

주택 생산체계의 효율화 방안

2003. 12.

권오현

건설산업연구부 연구위원

한국건설산업연구원

<차 례>

요 약	i
I. 서 론	1
1. 주택의 수요와 공급, 그 내재적 문제	1
2. 연구의 목적 및 방법	3
II. 주택건설 비용 분석	7
1. 주택건설 비용 분석	7
2. 건설업체의 비용관리 실태	14
3. 비용관리 개선방안	20
III. 주택건설 공기	25
1. 주택건설 공기 실태 및 문제점	25
2. 주택건설 공기단축 방안	36
IV. 주택건설 생산성	41
1. 국내외 건설생산성 향상 정책	41
2. 주택건설 생산성 낙후 배경과 실태	43
3. 생산성 저하요인	48
4. 생산성 향상방안	57
V. 요약 및 결론	73
참고 문헌	79

<표 차례>

<표 II-1> 2001년도 완성 주택공사비 구성	8
<표 II-2> 아파트공사 공종별 직종별 노동 투입	11
<표 II-3> 아파트 건설 10대 소요 자재	21
<표 II-4> 건설업무기능의 공현도 및 의존도 순위 상위 5개 업무	51
<표 II-5> 건설업체의 비용관리 실태	71
<표 II-6> 아파트공사의 공종별 공사비용 증감률	91
<표 III-1> 국가별 고층빌딩 건축공사 공기 비교	95
<표 III-2> 주택공사 표준공사기간 산정 기준	98
<표 III-3> 기후 및 공사여건의 표준 공기 반영	102
<표 III-4> 주공 아파트 건설공구별 공기조정 현황	109
<표 III-5> 골조공사 건설근로자 작업시간 구성실태	123
<표 III-6> 보조적 작업 투입시간 구성	123
<표 III-7> 비생산적 작업 투입시간 구성	123
<표 III-8> 아파트 세대당 직종별 골조공사 작업량	133
<표 III-9> 거푸집 작업 생산성 편차	143
<표 IV-1> 3차 건설기술진흥기본계획 목표 및 중점 추진과제	241
<표 IV-2> 건설업의 생산성 관련 제 지표	241
<표 IV-3> 우리나라의 건설기술 수준	241
<표 IV-4> 연도별 국가별 건설업 노동생산성 비교	241
<표 IV-5> 국가별 건설업 노동생산성 비교	241
<표 IV-6> 주요 건축공종의 생산성 달성도	241
<표 IV-7> 건설 생산성 저하요인	255
<표 IV-8> 주택건설 공사의 생산성 저하요인 우선 순위	255
<표 IV-9> 생산성 향상을 위한 분야별 개선사항	255
<표 IV-10> 공업화주택 공사비 비교	265
<표 IV-11> 건설산업의 자동화·기계화를 저해하는 요인	66

<그림 차례>

<그림 II-1> 아파트 공사비 구성 현황	9
<그림 II-2> 평형별 공정별 공사비 구성	9
<그림 II-3> 연도별 아파트 건설 동당 투입 노동력	1
<그림 II-4> 주택규모별 단위 면적당 공사비 비교	3
<그림 II-5> 아파트 층수에 따른 공사비 변화	4
<그림 III-1> 고층 아파트 공사기간 비교	2
<그림 III-2> 골조공사 평균 사이클 타임	3
<그림 III-3> 40층 건물의 골조공기의 한·미 비교	31
<그림 III-4> 계획공정과 실시공정	3
<그림 III-5> 3개 동 단위의 공구분할시 공기와 공사비 관계	3
<그림 IV-1> 한미간 주택건설부문 노동생산성 격차	4
<그림 IV-2> 공정관리 애로로 인한 비효율성 파급 경로	5
<그림 IV-3> 콘크리트 다짐작업의 일일생산량과 인건비 변화	6
<그림 IV-4> 다기능공 도입시 기대효과	7

요 약

I. 서 론

1. 주택 수요와 공급의 내재적 문제

- 수요측면에서 문제를 살펴보면, 인구증가율은 크게 둔화되나, 가구 증가율은 인구 증가율에 비해 아직 상대적으로 높은 수준을 유지하고 있음
- 또한 급격한 산업구조의 변화로 인구의 도시집중이 계속되고, 소득증가에 따라 쾌적한 주거환경에 대한 수요가 계속 증가하고 있으며, 자본이득을 목적으로 투기적 수요가 크게 증가하고 있음
- 한편 공급 측면을 보면, 주택수요가 집중되는 대도시 지역에서는 신규 가용택지에 대한 공급능력이 매우 부족하고, 40개 이상으로 이루어진 세부 공종간에 유기적 커뮤니케이션이 어려우며, 전속적 고용관계가 성립하지 않는 근로자들에 대한 지속적 노무관리도 어려움
- 또한, 생산과정에서 생성되는 각종 비용과 품질 등에 대한 정보가 분산·관리되고 사업이 종료되면 이러한 정보도 함께 소멸되는 경우가 많아, 생산과정의 지속적인 효율성 향상을 기대하기 어려움
- 따라서 수요측면에서는 수도권 및 대도시 지역을 중심으로 지속적인 수요증가가 있지만, 공급측면에서는 생산성 향상이 지연되고 공급이 탄력적으로 이루어지지 못한다는 문제가 있음

2. 연구 목적

- 우리나라의 주택문제는 생산 측면에서의 효율성 제고를 통하지 않고서는 근본적인 한계가 있다고 판단됨
- 본 연구는 주택 생산측면에서 생산성을 제고시키고, 공급의 탄력성을 높일 수 있는 방안을 강구함으로써 주택시장의 불균형 상태를 완화하는데 다소나마 기여하는 데 연구의 목적이 있음

II. 주택건설 비용 분석

1. 주택건설 비용 분석

- 주택공사의 2001년도 주택건설사업의 공사비 내역을 분석해 보면 재료비가 전체 아파트 공사비의 44.5%를 차지하여 가장 큰 비중을 차지하고 있고, 노무비가 37.1%를 차지하고 있음
- 아파트에서 골조공사가 차지하는 공사비 비중은 약 45% 수준이며, 마감공사는 평균 55% 정도로 평형에 따라 큰 차이를 보이지는 않음

2. 건설업체의 비용관리 실태

- 건설업체를 대상으로 한 조사에 따르면, 실행예산 작성은 주택공사 착공 후 평균 2.5개월이 지나야 이루어지는 것으로 밝혀짐
- 대부분의 업체는 DB 구축이 이루어지지 않아 실행예산 수립과정에서 자신의 공사실적 정보를 반영하지 못하고 있음
- 이러한 업체들은 수량산출은 설계업체에 의뢰하고 내역산출은 협력업체가 제시하는 것을 기초로 하여 실행예산을 수립
- 프로젝트가 바뀌면 실행예산 작성에 노력하는 외부의 설계업체 및 협력업체도 달라져, 자신의 경쟁력과 노하우가 예산계획에 반영되기 어려움
- 공사에정비용과 집행비용간의 편차에 관한 조사에 따르면 동일 공종 내에서 $\pm 40\%$ 의 편차가 발생

3. 비용관리 개선방안

- 효율적인 비용관리를 위해 건설업체는 자신이 수행한 공사에 관한 정확한 실적 자료를 DB로 구축하는 것이 절실
- 앞으로 공공공사 공사비가 실적공사비에 의거하여 공사비를 산정할 것에 대비하는 차원에서도 DB구축이 필요

- DB구축은 신속한 예산편성을 위해 중요할 뿐만 아니라, 사업타당성 평가, 경제적 설계도서의 작성, 협력업체가 제시한 내역단가 등에 대한 신뢰성 검토, 입찰참가 공사의 합리적 견적 작성을 위해 필요
- 공사비 DB는 비용코드 표준화 및 내역서의 편성구조나 작성방법, 항목 등에 대한 표준화가 중요
- 주택 공사의 경우, 외주비가 약 50%를 차지하고 있어 실행예산의 분류 수준을 어느 정도 높이는 것도 효과적일 수 있음
- 비용규모가 큰 공종, 비용편차가 크게 발생하는 공종, 선후행 공종에 많은 영향을 미치는 공종 등보다 세밀하게 관리할 필요가 있음

Ⅲ. 주택건설 공기

1. 주택건설 공기 실태 및 문제점

- 2000년 이후 건설된 평균 22층, 지하 2층인 18개 아파트 건설사업의 공사기간을 분석한 결과 평균 30개월이 공사기간이 소요되는 것으로 나타남
- 우리나라의 공기는 외국에 비해 2~3배 긴 것으로 나타나고 있음
- 아파트 공사는 다양한 사유로 공기가 빈번하게 연장되고 있음
- 1994~98년 사이에 수도권에서 건설된 25개 아파트 건설공사 중에서 24개 공사에서 공기지연이 발생했으며, 지연일 수도 평균 69.3일로 전체 계획공기의 12.2%인 것으로 조사됨
- 통상적으로 국내 아파트 골조공사의 기준층 싸이클 타임은 층당 약 2주일이 소요
- 선진국은 빠른 경우 층당 2~4일의 골조 공기를 실현하고 있음

- 건축현장의 작업실태를 분석한 결과에 의하면 전체 근로시간의 60% 정도가 생산적 작업에 투입되고, 10%는 대기, 이동 등 보조적 작업에, 나머지 30%는 휴식, 부재 등 비생산적인 활동에 소비
- 형틀목공에 의한 거푸집의 운반, 철근공사의 현장 조립이 골조공사 생산성 향상을 저해하는 요인으로 지적되고 있음
- 계획공정과 실제로 시공된 공정이 상호 일치한 작업은 30.8%에 불과

2. 주택건설 공기단축 방안

- 건축현장의 생산적 작업률은 60%에 불과한데 이를 높이는 것이 선결 과제
- 비생산적 작업 중에서 부재, 작업대기, 배회 시간의 80%를 제거하고, 보조적 작업 중에서 운반, 이동에 소비되는 시간을 30% 줄이면 생산적 작업율은 14% 상승
- 대부분의 기업이 현장에 공정관리 담당자가 없는 실정이나, 공기준수, 비용절감을 위해서는 현장 담당자가 반드시 있어야 하며, 만약 현장별로 담당자를 배치하는 것이 무리라면, 몇 개 현장을 묶어 관리하는 방안도 검토
- 공사기간 중에 동절기를 몇 번 맞느냐에 따라 약 3개월까지 공사기간의 차이가 발생하기 때문에 공사착수 시점에 따른 공사기간 변화를 파악하는 것은 중요
- 공구분할은 골조공사에서 주 공정인 거푸집공사에 영향을 가장 많이 미치므로 이 공종에서 작업공백이 발생하지 않도록 하는 데 초점을 맞추는 것이 중요하다. 공구분할에 영향을 미치는 요인으로서는 동의 위치, 층수, 층당 세대수, 평형 등이 있다.
- 세부적이고 기술적인 사항들로서 고성능 자재의 사용 및 복수공종 동시진행에 의한 시간 단축, 반복작업에 대한 기계적이고 체계적인 생산시스템의 구축, 자재, 장비, 인력 등의 철저한 사전 준비가 필요

IV. 주택건설 생산성

1. 주택건설 생산성 낙후 배경과 실태

- 맥킨지 컨설팅이 발표한 우리나라의 산업별 생산성에 관한 보고서에 따르면 부가가치를 기준으로 할 때, 주택건설업의 노동생산성은 미국의 69% 수준에 머물러 있다고 분석
 - 주택 유형별로 구분해 보면 아파트의 경우는 82% 정도, 단독주택의 경우에는 미국 생산성의 71%에 불과
 - 맥킨지는 보고서에서 우리나라는 주택을 생산함에 있어 저렴한 자재를 사용하고, 제한적인 내부 설비만을 갖춘 아파트만을 건설하도록 정책적으로 유도함으로써 생산성을 떨어뜨린다고 지적
- 현재 선진국의 건설기술 수준을 100이라 할 때, 주택 69, 고층 건물 66 등으로 건축분야의 기술수준이 토목 등 타 분야보다 상대적으로 낙후

2. 생산성 저하요인

- 수도권 지역 아파트 건설현장 7곳에 대한 조사 결과에 따르면 생산과정 상에 아무런 장애 요인이 없을 때 달성 가능한 상황을 100%라 했을 때, 실제 나타난 생산성은 평균 78.9%로 조사
- 현장 관리자를 대상으로 한 조사에 따르면 주택건설 생산성을 저해하는 요인으로 인력수급, 책임감 결여, 기능수준 미흡 등 건설 근로자와 관련된 것으로 나타난 바 있음
- 시공이전 단계에서 설계 및 공사계획 등과 관련한 문제들은 생산성을 저하시키는 근본 요인이 되고 있음
 - 설계의 충실도가 매우 떨어짐
 - 각 참여주체의 기술과 정보가 설계과정에 제대로 반영되지 못함
 - 협력업체가 담당하는 공사에 대해 구체적인 내용을 파악하지 못함

- 정확한 공사비 견적이 어려움
- 공사경험을 다음 유사 프로젝트에 효과적으로 피이드백시키지 못함
- 건설업체들이 유사한 설계업체를 공유한 결과 설계내용이 비슷하고 베끼기 식 설계가 많아 새로운 발전의 계기를 마련하기가 어려움
- 건설업체의 다음과 같은 외부 의존적 단발성 공사수행 관행도 생산성을 저해시키는 요인이 됨
 - 설계는 설계사무소에, 시공은 협력업체에 맡기고, 건설회사는 적당히 공사관리하여 이윤이나 확보하려는 경향을 보이는 경우가 있음
 - 전체 공사과정을 소상히 파악하지 못하는 등의 이유로 공사비 DB구축을 못함
 - 자체적으로는 견적을 하지 못하고 설계사무소와 협력업체에게 크게 상황에서는 불확실성이 커서 공정계획을 제대로 수립하기 어려움
 - 협력업체가 담당한 작업들을 소상히 파악하지 못하면 공정상의 잘못이나 예산상의 오류가 발생하더라도 효과적 대처 방안을 강구하기 어려움
 - 공사가 진행되는 과정에서 공정간에 충돌이 발생하고 작업대기 및 지체도 발생하고, 손실되는 자재량이 늘어나게 됨

3. 생산성 향상방안

- 설계작업은 아웃소싱을 한다고 하더라도 설계작업을 시작하기 전에 설계관리자, 시공담당자, 핵심 협력업체 시공담당자 등으로 태스크포스팀을 구성하여 사전에 충분한 개념검토와 개선사항을 도출하여 설계에 반영시킬 수 있도록 준비하는 과정이 필요
- 현장 가공비중을 줄이고 품질, 공기, 경제성, 안전성 측면에서 유리한 공업화 요소 강화가 필요
- 대부분의 구미 선진국들은 공업화 주택이 전체주택 시장에서 차지하는 비중이 10% 내지 많게는 50%까지도 차지하고 있고, 여러 가지 이유에서 정부도 이를 지원하고 있음

- 다양한 생산주체와 시공과정에서 통일된 기준과 척도를 사용함으로써 상호 효율성과 경제성을 추구하기 위한 표준화가 필요
- 자동화·기계화는 생산성과 품질을 향상시키는 동시에 건설업의 이미지를 개선하여 젊고 유능한 인재를 유인하는 효과가 있어 반드시 추구해야 할 실천과제임
- 고성능 자재를 사용할 경우, 자재비 단위당 가격은 상승하나 투입량이 감소하여 전체 자재비는 절감도 가능하며, 특히 소요 인력을 절감함으로써 생산성 향상 및 경제적인 시공에 도움을 줄 수 있음

V. 요약 및 결론

- 안정적 경제성장과 인구 성장을 둔화 등의 추세를 감안할 때, 주택시장은 현재와 같은 초과수요에 의한 이상 과열 분위기가 계속 지속되지는 못할 것이며, 공급측면에서의 생산 효율화가 기업의 생존을 좌우하는 중요한 잣대가 될 것임
- 더욱이 후분양제 도입 등의 제도적 변화로 기업 브랜드의 후광 효과가 감소하면 가격과 품질에 대한 중요성이 훨씬 부각될 것이며, 주택 생산 과정의 효율화 정도가 시장선택의 중요한 변수가 될 것임
- 협력업체에게 일임할 것이 아니라, 자신이 수행하는 공사에 대해 보다 구체적인 사항까지도 파악하고, 자료를 분석하고 DB로 구축하면서 이를 다음 공사에 피이드백시키는 노력이 중요
- 본 연구에서 주택공급 효율성에 관한 모든 문제를 다룰 수는 없었고, 구체적인 내용에 있어서는 전문적이고 기술적으로 복잡한 사항도 많았기 때문에 분석에 한계가 컸음
- 추후 주택 생산성 격차 분석, 외국의 공업화 주택 국내 도입 가능성 검토, 외국의 주택 생산성 향상 정책의 추진과정과 성과, 주택건설 하도급체계의 효율성 분석 등에 관해 더욱 심도 있는 연구가 필요함

I. 서론

1. 주택 수요와 공급의 내재적 문제

(1) 수요 측면

2002년도 현재 우리나라의 주택가격 수준은 연간소득 대비 5.5배이고 특히 서울의 경우는 6.4배에 달하고 있다. 주요 선진국 수도 평균 4.6배와 비교해 볼 때 우리의 주택가격 수준은 상대적으로 약 40% 정도 높음을 알 수 있다. 주택가격 수준이 높으면 주택수요는 위축되고 결국 건설활동을 둔화시키는 요인이 될 것이다. 주택도 시장경제의 원리에 따라 수요공급 간의 균형과정을 통해 공급량과 가격수준이 결정되는 재화이다. 따라서 이처럼 우리나라의 주택가격 수준이 상대적으로 높은 원인을 수요측면과 공급측면에서 각각 찾아 볼 수 있다.

수요측면에서는 인구증가율은 둔화되고 있으나 가구 증가율은 인구증가율에 비해 아직 상대적으로 높은 수준을 유지하고 있다. 즉, 1990년부터 2000년까지 연평균 인구증가율은 0.7%에 불과하지만, 연평균 가구 증가율은 2.3%로서 인구증가율을 크게 상회하고 있다. 주택수요는 기본적으로 개인 단위가 아니라 가구 단위로 이루어지기 때문에 우리가 주목해야 할 것은 가구수의 동태이다. 이러한 가구 수 증가 속도 자체는 다소 둔화되었지만 당분간 약 2% 수준은 유지할 전망이다.

또한 급격한 산업구조의 변화로 인구의 도시집중이 계속되면서 도시지역의 주택부족 현상은 만성화되고 있다. 또한 소득이 증가함에 따라 보다 쾌적한 주거환경을 원하게 마련이다. 따라서 소득증가는 주택수요를 증가시키는 중요한 요인이 된다. 그밖에도 노후 주택의 교체수요도 연간 약 2만 호 정도 발생하고 있다. 분석에 의하면 우리나라는 2010년도까지 연평균 47만 호 정도의 주택수요가 발생하는 것으로 전망되고 있다. 이러한 주택수요는 인구 천명당 10호에 달하는 것으로서, 후술하는 바와 같이 천명당 약 5호 전후로 공급이 이루어지는 다른 나라에 비해 월등히 높은 수준이다.

또한 우리나라의 주택수요는 주택이 제공하는 주거 서비스를 소비하는 것보다는 만성적으로 주택가격이 오르는 상황에서 주택소유를 통한 자본이득 취득에 큰 영향을 받았다. 따라서 주택시장에서는 주택의 실용성과 경제성보다는 단기적으로 매매차익이 크고 환금성이 좋은 주택이 선호되었다. 이러한 경향에 따라 주택시장은 자연스럽게 자가

중심, 신규주택 중심, 아파트 중심, 고가 주택 중심으로 자리잡게 되었다.

(2) 공급 측면

공급측면을 보면 기본적으로 신규 가용택지의 공급능력이 매우 부족하다는 것이다. 조사에 따르면 서울시의 경우 향후 개발이 가능한 전체 토지면적은 52km²에 달하는 것으로 밝혀지고 있으나, 용도규제 등 각종 제약으로 인해 신규 택지공급 능력은 매우 제한적일 수밖에 없다. 따라서 서울시의 주택공급능력은 약 29만 호에 달하는 것으로 분석된다. 그러나 서울시의 주택수요 분석에 의하면 연간 약 11만 호의 주택이 필요한 것으로 나타나 3년 수요량에도 못 미치는 실정이다. 따라서 서울지역의 주택수급 불균형은 심각한 상황이며, 그로 인해 주택가격이 상승하는 것은 당연한 결과이다.

그리고 주택생산은 약 40개 이상의 공종으로 이루어져 있다. 이들 전문화된 세부 공종은 대개의 경우 영세한 전문업체가 담당하는데 기능인력들은 프로젝트별로 아웃소싱하는 것이 일반적이다. 따라서 공종간의 유기적 커뮤니케이션이 어렵고, 전속적 고용관계가 성립하지 않는 근로자들에 대한 지속적 노무관리가 어렵다. 더욱이 다단계의 중층 하도급으로 이루어지는 생산과정에서 책임소재가 불명확하고, 생산과정에서 생성되는 각종 비용과 품질 등에 대한 정보가 분산·관리되고 사업이 종료되면 이러한 정보도 함께 소멸되는 경우가 많아, 생산과정의 지속적인 효율성 향상을 기대하기 어렵다. 기획 및 공사관리는 일반 건설업체가 하지만, 현장에서 최종적인 생산활동을 담당하는 전문업체의 기술수준은 대동소이하다. 그 결과 대형업체와 중소기업 사이에 주요 공정에서의 생산성 차이는 후술하는 바와 같이 거의 5% 미만에 불과하다.

주택건설에는 주로 범용적인 기술이 요구되므로, 시장에 대한 진입장벽이 상대적으로 낮다. 그 결과 IMF 외환위기 이후 많이 줄어들었음에도 불구하고 주택건설 등록업체(중전의 지정업체) 수는 4,500개를 넘고 있다. 대형 업체들은 주로 공사 규모가 큰 아파트공사에 참여를 하고, 소형 업체들은 지역 연고 시장을 기반으로 공사규모가 작은 다세대 및 단독주택 건설을 주로 한다. 그런데 구체적인 시공과정은 전문업체에게 하도급을 주는 대형 건설업체들은 생산성 제고보다는 입지선정, 마케팅 등에 치중하고 있다. 주택가격이 지속적으로 상승하는 상황에서는 어느 정도 주택가격이 높을수록 투자 수익률이 높을 것으로 기대하고 투자하는 수요자들의 행동으로 생산성 제고보다는 고급화가 현명한 판단일 수도 있다.

또한 일반적인 건설공사와 마찬가지로 주택건설 역시 선계약, 후생산되는 까닭에 일단 공사내용과 금액이 계약을 통해 확정된 공사에 대해서는 생산을 보다 효율화하려는

노력이 미흡해질 수밖에 없다. 그리고 공산품처럼 공간 이동을 할 수 없는 주택은 건폐율, 용적률 등 토지이용에 관한 각종 공적 규제에 의해 공급이 직접적으로 제약을 받는다. 그 결과 주택의 공급탄력성은 떨어질 수밖에 없고, 초과수요가 있는 지역에도 추가적인 공급이 어렵게 된다. 이처럼 공급측면에서는 생산의 효율성을 약화시키고 공급이 제약되는 요인들이 다수 있다.

이상에서 살펴 본 바와 같이 수요측면에서는 수도권 및 대도시 지역을 중심으로 지속적인 수요증가가 있지만, 공급측면에서는 생산성 향상이 지연되고 공급이 탄력적으로 이루어지지 못한다는 문제가 있다. 그 결과 우리나라는 만성적인 주택문제에 시달려 오고 있다.

그런데 정책 당국은 생산측면에서의 효율성 제고 및 토지이용 규제 완화를 통한 공급능력의 확대보다는, 수요측면에서 청약 제한, 거래 규제 등을 통해 수요관리에 중점을 두어 온 것이 사실이다. 단기적으로는 수요관리 정책이 비용이 적게 들고 효과가 뚜렷할 수 있다. 하지만 장기적으로는 공급탄력성은 떨어지고, 수급 불균형이 더욱 확대되어 주택가격은 상승과 부의 불평등을 심화시키는 결과를 가져왔다.

2. 연구의 목적 및 방법

(1) 연구의 목적

이제까지 우리나라 주택문제에 대한 관심은 주로 수요측면에 집중되었다. 특히 정부의 주택정책은 효과적인 수요관리에 중점을 두어 왔다. 각종 청약제도를 비롯하여 양도소득세 등의 조세제도 등이 주택정책의 중심을 이루었다. 재건축·재개발 관련 제도 역시 분양주택에 청약하는 대신 노후주택에 투자하여 새로이 주택을 구입하려는 수요자들의 권리관계를 규정한 것으로 볼 수 있다.

생산측면에 관한 것은 공공택지 분양, 공급자 금융, 임대주택 공급 등 제한적인 범위에 머물러 있는 것으로 보인다. 민간 기업에 의해 이루어지는 공급과정에 정부가 직접 개입할 여지가 좁은 것도 그러한 이유 중의 하나로 보인다.

이러한 정책 기조와 더불어 주택문제에 대한 연구 경향도 주로 수요측면에 관한 것이 주류를 이루었다. 특히 사회과학 분야의 연구는 대부분 주택수요에 관한 것이었다. 생산측면에서 주택문제를 분석하는 것은 주로 공학 분야에서 이루어졌다.

그런데 우리나라의 주택문제는 생산 측면에서의 효율성 제고를 통하지 않고서는 근본적인 한계가 있다고 판단된다. 통상적인 상품시장에서는 수요와 공급이 상호 균형수준으로 수렴하지만, 가격상승에 의한 투기적 수요가 존재하는 주택시장에서는 공급 탄력성이 충분하지 못하면 양자의 불균형은 더욱 커지고 주택가격은 더욱 불안정해지는 결과를 초래하게 마련이다. 투기적 시장에서 수요를 부족한 공급에 맞춘다는 것은 당초부터 달성하기 어려운 목표일 것이다. 그 것보다는 공급탄력성을 최대한 높여 불안정한 수요 변화에 대한 대응력을 높이는 것이 효과적이라는 판단이다.

따라서 본 연구는 주택 생산측면에서 생산성을 제고시키고, 공급의 탄력성을 높일 수 있는 방안을 강구함으로써 주택시장의 불균형 상태를 완화하는 데 다소나마 기여하는데 연구의 목적이 있다.

(2) 연구 방법 및 내용

생산측면에서의 논의는 택지개발-기획-설계-시공 등의 순차적 생산과정에 초점을 맞추어 논의를 전개할 수도 있고, 비용, 공기, 품질, 조달, 하도급 등 이슈별로 논의를 전개할 수도 있을 것이다. 본 연구는 후자 비용, 공기, 기술 및 생산성, 품질 등 주요 이슈별로 문제점을 분석하고 이에 대한 개선 대안을 제시하고자 한다.

이를 위해 그 동안 다수의 연구자들에 의해 조사 분석된 광범위한 주제들을 분야별로 분류하여 공통적으로 제기된 문제점들을 추출하고 이에 대한 대안들을 제시하고자 한다. 개선 대안은 기술적 차원, 경영적 차원, 정책적 차원 등 다양한 시각에서 접근할 수도 있지만 본 연구에서는 가급적이면 기업의 경영전략적 차원에서 개선방안을 도출하는 데 중점을 두고자 한다.

