

## 철골조 학교건축에 관한 연구(2) : 환경계획

### Steel Skeleton School Building(2) : Environmental Planning and Design

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

학교건축의 열환경은 쾌적한 교육환경을 만족시키기 위한 중요한 요소로, 적절한 온도 및 습도와 환기로 학습활동에 도움이 될 수 있도록 계획되어야 한다.

본 연구에서는 열환경 관련 기준을 검토하고, 사례를 통해 조적조 학교건물과 철골조 학교건물의 부위별 결로 및 단열성능을 비교 분석하였으며, 철골조 학교건축의 모듈과 복도 형태에 따른 부하량을 산정하였다.

철골조 학교 건축의 모듈에 따른 부하량을 산정한 결과 같은 모듈에서 열효율은 편복도보다는 중복도의 형태가 더 유리하며, 이는 중복도 형태가 편복도에 비해 평면밀집비(compact-ness ratio, 바닥면적/외피면적)가 높기 때문인 것으로 판단된

다. 따라서 편복도 형태의 경우에는 외피의 열손실을 감소시키기 위하여 개구부의 단열성능을 강화하는 것이 바람직하다.

학교 건축의 조명계획에서 주광은 좋은 광원이다. 건물외피의 개구부를 디자인할 때 주광을 적극적으로 이용하여 경제적이며 쾌적한 시환경을 조성하여야 한다. 주광은 실내 학습환경의 분위기에 적합하고 교육환경에 도움이 될 수 있도록 계획되어야 한다.

본 연구에서는 빛환경 관련 기준을 검토하고, 시뮬레이션을 통하여 교실의 개구율과 개구부 방식에 변화를 준 10개의 모델과 사례 3개를 비교 분석하였으며, 그에 따른 적절한 철골조 학교시설의 설계지침을 제시하였다.

철골조 학교는 채광의 관점에서 중복도형보다는 편복도형이 바람직하며 이 경우, 복도측창은 채광에 중요한 역할을 한다. 또한 교실에서 창의 개수가 1개일 때보다 2, 3개로 분할한 경우가 균제도 측면이나 개구율 조절측면에서 유리하다. 2개의 창으로 계획하면 18%~20%의 개구율이 적당하고, 3개의 창으로 계획하면 17%~20%의 개구율이 적당하다. 이 범위 안에서 채광측창 높이는 1.4m~1.6m, 복도측 창높이는 0.5m~0.7m가 알맞다.

---

\* 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  
 \*\*\*\*\* (주)금강연구소 자재용융연구팀장

학교건축에 있어서 철골조로 시공할 경우, 기존의 조적조나 철근콘크리트조보다 스패의 길이를 자유롭게 할 수 있으므로 개구부 디자인 및 개수 조절이 용이하다.

학교의 교육활동은 언어의 소통이 쉽게 이루어져 학과내용이 학생들에게 잘 전달되고 이해되어야 하므로 교실내 음향특성에 대한 고려가 무엇보다도 중요하다. 교실에서의 음향조건은 충분하고 명확한 음의 전달과 외부소음의 차단이라는 두가지 요소로 나타낼 수 있다. 전자는 교실내 부위별 마감재료 및 가구 등에 따른 잔향시간과 관련되며, 후자는 구조체의 구성 및 재료에 따른 차음성능과 관련된다.

본 연구에서는 학교건축의 음환경 관련기준을 검토 분석한 후, 기존의 철근콘크리트조와 철골조의 음향성능을 비교, 분석하여, 그에 따른 적절한 철골조 학교시설의 설계지침을 제시하였다.

철골조 건물의 구조체는 경량화되어 구조체를 통한 소음의 전달이 발생할 우려가 높기 때문에 적절한 부위별 보강대책을 수립하는 것이 바람직하다. 또한 공기전달 소음의 경우, 벽자체의 투과손실 보다는 인접실 간의 열려있는 부위(문의 틈새, 창의 틈새, 공조덕트, 급배수 설비 등)와 벽체의 틈구멍을 통해 이루어지는 우회경로를 통한 투과손실이 훨씬 크므로 이를 최소화하도록 문, 창, 벽체의 틈새를 기밀화해야 한다. 적정잔향시간을 갖기 위해서는 적절한 흡음특성을 갖는 마감재료의 선택이 중요하다.

## 2. 열환경계획

### 2.1 열환경기준

#### 2.1.1 쾌적기준

ASHRAE(미국 공기조화냉동공학회)에서 설정한 쾌적범위 기준의 상대습도(RH) 및 건구온도(DBT)는 다음과 같다.

$$RH = 20 \% \sim 60 \% (\text{평균 } 40 \%)$$

$$DBT = 22.8 \text{ }^\circ\text{C} (\text{겨울}) \sim 25.5 \text{ }^\circ\text{C} (\text{여름})$$

국내의 초등학교를 대상으로한 쾌적범위 설정에

관한 연구에서 조사된 여름철과 겨울철에 만족을 느끼는 재실자의 쾌적온도 범위는 보통의 경우 쾌적범위를 표시하는 70 % 수준에서 여름철은 20.0~27.2  $^\circ\text{C}$ , 겨울철은 10.0~22.8  $^\circ\text{C}$ 로 나타났다.

겨울철 교실에서의 쾌적범위는 아동들의 신체발생열과 착의량의 영향을 크게 받으며, 특히 온도변동과 밀접한 관계가 있다.

#### 2.1.2 단열기준

단열은 설치하는 위치에 따라서 내단열, 외단열로 나눌 수 있다. 내단열은 구조체의 열용량이 실내온도에 영향을 미치지 않으므로 간헐난방을 하는 경우 유리하지만, 내외부 온도차와 습기로 인한 결로가 발생하기 쉽다. 그러나 철골조 학교건축의 외벽에 있어서는 철골조의 특성상 주로 내단열을 하는 경우가 많으므로 이에 따른 문제점을 보완하여 시공하여야 한다. 외단열은 온도차나 습기에 대해서는 유리하나 내구성·표면처리 등에서 문제점이 있다.

건물외피의 단열효과로 에너지 손실량중 40~50%를 감소시킬 수 있다. 철골조 건물외피의 단열시에 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

- ① 지역특성(난방도일)에 맞도록 경제성을 고려하여 열관류율을 결정하고 건물 벽체 및 지붕의 단열기준을 검토한다.
- ② 사용목적에 맞는 단열재 종류별 열적특성을 검토한다.
- ③ 비난방공간과 난방공간을 나누어 단열한다. 비난방공간은 경제성을 고려하여 최소한의 단열을 하고, 난방공간은 단열을 강화시킨다.
- ④ 열교현상이 일어나지 않도록 유의한다.
- ⑤ 창 개구부는 이중유리로 하거나 이중창으로 하고, 차음 이음새에는 단열수지(코킹제)를 충전시켜 단열성을 향상시킨다.

#### 2.1.3 환기기준

인간은 생리적으로 산소를 소비하고 부수적으로 이산화탄소, 수증기, 악취, 열, 먼지 등을 발생시

키지만, 개개의 대상물에 대해 환기량을 구하기 어려우므로 오염 지표로서 이산화탄소의 농도를 기준으로 하여, 건축법에서는 1,000ppm을 허용한계로 하고 있다. 성인의 일반적인 활동상태에서 이산화탄소 발생량은 약 20 l/h라고 한다. 외기의 이산화탄소의 농도는 약 300ppm이므로 이에 따른 환기량을 산정하면 28.5m<sup>3</sup>/h이다. 따라서 1인당 필요환기량은 약 30m<sup>3</sup>/h이다.

