

린 건설 배경과 개념 (Lean Construction - the Background and Concept -)

김창덕¹⁾, 광운대학교 건축공학과 교수, 종신회원



소량의 자본과 시설 그리고 자원으로 다량의 그것을 보유하고 있는 경쟁상대자를 앞선다는 것은 모든 생산주체의 궁극적인 목표일 것이다. 이러한 목표를 달성하기 위해서는 동일한 생산개념(production paradigm)에 기초한 생산체제(production structure) 그리고 생산방법(production method), 이하 이들을 총괄해서 생산방식(production system)으로 줄임, 으로는 불가할 것이기 때문에 새로운 생산방식이 필요할 것이다.

치열한 경쟁체제일수록 이러한 목표는 더욱 절실해지게 마련이므로, 무한경쟁을 일찌감치 맞이한 자동차 제조업 분야에서 소규모 공장에서 소량의 자본과 시설로 사용자의 취향에 맞춘 자동차를 사용자가 원하는 만큼 생산하는 일본 자동차 제조회사의 생산방식은 포드(Henry Ford)가 1903년에 모델 A를 시작으로 20번째 모델인 모델 T를 1913년에 출시한 이후로 자동차 산업분야에서 불변의 생산방식으로 받아들여졌던 대량생산방식의 신화를 되짚어 보아야 한다는 동인을 제시하기에 충분한 것이었다.

1970년대 중반이후부터 오일쇼크를 진원으로 휘청거리는 서구(미국 및 유럽) 자동차산업 주체(정부를 포함)는 국제자동차 프로그램(International Motor Vehicle Program)을 결성하여, 지구환경, 미래기술, 국제무역 등 각종 현안에 대해서 연구하였다. IMVP는 1985년부터 1990년까지 미화 500만불의 연구비를 조성하여, 미국 MIT 대학에 신기술연구소(A New Center for Technology, Policy and Industrial Development)를 설립하고 이 연구소를 통해서 위의 일본 자동차 제조회사의 생산방식과 아울러 서구 자동차 산업

의 현황을 분석하게 되었다.

연구수행 주역인 워맥 등(Womack, Jones, and Roos)은 5년여의 연구결과를 1990년 일반적인 기술보고서(technical report) 형태로 작성하지 않고, IMVP 출자자들의 동의를 얻어 'The Machine That Changed the World'²⁾라는 일반책자로 발간하였다. 이 책에서 토요타 자동차로 대표되는 일본의 새로운 생산방식은 일본의 문화 또는 제도에 기인한 일본식 생산방식이라기 보다는, 전혀 새로운 생산개념에 기초한 새로운 생산체제 그리고 생산방법 나아가서는 최종 소비자와의 밀접한 연계를 통한 새로운 생산방식이라 제시하고 이를 린 생산(lean production)이라 소개하였다.

1. 린 생산 (Lean Production)

워맥 등은 자동차 제조 산업에서의 생산방식을 연대기적으로 구분하여 1903년 이전까지의 생산방식을 수공생산(craft production), 1903년부터 포드 자동차의 모델 A로 시작되는 생산방식을 대량생산(mass production), 그리고 1960년대부터 토요타 등에서 사용되어온 생산방식을 일반화하여 린생산으로 명명하였다. 워맥 등은 위 3가지 생산방식을 크게 조립성(manufacturability), 유연성 및 대응성(flexibility, set-up time, responsiveness 등), 효율성(leanness, inventory 등), economy(경제성) 등 측면에서 분석하였다.

조립성이란 작업자가 각 부품을 조립하기에 쉬운 정도를 의미하는데 실제로 이는 유지관리시 교체하기 쉬운 정도를 의미하는 유지관리성(maintainability)과도 밀

1) 광운대학교 건축공학과 교수, 종신회원

2) The Machine That Changed the World, James P. Womack, Daniel T. Jones & Daniel Roos, Rawson Associates Scribner, Simon & Schuster Inc., 1230 Avenue of the Americas, New York, New York 10020

접한 관계가 있다. 유연성 및 대응성은 생산품목 변화와 소비자의 기호 및 요구 변화에 대응하는 성능을 의미하는데, 이는 생산설비의 가동성 및 생산인력의 고용성과도 양의 함수 관계가 있다. 효율성은 동일한 품목을 생산하기 위해서 확보해야 하는 공간의 규모, 설비의 규모, 부품 재고의 규모 등을 의미하는데, 이러한 효율성을 제고하기 위한 기법이 적시생산(Just-In-Time) 기법이다. 경제성이란 동일한 품목을 생산하기 위해서 투입되는 자원을 화폐를 척도로 해서 계산하는 지표로서 위에서 설명한 조립성·유연성·효율성 등과 양의 함수 관계를 갖는다.

수공생산방식의 특성이며 포드 관점에서 의 약점은 : ①맞춤식 생산으로 1개씩 생산한다 ②사용이 단순하고 다목적인 공구를 사용한다 ③기능공은 높은 기능도를 지니고 있다 ④고비용이며 생산단위가 작다. 포드는 1903년 모델 A를 효시로 하여 1913년 20번째 모델인 모델 T를 출시하며 전문 기술인의 도움을 필요로 하지 않고 운전자가 직접 운전하고 수리할 수 있는 사용자편의성(user friendliness)을 성취하였다. 그는 모델 T를 통해서 부품의 표준화와 부품 조립 단순화를 통한 조립성을 획기적으로 개선하여 위 수공생산의 약점을 획기적으로 극복한 것이다. 즉, 조립과정과 조립작업을 단순화하고 표준화하여 기능도가 떨어지는 일반 기능인이 특정목적의 공구를 사용하여 정해진 작업을 반복적으로 수행하여 작업시간을 획기적으로 개선하였는데, 작업기간이 수공생산방식인 1903년에 514분에서 최초의 본격적 대량생산방식으로 여겨지는 1913년에는 2.3분으로 단축되었는데, 이는 1903년에 대비해서 약 1000분의 4에 불과하여 실로 획기적인 일이었다.

