

# BTL 적용 교육시설의 최적 건축공법 평가에 관한 연구

## A Study on Evaluation of Optimal Construction Method of BTL Projects -Focused on Educational Facilities-

박 유 영\*  
Park, Yoo-Young

조 봉 호\*\*  
Cho, Bong-Ho

김 기 현\*\*\*  
Kim, Ki-Hyun

이 춘 경\*\*\*\*  
Lee, Chun-Kyong

박 태 근\*\*\*\*\*  
Park, Tae-Keun

### 요 약

BTL사업 형태로 발주되는 교육시설의 공사에서는 소요 공기 최소화와 임시교사 설치로 인한 별도의 비용 소모, 그리고 학기 중에 학교 사용자들이 겪는 불편사항으로 주무관청, 민간사업자 그리고 학교사용자의 갈등이 깊어지는 문제가 발생하고 있다. 본 연구에서는 이러한 당면 과제를 공법적인 측면에서 해결하고자, 기존 학교 공사에 일반적으로 적용되는 RC공법과 최근 몇 년 사이에 교육시설의 대안공법으로 주목받고 있는 모듈러 공법을 포함한 몇 개의 대안을 설정하고 교육시설의 BTL사업에 적합한 건축공법을 제안하였으며 각 대안에 소요되는 공사비를 산출하고 공사기간을 분석하여 이를 평가하였다.

키워드: BTL(민간투자사업), 교육시설(educational facilities), 건축공법(construction method), 모듈러(modular)

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

대부분의 건설프로젝트에서 공사기간과 공사비는 매우 중요한 관리요소로 작용하고 있으며, BTL사업 또한 그러하다. 실제 주무관청에서 행정절차에 부가적으로 소요된 기간이 공기산정에 반영되고 공기가 촉박하게 고시되어 부실 공사가 우려된다는

지적이 있어왔다<sup>1)</sup>. 교육시설의 개축공사와 증축공사는 학기 중에 공사가 이루어지므로 학교 사용자들은 한시적으로 가설 컨테이너로 만든 임시교사를 사용하게 되어 사업자가 별도의 임시교사 설치비용을 소요하게 되는 문제점이 있다. 또한 공사 소음과 분진으로 인해 학교 사용자들이 불편을 겪게 되고, 임시교사 사용으로 인해 교육환경의 질 또한 저하되므로 주무관청과 민간사업자 그리고 학교사용자의 갈등이 깊어지는 문제가 발생한다. 이에 주무관청에서는 설계단계에서 임시교사 및 방음벽의 설치와 같은 해결 방안을 마련하고 있지만 이는 사업 참여자의 수익성 저하로 이어져 민간사업자의 BTL사업 참여를 어렵게 만드는 요인이 되고 있다<sup>2)</sup>.

이와 같이 교육시설의 신축공사와 개·증축공사에서 문제가 되고 있는 소요 공기 최소화와 임시교사 설치라는 당면 과제를 공법적인 측면에서 해결하고자, 본 연구에서는 기존의 학교 공사에 일반적으로 적용되는 RC공법과 최근 몇 년 사이에 학교시

\* 일반회원, (재)포항산업과학연구원 강구조연구소 위촉연구원  
4990park@nate.com

\*\* 일반회원, (재)포항산업과학연구원 강구조연구소 책임연구원,  
공학박사(교신저자), bohcho@rist.re.kr

\*\*\* 일반회원, 아주대학교 건축학부 박사과정, hkim@ajou.ac.kr

\*\*\*\* 일반회원, 목원대학교 건축공학과 박사과정,  
yi1305@hanmail.net

\*\*\*\*\* 중신회원, 목원대학교 건축공학과 정교수, 공학박사  
tkpark@mokwon.ac.kr

본 연구는 05년도 한국건설교통기술평가원 연구비 지원에 의한 결과의 일부임. 과제번호 : 05건설핵심C25

1) “경기 학교BTL 공기 너무 짧다”, 『건설신문』, 2007. 10. 10.

2) “학교BTL 신축보다 어려운 증축”, 『건설신문』, 2007. 8. 30.

설의 대안공법으로 주목받고 있는 철골조 공업화 공법인 모듈러 공법을 포함한 몇 개의 대안을 설정하여 교육시설의 BTL사업에 적합한 건축공법을 제안하고 이를 평가하고자 한다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

건축공법은 초기공사비와 유지관리비 같은 비용과 관련되므로 BTL사업에서 매우 중요한 결정 요소로 작용한다. 대부분의 학교 BTL사업에 적용되는 공법은 RC이며, 체육관이나 문화시설과 같이 대공간이 요구되는 경우는 철골공법이 적용되는 경우도 일부 있다. 따라서 본 연구에서는 교육시설의 BTL사업에 적용되는 공법을 RC, 철골 그리고 모듈러로 한정하여 공기와 공사비 측면에서 가장 효율적인 대안을 평가하고자 한다. 이를 위하여 기존 교육시설의 BTL사업의 현황 및 특징을 파악하고 특정 시설을 대상으로 적용가능한 공법의 안을 작성하여 각 대안의 공기와 공사비를 비교 평가한다.

## 2. 현황 조사 및 특성 파악

### 2.1 교육시설의 BTL사업 현황 및 특징

BTL사업의 주요 대상인 교육시설은 크게 초·중등학교와 국립대 기숙사와 같이 두 가지로 분류할 수 있으며, 사용자는 초·중등 및 대학생과 교직원인 공공적 성격의 시설물이다. BTL로 발주되는 교육시설의 대부분은 신축 또는 개축으로 2006년까지 4조 3,179억원이 고시되었고 '07년에 2조 5,029억원의 사업비가 책정되었으며<sup>3)</sup> '08년에는 1조 7,848억원의 사업비가 편성되어<sup>4)</sup>, BTL사업에서 차지하는 비중이 큰 것을 알 수 있다. '07년까지의 고시 규모로 보았을 때, 신축 비율은 69%, 개축은 31%이며, 대부분 지역주민들이 이용할 수 있는 체육시설, 생활체육시설, 도서관과 주차장을 함께 설치하여 주야간으로 활용하고 지역주민과 학생들의 편익을 제공하도록 학교복합시설로 추진되고 있다.

교육시설의 공법과 관련된 주요 특징은 일반적으로 체육관, 도서관과 같은 대공간 시설은 철골조가 적용되며, 교실이나 특별실과 같은 시설들은 RC조로 신축된다는 것이다. 이 중, 기존 학교의 개축은 공법의 선정 시 별도의 고려가 필요하다. 즉 기존 학교를 철거하고 동일한 부지 내에 새로운 학교를 건설해야 하

는 특성을 고려하여 별도의 임시교실, 급식 운영을 위한 대체시설, 운동장 사용, 교직원 주차장, 비품 보관 등을 위한 시설 확보가 필요하다.

