

교량 공사에 동시공학 적용을 위한 체크리스트 도출

Checklist for the application of concurrent engineering in bridge construction

박 세 만*
Park, Seaman

박 태 일***
Park, Taeil

김 형 관**
Kim, Hyoungkwan

Abstract

As construction projects became larger and longer, the need for the construction technologies and innovative construction processes has been continuously increased in construction field. In response to this trend, construction industries tried to adopt the concurrent engineering which had been normally applied for manufacturing industries to develop the products with improved quality in a reduced time. However, the application of the concurrent engineering to construction field was limited due to the lack of advanced management system and incomplete theoretical backgrounds. In this regard, this study attempted to develop a checklist for the successful application of concurrent engineering to bridge projects. To this end, this study presents the checklist for the application of concurrent engineering to construction projects. Further, the checklist was modified and updated to reflect the specific feature of the bridge construction using expert interviews. With the help of additional 188 experts, a questionnaire-based survey was also conducted to validate the checklist. In addition, using importance-performance analysis(IPA), the study identified the factors needed for intensive improvement. Consequently, the proposed checklist is expected to be useful, because it improves the applicability of the concurrent engineering in that it enables managers to monitor construction progress and further to protect the project from potential risks.

Keywords : *Concurrent Engineering, Bridge, Fast track, Importance-performance analysis(IPA)*

1. 서론

현재의 급변하는 경제여건과 치열한 기업경영 환경 하에서 “공기단축”은 시장우위를 점하기 위한 가장 중요한 요인 중의 하나로 인식되고 있다. 이를 위해 대부분의 기업은 새로운 건설 공법을 개발하고 혁신적인 공정 관리 프로세스를 도입 하는 등 무한 경쟁시대에서 생존을 위하여 부단히 노력하고 있다. 이러한 상황 하에서 산업 분야에서 생산성 향상, 원가 절감, 품질 개

선을 위해 널리 적용되었던 동시공학은 건설 분야 에서도 중요한 전략 수단으로 인식되는 추세이다.

현재 대부분의 건설공사는 전반적인 구조물의 골조공사가 완료된 후 안전시설 및 경관시설 등의 부대시설물 공사가 시작되는 순차적 진행(Linear Sequence)으로 건설된다. 특히 교량공사에 있어서 이러한 순차적 진행은 미처 생각하지 못했던 설치 여건에 따라 부대시설물의 변경이 필요 할 경우 완성된 상부 구조물의 부분적 훼손이 불가피하거나, 상부구조물의 훼손을 최소

* 일반회원, 나한리더스(주) 대표이사, 공학석사, lw7237@naver.com

** 일반회원, 연세대학교 토목공학과 연구원, 공학박사, taeilpark74@gmail.com

*** 종신회원, 연세대학교 토목공학과 부교수, 공학박사(교신저자), hyoungkwan@yonsei.ac.kr

화하기 위하여 안전 시설물의 접합부위 변형 혹은 경관 시설물의 디자인 변형으로 이어진다. 그로인해 시설물들의 안전도와 기능의 상실이 빈번히 발생 되었고, 결과적으로 전반적인 공기 및 공사비가 증가되는 문제가 종종 야기되고 있다. 하지만 이의 대책으로 적합한 방안 및 연구가 미비하여, 원활하지 못한 시공 진행이 되풀이 되고 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 교량공사에 동시공학(Concurrent Engineering, CE) 적용을 고려하였다. 이를 위하여 기존의 동시공학의 건설공사적용사례와 문헌 고찰을 바탕으로 동시공학의 건설 산업 적용을 위한 체크리스트를 도출하였다. 그리고 교량전문가 그룹 인터뷰를 통하여 앞서 도출한 체크리스트를 교량공사의 특성에 맞게 수정하고 발전시켰다. 또한 도출된 체크리스트의 건설공사 생애주기 단계별 중요도 및 현수준을 설문조사를 기반으로 분석하여, 도출된 체크리스트의 유용성을 검증하고 시사점을 제시하였다.