일본의 경우 건축기준법에 의한 환기량은 남녀, 어른, 어린이의 혼재도 포함해서 한 사람당 이산화탄소 발생량을 14 l/h 정도로 해서 최저환기량을 1인당 20m<sup>3</sup>/h로 잡고 있다.

따라서, 철골조 학교건축의 단위교실당 인원수를 40명으로 할 때 800m<sup>3</sup>/h가 필요환기량이 된다.

ASHRAE 실용도별 필요환기량에서 교실기준을 살펴보면 최소치는 10cfm/person이고 권장치는 10-15cfm/person이다. 따라서, 단위를 환산하여 시간당 필요환기량을 구해보면 철골조 학교건축의 단위교실당 인원수는 40명이므로 한 교실에 필요한 최소 환기량은 679.608m<sup>3</sup>/h가 되고, 권장치를 약 12cfm/person (10-15cfm/person)으로 놓고 환산해 보면 815.53m<sup>3</sup>/h가 권장 환기량이 된다.

그러므로 일본의 경우와 미국의 경우를 비교해 볼 때 철골조 학교건축의 단위교실당 필요환기량은 약 800m<sup>3</sup>/h 이상일 때 적절함을 알 수 있다.

본 연구에서 제시한 8.4m×8.4m (천장고 2.7m) 모듈을 예로 들면 한 교실의 체적이 약 190 m<sup>3</sup>이므로 환기회수는 시간당 약 4.2 회가 되는데 이는 일본의 초등학교 저학년의 기준(이산화탄소 허용한도 1000ppm)인 4~4.5 회와도 부합된다.

표 2.1 실내공기 환경기준(건축법)

구 분	기 준
공기중 먼지의 양	공기 1m <sup>3</sup> 당 0.15mg/m <sup>3</sup>
일산화탄소의 함유량	10ppm 이하
탄산가스의 함유율	1000ppm 이하
상대습도	40-70 %
기류의 이동속도	0.5% 이하

## 2.2 기존 철근콘크리트조와 철골조의 열성능 비교분석

단열성능 비교분석을 위해 국내 사례로는 성재 중학교와 등현초등학교, 국외 사례로는 미국의 EAST COUNTY고등학교, 그리고 철골조 학교의 외벽에 적용가능한 벽구조인 스틸스터드(steel stud)와 아이소코트를 사용한 외벽 열관류율(kcal/m<sup>2</sup>h<sup>2</sup>)을 계산하였다.

열관류율 계산식은 아래와 같다.

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_0} + \sum \frac{t}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_i}$$

$$\alpha_0 = 20 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\alpha_i = 8 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\lambda = \text{kcal/mh}^\circ\text{C}$$

$$t = \text{두께 [m]}$$

$$C = \text{공극의열전달계수} = 5.0(\text{밀폐중간층}), 10.0(\text{비밀폐중간층})$$

분석 결과, 철골조의 경우 기존의 철근 콘크리트조 및 조적조에 비해 단열성능이 매우 우수한 것으로 평가되었다.

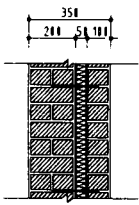
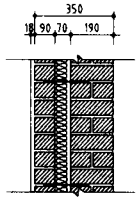
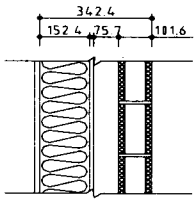
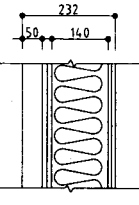
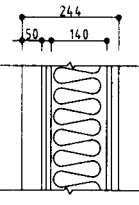
특히 스틸스터드를 이용한 벽체의 경우 정상부위의 열성능이 매우 우수하며, 열교부위인 스틸스터드 부위도 매우 양호하게 나타났다.

정상부위와 스틸스터드부위의 열관류율값을 비교할 경우 스틸스터드와 아이소코트를 사용한 경우는 약 3배 정도의 차이를 보이는 반면 스틸스터드 양면에 9mm합판을 덧대어 시공한 경우의 경우는 약 2.5배 정도의 차이를 보여 열류면에서 스틸스터드 양면에 9mm 합판을 덧대어 시공한 경우가 스틸스터드와 아이소코트만을 사용한 경우에 비하여 우수한 것으로 평가되었다.

표 2.2 측정대상 부위의 열성능 분석결과

측정항목	측정대상모델	스틸스터드 양면에 9mm 합판을 덧대어 시공한 경우	
		스틸스터드와 아이소코트를 사용한 경우	스틸스터드 양면에 9mm 합판을 덧대어 시공한 경우
평균열관류율 (kcal/m <sup>2</sup> h <sup>2</sup> )	정상부위	0.18	0.17
	열교부위	0.54	0.50
우리나라 중부지방 외벽 단열성능기준	1급	0.45 이하	
	2급	0.45~0.5	
	3급	0.5~0.65	

표 2.3 조적조 벽체 학교와 철골조 벽체 학교의 단열성능 비교

	학 교 명	구 성 재 료		K값(kcal/m <sup>2</sup> h°C)	비 교
		재 료 명	두 께(m)		
조 적 조	성재중학교 	몰탈 0.01 벽돌 0.83 스티로폼 0.032 벽돌 0.83 몰탈 1.12	0.4779	양호	
	동현초등학교 	몰탈 0.018 벽돌 0.09 스티로폼 0.05 공기층 0.02 벽돌 0.19 몰탈 0.01	0.4371	양호	
철 골 조	EAST COUNTY 고등학교 	석고보드 0.0127 유리면 0.1524 공기층 0.0757 석고보드 0.0127 con. 벽돌 0.1016	0.2276	우수	
	스티ل스터드/아이소코트를 사용한 경우 	아이소코트 0.05 합판 0.012 스티드 0.14 압면 0.14 합판 0.009 석고보드 0.009	정상부위 : 0.18 열교부위 : 0.54	매우 우수 양호	
	스티ل스터드양면에 9mm합판 덧댄경우 	아이소코트 0.05 내수합판 0.012 합판(졸대) 0.012 스티드 0.14 압면 0.14 합판(졸대) 0.012 석고보드 0.018	정상부위 : 0.17 열교부위 : 0.50	매우 우수 양호	

### 2.3 에너지절약을 위한 열환경계획

학교건물의 실내환경은 학습공간이라는 특수성의 관점에서 쾌적하고, 위생적이며, 안전하고 능률적으로 유지될 수 있도록 실내 열환경과 관련된 제반성능이 확보되어야 한다. 또한 학교건물에서의 에너지절약은 이러한 면이 적절히 고려되어 쾌적한 실내학습환경이 조성되면서, 건물에서 소비되는 에너지가 일정수준 이하로 유지되어야 하므로 쾌적기준, 단열기준과 환기기준이 상호보완적으로 서로의 한계를 조절하면서 조화를 이루어야 한다. 따라서 학교건물에서의 에너지절약을 위해서는 단열계획과 환기계획 등이 설계초기 단계에서부터 서로 긴밀한 협조하에 진행되어야 한다.

