



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2021년 2월
석사학위논문

Precast Concrete 공사 관리업무 및
정보흐름 분석 연구

조선대학교 대학원

건축공학과

문성환

Precast Concrete 공사 관리업무 및 정보흐름 분석 연구

Analysis on construction management tasks and
information flow for precast concrete construction

2021년 2월 25일

조선대학교 대학원

건축공학과

문성환

Precast Concrete 공사 관리업무 및
정보흐름 분석 연구

지도교수 김 태 훈

이 논문을 공학 석사학위신청 논문으로 제출함

2020년 10월

조선대학교 대학원

건축공학과

문 성 환

문성환의 석사학위논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 조규만 (인)

위원 조선대학교 교수 김태훈 (인)

위원 조선대학교 교수 장우식 (인)

2020년 11월

조선대학교 대학원

목 차

ABSTRACT

제 1장 서 론	1
1.1 연구의 배경 및 목적	1
1.2 연구의 범위 및 절차	3
제 2장 예비적 고찰	6
2.1 PC공법 개요 및 현황	6
2.1.1 PC공법의 개요	6
2.1.2 기술의 배경과 발전현황	7
2.2 PC공법의 특징	7
2.3 PC공법의 분류	10
2.3.1 설치장소에 의한 분류	11
2.3.2 생산방식에 의한 분류	11
2.3.3 생산방법에 의한 분류	13
2.3.4 구조형식에 의한 분류	14
2.4 선행연구 고찰	17
2.5 소결	19

제 3장 PC공사 관리업무 도출 및 분석 20

 3.1 PC공사 관리업무 선정 20

 3.1.1 문헌 조사를 통한 1차 업무 선정 20

 3.1.2 전문가 그룹 인터뷰를 통한 최종 업무 도출 23

 3.2 데이터 수집 및 신뢰도 평가 26

 3.3 PC공사 관리범위 및 업무 기술통계 분석 28

 3.3.1 생산성 영향도 분석 28

 3.3.2 자동화·정보화 요구도 분석 32

 3.4 생산성 영향도-자동화·정보화 요구도 관계분석 35

 3.4.1 전체 생산성 영향도-자동화·정보화 요구도 IPA분석 37

 3.4.2 주체별 생산성 영향도-자동화·정보화 요구도 IPA분석 40

 3.4.3 주체별 생산성 영향도-자동화·정보화 요구도 T-test 44

 3.5 소결 49

제 4장 PC공사 관리업무 간 정보흐름 분석 50

 4.1 PC공사 관리업무 프로세스 50

 4.2 주요관리업무 프로세스 및 정보의 흐름 52

 4.2.1 주요 관리업무 선정 52

 4.2.2 정보 유형 선정 53

 4.2.3 관리업무 간 정보 흐름 분석 54

 4.3 BIM기술 적용 기대효과 59

 4.4 소결 64

제 5장 결 론	65
5.1 연구의 결론	65
5.2 연구의 한계 및 향후 연구방향	67
참고문헌	68
부 록	72

표 목 차

표 2.1	RC공법과 PC공법 비교	9
표 2.2	PC공법의 분류	10
표 2.3	클로즈드 시스템과 오픈 시스템의 비교	12
표 2.4	PC공법 적용성 분석 및 개선방향 관련 연구	17
표 2.5	PC공법 통합관리 체계 및 시스템 개발 관련 연구	18
표 3.1	PC공사 관리범위 및 업무 분류	22
표 3.2	인터뷰 개요	23
표 3.3	PC공사 관리범위 및 업무 도출 결과	25
표 3.4	설문조사 개요	26
표 3.5	신뢰도 평가	27
표 3.6	관리범위 생산성 영향도 기술통계	29
표 3.7	관리업무 생산성 영향도 기술통계	31
표 3.8	관리범위 자동화·정보화 요구도 기술통계	32
표 3.9	관리업무 자동화·정보화 요구도 기술통계 가설공사	34
표 3.10	관리범위 생산성 영향도 t검정 결과	45
표 3.11	관리범위 자동화·정보화 요구도 t검정 결과	46
표 3.12	관리업무 생산성 영향도 t검정 결과	47
표 3.13	관리업무 자동화·정보화 요구도 t검정 결과	48
표 4.1	관리업무 간 교환 정보 유형	53
표 4.2	BIM기술 적용 대상 주요 관리업무 정의	57
표 4.3	BIM기술 적용 시 기대효과 응답 결과	61

그 립 목 차

그림 1.1 연구 흐름도	5
그림 2.1 PC공사의 프로세스	6
그림 3.1 응답자 실무경력 분포 및 건설-PC공사 업무경력	26
그림 3.2 중요도-표준편차 기반 IPA	35
그림 3.3 관리범위에 대한 생산성 영향도-자동화·정보화 요구도 IPA 결과(전체) 37	37
그림 3.4 관리업무에 대한 생산성 영향도-자동화·정보화 요구도 IPA 결과(전체) 39	39
그림 3.5 그룹별 관리범위에 대한 생산성 영향도-자동화·정보화 요구도 IPA 결과 41	41
그림 3.6 그룹별 관리업무에 대한 생산성 영향도-자동화·정보화 요구도 IPA 결과 43	43
그림 4.1 PC공사 공정에 따른 관리업무 프로세스	51
그림 4.2 PC공사 주요관리업무의 정보 흐름	58

ABSTRACT

Analysis on construction management tasks and information flow for precast concrete construction

Mun, Seong Hwan

Advisor : Prof. Kim, Taehoon, Ph.D.

Department of Architectural Engineering

Graduate School of Chosun University

Precast Concrete(PC) construction method can minimize the effects of outdoor conditions, by mass-producing major structural members at the factory and assembling them at the site, thereby preventing deterioration of the quality of the structure and using high-quality standardized structural members. In addition, the PC construction has the advantage of streamlining construction management by reducing the construction period and reducing labor costs by mainly using inter-process machinery and equipment.

However, this method has not been utilized as expected since it does not have a clear comparative advantage in terms of construction cost and duration compared to the existing on-site reinforced concrete(RC) construction method. While the RC method is largely divided into two stages, including design and construction, the PC method must go through the production and transportation stages of structural members in addition to design and construction. This added process makes the exchange of information between process operators inefficient than the RC method, and the related construction management tasks more complex. Although many studies have been conducted on the technical improvement of the PC method, research on proper construction management is relatively insufficient so that the advantages of the PC method can not be fully utilized. Therefore, this study 1) derived major management tasks performed in the entire PC construction process, 2) identified the direction of information flow and type of information between major management tasks, 3) investigated the expected effects by applying BIM(Building Information Modeling) technology.

22 construction management tasks were derived based on literature review and expert group interviews. Based on the questionnaire survey, the importance and improvement needs of each management tasks were analyzed by importance-performance analysis(IPA) technique. In addition, the information flow among major management tasks was established by identifying the input and output data of each task, and work process.

The results of this study can be utilized as an useful reference for enhancing the way of construction management and information exchange among management tasks on PC construction. Consequently, this study can contribute to providing a framework for establishing an automated management system of PC construction.

제 1장 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

1960년대 국내 프리캐스트 콘크리트(Precast Concrete, 이하 PC) 기술이 선진국으로부터 처음 도입된 이래로, 건축분야 PC 기술은 1980년대까지 점진적인 발전을 하였다(신원상 외, 2014). 특히 1980년대 말부터 주택 보급률을 증가시키려는 정부의 정책과 맞물려 급속한 발전이 시도되었고, 그 결과 1990년대 초반에 많은 PC생산 공장이 늘어났지만 1990년대 중반부터 PC기술의 무분별한 도입과 기술력의 부족으로 인하여 품질에 많은 문제점이 나타나 하자 발생이 늘어나면서 국내 건축 PC시장은 하락세를 겪었다(김상연 외, 2006).

하지만 최근 국내의 인구 고령화와 노동임금의 상승 등의 영향이 건설업 원가 상승 요인으로 작용하고 있어 PC공법과 같은 공업화 건축의 영향력은 갈수록 입지가 커질 것이다. PC공법은 일반 소비재의 생산방식을 건설 산업에 도입하여 건축물의 주요부재를 공장 생산 방식을 통해 고품질의 규격화된 구조부재를 대량 생산하여 현장으로 운송 후 이를 현장에서 조립하는 공법이다. 가장 큰 특징으로 옥외산업이라는 주변 환경에 대한 영향을 받기 쉬운 건설 산업 특징을 최소화하여 생산된 구조물의 품질저하를 방지한다. 또한 생산부터 운반 및 설치까지 기계, 장비를 이용하여 공기를 단축하고, 인력의 투입을 최소화하여 인건비를 절감하는 등 공사 관리를 효율화 할 수 있는 장점을 갖고 있다. 그렇기 때문에 소비자들의 생산성 및 품질향상 요구와 현재 국내 건설시장에서 대두되고 있는 노동인력의 고령화로 인한 인력부족 문제의 해결방안으로 PC공법은 적합한 공법이 될 수 있다. 2017년 기준으로 국내 PC건축시장의 매출액은 약 7,800억 원으로 추정되며, PC 공동주택시장 확대에 따라 PC공법 시장 규모는 더욱 커질 것으로 예상된다(홍성엽 외, 2018).

이로 인하여 PC공법에 대한 기대치는 높아지지만 여전히 국내의 PC공법의 적용은 제한적으로 이루어지고 있다. 이는 기존의 현장타설 RC공법에 비해 PC공법이 공사비와 공기에 대하여 비교적 확실하게 우위를 점하지 못하기 때문이다. PC공법이 도입된 이후로 꾸준한 기술연구와 시행착오를 통해 공법 도입초기에 발생했던 많은 기술적 문제는 상당부분 해결하고 있는 추세지만, 이와 대비하여 PC공법에 적정한 공사관리와 관련된 연구는 상대적으로 미진하여 공법의 장점을 충분히 살리지 못하고 있다. 일반적인 현장타설 RC공법은 크게 설계단계와 시공단계 두 가지로 나누어 진행되는 데 비해 PC공법은 설계와 시공 외에도 구조부재의 생산 및 운반단계를 거쳐야 한다. 이렇게 추가되는 공정으로 인해 RC공법에 비하여 공정별 업무 주체간의 정보 교환이 더욱 복잡해지고, 이와 관련된 이해관계 또한 더욱 복잡해지게 된다.

따라서 본 연구에서는 PC공사의 효율적인 관리를 통한 생산성 향상을 위하여, PC공사에서 주요관리업무를 파악하고, 해당 관리업무간의 정보의 흐름을 분석하여 관리업무 측면에서의 개선방향을 제시하고자 하였다. 이를 위해 생산성 측면에서 업무의 중요도 및 개선 요구도를 조사하고 주요 관리업무를 분석하였다. 이를 바탕으로, 해당 관리업무를 수행하는 참여주체 간의 정보전달대상과 정보 유형 등을 조사하여 업무프로세스에 따른 정보흐름을 도출하였다. 본 연구 결과는 실제 PC공사 관련 실무자들의 의견을 기반으로 PC공사 진행 간 생산성적 측면으로 주요하게 다루어야 할 업무들을 제시함으로써 불필요한 자원분배를 최소화하고, PC공법에서 공사 관리업무 및 정보흐름 개선방안 수립을 위한 기초데이터로서 가치가 있을 것이다.

1.2 연구의 범위 및 절차

본 연구는 PC공법의 건설공사에 있어 효율적인 공사 관리를 통한 생산성 향상을 위하여 자동화체계 적용 프레임워크를 제안하고자 하며, 이를 위해 다음과 같은 방법으로 연구를 진행하였다. 2장에서 추가적으로 기술하겠지만 PC공법에서는 크게 토목용과 건축용으로 구분 할 수 있으며 건축용에서 구조용 PC부재와 외장용 PC 부재로 구분되어진다. 본 연구에서는 ‘건축용 PC공법’에서 ‘구조용 PC부재’를 생산하는 공법을 범위로 하여 출간된 국내외 PC공법 관련 선행연구 및 문헌을 참고로 하여 PC공법에서 일반적인 사항의 여러 가지 개념들을 정립하고 PC공법의 특징 및 프로세스를 확립하였다.

또한 PC공법을 이용하는 건설공사에서 공정에 직접적으로 관여하는 실무자들의 의견을 반영하고자, PC공법과 관련된 시공사, CM(Construction management)회사, PC 생산 공장별 각 실무자를 상대로 PC 공정에서 생산성에 영향을 미치는 업무와 개선이 필요한 공정에 대해 면담 및 문헌조사를 실시하였다. 이를 통해 PC공법 내 생산성에 영향을 미치는 중요한 관리업무 별로 담당하는 주체가 다를 경우 해당 관리업무에 대한 중요성에 대한 인식의 차이를 지표로 제시하였다. 더불어 개선이 필요하다 생각하는 관리업무도 함께 조사하여 실무자들이 생산성에 영향을 끼치는 중요한 관리업무와 비교한다.

이를 통해 분석된 주요관리업무들을 도출하여 각 참여수행자 그룹의 전문가와 인터뷰를 통하여 PC공법을 사용한 공사에서 주요 관리업무들이 수행되면서 수행그룹 간에 정보교환의 현황을 파악하였다. 이후 인터뷰 결과를 토대로 파악된 PC공정에서 각 참여주체 간 교환되는 정보의 형태와 전달대상 및 방식을 대상으로 BIM분야의 전문가와 면담조사를 통해 현재 개선이 필요한 정보교환 체계에 BIM기술 적용 시 기대효과를 조사하였다. 이를 통해 PC공법을 적용한 건축물 공사에서 주요하게 다뤄지는 관리업무를 도출하고 전문가 면담을 통해 관리업무간의 정보흐름을 분석하여 PC공사 관리업무 및 정보흐름 개선방안 수립을 위한 기초데이터를 제시한다.

본 연구는 <그림 1.1>과 같은 절차로 수행하였으며, 세부적인 내용은 다음과 같다.

- 1) STEP 1은 선행 연구문헌 분석과 PC공사 전문가 그룹의 인터뷰를 바탕으로 PC 공법 공정간 생산성에 영향을 미치는 관리업무 요인들을 도출하는 단계이다.
- 2) STEP 2에서는, PC공법 실무자들을 대상으로 영향요인의 중요도 평가와 개선필요성 평가를 진행하고, 평가 결과를 대상으로 신뢰성평가와 기술통계분석(Descriptive Analysis), 중요도-만족도 분석(Importance-Performance Analysis, 이하 IPA, T-test 검정을 수행한다. 이를 통해 PC공법 주요공정 및 전체 PC공정에서 각각의 관리업무가 생산성에 미치는 영향도와 개선이 필요한 관리업무를 도출하였다.
- 3) STEP 3에서는, 도출된 22개의 관리업무요인에 기초하여 중요도-만족도 분석 결과를 통해 생산성 영향도가 높으면서 자동화·정보화 기술 적용의 요구도가 높은 요인들을 주요 관리업무 대상으로 선정하였다. 이후 주요관리업무에 관하여 전문가와 인터뷰를 실시, 각 관리업무를 수행함에 있어 필요한 정보의 유형과 해당 업무를 수행함으로써 도출되는 정보, 도출된 정보가 다른 그룹에게 전달이 필요할 경우, 전달되는 정보의 형태와 전달 대상을 조사하였다. 이를 토대로 PC공사 참여 주체 간 정보 교환 현황을 파악했으며 BIM 실무경력과 PC부재 설계 업무를 모두 숙지한 전문가에게 PC공사 공정 진행에 있어 정보교환 체계의 개선여부를 면담조사를 통해 기대효과를 조사하였다. 이를 통해 PC공법에 있어 정보화 기술 적용 시 기존 PC공사 관리업무의 기대효과를 제시함으로써 PC공법에서 정보화 및 자동화 기술을 적용하는 계획수립을 위한 기초자료 및 후속연구의 방향성을 제시하였다.

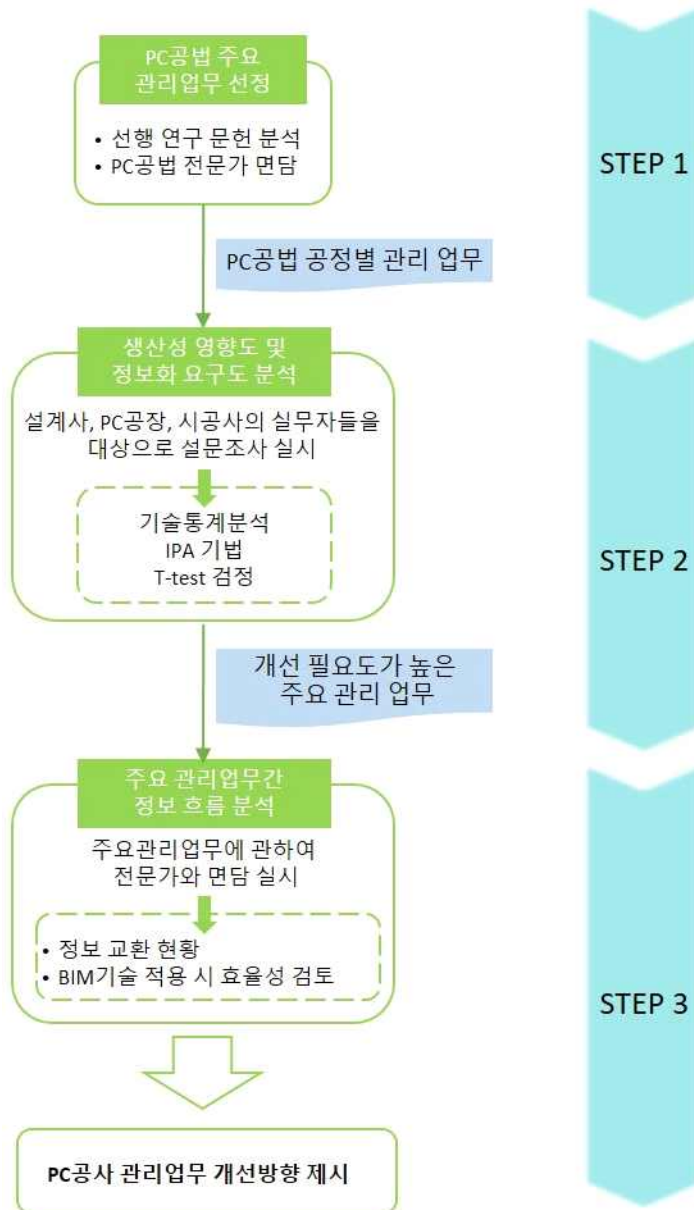


그림 1.1 연구 흐름도

제 2장 예비적 고찰

2.1 PC공법 개요 및 현황

2.1.1 PC공법의 개요

콘크리트는 타설 시기에 의해 현장타설 콘크리트(cast-in-place)와 프리캐스트 콘크리트(precaster concrete) 2가지로 분류된다. 현장타설 콘크리트는 현장에서 직접 거푸집을 설치하고 철근 배근 후 콘크리트를 타설하는 공법인 반면, 프리캐스트 콘크리트는 공장에서 현장에 필요한 부재에 맞춤 제작된 몰드(거푸집)에 타설되는 공법이다. 타설된 프리캐스트 콘크리트 부재는 양생 과정을 거친 후 운반차량에 의해 현장으로 운반되어 최종 위치에 조립되어진다.

프리캐스트 콘크리트(precaster concrete)를 PC라고 칭하며, PC를 사용한 부재로 구조물을 건축하는 공법을 PC공법이라 한다. PC공법은 현장타설 공법과는 달리 계절이나 기후의 영향을 받지 않는 환경을 갖춘 공장에서 엄격한 품질관리를 통하여 기둥, 슬래브, 보, 벽체와 같은 구조부재들을 제작 후 현장으로 운반, 조립·접합하여 건물을 완공하는 공법이다(그림 2.1). 따라서 제작에서 조립까지 전 공정에 걸쳐 기계와 장비를 주로 사용하여 부재 생산의 원가절감 및 공기단축과 품질확보를 목적인 공법이다.

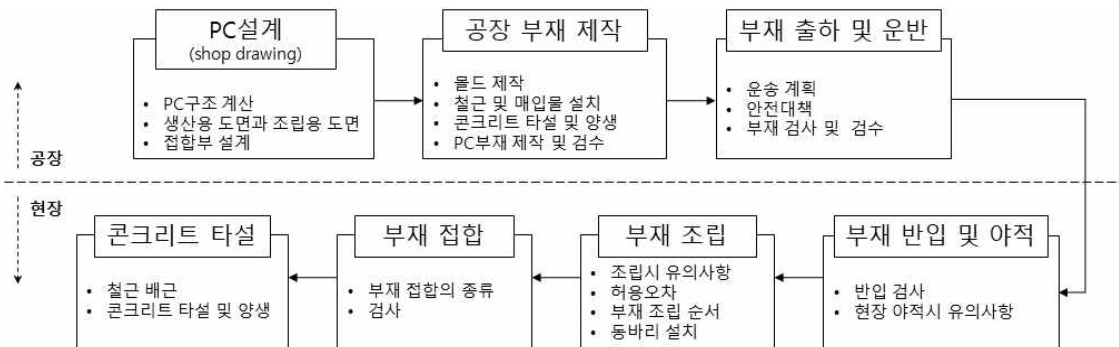


그림 2.1 PC공사의 프로세스

2.1.2 기술의 배경과 발전현황

건물 구조부재에 PC부재가 최초로 사용된 것은 1891년 프랑스 카지노 건물이었으며, 제1차 세계대전 이후 전쟁 피해 복구과정에서 본격적으로 PC공법이 연구되기 시작했다. 그 직후 제2차 세계대전을 겪으면서 대량의 건물의 수요가 요구되자 프랑스 등을 중심으로 다양한 PC공법이 개발되며 급속한 진전을 보이기 시작하였다. 이후 북유럽 국가나 일본, 싱가포르 등이 기후적 여건이나 급속한 경제성장과 주택수요의 급상승등이 요인으로 인해 공업화 건축이 적극 추천한 계기가 되어져 PC공법이 크게 발전하였다(한국복합화건축기술협회, 2007).

국내에서는 6.25 전쟁 이후 전쟁피해 수복과 부족한 주택 문제의 해결을 위해 PC공법이 도입되었으며, 1960년에 해외에서 PC를 들여온 프로젝트가 PC공법의 시작으로 1980년대 후반 정부의 200만호 주택건설계획과 조립식 주택에 대한 정책적 지원을 배경으로 비약적인 발전을 보였다(이종민, 2007). 하지만 PC공법의 적용대상이 벽식 아파트에 한정되어 있어 발전의 어려움을 겪다가 2000년대 들어서면서 지하주차장, 경기장, 공장, 대형할인매장 등으로 PC공법의 적용범위가 확장되면서 점차 활성화되고 있는 추세이다(송기준, 2005).

2.2 PC공법의 특징

PC공법에 의해 진행되는 공사의 가장 큰 특징은 설계와 시공으로 이루어지는 RC공법과는 다르게 설계, 생산, 운반, 조립의 과정을 거쳐 수행한다. 따라서 부재를 생산하는 공장과 생산된 부재를 조립하는 현장으로 이동시키는 운송 과정이 필요하고, 이 때문에 일련의 과정에서 장비와 기계사용이 필수적이고, 시간과 비용 등 자원의 투입이 집중되어진다. 특히, PC 부재의 생산단계에서는 부재 품질 및 생산원가뿐만 아니라 추후의 부재의 야적, 운반 및 현장 조립·접합 단계에도 직접적으로 영향을 미치는 중요한 관리 단계이다.

PC공법은 부재의 조립이 시작되기 이전에 설계사로부터 PC부재 설계부터 공장에서 몰드설계를 거쳐 부재생산에 필요한 자재 확보 및 부재제작까지 생산 여유시간(Lead time)의 확보가 중요하다. 현장에서 부재를 바로 타설하는 RC공법의 양생시간과 대비되는 시간이므로 PC공정간 적절한 관리가 되지 않을 경우 공기지연의 원인이 될 수

있다. 일반적으로 설계부터 PC최초 조립까지 90일의 시간이 요구된다.

