



Off-Site Construction(OSC) 기반 건축생산방식 성과관리 시스템 구축 방안 -PC 공동주택 사례를 중심으로-

Developing Performance Management System for Offsite Construction
(OSC)-based Building Production Method
-Focused on Precast Concrete Apartment Building Projects-



차희성
아주대학교
건축학과
교수

1. 서언

Off-Site Construction(이하 : OSC)란, 건축물이 설치될 부지 이외의 장소에서 부재(element), 부품(part) 선조립 부분(pre-assembly), 유닛(unit, module) 등을 생산 후 현장에 운반하여 설치 및 시공하는 건설 방식을 뜻한다(손정욱, 이준성, 2019). OSC 건축 방식에는 PC(precast concrete), 철골, 조립식 복합부재, 건식 공법, 모듈러 시스템 등으로 구분된다. 특히, PC 공법의 경우, 1970년대에 국내에 도입된 바 있으나, 기술 수준 미흡으로 인해 확대 적용되지 못하였고, 최근 건설산업의 급격한 환경변화와 경쟁력 저하를 해결할 대안으로 기대를 받고 있다.

OSC 적용 공법은 공사기간의 단축, 숙련공 부족 문제 해결, 품질 향상 등에 효과가 클 뿐만 아니라, 안전사고 감소, 폐기물 배출량 감소 효과가 큰 것으로 알려져 있다. 그러나, OSC 적용 공법 도입의 활성화를 위해서는 기존의 현장 위주 재래식 공법과 비교하여 초기 단계에서 의사결정을 효과적으로 지원하는 도구의 개발이 필수적이다.

건설 프로젝트의 목표를 효과적으로 달성하기 위해서는 초기 단계의 의사결정은 매우 중요하다. OSC 프로젝트의 성공 요인과 중요한 의사결정 요소로는 설계 확정(design freeze), 표준 레이아웃(standard layout), 시공성 설계(design for manufacture and assembly) 등이 있다. 이는 초기 단계에서의 OSC에 대한 고려는 OSC 프로젝트의 성공에 지대한 영향을 끼침을 의미하며, OSC 공법의 도입 여부는 설계가 완료된 시공 단계에서가 아닌 초기 단계에서 결정이 되어야 한다는 점이다.

프로젝트의 특성을 고려해 볼 때, 모든 프로젝트에 OSC 기법의 적용이 정답은 아니



이성호
아주대학교
스마트건축융합학과
석사과정

다. 오히려 기존의 현장 위주의 재래식 타설 공법이 유리할 수도 있으므로, OSC 공법 도입 여부에 대한 합리적인 의사결정이 필요하다. 한편, 효과적인 OSC 공법의 활용을 위해서는 종합적인 프로젝트 성과 측정을 통해 핵심 성과지표를 발굴하고, 이를 지속적으로 관리하여 향후 산업차원에서 모범사례(best practice)의 발굴이 가능할 수 있는 체계를 구축하는 것이 필수적이다.

본고에서는 OSC 공동주택 생산시스템 혁신기술 개발 연구단의 세부과제 중 OSC 프로젝트 진단 도구 및 성과 측정 시스템 개발과 관련된 연구 진행 상황을 소개하고자 한다. 향후 OSC 기반 공동주택의 종합적 성과 평가 시스템이 구축되어 보급이 확산된다면, OSC 기반 건축 생산 프로세스의 효과적 보급과 활성화에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

2. 기존 연구 고찰

2.1 OSC 기법 도입 의사결정 도구 개발 현황

2.1.1 PPMOF 의사결정 시스템

미국 건설산업연구원(Construction Industry Institute, CII)은 2000년대 초반부터 생산성 증대를 위한 목적으로 PPMOF(Prefabrication, Pre-assembly, Modularization, Offsite, Fabrication) 연구를 추진해 온 바 있다. 최근 프로젝트의 특성을 고려한 최적의 PPMOF 전략 수립을 위한 의사 결정 툴을 개발하여 현장중심의 생산방식을 공장제작 중심의 생산방식으로의 변화를 주도하고 있다(CII 2017). 이 도구를 통해 발주자는 PPMOF에 영향을 주는 항목들의 가중치를 직접 입력함으로써, 사업기간, 사업비, 품질, 안전 등 성과요인을 토대로 PPMOF 적용 시 가장 최적의 전략 대안을 제공받을 수 있도록 하였다. PPMOF 의사결정 도구의 경우, 성과에 미치는 중요한 요

인을 바탕으로 프로젝트 특성에 맞는 대안을 도출해준다는 장점이 있지만, 사용자의 판단에 의존적이며, 프로젝트의 다양한 특성을 효과적으로 반영하기에는 제한적이라는 단점이 있다.

2.1.2 PC 공법 대안 선정 시스템

Chen et al.(2010)은 건설 프로젝트의 특성, 대지 조건, 시장 특성, 지역 규제 등의 중요도를 정량화하여 특정값에 도달하면 OSC화를 검토하는 방안을 제안한 바 있다. 이를 통해, 각 부재별 OSC 도입 여부를 판단할 수 있고, 부재별 조합들을 생성하고, 다양한 대안을 각각 평가하여 콘크리트 구조물의 최적 PC 공법을 선정하는 의사결정 도구를 개발한바 있다. 다양한 PC공법에 요구되는 대표적인 조합들을 평가 항목들에 따라 정량화하여 제공한다는 장점이 있지만, 역시 사용자의 주관적인 판단에 의존하고 있다는 한계점이 있다.

