

작업중단이 현장 생산성과 생산성달성율에 미치는 영향

Impact of Work stopped on Site Productivity and Productivity Achievement Ratio

김태완*^o 유정호** 이현수***
Kim, Tae-Wan Yu, Jung-Ho, Lee, Hyun-Soo

요 약

작업중단이 다음날의 현장 생산성에 미치는 영향을 정량화하기 위해 본 연구는 통계적 방법을 제안한다. 따라서 본 연구는 다음 영가설을 검정하는 절차를 거쳤다: '건설현장에서의 작업중단은 다음날의 현장 생산성과 생산성달성율에 아무런 영향을 미치지 않는다'. 이를 검정하기 위해 본 연구는 작업중단을 생산성에 영향을 미치는 더미 변수로 가정하고, 사례 데이터를 바탕으로 회귀분석을 실시, 작업중단이 생산성에 미치는 영향을 정량화하였다. 또한, 이를 바탕으로 작업중단이 다음날의 생산성달성율에 미치는 영향을 검토하였다. 이러한 연구를 바탕으로, 현장에서 작업연속성을 확보하기 위한 노력이 생산성 확보 차원에서 유효함을 알 수 있었다.

키워드: 작업중단, 생산성, 제한요인, 생산성달성율

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

지금까지 막연하게 작업중단이 노무생산성에 영향을 미치고 있다고 일컬어져 왔지만, '얼마만큼 영향을 미칠 것인가?'에 관한 정량적 연구는 그리 많지 않다. 또한, 작업중단이 다음날 건설현장의 노무생산성을 감소시키는 정도를 안다고 하더라도 우리는 이로부터 아무런 정보도 얻을 수 없다. 건설업이 여타 제조업과는 다르게 여러 가지 상황의 영향을 끊임없이 받고 있기 때문이다. 이는 T. Hannagan(1999)이 수치데이터 그 자체로는 아무런 정보도 제공하지 못하며, 해석을 통해 의미를 갖는다고 한 것과 일치하는 견해이다.

김태완(2003)은 생산성달성율(Productivity Achievement Ratio, 이하 PAR)을 생산성에 미치는 영향요인을 제거한 채 상호비교할 수 있는 생산성 지표로 제시한 바 있으며, 이는 다음 식과 같다.

$$PAR = \frac{\text{현재생산성}(AP, \text{Actual Productivity})}{\text{획득가능생산성}(OP, \text{Obtainable Productivity})} \quad (1)$$

* 학생회원, 서울대학교 건축학과, 석사과정

** 학생회원, 서울대학교 건축학과, 박사과정

*** 종신회원, 서울대학교 건축학과 교수, 공학박사

본 연구는 2003년도 과학기술부의 국가지정연구실 사업에 의하여 지원되었음. (과제번호: M10318000274-03J000010510)

본 연구의 목적은 건설현장에서의 작업중단이 다음날의 생산성과 PAR에 어떻게 영향을 미치는지 정량적으로 검토하여 다음과 같은 영가설을 검정하는 것이다.

H_0 : 건설현장에서의 작업중단은 다음날의 현장 생산성 또는 PAR에 아무런 영향을 미치지 않는다.

또한, 이러한 연구는 각각의 변수들이 생산성과 PAR에 어떠한 영향을 미치고 있는지 정량적으로 확인할 수 있는 방법론을 제시한다는 점에서 의의가 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 사례 데이터를 바탕으로 다음과 같이 연구를 진행한다.

(1) 본 연구에서 제시하는 영가설 H_0 를 검정하기 위한 개념을 도출한다.

(2) 제시된 사례 데이터를 이용한 회귀분석을 통하여, 작업중단이 다음날 생산성에 미치는 영향을 산출한다. 본 연구에서는 아파트 프로젝트의 기준층 철근 조립을 사례 데이터로 활용하고 있다.

(3) 작업중단이 다음날 현장의 작업 생산성을 떨어뜨리고 있는지, 그렇지 않는지를 확인함으로써 가설 H_0 를 검정한다.

(4) 사례 데이터의 통계분석 결과를 이용하여 작업중단이 PAR에 미치는 영향을 검토한다.