표 1. 공공 교육시설 BTL사업의 주요 특징

구분	초·중등학교	국립대 기숙사
'06년까지 사업비	-신축 26,403억원(280개교) -개축 7,004억원(74개교) -소규모 3,751억원(334개교)	5,971억원 (31개교)
'07년 사업비	-신축 11,620억원(115개교) -개축 4,950억원(59개교) -소규모 5,135억원(328개교)	824억원 (1개교)
개축 여부	신축 또는 개축	신축
공기	12개월~18개월	19개월~21개월
건축물의 해체 및 이동 가능성	영구 건물(일부 이동 및 재사용)	영구 건물
규모	4~5층	4~20층
기타 특징	개축 공사의 경우, 임시 가교사 필요	-

### 2.2 모듈러 공법의 특성 및 사례조사

위에서 살펴본 바와 같이 교육시설의 개축은 임시교사 설치와 공기 단축 등을 요구한다. 여기서는 철골조 공업화 공법인 모듈러 공법의 특성과 개축학교의 BTL사업에 대한 적용 사례를 조사하였다.

#### (1) 모듈러 공법의 개요 및 특징

모듈러 공법은 유럽과 미국, 일본 등에서는 이미 보급된 공업화 건축 공법으로 박스형의 공장 생산된 철골조 모듈러 유닛을 현장에서 단기간 내에 조립하여 건축물을 건립하는 생산 및 시공 공법을 일컫는다. 일반 제조업에서의 대량 공장생산의 개념이 건설업에 도입되면서 패널이나 부품을 공장에서 생산하여 현장에서 조립하는 시스템들이 처음으로 도입되었고 이후에 박스형의 모듈러 유닛을 공장에서 생산하여 현장에서 조립하는 현재의 모듈러 공법으로 발전하였다. 그림 1은 모듈러 건축물의 공장제작 및 현장설치

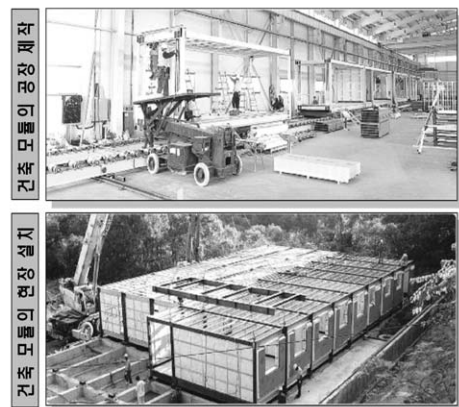


그림 1. 모듈러 건축물의 공장제작 및 현장설치

3) 교육과학기술부 홈페이지 게시물 “2008년 BTL사업계획” 참조

4) 기획재정부 홈페이지 게시물 “2008년 나라살림” 참조

(2) 국내 교육시설에 대한 모듈러 공법 적용 사례

국내에서는 건설인력의 부족과 건축물의 품질 향상에 대한 요구 증대, 이동 및 재사용이 가능한 건축물에 대한 필요성 등으로 POSCO와 RIST(포항산업과학연구원)의 주도로 2000년대 이후 철골구조 기반의 모듈러 공법의 개발이 이루어졌다. 2002년 최초로 모듈러 공법을 적용한 서울 신기초등학교가 건립되었고, 2004년 2월에는 기존의 노후화된 교사 상부에 모듈러 유닛을 증축하는 서울 대조초등학교 증축교사가 건립되었다. 2005년에는 두 개의 소초급 군막사가 모듈러 공법을 적용하여 건립되었으며, 2006년에는 3,500평 규모의 방위사업청을 비롯한 다수의 대급 군막사, 오피스 등이 모듈러 공법을 적용하여 건립된 바 있다. 서울 신기초등학교와 대조초등학교의 모듈러 공법 적용과 관련된 상세한 개요는 표 2에 나타내었다.

표 2. 국내 교육시설 모듈러 공법 적용 사례

발 주 처	서울시 강서 교육청	서울시 서부 교육청	
시공회사	(주)A건설	(주)A건설	
공 사 명	신기초등학교 모듈러 교사동 증축공사	대조초등학교 7차 교육시설 증축공사	
준공시기	2003년 8월	2005년 1월	
공사기간	-공정제작 : 2개월 -현장설치 : 6주	-공정제작 : 2개월 -현장설치 : 4주	
부지 개요	대지위치 : 서울시 양천구 신정동 1274 건물용도 : 교육연구시설(초등학교)	서울시 은평구 대조동 212-1 교육연구시설(초등학교)	
건물 개요	건축면적	-기존동 : 2,768.63㎡ -증축동 : 362.84㎡ -소계 : 3,161.47㎡	2,279.55㎡
	연면적	-기존동 : 10,508.76㎡ -증축동 : 717.57㎡ -소계 : 11,266.33㎡	-기존동 : 7,315.05㎡ -증축동 : 913.50㎡ -소계 : 8,228.55㎡
	구 조	철골구조	철골러멘구조
	층 수	지상2층	기존3층, 증축1층
	모듈치수	3.0m(W)× 10.0m(D)× 3.3m(H)	3.0m(W)× 9.6m(D)× 3.3m(H)
조감도 (사진)			

국내 최초의 모듈러 건축물인 서울 신기초등학교에는 건식 바닥(Joint+CPB)이 적용되었고 3개 모듈을 이용해 단위 교실을 구성하였다. 연면적은 717㎡ 정도이고 소요 모듈 수는 26개이며 서울시 강서 교육청에서 발주한 2층 건물이다. 신기 초등학교에 사용된 모듈러의 공장 제작에는 2개월이 소요되었고 현장설치는 6주 가량이 소요되었으며 이 학교는 '03년 8월에 준공되었다. 서울 신기초등학교 모듈러 교사동의 증축 과정은 그림 2와 같다.

2.3 모듈러 공법과 기존 공법의 특성비교

교육시설 개축에 있어서 기존의 RC+철골조 공법과 RC+철골+모듈러가 조합된 공법을 공기, 비용, 환경과 사용자 편의성 측면에서 비교하면 다음 표 3과 같다. 사전에 공장에서 부재를 제작하고 현장에서 단순조립 하는 모듈러 공법을 사용하는 것은 공기와 환경 그리고 사용자 편의성 측면에서 개선효과가 있으나, 공장제작 부재의 가격이 기존 RC조 보다 고가이므로 초기 설치비용이 다소 증가한다는 단점이 있다.