2.1.3 PPVC 의사결정 시스템

싱가폴 건설청(BCA)은 건축생산성을 효과적으로 증진시키기 위해 정부차원에서 OSC기법의 도입을 의무화하고 있다. 특히, PPVC(Prefabricated Prefinished Volumetric Construction)라는 3차원 적층식 공장제작에 기반한 건축생산시스템을 확대 적용 시킴으로써 기존의 건축생산방식을 project-based에서 product-based로의 전환을 모색하고 있다. 이를 위해 최근에는 PPVC 사전 검토를 위한 주요 의사결정 요소를 도출하여, 도입 가능성을 평가할 수 있도록 주관적 요인을 정량화 시키고자 하는 새로운 기법을 제안한 바 있다.(Hwang et al.(2018)).

2.2 프로젝트 성과관리 시스템(Project Measurement System, PMS) 개발 현황

2.2.1 미국 CII의 벤치마킹 시스템

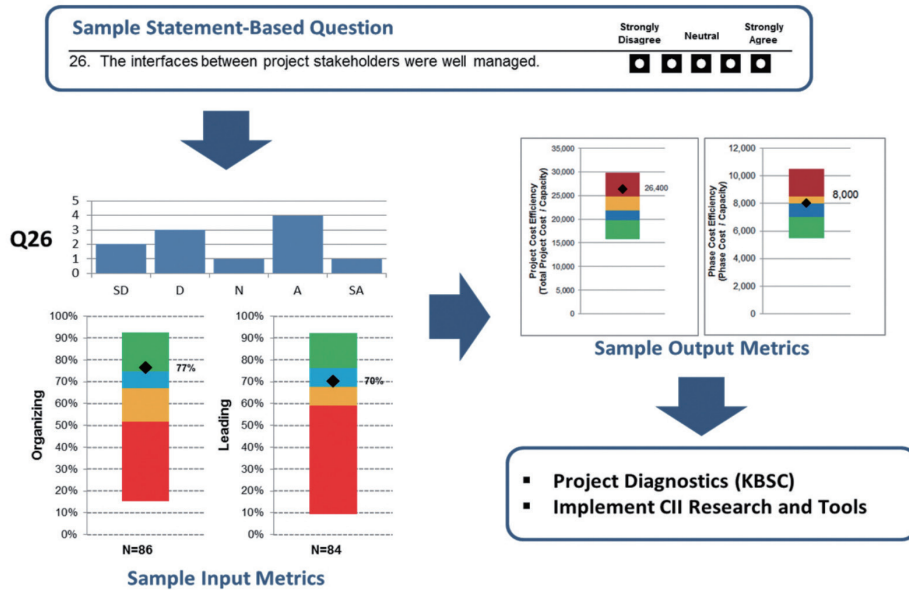


그림 1. 미국 성과관리 시스템 예시

CIE는 프로젝트의 성과 영역을 사업비, 공사기간, 안전성, 설계변경, 재작업 등 총 11개의 핵심성과지표를 개발한 바 있다. 이들 성과지표를 정량화하기 위해 다양한 데이터 수집을 바탕으로 하여 프로젝트의 성과 모니터링을 수행중에 있다. 또한, 이들 성과 영역별 분석과 동시에, front-end planning(기획), design(설계), procurement(조달), construction(시공), startup(시운전) 등 프로젝트 단계별 분석을 동시에 수행하고 있다(그림 1 참조).

2.2.2 영국, Department of Environment, Transport and the Regions(DETR) 성과관리 시스템

DETR은 성과 영역을 공기, 사업비, 품질, 만족도, 변경, 안전으로 구분하여 총 17개의 핵심성과지표를 개발하여 핵심성과지표(Key Performance Indicator, KPI)로 관리하고 있다. 이때, 프로젝트 단계는 commit to invest, commit to construction, available for use, end of defects liability, end of lifetime of project 등으로 세



그림 2. 영국 DETR 성과관리 시스템 사례

분하여 관리함으로써 전체 프로젝트 생애주기에 걸친 프로젝트의 성과 모니터링이 가능하도록 하고 있다. 최근 영국에서는 DETR의 산하기관인 CE(Constructing Excellence)사에서 개발한 Smartsite 라는 모바일 앱을 통해 사용자로 하여금 성과를 실시간 분석이 가능하도록 유도하고 있다(그림 2 참조).

2.2.3 국내 프로젝트 성과관리 시스템

국내 건설산업의 사후 평가를 위해서 국토교통부와 건설기술연구원은 성과 영역을 사업비, 사업기간, 안전, 변경, 재시공 등으로 구분하여, 총 12개영역의 핵심성과지