2. 기본 개념

2.1 제한요인과 생산성의 관계

생산성은 널리 알려진 건설산업에서의 성과측정 지표 중 하나로서, 산출물과 입력물의 비로 표현할 수 있다. 건설현장에서의 생산성은 건설인력, 설계관리, 투입자원 등 많은 다른 요인들에 의해 영향을 받는다. 따라서, 이러한 요인들을 정의하고 분류하려는 시도가 계속되어 왔다. 하지만, 이러한 영향요인이 생산성에 얼마나 영향을 미치는지에 대한 정량적인 연구는 부족하다고 사료된다.¹⁾

김태완(2003)은 생산성의 감소를 일으키는 요인을 제한요인(Reduction Factor, 이하 RF)이라 정의하고, 이러한 RF들과 생산성의 관계를 다음 식 2와 같이 표현하였다.

$$\text{공중생산성} = \text{절편값} - a \cdot \text{RF1} - b \cdot \text{RF2} - \dots \quad (2)$$

위에서 제시되는 식 2는 RF들을 독립변수로, 생산성 값을 종속변수로 설정하고 회귀분석을 통해 구해진 것이다. 이러한 분석을 행함으로써, 각 RF들이 변화할 때 생산성에 미치는 영향도를 정량적으로 알 수 있을 것이다.

2.2 생산성달성율

현재생산성(Actual Productivity, 이하 AP)은 우리가 실제로 얻고 있는 생산성을 의미한다. 또한, 획득가능생산성(Obtainable Productivity, 이하 OP)은 통제 가능한 요인들의 적절한 통제에 의해 실제로 얻을 수 있는 최대생산성을 의미한다. 생산성달성율(Productivity Achievement Ratio, 이하 PAR)은 AP와 OP의 비로 정의된다. 즉, PAR 값이 1에 가까울수록 그 공종의 생산성이 잘 관리되고 있음을 보여주며, 반대로 생산성 향상을 위해서는 PAR이 낮은 공종을 중점적으로 관리해야 할 것이다.

김태완(2003)은 생산성과 RF들의 관계를 이용하여 PAR을 산출할 수 있는 방법을 제시하였다. 여기에서 RF들은 두 가지 기준에 의해 세분되며 기준은 다음과 같다: (1) 각각의 RF는 제어가 가능한가?(Controllability), (2) 각각의 RF는 프로젝트 기간동안 계속적으로 변화하는가?(Variability) 이러한 두 가지 기준은 네 가지 종류의 RF를 형성하며 이는 다음과 같은 형태의 매트릭스를 이룬다.

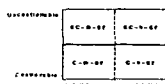


그림 1 RF의 구분 매트릭스

1) 김예상(1994)은 생산성 영향요인을 분류하였고, 손창백과 이덕진(2002) 또한 이들 영향요인을 재분류하고 설문조사에 의해 중요요인을 도출하였으나, 생산성과의 관계를 정량적으로 보여주지 못하였다.

이러한 개념을 바탕으로 AP와 OP는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$AP = A - \sum_{i=1}^n B_{1,i} \cdot C_V_RF_i - \sum_{j=1}^m B_{2,j} \cdot UC_V_RF_j \quad (3)$$

$$OP = A - \sum_{j=1}^m B_{2,j} \cdot UC_V_RF_j \quad (4)$$

이때, A는 y-절편값, B_{1,n}은 C_V_RF_n의 회귀계수를 나타내며 B_{2,m}은 UC_V_RF_m의 회귀계수를 나타낸다.

즉, OP는 우리가 통제할 수 있는, 프로젝트 기간동안 자주 변하는 RF들(C_V_RF들)이 일어나지 않았을 경우의 생산성 값이라 할 수 있다. 본 연구에서는 작업중단이 이렇게 도출된 생산성달성율에 어떠한 영향을 미치는지를 규명하고자 한다.

2.3 제한요인으로서의 작업중단

앞에서 제시된 식 3은 측정된 AP와 RF들의 관계를 보여주고 있다. 즉, RF들이 특정 값을 지날 때 우리는 제시된 식 3을 이용하여 AP를 추정해낼 수 있다. 이때 추정된 AP값을 AP*라고 한다. 이러한 AP*는 작업중단을 고려하지 않은 채 RF들의 영향만을 받고 있으며, 이는 작업중단과 RF 변수들이 같은 축 상에서 움직임을 의미한다.

하지만, 실제로 나타나는 AP는 RF의 영향과 함께 작업중단의 영향도 받고 있다고 가정한다면(H₁), RF의 발생과 함께 나타나는 생산성 값의 변화는 그림 2를 따를 것이다.