표 3. 학교 개축 공사에서 공법별 비교

구 분	RC+철골+모듈러 공법	RC+철골 공법	
공기 측면	전체 공기	12개월 미만 소요	12개월~20개월 소요
	단계별 공기	- 1단계 철거 : 1개월 - 모듈러 교사동 설치 : 1개월 - 2단계 철거 : 1개월 - 체육관 신축 : 7~9개월	- 임시 교사동 설치 : 1개월 - 기존 건물 철거 : 1~2개월 - 교사동, 체육관 신축 : 10~17개월
비용 측면	-임시 가교사 설치비용 절감 -공기 절감 : 부대비용 절감 -고가의 부재 제작비용	임시가교사(컨테이너) 임대비용 소요	
환경 측면	모듈러 교사동 설치 기간 단축으로 공사중 소음, 분진 발생 최소화	가교사 사용으로 교육환경 열악	
사용자 편의성 측면	신축건물과 동일한 수준의 교사동 사용 가능	컨테이너 가교사 임시 사용	
기타	향후 학생수 감소에 따라 일부 교실의 철거 및 재사용 가능	-	

3. 공법평가를 위한 대상시설 및 대안의 생성

3.1 대상시설 개요

BTL사업으로 발주되는 교육시설에 적합한 건축공법의 비교를 위하여, BTL로 고시되는 신축 학교시설의 일반적인 규모와 건물 형상 및 구성을 고려해 2006년 2월에 신축으로 준공된 부산 해강고등학교를 본 연구의 대상시설로 선정하였다. 건물은 교사동A와 교사동B 그리고 강당으로 구성되어 있으며, 교사동B는 규모와 형상이 유사한 B-1동과 B-2동으로 나누어진다. 규모



그림 2. 국내 최초의 모듈러 학교(2003년)

는 교사동A가 지상5층, 교사동B-1이 지상4층, 기계실과 전기실이 위치하는 교사동B-2가 지하1층, 지상5층이며, 강당은 지상2층으로 총 연면적은 15,275㎡이다. 대상시설에 대한 개요는 표 4와 같고 전경은 그림 3에 나타내었다.

표 4. 대상시설의 개요

공사명		부산 해강고등학교				
준공시기		2006년 2월 12일 교사 및 부대시설 준공				
대지위치		부산광역시 해운대구 우2동 1417-1				
공사 개요	구 분	교사동A	교사동B		강당	계
			B-1동	B-2동		
	건물개요	일반교사동	일반교사동	일반교사동+기계/전기실	식당+강당	-
	연면적	7,472㎡	2,001㎡	2,926㎡	2,876㎡	15,275㎡
구 모	지상5층	지상4층	지하1층, 지상5층	지상2층	-	



그림 3. 대상시설의 건물 구성 및 전경

### 3.2 적용 공법 평가를 위한 대안 설정

대상시설인 부산 해강고등학교 건물은 크게 교사동과 강당으로 구분할 수 있다. 기존 학교시설 공사에서 교사동은 RC로 시공하는 것이 일반적이고, 강당은 RC나 철골조로 시공하는 것이 일반적이다. 교실과 특별실로 구성된 교사동은 일정 규모의 실들이 연속적으로 배치되는 형상이므로 모듈러 공법을 적용하기에 매우 적합하다.

본 연구에서는 교사동A, B에 RC조와 모듈러를 각기 적용하여 ALT-1은 교사동A, B가 모두 RC인 경우, ALT-2는 교사동A가 RC, 교사동B가 모듈러인 경우, ALT-3은 교사동A, B가 모두 모듈러인 경우를 대안으로 생성하였다. 그리고 모듈러 공법

의 경우 하나의 교사동 안에서도 교실은 모듈러를 적용하고 코아와 기계실은 RC로 시공하는 것이 현행 모듈러 공사의 일반적인 시공법이므로, 이를 고려하여 가능한 현실적인 안이 되도록 하였다.

강당의 경우는 다양한 공법을 적용하기 보다는 공사비 측면을 고려하여 가장 일반적으로 적용하고 있는 RC조에 철골조 지붕구조를 시공법으로 설정하여 모든 대안에 동일하게 적용하였다. 대상시설에 적용된 공법 대안은 표 5와 같고 디테일은 그림 4와 같다.

표 5. 대상시설 공법 대안

구 분	동별 공법 적용안				그림 설명
	교사동A	교사동B		강당	
		B-1동	B-2동		
ALT-1	RC조	RC조	RC조	RC조 +철골조	
ALT-2	RC조	모듈러조(교실)	모듈러조(교실)	RC조 +철골조	
		RC조(코아)	RC조(코아, 기계실)		
ALT-3	모듈러조	모듈러조(교실)	모듈러조(교실)	RC조 +철골조	
		RC조(코아)	RC조(코아, 기계실)		

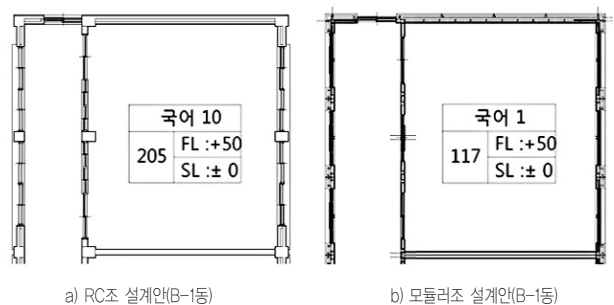


그림 4. RC와 모듈러 공법의 설계 디테일 비교

### 3.3 대안별 구조재 및 마감재 파악

대상시설 공법 대안에 대한 공사비 파악을 위하여 대안별로 각 동에 적합한 구조재와 마감재를 설정하였다. 구조재는 기초, 기둥, 보 그리고 슬라브와 지붕으로 나누었으며, 마감재는 바닥, 내벽, 천장과 외장, 지붕 그리고 방수와 칸막이로 나누어 현행 공사에서 일반적으로 사용되는 재료들을 적용하였다. 대상 시설 공법 대안에 적용한 구조재와 마감재의 세부 항목은 다음과 같다.

#### (1) ALT-1의 구조재와 마감재

ALT-1은 교사동A와 교사동B가 모두 RC조로 설계된 안으로 구조재는 강당의 지붕을 제외한 모든 부분이 철근콘크리트이며,



마감재는 RC조 교육시설에 일반적으로 사용되는 재료를 선정하였다. 교실바닥은 목재후로링, 내벽은 친환경 수성페인트를 적용하였고, 외장은 치장벽돌 외단열마감을 하였으며, 화장실 방수는 액체방수를 적용하였다. ALT-1의 구조재와 마감재의 상세 내역은 아래 표 6에 나타내었다.