본 연구를 위하여 최근 국내에서 주택 건설공급 측면에 관한 각종 연구자료들은 수집하여 검토하였고, 주택건설 유관기관의 자료 협조를 받아 분석하였다. 그리고 건설업체의 실태에 관해서는 담당자들의 기술적인 의견을 청취하였다.

본 연구는 크게 네 부분으로 구성되어 있다. 제 I 장 서론에서는 우리나라 주택시장이 안고 있는 수요와 공급 측면에서 안고 있는 문제들을 개념적으로 정리했고, 본 연구에서의 기본적인 분석 시각인 공급측면에서의 접근이 어떠한 의미가 있는지 살펴보았다.

제 II 장은 주택건설을 경제적 관점에서 살펴보려고 하였다. 여기서는 주택건설 투입비용구조 및 기업의 비용관리 실태를 분석하였다. 비용구조는 비목, 공정, 투입요소, 주택특성 등 여러 가지 시각에서 분석하여 향후 분석의 기초를 제공하는 역할을 하였다. 그

리고 건설업체들의 비용관리 실태와 문제점을 사업추진 흐름에 맞추어 분석하였고 이에 대한 개선대안을 제시하였다.

제Ⅲ장은 주택건설을 공기라는 기술적인 측면에서 살펴보고자 하였다. 외국과 비교했을 때 과연 우리나라의 주택건설 공기는 얼마나 되는지, 전체 주택건설 과정 중에서 특히 중요한 골조공사 과정을 상론하려고 노력하였다.

제Ⅳ장은 본 연구의 핵심을 이루는 부분이다. 앞의 chapter 즉, 경제적인 관점과 기술적인 관점을 종합하여 주택건설의 생산성을 분석하고 이를 개선시킬 수 있는 대안들을 제시하고자 노력하였다. 우리나라 주택생산성 수준은 어떠한지, 낙후되었다면 그 이유는 어디에 있는지를 분석했고, 마지막으로 생산성을 향상시키기 위해서 검토할 수 있는 사항들을 일곱 가지로 정리하여 보았다.

6 주택 생산체계의 효율화 방안

II. 주택건설 비용 분석

1. 주택건설 비용 분석

(1) 비용항목별 공사비 구성

2001년도에 일반건설업체들에 의해 완성된 주택들의 총 공사비는 10조 4천억원에 달했다. 이들에 대한 비용별 구성을 보면 재료비는 30.6%, 노무비 5.7%, 외주비 49.4%, 경비 14.2% 등으로 구성되어 있다. 여기서 주목되는 사항은 노무비의 비중이 5.7%에 불과하고, 외주비 비중이 50%에 육박한다는 점이다. 이것은 일반 건설업체의 경우 자체 인력의 투입비중은 매우 제한적이며, 대부분의 공사는 협력회사에 의해 진행되고 있음을 보여주는 것이다. 또한 재료비 비중이 30%를 상회하는 것은 일반 건설업체의 경우 여러 현장에서 소요되는 자재를 본사에서 집중 구매하면 구입단가가 낮아지고, 또한 협력업체에 비해 신용상태가 양호하여 자재대금 결제조건이 상대적으로 유리하기 때문에 철근, 콘크리트 등 기초자재를 중심으로 사급 비중을 높여나가기 때문인 것으로 해석된다.

한편 주택건설 공사비 구성은 주택유형에 따라 다소 차이가 발생한다. 즉, 단독주택 및 저층 아파트는 노무비 비중이 약 17%를 점해 5% 정도의 고층 아파트보다 노무비 비중이 월등히 높게 나타난다. 이러한 현상은 단독주택 및 저층 아파트의 경우 고층 아파트에 비해 상대적으로 노동집약적인 생산과정을 거치기 때문으로 풀이된다. 그리고 단독주택 및 저층 아파트는 외주비 비중이 약 40% 이하로서 고층 아파트와 비교하여 외주비 비중이 8~15%p 낮고, 현장경비 비중도 10% 수준으로 다소 낮게 나타난다. 재료비는 주택유형에 따라 큰 차이 없이 30~35% 수준으로 편차가 작지만, 그 중에서도 단독주택이 아파트에 비해 재료비 비중이 다소 높게 나타나는 것이 특징이다.

대한건설협회의 완성공사원가 자료는 주택유형별 구분이 가능하고 비용 항목별 구성에 대해 상세한 정보를 담고 있다는 장점을 갖고 있다. 하지만 완성공사원가 자료는 공사비의 절반에 해당하는 외주비가 다음 단계에서 실제로 어떻게 배분되는지에 대해서는 아무런 단서도 제공하고 있지 않기 때문에 그 이상의 구체적인 분석은 어렵다는 단점을 갖고 있다.

<표 II-1> 2001년도 완성 주택공사비 구성

단위 : 억원, %

	주택유형	재료비	노무비	외주비	경비	공사원가
공사비	단독	1,407	663	1,437	468	3,976
	저층	493	269	629	159	1,549
	고층	12,104	2,390	21,868	4,671	41,033
	초고층	17,914	2,652	27,657	9,560	57,783
	총 계	31,919	5,974	51,590	14,858	104,341
비중	단독	35.4	16.7	36.2	11.8	100.0
	저층	31.8	17.3	40.6	10.3	100.0
	고층	29.5	5.8	53.3	11.4	100.0
	초고층	31.0	4.6	47.9	16.5	100.0
	총 계	30.6	5.7	49.4	14.2	100.0

자료 : 대한건설협회, 2001년도 완성공사원가분석

건축 공사비의 구체적인 내용은 골조형태, 주택의 평형, 층수, 세대수, 마감자재 등 다양한 요소에 따라 달라진다. 그러나 주택건설 공사비에 대한 상세한 내역은 제대로 알려지지 않고 있다. 다만 대한주택공사는 매년 자신이 건설하는 아파트공사 중에서 표본조사를 하여 그 내용을 공개하고 있다.

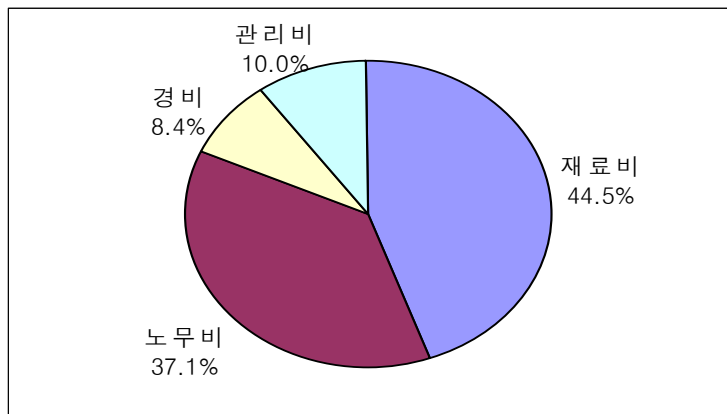
주택공사가 2001년도에 수행한 주택건설사업의 공사비 내역을 비용항목별로 분석해 보면 재료비가 전체 아파트 공사비의 44.5%를 차지하여 가장 큰 비중을 차지하고 있고, 그 다음으로 노무비가 37.1%를 차지하여 이들이 전체 공사비용의 80% 이상을 점하고 있는 것으로 밝혀졌다.

이것은 앞에서 언급한 완성공사원가에서 재료비와 노무비가 차지하는 비중과 현격한 차이를 보이고 있는데, 그 이유는 여기서는 외주비 부분이 다시 최종 비목별로 재구성되었기 때문이다.

한편 양자간의 공사비 구성 내역으로부터 완성공사원가 중에서 외주비가 어떻게 배분되는 지를 추정해 볼 수 있다. 즉 주택유형을 별도로 구분하지 않고 단순히 평균 구성비만을 놓고 볼 때 완성공사원가 중에서 노무비가 차지하는 비중은 약 63%이며, 재료비가 차지하는 비중은 약 28%로 추정할 수 있다. 따라서 하도급업체는 노무중심의 공사수행을 하고 있으며, 자재의 일부는 직접 구매하여 공사에 참여하는 것으로 해석할 수 있다.

일부에서는 완성공사중에서 외주비의 배분에 대한 정보가 없어, 하도급 업체에게 귀속되는 외주비가 일반 건설업체의 비용배분과 같은 패턴으로 배분되는 것으로 가정하여 분석에 활용하는 경우가 있다. 그러나 여기서 지적된 것처럼 일반 건설업체와 하도급 업체 사이에는 비용구성에 있어서 상당한 차이가 있음을 확인할 수 있다.

<그림 Ⅱ-1> 아파트 공사비 구성 현황

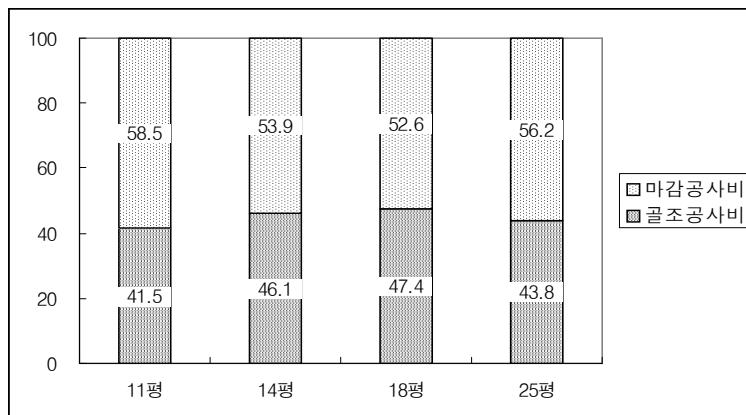


자료 : 대한주택공사, 주택공사비 분석자료, 2002.

(2) 공정별 공사비 구성

아파트 건설공사는 크게 골조공사와 마감공사로 구분한다. 단위 골조공사가 차지하는 공사비 비중은 약 45% 수준이며, 마감공사는 평균 55% 정도가 된다. 골조공사비와 마감공사비간의 이러한 관계는 평형에 따라 큰 차이를 보이지는 않는다.

<그림 Ⅱ-2> 평형별 공정별 공사비 구성



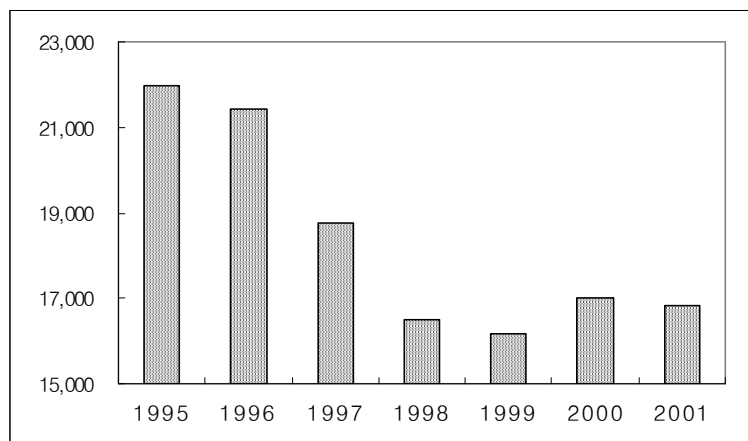
자료 : 대한주택공사, 주택공사비 분석자료, 2002.

(3) 노동 투입 분석

아파트 건설공사에는 실로 많은 근로자들이 40여 공종에 참여하고 있다. 15층 짜리 18평 아파트 60세대 한 동을 건설하는데 연인원 약 1만 7천명이 투입된다. 25평의 경우에는 이보다 27.5% 더 많은 2만 1천명이 작업에 참여를 한다. 전체 공기가 30개월이 소요된다고 하면, 1일 평균 약 30여 명이 작업을 하는 셈이다. m²당 투입인원은 18평이 3.5명으로 가장 많고, 그 다음이 25평으로 3.4명이었고, 11평과 14평은 이보다 약간 적은 3.2명, 3.1명 등의 순이다.

그런데 이러한 노동력 투입은 1997년 이후 크게 줄어들었음을 다음의 그림을 통해서 알 수 있다. 즉, 1995년에 위와 같은 아파트 한 동 건설하는데 2만 2천명이 투입되었으나, 1999년에는 26.4%나 감소한 1만 6천명까지 떨어진 후 최근에 근소하게 증가하여 1995년 대비 76.6%의 인력 투입이 이루어지고 있는 것으로 분석되고 있다. 이러한 현상은 노임의 지속적 상승에 따른 기계·장비의 대체, 고성능 자재 사용에 따른 소요인력의 감소 등에 기인한 것으로 판단된다.

<그림 II-3> 연도별 아파트 건설 동당 투입 노동력



* (59m², 60세대, 15층 기준)

자료 : 대한주택공사, 주택공사비 분석자료, 2002.

한편 공종별 투입인원은 18평 아파트의 경우, 건축이 1만 1천명으로 70.9%를 차지하여 압도적인 비중을 점하고 있고, 두 번째가 기계로 11.4%, 전기 7.6%, 토목 5.3% 등의

순으로 투입되고 있다. 또한 직종별로는 전체 20개 직종 중에서 보통인부가 5,700명으로 36.4%로 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 그 다음이 형틀목공으로 2,800명(17.8%), 내선전공 1,400명(8.8%), 철근공 900명(5.8%)으로 이들 4개 직종이 전체 노동투입의 약 70%를 차지함으로써 주축을 이룬다.

<표 II-2> 아파트공사 공종별 직종별 노동 투입

단위 : 인/동

	건축	기계	전기	토목	통신	조경	계	비중(%)
보통인부	4,390	611	1	445	12	257	5,716	36.4
형틀목공	2,680	2		95		12	2,789	17.8
내선전공	4	32	1,187		156		1,379	8.8
철근공	847			67		1	915	5.8
기타	3,222	1,146	-	224	236	82	4,910	31.3
소계(인)	11,143	1,791	1,188	831	404	352	15,709	100.0
비중(%)	70.9	11.4	7.6	5.3	2.6	2.2	100.0	

* 59㎡, 60세대 15층 기준

자료 : 대한주택공사, 주택공사비 분석자료, 2002.

(4) 자재 투입 분석

자재는 주택면적 1㎡당 10만 4천원이 투입된다. 18평 아파트 1세대 건설하는 데 레미콘은 52㎡가 소요되고, 철근은 5.5톤, 시멘트 90포, 벽돌 3천 5백장이 소요된다. 금액 기준으로는 레미콘 비용이 전체 자재비의 27.6%를 차지하여 가장 큰 비중을 차지하고, 철근이 18.9%로 두 번째 큰 비중을 차지하여 이들 두 품목이 전체 자재비의 45% 이상을 점하고 있다. 그밖에 갱폼, 콘크리트 파일, 조명기구 등의 순으로 자재비 비중이 높다.

<표 II-3> 아파트 건설 10대 소요 자재

순위		단위	계	m ² 당 소요량	m ² 당 금액(천원)	구성비 (%)
1	레미콘	m ³	3,132	0.66	28.8	27.6
2	철근	ton	332	0.07	19.7	18.9
3	갱폼	m ²	499	0.10	8.3	7.9
4	콘크리트 파일	본	242	0.05	7.7	7.4
5	조명 기구	조	948	0.20	5.4	5.2
6	합판	m ²	3,022	0.63	4.6	4.4
7	유리	m ²	1,488	0.31	4.3	4.1
8	룸 카펫트	m ²	3,349	0.70	3.8	3.6
9	타일	m ²	2,412	0.51	3.5	3.4
10	시멘트	포	5,375	1.13	2.9	2.8
	기타				15.3	14.6
	소계				104.3	100.0

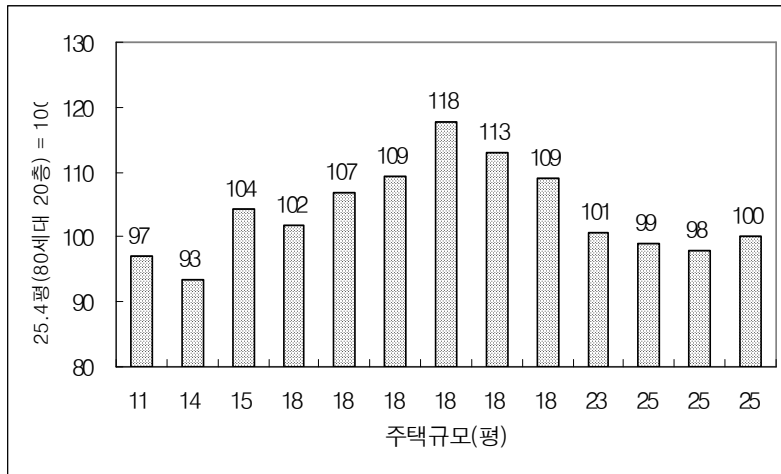
자료 : 대한주택공사, 주택공사비 분석자료, 2002.

(5) 주택 규모와 공사비

건축공사비는 주택의 규모(평형)에 따라서도 상당한 차이를 보인다. 일반적으로 마감 자재가 같을 경우 주택규모가 작아지면 단위 면적당 공사비는 증가하는 것으로 알려져 있다. 이것은 바닥면적 대비 벽면의 증가로 인한 골조비용의 상승, 작업공간의 협소에 따른 생산성의 저하, 단위 면적당 욕실 및 주방설비 관련 비용의 증가 등 여러 요인에 의한 것이다.

다음의 그림에서도 이러한 현상이 나타나고 있다. 아파트 층수가 20층, 세대수가 80세대인 주택규모가 25.4평인 아파트 건설 공사비를 100이라 할 때, 층수 및 세대수에 따라 18평 아파트 공사비는 107~118로 상대적으로 높게 나타났고, 15평 이하인 경우에는 93~104로 다소 낮게 나타났다. 15평 미만의 경우 18평보다 낮고 25평과 비슷한 수준으로 조사되었는데 이것은 마감재 차이 등에 의한 것으로 유추된다. 주택공사의 공사비 자료는 25평까지만 있어 그 이상의 주택규모에 있어 건축비가 어떻게 달라지는지에 대해서는 알 수 없다는 아쉬움이 있다.

<그림 II-4> 주택규모별 단위 면적당 공사비 비교



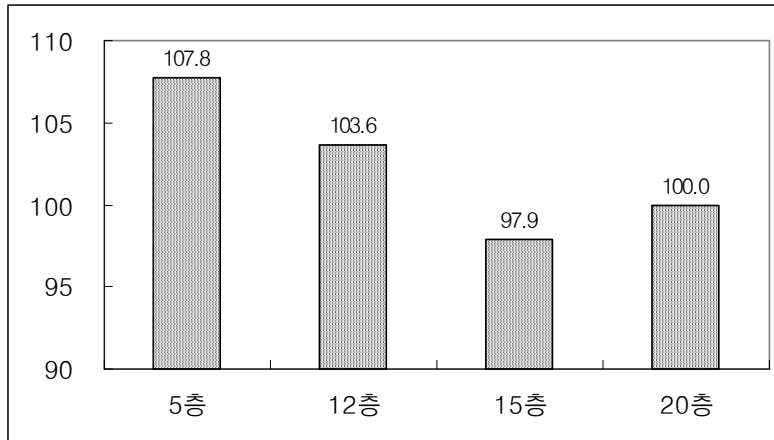
자료 : 대한주택공사, 주택공사비 분석자료, 2002.

(6) 아파트 층수와 공사비 변화

한편 층수에 따라서도 단위 면적당 공사비가 달라진다. 18평짜리 20층 아파트 단위 면적당 공사비를 100이라 할 때, 5층 저층 아파트의 경우에는 평당 공사비는 107.8로 공사비가 가장 많이 들었고, 15층에서는 97.9로 가장 낮은 수준을 기록했다. 이것은 5층 아파트에 비해 평당 공사비가 9.2%나 낮은 수준이다. 이처럼 층수가 높아짐에 따라 단위 면적당 공사비가 감소하는 것은 반복공정에 의한 학습효과 및 규모의 경제가 실현되기 때문으로 해석된다.

그러나 20층 아파트가 15층과 비교하여 2.1% 높은 것은 아파트의 층수가 15층 이상인 경우에는 소방설비의 추가 및 내진설계를 해야 하며, 자재의 양중 등의 측면에서도 어려움이 발생하여 공사비가 증가하게 된다. 최근에는 주상복합 아파트를 중심으로 60층 이상 초고층화하는 경향을 보이고 있다. 이처럼 고층화의 진행은 단위 면적당 공사비를 급격히 증가시키는 요인이 된다.

<그림 II-5> 아파트 층수에 따른 공사비 변화



* 주택규모 59㎡, 옥내공사비 기준
 자료 : 대한주택공사, 주택공사비 분석자료, 2002.

2. 건설업체의 비용관리 실태

(1) 개관

주택건설 사업은 공사규모가 비교적 크고, 40여 개의 공종에 여러 생산주체가 참여하며, 날씨 및 민원발생 등 외생적인 변수에 따라 공사기간이 영향을 받고, 인력 및 자재 파동이 빈발하며, 공사계약의 이행과정에도 많은 불확실성이 내재하기 때문에 정확한 손익추정이 어려운 실정이다.

하지만 성공적인 사업추진을 위해서는 정확한 예산계획을 수립하고, 건설공사에서 실제 소요된 비용과 계획된 예산을 주기적으로 비교·검토함으로써 주어진 예산 내에 공사를 완료할 수 있도록 자금의 흐름을 관리하고 통제하는 것이 중요하다. 예를 들어 공사가 진행되는 어느 중간 시점에 실제비용과 예산을 비교하여 관리한계 이상의 비용편차가 발견되면 그 원인을 분석하여 예산집행을 조정함으로써 비용 흐름을 정상상태로 환원시켜야 한다. 그리고 향후 유사한 건설공사의 비용산정에 활용할 수 있도록 해당 건설공사에서 수행된 작업에 대한 생산성, 자원별 소요단가 등의 원가관련 자료를 축적하는 것도 매우 중요한 일이다.

따라서 비용관리 업무는 건설업체가 수행하는 여러 가지 업무중에서 가장 중요한 업무중의 하나로 인식되고 있다. 정영수는 건설업체의 관리기능을 14가지 업무로 구분하고, 각 업무의 타 업무에 대한 공헌도와 타 업무에 의해 생성된 정보를 활용하는 의존도를 조사한 결과 비용관리 업무가 공헌도와 의존도 측면에서 가장 높은 순위를 나타냈다.¹⁾ 따라서 비용관리는 타 업무와 상호 미치는 영향이 매우 크기 때문에 건설업체의 기업경영에 있어 가장 중추적인 업무로 인식된다.

효율적인 비용관리를 위해서는 합리적인 실행예산의 수립, 신속하고 정확한 비용 관련 자료의 수집 분석과 함께 기성 측정의 표준화, 비용관리 시스템의 지속적인 개선 등이 필요하다. 또한 원가항목을 작업 종류별, 작업 부위별로 구분하고, 건적결과를 총괄적으로 나타내는 내역체계와 비용관리체계가 연계될 수 있도록 분류체계를 수립할 필요가 있다.

<표 II-4> 건설업무기능의 공헌도 및 의존도 순위 상위 5개 업무

순 위	공헌도		의존도	
	업무기능	평가결과	업무기능	평가결과
1	비용관리	125.1	비용관리	127.0
2	설 계	115.3	영 업	117.9
3	건 적	114.7	자재관리	112.7
4	공정관리	110.1	외주관리	112.1
5	품질관리	107.5	공정관리	111.4

자료 : 정영수·김순, 건설관리정보의 통합효율성 분석, 대한건축학회논문집, 구조계, 14권 5호, 1998. 5. p.375

하지만 비용관리의 중요성에도 불구하고 우리나라 대부분 건설업체의 비용관리 실태는 매우 허술한 실정이다. 외국에 비해 생산성이 떨어지고 가격경쟁력이 뒤지는 중요한 원인 중의 하나는 합리적인 비용관리가 이루어지지 못하기 때문이다.

그 동안의 조사 연구결과에 의하면 국내 건설업체의 비용관리는 실행예산 작성절차의 미비, 비용항목의 표준화 미비, 비용정보의 DB구축 부진 등의 문제점이 있는 것으로 지적되고 있다.²⁾

1) 정영수·김순, 건설관리정보의 통합효율성 분석, 대한건축학회논문집, 구조계, 14권 5호, 1998. 5.

2) 김기영, 건축공사의 원가관리 효율화 방안 연구, 석사학위 논문, 인하대학교 산업기술대학원, 1994
이광규, 원가관리 개선방안, 석사학위 논문, 중앙대학교 대학원, 1998.

(2) 예산 편성 관련 문제

1999년에 대기업 8개 업체와 중소기업 7개 업체를 대상으로 비용관리 실태를 조사³⁾한 바에 따르면, 실행예산 작성은 공사착공 후 평균 2.5개월이 지나야 이루어지는 것으로 밝혀졌다. 이처럼 실행예산의 작성지연 현상은 대기업과 중소기업간에 큰 차이가 없는 것으로 조사되었다. 따라서 착공 후 2~3개월 동안은 예산내역도 없이 공사를 진행하는 것이다. 특히 이 시기에는 기초공사, 골조공사 등 핵심 공종에 대해 하도급 결정이 이루어짐으로써 합리적 원가절감이 어렵게 된다.

이와 같은 실행예산의 작성이 지연되는 이유는 대부분 세부 내역의 미확정(60%), 가격조사 지연(20%)이라고 응답하고 있다. 그럼에도 불구하고 표준 내역서를 갖고 있지 않은 기업이 40%이고, 표준단가를 활용하지 않는 기업이 27%에 달하는 것으로 나타났다.

실행예산의 작성은 주로 본사 견적부서가 담당한다. 건축공사의 경우 80%, 토목공사는 67%가 본사에서 담당하는 것으로 나타났다. 그런데 본사에서 실행예산을 작성할 경우 본사와 현장간의 조정협의를 필요하기 때문에 현장에서 작성할 때는 평균 2개월 소요되는 것에 비해 2.6개월이 소요되고 있다.

더욱이 대부분의 업체는 실행예산 수립과정에서 DB 구축이 이루어지지 못해 자신의 공사실적 정보를 반영하지 못하고 있다. 이러한 업체들은 수량산출은 설계업체에 의뢰하고 내역산출은 협력업체가 제시하는 것을 기초로 하여 실행예산을 수립하고 있다. 이때 협력업체들은 장차 하도급여부가 불확실한 상황에서 형식적인 검토를 하여 단가를 제시할 수밖에 없어 신뢰성이 떨어지게 마련이다. 또한 협력업체의 입장에서는 장차 당해 사업에 참여할 가능성에 대비하여 협상의 여지가 있도록 단가 수준을 보수적으로 제시하는 경향도 있다. 따라서 이러한 외부 의존적 과정을 통해 도출하는 실행예산의 정확성은 매우 취약할 수밖에 없는 것이다. 그리고 프로젝트가 바뀌면 실행예산 작성에 노력하는 외부의 설계업체 및 협력업체도 달라지게 마련이고 따라서 매번 새롭게 예산수립을 하는 경우도 많다. 이러한 경우 자신의 경쟁력과 노하우가 예산계획에 반영되기를 기대하는 것은 연목구어와 같다.

한편 실행예산은 공사 진행과정 중에 설계변경의 사유 등으로 자주 수정되어야 하므로 실행예산의 신속한 변경관리도 매우 중요하다. 실행예산의 변경은 주로 설계변경(75%), 물가변동(14%), 누락이나 오기(4.7%) 등의 사유로 이루어진다. 이때 실행예산이

3) 문지용 외, 건설기업의 원가관리 현황과 개선 요소, 대한건축학회논문집, 구조계 16권 3호, 2000. 3.

