

# 鐵骨組를 利用한 學校增築 技術開發

## A Development of School Extension Technique with Steel Structure

김 상 대\* 서 치 호\*\* 나 우 천\*\*\*  
 Kim Sang Dae, Suh Chee Ho, Rah Woo Chun

### 1. 서 론

#### 1.1 연구배경

교육인적자원부에서는 1,200여개 고등학교(기존학교의 90%)를 대상으로 5,220개의 교실을 증축하고, 학급당 학생수는 OECD 수준의 학생수(35명/학급)가 되도록 시설의 증대를 추진하고 있으며, 향후 초등학교 및 중학교로 확대할 예정이다.(2001년 교육환경개선사업)

서울 소재 초등학교만 보더라도 20년 이상된 학교의 비율이 총 523개교 중 270개교로서 52%를 차지할 정도로 전국의 학교 건축물의 대부분이 노후화된 실정이다.

노후화를 개선하고 기능을 향상시키기 위해 학교건물의 일부분 또는 전체를 증축함으로써 건축물의 수명연장이 가능한 철골조 증축 기술개발이 필요하다.

#### 1.2 연구목표

- 철골조 학교 증축 모델 기본 계획안 작성 및 증축 계획 지침 개발
- 증축 유형별 구조 성능 검토 및 최적 구조 시스템 개발
- 철골조 학교 시공지침 개발
- 학교 증축 건축물의 설계 및 시공기술 지원

#### 1.3 연구내용

##### (1) 설계분야

- 철골조 학교 증축 모델 기본 계획안 작성 및 증축 계획 지침 개발
- 철골조 학교 증축 사례연구(수직, 수평, 별동)
- 증축 유형별 계획안 작성
- 환경 친화적 상세 계획 연구(단열, 보온 기능 및 차음, 방음)
- 철골조 학교 증축 계획 지침 개발

##### (2) 구조분야

- 철골조 학교 증축 기본 계획안에 대한 구조성능 검토 및 구조시스템 개발
- 증축 유형별 구조성능 검토 및 최적 구조시스템 개발
- 구조시스템별 성능 및 경제성 분석
- 시스템 별 구조해석 및 구조설계도서 작성

##### (3) 시공분야

- 철골조 학교 시공지침 개발
- 증축공사 시방연구 및 시공지침 개발
- 증축공사 공정별 작업 플로우 및 체크리스트 작성
- 증축 유형별 공기 및 공사비 분석

#### 1.4 기대효과

##### (1) 설계분야

학교의 상황과 요구에 적합한 증축유형의 적용과 그에 따른 표준화된 모듈과 규모를 설정함으로써 제7차 교육과정에 대한 시설의 확충과 가변적

\* 정회원, 고려대학교 건축공학과 교수  
 \*\* 정회원, 건국대학교 건축공학과 교수  
 \*\*\* 정회원, RAC건축사사무소 소장

인 이용을 가능하도록 한다. 또한 철골조로 인하여 건축폐자재를 줄이고 자원의 재활용이 가능하도록 하여 환경친화적인 계획이 가능하도록 한다.

(2) 구조분야

철골조는 RC조에 비해 약 7배정도의 강도를 가지고 있어 기존 RC조보다 장스팬(Span)을 형성할 수 있을 뿐만 아니라 부재의 단면을 작게 할 수 있으므로 RC조와는 달리 건물자중을 감소시킬 수 있어 증축시 기초구조에 전달될 수 있는 하중을 최소화할 수 있다. 또한 철골조는 건식공법을 적용함으로써 공기를 단축할 수 있어 학교 건물의 증축시 단기간내에 학생들을 수용할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그리고 부재를 공장 생산하므로 우수한 품질관리가 가능하며 철거 후 자재 대부분(70~80%)의 재활용 및 재사용이 가능하므로 환경친화적인 건축계획이 가능하다.

(3) 시공분야

본 보고서에서 제안된 증축유형별, 시공부위별 시공지침과 체크리스트는 철골조를 이용한 학교 증축공사에 있어서 실질적으로 활용될 수 있도록 구성하였으며, 증축유형에 따른 표준공사예정공정표를 제안하고 소요되는 원가에 대해 유형별로 분석하여 계산식을 제시하였으므로 증축공사 시공 시 표준적인 Manual로서의 역할을 담당할 것으로 기대되며, 현장에서의 공사관리를 원활하게 수행할 수 있는 지도서가 될 것으로 판단된다. 특히 증축공사를 수행할 때, 공사의 전체 흐름을 파악할 수 있도록 공사 전반에 걸친 시공기술을 정리하고 증축유형별로 유의해야 할 부분과 시공방법에 대해 분석하였으므로 현장의 감독·감리자 및 시공자에게 공사의 품질관리를 충실하게 수행하고 점검할 수 있도록 하는 길잡이가 될 것이며, 공사 초기에 공정표를 작성하고 원가를 설정할 수 있는 근거를 제안하였으므로 현장의 여건에 따라 추가하고 보완하여 그 축적된 자료를 데이터 베이스화 한다면 차후 철골조를 이용한 학교 증축공사의 시공에 관련된 종합 지침서로 집대성될 것으로 기대된다.

1.5 향후추진계획

(1) 설계분야

기존학교의 기본적인 표준을 정하여 여러 학교에 동시에 보편적으로 적용시킬 수 있는 표준화된 모듈계획과 기존부와의 접합부 디테일에 대한 표준화를 설정함으로써 시행자가 용이하게 이용할 수 있도록 객관화한다.

(2) 구조분야

본 보고서에서는 공간의 가변성으로 인하여 횡력저항 시스템으로 모멘트 저항골조를 선정하였으나 가새구조에 대한 보다 면밀한 해석 및 설계에 대한 연구 또한 진행되어야 할 것이며, 모듈화에 대한 연구 또한 진행되어야 할 것이다. 특정 모듈에 의해 설계된다면 보다 쉬운 구조설계 및 부재산정이 이루어질 수 있다.

또한 각형강관을 사용하였을 경우, 모멘트 접합이 아닌 인장접합에 대한 충분한 실험 및 연구가 이루어져야 할 것이다.

(3) 시공분야

철골조를 이용한 학교 증축공사를 보다 활성화하기 위해서는 철골조 증축기술의 개발뿐만 아니라 학교 증축공사를 계획하고 입안하며, 발주하고 집행하는 시행처의 관련자들의 인식도를 제고하는 노력이 필요한 것으로 판단된다.

그러나 철골조 학교 공사에 대해 프로젝트 진행과정의 전반에 걸쳐 전문적으로 공사감독업무를 수행할 수 있는 공사관리 감독자가 부족하고 기술적으로 이를 뒷받침할 수 있는 시스템이 형성되어 있지 못한 것이 현실이다. 특히 학교를 발주하는 교육청 및 교육기관의 실무담당자들이 철골조에 대한 이해와 인식의 부족으로 기존의 RC조를 구조체로 설계한 학교의 건립을 선호하고 있는 실정이다. 이러한 현실적 문제를 극복하지 못한다면 철골조 학교의 추진은 시범적 적용의 단계에서 정체될 가능성이 있으며, 신규 발주공사에 있어서도 그 적용범위가 매우 제한적인 것으로 그칠 것이다. 따라서 철골조 학교를 발주하고 관리·감독하는 교육기관의 실무 관계자들에게 철골조 학교에 대한 이해를 증진시키고, 철골조를 이용한 학교 증축의 유용성을 인식시킴으로써 학교 현장에서 직접 감독업무를 수행하게 될 감독자들에게 철골조 학교의 전체 프로세스에 걸쳐 단계별로 효율적이고 체계적인 감독요령을 제시하기 위한 지속적인 연구가 수행되어야 할 것이다.

2. 설계분야

2.1 학교 시설 계획 개요

세계화, 정보화, 다양화에 따른 교육체제의 변화와 급속한 사회변동, 교육여건 및 환경의 변화 등 교육에 관한 내외적인 체제 및 환경의 대폭적인

변화속에서 능동적인 대처방안이 요구되는 가운데, 1997년에 공포된 제7차 교육과정은 확실적인 교육 방법에서 벗어난 새로운 교육목표와 새로운 학교 건축의 모습을 찾기 위한 첫 돌과기이며, 창의적인 재양성을 위한 교육체제를 이룩하려는 교육개혁이다. 이에 제도적, 정책적으로 낙후된 학습공간을 부분적 증·개축하고 보다 합리적이고 효율적인 교육공간을 확보하고자 하는 노력이 수반되고 있기는 하지만, 2002년부터 실시된 제7차 교육과정에 따른 학습시스템의 변화에 능동적으로 대응하기는 어려운 상황이다. 따라서 본 연구는 7차 교육개정에 따른 학습시스템의 변화에 기능적으로 대응할 수 있도록 낙후된 기존교사 및 여유공간을 건축 계획적인 측면에서 증축함으로써, 2002년에 실시된 제7차 교육과정의 개정에 따른 다양한 학습 활동을 가능하게 하는데 목적이 있다. 제7차 교육과정에 있어 학교시설에 영향을 미치는 교육과정의 내용은 크게 다음의 4가지, 즉, 수준별 교육과정, 재량활동 신설 및 확대, 컴퓨터 교육의 강화, 학교 교과운영 및 편성의 자율화로 정리될 수 있다. 따라서 각각의 과목별 교과교실, 수준별 다양한 학습을 위한 다목적 교실, 정보화 교육을 위한 컴퓨터실과 학습정보자료실, 학생거점지역으로서의 활동지원시설과 편의시설, 교원의 연구활동과 근무여건의 향상을 위한 교사 연구실 및 교원 편의시설 등 새로운 학교 시설이 필요하게 된다.

2.2 학교 시설 규모 계획 및 스페이스 프로그램

학교 시설에 있어 교실의 경우는 교과별, 수업의 형태 및 교육 방침에 따라 일반교실, 재량 및 특별교실, 실습실, 수준별 교실, 대형/중,소형 강의실 등 다양하게 계획될 수 있으며, 이는 다양한 학습 그룹을 수용하고자 하는 새로운 교육과정의 방침을 적극적으로 반영한다. 교실의 경우와는 달리, 교육지원 및 관리행정 시설은 건축 계획적인 기준면적을 적용하여 산정 한다. 1인당 평균 소요면적을 기준으로 소요공간의 규모를 산정하며 모듈을 맞춰 조정한다. 필요한 소요실의 종류 및 실수는 제7차 교육과정을 실행하는데 필요한 기타지원시설을 추가하여 소요공간을 산정한다.

단위공간의 모듈은 학생의 학습활동과 생활에 적합한 크기를 지녀야 하며 책걸상 및 각종 보조장비의 설치에 충분한 공간이어야 한다. 교실공간은 질판을 잘 볼 수 있는 비례를 지니도록 해야

하는데, 가장 유용한 형태는 정사각형 혹은 가로, 세로 약 4:5 비율의 직사각형이다. 제7차 교육과정에서 교육부가 제시한 모듈은 8.4m×8.4m 모듈로서 선진국의 기준( 1인당 소요면적이 최소 1.8㎡/인 이상)과 건물자재 생산의 표준화(0.6m)를 감안한 치수이다. 제7차 교육과정에서는 수준별 이동 수업이 적용되기 때문에 모듈이 정해져 있더라도 이를 수행할 수 있도록 학습의 유형과 학급규모의 변화에 대응할 수 있는 탄력적인 공간계획이 필요하다. 따라서 결정된 모듈을 기초로 하여 가변적인 실 구성이 가능하도록 다양한 유형의 학습공간을 제시한다.

