

린 건설 (Lean Construction)

김창덕

1. 서론

‘보다 멀리, 보다 높이, 보다 빨리’가 모든 육상 선수들의 목표라면 ‘보다 짧은(공사기간), 보다 적은(비용과 불량품), 보다 좋은(품질)’은 모든 건설인의 꿈이라 할 수 있다. 목표를 이루기 위해서 어떤 이는 쓸개즙을 먹고 정신력을 키우며 어떤 이는 생사탕을 먹어서 체력을 키운다. 우리 건설인들도 ‘보다 짧은’을 위해서 하루 2-3시간 자며 돌관 작업을 하고 ‘보다 적은’을 위해서 먼지투성이인 현장사무실에서 잡무와 씨름을 하며 ‘보다 좋은’을 위해서 줄음 오는 눈을 부릅뜨고 도면과 시방서를 뒤적이고 있다. 이러한 노력에 힘입어 <표 1>, <그림 1>에서와 같이 우리의 건설 생산성은 전반적으로는 선진국과의 격차를 좁히고 있는 것으로 보인다.

물론 1997년 말 우리 경제에 몰아 닥친 외환위기로 인해서 우리 건설업이 1998년, 1999년 약 13% 정도 마이너스 성장을 하고 있어 현재 상황에는 많은 변화가 있을 수 있지만 전반적인 우리 건설 생산성은 여타 건설 선진국에 비해 크게 뒤떨어지지 않는 것으로 여겨지고 있다.

생산성이라 함은 생산 단위의 효율성에 대한 측정치로써 $\frac{\text{출력(output)}}{\text{over 입력(input)}}$ 으로 구해진다. 측정하는 이 마다 출력 및 입력에 대한 대상 및 단위에 상당한 차이가 있으나 생산 시스템의 효율성을 계량적(quantitative)으로 나타낸다는 공통점이 있어 생산 주체간 생산 효율을 비교하기 위한 수단으로 널리 사용되어 왔다. 그러나, 세계화(globalization) 사회계층화(stratification) 소비다양화(diversification) 등과 같은 거센 물결에 따라 고객만족(customer satisfaction)이 기업의 절대 명제로 부각됨에 따라 종전의 양적인 생산 효율성보다는 질적(qualitative)인 생산 효율성(effectiveness, 이하 ‘효용성’이라 함)에 주력하게 되었다. 효용성은 완제품에 대한 고객의 만족정도에 의해서 평가됨으로 완

제품을 생산하기까지의 생산 라인에서의 효용성은 종래의 생산성으로는 측정하기 어렵다. 따라서 생산 시스템의 효용성을 측정하기 위해서 다양한 척도가 설정되기 마련인데 이러한 예로는 무결점(zero defect), 무낭비(zero waste) 등이 있다.

건설 생산 시스템의 효용성을 나타내는 대표적인 척도 중 하나가 단위면적 건설에 소요된 비용을 나타내는 단위건설비와 기준층 건설에 필요한 기간을 나타내는 사이클 타임(CT)이라 할 수 있다. 건축주(고객)는 적은 금액으로 빠른 시간 내에 원하는 건물을 얻을수록 만족하게됨으로 생산 시스템의 효용성을 나타내는 합리적인 척도라 할 수 있다.

<표2>와 <표3>는 이러한 척도로 우리 건설 생산 시스템의 효용성을 미국 영국 일본 등 건설선진국과 비교한 것이다. 이 표에 의하면 단위건설비와 사이클 타임 모두 미국 영국 일본 등 건설선진국에 비해서 현저히 뒤떨어지고 있는 것으로 나타나고 있어 우리의 분발을 요구하고 있다.

이 글에서는 최근 이들 선진국에서 1993년 국제 린건설협의회(International Group for Lean Construction, 이하 IGLC라 함)를 발족하여서 이론 및 현업 연구를 활발하게 수행하고 있는 린 건설을 조명함으로써 우리 건설산업 발전에 기여하고 지금의 어려운 현실을 극복하는 초석을 제공하려한다. 린 건설(Lean Construction)은 구미의 학계 산업계 연구계의 전문가들이 자동차 산업분야의 현업에 적용하여 그 효과가 입증된 LPS(Lean Production System)를 린 제조 시스템이라 부르는데 연유하여 이를 건설산업

표 1. 건설업 생산성의 국제비교 1

	(단위 : US\$, %)				
	한국	미국	일본	독일 ¹⁾	프랑스
1980	16,803	45,059	26,871	29,210	23,637
1990	29,178	37,327	35,921	31,953	30,564
1997 ²⁾	30,191	37,654	33,765	27,345	31,165
연평균 증가율 (1980~97)	3.4	-1.2	1.4	-0.4	1.8

주 1) 1993년까지는 서독, 1994년부터는 독일전체임.

2) 미국과 일본은 1996년, 프랑스는 1995년임.

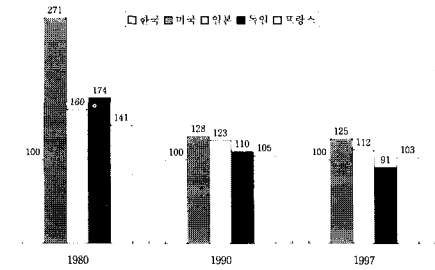
출처 : 한국생산성본부(1999)

에 적용하려는 시도로 붙여진 이름이다.

2. 린 건설

표 4. 린 제조 시스템 적용 후 개선 효과

개선 대상	개선 전	개선 후
새로운 자동차 모델의 기획에서 시제품 생산까지의 소요기간	40개월	15개월
용접, 페인트, 자동차 조립까지 소요 시간	40시간/대	15시간/대
외주 부품의 불량률	3	5
	100	1,000,000
공장 주문 후 고객 인도까지 소요 기간	120일	15일



주 1) 독일은 1993년까지는 서독, 미국과 일본은 1996년, 프랑스는 1995년임.

출처 : 한국생산성본부(1999)

그림 1. 건설업 생산성의 국제 비교 1

영국 건설교통부(DETR)¹⁾는 자동차산업 분야에서 1988년부터 1998년까지 10년 동안 생산량과 수출량을 2배로 증가시키고 생산성 면에서 <표 4>와 같은 괄목한 성과를 이룩한 린 제조시스템(Lean Production System, 이하 LPS라 함)을 건설산업에 적용하는 것을 근간으로 하여 공사원가 및 공기의 10% 절감, 건설 하자(defect)의 20% 감축을 목표로 제시하였다.