변경되는 시점은 도급계약변경 후가 27%, 변경 이전이 73%이고, 실행예산 변경에 소요되는 기간은 변경사유가 발생된 후 평균 2.1개월로 조사되었다. 따라서 초기에 실행예산의 작성이 지연되는 경우와 마찬가지로 실행예산의 변경 지연으로 인해 선집행하는 사례가 발생하게 되며, 이로 인해 계획 대비 실적의 정확한 평가를 어렵게 하고 있다.

<표 II-5> 건설업체의 비용관리 실태

내용	대기업								중소기업							
	A사	B사	C사	D사	E사	F사	G사	H사	I사	J사	K사	L사	M사	N사	O사	
실행예산 확정시점 (착공후 0개월)	3	3	1	1	3	2	3	6	3	2	2	2	3	1	3	
표준단가 사용	DB	DB	0	DB	DB	0	0	DB	x	x	x	DB	0	0	x	
표준 코드 사용	0	0	△	0	0	0	x	x	x	△	0	0	x	x	△	
표준 공종 내역서	0	0	△	x	0	x	x	x	0	0	0	0	x	△	x	
예산변경 소요기간 (월)	2	2	2	1	2	3	2	3	2	3	3	2	3	1	1	
기성산정시 공정표 사용	x	0	0	0	x	x	x	x	0	x	x	x	x	0	x	
본사현장 전산연결	0	0	0	0	0	0	0	x	0	0	x	x	x	x	x	
내역 연결	0	0	x	0	0	0	x	0	0	x	x	x	x	x	x	
원가예측 주기	1	1	6	1	1	3	3	6, 12	6	1	6	6	1	3	6	

자료 : 문지용 외 2인, 건설기업의 원가관리 현황과 개선 요소, 대한건축학회논문집, 구조계, 16권 3호, 2000. 3.

(3) 진행 비용관리

공사를 효율적으로 수행하기 위해서는 물리적 측면에서 현재 진행되고 있는 공정진행 상황뿐만 아니라, 경제적 측면에서 투입된 예산내역을 정확하게 파악하고 있어야 한다. 대부분의 건설업체들은 실행 기성고를 완성물량을 기준으로 파악하고 있다. 그러나 이러한 방법은 실행 기성고 파악에 필요한 정확한 실적자료가 데이터베이스화되어 있지 않으면 측정자의 주관적 판단에 의존할 수밖에 없다. 그 결과 도출된 실행기성고의 객관성 및 신뢰성이 결여되기 쉽다.

또한 대부분의 경우 현장인력의 부족 등을 이유로 실행된 기성고의 측정은 비목별로만 이루어지고 있으며, 공종별로는 파악하지 않고 있다. 그 결과 비목별 투입원가는 비교적 소상하게 파악되는 데 반하여 공종별 진행상황은 제대로 파악되지 않음으로써 문제가 있는 항목을 찾아내기 어렵다.

한편 실행기성고 산정시 CPM 공정표를 사용하는 기업은 1/3에 불과하며, 이를 이용

하는 기업들도 공정과 원가 사이에 효율적인 통합관리는 이루어지지 않고 있다. 실행기성과 산정시 CPM 공정표를 이용하지 않는 이유는 현장의 공정표가 부정확하다는 것과 함께 공정표상의 작업별로 예산편성이 되어 있지 않기 때문인 경우가 많다.

(4) 최종 원가예측

성공적인 사업수행을 위해서는 현재까지 발생한 모든 비용을 집계하고, 공사진행 상황을 체크하며, 앞으로 수행하여야 할 작업의 내용을 파악하여, 준공 시점에서 예상되는 최종 원가를 예측하는 것이 중요하다. 따라서 주기적으로 원가동향을 파악하여 필요한 시정조치를 신속히 취할 수 있어야 한다.

최종원가 예측주기는 앞의 표에 정리된 것과 같이 대기업은 1~3개월, 중소기업은 3~6개월인 것으로 조사되었다. 그런데 원가예측의 정확성을 높이고 공정-원가의 통합관리를 위해서는 공정관리 주기와 원가예측 주기를 일치시키는 것이 바람직하다. 따라서 원가예측 주기를 보다 짧게 단축할 필요가 있다. 또한 원가예측의 정확성에 대해서는 상당수의 업체들이 부정확하다는 평가를 내리고 있어 이에 대한 보완책이 요구되고 있다.

그리고 준공 후 정산과정에서 이루어지는 비용 분석자료는 자사의 경쟁력을 평가할 수 있는 자료로 활용해야 하며, 향후 유사한 건설공사에 대해 공종별 부위별로 신속 정확하게 비용을 산정할 수 있도록 디지털화된 자료로 축적해야 한다.

(5) 실행예산과 집행비용의 차이

주택건설 공사를 착공하기 전에 수립한 실행예산과 완공된 이후 실제로 집행된 비용 간에는 차이가 발생하기 마련이다. 공사비용의 변화는 요소가격 변동 등 경제적 요인, 민원발생 등 사회적 요인, 제도변화에 의한 정책적 요인, 기상상태 등 자연적 요인 등의 외부적 요인과 더불어 VE 능력을 비롯하여 사업관리, 노무관리, 자재관리 품질관리 능력 등 내부적 요인이 복합적으로 작용해서 이루어진다. 그런데 이러한 내부적 요인과 외부적 요인에 의한 비용변화 외에도, 초기 단계에서 얼마나 정확한 견적을 했느냐도 결정적인 영향을 미친다. 앞에서 지적한 바와 마찬가지로 실행예산 편성방법과 시기 등에 상당한 문제점을 안고 있는 상황에서 현실성은 떨어질 수밖에 없다.

4개 아파트 건설공사에 대한 공사예정비용과 집행비용간의 편차에 관한 조사에 따르면 동일 공종 내에서 대략 $\pm 40\%$ 의 커다란 편차가 발생하는 것으로 나타났다.⁴⁾ 가설공

사의 경우는 $\pm 80\%$ 의 편차를 보이기도 하였다. 동일한 아파트공사에 대한 공종별 비용 증감에 대한 표준편차가 30%를 상회하여 실행예산과 집행 사이에 상당한 괴리가 있음을 보여주었다. 이처럼 공종별로 실행예산과 실제 집행된 비용간에 편차가 크게 나타나는 것은 비용관리의 부정확성, 불확실성이 매우 크다는 것을 의미한다. 또한 다음의 표와 같이 여러 공종 중에서 비용증감 폭이 공통적으로 큰 것은 가설공사, 방수공사, 타일공사, 유리공사로 나타났다.

<표 II-6> 아파트공사의 공종별 공사비용 증감률

단위 : %

	A 아파트	B 아파트	C 아파트	D 아파트	평균 증감률
가설	88	-77	-39	33	59.3
기초		4	-21		12.5
철근콘크리트	-1	5	62	-5	18.3
조적	-16	53	7	18	23.5
방수	-11	55	51	21	34.5
미장	-2	-6	26	-5	9.8
타일	0	21	-8	-108	34.3
목공사			-23	23	23.0
단열재	-21	6			13.5
수장	-13	8	-27	11	14.8
도장	-20	40	30	9	24.8
창호		1	-12	13	8.7
유리	3	-47	-51	-29	32.5
금속	-11	15	60	-19	26.3
가구	-16	21	10	28	18.8
잡공사	-7		33	-8	16.0
조경		22		1	11.5
기타	-17		39	6	20.7
표준편차	27.3	34.2	35.8	33.2	

자료: 박근준 외, 공동주택공사에서의 공종별 영향분석에 의한 비용 리스크 관리방법에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 15권 4호, 1999. 4.

(6) 원가관리 정보화

전사적 비용관리를 위하여 본사와 현장간에 비용관리 전산시스템이 구축된 것은 대기

- 4) 박근준 외, 공동주택공사에서의 공종별 영향분석에 의한 비용 리스크 관리방법에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 15권 4호, 1999. 4.

업의 경우 88%, 중소기업은 29%로 조사되고 있다. 따라서 중소기업의 경우에는 원가관리 정보체계가 매우 미흡한 실정이다. 특히 정보 기반이 제대로 구축되지 않은 경우 도급-실행-하도급 등의 내역간에 연계가 이루어지지 못해 비용관리에 큰 허점을 나타내고 있다.

견적 및 비용관리의 정보화를 위해 필요한 표준코드는 대기업의 경우 약 60%, 중소기업은 30% 정도만 사용하고 있어 코드 표준화가 미흡하며, 표준단가를 DB로 구축한 것도 대기업의 약 60%, 중소기업은 10% 정도에 불과한 실정이다.

3. 비용관리 개선방안

앞에서는 공사비용 관리상의 문제로서 실행예산 편성의 지연, 자체 편성 능력의 미흡, 편성예산의 정확성 부족, 공사진행 중 투입비용 파악능력 부족, 내역 연계 미흡 등을 지적하였다. 이를 좀더 간단히 요약하면 예산편성의 신속성, 정확성, 확장성의 부족으로 압축할 수 있다. 이러한 문제 극복을 위해 실적 공사비자료의 DB 구축, 내역의 표준화 및 관리수준의 적정화, 공정관리와의 연계성 강화, 중점 관리공종의 선별 등의 개선안을 제시하고자 한다.

(1) 실적 자료의 DB 구축

효율적인 비용관리를 위해 건설업체는 자신이 수행한 공사에 관한 정확한 실적 자료를 DB로 구축하는 것이 절실하다. 자체공사를 수행하든, 도급공사를 수행하든 관계없이, 모든 건설업체는 사업 초기 단계부터 사업이 완성될 때까지 공사비를 신속하게 예측하고, 분석, 파악하는 것이 매우 중요하다. 신속한 비용분석은 신속한 예산편성을 위해 직접적으로 중요할 뿐만 아니라, 사업타당성 평가, 경제적 설계도서의 작성, 협력업체가 제시한 내역단가 등에 대한 신뢰성 검토, 입찰참가 공사의 합리적 견적 작성 등에도 결정적으로 중요하다. 이러한 신속한 비용분석은 기본적으로 각 업체가 수행한 실적 공사비 자료를 토대로 구축된 DB를 통해 가능해진다.

공사비 DB는 다음과 같이 구성되는 것이 바람직하다. 첫째, 자재단가, 시중노임, 장비임대료 등 요소비용 DB, 둘째, 공종별 공사비 DB, 셋째, 부위별 공사금액을 집계한 DB, 넷째, 시설물별 공사비 DB, 다섯째, 공사비 총액을 총괄하는 DB, 마지막으로 단지의 위치 규모 등에 관한 전체 공사정보 DB 등이다.

더욱이 정부는 그 동안 공사비 산정의 기초가 되었던 품셈 체계로부터 실적공사비에 의거하여 공사비를 산정할 방침임을 밝힌 바 있다. 공공주택 건설공사뿐만 아니라 전체적으로 공사비 산정방식이 실적공사비 체계로 전환할 가능성이 크다. 따라서 실적공사비 DB 구축은 각 업체의 비용관리 측면에서의 효율화 이외에도 도급공사 수주를 위해서도 반드시 대비하여야 할 과제로 보인다.

이러한 DB의 효용성을 높이기 위해서는 정기적인 업데이트가 매우 중요하다. 최근에 집행된 비용내역들은 수시로 업데이트시키고, 공사가 종료되었을 때 공종별, 부위별, 시설별 공사비 내역이 상세한 비용분석을 통해 크로스 체크되어야 할 것이다.

또한 공사비 DB는 코드가 표준화되어야 할 것이다. 코드가 표준화되어야 정보분석의 확장성이 커지고, 공종별, 부위별, 시설별, 비목별 비용분석 등도 가능해지기 때문이다. 그리고 공사비 내역서의 편성구조나 작성방법, 항목 등에 대한 표준화도 중요하다. 표준화된 내역서를 사용할 경우 견적의 일관성, 기성산정의 단순화, 실적자료의 축적 등 전반적인 비용관리 및 관련업무의 효율성이 증진될 수 있다. 하지만 표준화가 이루어지더라도 새로운 공법 및 자재 등을 유연하게 추가시킬 수 있는 확장성에 대한 고려가 중요하다.

(2) 관리수준의 적정화

공사비 내역서의 항목들은 입찰·견적, 기성금 지급, 공정관리, 비용관리 등의 활동을 연결하는 기본이 되므로 실행예산의 항목분류는 관리수준에 따라 상세 정도가 달라져야 한다. 내역서의 항목 분류수준이 세밀하면 정확성은 높아지나, 내용 파악에 많은 시간과 노력이 필요하고, 분류 레벨이 높아지면 정확성이 떨어지는 단점이 있다.

그런데 다행히도 주택 공사의 경우, 외주비가 약 50%를 차지하고 있어 실행예산의 분류수준을 어느 정도 높이는 것도 효과적일 수 있다. 특히, 하도급비중이 높은 골조공사의 경우, 여러 항목을 하나의 항목으로 통합해 실행내역을 단순화시키는 것이 바람직할 수 있다. 예를 들어 콘크리트 운반-타설-양생 등을 하나의 항목으로 단순화시키는 것이 관리효율 측면에서 유리하며, 현장에 따라서는 통합 발주되는 경우도 많아 거푸집, 철근 까지도 포함시킬 수도 있다.

많은 중소 업체의 경우 관리인력의 제약으로 지나치게 상세한 수준까지 비용항목을 분류하는 것은 업무부담을 가중시킬 수 있기 때문에 기업의 특성에 맞는 적절한 관리수준의 선택이 필요하다. 그런데 관리수준을 적절히 높이는 것은 단위 공사에서는 별 문제가 없지만, 일관성 있는 실적공사비 DB 구축을 위해서는 보다 신중히 결정을 해야 할

것으로 보인다.

(3) 중점관리 공종의 선별

앞의 <표 II-6>에서 볼 수 있듯이 단위 공종별로 실행예산과 집행비용간에는 상당히 큰 괴리가 발생하고 있다. 앞에서도 지적했듯이 이것은 자재파동과 같이 우리나라의 건설시장 상황이 수시로 바뀌는 데도 원인이 있지만 건설업체들의 견적능력이 상당히 취약함을 보여주는 증거라고 할 수도 있다. 하지만 취약한 견적능력을 단시일 내에 강화시키는 것도 현실적으로 기대하기 어렵다.

따라서 주어진 능력 범위 내에서 최고의 효과를 거두기 위해서는 보다 세밀하게 관리할 필요가 있는 공종에 대해 관리노력을 집중하는 것이 바람직할 수 있다. 이러한 관점에서 살펴보면 비용규모가 큰 공종, 비용편차가 크게 발생하는 공종, 선후행 공종에 많은 영향을 미치는 공종 등이 우선 검토 대상이 될 수 있을 것이다. 이러한 공종들에 대해 각각의 비중과 변동률, 영향력 등을 가중 평균하여 관리 우선순위를 설정하여 비용관리 노력을 집중하는 것이 효과적일 것으로 판단된다.

또한 자재의 경우 주택공사에 필요한 것은 그 종류가 매우 많지만, <표 II-3>에서 보았듯이 레미콘과 철근 두 품목이 전체 자재비의 45% 정도를 차지하고 있고, 상위 5개 품목은 전체의 약 70%를 차지하고 있다. 레미콘과 철근은 비용비중이 클 뿐만 아니라, 때때로 자재파동을 일으키는 대표적 품목이기도 하다. 따라서 수많은 자재에 대해 일정한 관리노력을 기울이는 것보다 핵심 자재에 대해 관리노력을 집중하는 것이 필요하다. 그러면 관리노력은 크게 줄지만, 오히려 비용관리의 정확성은 증진될 수 있다.

(4) 공정관리와의 연계성 강화

주택건설 공사에서 공정관리의 중요성은 많이 강조되어 왔지만 실제로는 공정관리가 제대로 이루어지고 있는 현장은 많지 않다. 여기에는 열악한 작업환경과 발주자, 시공사, 협력업체 등 참여주체들의 인식부족 그리고 우리 실정에 맞는 정책적, 기술적인 측면에서 연구가 미흡했다는 점에서 그 원인을 찾을 수 있다. 그리고 많은 경우에 있어 비용관리는 회계적 기준에 따라 비용항목별로 파악이 되고, 공정관리는 공정별, 부위별로 파악이 이루어짐으로써 양자간에 연계성에 한계가 있어 왔다.

하지만 공사비를 관리하는 비용관리와 일정을 관리하는 공정관리는 매우 밀접한 관계를 갖고서 상호 유기적으로 파악될 때 효율적인 공사수행이 가능하다. 따라서 건설공사

의 목표를 성공적으로 달성하기 위해서는 주요관리 대상인 비용과 일정을 통합 관리하는 것이 바람직하다.

효율적인 비용관리를 위해서는 우선 확고한 공정관리의 체계가 수립되어야 하고, 이를 바탕으로 비용관리를 연계시킴으로써 공정진도와 부합되는 관리체계가 수립될 수 있다. 따라서 공정관리가 체계적으로 이루어진다면 건설공사의 시공계획에서부터 준공시점까지 지속적인 관리가 가능하기 때문에 비용관리를 위하여 별도로 작업진도를 측정할 필요가 없다. 즉, 공정관리과정에서 관리시점별로 자동적으로 도출되는 작업진도 보고서를 이용하면 계획과 실행을 보다 신속하고 정확하게 비교할 수 있으므로 시간과 노력을 절약할 수 있다. 이 때 비용과 공정간의 연계성 강화를 위해서는 비용과 내역 코드가 표준화되어야 하는 것은 선결과제이다.

24.주택 생산체계의 효율화 방안

Ⅲ. 주택건설 공기

1. 주택건설 공기 실태 및 문제점

(1) 국가별 고층빌딩 공기비교

건설공사에서 공기의 중요성은 새삼 언급할 필요가 없을 것이다. 한 설문조사에서 응답자의 98%가 공기는 보통 이상으로 중요하다고 응답한 것에서도 잘 나타나 있다.⁵⁾ 그런데 우리나라의 건축공사 공기는 외국에 비해 상당히 늦어지는 것으로 알려지고 있다. 다음의 표에서 우리나라와 미국, 일본의 고층건물 건설공기를 비교해 놓았다.

표에서 볼 수 있듯이 미국의 경우 층당 사이클 타임은 10.5~12.6일/층이고 일본은 15.0~25.7일/층인데 비해서 우리나라의 경우 29.0~35.0일/층으로 나타났다. 즉 우리나라의 건축공사 공기는 미국에 비해 약 2.3~3.3배 길고, 일본에 비해서는 1.1~2.3배 길다.

<표 Ⅲ-1> 국가별 고층빌딩 건축공사 공기 비교

국 가	빌 딩	연면적 (m ²)	층수		구조	총공기 (월)	토목 (월)	골조 (월)	미감 (골조후)	사이클 (일/층)
			지 하	지상						
미 국	Texas Commerce Tower	188,958	B4	75	복합구조	32	11	18	3	12.2
	Allied Bank	193,696	B4	71	SRC	30	9	16	6	12.0
	Cadil/Fair	126,158	B6	62	RC	27	5	19	3	11.9
	Republic Bank	136,317	B4	56	SRC	21	8	11	2	10.5
	Dravo Tower	159,880	B2	56	SRC	22	6	14	2	11.4
	Crocker Center	142,973	B4	54	SRC	22	4	10	8	11.4
	Hines	148,639	B2	53	SRC	23	6	12	5	12.6
일 본	Tokyo City Hall	380,998	B3	48	SRC	36	9	18	10	21.2
	Landmark Tower	392,380	B4	70	SRC	37	11	20	6	15.0
	World Trade Center	153,841	B3	40	SRC	32	13	13	6	22.3
	Nomura Securities	116,236	B3	47	SRC	29	10	10	10	17.4
	Kobe Trading Center	48,291	B2	26	SRC	24	7	9	8	25.7
한 국	Yeon Bong Building	15,349	B5	17	SRC	21	7	8	6	29.0
	Kunja Industry Building	29,012	B6	20	SRC	28	6	11	11	32.0
	KeunGil Tower	36,506	B7	21	SRC	29	7	12	11	31.0
	SunHwa Building	37,709	B6	19	SRC	29	7	7	5	35.0
	DongYang Securities	42,347	B7	21	SRC	29	7	10	12	31.0

자료 : 김창덕, 건설생산시스템의 새 지평, 건축, 2000. 3.

5) 한중관, 시공자 중심의 주요 공종별 공기지연 원인분석에 관한 연구 ; 공동주택을 중심으로, 건축학회 논문집, 구조계, 19권 3호, 2003. 3.

그 결과 미국은 30개월이면 70층짜리 건물을 완성하지만, 우리는 그 기간 동안에 20층짜리 건물밖에 지을 수 없다. 더욱이 미국 시카고에 소재한 Cardil/Fair빌딩은 RC조임에도 불구하고 사이클 타임이 11.9일/층인데 반해 우리나라의 선화빌딩은 골조공기가 상당히 단축된다는 철골구조임에도 불구하고 사이클 타임은 3배 이상 긴 35.0일/층으로 나타나고 있어 양국간의 격차를 뚜렷이 보여준다.

(2) 전체 공사기간

국내의 공동주택 공기산정 방식은 대한주택공사의 경우, 일반공사, PC공사, 설계·시공 일괄입찰 방식(턴키공사) 등 3가지로 공사종류를 구분한다. 일반공사는 초기값 195(197)일을 부여하고, PC공사는 초기값 192일을 부여한 후, 7층 이상은 층당 16일(PC 15일)을 가산하는 방식을 적용하고 있다. 또한 공사여건, 및 지역에 따른 기후 요소를 추가하고 있다. 초기값은 마감공사를 고려한 상수로서 층수와 상관없이 공정중첩을 고려하여 동일하게 적용하고 있다.

<표 Ⅲ-2> 주택공사 표준공사기간 산정 기준

구 분		공 사 기 간
일반건축공사	6층 이하 건축물	·167일+30일+20일×2층 이상 층수 (단, 2층이하 건축물 전체 기간은 230일)
	7층 이상 건축물	·165일+30일+16일×2층 이상 층수
PC구조 건축공사	6층 이하 건축물	·162일+30일+19일×2층 이상 층수 (단, 2층 이하 건축물 전체 기간은 220일)
	7층 이상 건축물	·162일+30일+15일×2층 이상 층수+16층 이상 층수×2
설계·시공 일괄입찰방식		일반건축공사기간 + 55일

자료 : 대한주택공사, 표준공사 기간 조정(안), 2002. 3.

<표 Ⅲ-3> 기후 및 공사여건의 표준 공기 반영

구 분	내 용	공사 일수
지하층 조건	지하 1층 지하 2층 또는 층고 4.5m 이상 지하층	55일 95일 (45일 추가/지하 1층)
기초 및 지반	earth anchor 3m 이상 내림기초 전석이 있는 경우 파일기초	10일 3m 당 15일 실 소요일 20 ~ 80일
지역 여건	군 소재지, 강원 관서, 충북 북부 도서지역	10일 20일
기후	혹서 : 3개 구분 강우 : 3개 구분 동절기 : 6개 급지 구분	5 ~ 15일 5 ~ 15일 15 ~ 115일

자료 : 대한주택공사, 표준공사 기간 조정(안), 2002. 3.

다음은 2000년도 이후 5개 대형 건설회사에 의해 건설된 고층 아파트건설 공사에 소요된 공기 현황을 정리한 것이다. 18건에 달하는 아파트 건설공사에 대한 지상 층수는 평균 22층이었고 지하는 2층이었다. 이들 공사에 평균 30개월의 공사기간이 소요되었다. 외국의 고층 아파트 공사의 소요 공기에 관한 구체적인 자료는 아니지만, 미국의 경우 30층짜리 RC조 아파트가 11개월만에 완공된다는 것⁶⁾에 비추어 볼 때 우리나라의 아파트의 건설공기는 미국에 비해 약 3.4배 정도 긴 것이다. 또한 이러한 공기는 앞의 주공 표준공기 산정식에서 기초 및 지반을 고려하지 않고 공기를 산정한 것과 비교해도 10% 이상 길다.

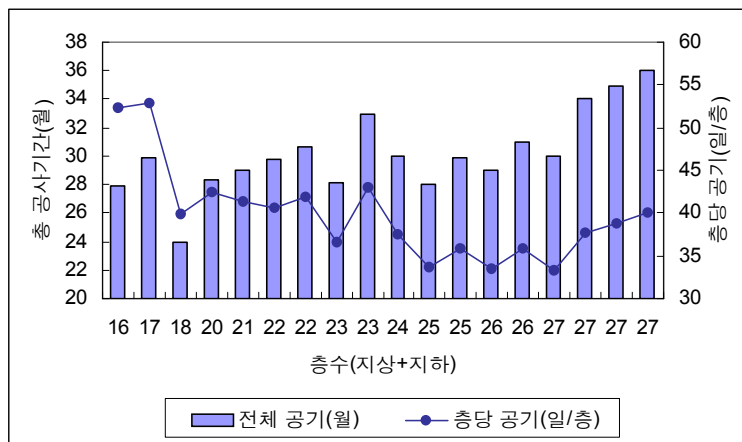
또한 실제 아파트 공사기간은 층수와는 상관관계는 그리 크지 않게 나타났다. 즉, 20층 이하 아파트의 공기는 평균 28개월, 25층 이하는 30개월, 25층 이상은 32개월로 층수가 증가함에 따라 공기는 근소하게 늘어날 뿐이었다. 따라서 층당 공기는 20층 이하가 평균 47일, 25층 이하는 39일, 25층 이상은 37일로 층수가 증가함에 따라 점차 단축되는 경향을 보였다. 이것은 공사가 층마다 반복되면서 학습효과와 더불어 작업조의 팀워크가 향상되기 때문이라고 생각된다.

아파트공사는 여러 동이 함께 건축되기 때문에 오피스빌딩 공사와 수평적으로 비교하는 것은 무리이지만, 앞서 살펴본 외국의 고층빌딩 공사기간과 비교해 보면 역시 국내 아파트공사의 공기가 매우 긴 것을 알 수 있다, 즉 아파트공사의 층당 공사기간은 평균 40일로서 외국 오피스빌딩에 비해 약 2~3배 이상 길다.

6) 김종훈, 건설공기 혁신에 관한 소고, 콘크리트학회지 제12권 6호, 2000. 11.

여러 동을 동시에 건설하는 아파트 공사의 경우 여러 가지 면에서 오피스빌딩 공사보다 유리한 작업환경을 갖고 있다. 즉, 아파트 공사는 대로변에 위치한 오피스빌딩 공사의 협소한 작업공간보다는 공사 여건이 양호하며, 동별로 똑같은 작업을 계속 반복함에 따라 학습효과도 크고, 동을 3~4개씩 묶어 공구분할을 함으로써 작업조를 탄력적으로 운용할 수 있다. 따라서 외국의 오피스빌딩과 아파트의 공사기간을 획일적으로 비교하기는 곤란하지만, 공사여건이 양호함에도 불구하고 국내 아파트의 공사기간이 오히려 길다는 것을 부인하기 어렵다.

