

# 현장외 시공 공법 채택의 영향 인자 및 활성화 방안 연구 - 영국 건설 시장 사례 연구 -

## A study on influencing factors and revitalization of the adoption of off-site construction

### - Case study on the construction market of the United Kingdom -

김민규<sup>1)</sup>, Brilakis, Ioannis<sup>2)</sup>, 안윤규<sup>3)</sup>  
Kim, Min-Koo<sup>1)</sup> · Brilakis, Ioannis<sup>2)</sup> · An, Yun-Kyu<sup>3)</sup>

Received August 28, 2015 / Accepted September 9, 2015

**ABSTRACT:** Over a few decades, off-site construction (OSC) has been widely used for building and bridge constructions. OSC is a construction method that build structures at a different location than the location of use, and normally it occurs in a manufacturing plant. There are many studies on the perceived benefits of OSC, yet relatively few studies which quantitatively assess the benefits and factors affecting the decision of the use of OSC have been investigated. This study investigates the influencing factors of the use of OSC system and its revitalization solutions in the construction industry. As the research method, interview and questionnaire survey are conducted by visiting industry experts of OSC and sending a questionnaire to the OSC stakeholders including engineers, manufacturers, contractors and clients in the United Kingdom (UK). The construction industry of the UK is targeted for the study since it has a number of commons with the Korean construction industry in terms of the structure of the construction industry and current low take-up of the OSC. The survey provides the results that the reluctance of clients to use OSC is the key factor of the slow use of OSC despite of the perceived benefits of OSC. In addition, in order to revitalize OSC in the construction market, three revival recommendations are suggested based on the survey results.

**KEYWORDS:** Off-site construction, Influencing factor, Interview, Questionnaire, BIM

**키워드:** 현장외 시공, 영향 인자, 인터뷰, 설문조사, 빌딩정보모델

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

최근 국내 교량 및 빌딩 건설시장에서 시공 공기단축 및 건축물의 품질 향상에 대한 지속적인 요구로 조립식 부재 기반의 현장외 시공(Off-site Construction, 이하 OSC) 공법이 각광을 받고 있다. OSC 공법은 일반 제조업에서의 대량 공장생산 개념이 건설 산업에 적용된 것으로 건설 대상물의 주요 부재들을 부품화, 규격화하여 공장에서 대량 생산하고 이들을 현장에 운반하여 조립하는 시공 방법이다. 기존의 현장 시공(On-site Construction) 공법과 비교하여 OSC 공법은 시공 효율성, 친환경성 및 건설 품질 측면에서 장점이 있는 것으로 알려져 있다

(Sacks, 2004). 또한 조립식 부재의 제조가 공장에서 이루어져 제조에 있어 비, 눈과 같은 환경적 요인에 대한 제약이 적으며 다양한 형태의 초기 디자인이 가능하다는 장점이 있다(Jaillon, 2009).

이러한 장점을 바탕으로 국내뿐만 아니라 선진국을 중심으로 최근 20-30년 동안 OSC 공법이 건설 전반에서 적용되고 있다. 특히 유럽국가에서 OSC 공법의 채택 비중이 높다. 한 보고서(UNEP, 2002)에 의하면 유럽국가에서 OSC 공법의 건설시장 점유율이 평균 20-25%에 이르며, 특히 노르웨이, 스웨덴 등의 북유럽 나라에서의 OSC 공법시장 점유율은 40-50%에 달하는 것으로 보고되고 있다.

국내에서 OSC 공법이 적용되고 있는 분야는 주로 건축물 분

<sup>1)</sup>정회원, University of Cambridge 박사후연구원, 공학박사 (mk858@cam.ac.uk) (교신저자)

<sup>2)</sup>University of Cambridge 교수, 공학박사 (ib340@cam.ac.uk)

<sup>3)</sup>세종대학교 건축공학과 교수, 공학박사 (yunkyuan@sejong.ac.kr)

아로 병원, 호텔 및 학교 기숙사 등과 같이 디자인이 비교적 간단하고 반복적인 건축물에 적용되고 있으며 일반적으로 프리캐스트 콘크리트(Precast Concrete, 이하 PC) 패널을 조립식 부재로 사용한다. 한편 토목 분야에서는 주로 교량 구조물에 활용되고 있으며 교량 바닥판, 거더 및 교각 등이 주요 적용 부재이다.

현재까지 OSC 공법이 국내 건설 시장에서 차지하는 비중은 정확히 보고된 바가 없지만 아직까지 미미한 것으로 알려져 있다. 이는 건설 발주자 및 참여자가 OSC 공법의 적용을 꺼려한다는 것을 의미하며 이러한 경향은 미국, 영국과 같은 건설 선진국에서도 나타난다(Blismas, 2006).

현재까지 OSC 공법의 장점에 대한 연구는 많이 보고되고 있으나, 아직까지 어떤 요소가 OSC 공법을 채택하는 결정에 영향을 주는 핵심 요소이며 이 공법이 많은 장점에도 불구하고 어떠한 이유로 건설 시장에서의 채택율이 낮은지에 대한 정량적 분석에 관한 연구는 많지 않은 실정이다.

