# 공법의 개발 접근방법

김 문 한
서울대 명예교수

## 1. 공법이란

생활공간의 구성은 어떠한 재료를 어떠한 방법으로 짜맞추어 어떠한 기능(機能)·Cost를 실현하는가에 있다.

그런데 건축재료학에서는 재료 자체의 성능·품질에 대한 것을, 환경공학에서는 음·열·물과 같은 성능조건을, 건축설계학에서는 공간의 크기나 Volume을 취급하였다. 그러나 공법이라고 하는 것은 공간을 만드는 재료나 부품의 구성 및 그 생산방법에 대한 기술을 말한다. 그러므로 공법이야말로 종합기술(Total Engineering)이라고 할 수 있다.

공법이란 기후 풍토에 의해서도 다르고, 또한 용도나 목적에 의해서도 다르고, 시대적 경제사회의 발전에 의해서도 다르다. 특히 최근에는 신 재료의 발달, 건설노무자의 변질, 현장의 기계화 등 공법의 배경이 되는 것에 큰 변화가 있다. 즉, 건물의 품질·성능을 충족함과 동시에 공기단축, 원가절감 등의 문제가 대두되고 있다.

이와 같은 시대적인 배경을 조명해 볼 때 공법에 대한 기술의 정도가 전반적 건축기술의 바로미터가 된다고 볼 수 있다.

## 2. 공법과 양식

건축이 발전해온 과정을 볼 때 건축의 양식은 풍토에 따른 재료를 어떠한 방법으로 사용하느냐에 의해서 결정되었다고 볼 수 잇다.

목재가 풍부한 지역, 즉, 일본, 캐나다, 미국동남부, 유럽제국에서는 일찍부터 목조건축물이 발생했다. 그러나 목조건축을 구성하는 방법은 나라마다 다르다. 지진이 많은 이웃 일본은 지진에 견딜 수 잇게 목재의 이음, 맞춤을 정교하게 가공하여 목조건축을 이루었고, 미국이나 캐나다 등에서는 긴결철물을 이용하는 목조건축이 발달되었다.

나무가 자라지 않는 초원의 Steppe지대나, 사막에 가까운 지대, 즉, 아푸리카 남부, 중국북부, 쏘련 남부 지역에서는 흙벽돌(Adobe)이 건축에 쓰였다.

돌이 많은 지중해 연안지역 및 서해안성기후(유럽 제국)에서는 아치·볼트·고딕공법에 의한 석조건축이 발달하였다.

이와 같이 각 나라마다 시대의 변천에 따라 사용하는 재료에 의한 구조와 공법으로 독특한 양식을 발생하게 하였다.

그러나 수공업을 모체로 하는 18세기말까지는 재료의 발달은 질이나 양의 양면에서 특기할 만한 것이 없었다. 그러나 산업혁명(1760년)을 계기로 19세기 후, 공업재료의 발전은 눈부신바가 있고 세계2차대전 후에는 놀라운 진보가 있었다. 그리고 이에 따른 구법과 공법의 발달로 건축의 양식에 획기적인 변화를 가져왔다.

우선 1860년 이후 강이 제조되어 1889년에 불란서 파리에 Effel탑(300,65m, TV안테나까지는 320.78m)이 철골구조의 대표작으로 세워졌고, 오늘날의 융성한 철골구조로 발전하게 되었다. 철골구조란 형강, 강관, 강판 등을 조합하고 rivet, bolt, hightension bolt, 용접 등으로 골조를 만든 것이다.

시멘트는 1824년 Aspden에 의해 발명되고 1886년에 미국에서 처음을 Rotary Kilm에 의한 Portland Cement의 생산이 시작되고 1850년경에 불란서에서는 철근콘크리트 특허가 출원되고, 독일, 불란서, 미국 등에서 철근콘크리트 이론이 발전됨과 동시에 오늘날의 주요한 구조재료로서 군림하게 되었다. 철근콘크리트구조는 압축강도가 크고 내구·내화성이 있는 콘크리트와 인장강도가 큰 철근이 복합해서 만든 것이다. 다시 Prestressed Concrete구조, PC부재의 이용으로 발전했다.

## 3. 재료와 공법

건축의 궁극적인 목적인 생활공간은 어떠한 재료를 어떻게 구성함으로서 바람 지진 등이 자연재해, 화재 등 인적재해로부터 안전하고, 또한 사용목적에 쾌적하고 내구적이고 경제적인 건축물을 만들 수 잇느냐 라는 문제는 건축을 공부하는 사람이 해결해야할 당연한 사명이며 당위가 된다고 볼 수 있다.