2. 동시공학에 대한 이론적 고찰

2.1 동시공학과 건설 산업

동시공학의 개념은 1980 년대에 미국의 무기 개발을 담당하는 국방성 산하의 DARPA (defence advanced research projects agency) 에서 설계프로세스에 있어서 동시성 (concurrency) 향상을 위하여 처음 고려되었고, 이후 IDA (the institute for defence analyses) 에 의해 제품 설계에 있어서, 상품제조 뿐만 아니라 사후지원 업무까지도 포함하는 통합적이고 체계적인 상품개발을 위하여 동시공학 (concurrent engineering) 이란 단어가 만들어 졌다 (남규현과 송성진 2000, 김봉춘 2009). 동시공학은 산업분야에 있어서 빠른 생산, 비용절감, 품질향상을 위하여 제품과 공정을 통합적으로 설계하는 시스템적인 접근 방식이다 (남규현과 송성진 2000). 이러한 동시공학의 전개방식은 설계단계에서부터 각 단계별 실무 전문가와 담당자들이 참여하여 설계이전에 병행해야 할 점들을 사전에 체크하고 적용함으로써 진행과정에서 빈번히 발생하는 설계변경과 생산의 재작업과정을 줄일 수 있게 한다는 점에서 종래의 순차적인 전개방식과 다르다.

전통적으로 건설공사는 순차적인 진행이 지배적이었으나 근래에 들어서 동시공학의 동시적·병행적 프로세스의 유용성이 건설 분야에 까지 확산되고 있는 실정이다. 하지만 국내의 경우 발주처의 발주방식, 선진화된 관리 시스템의 부재, 부족한 이론과 경험으로 인하여 적절한 대안 방안으로 도입되거나 시행되지 못하였다. 이로 인해 동시공학의 건설공사 적용에 대한 연구 또한 비교적 미흡한데 과거 패스트 트랙에 관한 연구 (이복남

1997, 강인석 외 2006, 현창택과 조규만 2007) 에서 근래에 이르러서야 동시공학과 관련된 연구 (남규현과 송성진 2000, 최도승과 이재섭 2007, 한진택과 이재섭 2009) 가 시작되는 경향이 다 (한진택과 이재섭 2009).

2.2 동시공학과 패스트 트랙

동시공학은 기본적으로 패스트 트랙에 비해 조금 더 넓은 범주의 개념을 가지고 있다. 이는 비록 동시공학과 패스트 트랙의 주된 목적이 공기의 단축일지라도 공기단축을 하는 중첩방식에 그 차이가 있기 때문이다. 패스트트랙이 설계와 시공 두 종류의 독립적 작업 패키지(Work package)를 중첩시키는 반면 동시공학은 설계와 시공의 각 부분의 작업패키지에 포함되어 있는 세부사항들을 공정 (Activity)별로 나누어 중첩 시킨다 (Maheswari et al 2006).

동시공학을 건설공사에 적용하기 위해서 가장 중요한 부분은 중첩이며, 중첩의 정도는 공정들 사이의 정보교환 특성에 의해 결정된다(Prasad 1996, Yassine et al. 1999, Bogus et al. 2006). 효과적인 중첩을 위해서 가장 먼저 파악해야 할 요소는 '전개 (Evolution)' 과 '민감도(Sensitivity)' 이다. 이 개념들은 제품개발을 위한 공정들의 특성과약을 위하여 Krishnan et al (1995, 1997) 에 의해 처음 도입되었다. 여기서 '전개' 는 선행공정의 정보가 얼마나 빠르게 최종 공정에 전달 되는가하는 정보 전개율 (Rate of Information Development)을 의미하고, 민감도는 선행공정이 후속공정에 미치는 영향의 정도를 나타낸다. 이러한 개념에서 Krishnan et al.(1997) 은 선행공정의 빠른 전개와 후속공정의 낮은 민감도가 중첩을 위한 최적의 조건임을 언급하였다.

