

라스트 플래너 적용 사례연구 : 터널 프로젝트

Implementing Last Planner : Tunnel Construction Project

김 용 우* · 장 진 우**

Kim, Yong-Woo · Jang, Jin-Woo

요 약

라스트 플래너는 린 건설의 핵심적인 생산관리 이론으로 공정간 신뢰도를 향상시키는 것에 목적을 두고 있다. 해외의 여러 연구기관 및 기업체들이 린 건설의 이론 및 라스트 플래너 방법을 사용하여 많은 사례연구를 수행하였다. 최근 국내의 건설업체 및 연구기관에서 린 건설 및 라스트 플래너 방법이 소개되었고, 이에 대한 연구 및 도입에 많은 노력을 기울이고 있다. 그러나 국내 건설업체가 라스트 플래너를 공정관리 방법으로 도입함에 있어 기존의 공정관리 방법과의 상이성, 조직 구성의 차이, 문화적 차이 등으로 인한 많은 어려움에 직면하고 있다. 또한, 공사시공의 상당부분을 협력업체의 외주에 의존하는 현실에서 협력업체가 라스트 플래너 공정관리의 주체로 참여하지 않고는 효과적인 라스트 플래너를 수행하는데 있어 어려움이 있다.

본 연구는 국내의 건설업체의 토목공사 현장을 대상으로 라스트 플래너 방법을 수행하였다. 본 연구에서는 3개월간 라스트 플래너 방법 수행하면서 획득한 결과를 토대로 수행연구 분석하였고, 라스트 플래너 방법을 수행하는데 있어 영향을 미칠 수 있는 생산외적 요소들에 대하여 서술하였다.

키워드 : 라스트 플래너, 린 건설, Shielding 과정, 공정완성률

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근의 건설프로젝트는 공기 및 품질에 대한 발주자들의 기대가 높아지고, 규제와 경쟁업체의 증가 등 건설 환경의 악화로 많은 어려움에 직면하고 있다. 따라서 건설사들은 이윤 창출을 위한 보다 효과적인 생산관리에 더 많은 노력을 기울이고 있다.

린 건설의 대표적 공정관리 방법인 라스트 플래너는 공정간 신뢰도를 향상시키는 방법으로 사용되고 있으며, 현대의 복잡하고 예측하기 힘든 건설프로젝트를 수행하는데 있어 많은 선례를 남기고 있다. 이에 따라 공정간 신뢰도 향상의 결과로 나타난 공기단축 및 원가절감 사례(Fiallo and Revelo 2002, Ballard 1999, Ballard 외. 1996)들이 다수의 연구보고서 및 학회지를 통해 발표되고 있다.

특히, 미국, 남미, 유럽 등지에서 라스트 플래너 방법은 주택, 빌딩 등 대부분이 건축공사(Building Construction)에 적용한 사례가 린 건설학회(Lean Construction Institute(LCI), International Group of Lean Construction(IGLC))를 통하여 발표되고 있는데, 이는 건축공사를 위주로 하는 업체들이 초기의 린 건설 이론의 도입에 적극적으로 참여 하였고, 토목공사(Heavy Civil Construction)와 비교하여, 각 공정의 시공기간(Cycle time)이 짧고, 반복공정이 많은 건축공사의 특성 때문에 대부분의 수행연구 사례가 건축공사 위주로 발표된 것으로 조사되었다.

그러나, 최근 2004년 및 2005년 IGLC학회를 통해 토목공사에서의 린 건설 이론 및 라스트 플래너 적용사례(Kempainen 외 2004, 김용우, 장진우 2005)가 발표되어 관련학자들의 관심이 커지고 있다.

본 연구는 국내 건설업체가 수행하고 있는 지하철 공사현장을 대상으로 3개월간 라스트 플래너 방법을 실행하였고, 라스트 플래너 방법의 실행과 이에 따른 공정간 신뢰도 향상에 대하여 수행연구의 결과를 바탕으로 서술하였다. 또한 문화적 배경 및 기업문화가 다른 한국의 토목공사현장을 대상으로 한 라스트 플레

* 일반회원, 뉴욕주립대학교 교수, 공학박사, ywkim@esf.edu

** 일반회원, 뉴욕주립대학교 박사과정, jijang@syr.edu

니 방법 도입에 영향을 미치는 생산외적 요소들에 대하여 언급하고 있다. 본 연구의 결과 및 제안이 추후 한국에서의 라스트 플래너방법과 관련된 공정간 신뢰도 향상에 관한 참고자료로 사용되어지기를 기대한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

공정간 신뢰도 향상을 위해 개발된 라스트 플래너 방법은 LCI와 IGLC의 학술대회 및 강연을 통하여 많은 적용 사례가 발표되고 있다. 린 건설(Lean Construction)과 라스트 플래너 방법은 최근 국내 건설업체 및 관련기관에 소개되었고, 여러 건설업체에서는 이에 대한 도입을 계획하고 있다. 그러나, 이론을 현장에 도입함에 있어 문화적, 사내 구성조직, 조직간의 이해관계 등과 같은 생산외적 요소들로 인하여 현장 도입 시 많은 어려움에 직면하고 있다.

