

발주자 주도형 린 건설에 대한 기초 연구

- 플랜트 건설공사를 중심으로 -

Framework of Owner-driven Lean Construction for Plant Construction

유 충 규*○ 한 승 현** 박 정 준***
Ryu, Chung-Kyu Han, Seung-Heon Park, Jung-Jun

요 약

1990년대 초반 제조업의 린 이론에서 응용된 린 건설은 생산성 향상을 위한 이론적 토대 및 실무 적용성이 우수한 모델로서, 낭비요인을 최소화함으로써 수요자가 얻는 가치의 극대화를 목표로 하고 있다. 또한, 린 건설의 요소기술중 라스트플래너시스템(LPS) 방식은 참여자의 협력관계 증진과 일정계획의 실행여부 측정 및 원인분석을 통하여 변이를 저감하며, 궁극적으로 작업의 신뢰도 향상을 지향하고 있다. 본 연구는 플랜트 건설공사 프로세스중 자재조달 및 시운전 단계에서 LPS를 활용한 발주자 주도형 린 건설 모델이 생산성 및 가치 향상에 긍정적임을 도출하고, 실무적용을 위한 Framework을 제시하고자 한다.

키워드: 라스트플래너시스템(LPS), 린 건설, 발주자, 변이관리, 플랜트 건설공사

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설산업은 발주자(감리자), 설계자, 시공사(원·하도급자), 자재공급자가 분리된 구조하에 목적물을 완성하는 전형적인 현지 분업 생산체계를 가지며, 제조업 등 타업종에 비하여 노동집약적이며 불확실성이 상대적으로 높은 업종이다. 건설업은 이러한 특수성으로 인하여 개선의 노력에도 불구하고 생산성에 뚜렷한 긍정적 변화가 없는 것으로 평가되어 왔으며, 이에 비용효용성 향상을 위한 새로운 접근 방식 요구에 따른 다각적인 연구와 실무적용 노력이 진행되고 있다.

최근 미국과 유럽을 중심으로 활발한 연구와 현장 실무에 적용되고 있는 린 건설(Lean Construction)은 제조업의 린 이론으로부터 응용되어, 건설 생산성 향상을 위한 이론적 토대와 실무 적용성이 우수한 모델로 평가받고 있다. 국내에서는 김창덕(2000)의 소개이후 린 건설에 대한 연구는 활성화되고 있는 반면, 실무도입 및 적용사례는 희박한 실정이다.

한편, 건설생산체계의 주체로서의 발주자는 건설과정에서 발생할 수 있는 리스크를 보수적인 계약방법과 제한규정 등을 통하여 회피하려는 경향이 있고, 건설공사 시공단계에서는 공정·안전·품질·기성관리 등 감독자의 역할에 집중하고 있다. 건설산업의 경쟁력 확보와 린 건설의 활성화를 위해서는 발주자의 적극적인 참여와 전체 생애주기(Life Cycle)를 총괄할 수 있는 리더역량을 요구하고 있으나, 발주자 참여효과에 대한 다각적인 검증과 발주자의 실익을 담보할 구체적인 참여방안 제시는 상대적으로 부족한 실정이다.

본 연구에서는 사급자재조달 및 시운전 과정 등 일반 건설공사와는 차별화된 프로세스를 가진 플랜트 건설공사를 우선적 린 건설 적용모델로 선정하여 LPS를 활용한 의사결정 및 성과 측정·평가체계를 통한 발주자 주도형 사업관리 모델이 건설 생산성 및 공사 목적물의 가치 향상에 긍정적임을 도출하고, 실무적용을 위한 Framework을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 건설 생산성 및 프로세스 신뢰도 향상과 합리적 의사결정 방안에 관한 분야로서, 린 건설의 요소기술인 LPS를 효율적으로 적용할 수 있는 플랜트 건설공사를 중심으로 발주자 주도형 린 건설 모델을 도출하는 기초연구이다. 즉, 플랜트 건설공사의 전형적인 특징인 사급자재조달 및 시운전 전후 단계를 연구의 대상으로 설정, 린 기법 적용성에 초점을 두고, 실무적용을 위한 Framework을 제시하는 것을 목표로 1) 건설 생산성 및 발주자의 역할에

* 일반회원, 연세대학교 대학원 토목공학과 석사과정(교신저자), rck69@hanmail.net

** 종신회원, 연세대학교 토목공학과 부교수, 공학박사, shh6018@yonsei.ac.kr

*** 일반회원, 연세대학교 대학원 토목공학과 석사과정, park-pjj@hanmail.net

본 연구는 건설교통부 건설기술혁신사업(과제번호: 05기반구축 D05-01)에 의해 수행되었습니다.