3. 교량공사에 성공적인 동시공학 적용을 위한 체크리스트 도출

3.1 연구방법

본 연구는 교량공사에 성공적인 동시공학 적용을 위해 동시공학을 적용하지 않은 기·시공된 보·차도 교량을 대상으로 공정 간 상호작용(Interaction) 과 시공 단계의 진행에서 발생하는 문제들을 알아보고, 기존의 연구와 실무전문가들의 인터뷰를 기반으로 체크리스트를 도출하였다. 연구의 전체적인 방법은 그림 1 과 같이 연구의 이론적 고찰, 교량공사에 성공적인 동시공학 적용을 위한 체크리스트 도출, 설문조사 및 결과 분석을 통한 유용성 검증의 순서로 진행하였다.

3.2 동시공학의 교량적용을 위한 체크리스트 도출

먼저 보다 효과적인 체크리스트 도출에 기반이 될 수 있도록 기존 연구에서 중요시 되었던 동시공학의 필수요소를 종합하였다. 그리고 동시공학의 건설 분야 적용을 위하여 건설 프로젝트의 각 공정에 대한 정확한 분석과 그에 따른 특성을 재정리 하고 추가적 요인을 더하여 표 1 을 도출하였다. 또한 표 1 의 필수 사항을 교량특성에 맞게 발전시키기 위하여 교량 전문가의 그룹 인터뷰를 실시하였다.

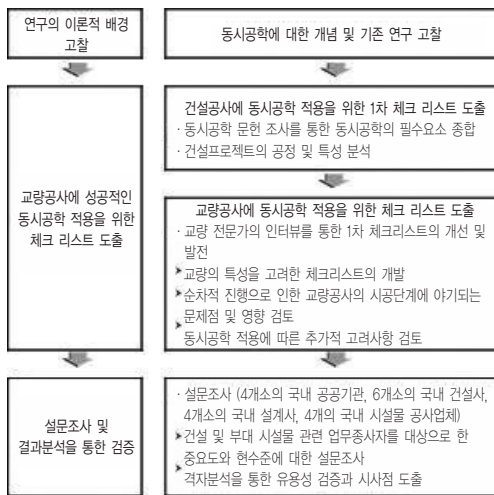


그림 1. 동시공학의 교량공사적용을 위한 체크리스트 도출

인터뷰는 현재 시공 중 이거나, 기 시공된 보·차도 교량공사의 분야별 관리업무 실무 전문가 6명(15년~30년의 실무경력)을 대상으로 실시하였다. 표 1 의 필수 사항과 실무전문가 인터뷰 결과를 바탕으로 교량공사에 성공적인 동시공학 적용을 위한 체크리스트를 도출하였다. 체크리스트는 교량사업의 생애주기를 고려하여 계획, 설계/시공, 부대/경관시설물, 건설관리, 네트워크관리로 구분하였으며, 계획 6개 항목, 설계/시공 12 개 항목, 부대/경관시설물 7개 항목, 건설관리 7개 항목, 네트워크관리 6 개 항목으로 총 38가지의 필수 체크 사항으로 이루어져 있다. 도출된 체크리스트는 표 2 와 같다.

4. 체크리스트에 관한 설문 조사 및 분석을 통한 검증

4.1 체크리스트의 중요도와 현수준에 관한 설문조사

전문가 인터뷰는 실용적인 연구방향에 많이 활용되고 있는 대표적인 연구방법 중 하나로서 많은 정보자료를 수집할 수 있는 장점이 있지만, 연구결과의 표준화가 어렵고, 규격화된 정보를

얻는데 그치는 단점이 있다 (박성희, 2003). 따라서 본 연구는 인터뷰 결과로 도출된 체크리스트를 설문조사에 근거한 중요도 실행도 분석 (Importance performance analysis, IPA) 을 통하여 검증하였다.

