2006-04 ·발행처 : 한국건설산업연구원 ·발행인 : 최재덕 ·등록 : 1995년 6월 19일(제16-1149호)

건설산업동향

선작업방식을 통한 현장 기능인력 저감 및 적용조건

장철기·성유경

2006. 3. 15

▪연구의 배경 및 목적 ····· 6
▪선작업의 정의 ····· 7
▪선작업의 효용성 ····· 8
▪선작업이 현장 기능인력에 미치는 영향 ····· 11
▪외국의 현황 및 적용 사례 ····· 14
▪국내의 현황 및 적용 사례 ····· 14
▪효율적인 선작업 적용방안 ····· 21
▪결론 및 시사점 ····· 26

CERIK
Construction & Economy Research Institute of Korea
한국건설산업연구원

요 약

▶ **건설현장의 기능인력 수급 불균형 문제를 해결하기 위해서는 인력의 공급 확대와 더불어 생산성 향상을 통한 현장인력의 수요절감 노력이 병행되어야 함.**

- 생산성 향상을 통한 현장 기능인력의 수요 절감 방안의 일환으로, 본 연구에서는 선작업을 통한 건설 현장 기능인력의 절감 가능성을 타진해보고, 선작업의 효과적인 적용 방안을 제안하였음.
- 선작업(prework)은 기존의 공장제작, 선조립, 모듈화 등 시설물의 구성품을 건설 현장 외 혹은 최종설치지가 아닌 현장 내 다른 장소에서 제작하여 최종설치지로 이동 후 설치하는 방식을 통칭함.
- 선작업의 적용은 건설현장 기능인력의 수요를 절감시킬 뿐만 아니라, 작업자의 생산성 향상, 안전 확보, 고용 안정성, 공기 단축, 공사비 절감, 품질 향상 등의 효과를 가져옴.
- 선작업의 적용에 따른 결과로는 25%의 생산성 향상, 7%~27%의 공사기간 단축, 10%의 공사비 절감, 그리고 현장 인건비의 25% 절감 등이 보고되어 있음.

▶ **이러한 선작업의 효용성을 극대화하고 해당 사업에 효율적으로 적용하기위해서는**

- 선작업의 적용 여부는 가능한 사업 초기에 결정하며, 전체 프로젝트가 아닌 프로젝트의 각 구성요소별로 적용 대상을 결정하여야 함.
- 선작업은 공사 진행 중의 변경 사항에 대하여 융통성이 떨어지므로 사업초기부터 공사범위가 명확히 규정되어야 함.
- 설치될 구성 요소간의 조정 등 치밀한 사전 계획 및 높은 수준의 설계완성도가 요구됨.
- 운송 경로, 운송 방법 등 운송과 관련한 계획 및 현장 이동 후의 양중 계획 수립이 필요함.
- 사업참여자들간의 역할 변화 및 관여 수준에 대한 이해가 필요하며, 통합된 참여가 필요함.
- 현장 및 지역 여건에 대한 고려가 있어야 함.
- 그 외, 체계적인 의사결정 시스템 구축과 선작업 공장에서의 철저한 검사·검증이 필요함.

▶ **기대 효과**

- 선작업의 적용은 해당 공사의 효율적 수행과 생산성 향상뿐만 아니라, 현장 기능인력의 수요 절감을 이룰 중요 방안이 될 것으로 판단되며, 궁극적으로는 향상된 작업환경과 안정된 일자리 제공을 가능케 하여 젊고 유능한 인력의 유입을 통한 긍정적 건설문화 창출로 이어질 것으로 기대됨.

■ 연구의 배경 및 목적

건설현장 기능인력의 부족 및 생산성 저하

- 현재 국내 건설현장에서는 기능인력의 공급 부족과 생산성 저하에 따른 양적·질적 문제를 겪고 있음.

- 공급 부족 문제는 대표적인 3D 산업으로 인식되는 건설업의 부정적 이미지와 힘든 일을 꺼려하는 젊은 층의 성향 등의 요인이 복합적으로 작용해 젊은 층의 새로운 인력이 유입되지 않은데 기인한 것으로 판단됨.

- 생산성 저하는 건설현장 기능인력의 고령화와 숙련공의 부족으로 인한 기능 수준 하락에 기인하는 것으로 판단됨.
  ·2004년 말 현재, 전체 건설 기능인력 중 40대 이상이 차지하는 비율은 64.4%로서 전체 산업 평균인 52.5%보다 훨씬 높은 수치이며, 반면 청년층의 새로운 진입은 줄어들고 있어 건설 기능인력의 고령화는 더욱 심각해질 전망임.
  ·질적인 면에서 보면 국내 건설산업의 1인당 노동 생산성 증가율은 1989년 이후 10년 동안 연평균 4.8%를 기록함으로써, 전 산업의 평균값인 10.5%와 비교하여 무척 낮은 증가율을 보이고 있음[1].

- 이러한 건설현장 기능인력의 부족은 비단 우리나라만의 문제는 아니어서, 미국의 경우에도 이미 비즈니스 라운드테이블(business roundtable)을 통해 건설 기능인력 부족 문제가 대두되었고[2], 홍콩, 일본 등 많은 나라가 기능인력의 양적 부족, 질적 저하 문제를 겪고 있음.

1) 이복남, 신기덕, “한국건설산업의 경쟁력”, 건설산업동향, 한국건설산업연구원, 2001.02.14
2) Business Roundtable (BRT), "Confronting the skilled construction workforce shortage", Washington, D.C., 1997

새로운 접근 방법의 필요성

- 건설 현장의 기능인력 수급 불균형에 대한 해결 방안으로 외국인 산업연수생 확대와 같은 단기적인 처방과 건설인력관리센터 설립, 기능인력 경력관리제도, 병역특례제도 활용, 산업차원의 사회복지 혜택 기반 마련 등의 장기적인 방안이 제시되고 있으나 이러한 방안들은 모두 기존 인력의 관리 강화 및 이탈 방지, 그리고 신규 인력의 시장 진입 유도 등 공급 규모의 유지 및 확보에만 초점을 두고 있다는 공통적인 한계점을 가지고 있음.

- 건설현장의 기능인력 수급 불균형 문제를 적극적으로 해결하기 위해서는 공급을 늘리는 방법과 함께 생산성 향상을 통하여 건설현장 기능인력의 수요를 줄이는 노력이 병행되어야 함.
  ·건설현장 기능인력의 수요를 줄인다는 것은 동일한 성능과 규모를 가진 시설물의 생산과정에서 단위시간당 투입되는 기능인력의 수를 줄이는 것을 의미함[3].

- 선진국에서는 숙련기능공의 부족문제를 근본적으로 해결하기 위해 공급량의 확대와 현장의 수요를 줄이는 방향으로, 즉 공급확대와 수요감축이라는 2개의 축에서 문제해결을 시도하고 있음. 그러나 국내의 경우 아직까지 현장의 기능인력 수요를 줄이기 위한 연구가 체계적으로 수행된 실적이나 계획이 없으며, 이 때문에 이와 관련한 부분에서의 연구와 기술개발이 필요한 시점에 와 있다고 판단됨.

