

철근콘크리트 구조체 거푸집공사의 생산성분석에 관한 연구

Productivity Analysis for Formwork Operation of Concrete Structure

안 용 선* 이 리 형**
Ahn, Yong Sun Lee, Li Hyung

요 약

콘크리트 구조체공사에 가장 큰 영향을 미치는 것은 거푸집공사이며, 구조체공사의 합리적 관리는 거푸집공사의 작업생산성에 관한 기초자료를 확보함으로써 가능하다.

본 연구에서는 거푸집공사의 과학적 관리기반을 구축하기 위하여, 구조체 기준층을 대상으로 작업측정을 하여 유로폼공법, 재래식거푸집공법 등 주요공법의 생산성을 도출하였다. 또한, 거푸집공사의 주요 작업인 조립, 해체, 운반등 단위공정의 소요작업 품을 산출함으로써, 작업개선을 위한 실용적인 자료를 제시하였다. 마지막으로 거푸집 면적이 생산성과 상관관계가 매우 높다는데 착안하여 소요작업 품을 예측할 수 있는 상관관계식을 유도함으로써, 공정관리 및 기능공의 수급예측이 가능토록 하였다.

Abstract

Formwork operation is well known to give great influence to concrete structure. Therefore, reasonable control of formwork operation is very important to keep the good quality of concrete structure. There are, however, almost no basic reference about the productivity which is a base on the reasonable control.

In this study, widely used formworks such as Euroform and traditional formwork were examined to analyze the productivity as well as important unit works like fabrication of formwork operation. Finally, regression equations between working area and labor were developed to predict the basic data of construction management.

Keywords : formwork operation, concrete structure, productivity, regression equations, construction management.

* 집회원, 한양대학교 대학원 건축공학과 박사과정
** 정회원, 한양대학교 대학원 건축공학과 교수, 공박

• 본 논문에 대한 토의를 1993년 9월 30일까지 학회로 보내
주시면 1993년 12월호에 토의회답을 게재하겠습니다.

1. 서 론

철근콘크리트 구조체공사는 일반적으로 비용면에서 전체 공사비의 약 37%⁽¹⁾를 차지하고 있으며, 마감 및 설비등 후속공사에 미치는 영향이 매우 큰 공사이다. 이러한 구조체공사에 가장 큰 영향을 미치는 것은 거푸집공사이며, 거푸집공사중 인건비가 차지하는 비중은 약 64%⁽¹⁾에 달해 작업의 생산성관리가 매우 중요시되는 공사로 알려져 있다. 따라서, 거푸집공사 작업자에 대한 과학적 생산관리는 구조체공사의 합리화에 매우 중요한 역할을 할 것으로 예상된다.

이러한 과학적 관리는 거푸집공사의 공법에 따른 각 공정 등의 작업생산성에 관한 기초자료를 확보함으로써 가능하나, 국내의 여건상 거푸집공사의 생산성과 관련된 기초자료의 지속적 구축 및 이용이 미비할 뿐만 아니라, 관련 연구조차 미흡한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 현재 가장 많이 쓰이고 있는 유포폼과 재래식거푸집공사의 과학적 관리에 기초가 되는 공법 및 단위공정별 소요작업 품을 도출하고, 거푸집면적과 품의 상관관계를 유도함으로써, 과학적 관리의 기반구축을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 생산성 분석을 위한 작업 측정

2.1 작업 측정 개요

거푸집공사의 공법 및 공정별 생산성분석을 위한 현장 작업측정의 개요는 다음과 같다.

- 측정 대상 : 다음의 표1에 나타난 3개 현장의 공동주택 현장타설 구조체 기준층 21개 부위
- 측정 기간 : 1992. 7. 9 - 9. 30

Table 1 General information of surveying by sites

Site	Unit area	Floor units	Working floor	Region
Site A	31 M ²	16 units	8th floor	SEOUL
Site B	51 M ²	6 units	6 th floor	Kang Won
Site C	41+49 M ²	8 units	7 th floor	Kyung Nam

- 측정 내용 : 기준층의 부위별로 작업자의 작업 내용을 단위로 측정

2.2 측정 내용 및 방법

2.2.1 측정 내용

공동주택 구조체공사의 기준층에서 거푸집으로 시공되는 전부위를 대상으로 삼아 거푸집공사의 진행순서에 따라 부위별로 8~9명의 조사원을 배치하여 측정대상 부위 내에서 발생하는 모든 작업에 대해 작업자 구분, 작업부위, 작업내용, 작업개시시간, 종료시간 등을 작업면적과 대비하여 측정용지에 단위로 기록하였다.