표 2. 각국별 단위 건설비 비교표

출처 : 김종훈(1999)

	창 고		공동주택		상업건물(중층규모)		극 장	
	\$/m ²	%	\$/m ²	%	\$/m ²	%	\$/m ²	%
영국	239	0.0	545	0.0	981	0.0	1359	0.0
프랑스	496	107.5	799	42.9	1457	48.5	-	-
한국	377	57.7	670	22.9	1007	2.7	1676	23.3
미국	230	-3.8	615	12.8	660	-32.7	680	-50.0
	병 원		학 교		호 텔		평 균	
	\$/m ²	%	\$/m ²	%	\$/m ²	%	%	
영국	966	0.0	630	0.0	1217	0.0	0	
프랑스	-	-	-	-	-	-	25	
한국	1462	51.3	755	19.8	1258	3.4	38	
미국	1110	14.9	725	15.1	790	-35.1	-12	

자료 : Tuner & Townsend(1997,10) ※ 영국의 세계적인 cost management 회사

표 3. 국가별 실적 공기 비교

출처 : 김종훈(1999)

Project Name	연면적 (m ²)	층 수		구 조	총공기 (개월)	토공 (개월)	골조 (개월)	마감 (골조후)	사이클 (일/층)
		지하	지상						
미국									
Texas Commerce Tower, Houston	188,958	B4	75	복합구조	32	11	18	3	12.2
Allied Bank, Houston	193,696	B4	71	S.R.C	30	9	15	6	12.0
Cadil/Fair, Chicago	126,158	B6	62	R.C	27	5	19	3	11.9
Republic Bank, Houston	136,317	B4	56	S.R.C	21	8	11	2	10.5
Dravo Tower, Pittsburg	159,880	B2	56	S.R.C	22	6	14	2	11.4
Croker Center, LA	142,973	B4	54	S.R.C	22	4	10	8	11.4
Hines, Chicago	148,639	B2	53	S.R.C	23	6	12	5	12.6
일본									
Tokyo City Hall	380,998	B3	48	S.R.C	36	9	18	10	21.2
Land Mark Tower	392,380	B4	70	S.R.C	37	11	20	6	15.0
World Trading Center	153,841	B3	40	S.R.C	32	13	13	6	22.3
Nomura Securities	116,236	B3	47	S.R.C	29	10	10	10	17.4
Kobe Trading Center	48,291	B2	26	S.R.C	24	7	9	8	25.7
한국									
YeonBong Building	15,349	B5	17	S.R.C	21	7	8	6	29.0
Kunja Industry Building	29,012	B6	20	S.R.C	28	6	11	11	32.0
KeunGil Tower	36,506	B7	21	S.R.C	29	7	12	11	31.0
SunHwa Building	37,709	B6	19	S.R.C	29	7	7	15	35.0
DongYang Securities	42,347	B7	21	S.R.C	29	7	10	12	31.0

린 건설은 린(lean)과 건설(construction)의 합성어로서 1993년 구미의 학계 산업계 연구계의 전문가로 구성된 IGLC (International Group for Lean Construction)에서 자동차 산업분야의 현업에 적용하여 그 효과가 입증된 LPS (Lean Production System)를 린 제조시스템이라 부르는데 연유하여 '낭비를 최소화 하는 가장 효율적인 건설생산시스템'이라는 의미로 붙여진 이름이다. 이 절에서는 린 건설의 배경 및 그 내용을 살펴본다.

2.1 린 건설의 배경

린(lean)이란 '기름기 또는 군살이 없는'이라는 뜻의 형용사로서 린 건설의 뿌리는 위에서와 같이 린 제조시스템(lean production system, LPS)이라 할 수 있다. LPS란 용어는 국제자동차연구소(International Motor Vehicle Program, IMVP)의 연구원 John Krafcik이 "대량생산에 비하여 무엇이든지 조금 사용하는 생산이다"라는 의미로 린 제조(Lean Production)란 용어를 처음 사용한 것이 유래가 되었다. 그 이후 1991년 James Womack 등이 자동차 산업분야에서 가장 혁신적인 생산성 향상을 보여준 일본의 토요타 생산 시스템(TPS : Toyota Production System)²⁾을 성공 모델로 제시하면서

1) Department of Environment, Transport and Regions

2) 일본 토요타 자동차의 엔지니어인 다이치 오노(Taiichi Ohno)와 시게오 신고(Shigeo Shingo)가 토요타 자동차 생산 시스템에 1950년대부터 적용하기 시작한 생산 시스템으로 1980년대부터 미국의 자동차제조 산업을 비롯한 각종 제조 산업 분야에서 이상적인 생산 시스템으로 선정하여 많은 조사와 연구를 하고 있다.

이러한 모델을 개념적으로 분류하여 소개한 개념이다. (Womack et al., 1991)

LPS란 수공생산(craft production)과 대량생산(mass production)의 장점만을 발췌하여 포드³⁾생산 개념인 흐름생산(flow production) 모델을 모체로 한 새로운 개념의 시스템을 의기한다.

수공생산(craft production)의 특징은 :

- 맞춤형 생산으로 1개씩 생산한다.
- 사용이 단순하고 다목적인 공구를 사용한다.
- 기능공은 높은 기능도를 지니고 있다.
- 제품 개발시 제품의 전체 가치를 통합하여 생각한다.
- 제품은 하나하나 만드는 과정에서 수정작업을 거치며 품질관리된다.
- 공장을 지어야만 제품을 주문받을 수 있다.
- 고비용이며 생산단위가 작다.

대량생산(mass production)의 특징은 :

- 제품의 종류가 다양하다.
- 고성능, 대규모의 자동화 설비를 사용한다.
- 생산단위와 재고가 매우 크다.
- “합격” 판정이면 목표 품질을 달성한 것이다.
- 부서 또는 본부로 나뉘어진 조직을 갖는다.
- 제품 개발 기간이 매우 길다.
- 시스템이 복잡하고 투자규모가 크기 때문에 혁신율(innovation rate)이 매우 낮다.

포드 생산(Ford production)의 특징은 :

- 흐름에 따른 생산이다.
- 작업마다 작업 목적에 맞는 고유한 공구를 사용한다.
- 제품 개발은 소규모의 전문 통합 팀이 담당한다.
- 제품 수명이 길다.
- 검사를 통해서 품질 관리한다.
- 수요는 무한히 존재한다.

• 제품의 다양성은 전혀 없다.

일본 토요타 자동차회사의 엔지니어인 Ohno and Shingo는 위 생산 방식 중 포드 생산 방식의 개념적 모델인 흐름생산 방식을 기본 골격으로 하여 수공생산과 대량생산의 장점을 발췌한 TPS(Toyota Production System)를 개발하게 된다. TPS의 목표는 고객만족(customer satisfaction), 무재고(zero inventory), 무낭비(zero waste), 무결점(zero defect 또는 perfection)이다.

TPS(Total Production System)의 특징은 :

- 흐름에 따른 생산이다.
- 작업마다 작업 목적에 맞는 고유한 공구를 사용한다.
- 고객 만족을 최고 목표로 한다.
- 재고는 없다 : Zero inventory.
- 낭비는 없다 : Zero waste
- 불량률은 0 이다 : Zero defect
- 끌어당기기 식 생산 방식이다 : Pull-type production

위 TPS의 중심 기법은 크게 두 가지로 볼 수 있다. 첫째는 재고(inventory)의 감소 또는 궁극적으로는 제거라 할 수 있다. 따라서 이를 이루기 위한 기법들, 이를테면, 생산단위(lot size)의 축소, 생산 라인의 재배치, 부품 공급자와의 협동, 준비시간 단축(set-up time reduction) 등이 구체적인 기법이다. 둘째는 생산 라인의 각 작업 단계에서 정해진 목표량(目標量)을 무조건적으로 생산하지 않으며, 후속 작업의 상황을 참고하여 후속작업에서 필요로 하는 양만큼만 생산하는 끌어당기기 식(push-type production system) 생산 방식의 도입이다.

