

# 동절기 골조공사 시행이 마감공사의 주공정선에 미치는 영향

## -아파트 공사의 사례분석을 중심으로-

Influence of the Structural Framework on the Critical Path of Finish Works in Winter Season

-Focusing on Case Study of High-rise Apartment Housing-

한 충 희\* · 방 종 대\*\*

Han, Choong-Hee · Bang, Jong-Dae

### 요 약

공공발주기관의 동절기 공사불능기간의 운영은 공사기간을 길게 하고, 건설사업비를 증가시킨다. 또한, 건설인력의 활용을 어렵게 하여 근로소득을 감소시킴으로써 국가 경제에도 나쁜 영향을 미친다. 그러므로 동절기에도 골조공사는 시행되어야 할 것이다. 그러나 동절기에 골조공사만 시행하고 마감공사를 시행하지 않을 경우, 골조공사의 빠른 진척이 마감공사의 주공정선에 영향을 미치게 됨으로 이에 대한 규명이 필요하다. 본 연구에서는 동절기 골조공사 시행이 마감공사의 주공정선의 작업기간에 미치는 영향을 규명하였다. 이를 위해 가상현장을 설정한 후, 이 현장을 대상으로 마감공사의 공정표와 주공정선, 전체 공정표 및 주공정선을 작성하고, 공정시물레이션을 실시하였다. 본 연구결과는 동절기 골조공사 시행 시 아파트 공사의 공기산정에 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

키워드: 동절기, 골조공사, 마감공사, 주공정선

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

일반적으로 건설공사는 대다수의 작업이 옥외에서 이루어지기 때문에 기온, 강우, 강설, 바람 등과 같은 기상조건에 영향을 받는다. 이중에서 가장 크게 영향을 미치는 것은 기온이다. 건설공사와 기온의 관계를 규정하고 있는 국내의 기준에 의하면 일평균 기온 4°C이하인 경우, 물공사와 연관된 습식공사들은 공사 중지 또는 충분한 보양을 전제로 시행되어야 한다. 이러한 조건 때문에 국내 아파트 공사의 대표적 공공발주기관인 A사는 전국을 6개 권역(1급지~6급지)으로 구분하여 동절기 공사불능기간(이하 "동절기"라 한다)을 골조공사와 마감공사로 구분하여 운영하고 있으며, 이 기간을 공기산정 시 실작업일수에서 제외하고 있다. 이러한 동절기의 운영은 건설공사기간을 길게 하여 건

설사업비를 증가시키고, 건설인력의 활용을 어렵게 하여 근로소득을 감소시켜 국가 경제에 나쁜 영향을 미친다. 따라서 동절기 공사는 필수불가결하다. 그러나 동절기 공사를 시행하기 위해서는 품질과 경제성이 확보되어야 한다. 동절기 공사 시행으로 품질 확보와 공기단축이 가능하더라도 경제성이 없으면 동절기 공사의 의미는 퇴색될 것이다. 또한, 공기단축과 경제성이 확보되더라도 품질이 보장되지 않는다면, 하자보수비용 증가와 기업의 이미지 손상으로 더 많은 것을 잃게 될 것이다. 이런 이유 때문에 공기단축효과가 크고, 저온에서 공사를 시행할 수 있는 다양한 시공법과 보양법이 개발되고, 기술자들의 품질관리 능력이 향상된 골조공사는 동절기에 시행하되 마감공사 중 습식공사는 시행치 않는 것이 좋은 것으로 분석되고 있다(방종대 2005). 일반적으로 아파트 공사의 주공정선은 골조공사로 진행되다가 골조완료 후에는 마감공사로 진행된다. 그러나 동절기에 골조공사만 시행하고, 마감공사를 시행하지 않을 경우, 골조공사의 진척이 빨라지기 때문에 마감공사의 주공정선이 변경되어 마감공사

\* 종신회원, 경희대학교, 건축공학과 교수, 공학박사, chhan@khu.ac.kr

\*\* 일반회원, 대한주택공사, 책임연구원, 공학박사(교신저자), jdbang@jugong.co.kr

이 연구는 2004년도 경희대학교 지원에 의한 연구결과임.

1) 동절기에 마감공사의 습식공사를 중단하게 되면, 공정의 선후관계 때문에 전식공사가 제약을 받게 되어 마감공사의 주공정선의 단축이 곤란하다.

주공정선의 작업기간이 증가할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 동절기에 골조공사만 시행하고, 마감공사를 시행하지 않는 경우, 골조공사의 시행이 마감공사의 주공정선에 미치는 영향을 분석하여 제시함으로써 아파트 공사의 공기산정 시 고려해야 할 기초자료를 제공하고자 한다.

### 1.2 연구범위 및 방법

본 연구는 국내에서 가장 일반적으로 건설되고 있는 벽식 철근콘크리트 아파트 공사에서 동절기에 골조공사는 시행하고, 마감공사는 시행하지 않을 때를 대상으로 한다. 본 연구의 절차 및 방법은 다음과 같다.

- (1) 문헌고찰을 통하여 아파트 건설공사의 공정계획 및 공기산정 방법을 분석하였다.
- (2) 문헌고찰내용, 현장공정표 분석, 전문가 자문을 통하여 기존 아파트 공사의 작업분류체계, 단위작업별 선후관계, 작업기간 등을 분석한 후, 마감공사의 주공정선을 설정하였다.
- (3) 공공발주기관인 A사의 공기산정기준을 분석한 후, 가장 일반적인 설계조건을 갖는 가상현장을 설정하고, 이를 대상으로 공정관리 프로그램(Nex-pert ICBM)을 사용하여 CPM기법 중 PDM방법으로 기준공정표를 작성하였다.
- (4) 기준공정표를 대상으로 공정관리 프로그램을 이용하여 A사의 동절기 급지별로 착공시기를 변화시키면서 공정시물레이션을 실시하였다.
- (5) 시뮬레이션 결과분석을 통하여 급지별, 착공시기별 동절기 골조공사 시행이 마감공사의 주공정선에 미치는 영향을 제시하였다.

## 2. 기존연구 고찰

국내에서도 아파트 공사를 대상으로 적정 공기산정 및 공정계획에 관한 연구들이 많이 진행되어 왔다. 이들은 크게 공기산정 시 영향을 미치는 요인분석에 대한 연구와 아파트 공사의 전체 공기산정에 관한 연구들로 구분된다.

