

# 건설공사의 Constructability 이론과 적용사례에 관한 연구

- 일본의 사례연구를 중심으로 -

A Study on the theory and cases of Constructability for Building Projects

-With Case Study Application in Japan-

김진호\*

Kim, Jin-Ho

임남기\*\*

Lim, Nam-Gi

## Abstract

In this study, attempts to analyze the case study of production design were carried out through: 1)exploration of the factors influencing the interface between architectural and production design phases; 2)application of precast technologies. Building design and construction planning in Japan may be characterized by ample use of Production Design which extends over the whole projects phases. Taking a composite construction system for apartment buildings which allow for alternative combination of different technologies as a case study object, three projects have been chosen to analyze actual process of determining product sub-system and their specification. And the expectancies of this paper are that it can be used as efficient data for improvement of system to systematize Constructability(Buildability) in Korea.

**키워드 :** 시공성 이론, 생산설계, 의사결정, PC, 공법선택 프로세스

**Keywords :** Constructability(Buildability), Production Design, Decision Making, Precast Concrete, Selection Process for Construction Method

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

OECD 및 WTO가입에 따른 건설시장의 개방은 국제 경쟁력 차원에서 국내 건설산업에 있어서 건설기술력의 향상을 요구하고 있다.

최근, 국내의 경우 대규모 프로젝트의 발주가 증가하고, 전통적인 설계-시공 분할계약방식에서 탈피하여 Turn-Key, Fast Track으로 진행되는 일괄입찰공사(Design-Build), CM 등의 다양한 프로젝트 조달방식이 많아지고 있다. 따라서, 프로젝트 초기인 기획단계, 설계 및 사전시공단계(Preconstruction Phase)에서 전체 프로젝트의 공사계획을 선행적으로 검토하는 것은 매우 중요하며, 이러한 목적을 달성할 수 있는 도구(Tool)로서 시공성(Constructability)이론의 검토는 더욱 더 필요하게 되었다. 현재, 선진 외국에서는 시공성 이론을 적극 연구하고 있으며, 국내에서도 90년대 중반 이후 시공성 이론에 대한 개념이 소개되어 적극 검토되어 왔다.

또한, 정부가 2000년 3월 「건설기술관리법 시행령」 제 38조 13항에 “설계의 경제성 검토” 규정을 도입함으로써, 시공성 이론에 대한 검토가 적극적으로 이루어질 수 있는

제반환경이 구축되었다. 이러한 관점에서 본 논문에서는 Constructability 이론에 대한 기본개념을 고찰하고 선진 외국에 있어서 실제로 시공성을 검토한 사례를 대상으로 그 실태를 분석하여 국내 건설공사에 있어서 시공성 이론을 적용하기 위한 기초적인 방향을 제시하였다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

표1은 주요 면담조사내용과 조사분석시 이용한 자료를 정리한 것이다.

표 1. 주요 면담조사내용과 조사시 분석한 자료 개요

구분	내용 및 개요
주요면담조사 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 각 프로젝트의 제약조건</li> <li>▶ 생산설계 담당부서로 검토가 의뢰된 시점의 설계상태(설계정보의 확정도)</li> <li>▶ 설계단계에서 결정한 부분</li> <li>▶ 생산설계 담당부서가 취급한 범위 중 우선적으로 검토한 내용</li> <li>▶ 설계자의 시공성 이론에 대한 인식도</li> <li>▶ 생산설계 담당부서의 업무범위</li> </ul>
조사분석시 이용자료	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 조사대상 프로젝트의 월별 시공기록</li> <li>▶ 부위별 PC(Precast Concrete)적용 검토안</li> <li>▶ 작업지시서 및 시공도</li> <li>▶ 전체 공정표 및 공구분할(工區分割) 검토안</li> <li>▶ 종합가설계획도</li> </ul>

\* 정희원, 동명정보대학교 건축공학과 전임강사(기간제),공학박사

\*\* 정희원, 동명정보대학교 건축공학과 조교수, 공학박사

조사분석은 생산설계가 실시된 일본 동경도내의 숙박시설 및 집합주택 등 3개 프로젝트의 구체공사를 대상으로 하였으며, 논문의 연구방법은 현장방문에 의한 생산설계 담당자와 면담조사를 통해 조사대상 프로젝트의 제약조건과 특징 등을 파악하였다.

또한, 실제로 생산설계 담당자가 생산설계를 수행할 때 참고로 한 자료를 입수하여 생산설계에 따라 변경된 시공계획내용과 공법선택의 실태를 분석하였다.

## 2. 건설공사에 있어서 시공성의 이론적 고찰

### 2.1 시공성(Constructability)이론의 개념

시공성의 개념은 초기에는 생산성에 중점을 둔 협의의 개념이었지만, 통합된 설계관리 개념으로 발전하여 현재의 시공성 이론은 초기계획, 프로젝트 조달, 설계, 시공과 유지를 포괄하는 전체 프로젝트의 개념으로 초점이 맞춰지고 있다.<sup>1)</sup>

국내의 경우는 1990년대 중반부터 시공성 이론에 대한 개념이 소개되었으며, 표2는 국내에 있어서 Constructability의 개념을 정리한 것이다.