이를 계기로 자동차 생산 시간은 수백분의 1로 단축되었으며, 수공생산방식에서의 고기능인력을 특별한 기능이 필요 없는 단순노동자로 대체하여 자동차 생산 비용

을 수십분의 1로 줄이고, 이로 인해서 폭발적으로 늘어나는 자동차 수요가 있었으니 포드가 나머지 노력은 자동차 생산 능력 확충에 있었으며 그가 원하는 것은 철관, 고무, 유리 등 원자재의 안정적인 확보였다. 충분한 원자재를 확보하고 자사에서 필요한 부품을 모두 생산하려는 물류와 생산의 수직통합(vertical integration)을 추구한 것은 당연한 것이었다. 1923년 2백1십만대의 모델 T를 생산·판매하며 독주해온 포드는 1927년에 가격은 다소 비싸지만 현대적인 모델로 소비자에게 다가온 GM의 거센 도전에 맞닥뜨렸다.

1920년에 GM(General Motors)의 창립자 듀런트(William Durant)가 듀퐁(Pierre du Pont)의 권유에 따라 슬론(Alfred Sloan)을 전문경영인으로 영입하면서, 슬론은 GM을 세계 최대 자동차 회사로 만들게 된다. 슬론이 내놓은 주요 전략은 포드의 일인 경영, 단순 모델 생산, 물류 및 생산의 수직통합 등은 개선하고 대량생산방식은 더욱 발전시키는 것이었다. 즉, 전문경영인 조직을 도입하고 목표 소비자의 소득수준에 따라 캐딜락, 뷰익, 올즈모빌, 폰티악, 시브롤레 등 5개의 독립경영체제로 운영되는 제품본부를 만들어 제품을 다양화하는 한편, 발전기·엔진·기화기 등 핵심부품은 별도의 생산본부를 통하여 생산함으로써 부품단가를 낮추고 부품공급을 안정되게 하며, 듀퐁과 모건은행과의 연계를 강화하여 자동차구입에 따른 파이낸싱의 편의 및 경쟁력을 확보하였다. 또한, 매년 각 제품생산본부가 외부형상과 자동변속기·에어콘·오디오 등 편의설비를 끊임없이 탑재한 새로운 모델을 출시하여 소비자의 구매의욕을 자극하고, 각 제품생산본부에 공통으로 소요되는 발전기·기화기·펌프 등 내부 부품은 표준화하여 가격경쟁력을 유지하였다.

이러한 포드와 GM 간의 경쟁에 힘입어 미국의 대량생산방식은 1970년대까지 세계자동차시장을 지배하고 있었다. 이러한

대량생산방식에는 ①생산인력 부족화, ②생산설비위주의 생산과정, ③대량생산으로 인한 생산규모(lot size)의 대형화, ④간접인력의 증가, ⑤물류 및 생산의 수직통합 등의 본질적인 문제점이 내재하고 있었다. 즉, 생산인력이 수공생산방식에서의 기능 인력에서 단순 조립을 위한 단순 노동인력으로 대체되면서, 노동인력에게 요구되는 최우선 항목은 단순작업을 불평하지 않고 성실하게 행하는 성실함과 참을성으로써, 종래에 요구되었던 기계를 능숙하게 이해하고 다루는 기능도나 결함 발생시 원인을 파악하고 대책을 제시할 수 있는 문제해결능력이 더 이상 아니게 되었다.

이와 같은 변화를 극명하게 나타내는 예로, 1915년 미국 하이랜드파크(Highland Park) 포드 공장에 근무하는 생산인력이 사용하는 언어가 50개가 넘었다니 실로 생산인력간의 대화는 꿈도 꿀 수 없었다. 단위시간당 생산량(생산성)극대화를 목표로 하는 생산체제이기 때문에 생산라인의 중단은 최악시되었으며 생산규모 역시 대형화되어 1개 부품의 재고는 수천 수만개에 달하는 것이 일반적이었다. 일례로 1950년도 토요타의 일년간 생산규모는 2,685대이었으나 미국 디트로이트에 있는 포드 루즈(Rouge) 공장의 경우 일일 생산규모가 7,000대에 달하였다. 이러한 요인들로 인해서 새로운 형태의 엔지니어 및 생산인력이 생겨났다. 즉, 생산라인의 자동중단을 위한 생산라인 합리화를 위한 생산라인 계획엔지니어(industrial engineer), 부품생산합리화를 위한 생산엔지니어(production engineer), 불량품을 발취해내기 위한 품질관리엔지니어(quality engineer) 등 엔지니어가 필요하게 되었으며, 공장을 깨끗이 유지하기 위한 유지관리공(housekeeper), 불량품 수리를 위한 수선공(repairmen), 재작업을 위한 재작업공(rework specialist), 불량품 검사를 위한 품질관리공(quality checker), 그리고 정규생산직이 빠져들 경

우에 투입할 보결공(utility worker) 등 새로운 형태의 생산인력이 필요하게 되었다. 불류 및 생산의 수직통합화 정도는 포드 하이랜드 파크 공장의 경우 철판공장과 유리공장이 같은 부지에 있었으며 안정적인 원자재 확보를 위해서 브라질에 고무나무 농장을, 미네소타에 철광석 광산을, 필요한 부품의 안정적 운반을 위해서 선박회사와 철도회사 및 항공회사를 설립하였고 심지어는 주요 운반통로를 따라 철도까지 부설하였다.

1930년 이후 경기가 하강국면에 접어들게 될 때에는 위에서 설명한 대량생산방식의 본질적 문제점이 제품모델 다양화의 어려움이나 잦은 고장 그리고 원가상승 등으로 나타났으며, 이러한 문제점들은 1970년 후반부터 더욱 심화되었다. 즉, 1970년 후반부터 세계자동차 시장의 포화 및 경기 하강 그리고 경쟁심화 등으로 소비자 요구의 다양화, 기대 품질의 상향화, 납기일 및 가격 경쟁 심화 등으로 이어지며 미국 및 서구의 자동차 회사는 토요타를 비롯한 일본 자동차 회사에 급속히 경쟁력을 상실하게 되었다.

토요타로 대표되는 일본 자동차 회사의 생산방식을 이해하기 위해서 토요타의 사례를 살펴본다.