첫째, 아파트 공사의 공기산정에 영향을 미치는 요인을 분석한 연구들이 다음과 같이 수행되었다. 건축공사의 네트워크 작성 시 공정에 영향을 미치는 불확정 요인인 기후인자를 반영하는 방법(양극영 1986)과 아파트 공기산정에 영향을 미치는 작업 불가능 요인에 대한 기준을 제시(진영섭외 1998)한 연구가 있다. 또한, 공사 환경 및 여건을 반영하고, 품질 및 안전에 영향을 미치는 요인들을 고려하여 골조공사의 공정계획을 수립하는 방법(이준호외 1996)과 골조공사의 순작업기간 및 지역별 동절기 습

식공사 중단기간을 고려하여 전체 골조 공사기간을 산정하는 방법(신중현외 2003)을 제시한 연구들이 있다.

둘째, 아파트 공사의 공기산정 및 공정표 작성에 관한 연구들이 수행되었다. 아파트 공사의 발주자 조직특성을 고려하고, 건축, 토목, 설비의 다양한 작업들에 대한 현장조사를 통해 적정 단위작업분할, 작업순서의 결정, 단위작업별 소요기간 등과 같은 공정관리 제 요소들을 체계적으로 도출하고, 이를 토대로 아파트 공사의 표준공정표 및 적정 공기를 제시한 연구(대한주택공사 1993)가 있다. 또한, 국내외 문헌조사, 현장실태조사, 면담조사, 공사실적자료조사, 기상자료조사 등을 바탕으로 실제 공사수행에 필요한 기간과 최대한 유사하도록 지하부문, 지상골조부문, 마감부문으로 구분하여 전체 공사기간의 산정기준을 제시한 연구(대한주택공사 1998)가 있다. 그리고 실작업기간과 시공지역의 기상조건, 휴일 등의 비작업일을 반영하여 아파트 건설공사의 공기를 산정하는 방법을 제시한 연구(배장호 1994)가 있다.

위 연구들은 아파트 건설공사의 적정 공정계획 및 공사기간 산정에 획기적인 발전을 가져오게 하였지만, 동절기에는 건설공사가 불가능하다는 것을 전제로 하고 있어 동절기 건설공사 수행 시 아파트 건설공사의 공사기간 산정에는 적정성을 가지지 못하고 있다.

따라서 본 연구는 동절기 골조공사 시행이 마감공사의 주공정선에 미치는 영향을 규명한 연구로써 동절기 골조공사 시행 시 아파트 공사의 공기산정에 반영해야 할 하나의 요인을 제시했다는 점에서 기존 연구들과 차별화된다.

## 3. 사례를 통한 공정표 작성

본 연구의 목적을 달성하기 위해서는 기존 아파트 건설공사의 공기산정 기준과 기준공정표가 필요하고, 동절기가 구체적으로 설정되어 있어야 한다. 따라서 본 연구에서는 이러한 조건들을 만족하는 A사의 공기산정 기준을 토대로 기준공정표를 작성하였다. 기준공정표는 가상현장에 대한 작업분류체계, 단위작업의 선후관계, 단위작업별 작업기간, 주공정선 등을 결정한 후, 이들 자료를 토대로 작성하였다.

### 3.1 A사의 공기산정방법

기준공정표 작성을 위해 A사의 공기산정방법을 분석한 결과, 총 공사기간은 건축공사기간, 건축공사 준공 후 토목공사기간, 토목공사 준공 후 조경공사기간, 공사불능일(동절기, 휴서기, 강우기), 기타를 더한 값으로 산정된다. 세부항목별 내용은 다음과 같다.

**(1) 건축공사기간**

건축공사기간은 일반표준공사기간에 공사여건에 따른 조정기간을 더한 값으로 구체적인 내용은 표1 및 표2와 같다. 표1에서 7층 이상의 건축물의 일반표준공사기간은 1층 골조공사기간(30일), 2층 이상 층수의 골조공사 기간(16일/층×층수), 골조완료 후 마감공사기간 165일을 더한 값으로 산정된다. 공사여건에 따른 조정기간은 표2와 같이 공사규모, 기초 및 지반여건, 착공시기, 육설공법, 지역여건에 따라 다르게 반영된다.

표 1. A사의 일반표준공사기간 산정방법

구분	공사기간
일반건축공사	6층 이하 건축물 : 167일+30일+20일×2층 이상 층수(단, 2층 이하 건축물 전체기간은 230일)
	7층 이상 건축물 : 165일(마감)+30일(1층)+16일×2층 이상층수

**(2) 건축준공 후 토목공사기간**

토목공사기간은 건축공사 준공 후 20일이지만, 토목준공일이

표 2. A사의 공사여건에 따른 조정기간

구분	조정기간
공사규모	지하층 - 1개 층(피트만 있는 경우 포함) : 55일(터파기 10일+45일) - 2개 층 (층고 4.5m이상인 지하층 포함) : 95일(터파기 20일+75일) - 2개 층 초과(초과하는 매층마다) : 40일(터파기 10일+30일) 추가
	경사지붕 - 콘크리트경사지붕일 경우 : 15일 - 철골경사지붕일 경우 : 10일
	지하주차장 - 통합형, 1개 층의 주차대수가 150대 미만인 경우 : 10일 - 통합형, 1개 층의 주차대수가 150대 이상인 경우 : 20일 이내
기초 및 지반여건	파일기초 - 깊이 15m이하 PHC, PC파일 : 20일 - 깊이 16m이상 30m이하 PHC파일 : 40일 - 깊이 30m초과 경우 : 별도산정 - 깊이 15m이하의 선굴착 말뚝공법 : 40일 - 깊이 16m이상 30m이하의 선굴착 말뚝공법 : 80일, 선굴착 말뚝공법 지지력 시험기간(시멘트주입공법 경우) : 15일 *아파트 지하층과 주차장 지하2층이 파일기초인 경우 각각 공사기간 적용 *2중이상의 말뚝공법(직타+SP등) 또는 15m이하, 16~30m, 30m이상의 파일이 혼합된 경우 그 혼합비율에 따라 별도로 정한 기준에 따라 공사기간 산정 *파일공사 량의 과다에 따라 설계자는 공사기간을 추가 조정할 수 있다.
	내림기초 설계자는 내림 길이가 3m까지는 15일, 6m까지는 30일 이내, 9m까지는 45일 이내에서 공사기간을 추가 조정 가능
	기타 - 부상방지 Earth Anchor시공인 경우 : 10일 - 흙막이 : 기본규모(φ=120m, H=7m) 경우 : 자립식 10일, Earth Anchor 20일 - 일반, 전석이 있는 경우 여건에 따라 설계자는 공사기간을 추가 조정가능
	착공시기 터파기 또는 파일공사가 직타공법인 경우 동절기 비적용
육설공법	아파트에 조립식육설 적용 경우, 6층 이상 층당 1일감 (최대 15일감)
지역여건	- 군소재지이하, 강원관서일부(태백시) : 10일 - 제주도 등 도서지역 : 20일표 4) A사의 공사여건에 따른 조정기간