한편, 측정조사원들이 조사하는 측정 내용의 명확한 구분과 통일성을 주기 위하여 거푸집공사의 최소 측정단위를 다음 표2와 같이 단위공정별로 분류하여 코드화하였다.

Table 2 Classification code of unit works

Classification		Contents of unit works for Formwork operation
F1	Preparation	Pin collection, panel cleaning etc.
F2	Assembling	Minor moving, supporting, panel installatin etc.
F3	Disassembling	Disassembling of pin, support, panel etc.
F41	Horizontal Moving	Horizontal moving of panel, material etc.
F42	Vertical moving	Vertical moving of panel, material etc.
F5	Non working	Lunch, coffee break etc.
F6	Non working	Waiting, disorder of machine, etc.
F7	Non working	Smoking, chattering, etc.

2.2.2 측정 방법

기능공의 작업이 같은 장소에서 지속되기보다는 불규칙적으로 필요한 부위를 순회하는 작업특성상 순간측정법보다는 연속측정법이 신뢰성 있는 자료를 주는 것으로 판단하여 연속측정법을 택하였으며, 다음과 같은 단계를 밟아 측정하였다.

1단계는 사전 측정계획 단계로서, 구조체 기준층의 공사가 진행중인 현장의 선택과 사전조사를 통한 측정원의 배치, 측정담당구역, 측정 내용의 결과분석을 위한 조사와 도면분석을 하였으며, 공사 및 공정실적 분석을 통하여 작업량 및 작업원

탐구성 내용등을 파악하였다. 이러한 사전조사를 통하여 측정시트의 구성내용, 부위별 측정원 수 및 측정위치 등을 선정하였다.

2단계는 현장 예비조사 단계로서, 작업내용의 표준화를 위한 부위별 단위공정의 코드화, 조사원 투입계획, 측정용지의 실측타당성 등을 보완하여 측정계획단계에서 작성한 측정용지 및 투입계획 내용을 확정하였다.

3단계는 본조사 단계로서, 부위별로 기부집 작업시간, 투입인원을 파악하였으며, 해당현장 도면에 의해 기부집 작업량을 산출하였다.

4단계는 분석 단계로서, 측정에서 얻어진 데이터의 전산처리를 위한 데이터베이스 처리와 특이한 값에 대한 확인 등을 통하여 분석을 위한 통계 자료를 도출하였다.

2.2.3 측정부위 및 방법

3개 측정대상 현장의 부위별 기부집방법은 표 3과 같다.

3. 부위별 생산성분석

Table 3 Formwork construction method by sites

Location		SITE		
		Site A	Site B	Site C
Slab		traditional form	traditional form	traditional form
Inside wall		Euro form	Euro form	Euro form
Side Wall	Out - Side	large panel form	large panel form	large panel form
	Inside	Euro form	Euro form	Euro form
Closet Wall	Out - Side	large panel form	large panel form	large panel form
	Inside	Euro form	Euro form	Euro form
Dust Chute	Outside	metal form	-	special form
Corridor & Balcony	Inside	Euro form	-	Euro form
Stair & Elevator Core	Out - Side	large panel form	large panel form	large panel form
	Inside	Euro form	Euro form	Euro form
	Star	traditional form	traditional form	traditional form
Emergency stair	Outside	metal form	-	-
	Inside	Euro form	-	-
	Star	traditional form	-	-

3.1 작업투여시간 및 작업량

부위별 소요작업의 품 분석은 측정된 작업자의 작업소요시간의 총합을 작업면적으로 나눈 값으로 다음 식 (1), (2)에 의해 산정하였다.