외피의 단열계획을 살펴보면 건물의 실내온도를 일정한 수준으로 유지하기 위해서 건물 내외부를 통한 열에너지의 교환을 억제하여야 한다. 단열은 우선 난방기간에 건물로 부터의 열손실을 감소시켜 난방부하를 적게 한다. 또한 여름의 열취득도 억제하기 때문에 냉방부하의 감소에도 도움이 된다. 이밖에 벽체의 실내측 표면온도가 난방기간에 상승되어 쾌적감이 증대되고 표면결로 및 내부 결로의 발생가능성을 감소시키며, 예열 및 예냉시간이 짧게 되어 설비의 부담이 감소된다.

일반적으로 열교현상은 외피의 접합부나 우각부에서 발생하기 쉬우며 그 결과 건물의 열손실은 물론 결로를 발생시키게 된다. 따라서 외피의 모서리 부분에는 열교가 발생하지 않도록 충분히 단열하여야 한다. 일반적으로 모서리 부분은 벽두께의 2~2.5배 이상의 길이까지 단열재를 설치하여야 한다. 또한 벽체내부에서 결로가 발생하여 단열재의 단열성능을 저하시키는 것을 막기 위하여 방습층을 설치하여야 하며, 방습층의 설치위치는 외피의 단열재 실내측에서 시공가능한 부위로 한다.

철재는 다른 재료와 비교하여 열전도율이 크고, 철골부재가 단열층을 관통하는 경우에는 미세한 부분일지라도 열교가 발생되어 철재의 표면에 결로가 생기는 경우가 있다. 이때 철재는 보수성이 없기 때문에 곧 바로 물방울화되기 때문에 녹이

나, 마루리재의 열화원인이 되는 것이 대부분이므로 철재의 단열층 관통은 될 수 있는 한 피하는 것이 좋다. 구조체의 안쪽에 단열층을 마련하는 경우에 중간층에서는 보, 최상층에서는 모서리 기둥, 측기둥 등이 단열층을 관통하는 것이 보통이다. 이러한 관통부분은 충분히 단열보강하여야 한다.

철골에 날개(siding)를 부착시키는 경우에는, 철골의 단면치수에 따라 그 부위 전부에 단열재를 충전하는 것이 곤란하기 때문에 이 부위에 통기층을 마련해야 할 경우가 있다. 이때 벽체내에 공기층이 발생하는데 이 공기층을 단열층의 실외측에 오도록 계획하는 것은 다른 구조에서의 단열공법과 동일하다. 만약에 단열층의 안쪽에 공기층이 위치하게 될 때에는 공기층의 기밀성을 충분히 높여 기류가 발생하기 어려운 구조로 해야 한다. 특히 수직벽체에있어서는 벽의 상하에 통기층 막을 판을 마련하여 벽체 내에서의 기류발생을 막을 필요가 있다.

철골구조의 건물에 있어서는 내화피복을 많이 사용하게 된다. 추운지역에서는 이 부분의 내화피복재 자체의 단열효과만으로는 불충분한 경우가 발생할 수 있다. 특히 내화피복재가 투습성 재료일 경우에는 내부결로를 일으킬 위험성이 있기 때문에 단열보강이나 방습층의 설치가 필요하게 된다. 단열보강방법으로는 내화피복재의 두께를 요구되는 단열성능만큼 두텁게 하거나 내화피복 외에 단열재를 추가하는 방법이 있다. 이러한 경우, 벽이나 천장의 두께가 두텁게 되어 마무리나 각 부위의 처리가 어렵게 되는 등의 문제가 발생할 수 있다. 이때는 부위의 특성에 따라 개별적인 검토를 통하여 해결하지 않으면 안된다.

단열층의 틈새는 열교를 발생시키고 방습층의 틈새는 습기의 이동을 초래한다. 특히 벽과 천장, 벽과 보 등과 만나는 수직 및 수평접합부, 최상층 슬라브의 천장위 공간에 면하는 천장 및 벽 등의 접합부에서는 단열층이나 방습층이 반드시 연속처리되도록 충분히 주의할 필요가 있다.

2.4 모듈과 복도 형태에 따른 부하량 산정

기존 표준형 교실의 기본모듈인 9.00m×7.50m, 복도폭 3.00m의 중복도형과 복도폭이 2.4m인 편복도형, 그리고 8.40m×8.40m, 복도폭 3.00m의 중복도형과 복도폭 2.4m의 편복도형을 모델로 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 전체 부하량(난방부하와 냉방부하)과 단위면적당 부하량을 구해서 열성능을 평가하였다.

시뮬레이션의 설정조건 및 분석한 결과는 표 2.4, 2.5와 같다.

표 2.4 시뮬레이션 설정조건

구분	조건
건물위치	서울 (북위 37.6°, 동경 127.5°)
건물평면형태	중복도형(6개 zone) 편복도형(4개 zone)
층고	3.3 m
천장고	2.7 m
외벽열관류율	K = 0.18 kcal/m <sup>2</sup> h℃
실내온도	하계 : 26℃, 동계 : 22℃
건물운용조건	평일 : 오전 9시~오후 7시 토요일 : 오전 9시~오후 3시 일요일 : 운용 안함
재실인원	교실당 40명
1인당 부하량	현열부하 255 BTU 잠열부하 225 BTU

표 2.5 각 교실 단위의 형태별 부하량

모듈	복도 형태	단위면적당 난방부하	단위면적당 냉방부하	총부하량 (kWh)
9.0m×7.5m 복도폭 3.0m	중복도	41.23	50.45	5,755.080
9.0m×7.5m 복도폭 2.4m	편복도	44.21	54.52	4,286.545
8.4m×8.4m 복도폭 3.0m	중복도	38.24	44.75	5,350.800
8.4m×8.4m 복도폭 2.4m	편복도	47.46	52.07	3,499.089

표에서 나타난 바와 같이, 같은 교실단위에서 열효율은 편복도보다는 중복도의 형태가 더 유리

하며, 같은 중복도의 형태에서 열효율은 모듈 9.0m×7.5m 보다는 정방형의 모듈인 8.4m×8.4m 교실이 더 유리하다. 이는 중복도 형태가 편복도에 비해 평면밀집비(compactness ratio, 바닥면적/외피면적)가 높기 때문인 것으로 판단되며, 따라서 편복도 형태의 경우에는 외피의 열손실을 감소시키기 위하여 개구부의 단열성능을 강화하는 것이 바람직하다.

3. 빛환경계획

3.1 빛환경 기준

국내의 실용도에 따른 조도기준은 한국공업규격 KS A 3011에 규정되어 있다(표 3.1). 이 중 학교 교실의 조도범위는 300~600lux로 정하고 있다.