우기(7,8월)일 경우, 건축공사 준공 후 30일로 산정한다. 또한, 현장규모가 1,000세대 이상 시 10일을 추가하도록 되어 있다.

**(3) 조경공사기간**

조경공사기간은 토목공사 준공 후 15일로 산정된다. 현장규모가 1,000세대 이상 시 10일을 추가하도록 되어 있다.

**(4) 동절기공사 불능일**

동절기 공사불능일은 골조와 마감공사로 구분되며, 표3과 같이 6개 급지로 구분된다. 혹서 및 강우로 인한 공사불능일은 표4와 같이 지역에 따라 다르게 반영된다. 강우에 의한 공사불능일은 전국적으로 기본 28일을 반영하고 있으며, 제주, 강릉 등에서는 추가일수를 반영하고 있다.

**(5) 기타**

설계 또는 현장 및 지역여건이 특이하여 본 기준의 적용이 불합리하다고 판단되는 경우에는 공사기간을 별도 산정할 수 있으며, 현장 설계변경으로 인하여 공사기간의 조정이 필요한 경우에는 설계변경 시행 전에 본 기준을 기본으로 계약자와 협의 결정한다.

표 3. A사의 급지별 동절기 공사불능기간

구분	골조공사(기간)	마감공사(기간)
1급지	115일(11.21~3.15)	90일(12.1~2.28)
2급지	90일(12.1~2.28)	75일(12.13~2.25)
3급지	75일(12.10~2.22)	60일(12.18~2.15)
4급지	55일(12.21~2.13)	50일(12.23~2.10)
5급지	35일(1.1~2.4)	35일(1.1~2.4)
6급지	15일(1.17~1.31)	10일(1.22~1.31)

표 4. A사의 혹서 및 강우에 의한 공사불능일

구분	공사불능일
혹서	골조공사에만 적용 - 대구 : 15일 - 포항, 경산, 영천, 경주, 구미, 김천:10일 - 강릉, 삼척, 청주, 대전, 광주, 울산, 밀양 : 5일
	기본 28일은 전국에 동일하게 항목별 공사기간에 기반영
강우	-제주 : 15일
	-강릉, 속초, 주문진 : 8일
	-김해, 진주, 창원, 마산, 부산, 충무, 삼천포, 여수/여천: 5일

**3.2 가상현장의 선정 및 공기분석**

**(1) 가상현장의 조건**

가상현장은 A사의 15층 아파트 중에서 가장 일반적인 설계조건을 갖는 것으로 동절기를 제외한 공사기간(이하 "순공사기간"이라 함)이 가장 짧은 경우를 대상으로 선정하였다. 가상현장의

설계조건 및 현장여건은 다음과 같다.

① 현장조건

택지개발 지역으로 별도의 대지조성공사가 없으며, 전기·통신공사를 제외한 건축공사, 기계공사, 토목 및 조경공사는 단일 시공업체에 발주된 것으로 가정하였다. 또한, 가상현장은 표2의 지역여건과 표4의 흙서 및 강우에 의한 조건이 반영되지 않는 지역으로 가정하였다.

② 일반조건

가상현장은 일반건축공사를 시행하는 곳으로 아파트 10개동으로 1,000세대 미만이고, 모든 아파트의 층수는 15층으로 가정하였다. 주차장은 지상주차장으로 가정하였으며, 복지관, 관리소 등은 주공정과 무관함으로 생략하였다.

③ 기초 및 지하층

지하층은 1개 층이며, 기초의 깊이는 15m 이하로 PHC(pre-tensioned spun high strength concrete) 또는 PC(precast concrete)파일로 설계되었으며, 시공방법은 직항타로 가정하였다.

④ 지붕은 콘크리트 경사지붕으로 가정하였다.

⑤ 마감공사

마감공사의 주요 공종 중에서 화장실은 습식 화장실로 가정하였다. 기타 마감공정들은 공기산정에 영향을 미치지 않기 때문에 가정조건을 생략하였다.

(2) 가상현장의 공기산정

가상현장의 조건에 따라 공기를 산정하면 순공사기간은 표5와 같이 544일이 된다. 표5의 건축공기 중 일반표준공사기간은 1층 골조공사기간 30일, 2층부터 15층까지 골조공사기간(16일/층x14층) 224일, 골조공사 완료 후 마감공사기간 165일을 더하여 419일이 된다.

표 5. 가상현장의 순공사기간

구분	공기산정 세부내용	공기
건축공기	(1) 일반표준공사기간	419일
	(2) 공사여건에 따른 조정기간	
	① 공사규모에 따른 공기조정 ● 지하층이 1개 층(피트만 있는 경우 포함) {(터파기(10)+기초판 및 지하골조(45)) ● 최상층 슬래브 위 콘크리트 경사지붕인 경우	55일
	② 기초 및 지반여건에 따른 조정 ● 깊이 15m 이하 PHC, PC 파일기초인 경우	15일
토목공기	● 건축준공 후 (단, 우기 시 30일)	20일
조경공기	● 토목준공 후	15일
순공기		544일

3.3 가상현장의 공정계획 및 공정표 작성

동절기 골조공사 시행이 마감공사의 주공정선에 미치는 영향

을 분석하기 위해 가상현장의 전체 공정표(이하 “기준공정표”라 함)를 작성하였다. 이를 위해 A사의 공기산정기준에 따라 주공정선을 분석하고, 마감공사 이전작업의 작업분할 및 연관관계, 마감공사의 착수시기, 마감공사의 작업분할, 연관관계, 단위작업별 기간, 주공정선 등을 분석하였다.