$$\text{소요작업 품} : V = \frac{I_T}{A} \quad (1)$$

여기서, V: 소요작업 품(인·분/m²),
A: 작업면적(m²)

$$\text{총 작업시간} : I_T = \sum(W_i \times T_i) \quad (2)$$

여기서, I_T: 총작업시간(인·분),
W_i: 투입작업자수(인),
T_i: 측정된 작업시간(분)

기부집의 작업면적은 측정기간 동안 해당부위의 작업자가 작업한 총 기부집면적을 도면에 의거한 정비면적(正味面積: 활층이 포함되지 않은 순수작업면적)으로 산정하였다. 3개 현장 기부집 전체의 작업소요품은 식(1)에 의해 21.84인·분/m²로 산정되었으며, 그밖에 측정부위별 작업면적, 작업시간, 소요작업품은 표 4와 같이 산출되었다.

3.2 부위별 생산성분석

표 4의 소요품 량을 살펴보면, 창고벽 부위가 12.29인·분/m²으로서 품이 가장 적게 소요되는 것으로 나타나 높은 생산성을 보여주고 있으며, 이는 체인블럭을 이용한 대형기부집의 채택으로

Table 4 Labor of location constructed by formwork

Location		Area(m ²)	Work time ^{*1}	Labor ^{*2}
1.	Slab	935.31	18993.00	20.31
2.	Inside wall	845.51	14966.56	17.70
3.	Star, core	682.19	18697.00	27.41
4.	Balcony	202.60	3160.00	15.60
5.	Side wall	274.71	6408.19	23.33
6.	Dust Chute	111.94	2983.00	26.65
7.	Closet wall	55.70	684.43	12.29
8.	Emergency star	66.56	3020.00	45.37
Total		3173.52	68912.18	21.84

*1: unit(man·minute), *2: unit(man·minute/m²)

인력에만 의존하는 타부위 공법에 비하여 생산성이 높은 것으로 판단된다. 또한, 내벽 17.70인·분/m², 슬래브 20.31 인·분/m²으로서 생산성이 높은 것으로 나타났으며, 이는 거푸집 면적이 넓지만 형상이 단순하여 작업이 까다롭지 않고, 규격화된 유로폼 등을 사용한 때문으로 판단된다.

그 밖에 쓰레기통의 경우, 작업장소가 협소하여 작업여건이 좋지 않으며, 비상계단의 경우, 계단의 형상이 복잡하여 일일이 작업자의 인력에 의존하는 현장제작타입의 거푸집공법으로 인해서 45.37 인·분/m²이라는 가장 낮은 생산성을 나타내는 것으로 판단된다.

4. 단위공정별 생산성분석

거푸집 공사는 조립작업과 해체작업이라는 2가지 주요한 단위공정이 대부분을 차지하고 있다. 또한, 조립과 해체에 부수되는 작업으로 편줄기, 박리제철, 청소 등의 준비작업과 수평 및 수직 운반작업 등으로 분류할 수 있다. 앞의 표 2의 단위공정 분류코드표에 의하여 측정된 단위공정별로 작업소요품을 식(1)에 의하여 산출하면 표 5와 같은 결과를 얻을 수 있다.

표 5 에서 소요작업품을 살펴보면 조립작업에 투입되는 품이 가장 큰 것을 알 수 있으며, 그 다음 해체작업의 소요품이 높은 것을 알 수 있다. 또한 조립준비작업 (F1) 및 수평 운반작업 (F41),

Table 5 Labor analysis of unit works

Classification		unit(man · minute/ m ²)			
		Site A	Site B	Site C	Average
F1	Preparation	2.79	1.48	1.83	2.03
F2	Assembling	10.82	11.34	9.85	10.67
F3	Disassembling	3.64	4.10	2.58	3.44
F41	Horizontal Moving	0.45	0.73	0.51	0.56
F42	Vertical Moving	1.38	2.08	1.74	1.74
F5	Lunch	2.33	3.52	2.25	2.70
F6	Waiting	0.04	0.12	0.00	0.06
F7	Smoking	0.50	1.19	0.23	0.64
Total		21.95	24.57	19.00	21.84

수직 운반작업 (F42)의 순서로 작업시간과 작업원이 많이 투입되는 것을 알 수 있다.

