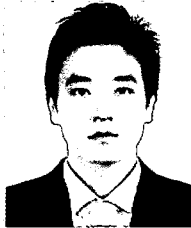


## 린 건설 사례 - 영국 히드로 공항 프로젝트



구본상, 한국건설산업연구원 건설관리 연구실 책임연구원

해외에서 진행되는 대규모 턴키(Design Build)공사에서는 다양한 사업 주체들(시행사, 설계사, 원·하도급업체, 자재 조달·납품업체 등등)이 단일 목적을 위해 동시 다발적으로 일을 수행하게 된다. 이와 함께 공사가 패스트 트랙(fast track)으로 진행되는 경우가 대부분이므로 상호 의사소통 부족 및 연계된 업무 절차의 미비 등으로 인해 많은 낭비 요소들이 내재하고 있는 속성을 가지고 있다. 해외 발주자들은 대규모 턴키공사에 수반되는 리스크를 인지하고 설계 및 시공업체들에게 공사상 리스크 관리 능력을 향상시킬 것을 요구하는 경향이 높아지고 있다.

이러한 인식의 변화로 선진국에서는 대규모 프로젝트에 린 건설(Lean Construction) 방식을 도입하는 현장들이 늘어나고 있다. 린 건설 방식은 세부 작업 단위의 작업 정의를 통하여 작업 선후행간의 규칙적인 연결을 기준으로 공정 계획을 수립·관리함으로써 재고 최소화, 낭비의 최소화, 변이 관리 능력 향상, 공기 단축, 비용 감소 등의 효과를 나타낼 수 있다.

본고에서는 린 건설 방식을 실제로 적용한 영국 히드로공항 제5터미널 신축공사를 소개한다. 이 프로젝트에서의 린 건설 방식 적용 사례는 대규모 프로젝트에서 턴키 발주가 늘어나고 있는 국내 발주자 및 설계, 시공업체들에게 사업관리를 통한 경쟁력 제고를 위한 혁신적인 방향을 제시할 수 있을 것으로 사료된다.

### 린 건설(Lean Construction)

린 생산(Lean Manufacturing) 방식은 일본 도요타사가 독자적으로 개발한 생산 기법으로 포드식 대량주의에 입각한 재고를

쌓아두고 생산하는 방법을 지양하고 적시에 제품과 부품이 공급되는 JIT(Just-In-Time) 시스템을 갖추으로써 재고 비용을 줄이고 종업원의 적극적인 참여를 유도하여 생산 품질까지 높이는 혁신적인 운영 방식이다.

린 건설(Lean Construction)은 영국의 Lauri Koskela가 1992년 린 생산 방식의 건설 프로젝트 적용 가능성을 제시한 이래 현재는 건설관리학계에 하나의 연구 분야로 자리 잡고 있다. 건설 프로젝트를 하나의 생산 과정으로 보고, 그 과정에서 발생하는 전반적인 낭비 요소들을 도요타생산방식(TPS: Toyota Production System)이 제시하는 여러 기법들을 건설 프로젝트 현실에 맞게 응용하여 체계적인 개선을 꾀하는 것이다.

구체적으로 린 건설에서는 현장 내 업체 간 세부 작업 단위에서의 작업 정의를 통해 작업 흐름의 연속성을 확보하여 대기 및 유휴 시간을 줄이고, '풀'(pull) 방식을 통한 JIT 자재 시스템을 구축하여 자재의 낭비 또는 누락을 최소화하는 것을 목표로 한다. 이와 함께 세부 작업 계획 대비 실행을 중시하는 신뢰도 위주의 KPI를 선정하여 관리하는 것을 중시한다.

### 영국 히드로공항 제5터미널 공사와 린 건설 방식 도입 배경

영국 히드로공항은 세계에서 가장 바쁜 국제공항 중 하나로 유럽과 전 세계를 연결시켜 주는 항공 교통의 허브로서 세계 최고 국제공항의 위상을 자랑한다. 급격히 늘어나는 유동 인구수에 부응하기 위해 현재 연간 승객 수용 한도 6,500만 명에서 9,000만 명으로 늘리기로 계획하고 기존 4개의 여객터미널과 1개의 화물터미널 및 6개의 활주도로 구성된 공항에 제5터미널 신축이 2001년에 허가를 받고 6조원으로 예산이 잡혔다.

턴키 방식이자 패스트 트랙으로 진행된 본 공사에서는 설계가 완료되기 이전에 시공이 개시되는 경우가 많아 자재의 주문 조립 및 가공을 최대한 늦춰야 했다. 또한 공사 규모 대비 가용 야적장 부지가 턱 없이 부족한 실정이었다. 그러므로 현장으로 반입되는 모든 자재는 반드시 1일 내에 처리되어야 하고 모든 자재는 하나의 입출구로 통과해야 하는 제약을 받고 있었다. 더불어, 인근 주거 지역의 교통 및 공사 소음 방지를 위해 하루 중 입고

시간이 제한되어 있어, 허락된 시간 중에는 평균 30초마다 자재 및 장비가 배달되는 현상이었다. 현장 내에는 80개의 부분별, 공종별 프로젝트가 동시에 진행되고 있어, 이들 개별 프로젝트는 소요 자재를 적재적소에 공급해줘야만 원활한 공사를 보장할 수 있었다.

