

공동주택 철근콘크리트 공사 작업지연요인에 관한 연구

A Study on the Work Delay Factors of Reinforced Concrete Work in Apartment House Construction

이 현 철* 임 소 연** 여 상 구*** 고 성 석****
Lee, Hyun-Chul Lim, So-Yean Yeo, Sang-Ku Go, Seong-Seok

Abstract

In order to conduct construction projects effectively, the work delay factors would be managed by planned construction schedules. As construction works are delayed ceaselessly, the solution is to select and manage the key factors which delay the work ceaselessly. The subjects of this study were an apartment houses of reinforced concrete structure. Hidden work delay factor were extracted, the surveys were conducted and occurrence, severity and detection of each factor were analyzed. With this result, final orders of priority were fixed and key management factors were deducted and presented.

키워드 : 공동주택, 철근콘크리트공사, 작업지연요인, 우선순위, 중점관리요인

Keywords : Apartment house, Reinforced concrete work, Work delay factor, The priority order, Emphatic control factor

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 지속되고 있는 세계경제의 불황과 국내의 건설경기의 침체는 국내 건설업계에 심각한 위기의식을 초래하고 있다. 즉, 기업의 생존과 발전을 위해서는 프로젝트 추진 시 위해, 위험요소의 차단과 철저한 생산성 관리를 통해 불필요한 지출 요소를 막고 기대 수익을 극대화 시키려는 노력이 필요하다. 다공정 복합구도로 이루어지는 건설 프로젝트에 있어서 공정·진도·자원관리 등을 통한 각 공정에서 발생하는 작업지연요인의 예방과 이를 통한 공사기간의 준수는 사업의 성패를 결정짓는 중요한 요인으로, 효과적인 관리를 통한 생산성 향상이 주요 관건이라 할 수 있다. 따라서 프로젝트의 확실성을 확보하고 건설 산업의 경쟁력을 확보하기 위해서는 전체 프로세스에 영향을 미치는 작업지연요인들을 효과적으로 관리하고 해소시키는 일이 매우 중요하다.

대한건설협회에서 조사한 2007 건설업통계연보 중 국내건설공사 기성실적의 건설업 세분화 공정별 기성실적에 따르면 건축부분은 전체 기성금액 대비 65.2%(741,485억원)를 차지하고 있으며, 건축부분에서 공동주택이 차지하는 비율은 44.8%인 것으로 조사되었다¹⁾. 이처럼 국내 건설산업에서 건

축분야의 비중이 독보적이며, 또한 건축분야에서 공동주택공사는 주력산업이라고 할 수 있다.

이에 본 연구에서는 공동주택 공사 프로세스 중 가장 높은 비중을 차지하고 있는 철근콘크리트 공종을 대상으로 세부 공정별 작업지연요인들을 분류하고, 각 요인별 현장관리 우선순위 등급을 부여하여 정량적으로 분석하고 관리 설정 수준을 제시함으로써, 효과적이고 실효성 있는 작업지연요인 관리를 위한 중점관리요인을 도출, 제시하고자 한다.¹¹⁾

1.2 연구의 방법 및 절차

본 연구에서는 공동주택공사 철근콘크리트 공종의 세부 공정별 작업지연요인들이 갖는 발생빈도, 심각도, 검출도 분석을 통한 정량화된 관리우선순위(Risk Priority Number; 이하 RPN)²⁾을 산출하여 중점작업지연요인을 제시하고자 하였으며, 이를 위해 다음과 같은 절차와 방법으로 연구를 진행하였다.

첫째, 공동주택 철근콘크리트 공사 공정을 철근공정, 거푸집 공정, 콘크리트 공정으로 분류하고, 문헌조사와 해당 실무자 면담조사를 실시하여 각 공정에 존재하는 작업지연요인들을 도출하였다.

둘째, 도출된 요인들의 최종 선정을 위해 전문가 및 실무자

* 전남대 대학원 건축공학과 박사과정(liger78@naver.com)
** 전남대 대학원 건축공학과 석사과정(tomylife0901@naver.com)
*** 전남대 대학원 건축공학과 석사과정(majun355@daum.net)
**** 전남대 건축학부 교수, 공학박사(ssgo@jnu.ac.kr)

1) 대한건설협회, 2007 건설업통계연보 국내건설공사 기성실적.
2) RPN : FMEA(고장형태영향해석기법)의 적용시 '발생빈도', '심각도', '치명도' 를 통해 분석하는 최종 위험우선순위 값으로, 본 연구에서는 관리지표 제시를 목적으로 치명도를 검출도로 재해석하여 분석하고 최종 분석값을 관리우선순위로 적용하였다.

조사·검증을 실시하여 철근공정 10가지 항목, 거푸집공정 12가지 항목, 콘크리트 공정 8가지 항목으로 구성된 공동주택 철근콘크리트공사 작업지연요인을 선정하였다.