한편, 3개 현장의 평균 조립공정(조립준비, 조립, 수직운반, 수평운반의 총합)의 소요작업품은 15.00인·분/m², 해체공정은 3.44인·분/m²로서 거푸집 순작업에 대한 소요작업품은 18.44인·분/m²로 나타나고 있다.

그러나, 작업자의 하루작업은 순작업시간과 비작업시간으로 구성되어 있으므로, 비작업공정인 F5, F6, F7의 품을 포함할 경우, 거푸집작업 전체의 소요작업품을 21.84인·분/m²로 산출하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

5. 공법별 생산성 분석

부위별로 측정된 작업면적과 작업원 소요시간을 거푸집공법별로 분류하여 소요작업품을 산출하면 표 6과 같다. 재래식 공법으로 시공된 면적은 슬래브가 대부분을 차지하고 있으며, 계단 코아와 비상계단의 경우 계단참과 디딤판 부위만 재래식 합판거푸집으로 시공하고 주변의 계단실 및 코아를 구성하는 부위는 대형거푸집과 유로폼공법으로 구성되어 순수 재래식공법으로 보기는 어렵다. 따라서, 재래식공법의 소요작업품은 슬래브만을 고려한 20.07인·분/m²로 볼 수 있다.

유로폼공법의 경우에도 내벽만이 순수하게 유로폼으로 구성되어 있고, 나머지는 대형거푸집과 복합적으로 구성되어 있으므로 순수 유로폼공법의 소요작업품은 내벽만이 고려된 17.70인·분/m²로 볼 수 있다.

그 밖에 측벽, 창고벽, 쓰레기통, 복도, 발코니 부위 등의 외부는 대형거푸집, 내부는 유로폼을

Table 6 Labor of formwork construction method

Formwork construction method	work time ^{*1}	Area ^{*2}	Labor ^{*3}
1. Traditional Formwork	18,993.00	935.31	20.07
2. Euro Formwork	14,966.00	845.51	17.70
3. Large Panel Formwork+euro formwork	13,244.62	644.95	20.54
4. Large Panel + Euro + Traditional Formwork	21,717.00	748.75	29.00

*1: unit(man · minute), *2: unit(m²), *3: unit(man · minute/m²)

혼합하여 사용하고 있었다. 이러한 대형거푸집과 유로폼 공법이 혼합된 복합공법의 소요작업품은 평균 20.54인·분/m²으로 나타나고 있다.

마지막으로 계단 및 코아와 비상계단 부위는 대형거푸집, 유로폼과 재래식거푸집이 혼합된 공법으로 소요작업품은 평균 29.00인·분/m²로 나타나고 있다. 그러나, 여기에서 공법별 생산성의 차이는 이미 현장별로 해당부위에 가장 적합한 공법을 사용하고 있기 때문에 공법에 기인하기 보다는 작업부위의 복잡성에 기인하는 것으로 추정되나, 현행 거푸집작업의 소요품 산정을 위한 기초자료로 사용될 수 있다고 판단된다.

한편, 본 연구에서 도출된 소요작업품과 정부에서 제정한 '93년도 표준품셈²⁾의 일위대가를 10시간 기준인 하루 작업량 m²/man·day로 환산하여 비교하면, 유로폼의 경우, 본 연구에서는 34.94 m²/man·day로 산출되었으며, 표준품셈기준 6.16m²/man·day에 비하여 5.7배 높게 나타나 실제 소요작업품과는 커다란 차이가 있는 것으로 나타났다.

재래식공법의 경우에도, 본 연구에서 도출된 결과치 29.90 m²/man·day는 표준품셈의 기준치 2.28 m²/man·day에 비하여 12.1배나 높게 나타나므로, 결국 표준품셈 기준이 현장의 생산성과 커다란 차이가 있는 것으로 나타났다.

6. 공정별 면적과 소요품의 상관관계

6.1 거푸집 면적과 소요품의 회귀식

앞 절에서도 밝힌 바와 같이 실측치에서 나타난 생산성은 측정자료의 평균치로서 현재 품셈기준의 생산성과 커다란 차이를 보여주고 있는 것으로 나타나 소요작업품을 예측하는데 무리가 있음을 시사하고 있다.