<그림 Ⅲ-1> 고층 아파트 공사기간 비교



자료 : 00건설 내부자료

한편 아파트 공사는 다양한 사유로 공기가 빈번하게 연장되고 있다. 1994~98년 사이에 수도권에서 건설된 25개 아파트 건설공사 중에서 24개 공사에서 공기지연이 발생했으며, 지연 일수도 평균 69.3일로 전체 계획공기의 12.2%인 것으로 나타났다.⁷⁾ 그리고 1998년과 1999년 사이에 대한주택공사의 아파트 건설공사에서 공사기간 조정이 이루어진 147개 공구에서 발생한 조정 건수는 모두 269건으로 평균 1.8회의 공기 조정이 이루어졌다. 이중에서 공기연장은 전체 조정 건수의 95.5%에 해당하는 257건으로 대부분의 공기조정은 공기연장을 의미하고 있음을 보여주었다.⁸⁾

7) 이상범, 공정균형 개념을 적용한 공기산정 방법에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 구조계, 17권 9호, 2001. 9.

8) 조훈희, 공기연장 실태조사를 통한 발주자중심 공기지연 리스크 대응방안, 대한건축학회논문집, 구조계, 17권 12호, 2001. 12.

<표 III-4> 주공 아파트 건설공구별 공기조정 현황

조정 횟수		1회	2회	3회	계
공구 수		117	26	4	147
사유별 조정 건수	연장	161	81	15	257
	단축	5	5	2	12
	소계	166	86	17	269
평 균		1.4	3.3	4.3	1.8

자료 : 조훈회, 공기연장 실태조사를 통한 발주자중심 공기지연 리스크 대응방안, 대한건축학회 논문집, 구조계, 17권 12호, 2001. 12.

공기 조정사유는 천재지변 69건(26%), 착공여건 미비 65건(24%), 설계변경 52건(19%), 하도급 등 공사관련자 사항 48건(18%), 민원 23건(9%), 기타 12건(4%) 등으로 나타났다. 이들 사유별 건당 평균 조정 일수는 착공여건 여건 84일, 공사관련자 34일, 민원 32일, 기타 25일, 설계변경 13일, 천재지변 12일 순으로 나타났다. 평균적으로 공기연장 사유 1건당 36일의 공기연장이 이루어졌으며, 이를 공구별 평균 연장사유 발생건수 1.8회를 감안하면 공구당 평균 66.2일의 공기연장이 이루어져 앞에서 언급한 공기연장과 비슷한 결과를 보여주었다.

(3) 골조공사 기간

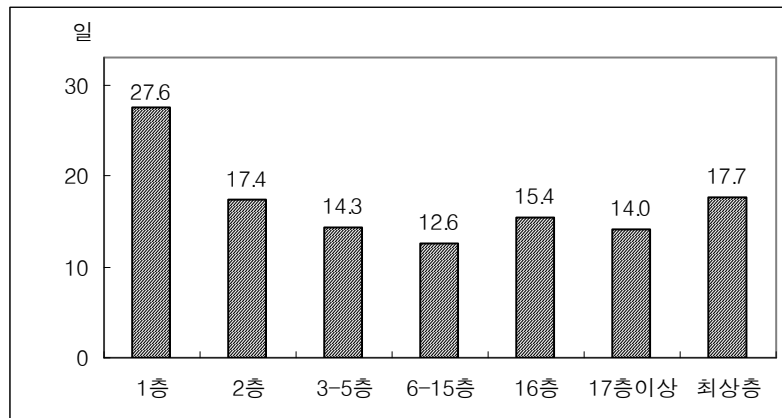
아파트공사의 여러 공종 중에서도 건축공사의 골조공사가 가장 중요하다. 골조공사는 전체 공기의 약 50%, 공사비의 약 45%를 차지하는 핵심 공종이다. 골조공사는 형태와 구조가 반복되고, 주 공정을 이루기 때문에 골조공정의 효율화는 공사기간의 단축 및 공사비용의 절감을 달성하기 위해서도 중요하다. 또한 마감공사의 품질에 미치는 영향이 크며, 마감공사의 공기단축 및 원가절감에도 상당한 영향을 미친다. 그러나 우리나라에서 골조공사는 담당자의 경험에 입각하여 직관적으로 소요기간을 산정하는 등 체계화되지 못한 것이 사실이다.

통상적으로 국내의 아파트 건설공사의 기준층 사이클 타임은 15일로 알려져 있다. 다음 그림은 3개 현장에서 건설된 총 63개 동의 아파트 건설공사의 비 작업기간을 제외한 골조공사의 순 공사기간을 정리한 것이다.⁹⁾ 사이클 타임의 분포를 보면 1층 공사에 약 28일이 소요되어 가장 높게 나타났는데 이것은 전체 골조공사에 대한 거푸집 설치 준비기간이 포함되어 공기가 길기 때문이다. 그리고 2층은 기준층의 시작으로 셋팅 기간이 추가되기 때문에 공기가 길게 나타나지만, 그 이후부터 15층까지는 반복작업에 의한 생

9) 하상준, 아파트 골조공사의 적정 사이클에 관한 연구, 대한건축학회학술발표논문집, 18권 1호 1998. 4.

산성 증가로 공기가 점차 단축되어 6~15층에서는 층당 평균 12.6일이 소요된다. 그런데 16층부터는 소방설비의 추가로 층고가 높아지는 관계로 거푸집 폼을 새로 조정해야 하기 때문에 16층에서는 15.4일로 공기가 길어지지만, 이후부터는 반복작업에 의한 공기 단축이 다시 이루어져 14일정도로 짧아진다. 최상층의 경우에 지붕공사, 엘리베이터 탑 등에 대한 거푸집 공사의 증가로 공기가 길게 나타난다.

<그림 Ⅲ-2> 골조공사 평균 사이클 타임



자료 : 하상준, 전계 논문

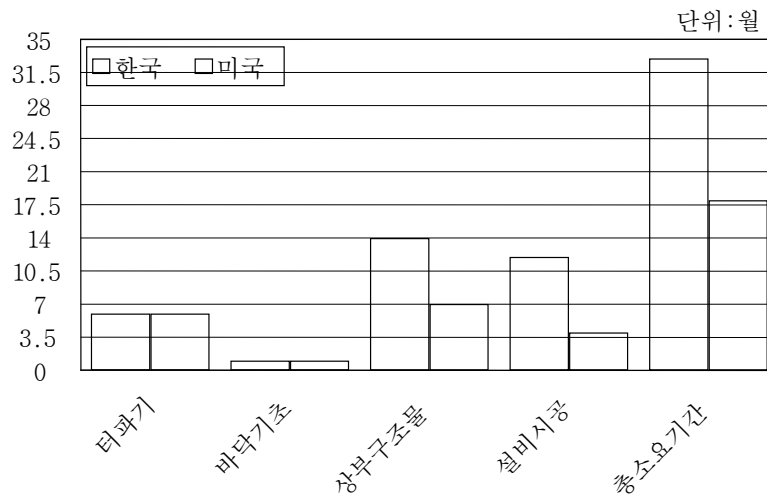
이처럼 국내 아파트 공사에 있어 기준층의 골조공기는 평균 12.6일인데 비해 선진국의 경우에는 아주 빠른 경우 층당 2~4일의 공기를 실현하고 있다고 한다.¹⁰⁾ 외국에 비해 3배 이상 시간이 소요되는 것이다. 다음 그림은 40층 고층 건물공사에 대한 미국과의 골조공기 차이를 비교해 놓은 것이다. 골조공기에서 무려 15개월 이상의 차이가 나타난다.¹¹⁾ 이러한 차이가 발생한 핵심적인 이유는 거푸집의 모듈화, 양중작업의 기계화, 공정 관리의 정교화 등에 있다. 특히 공장제작이 가능한 모든 부분을 모듈화하여 현장에서는 단지 설치 및 조립하는 작업만을 하는 방식을 택한 결과 공사비를 약 39%까지 절감할 수 있었다고 한다.¹²⁾

10) 김종훈, 전계 논문

11) 초고층건축 거푸집 시스템 국제세미나, 대한건축학회, 1999. 11.

12) Dr. George Jergas, PMI 1999 Symposium, 1999.10.11, Trans Canada Transmission Co.

<그림 Ⅲ-3> 40층 건물의 골조공기의 한미 비교



자료 : 이복남, 자동화·정보화표준화의 진전과 현장생산체계 및 관리방식의 변화전망, 건설산업동향, 한국건설산업연구원, 1999. 12.

(4) 주택 건설현장 작업실태 분석

주택생산 체계의 효율성 제고는 건설과정에서 주체가 되는 근로자의 작업실태와 이에 대한 관리상태의 파악을 통해 이루어져야 하지만, 우리의 주택건설 현장 여건은 아직 이러한 실태 파악 및 기초 자료의 축적이 상당히 미흡한 실정이다. 따라서 주택 건설과정에 투입되는 인원 및 비용을 절감할 수 있는 효율적인 공사자료의 축적·분석이 시급하다.

국내 모 대형 건설업체가 1991년에 수도권 소재 아파트와 오피스 건설현장의 작업실태를 5개월 동안 분석한 결과에 의하면 전체 근로시간의 60% 정도만 순수한 생산적 작업에 투입된 것으로 밝혀졌다. 그리고 약 30%의 시간은 대기, 이동, 작업중단, 및 기타 비생산적인 활동에 소비하고 있었다.

골조공사의 경우 생산적 작업에 투입되는 시간은 전체 근로시간의 63.7%이고, 보조적 작업에 9.2%, 비생산적 작업에 투입되는 시간은 27.0%로 나타났다. 그리고 공종별로는 철근공은 68.3%의 시간을 생산적인 작업에 투입해 가장 양호하였으나, 콘크리트공은 생산적 작업에 투입되는 시간 비중이 59.7%로 가장 낮은 비중을 보였다. 콘크리트공의 경우 생산적 작업시간 비중이 크게 낮은 것은 레미콘 도착 대기 등에 많은 시간이 소요되기 때문으로 풀이된다. 비골조 및 장비운전공 등을 포함한 전체 근로자의 생산적 작업시

간 투입률은 60.2%로 다소 낮아졌다.

보조적 작업에 투입되는 시간의 절반 정도는 자재 및 공구 운반에 소요되어 큰 비중을 차지했고, 비생산적인 작업에 소비되는 시간은 휴식이 14.7%로 가장 많은 시간이 소요되었으며, 그밖에 부재 7.7%, 작업대기 6.1% 순으로 큰 비중을 차지했다.

<표 Ⅲ-5> 골조공사 건설근로자 작업시간 구성실태

	생산적 작업	보조적 작업	비생산적 작업
철근공	68.3	10.3	21.4
형틀공	63.4	14.6	22.0
콘크리트공	59.7	4.6	35.7
계	63.7	9.2	27.0

자료 : 00건설, 내부자료.

<표 Ⅲ-6> 보조적 작업 투입시간 구성

항목	전체 작업 대비 비중
자재 및 공구운반	5.0
작업장 이동	1.8
작업지시 및 토론 등	1.7
작업장 정리 및 청소	1.0
공구 및 장비 점검	0.8
소계	10.4

자료 : 00건설, 내부자료.

<표 Ⅲ-7> 비생산적 작업 투입시간 구성

항목	전체 작업 대비 비중
휴식	14.7
부재	7.7
작업 대기	6.1
배회	0.8
소계	29.4

자료 : 00건설, 내부자료.

휴식 시간과 관련해서 Adrian은 건설업의 경우 전체 근로시간의 약 10~15% 정도의 시간을 휴식하는 것이 하루 종일 일만 하는 것보다 생산성이 높아진다고 하였는데,¹³⁾ 이러한 관점에서 볼 때 14.7%의 휴식 시간은 과도한 것은 아닌 것으로 판단된다.

그러나 부재에 7.7%의 시간이 소비되고 있다는 것은 현장의 노무관리가 허술함을 나타내는 것이라고 할 수 있고, 작업대기에 6.1%의 시간이 낭비되는 것 또한 공정관리 상에 문제가 많음을 보여주는 것이다. 그 외에도 자재 및 공구 운반에도 과도한 시간이 소요되는 것이라고 생각된다.

다음의 <표 III-8> 6개 동으로 구성된 17층 아파트 건설현장에서 수행된 11층 골조공사 공정을 조사한 자료이다. 여기서는 통상적인 아파트 건축공사와 같이 벽 부위에는 유로폼, 측벽에는 스틸폼, 그리고 슬래브 및 보 등에는 합판 거푸집을 혼용하였다.¹⁴⁾ 조사에 따르면 아파트 세대당 골조공사에 투입된 평균 노동시간은 모두 97시간 15분으로 그 중 53.5%는 거푸집의 조립과 해체를 담당하는 형틀 목공작업으로 이루어져 골조공사에서 절대적인 비중을 차지하였다. 그 다음으로 철근작업이 17.5%를 차지하였고, 콘크리트 타설 작업에 9.3%, 전기 배선작업에 6.6% 순으로 노동시간이 투입되었다.

이처럼 골조공사에서 목공이 차지하는 작업비중이 매우 큼을 감안할 때, 공기단축 및 생산성 향상을 위한 공법의 개발과 선택이 중요함을 알 수 있다. 특히 거푸집의 운반이 인력에 의해 이루어지고 여기에 많은 시간을 소비하고 있어, 양중 방식의 개선에 대한 노력이 요구되고 있다.

<표 III-8> 아파트 세대당 직종별 골조공사 작업량

	투입시간(人·分)	구성비(%)
목공	3,121.3	53.5
철근공	1,023.3	17.5
콘크리트공	543.8	9.3
비계공	180.3	3.1
전기공	387.5	6.6
설비공	91.0	1.6
기타(직용 인부)	486.9	8.3
계	5,833.9	100.0

자료 : 이두진 외, 아파트 골조공사의 작업실태, 건축학회, 11-6, 1995. 6, p.183

13) Adrian, J, Construction Productivity Improvement, Elsevier, 1987, pp. 93-96.

14) 이두진, 아파트 골조공사의 작업실태에 대한 조사연구, 대한건축학회 논문집, 11권 6호, 1995. 6.

또한 철근공사는 현장 조립방식으로 이루어지고 있어 철근을 빈번하게 작업현장으로 운반해야 하므로 작업효율을 저해하는 경우가 많다. 그리고 대개의 경우, 철근공의 작업 방식은 개인별 작업구간의 구별이 없이 작업이 이루어지고 있다. 따라서 개인별 작업량이 일정치 않으며 시기별로 작업인원 수의 변동폭도 상대적으로 크다.

특히 거푸집 및 철근 조립의 경우는 근로자 수, 양중 방법, 날씨 등에 따라 작업의 효율성에 차이가 있을 수 있지만, 같은 아파트에서도 세대별로 작업소요시간이 크게 차이가 나고 있다. 이는 각각의 작업이 표준화되어 있지 못하고, 근로 여건도 불규칙하기 때문인 것으로 생각된다. 조사에 따르면 같은 동의 아파트에서 옹벽 시공이 추가적으로 필요한 좌우 외곽 세대를 제외한 내부 세대간의 각 공종요소별 시간에 있어 최대, 최소 소요시간의 비율이 벽 거푸집 조립은 1.6배, 벽 철근조립은 1.5배 등으로 편차가 크게 나타난다. 이외의 공종요소에서도 대략 1.3배 이상 차이가 나고 있다. 이처럼 거푸집 및 철근 조립 작업이 차지하는 시간이 클 뿐만 아니라 부위별 생산성에 편차가 크기 때문에 이를 개선할 수 있는 가공방법의 강구가 필요하다.

<표 III-9> 거푸집 작업 생산성 편차

단위 : 人·分, 배

	최대	최소	최대/최소
벽 철근 조립	515	342	1.5
바닥 철근 조립	653	516	1.3
벽 거푸집 조립	806	515	1.6
바닥 거푸집 조립	1,056	790	1.3
계단 거푸집 조립	747	536	1.4
옹벽 거푸집 조립	479	409	1.2
유로폼 해체	239	182	1.3
콘크리트 타설	695	535	1.3

자료:; 이두진 외, 아파트 골조공사의 작업실태, 건축학회, 11-6, 1995. 6, p.185

그리고 각 공종요소별로 사전에 계획된 공정과 실제로 시공된 공정을 구분하여 표시하였다. 이 조사에 따르면 당초 6일로 계획되었던 공정이 실제로는 8일이 소요되었고, 선후행 공정 사이의 차질로 인해 각 요소작업은 평균 1.4일 지연된 것으로 나타났다. 계획공정과 실시공정이 일치한 요소작업은 30.8%에 불과하였다. 이는 같은 공구에 속한 다른 동의 실시공정에 차질이 발생하면 다른 동의 공정에도 연쇄적으로 영향을 미치게 되어 전체 공사일정이 계획했던 것과 상당한 차이를 낳게 한다.

<그림 Ⅲ-4> 계획공정과 실시공정

작업일 공중요소	제1일				제2일				제3일				제4일				제5일				제6일				제7일				제8일			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
먹줄	■																															
벽철근 조립		■	■																													
계단실조립	■				■	■	■	■	■	■	■	■												■								
스틸폼조립		■	■	■	■	■	■	■		■																						
벽,슬래브 해체			■			■	■																									
유로폼 조립						■	■	■		■	■	■																				
슬래브 거푸집									■	■			■	■																		
비계 매기																■	■	■														
철근 양중											■								■													
슬래브 철근													■	■	■					■	■	■										
발코니, 계단																■								■								
벽 전선관	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■																				
슬래브 전선관													■	■	■	■	■	■					■	■	■	■	■					
슬리브 설치													■	■	■	■	■	■					■	■	■	■	■					
슬래브 청소											■																		■			
콘크리트 타설																				■	■	■							■	■	■	■

자료 : 이두진 외, 아파트 골조공사의 작업실태, 건축학회, 11-6, 1995. 6, p.182.

계획공정 :



실시공정 :



(5) 공구분할

여러 개의 동으로 구성된 공사의 경우 구체공사의 주요 작업조가 연속적으로 작업을 수행할 수 있도록 동들을 묶어서 구획하고 있다. 공구분할을 하는 이유는 각 공종의 작업들은 작업이 끝나면 공정상의 종속관계에 의해 다른 작업이 끝날 때까지 기다려야만 하는 즉, 작업공백이 증가하여 작업의 연속성과 규칙성을 확보하기 어렵기 때문에 몇 개의 동을 하나의 작업단위로 분할하여 공사를 수행하는 것이다. 이러한 공구분할 방식은 골조공사의 공정계획에 가장 큰 영향을 미치는 요소가 된다.

아파트 공사에 있어 개별 동별로 작업공구를 분할하면 거꾸집 기능공의 연계성 부족으로 작업공백이 생겨 효율성이 떨어지고, 4개 동 이상을 하나의 작업공구로 분할하면 투입되는 기능공 수가 급격히 증가하여 관리상의 비효율이 발생한다. 따라서 현장에서는 2-3개 동을 하나의 공구로 구분하는 것이 보통이다.

그런데 이러한 공구분할을 합리적 기준에 의하여 하는 것이 아니라, 공사관리 책임자와 골조공사 전문업체 소장 등의 경험과 직관에 의존하여 관행적으로 공구를 분할하고, 거기에 맞추어 작업조를 투입하고 있는 실정이다. 따라서 불규칙한 동원으로 근로자의 공정공백 등이 발생하고, 이로 인해 기능인력 수급에 문제가 발생함으로써 공사기간과 공사비 측면에서 비효율성을 초래하고 있다.¹⁵⁾

2. 주택건설 공기단축 방안

(1) 세부적이고 기술적인 사항들

골조공사가 층당 2일밖에 소요되지 않는 외국의 아파트 건설공사 방식에 주목할 필요가 있다. 국내 현실과는 다소 거리가 있는 것도 있지만 이들의 공사진행 방식으로부터 다음과 같은 교훈¹⁶⁾을 얻을 수 있고, 이에 대한 실천 가능성에 대한 진지한 검토가 필요하다.

- 400~500kg/cm²의 고강도 콘크리트를 사용하여 콘크리트 타설 후 3~4시간 후부터는

15) 신종현, 전계 논문

16) 김종훈, 전계 논문

먹줄작업 등을 시작하는 등 최대한의 싸이클 단축

- 콘크리트를 타설하는 동안 형틀목공은 거푸집을 조립하는 등 복수공종을 동시 진행함으로써 시간을 단축
- 거푸집 등에 번호를 기입하여 매 층마다 같은 부위에는 동일한 거푸집이 사용되도록 하는 등 기계적이고 체계적인 생산시스템
- 구조상 문제가 없어 수직철근은 결속하지 않고 기둥 및 웅벽 prefab cage를 지상에서 제작하여 크레인으로 설치하는 등 기술적 측면에서 합리성 추구
- 슬래브는 보나 거더가 없는 플랫 슬래브로 하는 등(화장실도 평면) 시공성 추구
- 이중 천장을 안하고 면치장 콘크리트에 직접 페인트 마감을 하는 등 실용성 추구
- 설계자를 경유하지 않고 디벨로퍼가 직접 구조, 설비, 전기 등의 보조설계자를 직접 고용하여 커뮤니케이션 채널 활성화
- 주차면 수를 세대의 20%로 제한(뉴욕시의 경우)하여 지하 주차장 공사 부담 없음
- 치밀한 공정계획으로 자재, 장비, 인력 등의 철저한 사전 준비

이상의 논의는 건설업체의 관리기술 수준 향상, 근로자 및 수요자의 동의 등을 전제로 해야 하기 때문에 아직 단기간내에 실현될 수 있는 사항은 아니라고 본다. 그러나 중장기적으로는 이러한 방향으로 추구하는 것이 공기단축뿐만 아니라 비용절감과 생산성 향상에 매우 긴요하리라 판단된다.

한편 공기와 공사비 사이의 trade-off 관계를 고려하면 공기가 일정 수준 이상 단축되면 간접 노무비의 감소 폭보다 직접 노무비의 상승 폭이 커져서, 총 공사비는 오히려 증가한다는 주장도 있다. 즉 돌관작업 등으로 초과근로시간이 증가하면 생산성이 떨어진다는 것이다. 표준품셈에서는 야간작업의 경우 생산성은 25% 저하하는 것으로 보고 있다.¹⁷⁾ 이럴 경우 3개 동을 단위로 공구분할을 할 경우, 싸이클 타임 9일에서 공사비는 최소화된다고 한다.¹⁸⁾

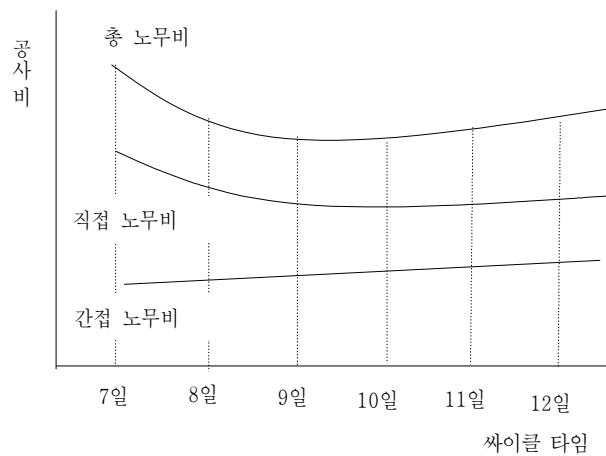
그러나 앞에서 언급한 미국의 아파트 건설공사 방법이 야간작업에 의해 공기를 단축하는 것이 아니고, 정상적인 주간 공사를 전제로 하고 있다. 따라서 전제 자체가 서로 달라 골조공사의 싸이클이 9일 이내로 단축된다고 공사비가 반드시 증가하는 것은 아닐 것이다.

단순화시키면 공기가 단축되면 간접비와 금융비용이 감소하는 대신, 고성능 자재를 사용함에 따라 자재비가 증가하고 그밖에 공사관리비가 증가하게 될 것이므로 양자를 비교하여 최적의 공기를 도출할 수 있을 것이다.

17) 대한건설협회, 2003 건설표준품셈, p.62.

18) 신종현, 공동주택 골조공사의 적정 공사계획 시스템, 대한건축학회 논문집, 구조계, 19권 11호, 2003. 11.

<그림 Ⅲ-5> 3개 동 단위의 공구분할시 공기와 공사비 관계



(2) 현장의 생산적 작업을 제고

공기를 단축하는 것이 철야 돌관작업을 해야 가능한 것은 아니다. 앞에서 지적했듯이 건설현장의 생산적 작업률은 60%에 불과하다. 휴식은 전체 작업시간의 10~15%를 확보한다 하더라도 생산적 작업률은 현재보다 높일 수 있는 여지가 크다고 판단된다. 즉 비생산적 작업 중에서 부재 7.7%, 작업대기 6.1%, 배회 0.8%를 80%만 제거해도 생산적 작업률은 11.7% 추가 상승하게 될 것이다.

그리고 보조적 작업에 투입되는 시간중에서 운반 5.0%, 이동 1.8%은 공정관리를 체계적으로 하고, 자재운반 등을 기계화시킨다면 여기에 투입되는 시간은 대폭 축소될 것이다. 이와 같이 해서 보조적 작업중 운반과 이동에 투입되는 시간이 30% 정도 줄어든다면 이로 인해 생산적 작업률은 2.0% 상승하게 될 것이다.

따라서 비생산적 작업 및 보조적 작업에 투입되는 시간을 생산적 작업으로 전환시킨다면 생산적 작업률은 현재보다 약 14% 정도 상승할 수 있을 것이다.

(3) 공정관리 담당자 확보

건설공사를 효율적으로 수행하기 위해서는 비용관리, 품질관리, 공정관리 등 공사관리의 핵심 기능들이 서로 분리되지 않고 유기적으로 연계 운영되는 것이 필요하다. 그 중

에서도 공정관리는 자원의 효율적 배분을 통하여 공기준수, 비용절감, 품질확보 등을 종합적으로 컨트롤하는 역할을 하기 때문에 가장 중심적인 기능이라고 할 수 있다.

그러나 대부분의 국내 현장들은 공정관리가 형식적으로 이루어지고 있다. 공정관리 기법은 CPM, PERT 등 선진적인 기법을 이용하고 있지만, 주택공사 수급업체들을 대상으로 조사한 결과에 의하면 80% 정도의 기업들이 수작업으로 주 공정 분석을 하고 있는 실정이다.¹⁹⁾ 액티비티 수가 200개 이상 될 경우에 수작업으로 공정관리를 한다는 것은 사실상 불가능하다.²⁰⁾ 따라서 많은 주택 건설업체들은 주공 등 발주자의 요구에 의해 형식적으로 공정계획을 제출하는 데 그치고 있으며, 아직 체계적인 공정관리 시스템을 정착시키지 못한 것으로 보인다. 더욱이 50%의 기업이 본사에는 공정관리 담당자가 있으나, 현장에는 인력부족 등의 이유로 공정관리를 담당하는 자가 없는 중소기업이 대부분이다.²¹⁾

공정관리가 건설사업의 성공적 수행을 위해 가장 필수적이고 중심적인 기능이라면 본사뿐만 아니라 현장에도 담당자가 지정되어야 하고, 이들에게 지속적 교육이 이루어져야 한다. 만약 현장별로 담당인력을 배치하는 것이 무리라면, 몇 개의 현장을 묶어 관리하는 것이 바람직하며, 외부 전문 인력을 통한 관리도 검토해 볼 수 있다.

(4) 착공 시기

공사 착공시기는 공사기간에 많은 영향을 미친다. 공사 도중에 장마철이나 동절기에 접하게 되는데 우기와 동절기에는 공사중단 기간의 차이가 많고 입주시기도 문제가 된다. 장마철에 토공사를 착수하는 경우에는 비가 내린 후 땅이 마를 때까지 작업이 불가능하기 때문에 실제 공사불능 기간이 길어진다.