따라서 본 연구에서는 OSC 공법의 채택에 영향을 끼치는 요소에 대한 정략적인 분석과 함께 OSC 공법의 적용 확대를 위한 방안을 제시하고자 한다.

## 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 건설 분야 전체를 대상으로 하지 않고 건축 조립식 건설물을 대상 구조물로 제한하여 연구를 수행하였다. 연구 방법으로 OSC 공법과 관련된 건설 발주자, 제작자, 시공 엔지니어 등 전문가의 의견을 바탕으로 정성적 및 정량적 분석을 실시하였다. 본 연구는 영국 건설시장에 대한 OSC 공법 채택의 영향인자 분석을 실시하였다. 영국 건설시장을 분석 대상으로 채택한 이유는 (1) 국내 OSC 공법의 시장 규모가 작아 정량적 분석을 위한 충분한 표본을 확보하기가 어렵다는 점, (2) 영국 건설시장과 국내 건설 시장과의 유사성(중소 건설기업이 전체 시장에서 차지하는 비중(99%) 및 낮은 OSC 공법의 시장 점유율), (3) 두 나라 모두 각각 20여년, 10여년 전 경제침체(대한민국의 경우 IMF 외환위기, 영국의 경우 유럽경제 위기)로 인해 공공 건설물에 대한 정부지원 및 민간투자 감소의 경험을 가지고 있다는 점 때문이다.

본 연구에서는 구체적으로 OSC 공법 관련자에 대한 인터뷰 및 설문조사를 실시하였으며 이를 정량적으로 분석하여 OSC 공법 채택의 주요 영향인자를 확인하였다. 또한 이를 기반으로 OSC 공법의 적용 확대를 위한 활성화 방안을 제시하였다.

## 2. 현장의 공법의 국내외 현황

### 2.1 국내 현황

국내의 빌딩 및 주택 등의 건축물에 대한 OSC 공법은, PC

조립식 시공 중심으로 적용되고 있다. PC 조립식 시공의 국내 적용 역사를 보면 1960년대 초에 최초로 국내에 도입되었으며, 1988년 올림픽 이후 주택공급을 목적으로 적극적인 정부의 지원정책 아래 조립식 시공 붐이 일어났다(안성훈, 2004). 이 시기에 민간 주택건설 업체에서도 PC 공법에 대한 본격적인 투자가 시작되어 1990년대 초에는 20여개의 PC공장이 건설되었다(조기덕, 2006). 그러나 단기간 내에 PC 공법이 확대, 보급됨에 따라 설계 및 시공부분의 전문기술인력 부족으로 산업전반에서 더 큰 부흥이 일어나지 못하였다. 오히려 PC 공법의 단점인 접합부의 불량, 누수, 단열, 소음 등의 문제점이 발생하면서 PC 공법 채택에 대한 발주처의 기피현상 및 국민의 이미지가 손상되었다. 또한 1990년대 중반부터 아파트는 초고층화 되었으나 건축 법규상으로 PC 공법 기반의 조립식 주택은 15층 이하로 층수를 제한함으로써 PC 공법이 건설시장에서 경쟁력을 상실하게 되었으며, 설상가상으로 1990년대 말 IMF 외환위기를 맞이하게 되면서 국내의 많은 PC 제조 공장들이 문을 닫게 되었다(조기덕, 2006).

그러나 2000년대 중반 이후부터 지금까지 OSC 공법이 안고 있던 기술적인 문제점이 기술력의 발전으로 점차 해소되었으며 전문건설인력의 부족, 건축물의 품질향상, 에너지 절감을 이유로 OSC 시공이 다시 주목을 얻고 있다. 이 가운데에서 모듈러 건축이 최근 각광을 받고 있다. 모듈러 건축이란 표준화된 모듈 부재를 기반으로 시공되는 것으로 기존 현장 건축시공과 비교하여 전체 공정의 약 50~80% 가량을 공장제작 및 조립 과정을 거쳐 현장에서는 간단한 조립만으로 건물을 완성할 수 있도록 하는 건축 방법이다(임재한, 2011). Figure 1은 박스형 모듈러 부재를 공장에서 생산하여 현장에서 2003년 조립/시공된 국내 최초의 모듈러 학교(신기초등학교) 건축물이다. 하지만 아직까지 국내 시장에서 OSC 공법 기반의 건축물의 시공 점유율은 1.1에서 언급한 것과 같이 유럽(동·북유럽)이나 일본 등의 국가에 비해 매우 낮은 상황이다.



Figure 1 Modular school (Singi elementary school)

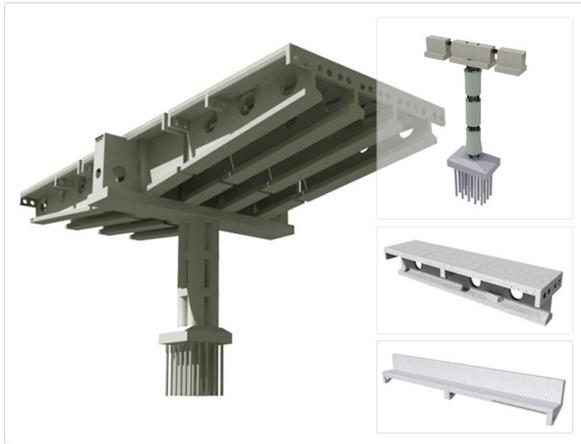


Figure 2 Modular bridge (captured from Samho Inc.)