1950년 포드의 루지 공장을 3개월 동안 방문하고 돌아온 에이치 토요타³⁾는 루지 공장의 분석결과를 타이치 오노에게 설명하며 토요타 자동차를 살리기 위한 대책을 상의하였다. 심사숙고후 그들은 다음과 같은 이유에서 포드의 대량생산방식을 받아들일 수 없으며 그들의 독자적인 생산방식을 도출해야 한다는 결론에 도달했다.

- ① 일본의 내수 규모 및 성격이 미국과 다르다. 내수규모가 현저히 작으며, 자동차 모델이 다양해야 한다. 고위

관리나 부유층을 위한 고급차, 대형 화물차, 소형화물차, 소형 및 중형 승용차 등 소비자 계층별로 다양한 모델을 생산해야 한다.

- ② 인력 및 고용 구조가 미국과 다르다. 일본 노동자들은 단순작업을 수행하려 하지 않으며, 경기에 따라서 쉽게 고용 및 해고할 수 없다. 루지 공장에서의 보결공(utility worker)과 같은 임시고용이 불가하다.
- ③ 포드 루지 공장에는 철판을 재단하고 절곡하는 형판(die)을 비롯한 고가의 설비들이 다수 있는데, 토요타는 이러한 설비를 구입하고 위치할 수 있는 자금과 공간이 없다.

위와 같은 분석을 토대로 하여 오노는 다음과 같은 원칙을 달성할 수 있는 토요타 생산 방식을 개발하였다.

- ① 형판이 고가이므로 소수의 형판으로 다수의 부품을 만들며, 이를 위해서 형판 조정 작업에 소요되는 준비시간(set-up time)을 획기적으로 단축한다.
- ② 토요타의 회사방침이나 일본의 고용 규정에 따라 생산인력은 고용 후 정년까지 수십년동안 고용 보장해야 하며 급여 또한 인상해주어야 한다. 이러한 고용체계를 경쟁력에 반영하기 위해서는 생산인력의 경험과 지식을 활용하고 그들의 능력을 지속적으로 개발해야 한다.
- ③ 산더미같은 부품 재고를 보관하기 위한 장소 및 그를 관리하기 위한 인력은 낭비이다. 부품재고를 최소화하여 부품보관에 필요한 공간과 인력을 배제한다.
- ④ 많은 부품 조립 단계를 거쳐 최종 제품이 완성된 후에 문제점을 수정한다는 것은 두 가지 문제점이 있다. 첫째, 각 단계에서의 결함들이 복합적

으로 관련되어 있을 경우 결함의 원인을 정확하게 파악할 수 없으며, 둘째, 최종검사시 발견되지 않는 결함이 제품 출시후 발견될 경우 그 결함으로 인한 수정 비용이나 대 소비자 신뢰 하락은 실로 치명적일 수 있다. 따라서, 각 부품 조립 단계별로 결함을 조사하며, 결함이 발견될 경우 결함에 대한 원인을 해결하지 못하면 다음 단계로 진행하지 않는다.

- ⑤ 주요 부품의 생산 및 조달은 생산과 조달을 기능별로 분류하여 전문 생산자와 조달자를 복수로 선정하고 협력 체계를 구축한다. 자동차 설계시 부품 설계자의 참여를 유도하여 자동차 설계자와 부품설계자, 또한 부품설계자와 부품설계자 간의 기술 및 의견 교환을 통하여 경쟁력을 높여간다. 부품 조달자는 가격에 의해서 선정하지 않고 능력에 의해서 선정하며, 일단 선정되면 목표 가격을 상호 협의하여 결정하고 매년 목표가격의 개선과 달성 정도가 떨어지는 조달자는 일정기간 개선명령을 하여 개선 기회를 주는데, 이러한 개선 기회에도 불구하고 개선 노력이 저조하거나 성과가 떨어지는 조달자는 배제한다.

위와 같은 생산방식은 다음과 같은 장점이 있다.

- 단위 생산 규모가 소규모이기 때문에 최종완제품의 구현시기가 대량생산방식에 비해서 매우 단축되며, 이를 통해서 최종완제품의 검증 및 보완 기회를 제고할 수 있다.
- 생산라인의 변경에 필요한 준비시간(set-up time)을 획기적으로 단축하였기 때문에, 시장 변화에 따라 제품 유형을 쉽게 변경할 수 있다. 실제로, 오노는 형판 변경에 필요한 준비 시간을 초기에 2-3시간에서 1950년대 후

3) 토요타 자동차의 설립자인 키이치로 토요타의 조카

반에는 3분으로 단축하였는데, 당시에 대량생산방식에서는 형판 변경시간을 최소 2-3개월로 책정하였다.

- 고가의 설비 대수를 줄임으로서 고정설비비를 줄이고 이를 설치하기 위한 장소 및 운영하기 위한 전문 인력을 줄임으로 원가절감에 큰 기여를 하였다.
- 재고를 줄임으로서 각 부품 조립 단계별로 필요한 부품조달이 조금이라도 이상이 생기면 작업이 중단되며 이는 전체 생산에 치명적인 영향을 주게 되므로, 각 부품 조립 단계별로 사전에 철저한 준비는 필연적으로 요구되며, 원활치 못한 부품 조달은 바로 밝혀지게 된다.
- 각 부품 조립 단계별로 결함에 대한 검사를 하게 되며, 결함이 발견되면 전체 생산라인은 중단되며 결함에 대한 참 원인을 분석하여 문제점을 제거하기 전에는 생산은 재개되지 않는다. 제품 결함에 대한 참 원인 분석은 원칙적으로 생산인력이 직접 수행하게 되지만, 자체적으로 해결할 수 없는 기술적이고 전문적인 문제에 대해서는 전문 기술 인력의 도움을 받게 된다. 이러한 참 원인 분석 기법으로 사용되는 것이 '5 Whys'인데, 이 기법은 참 원인을 발견할 때까지 관련 공정간 생산인력 및 전문 기술 인력이 원인을 탐구하고 또 탐구한다는 것이다. 이러한, 제품 결함에 대한 자체 해결 방침은 생산인력의 기능을 부품의 단순 조립으로 설정하는 대량생산방식에서는 불가능하다.
- 각 부품 결함 수리를 위한 장소 및 인력은 별도로 배정하지 않는다. 각 부품의 결함은 있을 수 없기 때문이다. 이는, 최종 완제품을 검사해서 결함을 발견할 경우에는 각 결함을 분리해서 분석하기 어렵고, 무엇보다도