건설현장 기능인력 수요 절감 방안으로서의 선작업

- 본 연구원에서는 생산성 향상을 통한 현장 기능인력 절감의 기술적 접근 방안으로 기계화/자동화, 다기능 인력 양성, 고성능 자재 활용, 재설계·재시공 예방, 선작업 활용, 정보화, 프로세스 개선의 7가지 방안을 제시한 바 있음[4].

3) 4) 이복남, 우성권, “생산성 향상을 통한 건설현장 기능인력 수요 절감 방안” 한국건설산업연구원, 2002

- 선작업(prework)은 공장제작(prefabrication), 선조립(preassembly), 모듈화(modularization) 등을 총칭하는 것으로, 열악한 현장 여건, 현장 숙련공의 부족 등 프로젝트 내·외적인 조건에 대한 대응책이 될 수 있으며, 1) 공사기간 단축 2) 생산성 향상 3) 현장 기능인력의 수요 절감 및 인건비 절감 4) 구매 조달 과정의 향상 등 프로젝트의 전반에 걸친 생산성 및 성과 향상을 도모할 수 있는 기회를 제공함.

- 현재의 국내 건설현장은 기능인력 부족 및 기능저하에 따른 생산성 감소 및 경쟁력 하락에 대한 해답이 필요한 시점임. 또한 그동안 발달해온 기술을 고려할 때, 선작업의 적용은 프로젝트 전반의 생산성 향상뿐만 아니라 기능인력 부족 문제에 대한 부분적인 대안이 될 수 있을 것으로 판단됨.

기술 발전에 따른 선작업 적용 가능성의 증대

- 선작업은 공장제작, 선조립, 모듈화 등의 방법으로 오래전부터 공기 단축, 생산성 향상, 인건비 절감 그리고 자재 공급을 원활히 하기 위한 전략의 하나로서 건설공사에 적용되어 왔으며, 최근 설계능력과 정보화, 자동화 등의 기술적 발전으로 인해 실용화의 가능성이 더욱 증대됨.

○ 컴퓨터를 이용한 설계 및 시각화

·3D CAD는 조립될 서로 다른 구성요소(component)간의 상호 간섭 점검을 더욱 용이하게 하였으며, 가상에서의 검토(walkthrough)[5] 기능을 제공함으로써 시스템이나 설계상의 오류 발견을 용이하게 하며, 또한 설치될 부재의 시각화를 통해 선작업에 대한 경험과 지식이 적은 사업 참여자들에게 선작업에 대한 이해도를 높일 수 있음.

·이러한 3D CAD 시스템의 사용은 사업 참여자간의 의사소통 원활화, 각 구성 요소 간 상호 간섭 체크, 설계 자료 재사용 등의 측면에서 선작업의 더욱 효율적인 수행이 가능하도록 함.

5) 시스템이나 프로그램의 설계·명세를 제삼자가 체크함으로써 오류를 발견하려는 방법

○ IT를 통한 의사소통 향상

·선작업에 필수적인 구성요소간의 조정(coordination) 및 조화를 위해 그 수준은 각기 다르지만, 많은 영역에서 정보화기술이 사용되고 있음.

·이메일, 도면 파일 전송 등은 이미 널리 활용되고 있으며, 일부 회사에서는 사내인터넷통신망(intranet)을 통해 사내 전 부서와 혹은 제한적이지만 협력업체의 사용도 가능하게 하고 있으며, 디지털영상(digital imaging)을 통해 진행 상황 점검을 용이하게 하고 원거리에 있는 자재공급자 또는 구성요소 제작자로부터의 공급을 용이하게 하고 있음.

○ 공장제작 장비 및 위치추적 기술의 발전

·컴퓨터로 조종되는 제작 장비와 로보틱스(robotics) 등 자동화된 장비를 통해 현장 작업보다 훨씬 더 용이하게 생산성을 향상시킬 수 있음.

·위치추적 기술 또한 선작업의 적용을 보다 용이하게 함. RFID(Radio Frequency Identification)와 바코드(bar coding)의 적용은 공장제작된 구성요소 및 자재의 조달과 관리를 더욱 용이하게 함.

- 기술의 발전은 설계의 효율성, 정확성, 조정 능력, 구매 조달 능력 등을 향상시켰으며, 이에 선작업의 적용을 통한 생산성 향상의 기술적 여건이 마련됨.

- 본 연구의 목적은 국내의 현장 기능인력 부족 현상에 대한 해결책으로 선작업의 사용을 제안하며, 현장 기능인력의 수요 절감 방안으로서 선작업의 정의와 효용성 및 선작업 적용이 기능인력에 미치는 영향을 살펴보고, 나아가 국내외 선작업의 적용 현황 및 사례를 통해 선작업 적용에 있어 고려되는 요소 및 효율적인 적용 방안을 도출하는 데 있음.

■ 선작업(prework)의 정의

- 공장제작(pre-fabrication), 선조립(pre-assembly), 모듈화(modularization), 산업화(industrialization 또는 industrialized building), 시스템빌딩(system building) 등을 통칭하여 선작업(prework)이라고 함. 영국에서는 현장작업(on-site)과 구별하여 현장외작업(off-site)이라는 용어를 사용하기도 함.

○ 공장제작(Prefabrication)

·공장제작은 "다양한 재료들이 모여 최종 설치물을 구성하는 하나의 요소를 특별한 시설에서 제작하는 과정"[6]으로 정의됨.

·모듈화와는 달리 공장제작은 배관, 철근 등 하나의 직종만이 관여함.

○ 선조립(Preassembly)

·가장 널리 쓰이는 선조립의 정의는 "현장에서의 설치를 위해 현장이외의 별도의 장소(혹은 최종 설치 장소가 아닌 현장 내 다른 장소)에서 다양한 재료와 사전 제작된 구성 요소, 때로는 장비들을 합쳐 하나의 유닛(unit)으로 만드는 과정[7]"임.

·선조립 방식은 현장이외의 장소에서 사전 제작된 요소들을 현장 근처에서 조립한 뒤, 모듈화 방식처럼 현장 내 최종 설치지에 설치하는 방식으로 일반적으로 공장제작과 모듈화의 조합으로 인식됨.

○ 모듈화(Modularization)

·모듈화는 최종 설치 장소 이외의 장소에서 대상 부분의 전체(complete system) 또는 일부분을 가공·조립 후 현장으로 이동하여 최종 설치지에 설치함으로써 시설물을 완성하는 것[8]을 말하며, 일반적으로 규모가 대형이고(때로는 이동을 위해 작은 부분으로 나누는 경우도 있음), 하나 이상의 직종(trade)이 제작에 관여함.