관한 기존 연구성과를 조사하고, 2) 린 건설과 그 요소기술중 LPS의 특징과 LPS 성과측정 및 평가의 방법론으로서 작업신뢰도(Percentage of Plan Completed; PPC)¹⁾에 대한 세부적인 고찰을 통하여 3) 플랜트 건설공사를 사례 분석 대상으로 발주자 주도형 린 건설 Framework을 제시하는 것을 연구의 범위로 한다.

2 이론적 고찰

2.1 건설 생산성에 관한 연구

건설 생산성에 대한 연구는 생산성의 정의, 측정기술, 향상방안 등의 주제로 진행되어 왔다.

표 1. 생산성 저해요인 (Adrian 2004)

Industry-related factors	Labor-related factors	Management-related factors
Uniqueness of many projects	High percentage of labor cost	Poor cost systems and control
Location at which projects are built	Variability of labor productivity	
Adverse weather and climate seasonality	Supply-demand characteristics of industry	Poor project planning
Dependence on the economy	Little potential for labor learning	
Small size of firms	Risk of worker accident	Poor planning for measuring and predicting productivity
Lack of R&D	Union work rules	
Restrictive building codes	Low worker motivation	
Government labor and environment laws		

김예상(1994)은 생산성이란 산업의 형태를 막론하고 기업의 성장과 운영의 효율을 측정하는 중요한 지표중의 하나로 보고, 순조로운 공사진척을 방해함으로써 생산성을 떨어뜨리는 요인들을 저해요인으로, 신기술도입 또는 운영 전략의 전환으로 생산성을 증대시킬 수 있는 부분들을 향상요인으로 정의하였다. Adrian(2004)은 건설산업의 고유한 특징으로 인한 생산성 저해요인을 제시하였고(표 1), 한승헌 외(2006)는 제조업분야에서 전개되고 있는 전사적인 경영혁신기법인 6시그마 활동을 건설공사 생산성 개념에 접목시킴으로써 건설공사 프로세스 개선 및 생산성 향상에 대한 합리적인 방안을 모색하고자 하였다.

건설 생산체계의 하부구조를 담당하는 시공자(하도급자), 자재공급자는 구조적으로 전체 프로젝트에 대한 소속감 형성이 어려운 현실이며, 이는 생산성에 부정적인 영향을 미친다. 이러한 생산성 저하 요인을 극복하고자 해당 원인에 따른 대응을 위한 다양한 연구가 진행중이며, 특히, 작업자 교육, 동기유발, 세부작업계획 신뢰도 향상, 작업생산성 변이관리와 측정·평가에 대한 연구 필요성이 증대하고 있다.

2.2 발주자의 역할에 관한 연구

1) 작업완성률, 작업성취율이란 용어로 번역되기도 한다.

김한수와 한미파슨스(2003)에 의하면, 건설프로젝트의 성패는 발주자의 역량에 비례하고, 한 국가 건설산업의 효율성 및 생산성은 건설산업계의 역량뿐만 아니라 정부 및 발주자의 역량에 의해 결정된다고 한다. 또한 1998년에 발간된 영국의 Egan 보고서의 두드러진 특징은 발주자가 건설산업계의 수행능력 향상 및 베스트 프랙티스(Best Practice)²⁾ 실천을 요구하는 동시에 발주자 역시 이를 주도하고 수용할 수 있도록 변화해야 할 것을 강조하였다. 즉, 건설산업 체제는 발주자의 요구사항(Needs)에 맞춰 변화해왔고, 발주자의 능력과 안목이 프로젝트의 성과를 좌우하며 건설관리(Construction Management; CM) 활성화에 지대한 영향을 끼친다고 하겠다.

Neap과 Aysal(2004)는 건설 프로젝트 관리에 있어서 중요한 영향을 미치는 구성원으로서의 발주자의 역할을 강조하였다. 또한 발주자의 참여가 프로젝트에 긍정적인 영향을 미치고, 발주자의 건설산업에 대한 지식부족이 의사결정에 부정적인 영향을 미침을 검증하였다.

국내에서는 주로 시공자 관점에서의 발주자 리더쉽(오영섭 외 2007), 발주자 안전관리 실태조사(문장옥과 안홍섭 2006) 등에 관한 연구가 있으나, 발주자 참여 또는 주도형 생산성 향상방안에 관한 연구는 제한적이었다.

2.3 린 건설의 특징과 변이관리

린 건설은 영국의 Koskela에 의해 제조업의 린 생산방식을 건설업에 적용 가능토록 응용한 방식으로서, 생산성 저해요인의 근본적인 원인을 수행작업에 대한 올바른 계획수립 부재와 이행미흡으로 보고, 이러한 원인들을 제거하기 위해 성과위주가 아닌 신뢰도 위주의 작업계획 수립 및 평가방안을 제시하고 있다. 박상준과 전재열(2006)은 린 건설을 생산관리적 접근법에 입각한 차세대 조달관리 기술, 공정관리 및 성과관리 기술 등을 적용하여 낭비요인을 최소화함으로써 수요자가 얻는 가치의 극대화를 목표로 하고 있다고 하였다. 또한, 린 건설의 요소기술중 계획의 신뢰성을 높여 작업흐름의 안정화를 목표로 하는 라스트플래너시스템(Last Planner System; LPS)은 건설참여자 모두의 적극적인 참여를 통해 성취될 수 있으며, 특히 영국 런던 히드로공항 제 5터미널공사의 사례에서 발주자 주도의 건설관리기법이 중요한 성공요인으로 검증·평가되었다. (구본상 외 2006)