각 부품 조립 단계별로 책임의식이 결여될 수 있다. 대량생산방식에서는 각 부품 단계별로 결함이 발생하더라도 생산라인은 중단되지 않으며, 최종완제품 검사단계에서 결함은 종합적으로 검사하고 최종 품질검사에서 결함이 있는 것으로 조사된 완제품은 결함수리전문팀에 의해서 수리된다. 대량생산방식에서 결함수리전문팀의 비중은 놀라울 정도로 커서, 결함수리에 소요되는 시간은 전체 생산 시간의 25%를 차지하며 결함수리에 소요되는 면적은 전체 공장 면적의 20%를 차지한다.

- 각 부품 조달자는 협력자(partner)이다. 훌륭한 자동차는 훌륭한 부품이 있기 때문에 가능하다. 위에서 설명한 바와 같이, 부품 조달자는 가격에 의해서 선정하지 않고 능력에 의해서 선정하며, 일단 선정되면 조달자의 적정이윤을 인정하여 목표 가격을 상호 협의하여 결정하고 매년 목표가격의 개선과 달성 정도가 떨어지는 조달자는 일정기간 개선명령을 하여 개선기회를 주는데, 이러한 개선 기회에도 불구하고 개선 노력이 저조하거나 성과가 떨어지는 조달자는 배제한다. 각 부품 조달자는 설계과정에 적극 참여하여 성능 개선과 원가 절감에 필요한 제언을 하게 된다. 각 부품별로 복수의 부품 조달자를 배정하여 경쟁을 도입한다. 대량생산방식에서는 부품별 상세한 설계 및 시방을 근거로 가격에 의해서 부품 조달자를 선정하기 때문에 해당 부품의 성능 개선과 원가 절감의 제안 기회가 없을 뿐만 아니라, 수주를 위해서 저가로 입찰한 후 연차 계약을 위해서 자사의 고유한 설계 및 시방을 해당 부품에 반영함으로써 최초 계약시 손실분을 만회하려 한다.
- 주요 부품은 부품 조달사에 지분 투자하여 부품 공급의 안정을 도모하며,

주요 부품 조달사는 독립채산제로 운영하여 경쟁력을 유지한다. 예를 들어, 토요타가 지분의 22%를 보유하고 있는 일본전소(日本電素)의 경우 연간 매출 8조원 중 60%는 토요타에 납품하지만 40%는 타사에 납품한다.

지면의 제약 때문에 린 생산에 대한 설명은 여기서 줄이고, 이를 근간으로 한 린 건설에 대해서 설명한다.

2. 린 건설 (Lean Construction)

건설 생산의 방만함을 우려하는 미국 버클리 대학의 Tommelein 교수, Ballard 교수, 뉴멕시코 대학의 Howell 교수, 유럽의 Koskela 등 일단의 건설인들은 자동차 제조분야에서 획기적인 성공을 거둔 린 생산방식의 건설업에의 적용 가능성을 모색하게 되었다. 1992년 코스켈라는 「새로운 생산방식의 건설업에의 적용」⁴⁾을 통해서 이러한 가능성을 제시하였다. 이 보고서에 대한 추가설명은 김창덕(2000)을 참고하기 바란다.

이러한 계기를 통해서 이들은 국제린건설협의회(IGLC : International Group of Lean Construction)을 조직하여, 국제 학술·연구·실무에 대한 지식 및 경험을 교류하게 되었다. 1993년 핀란드 에스푸(Espoo)에서 제1회 국제학술발표회의를 시작으로 매년 국제규모의 학술발표대회를 개최하여 올해에는 덴마크 헬싱어(Helsingor)에서 제12회 국제학술연구실무발표회의를 개최하였다. 당시 발표논문이 7개에 불과하였는데, 올해에는 공급사슬망 등 11개 분야에서 진상운·김예상·김창덕·전재열·최윤기 등이 발표한

4) Lauri L. Koskela, "Application of the New Production Philosophy to Construction," Technical Report No.72, CIFE, Stanford University, CA, pp. 7, 1992.

“An Analysis of the Life-Cycle Curtain Wall Process Through Supply Chain Management” 등 69편의 논문이 우리나라를 비롯한 미국, 영국, 호주, 중국, 싱가포르, 브라질, 칠레, 핀란드, 덴마크, 네덜란드, 터키, 포르투갈, 뉴질랜드 등에서 발표되어 꾸준한 관심과 발전을 나타내고 있다.

제조업(특히 자동차 산업)과 건설업은 생산과정, 성능평가, 생산방식, 주문방식 등 생산방식을 좌우하는 몇 가지 면에서 확연한 차이가 있다. 그럼에도 불구하고, 린 생산의 성공은 사회변천에 따른 대세이며 적은 양의 자원을 사용해 낭비를 줄이고, 효율적인 공급 사슬을 통해서 가치를 극대화하며, 유연한 생산방식을 통해서 원가절감 및 공기단축을 하자는 것은 건설인 모두의 숙명적인 목표가 아닐 수 없다.

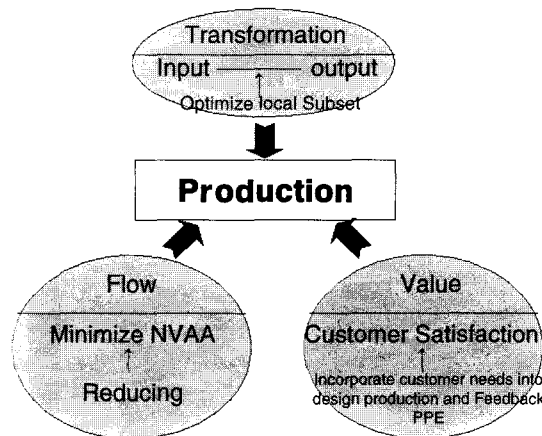
아직도 린 건설이 무엇인지에 대해서는 뚜렷이 정립된 바 없으며, 이론을 체계적으로 정리해놓은 교과서도 없다. 필자의 6년여에 걸친 연구와 학습, 논의와 비판, 그리고 실무적용에 따른 시행착오와 성찰 등을 바탕으로 필자는 다음 5개 항목이 린 건설 개념의 핵심이라 생각한다.