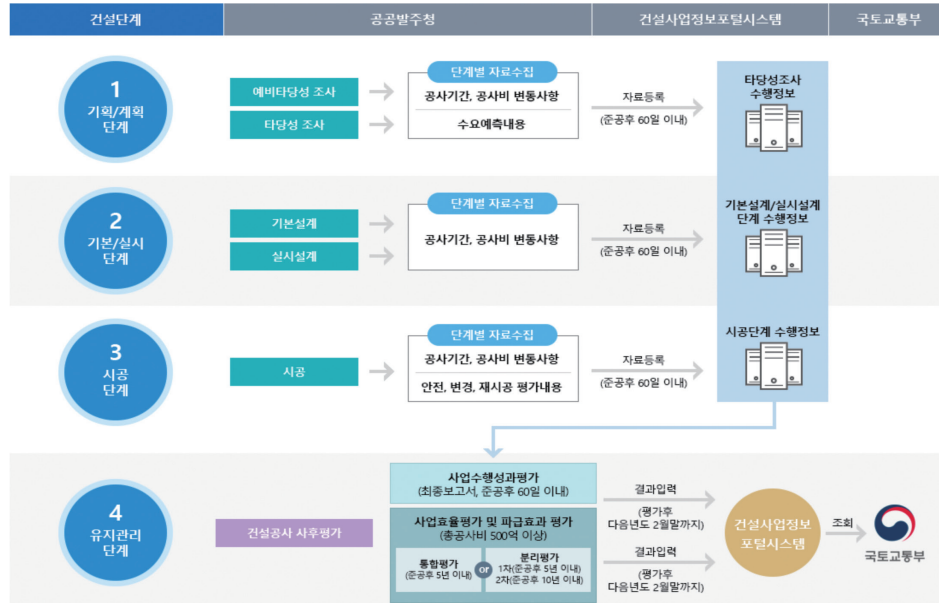


그림 3. 국내 사후 성과평가시스템

표를 개발하여 사후 평가를 수행중에 있다. 다양한 시설물 유형별 평가를 수행중이지만, 도로 등 토목공사 위주의 성과평가라는 한계와 사후 평가로 진행되는 등의 한계를 지니고 있다(그림 3 참조).

3. OSC 기법 의사결정 시스템 개발

3.1 OSC 의사결정 시스템 개요

본 연구팀에서는 OSC 활성화를 위해서는 초기 단계에서의 OSC 적용 공법 검토를 위한 의사결정 시스템의 개발이 필요할 것으로 판단하였다. 이를 위해 그림 4와 같은 절차를 통해 시스템을 개발하고자 하였다. 해당 시스템은 건축 프로젝트의 특성(project characteristics)을 효과적으로 반영하기 위하여 OSC 공법의 도입 여부에 따라 공사 난이도에 영향을 주는 특성을 정의하고, 공사 난이도 지수(construction difficulty index)를 설정하였다.

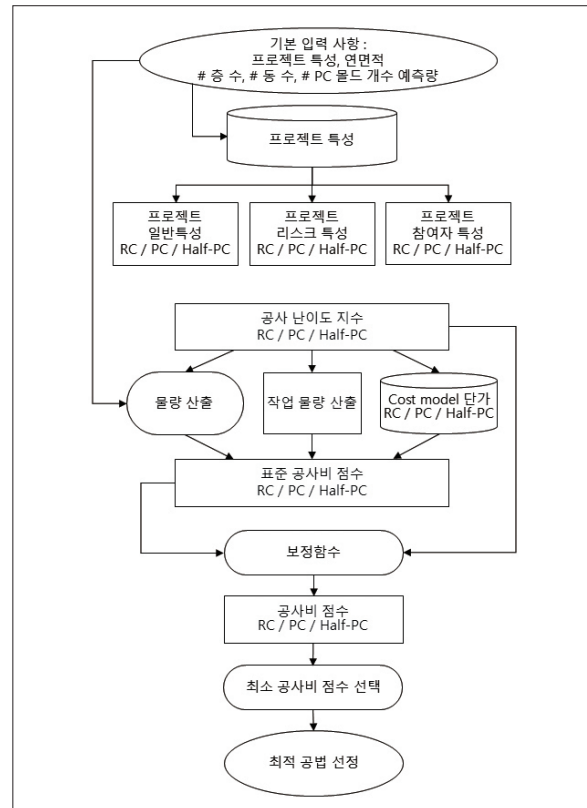


그림 4. OSC 의사결정 지원 시스템 흐름도

이때, 프로젝트의 특성은 일반(general), 리스크(risk), 참여자(stakeholder) 특성으로 세분하였다.

3.2 프로젝트 특성에 따른 공사 난이도 정량화

상기 의사결정 지원시스템을 효과적으로 운영하기 위해서는 특정한 프로젝트에 대한 특성이 성과에 미치는 영향을 정량화할 필요성이 있었다. 본 연구팀에서는 이러한 프로젝트의 특성과 공법별 성과를 연계시키기 위해 공사 난이도 지수(difficulty index)를 활용하고자 하였다(자세한 내용은 참고문헌 참조).

OSC 프로젝트 수행실적이 다수인 전문가 집단의 의견을 취합한 결과, 5점 리커트 척도로 공사 난이도 지수의 정량화가 가능하였다(표 1 참조). 표에서 확인할 수 있듯이, 프로젝트의 다양한 특성에 따라 RC, PC, Half PC 공법별 난이도가 차이가 있음을 확인할 수 있다.

3.3 OSC 공법 별 비용분류체계 개발

실시 설계가 완료되지 않은 프로젝트의 초기 단계에서는 정확한 물량 산출이 어려우므로, 공사비의 정확한 예측이 불가능하다. 따라서, 본 연구팀은 이러한 시점의 비용 예측을 효과적으로 수행하기 위해 예상 공사비에 대한 비용분류체계를 구축하였다. 이를 위해 각 공법별 코스트 모델 항목을 설정하고, 항목별 단가를 산출하였다. 특정 공법이 적용될 경우에, 해당 물량 산출식을 적용하여 프로젝트 특성에 따른 예측 가능한 물량을 산출하도록 하였다. 이러한 코스트 모델을 통해 항목별 단가를 산출된 물량에 곱해 산업 평균 예측 공사비를 산정할 수 있다. 즉, 이를 통해 해당 프로젝트 특성을 반영함으로써 공법 별 공사비 예측의 가능하다.