또한, 현재의 품셈은 단순히 절편값이 없는 1차식 즉, $I=cX$ (I : 소요품, c : 생산성, X : 면적)로 산정하게 되어 거푸집면적에 상관없는 비례식으로 이루어져 있다. 따라서, 거푸집 작업면적이 작은부위나 큰 부위가 소요품과 선형 비례하는 값을 갖게 된다.

한편, 실제현장의 공사는 거푸집면적이 작은 부

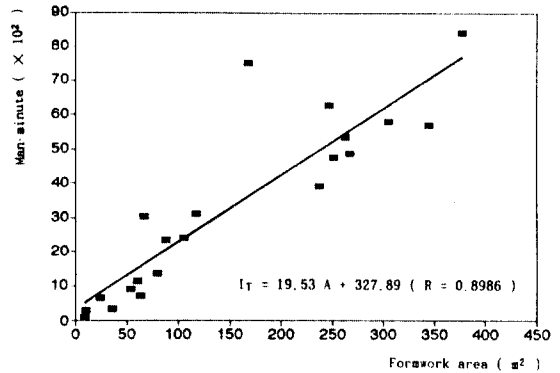


Fig. 1 Regression equation of gross fromwork operation between formwork area and labor

위라도 면적에 관계없이 초기에 투입되는 기본적인 소요품이 있고, 일정한 면적을 초과하면서부터 면적에 비례하여 품이 증가하는 것으로 알려져 있다.⁽⁵⁾ 따라서, 본 연구에서는 소요품을 보다 현실적으로 예측하기 위하여 생산성과의 상관관계가 매우 높은 것으로 알려져 있는 거푸집면적과 거푸집공사 순작업, 무작업과 주요한 단위공정인 조립, 해체작업 등에 대한 상관관계식을 유도하였다.⁽⁴⁾

그림1에서 보는 바와 같이 거푸집면적에 대한 소요품은 식 (3)과 같은 선형회귀방정식으로 표시할 수 있으며, 이때 상관계수 R은 0.8986의 높은 값을 보여주고 있다.

$$I_T = 19.53A + 327.89 \quad (3)$$

따라서, 이 회귀식을 이용하면 기준층의 거푸집 작업면적, $10m^2 \leq A \leq 380m^2$ 범위에서 매우 유효한 소요작업품을 예측할 수 있을 것으로 판단된다.

6.2 단위공정과 소요품의 회귀식

단위공정의 회귀분석에서는 거푸집공사의 조립준비, 조립, 해체, 수평운반, 수직운반, 작업대기, 비작업 등의 상관관계에 대하여 검토하였다. 이 중에서 조립준비작업($R=0.4430$), 작업대기($R=0.0415$), 비작업($R=0.3113$) 등은 거푸집면적과의 상관관계가 매우 낮게 나타나, 거푸집면적에 무관하게 기본적으로 필요한 시간이거나 현장 상황에 따라 불규칙적으로 발생하는 작업인 것

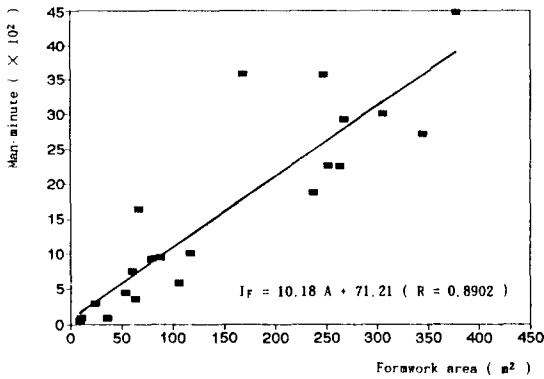


Fig. 2 Regression equation of fabrication between formwork area and labor

으로 판단된다. 그러나, 그림 2와 같이 조립작업은 식(4)와 같은 회귀방정식을 사용할 경우, 상관계수 R가 0.8902로 매우 높은 것으로 나타나 의미가 있는 것으로 판단된다.

$$I_F = 10.18A + 71.21 \quad (4)$$

이와 같은 방식으로 해체작업, 수평운반작업, 수직운반작업 등에 대하여 회귀식을 유도한 결과 다음과 같은 식 (5), (6), (7)을 얻을 수 있었다.

