

건설산업동향

고성능 자재의 사용에 의한 기능인력 수요절감 효과 분석

- 고강도 콘크리트를 중심으로 -

이종수

2003. 1. 23

▪요약	2
▪서론	3
▪고성능·고강도 콘크리트의 특성	4
▪국내외 고강도 콘크리트의 사용 현황	6
▪고강도 콘크리트 활용에 의한 기능인력 수요절감 효과 분석	8
▪결론	13

요 약

- 국내 건설 현장에서 고성능 자재의 사용이 원활하지 못한 이유는 다음과 같음.
 - 일반적으로 고성능 자재는 생산 원가가 높기 때문에 건설산업에 대량으로 도입하기가 어려움.
 - 기존 자재만으로도 어느 정도 성능을 확보할 수 있기 때문에 굳이 고성능 자재를 도입할 필요가 있는가 하는 회의적인 시각이 지배적임.
 - 고성능 자재의 활용 효과에 대한 수요 및 이해가 상당히 부족한 편임.
- 건설 현장의 기능인력 부족 현상은 국내외 공통적인 문제점으로 지적되고 있으며 향후 더욱 심각해질 것으로 예상됨. 따라서 고성능·고강도 자재를 활용함으로써 기능인력의 수요 절감 방안을 모색할 필요성이 있음.
- 국내외 고강도 콘크리트의 사용 현황을 살펴보면 선진국뿐만 아니라 동남아시아 국가에서도 압축강도 400~500kgf/cm²의 콘크리트 사용이 상용화되어 있고, 특히 캐나다의 경우에는 압축강도 8,000kgf/cm²의 초강도 콘크리트가 개발된 상태임. 그러나 국내의 경우 최근에 들어서 주상복합건물의 기둥에 800kgf/cm²의 초고강도 콘크리트를 사용한 실적이 있으나 외국과 비교할 때 고강도 콘크리트의 상용화 수준은 상당히 뒤쳐져 있는 실정임.
- 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% 정도 절감한 것으로 보고됨. 이는 기능인력 수요의 약 3.8%에 해당하는 절감 효과를 의미함.
- 기둥 혹은 보와 같은 단일 부재에서 고강도 콘크리트와 고강도 철근을 사용할 경우의 재료비와 인건비의 변화를 분석한 결과, 고강도화에 따라 자재의 단위생산비용은 상승되나 투입량이 감소하면서 전체공사비 측면에서는 재료비의 절감이 가능함. 특히 콘크리트와 철근 작업에 소요되는 기능인력을 절감할 수 있으므로 생산성 향상 및 경제적인 시공에 도움을 줄 수 있다고 판단됨.
- 콘크리트 자재의 고강도화는 현장 작업량(Quantity)을 줄일 수 있음으로써 기능인력의 절감 효과뿐만 아니라 콘크리트의 구성 재료인 모래·자갈 등 국내에 부족한 원재료의 수요까지 줄일 수 있는 효과가 있음.
- 자재 성능의 고기능화와 고강도화 등은 건설 기능인력 수요를 상당히 감소시킬 수 있을 것으로 기대되므로 건설 현장 기능인력의 수급 불균형을 해소하는 측면에서 산·학·연 공동협력을 통하여 고강도·고성능 자재에 대한 연구개발이 지속될 필요성이 있음.