표 3.1 조도분류와 활동유형에 따른 조도값

실의 용도	조도 범위 (lux)	활동 유형
숙직실	60~150	빈번하지 않은 시작업
강당, 집회실, 교직원실, 사무실, 회의실, 보건실,	150~300	고휘도대비 혹은 큰 물체 대상의 시작업
교실(철판), 실험실습실	300~600	일반휘도대비 혹은 작은 물체대상의 시작업
도서열람실, 연구실	600~1500	저휘도대비 혹은 매우 작은 물체대상의 시작업

\* KS A 3011-1993

일본의 경우, JIS의 작업장소에 따른 권장조도는 표 3.2와 같다. 교실의 권장조도는 200~750 lux로 국내의 조도기준 보다는 범위가 넓다.

표 3.2 일본의 권장조도기준

작업장소	조도(단위 : lux)
교실, 실험실습실, 연구실, 도서실, 사무실, 교직원실, 회의실, 보건실, 식당	200~750
제도실, 전산실	300~1500
탁자룸, 계단, 숙직실	75~300

\* JIS Z 9110, 1995

개구율은 거실의 창이나 기타의 개구부로서 채광을 위한 면적과 그 거실의 바닥면적 비로 정의된다. 즉, 개구율 = 채광을 위한 개구부 면적/실의 바닥면적이다. 학교 교실의 경우, 기준 개구율은 20 %가 적당하다.

또한 규제도란 최소조도/평균조도를 말하며, 그 기준값은 0.70으로서 이 값 이상이면 규제도가 양호한 것이라고 할 수 있다.

실내 마감재의 반사율은 조명설계에 매우 중요한 요소이다. 반사율의 표준값은 표 3.3과 같다.

표 3.3 반사율 표준값(미국 IES 기준값)

구 분	반사율 (%)
천	90 ~ 80
장	60 ~ 40
벽	45 ~ 25
책상, 의자, 작업대	20 정도
바	
다	

이상의 국내의 기준에 대한 검토 결과, 학교 교실에 적합한 기준조도는 300~600lux, 개구율은 20%, 규제도는 0.70 이상으로 하는 것이 바람직하다고 사료된다.

### 3.2 개구율과 창의 개수에 따른 빛환경성능

학교교실의 기준 조도인 300~600lux를 만족하는 창의 개구율과 개수, 복도의 형태 등을 분석하기 위해 교실 빛환경 성능에 영향을 미치는 설계요소를 변수로 삼아 평가하였다.

본 연구의 평가 프로그램인 'CADLight'는 미국 EWI 社(Energyworks, Inc)에 의해 개발된 주광측정 프로그램의 하나로 분할광속법에 의한 실내 9개 지점의 간이주광조도 산정 및 유한차분법(Finite Difference Method)을 이용한 정밀 주광조도 산정이 가능하다. 또한 복잡한 형태의 평면의 조도 산정이 가능하며 다양한 대지인접조건을 반영할 수 있다.

본 시뮬레이션은 담천공 5,000lux를 기준으로 하였고, 건물의 위치는 서울(동경 126° 58', 북위 37° 34')로 하였다.

9.0m×7.5m 와 8.4m×8.4m를 기본 모듈로 하였으며, 천장고는 2.7m로 하였고 초등학교 아동의 책상높이인 70cm를 평가기준으로 하였다.

교실의 복측에, 편복도인 경우는 2.4m, 중복도인 경우는 3.0m 폭의 복도를 두고 교실 실내의 반사율은 천장 0.7, 벽 0.5, 바닥 0.1로 하였다.

교실 남측 벽면으로부터 각각 0.5, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5, 5.5, 6.5m 떨어진 7곳을 측정점으로 하여 분석하였다.

본 시뮬레이션은 철골조학교 교실의 개구부 디자인을 평가하기 위한 것으로 복도형태, 창의 개수, 개구율 등을 변수로 설정하였고, 구체적인 시뮬레이션 변수조건은 표 3.4와 같다.

표 3.4 시뮬레이션의 변수조건

구 분	조 건
복도 형태	중복도, 편복도
복도측 창	有, 無
창의 개수	1, 2, 3 개
개 구 율	15 ~ 29 %
교실의 모듈	9.0m×7.5m, 8.4m×8.4m

시뮬레이션의 분석결과는 표 3.5와 같다.

학교 교실창 디자인에 대해 기준조도를 300~600lux로 할 때 시뮬레이션의 주요 결과는 다음과 같다.

(가) 같은 개구율에서 창의 개수의 증가는 조도 획득이나 규제도 면에서 유리하다. 창의 개수가 1개일 때는 개구율 25% 이상, 창의 개수가 2개일 때는 개구율 18% 이상, 창의 개수가 3개일 때는 개구율 17% 이상이 되어야 기준조도인 300~600lux를 만족시킬 수 있다.

(나) 철골조 학교는 채광의 관점에서 중복도형보다는 편복도형이 바람직하며 이 경우, 복도측창은 채광에 중요한 역할을 한다. 복도측창의 크기를 증가시키면 규제도가 향상되지만, 필요이상의 크기는 수업에 방해요인이 될 수 있으므로 이에 대한 고려를 해야한다.

(다) 결론적으로 창의 개수의 증가가 규제도나 조도획득에 유리하다. 따라서 학교건축에 있어서

철골조로 시공할 경우, 스패이 길어지므로 창의 개수를 자유롭게 할 수 있어 기존의 조적조나 철근콘크리트조보다 유리하다고 사료된다.

표 3.5 모델별 조도산정 결과(단위 : lux)

측정점 모델	1	2	3	4	5	6	7	균제도
①	750	500	250	180	150	130	100	0.34
②	300	270	250	230	220	250	270	0.86
③	430	360	340	330	320	350	380	0.89
④	300	250	250	230	230	250	260	0.91
⑤	350	340	310	305	300	310	320	0.94
⑥	500	410	380	370	370	400	410	0.91
⑦	500	390	330	300	300	310	330	0.85
⑧	500	430	400	390	380	380	400	0.92
⑨	500	400	350	300	300	310	310	0.85
⑩	450	250	150	150	150	175	175	0.70
⑪	1000	600	370	220	200	190	180	0.46
⑫	850	510	400	300	300	480	530	0.62
⑬	500	300	200	100	90	80	80	0.41

- (주) 1. 모델 ①~⑧ : 모듈 9.0m×7.5m  
 모델 ⑨, ⑩ : 모듈 8.4m×8.4m  
 2. 모델 ①~⑨, ⑪, ⑫ : 편복도  
 모델 ⑩ : 중복도  
 3. 모델 ① : 창 1개, 개구율 20%, 복도창 없음  
 모델 ② : 창 1개, 개구율 20%, 복도창 있음  
 모델 ③ : 창 1개, 개구율 25%, 복도창 있음  
 모델 ④ : 창 2개, 개구율 15%, 복도창 있음  
 모델 ⑤ : 창 2개, 개구율 18%, 복도창 있음  
 모델 ⑥ : 창 2개, 개구율 20%, 복도창 있음  
 모델 ⑦ : 창 3개, 개구율 17%, 복도창 있음  
 모델 ⑧ : 창 2개, 개구율 20%, 복도창 있음  
 모델 ⑨ : 창 2개, 개구율 20%, 복도창 있음  
 모델 ⑩ : 창 2개, 개구율 20%, 복도창 있음  
 모델 ⑪ : 창 2개, 개구율 20%, 복도창 있음  
 모델 ⑫ : 창 2개, 개구율 29%, 복도창 있음  
 모델 ⑬ : 창 3개, 개구율 27%, 복도창 있음

### 3.3 자연채광계획

건축공간의 조명계획에 있어서 자연광은 좋은 광원이 된다. 건물 외피의 개구부를 디자인 할

때, 자연광을 적극적으로 이용하면 경제적이며 쾌적한 환경을 조성할 수 있을 뿐만 아니라, 새로운 건축형태를 창출할 수 있다.