끌어당기기 식(pull-type production system) 생산 방식은 각 작업에서의 생산량을 다음 작업에서 필요로 할 것으로 예측되는 최대량을 기준으로 결정하는 밀어내기 식(push-type production system) 생산방식과 반대되는 개념이다. 대량생산(mass production)에서는 각 작업의 작업량은 전체 생산시스템의 작업량을 최대로

할 수 있도록 결정되며, 따라서 모든 작업에서는 언제나 최대량을 생산하는 것을 목표로 하는데 이러한 밀어내기 식 생산 방식은 LPS에서의 끌어당기기 식과는 극명한 차이가 있다.

위에서 설명한 두 가지 기법은 실로 TPS의 두 가지 핵심 개념인 낭비(waste)의 최소화와 생산의 효율성을 실현하는데 그 목적을 두고 있다. 즉, 지속적인 생산 공정, 생산 장비, 생산 작업을 개선함으로써 낭비를 최소화하거나 궁극적으로는 제거(除去)하는데 있다. 여기서 위에서 설명한 낭비(waste)의 개념에 대한 이해가 필요하다. Ohno and Shingo는 낭비를 다음과 같이 분류하였다 (Womack and Jones, 1996).

- 1) 제품 결함 (Defects in products)
- 2) 수요 없는 제품의 과잉 생산 (Over-production of goods not needed)
- 3) 재고(Inventories of goods awaiting further processing or consumption)
- 4) 불필요한 제품 처리(Unnecessary processing)
- 5) 불필요한 인력 이동(Unnecessary movement of people)
- 6) 불필요한 자재 제품 이동(Unnecessary transport of goods)
- 7) 대기(Waiting by employees or process equipment to finish its work or for on an upstream activity to complete)
- 8) 고객 요구에 맞지 않는 제품이나 서비스의 디자인(Design of goods/services that fail to meet user's needs) : (이 항목은 후에 Womack and Jones 에 의해서 덧붙여짐)

이와 같은 토요타 자동차의 TPS는 Womack, Jones 등과 같은 전문가들에 의해서 일반 제조업 생산시스템을 대상으로 하는 LPS로 발전하게 되었다.

2.2 린 건설의 태동

이러한 LPS 개념을 건설산업에 적용하

3) Henry Ford에 의한 포드 자동차 생산 기법

고자 하는 움직임은 1992년 무렵 핀란드의 젊은 학자인 Koskela 등에 의해서 구체화 되기 시작하였다. Koskela(1992)는 건설 생산시스템의 효율성을 제고하기 위해서는 종래의 변환생산(conversion production system)을 새로운 개념의 흐름생산(flow production system)으로 바꿔야 한다고 역설한다. Koskela(1992)(1999)는 생산 과정에서의 작업(activity)은 이동(moving), 대기(waiting), 처리(processing), 그리고 검사(spection) 등 4가지 형태로 구분된다고 하였다.

그리고 그는 건설생산과정을 이 4가지 형태 작업의 연속적인 조합으로 구현하였다. 즉, 그는 건설생산과정을 구성하는 모든 작업을 이 4가지 형태 중 하나로 구분하였으며, 나아가서 그는 이 4가지 형태의 작업을 가치 창출(value adding) 여부로 다음과 같이 구분하였다.

〈그림 4〉에서 보는 바와 같이 그는 처리

(processing)를 건설생산에서 부가가치를 창출하는 유일한 작업으로 정의하였다⁴⁾. Koskela(1992, 1999)는 처리를 변환(conversion)과 상호보완적인 의미로 사용하고 있다. 필자의 견해로는 아래 그림에서와 같이 「입력 자원을 처리(processing)하여 소정의 출력으로 변화시킨다」는 개념을 강조하여 이러한 프로세스를 일컬어 전환(conversion) 또는 변환(transformation)이라는 용어를 사용한 것으로 보인다.

〈그림 2, 3, 4〉에 의하면 건설생산을 최적화하기 위해서는 비가치창출(非價値創出: non-value adding) 작업인 운반, 대기, 검사 등의 작업을 최소화하며 가치창출(價値創出: value adding) 작업인 처리작업은 그 효율성을 극대화해야 한다.

이를 실행하기 위해서는 다음과 같은 기법을 시행해야 한다고 Ballard(1999)는 제시한다.

1. 결함이 발견될 때는 즉시 작업을 중단

한다. (불합리한 작업은 즉시 중단한다.)

2. 끌어당기기 식 생산 방식에 의해서 자재를 주문한다.
3. 제작, 조달, 설치에 필요한 준비시간(lead time)을 줄여 변화에 대한 탄력성을 증진한다.
4. 지연과 버퍼(buffer)를 배제할 수 있도록 철저한 작업계획을 한다.
5. 생산시스템 작업과정을 투명하게 하여 의사결정을 작업 팀이 개별적으로 하게 한다.

3. 린 건설과 변이

린 건설에서 「린」의 사전적 뜻인 「최소한의」「꼭 필요한 것만 사용하는」 등이 의미하듯이 「최소비용」「최소기간」「무결점(zero defect)」「무재고(zero inventory)」 등이 린 건설의 핵심 목표이다. 이러한 목표를 성취하기 위해서 기획 설계 생산 운영 등 건설 전과정에 걸친 다양한 이론과 기법이 연구되고 있는데 이 중 하나가 건설 생산시스템에서의 상호의존성과 변이이다. 필자의 견해로는 생산 시스템에서의 상호의존성과 변이가 종래 건설 생산 시스템에서 가장 소홀하게 다루어졌기 때문인 듯 하다. 따라서 아래에는 건설 생산 시스템에서의 상호의존성과 변이에 대해서 살펴본다.

린 건설학회(Lean Construction Institute, LCI) 창설자인 Howell(1999)은 “린 건설의 우선적인 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.