최근 건축물은 고층화, 대형화, 양산화의 경향이 있고, 또한 최소의 비용으로 최대의 효용(效用)을 얻으려는 경향이 있다. 즉, 어떻게 하면 건축물의 품질 및 성능을 손상시키지 않고 최소의 비용으로 건축물을 건축할 수 있을 것인가라는 문제가 강하게 태두되고 있다.

이와 같은 목표를 달성하기 위하여 최근의 건축재료는 저품질에서 고품질로, 재래식방법에서 생산성을 고려한 합리화

절약화로. 그리고 수 작업 현장시공에서 점차적으로 공업화를 지향하는 기계화, Prefab화가 가능한 방향으로 개발되고 있다.

예로서 가설재(흙막이, 비계, 거푸집 등)는 목제에서 강제로 바꾸어 전용회수를 늘리고, 또한 조립, 해체, 철거, 운반 등의 편의를 도모해서 공기단축, 공사비 저렴화에 기하고 있다.

부재의 인장측에 PC강선에 의해 미리 압축응력을 주고 하중에 의한 인장응력과의 상살로 부재단면에 장력이 생기지 않도록 연구한 Prestressed Concrete가 개발되었다. 일반 철근 Concrete보다 부재단면의 크기를 더욱 작게 할 수 있고 대 Span에 사용할 수 있는 부재를 공장에서 생산하여 현장에서 조립공정에 의해 시공이 가능하게 되었다.

흡습성, 흡수성이 있는 섬유질 단열재를 사용할 때는 중단열 또는 내단열로 하던 공법이 내흡수성이 있는 고분자계통의 단열재가 개발됨으로서 외단열공법으로 하여 더욱 효율적인 단열공법을 기할 수 잇게 되었다.

철골조에서 과거에는 철골의 내화성, 내구성을 확보하기 위하여 Concrete 또는 경량Concrete로 피복하던 것이 최근에는 내화재에 의한 피복공법으로 공기 및 공사비를 절감하고 잇다.

고분자방수재료의 개발에 의해 지붕 방수공법도 Asphalt방수공법에서 Sheet방수공법으로 바뀌고 있으며 그 외 고분자재료가 다양하게 사용되고 있다.

또한 Aluminum합금 등 경금속재료의 개발, Concrete의 고강도화, 유동화콘크리트의 개발, 내 알카리 Glass Fiber의 개발에 따른 압축강도와 인장강도를 증진시키는 GRC의개발, 경량성·단열성이 우수한 ALC의 등장, 애폭시와 같은 강력 접착제 등의 출현으로 새로운 공법에 의한 건축방법이 속속 연구 개발되고 있다.

재료를 취급하는 방법도 습식공법에서 건식공법으로 현장을 중심으로 하는 수공업적방식에서 기계화나 공장생산을 중심으로 하는 공업화공법이 가능한 방향으로 건축재료가 개발되어가고 있다.

## 4. 공법의 개발

지금까지의 공법의 개발은 종전까지의 구조방식이나 시공방식을 바탕으로 인력에 의한 작업을 기계로 치환해서 생력화(省力化)를 도모했다. 확실히 노동생산성이 낮고, 중량물을 취급하고, 노동력에만 의뢰하는 건축현장에서 기계를 도입한다는 것은 큰 의의가 있다. 그러나 인간이 하는 작업을 그대로 기계로 치환한다 해도 한도가 있기 마련이다. 예로서 철근과 철근을 결합하는 공정에서 종전의 철근공이 철사로 묶는 작업을 기계로 치환했다면 철근공의 삭감에는 도움이 될지 모르지만 토탈로서 생력화가 되었다고 볼 수는 없다. 그러므로 기계화는 기계 나름대로의 방법으로 고려하는 것이 보다 합리적일 것이다. 즉, 수작업시대에서 탑습애 온 종전의 구조형식이나 시공방식에 구애받지 말고 기계화하기 쉬운, 기계가 취급하기 쉬운 형식을 생각하는 것이 필요하다. 여기에 새로운 구·공법, 즉, 기계화생산에 적합한 구(구조형식)과 공(시공방식)의 방법을 개발해가야 할 것이다.