본 연구에서는 앞서 소개한 국내 건설업체의 지하철 시공현장을 대상으로 라스트 플래너를 3개월간 3단계에 걸쳐 실행하였다. 실행연구를 바탕으로 공정완성도(PPC, Percentage Plan Completion) 및 공정완성 실패원인을 분석하였고, 라스트 플래너 방법 적용에 영향을 주는 생산외적 요소들에 대하여 고찰하였다.

2. 린 건설 및 라스트 플래너

2.1 린 건설(Lean Construction)

린(Lean)이란 단어의 뜻은 ‘군더더기가 없다’라는 의미로써 90년대 초 도요다 생산관리기법을 토대로 만들어진 린 생산관리(Lean Production Control)를 제조업에 도입하면서 연구, 발전되어져 왔다.

린 건설은 린 생산관리 이론을 바탕으로 하여 개발된 생산성 향상을 위한 관리방식으로써 90년대 중반 Ballard 와 Howell에 의하여 연구가 시작되었다.

국내에서는 사례연구 및 린 건설에 대한 이해가 다소 부족한 면이 있으나, 최근 들어 건설업의 가치의 극대화, 효율적인 자원 관리, 낭비의 최소화를 지향하는 움직임에 발맞추어 국내에서도 많은 관심을 나타내고 있다.

린 건설학회지(LCI, IGLC)를 통한 사례연구에서, 중남미의 브라질과 칠레의 경우 지난 10여 년 동안 주거건축을 중심으로 한 건축공사에 라스트 플래너 방법을 적용한 수행연구를 발표하고 있으며, 최근에는 그동안의 사례연구를 바탕으로 린 건설 및 라스트 플래너 방법의 효과를 재정립하고, 각 분야별 실정에 맞

는 시스템 개발에 노력을 기울이고 있다(Allacon 외, 2005), (Bortolazza 외, 2005). 가까운 나라 일본의 경우 린 건설의 바탕이라고 할 수 있는 린 생산관리 기법인 도요다 생산 시스템(Toyota Production System, TPS)의 적시재고관리(Just In Time, JIT), Visual Management, 간판(Kanban)이론 등을 직접 건설에 도입시킨 연구사례가 린 건설 국제학회를 통하여 발표되었다(Nakagawa, 2003, 2005). 미국에서는 린 건설학회를 중심으로 기존의 이론에 대한 수행연구 뿐 아니라, 그 연구범위를 확장하여 정보관리, 공급사슬관리 등 IT와 연계한 새로운 시스템 개발에 노력하고 있다. 또한, 2004, 2005년에 걸쳐 건설관련 연구기관인 Construction Industry Institute(CII)에서 린 건설과 관련된 프로젝트를 발주 하여 이에 속해 있는 미국의 대기업 및 다국적 기업에서 린 건설에 대한 많은 관심을 보이고 있다. 또한, 최근 린 건설의 적용에 있어서, 생산외적인 문화적 특성을 고려해야 한다는 주장이 있다. (CII 2004, 김용우, 장진우 2005).

2.2 라스트 플래너 (The Last Planner)

라스트 플래너 방법은 린 건설의 대표적인 실행이론으로서 1994년 Ballard와 Howell에 의하여 제안되어 많은 연구수행 사례가 린 건설학회 및 기업참여 연구 과제를 통해 소개 되고 있다.

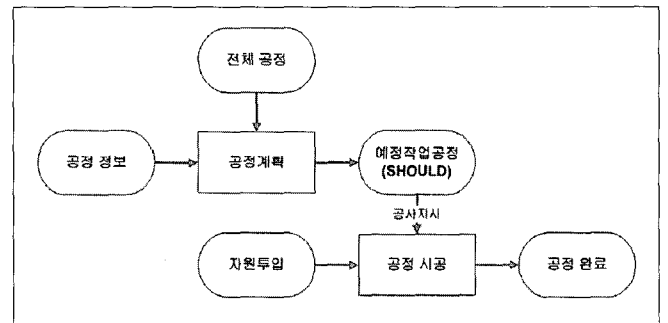


그림 1. 기존의 공사 지시 방식

기존의 현장에서의 공정지시 방식은 그림 1에서 보여 지는 것과 같이 공사 담당자가 연간, 월간 공정표를 바탕으로 공정관리상의 최소단위 실행공정표(Commitment Plan)를 통해 공사를 지시하는 방식이다. 기존의 방식은 공사수행의 목적을 달성하기 위하여 자재, 장비, 노무 등의 계획된 정보를 각 자원이 제시간에 사용 가능하다는 것을 전제로 하위 공사담당자에게 일부 공정에서 모든 준비 작업이 100% 완벽하지 않은 상태로 작업이 지시한다. 각 단위별로 지시된 공정은 선행공정과의 작업조절을 통해 예측한 자원을 각 공정에 배분하여 예측한 공기를 준수하면 완료된 것으로 간주된다.