표 6. ALT-1의 구조재와 마감재 내역

구분	ALT-1				강당
	교사동A	교사동B		강당	
		B-1동	B-2동		
구조재	기초	독립기초	독립기초	MAT SLAB	MAT SLAB
	기둥	철근콘크리트	철근콘크리트	철근콘크리트	철근콘크리트
	보	철근콘크리트	철근콘크리트	철근콘크리트	철근콘크리트
	슬라브	철근콘크리트	철근콘크리트	철근콘크리트	철근콘크리트
	지붕	철근콘크리트	철근콘크리트	철근콘크리트	NONE STRUCTURE
바닥	교실/강당	목재후로링(교실용)	목재후로링(교실용)	목재후로링(교실용)	단풍나무 후로링
	복도/계단	테라조타일	테라조타일	테라조타일	
	화장실	자기질타일	자기질타일	자기질타일	
	교실/강당	친환경수성페인트	친환경수성페인트	친환경수성페인트	
복도/계단	친환경수성페인트 무늬코트	친환경수성페인트 무늬코트	친환경수성페인트 무늬코트		
화장실	자기질타일	자기질타일	자기질타일		
화장실	자기질타일	자기질타일	자기질타일		
내벽	교실/강당	친환경수성페인트	친환경수성페인트	친환경수성페인트	흡음패널
	복도/계단	친환경수성페인트 무늬코트	친환경수성페인트 무늬코트	친환경수성페인트 무늬코트	
	화장실	자기질타일	자기질타일	자기질타일	
	화장실	자기질타일	자기질타일	자기질타일	
마감재	천장	M-BAR/TACK-BAR 천장텍스/암면텍스	M-BAR/TACK-BAR 천장텍스/암면텍스	M-BAR/TACK-BAR 천장텍스/암면텍스	노출천장
	외장	치장벽돌 외단열마감	치장벽돌 외단열마감	치장벽돌 외단열마감	치장벽돌 외단열마감
	지붕	복합방수 콘크리트마감	복합방수 콘크리트마감	복합방수 콘크리트마감	아치패널
	방수	지하실 -	지하실 -	침투성방수/보호벽	-
칸막이	구조체	벽돌,블럭	벽돌,블럭	벽돌,블럭	벽돌,블럭
	바탕마감	시멘트모르타르	시멘트모르타르	시멘트모르타르	시멘트 모르타르
	화장실	액체방수	액체방수	액체방수	-
	화장실	액체방수	액체방수	액체방수	-

(2) ALT-2의 구조재와 마감재

ALT-2는 교사동A가 RC조, 교사동B가 모듈러조로 설계된 안으로 교사동A의 구조재와 마감재는 ALT-1의 교사동A와 동일하게 적용하였다.

교사동B의 구조재는 내화페인트를 칠한 STEEL PIPE 기둥과 MCO BEAM, NONE CORE SLAB, STEEL TRUSS와 PURLIN과 같이 모듈러 시스템을 구성하는 부재가 적용되었으며, 마감재는 교사동A와 대부분 유사하나 외장에 치장벽돌 대신 불소수지강판패널 외단열마감을 하였으며, 지붕은 복합방수 콘크리트마감 대신 데크패널 파라딘방수를 적용하였다. 화장실 방수는 액체방수대신 우레탄방수를 하였고, 칸막이 바탕마감은 시멘트 모르타르 대신 일반, 방화석고보드를 적용하였다. ALT-2의 구조재와 마감재의 상세 내역은 표 7에 나타내었다.

표 7. ALT-2의 구조재와 마감재 내역

구분	ALT-2				강당
	교사동A	교사동B		강당	
		B-1동	B-2동		
구조재	기초	독립기초	출기초	MAT SLAB	MAT SLAB
	기둥	철근콘크리트	STEEL PIPE/내화P	STEEL PIPE/내화P	철근콘크리트
	보	철근콘크리트	MCO BEAM/내화P	MCO BEAM/내화P	철근콘크리트
	슬라브	철근콘크리트	NONE CORE SLAB	NONE CORE SLAB	철근콘크리트
	지붕	철근콘크리트	STEEL TRUSS+PURLIN	STEEL TRUSS+PURLIN	NONE STRUCTURE
바닥	교실/강당	목재후로링(교실용)	목재후로링(교실용)	목재후로링(교실용)	단풍나무 후로링
	복도/계단	테라조타일	테라조타일	테라조타일	
	화장실	자기질타일	자기질타일	자기질타일	
	교실/강당	친환경수성페인트	친환경수성페인트	친환경수성페인트	
복도/계단	친환경수성페인트 무늬코트	친환경수성페인트 무늬코트	친환경수성페인트 무늬코트		
화장실	자기질타일	자기질타일	자기질타일		
화장실	자기질타일	자기질타일	자기질타일		
내벽	교실/강당	친환경수성페인트	친환경수성페인트	친환경수성페인트	흡음패널
	복도/계단	친환경수성페인트 무늬코트	친환경수성페인트 무늬코트	친환경수성페인트 무늬코트	
	화장실	자기질타일	자기질타일	자기질타일	
	화장실	자기질타일	자기질타일	자기질타일	
마감재	천장	M-BAR/TACK-BAR 천장텍스/암면텍스	M-BAR/TACK-BAR 천장텍스/암면텍스	M-BAR/TACK-BAR 천장텍스/암면텍스	노출천장
	외장	치장벽돌 외단열마감	불소수지 강판패널 외단열마감	불소수지 강판패널 외단열마감	치장벽돌 외단열마감
	지붕	복합방수 콘크리트마감	데크패널/파라딘방수	데크패널/파라딘방수	아치패널
	방수	지하실 -	지하실 -	침투성방수/보호벽	-
칸막이	구조체	벽돌,블럭	STUD공법 화장실·벽돌	STUD공법 화장실·벽돌	벽돌,블럭
	바탕마감	시멘트모르타르	일반·방화 석고보드	일반·방화 석고보드	시멘트 모르타르
	화장실	액체방수	우레탄방수	우레탄방수	-
	화장실	액체방수	우레탄방수	우레탄방수	-

(3) ALT-3의 구조재와 마감재

ALT-3은 교사동A와 교사동B가 모두 모듈러조로 설계된 안으로 교사동B의 구조재와 마감재는 ALT-2의 교사동B와 동일하게 적용하였으며, 교사동A의 구조재와 마감재는 교사동B-1과 동일하게 적용하였다. 앞서 기술한 바와 같이 구조재는 모듈러 시스템을 구성하는 부재가 적용되었고, 마감재는 외장, 지붕, 화장실 방수와 칸막이 바탕마감에서 RC 공법과 차이가 있다. ALT-3의 구조재와 마감재의 상세 내역은 표 8에 나타내었다.