김찬현과 김창덕(2001)은 변이란 시스템에 내재 또는 외재되어 있는 불확실성으로 인하여 목적물의 성과치가 일정한 값으로 나타나지 않고 변하는 현상으로 설명하였다. 건설 작업흐름의 변이는 불확실성으로 인해 초래되는 현상으로서, 수학적으로는 분산을 의미한다. 변이는 비가치행위를 증가시켜 Cycle Time을 연장시키며, 결과적으로 생산능력을 감소시키므로 생산성 향상을 위해서는 저감해야 할 대상이다.

3 린 건설 LPS 시행방안

2) 일류 또는 최고·최적의 업무수행 방식, 기업경영 모범사례

3.1 LPS의 특징

LPS는 기존의 CPM(Critical Path Method) 방식의 복잡성을 극복하고 사용성에 초점을 둔 하나의 공정관리 도구이자 설계관리, 노무관리, 계약·구매관리, 안전·품질·환경관리 등 전 건설 프로세스에 적용이 가능한 의사결정 지원도구라고 할 수 있다. 이러한 범용성으로 인하여 프로젝트의 주요 성공요인(그림 1)을 효과적으로 동시에 추구할 수 있는 새로운 접근방식으로 대두되고 있다.

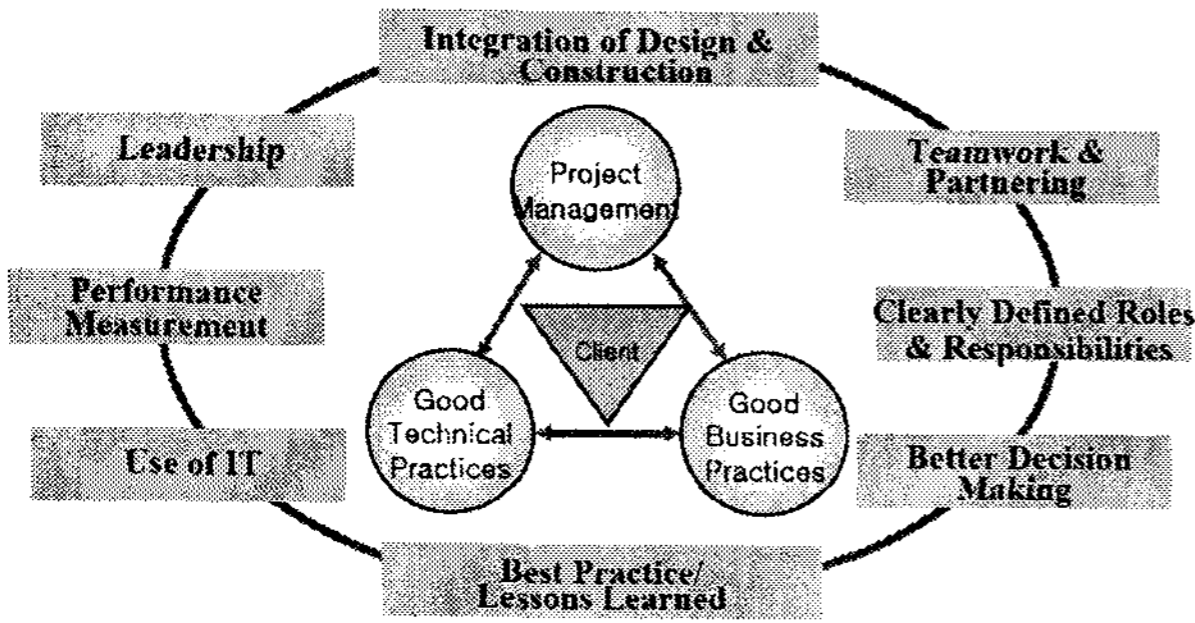


그림 1. Project Success Factor (한국건설산업연구원 2001)

LPS는 기존의 완료된 결과를 평가하는 사후평가 방식과는 달리,

- 1) 상세공정 단위에서 시공계획 신뢰도를 측정하고,
- 2) 작업 지연사유 분석하고,
- 3) 지속적인 개선체계를 구축하여 생산성을 향상시키는 것을 중시하고 있다.

반면, LPS의 단점으로 지적되고 있는 별도의 기본교육 과정, 잦은 소집회의, 과도한 문서의 생산, 컴퓨터 활용능력 및 하도급자 역량에 의존하는 등의 단점들은 LPS 운영 및 평가체계의 간소화와 웹기반 전용 프로그램의 개발·보급을 통하여 극복해야 할 것이다.