표 1. 프로젝트 특성에 따른 공사 난이도 지수(계속)

대분류	중분류	선택항목	Construction method		
			RC	PC	Half PC
프로젝트 일반특성	프로젝트 규모	소형	2	4	4
		중형	3	5	4
		대형	3	5	5
	대지조건	좋지 않음	3	5	4
		보통	5	3	3
		좋음	4	2	3
	지반조건	좋지 않음	4	5	4
		보통	2	4	3
		좋음	2	3	3
	기후 조건	좋지 않음	5	3	4
		보통	4	2	3
		좋음	3	2	2
	osc 공장과 현장과의 거리	~50km	3	2	2
		51~100km	3	3	3
		100km~	3	4	4
프로젝트 리스크 특성	노무인력 수급 용이성	낮음	5	3	4
		보통	4	3	3
		높음	3	2	3
	장비 수급 용이성	낮음	5	5	5
		보통	4	4	4
		높음	2	3	3
	자재 수급 용이성	낮음	5	5	5
		보통	4	4	4
		높음	3	3	3
	민원 발생 가능성	낮음	3	1	2
		보통	4	2	3
		높음	5	2	4
	노무 분쟁 가능성	낮음	3	3	3
		보통	4	3	3
		높음	5	3	4
	안전 사고 가능성	낮음	3	2	2
		보통	4	3	3
		높음	5	4	4

대분류	중분류		선택항목	Construction method		
				RC	PC	Half PC
프로젝트 참여자 특성	발주자	발주자 조직 특성	공공발주자	2	3	3
			민간발주자	2	3	3
		발주자 조직 규모	대형	3	3	3
			중형	3	3	3
			소형	3	3	3
		발주자 유사 프로젝트 수행 경험	경험없음	3	4	4
			보통	3	3	3
			풍부	2	2	2
		발주자의 요구조건 명확성	부족	4	4	4
			보통	3	3	3
			명확	2	2	2
	설계사	설계사 협업 태도	좋지 않음	3	4	4
			보통	3	3	3
			좋음	3	2	2
		설계사 조직 규모	대형	2	3	3
			중형	2	3	3
			소형	2	3	3
		설계사 유사 프로젝트 수행 경험	경험없음	3	4	4
			보통	2	3	3
			풍부	2	2	2
	제작사	제작사 조직 규모	대형	3	2	2
			중형	3	2	2
			소형	3	3	3
		제작사 유사 프로젝트 수행 경험	경험없음	3	3	3
			보통	3	3	3
			풍부	3	2	2
	시공사	시공사 조직 규모	대형	2	3	3
			중형	3	3	3
			소형	3	3	3
		시공사 유사 프로젝트 수행 경험	경험없음	3	3	3
			보통	2	2	2
			풍부	1	1	1

3.3.1 공법별 코스트 항목의 도출

오픈 데이터의 활용을 통해 기존 RC공법, PC 공법, Half-PC 공법에 대한 cost model을 개발하고자 하였다. 골조 공사에 포함되는 cost model의 항목 및 단가를 도출하였으며, 활용한 cost model의 항목별 자재비, 노무비, 경비의 단가 및 단위는 다음과 같은 방법을 활용하고자 하였다.

RC 공법의 경우, 공공기관에서 제공된 2021년도 상반기 일위대가(건축)를 참고하여 cost model의 항목 및 단가를 추출하였고, 공공기관 원가 공개 정보를 바탕으로 실제 사례에 활용된 일위대가, 항목별 자재비, 노무비 그리고 경비에 대한 단가 및 단위를 활용하고자 하였다.

도출한 RC 공법의 cost model은 레미콘, 콘크리트 펌프카 타설, 콘크리트 기타 장비 사용, 고강도철근, 철근 가공, 철근 조립, AL폼, 갠폼, 갠폼 공임, 갠폼 해체비, 항목으로 구성되어 있다. 각 항목별 재료비, 노무비, 경비의 단가는 표 2와 같다.

PC 공법의 cost model은 외벽체, 내벽체, 슬래브의 자

표 2. RC 공법의 Cost model 항목 및 단가

품명	규격	재료비	노무비	경비
레미콘	m ³	66,300	-	-
콘크리트 타설/펌프카	m ³	692	12,075	1,826
레디믹스트 콘크리트 장비사용 타설	m ³	1,459	22,311	2,781
고강도 철근	ton	595,000	-	-
철근 가공	ton	1,050	43,950	6,946
철근 조립	ton	1,050	338,950	
AL폼	m ²	3,870	18,152	2,930
갠폼	m ²	153,427	-	-
갠폼 공임	m ²	-	6,800	-
갠폼 해체비	m ²	-	6,800	-

표 3. PC 공법의 Cost model 항목 및 단가

품명	규격	재료비	노무비	경비
PC벽체(외부) 자재비	m³	365,265	-	-
PC벽체(외부) 운반비	ton	-	-	300,000
PC벽체(외부) 설치비	m³	5,715	42,338	16,848
PC벽체(내부) 자재비	m³	365,625	-	-
PC벽체(내부) 설치비	ea	-	-	300,000
PC 슬라브 자재비	m³	5,715	24,338	16,848
PC 슬라브 운반비	m³	316,875	-	-
PC 슬라브 운반비	ea	-	300,000	300,000
PC 슬라브 설치비	m³	3,275	18,056	15,706
PC 부재 몰드비	ton	30,000,000	-	-

재비, 운반비 그리고 설치비로 구성하였다. 또한, 부재의 표준화 정도에 따른 몰드의 개수와 몰드 가동률은 PC 공법의 공사비에 많은 영향을 끼치므로 몰드 개수 항목을 추가하였다(표 3 참조). 각 항목의 자재비, 노무비, 경비의 단가는 국가기관에서 공개한 PC Wall 구조 일위대가를 활용하였으며, 운반비는 소요 물량을 25ton 트레일러 대수를 기준으로 한 단가를 활용하였다.

