 + 무광 낙서방지용 페인트(STUD:C- 100×40×10×1.6①)	석고보드 + 유리면 + 석고보드(5/8") + 표면바감 (수성페인트, Plaster, Wall Paper)	1.0B 시멘트벽돌 + 모르터 + 수성 페인트	①0.6 LAMINATED STEEL + ①12 석고보드 + ①50 유리면(STUD: □-50×30×1.4①)	
	바닥  ①2.2 중보행용 비닐쉬트 바닥재 (걸레받이: 합성목재)	시멘트모르터 + 표면마감(Carpet, PVC Sheet, Ceramic Tile)(걸레받이: 라바베이스)	모르터 + 럭스트롱 (걸레받이: 라바베이스)	시멘트모르터 + ①2.2 중보행용 바닥비닐 쉬트타일 (걸레받이: 세라민 페인트)	
실내	천장  ①6 무석면 천장판	T-Bar(M-Bar) + 암면 천장판	M-Bar 천장틀 + ⑥6 석면텍스	M-Bar 천장틀 + ①6 석면텍스	
	창호  내·외부:PVC 창호 Wood Door	내·외부: Wood Window Wood Door	외부: 칼라 AL 창호 내부: PVC 창호 Wood Door	외부: 발색 AL 창호 내부: PVC 창호 PVC Door	
복도	내벽  ⑨ 석고보드 2겹 + 무광 낙서방지용 페인트	석고보드 + 수성 페인트	모르터 + 수성 페인트	모르터 + 수성 페인트	
	바닥  모르터 + ①2.2 중보행용 비닐쉬트 바닥재(걸레받이: 합성목재)	모르터 + PVC Sheet	모르터 + 럭스트롱 (걸레받이: 라바베이스)	모르터 + ①2.2 중보행용 바닥비닐 쉬트타일(걸레받이: 세라민 페인트)	
	천장  ①6 무석면 천장판	T-Bar 천장틀 + 암면텍스	M-Bar 천장틀 + ⑥6 석면텍스	M-Bar + ①6 석면텍스	

표 1.7 철골조 학교 건축물의 문제점 및 보완 방안

구 분	문 제 점	대책 및 보완방안	비 고
단열성	· 마감 건식공법으로 인한 기밀성 미비로 이론치보다 다소 취약	· 열효율 성능 향상 시스템 적용 · 시공의 정밀도 유지 · JOINT 부위 기밀성 보완	· 성능의 명확한 검증 및 인증 필요
차음성	· 경량화 및 건식화 자재 사용으로 인한 음향 성능 저하	· 인증된 SYSTEM 적용 요구 · 음성능 요구 부위 특수자재 적용	· 성능의 명확한 검증 및 인증 필요
경제성	· 구조 공사비의 다소 증가 및 저층의 경우 경제성 떨어짐	· 공기단축 및 내구성 증대 필요 · 공업화, 경량화 유도 · 기초 재료비 감소	· 자재의 규격화, 공업화 필요
진동 · 충격음	· 장대 SPAN 사용할 때의 진동 및 중량 기포콘크리트 사용할 때 충격음 취약	· 건축재료의 품질 향상 · 건축 SYSTEM의 인증 요구	· 구조 계산시 처짐 CHECK
공업화 조립화	· 조립부위 취약 및 미비점 발생 · 자재의 공업화, 규격화 미비	· 자재의 규격화, 공장 생산화로 경제성 향상 · 조립부위 DETAIL 개발 및 시공 철저	· 가변형, 확장형 평면 고려 · 성능 인증 필요
마감재 CRACK 발생	· 이질재료의 접합부위 일부 구간 균열 발생	· JOINT 부위 신축줄눈, V-CUTTING 및 긴결첨물, 코킹 처리후 마감	
DRY-WALL 벽체	· 습기에 의한 석고보드 오염 및 충격에 의한 파손	· 고강도 석고보드 개발 · 기존 석고보드 성능 개선 · 파손 우려 부위 특별 보강	· 취급시 부주의 고려 · 장마시 습기 대책 필요
JOINT 부위	· 조립공법의 각 JOINT 부위 처리 미흡	· JOINT 부위 DETAIL 개발	
중량재 고정	· 철판 설치시 사전 보강 미흡	· 중량재 설치시 사전 구조 보강	· 설계 도서에 표기
유지 관리	· 물청소시 건식자재 훼손 · 유지 관리비 과다 발생 우려	· 방수시트 전처리 · 결례받이 규격 조정 · 정밀시공 유도	· 물청소 지양 · 사용자(학생)에게 숙지