3.2 LPS의 시행 및 PPC

LPS는 전공정스케줄(Master Schedule), 단계별공정스케줄(Phase Schedule), 사전작업공정계획(Lookahead Planning), 주간작업계획(Weekly Work Plan; WWP)으로 구성되어 있으며(그림 2), 계획된 작업들의 완료여부를 확인하기 위하여 PPC 분석을 도입하고 있다. LPS는 계획수립 단계에서 전 참여자의 일정이 통합되고, 이 과정에서 하도급자의 소속감과 주인의식 함양 및 협력의식 고양을 유도하여 생산성 저해요인을 제거해 나가는 특징이 있다.

사전작업공정계획에서 전달된 업무들은 WWP에서 최종적으로 주간의 실행업무 대상을 결정하게 되고, 이러한 계획된 일들의 완료여부를 확인하고 평가하기 위한 일련의 과정이 PPC 측정단계이다. PPC 측정은 완료된 작업의 개수(did)를 계획된 작업의 개수(will)로 나누어 산출하고, 미완료 작업에 대하여 원인요소를 규명하여, 원인별 대책을 수립후 다시 계획단계로 Feedback되어야 하는데, 이는 Deming Cycle의 PDCA(Plan-Do-Check-Action) 과정과

일치한다.

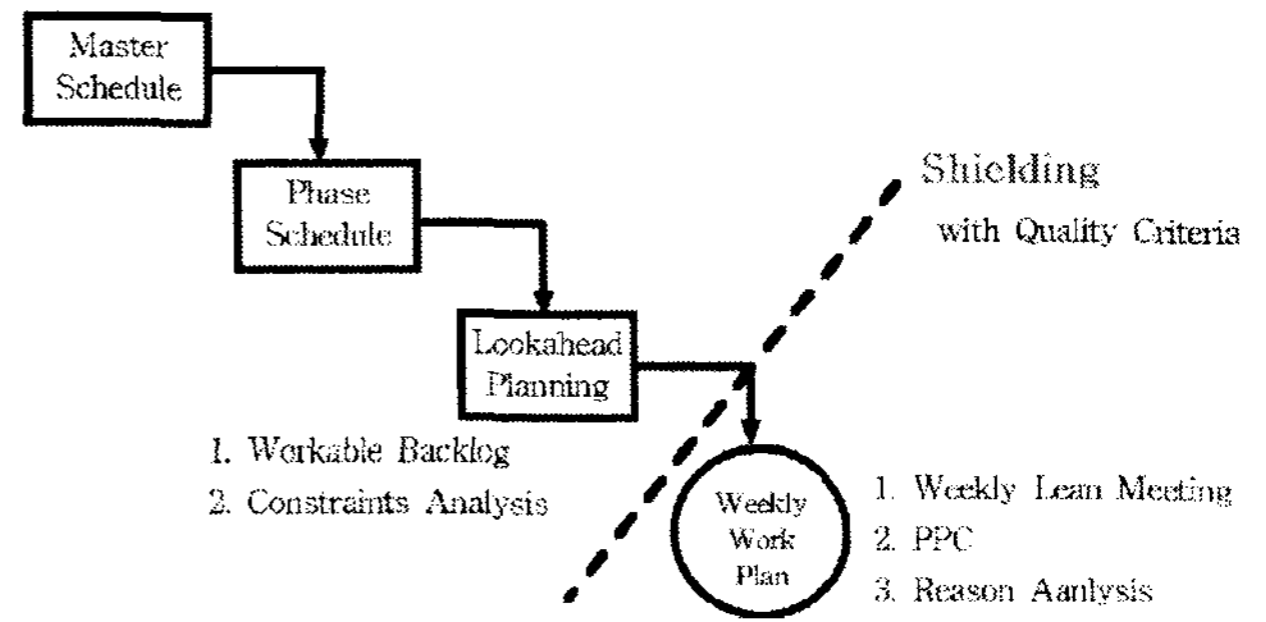


그림 2. LPS의 체계 (김대영 2002)

Ballard(2000)는 최초 LPS를 제안시 PPC 측정주기를 주간단위로 제시하였다. 구본상(2007)은 PPC 측정주기를 일간단위로 설정하여 국내 현장의 사례를 분석하였고, 특히 x일 기준 작업신뢰도(Percent Anticipated Task; PAT)를 도입하여 계획수립시 누락되거나 미계획 완료작업 발생 등 PPC 측정과정과 결과값이 왜곡되는 맹점을 보완하였다. 반면, 일간단위의 PPC 측정은 참여자에게 과도한 부담과 성과위주의 LPS 운영을 초래할 가능성도 있으므로 현장 상황에 맞는 적정 측정주기와 신뢰도 목표치의 설정도 중요한 측면이다.