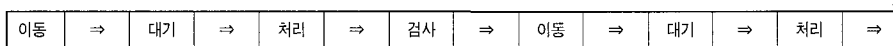


그림 2. 생산 과정

작업 구분		가치 창출	부가가치 : 낭비
처 리	⇒	가치 창출 작업	부가가치
이 동	⇒	비 가치 창출 작업	낭 비
대 기			
검 사			

그림 3. 가치 창출 개념

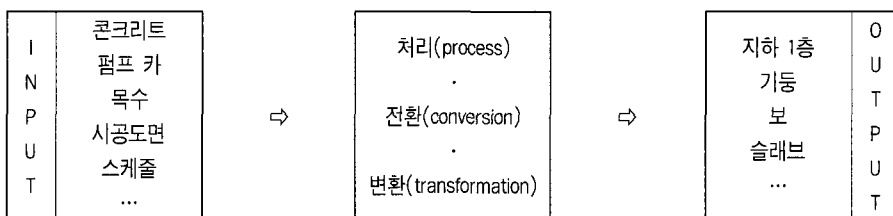


그림 4. 처리·전환·변환 개념

4) Choo and Tommelein(1999)는 운반이 일반적으로는 비가치창출 작업이지만 일부 가치창출 작업으로 분류해야 할 때가 있음을 주장해 Koskela와 의견을 달리했다. 가치창출 작업으로 분류되어야 하는 예로서 배관 작업시 작업효율을 높이기 위해서 트렌치에 나란히 놓는다면 무작위로 쌓아 놓는 것과 비교해서 작업효율을 제고하는 가치창출로 보아야한다. 또한 철골조를 직접 설치 위치에 운반하는 경우와 작업장에 운반한 후 가공하여 설치 위치에 운반하는 것을 비교할 때 후자의 경우 운반이 부가가치를 창출할 수 있는 것으로 보아야한다.

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.”

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 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 확률분포에서의 분산(variance)의 수학적적인 의미는 “변수의 분포상 퍼짐(spread or dispersion of the distribution of random variables)”으로서 성과치의 퍼짐 정도가 된다.

이와 같이 상호의존도와 변이가 건설 생산시스템에서 미치는 영향을 명료하게 모델링한 것이 Tommelein et al.(1999)와 Choo and Tommelein(1999)인데, 이 논문에 따르면 변이가 클수록 생산 시스템의 효율은 현저히 저하하는 것으로 나타났다. 변이에 따른 생산 시스템 효율의 저하는 린 건설의 근간이 되는 변이와 생산의 함수관계를 단순 명료하게 보여주는데 이에 대한 상세한 내용은 아래 3.1절에 설명한다.

이와 같이 변이에 대한 연구가 생산 시스템의 신뢰를 제고함으로써 시스템 전체의 효율을 제고하기 위한 린 건설의 중요한 줄거리 중 하나인데 이에 대해서 IGLC의 Howell(1999)은 “건설 생산시스템에서 파트너링이 참여 주체간에 신뢰를 구축하는 것이라면 린 건설은 생산시스템의 신뢰를 구축하는 것이다⁶⁾”라고 역설하였다.

이 장에서는 건설 환경에 본질적으로 내재 또는 외재하고 있는 변이를 린 건설에서

어떻게 다루고 있는지를 살펴본다.

3.1 변이

린 건설과 종래 건설의 가장 큰 차이점은 크게 두 가지로 볼 수 있다. 첫째, 종래 건설은 생산 라인을 구성하고 있는 각 작업소(Work Station)에서의 생산량이 각각 최대가 되도록 설계되어 있는 작업중심(activity oriented)인데 반하여 린 건설은 각 작업소에서의 생산량은 다음 작업소(후행 작업소)에서의 요구량에 따라 결정되는 흐름 생산(flow production)이다(Koskela, 1999). 둘째, 종래 건설 생산에서는 생산 라인을 구성하고 있는 각 작업에 내재하고 있는 변이, 각 작업간 존재하는 작업간 변이 및 상호의존을 고려하지 않고 있다(김창덕 2000). 이러한 예로써 종래 건설 생산 계획 방식의 대표 주자인 CPM(Critical Path Method)과 PERT(Program Evaluation and Review Technique)를 들 수 있다. 이를 살펴보면 CPM은 불확실성, 변이, 그리고 작업간 상호의존을 전혀 고려하지 않고 있으며 PERT는 작업안에 존재하는 불확실성 및 변이는 고려하고 있으나 작업간 상호의존성은 전혀 고려하지 않고 있다.

그러나 린 건설은 위에서 설명한 바와 같이 생산라인 전체 효율성과 이를 위한 작업간 흐름이 중심이므로 작업 상호간 변이가 중요한 연구대상이 된다. 이러한 맥락에서 Tommelein et al.(1999)은 건설생산에서 작업안에 존재하는 변이가 전체 생산라인 효율에 미치는 영향을 『변이게임(Parade

Game)』을 통해서 극명하게 보여주었다. 다음 절에서 이 변이게임에 대하여 살펴본다.

3.2 변이 게임

Tommelein et al.(1999)는 변이가 생산 시스템 전체에 미치는 영향을 보여주기 위해서 가장 간단한 생산 과정인 일렬 생산(single-row production)을 묘사하였다. 일렬 생산은 각 공종들이 일렬로 행진을 하는 것(parade)과 같다고 해서「parade of trades」, 즉 「공종들의 행진」으로 이름지었다. 일반적인 건설 생산 시스템 중 이와 같이 일렬 생산의 형태를 취하는 예로는 다음과 같은 『철골 설치』trades』로 명명하였다. 이러한 일렬 생산의 예로는 <그림 5>와 같은 『철골 설치』 또는 <그림 6>과 같은 『내부 마감』 등이 있다.

위 두 가지 그림에서 철골설치 생산을 살펴보면 콘크리트 타설은 콘크리트공에 의해서 이루어지는데 철근공에 의해서 철근설치가 마무리 된 다음에서야 작업이 가능하다. 철근설치 완료 후 콘크리트 타설이 이루어지는 두 작업간의 논리적인 선행관계, 즉, FTS(finish to start, 완료 후 시작)는 물론 CPM 등 종래 생산 관리 방식과 동일하다. 마찬가지로 내부마감 생산을 살펴보면 드라이월 설치 후 도배 작업이 가능하다. 이와 같이 일렬 생산의 경우 후속작업은 선행작업의 작업성취도(performance)에 직접적으로 영향을 받게 되므로 각 작업 내부에 존재하는 변이가 전체 생산시스템의 성취도에 미치는 영향을 명료하게 보여줄 수 있다.

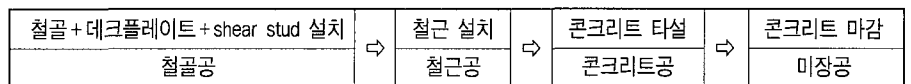


그림 5. 일렬 생산 예 1-철골 설치

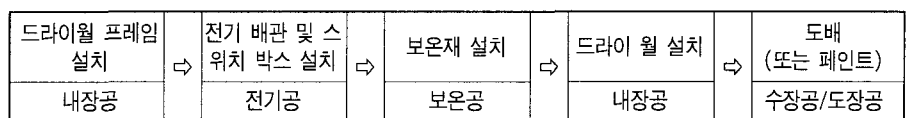


그림 6. 일렬 생산 예 2-내부 마감

6) “Where partnering is about building trust, lean is about building reliability.”