철골은 기계화생사에 적합한 소재이다. 그러나 철은 타의 건축재료에 비해서 고가한 재료이므로 사용량을 최소한으로 억제하기 위해 앙글이나 찬넬 혹은 풀레이트를 써서 트러스나 라티스 기둥·라티스 보로 조합해서 가구를 만들었다. 그러나 70년대 애 들어서면서 인건비의 고등하고 품이 많이 드는 종전의 생산방법을 기피하고, 현장에서의 가공을 적게 할 수 있는 H형강으로 대체되었다. 현장에서는 공장에서 가공한 기둥·보를 기계를 이용해서 조립하는 것만으로 되고, 타의 구조형식에 비해서 월등히 생산성이 높은 구조로서 인식되고 있다.

한편 콘크리트는 성형성이 좋고, 무엇보다도 철골에 비해서 염가하다는 장점이 있어 저층에서 고층까지 폭 넓게 사용되고 있다. 그러나 현장에서 기능공의 기량에 의한 생산이 주가 되어 공업화, 기계화가 늦어지는 원인이기도 하다. 즉, 철근콘크리트에서는 우선 철근을 한 개씩 세우고 그것을 철사로 결속한다. 그리고 목수가 가공한 거푸집을 대고 파이프로 지지하고, 최후에 콘크리트공이 콘크리트를 유입하여 하나의 공정이 끝난다. 참으로 품이 많이 들고 사람의 기량에 의존하는 공법이다.

이 콘크리트건축도 다만 인력에 의존하는 시공으로 안주한 것은 아니다. 기계를 도입하는 노력은 각 방면에서 실시되었다. 예로서 철근공사에서 조립철근공법이라고 지상에서 미리 기둥 혹은 보를 먼저 조립하고 크레인으로 소정의 위치에 운반해서 조립하는 공법이 개발되고, 거푸집공사는 시스템화된 패널이 도입되었다. 또한 콘크리트 펌프타설이 일반화되기도 하였다. 이와 같이 늦어졌다고 말하는 콘크리트조의 분야에도 인력에 의한 시공에서 기계력에 의한 시공으로 착실하게 전환되고 있다.

앞서 말한 철골조의 기계화는 공장에 의한 기계화가 큰 비율을 차지하고 있다. 그러나 콘크리트조에서 공장생산의 기계화는 겨우 철근의 가공정도이고, 철근이던 거푸집이던, 또한 콘크리트에 대해서도 거의 소재에 가까운 모양으로 현장에 반입되어 현장에서 가공조립이 행해진다. 그러므로 철근콘크리트조의 기계화는 우선 공장에서의 생산부분을 확대하고 되도록 소재에서 부품, 부재로 하여 현장에 반입한다는 프리 푸로닥트화를 지향하는 것이 포인트로 되고 있다. 여기에 철근콘크리트조의 PC화라는 발상이 생기게 된다.

콘크리트를 PC화하는 것에 의해 철근이나 콘크리트는 일체화되고 기둥·보·바닥·벽 등의 부재로서 현장에 반입하고 현장에서 그것들을 조합해서 하나의 건물을 만들게 된다. 이 시점에서는 당연히 기계의 힘을 빌려서 시공이 행해진다.

여기서 기계화하기 쉬운 철골조와 공업화를 진행한 적층공법(積層工法)과를 조합하면 새로운 기계화 적합형의 구·공법을 생각할 수 있게 된다. 여기에 철근콘크리트조와 철골조를 복합한 새로운 구조방식인 복합구조, 혹은 혼합구조라는 것이 개발되었고 실현되고 있다.

이상은 주로 건축의 구조체를 중심으로 논하였지만 건물의 외장·내장, 설비 또는 지하구조에도 해당된다.

## 5. 신공법의 개발방법

신공법이란 시공조건 중에서 최적화한 공법을 말한다. 예로서 거푸집의 운용횟수를 늘리고 수직벽체 콘크리트를 신속하게 타설하기 위해 개발된 것이 슬립폼(Slip form)공법이다. 그러므로 기존공법으로 건축물을 생산할 수 없을 때는 신공법을 개발해서 대처해야만 한다. 신공법의 개발에는 창이성(創意性)과 상품성(商品性)이 있어야 한다. 창의성이란 창조성을 말하고 상품성이란 품질이 보증되고 타사와이 가격경쟁에 대응할 수 있는 경제성이 있어야 한다. 여기서 말하는 경제성이란 기술로 원가를 절감하는 것을 말한다.

신공법의 개발 프로세스는 다음과 같다.