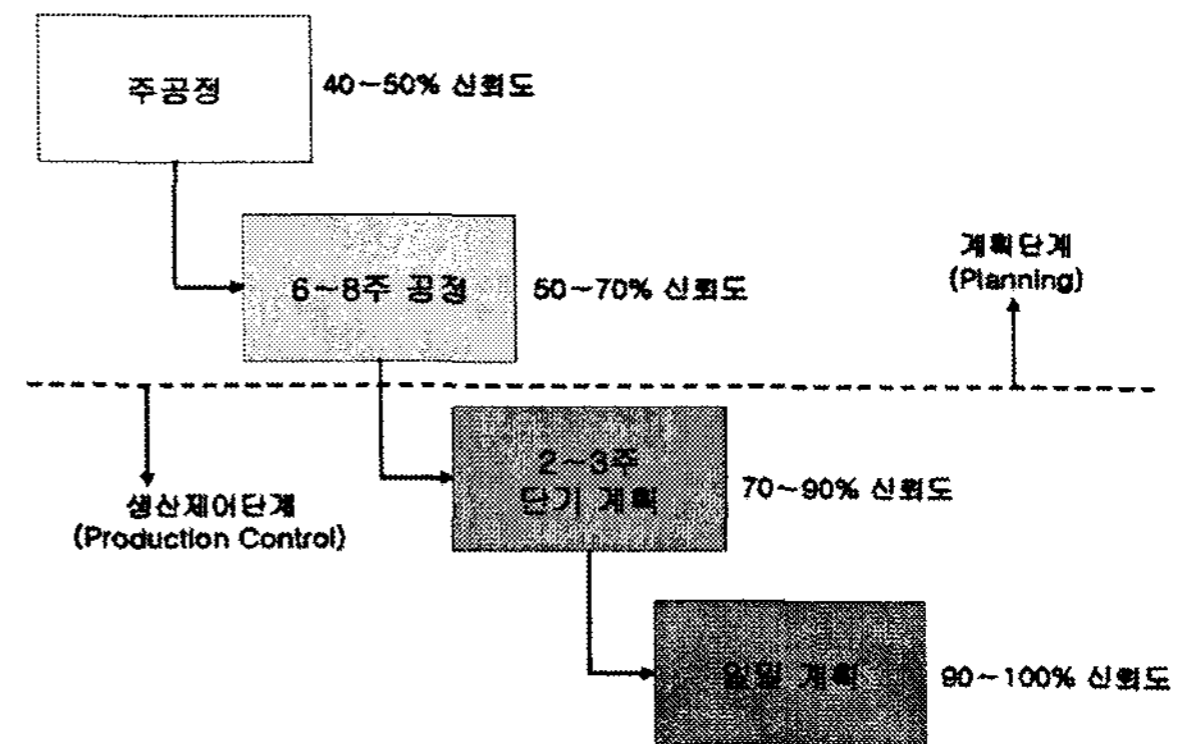


그림 3. 상세공정단위에서의 신뢰도 목표치 (구본상 2007)

린 건설에서 추천하는 상세공정단위에서의 신뢰도 목표치는 그림 3과 같다.

4. 발주자 주도형 플랜트 건설공사 LPS Framework

4.1 발주자 주도형 린 건설 동향 및 사전준비

미국 등 일부 국가에서 발주자 참여 또는 주도형 린 건설 사례가 점증하고 있다. 대부분의 건설공사 발주자는 건설을 주된 사업으로 하고 있지는 않지만, 자기사업의 원활한 추진을 위하여 건설 프로세스에 적극적으로 참여함으로써, 공사 목적물의 가치향상, 공기 단축, 비용절감 등의 긍정적인 성과가 도출되고 있다. 국내의 건설공사 발주자 또한 건설산업 경쟁력 강화와 성과향상을 위하여 영국의 혁신사례에서와 같이 프로젝트를 선도하는 중심적 역할을 수

행할 수 있는 역량이 필요하다.

또한, 린 건설의 활성화 및 LPS 운영을 위해서는 제도적 장치와 전문가 집단 및 실무인력의 양성도 시급히 해결해야 할 과제로서, 공사도급 및 자재공급 계약내용에 린 건설기법의 적용을 유도할 필요성이 있으며, 실무 적용을 위한 신속한 교육지원 체계도 마련되어야 할 것이다. 특히 발주자 및 원도급자가 린 건설 전문가로서 하도급자 및 자재공급자를 교육할 수 있는 역량을 갖추어 각 프로젝트의 특성에 맞는 다양하고 유연한 운영 체계를 도출할 수 있어야 할 것이다.

4.2 플랜트 건설공사 시운전 및 조달 관리

플랜트 건설공사는 설계와 각종 기자재의 조달 및 시공이 복합된 전형적인 EPC 공사이며, 주로 고도기술이 집약된 설비(Engineered Equipment)를 설치하는 공사로서, 기계, 배관, 토목, 건축, 전기, 계장, 화공 등 다양한 분야의 기술자가 참여하는 특징으로 인하여 공사 진행단계별 각종 정보의 신속한 공유 및 원활한 의사소통이 성과를 좌우한다. 또한, 발주자 지급 사급자재 비율이 높고 시운전과정 등 일반 건설공사와는 차별화된 건설 프로세스를 가지고 있다.