■ 서론

- 건설산업에 있어 고성능 자재의 개발이란 기준에 사용하고 있는 콘크리트, 철강 재료 등의 성능 개선 및 타 산업에서 사용 또는 개발중인 신금속재료, 고분자재료, 세라믹, 복합재료 등 첨단소재를 응용하는 모든 분야가 포함될 수 있음.
- 현재까지 건설산업에 있어 고성능 자재의 활용이 원활하지 못한 이유를 살펴보면 고성능 자재는 일반적으로 생산원가가 높기 때문에 건설생산에 대량으로 도입하는 것이 어렵다는 점과 기존 자재만으로도 어느 정도 성능을 확보할 수 있기 때문에 굳이 고성능 자재를 도입할 필요가 있는가에 대해 회의적인 시각이 지배적이었음. 뿐만 아니라 고성능 자재의 활용효과에 대한 수요 및 이해가 상당히 부족했기 때문으로 판단됨.¹⁾
- 그러나 사회적·환경적 요소가 변화하고 있고, 건설 생산물의 요구성능이 고도화되는 현실에서 경제성을 충족시킬 수 있다는 전제 하에서는 고성능 자재의 도입이 필수 불가결한 것으로 판단됨.
- 건설 현장의 기능인력 부족 현상은 국내외 공통적인 문제점으로 지적되고 있음. 특히 국내 건설현장의 경우, 건설 기능인력의 수급불균형은 앞으로 더욱 심각해질 것으로 예상된다.
- 건설 현장 기능인력의 수급불균형을 근본적으로 해소하기 위해서는 기능인력의 공급 확대와 함께 수요 자체를 감소시키는 방안이 연구되어야 함. 건설 기능인력의 수요를 절감하기 위하여 다양한 방안이 거론될 수 있으나 자재 성능의 고기능화와 고강도화 등도 건설기능인력 수요를 상당량 절감시킬 수 있는 하나의 방안이 될 것으로 기대됨.
- 따라서 본 고에서는 건설 현장에서 널리 사용되고 있는 콘크리트 재료를 중심으로 성능 개선 및 시공성 향상에 따른 생산성 향상의 사례를 살펴보고, 이에 따른 기능인력의 수요절감 효과를 살펴보고자 함.

1) 민간공사에서는 설계강도의 변경으로 공사비절감 효과를 얻을 수 있으나 공공공사의 경우 내역입찰에서 단가를 변경하는 것이 어렵고 기술·신공법 지정의 번거로움 등 원가절감 동기가 부여되기 어렵기 때문임.

■ 고성능·고강도 콘크리트의 특성

고강도 콘크리트

- 고강도 콘크리트란 압축강도가 높은 콘크리트를 의미하며, 건축공사 표준시방서에서는 “설계기준강도가 보통콘크리트에서 300kgf/cm^2 이상”으로 규정하고 있음. 그러나 콘크리트학회(KCI) 시방서에는 설계기준강도 400kgf/cm^2 이상, 그리고 KS 규정 중 KD F 4009(레디믹스트콘크리트)에서는 호칭강도로 400kgf/cm^2 이하는 표준품이고 그 이상은 특수품으로 규정되어 있음. 따라서 우리나라 현실에서 고강도 콘크리트를 압축강도 400kgf/cm^2 이상인 콘크리트로 간주하여도 무리가 없을 것으로 판단됨.²⁾
- 고강도 콘크리트의 이점으로는 고강도화에 따른 부재 단면의 축소와 그에 따른 구조체 자중의 감소, 그리고 고내구성 및 고성능 감수제(Superplasticizer)의 사용에 따른 유동성의 증진 등으로 고품질을 실현하는 것이 가능하다는 것임.
- 고강도 콘크리트 사용에 따른 경제적인 이점을 살펴보면, 첫째, 단위경비에 비해 높은 강도를 보유함으로써 제조가격 상승 대비 강도의 증가비율이 크고, 둘째, 단면축소에 따른 거푸집 작업의 감소, 그리고 콘크리트 타설 작업이 용이해지며, 콘크리트 타설공의 감소 등으로 현장 기능인력의 수요 절감을 유도할 수 있다는 것임.
- 또한, 콘크리트의 압축강도가 500kgf/cm^2 이상이 되면, 재령 16시간에 약 100kgf/cm^2 이상의 강도 발현 특성을 가지게 되므로 거푸집의 조기 탈형이 가능해지고, 거푸집의 회전 주기를 짧게 할 수 있으므로 전체 공기의 단축 및 보유 거푸집의 수량 감소로 자재 구매비 절약 등 전체적으로 경제적인 시공이 가능할 것으로 판단됨.
- 그러나 현재까지 비경제적인 배합비, 품질보증 및 품질관리의 어려움, 설계기준 미흡, 기존 시방서 미비 등 고강도 콘크리트 사용에 대한 이해와 확신 부족, 그리고 고강도 콘크리트 사용시 발생할 수 있는 위험부담 및 실무자의 경험부족 등으로 아직까지 활성화되지 못하고 있음.