Half-PC 공법은 RC 공법과 PC 공법을 혼용하여 시공하는 공법이다. 따라서 Half-PC 공법에 대한 cost model은 RC 공법과 PC 공법의 cost model을 활용했다. 거푸집을 제외한 cost model의 항목 및 단가는 표 2와 표 3이 통합된 형태로 구성된다. 이때, 물량 대입에서 각 항목별 소요되는 물량의 차이가 표준 공사비를 결정할 수 있도록 구성하였다.

3.3.2 프로젝트별 물량 산출 방안

아파트 지상층 물량 산출법을 활용해 RC공법의 물량을 산출하였으며, 이를 기준으로 PC, Half-PC 공법의 물량을 산출하였다. 산출된 공법별 물량은 Cost model의 항목 및 단가에 곱하여 표준 공사비를 산출 시 활용할 수 있다.

RC공법의 골조 물량은 대상 프로젝트의 연면적에 층별/평형별 단위 물량을 곱해서 계산할 수 있다. 이를 통해 산출된 연면적, 층수, 평형에 따른 콘크리트, 거푸집, 철근의 물량은 RC 공법의 cost model의 항목 및 단가에 곱하여 표준 공사비를 산정할 수 있다. 콘크리트 물량은 레미콘, 콘크리트 펌프카 타설, 기타 장비 사용의 항목에 대입되고, 거푸집 물량은 AL폼, 갱폼, 갱폼 해체의 항목에 대입되며, 철근 물량은 ton 단위로 환산되어 고강도 철근, 철근 가공, 철근 조립의 항목에 대입된다.

PC 공법의 cost model 항목별 물량은 부재별 항목 직접비 단가가 다르므로 부재별 물량 산출이 요구된다. 슬래브의 물량은 슬래브 두께를 200mm로 가정하고 연면적을 곱해 산출하였으며, 외벽체와 내벽체의 물량은 전체 물량에서 슬래브 물량을 제외하여 산정하였다. 운반 물량은 25톤 트레일러를 기준으로 부재별 물량을 25ton으로 나누어 트레일러 대수로 산정했다. 몰드 수량은 기본 입력 사항에서 예상치를 입력하도록 하였다.

Half-PC 공법의 항목별 물량은 공법의 특성에 맞게 산출했다. 레미콘, 콘크리트 장비 사용 타설, 콘크리트 펌프카에 대입되는 물량은 현장에서 타설되는 콘크리트의 물량인 연면적에 총 슬래브의 두께의 절반인 100mm를 곱하여 산출한다. 현장에서 배근되는 철근의 물량은 전체 철근의 물량에 슬래브의 콘크리트 물량과 전체 콘크리트 물량의 비를 곱해 전체 슬래브에 배근되는 철근의 양에 절반으로 산출한다. PC 벽체의 물량은 PC 공법 cost model에서의 물량과 같으며, PC 슬라브의 물량은 연면적에 총 슬래브의 두께의 절반인 100mm를 곱해 산출할 수 있다.

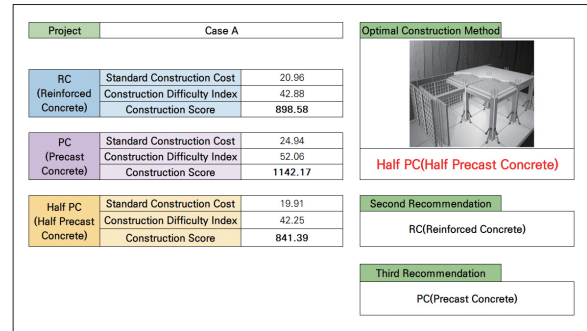
표 4. 아파트 지상층 단위 물량

층별	평형별	바닥면적		
		콘크리트(M3)	거푸집(M2)	철근(kg)
평균		0.36	3.43	40.03
15층 이하	20평형대	0.35	3.47	35.92
	30평형대	0.35	3.31	37.54
	40평형대	0.32	3.11	32.42
	50평형이상	-	-	-
16~ 20층	20평형대	0.38	3.61	40.70
	30평형대	0.38	3.61	40.51
	40평형대	0.35	3.21	37.72
	50평형이상	0.34	2.94	61.61
21~ 25층	20평형대	0.40	3.66	44.39
	30평형대	0.39	3.66	44.18
	40평형대	0.36	3.26	41.13
	50평형이상	0.35	2.99	37.75
26층 이상	20평형대	0.43	3.89	58.50
	30평형대	0.43	3.89	58.22
	40평형대	0.39	3.47	54.21
	50평형이상	0.38	3.18	49.75