구분	개념
현장택 (1995)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 상호교류(Interaction)향상을 위한 프로젝트 생산 통합화의 한 방법으로 규정.</li> <li>▶ Constructability는 프로젝트의 전체적인 목표를 달성하기 위하여 계획, 설계, 구매, 현장운동에 시공 지식과 경험을 최적으로 활용하는 것.</li> <li>▶ Constructability는 TQM, Partnering, Concurrent Engineering 등과 호환성이 있어서 서로 보완되는 관계로 파악.</li> </ul>
차회성 이현수 (1997)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 프로젝트의 초기단계에 자원과 기술의 효과적이고 시기 적절한 통합을 의미하는 것으로 규정.</li> <li>▶ 시공지식과 경험을 통해 최대의 효과를 얻기 위해서는 이것들을 프로젝트의 초기단계에 이용하는 것이 바람직한 것으로 정의.</li> <li>※ Constructability를 「시공성」으로 번역하지 않고, 그대로 「컨스트럭터빌리티」로 호칭함.</li> </ul>
현장택 (1998)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 건설시공단계에서 발생한 지식과 경험을 계획 및 설계단계에 반영하기 위한 개선기법의 하나로 규정</li> <li>▶ Constructability는 시공성으로 단순 번역할 수도 있지만, 단순한 시공성이 아니라 프로젝트의 초기부터 시공성 향상을 고려하면서 프로젝트의 성능 향상을 위하여 기울이는 종합적인 노력으로 정의.</li> </ul>
김대환 백준홍 (1999)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 사례연구를 통해 시공의 설계 및 사전시공단계(Preconstruction Phase)로의 참여시기가 시공성의 적용조건에서 큰 요소로서 작용하고 있음을 기술하고, 시공성을 고려하지 않은 계획단계는 전체적인 프로젝트의 성공여부에 큰 손실을 초래한다고 함.</li> </ul>

표 2. 국내의 Constructability 개념의 정의

1) 김대환백준홍, 국내 建設工事의 시공성 導入에 관한 研究(-실제 건설공사 사례중심-), 대한건축학회논문집 구조계 15권3호(통권125호), 1999.3

### 2.2 각국의 시공성 이론 관련용어의 사용현황

표3은 시공성 이론에 대한 연구가 활발하게 수행되어 온 선진 외국에 있어서 시공성 이론 관련용어의 사용현황을 총괄적으로 나타낸 것이다.

표 3. 각국의 관련용어의 사용현황

구분	사용 용어	개념
미 국	Constructability	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 미국CII(Construction Industry Institute)는 「프로젝트 전체의 목적을 달성하기 위해 기획, 설계, 조달, 현장작업에 대해서 시공사의 지식과 경험을 최대한으로 이용하는 것」으로 정의.</li> <li>▶ Constructability의 검토는 컨설턴트에 의존하는 부분이 많지만, CM방식에서는 CMr이 Constructability의 검토를 수행함.</li> </ul>
영 국	Buildability	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 영국의 CIRIA(Construction Industry Research and Information Association)는 「완성 건물에 요구되는 전체를 만족하는 것을 전제로 건축물의 설계가 시공을 간단하게 하는 정도」로 정의.</li> </ul>
일 본	생산설계(生産設計) Production Design	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 京都大學(교토대학)의 古阪(후루사카)교수는 설계단계에서 작업의 용이성, 경제성, 품질의 안전성 등의 관점에서 설계를 재검토하고, 시공의 실현성을 향상시키는 것으로 정의.</li> <li>즉, 생산에 유리한 구공법의 선정, 최적재료의 선택, 구조의 단순화표준화, 자재노무의 조달 등을 검토하는 것임.</li> </ul>

주)참고문헌10, PP134 ~ 135의 내용을 요약하여 표로 재구성 함.

Constructability나 Buildability의 개념은 1970년대 말 미국과 영국에서 발생하였고, 건설프로젝트의 수행에 소요되는 시간-비용과 품질관리의 개선방법 등이 연구되었으며, 각각 그 개념을 자국의 건설환경에 적합하게 적용하고 있다.

다음은 선진 외국에 있어서 시공성 이론의 개념을 문헌<sup>2)</sup>분석을 통해 기술한 것이다.

1)미국에서의 개념은 프로젝트의 조달방법으로서 CM의 출현에 의해서 정립되었고, C. Oglesby는 Constructability를 개선하기 위한 전략을 검토하였으며, 그림1은 이것들을 구체적으로 나타낸 것이다.

2)영국에 있어서는 Stewart Adams는 Buildability를 단순화, 표준화, 의사전달이라는 3가지의 기본원칙으로 요약하였으며, Buildability를 향상시키기 위해 기본설계단계와 상세설계단계에 있어서의 설계원칙을 16가지 요소로 정리하였다. 그림2는 Buildability의 기본원칙과 설계원칙을 나타낸 것이다.

3)일본의 경우는 JIS(Japan Industrial Standards)용어에 생산설계라는 단어의 정의는 없지만, 건축 프로젝트의

2) 平成建築生産事典, 彰國社, 1994, PP134 ~ 135.