2) 한천구, 초고층 건축물의 콘크리트, 건축, 2001. 10

고내구성 콘크리트

- 고내구성 콘크리트는 일반적이고 보통의 환경 상태에 있어서 특히 긴 내용년수를 기대하는 시설물에 적용하는 것이 유리함. 다만, 장시간 고온에 접하거나 부식성 가스에 접하는 등 환경조건이 특수한 시설물에는 사용하지 않음.
- 고내구성 콘크리트를 사용하여야 할 시설물로서는 콘크리트의 손상이나 성능 저하가 발생할 경우, 구조적 안전성에 위험성이 높고 수선 및 보수에 높은 비용이 수반되는 초고층 건축물이나 댐, 터널 등을 예로 들 수 있음. 또한, 구조체의 내용년수 신장이 경제적으로 유리하다고 생각되는 집합주택, 학교, 각종 공공시설물 등을 들 수 있음.
- 즉, 고내구성 콘크리트를 활용함으로써 시설물의 수명을 연장시킬 수 있으며, 이는 건물수명 완료 후 해체·철거 비용의 절감 및 신축에 따른 비용의 절감을 도모할 수 있으므로 장기적인 관점에서 볼 때 기능인력의 수요를 절감할 수 있음.

유동화 콘크리트

- 유동화 콘크리트란 믹서로 일단 비빔을 완료한 콘크리트에 유동화제를 첨가하여 교반장치(일반적으로 에지테이터 트럭)로 혼합하여 유동성을 일시적으로 증대시킨 콘크리트를 말함. 유동화제란 유동화 콘크리트에 이용되는 화학혼화제로서 감수제(減水劑) 혹은 고성능 감수제를 기본으로 하고 있음.
- 유동화 콘크리트는 현장 시공성 향상을 목적으로 현장에 운반된 레디믹스트 콘크리트에 유동화제를 첨가함으로써 용이한 운송 및 작업의 효율성을 증대시키는 것이 가능함. 특히, 특히 서중(暑中) 콘크리트 타설시 유동성(Fluidity) 저하가 현저한 경우 워커빌리티(Workability) 확보 및 높은 장소의 펌프 압송성을 개선할 목적으로 사용되고 있음.
- 유동화 콘크리트를 사용할 경우, 압축강도의 변동이 없이 슬럼프치의 조절이 가능해지므로 바이브레이터를 이용한 다짐 작업이 불가능한 장소 및 부재단면이 복잡한 경우에 유동화 콘크리트를 사용하여 가수(加水)를 방지하고 콘크리트 품질 향상을 도모할 수 있음. 또한, 수분증발에 따른 펌프압송 파이프의 막힘 등으로 인한 작업 지연을 방지함

으로써 작업생산성 향상을 도모할 수 있음.

- 특히 콘크리트의 대량 타설이 필요한 시설물의 경우, 작업인력에 의한 진동 다짐이 불가능할 경우, 또는 많은 작업인력이 필요할 경우, 고유동화 콘크리트(High flowing concrete)를 이용한 무진동 다짐을 활용함으로써 콘크리트 작업인력의 절감을 유도할 수 있음.
- 또한 건축가가 건축물을 설계할 시 외부 벽체를 노출 콘크리트 마감으로 계획하거나 곡면 또는 다양한 형상의 벽체를 디자인할 때 고유동화 콘크리트를 사용함으로써 일반 콘크리트 사용시 발생할 수 있는 외부 벽체의 단면결손이나 곰보(Honeycomb)현상을 방지할 수 있음. 따라서 콘크리트 벽면의 면고르기, 또는 미장이나 단면결손에 따른 보강공사에 필요한 공종을 삭제할 수 있어 이에 소요되는 기능인력을 절감할 수 있음.

■ 국내외 고강도 콘크리트의 사용 현황

- 고강도 콘크리트가 가장 널리 보급된 미국의 경우 1975년 74층의 Water Tower Palace에 630kgf/cm^2 강도의 콘크리트를 사용한 이래 지난 4~5년 사이에는 시카고 지역을 중심으로 700kgf/cm^2 이상의 초고강도 콘크리트를 사용한 건물들이 완공되었음.
- 또한 현재에는 $1,000\text{kgf/cm}^2$ 이상 콘크리트의 사용이 미국 전역에 확산되고 있는 추세임. 현재까지 건축물에 이용된 최고의 콘크리트 강도는 $1,330\text{kgf/cm}^2$ 의 초고강도 콘크리트로서 시애틀 소재 Two Union Square Building의 62층 복합기둥에 사용된 것으로 알려져 있음.
- 캐나다는 1964년 몬트리올 지역의 Palace Victoria에 420kgf/cm^2 를 사용한 후 1988년 정부차원의 “고성능 콘크리트 연구센터” 설립을 통해 고강도 콘크리트에 대한 연구가 본격화되었으며, 1997년에는 압축강도 $3,000\text{kgf/cm}^2$ 의 초고강도 콘크리트를 개발하였고 Sherbrook 교량에 실제 적용하였음. 또한 1998년에는 압축강도 $8,000\text{kgf/cm}^2$ 의 초고강도 콘크리트가 개발된 상태임.