셋째, 선정된 세부공정별 작업지연요인을 토대로 근로자 설문조사를 실시하여 발생빈도, 심각도, 검출도를 조사한 후 신뢰성을 검증하기 위해 한글 SPSS 12.0K for Windows를 사용하여 신뢰도를 검토하였다.

넷째, 작업지연요인별 발생빈도, 심각도, 검출도를 토대로 RPN값을 산정하여 요인간 우선순위 분석을 통해 작업지연요인의 효율적 관리를 위한 중점관리항목을 제시하였다.

본 연구의 전체적인 흐름은 다음 그림 1과 같다.

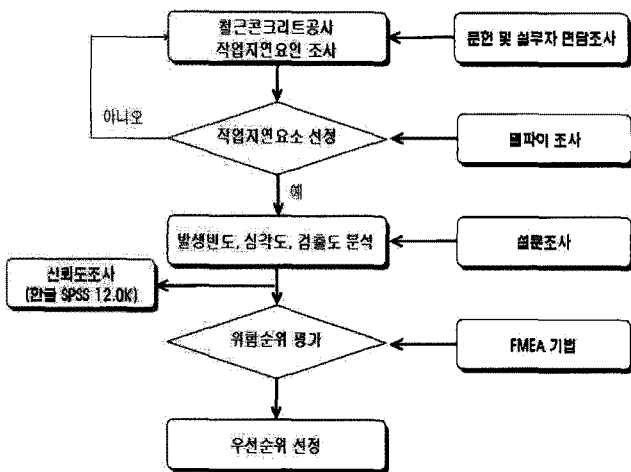


그림 1. 연구의 방법

2. 이론적 고찰

2.1 선행연구 고찰

김예상(1994)의 연구에서는 작업관점에서 건설생산성에 영향을 미치는 요소를 분석하였고, 손창택(2002)의 연구는 건설생산성을 저해하는 요인에 대한 분류체계를 확립하고, 이에 따른 기초적인 실무대책을 제시하였으며, 지근창(2004)은 건설공사의 투입요소에 의한 작업지연 원인의 분류체계를 발생 상황에 따라 제시하였다. 또한 손창택(2005)은 공동주택 건설공사의 생산성 향상 요인을 선정하고 이를 적용하기 위한 방안을 제시하였고, 표영민(2005)은 AHP기법을 통해 건설 노동 생산성 저해 요인의 중요도를 평가하였으며, 안상현(2007)은 공동주택 공사의 작업지연요인에 대한 분류체계 확립과 관리항목을 도출하였다. 다음 표 1은 선행연구 내용을 나타낸 것이다.

표 1. 선행연구 고찰

연구자(년도)	연구내용
김예상 (1994)	건설 생산성에 영향을 미치는 요소에 대한 연구로 주로 작업 관점의 생산성 요인을 분석.
손창택 (2002)	건축 공사의 생산성을 저해하는 요인에 대해 분류체계를 확립하고 주요 요인을 도출 및 이에 대한 기초적인 실무대책을 제시.
지근창 (2004)	건설 공사의 투입요소에 의한 작업지연 원인분류체계를 발생 상황에 따라 제시.
손창택 (2005)	공동주택 건축공사의 생산성 향상 요인 선정 및 이를 통한 분류체계를 제안과 향상방안 제시.
표영민 (2005)	AHP기법을 이용하여 건설 노동 생산성을 저해하는 요인의 중요도를 평가.
안상현 (2007)	공동주택 공사의 작업지연요소에 대한 분류 체계 확립 및 관리항목 도출

건설공사의 작업지연요인 및 생산성 저해요인과 관련된 선행 연구는 표 1에 나타난 바와 같이 대부분 포괄적인 의미에서의 접근이 주를 이루었다. 이는 다공정 복합공정의 집합체인 건설프로젝트의 특성에 비추어 특정 공정에 한정된 구체적인 사실적인 연구가 미진한 실정으로, 주요공사 세부공정별 작업지연요인 및 생산성 저해요인에 대해 정량적인 분석을 통한 중점작업지연요인을 제시하는 본 연구와는 연구 적용범위에서 차이가 있다고 할 수 있다.

2.2 철근콘크리트공사 공정별 작업지연요인

공동주택 철근콘크리트 공사 공정은 철근공정(가공, 조립), 설비공정(설비용 배관, 슬리브, 박스개구 등 작업), 거푸집 공정(거푸집 및 거푸집 동바리 제작, 조립, 설치, 해체), 콘크리트 공정(운반, 타설, 양생), 정리정돈 공정의 총 5단계로 나눌 수 있으며, 본 연구에서는 실제적으로 작업지연요인과 직접적 연관성이 미비한 설비공정과 정리정돈 공정을 제외한 철근공정 및 거푸집 공정과 콘크리트 공정으로 연구의 범위를 한정하였다.