기본 및 실시설계를 통하여 디자인과 구조해석을 진행하고 시공단계에서는 단순히 시공을 위한 시공용 상세설계를 제작하는 것이 일반적인 RC공법의 설계이다. 하지만 PC공법에서는 설계단계에서 설계자가 부재의 디자인과 구조적인 해석을 진행한 이후 부재를 생산하는 공장의 생산자에게 설계정보를 전달하여 생산자가 부재제작을 위한 부재의 분할설계 및 분할된 부재의 구조적해석을 진행한다(이기태, 2004).

RC공법 공사에서는 현장타설 되는 부재를 위한 거푸집을 조립 및 해체를 통해 반복하여 부재를 생산하지만, PC공법에서 공장은 생산 후 몰드의 해체·재조립을 통하여 부재를 생산한다. 몰드를 통해 생산된 PC부재는 동절기, 우기 등 외기조건과 상관없이 일정한 품질 확보가 가능하며, 표면이 균질하여 마감공사를 최소화 할 수 있다. 부재생산을 위한 동일한 형태의 몰드의 반복사용이 증가할수록 경제성 및 시공성이 향상되므로, 공사에 요구하는 부재가 정형적이고 규격화된 부재가 많을수록 몰드의 형태 변경을 최대한 줄여야 공사의 효율성이 증가한다(표 2.1).

제작된 PC부재는 현장으로 운송해야 하는데, 이러한 PC부재의 운송을 위해 별도의 운송관리 체계가 필요하다. RC공법은 원자재를 현장에서 직접 가공하여 시공하지만 PC공법은 공정생산을 위한 원자재를 공장으로 운반하는 과정과 공장에서 제작된 부재를 현장으로 운반하는 두 번의 공정이 필요하므로, 이로 인한 자재비용이 상승 될 수 있다.

PC공법은 공정 전체적으로 기계와 장비위주로 하는 공법이기에 때문에 인력이 적게 투입되며, 신속한 시공이 가능하며 부재의 공장생산으로 현장에서 타 공정과의 간섭을 줄일 수 있어 공기 단축과 시공성에 유리하다. 특히 많은 인력을 필요로 하는 가설공사를 최소화할 수 있어 최근 상승하는 인건비 및 현장관리비를 줄여 공사비 절감이 가능할 것으로 예상된다.

이처럼 PC공법의 장점은 기후와 상관없이 일정한 품질의 부재를 생산하고 생산된 부재를 현장에서 최소한의 전문 인력이 조립만 하므로 공기가 단축되고 공장내 현장의 분리로 인한 공정간 명백한 책임소재를 구분할 수 있다. 또한 공기 단축을 통한 자금회전이 빨라 금융비용 절감 효과가 있으며, 이밖에 인력, 자재, 장비 등에서도 철근 콘크리트에 비해 전체적인 공사 관리 측면에서 PC가 위에 있음을 보여줬다.

표 2.1 RC공법과 PC공법 비교

비교대상	RC공법	PC공법
공기단축	절대공기가 필요하며 공기단축한계, 외기에 영향 큼, 동절기 시공 불가	현장작업 감소로 공기단축, 외기에 영향 받지 않음, 동절기 시공 유리
장비	인력 위주의 시공	양중 장비 위주의 시공
공해	복잡한 구조시공으로 인한 공해 발생	기계화 시공으로 인한 현장작업 감소로 공해 절감
인력	인력 위주로 작업조건 열악	기계·장비 위주의 작업으로 인력작업 절감
자재	자재관리가 복잡하여 자재손실이 많음, 주·부자재의 전량이 현장에 적기반입	자재가 공장에서 반입되므로 자재손실이 적음, 주·부자재가 공장생산으로 운송체계 단순
품질관리	다양한 자재가 일시에 반입되어 검수가 곤란, 현장조건에 따라 오차가 크고 문제 발생 시 복구 곤란	공장 제품으로 별도의 자재 검수 가능, 규격품 생산으로 오차가 작고 문제 발생 시 부품 교체 가능
원가관리	인력 위주의 시공으로 인건비, 현장 관리비 증가	기계·장비 위주의 작업으로 인건비, 현장 관리비 감소
자금회전	절대공기로 인한 공기단축 한계로 자금회전이 느림	공기단축을 할 수 있어 자금회전이 빠름

2.3 PC공법의 분류

PC공법은 크게 토목용 PC와 건축용 PC로 구분 할 수 있다. 토목용 PC부재는 주로 교량에 사용되는 대형 보, 바닥판, 교각과 터널 공사에 사용되는 세그먼트, 그리고 전력구나 공동구에서 사용되는 암거 등을 예시로 들 수 있다. 건축용 PC는 기둥, 벽, 보, 바닥판 등 건축물에서 주요 구조부재를 PC화 시킨 구조용 PC부재와 PC 커튼월과 같이 외장재로 쓰이는 외장용 PC 크게 2가지로 분류된다. 다음으로 설치장소, 생산방식, 부재생산방식, 구조형식에 따라 다음과 같이 분류하였다(국토교통부, 2009).

표 2.2 PC공법의 분류

대분류	소분류	상세 분류
건축용 PC	구조용 PC	<ul style="list-style-type: none"> - 기둥, 보, 바닥판이나 벽체 - 골조 PC 복합화 공법 - 대형판 공법 - 벽식 복합화 공법 - 셸 공법 - 더블티 슬래브 공법 - 할로우코아 슬래브 공법
	외장용 PC	PC커튼월이나 장식용 구조물
토목용 PC	교량용 부재, 터널 세그먼트, 암거	

2.3.1 설치장소에 의한 분류

1) 고정공장생산방식

공장을 건설하고 그곳에 PC생산에 필요한 크레인, 배칭플랜트, 양생시설 등 생산설비를 설치하여 생산하는 방식으로 물량을 대량으로 생산하는데 적합하다.

2) 간이공장생산방식

공사 현장 근처나 현장 내에 PC부재 생산에 필요한 설비를 일시적으로 간이 설치하여 현장에서 필요한 부재를 생산하는 방식이다.

3) 현장생산방식

현장 내에 간단한 설비만을 설치해 생산하는 방식으로 소규모 공사 현장이나 수송이 불가능한 부재를 생산하기 위한 방식이다.

2.3.2 생산방식에 의한 분류

1) 오픈 시스템 (Open System)

특정한 건물의 형태를 사전에 결정하지 않고, 건물을 구성하는 각 부재들을 모듈정합(modular coordination)화 하여 해당 부재들을 적절하게 선택, 조합하여 다양한 형태의 주택을 구성해가는 시스템이다. 오픈시스템의 장점으로 해외에서는 「2“×4”」 경량 목구조공법이 잘 이용된 사례로 들 수 있으며, 건설현장에서는 시공성 증진과 공기 단축을 위하여 세시 등 부품을 대량으로 사용하는 것도 포괄적인 개념에서 오픈시스템이라 할 수 있다. 유럽은 1990년대부터 하프 슬래브(Half Slab), 커튼월부재, 외벽패널 등에 오픈시스템을 도입하였으며 그로 인해 생산설비 자동화와 수요의 증가로 제품 단가가 저렴해지고 다양해져서 건설에 PC제품이 자유롭게 사용되고 있다. 이 오픈시스템은 적절한 효율이 발휘되기 위해서는 모듈정합과 부재의 표준화가 우선 확립 되어야 한다.

2) 클로즈드 시스템 (Close System)

오픈 시스템과는 상반되는 개념의 생산방식으로 완성된 건물의 형태를 사전에 결정하고, 이를 구성하는 부재들을 제작하여 조립하는 시스템이다. 콘크리트 대형패널 계통의 조립식 건물은 대부분 해당 시스템을 채택하고 있으며, 국내는 대부분 클로즈드 시스템만을 사용하고 있다.

클로즈드 시스템의 경우라도 미리 설계된 건물의 적당한 모듈을 기본으로 삼아 몇 가지 계열화된 평면이나 또는 유사한 건물형식을 구성할 수 있으므로 이것을 적절히 활용하여 확대한다면 다양성을 기하면서 자유도를 증대시킬 수 있을 것이다.

특히 재실자가 가장 직접적으로 느낄 수 있는 칸막이, 새시, 수납 화장실 부분 등을 개선하여 마감에 다양한 종류의 자재와 복합적인 공법을 도입함으로써 오픈시스템의 표현 할 수 있을 것이다. 일반적으로 클로즈드 시스템을 활용하여 조립식 공법의 초기에 문제에 대응하고, 이후 양적인 문제가 해결되면 건물에 대해서 다양한 요구가 발생되어 이때부터 오픈시스템화 되는 경향이 나타난다(조기덕, 2006).

표 2.3 클로즈드 시스템과 오픈 시스템의 비교

비교대상	오픈 시스템	클로즈드 시스템
생산성	소량의 생산이 가능하며 생산성이 좋으나 다량의 재고 발생 가능	대량생산이 증대되나 소량생산에는 부적합
구조 안정성	여러 부재의 조합이므로 구조적 안정성 취약 가능	전체적 설계에 의해 결정되므로 구조적 안정성 증가
운송	일정 부재의 형태이므로 수송이 간편	여러 형태의 부재가 필요하므로 수송이 불편
디자인	다양한 디자인이 가능	디자인에 많은 제한 요소
자본	초기 투자가 적음으로 소자본의 기업도 가능	초기시설 투자비가 고가
부재의 종류	규모가 작은 건축물이나 소형부재에도 가능하며 유닛 생산이 가능	대형부재나 대형·대량의 건축물 건설에 적합

2.3.3 생산방법에 의한 분류

1) 고정 몰드 시스템 (Fixed Mould System)

고정된 강재 테이블 위에 몰드를 조립한 후, 철근배근을 하여 콘크리트를 타설 및 양생한 다음 몰드를 제거하고 탈형하여 PC부재를 생산한다. 탈형 시 수직상태로 들어 올려야 하는 부재는 파손의 가능성이 있어, 수평형태인 바닥부재나 수직으로 들어 올려도 가능한 비평판형 부재제작에 주로 사용된다.

2) 틸팅 테이블 시스템 (Tilting Table System)

고정 몰드 시스템과 유사하며 테이블 한쪽을 핀(pin)으로 지면과 고정하여, 테이블을 80° 가까이 수직으로 세워 탈형 시 작업이 용이하게 하고 부재의 파손 가능성을 감소시키는 시스템이다. 주로 외벽 및 내벽부재, 커튼월 부재의 제작에 사용된다.

3) 컨베이어 몰드 시스템 (Conveyor Mould System)

각각의 테이블을 연속된 무한궤도형 레일이나 강재벨트를 사용하여 천천히 이동시키면서 몰드를 조립, 철근배근, 콘크리트를 타설, 양생, 탈형까지 PC부재의 전 공정을 자동화형태로 완료시키는 방식이다. 인력의 이동을 감소시켜 생산성이 향상되나 초기시설 투자비가 고가이다. 주로 바닥판 부재 제작에 사용된다.

4) 배터리 몰드 시스템 (Battery Mould System)

강재 거푸집 및 몰드를 설치하는 수직철판(cold shutter)과 열을 가하는 가열철판(hot shutter)을 세로 형태로 세워놓는 작업대로 구성되어 여기에 콘크리트를 삽입한 후 타설하여 제작하는 방식이다. 한 번의 양생과정에서 여러 개의 부재를 생산할 수 있어 생산성은 좋지만 복잡한 형태의 부재는 생산할 수 없어 비교적 단순한 내벽부재를 주로 생산한다.

5) 패드 시스템 (Pad System)

프리스트레스(prestressed)를 사용해야하는 장스팬의 부재를 생산하기 위한 시스템으로 야외에 주로 설치한다. 주로 형태와 중량으로 인해 실내에서 생산이 어려운 비평판형부재, 중량부재, 계단부재 등을 생산한다.

2.3.4 구조형식에 의한 분류

1) 판식구조

PC판식 공법은 RC조 구조부재를 Room size 단위로 공장에서 PC로 제작하여 현장에서 조립하는 공법이다. 대규모 단지에서 공동주택이나 저층의 주택을 건축 시 사용하는 공법으로 대형 Panel을 사용하므로 부재간의 접합부가 감소하여 품질이 향상된다.

PC부재를 횡(가로)방향으로 사용하는 방식을 횡벽구조(Long wall system)라고 하며, 평면 구조상 내력벽을 횡방향으로 배치하기 때문에 평면계획에 유리하다. 하지만 외벽이 내력벽 기능을 담당하여 개구부 설치 시에는 불리한 방식이다. 이에 반해 종(세로) 방향으로 사용하는 방식을 종벽구조(Cross wall system)라 하며, 외벽을 비내력벽으로 처리 가능하여 경량 Curtain wall로도 처리가 가능하다. 위 두 가지 방향으로 내력벽 PC패널을 사용하는 방식을 양벽구조(Mixed wall system)라고 하며, 외벽은 내력 또는 비내력벽으로 처리가 가능하다.

2) 골조식 구조

골조식 구조는 주요부재인 보, 기둥, 슬래브 등의 부재 일부 또는 전부를 PC 부재로 시공하는 공법이다. 골조식 구조로는 HPC(H형강+PC) 공법, RPC(Rahmen+PC) 공법 및 적층공법이 있다.

HPC 공법은 H형강을 기둥부재로 사용하고 다른 구조부재들을 PC 부재화시켜 현장에서 조립·접합하는 공법이다. H형강으로 된 기둥에는 현장에서 콘크리트 타설하여 시공한다. RPC 공법은 라멘구조의 주요 부재(기둥, 보)를 철골철근콘크리트(S.R.C 구조) 또는 철근콘크리트(R.C 구조)로 PC부재화를 통해 조립·접합하여 건축물을 구축하는 공법이다. 건축의 공업화율이 높아지며 공기단축 및 시공성도 확보 할 수 있다는 장점이 있다. 적층 공법은 철골로 골조 부분을 조립하고 공장 제작된 구조부와 외벽 등을 1개 층씩 조립하면서, 동시에 설비 및 마감공사도 1개 층씩 끝내면서 건축하는 공법이다. Unit floor나 Space unit을 사용하는 S조 적층공법, Prefab 공법에 부분적 현장타설 Con'c를 부어넣어 전체를 일체화 시키는 R.C조 적층공법, 1층 분량의 철골기둥 조립 후 보, 바닥판, 벽체의 PC부재를 조립·접합하고 기둥은 현장타설 Con'c로 1층씩 조립하는 S.R.C 적층공법 등이 있다.

3) 상자식 구조

주요부재인 보, 기둥, 슬래브 뿐 만아니라 벽까지 부재 전체를 PC부재로 시공하는 공법이다. 상자식 구조로는 Space unit 공법과 Cubicle unit 공법이 있다.

Space unit 공법은 공장에서 생산된 Space unit를 순철골조로 가공된 구조체 안에 삽입하여 건물을 건축하는 공법으로 주로 고층 공동주택에 적합하다. 조립 방식은 Space unit를 현장에서 삽입만 하는 방식으로 현장에서 어느 정도의 층(보통 3-6층)을 1unit으로 하여 PC벽 패널과 PC 바닥판을 조립·접합하는 공법이다. 공장생산에 의한 공기단축 및 품질확보에는 유리하나, 공장에서 부재가 박스 형태로 생산되므로 수송에 어려움이 있다.

Cubicle unit 공법은 공장에서 생산된 상자형의 부재 unit을 현장에서 연결 또는 쌓아서 1~2층의 주택을 건설하는 공법으로 단독주택을 양산하는 방식에 적합하다. 조립 방식은 외주에 PALC벽을 설치한 U자형 철골 라멘 구조를 공장에서 생산하여 현장으로 운반한다. 현장에서 평면 및 상하 unit을 고력 볼트로 접합한 뒤 전기배선 및 배관을 설치하여 완료한다. 실의 배치가 획일적이라는 특징이 있으며, 철골 라멘 구조로 중량인데다가 Room unit의 크기는 수송에 어려움이 있으며, 수송 시 진동에 대한 대책도 필요하다.

4) 기타

i) 합성슬래브공법(Half PC slab)

합성 슬래브란 하부는 공장 생산된 PC판 형식 부재를 사용하고, 상부는 현장타설 Con'C로 일체화하여 바닥 슬래브를 구축하는 공법이다. PC와 현장타설 콘크리트의 장점을 가진 공법으로, 건설 인력의 해소와 시공의 안전성 확보할 수 있는 공법이다.

ii) Lift Slab

Lift Slab 공법이란 바닥 슬래브나 지붕판을 지상에서 제작 조립하여 설치위치까지 Jack으로 들어올려 접합하는 공법을 말한다. 빌딩, 아파트, 공장, 주택, 체육관 등 적용 범위가 넓은 공법으로, 부재를 현장에서 제작하므로 작업장의 확보가 중요한 공법이다.

iii) 다기능 패널

다기능 패널이란 공간 구성에 필요한 수납, 마감, 설비, 열성능, 차음, 개구 등의 다양한 기능을 가진 패널이다. 부재의 표준화가 선행되어야하며, 제품이 공장생산이므로 품질향상 및 공기단축에 유리하다.

2.4 선행연구 고찰

경제개발 초기에 정부의 대량의 주택공급 과정 중에 노동인력의 부족, 자재수급의 어려움, 품질저하 등 재래건설기술의 문제점이 부각되어 공동주택의 생산성을 향상하기 위한 대안으로 단기간 내에 양질의 건물을 대량으로 건설 할 수 있는 생산기술을 적극적으로 도입하여야 한다는 인식이 일반화되었다. 이러한 이유로 PC공법이 도입된 초기에는 PC산업을 활성화시키기 위해 기존의 재래식공법인 RC공법과 비교하여 분석한 연구나 PC공법의 기술적인 문제를 해결하는 연구 등이 진행되었다.

먼저 PC공사 도입을 활성화시키기 위한 ‘PC공법 적용성 분석 및 개선방향 제시(표 2.4)’ 고찰 결과, PC기술의 고급화를 위한 방안으로 검사 기술 및 전용 해석 프로그램 개발, 공정관리 체계화 기법 개발, PC부재 생산 방식 개선 등 PC공법 개발 방안 제시(정하선, 1993), PC아파트와 RC아파트의 주요 하자유형을 입주자와 사례를 통해 비교·분석 자료를 제시(신동우 외, 1994), 기존 프로젝트에서 수행되는 PC공사의 여러 가지 문제 유형을 파악하여 PC산업을 활성화시키기 위한 신공법 적용방안과 정책적인 지원 방안을 제시(이상철, 1993; 안성훈 외, 2004), 공동주택 공사의 생산성 향상을 위해 건축 외관용 PC의 도입을 제안하고, 전문가 인터뷰 및 토론을 통한 델파이 기법과 설문 조사를 수행하여 건축 외관용 PC의 적용 타당성을 제시(이현석 외, 2008) 등의 연구가 진행되었다. 이들 문헌에서는 PC공법이 RC공법과 비교하여 공법상의 성능으로는 차이가 없지만 아직 미진한 시공법 및 정책적 기준 미흡, 관련 기술개발의 미흡 등으로 인해 PC공법의 생산성을 극대화하지 못하는 점을 지적하였다.

표 2.4 PC공법 적용성 분석 및 개선방향 관련 연구

구분	저자 (년도)	연구 제목
PC공법 적용성 분석 및 개선방향 제시	정하선 (1993)	PC기술 고급화를 위한 향후 연구과제
	이상철 (1993)	PC주택관련 기준상에 나타난 활성화 제약조건 및 개선방향
	신동우, 김창덕 (1994)	PC주택 하자유형 분석
	안성훈 외 2인 (2004)	건설업의 PC 기술 활성화 방안에 관한 연구
	이현석 외 3인 (2008)	공동주택 공사에서의 생산성 향상을 위한 건축 외관용 PC의 적용 타당성 분석

PC공법은 관리 흐름상 부재가 현장 외부에서 생산되어 반입되고 현장에서는 이를 단순히 조립, 마감처리 하는 방식으로 생산, 운송, 시공의 관리가 통합되지 못하여 각 관리업무가 담당자간에 비효율적으로 이루어짐으로써 PC공법이 타 공법에 비해 경제성이나 공사기간 측면에서 뚜렷하게 우위를 점하지 못하고 있다. 따라서 이를 보완하기 위해 PC공사에서 관리 체계 개선을 위한 연구들이 진행되었다(표 2.5).

조기덕(2006)은 건설에서 건식화 및 공업화 추세에 대응하고 생산성 및 품질을 향상하기 위하여 비주거용 PC부재 생산의 경제성과 효율성에 대하여 연구하고, 자재입고부터 생산, 야적, 수송, 조립에 이르기까지 전반의 과정에서 공정 상호간에 복잡하게 교류되는 정보를 통합적으로 전산 관리하는 시스템의 기반을 제시하였다. 박영준(2014)은 몰드 리빌딩 방식을 PC부재 생산 공정에 적용하는 경우 비용 및 납기일이라는 제약조건을 동시에 만족시키기 위해 생산의 작업우선순위를 고려하여 일자별 최적 몰드 배치계획을 수립하는 생산 스케줄 산정 모듈을 제시하였다. 정지숙 외 2인(2013)은 건설분야에서 생산성 향상을 목적으로 IT(Information Technology) 기술 적용에 대한 관심이 높아짐에 따라 적극적으로 도입되는 추세인 BIM(Building Information Modeling) 기술을 활용하여 PC부재를 대상으로 기획, 설계, 생산 및 시공단계의 정보관리를 통하여 효율성 향상을 위한 BIM 기반의 프로세스를 제안했으며, 황정현(2014)은 BIM기술을 활용하여 PC공법을 이용한 건설공사를 보다 효율적으로 관리하기 위하여, BIM 기술을 적용하여 PC의 설계단계부터 생산, 운반, 시공 등 공정 전반에 걸쳐 통합관리가 가능한 BIM기반의 프로세스를 제안하였다.

표 2.5 PC공법 통합관리 체계 및 시스템 개발 관련 연구

구분	저자 (년도)	연구 제목
PC공법 통합관리 체계 및 시스템 개발	조기덕 (2006)	PC(Precast concrete) 조립식 건축공법의 통합관리 및 활성화 방안에 관한연구
	정지숙 외 2인 (2013)	PC 부재 제작을 위한 BIM기반 프로세스
	박영준 (2014)	PC생산 공법의 일정·비용 최적화 시스템
	황정현 (2014)	BIM기반 Precast Concrete 공법 통합관리 프로세스 구축
	신나래 외 3인 (2016)	프리캐스트 콘크리트 부재의 생산일정 계획을 위한 의사결정 지원시스템 개발

2.5 소 결

PC공법이란 건축물에 구조부재를 공장에서 규격화된 형태로 생산하고 이를 현장으로 운송하여 조립하는 공법으로, 기존의 RC공법과 달리 부재를 공장에서 생산하기 때문에 양질의 부재 생산 및 공기와 인건비를 절감 할 수 있는 공법이다. 건설인력의 고령화와 노동임금이 갈수록 상승하면서 이러한 문제에 대한 대안으로 PC공법의 수요는 점점 증가할 전망이지만, 현재 PC공법은 공법의 장점을 충분히 발휘하지 못하는 실정이다. 과거에 무분별한 PC공법 남용으로 인해 PC공법의 기술적인 문제를 해결하는 연구 및 개발은 많은 진전을 이루었지만 PC공법의 관리와 관련된 선행연구의 고찰은 다음과 같다.