---

6) 7) Taturn et.al. "Construction Improvement Using Prefabrication, Preassembly, and Modularization," Construction Industry Institute, 1987

8) 임재희 외 "신형경수로 1400의 모듈화 설계·시공에 대한 연구", 건설관리 기술과 동향, 2003.11

- 공장제작, 선조립, 모듈화, 현장 외 작업 등 많은 용어들이 혼재되어 사용되고 있지만, 가장 기본적인 공통점은 최종 설치지가 아닌 다른 장소에서 구성요소를 제작 후 현장으로 이동 후 조립·설치한다는 점임.

■ 선작업의 효용성

- 선작업의 종류, 적용 범위, 해당 공사의 특징에 따라 다를 수 있지만, 일반적으로 선작업을 활용하는 가장 큰 3가지 이유는 공기 단축, 현장 기능인력 수요 절감, 공사비 절감임. 특히, 최근 들어 현장 기능인력의 부족은 선작업 활용의 큰 동기유발요인이 되고 있음.
  ·미국 건설산업연구원(Construction Industry Institute: CII)의 조사 결과에 의하면 선작업을 적용하는 가장 큰 이유는 공기단축, 공사비 절감, 현장 기능인력 부족 문제 해결, 현장보다 나은 작업 여건으로 인한 생산성 향상, 품질 향상, 현장 인력 과밀로 인한 생산성 저하 방지, 고소작업 방지 등 작업자의 안전 확보 등인 것으로 나타남.

- 본 절에서는 우선 선작업의 효용성 중 공사비 절감과 공기 단축 등에 대해서 살펴보고 선작업의 적용이 현장 기능인력에 미치는 영향은 다음 절에서 더욱 세부적으로 알아보기로 함.

○ 공사비절감

- CII의 연구결과에 의하면 선작업을 적용 할 경우 전체 공사비의 10% 절감과 현장 인건비의 25% 절감 효과가 있다고 함.
  ·이러한 공사비 절감은 현장작업자의 임금보다 낮은 공장(shop)작업자의 임금과 작업자의 생산성 향상에 기인하는 것으로 나타났음.

- 생산성 향상으로 인한 비용 절감뿐 아니라 선작업은 현장 작업에 수반하는 각종 부가비용을 줄일 수 있음.
  ·예를 들면, 작업의 일부 혹은 전부를 공장에서 수행하므로 현장 부대시설, 현장 관리비가 줄어들 수 있음.

·특히 오지 현장일 경우, 현장작업이 단축됨으로써 현장작업자의 규모와 체류 기간이 줄어들고 현장작업자들을 위해 필요한 숙소, 식당 등의 가설시설에 대한 규모를 줄일 수 있음.

- 그 외에 대량 주문생산으로 인한 각 자재 공급 단계별에서의 인건비, 재료비 등의 비용이 절감됨.

- 한편, 운송비, 공장제작된 부재 현장 운송 및 설치를 위한 운송비와 현장 정리 비용, 양중장비 등 장비비, 선작업으로 인한 추가적인 계획 및 조정에 따르는 비용의 증가가 있기도 함.

○ 공기 단축

- 선작업의 또 다른 하나의 큰 효용성은 공기 단축임.

- 작업 장소가 최종 설치지에 국한되지 않는 관계로 많은 작업들이 현장작업 시 따라야 하는 작업 순서에 구애 받지 않고 현장 이외의 장소에서 동시 다발적으로 진행될 수 있음.

- 또한 현장 작업이 지연되더라도 그와 상관없이 공장에서 제작을 할 수 있으므로 현장 지연요소에 영향을 받지 않으며, 현장 작업을 위한 인·허가를 취득하기 이전에 공장 작업을 진행할 수 있어 인허가로 인한 지연으로부터 부분적으로 자유로울 수 있음.

- 현장 작업보다 나은 작업관리를 통해 공사 기간을 단축할 수 있음.
·기후조건, 인력부족 등의 요소로 인한 공기 지연 가능성이 적음.
·또한 공종간의 조정, 작업자간의 충돌, 날씨의 변동 등 여러 가지 요소로부터 현장 작업보다 자유로워 공정관리가 훨씬 용이함.
·공기지연의 위험성을 줄임과 동시에 공사기간의 변동(variation)을 적게 함으로써 시공사의 이윤을 확보할 수 있음.

- 철근콘크리트조, 철골조, 모듈러시스템으로 시공할 경우의 공기 비교 연구[9] 에 의하면, 모듈라 시스템으로 시공할 경우 총공사기간은 철골조에 비해 7 % 단축, 철근 콘크리트조에 비해 27% 단축되는 것으로 나타남.

- 교량 및 도로 공사의 경우에는 선작업 적용을 통해 공기를 단축함으로써 공사로 인한 교통 방해를 최소화할 수 있음.[10]

○ 기타

- 체계적인 관리가 용이한 작업 여건과 반복적인 절차, 그리고 자동화된 기계에 의한 생산은 현장에서 획득하기 어려운 수준의 품질을 가능하게 함.
  ·결함에 따른 재작업으로 인한 자재 낭비 요소를 제거할 수 있고, 현장에서 점검하는 것보다 공장에서 좀더 정밀하고 효율적인 검사가 가능함.

- 현장 내 자재적재를 위한 공간을 최소화 할 수 있음.

■ 선작업이 현장 기능인력에 미치는 영향

- 선작업이 현장 기능인력에 미치는 영향으로는 작업자의 생산성 향상, 작업자의 안전 확보 및 사고 감소, 공사 진행이 정점(peak)에 이르렀을 때의 현장 인력의 수 감소, 숙련공의 활용 가능성 증대, 다중 현장 진행시 안정적인 인력 수급, 지속적인 고용에 의한 작업자의 안정적인 수입, 기존 업무의 진행 중 공사 병행 등을 들 수 있음.

- 작업자가 어떤 종류의 선작업에 관여하느냐에 따라 선작업이 인력에 미치는 영향은 달라지겠으나, 크게 생산성, 인건비, 안전, 인력 운용 및 훈련의 4가지 범주에서 그 영향을 살펴봄.

9) 유민 외 "모듈러 건축물의 공기 분석에 관한 연구", 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 2005.10
10) Medlock et.al., 'Innovative prefabrication in Texas bridges'

○ 생산성 향상

- CII의 연구결과에 의하면 선작업 적용시 현장 작업보다 25% 생산성이 증가하는 것으로 나타남[11].

- 평지 작업, 작업의 체계적인 관리, 근접 감독, 장비나 도구에 대한 접근성 향상, 자동화, 정보 공유의 용이, 기후, 조명, 낮은 작업장 밀도 등 현장보다 나은 작업 여건, 감독 업무의 절감, 작업자의 동기 유발 등으로 인해 작업자의 생산성이 향상됨.
  ·인력의 과투입으로 인해 현장이 복잡해짐으로써 작업 공간이 충분히 확보되지 못한 경우 혹은 여러 공종의 작업자들로 인해 작업 공간이 협소할 경우, 선작업은 보다 넓은 작업 공간에서 작업이 가능케 함. 이러한 현장의 작업자의 밀도(density of workers)를 줄임으로써 생산성 향상을 꾀할 수 있음[12].
  ·현장 작업의 지연을 초래하는 강우, 혹한, 혹서 등에 대한 노출을 줄임으로써 인해 기후로 인한 생산성 저하를 방지할 수 있음.
  ·선작업은 현장 주위 민원 발생 등으로 작업이 원활하게 진행되지 못할 경우 현장과 떨어진 작업장에 작업진행이 가능하므로 민원으로 인한 작업지연을 방지할 수 있음.
  ·교대 근무가 필요한 경우 불충분한 조명 등 현장에서의 야간 작업보다 나은 작업 환경에서 작업을 수행할 수 있어 야간 현장 작업으로 인한 생산성 저하를 방지할 수 있음.