철근콘크리트 공사 공정별 작업지연요인을 선정하기 위해 관련 문헌조사 및 실무자 면담조사를 통해 최초 50가지 요인을 파악하였고, 이를 검증하기 위해 2회의 전문가 델파이조사를 실시한 결과 철근공정 10가지 요인, 거푸집 공정 12가지 요인, 콘크리트 공정 8가지 요인 총 30가지의 작업지연요인이 최종적으로 선정되었다. 철근콘크리트 공사 공정별 작업지연요인은 다음 표 2, 3, 4와 같으며 우선순위 분석의 용이함을 위해 각각 A, B, C 그룹으로 코드화 하였다.

표 2. 철근공정 작업지연요인

분류	CODE	작업지연요인
철근 공정	A1	철근 자재 자체의 불량
	A2	철근 자재 원가 상승으로 인한 조달 지연
	A3	철근간 이음 및 정착 불량
	A4	철근 배근시 설계도서의 결함
	A5	철근 배근시 자재 조달 지연
	A6	철근 자재의 부족
	A7	철근 배근도 준수 상태 불량
	A8	철근 배근 및 조립시 작업인원 부족
	A9	철근의 잘못된 조립(절단, 가공, 용접 포함)
	A10	철근 자재 취급 및 저장 상태 불량

표 3. 거푸집공정 작업지연요인

분류	CODE	작업지연요인
거푸집 공정	B1	거푸집 재료상태의 불량
	B2	거푸집 조립시 장비 고장 및 불량
	B3	거푸집 조립시 작업공간 부족
	B4	거푸집 조립시 자재의 부족
	B5	거푸집의 잘못된 조립
	B6	거푸집 설치시 설계도서의 결함
	B7	거푸집 설치시 장비 고장 및 불량
	B8	거푸집 설치시 작업자 수 부족
	B9	거푸집 설치시 선행작업 불량 및 미완료
	B10	거푸집 설치시 잘못된 작업지시
	B11	거푸집 설치시 잘못된 설치
	B12	거푸집 해체시 존치기간 경과

표 4. 콘크리트공정 작업지연요인

	CODE	작업지연요인
콘크리트 공정	C1	제조된 콘크리트의 상태 불량
	C2	레미콘 원가 상승으로 인한 조달 지연
	C3	콘크리트 운반시간 지연
	C4	콘크리트 이어치기 시간간격 잘못 조절
	C5	콘크리트 타설시 선행작업 미완료 및 불량
	C6	콘크리트 타설시 잘못된 작업 지시
	C7	콘크리트 타설시 장비의 고장 및 불량
	C8	양생 후의 상태불량(재료분리, 건조수축 등)

3. 공정별 작업지연요인 분석

3.1 FMEA 평가척도

본 연구에서는 철근콘크리트 공사 공정별 작업지연요인의 관리우선순위를 산정하기 위한 방법으로 고장모드영향해석기법(Failure Mode effect Analysis : 이하 FMEA)을 활용하였다. RPN은 [발생빈도×심각도×검출도]로써 산출되며 각 각의 가중치는 적용하지 않았다. 평가척도는 표 5와 같다. 발생빈도는 해당 요인으로 인해 발생하는 작업지연의 빈도율을 평가하였고, 심각도는 발생된 지연요인이 후속공정 또는 전체공정

에 미치게 되는 영향의 정도를 평가하였으며, 검출도는 지연요인이 발생하기 전 검출될 수 있는 가능성을 평가하였다.

표 5. FMEA 평가척도

점수	구분	발생빈도	심각도	검출도
5	매우 높다	계속적인 발생으로 인해 큰 손실을 초래한다.	공정을 진행할 수 없다.	거의 발견하지 못해 예방하기 힘들다.
4	높다	발생 빈도가 높아 손해규모가 큰 편이다.	공정에 많은 장애를 초래한다.	드물게 발견하여 예방하는데 한계가 있다.
3	보통	발생빈도가 보통으로 일부분 손실을 초래한다.	공정에 일부분 장애를 초래한다.	발견하는 정도가 보통으로 어느 정도는 예방이 가능하다.
2	낮다	가끔씩 발생한다.	단순한 손실로써 공정의 시행에서 극복할 수 있다.	자주 발견하는 편이어서 쉽게 예방할 수 있다.
1	매우 낮다	거의 발생하지 않는다.	공정에 거의 영향을 끼치지 않는다.	매번 발견하여 사전예방이 가능하다.

3.2 설문조사

설문조사는 2008년 10월 1일부터 31일까지 1개월간 국내 1군업체 공동주택 건설공사 7개 현장을 대상으로 실시하였으며, 총 150부를 배포하여 105부가 회수되어 70%의 회수율을 기록하였다. 설문결과의 신뢰성을 확보하기 위해 설문대상은 공동주택 건설공사 1회 이상의 유경험자를 대상으로 하였고 원도급지를 포함한 철근콘크리트공사 하도급업체로 한정하였다. 설문의 구성은 3문항의 응답자 기본사항과 33문항의 각 공정별 지연요인으로 구성되었다.