(1) 전체 주공정선

A사의 공기산정기준에 따라 가상현장의 주공정선을 간략하게 표현하면 그림1과 같다.

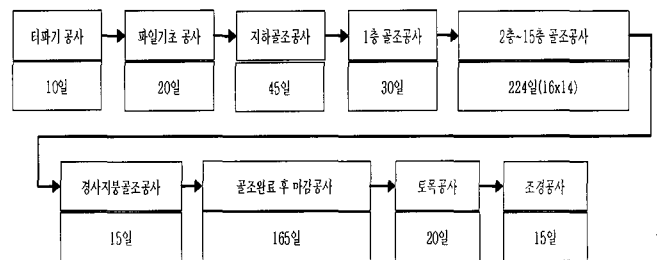


그림1. 가상현장의 주공정선

그림1과 같이 터파기공사부터 경사지붕 골조완료까지 주공정선은 상당히 세부적인 단위작업들로 구성된다. 그러나 경사지붕 이후, 마감공사의 주공정선은 구체적인 단위작업들로 구성되어 있지 않다.

(2) 마감공사 이전작업의 작업분할 및 연관관계

터파기공사부터 경사지붕골조공사의 단위작업 분할 및 작업기간은 그림1과 같이 A사의 공기산정기준을 따랐다. 그림1에서 2층 골조공사부터 15층 골조공사의 단위작업은 층별로 분할되고, 각 단위작업별 작업기간은 16일이다. 터파기공사부터 경사지붕골조공사까지 단위작업은 선행작업완료 후 후행작업이 시작되는 연관관계를 갖는다.

(3) 마감공사의 공종별 착수시기 분석

마감공사는 골조공사가 상당부분 진행된 후 착수되는데, 마감공사의 착수시기에 따라 네트워크는 다르게 표현된다. 골조공사를 기준으로 주요 마감공사의 착수시기를 살펴보면 다음과 같다.

- ① 마감공사 중에서 가장 먼저 시작될 수 있는 공종은 먼처리 작업이다. 먼처리 작업은 골조공사가 2층 정도 진행되면 시작되고, 최종 후속공정은 외부도장과 연결됨으로 여유시간이 많아 마감공사의 주공정선이 되지 않는다.
- ② 먼처리 작업 다음으로 착수될 수 있는 마감공정은 입상배관작업이다. 이 작업은 인화물 겸용리프트가 설치되지 않

더라도 저층에서는 수직운반이 가능하므로 조기착수가 가능하다. 그러나 배관길이의 제약 때문에 이 작업의 가장 빠른 착수시기는 골조 4층이 완료된 후에 가능하다.

- ③ 먼처리 작업과 입상배관작업을 제외한 대다수 마감공사는 인화물 겸용 리프트가 설치된 후 착수된다. 인화물 겸용 리프트는 현장에 따라 약간의 차이가 있지만, 리프트의 높이, 마스트 설치, 외부 갱폼에 부착된 부착비계 등과 같은 기술적인 제약 때문에 골조공사가 5~6층 정도 완료되었을 때 설치된다. 본 연구에서는 6층 골조가 완료되었을 때를 설치시기로 설정하였다.
- ④ 인화물용 겸용 리프트가 설치된 후 시작되는 마감공중 가장 빠른 작업은 조적공사로 가장 빠른 착수시기는 6층 골조공사가 완료된 후이다.
- ⑤ 기타 마감공사의 착수시기는 마감공사의 공종별 작업선후 관계에 의해서 결정된다.

**(4) 마감공사의 작업분할, 연관관계, 주공정선**

A사의 공기산정기준과 그림1에 의하면, 경사지붕골조 완료 후 토목공사 전까지 마감공사의 기간은 165일이다. 마감공사의 공정표는 문헌조사, 현장공정표 분석, 현장 전문가들의 의견을 통하여 작성되었다. 본 연구에서는 지면관계상 마감공사의 중공정별 단위작업의 분할기준, 중공정별 최종단위작업의 작업기간, 후행단위작업 및 연관관계, 래그, 주공정선 여부만을 표6과 같이 표시하였다. 표6에서 작업분할 기준이 5~10층으로 된 항목들은 작업속도가 빠르기 때문에 15층 아파트의 경우, 두개의 단

위작업으로 분할(2~10층과 11~15, 1층)된다. 입상배관은 대다수 마감작업들이 2층부터 시작되는 것에 비해 1층부터 시작되기 때문에 1~4층, 5~7층, 8~10층, 11~13층, 14~15층으로 분할되고, 각 단위작업별 기간은 동일하게 산정된다.

표6의 자료를 이용하여 골조공사 이후 마감공사의 주공정선을 표현하면, 그림2와 같다.

**(5) 가상현장의 기준공정표**

그림1의 터파기공사부터 경사지붕골조공사까지의 주공정선, 작업분할, 연관관계, 마감공사의 공종별 착수시기와 표6 및 그림2를 바탕으로 가상현장의 기준공정표를 작성하면 그림3과 같다.

**4. 동절기 골조공사 시행이 마감공사의 주공정선에 미치는 영향**

**4.1 공정시물레이션 방법**

그림3의 기준공정표를 가지고 급지별(표3 참조)로 공정시물레이션을 실시하였다. 공정시물레이션은 급지별로 착공날짜를 1일씩 변화시키면서 365회를 해야 한다. 그러나 공정시물레이션이 필요치 않는 구간이 존재하므로 이 구간을 먼저 분석하였다. 주요 마감공사는 골조 6층이 완료된 후 시작되기 때문에 지하층 골조공사부터 지상골조 6층이 완료되는 시기까지는 동절기에 골조공사를 진행하더라도 마감공사의 주공정선에 영향을 미치지 않는다. 따라서 공정시물레이션은 동절기에 골조 7층 이상이