한편, 라스트 플래너 방법에서는 라스트 플래너 역할을 하고 있는 공사지시자(Front Line Manager)의 역할을 강조한 것으로서, 체계적인 공사 준비 방법인 Shielding 과정을 통하여 공정의 시공 시 공사 준비가 100% 완료 될 공정만을 하위로 지시함으로써, 준비의 체계성뿐 아니라 준비가 100% 완료되지 않을 공정의 지시를 방지하여 공정간 신뢰도를 증가시키는 것에 목적을 두고 있다(Ballard, 1999).

아래 그림 2에서 볼 수 있듯, 라스트 플래너의 역할을 맡은 공사지시자는 실행공정표상에 명시되어있는 각 공정을 하위로 지시하기 전 Shielding과정과 같은 체계적인 방법을 통한 후 준비가 100% 이루어 질 수 있고, 모든 제약이 해제된 작업만을 주간 공정으로 선정하여 하위 작업자에 지시하고, 그렇지 않은 공정은 작업준비가 100% 이루어 질 수 있도록 다시 예정공정으로 선정한다. 따라서 하위 작업자는 체계적인 준비 작업을 통해 작업에 대한 선행 작업 및 모든 자원의 불확실성이 제거된 상태에서 작업을 기한 내에 실행함으로써, 원활한 공사를 진행할 수 있고, 이를 통해 공정간 신뢰도를 증가시킬 수 있다(Ballard, 1999).

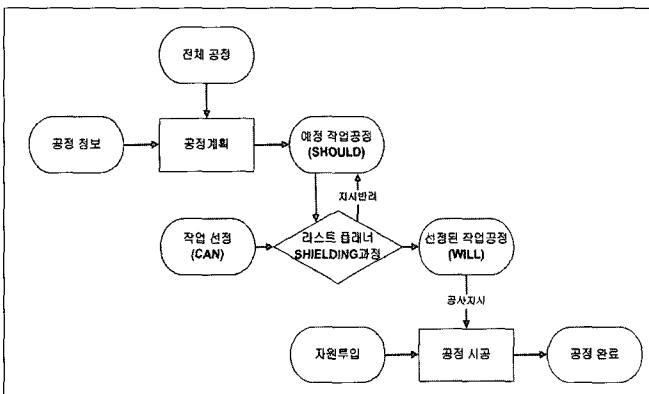


그림 2. 라스트 플래너 공사 지시 방식

또한, 라스트 플래너방법은 Shielding과정을 통한 선택공정의 수를 줄이는 것에 초점을 두지 않고, Shielding과정을 통하여 제약해지 및 작업의 신뢰성을 확보함으로써 선후 공정간 불확실성을 제거 하여 공정간 신뢰도를 향상시키는 데에 초점을 두고 있다.

2.3 Shielding 과정

Shielding 과정은 라스트 플래너를 실시하는 가장 핵심적인 요소로서, 라스트 플래너인 공사지시자가 최소단위 공정계획표상의 공정을 5가지 Shielding과정을 통해 신뢰성 있는 공정들을 선별하는 것을 의미한다(Ballard and Howell, 1997).

본 과정을 통해 불확실한 요소들을 사전에 제거함으로써, 신뢰

성 있는 작업을 하위 작업시행자에게 전달할 수 있고, 필요한 모든 자원이 준비된 상태에서 공사를 실행함으로써 업무를 보다 효율적으로 수행할 수 있게 된다. 5가지 Shielding 과정은 공정 정의, 자원 준비, 공정 순서, 작업량 및 학습 등으로 다음과 같다.

2.3.1 공정 정의

각 공정에 대한 구체적인 정의가 완료되어 있는가? 작업 후 작업 완료 여부를 판단할 수 있는가?

2.3.2 자원 준비

각 공정에서의 필요 자원에 대한 구매를 완료했나? 예를 들어 필요자재가 현장에 도착 하였는가? 선행 작업이 완료된 상태인가? 설비가 완료된 상태인가?

2.3.3 작업량의 적절성

각 공정에 대한 작업기간은 적당한가? 예상 자원을 투입 했을 때, 각 공정을 예상한 공기 내에 완료할 수 있는가?

2.3.4 공정 순서

각 공정에 공사 실행 시 선행 작업 및 후행 작업에 대하여 파악하고 있나? 지시하는 작업의 순서가 공사 수행을 위해서 적절한가?

공사 지시자인 라스트 플래너는 최소단위 실행공정표를 작성하기 전, 각 공정별로 위의 4가지 사항에 대하여 확인을 한 후 만족되었을 경우에만 작업을 지시한다. 예를 들어, 터널 공사의 발파공정의 경우, 일일설계 발파계획을 확인하고, 발파에 필요한 자재, 장비, 인력 등의 준비사항을 점검한다. 위 사항이 만족되면, 선행 작업의 완료 상태와 후행작업을 체크한 후 작업을 선정 한다.