- 일본은 지진으로 인하여 1970년대까지 건축구조물에 400kgf/cm^2 이상의 고성능·고강도 콘크리트를 적용하는 것이 극히 제한적이었으나, 1980년 이후에는 420kgf/cm^2 이상의 콘크리트 사용이 급증하고 있음. 그 이후 1988년부터 진행된 새로운 철근 콘크리트 5개년 계획(New RC Project)을 산·학·연 합동으로 수행하면서 $1,200\text{kgf/cm}^2$ 까지의 강도 발현을 목적으로 제반 역학적 시험을 수행하였고, 최근에는 설계강도 $600 \sim 800\text{kgf/cm}^2$ 의 고강도 콘크리트가 상용화되어 있음.
- 유럽지역 중 노르웨이는 고강도 콘크리트를 많이 사용하는 대표적인 국가로서, 1970년 초에 $400 \sim 450\text{kgf/cm}^2$, 1980년대에 $450 \sim 600\text{kgf/cm}^2$ 의 콘크리트를 사용하였으며, 고속도로와 교량 같은 마모율이 큰 공사에 $600 \sim 700\text{kgf/cm}^2$ 의 고강도 콘크리트를 사용하는 것이 일반화되어 있음.
- 아시아 지역의 경우, 홍콩에서는 700kgf/cm^2 를, 그리고 태국, 인도네시아 등 대부분의 동남아시아에서는 $400 \sim 500\text{kgf/cm}^2$ 의 고강도 콘크리트가 상용화되고 있음. 특히 말레이시아의 KLCC 현장의 기둥에는 800kgf/cm^2 의 고강도 콘크리트를 사용하였음.
- 국내의 경우 고강도 콘크리트에 대한 연구는 1980년대 중반까지 별다른 연구결과물이 나오지 않아 지지부진한 형편이었음. 그러나 1990년 신도시에 초고층 아파트가 등장하면서 아파트 하부 벽체의 단면이 증대하는 문제를 해결하고, 고층부 콘크리트 펌핑(pumping)을 위한 유동성 확보 차원에서 고강도 콘크리트에 대한 연구가 수행되어 S 건설사의 아파트 지하층에 최초로 500kgf/cm^2 의 고강도 콘크리트가 시험 시공된 바 있음.
- 최근 서울시내 초고층 주상복합건물이 건축되면서 기둥에 800kgf/cm^2 의 초고강도 콘크리트를 사용하기 시작하였고, 높이와 부위에 따라 다양한 고강도 콘크리트를 사용하고 있는 사례가 있으나, 외국과 비교할 때 국내 고강도 콘크리트의 상용화 수준은 상당히 뒤쳐져 있는 실정임.