Constructability를 개선하기 위한 전략
>개선된 생산시스템의 사용
>설계의 단순화와 요소의 조합
>설계의 표준화와 요소의 반복
>정보 이용가능성의 향상
>정보 이해성의 향상
>시공순서의 개선
>가설설비 사용방법의 개선
>시공자/설계자간의 의사전달의 개선

의사전달 개선을 위한 중점항목	비용절감을 위해 감소해야 할 항목
>현장관리와 계획	>지연(Delay) 가능성
>현장의 작업	>현장 작업량
>설비의 사용	>공사기간
>도구의 사용	>고소작업량
>설계초력	>필요한 자재량
>기술자와 시공자간의 의사전달	>노동문제의 가능성

그림 1. Constructability 개선전략과 개선을 위한 항목

Buildability의 기본원칙
1. 단순화 (Simplicity)
2. 표준화 (Standardization)
3. 의사전달 (Communication)

설계원칙
1. 철저한 조사
2. 설계단계에서 현장의 검토
3. 설계단계에서 자재적재량의 검토
4. 자하량사의 공기를 최소화하는 설계
5. 상부구체/지수공사를 조기에 완료할 수 있는 설계
6. 적절한 재료의 사용
7. 적용가능한 기능을 고려한 설계
8. 단순한 조립을 고려한 설계
9. 반복과 표준화를 적극 반영한 계획
10. 가설설비의 최대이용
11. 타당한 오차의 용인
12. 작업의 현실적인 순서관계 및 고려
13. 비능률적인 작업을 피한다
14. 후속작업에 의한 손실을 피하는 계획
15. 안전시공을 고려한 계획
16. 확실한 의사전달

그림 2. Buildability의 기본원칙과 설계원칙

수행에 있어서 설계단계에서 공기, 코스트, 구·공법 등 생산면의 계획을 정확하게 수립할 수 있는 방법을 검토하여 왔으며, 설계·시공정보의 통합화를 지향한 관리기법의 개발을 연구하여 왔다.

즉, 생산설계(生産設計; Production Design)라는 것은 프로젝트의 초기단계에서부터 시공에 대한 지식을 설계에 구체적으로 반영하여 공기단축을 도모하고, 현장상황에 적합한 공사계획을 수립하려는 생산활동으로서 생각할 수 있다.

본 논문은 일본에서 생산설계를 실제로 수행한 프로젝트에 대한 사례연구로서 구체적인 실태분석의 내용은 다음 장에서 기술하기로 한다.

### 3. 조사대상 프로젝트의 개요와 특징

표4는 조사대상 프로젝트의 계약형태, 제약조건과 생산설계 개시이전의 프로젝트의 상황을 나타낸 것이다.

표4. 조사대상 프로젝트의 비교

구분	사례 A	사례 B	사례 C
계약형태	설계·시공 분리	설계·시공일괄	설계·시공 일괄
구조형식	RC조	SRC조	SRC조
규모	지상8층, 지하1층	지상14층	지상19층
주용도	숙박시설	집합주택	집합주택
공사기간	14개월	18개월	19개월
형상/특징/계약조건	▶설계완료시 구체적인 구·공법이 미확정 ▶노무부족 ▶짧은 공기 ▶복잡한 입면형상	▶짧은 공기 ▶좁은 부지	▶외관이 미확정 ▶다양한 설계변경 ▶부지협소 ▶반입로 한정
생산설계 개시이전 프로젝트의 상황	▶시공계획단계에서 생산정보를 검토함 ▶생산설계 이전은 대부분 재래공법으로 설계됨	▶기획설계단계에서 생산설계 담당부서가 참가한 사례 ▶조기에 구·공법 및 공정계획이 검토됨	▶공구분할 및 사이클공정이 현장측의 방침으로서 규정된 상태에서 시공계획을 생산설계 담당부서가 검토한 사례

특히 조사대상 프로젝트의 경우는 생산설계 담당부서의 검토가 필요하였던 프로젝트로서 개발적인 프로젝트의 성격으로 시공계획의 실적이 많지 않은 점, 대규모로 공기나 코스트의 문제가 복잡한 점, 노무부족에 따라 공업화 공법의 검토가 필요한 점 등이 특징으로 나타났다.

따라서 본 논문에서는 조사분석의 주된 내용을 다음과 같이 크게 2가지로 도출하였다.

- 1) 설계완료시점에서도 구체적으로 구·공법이 설정되지 못한 설계의 확정도가 낮은 경우, 생산설계 담당자의 공사계획 수립내용 및 방법의 고찰.
- 2) 초고층이나 대규모라는 제약조건에 대해 생산설계 담당부서가 실시한 생산설계의 내용 및 프로세스와 변경된 설계정보의 파악.

### 4. 일본에 있어서 생산설계의 사례연구

여기에서는 3장에서 전술한 내용을 토대로 생산설계 담당자와의 면담조사내용과 담당자가 생산설계시 이용한 자료(표1 참고)의 분석을 통하여 파악된 생산설계의 실태를 기술하였으며, 이것을 토대로 생산설계의 특징과 설계와 생산설계의 차이점을 고찰하였다.

#### 4.1 조사대상 사례별 생산설계의 내용 및 프로세스

표5는 조사대상 프로젝트별로 분석된 생산설계 프로세스와 생산설계에 의해 변경된 내용 등을 총괄적으로 정리한 것이며, 구체적으로는 다음과 같다.