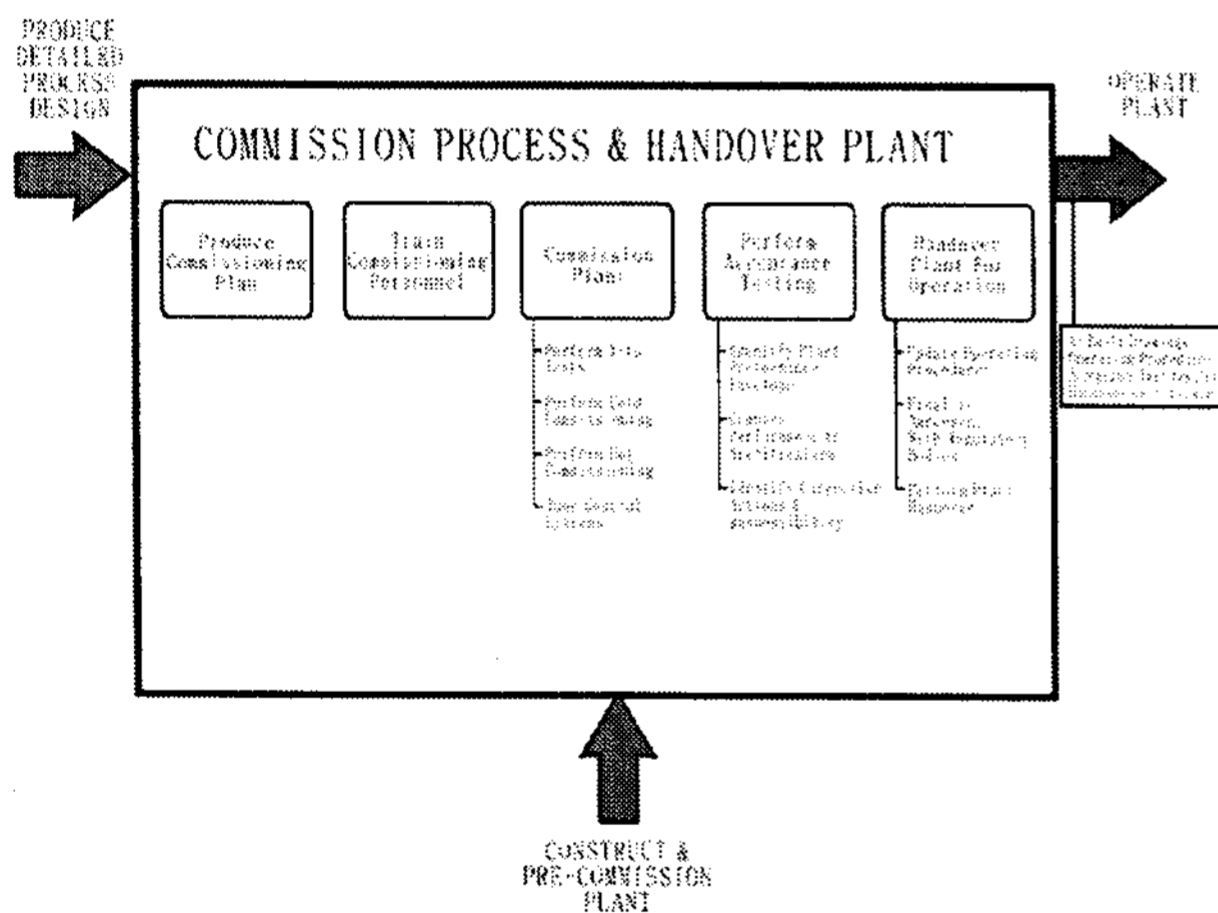


그림 4. 플랜트 건설 시운전단계 세부절차³⁾

본 논문에서 초점을 두고자 하는 시운전 전후과정은 전체 프로젝트의 성과를 좌우할 정도의 중요한 단계이며, 다소 복잡한 절차로 이루어져 있다(그림 4). 대부분의 시운전 단계는 상업운전을 대비하고 지속적이고 안전·안정적인 운전을 위하여 발주자가 주도하고 있다. 또한, 일반 건설공사에서는 대부분의 자재를 공사 계약자가 조달(지입자재)하고 있는 반면, 플랜트 건설공사는 발주자가 직접 구매하여 제공하는 고품질의 사급(관급, 지급)자재가 상당 부분 차지하고 있다. 이와같은 특징으로 인하여 린 건설이 지향하는 적기자재조달(Just In Time; JIT) 기법과 LPS를 통한 효율적인 발주자 주도형 건설관리가 플랜트 건설공사에 적합할 것으로 판단된다.