해체작업 :

$$I_d = 2.57A + 129.96 \quad (R=0.6534) \quad (5)$$

수평이동작업 :

$$I_H = 0.67A - 18.75 \quad (R=0.7919) \quad (6)$$

수직이동작업 :

$$I_V = 1.99A - 44.66 \quad (R=0.9175) \quad (7)$$

한편, 수평 및 수직 이동작업의 회귀식 (6), (7)의 절편값이 (-) 값을 갖는 것은 창고벽이나 쓰레기통과 같이 거푸집 작업면적이 작은 부위의 경우, 대형 철제거푸집에 체인블럭과 같은 기계화 장비를 이용하였기 때문에 운반작업품이 거의 소요되지 않았기 때문에 나타난 값으로 판단된다. 따라서, 측정에서 기계화 장비를 운반작업에 사용하지 않았던 최소면적인 68m² 이상 즉, 70m² A 380m² 작업면적 범위에서 회귀식 (6)과 (7)은 유효할 것으로 판단된다.

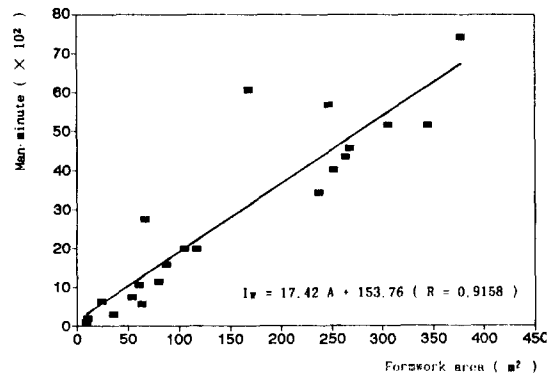


Fig. 3 Regression equation of net formwork operation between formwork area and labor

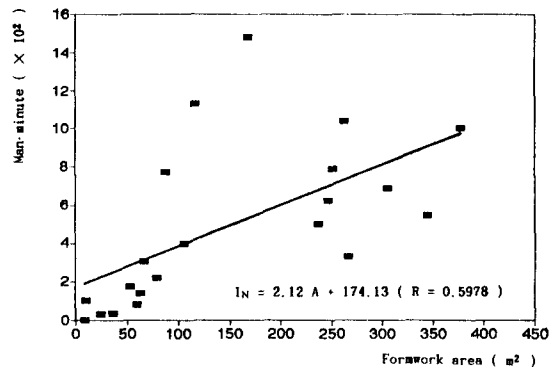


Fig. 4 Regression equation of non formwork operation between formwork area and labor

이상의 단위작업을 순작업(조립준비+조립+해체+운반작업)과 비작업(참, 점심+휴식+작업대기)으로 나누어 회귀식을 추정하면 그림 3, 그림 4와 같이 나타나며, 다음과 같은 식 (8), (9)를 얻을 수 있다.

순작업 :

$$I_W = 17.42A + 153.76 \quad (R=0.9158) \quad (8)$$

비작업 :

$$I_N = 2.12A + 174.13 \quad (R=0.5978) \quad (9)$$

순작업 추정식 (8)은 상관계수 R이 0.9158로 높은 상관관계를 가지므로 순수하게 작업에만 소요되는 품 예측에 매우 유효한 식으로 판단되며, 비작업은 상관관계가 낮아 거푸집면적보다는 점심이나 휴식등 작업에 관계없이 기본적으로 소요되는 작업여건 등에 영향을 받는 것으로 추정된다.

이상의 각 단위작업별 추정식은 대체로 상관관계가 높은 것으로 나타나, $10\text{m}^2 \leq A \leq 380\text{m}^2$ 의 거푸집 작업면적 범위내에서 각 단위공정의 품을 예측함으로써, 공사계획 작성이나 공정관리에 투입되는 작업원 수의 예측 및 관리에 매우 유효한 식으로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

7. 결 론

작업분석을 통한 거푸집 공사의 단위공정별, 공법별 생산성 분석 및 거푸집면적과 품의 상관관계식 도출을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 부위별 생산성 분석

주요 부위별로는 슬래브가 $20.07\text{인} \cdot \text{분}/\text{m}^2$, 내벽 $17.70\text{인} \cdot \text{분}/\text{m}^2$, 쓰레기통 $26.65\text{인} \cdot \text{분}/\text{m}^2$, 비상계단 및 코아 $45.37\text{인} \cdot \text{분}/\text{m}^2$ 으로 나타나 거푸집공법과 상관없이 거푸집 조립이 까다로운 부위의 생산성이 상당히 뒤떨어지는 것으로 나타났다.