작업 불능조건은 공종에 따라 차이가 있지만 대체로 전체 공사기간의 30~55%를 작업 불가능기간으로 보고 있다.²²⁾ 즉, 공사기간 중에 동절기를 몇 번 맞느냐에 따라 약 3개월까지 공사기간의 차이가 발생하고 있다.²³⁾

19) 대한주택공사, 주공의 종합 공정관리 전산시스템 구축시안(Ⅰ), 1996. 9.

20) 대한주택공사, 공정관리 과학화 연구, 1993. 6.

21) 정영수, 공정·원가 통합 관리 활성화 방안 ; EVMS 현장 적용을 위한 개선 방향, 한국건설산업연구원, 1999.

22) 진영섭, 아파트 공사기간 산정에 영향을 주는 작업불가능기준에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표논문집, 18권 1호, 1998. 4.

대한주택공사는 수도권 지역의 연간 작업불능 일수를 연간 173~188일로 설정하고 있음

23) 대한주택공사, 공정관리 과학화 연구, 1993. 6. p. 30.

따라서 공사착수 시점에 따른 공사기간 변화를 파악하는 것은 매우 중요하다. 이를 위해서는 해당 공사지역의 기상특성에 따라 동절기 골조공사 불능 기간, 동절기 마감공사 불능기간, 강우에 의한 작업불능, 혹서기 골조공사 불능 기간을 사전에 종합적으로 조사하여 전체 작업불능 기간을 최소화하는 착공 시점을 검토하는 것이 필요하다.

(5) 합리적 공구분할

골조공사 공기에 많은 영향을 미치는 공구분할을 공사관리 책임자와 골조공사 전문업체 소장 등의 경험과 직관에 의존하여 관행적으로 실시해 온 것을 지양할 필요가 있다. 공구분할은 골조공사에서 주 공정인 거푸집공사에 영향을 가장 많이 미치므로 이 공종에서 작업공백이 발생하지 않도록 하는 데 초점을 맞추는 것이 중요하다. 공구분할에 영향을 미치는 요인으로는 동의 위치, 층수, 층당 세대수, 평형 등이 있다.

물론 공구분할 시 층수, 세대수, 평수 등 물리적 조건이 같고 크레인 양중작업을 같이 할 수 있는 인접 동끼리 묶는 것이 가장 좋지만, 현실적으로는 단지계획상 이질적 특성을 가진 동으로 구성해야 하는 경우가 많이 있을 것이다. 만약 한 공구가 2개로 구성되었을 때는 층수차이가 2층 이상 차이가 나는 것은 같은 공구로 묶지 않는 것이 바람직하며, 한 공구가 3개 동일 때는 각 동의 층수 차이가 1층씩 차이가 나거나, 두 개 층은 층수가 같고 나머지 1개 동만 층수가 다르면 별 문제 없지만, 동별로 층수 차이가 2개 층 이상 날 경우에는 동일 공구로 묶지 않는 것이 바람직하다.²⁴⁾

공구분할 방법은 층수뿐만 아니라 세대수, 평형 등 공구분할 영향 인자를 기초로 여러 가지 조합을 구성한 후, 공종별 생산성, 투입인력 수를 도출하고, 이에 따른 소요공기 및 소요비용 등을 추정하여 최적 대안을 선택하는 것이 바람직하다. 이러한 공구분할 방법을 단계별로 정리하면 다음과 같다.

각 동별 공구분할 영향요소 분석(위치, 층수, 세대수, 평형 등) ----> 공구분할 대안 도출 ----> 공종별 작업조 구성(층당 작업량, 생산성 고려) ----> 층당 작업주기 ----> 공기산정 ----> 지정공기 충족 여부 검토(지정공기 미 충족시 공종별 작업조 구성 재검토) ----> 공사비 산정 ----> 각 대안별 공기 및 공사비 비교 ----> 최적 대안 도출

24) 신중현, 철근 콘크리트 벽식구조 공동주택 구조체 공사의 공구분할 방법에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 11권 12호, 1995. 12

IV. 주택건설 생산성

1. 국내의 건설생산성 향상 정책

영국은 지난 1998년 국민경제에서 큰 비중을 차지하고 있는 건설산업 전반에 걸쳐 생산성을 제고시키기 위한 프로그램을 착수하였다. 건설산업을 처음부터 다시 생각하여 효율적인 산업구조를 만들어 가자는 취지에서 프로그램 명칭도 “Rethinking Construction”이라고 하였다. 10년 동안 공사비 및 공기를 10% 낮추고, 하자는 20%를 줄이는 것을 목표로 삼았다. 특히 주택건설의 생산성 향상을 위하여 Housing Forum이라는 추진기관을 발족하여 Best Practice의 전파에 주력하고 있다. 2001년에 총 사업비 3조원 규모에 해당하는 115개 사업이 시범사업으로 선정되어 혁신사례를 발굴하고 있다.²⁵⁾

영국만이 아니다. 이미 미국은 1994년부터 대통령이 중심이 되어 “National Construction Goals”이라는 건설산업 생산성 혁신전략을 세우고 생산성 향상 30%, 공기 단축 50%, 재해율 감소 50% 등 매우 의욕적인 목표를 설정하고 국가적 차원에서 추진하고 있다. 특히 주택의 에너지효율 제고와 첨단화에 주력을 하고 있다.

일본 역시 1994년에 “건설 Cost 감축을 위한 Action Program”을 수립하여 건설 생산성의 제고를 위하여 부단히 노력을 하고 있다. 이 계획은 5년 동안 표준적인 주택건설비용을 2/3 수준으로 낮추는 것을 목표로 삼았다. 이를 위해서는 건설관련 규제의 근본적 개혁, 수입자재 도입 확대, 비용절감 시범사업 추진 등의 실천대안을 마련하였다.

우리나라도 금년에 제3차 건설기술진흥기본계획을 수립하여 2007년까지 생산성 30% 향상, 공기 20% 단축 등의 정책목표를 설정한 바 있다. 이를 위해서 입찰·발주 제도개선, 표준화를 통한 생산성 제고 등 생산시스템의 개선을 비롯하여, 정보화 추진, R&D 활성화 등 7가지 중점추진 과제를 선정하였다. 이러한 계획은 앞서 언급한 외국의 정책 목표와도 유사하지만 국가적 차원에서 추진되는 것은 아니고 건교부가 통상적으로 수립·추진하는 여러 계획중의 하나로 추진되는 것에 불과하여 그와 같은 야심에 찬 목표의 실현 가능성은 미지수이다.

25) Rethinking Construction 홈페이지 : <http://www.rethinkingconstruction.org/rc/>

Housing Forum 홈페이지 : <http://www.thehousingforum.org.uk/hf/>

<표 IV-1> 제3차 건설기술진흥기본계획 목표 및 중점 추진과제

목 표		<ul style="list-style-type: none"> · 생산성 30% 향상 · 공사기간 20% 단축 · 안전 50% 향상 · 시설물 유지관리, 에너지 비용 50% 절감 · 폐기물 30% 저감
중점 추진과제	건설인력	<ul style="list-style-type: none"> - 대학의 특성화전문화를 위한 전문인력 양성체계 개선 - 전문인력 계속교육 및 전문가 양성 - 전문인력의 수요 안정화 대책 - 우수인력의 건설분야 유인 - 건설전문인력의 윤리강령 제정
	생산시스템	<ul style="list-style-type: none"> - 입찰·계약·발주제도 개선 - 품질보증·관리 체계 개선 - 건설표준화를 통한 생산성 향상 - 공사관리 기법의 선진화
	환 경	<ul style="list-style-type: none"> - 친환경 건설정책·제도 인프라 구축 - Green 건설기술 개발 - 친환경 건설산업 및 엔지니어링 지원·육성
	안 전	<ul style="list-style-type: none"> - 국가시설물의 안전관리체계 구축 - 구조물의 안전성 관련 기술개발 - 건설안전 관련 기술 및 관리기법의 제도화
	정 보 화	<ul style="list-style-type: none"> - 건설 e-construction 체계 구축 - 고부가가치 창출을 위한 건설통합시스템의 고도화 - 건설정보화 지원 및 촉진
	엔지니어링	<ul style="list-style-type: none"> - 건설엔지니어링의 국제경쟁력 강화 - 글로벌 건설엔지니어링의 네트워크 구축 - 건설엔지니어링의 활성화를 위한 기반 개선
	R & D	<ul style="list-style-type: none"> - 건설 R&D 투자 확대 및 기반 확충 - 건설 R&D 활성화 및 효율성 제고 - 기술개발 활용 촉진

자료 : 건설교통부, 제3차 건설기술진흥기본계획(안), 2002. 12.

2. 주택건설 생산성 낙후 배경과 실태

(1) 생산성 낙후 배경

우리나라의 건설산업 비중은 2000년에 GDP 대비 17.7%로서 10% 미만의 선진 외국과 비교할 때 건설산업의 비중은 약 2배 정도의 비중을 차지한다. 그런데 앞에서 살펴보았듯이 우리보다 건설산업의 비중이 훨씬 낮은 나라들이 우리보다 적극적으로 건설산업의 생산성 제고를 위해 국가적 차원에서 노력을 기울이는 것은 우리에게 많은 것을 시사한다.

우리나라에서는 이제까지 건설산업은 대표적 3D산업으로서 생산성이 낙후된 것은 당연하다는 인식이 팽배해 있었다. 그리고 중층 하도급과 조직화되지 못한 건설인력, 단발성 옥외생산 등의 특성으로 생산성 향상 노력이 효과를 보지 못할 것이라는 예단으로 이제까지 별다른 노력을 기울이지 않았던 것이 사실이다.

또한 건설산업은 고도 성장과정에서 급격히 증가하는 각종 시설물 수요에 신속히 대응하는 과정에서 효율적인 생산구조로 체계화되지 못했다. 짧은 기간 내에 많은 공사를 진행해야 하는 여건에서 기대에 부응하지 못하는 품질의 시설물을 시공하기도 하였다. 그 결과 국내 건설산업은 낮은 품질, 짧은 수명의 시설물을 공급함으로써 장기적으로는 자원을 낭비했다는 비판을 받기도 했다. 또한 발주자는 품질을 향상시킬 수 있는 새로운 공법을 적용하는 것보다는, 낮은 가격과 빠른 공기를 강조함으로써 선진 외국에서 활용되고 있는 특화된 기술과는 괴리가 있는 상황을 만들었다.

국내 건설산업이 그 동안 양적 성장을 거듭해 왔음에도 불구하고 사업수행에 있어서는 우수한 기술을 통한 품질제고보다는 건설사업의 낙찰을 위주로 과도한 비용절감과 공기단축을 추진함으로써 선진국과 기술경쟁력의 격차가 좀처럼 좁혀지지 않고 있다. 그 결과 국내 건설산업이 해외 수주 경쟁에서 단순시공의 경우에는 7~10위권 내에 들지만, 부가가치가 높고 고도의 기술력을 요구하는 설계 등 용역분야의 경우에는 터키, 레바논, 유고 등과 비슷한 수준에 머물러 있다.²⁶⁾

26) 이교선, 장수명 고품질의 건축유산율, 건축, 2002. 8. p.38.

(2) 생산성 수준

우리나라 건설산업의 생산성은 IMF 외환위기로 크게 충격을 받았다가 2000년 이후부터 회복되는 추세를 보이고 있다. 즉 부가가치율은 IMF 이전에 21.6%이던 것이 1999년에는 5.6%로 하락하였다가 2000년에는 12.8%, 2001년 11.3% 수준으로 회복되고 있으나 아직 종전 수준을 완전 회복하고 있지는 못하다. 부가가치율뿐만 아니라 자본투자효율 및 설비투자 효율 등도 유사한 패턴을 보이고 있다.

건설업의 이러한 생산성 지표를 제조업과 비교해 보면 설비투자효율만 다소 높을 뿐이며, 부가가치율과 자본투자효율에 있어서는 제조업과 비교하여 약 10%p 정도의 큰 격차를 보이고 있다. 건설업의 설비투자율이 별로 크지 않음을 고려할 때, 이러한 생산성 지표의 비교를 통해 건설업의 생산성은 타 산업에 비해 매우 저조함을 보여주는 것이라고 이해할 수 있다.

한편 건설업의 생산성은 기업규모가 작을수록 양호한 것으로 나타나고 있다. 즉 2001년도 부가가치율의 경우를 보면 소기업은 24.0%, 중기업 13.0%, 대기업 8.0%로서 기업 규모에 따라 현격한 차이를 보이고 있다. 이러한 현상은 다른 지표에서도 추세적으로 일관되게 나타나고 있다.

하지만 대부분의 기업들은 수주 전략상의 이유와 현장운용상의 경제적 효율성을 위해서 기업규모를 확대하는 데 상당한 노력을 기울이고 있는 것이 현실이다. 만약 기업의 목표가 이윤극대화이고 이를 실현하는 데 있어 결정적으로 중요한 것이 생산성 제고라고 한다면 지표가 나타내는 의미와 기업 전략 사이에는 상당한 괴리가 발생하고 있을 암시하고 있다. 건설업에 있어 규모의 비경제가 발생하고 있는지 여부에 대한 추가적인 분석이 필요한 것으로 판단된다.

그리고 주목되는 현상중의 하나는 순수 건설업체가 겸업 업체보다 모든 생산성 지표가 양호한 것으로 나타난다는 사실이다. 이것은 건설업에 있어 보다 많은 전문성이 요구되고 있음을 의미하는 것으로 해석할 수 있다.

<표 IV-2> 건설업의 생산성 관련 제 지표

구 분	1997	1998	1999	2000	2001	제조업(01)
부 가 가 치 율	21.6	13.6	5.6	12.8	11.3	19.3
소 기 업	29.8	27.7	29.8	9.3	24.0	
중 기 업	20.6	16.8	15.4	16.6	13.0	21.3
대 기 업	21.2	11.6	0.8	14.3	8.0	18.3
순건설업체	21.4	17.1	18.2	15.6	16.5	
총자본투자효율	18.9	11.5	5.1	12.2	11.9	19.0
소 기 업	25.7	21.5	29.9	17.8	26.1	
중 기 업	14.2	9.7	10.4	14.0	11.6	24.8
대 기 업	20.5	11.4	0.8	9.9	8.8	16.7
순건설업체	14.7	10.9	13.4	11.9	15.3	
설비투자 효율	102.5	48.9	22.8	52.1	51.3	44.4
소 기 업	143.8	112.0	229.3	93.9	168.8	
중 기 업	60.6	28.3	53.6	47.6	40.3	68.1
대 기 업	127.3	59.3	3.2	43.2	38.0	36.7
순건설업체	128.8	66.2	107.2	84.3	122.6	

자료 : 대한건설협회, 건설업 경영분석, 2002.

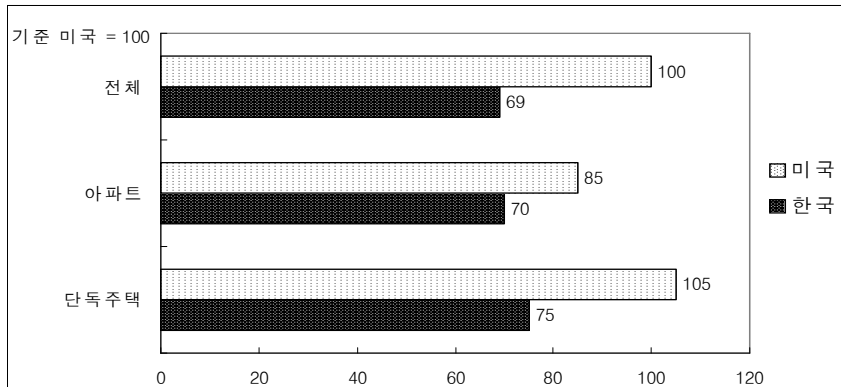
건설업은 국내의 타 산업과 비교해서도 생산성이 낮지만 외국의 건설업과 비교해도 생산성이 낮다고 한다. 맥킨지 컨설팅이 발표한 우리나라의 산업별 생산성에 관한 보고서에 따르면 부가가치를 기준으로 할 때, 주택건설업의 노동생산성은 미국의 69% 수준에 머물러 있다고 분석하였다. 주택 유형별로 구분해 보면 아파트의 경우는 82% 정도의 수준으로서 상대적으로 양호하지만, 단독주택의 경우에는 미국 생산성의 71%에 불과한 것으로 나타났다. 그러나 생산성의 비교를 단위 노동투입에 의한 물리적 산출량을 기준으로 할 경우에는 미국의 93%에 이르는 것으로 분석되었다.²⁷⁾

맥킨지는 보고서에서 우리나라는 주택을 생산함에 있어 저렴한 자재를 사용하고, 제한적인 내부 설비만을 갖춘 아파트만을 건설하도록 정책적으로 유도함으로써 생산성을 떨어뜨린다고 지적하였다. 그래서 소비자들은 입주한 이후 즉시 아파트를 개조하거나, 분양가 제한이 없는 주택(당시는 분양가규제가 있었음)에 살기 위해서 웃돈을 지불하는 모순이 발생한다고 하였다. 그로 인해 고객이 원하는 품질과 평수의 주택을 건설하는 것이 어려워졌고, 결국 건설산업의 효율성을 떨어뜨리는 결과를 초래했다고 지적하였다.²⁸⁾

27) MGI, 맥킨지 보고서, 매일경제신문사, 1998.

28) 상계서, p.141.

<그림 IV-1> 한미간 주택건설부문 노동생산성 격차



자료 : MGI, 맥킨지 보고서, 매일경제신문사, 1998. p. 62.

주택분양가는 1999년부터 자율화되었지만, 지자체가 분양가를 심사를 통해 개입하고 있으며, 일부에서는 분양가규제를 다시 하여야 한다는 주장도 제기되고 있는 실정이다. 그리고 최근에는 분양가격을 낮춘다는 취지에서 built-in 품목에 제한을 가하였다. 이처럼 우리나라의 주택건설은 가격기구에 의해 자율적으로 결정되기보다는 정부의 정책적 판단에 의해서 크게 좌우되며, 이것이 시장의 효율성을 저해하는 경향을 보이고 있다.

1999년 현재 선진국의 건설기술 수준을 100이라고 할 때, 우리나라의 종합적인 기술 수준은 67에 불과한 것으로 평가되고 있다. 그 중에서도 도로, 교량, 터널 등 평가점수가 70 이상인 토목관련 기술보다는 주택 69, 고층 건물 66 등 건축분야의 기술수준이 상대적으로 낙후된 것으로 조사되고 있다. 기획, 설계 분야보다 앞서는 것으로 알려진 시공 분야의 기술 수준 역시 70 정도에 불과한 것으로 나타났다.

<표 IV-3> 우리나라의 건설기술 수준

(기술선진국 =100)

	종합	기획	설계	입찰	시공	유지관리
주거 건축물	69	64	68	68	71	63
고층 건축물	66	63	65	67	70	62
인텔리전트 빌딩	59	53	57	60	65	59
건축 설비	63	60	62	63	67	63
도 로	74	73	74	78	76	71
교 량	70	69	70	71	73	67
터 널	70	73	74	78	76	71

자료 : 건설교통부, 제3차 건설기술진흥계획, 2003.

위에서 언급한 우리나라 건설분야 기술수준에 대한 상대적 평가는 전문가를 대상으로 한 설문조사에 기초하고 있어 주관적 판단에 크게 좌우되며, 또한 선진국의 개념이 모호하다는 한계를 가지고 있다.

이러한 것을 부분적으로 보완해 줄 수 있는 것으로서 부가가치생산에 대해 구매력평가지수를 적용하여 국가별로 비교하는 방법이 있다. 한국생산성본부가 조사한 바에 따르면 우리나라의 건설업 노동생산성 수준을 100으로 하였을 때, 벨기에 143.3, 오스트리아 136.1, 미국 129.0 등 주요 국가들의 노동생산성은 우리나라보다 높으며, 핀란드(96.7), 영국(84.2) 등이 낮은 것으로 나타났다.

<표 IV-4> 연도별 국가별 건설업 노동생산성 비교

(단위 : 지수(한국=100.0))

	1995	1997	1999	평균
한 국	100.0	100.0	100.0	100.0
벨기에	154.2	154.4	134.1	143.3
오스트리아	141.9	141.2	131.9	136.1
미 국	138.6	133.7	122.2	129.0
이탈리아	124.5	122.3	110.3	117.7
네덜란드	123.7	114.6	106.1	111.3
프랑스	128.4	111.4	100.0	110.5
독 일	111.9	110.5	99.6	104.7
일 본	112.8	104.3	91.4	100.5
영 국	89.6	89.4	78.7	84.2

자료 : 생산성 국제비교, 한국생산성본부, 2001. 12

그런데 구매력평가지수를 기준으로 한 우리나라의 건설업 노동생산성은 IMF 외환위기 이후 크게 높아진 것으로 나타났다. 분석에 따르면 1997년까지는 주요 선진국들과의 노동생산성 격차가 평균 20 point 이상 났으나, 1999년에는 8 point 정도로 크게 좁혀진 것으로 나타났다. 이것은 우리나라 건설업이 단기간 동안에 생산과정의 효율성이 비약적으로 증가한 것이라기보다는 IMF 이후 건설부문의 급격한 고용감소에 의한 산술적 평가 결과로 해석된다.

한편 일본 건설성의 분석자료에 의하면 우리나라의 노동생산성은 독일을 제외한 주요 국가들보다 평균 10 point 이상 차이가 나는 것으로 나타났다. 이것은 한국생산성본부의 분석결과와는 국가별로 다소 차이가 있지만, 우리나라의 건설업 생산성이 외국에 비해 전반적으로 낮다는 것을 다시 보여 주고 있다.

<표 IV-5> 국가별 건설업 노동생산성 비교

국 가	노동생산성(한국=100)
한 국	100
캐 나 다	127
스 웨 덴	120
일 본	119
오스트레일리아	115
영 국	114
미 국	113
이탈리아	106
프 랑 스	104
독 일	89

자료 ; 일본 건설성, 건설백서 2000, 2001. p.97.

3. 생산성 저하요인

(1) 생산성 영향 요인

우리나라 주택건설의 효율성이 떨어지는 이유를 알아보기 위해서 생산과정상에는 어떠한 문제가 있는지를 알아볼 필요가 있다. 건설 생산성에 영향을 미치는 요소는 매우 다양하다. 물론 기술적인 요소가 가장 큰 영향을 미치지만, 설계, 견적, 사업관리 및 기 후 등 자연적 여건 등 실로 무수히 많은 요소들이 건설 생산성에 영향을 미친다. 생산성 에 영향을 미치는 요소들을 특성별로 크게 분류하면 다음과 같다.²⁹⁾

- 건설 근로자와 관련된 요인
- 설계 및 엔지니어링과 관련된 요인
- 공사관리 및 일정계획 관련 요인
- 자재·장비 등 투입자원 관련 요인
- 기타 공사성격 및 시공외적 요인

이처럼 생산성에 영향을 미치는 다양한 요인들 중에서 생산성을 저해시키는 요인을 찾아내어 제거하는 것이 생산성 향상을 위한 선결과제이다. 저해요인의 제거는 현재의

29) 김예상, 건설생산성에 영향을 미치는 요인분석, 건축학회논문집 제10권 제10호, 1994. 10. p.271.

제반 여건에서 커다란 추가적 투자 없이도 가능하기 때문에 신공법이나, 고성능 자재 등을 이용하여 생산성을 개선하는 것보다 효율적일 수 있기 때문이다.

수도권 지역 아파트 건설현장 7곳에 대한 조사 결과에 따르면 생산과정상에 아무런 장애 요인이 없을 때 달성 가능한 상황을 100%라 했을 때, 실제 나타난 생산성은 평균 78.9%였다고 한다. 이를 주요 공종별로 나누어 보면 철근, 콘크리트 공사를 제외한 모든 공종이 80%였고, 그 중에서도 창호와 타일공사가 장애가 많은 것으로 나타났다. 이처럼 현재 상태에서 여러 가지 생산성을 저해하는 요소들을 제거한다면 생산성은 20% 이상 상승할 수 있다는 것이다.

<표 IV-6> 주요 건축공종의 생산성 달성도

공 종	거푸집 공사	철근 공사	콘크리트공사	창호 공사
생산성	79.1	82.7	82.9	77.3
공 종	미장 공사	수장 공사	타일 공사	평 균
생산성	75.9	78.1	76.5	78.9

자료 : 손창백·이덕찬, 건축공사의 생산성 저하요인 분석, 대한건축학회논문집, 18권 12호, 2002. 12.

(2) 생산성 저하 요인

Adrian은 건설산업에서 일반적으로 생산성을 저해시키는 요인으로서 다음과 같은 것들을 지적하였다.³⁰⁾

- 산업관련 요인 ; 단발성 주문생산, 옥외 현장생산, 건설업체의 영세성, R&D 미흡
- 인력관련 요인 ; 인력수급 불균형, 학습효과 부족, 안전사고, 작업자 동기부여 부족
- 공사관리 관련 요인 ; 불합리한 일정계획, 노무관리 미흡, 감독 부실

그 동안 우리나라에서 수행된 여러 조사 연구들에서 지적된 건설분야의 생산성을 저하시키는 요인들을 검토해 보면 다음의 표와 같이 정리할 수 있다.

30) Adrian, J.J., *Construction Productivity Improvement*, Elsevier, 1987.

<표 IV-7> 건설 생산성 저하요인

분 야	세 부 요 인
인력	건설인력 수급 작업자 책임감 부족(불성실) 작업자 기능(숙련도) 부족 작업자 동기부여 부족 일자리를 잃을 것에 대한 우려 무리한 작업진행에 의한 작업자의 피로 작업자 상호간 또는 상하간 갈등
설계	시공경험 피이드백 미흡 설계도서 미흡(미완성, 부족) 시공성을 무시한 설계 과다한 설계변경
공사관리	작업 지시 및 승인 지연 작업 일정계획 잘못 의사소통 미흡 작업간 순서계획 잘못 공법선택 불합리 불합리한 작업조 편성 불합리한 현장배치 작업조간 작업방해(공종간 작업간섭) best practice 공유 미흡 재시공
자원	견적능력 미흡 자재조달 지연 장비조달 지연 기준미달의 자재 자재 취급성 불량 성능부족 장비 노후화된 장비
공사성격	현장 입지조건 불리 민원발생 소음, 분진, 진동 등 열악한 작업조건 추위 더위의 기후조건 일기 등 자연 조건

① 현장관리 및 절차적 요인

손창백·이덕찬이 조사한 바에 따르면 우리나라의 아파트건설사업에 있어 생산성을 저해하는 가장 큰 요인은 건설 근로자와 관련된 것으로 나타났다. 조사결과에 따르면 주

택건설의 생산성을 저해시키는 주요 요인 16가지 중에서 근로자와 관련된 요인이 발생빈도, 비용증가 공기지연, 품질저하 등 4가지 항목에 공통적으로 가장 큰 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다.