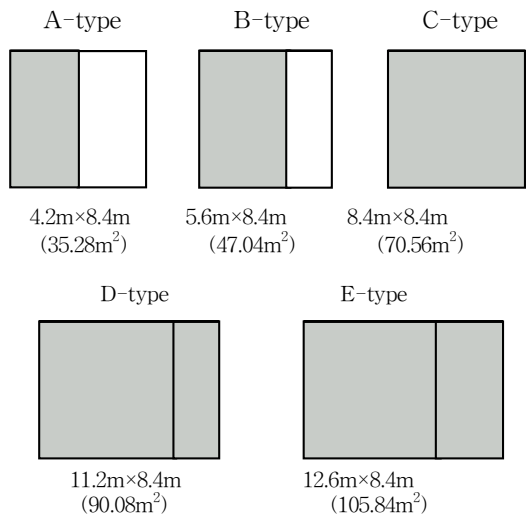


그림 1. 단위공간의 모듈

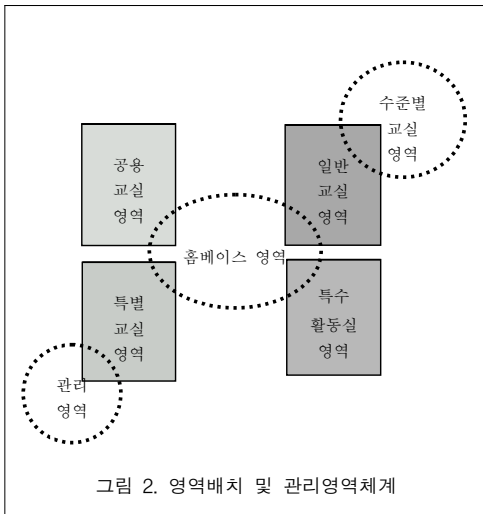
이렇게 다양하게 형성된 각 교실 및 학교내 부대 시설 유형들은 영역별로 그룹핑 되어 이동시의 혼란을 줄이고 건물전체 구성에 통일성을 부여할 수 있도록 일련의 스페이스 프로그램을 필요로 한다. 따라서 일반적인 교과수업을 하는 교과교실 영역, 수준별교실영역, 실습수업을 하는 특별교실영역, 학생생활의 중심인 홈페이지 영역, 관리 영역 등으로 그 성격에 따라 구분해 줄 필요가 있다. 각실별 구체적인 기능과 적절한 배치는 아래 표와 같다.

이러한 기본적인 시설 규모 산정 및 그룹핑 작업 외에도 최근 사회적 요구나 정책에 따라 다음의 사항들이 계획단계에서 추가로 고려되어야 할 것이다.

- 초등학교의 열린교육에 대응
- 중·고등학교의 수준별 이동식 수업방식에 대응
- 모든 교과에서 정보기술(IT)의 적극적인 활용
- 학교시설의 복합화 등

표 1. 각 영역별 스페이스 프로그램

|          |   |
|----------|---|
| 일반 교실영역  | 일반교실 수업이 주로 진행되는 교과를 한 영역으로 묶어 일반교실 교과 교실등을 구성                        |
| 수준별 교실영역 | 일반적인 기본수업을 진행하면서 심화, 보충 학습으로 분화-일반교실과 원활한 연결 고려                       |
| 특별 교실영역  | 실습위주의 교과, 한영역 내에 적층시 효율적, 이론/실습 수업의 비율을 고려하여 위치 및 동선연계 계획             |
| 공용 교실영역  | 실습위주교과의 교실과 재량 및 특활교실을 한 영역으로 구분, 융통성있는 교실 활용                         |
| 특수 활동실영역 | 시청각/도서/전산정보실 등 다양한 수업형태를 지원하는 시설. 지역주민에게도 개방가능. 독립성 유지 및 다른실과의 연계성 고려 |
| 홈베이스영역   | 학생들의 이동시 거점이 되는 영역, 학생 생활의 중심 및 휴게 공간                                 |
| 관리영역     | 학생 및 지역주민 출입관리를 위한 영역. 외부와의 연계와 생활지도를 위한 기능 고려                        |



2.3 철골조를 이용한 증축

변화하는 교육 형태에 맞는 교실 공간 및 그 외 학교 시설의 개선 노력이 정책화되면서 기존 학교의 증축사업이 본격적으로 전개되고 있다. 각 학교에서는 학생수, 교사수, 교과과정 및 수업 방식 등에 맞게 교실, 특별 활동실, 급식소, 체육관 등을 신설 혹은 재배치한다. 이 같은 증축 공사에서는 학교 부지, 규모, 공사기간, 비용 등의 문제에 따라 여러 가지 유형 및 공사형태가 제시될 수 있다.

철골조는 이러한 다양한 요구에 적합한 장점을 지닌 구조 시스템으로 안전성뿐만 아니라, 실의 크기나 외부형태에 있어 다양성을 꾀할 수 있으며, 변경 보수가 쉽고, 시공에 있어서의 경제성(공기단축, 시공성 등), 친환경적인 장점을 지니고 있어 그 보급이 점차 확대되어 가고 있는 추세이다. 이처럼 철골조 학교 증축이 정착되어 가는 과정에서 보다 다양하면서도 객관적이고 표준화 된 모델 개발을 위해 우리는 기존의 학교 증축 사례들을 검토해보고 이들을 분석, 정리 할 필요가 있을 것이다. 일반적으로 학교 증축의 유형에는 기존 건물에 대한 수평 증축, 수직 증축, 그리고 별도로 신축하여 기존 건물과 연결하는 방식의 별동 증축이 있다.

2.3.1 수평증축

- 기존건물의 측면에 증축하는 방안으로 철골프레임을 구성하고 지붕은 기존 건물과 동일하도록 평슬래브로 구성하는 방안

(1) 기존건물(4층)의 측면에 4개 층을 증축하는 경우 : 기존건물의 측면에 여유부지가 있는 경우 증축건물을 기존건물의 측면에 구성하고 증축부분에 대해서는 기존 건물의 형식을 그대로 사용하는 방법

(2) 기존건물(4층)의 후면에 4개 층을 증축하는 경우 : 기존건물의 후면에 여유부지가 있는 경우 증축건물을 기존건물의 후면에 구성하고 증축부분에 대해서는 중복도 형식을 사용하는 방법

2.3.2 수직증축

- 기존건물의 내화기준에 의거한 2가지 적용방안

(1) 기존건물이 3층 이하이고 1개 층을 증축하는 경우 : 스틸스터드를 이용한 내력벽체의 적용이 가능하여 증축구조물의 경량화를 극대화하는 방법

(2) 기존건물이 4층 이상이고 1개 층을 증축하는 경우 : 철골구조프레임을 구성하고 비내력 스틸스터드 벽체를 적용하는 방법

2.3.3 별동증축

기존 건물과는 무관하게 학교에 충분한 여유부지를 확보할 수 있는 경우, 교실 이외의 여러 복합시설을 증축하는 방법

2.4 유형별 표준모델

2.4.1 수평증축

수평증축인 경우는 비교적 학교부지의 여유가 있거나 대부분 기존건물이 구조적, 건축프로그램적

인 어려움이 있는 경우 증축하는 유형이다. 여기서는 기존 학교들의 층고인 3.3m를 연장하는 것을 표준화한다. 이는 편복도형과 중복도형으로 분류된다.

(1) 편복도형

일반교실 6개실, 학생 휴게실 1개실

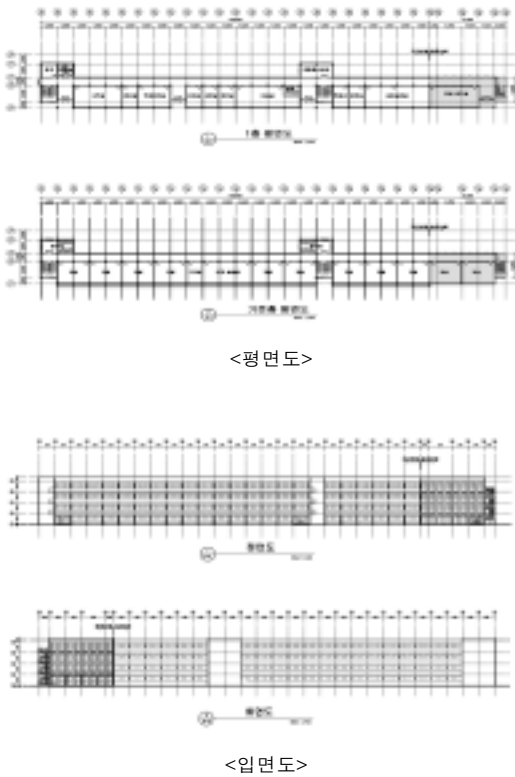


그림 3. 편복도형 수평 증축 표준모델

(2) 중복도형

일반교실 12개실, 학생 휴게실 1개실, 특별교실 1개실

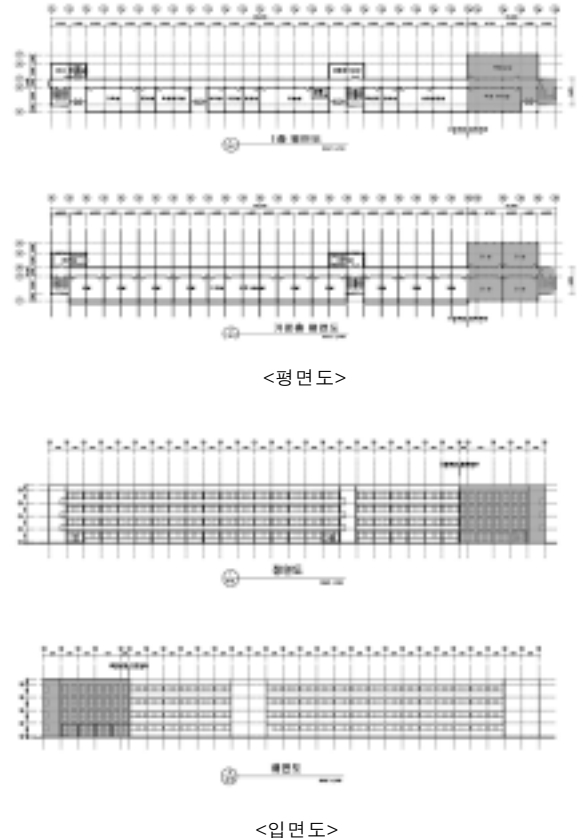
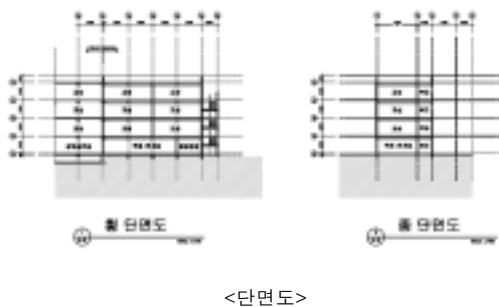


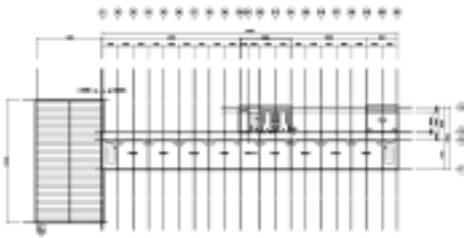
그림 4. 중복도형 수평증축 표준모델

2.4.2 수직증축

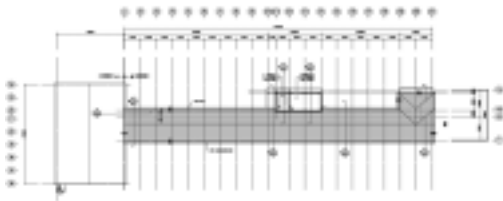
일반적으로 현재 도시에 위치해 있는 초등학교와 중학교의 대부분은 4층 규모의 7.50m×9.00m 스패를 갖는 RC조다.