사람들은 자연광에 대해서 심리적으로 큰 선호도를 갖고 있으므로 건강건축이라는 관점에서 자연광의 이용은 중요하다고 할 수 있다.

특히 학교 건축물의 경우, 그 사용시간의 대부분이 晝間으로 한정되어 있고, 또한 학생들의 건강측면이나 심리적인 면에서도 학교 건축물에서는 인공조명 보다 자연광을 이용한 채광 방식이 유리하다. 학교건축의 주사용자가 어린이 및 청소년이라는 특수한 경우인 만큼 현대 학교건축물에 적용될 수 있는 자연채광의 도입에 대한 기준설정 및 이와 관련된 연구가 시급하다.

학교건물은 채광의 관점에서 중복도형 보다는 편복도형이 바람직하며, 이 경우 복도측의 창은 교실 전반에 걸쳐 균일한 조도획득을 돕는다.

중복도 형식인 경우, 채광측면에서 불리하므로 복도측의 창을 크게 하거나 복도에 Top-Light, 인공조명 등을 고려해야 하며, 계단실, 현관부에 자연채광을 적극 도입하는 것이 바람직하다.

그림 3.1은 미스 반데로가 설계한 미국 IIT 대학의 Crown Hall로서 과감한 측창의 도입으로 자연채광을 충분히 받도록 설계되었다.

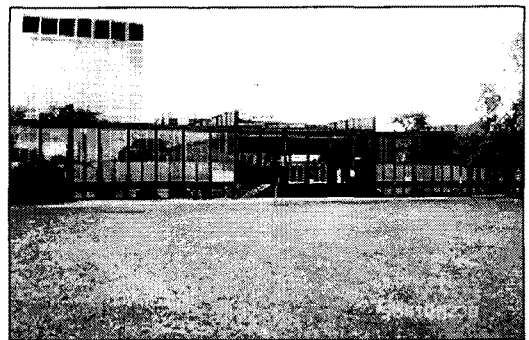


그림 3.1 IIT의 CROWN HALL

다음 사례는 훈데르트마크, 케터러가 설계한 독일 베를린시 라이니켄도르프區의 베티나 폰 아르님(Bettina von Arnim) 학교로서, 천창(그림 3.2)과 고측창(그림 3.3, 3.4)을 사용하여 필요



한 채광량을 확보하였다.

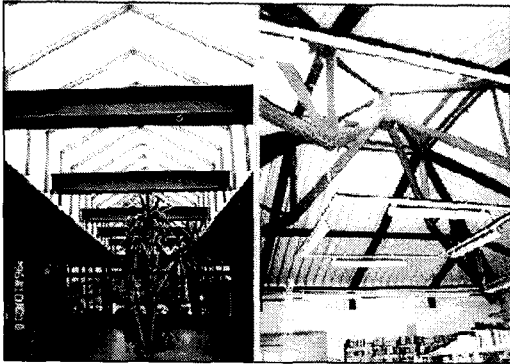


그림 3.2 학교건물에 적용된 천창

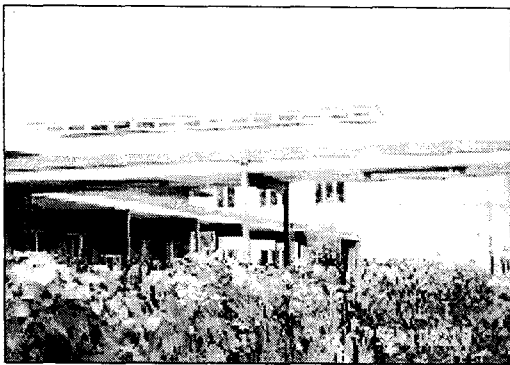


그림 3.3 학교교실의 고측창(외부)

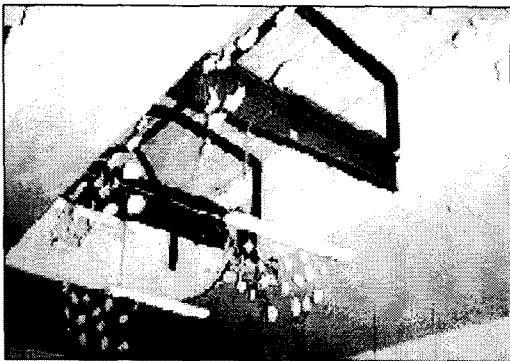


그림 3.4 학교교실의 고측창(내부)

#### 4. 음환경계획

##### 4.1 음환경 기준

학교의 외부소음레벨 기준은 ISO에서 55 dB(A) 이하로 권장하고 있으며, 75 dB(A) 이상의 외부환경소음은 부적합한 것으로 평가하고 있다. 교실내외의 허용소음레벨을 규정한 미국의 몇 가지 제안은 표 4.1과 같다.

음의 명료도와 요해도를 고려한 학교 교실의 잔향시간은 ISO 권장치에 의하면 빈 교실은 0.7초이며 학생이 재실시에는 0.5초 이내가 바람직하다. 공기전달소음 및 구조체 전달소음의 해외기준은 표 4.2 및 표 4.3과 같다.

표 4.1 학교교실내외의 소음레벨 기준

평가지표	EPA기준	DOT기준	
	Leq(24hr)	L50	L10
교실내부 [dB(A)]	45 (70)	40	46
교실외부 [dB(A)]	55 (70)	55	61

(주) ( )는 청력 손실 허용 기준임.

EPA: U.S.Environmental Protection Agency

DOT: Department of Transportation Regulation Standards and Guidelines

표 4.2 공기 전달 소음의 해외기준

국명	인접실	STC 또는 D	근 거
미국	교실과 교실간	STC 42~45	-AIA의 설계기준치 -FHA의 권장치
	교실과 복도	STC 42~40	
	교실과 음악실	STC 52~60	
	교실과 외벽	STC 37~60	
일본	교실과 교실	특급 1급 2급 3급	일본건축학회의 설계기준
		D45 D40 D35 D30	

표 4.3 구조체 전달 소음의 해외기준

국명	인접실	IIC 또는 L	근 거
미국	교실과 교실	IIC-46	FHA의 권장치
일본	교실과 교실	특급 1급 2급 3급	일본건축학회의 설계기준
		L45 L55 L65 L70	

표 4.4 일본건축학회회의 설계기준 적용등급의 의미

등급	적용 의미	비 고
특급	학회특별 시방	차음성능상 매우 우수 특별한 차음성능이 요구되는 경우
1급	학회권장 표준	차음성능상 바람직 차음성능상 지장없음
2급	학회허용 기준	차음성능상 지장있지 거의 만족
3급	-	법규상의 최저 제한도 사용자의 불만이 나올 확률이 높음

4.2 부위별 차음성능 분석

4.2.1 벽체

표 4.5는 조적조와 철골조를 대상으로 벽체의 구조에 따른 주파수별 투과손실과 STC값을 나타내고, 표 4.6은 벽체의 구성에 따른 JIS D등급을 보여주고 있다.