○ 인건비 절감

- 공장(shop)작업자의 임금이 현장 작업자의 임금보다 낮은 편임[13][14].

---

11) 13) Haas. C.T and Fagerlund, W.R. " Preliminary research on prefabrication, pre-assembly, modularization and off-site fabrication in construction" Construction Industry Institute, 2002

12) Hanna A.S and Chang C.K " Overmanning Impact on Construction Labor Productivity" Construction Research Congress, ASCE, 2005

14) 국내의 경우는 확인되어 있지 않음. 국내의 경우 건설현장 근로자에 대한 사회보험료 등이 제대로 적용되어 있지 않아 공장 근로자의 임금이 건설현장 근로자의 임금보다 반드시 낮다고 판단하기에는 어려움이 있음.

·선작업 적용으로 인한 생산성 향상과 현장작업자와 공장작업자의 임금수준 차이는 전체 공사비 절감으로 이어짐.
·CII에서 행한 선작업 적용 회사에 대한 설문 조사 결과에 의하면 현장작업과의 임금의 격차는 30%에 달하는 것으로 나타남.

인건비 비교[15)]

		생산성 지수	man-hour	시간당 인건비	전체 인건비
100% 현장 작업 시		1.00	1,000,000	$50	$ 50 Million
선작업 적용 시	70% 현장 작업	1.00	700,000	$50	$ 44 Million
	30% 선작업	1.25	240,000	$35	

○ 안전 확보

- 건설작업은 많은 위험을 수반하여 재해 발생률이 높은데, 선작업 적용을 통한 공장작업 확대시 이러한 위험 요소로부터 작업자들이 위험에 노출될 가능성이 낮아져 작업자의 안전을 확보할 수 있음.

- 이례적인 현장 작업 여건, 수시로 변하는 현장 여건, 고소 작업 등 현장 작업의 위험성을 피해 현장 외 작업을 함으로써 위험을 초래하는 요소로부터 자유로워질 수 있고, 좀 더 안전한 작업환경을 제공함으로써 근로자의 생명을 보호할 뿐만 아니라 안전사고로 인한 발주자와 시공자의 리스크를 저감할 수 있음.
  ·실내작업은 작업자들을 온도, 바람 등의 기후 조건으로부터의 노출을 최소화시킬 수 있으며, 선작업의 경우 많은 작업들을 평지(ground level)에서 수행할 수 있으므로, 고소작업으로 인한 추락 및 낙하물과 관련한 안전사고를 줄일 수 있음.
  ·현장 내 작업자의 수가 줄어듦으로써 현장 작업장 밀도가 낮아져 작업자간의 충돌이 적어짐.
  ·위험한 작업을 공장에서 일정 부분 수행함으로써 위험한 작업 방지가 가능하며 위험한 작업 수행시 요구되는 일반적인 안전관리 요구조건 등이 불필요하게 됨.

15) Haas. C.T and Fagerlund, W.R. "Preliminary research on prefabrication, pre-assembly, modularization and off-site fabrication in construction" Construction Industry Institute, 2002

○ 효율적인 인력 운용

- 불규칙적인 노동총량과 작업장의 이동성이라는 건설산업의 특성으로 인해 일용 혹은 임시 노동력에 의존하는 면이 많은데, 선작업을 적용하여 공장 작업이 늘어날 경우 기존의 고용의 불안정성을 감소시킬 수 있고, 보다 나은 작업 환경과 직업의 안정성으로 인해 젊은 층의 유입을 기대할 수 있음.

- 무엇보다 선작업은 기능인력 부족시 현장 중심의 기능인력을 공장(shop) 중심의 기능인력으로 대체할 수 있고, 또한 현장 작업시의 인력 공급보다 더 지속적인 인력 공급이 가능하다는 점이 있음.

- 특별 기능이 요구되는 주요 작업의 경우에도 적절한 기능인력 수급이 가능한 지역에서 선작업을 행할 수 있고, 지역적으로 산재해 있는 여러개의 프로젝트에 대한 인력을 하나의 인력풀(pool)에서 공급할 경우 인력 운용에 탄력성을 가질 수 있음.

- 무엇보다 중요한 것은 중앙집중식 작업이 가능한 점임. 즉, 선작업을 수행하는 장소가 고정되어 있으므로 해당 숙련공이 각 현장에 투입될 필요없이 사전 제작이 수행되는 장소에서 필요 부재를 생산할 수 있고, 이러한 숙련공들의 위치가 변하지 않음으로써 초보기능공이 숙련공으로부터 해당 작업에 필요한 기능을 배울 수 있는 교육 및 훈련의 기회를 가질 수 있을 뿐만 아니라, 시스템의 반복 사용으로 인하여 작업 효율성도 높일 수 있음.

■ 외국의 현황 및 적용 사례

미국

- 미국에서의 선작업은 100년 전에 주택에 적용된 것을 시작으로 1930년대 초 경제 대공황 시기에 널리 알려졌으나, 그 이후로 별 다른 진전이 없다가 1940년대 전쟁으로 인한 주택 수요 급증과 함께 증가함.

·그 이후로도 주택 건설 분야가 선작업의 주요 동인이 되었으며, 전쟁, 경제 활성화 등의 요인으로 인한 단기간 주택 공급에 선작업은 해답이 되었음. 선작업의 적용 초기부터 주택건설 부문에서 꾸준한 증가를 보이고 있음.

- 그 후 1960년대에 미국 정부 주도의 프로그램이 실패로 돌아가면서 주춤했다가 1970년대에 소폭 상승하는 경향을 보였음.

- 미국 CII의 연구[16] 결과에 의하면, 최근 15년간(1984~1999년) 미국 industrial projects의 공장제작 및 선조립 활용이 전체 공사작업의 14%에서 27%로 약 86% 증가한 것으로 나타남.

- 선작업을 적용하는 이유와 선작업 적용을 통한 효용성은 다음과 같은 다양한 형태로 나타나고 있음.

·BE&K사의 경우 제지공장 건설에 PC(Precast Concrete) 보, 기둥, 벽체를 사전 제작하여 설치함으로써 공사기간과 설비 설치를 위한 콘크리트 양생 기간을 단축하였음.