- PC공법은 RC공법에 비해 많은 참여주체가 참여하고, 설계-생산-운송-시공의 일련의 공정이 공사관리가 통합되지 않아 비효율적으로 수행되고 있지만 이에 대한 개선 연구는 기술연구에 비해 상대적으로 미흡한 수준이다.
- 자재입고부터, 생산, 야적, 수송, 조립에 이르기까지 전반의 공정을 통합적으로 전산 관리하는 시스템의 기반을 제시한 연구는 있었지만 계획수립에 필요한 정보만을 위주로 연구 진행하여 정보의 유형이 제한적 이었다.
- 설계단계에서 부재제작에 관련한 정보를 BIM 기술을 적용시켜 PC부재 설계 및 부재 정보관리를 개선하는 연구가 몇몇 진행되었지만, 설계단계에서 발생하는 BIM 정보를 중심으로 연구하여, PC공사에서 수행되는 전반적인 관리업무가 진행됨에 있어 참여하는 모든 참여주체간의 정보교환의 개선에 대한 연구는 부족하였다.

이에 본 연구는 건축물 공사에서 PC공법이 적용되면서 수행되어지는 관리업무를 파악하고 설문조사와 통계분석을 통해 생산성에 영향을 크게 미치거나 자동화·정보화 기술의 적용이 필요한 업무들을 분류하여 주요 관리업무를 도출 할 것이다. 또한 도출된 주요 관리업무들이 현재 어떠한 방식으로 정보교환이 이루어지고 있으며 정보화 기술을 적용할 때의 기대효과 등을 연구할 것이다.

제 3장 PC공사 관리업무 도출 및 분석

본 장의 목적은 PC공사 생산성에 중요한 영향을 미치는 업무들과 생산성 향상을 위해 개선이 필요한 업무들을 선별하고 중요도를 분석하는 것에 있다. 자동화기술을 적용하기 위해서는 생산성 관련 중요업무 파악뿐만 아니라 현장 실무자들의 인식이 반영된 개선이 필요한 업무를 선별할 필요가 있었다. 따라서 이러한 주요관리업무들을 도출하고 분석하는 것은 효율적인 관리를 위한 관리방식의 개선을 위해서 반드시 필수적인 과정이다.

3.1 PC공사 관리업무 선정

3.1.1 문헌 조사를 통한 1차 업무 선정

PC공법으로 시행되는 건설공사 공정간 주요 관리업무를 파악하기 위해 1차적으로 관련 문헌 조사를 수행하였다. PC공정에서 부재제작 과정과 부재운송 후 현장에서 조립에 관련된 세부 업무에 대한 연구는 많이 수행되었지만 그와 관련된 업무관리에 관한 연구는 부족한 실정이다. 이에 따라 설계부터 현장조립까지 이루어지는 업무의 관리 범위를 정의하기 위해 PC공법 생산 공정 개선안(황석연 외, 1997), BIM기반 PC공사 관리 시스템 개발 관련 연구(황정현, 2014), PC공사 시뮬레이션 모델 개발(이재만 외 2019) 등의 기존문헌들을 고찰하여 관리 업무 선정을 수행하였다.

황석연 외(1997)는 PC부재관리에 있어 부재의 흐름 및 관리주체에 따라 공장에서는 부재의 생산관리, 공장야적 및 출하관리를 현장에서는 부재의 현장반입 및 현장 야적관리를 분석 대상으로 언급하였다. 현장에 부재공급을 적기에 공급하기 위해서는 공장에서 이루어지는 업무는 조립 생산성에 최대한 중점을 두고 이루어져야하며, 그렇기 때문에 공장은 현장에서 부재조립계획에 따라 야적장내에서 부재관리가 합리적으로 이루어져야한다고 주장하였다. 이를 위해 부재생산관리 범위에서 주요 관리 항목으로 ‘부재의 생산일정’을 중요한 변수로 선정하였고, 공장과 현장 모두 부재의 적절한 야적계획을 통해 안전재고 확보와 부재파손으로 인한 공기지연을 방지해야하며, 상호협조를

통해 출하와 반입간의 정보연계를 구축하여 생산성의 증가를 기대할 수 있다 언급하였다.

황정현(2014)은 PC부재의 설계방식은 RC구조물의 설계방식과 동일하지만, 부재의 생산 및 운반을 위해 부재를 분할하여 설계하여야 하는 점과 현장 조립을 위해 부재와 부재사이의 접합부에 대한 별도의 설계가 필요한 것에 차이점을 언급하였다. 부재는 공장에서 현장으로 운송과정을 거치기 때문에 도로교통법에서 정하는 최대 적재물 크기를 고려해야하며, 현장에 야적이 필요한 경우 야적장의 크기도 고려한 ‘부재 및 접합부 설계’ 계획을 세워야한다. 또한 경제적인 설계를 위해서는 몰드의 재사용율을 높이는 것이 중요하며, 이를위해 부재의 형상과 배근을 단순화하여 통일시켜 최소한의 몰드로 많은 부재를 생산할 수 있는 ‘몰드 설계 계획’이 필요하다.

이재만 외(2019)는 PC공사의 관리업무를 디지털화하고 업무 효율성을 향상시킬 목적으로 개발된 공사 관리 업무용 플랫폼인 RPMS(Real-time Precast-concrete Management System)를 적용한 공사 사례에 관한 연구에서 RPMS가 지원하는 주요 관리업무들을 소개하였다. 첫째로 시공 순서에 따라 구획을 나누고, 시각적으로 표현하여 현장관리자들이 시시각각 현황을 파악하는 업무인 ‘조닝/공정 순서 계획’ 업무를 언급하였다. 해당 업무는 PC공사에 있어서 설계 후 현장관리자가 가장먼저 수행하는 업무이며, 기존 업무 방식에 의하면 도면을 출력하여 시공순서별로 구획을 나누어 도면에 색상으로 표기하여 공정계획이 변경될 때마다 같은 업무를 반복해야하여 공사 진행 중 특정 부재 발주를 놓치는 경우도 있다 언급하였다. 다음으로 ‘부재 반입 요청’ 업무로 현장관리자가 공장에 생산을 요구하는 이메일이나 스마트폰 채팅 어플리케이션을 활용하는 방식으로 수행되며, 기존 업무 방식으로는 의사소통 간 데이터의 효율적인 보존과 관리가 어려운 점을 지적하였다. 이와 더불어 생산이 완료된 부재의 공장 출하 및 현장반입을 관리하는 업무인 부재반출 관리 체계도 기존의 방식보다 효율적으로 정보를 업데이트하고 실시간으로 확인할 수 있는 방안을 제시하였다. 마지막으로 ‘기성물량 산정’에 관한 업무를 언급하였는데, 이는 월별 기성물량의 산출은 공사금액과 직결된 부분이라 매우 정확해야하며 기존에는 시공된 부위를 도면으로 확인하고 해당부재를 계약서류를 토대로 물량을 집계 및 산출하는 방식이라고 언급하였다. 따라서 설계 변경이나 해당기간동안 시공 물량이 많은 경우들로 등으로 인해 도면의 내용과 계약서류 내용이 일치하지 않는 경우 정산 결과가 실제 시공량과 상이하게 나타나 업무의 지연에 초래할 수 있다고 언급하였다.

이러한 과정을 통해 설계부터 현장조립까지 이루어지는 관리범위 1) 설계관리, 2) 부

재생산관리, 3) 조달관리, 4) 현장조립관리, 5) 안전관리, 6) 원가관리의 6개의 범위를 선정하였다. 또한 각 관리범위에서 실행되는 관리업무를 선정하여 24개의 관리업무가 1차적으로 도출되었다(표3.1).

표 3.1 PC공사 관리범위 및 업무 분류

관리범위	관리업무
설계관리	적용구간 설정, 공법 선정, 부재 및 접합부 설계, 매입물 설계, 조닝/공정 순서 계획, 몰드(형틀) 설계, 공장 야적 계획, 현장 야적 계획, 생산일정 계획, 진입로 계획
부재생산관리	생산부재 상태, 생산일정 및 정보 관리
조달관리	부재반입 요청, 부재상태 업데이트
현장조립관리	부재 반입 및 간섭사항 검토, 먹매김 및 앵커볼트 상태, 설치부재 시공오차, 철근 배근 및 설비설치상태, 콘크리트 강도, 균열/파손 발생, RC와 PC접합부 시공관리
안전관리	양중상태, 안전시설 설치상태
원가관리	기성물량산정

3.1.2 전문가 그룹 인터뷰를 통한 최종 업무 도출

앞서 문헌 조사를 통해 1차적으로 도출된 6개의 관리범위와 24개의 관리업무를 토대로 PC공장 실무자 및 PC공법을 사용한 건설공사를 전문적으로 수행하는 건설업체의 전문가들을 직접 방문하여 인터뷰를 수행함으로써 PC공사 관리범위 및 관리업무를 최종 도출하였다. 인터뷰는 PC공법관련 공사 실무경력 20년 이상 전문가 5명과 함께, 약 3개월(2020. 07 ~ 2020. 09)에 걸쳐 진행되었다(표 3.2).

표 3.2 인터뷰 개요

구분	내용
대상	PC공법 전문가 5명
기간	2020년 7-9월(약 3개월)
응답자 실무경력	20년 이상

먼저 현장조립관리 범위에서 ‘철근 배근 및 설비설치 상태’, ‘콘크리트 강도’, ‘균열/파손 발생’과 관련된 관리 업무들은 현장조립 과정보다 사전에 이루어지는 작업이며 공장에서 현장으로 부재가 반입되는 과정에서 검수를 통해 관리하는 업무이므로 별도로 관리범위를 분리하여 정의하는 것이 적절하다고 언급하였다. 때문에 ‘현장 반입 부재검수’라는 관리범위를 추가로 정의하였고, 콘크리트 강도 측정 결과 및 철근배근, 설비설치 상태와 같은 PC부재의 정보가 담긴 서류를 부재와 같이 검수하는 과정을 ‘PC 부재 생산 Check-list 관리’라는 업무로 정의하였다.

관리업무 중 ‘설계관리’는 ‘계획’이란 명칭이 더 적절하다는 의견을 제시하였으며, 이에 따라 ‘적용구간 설정’과 ‘공법 선정’ 업무를 ‘PC화 계획’과 ‘PC 구조계획’으로 각각 수정하였다. 추가적으로 ‘PC 구조계획’같은 경우 공법 선정이라는 정의는 포괄적인 내용이기 때문에 구체적인 예시를 제안하였다. 기초-기둥 접합부에서 접합방식 선택, 선/후 시공 앵커 결정 등과 관련된 계획이나 기둥-보 접합부에서 접합 방식 및 철근 정착 상세 결정과 같은 계획, 슬래브 경우 1방향-2방향, 연속슬래브-단순슬래브 인지 결정하는 계획 등을 서술하면 실무자들의 이해를 돕는데 유용하다고 언급하였다. 또한 ‘부재 및 접합부 설계’, ‘매입물 설계’ 관리 업무는 PC 부재 제작과 직접적으로 관련된

업무이므로 ‘PC부재 설계’라는 업무로 통합시켰으며 관련 업무 정의에는 부재설계이외에도 생산도면(Shop dwg) 작성도 추가하는 것이 적절할 것이라고 언급하였다. 그 외에 ‘현장 야적 계획’ 관리업무는 생산성을 높이기 위해 현장에 부재야적을 하지 않고 반입과 동시에 바로 조립으로 넘어가는 추세여서 제외시키는 것이 적절하다고 제시하였다.

이밖에도 부재생산관리 범위에서는 ‘생산부재 상태’라는 명칭보다 ‘PC 부재 생산 및 검수’라는 명칭을 사용하여 정의에 콘크리트 강도 Test, 부재 생산 오차 검수, PC부재 품질 관리(파손, 하자보수)등의 내용을 명시하여 실무자들이 업무내용의 이해를 돕는 것을 제안하였다. 원가관리 범위에서는 부재의 물량을 토대로 비용을 산출해야하기 때문에 부재의 콘크리트(m³), 철근(kg), PEC-Part(ea) 등 내역을 산정하는 ‘내역산정’ 관리업무를 추가하는 것을 언급하였다.

이러한 전문가 의견을 토대로 추가, 제거 및 수정된 사항은 다음과 같다. 1) 현장조립관리 업무에서 몇 개의 업무들을 분리하여 ‘반입자재 검수’ 관리 업무로 별도로 구분하고, 2) ‘설계관리’ 관리범위를 ‘계획’이라는 명칭으로 변경하였으며, 3) 원가관리에서 ‘내역 산정’ 관리업무를 추가하였다. 또한 몇 개의 관리 업무의 명칭을 실무자가 이해하기 쉽도록 변경하였으며 이에 맞춰 정의 또한 추가 및 변경하였다. 이에 따라 PC공사 관리범위 7개와 그에 해당하는 22개의 업무를 포함하여 최종적으로 도출된 PC공사 관리업무는 <표 3.3>과 같다.

표 3.3 PC공사 관리범위 및 업무 도출 결과

관리범위	관 리 업 무	정 의	
계획 (A)	A ₁	PC화 계획	- PC공사 적용구간 설정
	A ₂	PC 구조계획	- 기초-기둥 접합부 계획(모멘트접합or편접합, 선/후시공 앵커 결정) - 기둥-보 접합부 계획(모멘트접합or편접합, 철근 정착 상세 결정) - 슬래브공법 선택(1-way/2-way, 연속슬래브/단순 슬래브)
	A ₃	PC부재 설계	- PC부재 구조설계(기둥, 보, 슬래브, 벽 등)
	A ₄	조닝/공정 순서 계획	- PC공사 적용구간 조닝/공정순서 계획
	A ₅	진입로 계획	- 부재 공사현장 반입 시 진입로 계획 - 중장비(H/C) 하중지지를 위한 기초강도 확보 및 구조 검토를 통한 이동통로 계획
	A ₆	몰드(형틀) 설계	- Mould(형틀) 전용 생산·배치 계획
	A ₇	공장 야적 계획	- 부재 출하 전 공장부지내 야적계획
	A ₈	생산일정 계획	- PC부재 생산일정 계획(생산 매트릭스 작성)
부재 생산 관리 (B)	B ₁	PC 부재 생산 및 검수	- 철근배근 및 매립물 상태 - 콘크리트 압축강도 Test - 부재 생산 오차 검수 - PC부재 품질 관리(균열 및 파손, 하자보수)
	B ₂	생산일정 및 정보 관리	- PC부재 생산일정 및 부재 정보 관리/업데이트
조달 관리 (C)	C ₁	부재반입 요청	- PC부재 현장 반입 요청 의사소통 체계
	C ₂	부재반출상태 업데이트	- 부재 출하·반입 상태 업데이트
현장 반입 부재 검수 (D)	D ₁	PC부재 생산 Check-list 관리	- 반입 부재 검수 - 생산 부재 Check-list 수령
	D ₂	균열/파손 발생	- PC부재의 균열/파손 발생 점검 및 관리
현장 조립 관리 (E)	E ₁	부재반입 및 간섭사항 체크	- PC부재 반입 시 공간 간섭사항 체크
	E ₂	떡매김 및 앵커볼트 상태	- 바닥 떡매김 및 앵커볼트 상태
	E ₃	설치부재 시공오차	- 설치된 PC부재 시공오차 관리
	E ₄	RC와 PC접합부 시공 관리	- RC와 PC부재 접합부위 시공 관리
안전 관리 (F)	F ₁	양중상태	- 공사 진행 중 부재 양중상태 관리
	F ₂	안전시설 설치상태	- 공사현장 안전시설 설치상태 관리
원가 관리 (G)	G ₁	내역 산정	- 콘크리트(m ³), 철근(kg), PEC-Part(ea)등 내역 산정
	G ₂	기성물량 산정	- 시공 기성물량의 산정 및 관리

3.2 데이터 수집 및 신뢰도 평가

앞서 문헌조사와 PC공사 전문가 자문을 바탕으로 PC공사 관리범위 7개와 관리업무 22개를 도출하였다. 이에 대한 생산성 영향도와 개선 필요성을 평가하고 분석하기 위하여 PC공사 관련 종사자들을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 설문지는 1) 응답자 기본정보, 2) 관리범위 및 업무별 생산성 영향도, 관리범위 및 업무별 자동화·정보화 요구도 조사(5점 척도), 3) 관리업무별 생산성 영향도 및 자동화·정보화 요구도 조사(5점 척도), 이상 3개의 파트로 구성하였다. 설문지는 온라인설문 방식으로 배포되었으며, CM, PC업체, PC공법 설계사, PC공사 수주 시공사, 학회를 대상으로 하였다. 설문 기간은 약 1개월(2020년 9월)로 총 80부가 회수되었다. 이를 바탕으로 설문 응답자들의 인적 조사 결과 건설업무 평균 실무경력은 15년, 그리고 PC공사 수행경력은 평균 6년으로 집계되었다(표 3.4). 각 답변자의 소속은 1) 시공사, 2) PC업체, 3) 설계사, 4) CM, 5) 기타 순으로 많이 답변을 하였으며, 기타를 제외한 PC업무 관련 경력은 설계사가 평균 9년으로 가장 많았으며 PC업체, CM, 시공사 순으로 경력이 많았다(그림 3.1).

표 3.4 설문조사 개요

구분	내용
대상	CM, PC업체, 설계사, 시공사, 기타
기간	2020년 9월(약 1개월)
응답자 건설업무 실무경력	평균 17년
응답자 PC공사 관련 실무경력	평균 8년

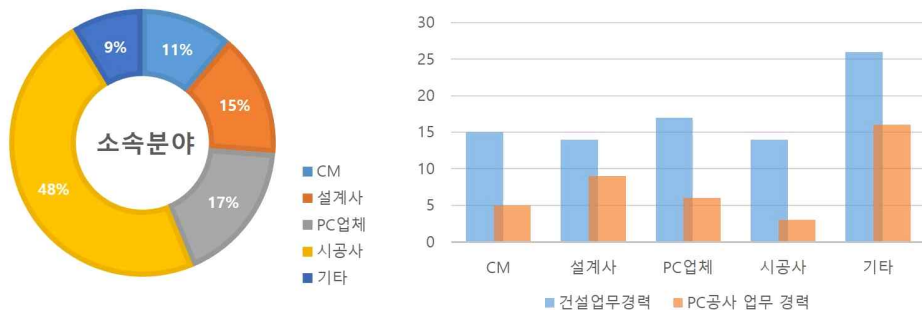


그림 3.1 응답자 실무경력 분포 및 건설-PC공사 업무경력

수집된 설문 응답 데이터의 분석을 진행하기 앞서, 설문 응답 결과의 신뢰도 평가가 요구된다. 다수의 설문 응답자가 각 문항에 대해 반복적으로 응답한 결과의 일관성을 평가하는 것으로 파악될 수 있으며, 일반적으로 내적일관성(Internal consistency) 평가를 통해 이루어진다. 본 연구에서는 내적일관성 검증을 위해 널리 이용되는 Cronbach's α 계수를 사용하였으며, 식 (1)을 통해 측정된다. 내적일관성이 높을수록 항목들 간의 상관관계가 높은 것으로, 본 연구의 신뢰도 기준은 Cronbach's α 계수 0.7 이상으로 판정하였다(Hair J 외, 2005).

$$\alpha = \left(\frac{k}{k-1} \right) \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_i^2}{\sigma_t^2} \right) \text{-----(1)}$$

k 는 전체 항목 수, σ_i^2 는 i 항목의 분산값, σ_t^2 는 전체 항목의 분산값을 의미한다.

설문 응답 결과의 신뢰도 평가는 내적일관성의 검증을 위한 Cronbach's α 계수를 이용하였다. 측정 결과 관리범위-생산성 영향도(0.769), 관리범위-자동화·정보화 요구도(0.801), 관리업무-생산성 영향도(0.917), 관리업무-자동화·정보화 요구도(0.936), 전체(0.965)로 기준치보다 높게 나타났다(표 3.5). 따라서 본 장의 PC공사 관리범위 및 업무별 생산성 영향도와 자동화·정보화 요구도에 대한 설문 결과는 신뢰할 수 있는 것으로 판단된다.

표 3.5 신뢰도 평가

구 분	Cronbach's α
관리범위-생산성 영향도	0.769
관리범위-자동화·정보화 요구도	0.801
관리업무-생산성 영향도	0.917
관리업무-자동화·정보화 요구도	0.936

3.3 PC공사 관리범위 및 업무 기술통계 분석

PC공사 관리범위 7개와 그에 해당하는 22개의 업무들의 생산성영향도 및 자동화·정보화 요구도 조사결과를 바탕으로 기술통계분석을 실시하였다. 모든 관리범위와 업무의 왜도(Skewness)와 첨도(Kurtosis)의 절대값이 2 보다 작게 나타나므로 정규성에 크게 벗어나지 않는다고 기술 할 수 있다(김원표, 2017). 따라서 각 관리 범위 및 업무의 영향도 및 요구도 평균이 다른 변수와의 관계를 파악함에 있어 문제가 없을 것이라 판단하였다.

3.3.1 생산성 영향도 분석

먼저 PC공사 공정간 생산성에 영향을 크게 미치는 관리범위와 업무들을 분석하여 <표 3.6>과 <표 3.7>과 같이 정리하였다. <표 3.6>에서 볼 수 있듯이 실무자들이 중요하게 생각하는 관리범위는 ‘계획(A, 4.59)’으로 가장 높게 나타났다. 이는 현장에서 대부분의 작업이 수행되는 기존의 RC 공법과 달리, PC공법은 생산부터 운송과정을 거쳐 조립 후 현장관리까지 여러 수행공정들을 거치기 때문에, 각 공정들 간의 연관성을 충분히 검토하여 공기의 지연을 방지하기 위한 ‘계획’ 수립의 중요성을 확인할 수 있었다.

이어 ‘현장조립관리(E, 4.30)’, ‘안전관리(F, 4.30)’들이 중요도가 높은 것으로 확인되었으며, 현장조립관리 같은 경우, 현장에서 부재의 조립이 후행공정의 진행과 완공 후 건물의 품질과도 직결되기 때문이라고 판단된다. 안전관리 또한 부재조립 공정과 밀접하게 연관되어 진행되며 PC공법 특성상 보, 기둥, 슬래브와 같이 완성된 PC부재를 부재단위로 이동시키기 때문에 인명사고 예방 대책에 각별히 주의를 들이는 편이다.

‘부재생산관리(B, 4.29)’ 관리범위 같은 경우, 건축물의 완성품질에 있어 조립 후 관리에 앞서 부재의 품질 또한 매우 중요하게 관리되어야하기 때문에 그 중요성이 높게 나온 것으로 판단된다. 또한 부재의 생산품질 뿐만 아니라 현장에 차질 없는 부재공급을 위해서는 부재의 생산 기간 및 현장 공정 진행 정도, 공장 재고정보, 공장 야적장 사용현황, 운송계획 등 다양한 정보를 토대로 생산일정을 조율해야하는 중요 관리업무이기 때문에 높은 영향도가 나타난 것으로 확인했다.

표 3.6 관리범위 생산성 영향도 기술통계

관리범위	중요도 평균	표준편차	최솟값	최댓값	왜도	첨도	순위
A	4.59	0.59	3.0	5.0	-1.11	0.28	1
B	4.29	0.70	3.0	5.0	-0.46	-0.85	4
C	3.99	0.83	1.0	5.0	-0.51	0.43	5
D	3.96	0.79	2.0	5.0	-0.41	-0.18	6
E	4.30	0.68	3.0	5.0	-0.46	-0.79	2
F	4.30	0.72	3.0	5.0	-0.52	-0.91	2
G	3.93	0.82	3.0	5.0	0.14	-1.51	7

관리업무에 대해 생산성 영향도를 분석한 결과, ‘RC와 PC접합부 시공관리(E₄, 4.51)’ 업무가 가장 높은 영향도로 나타났다. 미리 제작된 PC부재와 현장에서 타설하는 RC와는 이질적인 접합이기 때문에 Topping Con’c로 상부의 일체성을 확보하더라도 하부는 조인트접합으로 시공하기 때문에 조인트 부분에 미세한 거동이 발생하여 접목부위에 누수가 발생하여 품질에 영향을 주기 쉽다. 또한 시공과정 중 PC부재와 접목되는 RC 부위의 거푸집의 제작에 오류가 있을 경우 걸침길이 부족으로 부재의 붕괴의 위험을 초래하고 이는 후속 공기 지연 및 추가 비용 발생을 야기 할 수 있어 중요 관리업무로 판단된다(현대건설 PC공사 시공계획서, 2013).