일체식 대형거푸집에서 기계를 운반작업에 이용하는 공법이, 유로폼과 같이 전적으로 인력에 의존하는 공법에 비해 월등히 높은 생산성을 보이고 있으므로 대형거푸집을 이용한 기계화시공으로의 공법개선이 생산성 향상에 크게 기여할 것으로 판단된다.

(2) 단위작업별 생산성 분석

준비, 조립, 해체, 이동, 비작업 등 주요한 단위 공정 요소 중 조립, 해체의 생산성이 $10.67\text{인} \cdot \text{분}/\text{m}^2$, $3.44\text{인} \cdot \text{분}/\text{m}^2$ 으로 거푸집 전체 작업의 65%를 차지하고 있으며, 준비작업과 자재이동에 $2.03\text{인} \cdot \text{분}/\text{m}^2$, $2.30\text{인} \cdot \text{분}/\text{m}^2$ 의 생산성을 보여주고 있는 것으로 나타났다.

(3) 공법별 생산성분석 및 정부폼셈의 비교

본 연구에서는 유로폼 및 재래식거푸집의 생산성이 각각 $34.94 \text{ m}^2/\text{man} \cdot \text{day}$, $29.90 \text{ m}^2/\text{man} \cdot \text{day}$ 로 산출되었으며, 정부의 표준폼셈 기준과 차이가 매우 커서 소요품을 예측하는데 신뢰성이 떨어지므로 현실을 반영한 폼셈기준의 개정이 요구된다.

(4) 요인별 품의 상관관계

거푸집공사 및 단위작업별 추정식은 대체로 상

관관계가 높은 것으로 나타났으며, 거푸집 면적으로 공사전체 및 각 단위공정의 품을 예측함으로써, 시공계획 및 공정관리를 위한 소요작업 품 예측에 유효한 회귀식을 유도하였다. 실제공사의 작업소요품을 예측하는데 단순한 폼셈기준을 적용하는 것보다 본 연구에서 유도된 회귀식의 적용이 보다 신뢰성있는 소요품을 예측할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. “고층아파트 구조 및 공법개선에 관한 연구”, 럭키개발주식회사, 1991년 2월 pp. 13-16.
2. “건설공사 표준폼셈”, 대한건설진흥회, 1993년 pp. 782-790.
3. 최민권, “공사데이터의 측정방법과 활용에 관한 연구”, 계명대학교 산업기술연구소 논문보고집 제10집, 1988
4. “폼셈의 普遍性에의 課題를 淸다”, 국토와 건설, 1992년 8월 pp.26-35.
5. 三根直人, “鐵筋コンクリート工事における作業管理の適正化に関する研究”, 早稲田大學 博士學位論文, 1992年 3月 pp. 128-135.
6. 三根直人 他1名, “建築施工管理の合理化に関する研究 (型わく工事について-その2)”, 日本建築學會大會學術講演梗概集 48 構, pp.283
7. 三島富生 他3名, “軀體工事の生産分析に関する研究,(その3. 集合住宅の現場勞務工數の調査結果)”, 日本建築學會大會學術講演梗概集 81 構, pp.473
8. 井上 健 柵橋秀雄, “各種コンクリートアパートの現場作業工程と勞務工數の 調査報告梗概”, 研 10, pp.60
9. Broomfield, J. R., Price, A. D., and Harris, F. C. “Production analysis applied to work improvement.” Proc., Inst. of Civ. Engrs., Part 2, 44, 1984 pp.379-386.
10. Thomas, H. R., Maloney, W. F., Horner, R. M. W. , Smith, G. R., Handa, V. K., and Sanders, S. R. “Modeling construction labor productivity.” J. Constr. Engrg. Mgmt., ASCE, 116(4), 1990 pp.705-726.

(접수일자 : 1993. 2. 26)