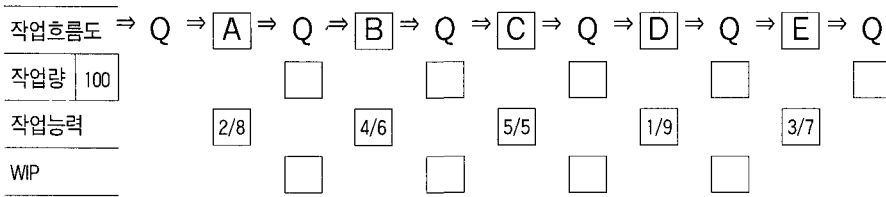


그림 7. 변이 게임

위 <그림 6>을 예로 들어 아래 <그림 7>로 표현하여 설명한다. 작업흐름도에서 「□」는 작업을 의미하는데 즉, [A]는 「드라이얼 프레임 설치」, [B]는 「전기 배관 및 스위치 박스 설치」 등이다. 「Q」는 자원저장소(resource pool)를 의미하는데 첫 번째 Q에 100이라 표현된 것은 수행될 작업 총량이 100 단위라는 것을 의미한다. 작업 능력은 각 작업의 수행능력을 의미한다. 여기서는 명료하게 변이로 인한 영향을 보여 주고자 각 작업의 평균 수행능력은 5 단위로 산정한다.

위 그림에서 각 작업의 작업능력은 「2/8」, 「4/6」, 「5/5」, 「1/9」, 「3/7」등으로 표현되어 있는데 「2/8」의 경우 2단위 또는 8단위를 수행함을 의미하며 「5/5」는 항상 5단위를 수행함을 의미한다. 따라서, 「1/9」는 작업변이가 대단히 큰 경우이며, 반대로 「5/5」는 변이가 없는 경우를 의미한다. 끝으로 WIP가 있는데 이는 Work In Process의 약어로서 완제품이 되기 전까지 작업과 작업 간 Q에 저장되어 있는 수행 중 재고를 의미한다.

이와 같은 조건으로 시뮬레이션을 할 경우 간단한 게임으로 설계하여 실시하면 되는데 Tommelein(1999)의 경우 주사위를 사용하였다. 즉, 「2/8」의 경우 주사위 6면 중 3면에는 「2」를 나머지 3면에는 「8」을 표시하여 [A]작업에서 주사위를 던져서 나오는 수만큼 작업 수행한 것으로 산정하였다. 물론 이 시뮬레이션 방법으로는 몬테 칼로 시뮬레이션 등 다양한 방법이 사용될 수 있다. 이와 같이 시뮬레이션을 수행하여 전체 생산 시스템 성능을 분석해보면 크게 두 가지 측면에서 중요한 사실을 발견하게 된다.

첫째는 공사기간으로 측정할 수 있는 생산시스템의 성능이며, 둘째는 시스템의 효율성(성능외의)이다. 첫째 공사기간을 살펴보면 각 작업의 작업능력이 「4/6」과 같이 작은 변이일 경우와 「1/9」와 같이 큰 변이일 경우를 비교할 수 있다. 변이가 가장 적은 경우(없는 경우)인 「5/5」인 경우는 24일⁷⁾이 소요된다. 예상할 수 있는 것 같이 변이가 작은 경우가 변이가 큰 경우에 비해서 수행기간이 현저히 짧는데, 실제 변이게임을 시행해보면 「1/9」의 경우 35~40일 가량 소요되어서 변이가 없는 경우인 24일에 비해서는 50%이상 소요되는 경우도 있다. 작업기간이 단축됨으로서 좋은 점은 간접비 절감, 고객 만족, 동시설계 가능 등 많이 있으나 이 글에서는 지면의 제약 때문에 상세히 언급하지 않는다.

둘째는, 시스템의 효율성을 들 수 있다. 이는 위 <그림 7>에서 WIP으로 표시되는데 WIP은 작을수록 좋으며 TPS(Toyota Production System)의 경우 WIP이 0이 됨을 추구한다. 현실적으로 WIP이 0이 되는 것은 지극히 어려운 일이나 이론적으로는 가능한 일이다. 즉, [A]작업에서 5개를 수행하자마자(1일의 기다림도 없이) 바로 [B]작업이 5개를 수행하면 WIPAB는 0이 되기 때문이다. 위 <그림 7>에서 4개의 WIP(WIPAB, WIPBC, WIPCD, WIPDE)이 존재하게 되는데 이들 4개의 WIP를 합산해보면 변이가 작은 경우와 변이가 큰 경우가 50%이상 차이 나는 경우가 많이 있다. WIP가 작으면 여러 면에서 유리하다. 우선, 재작업비용 기작업비용 등 설계변경 비용이 줄어든다. 또한, 재고숫자 감소로 인

한 참고비용 관리비용 파손비용 폐기비용 등 재고비용이 줄어든다.

이와 같이 변이는 생산 시스템의 성취도 및 효율성 등에 중대한 영향을 미치나 종래 건설 생산 관리에서는 이에 대하여 많은 관심이 기울여지지 않았다. 그 이유는 종래에는 공급자 위주 시장 경제에서 생산 효율성의 극대화가 중시되는 물량 중심의 생산이었기 때문이다. 그러나 현대로 접어들면서 세계화(globalization) 사회계층화(stratification) 소비 다양화(diversification) 등과 같은 변화와 자율화로 경쟁이 치열해짐에 따라 고객만족(customer satisfaction)이 산업의 절대명제가 되었으며 이에 따라 생산 주체는 생산 시스템 전체의 효율성을 나타내는 질적인 지표에 더욱 중요한 의미를 부여해야 치열한 경쟁에서 살아남을 수 있을 것이다.

3.3 변이 관리

위에서 변이가 생산 시스템 전체에 미치는 영향에 대하여 살펴보았다. 물론 이에 대한 대책으로 변이를 줄이는 직접적인 방법이 으뜸이겠으나 불확실성이 많은 건설 생산의 특성상 경우에 따라서 변이를 줄이는 것이 비현실적이거나 경제적이지 않을 수 있다. 이런 경우 현실적으로 용량버퍼(capacity buffer), 여유버퍼(safety buffer), 프로세스 통합 등 간접적인 방법을 사용하는 것이 더욱 경제적이고 효율적일 경우가 있다.

이러한 일련의 과정을 체계적으로 계획하고 관리하는 것을 변이관리(variation management)라 할 수 있다. 이 절에서는 이에 대해서 설명한다.

Joiner and Gaudard(1990)는 변이 원칙을 다음과 같이 설명하였다.

- 모든 변이에는 원인이 있다.
- 모든 변이는 그 원인에 따라 4가지 유형으로 나뉘어진다. 변이의 4가지 유형은 일반원인(common cause) 변이,

7) 100(전체 작업 개수)÷5(1일 작업수행능력)+4(작업 A·B·C·D 각 1일씩) =24일

특별원인(special cause) 변이, 조작(tampering), 구조원인(structural cause) 변이 등이다.

- 모든 변이는 유형별로 관리되어야 한다.
- 일반원인에 의한 변이만으로 구성된 생산시스템을 안정시스템(stable system)이라 한다.