이어서 높은 영향도를 가진 업무는 ‘조닝/공정 순서 계획(A₄, 4.34)’와 ‘PC 구조 계획(A₂, 4.31)’으로 나타났다. 조닝/공정 순서 계획은 앞서 말했다시피 PC공사에 있어서 공사 진행을 위한 현장의 시공 및 작업순서의 계획을 수립하기 위해 설계 후 현장관리자가 가장 먼저 수행한다. PC 구조 계획은 이러한 조닝/공정 순서 계획의 선행업무이며 뿐만 아니라 PC 구조 계획을 통해 구조계산서 및 구조도면이 작성되고, 이를 바탕으로 PC공장에서 각 부재에 대한 도면과 접속부위에 대한 상세 제작도면을 작성하고 이를 이용하여 부재를 생산하기 때문에 중요한 관리업무로 나타났다.

계획관리 범위에 해당하는 관리업무는 대체적으로 높은 영향도를 가졌음에도 불구하고 ‘공장야적 계획(A₇, 3.71)’ 관리업무는 모든 관리업무 중 가장 낮은 영향도가 나타났다. 이는 야적계획이 부재의 공장 보관 중 오염 및 파손의 방지를 위한 고임목 설치, 배수상태 관리, 운반과정 중 진동을 최소화하기 위한 현장바닥 상태관리와 같이 부재 품질에 직접적으로 관련성이 떨어지는 업무이다. 또한 원활한 양중 및 반출을 고려하여 야적계획을 수립하여도 각종 공정이 복합적으로 진행되는 공사현장에 비해 계획 수립의 중요성과 복잡성이 상대적으로 떨어지는 것으로 판단된다.

‘내역 산정(G₁, 3.94)’, ‘기성물량 산정(G₂, 3.84)’ 관리업무가 수행되는 원가관리 범위는 다른 관리범위에 비해 상대적으로 낮은 생산성 영향도가 나타났다. 해당 관리범위는 작업 단계 진행에 따른 기성 지급이나 공정이 진행되고 비용을 산정하기 위해 투입된 자재의 내역을 산정하는 등 대체적으로 다른 공정들이 진행된 이후에 수행하는 관리업무이다. 그렇기 때문에 공정의 진행 자체에는 직접적으로 영향을 주기 힘든 관리업무로 구성되어있기 때문에 생산성 영향도 측면에서는 다른 관리범위들보다 낮은 영향도가 나온 것으로 판단된다.

표 3.7 관리업무 생산성 영향도 기술통계

관리범위	중요도 평균	표준편차	최솟값	최댓값	왜도	첨도	순위
A ₁	4.26	0.63	3.0	5.0	-0.27	-0.62	8
A ₂	4.31	0.70	3.0	5.0	-0.53	-0.84	3
A ₃	4.29	0.68	2.0	5.0	-0.68	0.43	4
A ₄	4.34	0.65	3.0	5.0	-0.48	-0.68	2
A ₅	3.99	0.72	3.0	5.0	0.02	-1.04	18
A ₆	4.00	0.76	3.0	5.0	0.0	-1.26	17
A ₇	3.71	0.81	2.0	5.0	0.0	-0.62	22
A ₈	4.25	0.70	2.0	5.0	-0.62	0.11	11
B ₁	4.21	0.67	3.0	5.0	-0.27	-0.76	13
B ₂	4.21	0.67	2.0	5.0	-0.53	0.40	13
C ₁	4.08	0.73	3.0	5.0	-0.12	-1.06	15
C ₂	3.88	0.77	3.0	5.0	0.22	-1.27	20
D ₁	4.08	0.63	3.0	5.0	-0.58	-0.44	15
D ₂	4.26	0.69	3.0	5.0	-0.40	-0.84	8
E ₁	4.28	0.59	3.0	5.0	-0.17	-0.52	7
E ₂	4.29	0.62	3.0	5.0	-0.28	-0.60	4
E ₃	4.26	0.63	3.0	5.0	-0.27	-0.62	8
E ₄	4.51	0.62	3.0	5.0	-0.88	-0.20	1
F ₁	4.24	0.75	3.0	5.0	-0.42	-1.10	12
F ₂	4.29	0.72	3.0	5.0	-0.49	-0.91	4
G ₁	3.94	0.75	3.0	5.0	-0.10	-1.21	19
G ₂	3.84	0.77	2.0	5.0	-0.12	-0.94	21

3.3.2 자동화·정보화 요구도 분석

자동화·정보화 요구도 분석도 마찬가지로 정규성 가정에는 문제가 없는 것으로 나타났으며, PC공사 공정에서 자동화·정보화 기술 적용이 필요하다고 요구되는 관리범위와 업무들을 분석하여 <표 3.8>과 <표 3.9>과 같이 정리하였다. 실무자들이 기술적용을 통한 개선이 가장 필요하다고 생각하는 관리범위는 ‘부재생산관리(B, 4.26)’로 가장 높게 나타났다. 이는 앞서 언급했다시피 부재생산관리 단계에서는 부재의 설계정보 및 생산기간, 공장의 부재 야적 공간, 생산된 부재의 품질, 현장재고 정보, 현장 조달 계획 등 수많은 정보를 토대로 공사 진행에 있어 차질 없이 수행해야하는 중요 관리단계이기 때문에 높은 요구도 값이 나타났다고 판단된다.

이어 ‘현장조립관리(E, 4.19)’가 높은 요구도 값이 나타났으며, 이는 현장관리 과정에서는 설치부재의 시공 오차 관리나 RC와 PC 접목 부위 시공 관리 등 부재의 시공 상태를 육안이나 장비를 통해 검측하여 결과 정보를 별도로 저장해야하는 작업이 많다. 이 때문에 검측과 정보 저장을 단일화 시켜 작업의 효율성의 상승을 기대할 수 있는 관리로서 높은 요구도가 나타났다.

표 3.8 관리범위 자동화·정보화 요구도 기술통계

관리 범위	요구도 평균	표준편차	최솟값	최댓값	왜도	첨도	순위
A	4.05	0.88	2.0	5.0	-0.55	-0.55	3
B	4.26	0.72	3.0	5.0	-0.45	-0.98	1
C	3.82	0.78	2.0	5.0	0.15	-0.97	6
D	3.88	0.78	2.0	5.0	-0.29	-0.29	4
E	4.19	0.83	1.0	5.0	-1.05	1.64	2
F	3.86	0.84	2.0	5.0	-0.13	-0.81	5
G	3.82	0.85	2.0	5.0	0.97	-1.15	6

자동화·정보화 요구도가 높은 관리업무로는 ‘RC와 PC접합부 시공관리(E₄, 4.51)’, ‘PC부재설계(A₃, 4.19)’, ‘PC 구조 계획(A₂, 4.31)’ 순으로 나타났다. ‘RC와 PC접합부 시공관리’ 관리 업무 경우 시공 단계에서 RC와 PC 접목부위가 공사 품질에 직접적으로 영향을 주는 요인으로 RC 타설 전/후로 철저한 관리가 필요한 업무이다. 반입 된 부재가 설계대로 제작되지 않거나 거푸집 강성이 부족하여 거푸집과 PC부재사이에 틈이 발생하는 경우와 타설 후 양생이후에도 건조수축 및 진동으로 인해 균열이 생기는 경우가 발생하기 때문에 지속적인 관리가 필요한 업무여서 높은 자동화 기술 적용 요구도가 나타난 것으로 판단된다.

이어 ‘PC 부재 설계’와 ‘PC 구조계획’과 같은 계획단계 관리 업무가 높은 정보화 요구도가 나타났다. 위 두 관리업무는 PC공법에서 기본설계와 실시설계에 관련 있는 업무로서 구조물형식 선정(RC, PC, 철골, 합성부재 등), 개략구조해석을 통한 구조 계산서, 몰드 제작 계획 등 PC공법 적용에 있어 전반적인 부재 설계 및 공법 채택을 선정하는 업무이다. 이처럼 다양하고 많은 양의 정보들이 예산 책정 및 공사계획 수립에 필요하며, 각 설계, 시공, 공장, 조립 관련 주체자들 간의 정보 교류에 있어 자동화·정보화 체계 적용은 실무자들에게 상당한 필요성을 끌었다고 판단된다.

표 3.9 관리업무 자동화·정보화 요구도 기술통계

관리 범위	요구도 평균	표준편차	최솟값	최댓값	왜도	첨도	순위
A ₁	4.11	0.75	2.0	5.0	-0.38	-0.52	6
A ₂	4.16	0.77	3.0	5.0	-0.29	-1.25	3
A ₃	4.20	0.70	3.0	5.0	-0.30	-0.92	2
A ₄	4.11	0.75	2.0	5.0	-0.56	0.13	6
A ₅	3.79	0.79	2.0	5.0	-0.07	-0.56	21
A ₆	3.94	0.75	2.0	5.0	-0.08	-0.76	18
A ₇	3.74	0.78	2.0	5.0	0.33	-0.95	22
A ₈	4.11	0.75	2.0	5.0	-0.37	-0.52	6
B ₁	4.05	0.63	3.0	5.0	-0.04	-0.48	12
B ₂	4.15	0.67	3.0	5.0	-0.19	-0.79	4
C ₁	4.08	0.73	3.0	5.0	-0.12	-1.03	11
C ₂	3.99	0.74	2.0	5.0	-0.17	-0.60	16
D ₁	3.98	0.73	3.0	5.0	0.04	-1.08	17
D ₂	4.09	0.78	2.0	5.0	-0.32	-0.83	10
E ₁	4.15	0.62	3.0	5.0	-0.10	-0.41	4
E ₂	4.00	0.73	2.0	5.0	-0.20	-0.51	15
E ₃	4.10	0.76	2.0	5.0	-0.35	-0.62	9
E ₄	4.28	0.78	2.0	5.0	-0.36	-0.47	1
F ₁	4.03	0.84	2.0	5.0	-0.44	-0.56	13
F ₂	4.01	0.86	2.0	5.0	-0.27	-1.07	14
G ₁	3.94	0.74	3.0	5.0	0.10	-1.12	18
G ₂	3.90	0.70	3.0	5.0	0.14	-0.94	20

3.4 생산성 영향도-자동화·정보화 요구도 관계분석

본 연구에서는 IPA기법을 응용하여 각 관리범위 및 관리업무 별로 생산성 영향도 및 자동화·정보화 요구도 관계에 대해 보다 직관적으로 비교, 파악하였다. IPA 기법은 본래 요인들의 성과수준(만족도)과 중요도를 측정하고 각각을 X축과 Y축의 2차원 평면상에 좌표로 표현함으로써 개선 우선순위, 과잉 투자순위 등을 파악하고 개선전략을 수립하는 데 활용 된다(Duke, C.R 외, 1996).

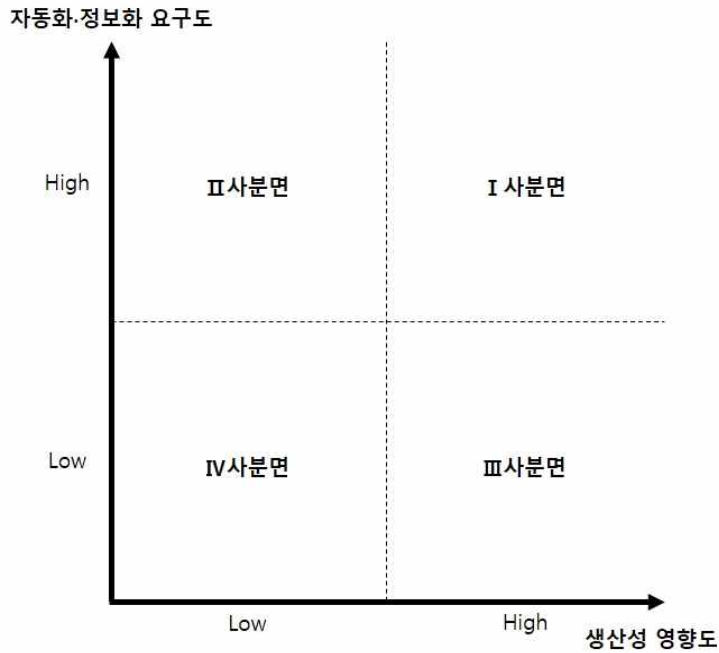


그림 3.2 중요도-표준편차 기반 IPA

본 연구에서는 설문을 통해 도출된 각 요인들의 생산성 영향도 및 자동화·정보화 요구도 평균에 기초하여 평균선을 기준으로 I, II, III, IV사분면으로 도식화하였다(그림 3.2). I 사분면에 분포하는 요인은 상대적으로 생산성 영향도와 자동화·정보화 요구도가 모두 높은 요인으로 해당 업무가 PC공사 생산성에 중요한 영향을 미치면서도 자동화·정보화 기술의 적용이 시급한 업무라 할 수 있다. II사분면에 분포하는 요인은 자동화·정보화요구도가 높으나 상대적으로 생산성영향도가 작아 자동화·정보화 기술의 적용은 필요하지만 생산성에는 영향이 적을 것이 판단되는 요인이다. III사분면에 분포

하는 요인은 상대적으로 생산성 영향도가 크고 자동화·정보화 요구도 낮은 요인으로, 생산성의 영향은 큰 업무이지만 자동화·정보화 기술 적용까지는 불필요하다고 볼 수 있는 요인이다. IV사분면에 분포하는 요인은 생산성 영향도와 자동화·정보화 요구도가 모두 낮은 요인으로 낮은 개선 우선순위로 분류하거나 기술적용의 대상에서 제외를 고려해볼 수 있는 요인이라 할 수 있다.

이를 바탕으로 PC공사 참여자들의 PC공법의 개선 우선순위에 대한 인식을 파악하였으며, PC공사 특성상 각 참여주체간의 원활한 의사소통 및 정보교류 등이 요구되므로 각 집단의 업무 인식에 대한 차이를 조사할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 PC공법의 계획 설계와 기본설계, 실시설계 및 부재생산과 관련된 집단인 설계사와 PC공장, 기타(연구원) 집단을 ‘설계’ 그룹으로 분류하였으며, 운송을 거쳐 현장으로 부재를 반입하여 조립부재를 현장에서 조립·접합 및 현장관리 등을 담당하는 시공사, CM을 ‘시공’ 그룹으로 분류하였다.

3.4.1 전체 생산성 영향도-자동화·정보화 요구도 IPA분석

1) 관리범위에 대한 생산성 영향도-자동화·정보화 요구도 IPA분석

<그림 3.3>은 PC공사 관리범위에 대한 생산성 영향도와 자동화·정보화 요구도에 대한 전체 실무자의 응답결과를 IPA 도식화 결과이다. ‘계획(A)’, ‘부재생산관리(B)’, ‘현장조립관리(E)’의 3개 요인은 I 사분면에 위치함으로써 생산성의 영향도가 크고 동시에 자동화·정보화 요구도가 높게 요구되는 관리단계라 할 수 있다. 앞서 분석한 바와 같이 계획단계는 공사의 전체적인 진행방향과 공사흐름을 결정하는데 부재실계나 구조계획 같은 계획들은 많은 양의 정보가 필요하므로 정보화 요구도가 높게 나온 것으로 판단된다. 또한 부재생산관리나 현장조립관리 관리업무들도 자동화 기술 적용을 통한 관리 성능 향상 요구도가 높은 것으로 판단된다. III사분면에 위치한 ‘안전관리(F)’ 단계는 각종 안전사고를 사전에 방지함으로써 생산성에 영향을 크게 주지만 자동화·정보화 요구도는 낮은 업무범위로 파악되었다. 업무특성상 위험요소 제거 및 작업 전 인부들을 대상으로 하는 안전교육, 점검, 보호구 착용 등 현장에서 즉시 시행되는 업무 위주로서 별도의 정보화의 필요성이 떨어질뿐더러 작업자의 안전의식 함양이 가장 중요

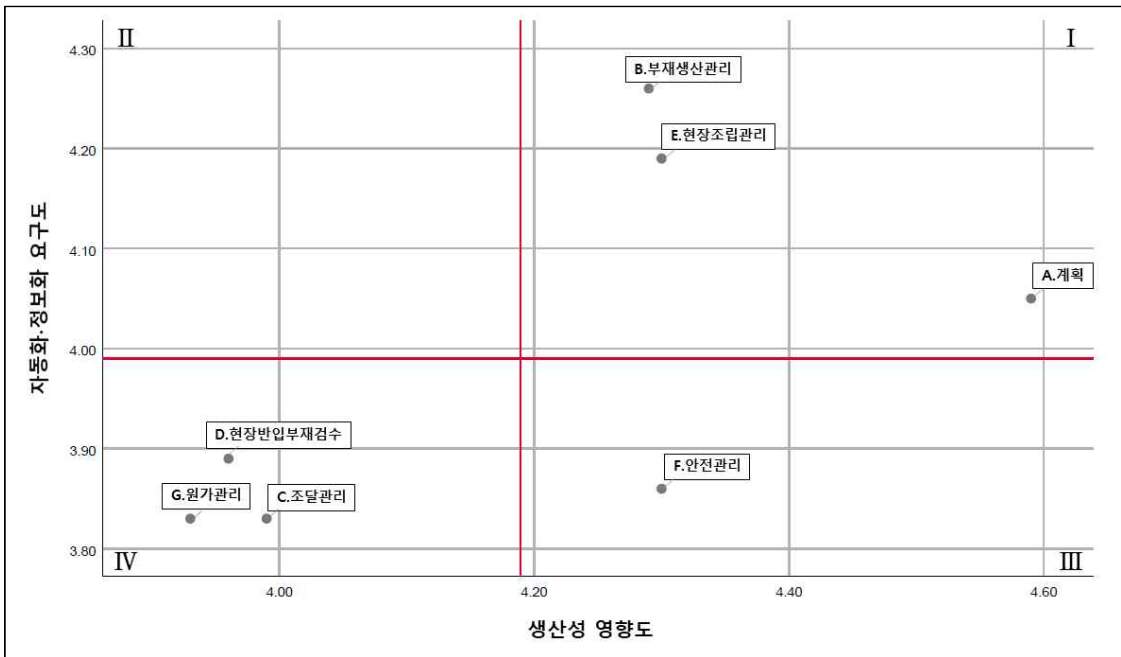


그림 3.3 관리범위에 대한 생산성 영향도-자동화·정보화 요구도 IPA 결과(전체)

한 비중을 차지하는 것이 원인이라 판단된다. 한편, ‘현장반입부재검수(D)’, ‘조달관리(C)’, ‘원가관리(G)’ 관리 범위는 생산성 영향도와 자동화·정보화 요구도가 상대적으로 모두 크게 낮아 자동화 기술 체계 적용에 우선순위를 낮게 책정할 업무 단계로 분석할 수 있다.

2) 관리업무에 대한 생산성 영향도-자동화·정보화 요구도 IPA분석

관리범위단계에서 세부적으로 관리업무들에 대해 생산성 영향도와 자동화·정보화 요구도에 대한 전체 실무자의 응답결과를 IPA 도식화하여 <그림 3.4>와 같이 나타냈다. I 사분면에서 ‘RC와 PC부재 접합부위 시공 관리(E₄)’ 업무가 다른 업무에 비해서 월등히 생산성 영향도와 자동화·정보화 요구도가 높은 업무로 나타났다. 이는 앞서 언급했다시피 RC와 PC의 이질적인 접합 부위로 부적절한 시공관리 시 공사품질에 직접적으로 영향을 미치며, 문제의 원인이 시공 공정에 전반에 걸쳐 발생 할 수 있기 때문에 지속적인 관리가 필요한 업무이다. 때문에 공기안전품질에 모두 영향을 주며 주요하게 관리해야할 업무이기 때문에 가장 자동화 기술의 적용이 시급한 업무라고 판단된다. 김선형 외(2010)의 연구에서도 기존 접합부 시공은 시공성, 안전성, 경제성, 품질성 등의 여러 가지 문제점을 가지고 있으며, 이에 따라 시공기간의 장기화와 노동인력 증가에 따른 인건비 상승 등의 문제를 언급하였다.

이밖에 ‘PC화 계획(A₁)’, ‘PC 구조계획(A₂)’, ‘PC부재 설계(A₃)’, ‘조닝/공정 순서 계획(A₄)’, ‘생산일정 계획(A₈)’, ‘PC 부재 생산 및 검수 (B₁)’, ‘생산일정 및 정보 관리(B₂)’, ‘부재반입 및 간접사항 체크(E₁)’, ‘떡매김 및 앵커볼트 상태(E₂)’, ‘설치부재 시공 오차(E₃)’, ‘양중상태(F₁)’, ‘안전시설 설치상태(F₂)’, ‘균열/파손 발생(D₂)’의 업무들이 I 사분면에 위치하고 있었다. 계획단계 범위의 업무들이 다수 차지하고 있었으며, 특히 부재생산관리 업무와 현장조립관리 범위의 업무들은 모두 해당되었다. 이중 부재생산관리 경우, 전문가 상담에 의하면 아직까지 부재 생산정보와 관련된 정보들이 문서 형태로 별도의 시스템 없이 이메일이나 메신저 등을 통해 담당자들 끼리 주고받는 경우가 대다수이며, 이재만 외(2019) 문헌에서도 기존의 이메일이나 스마트폰의 채팅 어플을 활용한 업무 방식은 의사소통 간 데이터의 효율적인 보존과 관리가 어려운 단점을 언급하였다. 그렇기 때문에 다량의 정보들을 통합하고 관리하는데 있어 자동화·정보화 기술이 적용 될 경우 업무 효율성이 매우 향상 될 것이라 판단된다. 또한 공장에서 부

재생산관리가 중요시 되듯, 현장에서조차 부재조립관리에 중점을 두며 RC와 PC접합부 관리뿐만 아니라 부재조립을 위한 준비작업과 품질관리를 위한 조립 후 후속 관리에서도 자동화 기술 체계의 적용이 필요하다고 파악되었다.