■ 고강도 콘크리트 활용에 의한 기능인력 수요절감 효과 분석

고강도 콘크리트 활용 사례 1

- 본 사례는 지하6층, 지상 69층의 주상복합 건축물로써 기본 구조 시스템은 콘크리트 압축강도 500, 400, 300kgf/cm²의 철골 철근 콘크리트조로 계획되었음. 그러나 설계의 진행 및 시공성 검토과정에서 압축강도 800, 600, 400kgf/cm²의 고강도 콘크리트를 사용함으로써 자중의 감소 및 기둥의 단면적 감소 등이 가능하기 때문에 원가절감과 생산성 향상에 기여할 것이란 판단으로 콘크리트 규격을 변경하였음.
- 당초 건물외곽 철골기둥은 H-498×432×45×70 부재를 지상 22층까지 시공하도록 계획되어 있었으나 콘크리트의 규격을 고강도 콘크리트로 변경함으로써 H-498×432×45×70 부재를 10층까지만 시공하고 지상 11층에서 22층까지는 부재의 사이즈를 감소하여도 구조상 문제가 발생하지 않는 것으로 해석·시공되어 부재를 57% 이상 절감하였음.
- 또한, 16층을 기준으로 당초 건물내부 철골기둥은 H-498×432×45×70 부재를 사용하도록 계획되었으나 콘크리트 규격 변경으로 16층 기준으로 H-458×417×30×50 부재를 사용하여도 구조적인 문제가 없는 것으로 판명되어 부재의 규격을 69% 이상 절감하였음.
- 콘크리트 규격 변경으로 인한 경제적 이익을 살펴보면, 우선 철골 부재의 감소로 인한 철골 전체 중량 22%에 해당하는 금액을 절감하였고, 철근의 규격을 변경(35mm→32mm)함으로써 철근 중량을 당초 물량보다 17% 감소시키는 효과가 발생함.
- 또한, 콘크리트 규격의 변경으로 콘크리트 제조 단가가 11% 증가하였으나, 물량이 13% 감소함으로써 노무비 등을 감안할 때 약 11.7% 플러스 요인이 발생하였고, 콘크리트 시공 물량 감소에 따라 거푸집 시공물량을 4.8% 절감하는 것이 가능하였음.
- 통계청이 발표하는 2001년 「건설업 통계조사보고서」의 노동관련 비용 중 노무비가 전체공사비에서 차지하고 있는 비율을 살펴보면 약 29.2%를 차지하는 것으로 나타남. 또한, 회계예규 예정가격 작성준칙에 의거하여 계상된 공사금액을 분석한 결과³⁾ 직접

노무비가 28.5%, 간접노무비가 3.9%를 차지하였음.

- 따라서 이러한 사항들을 종합적으로 고려할 때 전체적으로 약 14% 정도의 공사비를 절감한 것으로 산출되었으므로 노무비 비율을 적용하면 콘크리트 강도 변경으로 약 4.0%의 기능인력 절감을 달성한 것으로 유추할 수 있음. 이상의 사항을 아래 <표 1>로 정리하였음.

<표 1> 콘크리트 강도 변경에 의한 경제적 효과 산출

구 분	당 초	변 경	증감 효과
철골(기둥)	22층까지 사용	10층까지 사용	22% 감소
철골(규격축소)	16층까지	16층까지	
철근	35mm	32mm	17% 감소
콘크리트(기둥)	1,100×1,100	1,000×1,000	규격은 감소 강도증가로 비용 11.7% 증가
거푸집	1,100×1,100	1,000×1,000	물량기준 4.8% 감소
전체 평가			전체공사비 약 14% 절감
예상 기능인력 절감 비율			14%×28.5% = 3.99%

고강도 콘크리트 활용 사례 2

- 이 사례는 지하 2층 지상 12층의 복합상가 건축물로서 철골 철근 콘크리트조로 계획되었고, 당초에는 콘크리트 압축강도 240kgf/cm²를 사용하기로 계획하였다가 400kgf/cm²로 규격을 변경하였음.

3) 권오현·이종수, 근로시간 단축에 따른 건설기업의 대응전략, pp.33 ~ 39, 한국건설산업연구원, 2002-11

- 당초 콘크리트 규격보다 상향조정된 고강도 콘크리트를 사용함으로써 콘크리트의 제조 단가는 23% 상승되었고, 물량으로는 26% 감소하여 전체적으로 콘크리트 공사비는 약 3% 정도 계획금액보다 상승하였음.
- 그러나 콘크리트 규격 변경에 따라 사용되는 철근의 수량이 148-HD에서 80-HD로 수량이 감소됨으로써 약 46%의 철근 감소 효과가 발생하였으며, 시공물량 감소에 따른 철근 기능인력 절감 및 시공성 향상을 이룬 것으로 판단됨.
- 또한 콘크리트 시공 물량이 감소함에 따라 거푸집 시공물량이 11.6% 감소하는 효과가 발생하여 전체적으로 콘크리트 강도 변경에 따른 경제적 효과는 전체 공사비의 약 13% 정도 절감한 것으로 분석됨. 따라서 통계청의 건설공사 비용중 직접노무비가 차지하는 약 28.5%의 비율을 적용하면, 약 3.7% 정도의 기능인력을 절감한 것으로 유추할 수 있음. 이상의 사항을 아래의 <표 2>로 정리하였음.