표 4.5 미국 기준(STC)에 의한 차음등급(dB)

구조	주 파 수							
	125	250	500	1K	2K	4K	STC	
조적조 (벽돌조)	벽돌(230)+양면미장	41	43	49	55	57	60	52
	벽돌(115)+공기층 단열재(50)+벽돌(115)	43	50	52	61	73	78	59
	벽돌(340)+한면미장	44	46	50	57	61	63	54
	블록(6")+페인트	37	36	42	49	55	58	44
	블록(8")+페인트	43	47	47	55	58	60	52
	벽돌(190)+물탈(10)	40	42	48	54	56	59	51
	벽돌(200)+단열재(50)+벽돌(100)	45	52	54	63	75	80	61
철골조	석고보드(5/8")+공기층(2½")+석고보드(5/8")	15	24	38	48	40	42	36
	석고보드(5/8")+glass fiber(2½")+석고보드(5/8")	23	35	44	53	45	43	39
	석고보드(5/8")+glass fiber(2½")+석고보드(5/8")+4"콘크리트블록	33	40	53	63	67	71	50

표 4.6 일본기준(JIS)에 의한 차음등급 (스틸스터드의 사용)

종류	적용 등급	차음 등급	벽 체 구 성(단위 : mm)	
이중벽	특급	D-55	콘크리트 PC판 100mm( $\rho=2.4$ ) + 공기층 190mm+PB12mm×2장 PB(9+12+21)+공기층(75)+PB(9+12+21) PBG(8+5)+공기층(100)+PBG(8+5)	
		D-50	PBG(4)+PB(12)+SFRC(25)+공기층(100)+PBG(4)+PB(12)+SFRC(25) PB(12)+SFRC(25)+공기층(60)+PB(12)+SFRC(25)	
		D-45	PB중(12+12)(특수 CUP사용)+공기층(65)+PB중(12+12)	
			PB(12)+탄산마그네슘판+공기층(55)+PB(12)+탄산마그네슘판	
		1급	D-40	ALC(75)+공기층(50)+ALC(75) PBG(20+20)+공기층(70)+PBG(20+20) PB(9+9)+공기층(75)+PB(9+9)
	2급	D-35	PBG(12+12)+공기층(65)+PBG(12+12) 플렉시블판(4)+PB(12)+공기층(12)+플렉시블판(4)+PB(12)	
			D-30	PB(15)+공기층(57)+PB(15) PB(12)+공기층(100)+PB(12)(특수클립사용)
	-	D-25	PB(15)+공기층(65)+PB(!5)	
	단일벽	특급	D-50	콘크리트( $\rho=1.7\sim 2.4$ )100~150mm
			D-45	1중경량콘크리트( $\rho=1.5\sim 2.4$ )100~120mm
1급		D-40	ALC(100)+양면물탈 또는 플라스틱바름 15mm 콘크리트블록(150)+양면오일 페인트랩칠 ALC(100)+양면물탈(15)	
			D-35	ALC(100)+양면물탈(6)
3급		D-30	ALC(100)	

(注) PB : 석고보드( $\rho\leq 0.8$ ), PB중 : 중량석고보드( $\rho\leq 0.9$ ), PBG : 유리섬유 혼입석고보드.

SFRC : 보강철 섬유혼입 경량콘크리트( $\rho\leq 1.1\sim 1.2$ ). ALC : 기포콘크리트

철골조의 경우 조적조에 비하여 대부분 STC값이 낮은 구조적 특성을 보인다. 이를 보강하기 위해서는 공기층에 유리섬유 등의 흡음재를 충전하는 것이 필요하다. 철골조 학교 건물에서 스틸스

터드를 이용한 이중 간막이벽의 경우, 15mm 또는 12mm의 석고보드를 사용하면 모두 JIS 최저한도인 3급(D-30)을 만족한다. 그러나 JIS 1급(D-40)을 만족하기 위해서는 이중벽체 적정 구성재료가 석고보드 2장에 공기층을 두어야 한다. 석고보드 대신 유리섬유 혼입석고보드를 사용하면 벽체의 강도를 높일 수 있다.

경량간막이로 ALC판을 사용하는 경우에는 100mm의 두께에서 JIS 최저한도 3급(D-30)을 만족하지만, JIS 적정 차음등급인 1급(D-40)을 만족하기 위해서는 ALC 100mm에 양면몰탈 15mm를 바르는 것이 바람직하다.

4.2.2 바닥

철골조 건물에서도 바닥을 철근콘크리트조로 사용하는 경우가 많다. 슬래브 두께가 120mm이상이면 중량충격음에 의한 소음은 일본기준 2급 이상을 모두 만족시키며, 바닥 슬래브의 두께가 120mm에서 140mm로 두꺼워지면 중량충격음에 대한 등급이 향상된다. 압면이나 발포폴리스티렌과 같은 완충재를 적용시키는 경우에는 중량충격음 뿐 아니라 경량충격음도 개선된다. 표 4.7에서 바닥 구조의 구성재료와 충격음 특성과의 상관관계를 알 수 있다.

표 4.7 바닥구조의 구성재료와 충격음특성

항 목	바닥충격음에 대한 차음개선량	
	측정 결과	일본자료
슬래브 두께 (120→140 mm)	중량충격원 5dB개선 경량충격원 개선없음	중량충격원 5dB개선 경량충격원 개선없음
완충재 적용 (G/W, R/W)	중량충격원 5dB개선 경량충격원 20dB개선	중량충격원 5dB개선
벽체/바닥의 절연	중량충격원 5dB개선 경량충격원 5dB개선	
바닥 마감재	중량충격원 개선없음 경량충격원 5dB개선	
천장 구조물	중량충격원 약간개선 경량충격원 10dB개선	

바닥마감재는 경량충격음의 개선에 큰 영향을 미치므로 카페트나 타일 등 마감재의 선택도 중요하다.

데크 플레이트(deck plate)의 경우, 일반적인 리브(rib)부분의 깊이(depth)가 75mm 정도로 바닥충격음에 취약한 부분이 생기므로 리브(rib)의 깊이를 50mm 정도로 낮추고 전체 플레이트의 두께도 최소 135mm 이상으로 하는 것이 요구된다.

4.2.3 천장








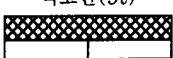
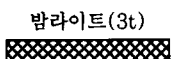

철근콘크리트조 건물은 간막이벽이 위층 바닥 슬래브까지 연결될 수 있으므로 천장 속을 통한 소음의 전달이 거의 발생하지 않지만, 철골조 건물에서는 교실과 교실사이의 간막이벽이 천장구조체까지 연결되기가 시공상 어려우므로 천장을 통해 옆 교실로 전달되는 소음이 발생할 수 있다. 이를 방지하기 위해서는 천장마감재가 소음을 흡수할 수 있어야 한다. 따라서 천장마감재의 흡음력이 교실의 차음성능에 중요한 영향을 미친다. 국내에서 생산되는 천장재의 차음량은 표 4.8과 같다. 표는 방재시험연구소에서 연구한 "달반자 구조의 압면천장재 차음성능 실험연구"의 일부로 국내 제품을 중심으로 달반자 차음량을 실험한 것이다.