조사 결과 설문응답자 근속년수는 10년에서 15년 사이가 39%로 가장 많았으며, 5년에서 10년 이하가 27%, 5년 이하 25%, 15년 이상 8%순으로 분석되었다. 업무분야 분포는 공사분야가 48%로 가장 많았고, 공무 36%, 안전 34%, 관리 6%, 기타 6%순으로 분석되었다. 설문응답자의 근속년수와 업무분야 분포는 그림 2, 3과 같다.

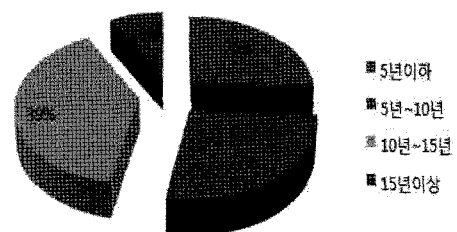


그림 2. 설문응답자 근무년수 분포(범례순)



그림 3. 설문응답자 업무분야 분포(범례순)

3.3 신뢰도 분석

신뢰도는 한글 SPSS 12.0K for Windows를 사용하여 표 6과 같이 전체, 철근, 거푸집, 콘크리트 공정으로 구분하고 각 공정별 발생빈도, 심각도, 검출도로 구분하여 일반적 신뢰도 척도인 Cronbach 알파계수³⁾를 분석하였다. 분석결과 전체 신뢰도가 0.90이상이므로 신뢰도가 높은 것으로 판단된다.

표 6. 신뢰도 분석결과

구분		Cronbach 알파계수
전체	전체 발생빈도	0.968
	전체 심각도	0.942
	전체 검출도	0.960
철근공정	철근 공정 발생빈도	0.829
	철근 공정 심각도	0.752
	철근 공정 검출도	0.788
거푸집공정	거푸집 공정 발생빈도	0.940
	거푸집 공정 심각도	0.898
	거푸집 공정 검출도	0.931
콘크리트 공정	콘크리트 공정 발생빈도	0.929
	콘크리트 공정 심각도	0.916
	콘크리트 공정 검출도	0.919

3.4 공정별 작업지연요인 우선순위 평가

철근콘크리트공사 공정별 작업지연요인의 우선관리순위를 평가하기 위해 1차적으로 요인별 발생빈도, 심각도, 검출도 값을 분석하였으며, 이를 토대로 RPN값을 산정하여 평가하였다.

철근공정 작업지연요인 분석결과 표 7과 같이 발생빈도는 '철근 배근 상태의 불량' 요인이 3.45로 가장 높았고, 심각도는 '철근 배근시 설계도서의 결함' 요인이 3.95로 가장 높게 나타났으며, 검출도는 '철근 자재 자체의 불량' 이 3.25로 가장 높게 나타났다. 이를 종합한 RPN 값은 '철근 배근 시 설계도

서의 결함' 요인이 34.54로써 우선순위가 가장 높은 것으로 분석되었다. 즉, 철근공정에 있어서는 1차적으로 '철근 배근시 설계도서의 결함여부' 를 확인·점검하는 것이 필요하고, 발생빈도가 높게 나타나는 반면 상대적으로 검출도가 낮은 '철근 배근 상태의 불량' 및 '철근 자재 자체의 불량' 에 대한 점검을 강화하여 2차적 결과라 할 수 있는 '철근의 잘못된 조립' 을 막고, 아울러 '철근 자재 원가 상승으로 인한 조달지연' 에 관한 충분한 검토와 예방 및 조달 계획을 통해 작업관리시 생산성의 효율화가 가능할 것으로 판단된다.

표 7. 철근공정 작업지연요인 우선순위 평가

CODE	작업지연요인	발생빈도	심각도	검출도	RPN	RANK
A1	철근 자재 자체의 불량	2.85	3.00	3.25	27.79	10
A2	철근 자재 원가 상승으로 인한 조달 지연	2.95	3.60	3.10	32.92	2
A3	철근간 이음 및 정착 불량	3.25	3.40	2.80	30.94	4
A4	철근 배근시 설계도서의 결함	3.30	3.95	2.65	34.54	1
A5	철근 배근시 자재 조달 지연	2.95	3.40	2.95	29.59	9
A6	철근 자재의 부족	2.85	3.50	3.10	30.92	5
A7	철근배근도 준수상태불량	3.45	3.30	2.60	29.60	8
A8	철근 배근 및 조립시 작업 인원 부족	3.35	3.65	2.50	30.57	6
A9	철근의 잘못된 조립(절단, 가공, 용접 포함)	3.35	3.60	2.70	32.56	3
A10	철근 자재 취급 및 저장 상태 불량	3.20	3.00	3.10	29.76	7