### 3.1 표면처리 강판을 이용한 벽체의 적용

#### (1) 표면처리 경량형강(STEEL STUD)을 이용한 벽체의 시공

##### (가) 특성 및 장점

STEEL STUD는 두께 1mm 내외의 아연도 강판을 C자 형태로 가공해 강도를 높인 경량철골로서, STEEL STUD로 벽체를 시공하면 공기가 단축됨은 물론, 저기·설비배관 및 실내 공간의 가변성이 용이할 뿐 아니라 철골조와 병행할 경우 경제성도 확보할 수 있을 것으로 본다.

#### (나) 기본 개념도(해외 일반 사례)

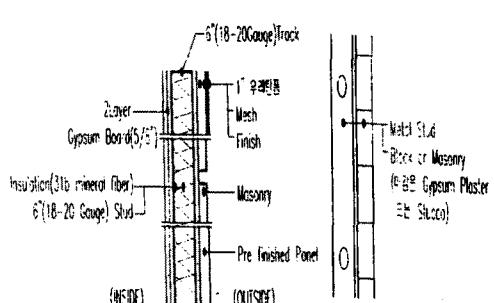


그림 1.3 미국 덴버 COLUMBINE HIGH SCHOOL

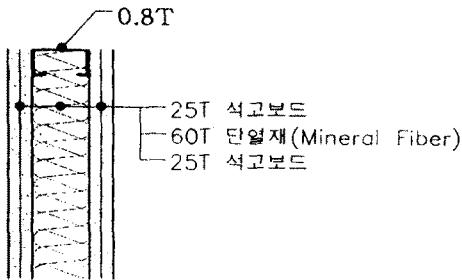


그림 1.4 독일 베를린 소재 COMPREHENSIVE SCHOOL

## (다) 시공 방법

## ① MARKING

- ① 전물 기준선을 확인한 후 승인된 SHOP DWG에 의하여 하부는 TRACK 및 쇠고보드 폭을 상부는 TRACK 폭을 MARKING 한다.
- ② DOOR 및 개구부는 FRAME 위치를 확인하고 × 표로 MARKING 한다.
- ③ MARKING 완료 후 감리자의 승인을 받고 후속 작업에 임한다.

## ② TRACK 설치

- ① 내화 피복전에 상부 TRACK을 설치하고 DRIVE PIN 간격은 MAX 600 mm 이내로 하며 J-TRACK일 경우 긴쪽 날개가 LINER BOARD 쪽에 설치되게 한다.
- ② DRIVE PIN은 철골면; 16mm, CON'C면; 27mm로 사용한다.
- ③ 하부 TRACK은 STUD 또는 LINER BOARD 설치 직전에 설치하며 훠손을 방지한다.
- ④ 상하부 TRACK 작업전 MARKING의 상하 수직 여부도 필히 확인한다.

## ③ STUD 설치

- ① 설치전에 BOARD 나누기를 하여 임의의 위치에 이음이 생기지 않도록 한다.
- ② 최대간격은 450mm내로 하여 상하 TRACK에 수직되게 설치하며 상부 TRACK에서 5-6mm 짧게 설치한다.
- ③ STUD와 TRACK은 10mm 이상 SCREW로 긴결한다.
- ④ 벽체에 인입되는 각종 기구 등의 위치에 필요시 STUD에 보강지지를 설치한다.