일반원인 변이는 시스템 입력자원 생산 조건 생산환경 등에 공동 또는 복합적으로 내재하고 있어 어느 특정 원인을 찾아내기가 어려운 변이를 의미한다. 특별원인 변이는 일부 특정 원인에 의해서 초래되는 변이를 의미하며 일반적으로 변이에 대한 원인을 구체적으로 지적해 낼 수 있다. 조작(tampering)은 일반원인에 의한 변이가 발생했음에도 불구하고 어느 특정원인에 대한 불필요하고 부적절한 조작에 의해서 발생하는 변이를 의미하는데 생산 시스템에 필연적으로 존재할 수밖에 없는 변이에 대한 이해가 없는 경우 일반적으로 발견되는 변이이다. 구조원인 변이는 생산 출력에 정기적이고 구조적인 변이를 발생하는 경우로써 일반적으로 계절적이거나 외부환경에 의해 경향(trend)으로 나타나는 경우이다.

변이관리에서 가장 중요한 것은 충분한 사전계획 및 자료수집을 통해서 생산 시스템에 존재하는 변이를 유형에 따라 구분하고 이에 따라 지속적인 관찰을 통해 발생한 변이를 분석하고 이에 대한 적절한 대책을 수립하는 것이다. 일반적으로 특별원인변이나 구조원인변이는 식별하고 대응하기가 간결하지만 일반원인변이는 그 관리가 어려우며 특히 이에 대한 대응이 적절치 못할 때 조작 등 잘못된 대응으로 시스템 성취도나 효율은 가속적으로 악화되기 마련이다.

Joiner and Gaudard(1990)는 제조업에서의 이와 같은 변이 관리 방법을 데밍(Edwards Deming)의 14 points를 응용하여 다음과 같이 설명하였다.

- Point 1 : 목표의 일관성을 유지할 것
- Point 2 : 새로운 철학(자재 인력 과정

제품 등에 존재하는 변이의 감축)을 채용할 것

- Point 3 : 검사 및 조사에 의존하지 말 것
- Point 4 : 가격으로만 구매처를 결정하지 말 것
- Point 5 : 지속적인 개선을 추구할 것
- Point 6 : 교육과 훈련의 풍토를 조성할 것
- Point 7 : 지도력을 조성할 것
- Point 8 : 두려움을 제거할 것
- Point 9 : 부서간 장벽을 제거할 것
- Point 10 : 작업 목표 슬로건 등 내세우지 말 것
- Point 11a : 획일적 작업 표준을 제거할 것
- Point 11b : 목표 관리(MBO: Management By Objective)를 배제할 것
- Point 12a : 공정한 평가 기준을 수립할 것
- Point 12b : 단기평가제도를 배제할 것
- Point 13 : 교육 및 자기개선 프로그램을 조성할 것
- Point 14 : 새로운 철학으로의 변환을 적극적으로 도와줄 것

이러한 변이 관리 기법은 크게 프로세스 내부 변이관리와 프로세스간 변이관리로 구분할 수 있다. 프로세스 내부 변이관리란 프로세스 생산에 영향을 미치는 프로세스 내부 요인에 대해서 관리하는 것이며 프로세스간 변이관리란 해당 프로세스에 영향을 미치는 다른 프로세스와의 관계, 즉 의존도를 관리하는 것이다. 프로세스간 변이 관리는 실딩(shielding)과 디커플링(decoupling) 두 가지 방법으로 이루어진다. 실딩은 선행 프로세스에서의 변이 원인을 색출해서 후행 프로세스로의 전이를 방지하는 기법이며 디커플링은 다른 프로세스에 가장 많은 영향을 주는 프로세스를 찾아내서 복수개의 프로세스로 병행 대체함으로써 해당 프로세스의 변이 전이로 인한

후행 프로세스로의 파급 효과를 줄이는 기법이다.

건설생산은 제조업과 같이 제품을 공장과 같은 정해진 환경에서 정해진 생산라인에 의해서 반복 생산하는 것이 아니기 때문에 제조업과 같이 정해진 틀에 의한 반복적 관리가 어려운 것으로 알려져 왔다. 다른 한편 일회성 프로젝트 조직에 의해서 주문 생산을 하는 건설 생산은 본질적으로 제조업에 비해서 불확실성이 높음에 따라 생산 시스템에 내재하는 변이가 클 수밖에 없기 때문에 변이관리를 통한 효율도 더욱 클 것이다. 즉, 건설생산에서의 변이관리는 제조업에 비해서 어려우나 그에 따른 효율은 더욱 크기 때문에 건설 생산 시스템에 존재하는 불확실성을 이해하고 시스템에 존재하는 변이를 효율적으로 인식 분석 대응할 수 있는 모델이 요구된다.

4. 우리 건설 산업과 린 건설

위에서 린 건설의 연혁 및 기본 생산 개념 등 개략 사항을 살펴보고 생산 시스템에 내재하고 있는 상호의존성과 변이를 조명하였다. 이 장에서는 건설 생산 전반에 대한 국외에서의 린 건설 동향과 우리 건설 산업에서의 린 건설 적용 여부를 살펴본다.

4.1 린 건설 동향

린 건설에 대한 연구는 1993년 IGLC가 발의되어 현재까지 약 7년 남짓 미국 유럽 남미 아시아 등 전세계적으로 활발한 연구가 진행되고 있으나 아직도 유년기에 있다. IGLC의 활동 중 가장 대표적인 것이 학술 발표대회로서 현재까지 제8차(2000년7월, 영국) 학술발표대회까지 개최되었는데 필자는 제7차(1999년 7월 미국)학술발표대회에 참가한바 있다. 제7차 대회에는 38편의 논문이 제8차 대회에는 36편의 논문이 발표되었는데 기획 설계 생산 운영 등 건설 라이프사이클 전반에 걸친 논문이외에도 린 건설의 '생산 철학 개념' '허와 실' 등 개념적인 논문까지 다양한 논문이 발표되

었다. 제7차 대회에서 발표된 논문 중 일부는 김창덕(2000)에 소개되었으며 제8차 대회에서 발표된 논문은 웹사이트 「http://www.sussex.ac.uk/spru/imichair/iglc8/index.html」를 참고하면 된다.

영국 건물연구소(Building Research Establishment, 이하 BRE라 함)의 연구에 의하면 영국 건설산업에서 노동력의 40%가 낭비되고 있는 것으로 조사되었다(DETR, 1998). 따라서, 영국 건설교통부(DETR)에서는 다음 <표 5>과 같이 획기적인 성공을 거둔 린 제조시스템(LPS: Lean Production System)의 건설산업에의 활용 방안을 모색하고 있다.

DETR에서는 우선 BRE를 통해서 건설산업에의 린 제조 시스템 적용 가능성에 대한 연구를 수행한 결과 건설 생산 프로세스 중 80%가 반복성이 있어 LPS를 적용할 수 있는 것으로 조사되었다. 따라서, Tesco라는 건설회사의 프로젝트에 시범 실시하였는데 그 결과 공사비 40% 절감이라는 놀라운 효과를 거두었다. 이에 DETR에서는 그 후속사업으로 £500million 정도의 프로젝트를 시범 프로젝트로 선정하여 린 건설의 활용성을 시험하고 있는 것으로 알려져 있다.