토목 분야에서는 교량 건설을 중심으로 OSC 공법을 적용해 왔다. 교량 건설은 건축 시공과는 달리 교량 바닥판의 부분 교체로 인한 교통 정체가 큰 이슈가 되면서 1990년도부터 급속시공을 위한 조립식 교량 시공이 주로 적용되고 있다(김영진, 1997). 교량 급속시공 기술은 현장 공사기간의 최소화를 의미하여 공사 기간 중에 필연적으로 발생하는 교통정체 문제점을 줄일 수 대안으로 평가받고 있다.

한편 최근 교량 건설에서도 건축물 건설처럼 모듈러 시공이 미래 교량 건설의 중요한 대안으로 떠오르고 있다(Figure 2). 모듈러 교량은 최소의 표준화된 교량 모듈을 공장에서 미리 제작한 후 조합하여 다양한 현장조건에 대응할 수 있는 교량으로 정의할 수 있으며 최소기간에 완공이 가능하다는 장점이 있다(이필구, 2013). 현재 정부의 건설기술혁신사업의 지원으로 2010년부터 지금까지 시공 공기단축, 급속교체 및 탄소저감을 목표로 모듈러 교량 시스템을 개발하고 상용화하는 연구를 진행 중이다. 하지만 아직까지 실용화를 위해서는 설계 및 시공표준이 마련되어야 하며 실용화를 위해 보다 체계적인 시스템 구축이 필요한 상황이다. 또한 아직까지 교량 건설 부분은 공공 연구기관 및 대기업의 주도로 연구 개발이 이루어지고 있어 모듈러 교량의 다양화 및 기술력 향상을 위해서는 민간 업체의 참여를 지원하는 제도적 보완이 필요할 것으로 사료된다.

## 2.2 국외 현황 - 영국

앞서 언급한 바와 같이 본 연구에서는 영국 건설 시장을 대상으로 하였으며 국외 현황 조사 또한 영국 건설 시장을 중심으로 수행하였다. 지난 수년 간, 영국의 건설 산업은 영국경제 GDP의 6~8% 내외를 차지해 전체 영국 경제에 영향력이 큰 산업 가운데 하나이다. 한 보고서(Taylor, 2010)에 따르면 2013년 한 해 건설 시장이 영국 경제에 영향을 미치는 규모가 약 175조원

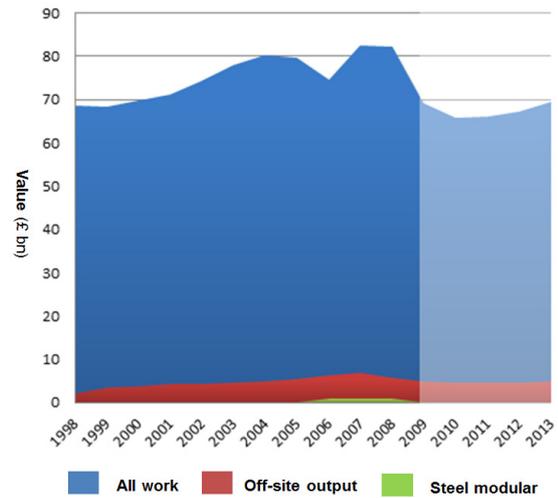


Figure 3 Current estimates for size of off-site construction industry in the United Kingdom (Taylor 2010)

( 90billion)에 이르며 이 가운데 OSC 공법이 건설 시장에서 차지하는 비중은 7%(약 10.5조원( 6billion))에 달한다고 한다. 하지만 이 OC 공법의 비중은 앞서 언급에서처럼 유럽 국가(20-25%)와 비교할 때 낮다. 이 현상의 원인은 2000년대 후반에 발생한 영국경기의 침체와 관련이 있다. 이 경제침체로 인해 사회 기반시설물 등 공공시설물에 대한 정부지원이 대폭 삭감되었고 민간부분의 투자 위축으로 건설시장이 위축되었다. Figure 3은 영국 건설 시장에서 OSC 공법이 차지하는 비중을 나타낸다. 경기 침체기의 시작년도인 2007년도를 기점으로 전체적으로 건설 경기의 침체가 있었으며 OSC 공법의 점유율 또한 하락하였음을 확인할 수 있다.

하지만 언급된 경기침체의 요인 이외에도 지난 10년간 OSC의 비중이 전반적으로 낮은 이유에 대한 원인 분석이 필요하다. 우선 영국 건설 시장의 구조를 살펴 볼 필요가 있다. 영국은 다른 산업의 구조와는 달리 250인 이하의 소중규모 건설업체가 전체 건설시장에서 차지하는 비중이 99%에 달한다. 이는 곧 영세 건설업체가 OSC 공법과 같이 위험 부담이 큰 새로운 개념의 시스템을 쉽게 도입하거나 투자하기가 현실적으로 어렵다는 의미로 해석할 수 있다. 또한 이러한 건설시장의 지배 구조로 인하여 경기침체 기간에 파산한 업체가 생겼을 것으로 예상할 수 있다.