다음은 린 건설의 핵심개념으로 제시하는 것은 필자의 주관적인 판단에 따른 것이며, 아직 유아기에 있는 린 건설이기 때문에 일부 학자 및 실무전문가는 상당한 이견을 제기할 수 있음을 예상한다.

2.1 린 건설 개념

다음 그림은 린 건설 개념을 기존 건설과 구분하여 잘 설명하고 있다.

이 그림에서 Transformation은 기존 건설생산에서의 관리대상인 생산결과물(output) 중심인 작업량, 누적투입인원, 원가대비 실투입비, 전체 공기 등을 의미하는데, 이들의 성취도를 평가하기 위한 평가지표로서 생산성(입력대비 출력), 수익성(예산대비 실투입비), 효율성(예정입력대비 실투입비), 품질(불량률) 등이다.



MANAGING THE THREE ASPECTS OF PRODUCTION IN CONSTRUCTION (Saven Bertelsen and Lauri Koskela, LGLC-10, Aug.2002, Brazil)

<그림 1 린 건설 개념도>

린 건설에서는 낭비 또는 비가치부가작업 (NVAA: Non-Value-Adding-Activity)을 제거하기 위한 노력이 중요시되며, 이들의 성취도를 평가하기 위한 평가지표로서 재작업률(rework rate), 낭비율(idling rate), 재고율(Work In Progress rate) 등이 있다. 마지막으로 고객만족을 위한 노력이 중요시되는데, 이때 고객이라 함은 후행공정을 의미한다. 건설생산에서 최종 고객은 건설물을 사용하는 사용자 또는 건설물을 사업대상으로 활용하는 소유자이다. 그러나, 후행공정의 성취도가 선행공정의 성취도에 의존하고 있는 건설생산에서는 선행공정간에 고객과 서비스 제공자(service provider)의 관계가 성립된다.

2.2 낭비율

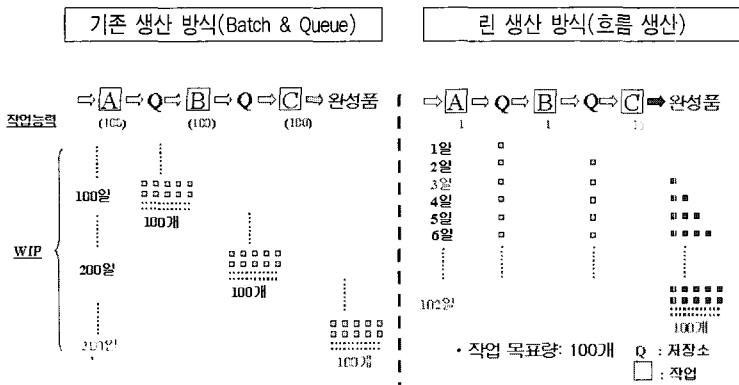
다음 그림은 기존 대량 생산방식과 린 생산방식을 그림 좌측에 묘사한 대규모작업단위생산(batch & queue), 이하 편의상 “A” 방식이라 함, 은 대량생산을, 우측에 묘사한 소규모작업단위생산(flow), 이하 편의상 “B”방식이라 함, 은 린 생산으로 단순화하여 비교한 것이다. 편의상 각 공정에서 1개 생산시 1일 소요된다고 하면, 좌측에서는 각 공정 작업단위는 100개로

서 각 공정 작업 완료 기간은 100일이 되며, 우측에서는 각 공정 작업단위는 1개이며 각 공정 작업 완료기간은 1일이 된다. 그림과 3개 공정으로 구성된 생산과정이라 했을 때, 완성품 확보기간은 좌측 대량 생산은 300일, 우측 린 생산은 3일 소요된다.

위 생산방식의 차이는 첫째, 최종완성품을 획득하는데 소요되는 시간이 100분의1로 단축되었으며, 둘째 완성품 생산 중 재고(WIP: Work-In-Process)가 대량생산에서는 최대 300개에 이르며 린 생산에서는 최대 3개에 불과하다. 이를 바탕으로, 몇 가지 경우를 가정하여 두 생산방식을 비교해본다.

첫 번째 경우: 만약 최종완성품에 결함이 발견되었다고 가정해보면, A 방식에서는 300개를 검사하고 수리해야하며 B 방식에서는 3개를 검사하고 수리해야 한다. 검사 및 수리 비용이 100배 소요되는 것은 물론이고 이보다 더욱 치명적인 것인 제품 생산 착수 후 무려 300일이 지나서야 문제점을 발견할 수 있다는 것이다.

두 번째 경우: 만약 완성품에 대한 시장 반응이 좋지 않다고 가정해보면, A 방식에서는 생산 중 재고가 이미 300개에 달하므로 이를 새 모델로 변경하기가 어렵거나



<그림 2 생산 방식 비교도>

많은 비용이 소요된다. 그러나, B 방식에서는 최악의 경우 3개만 폐기하고 바로 새 모델로 변경할 수 있다.

세 번째 경우: 만약 생산 공정 간 이견이 있어 각 공정 주체간 협의가 필요하다고 가정할 때, A 방식에서는 무려 300일 경과 후 가능하나 B 방식에서는 3일 경과 후 가능하므로 각 공정 주체간 협의가 원활하게 이루어질 수 있다.

위 린 생산에서 설명한 바와 같이 결합 수정에 소요되는 재작업, 결합 검사작업, 모델변경작업, 설계변경작업 등은 생산과정 중 발생하는 치명적인 낭비이다. 이외에도 A 방식에서는 B 방식에 비교하여 100배에 달하는 재고를 보관하고 있어야 하기 때문에 이를 위한 장소, 관리인력 등 보관비용도 낭비이다.