수직증축은 기존건물의 구조적인 문제와 건축 프로그램상의 문제가 없는 경우에 증축되는 유형이다. 이에 따라 기존의 4층 RC조에 1개층을 수직으로 증축하는 것을 표준화한다. 특히, 증축부인 5층은 화재에 대한 내화구조가 요구되어 진다. 표준안은 일반교실 8개실, 특별교실 1개실, 교사 연구실 1개실로 계획한다.

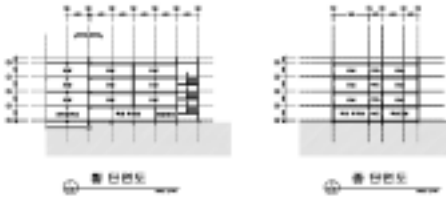




<평면도>



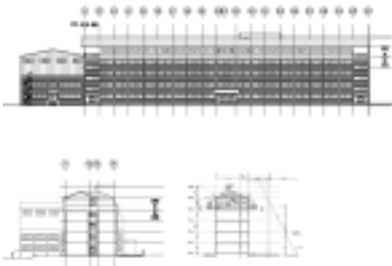
<지붕 평면도>



<단면도>



<입면도>



<입면도/단면도>

그림 5. 수직증축 표준모델

### 2.4.3 별동증축

대부분의 별동증축은 교실 이외의 여러 복합시설들이(정보센터, 식당 등) 필요한 경우에 증축되는 유형으로 기존 학교에 충분한 여유부지가 확보된 곳에 적합하다. 공간 영역 및 동선의 통합 분리, 추가되는 실의 규모, 종류 등을 고려하여 기존 건물과 적절한 연계성을 지니면서 시각적, 기능적으로 조화를 이루도록 계획되어야 하겠다.

### 2.5 소 결

본 연구의 계획분야에서는 철골조를 이용한 증축공사의 효율성을 극대화하고 활성화하기 위하여 2가지의 측면을 집중적으로 연구하였다. 첫째는 기존 건물 데이터의 세밀한 분석이고, 두 번째는 철골조의 구조시스템과 접합부 디테일을 분석하는 것이다.

증축계획에서 가장 중요한 것은 기존건물의 상태이다. 우선 기존 건물의 구조시스템, 모듈, 공법, 규모(층고, 스패)등을 분석해야 한다. 왜냐하면 증축프로젝트는 모든 것이 전적으로 기존 건물에 의존하기 때문이다. 특히, 수평증축의 경우 기존건물의 층고는 증축부 건물의 층고에 결정적인 역할을 하게 되고, 수직증축의 경우 1-2개 층을 증축할 수 있는 구조적인 안전이 전제되어야만 한다. 기존에 있는 대부분의 초등학교, 중등학교 교사는 4층 규모 RC조의 층고 3.3m로 되어있기 때문에 본 연구의 표준모델은 이 모든 것들을 가장 보편적인 상황으로 가정했다.

다음으로 교지의 상황과 학교측의 내부프로그램의 요구에 의해서 증축유형(수직·수평·별동증축)이 결정된다. 수평증축은 다시 편복도형과 중복도형으로 나뉘게 되는데, 가능하다면 중복도는 피하는 것이 바람직하다. 왜냐하면 차음문제와 함께 배면에 위치한 교실은 조망과 향이 좋지 않기 때문이다. 수직증축의 경우는 비교적 교지의 확보가 어려운 곳에 행하여지며 기존건물이 4층 이상이면 내화구조 규정에 의해 철골구조를 사용하여야 하며, 4층까지는 내력벽 스티드를 사용하면 된다. 별동증축은 최근에 학교에서 추진하고 있는 초등학교의 열린교육에 대응하거나, 중등학교의 수준별 이동식 수업방식에 대응, 모든 교과에서 정보기술(IT)의 적극적 활용, 학교의 복합화 등의 요구로 인해 증축되는 유형이다. .

이를 통해서 기존의 과밀도로 인한 학습저해를 해소하고, 교과목에 따라 융통성 있는 공간 이용은 물론 열린 학습에 적합한 시설이 될 수 있도록 한다.

수직·수평증축의 경우는 기존의 교실면적과 구조를 계속해서 유지하기 위해서 구조스팬은 7.50m×9.00m, 층고는 3.3m로 계획했다. 별도증축의 경우는 제7차 교육과정에 적합한 시설들의 융통성있는 이용을 위해 8.4m×8.4m의 구조스팬을 적용했다.

철골조는 이 모든 구조시스템과 모듈에 적용할 수 있는 매우 유리한 재료로서 뿐만 아니라 환경친화적인 재료로서 큰 장점을 가지게 된다.

열 환경적인 측면에서의 철골조 학교는 기존의 RC조에 비해 단열성능이 다소 유리하다. 빛 환경 측면에서 보면 철골조 학교는 기존의 RC조에 비해 스패의 길이를 자유롭게 할 수 있어 개구부의 디자인 및 개수조절이 다양해지며, 따라서 자연채광의 적절한 도입이 보다 용이하다.

또한 철골조는 RC조에 비해 자재의 제거작업이 용이하고, 부재의 재사용이 가능하여 날로 증가하는 폐자재 처리 등의 환경문제를 고려할 경우, 연한을 다한 RC조 건물과 같이 철거가 용이하지 않을 뿐 아니라 재료의 재사용이 불가능한 자재의 대안이 될 수 있어 환경친화적이라 할 수 있다.

또한, 기존건물과의 접합부 디테일사례 연구를 통해서 증축계획에서의 기술적인 문제의 해법을 제시함으로써 사용자 측면의 미적이고 기능적인 면을 개선했다. 이는 기존의 RC조에 철골조를 접합하는 것으로 구조적인 측면과 미관적인 측면으로 나뉠 수 있으며, 여기에는 실제적으로 많은 접합부 디테일과 그에 따른 기술이 요구된다.

### 3. 구조분야

#### 3.1 구조개요

##### 3.1.1 구조검토조건

증축안 6가지 유형에 대한 구조해석을 수행하여 부재를 설계한 후에 각형강관 기둥과 H형강 기둥을 사용하였을 경우의 경제성을 비교·분석하며, 기존RC 건물과의 접합상세 및 각형강관과 H형강과의 접합상세를 검토한다.

증축유형을 살펴보면 다음과 같다.

- (1) 수평증축-평지붕
  - 1) 편복도 분리형(3.2절 참조)
    - ① H형강 기둥을 사용할 경우
    - ② 각형강관 기둥을 사용할 경우
  - 2) 편복도 연결형(3.3절 참조)
    - ① H형강 기둥을 사용할 경우
    - ② 각형강관 기둥을 사용할 경우
  - 3) 중복도 분리형(3.4절 참조)
    - ① H형강 기둥을 사용할 경우
    - ② 각형강관 기둥을 사용할 경우
  - 4) 중복도 연결형(3.5절 참조)
    - ① H형강 기둥을 사용할 경우
    - ② 각형강관 기둥을 사용할 경우
- (2) 별도증축(3.6절 참조)
  - 1) H형강 기둥을 사용할 경우
  - 2) 각형강관 기둥을 사용할 경우
- (3) 수직증축-박공지붕(3.7절 참조)
  - 1) H형강 기둥을 사용할 경우
  - 2) 각형강관 기둥을 사용할 경우

#### 3.1.2 적용기준

본 연구에 적용하는 기준은 다음과 같다.

- (1) 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙 (건설교통부, 1999)
- (2) 건축물 하중기준 및 해석 (대한건축학회, 2000)
- (3) 강구조 계산규준 및 해석 (대한건축학회, 1983)

#### 3.1.3 사용재료

- (1) 콘크리트 :  $f_{ck} = 210 \text{ kgf/cm}^2$
- (2) 철 근 : KSD 3504 SD40  
 $(f_y = 4,000 \text{ kgf/cm}^2)$
- (3) 철 골  
 기둥 - SM 490 ( $F_y = 3,300 \text{ kgf/cm}^2$ )  
 보 - SS 400 ( $F_y = 2,400 \text{ kgf/cm}^2$ )

#### 3.1.4 구조 시스템

- (1) 중력저항 시스템  
 수직하중은 데크슬래브, 보, 기둥으로 구성된 골조구조에 의하여 지지된다.
- (2) 횡력저항 시스템 : 철골조 모멘트 저항골조  
 학교건물이 가지고 있는 특수성인 공간의 가변성을 고려하여 본 연구에서 고려하는 모든 증

축유형(수직증축, 수평증축, 별동증축)에는 철골조 모멘트 저항골조 시스템을 적용하여 가새설치로 인한 공간의 가변성에 대한 제한을 최소화하였다.

3.1.5 하중조합 및 변위제한

AIK-ASD83 허용응력도 설계기준에 의한 하기의 하중조합을 적용한다.

표 2. AIK-ASD83 허용응력도 설계기준에 의한 하중조합표

| 구분   | 하중조합             |
|------|------------------|
| LCB1 | D.L+L.L          |
| LCB2 | (D.L+L.L+WX)/1.5 |
| LCB3 | (D.L+L.L-WX)/1.5 |
| LCB4 | (D.L+L.L+WY)/1.5 |
| LCB5 | (D.L+L.L-WY)/1.5 |
| LCB6 | (D.L+L.L+EX)/1.5 |
| LCB7 | (D.L+L.L-EX)/1.5 |
| LCB8 | (D.L+L.L+EY)/1.5 |
| LCB9 | (D.L+L.L-EY)/1.5 |

DL : 고정하중, LL : 적재하중  
 WX : X방향 풍하중, WY : Y방향 풍하중  
 EX : X방향 지진하중, EY : Y방향 지진하중

횡하중에 의한 최상층의 변위, 층간변위 및 수직하중에 의한 수직변위는 아래의 제한치를 만족하여야 한다.

표 3. 변위제한

| 항 목  | 요 소               | 처 짐 제 한                                   |
|------|-------------------|---|
| 수직변위 | · 슬래브             | · L/360 (적재하중에 의한 즉시처짐)<br>· L/240 (장기처짐) |
|      | · 철골보             | · L/300 (고정+적재하중에 의한 즉시처짐)                |
|      | · 합성보             | · 4cm (고정하중)<br>· L/360 (적재하중에 의한 즉시처짐)   |
| 수평변위 | · 풍하중에 의한 최대변위    | · 건물의 수평변위 ≤ H/400                        |
|      | · 지진하중에 의한 최대층간변위 | · 층간변위량은 층고의 0.015배 이하                    |

3.1.6 해석 및 부재설계

해석은 Midas를 이용하여 수행하며, 증축유형과는 상관없이 AIK-ASD83 허용응력도 설계기준에 근거하여 부재에 대한 응력비를 검토하여 부재를 설계한다. 응력비(stress ratio)는 0.8~0.95정도의 수준에 맞추는 것으로 한다. 또한 수평증축의 경우에는 기존 건물과의 층고를 유지하여야 하기 때문에 최대 보춤(Depth)은 550mm를 초과할 수 없다.

3.2 수평증축에 대한 모델링 및 구조해석

- 편복도 분리형

3.2.1 H형강 기둥을 사용할 경우

기존 건물과의 연결부에 캔틸레버보를 설치함으로써 증축건물과 기존 건물을 완전히 분리시키는 유형이며 큰 보, 작은 보 및 기둥 모두 H형강을 사용한다. 이하 수평증축에 있어 복도유형에 상관없이 모든 분리형은 아래의 그림과 같이 캔틸레버 보를 설치하여 기존 RC건물과 분리하는 증축유형을 의미한다.