## ④ 쇠고보드 설치

- ① 설치전에 TRACK이나 STUD에 이물질을 완전히 청소한다.
- ② 천정선 아래에서는 수평이음을 두어서는 안 되며 서로 반대되는 방향의 보드는 수직이음이 서로 엇갈리게 설치한다.
- ③ 한면을 먼저 부착시키고 벽체에 인입되는 각종 전선 PIPE 및 기구 등의 BOX 설치 완료후 다른 한면을 시공한다.
- ④ 기구 부분은 정확히 OPEN시켜 틈새를 최소한 줄이고 내화씰란트로 처리 한다.
- ⑤ 전체 높이에서 5-6mm 짧게 설치한다.
- ⑥ STUD에 견고히 부착되도록 표면을 누르면서 SCREW를 박아 나간다.
- ⑦ 이음새를 최소한 줄이기 위하여 최대 길이의 보드를 사용도록 한다.
- ⑧ DOUBLE LAYER 작업에 있어서는 BASE LAYER 위에 FACE LAYER를 SCREW와 접착제를 겸용하여 설치도록 한다.
- ⑨ 이음 부분은 BASE LAYER에 있어서 틈이 없도록 하고 FACE LAYER에 있어서는 1/4" 정도의 틈을 내어 작업도록 한다.
- ⑩ 원판을 절단 사용하고 나머지 조각판은 종류별 규격별로 적재 보관하여 BASE LAYER 부착시 종류별로 선별 사용한다. 이때 보드와 보드 이음은 틈새가 나지 않게 정밀시공하고 내화 씰란트로 처리한다.
- ⑪ SCREW 조임
- ⑫ SCREW의 길이는 총시공두께보다 10mm 이상 길게 한다.
- ⑬ 12mm DOUBLE LAYER 설치 작업은 38mm S-BUGLE HEAD 피스를 200~400mm 간격으로 실시한다.
- ⑭ 12mm SINGLE LAYER 설치 작업은 22mm S-BUGLE HEAD 피스를 200~400mm 간격으로 실시한다.
- ⑮ 보드 끝 부분과 태두리 부분에는 최대 100mm 이내로 실시한다.
- ⑯ 보드 표면의 종이가 찢어지지 않도록 작업한다.
- ⑰ 보드의 중앙에서 태두리나 모서리 쪽으로 작

업한다.

⑥ 조인트 콤파운드 작업

⑦ 테이핑 콤파운드 후 샌딩 처리한다.

⑧ 방수석고보드를 사용하는 모든 보강부분은 내부 모퉁이 이음부분에 조인트 콤파운드로 고정시킨다.

⑨ 모든 이음부분은 SCREW 코너 보강재 등의 부속철물, 갈라진틈, 움푹 들어간 곳, 이외 유사한 곳은 조인트 콤파운드로 체운다.

⑩ 셀란트 코킹

상하 TRACK 양쪽에 15mm×15mm 크기로 코킹을 하며 벽체에 설치되는 각종 캐비넷 덕트 주위 벽체 교차 부분에도 필히 벽체 용도에 적합한 재질의 셀란트 코킹을 한다.

(2) 건축구조용 표면 처리 경량 형강

(가) 종류, 기호 및 단면형상

경량형강의 종류, 기호 및 단면모양은 표 1.8에 따른다.

표 1.8 종류 및 기호

종류	소재기호	단면형상에 의한 명칭	단면형상기호
강재주택 구조부재용 경량형강	ZSB 400	리프 ㄷ 형강	
		경 ㄷ 형강	

비고; 경량형강의 단면형상은 상기 종류를 표준으로 하며, 기타 개량된 형태에 대하여는 공인기관의 검증을 통하여 사용할 수 있다.

(나) 기계적 성질

항복점, 인장강도 및 연산율은 표 1.9에 따른다.

표 1.9 기계적 성질

종류의 기호	항복점 (N/mm)	인장강도 (N/mm)	연 신 율	
			시험편	%
ZSB 400	294 이상	402 이상	5호	18 이상

(다) 표면처리 방법

경량형강 몸체의 방청처리방법 및 도금의 부착량(최소 도금 부착량)은 다음과 같다. 부속 쇠붙이는 몸체와 동등 이상의 방청처리를 해야 한다.