콘크리트공정 작업지연요인 분석결과 표 8과 같이 발생빈도는 '콘크리트 타설시 장비의 고장 및 불량' 요인이 3.10으로 가장 높았고, 심각도는 '레미콘 원가상승으로 인한 조달지연' 요인이 3.30으로 가장 높게 나타났으며, 검출도는 '콘크리트 타설시 잘못된 작업지시' 가 3.35로 가장 낮은 것으로 나타났다. 이를 종합한 RPN 값은 '콘크리트 타설시 선행작업 미완료 및 불량' 요인이 29.28로써 우선순위가 가장 높은 것으로 분석되었다. 즉, 콘크리트 공정에 있어서는 1차적으로 '레미콘 원가상승으로 인한 조달지연' 에 대한 조달 및 구매 계획 마련이 시급한 것으로 사료되며, 아울러 발생빈도가 높은 '콘크리트 타설시 장비의 고장 및 불량' 에 대한 사전 점검과, 검출도가 낮은 '콘크리트 타설시 잘못된 작업지시' 가 일어나지 않도록 사전 작업계획서에 대한 면밀한 검토가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

3) Cronbach 알파계수는 문항의 내적 일치도를 검사한 결과이며, 신뢰도 분석의 일종이다. 신뢰도 분석은 신뢰성과 검사 대상자들이 일관되게 응답하였는지를 알아보는 방법이다. Cronbach 알파계수를 보고, 0.90이상이면 가장 좋은 신뢰도를 갖는다. 0.80이상은 사용에는 무리가 없다. 0.70이상은 신중이 생각해 볼 필요가 있다. 0.70미만은 사용하는데 무리가 많다.

표 8. 콘크리트 공정 작업지연요인 우선순위 평가

CODE	작업지연 요인	발생빈도	심각도	검출도	RPN	RANK
C1	제조원 콘크리트의 상태 불량	2.90	2.55	3.05	22.55	8
C2	레미콘 원가 상승으로 인한 조달 지연	3.05	3.30	2.90	29.19	2
C3	콘크리트 운반시간 지연	3.05	2.80	2.85	24.34	6
C4	콘크리트 이어치기 시간 간격 잘못 조절	2.85	2.85	3.10	25.18	5
C5	콘크리트 타설시 선행작업 미완료 및 불량	3.05	3.20	3.00	29.28	1
C6	콘크리트 타설시 잘못된 작업 지시	2.85	3.05	3.05	29.12	3
C7	콘크리트 타설시 장비의 고장 및 불량	3.10	3.00	3.10	28.83	4
C8	양생 후의 상태불량(재료 분리, 건조수축 등)	2.80	2.85	3.00	23.94	7

거푸집공정 작업지연요인 분석결과 표 9와 같이 발생빈도는 '거푸집 조립시 작업공간 부족' 요인과 '거푸집 조립시 자재의 부족' 요인이 3.40으로 가장 높았고, 심각도는 '거푸집 조립시 자재의 부족' 요인이 3.60으로 가장 높았으며, 검출도는 '거푸집의 잘못된 조립' 요인이 3.20으로 가장 낮게 분석되었다. 이를 종합한 RPN 값은 '거푸집 조립시 장비 고장 및 불량' 요인이 32.94로써 우선순위가 가장 높은 것으로 분석되었다. 즉, 발생빈도가 높은 반면 사전 검출도가 낮은 '거푸집 조립시 작업공간 부족' 과 '거푸집의 잘못된 조립' 에 대한 사전 철저한 점검이 필요하며 이에 맞는 작업계획서의 확충이 필요한 것으로 사료된다. 또한 발생빈도와 심각도에서 높게 나타난 '거푸집 조립시 자재의 부족' 현상이 일어나지 않도록 철저한 자원관리가 선행되어야 할 것으로 판단된다.

표 9. 거푸집공정 작업지연요인 우선순위 평가

CODE	작업지연요인	발생빈도	심각도	검출도	RPN	RANK
B1	거푸집 재료상태의 불량	3.35	2.90	2.90	28.17	9
B2	거푸집 조립시 장비 고장 및 불량	3.35	3.45	2.85	32.94	1
B3	거푸집 조립시 작업공간 부족	3.40	3.40	2.50	28.90	5
B4	거푸집 조립시 자재의 부족	3.40	3.60	2.60	31.82	2
B5	거푸집의 잘못된 조립	3.05	3.05	3.20	29.77	4
B6	거푸집 설치시 설계도서의 결함	3.00	3.20	3.00	28.80	6
B7	거푸집 설치시 장비 고장 및 불량	3.15	3.20	3.05	30.74	3
B8	거푸집 설치시 작업자 수 부족	3.30	3.35	2.60	28.74	7
B9	거푸집 설치시 선행작업 불량 및 미완료	3.05	3.00	2.90	26.54	10
B10	거푸집 설치시 잘못된 작업지시	3.00	3.00	3.15	28.35	8
B11	거푸집 설치시 잘못된 설치	2.75	3.00	2.95	24.34	11
B12	거푸집 해체시 존치기간 경과	2.15	2.90	3.10	19.33	12

본 연구에서는 공동주택 건설공사 프로젝트의 성공적 수행을 위한 철근콘크리트공사의 작업지연요인을 관리함에 있어 보다 실효성 있는 관리지표를 제시하기 위해 근속년수와 업무 분야로 구분하여 우선순위를 선정하였고, 계층별 상위 3가지 요인만을 한정하여 제시하였다.