주요 OSC 공법의 적용 분야를 보면 OSC 공법은 국내와 마찬가지로 건축 분야에서 주로 채택 되고 있다. 영국 또한 모듈러 건축이 그 중심에 있는데 Yorkon사, Terrapin사, Caledonian사 등 모듈 제작업체들을 중심으로 학교, 병원, 호텔 및 기숙사 등의 구조와 형태가 비교적 간단하고 반복적인 건설 프로젝트가 주를 이루고 있다(조봉호, 2007). 하지만 다른 건설 프로젝트에서 OSC 공법의 활용은 극히 제한적이다. 그 이유로 국내에서와

마찬가지로 1950-60년대 주택공급을 목적으로 활성화 된 시기가 있었지만 국내와 마찬가지로 기술적, 운영적 결함으로 인기가 감소하였으며, 결정적으로 Ronan Point 아파트 블록이 무너져 내림으로써 OSC 공법에 대한 사회전반의 불안감이 커졌기 때문이다.

구체적으로 영국 건설 시장에서 OSC 공법의 인기가 낮은 이유에 대한 몇몇 연구가 진행되었다. Gibb과 Isaac(2003)은 공사 발주자를 대상으로 그들이 생각하는 조립식 부재 기반의 OSC 공법의 장점과 단점을 조사하였다. 기존에 일반적으로 여겨지던 긍정요소인 공기단축, 친환경성, 건설 품질적 요소가 실제적으로도 OSC 공법의 장점인 것으로 나타났다. 하지만 분석 대상에서 제조업자 및 엔지니어 등 다른 건설관계자의 의견이 수렴되지 않아 전체적인 결과로 해석하기에는 한계가 있다. Blismas (2006)은 영국 건설 시장에서 OSC 공법의 실제적인 장점과 한계에 대한 연구를 수행하였다. 이 연구에서는 OSC 공법의 저조한 적용사례는 초기비용이 크다는 점이 결정적인 원인이라는 결과를 나타내었다. 또한 이 연구에서는 OSC 공법이 유지관리 및 교체에 이르는 전생애주기적 비용을 고려했을 때 기존 시공 공법보다 저렴할 수 있지만 실제 채택에 있어서는 초기비용이 더 큰 결정 요소라고 결론 내었다. 또 다른 연구로 Pan(2007)은 앞서 언급한 초기 비용 이외에도 OSC 구축 시스템의 복잡성 및 디자인의 유연성 부족, 즉 초기 디자인을 추후에 바꿀 수 없는 특성이 OSC 공법의 어려움인 것으로 나타났다.

이처럼 지금까지 몇몇 연구가 진행되었지만 최근 10여년간 OSC 공법 채택 영향인자에 대한 연구가 진행되지 않아 현 시점에서 건설관련자의 의견을 수렴할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 영국 건설 시장을 대상으로 OSC 공법의 채택에 영향을 미치는 영향 인자를 분석하고 이를 바탕으로 OSC 공법 채택 활성화 방안을 제시하고자 한다.

### 3. 현장의 시공 공법 채택의 영향 인자 분석

#### 3.1 조사 방법

본 연구의 목표인 건설 시장에서 OSC 공법 채택에 영향을 미치는 인자를 다각적으로 분석하기 위해 OSC 공법에 관여하는 관련자와 인터뷰 및 설문 조사를 실시하였다(Table 1). 인터뷰 및 설문 조사는 영국 지역에 종사하는 관련 전문가를 대상으로 하였다. 먼저 건설 산업현장에서 인터뷰가 이루어졌다. 인터뷰

Table 1 Survey Method

Investigation method	Quantity (People)	
	Planned	Achieved
Industry expert interview	10	8
Questionnaire	100	82

Table 2 Profession of the respondents

Profession	Quantity (People)
Engineer	38 (47%)
Manufacturer	15 (18%)
Contractor	12 (15%)
Manufacturer / contractor	11 (13%)
Client	6 (7%)

의 목적은 OSC 공법에 대한 전반적인 이해와 더불어 설문 조사의 항목 및 내용을 선정하기 위함이었다. 또한 인터뷰는 문헌 및 시장 조사에서 얻을 수 없었던 정보를 얻기 위해 수행되었다. 인터뷰 목표로 10명을 계획하였으나 실제 8명(엔지니어 4명, 제조업자 2명, 계약자 2명)의 관련 전문가와 인터뷰를 수행할 수 있었다. 인터뷰가 수행되고 두 번째 조사방법으로 설문 조사를 실시하였다. 설문 조사는 영국의 두 기관(Modular Building Institute and Steel Construction Institute)을 대상으로 하였으며 설문 조사 메일을 총 743명에게 발송하여 82명(11%)에게서 설문 응답을 받았다. Table 2와 같이 응답자 중 엔지니어, 제조업자, 계약자, 제조업자/계약자 및 발주자는 각각 47%, 18%, 15%, 13% 및 7%였다. 이 결과를 통해 엔지니어가 상대적으로 다른 직종 관련자보다 OSC 공법에 대한 관심이 높음을 알 수 있었다.