·Eli Lilly의 경우 개발된 제약품의 정부 승인을 기다리는 동안 공사에 필요한 구성요소를 선제작하였고, Rhone Poulene와 JAT는 인·허가를 기다리는 동안 공장에서 모듈을 제작하여 인·허가 지연으로 인한 제품 출시의 지연을 방지할 수 있었음.

·또한 Eli Lilly사는 Bulk Chemical Facility 건설사업 검토 과정에서 전통적인 현장작업으로 수행할 경우(3년)와 모듈화를 적용했을 경우의 공기(2년)를 비교해본 결과 1년의 공기 단축이 가능하다고 판단하여, 해당사업 착수를 1년 연기하고 해당 시설물 건설에 필요한 자금을 다른 사업에 활용 할 수 있었던 동시에 1년간의 기간동안 좀 더 나은 설계에 대한 자료를 획득할 수 있었음.

·ProQuip의 사례에 따르면 공장 작업자의 생산성이 현장 작업자에 비해 25% 높은 것으로 나타났으며, 또한 임금의 수준도 현장작업자의 $50에 비해 $35로써 30%정도 낮은 것으로 나타났음.

16) Prefabrication and Preassembly trends and effects on the construction workforce, Construction Industry Institute Report No. 14. 2000

·Howe-Baker사의 경우에도 공장에서의 생산성이 거의 2배 정도인 것으로 나타나고 있으며, 임금 수준 또한 현장 작업자의 70%수준인 것으로 나타나고 있음.

·Conoco, JAT사의 경우 현장 혼잡으로 인한 생산성 저하를 방지하기 위해 pipe rack을 현장이외의 장소에서 제작하고 현장에서는 설치만을 위한 간단한 조립을 수행함.

·Jacobs Applied Technology사의 Chevron, JAT 프로젝트의 경우 현장 기능인력 부족을 위한 해결책으로 화학공장을 건설하는데 있어서 모듈화 공법을 적용함.

- 특수한 현장 환경이나 위험한 작업 환경으로 인한 작업자의 안전 고려와 생산성 증대를 위해 선작업을 적용한 경우도 많음.

·US Steel사는 용광로에 설치될 환기시스템을 공장제작과 선조립을 통해 작업자들이 위험한 작업 환경에 노출되는 것을 방지할 수 있었음.

·JAT, ProQuip, Howe-Baker, McAbee, BE&K, Dupont 등은 화학처리시설을 건설하는데 있어서 선작업을 통해 많은 고소작업을 평지 작업으로 전환하여 작업자의 안전을 도모함.

- 기존의 업무에 대한 지장을 최소화 하기 위해 선작업을 적용한 사례를 보면,

·US Steel사의 경우 철강공장의 설비를 사전 조립하여 기존 공장운영업무에 대한 지장을 최소화함.

·Chevron, JAT사는 화학공장 증축시 기존 업무에 대한 지장을 최소화하기 위하여 모듈화를 적용함.

영국

- 영국의 스톤헨지와 같이 선작업으로 볼 수 있는 형태의 건축물은 여러 가지가 있으나, 일반적으로 선작업의 시초는 영국인들이 Cape Ann에 지은 주택(1624년)으로 볼 수 있으며[17], 브리태니커 백과사전에 의하면 현대적인 선작업은 1905년에 시작된 것으로 봄.

17) Prefabrication and Preassembly trends and effects on the construction workforce, Construction Industry Institute Report No. 14. 2000에서 재인용

- 공장제작, 모듈화, 선조립 등의 선작업의 활용은 시간이 지남에 따라 꾸준히 증가하였다기보다는 경제적 변동, 인구 증가, 전쟁 등 사회적, 정치적 요소에 의해 부침을 겪으며 발전해 왔음. 이러한 부침은 건설부분에 따라 달랐으며 특히 주택건설이 영향을 많이 받았는데, 세계1차대전이후 유럽에서 선작업으로 인한 건축물의 축조가 급격한 증가를 보임.

- 1990년대 중반 이후는 건설공사의 품질 향상과 생산성 향상을 위해 선작업의 활용 확대를 심각하게 고려하고 있음.
  ·Egan[18]은 영국의 건설 혁신 운동(Rethinking Construction)에서 공사 진행 속도를 증가시키고, 공사비 절감, 숙련공에 대한 수요 저감을 위해 표준화(standardization)와 더불어 선작업의 적용을 주장하고 있음.
  ·영국 건설혁신 운동의 또 다른 주요 인물인 Latham도 건설혁신 운동에서 제시된 생산성 향상 목표를 달성하기 위해 4가지 부문[19]에 대한 프로세스 개선을 제안하였는데, 그 중 하나가 선작업이 포함되는 구성요소 생산 방식의 변화임.

홍콩

- 홍콩에서도 주로 주거용 건물 건설과 관련하여 선작업을 많이 적용하였는데, 1970년대에 몇 몇 프로젝트에 시범적으로 적용된 후 1980년대에는 저소득층을 위한 공공주택 건설에 있어서 선작업이 활발히 적용되었고, 1980년 이후 홍콩 건설시장에서 숙련공의 부족 문제를 겪고 있을 때 표준화, 모듈화 등을 통한 선작업의 적용은 주로 민간 고층 아파트 건설에 필수 요건이 되었음.

- 1990년대에 들어서는 고층 주거용 건물 공사에 선작업은 성공적으로 적용이 되는 등 빠른 발전을 보이고 있으며, 1990년대 중반이후에는 주거건물 공사를 위한 표준화된 형태의 건물 구성요소 대량 생산이 주요 마감재료의 표준화를 통한 일관성을 보장하기 위해 급속도로 증가하였고, PC facade와 바닥 슬래브뿐만 아니라 계단, 경량 콘크리트 내부 칸막이 벽, 싱크 유닛, 부엌,

18) Egan "Rethinking Construction" Department of DETR, 1998
19) Product development, Project Implementation, Partnering and supply chain, production of components, Letham, "Constructing the team", 1994

화장실 유닛 등에도 폭 넓게 확대 적용되고 있음.

- 현재 홍콩주택국 (Hong Kong Housing Authority)은 빌딩건축에 필요한 60여개의 주요 구성요소에 대해 공장제작 활용을 승인, 계약서에 포함되도록 권장하고 있으며, 정기적으로 선작업 승인목록을 갱신하고 있음.

- 건축물을 구성하는 구성 요소의 대량 생산을 통해 공사기간을 단축하고 공사비를 절감할 수 있었고, 동시에 적은 노동력이 필요하다는 점이 홍콩의 공공주택 건설에 선작업을 적용하는 동인이 되었고, 선작업 적용을 통하여 공기단축, 공사비 절감, 품질 향상 등 프로젝트 성과가 향상되었을 뿐만 아니라, 현장에서의 단순화된 작업으로 인한 현장 기능인력의 수요 저감과 생산성 향상을 보임.[20]

■ 국내의 현황 및 적용 사례

국내 선제작의 발전 배경

- 해외에서의 선작업이 전후의 복구 혹은 경제 부흥에 따른 대규모 주택생산의 필요에 의해 발전되었던 것처럼, 국내 선작업 역시 1988년 200만호 주택건설 계획이 발표되며 공동주택 부문에서 급격히 발전하였음.
  ·특히 대형 PC(precast concrete)판을 이용한 주택보급이 활발하였으며, 정부의 '공업화 자금지원정책', '공업화주택 성능인정제도' 등이 도입되면서 발전의 기틀이 마련되었음.