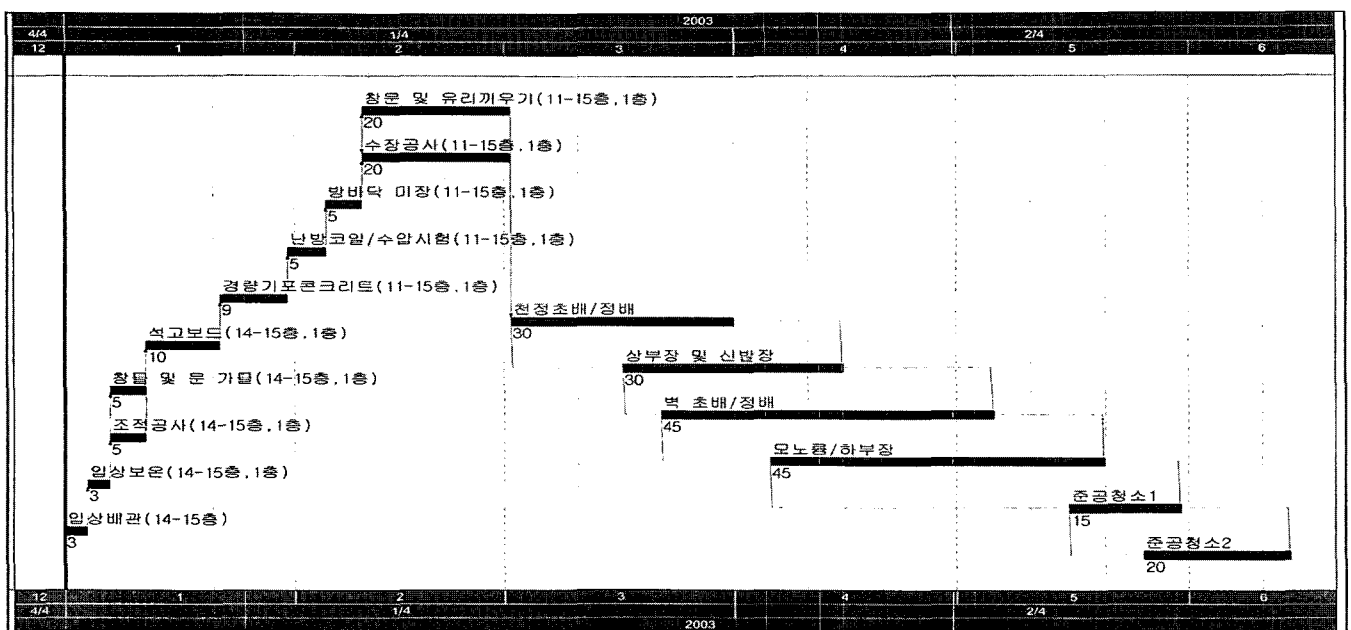


그림 2. 골조공사 완료 후 마감공사의 주공정선

표6. 마감공사의 작업분할, 단위작업의 작업기간, 연관관계, 주공정

종공종	최종단위작업	작업분할	기간	후행단위작업	연관관계	레그 <sup>(2)</sup>	CP
(1)조적공사	조적(14~15, 1층)	3개층	5일	창틀/문 기틀(14~15, 1층)	SS	0	◎
				세대급수/급탕배관(14~15, 1층)	FS		
				석고보드(14~15, 1층)	FS		
				벽체미장(14~15, 1층)	FS		
				방수공사(14~15, 1층)	FS		
(2)석고보드	석고보드(14~15, 1층)	3개층	10일	경량기포콘크리트(11~15, 1층)	FS	0	◎
(3)방수공사	방수공사(14~15, 1층)	3개층	10일	타일공사(14~15, 1층)	FS	0	X
(4)미장공사	벽체미장(14~15, 1층)	3개층	10일	타일공사(14~15, 1층)	FS	0	X
				계단미장(14~15, 1층)	SS	0	X
	계단실 미장(14~15, 1층)	3개층	5일	내부수성 페인트 초벌	FS	0	X
				테라조	FS	0	X
				창문/유리끼우기(11~14, 1층)	FS	0	◎
수장공사(11~15, 1층)	FS						
(5)경량기포콘크리트	경량기포콘크리트(14~15, 1층)	5~10개층	9일	난방코일/수압시험(14~15, 1층)	FS	0	◎
(6)타일공사	타일공사(14~15, 1층)	3개층	10일	창문/유리끼우기(11~15, 1층)	FS	0	X
(7)창호공사	창틀 및 문 기틀(14~15, 1층)	3개층	5일	석고보드(14~15, 1층)	FS	0	◎
(8)유리공사	창문/유리끼우기(11~15, 1층)	5~10개층	20일	천정초배 및 정배	FS	0	◎
(9)수장공사	수장공사(11~15, 1층)	5~10개층	20일	천정초배/정배	FS	0	◎
	외부 수성페인트 정벌	초/정벌	15일	준공청소(1)	FS	0	X
(10)도장공사	내부 수성페인트 정벌	초/정벌	10일	준공청소(1)	FS	0	X
	천정 초배/정배	-	30일	상부장 및 신발장	SS	15일	◎
상부장 및 신발장				FF	10일		
(11)도배공사	벽 초배/정배	-	45일	모노룸 및 허부장	SS	15일	◎
				모노룸 및 허부장	FF	15일	
(12)잡공사	상부장 및 신발장	-	30일	벽 초배/정배	SS	5일	◎
				벽 초배/정배	FF	15일	
(13)공통가설	모노룸 및 허부장	-	45일	준공청소(1)	SS	40일	◎
				준공청소(1)	FF	5일	
(14)수직배관	준공청소(1)	-	10일	준공청소(2)	SS	5일	◎
				준공청소(2)	FF	15일	
(15)수평배관	준공청소(2)	-	20일	토목공사	FS	0	◎
				입상배관(14~15층)	3개층	3일	
(14)수직배관	입상보온(14~15, 1층)	3개층	3일	조적(14~15, 1층)	FS	0	◎
				세대급수/급탕배관(14~15, 1층)	3개층	8일	경량기포콘크리트(11~15, 1층)
(15)수평배관	난방코일/수압시험(11~15층, 1층)	5~10개층	5일	방바닥 미장(11~15층, 1층)	FS	0	◎

시공되었을 경우를 대상으로 하였다. 공정시물레이션은 다음과 같은 절차로 진행되었다.