4.2.4 개구부의 차음성능

차음의 취약 부위인 창은 유리의 두께, 크기, 기밀성 등의 여러 조건에 따라 다른 차음량을 가지고 있다. 설계 전 대지의 소음량을 파악, 분석하여 주파수별 필요한 차음량을 산정하여야 한다.

투과손실값은 외벽 유리창문의 경우 저주파수역에서는 유리 두께가, 고주파수역에서는 창문틀 주위의 틈에 의해 대부분 결정된다. 외부벽의 차음성능을 크게 저하시키는 주원인은 개구부의 주위 틈새에 의한 것으로 보통형 샷시의 이중창으로 할 때에는 중공부분 주위에 흡음처리를 하고 저음역 공명 주파수가 100Hz 이하가 되도록 유리 간격을 최소 15cm 이상으로 하면 투과손실의 상승을 크게 기대할 수 있다.

표 4.8 천장재의 종류별 달반자차음량

실험채명	구법	두께 (mm)	달반자차음량 (dB)	규격 (mm)	비 고
MT-300	T-Bar	15	36	603×603	
MT-400	T-Bar	15	36	603×603	
MT-410	T-Bar	15	35	600×600	
MT-4110	T-Bar	15	35	600×600	
MT-4110	T-Bar	15	35	600×600	
MT-420	T.H-Bar	15	41	300×1210	
MT-210	CMC-Bar	15	36	594×594	
MT-440	M-Bar	12	45	300×600	석고판(9t)  MT-440
밤라이트(3T)	M-Bar	3	38	300×600	밤라이트(3t) 
밤라이트(3T) + 판상단열재(15T)	M-Bar	18	43	300×600	밤라이트(3t)  판상단열재(15t)

(출처) 방재시험연구소, "달반자 구조의 압면천장재 차음성능 실험연구", 1996.11

### 4.3 소음방지를 위한 학교건축계획

학교의 교육 활동은 언어의 소통이 잘 되어서 교과내용이 학생들에게 잘 전달되고 이해되어야 한다. 그러나 외부에서 들어오는 여러 가지 소음으로 교육에 지장을 받는 경우가 많이 생기므로 부지내 평균소음도가 55 dB(A) 이하(ISO기준치)인 대지를 선정하여야 한다. 또한 소음원과는 가능한 멀리 떨어진 곳에 건물을 배치하고, 차음벽이나 수림대 등에 의한 차음효과를 얻을 수 있도록 한다.

건물의 배치에 있어서 Sound Lock Space를

활용함으로써 효과를 높일 수 있다. 창 면적비가 많이 필요치 않은 시청각실이나 소음이 많이 발생되는 컴퓨터실, 외부급식 차량의 용이한 접근이 필요한 식당 등을 소음원의 방향으로 배치하여 Sound Lock Space로서 활용할 수 있다.

학교 안에서 이루어지는 교육 활동은 다양하여 교실에 따라 소음원이 되는 곳과 또는 소음에 민감하게 영향을 받는 곳이 있다. 또한 실의 용도에 따라서 소음을 발생하는 정도와 이에 지장을 받는 정도가 변하는 경우도 많다. 예를 들어서 다목적 홀은 체육 시간에 사용되면 소음을 많이 내게 되고 강당으로 사용될 경우에는 소음의 방해를 받지

않아야 한다. 교실의 활동의 성격과 주위의 환경 조건에 따라서 일반교실, 특별교실, 강당 운동장 등을 적절히 구분하여 계획하여서 각 실의 평면배치를 정하는 것이 바람직하다. 음악실은 소리를 많이 발생하지만 밖에서 들어오는 소음에는 민감하게 영향을 받는다. 그러나 공작실의 작업들은 소음이 많이 나지만 밖에서 들어오는 소리에는 방해를 받지 않는다. 소음이 많이 나는 곳과 소음에 영향을 많이 받는 곳은 차음성능이 적절히 확보되도록 구조를 만들어야 한다.

초등학교 저학년의 경우 교실내에 교사실과 전용화장실이 요구되는 추세이므로, 교실과 교실 사이의 화장실과 교사실을 이용하여 인접 교실로의 소음전달을 완화시킬 수 있다. 그러나 이 경우에는 급배수음에 대한 고려가 이루어져야 할 것이다.

특히 철골조 학교의 경우, 구조체가 경량이므로 교실과 교실사이의 간막이벽을 통해 철판에 의한 소음이 전달될 수 있다. 따라서, 벽과 철판사이에 공간을 두고 철판은 천장과 바닥에 의해 지지되도록 설치하여 구조체를 통한 소음을 막는다. 교실 복도 사이의 간막이 벽을 통한 소음의 전달은 미국 Denver에 위치한 Columbine 고등학교의 사례에서와 같이 교실과 복도사이의 벽체에 락카를 설치함으로써 방지할 수 있다(그림 4.1).

또한 소음방지계획과 아울러, 점차 높아가고 있는 일반교실에서의 시청각교재 사용을 고려해 볼 때 교실의 음향계획을 적절히 검토하는 것도 중요하다.



그림 4.1 Columbine High School 내부복도의 락카

## 5. 설계지침

### 5.1 배치계획

- (1) 건물사이의 가능한 거리를 두어 어떤 대지에 대해서도 태양열획득을 유리하게 해야하며, 여름철에는 그늘을 형성하고 겨울철에 일사 획득을 위하여 건물대지 남쪽에 수림대를 형성한다.
- (2) 부지내 평균소음도는 55 dB(A) 이하(ISO기준치)인 대지를 선정한다. 또한 소음원과는 가능한 멀리 떨어진 곳에 건물을 배치하고, 차음벽이나 수림대 등에 의한 차음효과를 얻을 수 있도록 한다.
- (3) 개구부가 많이 필요치 않은 시청각실이나 소음이 많이 발생하는 컴퓨터실, 외부급식 차량의 용이한 접근이 필요한 식당 등을 소음원의 방향으로 배치하여 Sound Lock Space로써 활용할 수 있다.

### 5.2 실내환경계획

- (1) 외기에 접하는 출입구는 이중문으로 하거나, 방풍실을 설치하여 출입문의 개폐에 따른 열손실을 방지하도록 한다.
- (2) ASHRAE의 실용도별 필요환기량에서 교실 기준을 살펴보면 한 교실에 필요한 최소 환기량은 679.608m<sup>3</sup>/h가 되고, 권장환기량은 815.53m<sup>3</sup>/h가 된다. 철골조 학교건축의 단위교실당 인원수를 40명으로 가정하면 필요 환기량은 약 800m<sup>3</sup>/h 이상이 적당하다.
- (3) 철골조 학교 교실의 각 부분에 필요한 조도를 만족시키고 균제도를 향상시키기 위해서는 복도측에도 창이 필요하다. 같은 개구율이라도 복도측창의 비중이 커지면 균제도 면에서 유리하나 복도측창이 커질 경우 수업에 방해요인이 될 수 있으므로 이에 대한 고려를 해야 한다.
- (4) 에너지 절약의 관점에서는 편복도형 보다는 중복도형이 다소 유리한 형태라고 할 수 있