##### 1) 생산설계 담당부서가 우선적으로 검토한 내용

사례A의 경우는 건물의 저층부에 재래공법을 채용한 관제로 거푸집작업에 노무가 집중되어, 고층부에서는 공기단

표 5. 조사대상 프로젝트별 생산설계 내용과 특징의 비교·분석

구 분		사례 A	사례 B	사례 C
참가 전 상태	구체구성	·외벽면의 PC화 방침정도	·미정(과거 공사계획 참고)	·Full PC화의 방침
	사이클공정	·개산일수 정도	·상동	·5일 사이클
	공구분할	·미정	·상동	·5공구, 상세한 것은 미정
	가설계획	·미정	·상동	·크레인수, 종합가설계획 대부분 결정
참가의 의	참가개시시기	·주로 착공후	·기획단계에서	·주로 착공후
	빈도(착공 이전)	·3~4회(어드바이스 정도)	·약 20회	·약 3회
	빈도(착공 이후)	·5~6회	·약 30회	·30회 이상
	회의시기/ 회의회수	·필요한 시기에	·주 1회	·주 1회(비정기적)
상황	의뢰처	·현장	·영업부분	·현장담당 예정자
	생산설계 과정 / 계획의 특징	·고층동 구·공법 계획 및 공구 분할, 사이클 공정 등	·공정, 노무, 양중, 종합가설계획 구·공법계획 등	·사이클 공정, 일부PC, 거푸집의 디테일 설계
특징	의식한 조건 및 과제 참조한 자료·정보	·공기·노무의 평준화 ·공구수의 결정 ·PC화를 위한 구법 변경	·유사한 다공구 동기화공법 (DOC공법)의 사례·실적	·크레인 가동율 ·공정에 대한 공구분할방안
	최우선으로 검토된 계획	·가능한 한 현장제작 PC화 ·보PC화를 위한 구법변경	·사이클공정 입안	·크레인의 작업배분
	최우선으로 검토된 계획에서 파생된 계획	·PC화에 따른 설계변경	·구체구성 방법	·사이클공정 ·공구분할 위치의 상세
	그 외의 방침	·양단부 기둥의 PC화 ·외벽 PC보의 검토	·기본적으로 과거공사실적의 도입	·현장측의 「방침」으로서 제시되어있는 조건중에서 노무 및 자원의 적정배치
	특정있는 부재의 결정	·보 PC화	·기본적으로 과거공사실적의 도입	·도리방향 보의 PC화
	생산설계에 따른 변경	·내진벽 설치 라멘→순라멘 ·외주벽 두께 ·큰보 단면치수 통일	·생산계획의 검토(특히 공기, 비용)로 기획단계에서 이중바닥 공법으로 변경	·외주 SRC기둥의 단면구성변경
선택된 구·공법	공법(工法)	·큰보, 외주외벽, 발코니, 내부 계단의 PC화. ·큰보 조인트위치, 배근 ·복도바닥의 Half PC화	·구공법계획을 반영한 설계 검토	·발코니 PC공장제작→현장제작 ·MOS 거푸집 강제화
	기둥	·재래공법	·재래공법	·재래공법
	큰보	·현장 PC공법 (내진벽 설치부는 공장제작)	·재래공법	·PC공법
	작은보	·재래공법	·없음	·없음
	주호 경계벽	·건식 간막이	·대형 강제 거푸집	·대형 강제 거푸집
	도리(桁)방향벽	·외주 : 공장PC/내부 : 재래공법	·복도 : PC /발코니 : 재래공법	·PC공법
	내부바닥	·공장제작 Half PC화	·Half PC 슬래브	·Half PC 슬래브
	외부바닥	·공장제작 Half PC화	·공장제작 Half PC화	·공장제작 Half PC화
그 외	·발코니 : 공장 PC공법 ·외부계단 : 재래공법 ·내부계단 : 현장 PC공법	·MOS기둥 (집합주택에 주로 쓰이며, 보폭과 같은 폭의 내진용 기둥)	·MOS기둥 : 강제 거푸집	
생산설계 이후에 발생한 문제	▶당초의 계획대로 PC화가 실현되지 못한 부분이 있음. (외부계단 등)	▶시공담당자의 결정지연, 경험자 부족에 의해 시공의 상세한 계획이 수립되지 못함. ▶준비한 시공계획이 실제 담당자가 이해하지 못하여 현장의 혼란을 초래함.	▶설계변경의 빈발 ▶의장담당자와의 견해차이로 PC의 종류 선택곤란 등에 따른 대체안 수립이 지연.	