설문응답자 근속년수별 우선순위 선정결과 표 10과 같으며 응답자 분포 중 39%로 가장 높은 점유율을 기록한 10년~15년 사이 계층에서는 철근공정(A)의 작업지연요인 9번 '철근의 잘못된 조립' 요인, 거푸집공정(B)에서 5번 '거푸집의 잘못된 조립' 요인, 콘크리트 타설공정(C)에서는 4번 '콘크리트 이어치기 시간간격 잘못 조절' 요인이 우선순위가 가장 높은 것으로 분석되었다.

표 10. 설문응답자 근속년수별 우선순위 선정결과

우선순위	철근 공정(A)	거푸집 공정(B)	콘크리트 공정(C)
3년	1 철근 배근시 설계도서의 결함(4)	거푸집 조립시 장비 고장 및 불량(2)	콘크리트 타설시 선행작업 미완료 및 불량(5)
	2 철근 자재 원가상승으로 인한 조달지연(2)	거푸집 조립시 자재의 부족(4)	레미콘 원가상승으로 인한 조달지연(2)
	3 철근의 잘못된 조립(9)	거푸집 설치시 장비 고장 및 불량(7)	콘크리트 타설시 잘못된 작업지시(6)
5년 미만	1 철근의 잘못된 조립(9)	거푸집 조립시 장비 고장 및 불량(2)	콘크리트 타설시 잘못된 작업지시(6)
	2 철근배근시 자재조달지연(5)	거푸집 재료상태의 불량(1)	콘크리트 타설시 장비의 고장 및 불량(7)
	3 철근 자재 취급 및 저장상태 불량(10)	거푸집 조립시 작업공간 부족(3)	레미콘 원가상승으로 인한 조달 지연(2)
5년~10년	1 철근의 잘못된 조립(9)	거푸집 설치시 장비 고장 및 불량(7)	콘크리트 타설시 잘못된 작업지시(6)
	2 철근 자재 취급 및 저장상태 불량(10)	거푸집 설치시 작업자 수 부족(8)	양생후의 상태불량 (재료분리, 건조수축 등)(8)
	3 철근 배근시 설계도서의 결함(4)	거푸집 조립시 자재의 부족(4)	콘크리트 타설시 선행작업 미완료 및 불량(5)
10년~15년	1 철근 배근시 설계도서의 결함(4)	거푸집의 잘못된 조립(5)	콘크리트 이어치기 시간간격 잘못조절(4)
	2 철근 배근도 준수상태 불량(7)	거푸집 조립시 장비 고장 및 불량(2)	양생후의 상태 불량 (재료분리, 건조수축 등)(8)
	3 철근 배근 및 조립시 작업인원 부족(A8)	거푸집 조립시 작업공간 부족(3)	콘크리트 타설시 선행작업 미완료 및 불량(5)
15년 이상	1 철근의 잘못된 조립(9)	거푸집 설치시 작업자 수 부족(8)	레미콘 원가상승으로 인한 조달지연(2)
	2 철근 배근시 설계도서의 결함(4)	거푸집 조립시 장비 고장 및 불량(2)	콘크리트 타설시 장비의 고장 및 불량(7)
	3 철근 배근시 자재의 조달지연(5)	거푸집 조립시 자재의 부족(4)	제조된 콘크리트의 상태불량(1)

설문응답자 업무분야별 우선순위 선정결과 표 11과 같으며 응답자 분포 중 48%로 가장 높은 점유율을 기록한 공사분야에

서는 철근공정(A)의 작업지연요인 2번 '철근자재 원가상승으로 인한 조달의 지연' 요인, 거푸집공정(B)에서 7번 '거푸집 설치시 장비고장 및 불량' 요인, 콘크리트 타설공정(C)에서는 4번 '콘크리트 이어치기 시간간격 잘못 조절' 요인이 우선순위가 가장 높은 것으로 분석되었다. 다음으로 응답자 분포 중 36%의 점유율을 기록한 공부분야에서는 철근공정(A)의 작업지연요인 2번 '철근자재 원가상승으로 인한 조달의 지연' 요인, 거푸집공정(B)에서 7번 '거푸집 조립시 자재의 부족' 요인, 콘크리트 타설공정(C)에서는 4번 '콘크리트 타설시 장비의 고장 및 불량' 요인이 우선순위가 가장 높은 것으로 분석되었다.