그림 6. 해석 대상건물(H형강기둥)

(1) 횡력저항 시스템에 대한 검토

1) 풍하중에 대한 최상층의 최대변위량 검토



표 4. 풍하중에 의한 최상층 변위

[수평 편복도 증축 : 분리형 (H형강 기둥)]

| 구 분 | 최상층의 변위량 | 변위제한    | 판 정             |      |
|-----|----------|---------|-----------------|------|
|     |          |         |                 | X 방향 |
| 풍하중 | Y 방향     | 2.73 cm | H/400 = 3.30 cm | O·K  |

2) 지진하중에 대한 최대층간 변위량 검토

표 5. 지진하중에 의한 층간변위

[수평 편복도 증축 : 분리형(H형강 기둥)]

| 구 분  | X 방향     |             |       |     | Y 방향     |             |       |     |
|------|----------|-------------|-------|-----|----------|-------------|-------|-----|
|      | 변위량 (cm) | story drift | 허용치   | 판 정 | 변위량 (cm) | story drift | 허용치   | 판 정 |
| Roof | 2.72     | 0.0008      | 0.015 | O·K | 2.21     | 0.0008      | 0.015 | O·K |
| 3    | 2.44     | 0.0013      | 0.015 | O·K | 1.93     | 0.0013      | 0.015 | O·K |
| 2    | 2.01     | 0.0017      | 0.015 | O·K | 1.51     | 0.0017      | 0.015 | O·K |
| 1    | 1.42     | 0.0043      | 0.015 | O·K | 0.92     | 0.0027      | 0.015 | O·K |

(2) 부재의 응력비

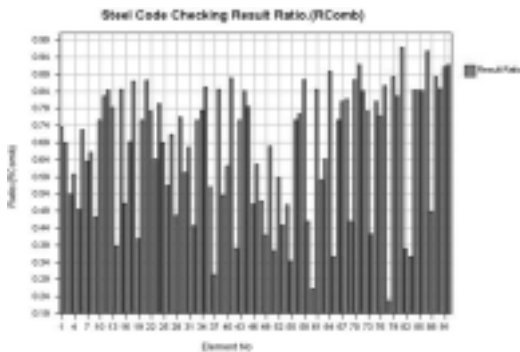


그림 7. 부재 응력비

[수평 편복도 증축 : 분리형(H형강 기둥)]

3.2.2 각형강관 기둥을 사용할 경우

큰 보와 작은 보의 부재로 H형강을 사용하며 기둥부재로는 각형강관을 사용한다.

(1) 횡력저항 시스템에 대한 검토

1) 풍하중에 대한 최상층의 최대변위량 검토

표 6. 풍하중에 의한 최상층 변위

[수평 편복도 증축 : 분리형(각형강관 기둥)]

| 구 분 | 최상층의 변위량 | 변위제한    | 판 정            |      |
|-----|----------|---------|----------------|------|
|     |          |         |                | X 방향 |
| 풍하중 | Y 방향     | 3.29 cm | H/400 = 3.3 cm | O·K  |

2) 지진하중에 대한 최대층간 변위량 검토

표 7. 지진하중에 의한 층간변위

[수평 편복도 증축 : 분리형(각형강관 기둥)]

| 구 분  | X 방향     |             |       |     | Y 방향     |             |       |     |
|------|----------|-------------|-------|-----|----------|-------------|-------|-----|
|      | 변위량 (cm) | story drift | 허용치   | 판 정 | 변위량 (cm) | story drift | 허용치   | 판 정 |
| Roof | 2.38     | 0.0007      | 0.015 | O·K | 2.61     | 0.0008      | 0.015 | O·K |
| 3    | 2.14     | 0.0015      | 0.015 | O·K | 2.32     | 0.0016      | 0.015 | O·K |
| 2    | 1.66     | 0.0016      | 0.015 | O·K | 1.80     | 0.0019      | 0.015 | O·K |
| 1    | 1.11     | 0.0033      | 0.015 | O·K | 1.18     | 0.0036      | 0.015 | O·K |

(2) 부재의 응력비

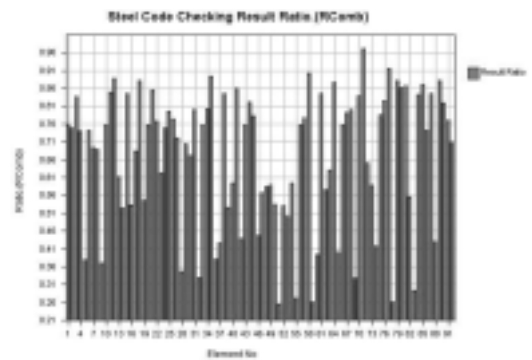


그림 8. 부재 응력비

[수평 편복도 증축 : 분리형(각형강관 기둥)]

수평증축 편복도 분리형의 경우, 풍하중과 지진하중에 대한 최상층의 변위량 및 최대층간변위를 검토한 결과 변위제한치를 모두 만족한다.

부재는 모두 0.8~0.85 정도의 응력비 범위내에서 설계가 가능하며 기존 건물과의 층고를 유지하기 위해서 층 바다 슬래브에서 철골보 하부면까지의 높이 2.6m를 유지해야 하는데 설계된 보는 이러한 조건을 만족하고 있다.

3.3 수평증축에 대한 모델링 및 구조해석

- 편복도 연결형

3.3.1 H형강 기둥을 사용할 경우

기존 RC건물의 기둥과 큰 보에 증축부분의 H형강의 작은 보 및 큰 보를 연결하는 유형으로 큰 보, 작은 보 그리고 기둥부재로 H형강을 사용한다. 이하 수평증축에 있어 복도유형에 상관없이 연결형은 기존 RC건물의 RC보와 RC기둥에 증축부분의 철골보를 연결하는 증축유형을 의미한다.



그림 9. 해석 대상건물(H형강 기둥)

- (1) 횡력 저항 시스템에 대한 검토
  - 1) 풍하중에 대한 최상층의 최대 변위량 검토

표 8. 풍하중에 의한 최상층 변위  
[수평 편복도 증축 : 연결형(H형강 기둥)]

| 구분  | 최상층의 변위량    | 변위제한            | 판정        |
|-----|-------------|-----------------|-----------|
| 풍하중 | X방향 -       | H/400 = 3.30 cm | O · K     |
|     | Y방향 3.52 cm | H/400 = 3.30 cm | say O · K |

- 2) 지진하중에 대한 최대층간 변위량 검토

표 9. 지진하중에 의한 층간변위  
[수평 편복도 증축 : 연결형(H형강 기둥)]

| 구분   | X 방향     |             |       |    | Y 방향     |             |       |       |
|------|----------|-------------|-------|----|----------|-------------|-------|-------|
|      | 변위량 (cm) | story drift | 허용치   | 판정 | 변위량 (cm) | story drift | 허용치   | 판정    |
| Roof | -        | -           | 0.015 | -  | 3.06     | 0.0012      | 0.015 | O · K |
| 3    | -        | -           | 0.015 | -  | 2.68     | 0.0018      | 0.015 | O · K |
| 2    | -        | -           | 0.015 | -  | 2.10     | 0.0023      | 0.015 | O · K |
| 1    | -        | -           | 0.015 | -  | 1.33     | 0.0040      | 0.015 | O · K |

- (2) 부재의 응력비

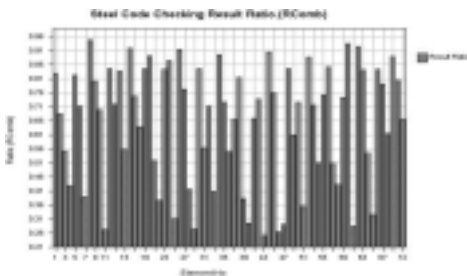


그림 10. 부재 응력비  
[수평 편복도 증축 : 연결형(H형강 기둥)]

3.3.2 각형강관 기둥을 사용할 경우 큰 보와 작은 보의 부재로 H형강을 사용하며 기둥부재로는 각형강관을 사용한다.

- (1) 횡력저항 시스템에 대한 검토
  - 1) 풍하중에 대한 최상층의 최대 변위량 검토

표 10. 풍하중에 의한 최상층 변위  
[수평 편복도 증축 : 연결형(각형강관 기둥)]

| 구분  | 최상층의 변위량    | 변위제한           | 판정        |
|-----|-------------|----------------|-----------|
| 풍하중 | X방향 -       | H/400 = 3.3 cm | O · K     |
|     | Y방향 3.49 cm | H/400 = 3.3 cm | say O · K |

- 2) 지진하중에 대한 최대층간 변위량 검토

표 11. 지진하중에 의한 층간 변위  
[수평 편복도 증축 : 연결형(각형강관 기둥)]

| 구분   | X 방향     |             |       |    | Y 방향     |             |       |       |
|------|----------|-------------|-------|----|----------|-------------|-------|-------|
|      | 변위량 (cm) | story drift | 허용치   | 판정 | 변위량 (cm) | story drift | 허용치   | 판정    |
| Roof | -        | -           | 0.015 | -  | 3.03     | 0.0012      | 0.015 | O · K |
| 3    | -        | -           | 0.015 | -  | 2.68     | 0.0018      | 0.015 | O · K |
| 2    | -        | -           | 0.015 | -  | 2.10     | 0.0023      | 0.015 | O · K |
| 1    | -        | -           | 0.015 | -  | 1.33     | 0.0040      | 0.015 | O · K |

- (2) 부재의 응력비

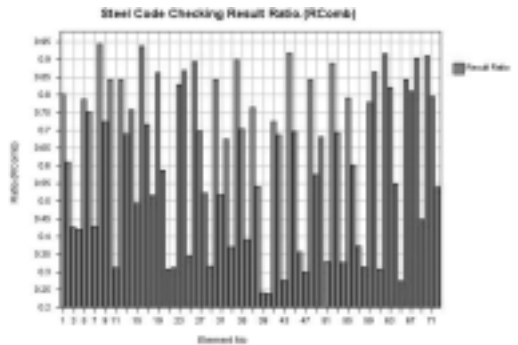


그림 11. 부재 응력비  
[수평 편복도 증축 : 연결형(각형강관 기둥)]

기둥의 종류에 상관없이 횡력에 저항하는 모멘트 골조의 감소로 인해 Y방향의 변위는 제한치를 초과하는 현상이 발생하나 기둥의 강성을 증대시

킴으로서 변위 제한치에 근사한 변위량을 유도할 수 있으며 상기의 변위량은 변위 제한치를 초과하기는 하나 초과분이 작기 때문에 사용성 및 구조에 큰 영향을 미치지 않는다.

또한 횡변위를 제어하기 위하여 기둥의 강성을 증대하였기 때문에 기둥부재의 경우는 다소 낮은 응력비의 부재를 사용하여야 하며, 일부 보의 춤(Depth)이 550mm를 초과하기 때문에 기존 건물과의 층고를 유지하기 위해서 필요한 층바닥 슬래브에서 철골보 하부면까지의 높이 2.6m를 유지할 수 없다.

이런 경우에는 가정된 보의 단면성능에 상응하는 부재를 사용하여야 하나 보와 기둥과의 접합이 용이하지 않을 수 있다.

(예 ; 보 단면이 H 582×300×12×17인 경우에는 바닥 슬래브에서 철골보 하부면까지의 높이 2.6m를 확보할 수 없으므로 이에 상응하는 단면성능을 갖는 H400×400 계열의 부재를 선택해야 하며 이 경우에 보와 기둥과의 접합의 용이함을 위하여 기둥부재 또한 응력비와는 무관하게 최소한 H400×400 계열을 사용하여야 한다.)