<표 2> 콘크리트 강도 변경에 의한 증감비율 분석

	당초(fCK=240kgf/cm ²)	변경(fCK=400kgf/cm ²)	증감비율
거푸집	17.2m ²	15.2m ²	11.6% 감소
철근	148-HD29	80-HD29	45.9% 감소
콘크리트	4.77m ³ /m	3.66m ³ /m	23.2% 감소
전체평가			전체공사비 약 13% 절감
예상 기능인력 절감 비율			13%×28.5% = 3.71%

고강도 특수철근⁴⁾

- 고강도 특수철근이란 SD 500 이상으로써 일반적으로 공사 현장에서 사용되고 있는 일

4) 인터넷 www.re-bar.co.kr 사이트에서 인용한 내용을 정리한 것임.

반철근 및 고장력 철근(SD 400)보다 항복강도가 25%이상 높은 철근을 말함. 이러한 고강도 특수철근은 철근콘크리트 시설물의 고층화와 대형화·장대화 추세에 따라 건설 공사에 투입되는 양이 증대하는 추세를 보이고 있음.

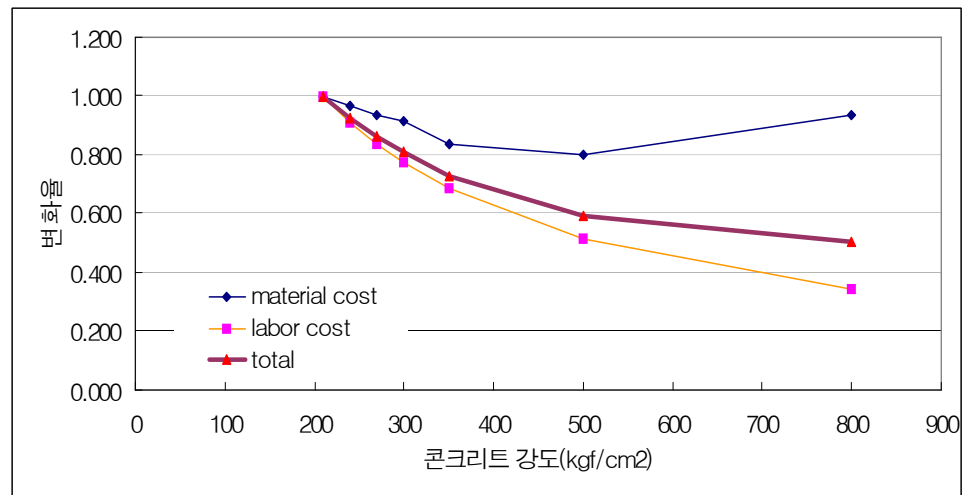
- 고강도 특수철근을 건설현장에 적용할 경우, 배근간격을 넓게 설계할 수 있으므로 과밀 배근을 사전에 예방할 수 있어 콘크리트 타설 작업을 용이하게 해주는 등 뛰어난 시공성을 확보할 수 있음.
- 기존의 고장력 철근보다 톤당 3만원 이상 가격이 높고 생산비용도 다소 비싸기는 하지만 강도가 높기 때문에 철근콘크리트 공중에 투입되는 철근 소요량을 줄여 철근운반 및 가공 시간을 감축할 수 있음.
- 또한, 고강도 특수철근을 사용할 경우, 기둥의 단면을 감소시킴으로써 거푸집 자재의 절감 및 건축물 등의 가용면적이 넓어질 것으로 전망됨. 따라서 현장 투입 철근공의 인력 절감 등을 통하여 철근 구매비용의 10~20% 정도를 절감할 수 있음.

강도 변경에 따른 효과

- 상기의 활용 사례에서 나타난 고강도 콘크리트 및 고강도 특수철근을 사용할 경우, 예상되는 기능인력 절감효과를 <그림 1>과 <그림 2>에 도시하였음. 그래프에서는 하나의 부재를 타설할 때 콘크리트의 강도 및 철근의 강도에 따른 재료비와 노무비의 변화 비율을 나타내었음. 다만, 단일 부재에 대해서만 강도 변경에 따른 변화를 계산하였으므로 전체공사비의 변화를 정확히 예측할 수는 없으나 재료비 및 노무비 절감에 상당한 효과가 있다는 것을 보여주고 있음.
- <그림 1>은 하나의 기둥(Column)을 설치할 때 콘크리트 강도 변경에 따른 재료비와 노무비의 변화를 나타낸 것임. 일반적으로 사용되고 있는 압축강도 210kgf/cm²의 콘크리트를 500kgf/cm²으로 변경할 경우, 제조단가는 상승하나 단면축소에 따른 물량의 감소로 재료비는 약 20% 가량 절감 효과가 있는 것으로 나타남. 또한, 노무비는 거푸집 단면 축소, 콘크리트 타설 물량 감소 등에 의하여 약 45% 가량 절감할 수 있는 것으로 판단됨. 따라서 전체 공사비는 약 40% 정도 절감이 가능할 것으로 판단됨.