4. 대안의 공사비 및 공사기간 분석

4.1 대안의 공사비 분석

표 5와 같이 ALT-1~3으로 나타낸 대상시설 공법 대안에 표 6~8의 구조재와 마감재의 일위대가와 공사에 소요되는 물량을 적용하여 공종별로 공사비를 분석하였다. 공종은 건축·토목·조경·설비·전기·통신·소방·기타로 분류하였으며, 건축은 가

설·구조·내장·외장·기타공사·임시교사로 분류하였다. 대안 별로 분석된 공사비를 m<sup>2</sup>당 공사비와 총공사비로 비교하였다.

표 8. ALT-3의 구조재와 마감재 내역

구분	ALT-3				강당	
	교사동A	교사동B		강당		
		B-1동	B-2동			
구조재	기초	줄기초	줄기초	MAT SLAB	MAT SLAB	
	기둥	STEEL PIPE/내화P	STEEL PIPE/내화P	STEEL PIPE/내화P	철근콘크리트	
	보	MCO BEAM/내화P	MCO BEAM/내화P	MCO BEAM/내화P	철근콘크리트	
	슬라브	NONE CORE SLAB	NONE CORE SLAB	NONE CORE SLAB	철근콘크리트	
바닥	지붕	STEEL TRUSS + PURLIN	STEEL TRUSS + PURLIN	STEEL TRUSS + PURLIN	NONE STRUCTURE	
	교실/강당	목재후로링 (교실용)	목재후로링 (교실용)	목재후로링 (교실용)	단풍나무 후로링	
	복도/계단	테라조타일	테라조타일	테라조타일		
	화장실	자기질타일	자기질타일	자기질타일		
내벽	교실/강당	친환경수성페인트	친환경수성페인트	친환경수성페인트	흡음패널	
	복도/계단	친환경 수성페인트 무늬코트	친환경 수성페인트 무늬코트	친환경 수성페인트 무늬코트		
	화장실	자기질타일	자기질타일	자기질타일		
	천장	M-BAR/TACK-BAR 천장텍스/ 암면텍스	M-BAR/TACK-BAR 천장텍스/ 암면텍스	M-BAR/TACK-BAR 천장텍스/ 암면텍스		
마감재	외장	볼소수지 강판패널 외단열마감	볼소수지 강판패널 외단열마감	볼소수지 강판패널 외단열마감	치장벽돌 외단열마감	
	지붕	데크패널/파라딘방수	데크패널/파라딘방수	데크패널/파라딘방수/ 데크플레이트	아치패널	
	방수	지하실 화장실	- 우레탄방수	- 우레탄방수	침투성방수/보호벽	-
	칸막이	구조체	STUD공법 화장실·벽돌	STUD공법 화장실·벽돌	STUD공법 화장실·벽돌	벽돌,블럭
마감	바탕	일반,방화 석고보드	일반,방화 석고보드	일반,방화 석고보드	시멘트 모르타르	

(1) ALT-1의 공사비 분석

교사동이 모두 RC조인 ALT-1의 총공사비는 174억 3,900만원이며, m<sup>2</sup>당 공사비는 114만 천원으로 산정되었다. 동별로 세부 내역을 살펴보면, 교사동A의 공사비가 79억 1,670만원, 교사동 B-1이 21억 1,900만원이고 B-2동이 32억 8,480만원이며 강당은 41억 1,850만원으로 산출되었다. 공사비 분석에는 임시 가교사의 임대비용도 함께 계상하였으며, 교사동 모두 RC 공법을 적용한 ALT-1에서는 임시교사(컨테이너)의 임대비용으로 7억 7,110만원의 비용이 발생하였다. 공사비 상세 분석 내역은 표 9와 같다.

(2) ALT-2의 공사비 분석

교사동A가 RC조, 교사동B가 모듈러조인 ALT-2의 총공사비는 179억 7,320만원이며, m<sup>2</sup>당 공사비는 117만 6천원으로 산정되었다. 건축공사 중 임시교사의 임대비용이 발생하지 않은 이유는 공사기간 중 교사동B에 시공될 모듈러를 임대 컨테이너 대

신 임시교사로 사용할 수 있기 때문이다.

임시교사의 임대비용이 발생하지 않음에도 ALT-2는 ALT-1보다 총공사비가 5억 3,420만원, m<sup>2</sup>당 공사비가 3만 5천원 증가되었다. 동별로 살펴보면 교사동A는 공사비가 6억 6,620만원 감소하였고 교사동B-1은 5억 1,210만원 증가하였으며 교사동 B-2는 6억 8,830만원 증가하여 교사동B의 경우 RC공법을 적용할 때보다 모듈러 공법을 적용할 때가 m<sup>2</sup>당 24만 5천원 정도의 공사비가 증가하는 것으로 나타났다. ALT-2의 공사비 분석 내역은 표 10과 같다.

표 9. ALT-1의 공사비 분석 내역 [단위 : 천원]

구분	ALT-1					계		
	교사동A	교사동B		강당	계			
		B-1동	B-2동					
공사비분석	m <sup>2</sup> 당	1,059	1,058	1,122	1,432	1,141		
총 계		7,916,700	2,119,000	3,284,800	4,118,500	17,439,000		
건축	가설	공통	45,200	12,100	17,700	26,000	101,000	
		가설	271,200	72,600	106,200	156,400	606,400	
	구조	RC조	1,808,000	484,000	708,000	912,400	3,912,400	
		철골	-	-	-	78,200	78,200	
		모듈러	-	-	-	-	-	
	내장	벽체	조적	180,800	48,400	70,800	52,100	352,100
		건식	-	-	-	-	-	
	외장	마감	1,310,800	350,900	513,300	651,700	2,826,700	
		외벽/창호	904,000	242,000	354,000	469,200	1,969,200	
		지붕(패널)	-	-	-	182,400	182,400	
		기타공사	90,400	24,200	35,400	78,200	228,200	
	임시교사 (임대)		481,300	128,800	161,000	-	771,100	
	소계		5,091,700	1,363,000	1,966,400	2,606,600	11,027,700	
	토목	토공,우오수,포장	226,000	60,500	88,500	130,300	505,300	
조경	식재,시설물	113,000	30,200	44,200	60,800	248,200		
설비	장비,배관,냉난방	768,400	205,700	415,900	425,800	1,815,800		
전기	전열,전동,배선	519,800	139,100	256,600	260,700	1,176,200		
통신	전화,TV,방송,CATV	293,800	78,600	115,000	173,800	661,200		
소방	전기,설비	384,200	102,800	194,700	217,200	898,900		
기타	철거 및 폐기물처리	519,800	139,100	203,500	243,300	1,105,700		

(3) ALT-3의 공사비 분석

교사동이 모두 모듈러조인 ALT-3의 총공사비는 198억 7,510만원이며, m<sup>2</sup>당 공사비는 130만 천원으로 세 가지 대안 중에서 가장 공사비가 비싼 것으로 나타났다.