설문조사는 4개소의 국내 공공기관, 6개소의 국내 건설사, 4개소의 국내 설계사, 4개소의 국내 시설물 제조·생산 및 공사 업체를 대상으로 실시하였다. 설문지는 표2의 체크리스트의 38 가지 문항을 리커트 7점 척도(Likert scale: “1: 매우 낮음”, “2: 낮음”, “3: 약간 낮음”, “4: 보통”, “5: 약간 높음”, “6: 높음”, “7: 매우 높음”) 를 사용하여 작성하였고 각 공사 단계별로 다음과 같이 정의된 중요도와 현수준에 대하여 설문하였다.

- ◆ 중요도평가: 본 항목이 교량공사의 시공성과 및 경제성 측면에서 얼마나 중요한가?
- ◆ 현수준평가: 본 항목이 현재 교량 건설 환경에서 얼마나 인식·적용되고 있는 수준인가?

표 1. 동시공학의 건설 적용을 위한 필수요소 종합

구분	동시공학
계획	<ul style="list-style-type: none"> • 각 공정간 정보공유와 협력증대 • 밀접한 관련공정의 검토 및 평가 • 설계단계의 분야별 전문가 병행 참여 • 철저한 사전준비를 통한 재설계 또는 변경 최소화 • 새로운 기능의 부과 • 새로운 기술의 발생 • 실수요자의 인식
설계	<ul style="list-style-type: none"> • 각 단계별 공정의 상호연계 • 설계단계에서 시공의 용이성 검토 • 고려사항 및 제한점, 설계대안점 분석 • 이용 가능한 기술과 필수적 기술의 검토 • 최적의 설계를 위한 공정계획들의 면밀한 분석 • 도구의 활용 <ul style="list-style-type: none"> -CAD(Computer Aided Design) -CAE(Computer Aided Engineering) -CAM(Computer Aided Manufacturing) • 기타 설계관련 Tool
시공	<ul style="list-style-type: none"> • 시공구성원의 사전 교육 실시 • 시공구성원간의 원만한 대인관계 • 풍부한 시공경력의 시공 구성원 • 균형 있는 시공구성원의 팀 조직 • 각 개인의 기술 협업을 통한 기술력 극대화 • 개인적 기술임무에 대한 책임성 • 신속·정확한 시공진행을 위한 환경개선
건설관리	<ul style="list-style-type: none"> • 상·하 관계의 완벽한 조작성 • 관리자의 사전교육 실시 • 관리자로서의 책임감 • 관리자의 처우개선 • 정보와 기술의 통합적 접근 • 시공현장 투입자재의 완벽한 보양관리 • 공정진행의 인식과 환경의 이해 • 공정진행의 엄격한 관리 • 공정관리를 통한 시공진행의 완벽한 제어

표 1. 동시공학의 건설 적용을 위한 필수요소 종합 (계속)

구분	동시공학
네트워크 관리	<ul style="list-style-type: none"> 정보처리 및 의사결정 체계 확립 각 단계간의 완벽한 네트워크 구축 각 단계간의 원활한 커뮤니케이션 체제 구축 각 단계간의 공정진행에 대한 제어 능력 각 단계간의 공정별 인터페이스 통합 기존의 자료를 통한 간접적인 영향인자 구비 계획목적에 따른 사용 및 편의성의 추가적 고려