3.3.3 경제성 검토 및 결론

표 12. 수평 편복도 증축시 경제성 비교

(단위 : tonf, 만원)

| 구 분           |         | 물량 (tonf) | 단가 (만원) | 구조체 비용   |
|---------------|---------|-----------|---------|----------|
| 수평 증축 편복도 분리형 | H형강 기둥  | 보물량       | 25.81   | 1,666.25 |
|               |         | 기둥물량      | 12.94   |          |
|               | 각형강관 기둥 | 보물량       | 25.81   | 1,536.88 |
|               |         | 기둥물량      | 9.49    |          |
| 수평 증축 편복도 연결형 | H형강 기둥  | 보물량       | 26.68   | 1,462.00 |
|               |         | 기둥물량      | 7.32    |          |
|               | 각형강관 기둥 | 보물량       | 26.68   | 1,479.34 |
|               |         | 기둥물량      | 7.38    |          |

경제성 검토는 구조체의 물량에 대한 것이며, 수평 증축 편복도 분리형인 경우에는 각형강관 기둥을 사용하였을 때 경제적이지만 연결형의 경우에 있어서는 거의 차이가 없음을 알 수 있다. 연결형의 경우에는 횡강성을 증가하기 위하여 기둥부재의 단면을 증대시켰기 때문에 구조체 비용에 있어서는 별 차이가 나지 않는다.

따라서 수평 편복도 증축일 경우에는 연결형보다는 분리형이 다소 유리하다. 분리형으로 증축을 계획할 경우, 기존 RC건물과 증축건물을 이격시킴으로서 연결형이 가질 수 있는 RC건물과 철골부재와의 접합부에서의 결함 및 증축으로 인한 기둥 및 기초에 대한 응력집중을 미연에 방지할 수 있다. 뿐만 아니라 분리형이 연결형보다는 횡력에 대한 저항성능이 우수하여 적당한 응력비를 갖는 부재설계가 가능하다. 연결형으로 증축 계획을 할 경우에는 RC건물과 철골부재의 접합부에 대한 충분한 고려와 횡력에 대한 저항성능을 향상시키기 위해서 가새설치에 대한 검토가 필요하다.

3.4 수평증축에 대한 모델링 및 구조해석

- 증복도 분리형

3.4.1 H형강 기둥을 사용할 경우

(1) 횡력저항 시스템에 대한 검토

수평 증복도 증축분리형인 경우에는 횡력에 저항할 수 있는 모멘트 골조의 증가로 인해 횡력에 대한 저항성능이 우수하다.

따라서 풍하중에 의한 최상층의 최대 변위량과 지진하중에 의한 층간변위는 변위 제한치를 모두 만족한다.

(2) 부재의 응력비

설계된 부재의 응력비는 다소 높고 고른 응력비를 보이며 경제적인 구조설계가 가능하다.

3.4.2 각형강관 기둥을 사용할 경우

(1) 횡력저항 시스템에 대한 검토

기둥으로 각형강관을 사용하더라도 횡력에 저항할 수 있는 모멘트 골조를 다수 형성할 수 있기 때문에 H형강을 기둥으로 사용하였을 경우와 마찬가지로 풍하중에 의한 최상층의 최대 변위량 및 지진하중에 의한 층간변위량은 모두 변위 제한치를 만족한다.

(2) 부재의 응력비

기둥부재로 각형강관을 사용하는 경우, H형강 기둥을 사용하는 경우와 마찬가지로 높은 응력비에서의 부재설계가 가능하다.

3.5 수평증축에 대한 모델링 및 구조해석  
- 중복도 연결형

3.5.1 H형강 기둥을 사용할 경우

(1) 횡력저항 시스템에 대한 검토

수평 중복도 증축 연결형은 수평 편복도 증축 연결형과는 달리 횡력에 저항할 수 있는 모멘트 골조가 충분히 형성되기 때문에 풍하중 및 지진하중에 의한 횡변위는 변위 제한치를 모두 만족시킨다.

(2) 부재의 응력비

설계된 부재의 응력비 또한 수평 편복도 증축 연결형과는 달리 횡변위에 대한 저항성능이 우수하기 때문에 횡변위를 제어하기 위해서 기둥의 강성을 증가시키지 않아도 되므로 수평 편복도 증축 연결형의 설계된 부재와는 달리 보다 높은 응력비에서의 부재 설계가 가능하다.

3.5.2 각형강관 기둥을 사용할 경우

(1) 횡력저항 시스템에 대한 검토

기둥을 각형강관으로 사용하더라도 횡력에 저항할 수 있는 모멘트 골조가 충분히 형성되기 때문에 풍하중 및 지진하중에 의한 횡변위는 변위 제한치를 모두 만족시킨다.

(2) 부재의 응력비

기둥부재로 H형강을 사용하는 경우와 마찬가지로 횡변위에 대한 저항성능이 우수하기 때문에 횡변위를 제어하기 위해서 기둥의 강성을 증가시키지 않아도 되므로 수평 편복도 증축 연결형의 설계된 부재와는 달리 보다 높은 응력비에서의 부재 설계가 가능하다.

3.5.3 경제성 검토 및 결론

표 13. 수평 중복도 증축시 경제성 비교표

(단위 : tonf, 만원)

| 구 분                |            | 물량 (tonf) | 단가 (만원) | 구조체 비용 |
|--------------------|------------|-----------|---------|--------|
| 수평증축<br>중복도<br>분리형 | H형강<br>기둥  | 보물량       | 40.33   | 43     |
|                    |            | 기둥물량      | 17.39   | 43     |
|                    | 각형강관<br>기둥 | 보물량       | 40.46   | 43     |
|                    |            | 기둥물량      | 12.10   | 45     |
| 수평증축<br>중복도<br>연결형 | H형강<br>기둥  | 보물량       | 47.72   | 43     |
|                    |            | 기둥물량      | 14.17   | 43     |
|                    | 각형강관<br>기둥 | 보물량       | 49.22   | 43     |
|                    |            | 기둥물량      | 8.57    | 45     |

경제성 검토는 구조체의 물량에 대한 것이며, 수평증축 중복도형의 경우에는 연결형, 분리형 모두 각형강관 기둥을 사용하는 것이 경제적인 것으로 나타났다.

수평증축 편복도 유형과는 다르게 횡력에 저항할 수 있는 다수의 모멘트 저항골조를 형성하므로 횡변위에 대한 영향은 거의 받지 않는다.

하지만 수평증축 중복도 유형이 기존의 RC구조물과 연결되는 경우에는 기초에 과도한 하중을 전달할 수 있으므로 이에 대한 검토가 반드시 이루어져야 한다.

따라서 수평증축을 하는 경우에는 기존 건물과 연결하는 연결형보다는 과도한 하중의 전달 및 접합부에서의 하자발생을 최소화할 수 있고, 또한 횡력에 저항할 수 있는 모멘트 골조를 다수 형성할 수 있는 분리형이 경제적이면서도 효율적인 구조시스템이 될 수 있다.

3.6 별동증축에 대한 모델링 및 구조해석

3.6.1 H형강 기둥을 사용할 경우

별동증축의 경우에는 기존 건물과 완전히 분리할 수 있는 장점을 가지고 있으며 변화하는 교육공간의 요구에 부응할 수 있는 기능성과 가변성을 갖추고 있어야 하므로 별동증축의 경우에도 아래의 그림과 같이 철골조 모멘트 저항 골조 시스템을 동일하게 적용한다.



그림 12. 해석 대상건물 (H형강 기둥)

(1) 횡력저항 시스템에 대한 검토

별동증축의 경우에는 상기의 그림과 같이 X 및 Y방향으로 횡력에 저항할 수 있는 모멘트 골조가 다수 형성되므로 횡력에 대한 저항성능이 우수하여 풍하중에 의한 최상층의 변위 및 지진하중에 의한 층간변위 모두 변위 제한치를 만족한다.

1) 풍하중에 대한 최상층의 최대변위량 검토

표 14. 풍하중에 의한 최상층 변위  
[별동증축 - H형강 기둥]

|      | 구 분 | 최상층의 변위량 | 변위제한            | 판 정             |
|------|-----|----------|-----------------|-----------------|
|      | 풍하중 | X 방향     | 0.90            | H/400 = 3.48 cm |
| Y 방향 |     | 2.95     | H/400 = 3.48 cm | <b>O · K</b>    |

2) 지진하중에 대한 최대층간 변위량 검토

표 15. 지진하중에 의한 층간변위  
[별동증축 - H형강 기둥]

| 구 분    | X 방향     |             |       |              | Y 방향     |             |       |              |
|--------|----------|-------------|-------|--------------|----------|-------------|-------|--------------|
|        | 변위량 (cm) | story drift | 허용치   | 판 정          | 변위량 (cm) | story drift | 허용치   | 판 정          |
| P.Roof | 2.70     | 0.0007      | 0.015 | <b>O · K</b> | 1.39     | 0.00054     | 0.015 | <b>O · K</b> |
| Roof   | 2.42     | 0.0015      | 0.015 | <b>O · K</b> | 1.18     | 0.0088      | 0.015 | <b>O · K</b> |
| 3      | 1.91     | 0.0018      | 0.015 | <b>O · K</b> | 0.89     | 0.00097     | 0.015 | <b>O · K</b> |
| 2      | 1.33     | 0.0040      | 0.015 | <b>O · K</b> | 0.57     | 0.00173     | 0.015 | <b>O · K</b> |

(2) 부재의 응력비

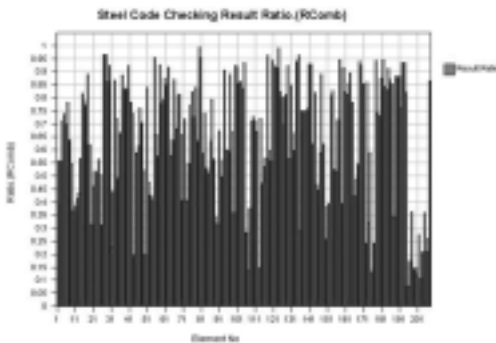


그림 13. 부재 응력비  
[별동증축 - H형강 기둥]

설계된 부재는 횡하중에 저항할 수 있는 모멘트 골조가 충분히 형성되므로 보다 높은 응력비에서의 부재설계가 가능하다.

3.6.2 각형강관 기둥을 사용할 경우

(1) 횡력저항 시스템에 대한 검토

각형강관을 기둥으로 사용하는 경우에도 횡력에 저항할 수 있는 모멘트 저항골조를 다수 형성할

수 있으므로 H형강을 기둥으로 사용하는 경우와 마찬가지로 횡하중에 의한 최상층의 변위 및 지진하중에 의한 층간변위 모두 변위 제한치를 만족한다.

(2) 부재의 응력비

설계된 부재는 H형강을 기둥부재로 사용하는 경우와 마찬가지로 횡하중에 저항할 수 있는 모멘트 골조가 충분히 형성되므로 보다 높은 응력비에서의 부재설계가 가능하다.

3.6.3 경제성 검토 및 결론

표 16. 별동증축시 경제성 비교표

(단위 : tonf, 만원)

| 구 분     |        | 물량 (tonf) | 단가 (만원) | 구조체 비용          |
|---------|--------|-----------|---------|-----------------|
| 별동 증축   | H형강 기둥 | 보물량       | 54.77   | 43              |
|         | 기둥물량   | 20.00     | 43      | <b>3,215.11</b> |
| 각형강관 기둥 | 보물량    | 54.77     | 43      |                 |
|         | 기둥물량   | 14.98     | 45      | <b>3,029.21</b> |

경제성 검토는 구조체의 물량에 대한 것이며, 각형강관을 기둥으로 사용하는 경우가 경제적인 것으로 나타나고 있다.