- ① 기준공정표를 토대로 동절기 골조공사 시행 시 마감공사가 들어 표현된 공정표(이하 “동절기 공정표”라 함)를 그림4와 같이 작성하였다. 동절기 골조공사의 층당 공기 20일<sup>3)</sup>은 기존 연구에서 산출된 표7의 동절기 반영계수(방종대의 2004)로 평상계절의 층당 공기(16일)를 나누어 산정하였다.
- ② 동절기 공정표에서 마감공사 동절기에 포함되어 있는 마감

표7. 급지별 동절기 반영계수

구분	1급지	2급지	3급지	4급지	5급지	6급지
반영계수	0.79	0.74	0.81	0.84	0.75	0.62

- 공사의 단위작업별 착수시기를 검토하고, 이들을 마감공사 동절기 완료 후로 이동시킨 공정표(이하 “마감공사 이동공정표”라 함)를 그림5와 같이 작성하여 일정을 분석하였다.
- ③ 동절기 공정표와 마감공사 이동공정표 간의 마감공사의 주공정선의 변화 및 마감공사 주공정선의 작업기간 증가여부를 분석하였다.
- ④ 공사 착공일자를 변화시키면서 위와 같은 작업을 반복적으로 수행하였다.

#### 4.2 마감공사의 주공정선에 미치는 영향분석(1급지)

그림3의 기준공정표를 토대로 그림4의 동절기 공정표와 그림

2) 표6의 상부장 및 신발장과 벽 초배/정배를 예를 들어 설명하면, 둘의 연관관계가 SS인 경우, 벽 초배/정배는 반드시 상부장 및 신발장 작업이 시작된 5일 후에 시작해야 한다.

3) 동절기 층당공기 20일 = 16일 / 표7의 1급지 반영계수(0.79)

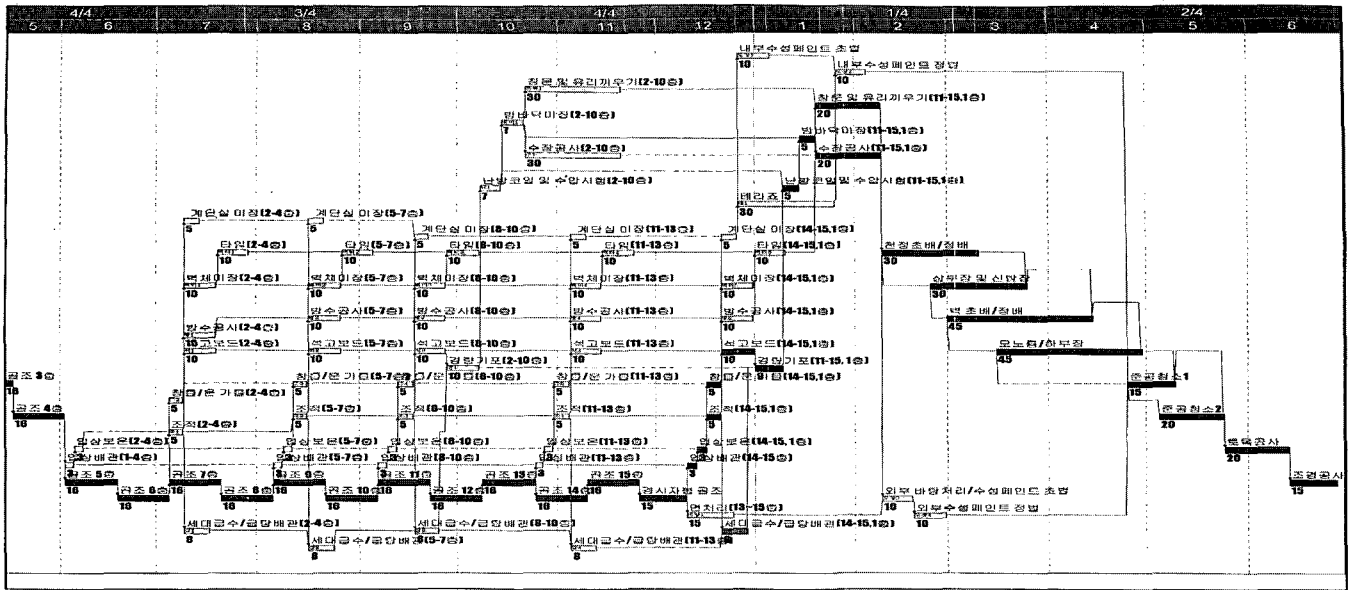


그림 3. 가상현상의 기준공정표 (15층)

5의 마감공사 이동공정표를 작성하여 마감공사의 주공정선을 비교·분석하였다. 그 결과 그림4의 주공정선의 기간은 165일<sup>4)</sup>이고, 그림5의 주공정선의 기간은 175일로 10일이 증가되는 것으로 분석되었다. 이러한 방법으로 착공일자를 변화시켜 공정을 분석한 결과, 1급지에서 동절기에 골조공사만 시행할 경우, 마감공사 주공정선의 기간은 그림6과 같은 형태로 변화되는 것으로 분석되었다.

(1) 제1구간

그림6과 같이 제1구간인 60일(정상계절 환산 시 47일)동안은 동절기에 골조공사를 수행하더라도 마감공사의 주공정선의 작업기간은 변화하지 않는 것으로 분석되었다. 이는 그림3의 부공정선인 석고보드(11~13층)에 대해 주공정선인 석고보드(14~15층, 1층)가 갖는 총 여유일 37일(표8 참조)과 동절기 1급지의 골조공사와 마감공사의 시작일의 차이 10일(표3 참조) 때문이다. 즉, 석고보드(14~15층, 1층)의 총 여유일 37일(동절기 환산 시 47일)과 동절기 시작일 차이 10일(동절기 환산 시 13일)에 의한

47일(동절기 환산 시 60일)의 범위(1구간)에서 골조공사가 완료되면 마감공사의 주공정선은 변화하지 않는다.