2.3.5 학습효과

선택한 공정이 실행되지 않았을 경우 실패원인에 대한 분석이 가능한가?

작업지시 후 계획량과 실제 작업의 진척도를 비교함으로써, 계획된 작업이 100% 완료되지 못하였을 경우, 이에 대한 원인 분석을 한다.

2.4 공정완성률(PPC, Percent Plan Complete)

라스트 플래너 방법을 도입한 후 공정간의 신뢰도를 측정하는 방법으로는 공정완성률(PPC) 개념을 사용한다.

린 건설학회(LCI)에서 제안하고 있는 공정완성률의 측정은 0

과 1의 바이너리(Binary) 개념(계획 작업을 100% 완료하지 못하였을 경우 “0”, 완료했을 경우 “1”)으로써, 계획된 개개의 공정이 100% 완성되었을 경우에만 공정완성률에 반영된다. 반면, 기존의 공정률 측정 개념에서는 계획공정의 진행에 따라 ‘공정 80% 완료’ 식으로 공정률을 나타내고 있지만, 라스트 플래너 방법에서는 100% 완료되지 않은 공정은 완료되지 않은 것으로 판단한다. 라스트 플래너 방법에서는 작업공간도 하나의 자원으로 보기 때문에 공정이 완료되지 않은 상태에서 작업공간을 후속공정에 이양할 수 없으므로 부분적으로 작업이 완료되었다고 공정완성률에는 반영하지 않는다. 예를 들어 5개의 계획공정 중 4개가 완료되고 나머지 1개의 공정이 50% 완료되었다고 가정했을 경우 공정완성률은 80%가 되고, 공정완성률의 계산은 아래와 같이 얻을 수 있다.

$$\text{공정완성률(\%)} = \frac{\text{완전공정의 갯수}}{\text{계획공정의 갯수}}$$

3. 프로젝트 개요 및 연구수행

3.1 프로젝트 개요

본 연구는 국내 건설업체의 지하철 현장 중 터널공정을 대상으로 3개월간 3단계에 걸쳐 라스트 플래너 방법을 수행하였다. 본 연구 대상현장의 대략적인 공사개요는 표1과 같다.

표1. 프로젝트 개요

공사명	공사 기간	주요공정	공 법	적용범위
서울지하철 #9-00	2003년 6월 ~ 2007년 12월	터 널: 738M 승강장: 527M 환기구: 143M	터널: 발파를 통한 NATM (New Austrian Tunneling Method) 정거장 및 환기구: 개착공법	터널

본 사례연구의 지하철 현장은 전형적인 토목공사현장으로 터널공사는 발파를 통한 NATM공법을 사용하고 있다. 복잡한 서울의 도심을 통과하는 공사임에도 불구하고 공기 준수를 위하여 하루 18시간 이상 현장이 가동 중인 상태였다. 본 현장의 터널공사 주요공정과 자재 및 장비, 노무인력은 다음 표 2 와 같다.

3.2 연구수행 절차

앞에서 서술한 바와 같이 본 사례연구는 3개월의 연구기간동안

표 2. 주요공정 및 주요자원

주요공정	주 요 자 원			
	연구 공정	주요 자재	소요장비	소요인력
토 공 : 196,097M3	장약 및 발파	천공비트	굴삭기	천공 팀
어스앵커 : 742공	강지보 설치	숏크리트	덤프트럭	발파 팀
락볼트공 : 1,369공	락볼트 설치	락볼트	기중기	숏크리트 타설 팀
강지보공 : 861본	숏크리트 티설	강지보	천공드릴	철공 팀
숏크리트 : 6,460 M2	와이어메쉬 설치	와이어메쉬	지게차	트류판 팀
라이닝공 : 12,150M3		화약 등	도저 등	

안 1개월씩 3단계로 나누어 라스트 플래너를 실행하였다.

본 사례연구에 참여한 건설업체에서는 공정관리를 위해 전체, 연간, 월간 및 주간 공정표를 사용하고 있다. 본 연구의 1단계에서는 기존의 방식으로 작성된 주간 공정표를 바탕으로 연구를 진행하였으며, 2, 3단계에서는 월간 예정공정표를 바탕으로 라스트 플래너가 작성한 1주간 공정표를 바탕으로 라스트 플래너 방법을 실행하였다. 1주에 한 번씩 주간 공정회의를 통하여 지난 주의 공정상황 및 문제점을 검토하였다.