별동증축은 기존건물과 연결하지 않고 증축을 함으로서 슬래브 바닥으로부터 철골보 하부면까지의 높이, 2.6m에 대한 제한을 받지않을 뿐더러 기둥과 철골보 접합부에서의 문제점도 발생하지 않는다. 더욱이 기존 건물에 증축에 따른 과도한 하중을 전달하지 않는다.

3.7 수직증축에 대한 모델링 및 구조해석

수직증축인 경우에는 기존 건물의 최상층에 1개층 혹은 2개층을 증축하는 경우이므로 가능한 기존 건물에 전달되는 하중을 최소화시켜야 한다. 그렇지 않을 경우에는 기둥은 물론 기초에 과도한 하중이 전달되어 기존 건물을 보강하여 사용하여야 할 것이다.

따라서 경량철골의 지붕 트러스를 이용한 가새 구조물 혹은 박공형의 라멘조를 이용하여 지붕층의 하중을 최소화하는 방법을 사용할 수 있는 데 공간의 가변성을 확보하기 위하여 수직증축에 있어서 횡력저항 시스템으로 그림과 같은 박공형의 라멘조를 적용한다.

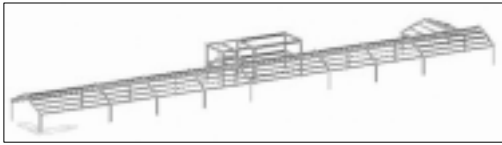


그림 14. 해석 대상건물(H형강 기둥)

3.7.1 H형강 기둥을 사용할 경우

(1) 횡력저항 시스템에 대한 검토

1) 풍하중에 대한 최상층의 최대변위량 검토  
 풍하중에 저항할 수 있는 모멘트 골조가 다수 형성되므로 변위 제한치를 만족하고 있다.

표 17. 풍하중에 의한 최상층 변위  
 [수직증축 - H형강 기둥]

|     | 구 분  | 최상층의 변위량 | 변위제한            | 판 정 |
|-----|------|----------|-----------------|-----|
| 풍하중 | X 방향 | 2.17     | H/400 = 4.13 cm | ○·K |
|     | Y 방향 | 2.67     | H/400 = 4.13 cm | ○·K |

(2) 부재의 응력비



그림 15. 부재 응력비

[수직증축 - H형강 기둥]

지붕층에 작용하는 하중이 적으므로 응력비 0.8 ~ 0.9 범위에서 부재설계가 가능하다.

3.7.2 각형강관 기둥을 사용할 경우

(1) 횡력저항 시스템에 대한 검토

X, Y방향 모두 풍하중에 저항하는 모멘트 저항 골조가 다수 형성되므로 횡력에 대한 충분한 횡 강성을 가질 수 있으며 H형강을 기둥으로 사용하는 경우보다 각형강관을 기둥으로 사용하였을 경우에 좀 더 적은 횡변위가 발생한다.

(2) 부재응력비

H형강을 기둥부재로 사용하는 경우와 마찬가지로 지붕층에 작용하는 하중이 작기때문에 응력비 0.8~0.9 범위에서 부재설계가 가능하다.

3.7.3 경제성 검토 및 결론

경제성 검토는 구조체의 물량에 대한 것이며, 각형강관을 기둥으로 사용하는 경우가 경제적인 것으로 나타나고 있다.

수직증축의 경우에는 특별히 기존 건물에 대한 검토를 반드시 수행하여야 하며 증축부분의 하중을 경량화하여 기둥 또는 기초로의 하중전달을 최소화하여야 할 것이다. 따라서 수직 증축시 RC로의 증축보다는 경량화가 가능한 철골조로 증축할 경우 기존 RC건물에 하중전달을 최소화할 수 있으며, 공기도 단축시킬 수 있는 장점을 가지고 있다.

표 18. 수직증축시 경제성 비교표

(단위 : tonf, 만원)

| 구 분   |         | 물량 (tonf) | 단가 (만원) | 구조체 비용   |
|-------|---------|-----------|---------|----------|
| 별동 증축 | H형강 기둥  | 보물량       | 19.2    | 43       |
|       |         | 기둥물량      | 6.24    | 43       |
|       | 각형강관 기둥 | 보물량       | 19.2    | 43       |
|       |         | 기둥물량      | 5.24    | 45       |
|       |         |           |         | 1,093.92 |
|       |         |           |         | 1,061.40 |

3.8 접합부 상세도

3.8.1 RC 기둥과 철골기둥과의 접합부 상세도

(1) H형강을 기둥으로 사용하였을 경우

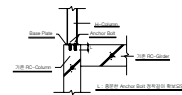
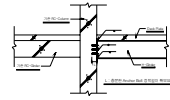


그림 16. H형강 기둥과 기존 RC기둥과의 접합부 상세도

1) 기존 RC기둥에 H형강 기둥을 접합하는 방법으로 RC기둥 상부면에 Base Plate를 설치한 후 Anchor Bolt를 이용하여 기둥을 정착시키는 방법이다.

2) Anchor Bolt를 설치할 경우, 절대로 RC기둥의 철근에 손상을 입히면 안되며 Base Plate는 RC기둥 사면으로부터 최소한 5cm이상의 여유공간을 확보하여야 한다.

3) Anchor Bolt의 정착길이는 최소한 120mm 이상이어야 하며 가능한 충분한 정착길이를 확보하여야 한다.



(2) 각형강관을 기둥으로 사용하였을 경우

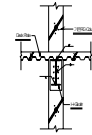
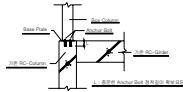


그림 17. 각형강관 기둥과 기존 RC기둥과의 접합부 상세도

1) 기존 RC기둥에 각형강관 기둥을 접합하는 방법으로 설치방법은 H형강기둥을 기존 RC기둥에 접합하는 방법과 동일하다.

### 3.8.2 RC 기둥과 철골보와의 접합부 상세도

(1) 증축되는 철골보를 기존의 RC기둥 혹은 RC보에 정착시키는 방법이다.

(2) RC기둥에 접합하는 경우에는 RC기둥의 주근에는 절대로 손상을 입히지 않도록 해야하며, 주근의 정확한 위치를 확인하여야 한다. 또한 RC보에 정착시킬 경우에도 RC보의 전단보강근에 손상을 입혀서는 않된다.

그림 18. RC기둥과 철골보와의 접합부 상세도

따라서 RC 기둥 및 보에 증축되는 철골보를 정착시킬 경우, 반드시 철근탐사기둥을 이용하여 주근 및 전단보강근의 정확한 위치를 파악하여야 한다.

(3) 슬래브 상부근을 연결하는 경우에는 기존 RC건물 슬래브를 상부근이 보일 때까지 치핑(chipping)한 후 충분한 정착길이를 확보한 후에 증축 슬래브 상부근을 정착시킨다.

### 3.8.3 각형강관 기둥과 H형강 철골보와의 접합부

(1) 기둥보접합부는 브래킷 형식을 원칙으로 한다.

(2) 기둥관통형식 : 기둥부재를 관통시켜서 보 플랜지에 대응하는 위치에 외다이아프램을 설치하는 방법이다.

(3) 보관통형식 : 충분한 정밀도를 가지는 골조가 제작되는 것이 확실한 경우 기둥을 보 플랜지 위치에서 절단하여 다이아프램을 관통하여 설치하는 방법이다.

3.9 소 결

증축유형별로 수평증축, 별동증축 그리고 수직증축에 대하여 구조시스템 및 부재선정 그리고 그에 따른 경제성을 분석하여 보았다. 모두 동일한 횡력저항 시스템인 철골조 모멘트 저항골조 시스템을 적용하였으며, 수평증축의 경우 각각 분리형과 연결형, 그리고 중복도형과 편복도형으로 나누어 H형강 기둥과 각형강관 기둥에 대한 해석을 수행하여 부재를 설계하였다. 별동증축 및 수직증축의 경우에는 H형강 기둥과 각형강관 기둥에 대한 해석 및 설계를 수행하였으며 결과를 살펴보면 다음과 같다.

(1) 증축유형별 비교

표 19. 수평 편복도 증축 성능 비교표

| 구 분          | 연결형    |         | 분리형    |         |
|--------------|--------|---------|--------|---------|
|              | H형강 기둥 | 각형강관 기둥 | H형강 기둥 | 각형강관 기둥 |
| 횡력저항 시스템     | ▲      | ▲       | ●      | ●       |
| 경제성          | ▲      | ▲       | ▲      | ●       |
| 기존건물에 미치는 영향 | ▲      | ▲       | ●      | ●       |

(● : 우수, ▲ : 보통)

연결형인 경우에는 횡력에 저항할 수 있는 모멘트골조의 감소로 인하여 횡력에 대한 저항성능이 분리형에 비하여 다소 떨어지며, 이로 인하여 연결형은 기둥의 종류에 상관없이 횡하중에 대한 변위 제한치를 만족시키기 위하여 기둥의 강성을 증대시켜야 하기 때문에 경제성에 있어서도 구조체 비용이 비슷하며 기존 RC건물에 추가적인 하중을 전달하므로 증축 이전에 반드시 기존 RC건물에 대한 구조검토가 선행되어야만 한다.

표 20. 수평 중복도 증축 성능 비교표

| 구 분          | 연결형    |         | 분리형    |         |
|--------------|--------|---------|--------|---------|
|              | H형강 기둥 | 각형강관 기둥 | H형강 기둥 | 각형강관 기둥 |
| 횡력저항 시스템     | ●      | ●       | ●      | ●       |
| 경제성          | ▲      | ●       | ▲      | ●       |
| 기존건물에 미치는 영향 | ▲      | ▲       | ●      | ●       |

(● : 우수, ▲ : 보통)

수평 중복도 증축인 경우에는 X, Y 양방향 모두 횡력에 저항할 수 있는 모멘트 골조가 충분히

형성되므로 연결형 및 분리형 모두 횡력에 충분히 견딜 수 있고 0.8~0.85정도의 응력비를 갖도록 부재를 설계할 수 있을 뿐만 아니라 각형강관을 기둥으로 사용하였을 경우가 다소 경제적이다. 하지만 연결형은 앞에서 언급한 바와 같이 기존 RC건물에 추가적인 하중을 전달하게 되므로 반드시 증축 전에 기존 RC건물에 대한 구조검토가 선행되어야 한다.

표 21. 수직증축 성능 비교표

| 구 분          | H형강기둥 | 각형강관기둥 |
|--------------|-------|--------|
| 횡력저항 시스템     | ●     | ●      |
| 경제성          | ▲     | ●      |
| 기존건물에 미치는 영향 | ●     | ●      |

(● : 우수, ▲ : 보통)

별동증축의 경우에는 X, Y 양방향으로 다수의 모멘트 골조가 형성될 수 있으므로 횡력에 대한 저항성능이 우수하며 기존 RC건물과의 연계성 또한 크지 않아 독립적인 구조설계가 가능하며 별동증축에 있어서도 각형강관을 기둥으로 사용하는 경우가 다소 경제적이다.

표 22. 수직증축 성능 비교표

| 구 분          | H형강기둥 | 각형강관기둥 |
|--------------|-------|--------|
| 횡력저항 시스템     | ●     | ●      |
| 경제성          | ▲     | ●      |
| 기존건물에 미치는 영향 | ▲     | ▲      |

(● : 우수, ▲ : 보통)

수직증축의 경우에는 X, Y 양방향으로 다수의 모멘트 골조가 형성될 수 있으므로 횡력에 대한 저항성능이 우수하나 추가적인 하중이 기존 RC건물에 전달되므로 반드시 증축 전에 기존 RC건물에 대한 구조검토가 선행되어야 한다. 수직증축에 있어서도 각형강관을 기둥으로 사용하는 경우가 다소 경제적이다.