다음의 표에서 보는 바와 같이 근로자의 부족이 품질저하를 제외한 발생빈도, 비용증가, 공기지연 등 모든 측면에서 가장 부정적인 영향을 미치는 요인으로 지적되고 있다. 이미 오래 전부터 건설업은 대표적인 3D 업종으로 인식되어 젊고 유능한 인재가 취업을 기피하는 현상이 나타나고 있다. 열악한 근로환경, 기업 경영환경의 불안정성에 따른 고용불안 등 여러 가지 문제가 건설업의 인력부족을 심화시키는 요인이 되고 있다. 이로 인해 노임 상승에 따른 공사비 증가, 기능부족에 따른 품질 저하, 공정 차질, 공기 연장 등의 문제가 빈번히 발생하는 원인이 되는 것이다.

<표 IV-8> 주택건설 공사의 생산성 저하요인 우선 순위

		발생 빈도	비용 증가	공기 지연	품질 저하
인력	건설인력 수급	1	1	1	3
	작업자 책임감	2	2	2	2
	작업자 기능수준	4	6	5	1
	작업자 동기부여	3	7	6	4
설계	설계도서 미흡	5	4	4	5
	설계 시공성	11	8	8	6
공사관리	작업지시·승인	10	13	10	12
	작업일정계획	12	12	12	12
	의사소통 미흡	12	15	16	11
	작업간 순서계획	13	11	9	10
	공법선택 불합리	14	9	14	9
자원	자재조달 지연	9	14	11	14
	장비조달 지연	15	16	15	15
공사성격	현장 입지조건	6	3	7	7
	민원발생	7	5	3	8
	열악한 작업조건	8	10	13	13

자료 : 손창백·이덕찬, 건축공사의 생산성 저하요인 분석, 대한건축학회, 2002. 12.

그리고 주택건설의 생산성을 저해시키는 두 번째로 중요한 요인으로는 작업자의 책임감 결여가 모든 항목에서 공통적으로 지적되고 있다. 책임감의 결여는 건설업에 종사하는 근로자들의 직업윤리의 문제로 이해하기보다는 건설산업의 내재적 문제로 이해하

는 것이 보다 객관적이라고 판단된다. 즉, 건설공사는 여러 생산주체가 참여하는 과정에서 책임관계가 명확히 규정되지 못하는 경우가 많다. 책임소재가 불명확한 상황에서는 부실시공이 발생하기 쉽고, 선후 공정에 대한 배려가 미흡해 재시공 등의 비효율성이 발생할 가능성이 크다. 따라서 책임감 결여는 도덕적 호소로 해결할 문제가 아니고 명확한 계약관계를 통해 해결해 나가는 것이 합리적이라고 판단된다.

세 번째 저해 요인은 작업자의 기능수준이 낮다는 것이다. 전체 건설 근로자의 64.5%를 차지하는 일용근로자는 직업훈련제도 등 공식적인 교육훈련 프로그램에 참여하는 경우는 매우 드물고 십장 등 비공식적 관계에 의해 숙련과정을 거치기 때문에 기술 습득 내용이 체계적이지 못하고, 기술수준의 편차가 크며, 최신의 기술동향과는 동떨어진 자신의 방식에 안주하는 경우가 많다. 그리고 노임이 숙련도에 관계없이 공종별로 획일적인 일당제로 지급되는 건설업계의 관행으로 말미암아 기술수준을 향상시킬 유인이 없다는 것도 문제의 하나이다. 또한 편차가 큰 근로자의 기술수준은 공정진행에 불확실성을 더해 합리적인 공정관리와 비용관리를 어렵게 하며 궁극적으로는 사업 전체의 생산성을 저해하는 요인이 된다.

그밖에 공사현장의 입지여건, 민원문제 등도 주택건설 생산성에 많은 영향을 미치는 것으로 조사되고 있다. 공사주택건설은 거의 도시지역에서 수행되기 때문에 현장의 여유 부지가 협소하여 작업조건이 불리하고, 주변에서 다양하고 무리한 민원을 제기하는 경우가 많다. 이러한 요인들은 외생적으로 주어지는 경우가 많아 문제의 인식 및 해결방안 모색에도 상당한 차이가 있을 것으로 보인다.

주목되는 점은 공사관리와 관련된 문제점에 대한 지적이 예상과 달리 매우 적다는 점이다. 이러한 조사 결과는 우리나라 주택건설의 공사관리에 문제가 그 만큼 적기 때문이라기보다는 조사에 응한 응답자가 주로 공사관리 책임자이기 때문에 자기비판에 한계가 있었던 것으로 해석된다. 그러나 우리나라의 주택 건설공사의 여건을 고려할 때 공사관리상의 문제는 근로자와 관련된 생산성 저해 요인보다도 더욱 근본적인 것으로 판단된다. 주택건설공사는 기본적으로 노동집약적 사업이기 때문에 현장관리 차원에서는 근로자가 미치는 영향이 지배적인 것처럼 인식될 수도 있으나, 거시적 관점에서는 합리적인 공사관리 시스템의 도입이 생산성 수준을 좌우하는 가장 큰 변수라고 판단된다. 이밖에도 생산성의 향상을 위해서는 자재 및 공법의 개선, 표준화 및 정보화의 진전 등 무수한 과제가 산적되어 있다고 본다.

② 거시적·구조적 요인

□ 설계 관련 문제

우리나라 건설업체의 공통적인 취약점은 설계관리기능이 형식적이며, 협업이 제대로 이루어지지 않는다는 점과 공사비를 정확히 견적하고 이를 계획대로 집행하는 능력이 부족하다는 점이다. 또한 협력업체가 공사를 진행하는 부분에 대해 구체적인 내용을 파악하지 못하고 도급내용의 결과적 완성여부에만 관심을 두기 때문에 공사경험이 다음의 유사 프로젝트에 효과적으로 피이드백되지 못하고 따라서 노하우 축적이 부족하다는 공통점을 갖고 있다. 그리고 참여자간에 커뮤니케이션이 활발하지 않고 best practice에 대한 공유 및 전파하는 장치가 부족하여 개별적 경험에 의존하는 경향이 강하다.

특히 설계와 관련하여 소수의 대기업을 제외하고 회사 내부에 설계기능을 갖춘 업체는 거의 없다. 각 업체별로 외부에 협력 관계에 있는 설계사무소가 있지만 기본적으로는 현상설계 방식으로 공사별로 매번 설계업체를 결정한다. 회사 내부에 있는 인원은 기본적으로 설계 관리 기능만을 갖고 있기 때문에 설계 과정에 직접 참여는 하지 않고 외부업체의 설계과정에 기본적인 컨셉과 요구조건 등을 반영시키고 기술적으로 큰 문제는 없는지 검토하는 기능만 갖고 있다.

각 업체가 내부에 설계기능을 갖출 수는 없지만 문제는 각 참여주체가 갖고 있는 기술과 정보가 설계과정에 제대로 반영되지 못하는 데 있다. 그 결과 비용과 품질에 대한 기준설정이 어렵고, 따라서 공사비용을 증가시키는 요인이 된다. 또한 건축, 전기·통신, 설비 등 설계영역간에 정보 및 의사소통이 미흡하고 도면간 연계성이 부족하여 품질관리가 어렵고, 비용을 증대시키는 요인이 된다. 시공·감리 단계에서는 설계변경에 필요한 각종 설계정보가 제대로 공유되지 못하고 있고, 공종체계가 표준화되어 있지 못해 설계도서의 활용이 제약을 받는다.

또한 매 프로젝트마다 단발성의 설계수행으로 각사의 고유한 시공경험이 제대로 설계에 반영되기 어렵고, 개발 컨셉의 일관성도 유지하기가 힘들다는 단점이 있다. 그리고 건설업체들이 서로 같은 설계업체를 공유하다보니 설계내용에 큰 차이는 없고 거의 대동소이하여 베끼기식 설계가 많고, 유사한 설계로 인해 시장에서 경쟁도 심하지 않아 주택설계에 새로운 발전의 계기를 마련하기가 어렵다.

설계분야의 또 다른 문제는 설계의 충실도가 매우 떨어진다는 점이다. 속칭 허가방이라 불리는 일부 설계사무소는 설계는 형식적으로 대충하고 건축인허가를 받아내는 것을 전문적으로 하는 용역회사로 전락하는 사례도 많다. 건축주는 설계를 시공을 위한 요식

적인 과정으로 생각하고 정당한 가격을 지불하지 않으려는 경향이 있는데 이러한 사회적 관행도 설계의 충실도를 저해하는 요인이 된다. 어쨌든 부정확한 설계는 공사진행에 차질을 초래하고 부실시공을 야기하는 가장 큰 요인이다.

또 하나의 구조적 문제는 설계를 담당한 건축사무소가 시공감리 업무까지 겸하는 경우도 많다.³¹⁾ 특히 소규모 주택공사에서는 설계자와 감리자가 동일한 경우가 대부분이다. 그래서 아예 설계감리라고 말하기도 한다. 원래 시공감리는 건축공사가 설계된 내용에 따라 충실히 이루어지는지를 감독하는 업무로서 시공단계에서 설계내용을 변경하는 업무는 아니다. 따라서 감리업무는 설계도서의 완성을 전제로 한다.

그러나 설계자와 감리자가 같을 경우 설계가 미진한 부분은 시공단계에서 추후 보완한다는 안일한 자세를 갖게 하고, 그 결과 설계의 완성도는 현격히 떨어지게 마련이다. 설계자는 당초 설계단계에서 끝냈어야 할 것을 대충 설계하고 구체적인 것은 시공단계까지 끌고 가서 그때 상황을 봐서 결정하려는 것도 있을 수 있다.

이처럼 설계가 충실하지 않은 상태에서 공사계약을 체결하게 되면 아직 확정되지 않은 사항에 대해서는 정확한 견적이 어렵게 된다. 그러면 시공업체는 당연히 리스크를 감안하여 견적할 수밖에 없다.

설계도서가 확정되어 있고 그것에 대한 자유재량의 범위가 좁다면 시공단계에서 건설업체는 설계내용대로 시공만 하면 되고 이에 대해 서로 이견이 발생할 여지가 없을 것이다. 하지만 설계에 미확정적인 부분이 있다면 건설업체는 자신에 유리한 방향으로 시공하려 할 것이며, 설계자의 동의가 필요하기 때문에 이들과 원만한 관계유지를 원한다. 따라서 설계상의 오류나 불확실한 부분이 있어도 굳이 문제를 삼지 않는 것이 바람직하다는 판단을 할 수 있다.

□ 외주중심의 단발성 공사수행

어느 건설업체의 주택건설 담당자는 “우리는 그 동안 아파트 공사를 많이 했지만 매번 새롭게 하는 것 같다”고 말한다. 프로젝트마다 항상 새로운 각오와 창의로 임한다는 뜻이 아니다. 매번 원점에서 다시 시작한다는 의미로 그렇게 말한 것이다. 우리나라 건설업체들은 임기응변이 필요한 상황에서 상당한 유연성을 발휘하면서 개별적이고 단기

31) 주택건설촉진법에서 감리자의 자격을 300세대 미만의 주택건설공사는 건축사법에 의하여 감리자격이 있는 자로 하고, 300세대이상의 경우에는 건축감리전문회사 및 종합 감리전문회사로 제한하고 있음.

적인 문제해결은 잘 하지만 지구력을 요하는 종합적 장기적인 문제에 대한 해결능력은 상대적으로 약한 편이다. 우리나라 건설회사와 공동으로 해외 건설공사를 수행한 적이 있는 일본 건설회사 직원이 우리가 일본 업체보다 뛰어난 점은 비상 상황에서의 뛰어난 대처능력이라고 하였다. 그런데 비상 상황은 가끔 있는 것이지 일상 속에서 그 능력을 발휘할 기회가 그리 많지는 않다. 기본은 일상 속에서의 치밀한 계획과 관리, 피이드백이 중요하다.

그 동안 수많은 주택을 건설하는 회사가 변변한 DB 하나 구축하고 있지 못하는 것이 현실이다. 설계는 설계사무소에 맡기고, 시공은 협력업체에 맡긴다. 건설회사는 수주한 공사에서 적당한 이윤을 남기고 하도급업자에게 일을 넘기면 된다. 심하게 말하면 유통 회사와 같은 역할이다. 그러다 보니 모든 것은 흘러가고 남는 것이 없다. 협력업체의 작업 과정에는 관심이 적고, 중요한 것은 그 결과이다. 그래서 DB도 만들지 못하는 것이다. 시공과정에서 생산성을 높일 수 있는 방안을 마련하기도 어렵다. 시공은 자신이 하지 않고 협력업체가 하기 때문에 구체적인 내용을 잘 모르니 개선 대안을 기대하기 곤란한 것은 당연하다.

새로운 프로젝트 제안이 들어와도 자체적으로는 견적을 하지 못하고 설계사무소와 협력업체에게 수량과 단가를 맡겨 그들이 제출한 자료를 취합하여 제출한다. 이러한 상황에서는 불확실성이 커서 공정계획을 제대로 수립할 수가 없다. 경험과 직관에 의해 적당히 공정계획을 수립하고 구체적인 것은 수시로 순발력을 발휘하여 대처하려고 한다.

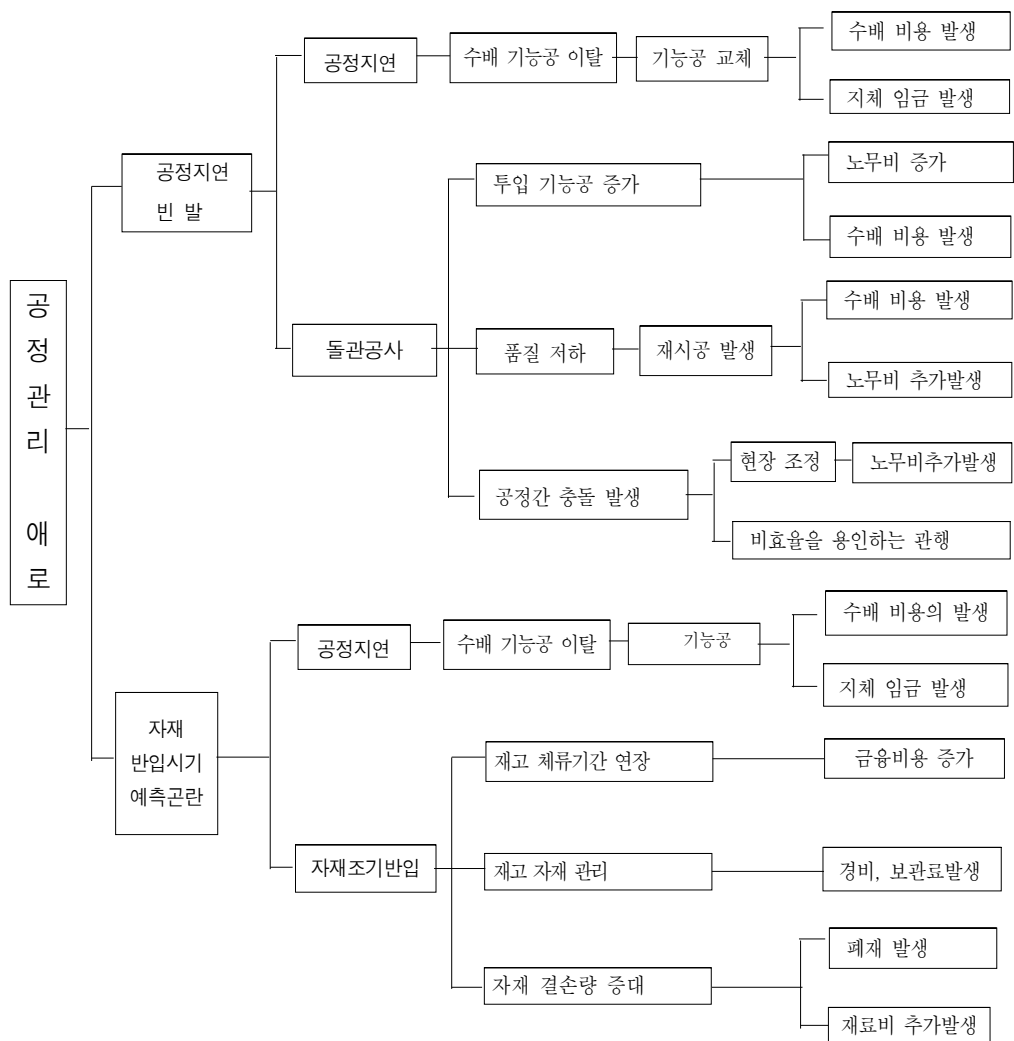
하지만 협력업체가 맡은 작업들이 블랙박스로 남아 있는 경우에 공정상의 잘못이나 예산상의 오류가 발생하더라도 원도급업체로서는 마땅히 대처할 방안이 없다. 그러면 공사가 진행되는 과정에서 계획수정이 불가피해진다. 따라서 당초 작성한 CPM대로 공사가 진행되기를 기대하기가 어렵다. 앞의 <그림 IV-4>와 같이 실제로 주택건설 현장에서의 공사진행은 당초 세웠던 계획공정과 약 70% 정도 달라지는 것으로 조사되고 있다. 그 결과 대부분의 아파트 공사는 당초 예정공기보다 공사가 지연되는 것이다.

자재 반입 타이밍이 변경되고, 공정간에 충돌이 발생하여 작업대기 및 지체도 발생한다. 리스크를 줄이기 위해 자재반입 시기를 앞당기지만 그러면 보관·경비에 비용이 들어가고, 작업공간이 줄어들어 방해가 되며, 손실되는 자재량이 늘어나 여러모로 손해가 발생한다. 비록 개별 공종의 생산성이 높아도 당초 설정해 놓은 공정계획대로 작업이 추진되지 않아 공종간 연계가 나빠지면 전체 프로젝트의 생산성은 저조할 수밖에 없다.

주택 공정은 약 40개의 공종으로 구성되어 있고, 각 공종은 몇 단계의 하도급을 거쳐 생산이 이루어진다. 그런데 복잡한 하도급구조에서는 하나의 공사를 둘러싸고 이익이 어

떻게 배분되는지 서로 숨기고 있다. 하도급업체는 원도급업체에게 자기의 이익을 빼앗기는 것을 우려해 자재와 공사비를 한꺼번에 받주 받기를 원한다. 하도급업자는 가능하면 자재의 사양이 구체적으로 지정되는 것을 피하려 한다. 거래가격이 투명한 표준 규격품 보다는 주문생산하는 것이 더 많은 마진을 남길 수 있어 이를 선호하는 경향도 있다. 이러한 과정을 도식적으로 정리하면 다음 그림과 같이 나타낼 수 있다.

<그림 IV-2> 공정관리 애로로 인한 비효율성 파급 경로



4. 생산성 향상방안

생산성을 향상시킬 수 있는 방법은 현재 생산성을 저해하는 요인 이상 다양한 방법들을 강구할 수 있을 것이다. 가장 기본적인 출발점은 현재 여러 측면에서 야기되고 있는 저해요인들을 찾아내고, 이를 다시 상호 연관관계를 고려하여 그룹핑하고, 각각의 문제 그룹에서 중요도에 따라 정리하여 해결 우선순위를 정하는 것이 바람직할 것이다. 다음 표는 분야별 생산성 향상을 위한 개선 사항들을 정리해 본 것이며, 구체적인 사항은 기업별 특성에 따라 달라질 것이다.

<표 IV-9> 생산성 향상을 위한 분야별 개선사항

분 야	생산성 향상 요인
인력수급	다기능공 양성(정) 외국인 근로자 취업 기회 확대(정) 현장 노무관리 개선으로 비생산적 작업 축소
책임감	인력 공급확대로 고용시장의 경쟁여건 조성(정) 현장의 정기 품질교육 시행
작업자 기능	경력관리 제도 도입(정) 숙련공이 투입이 적은 대체공법 개발
설계	설계의 표준화 및 연계기능 강화 베끼기식 설계도서 작성 근절
시공성	시공경험 있는 전문인력의 설계 참여 및 검토 시공자와의 긴밀한 협조체제 확립
지시승인	지휘계통 체계화(결재라인 간소화) 현장의 의사결정권 확대 명확한 지시
일정계획	시공계획 철저 비용관리 등과 연계성 제고 공사수행시 공정계획 준수
의사소통	공종 세분화 지양 및 유사공종 통합관리 정기적이고 체계적인 회의
공법	표준화, 모듈화, 공업화, 기계화 추진(정) 경험자의 사전검토 철저
자재	자재 생산자 카르텔 형성 방지(정) 고성능 자재 사용비중 제고 주문생산 자재 비중 낮춤
민원 등	민원발생 예상요인 사전검토로 최선의 예방 노력 작업시간대 조절 공법 선택시 작업환경에 대한 고려

* (정) 표시는 정책적 차원에서 접근할 사항

(1) 협업과정을 통한 설계기능 강화

설계비는 총 공사비의 3~5%에 불과하나 건설사업의 최종목적물 성능을 좌우하는 중요한 과정으로서 건설당시는 물론 준공, 유지보수 등에 있어서 품질, 성능 및 비용측면에서 커다란 영향을 미친다. 건축물의 비용과 성능의 70%는 기획·설계단계에서 결정된다는 점을 고려할 때, 설계과정의 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않을 것이다.

현실적으로 모든 건설업체가 내부에 설계기능을 확보할 수는 없다. 따라서 현재와 같이 설계작업은 아웃소싱을 한다고 하더라도 설계작업을 시작하기 전에 설계관리자, 시공담당자, 핵심 협력업체 시공담당자 등으로 태스크포스 팀을 구성하여 사전에 충분한 개념검토와 개선사항을 도출하여 설계에 반영시킬 수 있도록 준비하는 과정이 필요하다고 본다.

통상 설계자들은 구조와 공법, 조형미 등에는 많은 관심을 두지만 경제성, 시공성, 실용성 등에 대해서는 관심도 적고, 이에 관한 정보와 지식도 취약한 편이다. 설계자들을 대상으로 한 설문조사에 의하면 이들이 가장 주안점을 두는 것은 구조·기능이라고 답한 응답자가 57%로서 가장 큰 비중을 차지했다. 그 다음으로 예술적 측면을 강조한다고 답한 것은 30%로 두 번째였고, 경제적 효율성 등을 중시한다고 응답한 것은 3%에 불과하였다.³²⁾ 그리고 이들이 경제성을 고려하는 방법도 주로 자재선택을 달리하는 것에 중점을 두고 있어 많은 한계가 있음을 암시하였다.

주택에 있어 구조와 기능도 중요하고, 조형미도 중요하지만 건설업체의 입장에서 볼 때 경제적 효율성과 시공성도 매우 중요한 것이다. 따라서 설계를 설계자에게만 맡기는 것보다는 협업과정을 통해 더욱 시공과정에서 체득한 노하우를 반영함으로써 더욱 바람직한 설계를 한다는 생각을 가지고 시공전문가, 견적전문가 등이 같이 참여하여 효율성과 시공성을 높이는 노력이 중요하다.

(2) 공업화 추진

건설산업은 아직도 장인의 손맛에 의해 품질이 좌우되는 수공업 수준에 머물러 있는 분야가 상당히 있다. 주택건설이 대표적으로 그런 분야중의 하나이다. 아직도 현장에서 재고, 자르고, 깎아내고, 붙이는 일을 계속하고 있다. 현장 근로자들은 선행공정의 오류에도 불구하고 이를 극복해내는 것이 자신의 큰 기여로 여기는 분위기도 있다. 따라서

32) 정대용, 건축설계 실무자의 공사비용 절감에 대한 태도 및 방안제시 연구, 건축학회 학술발표논문집, 20권 1호, 2000. 4.

건설상품은 장인의 손을 통해서만 제대로 된 물건이 나올 수 있다는 고정관념이 산업계 전반에 팽배해 있다.

더욱이 우리는 10여년 전에 PC주택의 참담한 실패를 경험하고 나서는 누구도 주택생산에 공업화 과정을 도입시켜 생산성을 높여야 한다고 이야기하기를 주저하고 있다. 하지만 지금 세계 대부분의 국가들은 주택산업의 미래 발전 방향을 공업화에 두고 있다. 공업화 주택³³⁾은 다음과 같은 장점들이 있는 것으로 평가되고 있다.

- 기능성 : 품질이 우수하고, 하자가 적으며, 최신의 첨단기술을 활용할 수 있음.
- 신속성 : 공기를 단축시킬 수 있음.
- 경제성 : 표준화된 공장생산으로 생산비를 20% 정도 줄일 수 있음.
- 가변성 : 라이프사이클 변화에 따라 내외부에 변화를 줄 수 있음.
- 생력화 : 건설 노동력 부족에 대처할 수 있음.
- 안전성 : 전통적인 방식에 비해 재해율을 줄일 수 있음.

33) 공업화주택에는 여러 가지 유형이 있고, 명칭도 다양하다. 이를 통칭하여 Prefabricated Housing 또는 Factory Built Housing 등이라 한다. 미국의 공업화주택을 중심으로 정리하면 다음과 같다.

· Modular Home

공장에서 부위별로 생산하여 현장까지 트럭으로 운반한 후 건축
지자체 건축법의 적용을 받음
customize 되며, 전통 방식주택(Site-Built 또는 Stick-Built라고 함)과 대체관계가 큼
연간 4만호 정도 생산되는데 최근 빠른 속도로 증가함
가격은 전통주택의 85% 수준

· Manufactured Home

1970년대 이전에는 Mobile Home(또는 Trailer Home)이라고 했는데, 이는 1976년부터 HUD의 기준
을 따르게 되면서부터 Manufactured Home(HUD Code Housing이라고도 함)이라고 불리고 있음
전국이 HUD Code로 통일되었고, 지자체 건축기준은 적용되지 않음
일종의 공산품(토지 정착물이 아님)으로서 공장에서 같은 사양으로 제작하여 현장으로 운반
이동이 가능하도록 영구적인 강철 새시를 갖고 있어야 함
연간 40만호 정도 생산 판매되고 있음
가격은 가장 저렴함

· Panelized Home

창호, 문틀, 배선 등이 내장된 단열 벽체를 공장에서 생산하여 현장 조립
지자체 건축법 적용

· Pre-Cut Home

자재를 공장에서 사양에 맞게 제작하여 현장에서 조립
목조, 돔 주택 등에 주로 적용

- 환경성 : 건축 폐재 발생량을 줄이고, 목재 사용량 등을 줄임.

따라서 미국, 영국 등은 비롯하여 주택산업의 생산성 제고와 기능성 향상을 위하여 공업화주택 비중을 증가시키기 위해 정책적인 노력을 기울이고 있다. 각국의 공업화주택 추진 경향을 정리하면 다음과 같다.

□ 미국

미국에서는 주택이 자본재라기보다는 소비재의 일종으로 인식되고 있다. 기동성에 대한 욕구가 커서 신속한 건축이 가능한 공업화주택에 대한 시장이 활성화되어 있다. 1960~70년대에 인기가 있던 Mobile home 등 공업화주택에 대한 전통이 남아 있어 공업화주택에 대한 인식이 양호하며, 새로운 형태의 공업화주택이 접목되는 것도 비교적 용이하다. 그래서 Modular home 등 공업화 주택은 1년에 약 40만호 정도 생산되고 있다. 1년에 2천~4천호 정도 모듈러 홈을 생산하는 업체들은 44\$/ft²(=약 187만원/평)의 저렴한 가격으로 모듈러홈을 생산하고 있다. 최근에 전통방식의 주택과 경쟁관계에 있는 모듈러홈이 도시교외 지역에서 상당히 빠른 속도로 증가하고 있다.