① 아연도금강판: Z27

(KS D 3506, 용융 아연 도금 강판 및 강대)

② 5% 알루미늄아연도금강판: Y18

(KS D 3771, 용융아연-5% 알루미늄 합금 도금 강판 및 강대)

③ 55% 알루미늄아연도금강판: AZ150

(KS D 3770, 용융 55% 알루미늄-아연합금 도금 강판 및 강대)

(라) 형상 및 치수의 허용오차

경량형강의 형상 및 치수의 허용오차는 표 1.10에 따른다.

여기서 단면치수 및 직각도의 측정위치는 경량형강의 양단부로부터 300mm 이상 떨어진 임의의 점으로 한다. 판두께의 허용차는 표시두께와 표시두께에 도금두께를 더한 수치를 적용한다.

### 3.2 평 가

철골조 학교 건축물의 주요 부위별 적정 재료 및 시스템을 선정하기 위하여 요구되는 성능과 그 기준을 조사 분석한 결과 철골조 건축의 장점을 최대한 활용하고, 문제점을 보완하여 건축 생산성 향상 방안에 따른 노무의 절약과 공기 단축, 기능의 충족, 품질의 균일을 목표로 자재 및 공법을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 국내의 철골조 및 RC조 학교 건축물의 부분별 마감재와 적용 시스템의 비교 검토 결과 성능이 인증된 건식·조립식 공법의 선정이 필요하며 경량화된 마감재의 사용으로 균질된 품질의 유지와 철골 부재의 경제성을 높이고 내구성, 시공성을 향상시켜 건축비 감소와 고급화된 철골조 학교 건축물을 개발하여야 한다.

(2) KS 기준에 의한 자재의 고유 특성 및 성능급별 분류를 통한 설계 및 시공시 요구되는 시스템의 성능을 결정하여야 한다.

(3) 철골조 학교건축에 요구되는 건식화, 조립화된

표 1.10 형상 및 치수의 허용오차(경량형강 규격과 ASTM, KS 비교)

(단위 : mm)

구 분	치수대역		허용오차		
	경량형강	ASTM	경량형강	ASTM	KS(일반구조용)
두 깨(t)	0.8, 1.0, ...	0.84이상	평판두께기준 95-110%	평판두께기준 95%이상	90-110%
길이(L)	STUD	-	(+2.0, -2.0)	(+2.38, -2.38)	(+40, 0)
	TRACK	-	(+2.0, -2.0)	(+1.27, -6.35)	(+40, 0)
웨브폭(W)	STUD	90	-	(+0.79, -0.79)	150mm미만 (+1.5, -1.5)
	TRACK	90	-	(+3.18, -0.79)	
플랜지 (A 또는 B)	STUD	40	32이상	(+1.0, -1.0)	-
	TRACK	40	19이상	(+1.0, -1.0)	-
리프(C)	12	-	(+2.0, -2.0)	-	(+2.0, -2.0)
평판간 각도(J) (플랜지 변형)	-	-	(+1.5°, -1.5°)	(+1.59, -1.59) 트랙(0, -2.38)	(+1.5°, -1.5°)
폭방향천공위치(D)	-	-	(+1.5, -1.5)	(+1.59, -1.59)	-
길이방향천공간격(E)	-	-	(+6.0, -6.0)	(+6.35, -6.35)	-
평판휨(F)	-	-	(+1.5, -1.5)	(+1.59, -1.59)	-
휩-캡버(G)	-	-	길이/500이하 최대 12.0	305당 0.79 최대 12.7	-
포캡휩-보우(H)	-	-	길이/250이하 최대 24.0	305당 1.58 최대 25.5	-
비틀림(I)	-	-	길이/500이하 최대 12.0	305당 0.79 최대 12.7	-
가로굽음(K)	-	-	길이/500이하 최대 12.0	-	길이/500이하

○ 기호:(상한, 하한)

자재 및 부재의 특성과 물성을 주요 건축 부위별 분류를 통하여 나열함으로써 설계 및 시공의 기초 자료로 이용한다.