(2) 각형강관 기둥을 사용할 경우 접합부에 대한 검토

표 22. 접합부에 대한 성능 비교표

| 구분      | 보관통형 | 기둥관통형 |
|---------|------|-------|
| 시공의 용이성 | ▲    | ●     |
| 경제성     | ▲    | ●     |



보관통형인 경우에는 충분한 정밀도를 가지는 골조가 제작되는 것이 확실한 경우에만 적용하여야 하며 추가적으로 관통블럭을 만들어야 하므로 기둥관통형에 비하여 다소 경제성이 떨어진다.

단, 압연형강이 아닌 조립부재를 사용하면 기둥 제작시 가공비에 대한 비용이 추가로 들기 때문에 상당한 양의 비용상승이 예상된다.

#### 4. 시공부분

시공부분의 연구는 철골조를 이용한 증축공사의 타당성과 당위성을 검증함으로써 철골조를 사용한 학교 증축공사의 활성화를 도모하기 위하여 철골조를 이용한 학교 증축공사기술에 대해 시공적 측면에서 검토하고 분석하며, 기존의 학교 시설물에 대해 철골조를 이용한 증축공사에서 요구되는 기존 구조물의 상태를 진단하고 평가하여, 이를 기초로 한 기존 구조물의 부분적 해체 및 보강공법을 정리, 분석하였다. 또한 철골조 증축공사에 필요한 부위별 시공기술을 검토하고 시공지침을 제안하였으며, 철골조 증축공사의 공사기간에 관련된 사항과 공사비에 연관된 부분에 대해 철근콘크리트조를 이용한 증축공사와 비교 분석하여 증축공사의 유형별로 공사비를 검토하였다.

##### 4.1 기존 구조물에 대한 진단 및 평가

기존의 학교 건축물이 일부를 제외하고는 대부분 증축공사를 고려하지 않고 설계된 관계로 이에 대한 구조체의 성능 파악 및 보강이 이루어져야 하며, 내진성능의 확보 및 설비기기의 개보수, 추가 설치 등에 대한 대책도 요구되고 있다. 특히, 성능저하 등의 문제점을 가지고 있는 기존 구조체와 증축공사 철골조 접합부위에 대한 재료와 공법 등에 대한 성능론적 접근과 표준화된 보수보강 기술의 정립이 필요하다.

##### (1) 콘크리트의 균열조사

콘크리트의 균열은 여러 가지 원인에 의하여 콘크리트의 경화를 전후로 나타나는데 균열이 표면에서 관측되어질 때면 이미 콘크리트 내부조직에는 미세 균열로 인하여 조직이 상당히 손상되어 있다고 볼 수 있다. 이러한 균열은 내력이나 내구성에 영향을 미치게 되므로 이에 대한 조치가 필요하다. 그러므로 콘크리트 구조물에 대해서는 균열의 발견에 유의하고 균열이 발생한 경우에는 효율적인 균열보수를 위하여 균열의 원인을 규명하기 위한 균열조사가 선행되어야 한다.

##### (2) 콘크리트 구조물의 변위, 변형의 조사

구조물은 재하하중이나 지진력 등의 외력에 따라서 수직방향 혹은 수평방향으로 변위가 생길 경우 변위량이 허용치를 초과하는 경우나 과도한 외력작용에 따라 구조물에 소성변형이 생기며, 지반 침하, 이동, 지지력 저하 등에 따라서 변위, 변형이 생긴 경우는 구조물의 안정에 장애가 생긴다.

조사에 있어서는 변위, 변형이 생긴 원인의 규명, 구조물의 내력판정, 기능장애 정도, 다른 부재 또는 구조물에서의 영향정도에 유의하면서 구조물 전체의 변위, 변형상태를 파악하는 것이 중요하다.

##### (3) 콘크리트 품질조사

기존 구조물의 콘크리트에 대한 압축강도의 측정에는 구조체로부터 콘크리트 코어를 채취하여 강도시험을 행하여 그 값을 취하지만, 코어의 채취 위치나 개수의 한정, 구조물의 부분적 손상에 따른 제반 문제점 및 경비 등의 면에서 특별한 경우를 제외하고는 적용되지 않는다. 따라서 콘크리트 강도를 추정하는 보조수단으로 콘크리트 강도의 비파괴시험이 활용된다.

##### (4) 철근탐사

콘크리트 구조물에 있어서 구조내력이나 강성을 산정 검토하기 위하여 기존 건물의 기둥·보·바닥·벽 등의 배근에 관하여 조사할 필요성이 발생할 경우가 있다. 이러한 경우에는 구조체를 손상시키지 않고 조사하는 비파괴조사에 의하지만 그렇게 하지 않으면 철근에 피복된 콘크리트를 제거한 후 철근을 노출시켜 조사하게 된다.

##### (5) 시설물의 상태 평가기준 및 방법

상태평가는 시설물 주요 구조부에 대한 재료 및 육안검사에서 조사된 상태에 대한 평가를 포함한다. 책임기술자는 점검·진단결과 각 부재로부터 발견된 결함을 근거로 하여 결함의 범위 및 정도에 따라 A, B, C, D, E의 5가지 단계로 상태등급을 매긴다. 점검이 확실히 이루어졌는지 확인하는 대조표인 동시에 기록용 문서로서 이용하기 위하여 점검자는 육안검사 결과를 안전점검 서식에 각기 요소의 결함 또는 노후화의 형태, 크기, 양 및 심각한 정도 등을 기록하여야 한다.

##### 4.2 기존 구조체의 부분해체 및 보강공법

##### (1) 부분 해체공법

철골조를 이용한 학교 증축공사에 부분적 해체공사가 요구될 때 적용하며, 부분해체공사에 적합한 공법은 핸드 브레이커 및 절단기에 의한 공법,

다이아몬드 와이어 쇼 공법 등이 적용될 수 있다.

(2) 기존 구조체의 보수·보강

보수는 구조물에 작용한 위해요인에 의해 발생한 구조물의 손상을 치유하는 것을 말하며, 보강이란 설계하중 이상의 하중 등 위해요인에 구조물이 안전하도록 하기 위해서 구조물의 내하력 등을 증진시키는 것을 말한다.

노후화된 구조물에 대한 보수·보강은 손상구조물의 영향정도, 구조물의 중요도, 사용환경조건 및 경제성 등에 의해서 보수·보강 방법 및 수준을 결정하여야 한다. 따라서 보수를 위해서는 상태평가 결과 등을, 또 보강을 위해서는 안전성 평가 결과 등을 정밀검토 후 보수·보강 필요성, 방법 및 그 수준을 제시하여야 한다.

보수의 필요성은 발생한 손상(균열 등)이 어느 정도까지 허용되는가의 판단에 의하여야 하며, 이를 위해 각종 치침 및 각종 기준(표준시방서 등)을 참조한다. 보강의 경우는 부재안전율을 각종 기준에서 정하는 수치이상으로 하기 위하여 어느 정도까지 부재단면 등을 증가하여야 하는지를 판단하여야 한다.

4.3 증축공사부분 시공지침

철골조를 이용한 학교 증축공사를 수행함에 있어서 요구되는 시공상의 제반 사항에 대해 체계적으로 정립되어 증축공사의 원활한 진행이 될 수 있도록 하는 것이 필요하다. 증축공사에 있어서 가장 문제점으로 대두되는 사항은 각 시공부위가 기존의 구조체와 접합되는 부위의 시공에 관련된 것이며, 또한 각 부위를 시공할 수 있는 시공기술의 정립이다. 이와 함께 시공지침을 제시함으로써 현장을 관리, 감독하는 시공관리감독자가 본 시공지침에 의거하여 공사를 관리할 수 있도록 하여 요구되는 품질기준을 확보하고, 예상되는 소요공기 및 공사비에 적합하게 공사를 수행·유도할 수 있도록 하는 것이다.

(1) 별동증축공사

별동증축공사는 각 부위별 공사에 있어서 신축되는 공사와 동일하므로 기존의 시공지침을 참조하여 공사를 수행한다.

(2) 수평증축공사

가) 기초

1) 기존 기초에 대한 평가

기존의 기초에 인접하여 굴토를 하고 증축공사

부분의 기초를 시공하게 되는 수평증축공사는 기존의 기초 저면의 지반이 거동하지 않도록 조치를 취한 후 공사를 수행하여야 한다.

2) 연속기초를 이용한 기초보강

기존의 기초형태가 연속기초이고 사전에 충분한 검토작업 없이 굴착을 시행하여 기존 기초 저면의 지반이 이완되었다면, 기존의 기초 아래를 적당한 간격으로 직사각형 구덩이를 굴착하여 보강하는 연속기초를 이용한 기초보강방법이 있다.

3) 주입공법을 이용한 지정

기존 지정에 대한 보강의 목적으로 기초 저면의 목표 깊이까지 고결된 지지층을 형성하기 위하여 자갈층이나 사질토 지반에서는 화학약품을 주입할 수 있다.

나) 기둥

수평증축공사와 관련된 기둥의 시공은 신설된 기초 상부에 철골 주각부를 형성하고 철골기둥을 설치하기 때문에 시공지침에 의거하여 시공한다.

다) 보

수평증축공사 시 신설된 기둥과 기둥 사이의 보 설치공사는 시공지침을 참조하며, 기존의 콘크리트 기둥과 철골 기둥을 연결하는 보의 경우에는 콘크리트 기둥과의 긴결방법이 매우 중요한 사항으로 대두된다. 콘크리트 기둥과 철골 보의 연결방법은 크게 케미컬앵커를 이용하는 방법과 기계식 앵커를 이용하는 방법으로 구분할 수 있다. 그러나 어느 방법을 사용하던지 기존의 콘크리트 기둥의 성능에 대한 평가가 선행되어야 하며, 콘크리트 기둥의 내력을 저하시키지 않는 범위 내에서 안전한 방법을 선정하여 시공하여야 한다.

라) 바닥

기본적으로 철골조를 이용한 증축공사에 있어서 바닥공사는 데크플레이트를 사용하여 시공하는 것이 바람직하다. 또한 수평증축공사에 따른 바닥공사는 기존 건축물의 바닥 레벨에 따라 동일하게 시공하는 것이 일반적이다. 따라서 동일 층의 슬래브와 슬래브가 신축줄눈을 사이에 두고 연결되는 형태를 가지게 되는데 여기서 가장 유의해야 할 사항은 기존의 슬래브와 신설된 슬래브 사이의 신축줄눈에 대한 조인트 처리에 관한 것이 된다.

그러므로 기존 구조체와의 접합부위는 접합부에 완충재를 설치하여 구조체의 거동에 따른 변

위를 흡수할 수 있도록 하고 바닥 마감재가 설치되는 부위는 재료분리대를 설치하여 시공한다.

마) 지붕

수평증축공사에 따른 지붕공사는 기존 건축물의 지붕형태에 따라 동일하게 시공하는 것이 일반적이다. 학교 건축물에 있어서 대부분의 지붕은 평슬래브 지붕으로 이루어져 있다. 따라서 평슬래브와 평슬래브가 신축줄눈을 사이에 두고 연결되는 형태를 가지게 되는데 여기서 가장 핵심적인 사항은 신축줄눈에 대한 조인트 처리에 관한 것과 기존의 평슬래브와 신설된 평슬래브 사이에 연속된 방수층을 형성하는 것이 된다.

(3) 수직증축공사

가) 기초

수직증축공사를 시행하는 경우에는 기존의 기초에 하중이 부가되어 작용하기 때문에 사전에 기초가 증축공사를 고려해서 설계되었는지, 또는 증축공사를 하여 증가되는 하중을 견딜 수 있을 만한 내력을 지니고 있는지에 대해 구조적인 검토와 판단이 선행되어야 한다.