그림 2 H₁ 가정 하에서 작업중단과 다음날 생산성과의 관계

즉 작업중단 다음날의 생산성 AP는 추정된 AP* 보다 낮게 측정될 것이고, 전일에 아무런 작업중단 사유가 없는 날의 생산성 AP는 추정된 AP* 보다 크게 측정될 것이다. 이러한 가정을 바탕으로 한 회귀식은 다음 식 5와 같다.

$$AP = A - \sum_{i=1}^n B_{1,i} \cdot C_V_RF_i - \sum_{j=1}^m B_{2,j} \cdot UC_V_RF_j - B \cdot X_i \quad (5)$$

이 때, X_i는 더미 변수(dummy variable)로서 0 또는 1의 값을 가진다. 즉, 전날에 어떠한 사유로 인해 작업이 중단되었을 경우에는 1, 그렇지 않은 경우에는 0의 값을 가진다. 이러한 변수는 반드시 0이나 1의 값을 가진다고 하여 이진 변수(binary variable)이라고 부르기도 한다. 회귀분석에서 더미 변수의 사용은 일종의 차이검정과 같은 효과를 갖는다(홍두승, 2000).

본 연구에서는 작업중단의 구분에 더미 변수를 사용하면서 다음과 같이 가정한다.

- (1) 어떤 사유로 인해 작업이 중단되었다면, 그 사유와 관계없이 다음날의 현장 생산성에 동일한 영향을 끼친다.
- (2) 어떤 사유로 인해 작업이 중단되었다면, 그 중단된 기간과 관계없이 다음날의 현장 생산성에 동일한 영향을

끼친다.

3. 사례 데이터 분석

3.1 사례 연구의 개요

연구는 서울시 D동 아파트 프로젝트의 기준층 철근 조립을 대상공종으로 하여 수행하였다. 이에 대한 개요는 다음과 같다.

표 1 사례현장의 개요

구분	내용
추정대상	서울시 D동 아파트 프로젝트
추정공종	기준층 철근 조립
거푸집 공법	대형거푸집과 유로폼 공법 혼합
추정기간	2003. 4. 1 ~ 2003. 5. 10(40일)
추정내용	매일 투입되는 철근공 수, 철근 작업량, 각 C_V_RF의 값, 기타 생산성을 감소시킨 요인들

이러한 사례조사 기간 중 이상점이라 할 수 있는 날은 모두 12일로 조사되었다. 이상점으로 판단된 경우는 모두 다음과 같다: (1) 우천 (2) 감리지적사항 수정 (3) 안전교육 및 신체검사 (4) 철근하차작업 (5) 본사점검 및 정리정돈 (6) 타워크레인기사와의 불화.

이러한 이상점으로 인해 작업중단이 발생하였으며, 각 경우에 대한 구체적인 데이터는 다음과 같다.

표2 사례 데이터의 RF와 AP값 추이

RECORD No.	AP (Ton/Man Day)	RF1 (작업자태도)	RF2 (작업지시 승인지연)	RF3 (공중간작업)	RF4 (자재조달 지연)	Xi (작업중단 여부)	작업중단사유
1	0.81	1	2	1	0	0	1 안전교육 및 신체검사
2	0.83	1	1	0	0	0	1 우천
3	0.81	0	1	1	2	0	0
4	0.95	2	2	0	0.5	0	0
5	1.14	0	0	1	0	0	0
6	0.8	1	1	0.5	0	0	0
7	0.88	0	2	0	1	1	1 우천
8	0.79	1	2	0.5	0	0	1 우천
9	1.11	0	2	0	1	0	0
10	0.83	2	2	0	0	1	1 감리지적사항수정
11	0.77	1	1	0.5	1.5	0	1 철근하차작업
12	0.85	1	2	0	1	0	0
13	0.97	0	1	0	0.5	0	0
14	0.82	1	1	0	0	1	1 우천
15	0.99	1	1	0	0	0	0
16	0.71	3	1	1	3	0	0
17	0.74	2	1	0.5	1	0	0
18	1.13	0	1	0	0	0	0
19	0.88	1	1	0	0	0	0
20	0.97	1	1	0.5	0	0	0
21	0.9	1	2	0	0	0	0
22	0.93	1	2	0	0	0	0
23	0.81	0	1	1.5	2	1	1 우천
24	1.03	2	2	0	0	0	1 본사점검 및 정리정돈
25	1.19	0	1	1	0	0	0
26	0.95	2	2	0.5	0	0	0
27	0.84	1	2	0	0.5	1	1 타워크레인기사와의 불화
28	0.88	1	1	0	0	0	0

각 RF들의 정의와 측정방법은 다음 표 3과 같다. 이러한 RF들은 한 명의 현장기사에 의해 해당기간동안 매일매일 측정된 것이다.