□ 캐나다

캐나다는 전통으로 통나무집이 주류를 이룬다. 그런데 최근 System Housing이 품질이 우수할 뿐만 아니라, 경제적이고, 에너지효율이 높으며, 방음이 잘 되기 때문에 상당히 인기를 끌고 있다. 캐나다에서 공업화주택(Volumetric construction)이 차지하는 비중은 약 10%에 이르고 있다. 목재는 공장에서 규격에 맞게 가공하여 현장에서는 바로 조립할 수 있도록 생산하고 부재를 kit화하여 생산하고 있다. 그 외에도 여러 가지 종류의 구조용 단열 패널이 생산되고 있다. 창호, 문짝 등은 공장에서 생산·조립된 후 현장으로 운반된다.

□ 독일

15%의 주택이 공업화주택이다. 독일의 공업화주택 생산업체들은 설계업체 및 자재업체 등과 전략적 제휴를 통해 공업화주택을 공급하고 있다. 특히 모듈러 홈 시장에 진출하려는 금융기관들은 여러 가지의 금융서비스까지 곁들여 제공하고 있다. 그 외에도 창호, 문짝, 전기통신 배선이 들어가 있는 프리패브 패널을 공장에서 생산하여 보급하고 있다. 공업화주택이 골고루 갖춰져 있기 때문에 손수 자신의 집을 짓는 경우

가 많다. 그래서 DIY주택이 신축주택에서 차지하는 비중이 55%나 된다. 독일에서는 공업화주택에 대한 보증이 비교적 잘 되어 있는데, 구조체에 대해서는 30년 동안 하자 보증을 하며, 기타 부위에 대해서는 5년간 보증을 하고 있다.

□ 네덜란드

전체 주택의 11%를 프리패브주택이 차지하고 있고, 그 외에 Tunnel form 주택이 25%를 차지하고 있다. 터널폼 주택은 엄격히 말해 프리패브주택은 아니지만 현장에서 공장생산과 유사한 방식으로 주택건설이 이루어지는 주택이다. 그리고 네덜란드에서는 추후 공간구조 변경이 가능한 open building의 개발을 정부가 적극 지원하고 있다. 그 결과 가변형 벽체, 모듈러 조정 방식이 발달해 있다.

□ 핀란드

신축주택의 50% 이상이 아파트형태의 공업화주택이 차지하고 있다. 그것은 1990년대의 경기침체로 주택구입에 신중하게 되었으며, 지리적 조건으로 건축가능한 기간이 짧아 공업화주택에 대한 선호가 높아진 때문이다. 핀란드의 공업화주택의 가변성은 떨어지지만 품질은 상당히 양호하다.

이와 같이 대부분의 구미 선진국들은 공업화 주택이 전체주택 시장에서 차지하는 비중이 10% 내지 많게는 50%까지도 차지하고 있고, 여러 가지 이유에서 정부도 이를 지원하는 경향이 있다.

그러나 우리나라의 경우 고층건물이나 대규모 아파트 건설공사에서 재래식 합판거푸집 대신 시스템 거푸집을 사용하는 정도가 고작이다. 이제 공업화주택에 대한 논의는 거의 10년 이상 이루어지지 않고 있는 실정이다. 건축학회의 발표 논문 중에도 공업화주택과 관련된 논문은 1993년 이후 1건밖에 되지 않는다. 이것은 우리나라가 주택 2백만호 건설사업 추진과정에서 도입된 PC주택들이 초기에 기술상의 문제로 많은 하자가 발생하여 사회문제화 되었고, 여기에 많은 자본을 투자했던 건설회사들이 대부분 도산하면서 이에 대한 논의는 거의 금기시 하다시피 한데 기인하지 않는가 한다.

그러나 산업기술의 발전을 가장 충실하게 받아들일 수 있고, 품질과 경제성에서도 상당한 장점이 있는 공업화주택에 대한 연구와 기술적인 개선에 더 많은 노력을 기울여야 할 것이다. 일반적으로 건설공사의 수행함에 있어 공장생산에 의해 선조립 공법을 도입할 경우 총 공사비를 39%까지 줄일 수 있다고 한다³⁴⁾.

미국의 HUD 보고서에 의하면 공업화주택은 미국 전통 방식의 주택에 비해 비용이 훨씬 저렴한 것으로 평가하고 있다. 다음의 표를 보면 주택규모가 2,000ft²(약 56평)로 같을 때, 미국의 전통 주택을 건설하는 경우 14만 5천 달러(1억 7,367만원)가 소요되며, 모듈러 주택은 10.3% 싼 13만 달러, HUD Home은 10만 8천달러로 전통방식에 비해 25.3%가 저렴한 것으로 나타났다.³⁵⁾

<표 IV-10> 공업화주택 공사비 비교

단위 : 달러

	전통 주택	모듈러 주택	HUD 홈
건축비용	77,140	65,560	47,277
간접비 및 금융비용	32,274	28,950	24,083
토지비용	35,314	35,314	35,314
운반 및 조립비용		건축비에 포함	1,500
계	144,728	129,824	108,174
가격 수준 비교	100.0%	89.7%	74.7%

자료 : NAHB Research Center, *Factory and Site-Built Housing*, HUD, 1998, p.110

주택 건설과정에 공업화 요소를 더욱 강화해야 한다는 것을 완전 조립식 주택을 전면 도입하자는 것으로 확대 해석할 필요는 없다. 또한 우리나라의 현실 여건을 고려할 때, 모든 주택에 이를 도입하는 것도 무리일 수 있다. 우선 창호, 문짝, 위생 설비, 계단 등 부위별로 모듈화된 부품 종류를 확대한 후, 프리패브 패널의 생산을 거쳐 모듈라 홈 등으로 확대해 나가는 것이 합리적일 것으로 생각한다. 그리고 공업화 주택에 대한 소비자들의 불신을 해소하기 위해 대형업체 및 공공투자기관이 주축이 되어 시범사업 등을 전개할 필요가 있다고 본다.

(3) 표준화 추진

개인적으로는 표준화 추진이 조화를 이루기 위한 노력이라고 생각한다. 주지하다시피 건설상품의 생산과정은 설계-시공-자재 등 다양한 생산주체와 시공과정에도 수많은 공

34) Jergeas, G., John Van der Put, *Constructability ; Realizing the Benefits*, PMI, 1999 Annual Symposium

35) NAHB Research Center, *Factory and Site-Built Housing ; A Comparative Analysis*, HUD, 1998

중이 참여하여 하나의 상품을 생산해내는 협업과정이다. 이들이 통일된 기준과 척도를 사용함으로써 상호 효율성과 경제성을 추구하고자 하는 것이 표준화의 노력이다.

표준화의 궁극적인 목적은 모듈에 의한 치수조정을 통해 건축생산을 합리화하고 건축구성재의 질적 수준을 높이고 공사비를 절감하는 데 있다. 즉, 표준화를 통해 비용절감, 공기단축, 품질향상, 정보화 기반구축 등을 추구하며, 이를 통해 전체적인 생산성이 향상된다는 것이다. 그러므로 표준화는 초기 설계단계에서부터 시공과정에 이르기까지 설계자-시공자-자재생산자-관리자 등 모든 생산주체들의 협조가 필요하다. 예를 들어 창호의 크기를 침실 바닥면적에 비례해서 정하지 않고, 일정 기준 이상이면 몇 개의 표준규격 중에서 하나를 선택하도록 한다면, 공장에서 Kit화된 제품을 대량 생산하고 현장에서는 이를 재가공과정이 없이 설치할 수 있어, 품질향상, 비용절감, 공기단축의 효과를 거둘 수 있을 것이다.

하지만 우리나라의 주택건설은 현장 표준화와는 상당한 괴리가 있는 것이 사실이다. 주택법에서 기준척도를 적용하여 기준수치를 단순화시켰지만, 아직도 건설현장에서는 공장에서 생산된 건축자재를 현장치수에 맞추어 절단·가공하는 작업이 많다. 이러한 과정에서 공정 지연, 폐재 발생, 부실 시공 등의 문제가 자주 발생한다.

주택건설에서 자재나 부품을 현장에서 재가공하지 않고 사용하기 위해서는 특히 골조공사의 정밀성이 선행되어야 한다. 골조공사의 시공오차를 주로 자재설치 등 마감공정에서 해결함으로써 결과적으로 현장에서 마감용 규격재 치수를 재조정하여 시공하고 있다. 골조공사의 시공오차에 가장 큰 영향을 주는 것은 거푸집공사이다. 정밀시공을 하기 위해서는 설계자와 시공자 모두 허용오차의 개념을 가지고 작업을 해야 하지만 현실적으로 매우 미흡한 실정이다. 노하우의 전파와 교육이 필요하다.

골조공사에서 오차발생이 가장 문제가 되는 부위는 개구부의 너비와 벽 두께이다. 개구부의 오차는 창호설치와 석고보드 설치 등 인접 관련 자재의 시공생산성에 결정적인 영향을 미친다. - 오차는 구조상의 문제를 유발할 수 있고, + 오차는 절삭 등에 의한 공기 지연 등을 유발한다. 오차를 줄이기 위해 먹줄작업에 보다 많은 신경을 써야 할 것이다. 먹줄작업은 골조 먹메김과 마감 먹메김 작업을 분리해서 관리하는 것이 필요할 것이다.

그리고 시공오차는 마감재의 설치 특성에 따라 관리수준을 차등화하는 것도 검토해볼 필요가 있다고 생각한다. 즉 획일적인 시공오차를 적용하는 것보다는 창호 등 재가공이 어려운 자재가 설치되는 부위와, 타일마감이 되는 부위, 벽지 마감이 되는 부위 등을 구분하여 관리수준을 달리한다면 보다 효율적일 수 있다고 판단된다.

(4) 현장생산의 자동화기계화

세계 각국이 공통적으로 겪고 있는 건설산업의 문제는 건설인력의 부족문제일 것이다. 몇 년전 미국의 미래 건설산업의 비전을 논하는 토론회가 있었는데 가장 큰 문제는 젊고 유능한 인재가 건설업에 진입하지 않는 것이라고 참석자들은 이구동성으로 이야기했다고 한다. 건설관련 학과를 졸업한 사람의 25% 정도만 건설분야에 취업하는 것으로 나타났다. 건설업을 기피하는 이유 중에는 자신은 컴퓨터를 좋아하는 데 건설업에 취업하면 컴퓨터와 멀어지는 작업 환경도 있어 월급을 다소 덜 받더라도 다른 곳에 취직한다고 한다.

자동화기계화는 노동력부족을 메꿔 주는 근본적인 대안은 아니다. 건설업 특성상 제한된 범위 내에서 자동화기계화로 보완할 수는 있지만, 제조업처럼 전 생산공정을 자동화로 대체시키는 것은 당분간 어렵기 때문이다. 그런데 자동화기계화는 건설업은 굴뚝산업이라는 이미지를 약화시키는 데 기여하고, 나아가 젊고 유능한 인재를 유인하는 동기를 마련해 줄 수 있을 것으로 본다. 기계화자동화의 또 다른 이점은 생산성과 품질을 향상시키기 위해서 필수적이라고 할 수 있다. 국내 건설공사의 경우 근로자들의 생산적 작업에 투입되는 근로시간비율이 60%미만임을 고려한다면 장시간 가동이 가능한 인력대체공법은 상당한 기대를 가능하게 해 준다.

일본은 로봇식 공법과 반자동화된 건축장비에 의한 작업이 건설현장에서의 노동력부족으로 인한 생산성 저하를 해결해 줄 대안으로 판단하고 이에 대한 연구가 활발하다고 한다. 또한 현장에서의 자동화 장비는 근로자들에게 건설산업에 대해 갖고 있는 위험하다는 이미지를 경감시키고 작업자들에게 안전감을 주며, 기술자들로 하여금 경력기술직으로 전환하도록 유도하는 효과가 있다고 한다.³⁶⁾

우리나라에서 건설산업에서 자동화기계화는 1980년대부터 급격히 이루어지기 시작하였으나 불확실한 요소가 많고, 대량 생산의 문제점 등이 있어 그 시장 규모가 전 산업 대비 1~2%로 매우 미흡한 실정이다³⁷⁾. 그러나, 장기적으로 건설산업의 발전을 위하여 자동화기계화의 필요성이 강조되고 있으며, 이 점에 대해 전문가를 대상으로 건설 자동화기계화 도입시의 장점을 질의한 결과, 기능인력의 절감을 통한 경제성 및 생산성(49%)의 향상 외에도 중노동 및 위험 작업으로부터 해방될 수 있다(33.7%)는 점이 높게 나타나고 있다.³⁸⁾ 이는 건설 자동화기계화가 기능인력에 미치는 영향이 크다는 점을

36) 전재열, 국내건설사업의 선진화 방향과 미·일 건설환경의 비교분석, 건축, 2002. 9.

37) 문영호, 건설로봇 도입시의 타당성 분석, 산업기술정보원, 1991

38) 김영석, 국내 건설산업의 건설 자동화 및 로봇틱스 도입 방안에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 구

나타내는 것이라고 볼 수 있다.

기능인력에 의하여 수행되던 작업이 장비의 도입으로 인해 기계화 또는 자동화함으로써 작업 수행에 필요한 인력을 감소할 수 있게 되며, 전체적인 작업 생산성의 향상과 비용 절감의 효과까지 기대할 수 있다. 동일한 작업에 충분한 장비가 활용되는 경우와 그렇지 못한 경우의 생산성을 비교한 연구 결과에 따르면, 약 15%의 차이가 존재하는 것으로 조사되었다.³⁹⁾

그런데, 건설생산방식 자동화에 가장 큰 영향을 주는 요소는 설계방식과 표준화에 있다. 우선 설계 단계에서 설계 자체가 시공을 용이하게 해야 하며 또 건설장비가 시공과정에서 자유롭게 이동할 수 있는 공간 등이 마련되어야 한다. 그리고 자동화를 통해 생산성이 높아지도록 하기 위해서는 시공방법이 단순해지도록 해야 하고 또 단순작업이 반복적으로 이뤄질 수 있는 물량 확보가 전제되어야 한다. 다시 말해서 설계 착수와 동시에 시공에 대한 전문성을 가진 사람이 설계 매 단계마다 관여해야 한다.

우리나라가 선진국에 비해 건설공사의 자동화가 미흡한 원인에 대해서는 설계 단계에서 기계화나 자동화를 고려하지 않는다는 응답이 33.9%로 가장 높았다.⁴⁰⁾ 따라서 설계 단계에서부터 시공의 자동화·기계화에 적합하도록 부자재의 표준화 및 규격화, 공장 생산화, 각종 시방서의 표준화가 선행되어야 할 것이다. 또한 설계, 시공, 유지, 관리 등 건설 생산의 전 과정에 걸쳐서 적절한 자동화·기계화 시스템을 구축하고, 상호 유기적인 연계 아래 기술 개발을 진행할 필요성이 있다.

이제까지 건설산업에 있어 자동화·기계화가 원활하게 이루어지지 못했던 대표적인 이유로는 건설의 복잡화, 다양화 및 불확실성 등을 들 수 있다. 이러한 저해 요인은 구체적으로 기술적, 경영적, 구조적 측면에서 찾아볼 수 있고, 이러한 사항을 아래의 표와 같이 정리할 수 있다.⁴¹⁾

이러한 기술적, 경영적, 구조적 문제점들을 주요 고려요소로 인식하여 자동화·기계화의 활성화 방안에 지속적인 연구가 진행되어야 할 것이다. 이를 위해서는 산·학·연 공동 협력을 통한 자동화·기계화 기술의 활성화, 새로운 기술의 개발 및 제도적 정비가 필요하다.

조계, 17권 2호, 2001. 2.

39) CII, *Determinants of Craft Labor Productivity*, Construction Industry Institute, RS 143-1, 2001. 3.

40) 최민수, 건설기술 어디까지 왔나, 건설저널, 한국건설산업연구원, 2002. 4. pp.35~36.

41) 장현승·우성권, 건설공사의 자동화·기계화의 효과 및 확대 방안, 건설산업동향, 한국건설산업연구원, 2003. 4. 14

<표 IV-11> 건설산업의 자동화기계화를 저해하는 요인⁴²⁾

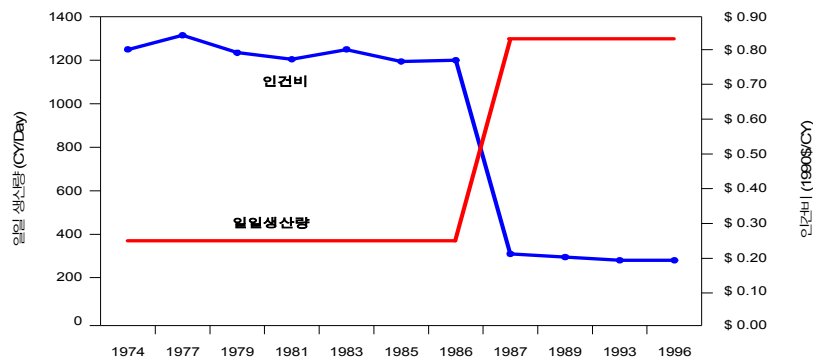
분류	문제점
기술적 측면	<ol style="list-style-type: none"> 1. 공사의 내용이 다르고, 형태가 틀리고, 반복성이 없음 2. 개별적인 설계로 반복성이 적음 3. 제조업과는 달리 대형 공사이고, 중량물을 사용함 4. 공사가 이루어지는 곳이 일정치 않음 5. 한 현장에서 동시다발적으로 작업이 이루어짐 6. 설계·시공시 시공측에서 설계측으로 정보 피드백이 불충분함 7. 현장 상황에 따라 작업원의 판단에 많이 좌우됨
경영적 측면	<ol style="list-style-type: none"> 1. 부가가치가 적고, 고급 장비의 사용이 곤란함 2. 작업 시간의 제한이 강하고, 설비 가동률이 낮음 3. 외주비중이 높아 기업 고유의 기술과 개발 육성노력이 부족
구조적 측면	<ol style="list-style-type: none"> 1. 자동화기계화에 관련된 기술자가 적음 2. 건설공사비에 연구개발비를 포함시키기가 힘든 상황임 3. 자동화/기계화의 추진에 대한 공공의 지원이 약함

기능인력에 의하여 수행되던 작업 프로세스가 장비의 도입으로 인해 기계화 또는 자동화함으로써 작업수행에 필요한 인력을 대폭 감소할 수 있게 되며, 전체적인 작업 생산성의 향상과 비용 절감의 효과까지 기대할 수 있다.

다음 그림은 중장비의 도입으로 인해 작업을 기계화함으로써 단위 기간동안의 생산량이 3배 이상 크게 증가하였고 단위 생산에 소요되는 인건비가 약 75% 절감된 사례를 보여주고 있다. 이 사례는 콘크리트다짐 작업에 활용되는 다짐기에 진동기능을 추가한 새로운 장비가 도입됨으로써 건설생산성에 급격한 변화가 발생하였음을 보여준다.

42) 신현식, 건축시공의 자동기계화, 대한건축학회지, 129호, 1986년 3월.

<그림 IV-3> 콘크리트 다짐작업의 일일생산량과 인건비 변화



자료 : Allmon, E., et al., Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 126(2), 2000. pp.97-104. 이복남·우성권, 생산성 향상을 통한 건설현장 기능인력 수요 절감 방안, 건설산업동향, 한국건설산업연구원, 2002. 8.에서 재인용

(5) 고성능 자재 활용⁴³⁾

국내 건설 현장에서 고성능 자재의 사용이 원활하지 못한 이유는 첫째, 비용이 많이 소요되기 때문에 대량 도입이 어렵고, 둘째, 기존의 자재를 사용해도 어느 정도 성능을 확보할 수 있기 때문에 굳이 고성능 자재를 사용할 필요가 있는지에 대한 회의적인 시각이 널리 퍼져 있기 때문이다.

그 결과 우리나라는 외국에 비해 품질 기준이 낮은 자재를 사용하는 경우가 많다. 예를 들어, 선진국뿐만 아니라 동남아시아 국가에서도 압축강도 400~500kgf/cm²의 콘크리트 사용이 상용화되어 있고, 특히 캐나다의 경우에는 압축강도 8,000kgf/cm²의 초강도 콘크리트가 개발되었다. 하지만 우리나라의 경우, 최근에 주상복합건물의 기둥에 800kgf/cm²의 초고강도 콘크리트를 사용한 실적이 있지만 외국과 비교할 때 고강도 콘크리트의 상용화 수준은 상당히 뒤쳐져 있는 실정이다.

국내에서 콘크리트 강도를 변경하여 고강도 콘크리트를 활용한 사례에 의하면 강도 증가에 따른 거푸집 물량 감소, 콘크리트 타설량 감소, 강재의 규격 감소 등으로 전체 공사비의 약 13~14% 정도를 절감한 것으로 밝혀지고 있다.

고성능 자재를 사용할 경우, 자재비 단위당 가격은 상승하나 투입량이 감소하여 전체

43) 이종수, 성능 자재의 사용에 의한 기능인력 수요절감 효과 분석 ; 고강도 콘크리트를 중심으로, 건설산업동향, 한국건설산업연구원, 2003. 1.

자재비는 절감도 가능하다. 특히 소요 인력을 절감함으로써 생산성 향상 및 경제적인 시공에 도움을 줄 수 있다고 판단된다.

고성능 자재를 개발하여 전통적인 자재를 대체하여 사용하게 되면 성능이 향상되는 만큼 자재 소요량을 줄일 수 있다. 물론, 자재 성능이 향상되는 만큼 비용은 올라가겠지만, 작업 물량이 줄어드는 만큼 인력 수요량 자체가 줄어들게 됨으로써 인건비는 감소하게 된다. 예를 들면, 콘크리트의 강도가 210kgf/cm^2 인 콘크리트와 300kgf/cm^2 의 콘크리트를 사용하는 경우를 비교해보면, 재료비는 약 16% 정도 증가하지만 콘크리트 물량은 30%가 줄어들게 되어 그 만큼 인건비가 줄어든다는 것이다. 이 경우, 고성능 콘크리트의 사용으로 인해 자재비의 증가보다 인건비의 감소 폭이 크게 되므로 전체 비용은 약 25% 정도 감소하게 된다.

고성능 자재 개발과 사용의 효과는 인건비 비중이 높을수록 효과는 높아지게 된다. 국내의 경우도 시간이 흐를수록 인건비가 전체 공사원가에서 차지하는 비중이 높아지고 있는 추세이다. 예를 들면, 1980년도의 경우 철근 1톤을 가공 및 조립하는데 소요되는 원가 구성에서 노무비 비중이 15% 미만이었으나 2000년도의 경우는 오히려 재료비를 초과한 것으로 나타났다⁴⁴⁾⁴⁵⁾.

자재 성능을 향상시킴으로써 얻을 수 있는 기능 인력 절감효과는 자재의 종류와 작업 수행에 필요한 기능인력에 따라 큰 차이가 있을 수 있으나, 자재 성능을 향상시킬 경우 경제적 효율성이 향상된다. 미국의 콘크리트학회(ACI)는 고성능 콘크리트를 개발 사용함으로써 2030년까지 콘크리트 타설 인건비를 현재보다 50% 이상 절감할 수 있다고 보고한 바 있다.⁴⁶⁾

44) 건설공사표준품셈, 건설연구사, 1995년

45) 월간물가자료, 한국물가자료협회, 2000년 기준

46) The US Concrete Industry Technology Road Map, ACI, 2001. 7.

(6) 정보화 추진

우리나라는 외국에 비해 정보화 분야에 있어서는 매우 앞서나가는 것으로 평가되고 있다. 국가과학기술위원회는 국내 99개 핵심기술⁴⁷⁾ 중 세계 최고 수준의 80% 이상인 것은 이동 멀티미디어 콘텐츠기술 등과 함께 건설정보화 기술 등 6개 기술⁴⁸⁾이라고 발표한 바 있다. 건설분야의 정보화 기술수준이 높이 평가를 받는 것은 그 동안 정부와 업계가 건설CALS 구축을 위해 많은 노력을 기울인 결과라고 여겨진다.

하지만 아직도 건설업체의 정보화 수준은 충분하지 않은 것으로 보인다. 예를 들어 본사와 현장간의 LAN구축은 45.8%만이 이루어지고 있으며, 자재 전자조달은 29.2%, DB 구축은 12.5%에 지나지 않는 것으로 조사되고 있다.⁴⁹⁾ 건설업은 그 동안 정보화의 접목이 지연되어 온 대표적인 분야중의 하나이다. 기동성과 현장성이 강조되는 현장에서 그 동안 모바일 IT 분야의 발전은 상당한 생산성 향상을 가져온 것으로 알려지고 있다.

정보화에 의한 가장 큰 효과는 우선 공기단축에서 나타난다. 발전소 건설공사에서 설계정보와 공정계획을 통합시킴으로써 공기를 27개월 이상 단축하고, 이로 인한 경제적 이익이 약 6,400억원⁵⁰⁾ 이상 발생했다고 한다. 또 다른 효과로서 공사자료를 체계적으로 축적하면서 학습효과가 발생하여 생산성이 향상된다는 점이다. 앞의 원전 건설공사의 예에서 6개월 시차를 두고 진행된 후속 공사는 선행 공사에 비해 20% 이상의 생산성 향상이 이루어졌다고 한다. 이러한 생산성 향상이 모두 정보화에 기인한 것으로 평가하기에는 무리가 있으나, 체계적 자료축적이 시행착오를 상당히 줄인 것은 사실일 것이다. 정보화의 세 번째 이점은 관리효율이 향상된다는 것이다. 즉, 정보화를 통해 공간적 차이, 시간적 차이를 극복할 수 있기 때문에 현장에서 진행하는 상황을 모니터링하고 필요한 지시를 바로 내릴 수 있으며, 본사의 전문가가 현장까지 오지 않고서도 전문적 진단과 조언을 할 수 있는 것이다. 그 외에도 PDA를 통한 진도 점검, 하자 체크, 자재 발주, 이동 카메라를 이용한 현장점검, 진도보고 등 적용가능한 업무가 상당히 많다.

이제까지 건설현장에서 근로자 혹은 기술자는 작업 준비 부족이나 선행 작업의 지연, 품질 검사자의 검사 지연, 도면이나 자재의 미도착 등 근로자의 책임이 아닌 외부 여건

47) 이중에서 건설관련 기술은 건설정보화 기술, 첨단 SOC인프라 건설기술, 인간친화형 고기능 건축기술, 기존건물 수명연장 기술 등 4개 기술이 있음

48) 6개 기술은 건설정보화 기술을 비롯하여 이동 멀티미디어 콘텐츠 기술, 디지털 방송기술, 홈네트워크 기술, 초정밀 가공시스템 기술, 디지털 콘텐츠 저작 도구 등임

49) 이교선, 건설산업의 지식기반 생산시스템으로의 변혁, 건축, 2002. 9.

50) Fast Track 방식과 건설사업의 경제성, 건설산업동향 제12호, 한국건설산업연구원, 1997. 6.

때문에 근로시간에 손실이 발생하게 되는 경우가 많았다. 근로자의 작업시간 손실은 작업 프로세스를 개선하고 IT 기술을 도입하면 상당부분 제거가 가능하다. 실제 배관작업 프로세스에 정보기술을 접목시킴으로써 근로자 및 건설기술자의 작업 대기 및 준비 시간을 대폭 줄였다는 평가가 나오고 있다.⁵¹⁾ 배관공사의 예를 일반 건설공사에 적용할 경우, 감독관이나 감리자로부터 받는 검사 대기에 소요되는 시간을 상당 부분 줄일 수 있을 것이며, 작업 밀도가 높아지게 됨으로써, 결과적으로는 인력 수요를 줄이는 효과를 충분히 기대할 수 있을 것이다.