기존 생산 방식 (Batch & Queue) 린 생산 방식 (흐름 생산)

이러한 WIP는 과도한 관리비용 등으로 인한 낭비의 원천이라는 점도 있으나, 그보다도 다음 그림에서 보는 바와 같이 생산효율을 저해하는 각종 요인들을 생산시스템에서 내포할 수 있는 근원이 된다는 것이다.

다음 그림은 재고를 물의 양(수량)으로 표현하여, 생산시스템의 효율성을 비교한 것이다. 좌측 그림은 수량이 풍부하여 수면 아래 암초들로부터 영향을 받지 않는

시스템을 표현한 것이며, 우측 시스템은 수량이 빠듯하여 수면 아래 암초들로 인하여 생산 활동이 중단되는 것을 표현한 것이다. 이 그림에서 수면 아래 암초들은 자재 운반 지연, 잘못된 공정계획, 작업자 장기 결근, 운영 미숙 등 여러 생산 저해 요인들을 표현하고 있다. 이 그림에서 시사하는 바와 같이 재고를 충분하게 하면, 각종 생산저해요인들로 인해서 생산 활동이 영향 받게 되는 리스크를 줄일 수 있으나, 생산 저해 요인들을 찾아내고 개선할 수 있는 기회는 놓치게 되는 것이다.

이때, 생산 활동을 위해서 최소한으로 필요한 수량 이외의 물(즉, 잉여 재고)은 직접적 낭비이며, 나아가서 생산저해요인을 찾아내 생산효율을 극대화할 수 있는 기회를 상실하게 함으로 간접적 낭비라고 할 수 있다. 린 생산에서는 지속적인 개선(改善)을 대단히 중요하게 여기는데 이러한

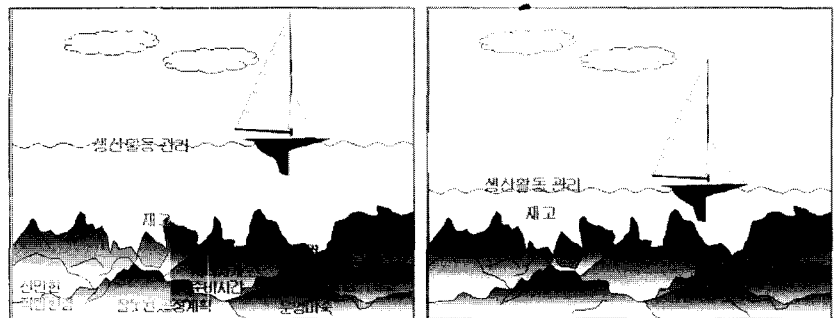
지속적 개선을 위해서는 수량을 점진적으로 낮추어 생산시스템의 효율성을 꾸준히 제고하는 것이 대단히 중요하다.

2.3 가치부가작업을

건설생산과정을 분석하면 다음 그림과 같이 [처리], [검사], [이동], [대기] 등 4가지로 분류할 수 있다. 이 중 생산 공정이 진행됨에 따라 순수한 가치를 부가하는, 즉 건물 사용이라는 최종 가치를 구현하는, 것은 오직 [처리] 뿐이다. 그외 [검사], [이동], [대기] 는 가치를 부가하지 않으며, 최대한 제거되어야 하는 생산과정이다. 이를 더욱 구분하면, [검사]는 가치를 부가하지 않지만 필요한 작업이며, 반면에 [이동] [대기]는 가치도 부가하지 않고 불필요한, 즉 반드시 제거되어야 하는 과정으로 분류하며 이를 정리하면 아래 표와 같다.

건설생산과정을 분석하여 전체과정을 위 4가지로 분류하여 [처리] 등 가치 부가작업이 전체 생산과정에서 차지하는 비율이 가치부가작업율(Value Adding Activity Ratio)이 되며, 반면에 [검사], [이동], [대기] 등 가치를 부가하지 않는 작업이 전체 생산과정에서 차지하는 비율을 비가치부가작업율(Non-Value Adding Activity Ratio)이 된다.

생산과정을 분석하여 가치부가작업율을 계산해보면 생산과정의 효율성을 평가할 수 있으며, 이와 반대로 비가치부가작업율을 계산해보면 생산과정의 비효율성을 평가할 수 있다. 이러한 분석과정을 통해서 비가



<그림 3 재고와 생산 효율>

가치부가(Value Adding)

처리	검사	이동	대기	
가치 부가 작업 (Value adding)	비가치부가작업이지만 필요한 작업 (non-value adding but necessary)	비가치부가작업이면서 불필요한 작업 (non-value adding and unnecessary)	비가치부가 작업이면서 불필요한 작업 (non-value adding and unnecessary)	
	비가치부가작업이지만 필요한 작업 (non-value adding but necessary)	비가치부가작업이면서 불필요한 작업 (non-value adding and unnecessary)	비가치부가작업이면서 불필요한 작업 (non-value adding and unnecessary)	낭비 (Waste)

<그림 4 가치 부가 개념도>

치부가작업을 제거함으로써 생산과정의 효율성을 제고하고, 또한 가치부가작업을 높일 수 있는 생산과정의 합리적인 개선 방안을 모색할 수 있다.

이때 가치부가작업율의 평가만큼이나 중요한 것은 가치 정의(Value Definition)인데, 위에서 설명한 바와 같이 가치는 고객만족이 될 수도 있으며 후속공정 수행 편의성이 될 수도 있다. 가치 정의가 중요한 것은 가치는 주체에 따라 결정되므로 주체에 따른 차이도 있으나, 사회·경제·기술·환경 등이 변함에 따라 변화하기 때문이다. 이러한 예로서, 미국인은 전철역에서 멀리 떨어져 있어 사생활이 보호되는 곳을 선호하나, 한국인은 전철역에서 가까워 교통이 편리한 곳을 선호하는데, 이는 한국인과 미국인의 가치 차이라 할 수 있다. 사회 변화에 따른 가치 변화의 예를 들면, 예전에는 따뜻한 남향집을 선호했으나 요즘은 북향이더라도 전망 좋은 집을 선호한다.