기존공법→문제점→Idea발상·시행→평가→신공법의 개발

↓

공법의 개발조건

### 5.1 신공법의 개발조건

공법의 개발 필요조건으로는 상기한 내용을 종합할 때 다음과 같은 것을 들 수 있다.

- 공사비의 절감
- 공기이 단축
- 성능·품질의 향상
- 노동력의 절감
- 기계화생산
- 안전성
- 생산성의 증진
- 건설공해

### 5.2 문제점

신공법의 개발 필요조건에 비추어 기존공법의 문제점을 도출한다.

### 5.3 Idea 발상·시행

1) New Concept
- 전통건축
- 자연식물
- 기하학적인 성질
- Brainstorming법
- 공정의 집약화
- 시공공정의 단순화표준화

2) New Method
- 생력화
- 기계화
- 공업화
- 시스템화
- Know how
- Know why

(1) 기계화의 목표
- 수 작업으로 할 수 없는 작업의 실시
- 가혹한 수 작업의 배제
- 생산성의 증진
- 공사비의 저감

(2) 공업화의 목적
- 공기의 단축
- 재료의 절약
- 현장노무의 삭감
- 품질의 안정
- Cost의 절감

3) New Material
- 고품질화
- 고성능화
- 부품화, Prefab화
- 자원의 활용·Recycling

4) New Application
- 간이화(簡易化)
- 시스템화공법
- 공업화공법
- 기계화공법
- 연속생산성

### 5.4 공법의 평가

공법의 선택은 다음과 같은 4가지 항목을 평가해서 최적한 것으로 한다.

1) 품질(성능)
2) 작업의 안전성
3) 생산성(Cost, 공기, 노동생산성)
4) Risk

여기서 말하는 risk는 공사를 계획하고 실시하였을 때 당초의 목적을 달성할 수 없게 되는 위험성의 정도를 말한다. 이들 평가항목에는 여러 가지 인과관계가 있다. 품질을 좋게 하려면 품이 많이 들어 생산성이 저하하고, 생산성을 향상시키려고 하면 여러 가지 risk가 크게 된다. 그러므로 이 4개 항목의 평가가 균형이 되는 견지에서 종합적인 최적공법을 발견해야한다. 그러나 균형을 생각한다는 것은 용이한 문제가 아니다. 그러므로 단순화해서 생각할 필요가 있다. 즉, 품질이나 안전성은 설계도서나 법규 등에 규정되어 있으므로, 그 최저한도를 설정하기가 쉽다. 그러므로 설정한 최저한도를 만족하지 않는 공법은 평가의 대상에서 제외할 수 있다. 이렇게 되면 공법은 생산성과 risk만으로 평가 할 수 있다. 그런데 이 단계에서 risk는 생산성에 관여되는 것이 됨으로 생산성이 문제로서 일원화해서 생각해도 된다.

생산성의 평가항목은

1) Cost
2) 공기
3) 노동생산성

이 외에 가설구조물이나 시공기계와 같은 생산설비에 특유의 사항을 생각할 수 있지만 대부분은 Cost문제로 처리할 수가 있다. 상기 생산성을 평가하는 3개의 항목은 상호간에 trade off관계가 있다. 공기를 단축하려면 Cost가 높게 되고, 노동생산성을 높게 하기 위해 되풀이 회수를 많게 하면 공기가 길어진다. 이 경우에도 공기나 노동생산성을 시공조건으로 생각하면 생산성의 평가는 Cost를 최소화하는 것으로 귀착된다.

[사례] Concrete Pump 공법

종전 콘크리트공사의 문제점
- 품질관리가 어렵다
- 노동력이 분산되고 수 작업이 많다
- Concrete Tower가 필요하다
- Cost나 공기가 증가된다

Idea 발상 · 시행

1) **new concept**
- 콘크리트를 공장에서 엄격한 관리하에 제조
- 수 작업의 삭감
- concrete tower, lift, cart 생략
- 일시에 다량의 콘크리트 타설
- 기계화

2) **new method**
- 콘크리트를 공장에서 제조하고 현장으로 운반
- 가설공사 생략하고 기계로 압송
- 콘크리트 압송거리 고려

3) **new material**
- 압송에 따른 재료분리 방지
- pumpability
- workability

4) **new application**
- 작업의 간편
- 연속생산성
- 콘크리트 압송기계의 고안

공법의 평가

Concrete Pump 공법의 개발