- 그러나 이 당시 건설된 국내 조립식 아파트들은 정밀한 시공이 기반이 되지 못하였으며, 이 때문에 소음·결로 등 많은 하자가 발생하였고, 이후로 선작업은 사양기로에 들어섬.

20) Raymond Wong et.al. "Prefabricated building construction systems adopted in Hong Kong" Hong Kong Polytech Unversity

- 한편 국내 건설산업은 기술인력 부족, 노무비 증대, 시공의 복잡화 등 점차 열악한 건설 환경에 마주하게 되었으며, 이의 해결을 위한 대안의 하나로서 선작업 공법이 주목받기 시작하였음. 또한 공기 단축이 필요한 공사, 초정밀 시공을 요하는 공사, 현장의 안전사고 발생률이 높은 공사, 자재 야적장이 전혀 없는 도심지 공사 등 선작업을 필수 요소로 하는 건설현장이 크게 증가하고 있음.

- 이에 국내에서는 건축물의 구성 요소를 일부 선작업하는 방식이 발전하기 시작하였음. 특히 철근콘크리트 구조의 보, 기둥, 바닥에 사용되는 PC부재는 복합화공법의 주요 방식으로 발전하게 되었으며, 1990년대 후반부터는 중고층 건물에 사용되기 시작함.

- 국내의 경우 철근 선조립, 외장재 공장제작 등 노동력이 집중되는 공정에 대해 부분적으로 적용하는 선작업은 이미 많은 현장에서 사용하고 있음.

- 그러나 아직까지 국내의 선작업은 설계자, 부품공장, 현장 간의 긴밀한 연계, 설계와 시공의 정밀함, 부재의 표준화 등이 부족하며, 이 때문에 선작업의 여러 이점에도 불구하고, 일반화되지는 못하고 있음.

- 선작업으로 인한 생산성 향상, 공기단축, 노무비 감소 등의 효용성에 관한 연구가 학회 논문을 중심으로 발표되고 있고, 민간기업에서는 선작업의 실용화를 위한 공법 개발이 지속되고 있어 국내 건설산업에서 선작업의 활용은 증가할 것으로 판단됨.

국내 적용 현황 및 사례

- 본 절에서는 건물의 구조를 이루는 부분과 비구조 부분의 외장 및 내장 유닛, 그리고 플랜트, 교량 등 토목시설에서의 선작업으로 나누어 국내 사례를 살펴보고자 함.

○ 건축 구조 부분

- 국내의 선작업은 건설공정 중 노무인력의 투입이 가장 많은 가설재 및 철근

조립 공정에서 활발히 진행되고 있음. 철근 선조립 및 공장제작된 PC 부재의 사용은 이 같은 방면에서 유용하여 그 사용이 많아지고 있는 추세임.

- 과거 공동주택 건축에서 사용되었던 PC부재를 사용한 대형판 조립식 구조는 공장제작 비율이 높으나 도입 초기 많은 하자가 발생하여 사용이 현격히 줄었음. 이 때문에 현재는 일부 구조부재를 공장제작된 PC부재로 사용하고 현장타설을 병행하는 부분조립식공법 혹은 복합화공법이 중심이 되고 있음.

- PC부재를 사용한 복합화공법은 노무인력 저감, 공기단축 등의 이점을 가지고 있어 도심지의 고층건물 건축에 많이 사용되고 있으며, 민간기업의 공법 개발 및 적용도 활발히 이루어지고 있음.
  ·국내 S사의 경우 공동주택 공사에 자체 개발한 벽식 복합화공법을 적용하여, 현장타설공법 대비 35%의 현장 투입인력 저감, 15~20%의 공기단축 등의 효과를 얻음[21].
  ·선제작에 대한 관심이 높아짐에 따라 공동주택에서 대부분을 차지하던 PC 복합화공법은 오피스빌딩, 대형매장, 주차장 등으로 영역이 확장되고 있음.

- 또한 철근의 선조립 및 공장가공도 높은 비중의 공기절감, 투입 인력저감을 가져올 수 있어, 그 실용화에 관한 연구가 1990년대 후반 한국건설기술연구원, 대한주택공사 등에서 이루어졌고, 현재 도심지 고층건물을 중심으로 적용되고 있음.

○ 외장 및 내장 유닛 부분

- 공동주택은 단위 평면이 계속적으로 반복되어 선작업이 적용될 여지가 많으며, 이에 공동주택의 단위 유닛에 대한 선작업 연구가 꾸준히 진행되어 왔음.
  ·공동주택의 이러한 내부 유닛으로는 욕실 유닛, 시스템 키친, 창호 유닛, 현관 유닛, 난간 유닛, 발코니 유닛, 바닥 유닛, 칸막이 유닛 등이 있음.

21) 박준성, 김연경, "삼성의 벽식 구조 복합화 공법", 한국건축시공학회, 2002.05

- 국내에서는 내장 유닛의 도입을 위한 표준화가 미비하고, 시공 정밀도가 낮아 보급이 활성화되어 있지 못하나, 사전 제작된 내장 유닛의 도입은 인력, 공기, 공사비 등의 절감에 큰 효과가 기대되므로 이의 도입과 실용화에 관한 연구가 지속되고 있음.
  ·이 중 발코니, 현관, 난간 유닛은 그 종류나 형태가 다양화되어 있지는 못하나 다른 유닛에 비해 선작업 공급 비율이 높은 편임.
  ·바닥 유닛의 경우는 온돌시스템의 선작업이 인력저감 등에 많은 영향을 끼치므로 실용화 연구가 활발함.
  ·또 칸막이 유닛의 사용은 보다 다양성이 요구되는 공동주택 평면과 이에 따라 증가하는 가변형 벽체의 사용으로 인해 점차 확산될 것으로 예상됨.

- 외장재 및 설비시설의 선작업은 점차 많아지고 있음. 특히 다른 부재의 선작업보다 적용이 손쉽고, 공기단축의 효과가 커 커튼월을 중심으로 한 외장재의 선작업이 활발함.