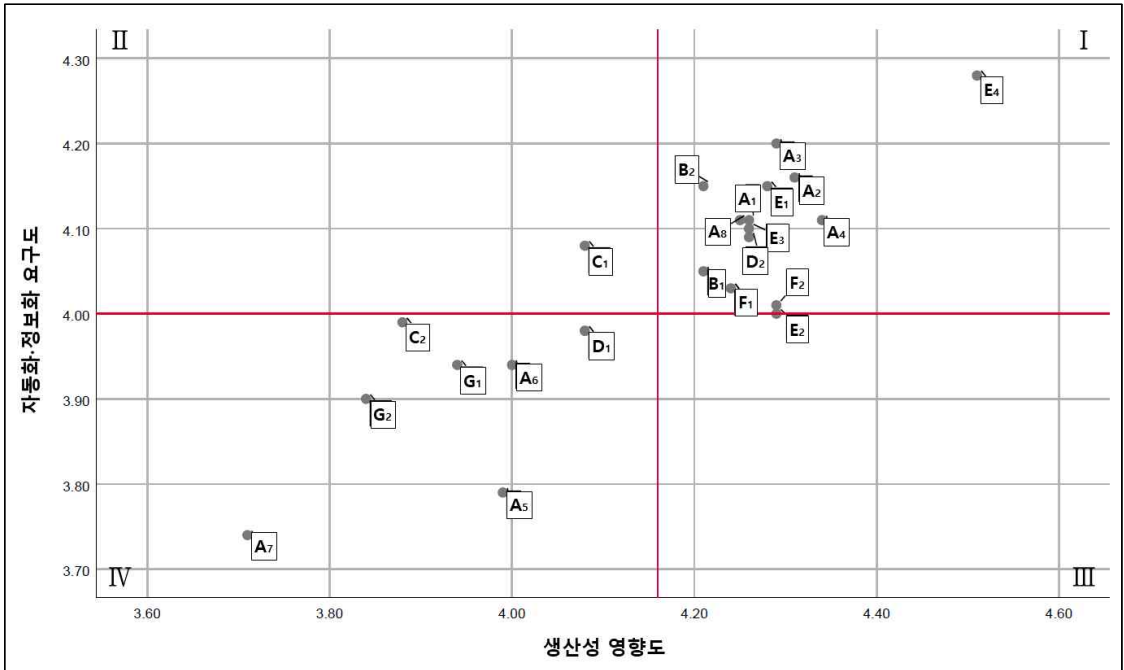


그림 3.4 관리업무에 대한 생산성 영향도-자동화·정보화 요구도 IPA 결과(전체)

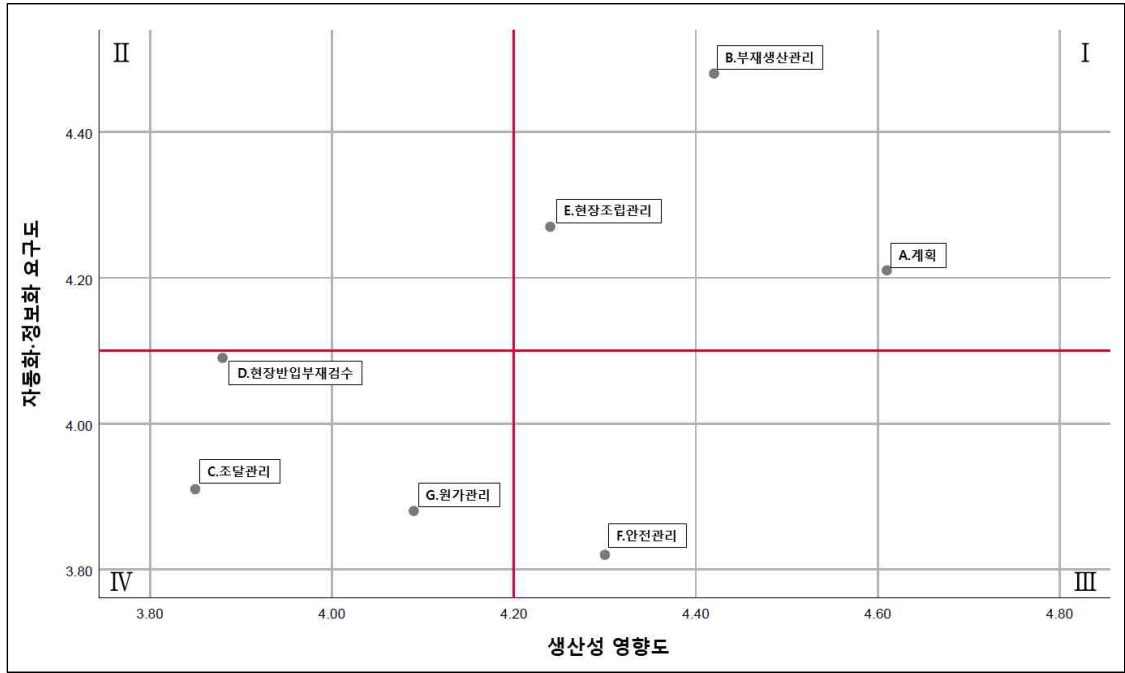
3.4.2 주체별 생산성 영향도-자동화·정보화 요구도 IPA분석

1) 관리범위

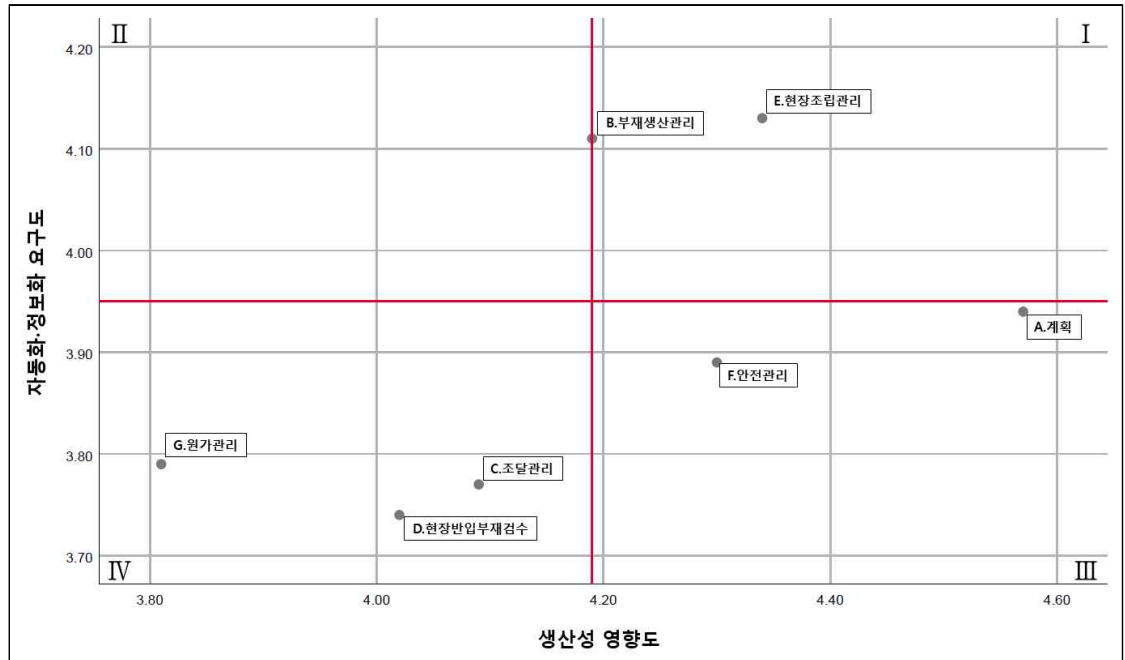
주체별로 PC공사 관리업무에 대한 생산성 영향도와 자동화·정보화 요구도의 인식의 차이를 비교하기 위해 부재의 설계 및 생산 관리업무를 수행하는 그룹과 부재의 시공과 관련된 관리업무를 수행하는 그룹으로 분류하였다. PC공사의 기획부터 설계, 공장 생산을 거쳐 현장으로 반입까지 업무와 관련이 높은 설계사, PC공장, 기타(연구원) 집단들을 ‘설계그룹’으로 분류하였으며, 현장에서 부재의 반입부터 조립·접합과 후속 관리까지의 업무와 관련이 높은 CM과 시공사의 응답자들을 ‘시공그룹’으로 분류하였다.

먼저 설계그룹과 시공그룹의 관리범위 측면에서 생산성 영향도와 자동화·정보화 요구도의 결과를 <그림 3.5>와 <그림 3.6>으로 도식화하고 비교분석을 진행하였다. 설계그룹의 경우, I사분면에 ‘계획(A)’, ‘부재생산관리(B)’, ‘현장조립관리(E)’의 관리범위들이 나타났다. ‘계획’ 관리범위는 시공그룹과 비교하여 크게 차이가 없었지만 부재생산에 직접적으로 연관된 그룹임에 따라 관련업무의 생산성 영향도와 자동화·정보화 요구도가 크게 증가한 것을 볼 수 있었으며 반대로 현장의 부재 조립과 관련한 업무는 비교적 생산성 영향도가 떨어진 것을 볼 수 있었다. IV사분면에 위치한 관리범위도 시공그룹과 차이는 없었지만 생산성 영향도 측면에서는 ‘원가관리(G)’가 시공그룹보다 상승했으며, ‘조달관리(C)’, ‘현장반입부재검수(D)’ 관리범위는 상대적으로 감소한 것으로 파악됐다.

시공그룹의 경우, 전체응답에 비해서 I사분면에서는 ‘현장조립관리(E)’의 업무범위만 위치해있었으며 ‘계획(A)’단계는 자동화·정보화 요구도가 상대적으로 떨어져 III사분면에 위치하였고, ‘부재생산관리(B)’의 업무는 생산성 영향도가 상대적으로 낮다고 판단되어 I, II 사분면 경계에 위치하게 되었다. 이는 계획과 부재생산관리단계 업무가 설계사와 공장에서 주로 담당하는 업무로서 시공에 주로 종사하는 실무자들은 해당 업무 중요성을 인지하는 것이 비교적 낮게 도출되었다. 이와 반대로 비록 전체 응답과 마찬가지로 IV사분면에는 동일한 업무들이 위치하였지만, 현장에서 이루어지는 ‘조달관리(C)’, ‘현장반입부재검수(D)’ 업무범위는 자동화·정보화 요구도의 변화는 미미하지만 생산성 영향도는 증가한 것을 보아 시공 관련 실무자 측면에서 해당 업무는 중요성이 상승되는 것으로 파악되었다.



(a) 설계그룹



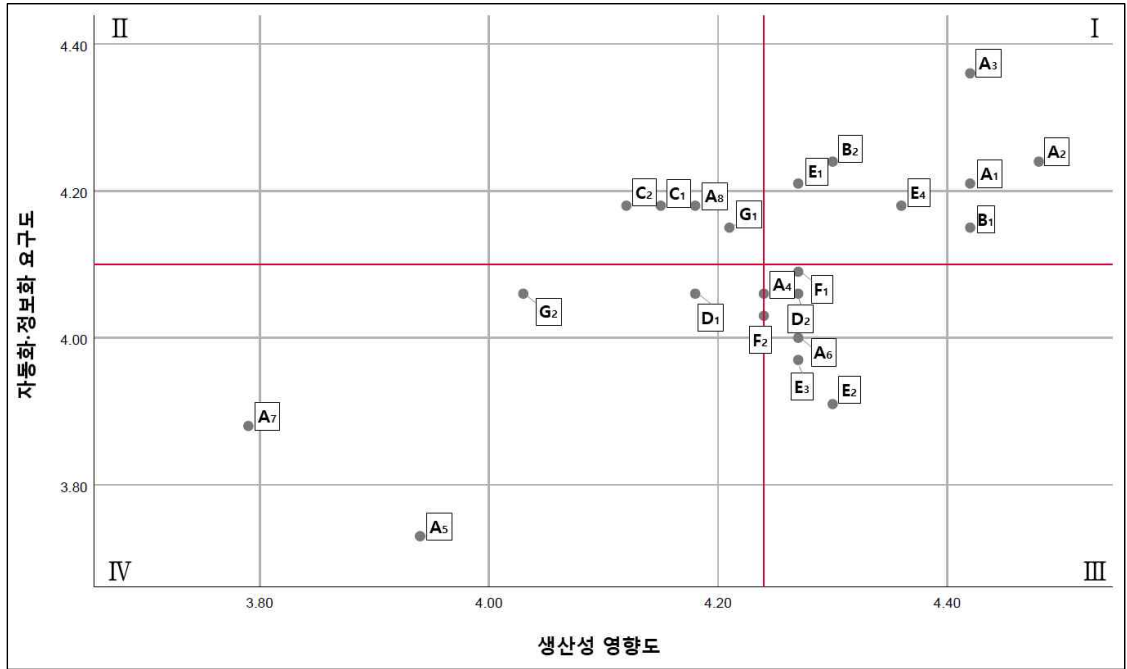
(b) 시공그룹

그림 3.5 그룹별 관리범위에 대한 생산성 영향도-자동화·정보화 요구도 IPA 결과

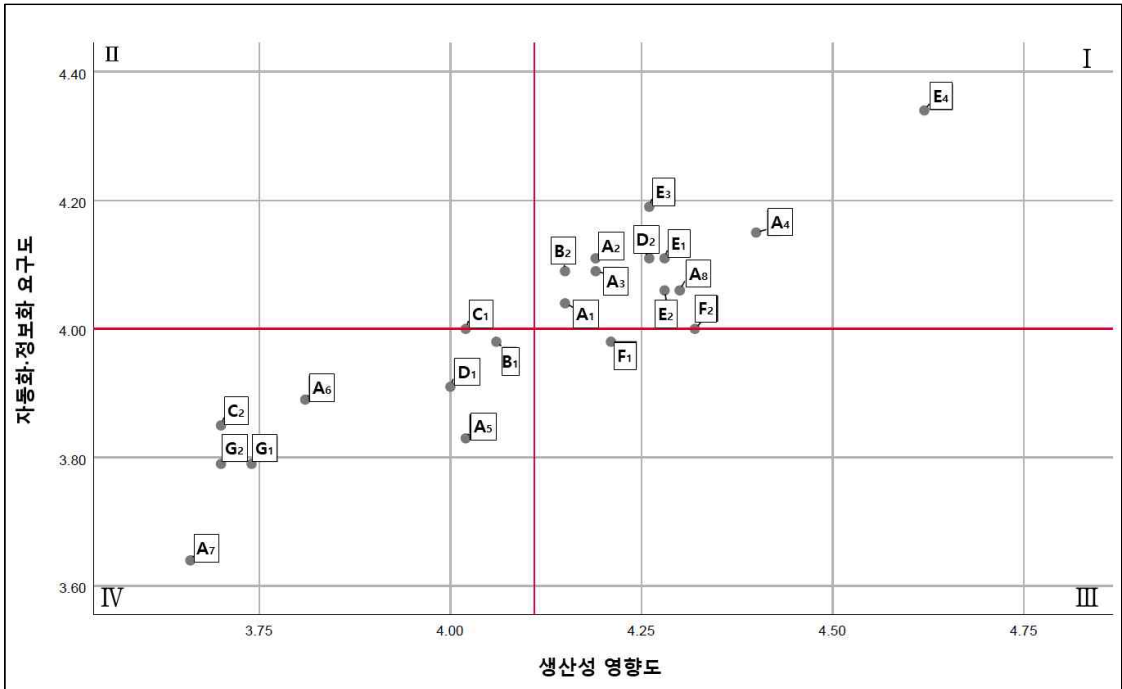
2) 관리업무

설계그룹과 시공그룹의 관리업무 측면에서 생산성 영향도와 자동화·정보화 요구도의 결과를 <그림 3.7>와 <그림 3.8>으로 도식화하고 비교분석을 수행하였다. 설계그룹의 경우, 시공그룹에 비해 I 사분면에서 계획관리 범위인 ‘PC화 계획(A₁)’, ‘PC 구조계획(A₂)’, ‘PC부재 설계(A₃)’ 관리업무가 ‘RC와 PC부재 접합부위 시공 관리(E₄)’ 보다 더 높은 생산성 영향도와 자동화·정보화 요구도가 나타난 것으로 파악되었다. 기존의 일반적인 PC부재 설계/제작 프로세스는 대부분 2D도면을 기반으로 작성되고 있으며, 각 프로세스 별로 발생하는 정보들은 서로 연관성이 없이 일방향적인 순서로 진행되고 있다(강태욱, 2011). 이밖에도 건축물 공사에서 PC공법의 적용구간을 정하는 업무와 구조설계 및 부재의 Shop 설계 등이 해당 관리업무에서 수행되어지기 때문에 설계업무와 관련이 높은 설계그룹에서는 계획관련 업무가 중요시 된다고 판단하였다. 시공그룹에 비해서 상대적으로 계획범위 관리업무의 영향도와 요구도가 상대적으로 높게 나온 것에 비해 ‘진입로 계획(A₅)’, ‘공장야적 계획(A₇)’은 설계그룹에서도 영향도와 요구도가 낮게 분류되는 IV사분면에 위치하였다. 그밖에도 ‘부재반입 요청(C₁)’과, 원가관리 업무 범위인 ‘내역산정(G₁)’, ‘기성물량 산정(G)’ 업무가 시공그룹에 비해서 영향도와 요구도가 상승한 것으로 파악됐다. II사분면에서는 조달관리 관리범위에 해당하는 ‘부재반입 요청(C₁)’, ‘부재반출상태 업데이트(C₂)’ 관리업무와 ‘생산일정 계획(A₈)’ 관리업무가 생산성영향도는 낮지만 자동화·정보화가 필요한 업무로 분류되었다.

시공그룹의 경우, 시공 업무와 밀접한 관련이 있는 ‘RC와 PC부재 접합부위 시공 관리(E₄)’ 업무가 생산성 영향도와 자동화·정보화 요구도가 가장 높은 업무로 나타났다. 하지만 예상 밖으로 관리범위에서 ‘계획(A)’ II사분면에 위치했던 것과는 다르게 ‘생산일정 계획(A₈)’을 제외한 ‘PC화 계획(A₁)’, ‘PC 구조계획(A₂)’, ‘PC부재 설계(A₃)’, ‘조닝/공정 순서 계획(A₄)’의 관리업무가 변함없이 I 사분면에 위치했다. 설계업무와 관련이 떨어지는 그룹이지만 공법 초기에 진행되는 계획관리 업무는 공사의 전체적인 진행방향과 공법 등을 결정하기 때문에 시공그룹에서도 중요시 되는 업무라고 판단하였다. 그 외에는 ‘생산일정 및 정보 관리(B₂)’, ‘부재반입 및 간접사항 체크(E₁)’, ‘떡매김 및 앵커볼트 상태(E₂)’, ‘설치부재 시공오차(E₃)’, ‘균열/파손 발생(D₂)’이 위치해있는 반면 ‘양중상태(F₁)’, ‘안전시설 설치상태(F₂)’와 같은 안전관리업무가 현장에서 중요시 되는 것과 다르게 자동화·정보화 요구도가 떨어져 I 사분면에서 벗어난 것으로 파악되었다.



(a) 설계그룹



(b) 시공그룹

그림 3.5 그룹별 관리업무에 대한 생산성 영향도-자동화·정보화 요구도 IPA 결과

3.4.3 주체별 생산성 영향도-자동화·정보화 요구도 T-test

본 연구에서는 설계그룹(a)과 시공그룹(b)간의 생산성 영향도와 자동화·정보화 요구도의 차이가 통계적으로 유의한지를 파악하기 위해 이를 위해 이용하는 통계기법인 T-test 분석을 사용하였다. T-test 분석은 표집분포가 정상분포로 형성되지 않을 경우 소표본 이론에 기초한 T분포를 기반으로 하여 모수치의 추정과 가설을 검정하는 통계기법이다. 즉, 두 집단 간의 평균의 차이가 단지 우연에 일치인지 통계적인 유의에 의한 것인지 밝히는 과정이다.

본 연구에서는 설계그룹과 시공그룹이라는 다른 집단의 생산성 영향도와 자동화·정보화 요구도의 차이를 분석하기 때문에 독립표본 T-test(Independent Samples T-test, 독립표본 t검정)를 사용하였다(원태연 외, 2001). 이때 두 집단의 분포가 각각 정규 분포를 따른다는 가정을 하여 독립표본 t검정을 실행한다. 본 연구에서 모집단 1은 시공그룹이며 모집단 2는 설계그룹으로 설정하였다.

설계그룹에서 검정변수의 평균을 μ_1 , 분산을 σ_1^2 이라 하고, 시공그룹에서 검정변수의 평균을 μ_2 , 분산을 σ_2^2 이라고 한다. 또한 독립표본 t검정을 실행하기 앞서 두 독립 집단의 분산이 동일한지, 그렇지 않은지에 따라 t검정의 결과가 달라지기 때문에 Levene의 등분산 검정을 확인하여 유의확률 값이 $p > 0.05$ 이상인 가설만 채택하였다. 이와 같은 경우 독립표본 t검정의 검정 통계량은 식 (2)로 표현된다.

$$T = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{s_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \text{-----(2)}$$

n_1, n_2 는 각 모집단의 케이스 수이며, \bar{X}, \bar{Y} 은 각 모집단의 평균, s_p 는 모집단1과 모집단2의 공동표준편차이다.

이때 독립표본 t검정의 검정통계량은 두 집단의 차이에 대한 귀무가설과 대립가설은 신뢰도 95% 수준에서 이루어졌다. 본 연구에서는 중요도의 차이가 통계적으로 유의하게 나타나는 요인을 분류하고 비교하기 위해서 귀무가설을 기각하였다.

관리범위에 대한 생산성 영향도 및 자동화·정보화의 독립표본 t검정 결과는 <표 3.10>, <표 3.11>과 같이 나타났으며, 설계-시공 두 그룹 간 Levene의 등분산 검정을 실시하였다. 모든 관리범위에 대한 F통계량 값의 유의확률 값이 $p > 0.05$ 이상의 값을 가졌다. 하지만 생산성 영향도의 t검정 결과 유의수준이 0.05 보다 낮은 값을 가지는 관리범위가 없으므로 귀무가설을 채택하여 관리범위에 있어 설계그룹과 시공그룹 간에 평균의 유의한 차이가 없는 것을 알 수 있다.

표 3.10 관리범위 생산성 영향도 t검정 결과

ID	독립표본 t검정 결과 (신뢰수준 95%)					
	설계		시공		t값	유의확률
	평균	표준편차	평균	표준편차		
A	4.61	0.66	4.57	0.54	0.235	0.815
B	4.42	0.61	4.19	0.74	1.481	0.143
C	3.85	0.94	4.09	0.75	-1.253	0.214
D	3.88	0.74	4.02	0.82	-0.796	0.429
E	4.24	0.75	4.34	0.64	-0.630	0.531
F	4.30	0.68	4.30	0.75	0.031	0.975
G	4.09	0.80	3.81	0.82	1.523	0.132

자동화·정보화 요구도의 t검정 결과에서는 ‘부재생산 및 검수(B)’ 관리 범위가 유의수준이 0.05보다 적은 값을 가지므로 설계그룹과 시공그룹 간에 차이가 있음을 알 수 있다. 부재생산에 소요되는 작업시간은 PC의 비용생산성에 영향을 미치는 주요 요소이며, 생산 공정에 차질이 생길 경우 공정 간 대기 시간이 발생하여 스케줄의 재조정 및 추가비용 등이 발생한다(박영준 외, 2013). 또한 부재의 품질에 문제가 있을 경우 현장으로 반입이 불가하며, 이 경우 부재는 추가 보수작업을 거치거나 이 과정에서도 문제가 해결되지 않으면 폐기처분을 과정을 거쳐야하므로 설계 그룹 입장에서 업무의 생산성 영향도 평가가 시공그룹에 비해 높게 나온 것으로 보인다.

표 3.11 관리범위 자동화·정보화 요구도 t검정 결과

ID	독립표본 t검정 결과 (신뢰수준 95%)					유의확률
	설계		시공		t값	
	평균	표준편차	평균	표준편차		
A	4.21	0.86	3.94	0.89	1.382	0.171
B	4.48	0.62	4.11	0.76	2.365	0.020
C	3.91	0.77	3.77	0.79	0.811	0.420
D	4.09	0.68	3.75	0.82	1.992	0.050
E	4.27	0.80	4.13	0.85	0.769	0.444
F	3.82	0.88	3.89	0.81	-0.394	0.695
G	3.88	0.93	3.79	0.81	0.470	0.640

관리업무에 대한 생산성 영향도의 독립표본 t검정 결과는 <표 3.12> 같이 나타났으며, 관리범위와 마찬가지로 설계-시공 두 그룹 간 Levene의 등분산 검정을 실시하였다. 'RC와 PC부재 접합부위 시공 관리(E₄)' 관리업무의 F통계량 값의 유의확률 p값이 0.05 이하의 값을 가졌으므로 해당 업무에 대하여 설계그룹과 시공그룹 간의 평균의 분산이 서로 다르다고 판단하여 가설에서 제외하였다. 생산성 영향도의 t검정 결과 '몰드(형틀)설계(A₆)', 'PC 부재 생산 및 검수(B₁)', '부재반출상태 업데이트(C₂)', '내역 산정(G₁)' 관리 업무들의 유의수준이 0.05 이하 값을 가지고 있었다. 해당 관리업무 모두 시공그룹에 비해 설계그룹에서 생산성 영향도가 높은 값을 가진 관리업무들이었으며, 설계그룹에서도 PC공장에서 주로 행해지는 관리업무들이기 때문에 부재 생산에 직접적으로 관련이 있는 관리업무들이므로 유의미한 차이가 있을 것으로 판단되었다.