다른 대안과 비교하여 살펴보면, ALT-3은 ALT-1보다 총공사비가 24억 3,610만원, m<sup>2</sup>당 공사비가 16만원 증가되었으며 이는 교사동을 모두 RC조로 한 경우보다 모듈러조로 했을 때 이 정도의 비용이 증가하여 발생한다고 할 수 있다. 그리고 ALT-3은 ALT-2보다 총공사비가 19억 190만원, m<sup>2</sup>당 공사비가 12만 5천원 증가되었으며 이는 교사동A를 RC조로 한 경우보다 모듈러조로 했을 때 증가하는 비용이라고 할 수 있다. ALT-3 또한 ALT-2와 마찬가지로 모듈러를 임시교사로 사용하여 임시교사

의 임대비용은 발생하지 않았다. ALT-3의 공사비 분석 내역은 표 11과 같다.

표 10. ALT-2의 공사비 분석 내역 [단위 : 천원]

구 분		ALT-2						
		교사동A	교사동B		강당	계		
공사비분석	㎡ 당	970	1,314	1,357	1,432	1,176		
총 계		7,250,500	2,631,100	3,973,100	4,118,500	17,973,200		
건축	가설	공통	43,300	18,700	26,500	26,000	114,500	
		가설	260,300	37,500	53,100	156,400	507,300	
	구조	RC조	1,735,600	150,000	212,400	912,400	3,010,400	
		철골	-	-	-	78,200	78,200	
		모듈러	-	825,200	1,168,200	-	1,993,400	
	내장	벽체	조적	173,500	9,300	13,200	52,100	248,100
			건식	-	84,300	119,400	-	203,700
		마감	1,258,300	393,800	557,500	651,700	2,861,300	
	외장	외벽/창호	867,800	206,300	292,000	469,200	1,835,300	
		지붕(패널)	-	112,500	159,300	182,400	454,200	
	기타공사	86,700	37,500	53,100	78,200	255,500		
	임시교사 (임대)	-	-	-	-	-		
	소계	4,425,500	1,875,100	2,654,700	2,606,600	11,561,900		
	토목	토공,우오수,포장	226,000	60,500	88,500	130,300	505,300	
	조경	식재,시설물	113,000	30,200	44,200	60,800	248,200	
설비	장비,배관,냉난방	768,400	205,700	415,900	425,800	1,815,800		
전기	전열,전등,배선	519,800	139,100	256,600	260,700	1,176,200		
통신	전화,TV,방송,CATV	293,800	78,600	115,000	173,800	661,200		
소방	전기,설비	519,800	139,100	203,500	243,300	1,105,700		
기타	철거 및 폐기물처리	519,800	139,100	203,500	243,300	1,105,700		

표 11. ALT-3의 공사비 분석 내역 [단위 : 천원]

구 분		ALT-3						
		교사동A	교사동B		강당	계		
공사비분석	㎡ 당	1,224	1,314	1,357	1,432	1,301		
총 계		9,152,400	2,631,100	3,973,100	4,118,500	19,875,100		
건축	가설	공통	63,200	18,700	26,500	26,000	134,400	
		가설	126,500	37,500	53,100	156,400	373,500	
	구조	RC조	506,200	150,000	212,400	912,400	1,781,000	
		철골	-	-	-	78,200	78,200	
		모듈러	2,784,300	825,200	1,168,200	-	4,777,700	
	내장	벽체	조적	31,600	9,300	13,200	52,100	106,200
			건식	284,700	84,300	119,400	-	488,400
		마감	1,328,800	393,800	557,500	651,700	2,931,800	
	외장	외벽/창호	696,000	206,300	292,000	469,200	1,663,500	
		지붕(패널)	379,600	112,500	159,300	182,400	833,800	
	기타공사	126,500	37,500	53,100	78,200	295,300		
	임시교사 (임대)	-	-	-	-	-		
	소계	6,327,400	1,875,100	2,654,700	2,606,600	13,463,800		
	토목	토공,우오수,포장	226,000	60,500	88,500	130,300	505,300	
	조경	식재,시설물	113,000	30,200	44,200	60,800	248,200	
설비	장비,배관,냉난방	768,400	205,700	415,900	425,800	1,815,800		
전기	전열,전등,배선	519,800	139,100	256,600	260,700	1,176,200		
통신	전화,TV,방송,CATV	293,800	78,600	115,000	173,800	661,200		
소방	전기,설비	384,200	102,800	194,700	217,200	898,900		
기타	철거 및 폐기물처리	519,800	139,100	203,500	243,300	1,105,700		

(4) 대안의 공사비 비교 분석

각 대안의 ㎡당 공사비와 총공사비를 표 12에 나타내었다. 분석 결과, 교사동 A, B 모두에 RC를 적용한 ALT-1이 공사비가 가장 낮았고, 교사동 A, B에 모듈러를 적용한 ALT-3이 공사비가 가장 높은 것으로 나타났다.

또한 ALT-1을 기준으로 ALT-2는 3%, ALT-3은 13%정도의 공사비가 상승하는 것으로 분석되었다. ALT-1과 ALT-2는 교사동B가 RC와 모듈러라는 각기 다른 공법을 적용된 점으로 미루어 볼 때는 상승 폭이 크지 않은 것으로 나타났으며, ALT-3은 다른 대안들에 비해서 공사비 상승 폭이 커서 경제성만으로 평가했을 때에는 가장 불리한 것으로 분석되었다.

그림 5는 각 대안의 총공사비와 ㎡당 공사비의 그래프이다. 그래프의 형상을 보면 강당을 제외한 대부분 교사동들의 공사비가 ALT-1<ALT-2<ALT-3 순인데 반하여, 교사동A의 공사비는 ALT-2<ALT-1로 역전된 현상을 볼 수 있는데, 이는 모듈러가 임시교사를 대신하면서 ALT-1에서 발생한 임대교사의 임대료가 ALT-2에서는 발생하지 않았기 때문으로 판단된다.