이러한 여건을 극복하고 공기 및 공사비 10% 절감을 목표로 잡은 영국 공항 공단은 린 건설 방식의 채택을 공사 성공의 필수 요소로 보았다. 새로운 린 건설 방식을 망설임 없이 수용할 수 있었던 배후에는 영국의 “건설 재인식”(Re-thinking Construction) 보고서가 큰 도움이 되었다. 당시 영국의 건설 산업의 혁신을 꾀하는 이 보고서에는 미국 일부 건설 회사들이 비효율성 제거의 해결책으로 린 생산 방식을 건설 프로젝트에 적용하여 성공한 사례들을 내용을 담고 있었으며, 이의 적용을 적극 권장한 바 있다.

## 린 건설 적용 방법 및 적용 효과

영국 공항 공단은 구체적으로 다음과 같은 린 기법들을 실행으로 옮겼다.

- 풀 방식에 의한 자재 입고: 현장에서 직접 운영하는 콘크리트 배치 플랜트, PC 및 철근가공장이 현장 업체들이 필요로 하는 자재를 필요한 때에, 필요한 만큼 생산하도록 하였다. 이는 자재의 불필요한 재고를 최소화할 뿐만 아니라 터키 공사 특성상 설계 변경 및 돌발 상황에 의해 생기는 자재의 장시간 야적과 누락을 막을 수 있었다.
- 흐름 위주의 협업 작업 구축: 80개가 넘는 현장 업체들 간에 작업 연속성 확보 및 유지를 위해 각 업체는 작업 착수 전에 반드시 제약 요인 분석 (Constraint Analysis)을 주기적으로 행하여 2-3 주 단기계획을 짜게 하였다. 이는 준비 항목 (Make Ready)들을 추려내고 이의 실천을 통해서 상호 이행 작업을 실천하면서 공사상 내재된 변이성을 작업 프로세스들의 표준화를 통해 줄이려는 데에 목적이 있었다.
- 신뢰도 중심의 핵심성과지수(KPI: Key Performance Index)로 성과 측정 : 자재의 풀 방식 입고 및 선후행작업자들 간의 연속 흐름의 체계 구축, 그리고 이의 세부 작업 단위에서의 운영 및 관리를 위해서 기성 중심의 평가가 아닌 신뢰도 중심의 KPI를 구축하였다. 즉, 일일작업신뢰도 (PPC: Planned Percent Complete) 및 자재 야적 대기 시간 등의 지수를 통해 현장 공정 진도를 평가하였다.

이와 같은 린 건설 기법으로 본 공사에서는 많은 문제점들을 풀 수 있었다. 특히, 대형 물류 창고에서의 현장 반입 대기 시간을 줄여 병목 현상을 해소함으로써 현장 업체들의 원활한 자재 공급을 가능케 하였다. 또한, 선행업체와의 작업 조율 미달로 인해 발생하는 후행업체의 대기 및 유휴 시간을 최소화할 수 있고, 더불어 재시공 작업(rework)도 줄일 수 있었다.

이러한 효과로 본 공사는 현재까지 계획된 공기 및 공사비에 맞춰서 공사를 진행하고 있다. 또한 현재까지 도급액의 10% 절감을 발표하였다. 공기 지연 및 예산 초과라는 고질적인 문제를 갖고 있는 대규모 프로젝트에서는 괄목할 만한 성과로서 영국의 대규모 사업 중에서도 40년 만에 처음 있는 일이라고 한다.

## 린 건설 이행시 유의 사항

린 건설은 현장에서 일어나는 제반 프로세스에 내재되어 있는 낭비 요소들을 발견하고 이를 체계적으로 줄여 주는 노력을 하는 것이 그 근본 취지라 할 수 있다. 이런 관점에서 봤을 때, 린 건설은 어느 특정 사업 부문이나 발주 형태에 제한시키기 보다는 각각의 특성에 맞게 적절한 적용이 가능할 것이라고 사료된다. 단지, 린 건설의 적용은 다음과 같은 현실적인 조건들이 만족되어야 한다는 점도 유의해야 할 것이다.