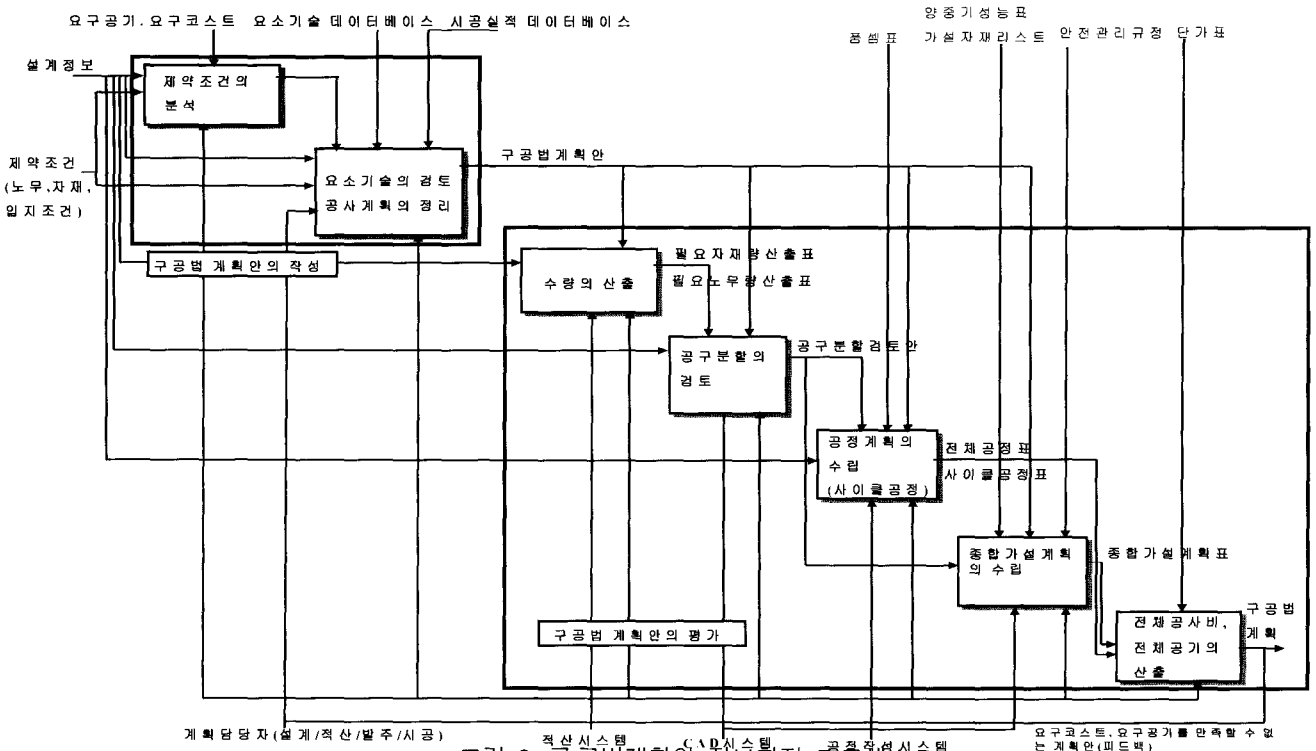


그림 3. 구공법계획의 정보확정 프로세스

축을 위해 PC화를 검토하였으며, 사례B에 있어서는 기획 단계에서 생산설계 담당부서가 시공계획을 숙지하고 조기에 시공성의 실현을 향상시킨 사례이다. 즉, 다공구 동기화 공법(多工區同期化工法)의 채용을 전제로 유사한 프로젝트의 사례를 참고로 구체의 구성을 설정하였으며, 사이클 공정의 검토도 실시하였다.

사례C의 경우는 공사기간이 매우 짧은 관계로 대부분 Full PC화 하는 것으로 계획하였으며, 양중기의 가동율을 검토한 사례이다.

2) 주된 설계변경의 내용 및 최종 확정 구공법

사례A의 경우는 공기단축의 요구로 다공구동기화공법을 적용하고 사이클공정계획에 따라서 PC화 하는 부분을 결정한 사례로, 큰보를 PC화 하기 위해 구조의 설계변경을 실시하였다. 즉, 보의 단면형상을 통일하는 것이 가능하였으므로 설계를 변경하였다.

사례B는 사이클 공정이 성립하도록 구공법이 확정된 시점에서 상세한 시공계획을 검토한 사례이며, 발코니측의 벽은 새시와의 시공문제로 재래공법으로 설정하였다.

3) 생산설계에 의한 구공법선택 프로세스 고찰

표5 및 실태분석에서 전술한 바와 같이 생산설계에 의한 공법선택 프로세스는 다양한 프로젝트의 상황에 따라 건물부위별로 요소기술(Full PC, Half PC 등)을 효율적으로 조합하여 최적의 공법을 선정해 가는 의사결정(Decision Making)의 과정으로 볼 수 있다.

그림3은 사례연구내용을 토대로 파악된 구공법계획의

정보확정 프로세스를 IDEFO(프로세스모델 표현기술법)기법을 이용하여 도식화한 것이다. 즉, 구공법계획의 정보확정 프로세스를 「구공법계획안의 작성」 단계와 「구공법계획안의 평가」 단계로 이원화하여 세부적으로는 7개의 액티비티(Activity)로 구성되어 있으며, 복잡한 구공법의 선택에 이르는 과정에 있어서 검토내용, 계획대상, 프로젝트에 참여한 조직(Organization)간 정보의 교환 등을 총괄적으로 나타내었다.

표6은 그림3중 프로젝트의 제약조건을 분석하고, 이것을 토대로 건물의 구성부재(기둥, 보 등)마다 적용하는 요소기술을 선택하여 구공법을 결정하는 경우, 사전에 평가해야 할 항목을 체계화한 것이다.

표 6. 구공법선택의 평가척도

구분	세부 항목의 사례	
공사계획의 요소	Q(품질)	내구성, 내력, 강도
	C(원가)	철근위치, 부재치수의 제약 유무 등
	D(공기)	시공단가 및 재료단가 가설설비의 사용량(비계, 지보공 등의 사용유무) 등
	S(안전)	Prefab화 정도(현장작업량의 정도) 작업공정(공기단축 가능성) 가설설비의 사용량(비계, 지보공 등의 사용유무) 등
노무생산성		고소작업의 정도 및 Prefab화 정도 등
		작업 표준화(Standardization)의 정도 부재의 경량화 및 운반의 용이성
리스크 (Risk)		가설설비의 사용량(비계, 지보공 등의 사용유무) 등
		시공단가 및 재료단가의 변동율 요구품질의 실현성 정도 등