표 5. 린 제조 시스템 적용 후 개선 효과

개선 대상	개선 전	개선 후
새로운 자동차 모델의 기획에서 시제품 생산까지의 소요기간	40개월	15개월
웅집, 페인트, 자동차 조립까지 소요 시간	40시간/대	15시간/대
외주 부품의 불량률	3/100	5/1,000,000
공장 주문 후 고객 인도까지 소요 기간	120일	15일

4.2 우리 건설업과 린 건설

이러한 영국에서의 린 건설 추진 현황을 고려하여 볼 때 건설 산업의 전체 산업에 대한 비중이 영국에 비해 2배 이상인 우리나라에서 린 건설을 통해 건설 생산 시스템의 효율을 제고할 수 있다면 그 효과는 더욱 심대할 것이다. 이에 필자는 린 건설 개

념에 근거한 몇 가지 개선 분야를 요약하여 제시한다⁸⁾.

재고의 최소화

과거 신도시 파동 등 자재수급의 어려움을 경험한 건설관련업체들은 자재야적장, 가설창고 등에 상당한 양의 재고를 유지하고 있다. 경제의 부침이 심하고 물가가 불안하며 철강 시멘트 등과 같은 건설 기초자재를 소수 기업이 독점하고 있던 과거 우리 경제 환경에서 적정 재고의 유지는 살아남기 위한 필수 전략이었는지도 모른다. 그러나, 위에서 지적하였듯이 재고를 유지하기 위해서는 재고를 미리 구입하기 위해서 사용한 금융비용, 재고를 저장하기 위한 창고 건설비 운영관리비, 이와 관련된 각종 세금, 창고 및 재고에 대한 화재 및 도난 보험료, 그리고 유실품 파손품 등 발생으로 인한 파손비 등 막대한 재고비용(inventory cost)이 소요된다.

통신 기술의 혁신적 발달과 새로운 매매 기법의 개발, 그리고 유통구조의 점진적인 개선 등으로 가능해지고 있는 전자거래(e-commerce)와 선물거래(future trading) 등을 적극적으로 활용한 새로운 구매기법을 적용하면 수요왜곡(demand distortion)을 현저히 감소할 수 있을 뿐 아니라 제품 공급 능력에 대한 차별화 현상도 가속화될 수 있다.

즉, 제품 공급자들의 제품의 가격뿐만 아니라 제품 납기능력까지도 평가하게 된다. 제품공급자 전문건설업자 제조자 등 자재 장비 공구 등의 공급사슬(supply chain)에 포함되는 참여주체들의 정시공급(Just-In-Time, JIT) 중요성에 대한 의식을 고양하고, 공급 관리능력 제고를 통하여 정시 공급 신뢰도를 높이며 공급 기일의 변이(variation)를 감소해 나가고 정시 공급 능력을 평가하여 능력을 갖춘 회사 제품을 우선적으로 구매하는 등 사회적으로 인센티브를 제공한다.

낭비(waste)의 최소화

종래 생산성 연구에서 낭비(waste)의 개념은 주로 생산작업에서의 효율성에 초점이 맞추어져 유휴 자원(idle resource), 재작업으로 인한 손실, 작업 후 잉여자재나 찌투리 등이었다. 그러나, 린 건설에서의 낭비(waste)의 개념은 비가치창출(non value-adding) 작업을 지칭하는 것으로서 수행과정 중 목적물의 가치를 창출하지 아니하는 것은 모두 낭비로 분류하고 있다.

린 건설에서의 목표는 무낭비(zero waste)로서 비가치창출 프로세스의 최소화, 궁극적으로는 완전한 제거이다. 물론 이동/운반 대기 검사 등을 배제한 건설생산은 현실적으로 가능할 수 없으므로 엄격한 의미에서의 낭비란 불필요한 이동 대기 검사를 뜻한다.

이러한 예로서 Lee et al.(1999)이 있는데, 이 연구는 건설현장에서의 철골 설치를 분석하였다. 특히, 철골 설치를 구성하는 프로세스 중 검사와 이동을 집중 분석하고 이에 대한 개선책을 제시하였다. 분석 결과 이동 프로세스가 5개인 것을 3개로 줄였으며 이러한 개선 결과 CT(Cycle Time)는 39% 단축되었으며 조립비용은 38% 감소한 것으로 조사되었다.

우리 건설 현장에서 낭비(신 개념으로서의)의 시각으로 건설 생산 프로세스를 분석하여 이에 대한 자료를 축적하고 지속적으로 낭비 요인이 되는 프로세스 개선에 관한 연구가 필요하다. 즉, 건설 현장에서 가장 비중이 높아 절감효과가 크거나 또는 반복성이 가장 높아 분석이 쉬운 생산 프로세스를 선택하여 신 개념의 낭비 요소를 찾아내고 이에 대한 개선 방안에 대한 연구를 제안한다.

효율성과 끌어당기기식 생산

종래 건설 생산방식에서는 생산의 효율성(efficiency)이 강조되며 따라서 생산의 효율성은 생산성(productivity)으로 측정

8) 상세한 내용은 김창덕(2000)에 있다.

된다. 따라서 해당 프로세스에서는 주어진 자원을 활용해서 가장 많은 출력을 다음 프로세스로 밀어내는 것을 소목표(local objective)로 한다.

반면 린 건설에서는 효율성보다는 효용성(effectiveness)⁹⁾이 강조되며 생산의 효용성은 제품의 성능을 성취하기 위한(즉 고객 만족) 해당 프로세스에서의 합목적성을 의미한다. 따라서 아무리 잘 만들고 많이 만들었다 하더라도 최종 제품 목적에 맞지 않는 중간제품 또는 부품을 생산하는 것은 곧 낭비를 양산하는 것이다.

그래서 린 건설에서 프로세스 개선 목표 또는 해당 프로세스의 소목표는 효용성의 제고이다. 효용성 제고의 구체적인 예로서 해당 프로세스 생산 제품(중간제품 또는 부품) 신뢰도의 제고, 변이의 최소화, CT의 단축 등이 있다. 또한 린 건설에서는 지속적으로 비교될 수 있는 평가 기준을 정해서 프로세스가 반복 시행되면서 스스로 개선 효과를 평가할 수 있도록 한다.

린 건설에서는 고객(생산 프로세스 내부에서는 후행 프로세스)의 요구에 의해서 생산하는 방식으로서 종래 건설 생산시스템의 밀어내기식 생산(Push-type system)과 대조해서 끌어당기기식 생산(Pull-type system)이라고 정의하였다.

우리 건설 현장에서 이와 유사한 맥락에서 프로세스의 통합을 통해서 시너지 효과를 기대할 수 있는 프로세스를 발굴해내려는 노력을 제안한다. 또한 후행 프로세스를 고객으로 생각하고 선행 프로세스를 후행 프로세스가 평가할 수 있는 기구(mechanism)를 만들어 프로세스를 효용성으로 평가하도록 한다.