- 그리고 콘크리트 압축강도를 800kgf/cm²로 변경할 경우, 재료비는 제조원가의 상승으로 인하여 500kgf/cm²보다 증가하나 전체적인 노무비 및 공사비는 감소되는 것으로 분석되었음.
- 따라서 <그림 1>의 그래프에서 나타나듯이 고강도 콘크리트를 사용할 경우, 거푸집 단면의 축소와 콘크리트 타설량의 감소로 인한 기능인력 절감을 도모할 수 있어 향후 예상되는 기능인력 부족에 대비할 수 있을 뿐만 아니라 건설 생산성 측면에도 상당한 기여를 할 수 있을 것으로 판단됨.

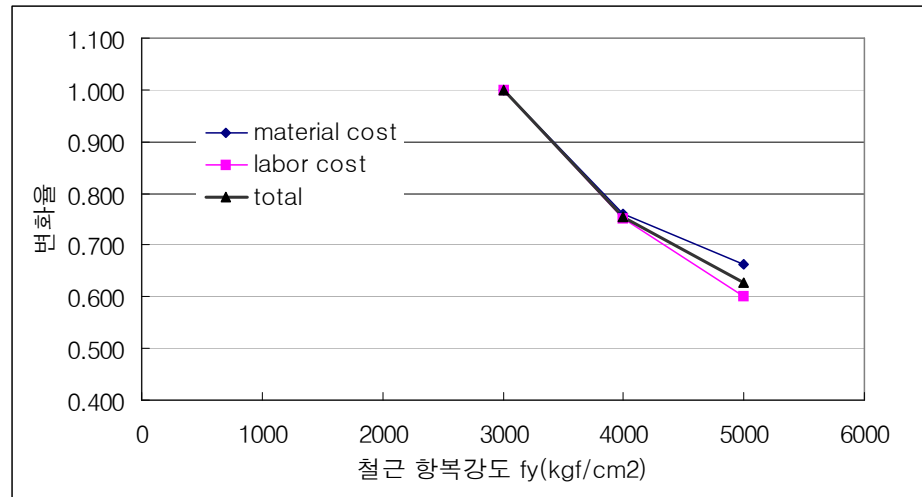
<그림 1> 콘크리트 강도 변경에 의한 재료비와 노무비 변화



*가정: 주철근 강도 $f_y=4,000\text{kgf/cm}^2$, 주철근비:0.02, 작용 축하중 $P_u:100\text{tonf}$, 기둥높이:3m

- <그림 2>는 하나의 보(Girder)에 배근되는 철근의 항복강도를 변경함으로써 발생하는 재료비와 인건비의 변화비율을 나타내는 것임. 일반적으로 사용되고 있는 항복강도 $f_y=3000\text{kgf/cm}^2$ 를 $f_y=4000\text{kgf/cm}^2$ 으로 변경할 경우 재료비와 노무비는 각각 25% 정도 절감되는 것으로 나타남.
- 특히 항복강도 $f_y=5000\text{kgf/cm}^2$ 를 사용하게 되면 철근량의 대폭 감소로 인하여 철근 배근 및 운반에 필요한 기능인력의 대폭적인 절감이 가능하여 노무비의 절감뿐만 아니라 배근 대수의 감소로 인하여 재료비도 절감이 가능한 것으로 판단됨.

<그림 2> 철근 강도 변경에 의한 재료비와 노무비 변화



*가정: 보 단면=30x50cm, 보 길이=8m, 작용 모멘트:21tfm

- 상기 <그림 1>과 <그림 2>의 그래프에서 도출될 수 있는 결과로써, 고강도 콘크리트 및 철근을 사용할 경우 제조단가가 초기에는 상승되나, 전체공사비 측면에서는 재료비의 절감이 가능하며 특히 콘크리트와 철근 작업에 소요되는 기능인력을 절감할 수 있으므로 생산성 향상 및 경제적인 시공에 도움을 줄 수 있다고 판단됨.