○ 토목시설 부분

- 교량, 플랜트 등 대규모의 토목시설의 건설에 있어서는 공기, 공사비, 재해율 등의 관리가 일반 건설현장에 비해 더욱 중요하여, 특히 원자력 발전소의 경우 일반 플랜트에 비해 건설공기가 특히 길고, 공기가 공사비에 미치는 영향이 매우 커 다양한 방식의 선작업이 개발, 적용되고 있음.
  ·규모, 용량이 크고 타 공사에 비해 공정이 복잡한 발전소 건설에서는 일찍이 철근 선조립이 사용되어 왔음.
  ·국내 원자력 발전소 건설에서는 1960년대부터 1970년대 초기까지 보강철근의 선조립이 적용되었으며, 최근에는 터빈발전기기초 기둥철근, 기초매트철근, 사용후 핵연료저장소 벽체 등 대형 벽체 및 슬래브에 철근 선조립이 사용되고 있음.[22)]
  ·최근 발전소 부지 밖에서 하나의 완전한 조립체 혹은 현장에서 최종적으로 조립을 할 수 있는 부분조립체(sub-assembly)로 공장제작되는 SC(Concrete Filled Steel Structure)구조[23)]를 적용하기 위한 연구가 진행되고 있음.

22) 임재희 외, "신형경수로 1400의 모듈화 설계·시공에 대한 연구", 건설관리학회지, 2003.11

- 작업환경이 열악하고, 안전사고 발생률이 높은 교량 및 터널공사에서도 선작업이 활발히 고려되어 왔으며, 특히 최근의 교량 및 터널공사가 장대화, 대심도화되어 선작업의 적용이 더욱 중요해짐.
  ·교량에서는 공장제작된 PC BOX의 사용이 이전부터 있어 왔으며, 최근 서해대교 건설에서는 공기절감, 품질과 안전의 확보를 위해 프리캐스트로 제작된 후 양중하는 방법으로 주탑 가로보가 시공되었음. 또한 주두부는 주탑 아래의 현장 조립장에서 대블록으로 제작하고 해상크레인을 사용하여 일괄가설하는 방법을 사용하였음.

■ 효율적인 선작업 적용 방안

- 특정 프로젝트에 선작업 적용을 검토할 때는 선작업 적용의 동기, 적용으로 인한 효용과 더불어 해당 공사의 특성 및 제한 조건, 적용시의 장애 요소, 공사비, 공기, 안전, 운영 및 관리, 품질, 환경 영향, 시장성, 설계상세 수준, 구매 절차, 제작능력, 운송수단, 양중 방법 등 설치 및 시공방법, 진입로 등 현장 여건 등의 측면에서 다각도로 분석해야 함.

선작업 적용 대상 및 범위 선정

- 선작업 대상 선택 및 적용은 프로젝트 전체로 적용 여부를 결정하는 것이 아니라 어떠한 구성요소를 선작업으로 진행할 것인지, 또한 그 수준은 어느 정도로 할 것인지에 대해 결정하는 것이 중요함.

선작업 적용 범위 결정의 예[24)]

해당 공사에 적용 가능한 선작업 종류	적용 대상 및 범위
모듈화	Reactor in area 1
선조립	compressor in areas 2,3
공장제작	Pipe spools in areas 3,4,5
전체 선작업	공사범위의 30%

23) SC구조(철골콘크리트구조)는 두 강판 사이에 콘크리트를 채우는 샌드위치식 구조체임. 철근과 거푸집을 대신하여 스터드 볼트, 전단철근(Shear Bar), 복부플레이트(Web Plate) 등과 강판을 사용하여 공기단축이 가능함.

24) Haas. C.T and Fagerlund, W.R. " Preliminary research on prefabrication, pre-assembly, modularization and off-site fabrication in construction" Construction Industry Institute, 2002

- 선작업 적용 여부를 결정하는데 있어서 공장작업자와 현장 작업자의 임금차, 생산성, 장비비, 관리비 등에 대한 선작업과 현장작업의 차이를 면밀히 분석하여야 함.

적용 여부 결정 시기

- 선작업의 복잡성 정도에 따른 의사 결정 시기가 중요한데, 선작업의 적용 여부 결정은 사업 초기에 하는 것이 바람직하며, 일반적으로 사업기획과 개념설계 사이 어느 시점, 즉 사업 초기에 결정하는 것이 바람직하나[25], 해당 사업의 특수성을 감안한 여러 가지 사항을 고려하여 결정해야 함.
  ·일반적으로 복잡한 선조립이나 모듈화 작업일수록 사업 초기에 선작업의 적용 여부를 결정하는 것이 필요하고, 그다지 복잡하지 않은 공장 제작 부분에 대해서도 늦어도 상세설계 단계(detailed design)에서 적용 여부를 결정하여야 함.
  ·선작업은 다양한 작업에 적용될 수 있고, 모듈화, 사전 제작, 선조립 등 다양한 선작업의 방법이 있으므로, 적용 작업 및 방법에 따라 적용 결정 시기를 달리 할 수 있음.

높은 수준의 설계 완성도 및 치밀한 사전계획

- 선작업 적용시 공사 진행 도중 공사범위나 설계 변경에 대한 융통성이 떨어지기 때문에 사업초기에 공사범위가 명확히 규정되어야 하고, 이와 더불어 높은 수준의 설계 완성도, 공종간 간섭, 운송 및 양중 계획 등 많은 요소들이 해당 작업 착수 전에 고려되어야 함.
  ·현장 작업의 경우 공사 시작 전 설계완성도가 40%정도가 일반적이지만, 선작업을 적용할 경우 복잡한 모듈 조립을 위해서는 서로 다른 요소들을 조화, 연결시키는 데 있어서의 복잡성으로 인해 좀더 높은 수준의 설계 완성도가 요구되어 설계완성 정도가 공사 시작 전에 90% 수준까지 도달되어야 함[26].

25) Murtaza,“Knowledge-based approach to modular construction decision making", Journal of Construction and Management, 1993

·설치를 위해 현장으로 운송된 후 각 요소간의 연결 및 설치를 위해서는 추가적인 공학적 능력이 요구됨.
·대형 부재와 철골 구조물은 크레인의 양중능력에 제한을 받게 되고, 운송수단의 적재 능력에 제한을 받게 되기 때문에 운송을 요하는 조립 부재의 크기와 무게를 명시하여야 하여, 이러한 요소들로 인해 선작업 수행 시 현장작업보다 좀 더 높은 수준의 설계 완성도와 공학적 요소가 고려되어야 하는 것임.

운송 계획 수립

- 선작업에서 고려되어야 할 또 하나의 중요한 요소는 운송 방법과 운송비임. 운송방법과 운송경로의 제한적인 요소가 공장제작되는 구성요소의 크기 및 하중 등에 영향을 미치므로 성공적인 선작업의 적용을 위해서는 각각의 공장제작된 부재에 대한 운송 방법 및 운송 경로에 대한 철저한 계획이 중요함.
·운송 가능한 크기와 무게의 제한, 현장 안팎의 운송 경로, 양중할 수 있는 장비의 가용성 등은 선작업의 현장 운송 및 설치를 위해 고려되어야 함.
·특히 대형의 모듈화된 부재를 원거리 운송할 경우 특히 많은 운송비가 소요되며, 따라서 규모나 운송거리에 제한을 두어야 할 경우가 있음.