신뢰도 제고

위에서 설명한 변이관리를 통해서 생산

신뢰도를 높인다. 우리 건설 현장에서 위에서 설명한 변이관리 개념을 적용하고 실딩(shielding) 디커플링(decoupling) 등 변이 관리 기법을 적용하며 그 효용성을 측정할 수 있는 PPC(계획성취율: Percentage of Plan Completed)를 적용할 것을 제안한다. PPC는 단순한 개념의 측정기준으로서 작업수행 타임 매주 초 수행 계획한 작업(work package) 중 수행 완료한 작업의 백분율이다. Ballard(1999)에 의하면 일반적인 건설 현장의 경우 PPC는 30%~80% 정도인데 70% 이상이면 평균 이상의 수준으로 평가된다고 한다.

이와 같이 PPC를 평가측정기준으로 사용하는 목적은 프로세스의 생산 신뢰도를 제고하기 위함이며 지속적인 PPC 평가에 의한 생산 시스템 개선에 의해서 궁극적으로는 PPC를 100%로 하여 프로세스간 변이의 전이를 완전히 0으로 하기 위함이다. 이와 같은 노력을 통해서 프로세스의 생산 신뢰도를 제고함으로써 계획에 의한 생산이 가능하도록 하고 건설 생산비용을 절감해서 경쟁력을 높이도록 한다.

이외에도 다기능 인력의 양성이나 린 건설 교육 프로그램의 개발 그리고 해외 린 건설 성공 사례 분석 등 많은 분야에서의 관심과 노력이 필요하다. 정부에서는 린 건설 기법을 신기술로 인정해주며 시범 프로젝트를 기획하여 보급의 계기를 마련해 주는 등 많은 분야에서 다각적으로 우리 건설 생산 시스템의 국제경쟁력을 높일 수 있는 방안이 마련되어야 한다.

린 건설 개념은 해외에서도 아직 걸음마 단계에 있다. 필자의 린 건설에 대한 이해와 평가 그리고 비전 제시는 필자의 부족한 식견과 경험으로 말미암아 부족한 점이 있음을 아쉬워하나 우리 건설 산업 발전을 염원하는 건설인의 한 사람으로 린 건설이 우

리에게 많은 기회를 주는 새로운 생산 패러다임을 주장하며 우리 건설 환경에 적합한 맞춤형 린 건설 이론과 기법 그리고 도구를 연구 개발할 것을 제안한다. 특히 건설 생산 시스템은 국가마다의 건설산업환경(예를 들면, 계약 구매 외주 안전의식 조직문화(culture) 품질의식 수행방식 기능인력 기능도 신뢰도 등)에 많은 영향을 받기 때문에 우리 건설산업 환경에 맞는 기법이 개발되어야 한다. 그러기 위해서는 이 분야에 관심이 있는 학자 연구자 실무자들의 다양하고 깊은 연구와 현업에의 적용을 통하여 개발된 우리 환경에 맞는 기법이 소개되어야 한다.

5. 후 기

이 글 중 많은 부분은 김창덕(2000)과 중복된다. 시간 압박을 슬기롭게 극복하지 못하는 부족한 능력 탓도 있고 린 건설이라는 전체 그림을 아직도 완전히 갖고 있지 못한 필자의 일천한 지식과 부족한 이해 탓도 있다. 그러나 감사한 것은 경원대학교 서상욱교수와 함께 한국과학재단에 신청한 「린 건설 설계 생산 시스템」이 핵심연구과제로 선정되었다. 이 분야에 대한 체계적이고 기초가 되는 연구를 수행하는 계기가 될 것으로 믿으며 앞으로 이 분야에 관심 있는 여러분들의 많은 독려와 지도가 이 연구에 큰 도움이 될 것이다. 끝으로 이 글을 검토 해주신 박동식 교수님과 조언을 아끼지 않은 서상욱 교수에게 진심으로 감사한다.

참고문헌

김중훈(1999). 총당 2일 Cycle 공정 초고층 시공 사례 발표, 한미건설기술, 1999.09.08.
 김창덕(2000). 건설생산시스템의 새지평, 건축 3월호, 대한건축학회, 2000.3.
 김창덕(2000). A New Construction Production Paradigm, 광운대학

9) 효용성(effectiveness)는 목표를 달성하기 위한 합목적성으로서 효율성(efficiency)과는 근본적으로 다르다. 예를 들면, A 자동차 타이어 생산 공정에서 네모난 타이어를 1시간에 1000개 만들고 B 공장에서 둥그란 타이어를 1시간에 100개 만들었다 가정하자. 이 경우 A 공장의 생산성, 즉 효율성, 은 B 공장에 비교해 10배 우수하지만 A 공장은 사용 불가능한 타이어를 만들었기 때문에 생산의 효용성은 전무한 것으로서 모두 낭비인 셈이다.

- 교 건설관리연구실, 2000.2.
- 한국생산성본부(1998). 생산성 국제비교 1980-1997, 한국생산성본부 연구조사실 박수철, 1998.
- 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 and Howell(1994). "Implementing Lean Construction: Stabilizing Work Flow." Proceeding 2nd Annual Conference on Lean Construction, Pontificia University Catolica de Chile, Santiago, September 1994.
- Ballard(1999). Improving Performance in Engineering Driven Organizations, CE290M Course Notes, University of California at Berkeley, 1999.
- Ballard(1999). "Improving Work Flow Reliability," Proceedings 7th Conference of the International Group for Lean Construction, University of California at Berkeley, California, USA, 26-28 July 1999.
- Choo and Tommelein(1999). H.J. Choo and Iris D. Tommelein, "Space Scheduling Using Flow Analysis," Proceedings 7th Conference of the International Group for Lean Construction, University of California at Berkeley, California, USA, 26-28 July 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.
- Choo, H.J., Tommelein, I.D., Ballard, G., and Zabelle, T.R. (1999). "WorkPlan: Constraint-base Database for Work Package Scheduling." Journal of Construction Engineering and Management, ASCE 125(3), pp.151-160.
- Featherston, Scott (1999). "Study of Reasons for the Adoption of Lean Production in the Automobile Industry: Questions for the AEC Industries." Proceedings 7th Conference of the International Group for Lean Construction, University of California at Berkeley, California, USA, 26-28 July 1999.
- Hoop and Spearman(1996). Wallace J. Hoop 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.
- Joiner and Gaudard(1990). Brian L. Joiner and Marie A. Gaudard, "Variation, Management and W. Edwards Deming," Joiner Associates Incorporated.
- 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.
- Lee et al.(1999). Seung-Hyun Lee, James E. Diekmann, Anthony D. Songer and Hyman Brown, "Identifying Waste: Applications of Construction Production Analysis," Proceedings 7th Conference of the International Group for Lean Construction, University of California at Berkeley, California, USA, 26-28 July 1999.
- Taylor, John and Bjornsson, Hans (1999). "Construction Supply Chain Improvements through Internet Pooled Procurement." Proceedings 7th Conference of the International Group for Lean Construction, University of California at Berkeley, California, USA, 26-28 July 1999.
- 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.