#### 3.2 인터뷰 결과

인터뷰 대상자들의 OSC 공법의 채택에 있어서 중요한 요소에 관한 공통된 의견은 OSC 공법이 가지는 장점을 건설 발주자에게 이해시키는 것이었다. 하지만 기존의 OSC 공법의 사고사례로 발주자 및 국민의 인식의 변화가 쉽지 않다는 의견을 획득할 수 있었다. 그 이유로 현실적으로 뉴스 매스컴에 등장하는 내용은 OSC의 장점보다는 사고 및 결함에 관한 것이 많기 때문이다. 결과적으로 인터뷰로부터 도출된 설문 조사를 위한 연구 질문은 다음과 같이 세 가지로 요약할 수 있었다. (1) 실질적으로 어떤 요소가 OSC 공법의 확산을 방해하고 있는가? (2) OSC 공법의 장점 중 어떤 요소가 가장 채택에 있어서 중요한 요소인가? (3) OSC 공법에 사용되는 조립식 부재는 실제로 비용이 저렴한가?

위 연구 질문으로부터 설문 조사의 구체적 항목을 결정하였다. 하지만 결정된 항목 중 세 번째 항목의 비용과 관련된 내용은 OSC 공법에 적용되는 시스템에 따라 비용이 달라짐에 따라 설문 조사를 통한 객관적인 비용 산출이 어려운 한계로 인하여 앞의 두 연구 질문을 위주로 설문 조사 항목을 결정하였다.

#### 3.3 설문 조사 항목

선정된 항목은 4가지이다.

- (1) 만약 당신이 OSC 공법을 건설 프로젝트에 채택한다면 다음의 항목 중에서 어떤 요소가 가장 중요한가? 각 항목마다 1-5점 사이에서 평가하여라 (1=매우낮음, 2=낮음, 3=중간, 4=높음, 5=매우높음)
- 건설 폐기물
  - 이산화탄소 배출량
  - 건설 비용
  - 건설 공기 단축
  - 건설마감의 질
  - 설계의 유연성
  - 건설 안전성
  - 건설의 효율성

- (2) 다음의 요소 중 OSC 공법의 확대를 위해서 가장 시급하고 중요한 요소는 무엇인가?
- 발주자에게 OSC 공법의 이점 및 성공사례 홍보
  - OSC 공법의 추가 기술 개발 및 실현을 위한 투자 확대
  - 친환경 건설을 위한 정부의 적극적인 투자

- (3) 건설 비용 측면에서, 다음 중 어떤 항목이 당신에게 가장 중요한가? 각 항목마다 1-5 사이에서 평가하여라 (1=매우낮음, 2=낮음, 3=중간, 4=높음, 5=매우높음)
- 건설 초기 비용
  - 건설 총 비용
  - 건설 생애 비용(건설+운용+유지+폐기)
  - 건설 공기단축을 통한 추가 이윤 창출

- (4) 건설 규모 및 비용에 있어서, 미래 OSC 공법이 적용될 잠재력이 높은 곳은 어디인가? (1=매우 소규모, 2=소규모, 3=중간, 4=대 규모, 5=매우 대규모)

### 3.4 설문 조사 결과 분석

설문 조사 결과 분석을 위해 통계적 분석을 실시하였다. 본 연구에서 통계적 분석을 위해 신뢰도 95%를 사용하였다. 먼저 설문 조사 항목 (1)의 결과를 보면(Figure 4), OSC 공법 채택에 있어서 가장 중요한 요소는 평균점수 4.55점, 신뢰구간은 4.45점-4.65점을 획득한 건설 공기 단축인 것으로 나타났다. 예상 밖으로 일반적으로 공사 방식 선정에 있어서 가장 중요한 요소인 건설 비용은 평균 3.93점으로 다른 요소에 비해 중요도가 낮았다. 이 결과는 비용절감 효과가 모듈러 시공의 장점이라는 기존의 인식과는 차이가 있음을 알 수 있다. 또한 위에 나타난 두 부분의 결과로부터 추론할 수 있는 부분은 공기 단축으로 인해 경제적 이윤을 창출해 낼 수 있기 때문에 OSC 시공법을

Effect of Benefits on decision to use modular systems

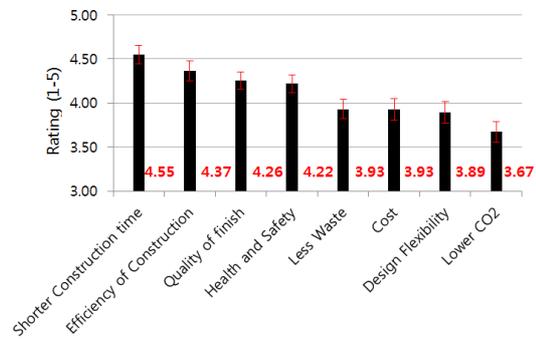


Figure 4 Effect of the perceived benefits of modular construction

Table 3 Survey results for engineers and manufacturer

Factor	Mean		confidence interval (+/-)	
	Eng.	Man.	Eng.	Man.
Shorter Construction time	4,61	4,47	0,09	0,30
Efficiency of Construction	4,42	4,13	0,14	0,33
Quality of finish	4,39	4,33	0,11	0,18
Health and Safety	4,18	4,33	0,13	0,18
Design Flexibility	4,05	3,93	0,15	0,31
Cost	3,89	4,07	0,17	0,27
Less Waste	3,79	4,13	0,16	0,26
Lower CO2	3,39	3,40	0,19	0,27

채택할 수 있음을 의미한다. 예를 들어 OSC 공법의 대표적인 사례인 호텔 및 학교 기숙사의 경우 건설 공기 단축을 통하여 건설 과정에서 추가 지불된 비용보다 조기 완공으로 더 큰 경제적 이익을 가져다 줄 수 있다.