표 11. 설문응답자 업무분야별 우선순위 산정결과

우선순위	철근 공정(A)	거푸집 공정(B)	콘크리트 공정(C)
공사	철근 배근시 설계 도서의 결함(4)	거푸집 조립시 장비 고장 및 불량(2)	콘크리트 타설시 선행작업 미완료 및 불량(5)
	철근 자재 원가상승으로 인한 조달 지연(2)	거푸집 조립시 자재의 부족(4)	레미콘 원가상승으로 인한 조달 지연(2)
	철근의 잘못된 조립(9)	거푸집 설치시 장비 고장 및 불량(7)	콘크리트 타설시 잘못된 작업지시(6)
공무	1 철근 자재 원가상승으로 인한 조달 지연(2)	거푸집 설치시 장비 고장 및 불량(7)	콘크리트 이어치기 시간간격 잘못 조절(4)
	2 철근 배근시 설계 도서의 결함(4)	거푸집의 잘못된 조립(5)	콘크리트 타설시 선행작업 미완료 및 불량(5)
	3 철근 자재의 부족(6)	거푸집 설치시 작업자 수 부족(8)	콘크리트 타설시 잘못된 작업지시(6)
공무	1 철근 자재 원가상승으로 인한 조달 지연(2)	거푸집 조립시 자재의 부족(4)	콘크리트 타설시 잘못된 작업지시(6)
	2 철근 배근시 설계 도서의 결함(4)	거푸집 조립시 장비 고장 및 불량(2)	콘크리트 타설시 장비의 고장 및 불량(7)
	3 철근의 잘못된 조립(9)	거푸집 조립시 작업공간 부족(3)	콘크리트 타설시 선행작업 미완료 및 불량(5)
관리	1 철근 자재 취급 및 저장상태 불량(10)	거푸집 조립시 장비 고장 및 불량(2)	레미콘 원가상승으로 인한 조달지연(2)
	2 철근의 잘못된 조립(9)	거푸집 재료상태의 불량(1)	제조된 콘크리트의 상태 불량(1)
	3 철근간 이음 및 정착 불량(3)	거푸집 설치시 장비 고장 및 불량(7)	콘크리트 타설시 선행작업 미완료 및 불량(5)
안전	1 철근 자재의 부족(6)	거푸집 해체시 존치기간 경과(12)	양생후의 상태불량(재료 분리, 건조수축 등)(8)
	2 철근 자재 취급 및 저장상태 불량(10)	거푸집 설치시 잘못된 작업지시(10)	콘크리트 이어치기 시간간격 잘못조절(4)
	3 철근 배근 및 조립시 작업인원 부족(8)	거푸집 조립시 장비 고장 및 불량(2)	콘크리트 타설시 선행작업 미완료 및 불량(5)
기타	1 철근 자재 자체의 불량(1)	거푸집 설치시 장비 고장 및 불량(7)	콘크리트 타설시 선행작업 미완료 및 불량(5)
	2 철근 자재 취급 및 저장상태 불량(10)	거푸집 해체시 존치기간 경과(12)	콘크리트 타설시 잘못된 작업지시(6)
	3 철근 배근 및 조립시 작업인원 부족(8)	거푸집 설치시 선행작업 불량 및 미완료(9)	콘크리트 운반시간 지연(3)

위의 근무년수와 업무분야별 결과를 전체 결과값과 비교하여 볼 때, 상위 중점관리요인은 같거나 비슷하지만 순위에 있어서는 다소 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한 근무년수에 비해 업무 분야에 있어 그 차이가 많은 것으로 나타났다. 이는 작업별 특성이 다르고 근무경력에 따라 작업 세부 직책이 다르며, 작업을 하는 데 있어서 대상 작업요소를 분석하고 바라보는 견해가 다른 데 기인한 것으로 사료된다. 즉, 향후 철근 콘크리트공사 세부공정별 중점작업지연요인 예방을 위한 관리요인별 작업계획서의 작성과 관리·점검에 있어서는 본 데이터를 토대로 해당 경력과 업무에 따른 근무자별 특성과 작업지연 요소 인식에 맞는 계획서의 확립이 필요할 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 공동주택 철근콘크리트 공사 작업지연요인을 주요 공정별로 분류하였고, FMEA 기법을 활용한 정량적 RPN값을 통해 요인별 우선관리순위를 설정하였으며, 이를 토대로 해당 실무자의 근무년수 및 업무분야별 우선순위를 도출하였다.

본 연구를 통해 도출된 결론은 다음과 같다.