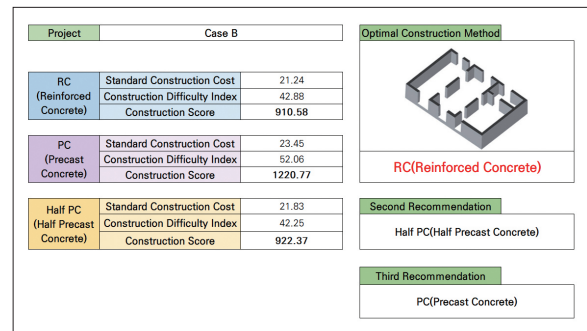
3.4 OSC 의사결정 시스템 개발

공사 난이도 지수를 활용해 표준 공사비를 보정하여 의사결정을 지원하는 프로그램을 Excel Visual Basic을 활용하여 개발하였다. 우선, 기본 입력 사항에는 해당 프로젝트의 특성, 건축면적, 연면적, 층수, 동수, PC 몰드 개수 예측량을 입력하도록 하였다. 또한, 프로젝트 특성을 통해 각 특성별 공법별 공사 난이도 지수를 산정할 수 있고, 공사 난이도 지수 알고리즘을 통해 공법별 공사 난이도 지수를 산정할 수 있다. 통합 난이도 지수는 각 특성별 공사 난이도 지수 평균의 곱을 통해 산정한다.

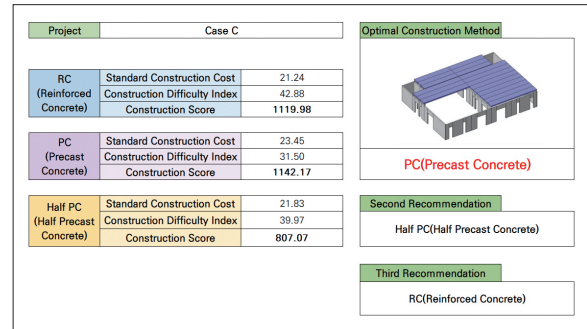
다음으로는 건축면적, 연면적, 층수, 동수, PC 몰드 개수를 통해 항목별 물량 산출을 한다. 산출된 물량은 공법별 cost model의 항목별 단가에 곱해져서 공법별 표준공사비가 산출된다. 이때, 표준공사비는 공사 난이도 지수



(a) Case A



(b) Case B



(c) Case C

그림 5. A, B, C case별 output 화면

를 통해 프로젝트 특성에 따라 보정되어 최종 공사비 점수를 산출한다. RC 공법, PC 공법, Half-PC 공법별 산출된 공사비 점수를 비교해 봄으로써 가장 작은 공사비 점수가 산출된 공법으로 최종 공법을 선정할 수 있다.

해당 시스템의 검증을 위해서는 가상의 데이터 입력을 통해 시뮬레이션을 실시한 결과, 개발된 의사결정 시스템의 활용성이 입증된 바 있다.

시스템을 통해 도출된 공법별 최종 output 화면은 그림 5와 같다. 프로젝트 명과 각 공법별 표준 공사비 점수, 공사 난이도 지수, 공사비 점수가 집계되어 나타나고 있으며, 최종 추천 공법과 차순위의 공법들이 표현되고 있음을 확인할 수 있다. 따라서, 비록 가상의 데이터 시뮬레이션 이지만, 입력되는 프로젝트 특성에 따라 표준 공사비 점수와 공사 난이도 지수가 산출되고 이를 통해 계산된 가장 작은 공사비 지수를 기록한 공법을 추천하는 의사결정 시스템으로 활용이 가능함을 알 수 있다.

4. OSC 기반 프로젝트 성과 관리 시스템 개발

4.1 OSC 프로젝트 핵심 성과 지표 개발

OSC 기반 생산방식의 핵심성과지표를 개발하기 위해 총 8개 성과 영역을 도출하였고, 전문가 설문을 통해 예비 KPI의 타당성을 검증하였다. 또한, 각 영역별 하위수준의 상세 성과지표를 개발하였으며, 이들에 대한 정량화 산출식을 도출하였다.

4.1.1 OSC 프로젝트 성과 영역의 도출

미국의 CII, 영국의 DETR, 국내 건설기술연구원 등에서 사용되고 있는 다양한 프로젝트 성과지표를 토대로 총 8개 영역(공사기간, 사업비, 품질, 생산성, 환경, 만족도, 안전, 예측정확도)에서의 OSC 프로젝트 핵심 성과 지표를 도출했다.

4.1.2 예비 KPI 검증

건설 산업 종사자 180명을 대상으로 도출된 성과 영역들의 상대적 중요도에 대한 설문조사를 진행했다. OSC KPI에 대한 다양한 주체별 인식 차이를 확인해 보기 위해 Kruskal-Wallis 검증을 통한 교차 분석을 실시하였다. 해당

검증 결과, 귀무가설을 기각하지 못하여 통계적 유의는 없는 것으로 나타났다. 즉, 예비 KPI의 상대적 중요도는 주체별 인식 차이가 크지 않아, 성과 측정시 주체별 차이를 고려하지 않은 지표로 활용이 가능한 것으로 파악되었다.

4.1.3 세부 지표 및 산출식 도출

추가적인 문헌조사와 전문가 자문을 통해 세부지표 및 산출식을 도출하였다(표 5 참조).