그런데 정보화를 추진하는 데 있어 개별 정보에 대한 분류방식과 분류코드가 통일되어야 한다. 작게는 기업 차원에서 통일이 되어야 하고 기업과 기업, 발주자와 기업간에 흐름이 가능하기 위해서는 정보 분류와 coding 체계가 통일되지 않으면 상당한 차질이 발생한다. 또 다른 측면의 정보화 전제조건은 데이터의 공유 환경에 있다. 정보화의 목적은 대부분 건설생산 프로세스에서 발생하는 각종 정보를 공유하자는 데 있다. 따라서 이것이 가능해지기 위해서는 사업단계에서 발생하는 각종 정보가 정보생산자의 자산이 아닌 모든 사업참여자간 공유할 수 있어야 가치 있는 정보가 축적될 수 있다.

(7) 다기능공 양성

국내외 건설현장에서의 기계화 및 자동화 추세가 늘어나고 있으며, 특히 거푸집이나 철근 가공 등은 이미 상당 부분 공장제작이 이루어지고 있다. 이에 따라 전통적인 생산 방식에서 요구되었던 콘크리트 타설, 거푸집 조립, 철근 가공 등의 기능별 구분과 전문성이 차이가 없어지게 된다.

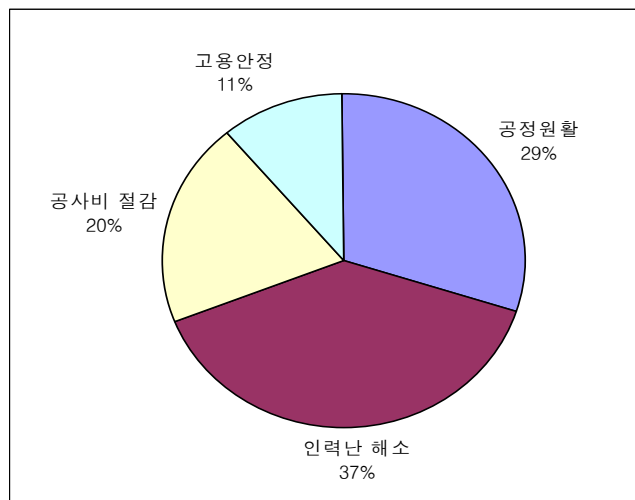
기존의 생산방식에서는 공종별 전문성 차이로 인해 시공현장에서는 별도의 작업반이 가동되고 있다. 예를 들어 주택건설 현장에서는 철근 콘크리트 작업의 경우 작업량과 관계없이 철근, 형틀, 콘크리트 등의 작업이 각각 다른 작업조에 의해 추진되는 경우가 많다. 이처럼 공종간 분리된 형태의 작업수행은 연속성을 떨어뜨리고, 대기시간 등의 발생으로 인한 작업시간 손실, 기능인력의 수급 문제가 발생하게 된다. 하지만, 기계화 및 자동화 추세에 맞추어 세부 직종들간의 벽을 허물고 직종을 통합할 경우, 근로자는 소득이 증가되고, 기업은 공정흐름이 원활해져 공기가 단축되고 공사비가 절감되는 효과를 거두게 될 것이다.

주택 건설현장의 현장관리자를 대상으로 한 설문조사에 따르면, 79%가 평소에 다기능

51) 한국전력공사, 97 원전건설 국제경쟁력 향상 Workshop, 1997.

공 도입의 필요성에 대해 생각을 해 보았다고 응답하여, 필요성이 상당히 있는 것으로 나타났고, 다기능공을 도입했을 경우, 공정의 원활한 흐름에 도움을 준다는 것이 30%, 기능공 수급불균형을 해소한다는 것이 23%로 나타났다. 그리고 다기능공을 투입한다면 공정진행에 가장 많은 차질이 발생하는 골조 및 마감 공정에 투입하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.⁵²⁾ 그러나 다기능공을 실제로 투입했을 때 얼마나 효과를 거둘 것인지는 대상 기능의 종류와 공정상의 상호 연계성, 투입인원 등에 따라 달라질 것으로 보인다.⁵³⁾

<그림 IV-4> 다기능공 도입시 기대효과



자료 : 김경환, 다기능공을 활용한 건축공사 생산성 향상 방안, 대한건축학회논문집, 구조계, 18권 7호, 2002. 7.

52) 김경환, 다기능공을 활용한 건축공사 생산성 향상 방안, 대한건축학회 논문집, 구조계, 18권 7호, 2002. 7.

53) 김경환, 건축공사의 다기능공 활용을 위한 기능조합 방안, 대한건축학회 논문집, 구조계, 19권 11호, 2003. 11.

V. 요약 및 결론

요즘처럼 주택 문제가 커다란 사회적 관심을 끌었던 적이 없었던 것 같다. 매스컴마다 주택가격 폭등과 이에 따른 부작용을 진단하였고, 정부 부처들은 여러 가지 대책과 조치들을 마련하느라 여념이 없었다. 그런데 주택문제의 해법은 대부분 수요측면에서 찾으려는 경향이 강하다. 공급이 부족하다고 하는데 다른 한 쪽에서는 공급잠재력을 떨어뜨리는 규제가 만들어지는 경우도 있다. 수요관리보다 기본적으로 공급효율을 향상시키는 것이 당면한 문제에 대한 해결의 지름길이라고 생각한다.

본 연구는 당면한 주택문제를 해결하기 위한 방안으로서 공급측면에서의 효율성 제고가 시급하다는 인식에 기초하여 이루어졌다. 공급측면의 효율성 제고는 경제적 관점에서 공사비용의 합리화, 기술적 관점에서 공사기간의 단축, 그리고 이를 종합적으로 포괄하는 주택건설 생산성의 향상 등 3가지 기본적인 주제에 대해 논의를 전개하였다.

주택건설의 비용에 관해서는 다음과 같은 사항에 관해 언급하였다. 우리나라가 외국에 비해 생산성이 떨어지고 가격경쟁력이 뒤지는 이유중의 하나는 체계적인 비용관리가 이루어지지 못하기 때문이다.

비용관리가 제대로 이루어지지 못하는 가장 큰 이유는 대부분의 업체들이 공사가 착공된 후 평균 2~3개월이 지나서야 실행예산을 편성하는 상황에서는 합리적인 원가절감이 어렵기 때문이다. 즉, 예산 내역도 없이 공사를 진행한다는 것은 사업의 비용리스크를 증폭시킨다. 특히 착공 초기에는 기초공사, 골조공사 등 핵심 공종에 대한 하도급 결정이 이루어지는 데 실행예산도 편성되지 않은 상태에서는 합리적 원가절감 방안을 모색한다는 것은 기대하기 거의 불가능하다.

그리고 대부분의 업체들은 수량산출은 설계 업체에 의뢰하고 내역산출은 협력 업체에 의뢰하여 이들이 제시한 내용들을 제대로 검증도 못하고 실행예산을 편성하는 실정이다. 이렇게 편성된 실행예산은 하도급체계상 협력업체의 보수적 입장 때문에 비용이 과대평가될 가능성이 있고, 따라서 원감절감 노력을 약화시킬 가능성이 있다. 이처럼 부정확한 자료에 근거하여 예산이 편성된 결과, 계획예산과 완공후 정산비용을 비교해 보면 공종별로 $\pm 40\%$ 의 편차가 발생하는 것이 보통이다.

또한 비용코드 등에 대한 표준화가 제대로 이루어지지 않아 공사 단계별로 내역 연계가 제대로 이루어지지 않고 있어 합리적인 비용관리가 어려운 실정이다.

이상과 같은 비용관리 측면에서의 문제를 압축 정리하면 신속성, 정확성, 확장성의 문제로 요약할 수 있다. 이러한 비용관리 측면의 문제를 극복하기 위해 다음과 같은 대책을 강구하는 것이 필요하다.

우선 실적 공사비의 DB구축이 절실하다. 공사비 DB 구축을 통해 신속한 예산편성, 경제적 설계도서의 작성, 협력업체가 제시한 내역단가 등에 대한 신뢰성 검토 등을 할 수 있다. 더욱이 정부는 향후 실적공사비에 의한 공사비를 산정할 방침으로 있어, 공사비 DB 구축의 중요성은 더욱 부각되고 있다.

또한 비용항목의 분류가 포괄적이면 정확성이 떨어지는 문제가 있지만, 주택 공사의 경우, 외주비가 약 50%를 차지하고 있어 실행예산의 분류수준을 어느 정도 높더라도 큰 문제는 없을 것으로 보인다. 항목분류가 세밀하면 정확성은 커지겠지만 내용과약에 많은 시간과 노력이 필요해 실효성은 오히려 낮아질 수 있기 때문이다. 특히, 하도급비중이 높은 골조공사의 경우, 여러 항목을 하나의 항목으로 통합해 실행내역을 단순화시키는 것도 효과적일 수 있다.

비용관리를 효율적으로 하기 위한 방안중의 하나는 세밀하게 관리할 필요가 있는 비용항목에 대해 관리노력을 집중하는 것이다. 이러한 관점에서 살펴보면 비용규모가 큰 공종, 비용편차가 크게 발생하는 공종, 선후행 공종에 많은 영향을 미치는 공종 등이 우선 검토 대상이 될 수 있다.

한편, 주택건설 공사기간은 외국과 비교하여 상당히 길다. 우리나라의 아파트 건설공기는 약 30개월로 외국의 건축공기에 비해 2~3배 이상 길다. 고층 건축공사의 사이클 타임이 미국에 비해서는 2~3배 길고, 일본에 비해서는 1~2배 길다.

건축공사에서는 골조공사가 중요한데, 아파트 골조공사에서 기준층에 대한 사이클 타임은 평균 12.6일인데 미국의 경우 2~4일의 공기를 실현하고 있다. 이처럼 골조공기를 단축시킬 수 있는 것은 부재의 모듈화, 양중작업의 기계화, 공정관리의 정교화 등으로 요약할 수 있다.

그리고 대부분의 현장에서 공기연장이 빈번히 발생하고 있으며 평균 지연일수는 약 70일 정도로 이것은 계획공기의 12%에 달하는 것으로 조사되고 있다. 공기지연 사유는 천재지변 등의 불가피한 상황 때문이기도 하지만, 공사착수 여건 미비, 설계변경 등 공사진행 상의 차질로 인한 것이 큰 비중을 차지하고 있다.

그리고 아파트 건설현장의 근로실태를 보면 생산적 작업률 약 60%, 보조적 작업률 10%, 비생산적 작업률 30% 등으로 구성되어 있어 현장 노무관리가 제대로 이루어지지 않고 있음을 보여주고 있다. 특히 비생산적 작업중에 작업대기 및 부재가 각각 6~7%

차지하고 있어 이에 대한 대책이 필요함을 나타내고 있다.

공사관리가 제대로 이루어지지 않고 있어 계획공정과 실시공정간에는 큰 괴리가 발생하고 있다. 사례 조사에 의하면 계획공정과 계획공정이 일치한 경우는 30%에 불과하였다. 이러한 계획차질은 후속공정에 연쇄적으로 영향을 끼쳐 공기지연의 요인이 되고 있다.

이처럼 주택건설 공기와 관련된 문제점을 해결하기 위해서는 다양한 방안을 검토할 수 있다. 우선 공정관리 담당자를 확보하는 것이 필요하다. 각 업체는 본사에는 공정관리를 담당하는 인력이 있지만 현장에는 담당자가 없는 경우가 대부분이다. 공정관리는 공기준수, 비용절감, 품질확보 등을 함에 있어 핵심적 역할을 담당하고 있음을 감안한다면 현장의 공정관리 담당자가 반드시 지정될 필요가 있다. 업체 여건상 현장마다 담당자 지정이 어렵다면 몇 개 현장을 묶어서 관리하는 것도 대안일 수 있다.

또한 현장 근로자의 생산적 작업률을 높이는 것이 필요하다. 비생산적 작업중에서 부재나 배회로 소비하는 시간을 대폭 줄이고, 인력에 의한 자재양중을 기계화시키는 등 보조적 작업률을 줄이는 것을 강구할 필요가 있다. 이렇게 할 경우 생산적 작업률은 10% 이상 증가할 수 있다.

기상조건 등으로 주택 건설공사에 있어 작업이 불가능한 기간이 전체 공사기간의 30~55%를 차지하는 상황에서 착공시기를 적절히 선택하는 것이 중요하다. 착공시기를 어떻게 선택하느냐에 따라 공사기간이 3개월 정도 차이가 난다. 공사지역의 기상조건 등을 면밀히 검토하여 작업불능기간을 최소화시키는 것도 공기를 단축하는 방안이 될 수 있다.

아파트 건설공사에 있어 공구분할 방식에 따라 작업공백에 차이를 가져와 공기에 영향을 미친다. 그 동안 경험과 직관에 의존해 공구분할을 하는 경향이 있으나, 층수, 세대수, 평형, 공종별 생산성, 노임 등을 종합적으로 감안하여 공정공백을 최소화시키고 공기를 단축시킬 수 있는 최적대안을 모색할 필요가 있다.

또한 외국의 사례를 검토해 볼 때, 고성능 자재의 사용, 복수 공종의 동시 진행, 양중 작업 등의 기계화, 반복작업에 대한 체계적 생산시스템 구축 등이 공기단축을 위해 필요하다고 판단된다.

마지막으로 주택건설의 생산성에 관해 살펴보았다. 우리나라의 건설 생산성은 선진국에 비해 약 10%, 기술수준은 약 30% 정도 뒤지는 것으로 알려지고 있다. 맥킨지 컨설팅에 의하면 우리나라의 주택건설 생산성은 미국의 69%라고 한다. 아파트를 건설함에 있어 저렴한 자재를 사용하고 제한적인 내부 설비만 갖추도록 함으로써 생산성이 떨어

진다는 것이다. 주택건설비용도 선진 외국에 비해 10% 이상 격차가 나고 있다.

이처럼 주택건설 생산성이 뒤지는 이유에는 여러 가지가 있겠으나, 건설근로자의 부족 및 책임감 결여, 시공경험이 제대로 반영되지 못하는 설계도서 등이 문제점으로 지적되고 있다.

그러나 주택건설 생산성을 악화시키는 가장 중요한 요인은 합리적이지 못한 설계과정과 외주중심의 단발성 공사수행 관행과 관련된 것으로 판단된다. 우선 설계와 관련한 문제를 살펴보면, 대부분의 건설업체는 설계관리기능이 형식적이고, 협업이 제대로 이루어지지 않고 있다는 공통점을 갖고 있다. 특히 현상설계 방식으로 공사별로 매번 설계업체를 결정하면서 내부적으로 설계관리 기능만을 갖고 있기 때문에 시공경험이 다음의 유사 프로젝트에 효과적으로 반영시키지 못하고 있다.

설계분야의 또 다른 문제는 설계의 충실도가 크게 떨어진다는 점이다. 일부 설계사무소는 설계는 형식적으로 대충하고 건축인허가를 받아내는 것에 더 큰 비중을 두기도 한다. 그리고 건축주는 설계를 요식적인 과정으로 생각하고 정당한 가격을 지불하지 않으려는 경향도 있는데 이러한 풍토가 설계의 충실도를 저해하는 요인이 되고 있다. 설계의 충실도가 떨어지면 재시공 등에 의한 품질저하, 공기지연, 생산성 저하 등 여러 문제를 야기한다.

생산성을 저하시키는 주요 요인중의 하나는 많은 건설업체들이 단기 사업관리에 치중한 나머지 장기적으로 경쟁력 제고에 필요한 역량 배양에는 소홀하다는 것이다. 설계는 설계사무소에 맡기고, 시공은 협력업체에 맡기면서 자신은 적당히 관리만 하려고 한다. 협력업체가 맡은 작업들이 블랙박스로 남아 있다면 공정상의 잘못이나 예산상의 오류가 발생하더라도 마땅히 대처할 방안을 찾기 어렵다. 자재 반입 타이밍이 변경되고, 공정간에 충돌이 발생하여 작업대기 및 지체도 발생한다. 이러한 상황에서 생산성 향상을 기대하는 것은 무리이다.

이처럼 우리나라 주택건설의 생산성을 저해하는 여러 가지 문제를 해결하기 위한 방안도 다각도에서 찾을 수 있을 것이다. 건설현장 관리적 측면에서 개선을 검토하는 것이 바람직한 사항들을 분야별로 정리하였다.

또한 설계를 설계자에게만 맡기는 것보다는 협업과정을 통해 더욱 시공과정에서 체득한 노하우를 반영하기 위해 시공전문가, 건적전문가 등이 같이 참여하여 효율성과 시공성을 높이는 노력이 중요하다.

그리고 주택건설 생산성 제고를 위해 주택생산에 공업화 기법을 적극 도입할 필요가 있다. 공업화는 비용절감, 생산성향상, 품질확보 측면에서 매우 긍정적인 기대를 갖게 한

다. 공업화라고 하여 완전 조립식 주택을 급격히 도입하기보다는 모듈화된 부재 생산을 확대하고, 그 다음 프리패브 패널의 보급을 늘리고, 다음에 모듈러 주택 생산을 점진적으로 확대하는 것이 우리 현실에 적합할 것으로 보인다.

생산성을 향상시키기 위한 다음 과제는 표준화의 확대이다. 아직도 우리 건설현장에서는 공장에서 생산된 건축자재를 현장치수에 맞추어 절단·가공하는 경우가 많다. 이러한 과정에서 공정 지연, 폐재 발생, 부실 시공 등의 문제가 자주 발생하고 있다. 표준화된 부재의 생산으로 건축생산을 합리화하고 품질 수준을 높이는 동시에 공사비를 절감하는 노력이 필요하다.

네 번째로 기능인력에 의하여 수행되던 작업을 기계화 또는 자동화함으로써 인력부족 문제를 해결하고, 전체적인 작업 생산성의 향상과 비용 절감의 효과까지 기대할 수 있다. 조사에 의하면 기계화·자동화에 의한 생산성 향상은 약 15%에 이르는 것으로 밝혀지고 있다.

그밖에 고성능 자재 사용을 확대함으로써 생산성 향상, 공기단축, 비용절감을 도모하는 외에 다기능공 육성, 건설 정보화 추진 등 생산성 향상을 위해 여러 가지 방안을 강구할 수 있을 것이다.

이상에서 본 연구에서 논의되었던 경제적 측면에서의 주택건설 비용, 기술적 측면에서의 건설공기, 그리고 이러한 두 주제를 포괄하는 종합적 관점에서 주택건설 생산성과 관련하여 언급된 논지들을 정리해 보았다.

그 동안 우리나라의 주택문제를 해결하는 실마리를 수요 억제 내지 관리를 중심으로 했으나, 기본적으로는 공급 효율을 향상시키는 것이 보다 중요하다고 생각한다. 선진 각국들은 주택건설의 생산성 향상을 위해 정부가 주도가 되어 여러 가지 프로그램을 추진하고 있다. 우리나라도 건교부가 중심이 되어 건설생산성 향상을 위해 노력을 하고는 있지만 큰 반향을 얻고 있는지 미지수이다. 주택문제 때문에 소모되는 사회적 에너지가 너무 큰 것 같다. 국가 차원에서의 주택 생산성 향상 대책을 강구하는 진지한 노력을 기울일만한 충분한 가치가 있다고 생각한다.

이제 주택건설을 합리화하고 생산성을 높이는 것은 건설업체의 공통 과제이다. 안정적인 경제성장과 인구 성장률 둔화 등의 추세를 감안할 때, 주택시장은 현재와 같은 초과수요에 의한 이상 과열 분위기가 계속 지속될 수는 없을 것이다. 그렇게 되면 공급측면에서의 생산 효율화가 기업의 생존을 좌우하는 중요한 잣대가 될 것이다. 더욱이 후분양제 도입과 같은 제도적 변화는 생산과정에 대한 불확실성이 제거되고 소비자가 완성

된 주택을 직접 확인하고 선택하게 됨으로써 기업 브랜드의 후광 효과가 감소하고, 가격과 품질에 대한 중요성이 훨씬 부각될 것이다. 주택 생산과정의 효율화 정도가 시장선택의 중요한 변수가 될 것이다. 협력업체에게 일임할 것이 아니라, 자신이 수행하는 공사에 대해 보다 구체적인 사항까지도 파악하고, 자료를 분석하고 DB로 구축하면서 이를 다음 공사에 피이드백시키는 노력이 중요하다. 앞으로 실적공사비 적산제도가 확대 도입되는 것에 대비해서도 자사가 수행한 공사에 대한 시공관련 자료를 DB화하여 이를 적극 활용하는 방안을 모색할 필요가 있다.

본 연구에서 주택공급 효율성에 관한 모든 문제를 다룰 수는 없었다. 더욱이 구체적인 내용에 있어서는 전문적이고 기술적으로 복잡한 사항도 많았기 때문에 분석에 한계가 컸다. 이 연구는 독자적인 분석과 조사에 기초한 것이라기보다는, 그동안 여러 문헌에서 조사되었던 내용과 업체 실무자들의 견해를 종합하여 기술하였다. 주택 건설공사는 지역에 따라, 규모에 따라, 건설 주체에 따라 다양한 속성을 갖고 있다. 따라서 이를 일반화하는 것은 상당히 어려운 작업이며, 사례 조사 등에 기초한 분석과 그에 따른 판단에 대해서는 얼마든지 다른 견해와 입장을 충분히 가질 수도 있다고 믿는다.

그런 의미에서 본 연구는 주택생산 효율화를 시도하는 데 필요한 여러 가지 판단의 기초자료를 제공하는 기본 연구로서의 의미를 가진다. 추후 세부적인 사항에 관해 후속 연구를 진행할 필요가 있다. 특히 주택 생산성 격차 분석, 외국의 공업화 주택 국내 도입 가능성 검토, 외국의 주택 생산성 향상 정책의 추진과정과 성과, 주택건설 하도급체계의 효율성 분석, 주택건설 공사기간 실태 조사 및 공기 단축방안, 주택생산 Best Practice의 발굴과 이에 대한 전파 방안 등에 관해 더욱 심도 있는 연구가 필요할 것이다.

<참고 문헌>

- 김경환, 건축공사의 다기능공 활용을 위한 기능조합 방안, 대한건축학회 논문집, 구조계, 19권 11호, 2003. 11.
- 김경환, 다기능공을 활용한 건축공사 생산성 향상 방안, 대한건축학회논문집, 구조계, 18권 7호, 2002. 7.
- 김기영, 건축공사의 원가관리 효율화 방안 연구, 석사학위 논문, 인하대학교 산업기술대학원, 1994
- 김영석, 국내 건설산업의 건설 자동화 및 로봇틱스 도입 방안에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 구조계, 17권 2호, 2001. 2.
- 김예상, 건설생산성에 영향을 미치는 요인분석, 건축학회논문집, 10권 10호, 1994. 10.
- 김종훈, 건설기기 혁신에 관한 소고, 콘크리트학회지, 12권 6호, 2000. 11.
- 대한건설협회, 건설표준품셈, 2003.
- 대한주택공사, 공정관리 과학화 연구, 1993. 6.
- 대한주택공사, 주공의 종합 공정관리 전산시스템 구축시안(I), 1996. 9.
- 문영호, 건설로봇 도입시의 타당성 분석, 산업기술정보원, 1991
- 문지용, 건설기업의 원가관리 현황과 개선 요소, 대한건축학회논문집, 구조계 16권 3호, 2000. 3.
- 박근준, 공동주택공사에서의 공종별 영향분석에 의한 비용 리스크 관리방법에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 15권 4호, 1999. 4.
- 신종현, 공동주택 골조공사의 적정 공사계획 시스템, 대한건축학회 논문집, 구조계, 19권 11호, 2003. 11.
- 신종현, 철근 콘크리트 벽식구조 공동주택 구조체 공사의 공구분할 방법에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 11권 12호, 1995. 12
- 신현식, 건축시공의 자동기계화, 건축, 129호, 1986. 3.
- 한국물가자료협회, 월간물가자료, 2000년 기준
- 이광규, 원가관리 개선방안, 석사학위 논문, 중앙대학교 대학원, 1998.
- 이교선, 건설산업의 지식기반 생산시스템으로의 변혁, 건축, 2002. 9.
- 이교선, 장수명 고품질의 건축유산을, 건축, 2002. 8.
- 이두진, 아파트 골조공사의 작업실태에 대한 조사연구, 대한건축학회 논문집, 11권 6호,

1995. 6.
- 이복남, 자동화·정보화·표준화의 진전과 현장생산체계 및 관리방식의 변화전망, 건설산업동향, 한국건설산업연구원, 1999. 12.
- 이상범, 공정균형 개념을 적용한 공기산정 방법에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 구조계, 17권 9호, 2001. 9.
- 이종수, 고성능 자재의 사용에 의한 기능인력 수요절감 효과 분석 ; 고강도 콘크리트를 중심으로, 건설산업동향, 한국건설산업연구원, 2003. 1.
- 장현승·우성권, 건설공사의 자동화·기계화의 효과 및 확대 방안, 건설산업동향, 한국건설산업연구원, 2003. 4.
- 전재열, 국내건설사업의 선진화 방향과 미 일 건설환경의 비교분석, 건축, 2002. 9.
- 정대용, 건축설계 실무자의 공사비용 절감에 대한 태도 및 방안제시 연구, 건축학회 학술발표논문집, 20권 1호, 2000. 4.
- 정영수, 공정·원가 통합 관리 활성화 방안 ; EVMS 현장 적용을 위한 개선 방향, 한국건설산업연구원, 1999.
- 정영수·김승, 건설관리정보의 통합효율성 분석, 대한건축학회논문집, 구조계, 14권 5호, 1998. 5.
- 조훈희, 공기연장 실태조사를 통한 발주자중심 공기지연 리스크 대응방안, 대한건축학회 논문집, 구조계, 17권 12호, 2001. 12.
- 진영섭, 아파트 공사기간 산정에 영향을 주는 작업불가능기준에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표 논문집, 18권 1호, 1998. 4.
- 대한건축학회, 초고층건축 거푸집 시스템 국제세미나, 1999. 11.
- 최민수, 건설기술 어디까지 왔나, 건설저널, 한국건설산업연구원, 2002. 4.
- 하상준, 아파트 골조공사의 적정 사이클에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표논문집, 18권 1호 1998. 4.
- 한국전력공사, 97 원전건설 국제경쟁력 향상 Workshop, 1997.
- 한종관, 시공자 중심의 주요 공종별 공기지연 원인분석에 관한 연구 ; 공동주택을 중심으로, 건축학회 논문집, 구조계, 19권 3호, 2003. 3.
- MGI, 맥킨지 보고서, 매일경제신문사, 1998.
- Adrian, J.J., Construction Productivity Improvement, Elsevier, 1987.
- CII, Determinants of Craft Labor Productivity, Construction Industry Institute, 2001. 3.
- Dr. George Jergas, PMI 1999 Symposium, Trans Canada Transmission Co. 1999. 10.

Jergeas, G., John Van der Put, Constructability ; Realizing the Benefits, PMI, 1999
Annual Symposium
NAHB Research Center, Factory and Site-Built Housing ; A Comparative Analysis,
HUD, 1998.
The US Concrete Industry Technology Road Map, ACI, 2001. 7.