3) 한국플랜트학회(2005)

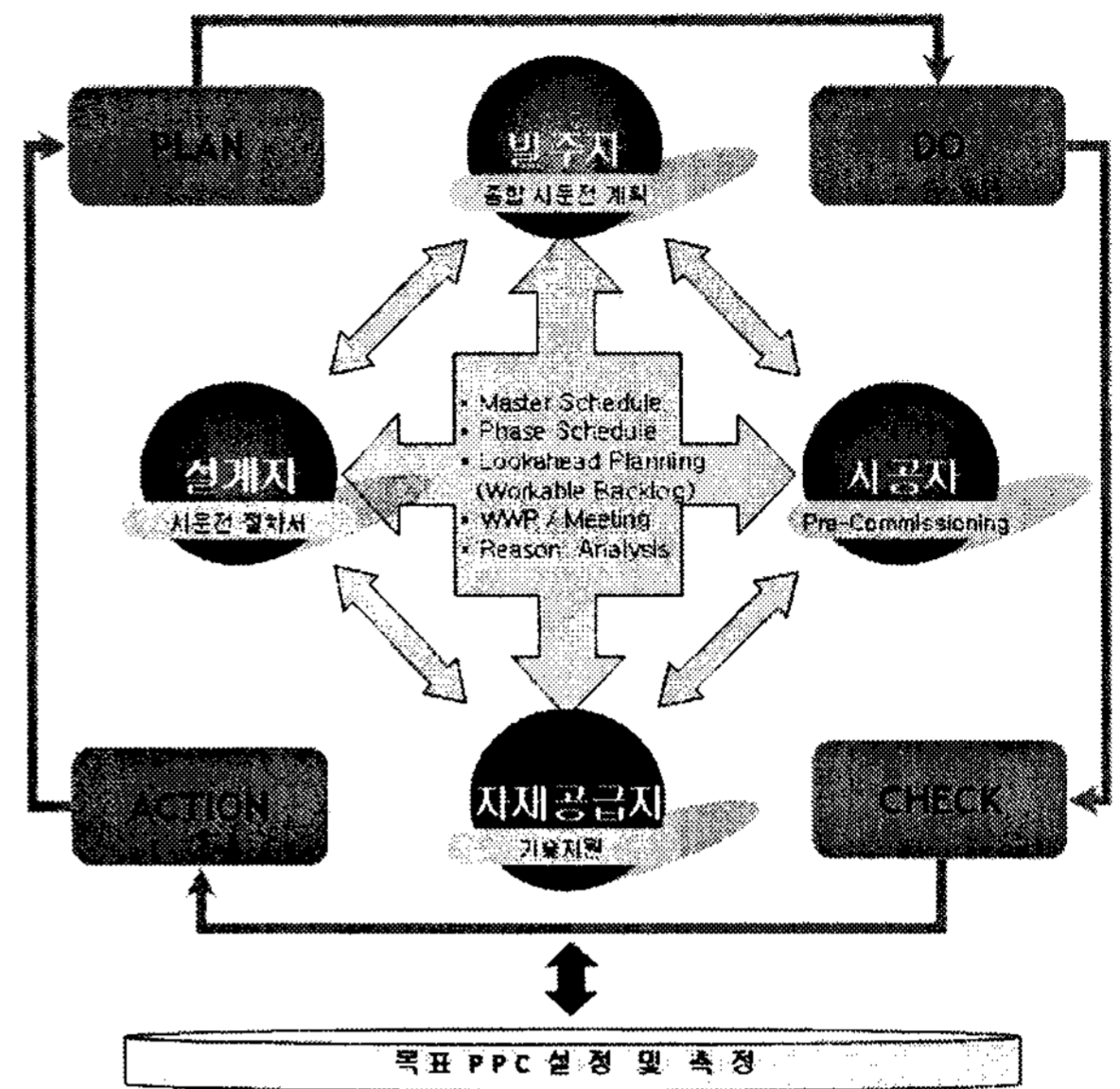


그림 5. 플랜트 건설공사 LPS Framework

4.3 플랜트 건설공사 LPS Framework

LPS는 기본적으로 모든 관여자의 참여를 요구하고 있다. 현존하는 대부분의 경영이론과 요소기술들에 내재한 한계성처럼 LPS도 그 성공여부를 참여자의 적극적인 자세에 절대적으로 의존하고 있다. 따라서, LPS 운영의 성공을 위해서는 해당 건설공사에 맞는 최적의 Framework를 구성하고 목표 PPC를 설정하여 지속적인 개선을 이루는 것이 중요하며, LPS의 도입에 따른 효과를 참여자가 공유해야 할 것이다.

플랜트 건설공사 자재조달 및 시운전 전후단계의 LPS Framework를 그림 5와 같이 제시한다. 여기서 발주자그룹은 주로 시공부서, 운영부서, 감리자로 구성되며, 시운전이 성공적으로 완료되면 운영부서의 주관하에 본격적인 상업운전을 하게 된다.