표8. 부공정선의 총 여유일

단위작업	빠른 착수일	늦은 착수일	빠른 종료일	늦은 종료일	총 여유일
석고보드(11~13층)	02-11-05	02-11-14	02-12-12	02-12-21	37일
석고보드(14~15, 1층)	02-12-22	02-12-31	02-12-22	02-12-310	

(2) 제2구간

그림6과 같이 제1구간의 범위를 초과하는 D-54~D-42일의 제2구간에서는 동절기 13일 동안에 표7의 1급지의 반영계수인 0.79일씩 등 간격으로 증가하여 총 10일까지 증가하게 된다. 이는 착공일자의 변화에 따라 마감공사의 주공정선이 그림4의 차기 주공정선으로 예정되어 있는 단위작업의 연결은 석고보드(11~13층, 조적(11~13층) 또는 창문 및 문 가틀(11~13층), 입상보온(11~13층), 입상배관(12~13층) 등으로 점차 바뀌기 때문이다. 즉, 차기 주공정선으로 예정된 단위작업들이 모두 주공정선으로 바뀔 때 마감공사 주공정선의 작업기간은 10일이 증가한다.

(3) 제3구간

그림6과 같이 제2구간의 범위를 초과하는 D-41일부터 D-13일의 제3구간 29일 동안에는 동절기 골조공사를 진행하더라도 마감공사 주공정선의 작업기간은 추가로 증가하지 않는다. 이는 그림3에서 차 차기 주공정선으로 예정되어 있는 입상배관(8~10층), 입상보온(8~10층), 조적(8~10층), 석고보드(8~10층), 경량기포콘크리트(2~10층), 난방코일 및 수압(2~10층), 방

4) 입상배관(14~15층) 3일, 입상보온(14~15, 1층) 3일, 조적공사(14~15, 1층) 또는 창틀 및 문 가틀(14~15, 1층) 5일, 석고보드(11~15, 1층) 10일, 경량기포콘크리트(11~15, 1층) 9일, 난방코일 및 수압시험(11~15, 1층) 5일, 방바닥 미장(11~15, 1층) 5일, 수장공사(11~15, 1층) 또는 창문 및 유리끼우기(11~15, 1층) 20일, 천정초배/정배 30일, 상부장 및 신발장 15일, 벽 초배/정배 20일, 모노룸/하부장 15일, 준공청소1 10일, 준공청소2 15일의 합계임. 단, 천정 초배/정배 이후 단위작업의 주공정선에 해당하는 작업기간은 작업연관계로 인하여 표6의 레그를 고려한 값임.







(3) 제3구간

그림8과 같이 제2구간의 범위를 초과하는 경우, 마감공사 주공정선까지의 구간에서 골조공사가 완료되는 경우, 이는 차 차기 마감공사의 작업기간은 더 이상 증가하지 않는다. 이론상으로 볼 때 3주공정선으로 예정되어 있는 단위작업들이 주공정선으로 바뀌기 전에 골조 동절기가 종료되기 때문이다. 구간은 D+10일까지이지만, D+3일에 종료된 것은 골조공사와 마감공사의 동절기 종료일 차이 7일(표3 참조) 때문이다.

4.5 마감공사의 주공정선에 미치는 영향분석(4급지)  
 표3의 4급지의 동절기 골조공사 시행이 마감공사의 동절기 종료에 미치는 영향은 그림9와 같다. 분석절차는 1급지와 동일하므로 세부사항은 생략하였다.

(1) 제1구간

그림9와 같이 D-54일부터 D-8일까지 구간인 47일 동안은 동절기 골조공사를 수행하더라도 마감공사 주공정선의 분석기간은 변하지 않는 것으로 분석되었다. 이는 동절기 37일(4급지의 결과와 마찬가지로 석고보드(11~13층)의 여유일 37일(4급지의 동절기 환산 시 44일)과 동절기 4급지의 동절기 환산 시 3공사불능기간의 시작일의 차이 2일(4급지의 동절기 환산 시 3일) 때문에 발생한다.

(2) 제2구간

그림9와 같이 1구간의 범위를 초과하게 되는 D-7일부터 D일까지의 구간에서 골조공사가 완료되면 마감공사 주공정선의 작업기간은 동절기 8일 동안에 0.84일씩(표7 참조) 등 간격으로 증가하여 총 7일까지 추가된다.

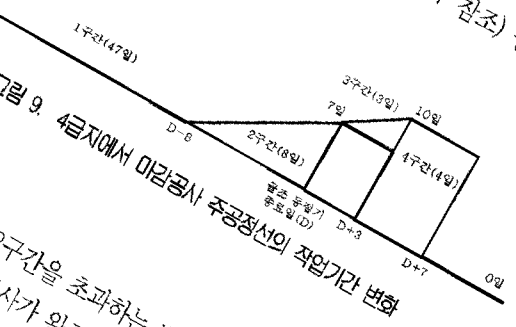


그림 9. 4급지에서 마감공사 주공정선의 작업기간 변화  
 1구간(47일) 3구간(13일) 7일 2구간(8일) 4구간(4일) 동절기 종료일(D) D+3 D+7 0일

(4) 제4구간

그림9와 같이 3구간의 범위를 초과하는 경우, 마감까지의 구간에서 골조공사가 완료되는 경우, 이는 차 차기 작업기간은 더 이상 증가하지 않는다. 이론상으로 볼 때 3주공정선으로 예정되어 있는 석고보드(8~10층)가 바뀌기 전에 골조 동절기가 종료되기 때문이다. 구간이 D+10일까지 되어야 함에도 D+7일에 종료되는 것은 공사와 마감공사의 동절기 종료일 차이 3일(표3 참조) 때문이다.

4.6 마감공사의 주공정선에 미치는 영향분석(5급지)

그림10과 같이 표3의 5급지에서는 동절기 골조공사를 수행하더라도 마감공사 주공정선의 작업기간은 변하지 않는 것으로 분석되었다. 이는 5급지의 동절기 기간이 짧기 때문인데 주공정선(11~13층) 또는 창문 및 문 가틀(11~13층), 입상배관(12~13층)으로 변화되기 전에 골조공사의 동절기가 종료되기 때문이다. 즉 D+10일까지는 차기 예정 주공정선이 주공정선의 여유일 37일(동절기 환산 시 49일)보다 짧기 때문에 동절기 골조공사를 수행하더라도 마감공사 주공정선의 작업기간에는 영향을 미치지 않는다.