표 7. 조사내용에서 파악된 설계와 생산설계의 차이점

비교 항목	설 계	즉, 생산설계
일반사항	검토시기	·실제보다는 이후 ·※주요시기는 실시설계완료로부터 착공까지
	관련된 조직	·(건축주, 설계자, 시공관리자, 자재제조업체, 하도급업자) ·※( )는 생산의 형태에 따라 상이함.
	표현매개체	·시공도, 시공계획서, 시공요령(지시)서, 공정표, 실행예산서 등
	의식하는 조건	·설계도서, 시공계획자의 경험, 부지조건, 자원, 공기, 코스트(견적서) 등
설계정보	건물형태, 건물크기	·변경은 기본적으로 불가능한 것으로 판단
	바닥면적, 법규제 대응	·변경은 기본적으로 불가능한 것으로 판단
	기능(공간)	·非구조부재의 제작방법은 생산설계에서 결정하는 것이 많으며, 변경도 가능
	기능(구조)	·구체적인 구공법에 따른 결정 ·다른 속성과의 종합적 판단으로 부재분할 위치를 결정 ·검토시기에 따라서는 대규모의 변경도 발생 (예: SRC조→RC조)
기능(설비)	·배관경로, 설치방법, 시스템화시공 등의 도입은 생산설계에서 결정	
시공정보	코스트	·견적정보에서 상세한 비용산출(실행예산)
	공기	·지정공기에 대응한 상세한 공정시물레이션을 실시하여 구공법계획을 수립
	시공 용이성, 작업순서	·부여된 조건하에서 가능성을 판단하고 효율성을 향상시키는 방법을 검토
	구체의 분할(部材分割)	·구공법을 검토하여 모든 부재분할을 검토 ·공구분할 등은 생산설계에서 결정
	구공법 선택	·모든 구법 및 공법이 선택의 대상
	자원(자재, 기계, 노무)	·구체적인 조달가능성, 이용가능성을 검토
	가설(자재)계획	·가설재의 최소사용(전용률 관계 등) 및 시공계획과의 상관관계를 검토
시공조직 편성	·공종-직종 편성을 구공법에 따라서 편성	

물론 평가척도상 각 항목의 중요도는 프로젝트에 따라 상이하며, 요소기술의 선택시에는 접합부 및 작업전후의 관계 등 구성부재간의 상관관계를 검토해야 한다.

#### 4.2 생산설계의 특징 및 설계와 생산설계의 차이점

여기에서는 4.1에서 전술한 내용과 생산설계 담당자와의 면담조사를 토대로, 생산설계의 업무범위와 설계와 생산설계의 차이점 등을 기술하면 다음과 같다.

##### 1) 생산설계의 기능과 업무범위

생산설계의 기능과 업무범위의 특징은 다음과 같이 파악되었다.

- (1) 생산설계의 담당자는 특정 부서에만 존재하는 것은 아니며, 프로젝트의 형태에 따라서 다양하게 배속될 수 있다.
- (2) 생산설계란 설계를 진행하는 과정에서 의장, 구조, 설비의 각 단계간 설계정보의 불일치를 최소화하고, 정합성(整合性)을 향상시키려는 생산과정이다.

의장설계, 구조설계, 설비설계 담당자간의 정기적인 의사결정(Decision Making)의 부족에서 파생되는 도면정보의 불일치를 생산설계 담당자에 의해 최소화할 수 있다.

- (3) 생산설계에 있어서 업무범위와 용어호칭은 건설업체에 따라 다소 상이하다. 예를 들면, 어떤 업체에서는 시공도의 작성이나 시공계획을 수립하는 것을 생산설계라고 부르고있으며, 또 다른 업체의 경우는 실시설계도나 시공도를 작성하는 것을 생산설계라고 정의하기도 한다.

또한 생산설계의 용어를 사용하지 않고 「개략시공계획」이라고 호칭하는 사례도 있으며, 설계사무소에서는 공사계약 이후에 시공자가 실시하는 시공계획을 생산설계라고 부르는 경우도 있었다.

##### 2) 설계와 생산설계의 차이점

4.1 및 4.2.1에서 전술한 것처럼 생산설계의 업무영역은

명확히 규정하기 곤란하며, 프로젝트의 형태에 따라 다양하게 나타났다.

표7은 조사내용으로부터 고찰된 설계와 생산설계의 차이점을 체계화한 것으로 다음과 같이 요약할 수 있다.

- (1) 설계단계에서는 우선 재래공법이나 표준시방서를 기초로 공법을 선택하거나 제약조건 등이 유사한 프로젝트를 참고로 하여 공사계획을 설정하는 경우가 많으며, 시공계획단계에서는 특기시방서나 현장의 특징을 고려하여 다양한 모든 공법을 대상으로 최적의 공사계획을 수립한다. 따라서 이러한 요인에 의해 시공담당자는 실시설계도면과 현장의 조건을 비교검토하여 실시설계도면을 설계자에게 피드백(Feedback)하여 설계변경을 요구하는 경우가 많으며, 표5중 생산설계에 따른 변경부분이 여기에 해당된다. 그림4는 생산설계 이전의 최초 설계에 있어서 보의 형상과 생산설계에 의해 Half PC가 적용된 설계변경된 보의 형상을 나타낸 것이다(설계변경 이유는 그림 참고).