- 다. 편복도형인 경우에는 개구부를 통한 열손실을 최소화하기 위하여 개구부의 단열성능을 강화할 필요가 있다.
- (5) 철골조 학교의 개구부를 통한 일사량을 조절하고 단열성능도 향상시킬 수 있는 가장 효율적인 보조장치에는 베네시안 블라인드(venetian blind)가 있다. 베네시안 블라인드에는 수직블라인드와 수평블라인드가 있는데 동서향 개구부에는 수직형이 유리하고 남향에는 수평향이 유리하다.
  - (6) 중복도의 경우에는 복도측의 창을 크게 하거나 복도 또는 제단, 현관홀 등에 Top-light 등을 통한 자연채광을 적극 고려하는 것이 바람직하다.
  - (7) 철골조 학교는 채광의 관점에서 중복도형보다는 편복도형(채광창을 포함한)이 바람직하다. 이 경우 복도측창은 채광에 중요한 역할을 한다.
  - (8) 창의 개수가 1개 일 때는 개구율 25% 이상, 창의 개수가 2개일 때는 개구율 18% 이상, 창의 개수가 3개일 때는 개구율 17% 이상이 되어야 기준조도의 300~600lux를 만족시킬 수 있다. 이 범위 안에서 채광측창 높이는 1.4m~1.6m, 복도측 창높이는 0.5m~0.7가 알맞다.
  - (9) 철골조 학교의 교실과 교실간, 교실과 복도간 공기전달 소음의 경우, 벽자체의 투과손실보다는 인접실 간의 열려있는 부위(문의 틈새, 창의 틈새, 공조덕트, 급배수 설비 등)와 벽체의 틈구멍을 통해 이루어지는 우회경로를 통한 투과손실이 크므로 이를 최소화하도록 문, 창, 벽체의 틈새를 기밀화해야 한다.
  - (10) 칠판에 의해 교실과 교실간에 간막이벽을 통한 소음이 발생한다. 이를 방지하기 위해서는 칠판과 간막이벽 사이에 공간을 두어 구조체를 통한 소음전달을 차단하는 것이 바람직하다.
  - (11) 바닥과 가구의 접촉점의 검토(책상과 의자다리에 고무캡을 끼우는 것 등)를 하여 소음 발생을 방지하는 것이 바람직하다.

- (12) 철골조 학교 교실의 천장을 통한 소음의 전달을 막기 위해 천장마감재는 흡음력이 좋은 것을 선택해야 한다. 또한 철골조 학교 교실 내 잔향시간은 주로 천장마감재료의 흡음률에 의해 결정된다. 목표잔향시간 범위를 0.6~0.8초로 가정할 때, 천장마감재료의 흡음률은 0.2~0.5 정도가 요구되므로 이러한 흡음특성을 갖는 재료의 선택이 필요하다.
- (13) 철골조 학교의 바닥마감재료는 나무, 리놀리움, 아스타일 등 연질 바닥재료를 사용하여 소음발생을 억제하도록 한다. 또한 카펫나 타일과 같은 바닥마감재의 유무에 따라 경량 충격음의 차등등급에 큰 영향을 미치므로, 바닥마감재의 선택이 중요하다.

### 5.3 구조체계

- (1) 철골조 학교에서는 에너지절약을 위해서 '복층(2중) 유리창' 혹은 '3중 유리창'으로 계획하는 것이 유리하다. 창호는 기밀성을 유지하기 위하여 창문틀의 접합부를 밀실하게 시공하여야 하며 방풍장치를 하여야 한다.
- (2) 창틀에서의 열손실과 결로현상 및 그에 따른 인접벽의 노화현상을 막기 위하여 단열성이 높은 창틀재료를 선정하는 것과 아울러, 창틀 접합부에 고체성 비닐수지와 같은 열차단재를 맞물리게 설치하는 것이 바람직하다.
- (3) 열전도율이 비교적 높은 알루미늄 창틀을 사용할 때는 그 내부를 성능이 우수한 단열재로 충전시킨 것을 이용하여야 한다.
- (4) 철골조학교의 외벽체를 스틸스터드로 하는 경우, 우리나라에서 흔히 쓰이는 5.5인치 스틸드를 사용할 때 정상부위의 열관류율은 매우 양호하며 열교부위부분도 양호하다. 스틸스터드와 아이소코트를 사용할 때는 내측으로부터 12mm 석고보드(2겹), 압면, 5.5인치 스틸터드, 50mm 아이소코트(2겹), 외장용타일로 구성하는 것이 바람직하다.
- (5) 지붕은 겨울철 복사열의 획득보다 여름철 과열현상이 문제가 되므로 밝게 마감하는 것이

좋다. 북측벽은 일사획득이 거의 없는 반면 외부로의 복사열손실이 많으므로 밝은 계통으로 마감하는 것이 유리하다. 동측과 서측벽은 여름철 일사량의 과다로 냉방부하의 증가 및 과열이 우려되므로 역시 밝은 계통으로 마감하는 것이 좋다. 남측벽은 여름철 일사획득량이 비교적 적은 반면, 겨울철 일사량이 많으므로 흡수율이 높은 진하거나 어두운색 계통으로 마감하는 것이 유리하다.

- (6) 철골조 학교건물 외벽체의 내·외표면에 틈새가 있는 부분은 코킹제를 사용하여 기밀화시키는 것이 좋으며 외벽재료가 다공성일 경우, 외부를 에폭시수지로 마감하는 것이 바람직하다.
- (7) 바닥을 통한 열손실을 줄이기 위해서는 지중과 면한 부분을 단열하여야 하며 지중과 면한 바닥의 가장자리 부분도 단열재를 설치하여 열교현상으로 인한 열손실을 방지한다.
- (8) 스틸스터드를 이용한 간막이벽의 경우, 차음 성능을 높이기 위해서는 석고보드를 2겹 사용하고, 이중벽 사이에 공기층을 두는 것보다 유리섬유로 충전하는 것이 효과적이다.

경량간막이를 사용하는 경우, 시공시 간막이의 접합을 기밀화하여 틈이 생기지 않도록 하여 차음성능을 높인다.

- (9) 학교건축을 철골조로 시공할 경우, 기존의 조적조나 철근콘크리트조 보다 스펠의 길이를 자유롭게 할 수 있으므로 창의 개수 조절이 용이하다. 철골조 학교 교실에서 창의 개수가 1개일 때보다 2, 3개로 분할한 경우가 균제도 측면이나 조도획득 면에서 유리하다.
- (10) 철골조 학교의 바닥구조체로 데크플레이트를 사용하는 경우, 리브(rib)의 깊이가 깊으면 바닥충격을 전달이 우려되므로 이것을 최소화하기 위해 리브(rib)의 깊이를 낮게 하는 것이 바람직하다. 바닥슬래브에 완충재를 적용시키면 중량 및 경량충격음이 개선된다.
- (11) 외부차음성능을 크게 저하시키는 주원인은, 개구부의 주위틈새에 의한 것으로 보통형 샷쉬의 이중창으로 할 때에는 중공부분 주위에 흡음처리를 하고 저음역 공명 주파수가 100 Hz 이하가 되도록 유리간격을 최소 15cm 이상으로 하면 투과손실을 줄일 수 있다.