3.2.1 1단계

1단계 연구수행을 위해, 우선 수행연구 현장을 대상으로 현장 조사와 더불어 현장 상주 직원들과 작업반장을 대상으로 워크숍을 실시하였다. 라스트 플래너 실행을 위해 현장상황을 검토해 본 결과, 1단계에서는 기존의 월간공정을 바탕으로 작성된 주간공정을 바탕으로 공정완성률 측정만을 목표로 삼았다. 이 단계에서 라스트 플래너 방법을 실행하지 않은 이유는 라스트 플래너 방법 및 shielding과정을 통한 공정완성률과 기존의 공사관리 체계를 통한 공정완성률간의 차이를 확인하기 위함이었다.

이와는 별도로 기존의 공사관리방법을 통하여 완료되지 못한 공정에 대해서는 제약 상황 및 미완료 공정에 대한 원인을 조사하여 다음 단계의 연구수행에 참조하였다.

3.2.2 2단계

본 단계에서는 라스트 플래너 방법과 기존의 계획공정을 바탕으로 한 EVMS를 동시에 수행하였다. 이를 위하여, 현장 터널 시공 담당자를 라스트 플래너로 선정하고, 현장 직원들을 대상으로 1단계 3, 4주차에 라스트 플래너에 대한 교육을 실시하였다.

2단계에서는 터널공의 월간예정공정을 바탕으로 계획공정을 작성하기 위하여, 체계적인 준비과정인 Shielding과정을 통하여 나타난 제약사항을 파악하고, 준비가 100% 가능한 공정만을 선정하여 주간공정을 작성하였다. 본 단계의 수행을 위하여, 해당 현장의 공사 관리팀에서는 라스트 플래너방법의 효과에 대한 결과분석을 위하여 주간공정표에 제약 상황 분석, 공정완성률, 실패원인을 기록하는 표를 추가하였다.

3.2.3.3 단계

3단계 연구에서는 종전 2단계에서와 마찬가지로 shielding 과정을 통한 라스트 플래너방법을 실행하였다. 1, 2단계를 통하여 공정완성률은 상승하였지만, 2단계 3주차와 4주차에서 공정완성률의 상승률은 기대치인 80% 초과에 미치지 못하였다. 주간 공정회의에서 현장 담당자는 주간 공정과 같은 낮은 단계에서의 EVMS 실행이 Shielding과정을 방해한다는 것을 지적했다. 이러한 결과는 2000년 IGLC의 사례연구를 통하여 낮은 단계에서의 EVM수행은 원활한 공정관리를 방해할 수 있는 연구결과와 패를 같이하다. (김용우, Ballard 2000). 본 수행 연구에서는 주간 공정계획 작성 시 EVM이 높은 작업에 대해서는 제약사항 및 준비완료가 되지 않았음에도 불구하고 EV높은 작업을 우선적으로 계획공정으로 잡아놓는 관행 때문인 것으로 결론지어졌다. 따라서, 본 연구의 3단계에서는 주간 공정단계에서의 EVMS를 제외하고 라스트 플래너 방법만을 실행하였다.

각 단계별 수행연구의 적용절차 및 주요 연구사항은 아래 표 3과 같다.

표 3. 각 단계별 수행연구 적용절차 및 주요연구 사항

	1단계	2단계	3단계
적용기간	4주	4주	4주
적용방법	1. 기존의 공정관리방법과 동일-주간공정을 계획공정으로 사용	1. 월간공정을 바탕으로 라스트 플래너의 주 도아래 Shielding 과정을 통한 주간 공정에 대하여 라스트 플래너 공정관리 방법 실시	1. 월간공정을 바탕으로 라스트 플래너의 주도 아래 Shielding 과정을 통한 주간 공정에 대하여 라스트 플래너 공정관리 방법 실시
주요연구 사항	2. EVMS 적용 기존의 공정관리에 대한 조사 1. 주간공정을 바탕으로 한 공정완성률 조사 2. 공정완료 실패 원인 분석	2. EVMS 적용 라스트 플래너 방법에 대한 적용가능성 조사 1. 공정완성률 조사 2. 공정완료 실패원인 분석	2. EVMS 제외 낮은 단계에서의 EVMS를 제외한 상태에서의 라스트 플래너 적용 가능성 조사 1. 공정완성률 조사 2. 공정완료 실패원인 분석

4. 수행 결과

4.1 단계별 공정완성률

본 연구에서는 주간 공정을 기준으로 하여 각 주의 공정완성률을 측정하였다.

3개월간 3단계에 걸쳐 실행된 라스트 플래너를 바탕으로 작성된 토목공사현장의 각 주별, 단계별 공정 완성률, 주간 계획공정은 표 4 및, 그림 3, 4와 같다.