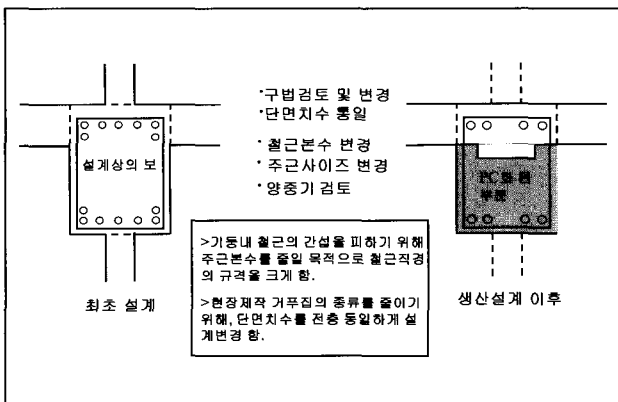


그림 4. 생산설계에 의해 변경된 보의 공법사례

- (2) 각종 정보의 표현매체의 경우, 설계단계에서는 도면과 모형중심으로 한정된 반면, 생산설계에서는 시공도나 실행예산서 등 시공계획과 직접 관계가 있는 것이 많다.
- (3) 설계단계에서는 프로젝트 일정관계로 공기를 개략적으로 산정하는 경우가 많지만, 생산설계에서는 상세한 공정시플래이션을 실시한다.
- (4) 설계단계에서는 가설계획을 검토하지 않는 반면, 생산설계에서는 가설자재의 최소사용방법과 전용을 등을 파악하여 시공계획과의 상관관계를 검토한다.

## 5. 사례연구의 종합고찰 및 국내의 시공성 도입방안

### 5.1 조사분석 내용의 종합고찰

사례연구의 결과에 나타난 것처럼 생산설계는 설계단계

에서 선행적(先行的)으로 시공계획을 검토하여 공사계획정보의 정합성을 향상시키고, 프로젝트의 초기에 생산정보를 확정하여 비용을 저감하려는 생산활동으로 볼 수 있다. 따라서 설계-시공정보의 통합화를 지향하기 위해 정보관리적인 측면과 조직(Organization)적인 측면에서 프로젝트를 합리화하려는 관리기법이라 할 수 있다.

여기에서는 이러한 관점을 토대로 3가지 측면에서 사례연구내용을 종합적으로 고찰하였다.

#### 1) 생산설계에 따라 부수적으로 변경된 사항

생산설계가 기획단계에서 개시된 사례B의 경우는 공기나 코스트 등 제약조건을 고려한 평면형태의 변경을 들 수 있으며, 사례A에 있어서는 외벽면을 PC화 하기 위해 구법의 변경이 발생하였다.

또한, 사례A, 사례C와 같이 생산설계가 착공 이후에 실시된 프로젝트에서는 보의 일부를 PC화 하기 위해 다양한 구공법을 검토하였다.

#### 2) 구공법선택에 있어서 검토내용 및 절차의 다양성

조사대상 프로젝트에 있어서 생산설계의 경우 다양한 요소기술의 검토나 프로젝트의 제약조건을 토대로, 구공법의 선택이 이루어졌다. 그리고 공법선택에 있어서 검토내용 및 그 절차는 다양하게 나타났으며, 그 다양성의 요인은 다음과 같이 3가지로 파악되었다.

- (1) 설계·시공의 계약형태; 설계·시공의 일괄 또는 분리
- (2) 설계초기의 정보 확정도; 설계사양이 대부분 재래공법으로 설정되었는가, 또는 어느 정도 시공실적을 토대로 PC화의 방침이 설정되어 있는가에 따라서 생산설계의 검토대상과 내용은 상이하게 전개되었다.
- (3) 생산설계의 개시시기; 기획단계(사례B)인가, 착공 이후(사례A, 사례C)인가에 따라서 검토대상과 절차는 상이하게 나타났다.

#### 3) 생산설계 이후에 발생한 문제

생산설계의 검토가 착공 이후에 개시된 사례A, 사례C의 경우는 주로 설계자나 시공자간의 역할분담문제나 정보전달에 관한 문제점이 발생한 반면, 생산설계가 조기에 실시된 사례B의 경우에 있어서는 생산설계 담당부서와 시공관리자간의 정보전달이나 의사결정에 관한 문제가 발생하였다(표5 참고).

### 5.2 국내 건설공사에 있어서 시공성 이론 적용방안

여기에서는 사례연구를 바탕으로 도출된 내용을 토대로, 국내 건설공사에 Constructability 이론을 적용하기 위해 검토해야 할 사항을 3가지 관점으로 구분하여 기술하였다.

단, 4.2.1에서 전술한 바와 같이 건설업체에 따라 생산설

계를 「개략 시공계획」으로 호칭하는 것 등, 생산설계의 업무범위 및 명칭은 다양하다. 따라서 여기에서는 시공성 이론을 도입(적용)하기 위한 생산활동으로서 편의상 「생산설계」로 호칭한다.

### 1) 생산설계의 주체 및 개시시기

설계담당자와 생산설계 담당자간 구·공법의 적용에 관한 협의 등 의사결정(Decision Making)시기를 프로젝트 초기인 기획 및 기본설계단계로 설정한다. 단, 이 경우 생산설계 담당자는 시공계획자가 주체가 될 수도 있지만, 현장운영조직의 편성에 따라 별도로 생산설계 전담부서를 만들 수도 있다.