자동화·정보화 요구도의 독립표본 t검정 결과는 <표 3.13>와 같이 나타났으며, 설계-시공 두 그룹 간 Levene의 등분산 검정을 실시하였다. 여기서도 F통계량 값의 유의확률 p값이 0.05 이하의 값을 가진 관리업무가 '생산일정 계획(A₈)', 'RC와 PC부재 접합부위 시공 관리(E₄)' 존재하여 해당 업무에 대하여 시공그룹과 설계그룹 간의 평균의 분산이 서로 다르다고 판단하여 가설에서 제외하였다. 자동화·정보화 요구도의 t검정 결과 '부재반출상태 업데이트(C₂)', '내역 산정(G₁)' 2개의 관리업무만이 유의수준이 0.05 이하 값을 가지고 있었다. 해당 관리업무 역시 모두 설계그룹에서 자동화·정보화 요구도가 높은 값을 가진 관리업무이며, 생산성 영향도의 t검정 결과에서도 이와 유사한 케이스였다.

‘부재반출상태 업데이트(C₂)’, ‘내역 산정(G₁)’ 관리업무는 PC공장에서 부재의 출하 정보 및 현장에서 정상적으로 납품 되었다는 정보나 부재생산을 위해 자재의 투입 내역 관련 정보같이 정보의 기록이나 확인과 관련이 있는 업무이다. 특히 공장과 현장의 분절된 관리로 인해서 오제작 및 생산지연이 발생하며, 도면과 문서 중심의 정보교환으로 인해 의사소통이 비효율적으로 관리된다(김준식, 2011). 그렇기 때문에 이를 수행하는 그룹이 설계그룹이므로 시공그룹에 비해서 생산성 영향도와 자동화·정보화 요구도가 모두 높은 값을 가지는 관리업무로 나타난 것에 대해 모두 유의미한 차이가 있는 것으로 판단된다.

표 3.12 관리업무 생산성 중요도 t검정 결과

ID	독립표본 t검정 결과 (신뢰수준 95%)					
	설계		시공		t값	유의확률
	평균	표준편차	평균	표준편차		
A ₁	4.42	0.61	4.15	0.62	1.954	0.054
A ₂	4.48	0.62	4.19	0.74	1.862	0.066
A ₃	4.42	0.66	4.19	0.68	1.523	0.132
A ₄	4.24	0.71	4.40	0.61	-1.089	0.279
A ₅	3.94	0.75	4.02	0.71	-0.498	0.620
A ₆	4.27	0.72	3.81	0.74	2.791	0.007
A ₇	3.79	0.89	3.66	0.76	0.691	0.491
A ₈	4.18	0.81	4.30	0.62	-0.725	0.471
B ₁	4.42	0.66	4.06	0.64	2.445	0.017
B ₂	4.30	0.73	4.15	0.62	1.014	0.314
C ₁	4.15	0.67	4.02	0.77	0.789	0.433
C ₂	4.12	0.74	3.70	0.75	2.475	0.015
D ₁	4.18	0.64	4.00	0.63	1.272	0.207
D ₂	4.27	0.72	4.26	0.67	0.111	0.912
E ₁	4.27	0.57	4.28	0.62	-0.028	0.977
E ₂	4.28	0.58	4.28	0.58	0.187	0.853
E ₃	4.27	0.67	4.26	0.61	0.121	0.904
E ₄	4.36	0.70	4.62	0.53	-	-
F ₁	4.27	0.67	4.21	0.81	0.350	0.727
F ₂	4.24	0.71	4.31	0.773	-0.470	0.640
G ₁	4.21	0.74	3.74	0.71	2.858	0.005
G ₂	4.03	0.77	3.70	0.75	1.907	0.060

표 3.13 관리업무 자동화·정보화 요구도 t검정 결과

ID	독립표본 t검정 결과 (신뢰수준 95%)					
	설계		시공		t값	유의확률
	평균	표준편차	평균	표준편차		
A ₁	4.21	0.82	4.04	0.69	1.001	0.320
A ₂	4.24	0.75	4.11	0.79	0.776	0.440
A ₃	4.36	0.70	4.09	0.69	1.774	0.080
A ₄	4.06	0.79	4.15	0.72	-0.519	0.605
A ₅	3.73	0.76	3.83	0.82	-0.568	0.571
A ₆	4.00	0.71	3.89	0.79	0.620	0.537
A ₇	3.88	0.86	3.64	0.70	1.373	0.174
A ₈	4.18	0.85	4.06	0.67	-	-
B ₁	4.15	0.67	3.98	0.61	1.203	0.233
B ₂	4.24	0.66	4.08	0.69	1.024	0.309
C ₁	4.18	0.73	4.00	0.72	1.105	0.272
C ₂	4.18	0.77	3.85	0.69	2.012	0.048
D ₁	4.06	0.75	3.91	0.72	0.879	0.382
D ₂	4.06	0.79	4.11	0.79	-0.256	0.799
E ₁	4.21	0.60	4.11	0.63	0.751	0.455
E ₂	3.91	0.84	4.06	0.64	-0.934	0.353
E ₃	3.97	0.85	4.19	0.68	-1.297	0.199
E ₄	4.18	0.85	4.34	0.70	-	-
F ₁	4.09	0.84	3.98	0.85	0.585	0.561
F ₂	4.03	0.85	4.00	0.88	0.153	0.878
G ₁	4.15	0.71	3.79	0.72	2.237	0.028
G ₂	4.06	0.70	3.79	0.69	1.730	0.088

3.5 소 결

3장에서는 PC공정에 있어 설계부터 생산, 시공단계와 관련된 관리업무, PC공사 실무자들을 대상으로 설문조사 및 통계분석을 실시하였다. 이를 통해 PC공사 관리업무에서 생산성에 주요한 영향을 미치는 업무와 자동화·정보화 기술의 적용이 요구되는 업무들을 파악하였다. 또한 PC부재 설계 및 생산과 관련이 높은 그룹과 생산된 부재를 현장에서 시공하는 업무와 관련이 높은 시공그룹간의 인식의 차이를 알아보기 위해 두 그룹간의 생산성영향도와 자동화·정보화 기술요구도 분석을 수행하였다.

기술통계 분석을 통하여 생산성 영향도가 높은 관리범위는 ‘현장조립관리’, ‘안전관리’, ‘부재생산관리’, 관리업무에서는 ‘RC와 PC접합부 시공관리’, ‘조닝/공정 순서 계획’, ‘PC 구조 계획’ 등이 도출되었다. 자동화·정보화 요구도 측면에서도 마찬가지로 ‘부재생산관리’ ‘현장조립관리’ 관리범위가 높은 요구도를 보였다.

이후에 IPA기법을 활용하여 관리범위 및 관리업무에 대해 생산성 영향도와 자동화·정보화 요구도를 직관적으로 비교하였다. 또한 PC공사 참여주체 간에 인식을 파악하기 위해 설계업무와 관련된 그룹과 시공업무와 관련된 그룹끼리 분류하여 각 집단 간의 업무 인식에 차이를 조사하였다. 이를 통해 ‘현장조립관리’, ‘계획’, ‘부재생산관리’, 관리업무가 두 그룹 모두에게 개선이 필요한 업무단계로 나타났으며, 관리업무에 대해서는 설계그룹에서는 ‘PC화 계획’, ‘PC 구조계획’, ‘PC부재 설계’와 같은 계획 관리업무가 개선이 필요한 업무였으며, 시공그룹에서는 ‘RC와 PC부재 접합부위 시공 관리(E₄)’, ‘부재반입 및 간접사항 체크(E₁)’와 같은 현장에서 부재조립관리와 관련한 업무가 개선이 필요한 업무로 도출되었다.

추가로 설계그룹과 시공그룹간의 생산성 영향도와 자동화·정보화 결과에 대한 T-test검정을 통해 차이가 통계적으로 유의한지를 파악하였다. 이를 통해 설계그룹과 시공그룹의 관리업무에 대한 인식의 차이를 통계적으로 유의미한 차이가 있음을 파악하였다.

이와 같이 기술통계 분석 및 IPA분석과 T-test 검정을 통하여 설문조사 결과에 대한 분석을 진행하였다. 다음 장에 진행되는 PC공법의 주요 관리업무 선정을 위해서는 IPA분석 결과가 각 공정별 관리업무 개선필요성이 잘 나타났다고 판단하여 IPA기법으로 나온 분석결과를 토대로 연구를 진행하였다.

제 4장 PC공사 관리업무 간 정보흐름 분석

4.1 PC공사 관리업무 프로세스

PC공사는 공법 특성상 각 관리단계에서 담당하는 업무를 수행하기 위해서는 타 참여자에게 정보를 교환할 수밖에 없는 구조이다. 그렇기 때문에 본 장의 목적은 기존의 PC공사가 설계주체의 분리로 인해 정보의 교류가 어려움에 따라 현재 이러한 과정이 어떻게 수행되고 있는지를 파악하기 위한 연구를 실시하였다. 기존의 PC공사 방식에서 각 공정이 진행하면서 공사수행에 필요한 정보와 공사수행을 통해 도출되는 정보들과 공정별로 PC공사에 참여하는 각 참여주체들끼리 주요 관리업무를 통해 발생하는 정보의 관리와 다른 그룹과의 정보교환이 어떠한 방식으로 이루어지는지 파악하였다.

이를 위해 선행 작업으로 PC공사에서 이루어지는 관리업무들이 PC공정에 따라 진행되는 과정을 파악하고, 각 참여주체에서 행해지는 관리업무들을 분류하여 <그림 4.1>과 같이 정리하였다. PC공법에서 PC부재 적용 계획과 구조·부재설계 등 전반적인 설계 담당하는 관리업무인 ‘PC화 계획’, ‘PC 구조계획’, ‘PC부재설계’ 업무는 설계사 그룹으로 분류하였다. 설계사는 PC부재의 설계 업무를 거쳐 나온 정보를 PC공장 및 시공사에게 전달하며, 전달받은 정보를 토대로 PC공장과 시공사는 각자의 수행업무에 대한 계획을 수립한다. PC공장의 경우 부재의 생산 및 운송과 관련된 ‘생산일정 계획’, ‘생산일정 및 정보관리’, ‘PC부재 생산 및 검수’, 업무를 수행하여 부재생산을 마치고 제작된 부재를 현장으로 운송한다. 시공사의 경우 설계사에서 전달받은 구조도면 및 부재 정보를 토대로 조닝을 통한 공정 진행 구역 순서 계획이나 부재의 반입계획, 양중 계획 등의 현장에서 이루어지는 PC공사의 전반적인 계획을 수립한다. 수립된 계획을 통해 PC공장에서 부재가 도착하기 전 ‘떡매김 및 앵커볼트 상태’, ‘안전시설 설치 상태’와 같은 현장의 사전관리를 진행한다. 부재가 현장으로 반입 시 ‘부재 반입 및 간섭사항 체크’, ‘PC부재 생산 Check-list 관리’, ‘균열/파손 발생점검’과 같은 작업을 수행하여 부재의 전반적인 상태를 점검하고 정보를 기록한다. 이후에는 부재를 설계도면대로 조립위치에 조립·접합하여 시공하며 이 과정에서 작업의 안전을 위해 ‘양중상태’ 관리 작업과 시공의 품질을 확보하기 위한 ‘RC와 PC 접합부 시공관리’, ‘설치부재 시공오차’와 같은 관리업무가 행해진다.

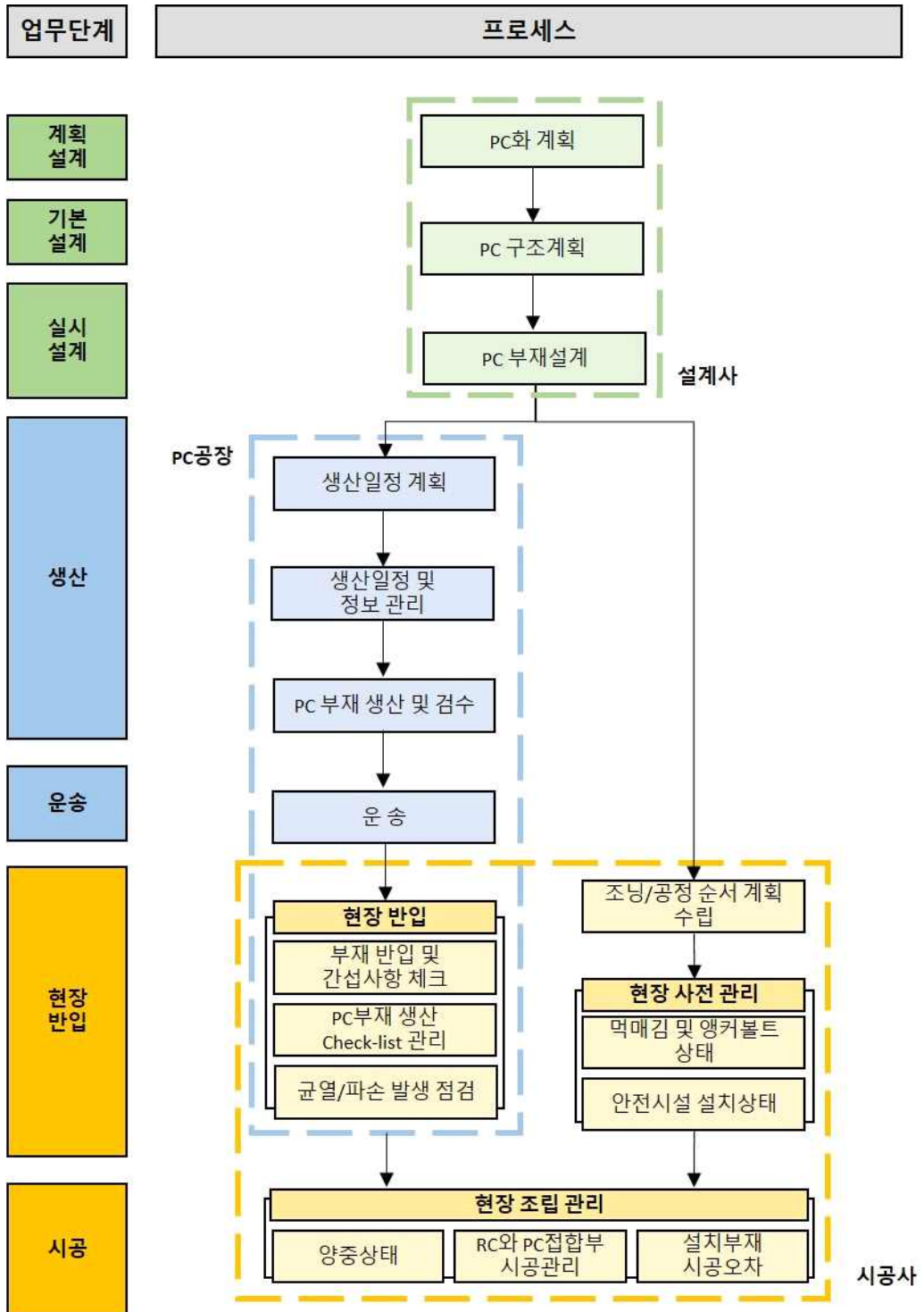


그림 4.1 PC공사 공정에 따른 관리업무 프로세스

4.2 주요관리업무 프로세스 및 정보의 흐름

4.2.1 주요 관리업무 선정

이처럼 PC공사 공정 진행에 따라 수행되는 관리업무들의 프로세스를 정립하고 각 참여주체별로 담당하는 관리업무를 파악하였다. 하지만 PC공사에서 발생하는 정보는 방대하며 각 관리업무 별로 정보의 유형을 세분화하기엔 기술적·시간적 어려움이 있어, 이를 위해 3장의 분석을 토대로 주요한 관리업무를 선정하였다.

먼저 PC공정관리범위 단계에서 ‘계획(A)’, ‘부재생산관리(B)’, ‘현장조립관리(E)’ 관리범위들은 시공그룹과 설계그룹 모두에게 생산성영향도와 자동화·정보화 요구도 모두 높은 양상이 나타나는 관리업무로 도출되었다. 하지만 해당 관리범위가 영향도와 요구도가 모두 높더라도 관리업무상으로는 상대적으로 낮은 업무들이 존재하여 해당 업무들은 배제하였다. 계획관리 범위에서는 ‘PC화 계획(A₁)’, ‘PC 구조계획(A₂)’, ‘PC부재 설계(A₃)’ 관리업무가 모든 그룹에서 생산성영향도와 자동화·정보화 요구도가 높게 나왔으므로 주요 관리업무로 도출되었으며, ‘조닝/공정 순서계획(A₄)’ 관리업무는 설계그룹에서 자동화·정보화 요구도가 상대적으로 낮게 나왔지만 해당 업무는 현장에서 PC 부재 반입 및 공정 순서계획에 관련된 업무이므로 시공그룹의 인식이 더 적합함으로 주요관리업무로 선별하였다.

부재생산관리 범위에 해당하는 ‘생산일정 및 정보 관리(B₂)’ 관리업무의 경우 모든 그룹에서 생산성영향도와 자동화·정보화 요구도가 높게 나타났지만 ‘PC 부재 생산 및 검수 (B₁)’ 관리업무는 시공그룹에서 비교적 낮은 영향도와 요구도가 나타났다. 하지만 부재의 생산과 밀접하게 관련된 관리업무이므로 해당 업무는 설계그룹의 인식이 더 적합할 것이라 판단하여 주요관리업무로 분류하였다.

현장조립관리 범위에서는 시공그룹과 긴밀한 관련이 있는 관리업무이므로 시공그룹의 인식이 더욱 적합하다고 판단하여 시공그룹 기준으로 현장조립관리의 모든 관리업무들이 생산성영향도와 자동화·정보화 요구도가 높게 나타났으므로 주요 관리업무로 선별하였다. 하지만 현장에서 해당 관리업무를 각각으로 정보로 기록하지만 별도로 다른 그룹에게 전달하지 않을 것이라 판단하여 현장에서 이루어지는 관리업무를 통합하여 ‘현장 반입 및 조립관리’ 업무로 통합하였다.

4.2.2 정보 유형 선정

PC공사 참여주체자간 정보흐름을 파악하기 위해 기존의 PC공사 프로세스에서 선정된 주요관리업무들이 진행되면서 프로젝트 참여자들 사이에서 정보교환의 방식과 전달 대상 등을 파악해야한다. 이를 위해 대한주택공사(현 LH공사)에서 과거에 수행한 PC 아파트 건설공사를 보다 효율적으로 수행하기 위해 생산-운반-시공 통합관리 시스템 모델을 개발한 연구를 참고하였다(대한주택공사 주택연구소, 1997). 해당 연구에서는 생산, 운반, 시공을 수행하는 각 주체들이 보유하는 정보를 분류하고 상세정보를 정리하였으며 이를 토대로 3장에서 관리업무 선정에 대하여 면담한 전문가 그룹과 면담을 통해 정보의 유형을 선정하였다(표 4.1).

표 4.1 관리업무 간 교환 정보 유형

정보유형	상세 정보
공사 기본정보	공사기간, 구조물 형식, 설계 변경 사항
구조도면	설계개요, 설계하중, 구조 계산서, 주요부재 List, 구조설계 및 해석 내역서
비용정보	공사비 내역서, 기성 산출 내역서
시공도면	접합부관련 시공 (상세)도면(기초-기둥, 기둥-보, 보-슬래브, RC-PC 접합부 도면 등), 부재 Shop dwg.
공장정보	공장 이름, 공장 위치, 공장설비, 공장 야적장 면적
생산능력 정보	1일·1년 생산 부재수, 1일·1년 생산 Con.C양, 콘크리트양, 1일 조립매수
현장정보	현장 위치, 현장 야적장, 현장 부재 반입 여건, 크레인 위치
일정정보	생산 개시·완료일, 조립 착수·완료일, 공사착수일, 부재필요시기, 운반개시일
부재정보	부재번호, 부재목록, 부재타입, 부재 형태, 부재수량, 재고현황,
운송 관련 정보	1일 운반량, 적재능력, 운송거리, 1일대당 운행 횟수, 1일 운반 차량대수, 운반차량번호
점검 목록 및 결과	현장내 검측 및 제품 Check-list, 공시체 압축강도 시험 성적서 등 점검자료

4.2.3 관리업무 간 정보 흐름 분석

PC공정에 있어 주요관리업무와 정보의 유형을 선정하고 이를 통해 PC부재의 설계, 생산, 운송 및 시공부분의 전체적인 정보의 흐름을 파악하기 위해 전문가와의 면담을 실시하였다. 각 관리업무에서 해당 업무를 수행하기 위한 필요정보와 해당 관리업무의 수행을 통해 발생하는 정보 및 정보를 기록하는 방식을 조사하였으며, 이와 같이 도출된 정보가 다른 그룹에게 전달해야하는 정보일 경우 전달하는 대상과 전달하는 방식에 대해서 각 참여주체의 전문가에게 자문을 구하였다.

1) 설계단계

먼저 설계사의 경우 정보흐름현황에 앞서 정보흐름을 파악하기 위해서는 계획 설계와 기본설계단계의 관리업무는 유기적으로 진행되는 경우가 많기 때문에 기존의 관리업무의 범위와 명칭을 수정할 필요가 있다고 제안하였다. 제시한 의견의 내용으로는 ‘PC화 계획’에서 적용구간 선정이나 기본 공법·선정 이외에도 기본적인 구조 모듈 검토 업무를 포함하여 PC 구조설계와 분리하는 것이 적절하다고 판단하였다. ‘PC 구조 계획’에서도 마찬가지로 부재간의 접합부 설계 이외에도 PC 부재의 구조 설계 및 양중 계획을 위한 분절 설계 등이 해당 업무에 포함되는 것이 적절한 것으로 제시하였으며 명칭을 ‘PC 구조 설계’로 변경하였다. 따라서 ‘PC 부재설계’ 관리업무는 PC부재내의 전기나 설비 배관설계나 PC부재의 생산도면을 작성하는 관리업무만을 포함하므로 명칭도 ‘PC Shop’으로 변경하는 것을 제안하였다.

PC화 계획에서 공법, 구조물의 형식 등의 기본적인 공사정보가 필요하며, 부재의 수송 관련하여 크기나 하중을 설계하여하기 때문에 현장의 위치정보가 필요한 정보로 분류되었다. 해당 관리업무에서 기본부재와 공법이 검토된 구조도면과 대안공법 검토와 가물량, 개략 공사비 등의 비용정보가 도출되며, CAD나 PDF의 파일형태로 E-mail로 송부되어 타 그룹에게 전달되어진다.

PC구조 설계에서는 구조부위 및 PC부재의 상세설계를 진행하기 위해 RC부위 해당하는 구조도면이 필요하며 이를 토대로 PC설계로 변경된 개요, 하중, List, 설계 및 해석, 접합상세와 같은 구조도면 정보들이 도출된다. 해당 정보도 PC화 계획과 마찬가지로 CAD, PDF 파일 형식으로 타 그룹에게 E-mail 송부를 통해 전달하는 방식이다.

PC Shop 단계에서 공법, 적용범위, 설계변경과 같은 공사 기본정보와 이전 공정에서 도출된 RC와 PC의 구조도면이 필요정보로 분류되었다. 또한 공장의 PC부재 생산 여건과 수송여건을 위한 현장위치 정보, 공사일정과 같은 일정 정보도 PC Shop 제작을 위한 필요정보로 분류되었다. 이를 통해 PC Shop 전체정보 등이 도출되며 CAD같은 파일은 E-mail로 송부되며 도면은 CAD 및 제본되어 우편으로 전달된다.