표 5. 세부지표 및 산출식 도출(계속)

성과지표	세부 지표	산출식
공사 기간	단계별 공사 기간	$\frac{\text{단계별 실제 공기}}{\text{실제 총 공사기간}}$
	공기 증감율	$\frac{\text{실제 공기} - \text{초기 예측공기}}{\text{초기 예측공기}}$
사업비	단계별 사업비	$\frac{\text{단계별 실제 비용}}{\text{실제 총 사업비}}$
	사업비 증감율	$\frac{\text{실제 비용} - \text{초기 예측비용}}{\text{초기 예측비용}}$
품질	재작업 비용	$\frac{\text{단계별 재작업 비용}}{\text{실제 총 사업비}}$
	재작업 시간	$\frac{\text{단계별 재작업 기간}}{\text{실제 총 공사기간}}$
생산성	전체 생산성	$\frac{\text{단계별 산출물량}}{\text{단계별 workhour}}$
	OSC 생산성	$\frac{\text{단계별 공장제작 산출물량}}{\text{단계별 workhour}}$
환경	자재 소비량	$\frac{\text{자재별 소비량}}{\text{연면적(m}^2\text{)}}$
	에너지 소비량	$\frac{\text{에너지 소비량}}{\text{연면적(m}^2\text{)}}$
	폐기물 배출량	$\frac{\text{폐기물 배출량}}{\text{연면적(m}^2\text{)}}$
만족도	발주사	5점 리커트 척도
	시공사	
	설계사	
	입주자	
	제작사	

성과지표	세부 지표	산출식
안전	재해율	$\frac{\text{재해자 수}}{\text{상시 근로자 수}} \times 100$
	중대 재해율	$\frac{\text{중대 재해자 수}}{\text{상시 근로자 수}} \times 100$
예측 정확도	공기 예측정확도	$\frac{\text{단계별 실제 공기}}{\text{초기 예측공기}}$
	비용 예측정확도	$\frac{\text{단계별 실제 비용}}{\text{초기 예측비용}}$

4.2 OSC 성과관리시스템 프로토타입 개발

개발된 OSC 핵심 성과 지표를 효과적으로 활용하고, OSC 기반 생산시스템의 활성화를 도모하고자 프로젝트의 성과를 모니터링할 수 있는 성과관리시스템 프로토타입의 개발이 진행중에 있다. 이 시스템은 프로젝트 특성과 함께 단계별 성과지표를 입력하도록 함으로써 다양한 성과정보를 데이터베이스화하여 OSC 프로젝트의 성과관리가 가능한 시스템으로 발전시키고자 한다. 현재 PMS 프로토타입 개발에 앞서 알고리즘의 유효성을 검증하고자 일부 가상의 데이터를 통한 시뮬레이션을 진행중에 있다(그림 6 참조).

상기 시뮬레이션의 수행을 통해 검증을 거친 시스템 프로토타입은 OSC 연구단의 실증 프로젝트의 데이터 입력이 가능할 것으로 사료된다. 본 연구진이 최종적으로 개발하고자 추진중인 OSC PMS의 프로토타입 개발과정을 도식화한 흐름도는 다음의 그림 7과 같다. 그림에서와 같이, OSC 화 정도에 따른 건설 프로젝트의 성과데이터를 입력하도록 함으로써 영역별/시기별 성과지표가 효과적으로 도출될 수 있다면, 프로젝트의 정량적 성과관리가 가능할 것으로 판단한다. 이러한 시스템의 개발을 통해 OSC 성과를 효과적으로 비교분석함으로써 산업차원의 저해요인에 대한 효과적인 분석이 가능하고, OSC 프