- 크기 및 무게는 운송 방법에 따라 다를 수 있음.
·육상 운송, 철도, 해상 운송 등 모든 운송방법은 크기와 무게에 제한을 받는데, 이러한 다양한 운송방법 중 부재의 크기와 하중, 현장접근의 용이성에 따라 가장 적절한 운송 방법을 선택하게 됨.
·해상 운송은 상대적으로 큰 규모의 조립물 혹은 부재의 운송에 용이한데 반해 도로 운송은 선작업의 규모를 작게 제한할 수밖에 없음.
·운송방법의 선정은 제작공장이나 현장의 접근성에 대한 고려뿐만 아니라 운송 경로에 의해서도 영향을 받음. 운송 경로는 반드시 해당 조립물 혹은 부재의 하중을 견딜 수 있어야 하고 법적으로 해당 하중의 운반이 허용되는 경로여야 함.

26) Tatum et.al. "Constructability Improvement Using Prefabrication, Preassembly, and Modularization." SD-25. Construction Industry Institute, 1987

- 일단, 공장제작된 구성요소 혹은 조립물이 현장에 도착하면 양중계획(특히 하중이 큰 부재에 대해서)이 고려되어야 함.
  ·하중이 큰 조립물 혹은 구성요소의 양중 및 설치를 위해서는 양중업자의 초기 개입 등이 중요하고, 운송 후 현장 내 양중 및 설치시에는 크레인 등 양중 장비의 가용성 및 비용뿐만 아니라 전체 공사의 스케줄, 현장 배치 등에 대한 영향 정도도 고려되어야 함.

사업 참여자들 간의 역할 변화 인식 및 통합된 참여

- 선작업을 적용하게 되면 사업에 관여한 여러 주체들의 역할, 규모, 관여 수준 등이 전통적인 현장 제작과는 다르게 됨. 선작업되는 요소들에 대한 조정뿐만 아니라 사업 참여자들 간의 역할 조정 및 변경된 관여 수준에 대한 이해가 선작업의 성공적인 적용을 위해서는 필수적임.

- 먼저, 일반적으로 시공사의 역할이 바뀌게 되고, 공학관련 용역업체의 역할은 커지게 되고, 시공사와 설계자 역할의 많은 부분이 사전작업자와 자재 공급자로 이전되게 되어 현장에서의 시공사의 역할이 많이 줄어들게 되는 것임.
  ·공장제작업체의 역할이 증대될 것이고, 현장 작업이 줄어듦으로 인해 해당 구성요소에 대한 시공자의 역할 중 현장 작업 감독 역할은 축소되는 반면, 공장 제작 (shop fabrication) 모니터링과 현장에서의 설치 시 공종간의 상호 간섭 조정에 주력해야 함.
  ·일반적으로 하청업체나 제작자가 선작업에 대한 지식과 경험이 시공사보다 많은 경우가 있으므로 공사경험과 영향력이 시공사에서 하청업자나 제작자에게로 이전됨.
  ·설계자가 선작업에 대한 경험과 지식이 충분치 않을 경우 설계자는 선작업에 대한 부담감으로 인해 전통적인 현장 작업이 가능한 설계를 선호할 수 있음.

- 선작업의 적용시에는, 공사 중 뿐만 아니라 공사 이전에도 많은 조정 업무가 있어야 하는데, 설계, 운송, 추적(tracking), 설치 등에 대한 조정(coordination)은 성공적인 선작업 적용의 필수 요건임.

- 사업 참여자의 역할과 관여 정도가 변하는 정도와 관계없이, 무엇보다도 중요한 것은 관련 사업 참여자의 초기 관여와 참여자들간의 조정 및 효율적인 의사소통이 선작업의 성공적인 적용의 가장 중요한 요소임.
  ·공종 간 효율적인 의사소통은 결정사항, 설계, 운송 요구조건 등에 대한 정보의 시기적절한 분배 및 공유를 의미함.

철저한 공장 검사 및 검증

- 선작업에 의해 제작된 부재들에 대한 공장에서의 시험(shop testing)과 검증이 철저히 이루어져야 함.

체계적인 의사결정 시스템

- 선작업의 적용은 새로운 요구 사항의 발생, 복잡한 조직, 설계, 구매, 계획, 모니터링, 작업 간 조정, 운송 등 프로젝트 수행에 많은 변화를 초래하므로 이러한 요인들이 선작업을 수행함으로써 얻어질 수 있는 잠재적 효용과 비교할 수 있는 체계적인 의사결정 시스템이 필요함.

현장 및 지역 여건에 대한 고려

- 현장 여건에 따라 선작업물의 운송, 수령, 설치 등이 제한을 받을 수 있으므로 현장 및 지역여건을 고려하여야 함.

■ 결론 및 시사점

- 하나의 시설물을 완성하기 위해서는 다양한 공종의 작업을 현장에서 순차적으로 진행해야한다는 전통적 생산방식에서 탈피하여, 시설물을 구성하는 다양하고 많은 구성요소들을 다양한 방법을 통해 생산, 조달, 설치하여 완성할 수 있다는 점을 생각해 볼 필요가 있음.

- 현재 건설현장이 겪고 있는 기능인력 수급 불균형 문제의 해결을 위해서는 공급 확대뿐만 아니라 생산성 향상을 통한 현장 기능인력 수요를 줄이는 방안도 함께 고려되어야할 것으로 판단됨. 이러한 점에서 선작업의 활용은 전체적인 사업성과를 높일 뿐만 아니라 현장의 부족한 기능인력에 대한 해결책이 될 수 있을 것으로 판단됨.

- 선작업의 효율적 적용을 뒷받침할 수 있는 기술적 발전이 이루어져 선작업의 적용 가능성이 높아졌고, 선작업이 효율적으로 적용된다면 현장 기능인력의 수요 저감이 가능할 것으로 판단되며, 아울러 공기단축, 공사비 절감 등의 사업성과 향상도 기대해볼 수 있을 것임.

- 아울러 선작업의 적용으로 인해 건설사업 수행에 있어서 많은 변화와 새로운 수요가 창출될 것이며, 사업수행조직, 설계, 구매, 계획, 모니터링, 의사소통, 운송 등에 있어서 좀 더 체계적으로 발전할 수 있을 것으로 기대됨.

- 단기적으로는 일자리 부족을 호소할 수도 있을 것이나, 현장 작업자들을 선작업이 이뤄지는 공장작업자로의 변환이 가능할 것으로 보이며, 궁극적으로는 건설관련 기능인력에 대해 보다 나은 조건에서의 작업과 보다 안정적인 일자리 제공이 가능할 것으로 판단됨.

- 직업에 대한 전망이 없고, 불안정한 고용이 청년층이 건설현장으로의 진입을 기피하는 주요 요인임을 고려할 때, 선작업의 확대 적용은 사업의 효율적 수행과 생산성 향상을 통한 수요 절감뿐만 아니라 젊고 유능한 인력의 유입을 통해 건설문화를 바꾸는데도 기여할 것으로 기대됨.

장철기(부연구위원·ckchang@cerik.re.kr)
성유경(연구원·sungyk@cerik.re.kr)