표 12. 대안의 공사비 분석 내역 [단위 : 천원]

구 분	교사동A	교사동B		강당	계	
		B-1동	B-2동			
ALT-1	㎡당	1,059	1,058	1,122	1,432	1,141
	총계	7,916,700	2,119,000	3,284,800	4,118,500	17,439,000
ALT-2	㎡당	970	1,314	1,357	1,432	1,176
	총계	7,250,500	2,631,100	3,973,100	4,118,500	17,973,200
ALT-3	㎡당	1,224	1,314	1,357	1,432	1,301
	총계	9,152,400	2,631,100	3,973,100	4,118,500	19,875,100

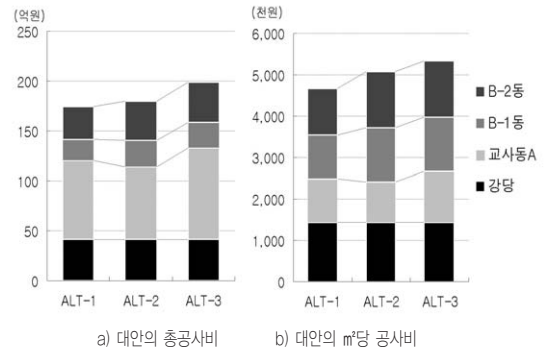


그림 5. 대안의 공사비 비교

4.2 대안의 공사기간 분석

각 대안의 공사 단계별 예상공기를 표 13~15에 나타내었다. 표의 예상 공기는 모듈러의 공장 제작 기간에 소요되는 기간은 제외하고, 현장 제작에만 소요되는 공사 기간을 나타내었다. 대안별 현장 예상공기는 ALT-1이 20개월, ALT-2가 17개월이 소

요되며, ALT-3이 15개월이 소요되는 것으로 나타났으며, 이는 공사비의 결과와는 반대의 경향을 보인다. 즉, ALT-1의 공기가 가장 길고, ALT-3의 공기가 가장 짧은 것으로 분석되었다.

ALT-3의 경우 교사동A, B가 모두 모듈러이므로 설치에는 5.5개월만이 소요되고 그 이후에는 강당 신축공사만 진행되므로 공사를 시작한지 약 6개월 후에는 교사동A, B를 모두 사용할 수 있어서 학교사용자 측면에서는 가장 유리한 안으로 분석된다.

표 13. ALT-1의 공사 프로세스

구분	공사기간	공사 프로세스	예상공기
1단계	방학기간	기존 교사동 철거 및 임시교사동 설치	1.5개월
2단계	방학기간	교사동A, B, 강당 RC조 신축 임시교사동 운용	18개월
3단계	교과기간		
4단계	교과기간		
5단계	교과기간	임시교사 철거 및 현장정리, 준공	0.5개월
6단계	교과기간		
계			20개월
임시교사 운용계획		공사 착공 ⇒ 임시교사 설치 ⇒ 준공까지 운용 ⇒ 임시교사 철거	

표 14. ALT-2의 공사 프로세스

구분	공사기간	공사프로세스		예상공기
1단계	방학기간		교사동B 위치의 기존 저장물 철거	1개월
2단계	방학기간		교사동B 모듈러조로 신축 및 기계, 전기실 등 이전	1.5개월
3단계	교과기간	기존 교사동A 철거	신설 교사동B 운용	기존 강당 철거
4단계	교과기간	교사동A R,C조 신축		강당 철골조 신축
5단계	교과기간			12개월
6단계	교과기간	연결통로 설치 및 현장정리, 준공		1.5개월
계				17개월
임시교사 운용계획		공사 착공 ⇒ 교사동B 신축 ⇒ 준공까지 운용		

표 15. ALT-3의 공사 프로세스

구분	공사기간	공사프로세스		예상공기
1단계	방학기간		교사동B 위치의 기존 저장물 철거	1개월
2단계	방학기간		교사동B 모듈러조로 신축 및 기계, 전기실 등 이전	1.5개월
3단계	교과기간	기존 교사동A 철거	신설 교사동B 운용	기존 강당 철거
4단계	교과기간	교사동A 모듈러조 신축		강당 철골조 신축
5단계	교과기간	신설 교사동A 운용		
6단계	교과기간	연결통로 설치 및 현장정리, 준공		1.5개월
계				15개월
임시교사 운용계획		공사 착공 ⇒ 교사동B 신축 ⇒ 교사동A 신축 ⇒ 준공까지 운용		

아래표의 임시교사 운용계획을 살펴보면, ALT-1은 공사 착공 후 컨테이너 임시교사를 운동장에 설치하여 준공까지 운용한 뒤에 공사가 끝나면 철거하는 방안이고, ALT-2는 공사 착공 후

에 교사동B를 모듈러로 신축하여 준공까지 임시교사로 운용하는 계획이며, ALT-3의 경우도 ALT-2처럼 공사 착공 후에 교사동B를 모듈러로 신축하여 임시교사로 운용하고, 교사동A를 모듈러로 신축하여 임시교사로 준공까지 운용하는 방안으로 계획하였다.

## 5. 대안의 공사비 및 공사기간 분석 결과

### 5.1 대안의 공사비와 공사기간의 관계

앞 절에서 각 대안의 공사비와 공기가 서로 반비례 관계를 보이는 것을 살펴보았다. 이 관계를 그래프로 나타내면 다음 그림 6, 7과 같다. 교사동A, B의 완공 시점을 기준으로 분석한 그림 6을 보면, ALT-3이 ALT-1보다 14개월의 공기단축이 가능함을 알 수 있으며, ALT-2가 ALT-1보다 4개월의 공기단축 효과가 있음을 알 수 있다. 교사동A와 B 그리고 마지막 공사인 강당의 완공과 현장정리 및 준공 시점을 기준으로 분석한 그림 7을 보면, ALT-3안이 ALT-1보다 5개월의 공기단축이 가능하지만 총공사비에서는 13% 증가함을 알 수 있으며, ALT-2안이 ALT-1보다 3개월의 공기단축 효과가 있지만 총공사비는 3% 증가함을 알 수 있다.

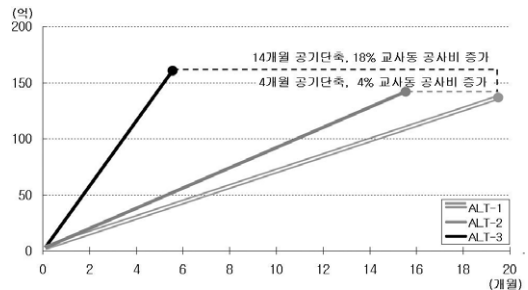


그림 6. 대안의 공사비와 공기의 관계(교사동)

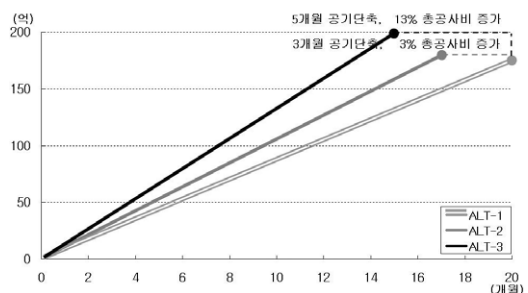


그림 7. 대안의 공사비와 공기의 관계(총공사비)