### 2) 현장의 관리(운영)적인 측면

생산설계 담당부서와 설계자(의장·구조·설비) 또는 시공자간 의사결정문제나 정보전달을 효율적으로 수행할 수 있도록 정기적인 협의를 실시한다.

최근, 국내의 경우 대형 프로젝트에 복합화공법의 적용이 증가하고 있으며, 이 공법들을 검토하는 경우 중전과 상이한 시공지식과 경험을 필요로 하므로 다음과 같은 점을 적극 검토하여 시공성을 도입할 필요가 있다.

- (1) 표준품셈 및 시방서 규정의 검토
- (2) 생산설계 담당자 또는 시공계획자의 시공지식을 토대로, 전문가시스템(Expert System)의 구축
- (3) 생산설계 업무의 내용·범위를 명시한 업무Manual구축

### 3) 공사계획의 정보전달적인 측면

생산설계 단계에서 상세한 공정시물레이션의 실행이 가능하도록 4D CAD시스템을 구축하여 운영하고, 설계의 사양정보를 입력한 CAD데이터를 기초로 생산설계 단계에서 실행예산서(견적서 포함)나 공정표의 작성이 용이하도록 한다. 예를 들면, 도면작성CAD데이터와 견적프로그램 또는 공정표작성 프로그램을 연계함으로써, 생산단계(적산, 시공 등)별로 데이터의 입력시간을 줄이고 업무의 중복을 최소화할 수 있는 「통합CAD시스템」을 개발한다.

## 6. 결론

건설공사에 있어서 Constructability라는 것은 단순히 시공성(施工性)이라고도 말할 수 있지만, 시공단계의 지식과 노하우를 프로젝트의 초기단계인 기획단계와 설계단계에 반영하려는 관리기법이다.

최근, 국내의 경우 대규모 프로젝트가 증가하고 CM 등의 다양한 계약방식이 많아지고 있으므로 시공계획을 설계단계에서의 선행적(先行的)인 검토가 더욱 필요하게 되었다. 따라서, 본 논문은 우선 국내의 시공성 이론의 개념을 고찰한 이후 선진 외국의 관련용어를 파악하였으며, 실제로 일본의 시공성 이론의 적용사례를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 조사·분석은 집합주택 등 3개 현장의 구체공사를 대상으로 하였으며, 공법선택을 포함한 생산설계(Production Design)의 내용과 프로세스는 설계초기의 정보확정도(재래공법 및 복합화공법의 반영정도 등)와 생산설계의 개시시기에 따라 다양하게 나타났다.
- 2) 설계단계에서는 공기를 개략적으로 산정하고, 가설계획과 시공조직의 편성을 고려하지 않는 반면, 생산설계의 경우는 지정공기에 대응한 공정시물레이션과 직종편성의 검토 등 시공계획과 관련된 것이 많았다.
- 3) 프로젝트의 일정관계와 시공에 대한 전문지식의 부족으로 설계단계에서 모든 구·공법의 검토와 시공성을 반영한 설계가 현실적으로 매우 곤란한 바, 생산설계에 의한 시공계획의 검토와 설계변경은 매우 유효한 관리방법이라 할 수 있다. 그러나 생산설계 이후에 발생한 문제점(표5 및 5.1.3 참고)에 대한 대응방안의 수립은 향후의 연구과제로서 수행할 필요가 있으며, 특히 다음과 같은 점은 국내건설공사에 시공성 이론을 적용하는 경우 사전에 충분히 검토할 필요가 있다.

- (1) 생산설계의 주체(담당자) 선정과 업무범위 규정
- (2) 생산설계 담당자와 현장관리자간 정기적인 협의 실시
- (3) 생산설계업무의 Manual 구축
- (4) Concurrent Engineering(동시공학)이론의 정립과 프로젝트의 적용성 향상

## 참고문헌

1. 현장택, 建設프로젝트의 Interaction 測定方法에 관한 연구, 대한건축학회논문집 11권 10호(통권 84호), 1995.10
2. 차희성·이현수, 初期 工程計劃 段階에서 時間과 性能을 考慮한 最適 施工 代案 選定 方法, 대한건축학회논문집 13권12호(통권110호), 1997.12
3. 현장택, 파트너링과 施工性分析 概念을 利用한 國內 建設VE活動의 改善, 대한건축학회논문집 구조계 14권6호(통권116호), 1998.6
4. 김대환·백준홍, 국내 建設工事의 시공성 導入에 관한 研究(-실제 建設공사 사례 중심으로-), 대한건축학회 논문집 구조계15권3호(통권125호), 1999.3
5. 김성희·정병호·김재경 공저, 의사결정분석 및 응용(개정판), 영지문화사, 1999.
6. Stewart Adams, Practical Buildability, Butterworths, 1989.
7. C. Oglesby, et al.: Productivity Improvement in construction, McGraw-Hill, 1989.
8. 古阪·遠藤, 生産設計の現狀と課題, 第4回建築生産と管理技術パネルディスカッション報文集, 日本建築學會, 1993.2
9. 生産設計をめぐる諸問題(-設計と施工の役割分擔, 情報傳達-). 日本建築學會 建築經濟委員會, 1993.
10. 平成建築生産事典, 彰國社, 1994.
11. 情報化の進展にともなう設計·施工分野の動きとその協調の課題, 日本建築學會 建築經濟委員會, 1995.