표 3 사례연구를 위한 RF의 명명과 정의

No.	RF	정의	측정방법(계량화 방법)
RF1	작업자의 태도 불량 (모티베이션)	작업자가 책임을 가지고 열심히 작업을 하었는가?	리커트 척도(1:시켜도 잘하지 않는다, 2:시키면 억지로 한다, 3:시킨 것은 한다, 4:시키면 성실하게 일한다, 5:시키지 않아도 훌륭하게 일한다)
RF2	작업지시 및 승인지연	감독자가 적절한 작업지시를 내리고 업무를 소화하였는가?	리커트 척도(1:매우 그렇지 않다, 2:그렇지 않다, 3:보통이다, 4:그렇다, 5:매우 그렇다)
RF3	공중간 작업간섭	다른 작업에 의해 작업에 방해 받았는가?	다른 작업과의 작업간섭이 일어난 시간
RF4	자재조달 지연	자재가 필요한 시점에 적절히 투입되었는가?	타워크레인 인양 지연 등, 자재조달문제로 일어난 대기시간
Xi	작업중단	전날에 어떠한 사유로 인해 작업이 중단되었는가?	전날 작업이 중단되었으면 1의 값을, 그렇지 않으면 0의 값을 갖는다

* '작업자의 태도'와 '작업지시 및 승인지연'은 PAR 산출 시, '5-리커트척도값'으로 입력한다. 즉, 리커트척도값이 5이면 입력 시에는 0을 입력한다.

3.2 작업중단과 생산성의 관계

표 2의 데이터를 바탕으로 독립변수를 RF1, RF2, RF3, RF4 및 Xi로 하고 종속변수를 AP로 하여 다중선형회귀분석(Multiple Linear Regression Analysis)을 실시하였으며, 결과식은 다음과 같다.²⁾

$$AP = 1.031 - 0.064 \cdot RF1 - 0.063 \cdot RF2 - 0.094 \cdot Xi \quad (6)$$

또한, R² 값은 .494, 수정된 R² 값³⁾은 .431로 나타났다.

이러한 분석결과를 바탕으로 다음과 같은 사실을 도출해 낼 수 있다.

(1) 동일한 자료에서 작업중단 변수(Xi)를 생략하였을 경우의 종진 결과⁴⁾에서 수정된 R² 값은 .309를 나타내었다. 하지만, 작업중단 변수를 고려한 회귀식의 수정된 R² 값은 .431로 증가하였다. 즉, 작업중단을 고려한 회귀식의 설명력이 높아졌음을 알 수 있으며, 이는 작업중단이 생산성의 변화에 유효한 영향을 미침을 알 수 있다.

(2) 식 6에서 Xi의 회귀계수가 -0.094임을 통해, 작업중단 다음날에는 평균적으로 0.094 ton/man·day의 생산성

2) SPSS ver. 11.5를 사용하였으며, 회귀분석 방법은 stepwise 방법을 이용하였다. 제한요인 중 RF1과 RF4가 유의한 것으로 나타났으며, 이 때 F값은 7.815, Sig. 값은 .001이다.

3) 기여율은 설명변수의 수를 늘릴수록 그 변수가 유용한 것이든 아니든 높은 값이 되어 간다. 그래서 무의미한 변수를 설명변수로 사용했을 때에는 수치가 내려가도록 자유도로 조정한 기여율이 수정된 R²이다(노형진, 1999).

4) 김태완 외, "생산성달성율을 이용한 생산성 관리 방안", 대한건축학회논문집(구조계), 19권 9호, 2003

감소가 일어날 것을 기대할 수 있다. 더욱이, 작업중단 X_i 의 회귀계수는 [-.172, -.017]의 95% 신뢰구간을 가짐으로써, 크기의 차이는 있지만 생산성에 부(negative)의 영향을 끼치고 있음을 확인할 수 있다.

(3) 회귀식에서 표준화회귀계수의 절대값의 크기는 독립변수의 종속변수에 대한 영향도의 크기를 나타낸다. 즉, 표준화회귀계수의 절대값이 클수록, 그 변수가 종속변수에 미치는 영향도가 크다고 할 수 있다. 따라서, 본 사례 연구에서 생산성에 미치는 영향도는 작업자 태도(.404), 자재조달 지연(.398), 작업중단(.366) 순으로 나타났다.

3.3 작업중단과 생산성달성율의 관계

PAR은 AP와 OP의 비로 나타낼 수 있으며, 이를 이용한 간단한 연산 과정을 통해 작업중단이 다음날의 PAR에 미치는 영향을 확인할 수 있다.