### 5.2 분석결과

교육시설을 신축 또는 개축할 때 기존의 RC조로 건설하는 방식에 비해 모듈러 방식은 공사비는 비싸지만 공기측면에서는 매







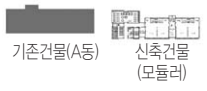




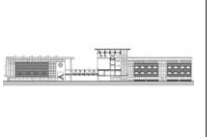
우 유리한 방식이라 할 수 있다. 사례적용 결과 전체공사 기간은 모듈러 방식을 적용했을 때, 5개월(25%) 단축효과가 있었지만 교사동 만들 비교했을 때 14개월(70%)의 단축효과가 있었다. ALT-3의 사례에서 공기의 상당부분을 차지한 것은 철골조로 신축되는 강당에 소요되는 시간이었다. 실제 교육시설에서 주된 교육기능을 담당하는 교사동의 조기 건설은 전체 시설물의 운영에 직결된다고 할 수 있다. 따라서 교사동의 신축에서 18%의 비용 증가가 발생한 반면 70%의 공기단축 효과가 있는 모듈러 방식은 교육시설에 적용가능 한 대안이라 판단된다.

### 5.3 BTL 교육시설의 모듈러 공법 적용 안

교육시설을 개축하는 경우에는 공사 중인 학교에서 컨테이너와 같은 임시 교사를 사용해야 한다. 따라서 획기적인 공기 단축이 가능한 모듈러 공법을 적용하는 경우, 별도의 임시 교사를 사용하지 않고 모듈러 공법을 이용해 교사를 단기간 내에 신축하여 먼저 사용하고 나머지 부분을 현장공법을 이용해 신축하는 것이 합리적이다.

표 16은 BTL사업으로 개축되는 학교시설에 모듈러 공법을 복합 적용하는 안에 대한 프로세스를 나타낸다. 기존 건물의 일부만을 먼저 철거하고 모듈러 공법을 이용해 교사동을 지은 후, 나머지 부분을 신축하는 방식으로 최적의 공법을 적용할 수 있다. 공기 측면이나 환경적 측면, 사용자 측면에서 모듈러 공법을 복합 적용하는 경우가 유리할 것으로 판단된다.

표 16. 서울OO초등학교 개축 BTL 사업에서 모듈러 적용 안

평 면 도	입 면 도	설 명
		기존 건물 (A동+B동)
		1단계 철거 (B동 철거) - 방학중 철거 시작 - 1단계 철거 및 시공중 A동 사용
		1단계 시공 (모듈러) - 방학 중 기존 B동 건물 구역에 모듈러 교사동 시공 - 신축건물(모듈러) 임시 교사 사용
		2단계 철거 - 2단계 철거 및 신축 공사 중 신축 모듈러 교사동 사용
		2단계 시공

## 6. 결론

대부분의 학교 BTL사업에 적용되는 공법은 RC조이며 체육관이나 문화시설 등에 같이 대규모 공간이 요구되는 경우는 철골공법이 적용된다. 그러나 건축공법은 초기 공사비와 유지관리비 등 비용 측면에서 매우 중요한 요소로 작용한다. 기존 학교시설 BTL사업의 경우, RC조나 철골조로 시공하는 것이 일반적이거나 교사동의 경우 일정 규모의 실들이 연속으로 배치되므로 모듈러 공법 적용이 매우 용이하다. 모듈러 공법의 경우, 설치기간이 기존 공법에 비해 적게 소요되며, 6개월 후에는 교사동을 사용함에 따라 별도의 임시교사를 설치할 필요가 없다는 장점을 가지므로 사용자 측면에서 유리한 안으로 분석된다. 그러나 분석된 각 대안별 공사비와 공사 프로세스에 의해 분석된 공기는 반비례 관계를 가지며, 각각의 안에 따라 공기 단축효과가 있지만 총 공사비는 증가함을 알 수 있었다. 이에 공사비와 공기간의 상관관계를 고려해 볼 때 시설사업별 환경을 고려하여 우선순위를 설정하고 이에 맞는 최적대안을 선정해야 한다.

### 참고문헌

1. 박태근 외 (2006). BTL사업을 위한 경제성 평가 시스템 개발 연구 1차년도 중간보고서, 건설교통부.
2. 박태근 외 (2007). BTL사업을 위한 경제성 평가 시스템 개발 연구 2차년도 중간보고서, 건설교통부.
3. 유영동 외 (2003). 모듈러 학교 건축물 시범건립을 위한 설계 기술 개발 연구, 포항산업과학연구원.
4. 유영동, 조봉호, 김갑득 (2003). “모듈러 학교 건축물의 시범 건립 현장 모니터링 및 개선방안”, 한국교육시설학회 추계학술발표대회 논문집, pp.83~94.
5. 이춘경, 박태근 외 (2008). “BTL 민간투자사업을 위한 LCC 분석 시스템 개발에 관한 연구”, 대한건축학회논문집, 제24권 제4호, pp.53~61.
6. 조봉호, 김홍진, 고광호 (2007). “모듈러 건축 시스템의 기술 개발 동향 및 적용 사례”, 한국강구조학회지, 제19호 제1호, pp.112~119.
7. 조봉호, 유영동, 김갑득 (2003). “모듈러 학교 건축물의 구조적 특징”, 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집, 제23권 제2호, pp.155~158.
8. SCI (1999). Modular Construction Using Light Steel Framing: An Architect's Guide, SCI.
9. SCI (1999). Modular Construction Using Light Steel

Framing-Design of Residential Buildings, SCI.

10. 건설신문 (2007). 8월 30일자, 10월 10일자.
11. (사)한국물가정보 (2007). 종합 물가정보, 11월호.
12. 기획재정부 BTL 민간투자사업, <www.mpb.go.kr/kor/section/btl/intro/main.jsp> (2008.6)
13. 부산 해강고등학교, <www.haegang.hs.kr> (2008.6)
14. 서울 신기초등학교, <www.seoulsingi.es.kr> (2008.6)
15. 서울 대조초등학교, <www.daejo.es.kr> (2008.6)

논문제출일: 2008.08.09

심사완료일: 2008.12.23

---

### Abstract

In the buildings of educational facilities ordered by BTL projects, the competent authorities, private business, and users of school get to have a deep conflict, due to extra expenses resulted from shortening of construction period and establishment of temporary school building, and inconveniences users of school have to undergo during semester. This study aims at solving immediate problems in the aspect of construction method, proposing several alternative plans, including RC construction method generally applied to construction of the existing school, and modular construction method that is emerged as an alternative method for educational facilities lately, along with the method of construction appropriate for BTL projects of educational facilities, calculating cost of construction required for each alternative plan, analyzing and evaluating period of construction.

Keywords : BTL, educational facilities, construction method, modular