표 2. 교량공사에 성공적인 동시공학 적용을 위한 체크리스트

구분	교량공사의 성공적인 동시공학 적용을 위한 체크리스트	코드
계획	<ul style="list-style-type: none"> • 종합적 요소가 충족되는 총체적인 디자인 • 프로젝트의 목적에 따른 경제적 타당성 • 프로젝트의 경제성을 위한 시공효율성 증대방안 • 디자인에 따른 설계와 시공의 동시진행성 • 재설계·변경의 사전검토를 통한 최소화 • 시설물의 유지·보수성 검토 	a1 a2 a3 a4 a5 a6
	<ul style="list-style-type: none"> • 설계·시공의 공정을 고려한 동시공학의 적용가능성 검토 • 각 공사 단계별 공정 간의 상호 연계성 • 분야별 전문기의 완벽한 커뮤니케이션 • 분야별 담당자의 사전교육 실시 • 분야별 담당자의 병행참여 • 시공효율성을 제고한 설계 • 디자인과 경관의 효율성을 제고한 설계 • 최적 설계를 통한 시공환경의 최적화 • 단계별 주 공정 간의 자료 및 정보 공유 • 단계별 종속공종 간의 자료 및 정보 공유 • 프로젝트의 특성을 고려한 균형적 팀원 구성 • 설계자와 시공자의 책임적 기술협업 	b1 b2 b3 b4 b5 b6 b7 b8 b9 b10 b11 b12
	<ul style="list-style-type: none"> • 설계·시공·생산 단계간의 의견대립 및 조율 • 주 공정에서 발생된 문제로 인한 디자인 및 기능의 변경 • 시공진행 중 구조적 경관설계의 변경 • 중점비용 분석을 통한 주 공정과의 동시시공 사전검토 • 중점비용 분석을 통한 종속공종과의 동시시공 사전검토 • 부대시설물의 공정을 배제한 끝조공사 공정의 독립적 진행제어 • 계획을 무시한 무분별한 부대시설물 공사의 진행제어 	c1 c2 c3 c4 c5 c6 c7
	<ul style="list-style-type: none"> • 개인적 성향에 따른 일만한 대인관계 • 프로젝트에 적합한 책임자 선정 • 분야별 관리자의 책임의식 • 관리자의 사전교육 실시 • 기능·기술·관리자 통합에 따른 최고 관리자의 리더십 • 최고 관리자의 충분한 지원 및 권한 부여 • 관리자에 따른 적절한 처우 	d1 d2 d3 d4 d5 d6 d7
	<ul style="list-style-type: none"> • 발주·설계·시공·생산자 간의 완벽한 네트워크 구축 • 통합 관리에 따른 디자인 커뮤니케이션 체제 구축 • 프로젝트에 적합한 관리시스템 구축 • 기존 관련 데이터의 적절한 활용 • 공정별 중첩에 따른 동시진행의 조절 및 제어 능력 • 공정별 중첩에 따른 동시진행의 조절 및 제어 능력 • 디자인과 경제성을 고려한 시공능력 	e1 e2 e3 e4 e5 e6

4.2 설문 결과 분석

4.2.1 도출된 체크리스트의 공사 단계별 중요도 및 현수준 분석

설문지는 200부를 배포하였고 직접 대상기관을 방문하여 실시하는 방법을 통해 회수율을 높일 수 있었다. 또한 설문 대상자들의 설문에 대한 이해를 증진시키기 위해 교량공사에 성공적인 동시공학 적용을 위한 체크리스트의 전반적인 사항을 설문 전에 설명하였다. 중요도와 현수준 두 경우 모두에 있어서 회수한 188부의 설문지 (관공서 44명, 건설사 68명, 설계사 42명, 시설물 제조사 34명) 전부가 결측치 없이 최종 분석에 사용되었다. 설문에 응답한 응답자의 평균 경력은 11.6년이었으며, 5년이상 실무 경험자의 비율이 82.4%, 5년 미만 경력자의 비율이 17.6%였다. 분야에 따른 체크리스트의 공사 단계별 중요도 설문분석 결과는 표 3 과 같다.