(4) 건식 내·외부 벽체의 시스템별 내화, 단열, 음향 성능을 나열하여 적정 시스템의 표준을 제시함으로써 그 기준으로 삼는다.

(5) 조립식 공법의 주요 문제점인 접합부의 품질 향상과 시공성을 높이기 위하여 코킹재의 물성 및 시방을 제시하였다.

### 3.2.1 제 안

(1) 공업화 건축의 초기 단계로 건축물의 부위별 기

능을 살릴수 있는 자재 등을 선정, 가공공장에서 조립 생산하는 시스템 건축을 지향한다.

(2) 재활용 시스템(RECYCLE SYSTEM)을 연구하여 공장 작업을 극대화하고, 현장 작업율을 30%로 낮추고 가공공장을 활성화 함으로써 자재 재활용 및 현장 폐자재의 감소를 통한 경제성을 향상시킨다.

(3) 마감재의 공장 생산화를 위한 주요 부재 및 설계의 표준화가 요구된다.

(4) 마감 공법 및 자재의 성능 인정에 의한 균질한 품질을 확보한다.

(5) 고내구성 및 고품질 자재의 선정으로 미래의 계획환경 변화에 대응한다.

#### 4. 결 론

지금까지 본 연구에서 대상으로한 초등학교를 철근콘크리트조에서 철골조로할 경우와 부위별 적정재료와 시공방안에 따른 조사를 통하여 나타난 내용을 정리하면 다음과 같다.

(1) 철골조 학교 경우 철골조로 할 경우 2개월간의 공기단축 효과가 있으며, 이는 다른 공정계획수립에 따라서 추가 공기단축이 가능하다.

(2) 철골조로 할 경우 일반공사비 증액은 7~12%정도가 되는데 건설규모, 공법, 평면형에 따라 차이가난다. 대체로 건설규모가 클수록, 그리고 평면형태가 직사각형에 가까울수록 공사비 증액은 감소하고 있다.

(3) 철골조로 할 경우 공사비증액은 공기단축을 고려하더라도 5~10%정도 증액되어 이를 줄여줄 추가의 공법적용등이 필요하며 가능한 기계화시공이나 중공PC슬래브 혹은 기초 P.C화 등이 검토되어야 한다.

(4) 2개월간의 공기단축은 전체공사비중 1.4~1.6%의 공사비 절감효과가 있으며, 학생을 조기 입주, 직원의 타현장 전출, 금융이자 수입 등을 고려하면 철

골조 학교건축은 충분한 타당성을 갖는 것으로 판단된다.

(5) 골조의 부담을 경감시키고 공기를 단축하여 생산성을 향상시키기 위하여 외벽 및 내벽은 STEEL STUD를 활용한 벽체의 전식 조립화, 경량화가 요구되며 증축, 이설 등 성장에 대한 가변성을 부여한다.

(6) 철골조 학교 건축물에 요구되는 내화재료의 특성 및 물성, 시공법을 제시하여 방재 및 구조물의 안전을 고려한다.

(7) 철골조 구조의 적정 내화 성능 유지 및 유지 보수성 증대를 위한 내화도료 사용의 법제화를 유도하며 암면쁨칠 내화재 사용시 석고보드 및 무기질 시멘트판의 전식 복합화 사용으로 내화 성능 및 기능성 향상을 도모한다.

(8) 공간의 효율화 및 환경 위생, 동절기 시공성 향상을 위하여 내화도료의 사용에 대한 기술적, 제도적 방안의 제시를 유도한다.

(9) 기존 철근콘크리트조 학교 건축물과 시스템화된 철골조 학교 건축물에 적용 가능한 성능 및 경제성, 시공성을 분석하여 경제적이고 경량화된 공법의 제시를 통한 건축비의 절감을 유도한다.