먼저, 작업중단이 없었을 경우($X_i=0$ 일 경우)의 AP, OP 값과 RF와의 관계는 다음과 같이 추정된다.

$$AP = A - \sum_n B_{1,n} \cdot C_{-V_RF_n} - \sum_j B_{2,j} \cdot UC_{-V_RF_j} \quad (3^*)$$

$$OP = A - \sum_j B_{2,j} \cdot UC_{-V_RF_j} \quad (4^*)$$

이때 OP를 p 로, $\sum_n B_{1,n} \cdot C_{-V_RF_n}$ 를 q 로 정의하면 AP는 $(p-q)$ 가 된다. 이 때의 PAR은 AP와 OP의 비이고, 즉 그 값은 $(p-q)/p$ 가 된다.

마찬가지 방법으로, 작업중단이 있었을 경우($X_i=1$ 일 경우)의 AP와 OP는 각각 $(p-q-0.094)$ 와 $(p-0.094)$ 임을 알 수 있다. 따라서 이때의 PAR은 $(p-q-0.094)/(p-0.094)$ 이다.

두 PAR값의 차를 구해보면, 다음과 같음을 알 수 있다.

$$PAR - PAR' = \frac{p-q}{p} - \frac{p-q-0.094}{p-0.094} = \frac{q \cdot 0.094}{p \cdot (p-0.094)} \geq 0 \quad (7)$$

(단, 등호는 $q=0$, 즉 PAR이 1일 때 성립한다.)

이를 통해, 현장에서 같은 노력을 기울여더라도(같은 RF 값을 가지더라도) 작업중단으로 인해 다음날의 PAR값이 떨어짐을 알 수 있다. 이는 효율적인 현장 생산성 관리를 위해서는 작업연속성을 확보해야 함을 의미한다.

4. 결론

본 연구는 사례현장의 데이터를 분석함으로써 작업중단이 다음날의 생산성에 미치는 영향을 정량적으로 밝혀내고

자 하였다. 본 연구의 결과는 다음과 같다.

(1) 작업중단을 더미 변수로 처리하여 회귀분석을 실시, 작업중단이 다음날 생산성에 미치는 영향을 정량화하였다. 아파트 현장을 대상으로 한 사례연구를 통해, 작업중단 다음날에 기준층 철근조립 작업의 생산성이 신뢰도 95%의 신뢰구간에서 감소함을 검증하였다.

(2) 작업중단 다음날의 경우, 생산성달성율(PAR) 역시 그렇지 않은 경우에 비해 더 감소함을 알 수 있었다. 이는 같은 노력에도 불구하고, 낮은 성과를 얻을 수 있음을 의미한다.

(3) 이러한 결과를 바탕으로, 현장에서 작업연속성을 확보하기 위한 노력이 생산성 확보 차원에서 유효함을 알 수 있었다.

본 연구는 사례에 기반한 연구로서, 사례가 추가됨에 따라(표본이 증가함에 따라) 더욱 정확한 결과가 도출될 것으로 기대된다. 또한, 작업중단이 발생하는 원인과 작업중단일 길이에 따라 생산성에 미치는 영향도가 바뀔 수 있으므로, 이를 규명하기 위한 연구가 필요할 것이다. 이렇게 작업중단의 유형과 길이에 따른 영향도가 분석된다면, 작업중단일을 방지하기 위한 방안과 이들 방안의 경제성 평가가 뒤따라야 할 것이다.

참고문헌

1. 김예상, "건설 생산성에 영향을 미치는 요인 분석에 관한 연구", 대한건축학회논문집, 10권 10호, 1994
2. 김태완 외, "생산성달성율을 이용한 생산성 관리 방안", 대한건축학회논문집(구조계), 19권 9호, 2003
3. 노형진, 다변량 데이터의 통계분석, 도서출판 석정, 1999
4. 손창백 외, "건축공사의 생산성 저하요인 분석", 대한건축학회논문집 구조계, 18권 12호, 2002
5. 홍두승, 사회조사분석, 다산출판사, 2000
6. Adrian, J.J., Construction Productivity Improvement, 1987
7. Hannagan, T., The Effective Use of Statistics, London: Kogan Page, 1999
8. Kim, T.W. et al, "On-site Productivity Evaluation Through Productivity Achievement Ratio", 19th Annual ARCOM conference, 3-5 September 2003, University of Brighton, UK

Abstract

This study takes a statistical approach to quantify the impact of work stopped on the following day's site productivity. Therefore, this study is aimed to verify this null hypothesis: 'A work stopped in a construction field does not impact on the following day's productivity and productivity achievement ratio'. For the purpose, work stopped is presumed as a dummy variable impacting site productivity in multiple linear regression analysis. Moreover, the quantified impact of work stopped on productivity achievement ratio is identified based on this study. This study shows that construction managers should persevere in their efforts to secure the work continuity in order to improve site productivity and productivity achievement ratio.

Keyword : Work stopped, productivity, reduction factor, productivity achievement ratio