5. 결론 및 향후 연구과제

건설 생산체계는 생산성 및 품질향상을 위해서 시급히 개선해야 할 대상으로 인식되면서 주요 논제로서 연구되어 오고 있다. 또한 건설 생산체계의 주축으로서 발주자에 대한 역할, 책임과 의무에 대한 연구도 집중하고 있다. 건설산업의 진흥과 경쟁력 강화를 위해서는 각 참여자에게 부여된 역할에 충실해야 함은 기본이며, 상호간의 의사소통은 필수적이라 하겠다.

본 논문은 플랜트 건설공사의 자재조달 및 시운전 전후과정에서의 LPS 적용을 위한 Framework를 간략하게 제시하였다. 향후 본 연구의 효용성 검증과 개선된 Framework의 도출을 위한 사례연구가 요구되며, 무엇보다도 국내 건설환경과 문화에 적합한 한국형 린 건설 모델이 제시되길 기대한다. 또한, 미국 등 선진국의 린 건설 수행 성공사례를 벤치마킹하여 더 한층 강화된 건설 경쟁력을 보유해야

할 것이다.

또한 LPS의 성과측정 방법론으로서 PPC 측정과정이 단순한 계획대비 실행결과만을 도출하는 성과위주의 형식적 과정이 아닌, 계획수립의 효율성과 실행결과의 합목적성도 고려하는 진정한 LPS의 요소기술로 인식되어야 함을 첨언한다.

참고문헌

1. 구본상 외(2006). "린 건설과 해외 대규모 건설 공사 적용 사례: 런던 히드로 공항.", 대한건축학회논문집 구조계 22권 7호(통권213호), 대한건축학회, pp. 141~148.
2. 구본상(2007). "린 건설에 기초한 국내 건설공사의 시공 계획 신뢰도 평가.", 한국건설산업연구원.
3. 김대영(2002). "린건설의 도입 및 수행.", 한국건설관리학회지 3권 4호, pp. 58~60.
4. 김대영(2003). "린 건설 수행을 위한 방향제시.", 대한건축학회논문집 구조계 19권 9호(통권179호), 대한건축학회, pp. 121~128.
5. 김영호(2004). *화학공장의 건설과 관리*, 제 4판, 도서출판 아진, 서울
6. 김예상(1994). "건설 생산성에 영향을 미치는 요인 분석에 관한 연구.", 대한건축학회논문집 10권 10호(통권72호), pp. 267~273.
7. 김한수, 한미파슨스(2003). *영국 건설산업의 혁신전략과 성공사례*, 초판, 보성각, 서울.
8. 문장욱과 안홍섭(2007). "발주자 안전관리 실태조사 연구.", 정기학술발표대회논문집, 한국건설관리학회, pp. 53~57.
9. 박상준과 전재열(2006). "작업흐름의 변이분석을 이용한 공정운영 프로세스.", 대한건축학회논문집 구조계 22권 6호(통권212호), 대한건축학회, pp. 147~156.
10. 오영섭 외(2007). "베스트 프랙티스 관점에서 분석한 발주자의 리더십에 관한 연구.", 대한건축학회논문집 구조계 23권 2호(통권220호), 대한건축학회, pp.143~150.
11. 한승현 외(2006). "6시그마 개념을 도입한 건설공사 생산성 향상에 관한 연구.", 대한토목학회논문집 26권 4D호, 대한토목학회, pp. 649~659.
12. 한국건설산업연구원(2001). "공공건설사업 CM제도 운용 및 전개방향." (공청회 자료)
13. 한국플랜트학회(2005). "플랜트 엔지니어링 중장기 기술 개발 로드맵 연구."
14. Adrian, James J.(2004). *Construction Productivity: Measurement and Improvement*, 1st Ed., Stripes Publishing, IL, U.S.A., pp. 3~22.
15. Ballard, G.(2000). "The Last Planner System of Production Control.", Ph.D Dissertation, University of Birmingham, UK.
16. Neap, H. S. and Aysal, S.(2004). "Owner's Factor in Value-Based Project Management in Construction.", *Journal of Business Ethics*, Vol. 50, pp. 97~103.

Abstract

The Lean Construction is adopted from Lean Principle of Manufacturing Industry in the early of 1990, that has been providing theoretical background and good practical implementation for maximizing customers' satisfaction and improving productivity through minimizing the waste factors in the construction operations. The Last Planner System(LPS), one of the elementary techniques of Lean Construction, aims for improving the work reliability and reducing variability by measuring and managing the daily or weekly performance for overcoming the weakness of recent complex schedule management tools such as Critical Path Method. This research is propose a framework for implementation of LPS conducted by owner in plant construction.

Keywords: Last Planner System, Lean Construction, Owner/Client, Variability Management, Plant Construction