이 설문 조사 항목 (1)의 결과 중에서 또 하나의 흥미로운 결과는 OSC 공법을 채택하는 이유로 이산화탄소 배출량을 꼽은 응답자 비율이 설문 항목 중에서 가장 낮다는 점이다. 이는 아직까지 친환경적 요소가 건설업체 및 발주자에게 끼치는 영향이 적음을 알 수 있다.

또한 설문 조사 항목 (1)의 결과 요소간의 평균점수 차이가 크지 않고 응답자의 샘플 수가 크지 않기 때문에 조사된 결과를 바탕으로 어떤 요소가 OSC 공법의 채택에 가장 결정적인 영향 인자인지에 대해서는 결론내기가 어려웠다. 하지만 응답자의 직종 중에서 엔지니어의 응답 데이터로부터 이 질문의 답을 유추해 볼 수 있다. 그 이유는 Table 3에서 보듯이 엔지니어 집단에 해당하는 결과 데이터의 표준편차가 작고 다른 응답자의 직종보다 샘플 수가 현저히 크기 때문에 전체 데이터의 경향을 대변할 수 있기 때문이다.

또한 직종별로 OSC 공법 채택의 영향 인자가 다르게 나타났

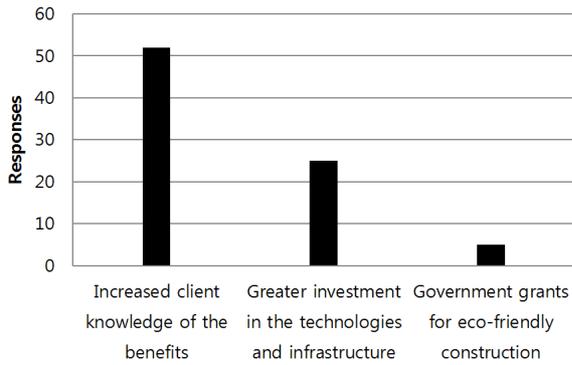


Figure 5 Best method for encouraging greater use of modular construction

다. Table 3은 엔지니어와 제조업자의 설문 결과이다. 이산화탄소 배출 요소와 같이 모듈러 부재의 제작과정에서 발생하고 실제 시공에서는 발생하지 않는 요소는 엔지니어에게 크게 중요하지 않는 것으로 나타났다. 제작업자의 결과 또한 공기 단축 및 건설 효율성 측면이 가장 중요한 요소로 판명되었다. 하지만 엔지니어의 응답 데이터와는 달리 모든 영향요소의 평균점수의 차이가 크지 않고 표준편차가 크게 나타나는데, 이는 적은 샘플 수(15명)에서 기인한 결과이다.

다른 직종별 분석은 샘플 수가 현저히 작아 본 연구에서는 면밀한 분석이 이루어지지 못했다. 하지만 전체적으로 공기 단축이 OSC 공법 채택에서 가장 중요한 요소인 것으로 나타났다.

다음으로 설문 조사 항목 (2)의 결과를 보면(Figure 5), OSC 공법의 확대를 위해서 가장 시급하고 중요한 요소는 발주자에 대한 이 공법의 이점 및 성공사례 홍보였다. 이는 아직까지도 발주자에게 OSC 공법에 대한 인식이 부정적이라는 것을 의미하며 인식의 변화를 위해 적극적인 홍보가 필요하다는 것을 의미한다. 또한 이 결과는 한편으로 현재의 OSC 공법의 낮은 채택률이 기술 및 시스템의 문제가 아님을 간접적으로 추측할 수 있다. 하지만 이 결과는 또한 응답자의 분포에서도 알 수 있듯이 상대적으로 기술 및 시스템을 개발하는 제작자 및 엔지니어 응답자가 많아 상대적으로 적은 다른 관련 직종의 의견이 크게 반영되지 못한 결과로도 해석할 수 있다. 친환경 건설을 위한 정부의 적극적인 투자 항목에 대한 의견은 전체 응답자의 6%로 설문 조사 문항(1)의 결과와 마찬가지로 적극적인 정부 규제가 있지 않는 이상 OSC 공법 채택에 있어서 친환경적 요소는 크게 영향을 끼치지 못함을 알 수 있었다. 기술 개발 및 실현을 위한 투자 확대에 대한 응답은 전체 응답자의 30%로 발주자에 대한 이점 홍보보다는 낮았으나 OSC 공법의 적용 확대를 위해 OSC 기술의 발전이 필요하다고 인식하는 것으로 나타났다.