한국인은 아파트를 분양할 때 냉장고에서 벽장까지 모두 일식으로 제공하는 것을 선호하나, 미국인은 개인 취향에 맞추어 마감작업 하기를 선호하기 때문에 아파트라도 기본 마감 정도만 하여 분양한다. 이는 생산과정에서도 적용되며, Tommelein et al.(1998)에 의하면 콘크리트 타설 과정에서 가치가 작업비용에서 작업기간으로 변환되어야 함을 보여주고 있다.

2.4 변이(Variability)

Howell(1999)은 "린 건설의 우선적인

드라이 월 프레임 설치	⇒	전기 배관 및 스위치 박스 설치	⇒	보온재 설치	⇒	드라이 월 설치	⇒	도배(또는 페인트)
내장공		전기공		보온공		내장공		수장공/도장공

<그림 5 일렬 생산 예 - 내부 마감>

목표는 건설생산 역학의 이해와 자원의 조달과 생산 사슬에서의 상호의존성(dependency)과 변이(variation)의 영향을 이해하는 것이다⁵⁾라고 건설 생산 시스템에서의 변이의 중요성을 역설하고 있다.

상호의존성은 작업과 작업 상호간의 의존도를 의미하는데, 실제적으로는 후행작업의 선행작업에서 발생한 변이에 대한 영향정도를 또는 선행작업의 후행작업에 미치는 영향의 정도를 의미한다. 변이란 시스템에 내재(implicit) 또는 외재(explicit)되어 있는 불확실성으로 인하여 목적물의 성과치가 일정한 값으로 나타나지 않고 변하는 현상을 의미한다. 다시 말하자면 변이는 불확실성이라는 상태(state)로 인하여

5) "The first goal of lean construction must be to fully understand the underlying 'physics' of production, the effects of dependence and variation along supply and assembly chains."

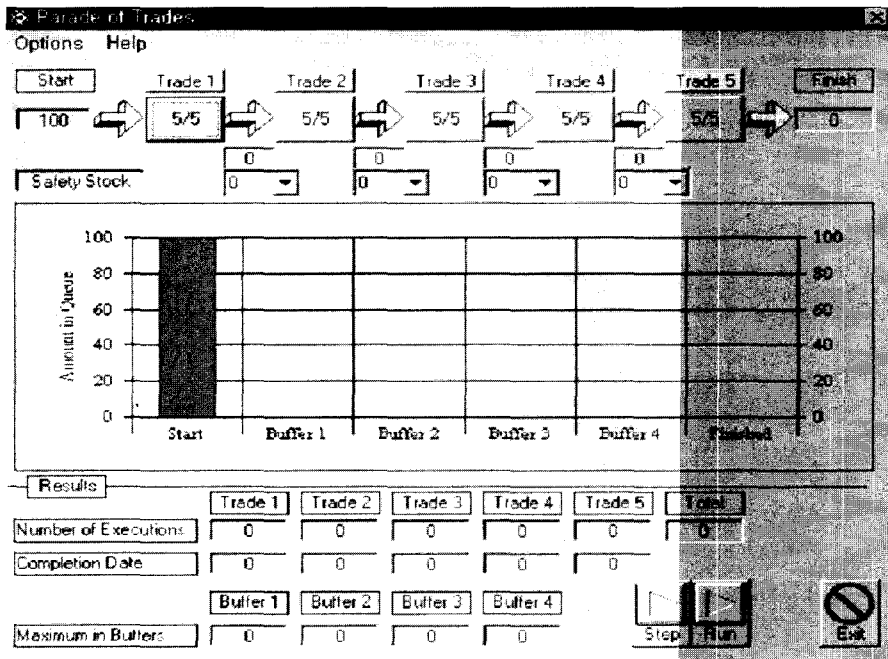
여 초래되는 현상(outcome)이다. 목적물의 성과치가 변하는 범위와 양태(樣態)를 이해하고 분석하기 위해서 성과치를 분포(distribution)로 표현하기도 하는데 이때 변이의 정도를 나타내는 척도가 분산(分散)이다. 이러한 분포의 한 형태 중 확률 분포에서의 분산(variance)의 수학적인 의미는 "변수의 분포상 퍼짐(spread or dispersion of the distribution of random variables)"으로서 성과치의 퍼짐 정도가 된다.

다음은 건설생산에서 변이가 전체 생산과정의 성취도에 미치는 영향을 설명하기 위해서 일렬생산 예를 든 것이다.

위 그림에서 내부마감 생산을 살펴보면 [드라이 월 프레임 설치] 후 [전기배관 및 스위치 박스 설치]작업이 가능하며, 마찬가지로 [드라이 월 설치] 후 [도배 작업]이 가능하다. 이와 같이 일렬 생산의 경우 후속작업은 선행 작업의 작업성취도(performance)에 직접적으로 영향을 받게 되므로 각 작업 내부에 존재하는 변이가 전체 생산시스템의 성취도에 미치는 영향을 간단명료하게 보여줄 수 있다.

다음 그림은 이와 같이 건설생산 중 작업 내 변이가 전체 생산과정의 성취도에 미치는 영향을 설명하기 위해서 Tommelein and Choo(1999)가 만든 컴퓨터 프로그램의 한 화면을 나타낸 것이다. 변이에 대해서는 김창덕(2000)에 설명되어 있다.

위 그림에서 각 작업의 작업능력은 상자 안에 「5/5」로 표시되어 있는데, 이외에도 「2/8」, 「4/6」, 「1/9」, 「3/7」등이 있다.



<그림 6 변이 시뮬레이션>

「5/5」는 항상 5단위를 수행함을 의미하지 만, 「2/8」의 경우 2단위 또는 8단위를 수 행함을 의미하며, 「1/9」는 작업변이가 대 단히 큰 경우이며, 반대로「5/5」는 변이가 없는 경우를 의미한다. 「Maximum in Buffer」라고 표현되어 있는 것은 위에서 설명한 바와 같이 WIP(생산 중 재고)를 의 미한다. 이 시뮬레이션 방법으로는 몬테 칼로 시뮬레이션 등 다양한 방법이 사용될 수 있는데, 시뮬레이션을 수행하여 전체 생산 시스템 성능을 분석해보면 크게 생산 시스템의 성취도의 차이를 두 가지 측면에서 발견하게 된다.