표 4 주간 공정 완성률

	주	계획공정		평균		PPC		평균
		계획공정	평균	원료공정	평균	PPC	평균	
1단계	1주	104	108	53	58	51%	54%	
	2주	105		58		55%		
	3주	110		53		48%		
	4주	113		68		60%		
2단계	5주	101	104	66	73	65%	70%	
	6주	103		74		72%		
	7주	104		73		70%		
	8주	108		79		73%		
3단계	9주	103	107	81	87	79%	81%	
	10주	108		89		82%		
	11주	106		85		80%		
	12주	111		93		84%		
계		1,276		872		68%		

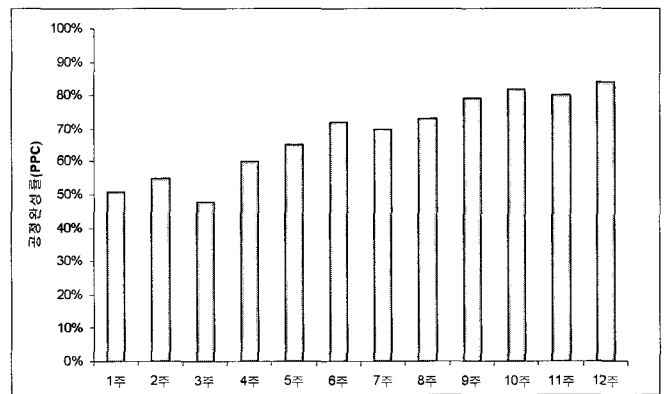


그림 3. 공정 완성률(PPC)

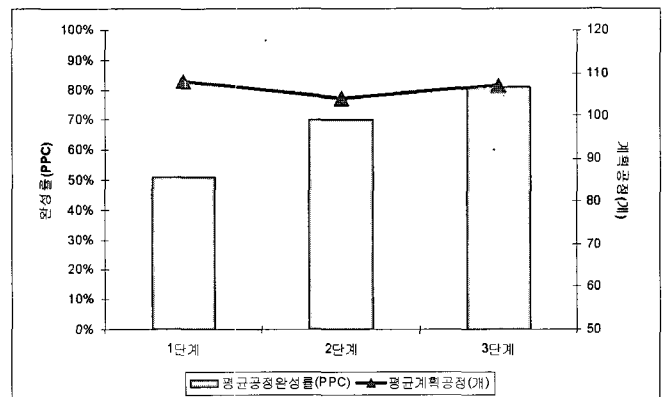


그림 4. 단계별 공정완성률 및 계획공정

3개월간의 걸친 수행연구에서 전체 계획공정은 1,276개였고, 전체공정완성률(PPC)은 68%로 측정되었다.

1단계에서는 공정완성률이 평균 54%로 측정되었으며, 2단계에서 70%, 3단계에서 81%로 측정되었다. 평균 주간 공정 수는 1단계 108개, 2단계 104개, 3단계 107개의 공정이 계획되었다.

표 4 및 그림 4에서 볼 수 있듯이, 공정완성률은 라스트 플래너 방법을 적용시키지 않은 1단계에서 평균 54%로 측정되었지만, 라스트 플래너 방법을 수행한 2, 3단계에서 1단계와 비교할 때, 각각 16%, 27% 상승한 것으로 측정되었다. 이는 라스트 플래너 방법을 실시함으로써 체계적인 준비를 통한 제약해지 및 준비가 완료될 작업을 지시하여 공정간 신뢰도가 높아짐과 동시에 공정완성도의 상승이 이루어진 것으로 사료된다.

한편, 본 연구에서는 2단계에서 Shielding과정에 의한 라스트 플래너 방법 및 EVMS 와 연계한 종합적인 공정관리를 실행하였을 때, 공정완성률이 목표치인 80%를 달성할 것을 기대하였으나, 공정완성률은 이에 도달하지 못하였다. 이에 대한 원인을 분석한 결과, 현장에 대한 성과측정을 월간 기성고에 절대적으로 의존하고 있어, Shielding과정을 통한 공사 준비가 100% 완료가능한 공정의 지시 보다는 Shielding 과정의 5가지 조건을 만족시키지 못함에도 불구하고 현장성과에 유리한 기성금액이 큰 공정을 우선시하여 주간공정 계획에 포함시키는 관례에서 문제점을 찾아낼 수 있었다. 즉, 공사지시자가 EVM을 좋게 하기 위하여 EV가 높은 작업을 작업준비가 100% 완결되지 않은 상태에서 주간공정에 우선적으로 포함하여 공정완성률이 저하되는 원인으로 지적되었다. 따라서 3단계에서 주간공정 단계에서 EVMS를 실행하지 않고 라스트 플래너 방법에 의한 공정관리만을 수행한 결과 공정완성률이 목표치인 80% 초과할 수 있었다.

4.2 공정완료 실패원인 분석

연구 수행기간 중 각 단계별 공정완료율이 100% 완료되지 않은 공정에 대한 실패원인은 승인, 선행공정 미완료, 자재, 장비, 설계변경, 기타의 6가지 범주로 크게 나누어 조사하였다. 각 범주별 제약에 대하여 100% 공정완성률을 달성하지 못한 공정의 분류는 표 5와 같다.