다음으로 설문 조사 항목 (3)의 결과를 보면(Figure 6), 건설 비용 측면에서 건설 생애 비용이 가장 중요한 채택 요소로 나타

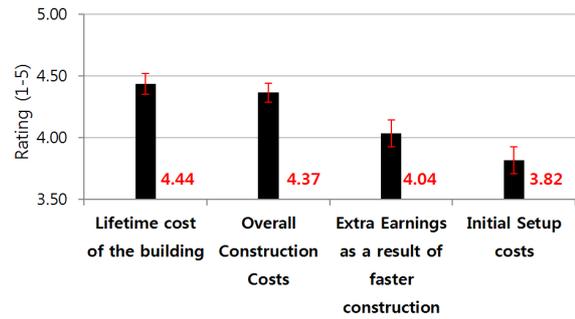


Figure 6 Importance rating of different cost factors

### Potential Market expansion

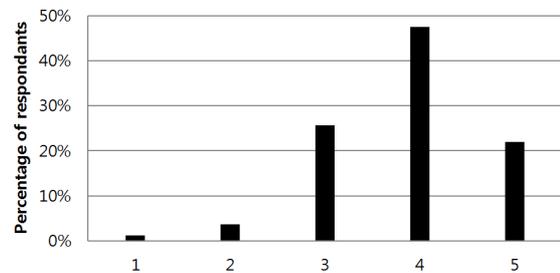


Figure 7 Area for potential market expansion

났다. 이는 기존 현장타설 방식의 시공법과는 다르게 운용, 유지 및 폐기에 이르기까지 건축물의 생애 주기 동안의 비용이 저렴하다는 의견이 반영된 결과이다. 흥미로운 점은 기존의 문헌조사에서 확인된 초기비용의 영향이 가장 낮게 나타났다. 이는 신리공간이 크게 나타남으로써 이와 상반된 의견이 존재하는 것으로 해석될 수 있지만, 이 결과는 기존의 큰 단점인 OSC 공법의 초기 비용요소가 모듈러 시공의 채택에 주는 영향이 크지 않음을 알 수 있다. 또한 이전의 결과가 조사된 시기가 10여년 전으로 10여년 동안 초기 비용이 절감된 결과로도 해석할 수 있다. 이 결과를 토대로 건설 비용에 관해 내릴 수 있는 추론은 OSC 공법은 장기적으로 실제 시공 비용 및 건축물의 생애 비용을 줄일 수 대안이라는 점이다.

다음으로 설문항목 (4)의 결과를 보면(Figure 7), 건설 규모 및 비용에 있어서, 미래 모듈러 시공이 적용될 잠재력이 높은 곳은 비교적 대규모/고비용 건축물에 분야였다. Figure 7에서 숫자가 높을수록 대규모/고비용 건축물에 해당한다. 현재의 OSC 공법을 채택하는 영국 건축물은 대부분 호텔 및 학교 기숙사로 이는 규모 및 비용적 측면에서 Figure 7에서 3과 4사이에 해당된다. 이 결과를 토대로 미래 OSC 공법이 점차 대규모의 고비용의 형태로 발전해 갈 것으로 예상할 수 있다.

위 네 가지 설문 조사 항목의 결과로부터 국내 건설 시장에서 OSC 공법에 대한 인식을 추론 해 볼 수 있다. 그러나 영국건설 시장의 사례는 국내의 건설 상황과는 다른 요소가 있을 수 있어

본 연구에서 획득한 결과를 국내의 OSC 공법 적용에 대한 상황으로 판단 및 적용하기에는 한계가 있다. 하지만 본 연구로부터 확인된 결과로부터 미래 OSC 공법의 활성화를 위한 제언은 가능할 것이다.

#### 4. 활성화 방안

본 연구에서 획득한 결과로부터 국내 OSC 공법의 활성화 방안 세 가지를 제안하였다.

- (1) 국민 및 발주처의 인식 개선을 위한 노력 - 본 연구에서 살펴본 영국의 사례결과와 마찬가지로 한 보고서 (조기덕, 2006)에 의하면 국내 저조한 OSC 공법의 활용은 아직까지 국민 및 발주처의 인식 개선이 이루어지지 않은 데에 있다고 한다. 따라서 적극적으로 OSC 공법의 장점 및 성공사례 홍보가 필요하다. 이를 위해서는 OSC 업체의 자체적인 홍보와 더불어 국가차원의 적극적인 지원이 필요하다. 우선 개별업체 차원에서 국내실정에 맞는 OSC 기술을 개발하고 지금보다 기술 및 성공사례 홍보에 투자가 필요하다. 또한 국가차원에서의 OSC 업체와 건설 발주처와의 간담회 및 협력체계 구축을 지원하는 사업이 필요하다. 앞서 언급한것처럼 OSC 공법은 전생애주기적 비용이 기존의 공법보다 저렴하며 이산화탄소 배출 저감 등의 친환경 경성의 장점이 있다는 점에서 국가차원의 적극적인 지원이 필요하다.
- (2) BIM과 연계한 OSC 공법의 정보화 및 자동화 - BIM의 적용은 건설시장의 변화와 혁신을 위해 거스를 수 없는 현실이라는 점에서, OSC 공법의 활성화를 위해 BIM과의 연계가 필수적이다. BIM은 다양한 OSC 부재 정보를 디지털화하여 체계적인 관리가 가능함으로써 부재의 디자인부터 시공, 유지, 해체에 이르는 전생애주기적 정보관리가 가능하다. 또한 모듈러 건축 및 모듈러 교량처럼 BIM과 연계한 모듈의 표준화를 이룩한다면 OSC 공법의 활성화가 실현될 것으로 판단된다. 이를 위해 기업차원의 적극적인 R&D투자 및 활성화 노력이 필요하다. 또한 아직까지 국내에서 부족한 모듈러 디자인 및 생산 기술의 선진화가 필요하다.
- (3) 국가의 정책 지원 - 미국과 영국은 국가차원에서 OSC 공법의 활성화에 적극적인 정책적 지원을 하고 있다. 예를 들면, 영국의 경우 정부가 2008년에 발표한 '2020 Vision - The Future of UK Construction'에는 OSC 공법을 미래 건설의 핵심요소로 분류하여 활성화를 위한 투자를 시행하고 있으며 BIM과의 연계를 통한 시너지 효과를 기대하고 있다. 이처럼 건설미래의 환경을 예상하고 이에 발맞춰 국가 정책과 전략을 준비하는 국가차원의 적극적인 노력이 필요하다.