- 자재와 연계된 세부 작업 단위 계획 수립 및 실천을 위한 운영 체계: 현재 대부분 국내외 건설업체들이 EVM 방식 및 CPM을 근거로 한 공정 관리 시스템을 현장 운영의 기본 시스템으로 사용하고 있다. 하지만 린 생산 방식의 실천을 위해서는 본 고에서 소개한 바와 같이 세부 작업 단위에서 작업들을 정의하고 이를 자재 조달 프로세스와 연계하여 관리할 수 있는 시스템 구축이 필요할 것이라고 사료된다. 또한 이들 시스템이 개별적으로 운영되는 것이 아니고 유기적으로 연계되는 것이 이상적이라고 판단된다.
- 푸시/풀 방식의 혼용 체계 구축: 린 생산 방식에서는 자재의 가치 흐름 전반에 풀 방식의 적용을 이상적으로 보고 있으나, 현실적으로 푸시/풀 방식의 적당한 혼합 체계 구축이 필요하다. 예를 들어 국내에서는 대부분 대형 업체들이 연간 철근량을 시황에 따라 대량 구매하고 있다. 하지만 철근 구매 후 개별 현장 투입 단계에서 부터는 본사가 아닌 현장에서 필요로 하는 양을 주문하고 가공, 조립, 운반, 입고, 설치 등의 프로세스를 풀 방식으로 전환해야 할 것이다. 이와 같이, 모든 자재를 풀 방식으로 전환하기보다는 주문 물량 및



그림 1. 히드로 공항 제5터미널 공사 현장



그림 2. 제약 요인 분석(Constraint Analysis) 을 통해 단기 계획 수립하는 공사 관계자들

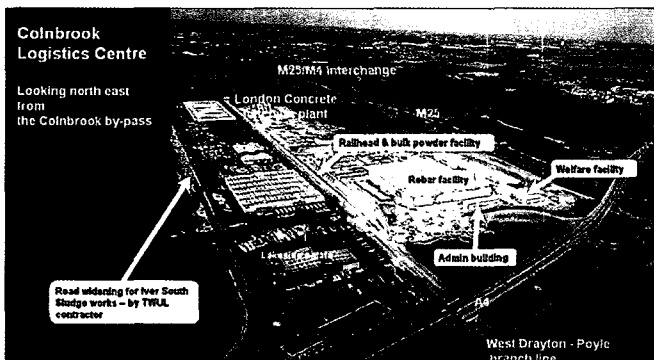


그림 3. 히드로 공항 제5터미널 공사 철근 가공장 조감도

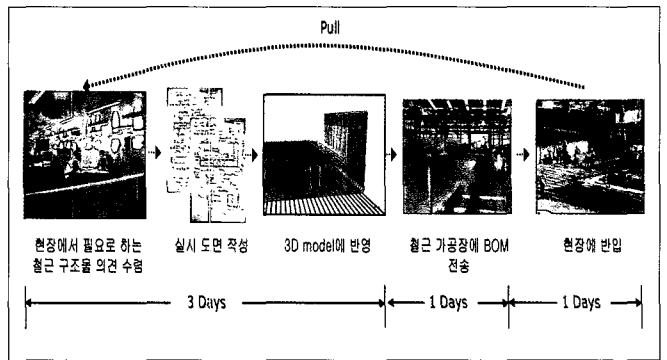


그림 4. 철근 구조물에 풀 방식과 3D model을 혼용한 구축 예제

생산 시설의 인접 정도, 발주자의 구매력(bargaining power)등을 고려하여 선별적 적용을 하는 것이 중요하다고 판단된다.

- 적정한 안전재고 확보: 린 생산 방식은 궁극적으로 무재고(zero inventory)를 지향하지만, 건설에서는 불확실성 때문에 어느 정도의 안전재고(safety buffer)를 확보해야 하는 현실적인 측면도 있다. 안전재고의 적정 수준은 현장 업체들의 생산성, 야적장 부지, 납품업체의 운반 비용 등, 다각적인 차원에서 현장의 특성에 따라 결정되어야 하고, 재고량을 최소화하는 방향으로 설정되어야 할 것이다.
- 발주자 및 원도급자의 주도적 역할: 이 공사에서 또 한 가지 주목할 점은 발주자가 주도적인 역할을 하여 시공사들이 효

과적으로 일을 할 수 있는 기반을 마련해 줬다는 점이다. 이는 새로운 기법을 성공적으로 실행하기 위하여 발주자 또는 원도급자의 리더십의 중요성을 잘 보여준 예라 할 수 있다.

### 국내 업체들에게 새로운 원가 절감 방향 제시

국내에서도 여러 대형 공사를 턴키방식으로 발주하는 경향이 늘어나고 있다. 하지만, 실제로 이런 공사를 체계적으로 관리할 수 있는 표준화된 시스템은 아직 미흡한 실정이다. 향후 국내·외 공사에서 공사비 및 공기를 확실히 제어할 수 있는 방법을 찾고 현장을 관리하고 자재를 조달할 수 있는 능력을 보여 리스크를 관리하는 요구가 늘어날 것이다. 이런 측면에서 린 생산 방식은 국내 건설업체들 뿐 아니라 발주자들에게도 건설 산업의 생산성 향상에 관한 해법을 제시해 준다.