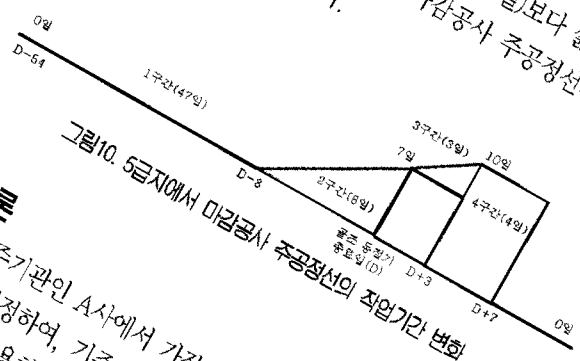


그림 10. 5급지에서 마감공사 주공정선의 작업기간 변화  
 3구간(13일) 7일 2구간(8일) 4구간(4일) 동절기 종료일(D) D+3 D+7 0일

5. 결론

공공발주기관인 A사에서 가장 일반화된 설계조건을 갖는 가상현장을 선정하여, 기준공정표를 작성한 후, 공정관리 전문소프트웨어를 이용하여 동절기 골조공사 시행이 마감공사 주공정선의 작업기간에 미치는 영향을 분석한 결과는 다음과 같다.

- ① 동절기에 골조공사만 시행하고 마감공사를 시행하지 않을 경우, 특정구간에서는 골조공사의 진척이 빨라져 마감공사의 주공정선의 작업기간이 증가하는 것으로 분석되었다. 이는 착공시기에 따라 동절기 골조공사의 범위가 결정되기 때문이다.
- ② 저층부에서 동절기 골조공사를 수행할 때나 동절기 초기에 골조공사가 완료될 때에는 동절기에 골조공사를

라도 마감공사의 주공정선의 작업기간은 변화되지 않는 것으로 분석되었다. 그러나 동절기 종료 전후에 고층부 골조공사가 수행된 경우, 마감공사의 주공정선의 작업기간은 증가하는 것으로 분석되었다.

③ 동절기 골조공사의 시행은 급지별로 마감공사의 주공정선의 작업기간에 미치는 영향이 다른 것으로 분석되었다. 즉, 동절기 기간이 긴 급지일수록 동절기 골조공사 시행이 마감공사의 주공정선에 미치는 영향은 더 큰 것으로 분석되었다.

이상의 연구결과에 의하면, 동절기에 골조공사를 시행하고, 마감공사는 시행하지 않을 때 동절기 골조공사의 시행이 마감공사의 주공정선의 작업기간에 상당한 영향을 미치는 나타났다. 그 영향 정도는 동절기 기간 및 동절기에 시공되는 골조공사의 범위에 따라 다르게 나타났다.

따라서 아파트 건설공사에서 동절기에 골조공사를 시행하는 경우, 전체 공사기간에는 급지별, 골조완료시기별 마감공사의 작업증가일수를 반영해야 할 것이다. 본 연구에서 제시한 결과들은 동절기에 골조공사를 시행할 경우, 아파트 공사의 전체 공사기간을 보다 정확하게 산정할 수 있게 하는 유용한 자료가 될 것으로 판단된다. 그러나 본 연구에서는 마감공사의 주공정선에 대한 구체적인 자료가 없어서 A사의 마감공사 공기를 토대로 문헌조사, 현장공정표 분석, 전문가 자문 등을 통하여 마감공사의 공정표를 작성하고, 주공정선을 설정하였기 때문에 이 부분에서 다소의 한계가 있을 것으로 판단된다. 따라서 향후 보다 신뢰성 있는 연구결과를 도출하기 위해서는 마감공사의 공정표 및 주공정선이 보다 구체적으로 규명되어야 할 것이다. 또한, 본 연구결과의 활용성 제고를 위해서는 동절기 골조공사 시행이 전체 공사기간에 미치는 영향에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

**참고문헌**

1. 대한주택공사(1993), 공정관리 과학화연구, 대한주택공사 주택연구소
2. 대한주택공사(1998), 건설공사의 적정 표준공사기간 산정 방법에 관한 연구, 대한주택공사
3. 방중대(2005), 동절기 건설공사 수행을 위한 의사결정지표 산정 연구, 경희대학교, 박사학위논문
4. 방중대, 한충희, 김선국(2004), 동절기 아파트 골조공사의 적정공기 산정에 관한 연구, 건설관리 제6권제5호(통권 제 22호), 한국건설관리학회, p176
5. 배장호(1994), 건축공사의 적정공기 산정방법에 관한 연구, 서울시립대학교, 도시행정대학원 석사학위논문, 1994
6. 신종현, 이찬식(2003), 공동주택 골조공사의 적정 공사계획 시스템, 대한건축학회논문집 구조계 19권11호 통권181호, 대한건축학회, pp207~213
7. 양극영(1996), 기상조건에 의한 건축공사 네트워크 계획에 관한 연구, 대한건축학회논문집 2권5호 통권7호, 대한건축학회, pp107~117
8. 이준호, 이재섭, 신종현, 이찬식, 이현수, 김문한(1995), 공동주택 골조공사의 공사기간 및 공사비 산정방법에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표논문집, 제15권 제1호, 대한건축학회, pp667~670
9. 진영섭, 하상준, 이찬식, 이현수, 신종현(1998), 아파트 공사기간 산정에 영향을 주는 작업불가능기준에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표논문집 제18권 제1호, 대한건축학회, pp1123~1130

논문제출일: 2005.11.14  
 심사완료일: 2005.12.22

**Abstract**

Public construction companies have strictly followed a rule that they should not do the works using water such as concrete pouring for the structural frame for a certain period during the winter season. It is usually known that the designated non-working period during the winter causes increase of the project duration and the project cost escalation. The halted work also makes negative effects on national economy because it reduces worker's income. However, the situation would be a lot better if the work for the structural frame is allowed under some conditions.

The structural framework done alone without being followed by finish works gives a lot of stresses on the finish works. In this sense, this study examines how the structural framework performed during the winter season affect on the critical path of the finish works. To accomplish the objective of this research, the subnet for the finish works as well as a master network are prepared along with critical paths for a virtual construction site. Using the prepared networks, simulations are carried out to see the effects described above. This study is expected to be used in estimating the construction duration of high-rise apartment housing when the site work for the structural frame should be performed during this period.

**Keywords** : winter season, structural framework, finish work, critical path