2) 생산단계

PC공장에서 담당하는 관리업무에서 생산일정 계획에서는 공사 기본정보, 현장정보가 필요하며 문서로 전달받거나, PC부재 생산의 담당자가 현장으로 실사를 나가 직접 정보를 숙지하는 식으로 진행된다. 이밖에도 일정 계획을 수립하기 위해 공장에서의 부재 생산능력 정보, 공사 조립착수일과 같은 일정정보와 부재를 제작하기 위한 Shop도면 등의 부재정보 등이 필요하다. 수립된 생산계획 일정은 보통 PC공장 내에서 팩스를 통해 각 관리담당 팀에게 전달되며, 일정정보와 부재정보는 PC부재 조립팀과 시공사에게 웹하드나 E-mail로 전달된다.

생산일정 및 정보관리 단계에서는 PC부재가 생산되고 출하되면서 수립된 계획에 맞춰 공장 내의 부재 재고의 물량을 조절하면서 생산일정을 조율해야하기 때문에 일정정보와 같은 경우는 현장과 전화나 직접 방문을 통해 협의하면서 진행한다. 또한 현장에서 부재설계가 변경 될 경우 부재정보나 일정정보가 수정되면서 웹하드나 E-mail을 통해 시공사 및 조립팀과 정보를 교류한다.

PC부재 생산 및 검수 관리업무에서는 부재 생산을 위한 Shop 도면정보가 필요하며 현장공사 진행정도에 따른 조립일정 계획이 주기적으로 필요하므로 현장회의를 통해 정보를 교환하는 식으로 진행된다. 또한 PC체크리스트와 같은 점검 기준에 의해 점검을 진행하고 결과가 기록되어있는 품질과 관련된 서류 등이 운송기사를 통해 현장으로 전달된다.

3) 운송단계

운송 업무에서는 조립계획에 따른 운반계획을 수립해야하기 때문에 일정정보 등이 필요하며 운반 할 부재의 수량 및 부재제원표등이 E-mail, 웹하드를 통해 조립팀과 시공사에 전달한다. 또한 부재운반을 위한 차량은 PC공장 내에서 차량별로 운반 일정등을 통합하여 운반이 가능한 차량의 현황을 자체적으로 관리한다.

4) 시공단계

시공사에서는 조닝/공정 순서 계획 수립을 위하여 공사의 기본정보와 시공도면, 현장정보 등이 필요하며 해당 관리업무를 통해 조닝/공정 순서 등을 구획별로 나눈 도면이 도출된다. 해당 정보는 시공사내에서만 사용되며 타 그룹에 전달되지는 않는다. 또한 생산능력 정보, 일정정보, 운송 관련 정보들을 통하여 계획 일정표와 부재 수량표등을 도출하며, 해당정보도 타 그룹에 전달되지 않는다.

위와 같은 각 참여주체의 전문가 면담을 통하여 각 관리업무의 업무 정의를 수정 및 재분류하여 <표 4.2>와 같이 작성하였으며, 참여주체 간의 정보의 흐름 방향과 정보의 유형을 파악하였다. 해당 내용을 도식화하여 <그림 4.2>과 같이 나타내었다.

표 4.2 BIM기술 적용 대상 주요 관리업무 정의

주체자	관리 업무	정의
구조 설계사	PC화 계획	<ul style="list-style-type: none"> - PC공사 적용구간 설정 - 기본 공법·부재 검토 - PC 기본 구조 모듈 검토 - 개략 공사비 검토
	PC 구조설계	<ul style="list-style-type: none"> - 기초-기둥 접합부 설계(모멘트접합 or 편접합, 선/후시공 앵커 결정) - 기둥-보 접합부 설계(모멘트접합 or 편접합, 철근 정착 상세 결정) - PC 부재 상세 설계(기둥, 보, 슬래브, 벽 등) - 양중 계획 통한 PC 부재 분절 설계
PC 설계사	PC Shop	<ul style="list-style-type: none"> - PC부재내의 전기 배선, 설비 소방 배관 설계 - PC부재 생산도면 작성(Shop dwg.)
PC 공장	생산일정 계획	- PC부재 생산일정 계획(생산 매트릭스 작성)
	생산일정 및 정보관리	- PC부재 생산일정 및 부재 정보 관리/업데이트
	PC부재 생산 및 검수	<ul style="list-style-type: none"> - 철근배근 및 매립물 상태 - 콘크리트 압축강도 Test - 부재 생산 오차 검수 - PC부재 품질 관리(균열 및 파손, 하자보수)
	운송	- 부재 현장으로 운송관련 관리
시공사	조닝/공정 순서 계획 수립	<ul style="list-style-type: none"> - PC공사 적용구간 조닝 - PC 생산 및 조립일정 파악을 통한 공정 순서 계획
	현장반입 및 조립관리	<ul style="list-style-type: none"> - 반입 부재 검수 및 생산 부재 Check-list 수령 - PC부재 조립공정 및 시공오차 관리

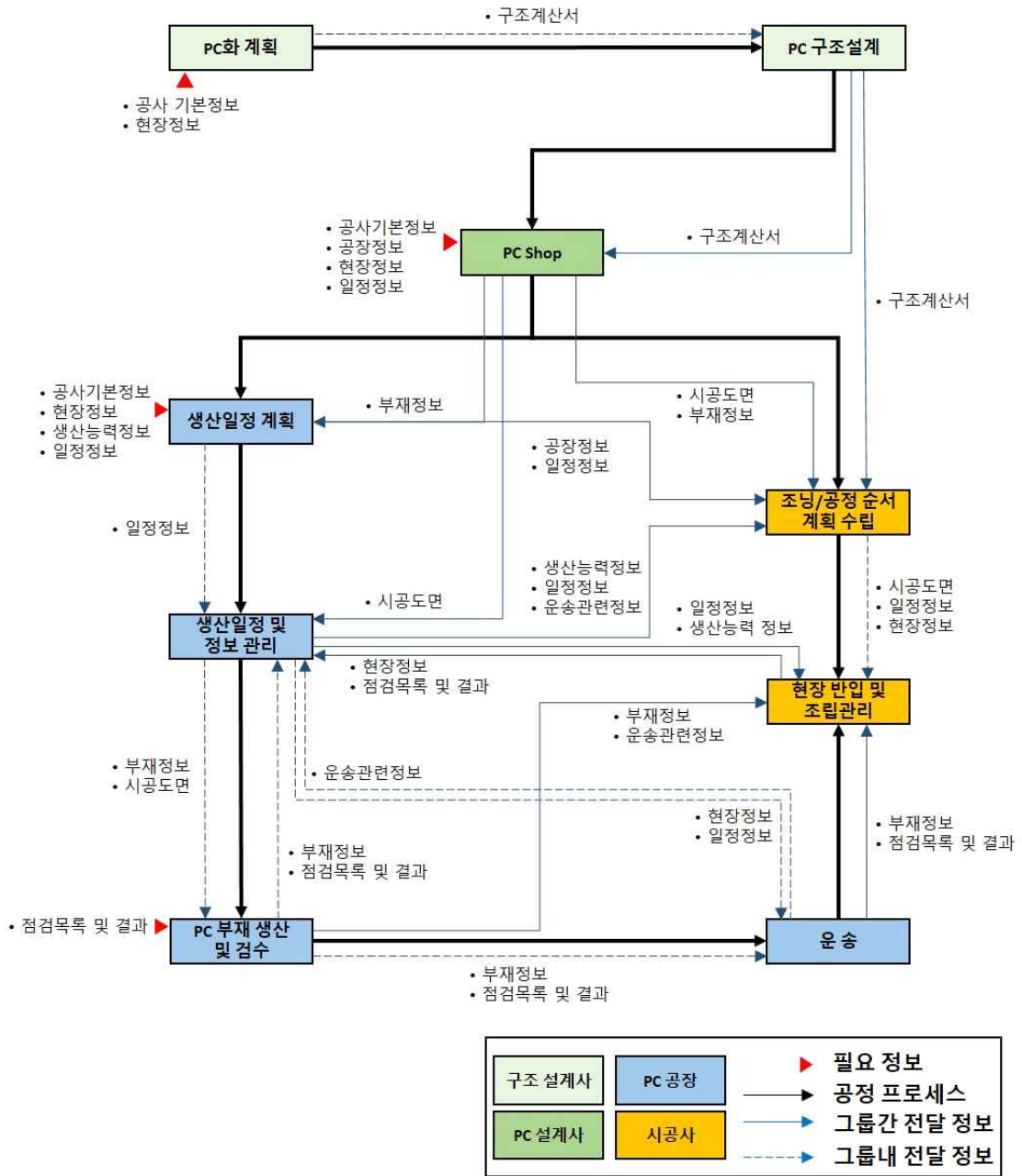


그림 4.2 PC공사 주요관리업무의 정보 흐름

4.3 BIM기술 적용 기대효과

PC공사에서 수행되는 주요 관리업무를 선정하고 해당 관리업무 간에 교환되는 정보의 유형과 정보의 흐름방향등을 파악하였다. 이를 바탕으로 BIM기술 적용을 통하여 기존의 PC공사 참여자들 간의 정보흐름에 정보화기술을 적용시켰을 경우 개선효과를 알아보하고자, 최근 건설 산업에서 대두되고 있는 BIM기술을 기준으로 하여 PC공법에 적용 시 기대효과를 조사하였다.

BIM이란 3차원 가상건축모델링 기술을 통한 프로젝트 관리 기술이다. 건설프로젝트 특성상 건물이 착공되고 구조물이 시공되기 시작하면 수정사항을 반영하여 시공하는 것에 많은 어려움이 들기 때문에 시공 전 계획 및 설계 단계에서 충분한 시간과 정보들이 필요로 하게 된다. BIM은 정밀한 시뮬레이션 모델링을 통해 상대적으로 적은 노력과 비용으로 건설 프로젝트 진행 시 발생할 수많은 시행착오를 감소시켜줄 수 있다. 뿐만 아니라 BIM은 각 참여 주체자에게 보다 객관적이고 신뢰성 있는 정보를 신속하게 제공할 수 있다.

BIM의 주요 기능으로는 1) 기존의 2D의 CAD도면을 3D BIM으로 전환설계 모델링을 통해 객체정보를 생성하고 도면의 일관성을 향상시킨다. 이처럼 정보를 시각화하여 참여주체 간 원활한 의사소통을 통해 업무범위 설정 및 이해 향상을 도울 수 있으며 설계의 적정성 검토에도 유익하다. 2) 간섭체크를 통한 설계 정확성으로 설계변경 및 도면 오류를 최소화하여 정확한 도면을 생성하여 현장작업 감소, 공기 단축, 생산성 향상을 도모할 수 있다. 3) 설계, 시공, 입찰 도면을 자동으로 추출하며, 현장시공자를 위한 시공 도면까지 생성할 수 있으며, 4) 장비 및 자재 이동, 적재 양중 경로, 작업자 동성 계획까지 가능하다(정지숙, 2014).

PC공사의 경우 특히 기존 RC방식에 비하여 다양한 참여주체들이 참여하고 수행자 간에 정보의 교환이 활발하기 때문에 BIM의 적용이 적절하다고 판단하였다. 앞서 분석 및 전문가 면담을 통해 나타난 PC공사 주요관리업무를 정보 흐름 방향과 정보의 형태 및 전달 수단을 파악한 결과에서도 현재 PC공사의 정보교류가 전화나 메시지를 통한 간단한 의사교환이나 도면이나 검측서, 물량표등의 문서는 E-mail이나 웹하드를 통하여 전달받는 것으로 파악되었다. 그렇기 때문에 BIM기술의 정보의 시각화나 물량 및 견적 산출, 설계의 정확성 등의 적용 시 설계 및 시공단계에서 효율성을 증진시키는 도구로서 적절하다고 판단하였다.

따라서 이를 바탕으로 PC공법의 주요관리업무를 BIM기술을 적용 시 긍정적인 기대효과를 알아보기 위하여 전문가 면담조사를 실시하였다. 조사대상은 PC부재의 설계사와 BIM 용역 업무 모두 실무 경력을 가지고 있는 전문가를 대상으로 하였다. 모두 해당분야 평균 경력 7~8년으로 PC공법 공사 경력이 있는 실무자로 선정하였다. 면담조사는 논문에서 제시된 관리업무에 대해 검증 시 전문가의 의견을 충분히 반영 가능하도록 해당 자료를 사전에 E-mail로 송부하였고, 답변에 대한 설명을 한 후 진행하였다. 각 실무자들과 면담 후의 조사내용은 설문 조사지를 통해 정리하였다.

4장 2절에서 분류한 주요관리업무를 대상으로 BIM을 적용에 대한 기대효과를 다음과 같이 분류하였다. 1) 재시공 방지와 외주비용 등 직접적인 비용절감 측면, 2) 공사기간과 업무처리기간 등 공사의 직접적인 업무 일정 단축을 통한 일정준수 측면, 3) 의사소통 향상 및 업무(작업)의 이해도 향상, 업무(작업)처리 능률 향상을 통한 업무효율성 측면, 4) 현장 안전사고 예방과 관련된 현장안정성 측면, 5) 설계, 시공 품질, 산출물(부재) 등의 품질(정확성) 향상 측면, 6) BIM업무 역량 및 기업이미지 재고와 관련된 내·외부 역량강화 측면 이와 같이 6가지로 분류하였다. 실무자들에게 BIM 적용 시 각 관리업무에서의 긍정적인 기대효과를 ‘상’, ‘중’, ‘하’, ‘해당 없음’ 으로 작성을 부탁하였고, ‘상’에 3점, ‘중’에 2점, ‘하’에 1점을 부여하여 각 답변의 설문조사 결과의 평균값을 다음의 <표 4.3>과 같이 나타냈다.

표 4.3 BIM기술 적용 시 기대효과 응답 결과

관리 업무	기대효과					
	비용절감	일정준수	업무 효율성	현장 안전성	품질향상	내·외부 역량강화
PC화 계획	-	-	-	-	-	-
PC 구조설계	-	-	-	-	-	-
PC Shop	1.6	-	2.3	-	3	3
생산일정 계획	-	1.6	2.3	-	2.6	2.6
생산일정 및 정보관리	-	1.6	2.3	-	-	2.6
PC부재 생산 및 검수	-	-	2.3	-	-	2.6
운송	1	-	2	-	-	2.6
조닝/공정 순서계획 수립	1	2.3	2.6	-	2.3	2.6
현장반입 및 조립관리	-	-	2.3	2.3	2.3	2.6

- 는 '해당 없음'

면담 결과 ‘PC화 계획’단계와 ‘PC 구조설계’ 관리업무에서는 BIM의 적용이 해당 없는 것으로 의견일치를 보았다. PC화 계획은 PC공사 적용 구간을 선정하는 업무가 주요 업무이므로 BIM기술 적용이 필요하지 않는 단계이며, PC 구조설계에서는 각 부재의 접합부의 구조 설계가 진행되는 설계이고 부재의 상세설계가 수시로 변경되기 때문에 BIM을 해당 작업부터 적용시키기에는 업무의 효율성이 많이 낮다는 의견이 나왔다.

‘PC Shop’ 관리 업무는 PC부재의 생산도면 작성이 이루어지는 관리업무이기 때문에 BIM 기술 적용 시 품질향상에 대하여 높은 긍정적인 기대효과가 나타났으며, 해당 작업의 결과물은 PC공장, 시공사 등 타 그룹으로 전달되는 정보이기 때문에 내·외부 역량 강화 높은 긍정적인 기대효과로 평가하였다. 업무의 효율성과 비용절감은 내·외부 역량 강화 측면에 비해 상대적으로는 낮게 나타났으며, 일정준수와 현장안정성 측면에서는 해당이 없는 것으로 나타났다.

PC공장의 관리업무에 해당하는 ‘생산일정 계획’에서도 PC부재의 생산일정을 계획하고 생산 매트릭스를 작성하는 작업이기 때문에 내·외부 역량 강화와 품질향상 측면에서 기대효과가 전부 다는 아니지만 비교적 높은 기대효과가 나타났다. 이에 비해 업무 효율성 측면에서 품질향상과 내·외부 역량 강화보다 비교적 낮은 기대효과가 나타났으며, 직접적인 업무일정의 단축과는 연관이 없어 일정준수 측면은 효율성보다 더 낮게 평가되었다.

PC부재의 생산일정 및 부재의 생산 및 출하 정보를 관리에 BIM 적용 기대효과와 평가는 내·외부 역량강화가 같은 수준으로 높게 평가됐으며, 업무 효율성과 일정준수 측면에서는 생산일정 계획과 같은 기대효과가 나타났다. 두 관리업무모두 생산일정의 계획에 필요한 정보들이 타 그룹과 교환이 필요한 관리업무이기 때문에 기업 이미지 재고에 영향이 있다고 판단하였으며 이에 따라 의사소통 및 업무 처리 등의 향상을 어느 정도 기대 할 수 있음을 의미하는 것 이기도하다.

PC부재를 생산하고 이를 품질 관리하는 ‘PC부재 생산 및 검수’업무에서는 실측관련 업무가 위주이기 때문에 BIM의 기대효과가 제일 적게 평가됐다. 하지만 부재검수의 결과에 대해 다른 그룹이 신뢰성을 기대할 수 있어 내·외부 역량강화와 검측결과의 정보처리가 향상의 가능성이 있어 업무의 효율성이 이전 공정의 관리업무들과 비슷한 수준으로 평가되었다.

운송 단계와 조닝/공정 순서 계획 수립에서 BIM의 기대효과 중 직접적인 비용 절감의 효과는 모두 낮게 평가하였으며, 이는 재시공이나 비용 절감의 요소가 적은 관리

업무이므로 비용절감이 어려울 것이라고 판단하였다. 하지만 조닝/공정 순서 계획 수립에서 일정준수, 업무의 효율성, 내·외부 역량 강화 측면이 대체적으로 높은 기대효과가 생길 것이라 판단하였으며 BIM을 적용 시 가장 많은 긍정적인 효과를 기대할 수 있는 관리업무로 판단하였다.

현장에서 부재를 반입하여 검수 하고 PC부재의 조립공정 및 시공오차를 관리하는 업무에서는 BIM기술 적용이 업무효율성, 현장안정성, 품질 향상에 모두 다른 관리업무에서 비슷한 기대효과 수준으로 평가하였다.

이처럼 BIM기술의 적용이 PC공사 관리업무에 적용 시 내·외부역량 강화 측면과 업무의 효율성 측면에서는 설계 초기관리업무를 제외한 모든 관리업무에서 기대효과를 예상하였으며, 내·외부역량 측면에서 비교적 높은 기대효과가 있을 것이라 제시하였다. 그 밖의 BIM기술 적용에도 비용절감 측면과, 현장 안정성 측면은 상대적으로 기대효과가 낮거나 적게 평가되었다. 이는 정보화기술의 적용보다는 ‘자동화 기술’ 적용을 통한 재시공 방지, 시공품질 향상을 통해 달성 가능한 측면으로 판단하였다.

4.4 소 결

PC공사는 각 관리단계에서 수행하는 업무를 위해 타 참여그룹에게 정보를 교환하는 과정이 불가피하다. 그렇기 때문에 현재 PC공사에서 이러한 업무가 어떻게 수행되는지 파악하기 위해 3장의 PC공사 관련 실무자들의 설문조사 및 통계분석 결과를 토대로 PC공사 주요 관리업무를 선정하였다. 또한 관리업무 간 교환되는 정보의 유형을 파악하기 위해 전문가 그룹과 면담을 통해 정보의 유형을 선정하고, 해당 관리업무 수행에 있어 필요한 정보, 관리업무를 수행하여 도출되는 정보, 도출된 정보가 타그룹에게 전달될 경우 전달되는 방식 및 대상 등을 파악하여 정보의 흐름을 정립하여 정보 흐름을 도식화하여 시각적으로 표현하였다.

이를 바탕으로 해당 정보의 흐름을 기초자료로 BIM과 PC설계 모두 배경지식을 숙지한 전문가에게 면담조사를 실시하여, BIM기술 적용 시 기대효과를 조사하였다. BIM 기대효과는 1) 비용절감, 2) 일정준수, 3) 업무 효율성, 4) 현장안정성, 5) 품질향상, 6) 내·외부 역량강화 측면 중점으로 조사를 진행하였다.

조사결과 BIM기술 적용 시 정보의 시각화를 통하여 참여주체간의 의사소통 증진과 업무(작업)의 이해도 향상에 크게 일조하며, 또한 설계의 정확성을 높여서 설계변경 및 도면오류를 최소화하여 불필요한 공정이나 문제 발생을 억제할 수 있는 점을 제시하였다. 이에 따라 BIM업무 역량 및 기업이미지 재고와 관련된 ‘내·외부 역량강화’ 측면과 업무(작업)처리 능력 향상을 통한 ‘업무의 효율성’ 측면에서 매우 좋은 기대효과가 있을 것 이라고 평가하였다.

하지만 공사현장에서 수행되는 현장반입 및 조립관리와 관련된 업무에서는 BIM기술 적용 효과가 ‘현장 안정성’ 측면만 기대 할 수 있었으며, 이는 정보화기술 적용을 통한 개선보다는 시공과정에서 ‘자동화 기술’을 통하여 공기단축 및 품질 향상을 달성 하는 방향으로 판단하였다.

제 5장 결론

5.1 연구의 결론

PC공법은 현장에서 타설이 아닌 공장생산을 통해 고품질의 규격화된 구조부재를 대량 생산하고 이를 현장에서 조립·접합을 통하여 인건비를 절감하고 공기를 단축하는 등 공사 관리를 효율화할 수 있다는 점을 갖고 있음에도 불구하고 기대만큼의 활용이 되지 않는 실정이다. 이는 대부분의 PC공법 관련 연구들이 기술적 문제에만 초점을 두고 진행하였지만, PC공법의 적절한 공사 관리에 대한 연구는 상대적으로 미흡한 탓이다. 따라서 본 연구의 목적은 이러한 PC공사의 주요관리 업무 및 개선 요구도를 분석하고 효율적으로 관리하기 위해, PC공사의 전반적인 공정인 설계, 생산, 운반, 시공에서 이루어지는 주요 관리업무를 파악하고 정보흐름을 분석하기 위한 연구를 진행하고자 한다.

이를 위해 다음과 같은 방법으로 연구를 수행하였다. 먼저 PC공법의 특징과 전반적인 공사 프로세스를 알아보고 기존 PC공법을 적용하는 공사 관리 연구에 대한 고찰을 통하여 PC공법 공사 관리의 현황과 문제점을 검토하였다. 선행연구에서는 PC부재 설계 중심의 정보관리만을 제안한 연구나 PC공사에서 참여하는 업무 수행자간의 정보교환의 개선을 위한 연구는 부족한 실정이었다.

이에 본 연구는 문제점을 해결하기 위해 PC공사 공정 관리에 있어 주요관리업무를 도출하고, 각 주요관리업무 간에 전달되는 정보의 흐름 방향과 방식을 정립하였다. 그리고 전문가 면담을 통해 BIM적용 시 기대효과를 연구하였다. 이를 위해 문헌고찰과 전문가 그룹 면담조사를 바탕으로 PC공사에 있어 공사 관리범위 7개와 관리업무 22개를 도출하고, PC공사 관련 실무자들을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 해당 설문조사 결과를 통해 PC공사의 참여수행자를 크게 시공과 설계그룹으로 분류하여 각 관리범위와 업무에 대한 인식을 분석하였다. 이를 통해 주요관리업무를 선정하여 주요관리업무간의 정보흐름을 정립하고 정보교류의 현황을 파악하였다. 이 후 전문가와 인터뷰를 통해 주요관리업무간의 정보흐름 프로세스에서 BIM 기술 적용 시 기대효과를 조사하였다.