실패원인을 분석해 본 결과 자재의 현장 도착 지연으로 인한 공정연기, 자재 수량 부족, 미확보 등 자재와 관련된 실패원인이 199개로 가장 많았으며, 선행공정 미완료로 인한 계획공정을 계획시간에 시공하지 못하는 사례가 136개로 조사되었다. 자재와 선행공정 미완료의 두 원인으로 인한 계획공정이 완료되지 못한 사례가 전체의 80%를 넘는 부분을 차지하는 것으로 조사되었다.

표 5. 공정완료 실패원인

기간	실패원인	승인	자재	선행공정	장비	설계변경	기타	계
1단계	1주	3	23	21	3	1	0	51
	2주	8	18	18	3	0	0	47
	3주	8	23	22	4	0	0	57
2단계	4주	5	24	13	3	0	0	45
	5주	5	16	13	0	1	0	35
	6주	2	17	9	1	0	0	29
	7주	4	14	10	3	0	0	31
3단계	8주	2	19	7	1	0	0	29
	9주	2	12	7	1	0	0	22
	10주	2	10	5	2	0	0	19
	11주	2	10	8	1	0	0	21
	12주	2	13	3	0	0	0	18
계		45	199	136	22	2	0	404

기타의 경우로는 날씨, 인력, 작업환경 등 그 밖에 요인을 나타낸다. 본 수행연구의 경우 터널공사의 특성상 날씨에 제약이 없이 24시간 작업이 가능하였고, 본 현장의 터널공사의 경우 작업자들이 발파팀, 슛크리트 팀 팀을 이루어 작업을 하고 있어 이에 관한 실패원인이 나오지 않은 것으로 분석되었다.

5. 라스트 플래너 방법에 영향을 미칠 수 있는 생산 외적 요소들

3개월간 3단계의 걸쳐 연구를 수행하는 동안 5주와 9주차에 저자 및 7명의 본사와 현장 담당자로 구성된 TF팀에서 제안된 라스트 플래너 방법에 영향을 미칠 수 있는 생산외적 요소들은 다음과 같다.

5.1 상급자-하급자의 보수적 조직문화

건설업의 특성상 상급자의 지시는 명령과 다름없다. 본 사례 연구 현장에서도 상급자가 라스트 플래너인 작업 지시자 및 공사관계자에게 공정의 실행이 불가능함에도 불구하고 작업지시를 내리는 경우가 있었다. 라스트 플래너 시스템에서는 Shielding과정을 통하여 100% 준비가 가능한 공정들만이 지시하고 그렇지 않은 공정에 대해서는 준비 작업이 완료될 때 까지 지시를 반려하는 것을 목표로 하고 있다. 하지만, 국내 건설업의 지시체계 및 특성상 공사담당자가 상급자의 특정 공정 지시에 대한 반려 및 수행 연기에 대하여 라스트 플래너인 공사지시자를 수행하는데 있어 많은 어려움을 토로하였다. 이와 같은 공사 지시 문화가 개선되지 않고서는 올바른 라스트 플래너방법의

정착이 어려울 것으로 사려 된다.

5.2 라스트 플래너의 역할 및 능력

ラスト 플래너가 처음 시작된 미국의 경우 라스트 플래너는 보통 현장의 공사담당자(Project Engineer)나 작업반장(Superintendent) 등이 담당하게 되어있다. 국내의 경우 공사를 지시하는 담당자(공사 과장급 이상)의 직급은 미국의 경우 보다 높은 직급에서 이 일을 담당하고 있는 실정이다. 단순히 본 이론을 국내의 실정을 생각하지 않고 미국의 경우처럼 작업권한이 부족한 담당자가 라스트 플래너 역할을 할 경우, 본 방법을 실행함에 있어 적절한 효과를 거두기 어려울 것으로 사려 된다. 본 수행연구에서는 경험 및 권한이 부족한 담당자가 라스트 플래너로서의 역할을 하여 계획한 성과를 달성하는데 다소 많은 어려움이 있었다.

6. 결론

3개월간 3단계에 걸쳐 토목공사 현장의 터널 공정에 대하여 라스트 플래너 공정관리 방법을 수행한 결과 공정완성률(PPC) 54%에서 81%로 상승하였다. 이를 토대로 체계적인 공사 준비 방법인 Shielding과정을 통한 라스트 플래너 공사 지시 방식은 공정완성률을 향상 시키고, 이를 통한 공정간 신뢰도를 높이는 데 효과가 있는 것으로 분석되었다.

공정간 신뢰도 향상에 초점을 둔 이번 연구에서, 국내 건설 산업에 라스트 플래너 공정관리 방법을 도입 시 발생할 수 있는 문제점에 대하여 본 연구는 다음과 같은 개선책을 제안하고자 한다.

첫째, 라스트 플래너식 공정관리 방법을 적용할 때 낮은 단계에서의 EVMS연계를 가급적 제외시킨다.