■ 결론

- 고성능·고강도 콘크리트를 활용함에 따른 생산성 향상 및 기능인력 절감효과를 살펴 보았으나 아직까지 국내에서는 고강도·고내구성 및 고유동화 콘크리트의 사용이 일반적이지 못함. 이는 선진국과의 비교는 물론이고, 동남아시아 국가에서도 400kgf/cm² 이상의 고강도 콘크리트가 일반적으로 사용되고 있는 현실과 비교할 때 시급히 개선할 필요성이 있음.
- 이처럼 고성능·고강도 콘크리트가 아직까지 널리 보급되지 못한 가장 큰 이유는 제조단가가 기존의 자재에 비해 고가이기 때문에 초기투입 비용 증대에 따른 예산의 확보 및 운영상의 문제를 들 수 있음.

- 그러나 고성능 콘크리트를 사용함으로써 단면의 감소, 자중의 감소, 철근 및 철골량의 감소, 거푸집 설치 면적 축소 등의 효과를 총괄적으로 계상할 경우에는 재료비 및 노무비의 절감으로 인하여 전체 공사비를 절감시킬 수 있다는 결론을 내릴 수 있음. 그리고 국내에서도 고강도 콘크리트의 사용이 일반화·상용화된다면 현재의 특별주문에 의한 고가의 제조원가를 경감할 수 있을 것으로 판단됨.
- 고성능 콘크리트가 널리 활용되지 못하는 다른 이유로서는, 발주자측에서 기존의 자재 성능에 만족하고, 특수한 고성능·고강도 콘크리트를 요구하지 않고 있는 상태에서 레미콘 공장 및 현장에서의 품질관리 업무를 감수하면서까지 고성능 콘크리트를 사용할 필요가 없기 때문임.
- 그러나 한국 건설업체의 주요 경쟁 시장인 저개발국가 및 동남아시아 등지에서는 고강도 콘크리트 사용이 일반화 및 상용화되어 있다는 현실을 고려하여야 함. 즉 국제적 경쟁력을 높이고 기술 수준을 배가하기 위해서는 고강도 콘크리트의 활용에 능동적인 태도를 견지하고 관리기술을 배양하여야 함.
- 콘크리트 자재의 고강도화는 현장의 작업량(Quantity)을 줄일 수 있으므로 콘크리트, 철근, 거푸집 작업 등에 소요되는 기능인력을 절감할 수 있을 뿐만 아니라 콘크리트 자재 불량률 감소와 모래와 자갈 등 국내에 부족한 원재료의 수요까지 절감할 수 있는 효과가 존재하는 것으로 판단됨.
- 향후 예상되는 건설 기능인력의 부족, 고임금의 문제를 해결하기 위해서는 지속적인 건설 기능인력의 공급이 가능하도록 직업훈련 등 건설시장으로의 유인책을 시행함과 동시에 건설 현장 기능인력의 수요 자체를 감소시키는 방안이 연구되어야 함. 이를 위해서는 산·학·연 공동 협력을 통한 기존 자재의 성능 향상, 고성능 자재 사용의 활성화, 새로운 재료의 개발, 건설시장에서의 활용을 위한 제도적 정비 및 관련 도서의 통일화 등이 필요함.
- 고성능 자재를 개발 또는 공급하는 업체도 시설물의 생애주기비용(LCC)을 고려한 재료의 수명 연구 및 시험 성적서의 작성 등이 필수적임. 국내 건설자재 공급업체의 데이터를 살펴보면 KS 규격 적합 등의 내용만 적혀 있을 뿐 재료의 내구연한 및 타 재료와

의 비교 등을 통한 시공성, 인력절감 등의 객관적인 시험 성적 등은 나와있지 않음. 즉 새로운 자재를 시장에 선보이고 활성화시키기 위해서는 제조업체의 책임도 크다는 현실을 직시하여야 함.

이종수(jjong321@cerik.re.kr)

<참고 문헌>

1. 한천구, 초고층 건축물의 콘크리트, 건축, 2001. 10.
2. 박형규, 고강도 콘크리트의 특성과 적용효과에 대한 분석, pp29 ~ 33, 한양대학교 산업대학원, 2002. 5.
3. 福島敏, 新素材開発と建築, 技報堂出, 1993.
4. 콘크리트공학, 콘크리트 저널, 일본콘크리트공학협회, 1998. 11.