#### 5. 결론

현재까지 OSC 공법의 장점에 대한 연구는 많이 보고되고 있으나, 아직까지 어떤 요소가 OSC 공법을 채택하는 결정에 영향을 주는 핵심 요소이며 이 공법이 많은 장점에도 불구하고 어떠한 이유로 건설 전반에서 적용되는 비중이 낮은지에 대한 정량적 분석에 관한 연구는 많지 않은 실정이다. 본 연구에서는 OSC 공법의 채택에 영향을 끼치는 요소에 대한 정량적인 분석과 함께 미래 이 공법의 확대 적용을 위한 방안을 분석하였다. 연구 수행 방법으로 OSC 공법과 관련된 건설 발주자, 제작자, 시공 엔지니어 등 전문가의 의견을 바탕으로 인터뷰 및 설문 조사를 실시하였으며 연구 대상은 국내의 시장과 공통점이 많은 영국 건설시장을 대상으로 OSC 공법 채택의 영향 분석을 실시하였다.

본 연구의 분석결과 OSC 공법 채택의 가장 큰 장점은 시공 공기단축인 것으로 나타났으며 아직까지 건설 시장에서의 미미한 적용은 발주처의 OSC 공법에 대한 부정적 인식에 기인하는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 이 결과를 바탕으로 OSC 공법의 활성화 방안을 제시하였다. 이는 적극적인 OSC 공법의 장점 및 성공사례에 대한 홍보, BIM과 연계한 OSC 공법의 정보화 및 자동화, 그리고 국가차원의 적극적인 정책 지원이다.

#### 감사의 글

본 연구를 위해 기초자료 및 설문 데이터를 제공해 준 University of Cambridge 졸업생 Patrick Buchanan에게 감사를 표합니다.

#### References

- An, S.H., Lee, U.K., Kang, K.I. (2004), "A study on the proposal about the improvement of PC in construction industry" Journal of Architectural Institute of Korea, 20(7): pp.135-142.
- Blismas, N.G., Pasquire, C.L. and Gibb, A.G.F. (2006) "Benefit evaluation for off-site production in construction." Construction Management and Economics, 24;pp.121-130.
- Cho, B.H., Kim, H.J., Ko, G.H. (2007), "The state of art in the modular construction in Korea", Magazine and Journal of Korean Society of Steel Construction, 19(1);pp.112-119.
- Cho, K.D. (2006), "A study on the integrated management and revitalization of prefabricated building with precast concrete", M.S. Thesis, Inha University.
- Gibb, A. G. F. And Isaac, F (2003) "Re-engineering through Pre-assembly: Client Expectations and Drivers",

- Building Research & Information, 31(2):pp.146-160.
- Im, J.H. (2006), "Example of UK eco-friendly architectural modular system", Journal of the KGBC, 12(3):pp.47-56.
- Jaillon, L., Poon, C.S., Chiang, Y.H. (2009), "Quantifying the waste reduction potential of using prefabrication in building construction in Hong Kong" Waste Management, 29(1):pp.309-320.
- Kim, Y.J., Jung, C.H., Park, C.L. (1997) "Application of precast concrete bridge decks for rapid construction", Journal of Concrete Institute of Korea, 9(1):pp.68-75.
- Lee, P.G., Park C.H., Jung E.J. (2013), "R&D in Modular Bridges", Magazine of the Korea Concrete Institute, 1:pp.16-20.
- Pan, W., Gibb A.G.G., Dainty A.R.J (2007), "Leading UK housebuilders' utilization of offsite construction methods", Building Research & Information, 36(1):pp.56-67.
- Sacks, R., Eastman, C.M., Lee, G. (2004), "Process model perspectives on management and engineering procedures in the precast/prestressed concrete industry, Journal of Construction Engineering Management, 130(2): pp.206-215.
- Taylor, M.D. (2010) A definition and valuation of the UK offsite construction sector, Construction Management and Economics, 28(8):pp.885-896.
- UNEP Report (2002), "Industry as a partner for sustainable development: Construction, Confederation of International Contractors' Associations" United Kingdom.