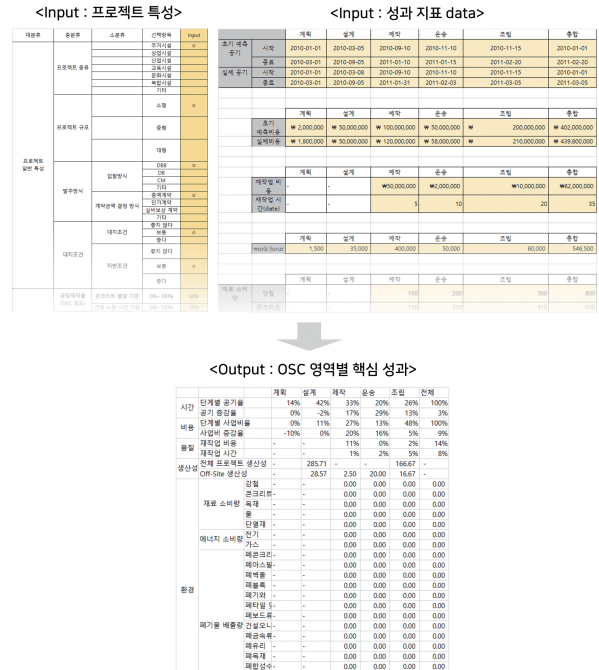


그림 6. 가상 데이터 입력 시뮬레이션

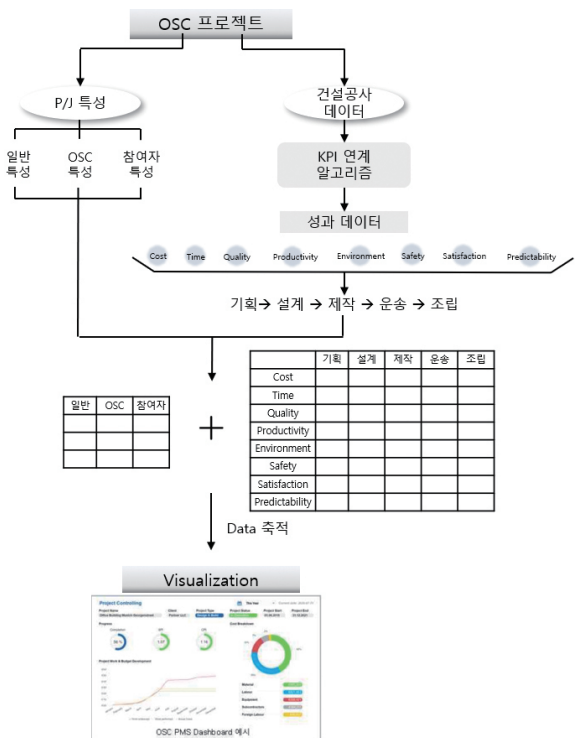


그림 7. OSC PMS prototype의 프로세스 흐름도

로젝트의 성공적 안착을 유도하는데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

5. 결론

본고에서는 OSC 적용 공법의 활성화를 위해 사전 의사결정 도구인 OSC 공법 의사결정지원 도구(tool)와 성과관리 시스템의 개발 현황 및 향후 개발 방안에 대해 소개하였다. 본 의사결정 도구는 OSC의 효율적인 도입을 위해 실시 설계가 완료되지 않은 초기 단계에서 의사결정 지원 도구로서 활용될 수 있다. 프로젝트 특성을 고려하여 공사비 기반 최적 공법을 선정할 수 있으며, 의사결정 대안을 PC, RC뿐 아니라, 모듈러 공법이나 volumetric assembly 등으로 확대한다면 좀더 광범위한 의미의 OSC 공법 의사결정 시스템으로 활용될 수 있을 것으로 사료된다. 또한, OSC 성과관리시스템은 프로젝트 수행 과정을 포함하여 사후 성과 모니터링 도구로서 활용이 가능하다. 이를 위해 지속적인 데이터베이스화를 통해 다양한 프로젝트 성과를 축적하게 된다면, 모범 사례 발굴을 통해 산업 차원의 적용 확대를 유도할 수 있을 것으로 기대한다. 또한, 중점 관리 대상을 식별하여 추후 성과 개선과 의사결정 시에 활용이 가능할 수 있을 것이다. 추후 연구 방향으로 본 연구단의 성과관리 시스템을 통해 축적된 데이터를 활용하여 성과 상호 간의 인과 관계에 관한 분석 연구와 프로젝트 특성에 따른 성과 예측에 대한 연구가 추가로 진행될 수 있을 것으로 기대하며, 이는 궁극적으로는 OSC의 보급 및 활성화에 기여하여 건설 산업의 고부가가치화를 이룰 수 있을 것으로 사료된다.

참고 문헌

1. 손정욱 & 이준성. (2019). Off-Site Construction: 건설생산시스템의 혁신. 한국건설관리학회지, 20(5), 3-7.
2. 이성호, 차희성 (2020), OSC(Off-Site Construction)기반 PC(Precast Concrete)구조 공동주택 핵심성과지표 개발을 위한 기초 연구, 대한건축학회 추계학술발표대회논문집, 40(2).
3. 이성호, 차희성 (2021), Off-Site Construction 프로젝트 단계/영역별 성과 관리 시스템 프레임워크 개발, 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집, 41(1).
4. 이성호, 차희성 (2021). OSC기반 PC구조 공동주택의 보급 및 활성화 방안과 핵심 성과 지표 개발, 한국건설관리학회 논문집, 22(1), 98-105.
5. 이성호, 차희성, 손보식 (2022). 건축 프로젝트 특성을 고려한 초기 단계에서의 Off-Site Construction 공법 도입 여부 의사 결정 시스템 개발, 한국건설관리학회 논문집, 23(1), 89-97.
6. 한국건설기술연구원, 건설사업 핵심성과지표 및 사업 모델 개발, 2018.
7. Chen, Y., Okudan, G. E., & Riley, D. R. (2010). Decision support for construction method selection in concrete buildings: Prefabrication adoption and optimization. Automation in Construction, 19(6), 665-675.
8. Construction Industry Institute (CII) (2017). IR171-2 Prefabrication, Preassembly, Modularization, and Offsite Fabrication: Decision Framework and Tool, V, 2017-01.
9. Construction Industry Institute (CII). Performance Metric Formulas and Definitions. <https://www.construction-institute.org>.
10. DETR (2000). KPI Report for The Minister for Construction. Gov. UK. <https://www.gov.uk/government/statistics/key-performance-indicators>.
11. Hwang, B. G., Shan, M., and Looi, K. Y. (2018). "Knowledge-based decision support system for prefabricated prefinished volumetric construction.", Automation in Construction, Elsevier, 94, pp. 168-178.

차희성 교수는 Texas-Austin 대학교에서 건설관리 전공으로 박사학위를 받고, 2005년 부터 현재 아주대학교 건축학과에 재직 중이다. 건축 생산성 혁신, 스마트 융복합 건설사업관리 분야에서 활발한 연구 활동을 수행 중이다.
e-mail : hscha@ajou.ac.kr

이성호 학생은 현재 아주대학교 스마트건축융합학과 석사과정에 재학 중이며, OSC PC 공동주택 성과관리 시스템 개발에 관한 연구를 수행하고 있다.
e-mail : ozil0301@ajou.ac.kr