- 1) 공동주택 철근콘크리트공사 작업지연에 직접적인 영향을 미치는 인자들을 추출하여 철근 공정 10가지 요인, 거푸집 공정 12가지 요인, 콘크리트 공정 8가지의 작업지연요인을 도출하여 제시하였다.
- 2) 공동주택공사 프로세스를 구성하는 공정의 진행상 작업지연요인별 우선순위를 선정하는 방법으로 FMEA 기법의 적용가능성을 확인하고, 공동주택 철근콘크리트공사 공정별 작업지연요인을 해당 실무자의 근무년수 및 업무분야별로 구분하고 RPN값에 근거하여 우선순위를 선정하였다.
- 3) 철근공정에 있어서는 1차적으로 '철근 배근시 설계도서의 결함여부'를 확인·점검하는 것이 필요하고, 발생빈도가 높게 나타나는 반면 상대적으로 검출도가 낮은 '철근 배근 상태의 불량' 및 '철근 자재 자체의 불량'에 대한 점검을 강화하여 2차적 결과라 할 수 있는 '철근의 잘못된 조립'을 막고, 아울러 '철근 자재 원가 상승으로 인한 조달지연'에 관한 충분한 검토와 예방 및 조달 계획을 통해 작업관리시 생산성의 효율화가 가능할 것으로 판단된다.
- 4) 콘크리트 공정에서는 '레미콘 원가 상승으로 인한 조달지연'에 대한 조달 및 구매 계획 마련이 시급한 것으로 사료되며, 아울러 발생빈도가 높은 '콘크리트 타설시 장비의 고장 및 불량'에 대한 사전점검이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

- 5) 거푸집공정에서는 발생빈도가 높은 반면 사전 검출도가 낮은 '거푸집 조립시 작업공간 부족' 과 '거푸집의 잘못된 조립' 에 대한 사전 철저한 점검이 필요하며 이에 맞는 작업계획서의 확충이 필요한 것으로 사료된다. 또한 발생빈도와 심각도에서 높게 나타난 '거푸집 조립시 자재의 부족' 현상이 일어나지 않도록 철저한 자원관리가 선행되어야 할 것으로 판단된다.
- 6) 해당실무자의 업무분야별 우선순위 선정결과 공사분야에서 철근공정의 '철근자재 원가상승으로 인한 조달의 지연' 요인, 거푸집공정에서 '거푸집 설치시 장비고장 및 불량' 요인, 콘크리트 타설공정에서는 '콘크리트 이어치기 시간간격 잘못 조절' 요인이 우선순위가 가장 높은 것으로 분석되어, 해당 작업에 대한 우선관리수준을 설정하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

건설 사업에서의 목표달성은 보다 효율적인 공정관리를 통해서 이루어진다. 이러한 효율적인 공정관리를 위해서는 공사 스케줄의 세분화된 관리가 필요하며 이는 공정관리에 저해되는 요인인 작업지연 요인의 효과적인 관리로써 그 해결점을 찾을 수 있다. 건설 공사의 효과적인 관리를 위해 해당 공사의 공정별 분류를 통해 작업지연 요인들을 분석하고 우선순위가 높은 지연 요인을 중심으로 체계적인 관리를 해나가야 할 것으로 사료되며, 향후 공동주택프로젝트의 성공적인 건설을 위해 본 연구와 더불어 세부 프로세스에 내포되어 생산성을 저해하는 작업지연요인의 해소를 위한 체계적인 연구가 다각적인 측면에서 활발히 이루어져야 할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 근로자 설문조사를 통한 정성적인 데이터를 토대로 정량적인 분석기법을 적용하여, RPN값으로 중점작업지연요인을 제시한 바, 신뢰도가 낮은 항목에서의 데이터의 보완과 중점작업지연요인별 세부 관리 및 대처사항에 관한 연구가 병행되어야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

“이 논문은 2008년 교육과학기술부로부터 지원받아 수행된 연구임(지역거점연구단육성사업/바이오하우징연구사업단) “

“이 논문은 2008년 전남대학교 건축과학기술연구소 및 바이오하우징연구소의 지원을 받아 수행된 연구임”

참 고 문 헌

1. 김예상, 건설 생산성에 영향을 미치는 요인분석에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 제6권 제10호, 1994
2. 손창백 외 1명, 건축공사의 생산성 저하요인 분석, 대한건축학회 논문집, 제18권 제12호, 2002
3. 지근창 외 2명, 건설공사의 투입요소에 의한 작업지연 원인 분류체계, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 2004
4. 손창백 외 1명, 공동주택 건축공사의 생산성 향상요인 선정 및 적용성 분석, 대한건축학회 논문집, 제21권 제4호, 2005
5. 표영민 외 3명, AHP기법을 이용한 건설노동생산성 저하요인 분석에 관한 연구, 한국건축시공학회 학술논문발표회 논문집, 제5권 제1호, 2005
6. 안성훈 외 2명, 공동주택 공사의 작업간 간섭 감소 방안에 관한 연구, 한국건축시공학회 논문집, 제6권 제1호, 2006
7. 안상현 외 2명, 공동주택 공사의 작업지연요소 분석, 한국건설관리학회 논문집, 제8권 제6호, 2007

(접수 2009. 1. 7, 심사 2009. 2. 2, 게재확정 2009. 2. 9)