이 시뮬레이션에서 생산 시스템의 성취 도는 두 가지로 평가하려고 하는데, 첫째 는 전체 작업 기간이며, 둘째는 재고 수량 이다. 첫째 전체 작업기간을 살펴보면 각 작업의 작업능력이 「5/5」와 같이 작은 변 이일 경우와 「1/9」와 같이 큰 변이일 경우 를 비교할 수 있다. 변이가 가장 작은 경 우(없는 경우)인 「5/5」인 경우는 24일⁶⁾이 소요된다. 예상할 수 있는 것 같이 변이가 작은 경우가 변이가 큰 경우에 비해서 수

행기간이 현저히 짧은데, 실제 변이게임을 시행해보면 「1/9」의 경우 35~40일 가량 소요되어서 변이가 없는 경우인 24일에 비해서는 50%이상 소요되는 경우도 있다. 위에서 작업기간 단축으로 인한 장점은 설 명한 바 있다.

둘째 재고 수량을 살펴보면, 위 그림에서 4개의 WIP(WIPAB, WIPBC, WIPCD, WIPDE)가 존재하게 되는데 이들 4개의 WIP를 합산해보면 변이가 작은 경우와 변 이가 큰 경우가 50%이상 차이나는 경우가 많이 있다. WIP에 대해서는 위에서 설명 한 바 있다.

필자가 파악하거나 이해하지 못한 것을 비롯해서 다양한 시각의 중요한 개념이 있 을 것이나 지면의 제약도 있어서 위에서 열거한 이외의 기본 개념에 대한 설명은 생략한다.

린 건설 기법은 WorkPlan, Last Planner, Tact(Takt), Value Stream Mapping, Visual Management(Andon 등), Poka-Yoke 등이 있으며, 지면의 제 약으로 생략한다.

3. 린 건설 추이

린 건설 개념은 해외에서도 아직 걸음 마 단계에 있다. 그러나, 위에서도 소개 했듯이 1993년 제1회 IGLC에서 7편의 논 문이 발표되었으나, 2004년 제12회 IGLC에서는 69편의 논문이 발표된 바와 같이 건설인의 관심과 노력이 꾸준히 증 가하고 있다.

필자는 린 생산의 성공 배경을 접하게 되면서, 건설과 생산의 본질적인 차이점 으로 인한 직접적인 응용의 어려움을 절 실하게 느끼는 한편 린 생산 핵심 개념의 투철한 해석에 근거하여 우리 건설 환경 을 고려한 린 건설 기법의 개발과 현업에 의 적용 가능성을 확신한다. 2004년 8월 초 덴마크 헬싱어에서의 제12회 IGLC에 참석하여 그들의 연구 및 현업 적용결과 를 접하고, 린 건설을 선도하고 있는 이 분야 전문가들과의 교류를 통하여 느낀 바에 의하면, 그들로부터 배울 바도 많은 반면 그들도 아직 우리에게 못 미치는 분야 도 있어 아직도 린 건설 개념의 정착과 새 로운 린 건설 기법 개발의 가능성은 열려 있고 따라서 우리 건설 환경에 맞는 린 건 설 기법 개발의 필요성을 재차 확인할 수 있었다.

위에서 소개한 린 건설에 대한 필자의 이해와 평가 그리고 비전 제시는 필자의 일천한 식견과 경험으로 말미암아 부족한 점이 있음을 아쉬워하나 우리 건설 산업 의 저력과 우리 건설인의 우수성을 확신 하는 대한민국 건설인의 한 사람으로 린 건설이 우리에게 많은 기회를 주는 새로 운 생산 방식임을 확신하며 우리 건설 환 경에 적합한 맞춤형 린 건설 이론과 기법 그리고 도구를 연구 개발하여야 함을 제 안한다.

참고 문헌

김창덕(2000). 린 건설, 건설관리 9월

6) 100(전체 작업 개수) ÷ 5(1일 작업수행능력) + 4(작업 A · B · C · D 각 1일씩) = 24일

- 호, 한국건설관리학회, 2000.9.
- 김창덕(2000). 건설생산시스템의 새지평, 건축 3월호, 대한건축학회, 2000.3.
- 김창덕(2000). A New Construction Production Paradigm, 광운대학교 건설관리연구실, 2000.2.
- DETR(1998). Rethinking Construction. Report of the Construction task force to the Deputy Prime Minister, John Prescott, on the scope for improving the quality and efficiency of UK construction, Department of the Environment, Transport and the Regions, 1998.
- Ballard(1999). Improving Performance in Engineering Driven Organizations, CE290M Course Notes, University of California at Berkeley, 1999.
- Choo and Tommelein(1999). H.J. Choo and Iris D. Tommelein, "Parade Game," Tech. Report-99, Construction Engineering and Management Program, Civil and Environmental Engineering Department, University of California at Berkeley, California.
- Hoop and Spearman(1996). Wallace J. Hopp and Mark L. Spearman, Factory Physics - Foundations of Manufacturing Management, Irwin/McGraw-Hill, 1996.
- Howell(1999). Greory A. Howell, "What is lean construction-1999," Proceeding IGLC-7, University of California at Berkeley, California, USA, 26-28 July 1999, pp 1-10.
- Koskela(1992). Lauri L. Koskela, "Application of the New Production Philosophy to Construction," Technical Report No.72, CIFE, Stanford University, CA, pp. 75.
- Koskela(1999). Lauri Koskela, "Management of Production in Construction: A Theoretical View," Proceedings 7th Conference of the International Group for Lean Construction, University of California at Berkeley, California, USA, 26-28 July 1999, pp 241-252.
- Tommelein(1999). Iris D. Tommelein, Advanced Construction Engineering (CE290N) Course Notes, University of California at Berkeley, 1999.
- Tommelein et al.(1999). Iris D. Tommelein, David R. Riley, and Greg A. Howell, "Parade Game: Impact of Work Flow Variability on Trade Performance," Journal of Construction Engineering and Maintenance, September/October 1999.
- Womack and Jones(1996). Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. Simon & Schuster, New York, NY, 350pp.
- Womack Jones and Roos(1991). The Machine That Changed the World, Rawson Associates, New York, Simon & Schuster, New York, NY, 323pp.