본 연구의 주요 결과와 의의를 정리하면 다음과 같다.

1) 본 연구에서 도출한 7개의 관리범위 및 22개의 관리업무는 기존에 미흡했던 PC공사의 전반적인 공사 관리업무 선정의 기초연구로써 의미가 있으며, 현재 PC공사 관련 실무자들이 각 관리업무에 대한 생산성 영향도 및 자동화·정보화 요구도의 인식을 데이터화 하여 제시함으로써 PC공사에서 개선이 시급한 관리업무 선정을 위한 근거자료로 활용이 가능 할 것이다.

2) 기존의 PC공법 관련 연구는 부재의 설계 및 생산과 관련된 정보의 관리나 현장에서 PC부재의 조립·접합에 중점을 두고 있는 반면 본 연구에서는 PC공사에 참여하는 공사 수행자들을 설계와 시공 그룹으로 각각 분류하여 같은 관리업무에 대한 인식의 차이를 파악하였다.

3) 실무자들의 인식을 바탕으로 생산성 영향도와 자동화·정보화 요구도가 높은 관리업무들을 주요관리업무로 도출하였다. 전문가와 면담을 통하여 주요관리업무들을 수행하는데 있어 필요정보 및 도출된 정보의 형태 및 전달되는 대상 등을 파악하여 주요관리업무들 간의 정보의 흐름을 파악하였다.

4) 위의 결과를 바탕으로 주요관리업무 프로세스 및 정보의 흐름을 제시한 뒤, BIM 기술을 적용 시 기대효과를 면담 조사를 실시하였다. 그 결과 시공사의 관리 업무인 ‘조닝/공정 순서 계획 수립’ 업무가 가장 많은 BIM의 긍정적인 기대효과가 있다고 판단하였으며, ‘운송’ 관리 업무가 가장 낮은 기대효과로 제시하였다. 하지만 이러한 결과는 전문가 3명에 의한 소수의 의견이므로 신뢰성을 확보하기 위해서는 BIM 배경지식이 풍부하면서 각 공정단계의 업무 실적이 있는 실무자들을 대상으로 설문조사를 통해 더욱 많은 데이터를 확보하여 추가적인 보완이 필요하다.

5.2 연구의 한계 및 향후 연구방향

본 연구의 한계점은 PC공사 공정 진행 중에 각 참여주체 간에 교환되는 정보유형이 상세한 파악이 어려웠다는 점이다. PC공사 관리업무에서 도출되는 정보량이 방대하거나 포괄적인 경우, 이를 세분화하여 분류하는데 어려움이 있어 비슷한 정보의 유형끼리 통합하여서 조사를 수행하였다. 이 때문에 각 관리업무에서 타그룹으로 정보가 전달 될 경우 전달 대상까지는 파악하였지만 해당 정보가 통합된 정보의 분류에서 상세정보의 종류가 다양할 경우, 정확히 어떤 관리업무에서 수행되기 위해 필요한 정보인지는 개별적으로 파악이 힘들었다. 따라서 이러한 전달되는 정보의 정확한 정보유형과 전달된 그룹에서 어떠한 관리업무를 수행하기 위한 정보인지 확인을 위한 연구가 필요하였지만, 이는 객관적인 검증을 위해 해당 공정별 전문가와 수차례의 면담조사를 통하여 서로간의 의견을 취합하고 조정하며 도출해야하는 과정이 필요하다 여겨 수행의 어려움이 존재하였다.

이러한 한계점을 극복하기 위하여 향후 PC공사를 수행하는 참여주체 그룹의 전문가와의 면담조사를 통해 타그룹에서 전달된 정보가 해당 업무의 관리업무에서 어떠한 목적과 방식으로 사용되고 기록되는지 파악하고 다른 그룹의 전문가와 해당데이터의 교차검증을 통해, 보다 신뢰성 높은 PC공사 관리업무를 위한 정보교환 프레임워크를 구축하는 것이 필요할 것으로 사료된다. 이후 추가적으로 BIM기반 PC공사 관리업무 모델 구축을 위해 관리업무에 있어 필요한 정보들을 수집하는 자동화 기술의 적용방안 연구와 수집된 정보들이 BIM적용이 가능도록 정보화하는 연구가 진행되어, 이는 향후 PC공사 관리업무의 자동화체계를 구축할 수 있는 연구의 초석이 될 것이라 판단한다.

참 고 문 헌

<국내문헌>

❖ 단행본 및 보고서

강태욱, “BIM의 원리”, 시공문화사(Spacetime), 2011

국토교통부, 건축물 조립공사 표준기술서 - 건축물 조립공사 : PC 공사, 2009

김우식, “건축시공기술사”, 세진사. 2006

김원표, “다시쓰는 통계분석: 기본통계분석”. 1판, 서울: 와이즈인컴퍼니. 2017

대한주택공사 주택 연구소, PC부재 생산-운반-시공 통합관리시스템 개발연구, 1997

대한주택공사 주택도시연구원; PC협의회, 아파트 지하주차장의 프리캐스트(PC)공법 적용방안 연구, 2006

원태연, “통계 조사 분석”, 한나래아카데미. 2010

이재만, 석원균, 박순전, 이영철, [엔지니어링 리포트] 5D BIM 및 ICT기법을 활용한 실시간 프리캐스트 콘크리트 공사 관리 시스템 개발, 2019

한국복합화 건축 기술협회, “Precast Concrete”, 1판, 서울: 기문당. 2007

❖ 학위 및 학술논문

김동현 (2008), PC생산 공법의 일정·비용 최적화 시스템, 송실대학교 정보과학대학원, 석사학위논문

김선형, 이원석, 김선국, 이동훈 (2010), PC구조 접합부공사의 생산성 향상을 위한 거푸집 개발, 한국건축시공학회 논문집, 제 10권 5호, pp. 11-20

김준식 (2011), 건설물류관리에서의 문자영상 인식기술 적용성에 대한 연구, 성균관대학교 일반대학원, 석사학위논문

박영준 (2014), PC생산 공법의 일정·비용 최적화 시스템, 경북대학교, 석사학위논문
 송기준, 이웅균, 안성훈, 강경인(2005), 유전자 알고리즘 랜덤기를 적용한 PC 생산관리최적화 모델 연구, 대한건축학회 학술발표대회(창립60주년 기념) 논문집, 제 25권 1호, pp. 487-490

신동우, 김창덕 (1994), PC 주택 하자유형 분석, 대한건축학회 논문집, 제 10권 1호, pp. 123-130

신원상, 손창백 (2014), PC공사의 품셈 분석 및 시뮬레이션 모델 개발, 대한건축학회 논문집 구조계, 제 30권 4호, pp.59-66

안성훈, 이웅균, 강경인 (2004), 건설업의 PC 기술 활성화 방안에 관한 연구, 대한건축학회논문집 구조계, 제 20권 7호, pp. 135-142

이기태 (2004), 공동주택 지하주차장에서의 데크플레이트공법과 부분 PC공법의 적용성 연구, 동명정보대학교, 석사학위논문

이상철 (1993), PC주택관련 기준상에 나타난 활성화 제약조건 및 개선방향, 공업화주택기술향상(대한건축학회 심포지엄), 공업화 주택의 활성화 방안, pp. 19-26

이종민, 최일섭(2007), [특집] PC구조의 현재와 미래, 대한건축학회지, 제 51권 4호, pp.76-82

이현석, 손영진, 이윤선, 김재준 (2008), 공동주택 공사에서의 생산성 향상을 위한 건축 외관용 PC의 적용 타당성 분석, 한국건설관리학회 논문집, 제 9권 3호, pp. 118-125

정지숙, 조제현, 이광명, PC 부재 제작을 위한 BIM기반 프로세스, 한국CDE학회 학술 발표회 논문집, pp. 588-590

정지숙 (2014), 프리캐스트 콘크리트 승강장의 BIM 기반 설계, 성균관대학교, 석사학위논문

정하선 (1993), PC기술 고급화를 위한 향후 연구과제, 공업화주택 기술향상(대한건축학회 심포지엄), 품질관리 및 기술 고도화, pp. 269-374

조기덕 (2006), PC(Precast Concrete)조립식 건축공법의 통합관리 및 활성화 방안에 관한 연구, 인하대학교, 석사학위논문

홍성엽, 오세운 (2018), 국내 프리캐스트 콘크리트 건축 시장현황 조사 연구, 한국콘크리트학회 학술대회 논문집 제 30권 2호, pp. 233-234

황석연, 김재준, 손정락, 손창백 (1997), PC아파트 공사에서 PC부재의 최적관리방안, 대한건축학회 논문집 제 13권 4호, pp. 417-427

황정현 (2014), BIM기반 Precast Concrete 공법 통합관리 프로세스 구축, 서울시립대학교 도시과학대학원, 석사학위논문

신나래, 김영석, 한승우, 염동준 (2016), 프리캐스트 콘크리트 부재의 생산일정 계획을 위한 의사결정 지원시스템 개발, 대한건축학회논문집 구조계, 제 32권 2호, pp. 31-40

<국외문헌>

❖ 단행본 및 보고서

Duke, C.R. and Persia, M.A. (1996). Performance–importance analysis of escorted tour evaluations. *Journal of Travel and Tourism Marketing*, 5(3), pp.207~223.

Hair J, Black W, Babin B, Anderson R, Tatham R. *Multivariate data analysis*. 6th ed. New Jersey: Pearson Education, Inc. 2005. 816 p.

부록 1. PC공사 관리업무 중요도 및 자동화·정보화 요구도 조사(계속)

■ 아래 기재된 내용을 읽어보신 후, 3-5페이지의 설문에 대한 답변을 부탁드립니다.

□ PC공사 관리범위 및 업무 분류

관리범위	업무	정의
계획	PC화 계획	PC공사 적용구간 설정
	PC 구조계획	- 기초-기둥 접합부 계획(모멘트접합 or 핀접합, 선/후시공 앵커 결정) - 기둥-보 접합부 계획(모멘트접합 or 핀접합, 철근 정착 상세 결정) - 슬래브 공법 선택(1-way/2-way, 연속슬래브 / 단순슬래브)
	PC 부재 설계	- PC 부재 구조설계(기둥, 보, 슬래브, 벽 등) - 양중 계획 통한 PC 부재 분절 설계 - PC부재내의 전기 배선, 설비 소방 배관 설계 - PC부재 생산도면 작성(Shop dwg.)
	조닝/공정 순서 계획	PC공사 적용구간 조닝/공정순서 계획
	진입로 계획	- 부재 공사현장 반입 시 진입로 계획 - 중장비(H/C) 하중지지를 위한 기초강도 확보 및 구조검토를 통한 이동통로 계획
	몰드(형틀) 설계	Mould(형틀) 전용 생산·배치 계획
	공장 야적 계획	부재 출하 전 공장부지내 야적계획
	생산일정 계획	PC부재 생산일정 계획(생산 매트릭스 작성)
부재생산관리	PC 부재 생산 및 검수	- 철근배근 및 매립물 상태 - 콘크리트 압축강도 Test - 부재 생산 오차 검수 - PC부재 품질 관리(균열 및 파손, 하자보수)
	생산일정 및 정보	PC부재 생산일정 및 부재 정보 관리/업데이트
조달 관리	부재반입 요청	PC부재 현장 반입 요청 의사소통 체계
	부재반출상태 업데이트	부재 출하·반입 상태 업데이트
현장 반입 부재 검수	PC부재 생산Check-list 관리	- 반입 부재 검수 - 생산 부재 Check-list 수령
	균열/파손 발생	PC부재의 균열/파손 발생 점검 및 관리
현장조립관리	부재반입 및 간섭사항 체크	PC부재 반입 및 공간 간섭사항 체크
	먹매김 및 앵커볼트 상태	바닥 먹매김 및 앵커볼트 상태
	설치부재 시공오차	설치된 PC부재 시공오차 관리
	RC와 PC접합부 시공 관리	RC와 PC부재 접합부위 시공 관리
안전관리	양중상태	공사 진행 중 부재 양중상태 관리
	안전시설 설치상태	공사현장 안전시설 설치상태 관리
원가관리	내역 산정	콘크리트(m), 철근(kg), PEC-Part(ea)등 내역산정
	기성물량 산정	시공 기성물량의 산정 및 관리

부록 1. PC공사 관리업무 중요도 및 자동화·정보화 요구도 조사(계속)

PART II 관리범위별 생산성 영향도 및 자동화·정보화 요구도 조사

□ 아래 제시된 각 관리범위별로 PC공사의 생산성에 영향을 미치는 중요정도를 다음 표에 표시해 주시기 바랍니다.

관리범위	관리업무 중요도				
	매우중요	중요	보통	중요하지 않음	전혀 하지 않음
계 획					
부재생산관리					
조달관리					
현장반입 부재검수					
현장조립관리					
안전관리					
원가관리					

□ 아래 제시된 각 관리범위별로 자동화·정보화 기술을 적용시켜 개선이 필요하다고 생각하는 정도를 표시해 주시기 바랍니다.

관리범위	개선 필요성				
	매우필요	필요	보통	필요하지 않음	전혀 필요 하지 않음
계 획					
부재생산관리					
조달관리					
현장반입 부재검수					
현장조립관리					
안전관리					
원가관리					

부록 1. PC공사 관리업무 중요도 및 자동화·정보화 요구도 조사(계속)

PART III 관리업무별 생산성 영향도 및 자동화·정보화 요구도 조사

□ 아래 제시된 각 관리업무별로 PC공사 생산성에 영향을 미치는 중요정도를 다음 표에 표시해 주시기 바랍니다.

관리 범위	업무	관리업무 중요도				
		매우중요	중요	보통	중요하지 않음	전혀 하지 않음
계획	PC화 계획					
	PC 구조계획					
	PC 부재 설계					
	조닝/공정 순서 계획					
	진입로 계획					
	몰드(형틀) 설계					
	공장 야적 계획					
	생산일정 계획					
부재 생산 관리	PC 부재 생산 및 검수					
	생산일정 및 정보					
조달 관리	부재반입 요청					
	부재반출상태 업데이트					
현장 반입 부재 검수	PC부재 생산Check-list 관리					
	균열/파손 발생					
현장 조립 관리	부재반입 및 간섭사항 체크					
	먹매김 및 앵커볼트 상태					
	설치부재 시공오차					
	RC와 PC접합부 시공 관리					
안전 관리	양중상태					
	안전시설 설치상태					
원가 관리	기성물량 산정					

부록 1. PC공사 관리업무 중요도 및 자동화·정보화 요구도 조사(계속)

□ 아래 제시된 각 관리업무에 자동화·정보화 기술을 적용시켜 개선이 필요하다고 생각하는 정도를 표시해 주시기 바랍니다.

관리 범위	업무	관리업무 중요도				
		매우필요	필요	보통	필요하지 않음	전혀 필요하지 않음
계획	PC화 계획					
	PC 구조계획					
	PC 부재 설계					
	조닝/공정 순서 계획					
	진입로 계획					
	몰드(형틀) 설계					
	공장 야적 계획					
	생산일정 계획					
부재 생산 관리	PC 부재 생산 및 검수					
	생산일정 및 정보					
조달 관리	부재반입 요청					
	부재반출상태 업데이트					
현장 반입 부재 검수	PC부재 생산Check-list 관리					
	균열/파손 발생					
현장 조립 관리	부재반입 및 간섭사항 체크					
	먹매김 및 앵커볼트 상태					
	설치부재 시공오차					
	RC와 PC접합부 시공 관리					
안전 관리	양중상태					
	안전시설 설치상태					
원가 관리	기성물량 산정					

설문 응답에 감사드립니다.

부록 2. PC공사 관리업무 중요도 및 자동화·정보화 요구도 조사

『PC공사 정보흐름 도출 및 공사관리체계 개선』을 위한 인터뷰

안녕하십니까?

조선대학교 건축공학과에서는 Precast concrete 공법의 생산성 향상을 목적으로, PC공사 프로세스에 따른 정보흐름을 도출하고 이를 바탕으로 공사 관리 체계를 개선하기 위한 연구를 수행 중에 있습니다.

본 인터뷰는 상기 연구에 대한 관련분야 전문가들의 의견을 수렴하고 더 나은 발전 방향을 도출하기 위한 자료 수집을 목적으로 하고 있습니다. 바쁘신 와중에 인터뷰에 참여해주신 것에 매우 감사드리며, 다년간의 실무경험과 전문지식을 바탕으로 적극적인 의견 제시를 부탁드립니다.

인터뷰에 응답해 주셔서 대단히 감사합니다.

조선대학교 건축공학과

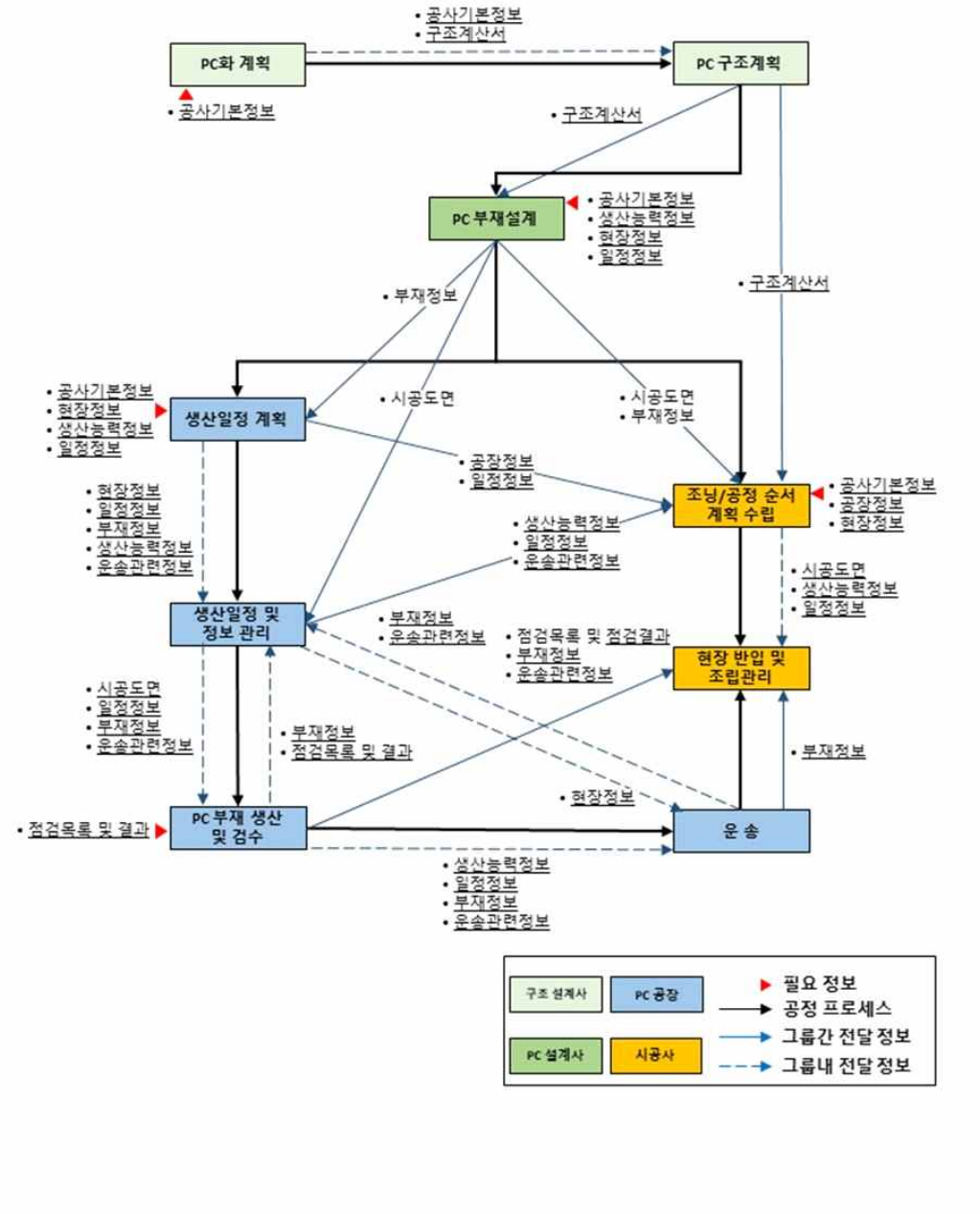
석사과정 문 성 환

(지도교수 김 태 훈)

부록 2. PC공사 관리업무 중요도 및 자동화·정보화 요구도 조사(계속)

□ PC공사 프로세스 및 정보의 흐름

다음은 PC공사 공정 진행 간 관리범위와 각 주체자 별로 해당 관리업무를 위한 필요정보들을 도식화 하였습니다. 해당 그림을 참고하여 다음 표를 작성 해주시기 바랍니다.



부록 2. PC공사 관리업무 중요도 및 자동화·정보화 요구도 조사(계속)

□ 관리업무별 정의

다음은 PC공사에서 이루어지는 관리업무 및 정의입니다. 해당 표를 참고하여 다음 표를 작성 해주시기 바랍니다.

주체자	관리 업무	정의
구조 설계사	PC화 계획	- PC공사 적용구간 설정 - 기본 공법·부재 검토 - PC 기본 구조 모듈 검토 - 개략 공사비 검토
	PC 구조설계	- 기초-기둥 접합부 설계(모멘트접합 or 핀접합, 선/후시공 앵커 결정) - 기둥-보 접합부 설계(모멘트접합 or 핀접합, 철근 정착 상세 결정) - PC 부재 상세 설계(기둥, 보, 슬래브, 벽 등) - 양중 계획 통한 PC 부재 분절 설계
PC 설계사	PC 부재 설계	- PC부재내의 전기 배선, 설비 소방 배관 설계 - PC부재 생산도면 작성(Shop dwg.)
PC 공장	생산일정 계획	- PC부재 생산일정 계획(생산 매트릭스 작성)
	생산일정 및 정보관리	- PC부재 생산일정 및 부재 정보 관리/업데이트
	PC부재 생산 및 검수	- 철근배근 및 매립물 상태 - 콘크리트 압축강도 Test - 부재 생산 오차 검수 - PC부재 품질 관리(균열 및 파손, 하자보수)
	운송	- 부재 현장으로 운송관련 관리
시공사	조닝/공정 순서 계획 수립	- PC공사 적용구간 조닝 - PC 생산 및 조립일정 파악을 통한 공정 순서 계획
	현장반입 및 조립관리	- 반입 부재 검수 및 생산 부재 Check-list 수령 - PC부재 조립공정 및 시공오차 관리

□ BIM 기술 적용시 기대효과

위의 표를 참고하여 PC공사에서 해당 업무 수행과정에서 BIM기술을 적용하였을 때, 각 관리업무에서의 긍정적인 기대효과를 '상', '중', '하', '해당없음'으로 작성 해 주시기 바랍니다.

주체자	관리 업무	기대효과					
		비용절감	일정준수	업무 효율성	현장 안정성	품질향상	내·외부 역량강화
구조 설계사	PC화 계획						
	PC 구조계획						
PC 설계사	PC 부재 설계						
PC 공장	생산일정 계획						
	생산일정 및 정보관리						
	PC부재 생산 및 검수						
	운송						
시공사	조닝/공정 순서 계획 수립						
	현장반입 및 조립관리						

비용 절감 - 재시공 방지/외주 비용 등 직접적인 비용절감

일정준수 - 공사기간/업무처리기간 등 직접적인 업무일정 단축

업무효율성 - 의사소통 향상/업무(작업)이해 향상/업무(작업)처리 향상

현장안정성 - 현장 안전사고 예방

품질향상 - 설계/시공 품질/산출물 등의 품질(정확성)향상

내·외부 역량강화 - BIM 업무 역량 및 기업이미지 재고

설문에 응해주셔서 감사합니다.