먼저 설문조사결과를 기관별 분류 없이 분석하였다. 중요도 총 평균의 경우 계획, 건설관리, 네트워크관리, 설계/시공, 부대/경관시설물의 순으로 중요하다고 나타났으며, 현수준의 경우는 건설관리, 계획, 네트워크관리, 설계/시공, 부대/경관시설물의 순으로 현수준이 높은 것으로 나타났다. 하지만 중요도와 현수준 모두 총평균의 단계별 차이가 미미 하여 통계적으로 의미를 가지지 않기 때문에 기관별로 재분류하여 분산분석을 실시하였다. 설문대상기관에 따라 단계별 중요도 점수 차이가 확인되었다. 계획과 부대/경관 시설물의 경우 시설물 제조사가 제일 중요하다고 평가했고, 설계/시공과 건설관리 그리고 네트워크관리에 있어서는 건설사가 제일 중요하다고 평가했다. 또한 설문대상기관에 따라 일부 단계를 제외하고는 현수준 점수의 차이가 있었다. 계획과 부대/경관 시설물의 경우 현수준에 있어서 통계적으로 유의한 차이가 없었고, 설계/시공에 있어서는 시설제조사가 가장 현수준이 낮다고 평가했고, 건설관리와 네트워크관리에 있어서는 건설사가 현수준이 제일 낮다고 평가하였다. 이러한 분석결과는 설문대상기관의 직업적 특성에 기인하는 것으로 보인다. 건설사와 시설물 제조사의 경우 실제 현장 상황에 가장 민감하게 영향을 받기 때문에 대부분의 건설단계에서 도출된 체크리스트의 중요도를 전반적으로 높게 평가한 반면 상대적으로 현수준은 낮게 평가 한 것으로 판단된다. 관공서와 설계사의 경우는 그 반대의 경우라고 생각된다.

표 3. 체크리스트의 공사 단계별 중요도 및 현수준

구분	중요도 평균				총평균	표준편차	F-value	P-value
	관공서	건설사	설계사	시설제조				
계획	5,723	6,007	5,595	6,078	5,862	0,549	8,50	<0.001
설계/시공	5,616	5,984	5,365	5,904	5,745	0,597	12,87	<0.001
부대/경관시설물	5,656	5,952	5,034	5,971	5,681	0,779	17,74	<0.001
건설관리	5,604	5,987	5,782	5,710	5,802	0,567	4,81	<0.0030
네트워크관리	5,636	5,980	5,484	5,912	5,777	0,587	8,58	<0.001
구분	현수준 평균				총평균	표준편차	F-value	P-value
	관공서	건설사	설계사	시설제조				
계획	2,583	2,319	2,437	2,289	2,402	0,727	1,53	0,2083
설계/시공	2,500	2,192	2,458	2,154	2,317	0,557	4,87	0,0028
부대/경관시설물	2,250	2,076	2,344	1,941	2,152	0,707	2,65	0,0504
건설관리	2,682	2,195	2,605	2,227	2,407	0,768	5,53	0,0012
네트워크관리	2,523	2,123	2,567	2,206	2,331	0,655	6,27	0,0004

4.2.2 체크리스트 세부사항의 중요도 분석

체크리스트 세부사항의 중요도 분석 결과는 표 4 와 같다. 중요도의 평균은 5.773점으로 리커트 7점 척도에서 6점 (높음) 수준을 보이고 있으며, 체크리스트 세부사항의 중요도 상위 5개 항목은 프로젝트의 목적에 따른 경제적 타당성검토 (6.005), 분야별 관리자의 책임의식 (5.957), 기능·기술·관리자 통합에 따른 최고 관리자의 리더십 (5.947), 종합적 요소가 충족되는 총체적인 디자인의 제안(5.941), 프로젝트의 경제성을 위한 시공효율성 증대방안 (5.926) 으로 나타났다.

상위 5개 항목은 교량공사에 동시공학 적용을 하는데 있어 가장 중요하지만, 실제 교량공사 프로젝트의 수행 중에 가장 문제점이 많이 나타나는 부분이기도 하다. 프로젝트의 목적에 따른 경제적 타당성검토, 분야별 관리자의 책임의식, 기능·기술·관리자 통합에 따른 최고 관리자의 리더십은 모두 계획과 건설관리 측면에서의 연계성이 요구되는 항목으로 프로젝트의 경제성과 생산성에 미치는 영향이 크기 때문에 중요도가 높게 나타난 것으로 분석된다. 종합적 요소가 충족되는 총체적인 디자인의 제안과 프로젝트의 경제성을 위한 시공효율성 증대방안도 계획과 건설관리 측면에서의 중요성에 부합하는데, 이는 실제 교량공사 프로젝트에서 각 공종 간의 협의가 잘 되지 않는 부분이 많아 프로젝트 수행 중에 문제가 종종 발생하기 때문인 것으로 판단된다.