1) 내립기초

기초 기초의 침하를 막기 위하여 기초의 침하영역 저면의 상대적으로 항복이 안 된 지반까지 기초를 내리는 방법이 있다.

2) 기초보강공법

수직증축공사에 있어서 기초의 내력이 문제가 될 경우 수평증축공사에서 적용되었던 주입공법과 대좌를 이용한 기초보강공법이 적용될 수 있다.

나) 기둥

기존의 철근콘크리트 구조물 상부에 철골조를 이용하여 증축공사를 시행할 경우 철골기둥은 철근콘크리트 기둥과 접합하여 설치되므로 이의 시공에 유의하여야 한다.

- 1) 앵커볼트 매입공의 친공
- 2) 앵커볼트 설치
- 3) 베이스플레이트 지지
- 4) 기둥의 고정

다) 보

수직증축공사와 관련된 보의 시공은 신설된 철골 기둥에 철골 보를 설치하기 때문에 제시된 시공 지침에 의거하여 보를 시공한다.

라) 바닥

수직증축공사에 있어서 바닥공사는 기존의 지붕 슬래브 위에 바닥을 설치하기 때문에 바닥 마감

공사와 관련되어 있다. 따라서 기존의 지붕 슬래브의 누름 콘크리트 층을 전술한 기존 구조체의 부분해체 및 보강공법에 제시되어 있는 공법을 적용하여 해체한다. 이때 바닥은 슬래브의 방수를 위하여 보통 1/100의 물매를 가지고 있으므로 고름모르터를 시공하여 바닥의 평탄화 작업을 선행하여 실시한 후 바닥 마감공사를 수행한다

마) 지붕

수직증축공사에 있어서 지붕공사는 신설된 구조체 위에 지붕을 설치하기 때문에 제시된 시공지침에 의거하여 지붕공사를 시공한다.

4.4 공사관리

(1) 공정관리분석

철골조를 이용한 학교 증축공사 시 표준화된 공정을 제시하기 위하여 별동증축공사의 공정을 분석하여 일반화된 철골조학교 별동증축공사의 공정을 제시하고자 하였다. 별동증축공사는 SM 중 고교 정보종합센터 증축공사의 계획공정을 참조하였으며, 이에 기반하여 철골조학교 증축공사의 유형에 따른 공사의 내용과 특성을 고려하여 수평 증축공사와 수직증축공사의 공정을 제안하였다.

철골조를 이용한 증축공사의 공정을 분석하고 제안하기 위하여 PDM기법을 사용하였으며, 프로그램은 SAS를 사용하였다.

가) 별동증축공사

SM 중고교 정보종합센터 증축공사는 건축면적 1,292.39m<sup>2</sup>이며, 연면적은 3,479.53m<sup>2</sup>로서 지상 3층의 철골조 건물이다. 기초의 형식은 강관파일 지정이며, 지붕의 형태는 평슬래브로 형성되어 있는 건물로서, 절대공기 7개월이 제시되어 있었다. 공정표 작성결과, 주공정선은 가설 및 기초공사 등과 철골설치, 철근콘크리트공사, 금속공사, 목공사 및 수장공사, 마무리공사 등을 나타내는 기존의 공정표와는 다른 주공정선을 나타내었다.

공사기간은 6개월 7일 정도가 소요되어 공사에 예정공정표보다 약 3주 정도를 단축할 수 있는 것으로 분석되었다.

따라서 공사의 진행순서를 과학적으로 설정하고 사전에 공사에 대한 충분한 검토작업을 수행하여 체계적인 공정계획을 수립한다면 공기단축과 원활한 공사관리가 가능한 것으로 판단된다.

나) 수평증축공사

구조물의 보수보강 및 부분해체공사와 관련된

공중의 추가에 따른 공사기간의 변동은 발생하지 않아 공사기간은 총 6개월 7일 정도가 소요되어 별동증축공사의 예정공정표와 같은 것으로 분석되었다.

따라서 동일한 연면적을 갖는 수평증축공사는 관련 공종과 공사에 영향을 미치는 각종 여건의 변화에도 불구하고 특수한 사정이 발생하지 않는다는 가정 하에서 별동증축공사와 같고 공정의 진행순서도 별다른 차이점을 가지고 있지 않은 것으로 나타났다.

다) 수직증축공사

수직증축공사는 별동 및 수평증축공사와 달리 주로 1개 층 정도의 증축공사가 이루어지기 때문에 공사의 규모가 작을 수밖에 없으나 공정관계를 상호비교하기 위하여 별동증축공사 및 수평증축공사와 동일한 연면적을 가지는 것으로 가정하여 공정계획을 수립하였다.

공사기간은 총 5개월 12일이 소요되는 것으로 나타났는데, 이는 기초공사와 관련된 공정이 삭제되고, 철근콘크리트공사와 관련된 공종도 불필요하기 때문인 것으로 분석되었다.

따라서 수직증축공사의 경우, 동일한 연면적의 별동증축공사 및 수평증축공사에 비해 약 1개월 정도 공사기간을 단축할 수 있는 것으로 판단된다.

(2) 원가관리분석

기존의 학교 신축공사 및 증축공사 사례의 공사비를 중심으로 하여 각 구조형식에 따른 공사비를 산출하여 철근콘크리트조와 철골조를 상호비교하고, 증축공사유형에 따라서는 이를 지수화하고 공사비에 가중치를 부과하여 분석하는 방법으로 연구를 수행하였다.

철골조학교의 공사비 구성을 분석하기 위하여 공사의 규모가 비슷한 C고등학교 신축공사의 설계내역서와 S고등학교 신축공사의 도급내역서를 가지고 상호비교·검토하였으며, 철근콘크리트조 학교는 서울에 있는 K초등학교 신축공사에 대한 자료를 분석하였다.

구조형식에 따른 전체적인 교사동의 건축공사 평당 공사비 단가에 있어서, 철골조학교의 경우는 평균 단가가 1,560,863원/평으로 분석되었고, 철근콘크리트조학교는 1,515,706원/평으로 나타났다. 이에 따라 철골조학교가 철근콘크리트조학교에 비하여 평당 45,157원이 더 소요되는 것으로 나타났으며, 공사비의 비율로는 약 103%로 분석되어

3% 정도의 공사비 증대요인이 있는 것으로 나타났다.

가) 별동증축공사

별동증축공사는 학교 신축공사에 비해 공사의 규모가 작고 공사의 제약조건이 많을 뿐만 아니라 공사기간도 짧은 경우가 많아 신축공사에 비해서는 비용의 상승요인이 많이 있다. 별동증축공사에 따른 공사비용은 다음의 식으로 나타낼 수 있다.

$$C_E = (C_n + C_c) K_e$$

여기서,  $C_E$  : 별동증축공사 공사비

$C_n$  : 신축공사비

$C_c$  : 연결통로 공사비용

$K_e$  : 별동증축공사 비용 가중치

나) 수평증축공사

수평증축공사를 시행할 경우 소요되는 공사비는 대체적으로 신축건물에 비해 단가가 상승하게 된다. 그것은 신축에 비해 증축공사가 공사의 규모도 작을 뿐더러 공사의 제약조건이 많고 공사의 여건이 어렵기 때문이다. 또한 기존 건축물과의 연결관계 및 기존 건물의 보수보강에 관련된 사항이 포함될 경우가 많기 때문에 공사비는 증가하게 된다. 이러한 수평증축공사에 있어서 공사비의 관계는 다음과 같은 식으로 표현할 수 있다.

$$C_H = (C_n + C_j + C_d + C_r) K_h$$

여기서,  $C_H$  : 수평증축공사 공사비

$C_n$  : 신축공사비

$C_j$  : 접합부 처리비용

$C_d$  : 부분해체 공사비(벽체)

$C_r$  : 기존 건축물의 보수보강비용

$K_h$  : 수평증축공사 비용 가중치

다) 수직증축공사

수직증축공사는 기존 건물의 층수와 증축공사 건물의 층수에 따라 내화기준이 달리 적용되는 경우가 있으므로 이에 대해 사전 검토 후 구조형태와 공사의 내용을 결정하여야 한다. 수직증축공사에 있어서 공사비는 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$C_V = (C_n + C_d + C_r + C_R - C_f) K_v$$

여기서,  $C_V$  : 수직증축공사 공사비  
 $C_n$  : 신축공사비  
 $C_d$  : 부분해체 공사비(슬래브)  
 $C_r$  : 기존 건축물의 보수보강비용  
 $C_R$  : 지붕공사비  
 $C_f$  : 기초공사비  
 $K_V$  : 수직증축공사 비용 가중치

여기서 만일 기존 건축물의 옥상 파라펫 부분을 제거하고 공사를 수행할 경우에는 이에 소요되는 비용도 부분해체 공사비에 포함시켜야 하며, 바닥 고름모르터 시공 시 셀프레벨링재를 적용하여 시공할 경우에는 이를 별도로 계상해야 할 것이다.

#### 4.5 소 결

철골조학교 증축공사 시공기술개발을 위한 본 연구의 결과, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

(1) 철골조를 이용한 증축공사를 시행하기 위한 사전 작업으로서 기존 구조물에 대한 진단 및 평가의 방법에 대해 제시하였다. 증축공사대상이 되는 기존의 학교 건축물 대부분이 철근콘크리트조로 건립되었으므로 이에 대한 조사의 내용과 방법에 대해 기술하였으며, 시설물의 상태에 대해 평가기준을 제안하고 방법을 제시하여 기존 시설물의 현황을 분석할 수 있도록 하였다.

(2) 증축공사를 시행하기 위해서는 필연적으로 기존 건축물과의 연결부위를 처리해야만 하므로 기존의 구조체에 대해 부분적인 해체 및 보강공법에 대해 제시하였다. 별동증축공사의 경우에는 기존 구조체의 해체 및 보강이 불필요하나 수평

증축공사와 수직증축공사에 있어서는 필수적으로 부분해체와 보수보강공사가 요구되므로 이에 대해 실질적으로 적용할 수 있는 공법을 제안하였다.

(3) 철골조를 이용한 증축공사기술의 정립을 위하여 증축공사부분 시공기술을 분석·정리하여 시공지침과 체크리스트를 제안하였다. 증축공사기술은 주요 구조부위에 대한 시공기술과 수평증축공사, 수직증축공사의 유형별로 소요기술과 시공 시 유의해야 할 사항에 대해 제시하였다.

(4) 철골조를 이용한 증축공사에 있어서 소요되는 공사기간에 대해 분석하고 이를 기반으로 하여 각 증축공사유형별 예정공정표와 공사기간을 산출하였다. 별동증축공사의 경우 기존 공사에정공정표는 7개월로 작성되어 있었으나 이를 분석한 결과 6개월 7일이 소요되는 것으로 나타났으며, 동일한 연면적일 경우 수평증축공사는 별동증축공사와 같이 6개월 7일, 수직증축공사는 5개월 12일이 소요되는 것으로 분석되었다.

(5) 철골조를 이용한 증축공사에 있어서 소요되는 공사비를 예측하기 위하여 철골조학교와 철근콘크리트조학교의 소요 공사비에 대해 분석하였으며, 그 결과 철골조학교의 공사비가 철근콘크리트학교에 비해 약 103%가 투입되는 것으로 나타나 철골조학교를 건립할 경우, 공사비의 추가 투입이 크지 않은 것으로 분석되었다. 또한 철골조를 이용한 증축공사유형별 공사금액은 신규공사를 기준으로 하여 증축공사유형별로 공사비를 증감할 공사내용에 대해 검토하고 이를 검증할 수 있는 수식을 제안하여 증축공사유형에 따른 공사금액의 산출이 용이하도록 하였다.