둘째, 체계적인 공사 준비 방법인 Shielding 과정 시 공사지시자 뿐 아니라 모든 참여자가 능동적으로 참여하여 계획공정에 차질이 없도록 준비를 완료한다.

셋째, Shielding과정을 통해 실행이 불가능 하다는 판단이 나온 작업에 있어 작업지시를 하지 않는다.

넷째, 라스트 플래너 지정시 경험 및 권한이 충분한 공사담당자를 선정하여 방법수행의 효율성을 높인다.

7. 감사의 글

본 연구에서 1개의 수행연구를 통하여 국내 건설업에 대한 라스트 플래너 방법연구의 타당성을 결론짓는 것에 대하여 다소

우리가 있을 수 있다고 사료되나, 3개월간 3단계를 걸친 수행과정과 해외현장에서의 라스트 플래너 적용한 경험을 최대한 활용하여 본 연구를 수행하였습니다. 앞으로 계속 본 연구에 대한 연구결과를 update하여 본 연구가 한국의 건설발전에 이바지 할 수 있는 자료로 사용되어 질 수 있도록 노력하겠습니다.

본 연구는 CII와 뉴욕 주립대의 공동 수행 연구 과제의 일부로써 국내 건설사의 협조 하에 연구를 수행하였습니다. 연구에 도움을 주신 (주)일양토건 관계자 여러분께 감사의 말씀을 올립니다.

참고문헌

- Alacon, L., Diethelm, S., Rojo, O., and Calderon., R, "Assessing The Impacts Of Implementing Lean Construction", Proceedings of the 13th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 2005, pp. 387-393.
- Bortolazza, R., Costa, D., Formoso, C. "A Quantitive Analysis Of The Implementation Of The Last Planner System In Brazil", Proceedings of the 13th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 2005, pp. 413-420.
- Yoshitaka Nakagawa, "Importance Of Standard Operating Procedure Documents And Visualization To Implement Lean Consturction" Proceedings of the 13th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 2005, pp. 207-215.
- Yoshitaka Nakagawa and Yoshitugu Shimizu, "Toyota Production System adopted by Building Construction in Japan" Technical Paper in Toyo University Japan, 2003.
- Alarcon, L., "Lean Construction", Balkema, Amsterdam, 1997
- Ballard, G., "The Last Planner", Northern California Construction Institute, Monterey, California., 1994
- Ballard, G., "Improving Work Flow Reliability", Proceedings of the 7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 1999, pp. 275-286.
- Ballard, G. and Howell, G., "Implementing Lean Construction: improving downstream performance", Proceedings of the 2nd International Seminar on Lean Construction, Pontificia Univ. Catolia de Chile,

- Santiago, 1997.
9. Ballard, G. and Howell, G., "Shielding Production: An Essential Step in Production Control", *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 1999, pp 11-17.
 10. Ballard, G., Howell, G., and Casten, "PARC: A Case Study", *Proceedings of the 4th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Birmingham, England, 1997.
 11. Bickel J. and Kuesel, T., "Tunnel Engineering Handbook", Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY., 1984.
 12. Fiallo, C. and Revelo, V. "Applying the Last Planner Control System to a Construction Project: A Case Study in Quito, Equador", *Proceedings of the 10th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Gramado, Brazil, 2002.
 13. Howell, G. and Ballard, G. "Beyond Can-Do", in *Lean Construction*, 2nd annual conference of the International Group for Lean Construction, Santiago, Chile, 1994.
 14. 김창덕, "린 건설" 건설관리학회지, 한국건설관리학회 제1권, 제3호, 2000, pp.48-57.
 15. 김용우, "The Implications of a New Production Paradigm for Project Cost Control", Ph.D. Dissertation, Civil & Envir. Eng., Univ. of California, Berkeley, CA., 2002.
 16. 김용우, Ballard, G. "Is Earned Value Method an Enemy of Work Flow?", *Proceedings of the 8th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Brighton, England, 2000
 17. 김용우, 장진우 "Case Study: An Application Of Last Planner To Heavy Civil Construction In Korea", *Proceedings of the 13th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Sydney, Australia, 2005
 18. Kemppainen, J., Makiene, J., Seppanen, O., Kankainen, J. "Lean Construction Principle In Infrastructure Construction", *Proceedings of the 12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Copenhagen, Denmark, 2004

논문제출일: 2005.10.28

심사완료일: 2006.08.16

Abstract

The Last Planner(LP), of which the goal is to improve work-flow reliability, has recently been introduced in Korea. It is found that some contractors have made efforts on applying the Last Planner to their projects. However, they face difficulties for a variety of reasons.

This paper presents the case study results on Korean heavy civil projects, along with descriptions of the ways that the Last Planner was applied, and how the work flow reliability was improved. It also discusses the prerequisites and barriers to implementation of the Last Planner in applying heavy civil construction projects in Korea. The results can be used as a reference for companies to improve their work flow reliability for future projects.

Keywords : The Last Planner, Lean Construction, Shielding Process, PPC