체크리스트의 중요도가 낮은 5개 항목은 계획을 무시한 무분별한 부대시설물 공사의 진행제어 (5.473), 개인적 성향에 따른 원만한 대인관계 (5.537), 부대시설물의 공정을 배제한 골조공사 공정의 독립적 진행제어 (5.564), 설계와 시공의 공정을 고려한 동시공학의 적용 가능성 검토 (5.662), 디자인과 경관의 효율성을 제고한 설계(5.660) 로 나타났다. 위의 5개 항목은 일정기간 내에 반드시 사업을 끝내야만 하는 특수 교량공사의 프로젝트를

제외하고는 그 중요도가 현저히 낮기 때문에 하위 5개 항목에 포함된 것으로 분석된다. 또한 공사기간과 공사비용에 관련된 항목들은 불확실성과 가변성이 큰 항목으로 실제 정확한 예측이 불가능하므로 그 중요도가 상대적으로 낮은 것으로 분석된다.

표 4. 체크리스트의 세부사항별 중요도 우선순위

순위	코드	중요도 평균	순위	코드	중요도 평균
1	a2	6.005	20	e2	5.761
2	d3	5.957	21	b8	5.755
3	d5	5.947	22	b2	5.75
4	a1	5.941	23	e4	5.75
5	a3	5.926	24	d7	5.729
6	e6	5.883	25	b6	5.723
7	b3	5.846	26	c4	5.718
8	b4	5.84	27	b11	5.707
9	b12	5.84	28	e1	5.702
10	d2	5.835	29	b10	5.697
11	c1	5.83	30	b5	5.691
12	d6	5.83	31	c2	5.691
13	a5	5.809	32	a4	5.686
14	b9	5.809	33	c3	5.681
15	c5	5.809	34	b7	5.66
16	a6	5.803	35	b1	5.662
17	e5	5.798	36	c6	5.564
18	d4	5.777	37	d1	5.537
19	e3	5.766	38	c7	5.473
평균			5.773		

4.2.3 체크리스트 세부사항의 현수준 분석

체크리스트의 현수준 분석 결과는 표 5 와 같다. 현수준의 평균은 2.322점으로 리커트 7점 척도에서 2점 (낮음) 수준을 보이고 있다. 현수준의 상위 5개 항목은 기능·기술·관리자 통합에 따른 최고 관리자의 리더십 (2.543), 프로젝트의 목적에 따른 경제적 타당성 검토 (2.511), 분야별 관리자의 책임의식 (2.495), 기존 관련 데이터의 적절한 활용 (2.495), 시설물의 유지·보수

성 검토(2.484) 로 나타났다. 현수준의 상위 5개 항목 중 기존 관련 데이터의 적절한 활용과 시설물의 유지·보수성 검토 항목을 제외하고는 중요도가 높은 3개의 항목과 일치했다. 비록 전반적인 현수준은 중요도에 비해 낮은 것으로 나타났으나 중요도가 높은 항목은 현수준에서도 조금은 높게 나타났다.

표 5. 체크리스트의 세부사항별 현수준 우선순위

순위	코드	현수준 평균	순위	코드	현수준 평균
1	d5	2.543	20	e3	2.335
2	a2	2.511	21	e6	2.324
3	d3	2.495	22	b5	2.324
4	e4	2.495	23	e2	2.277
5	a6	2.484	24	b6	2.261
6	d2	2.468	25	a4	2.261
7	d1	2.441	26	b3	2.255
8	a3	2.436	27	b4	2.245
9	b11	2.426	28	b2	2.245
10	b12	2.404	29	c7	2.239
11	b8	2.383	30	c6	2.223
12	a5	2.378	31	d7	2.207
13	b9	2.372	32	c1	2.202
14	e5	2.367	33	e1	2.186
15	d4	2.356	34	b1	2.186
16	b10	2.351	35	c2	2.181
17	b7	2.351	36	c5	2.112
18	a1	2.34	37	c3	2.074
19	d6	2.335	38	c4	2.032
평균		2.322			

체크리스트의 현수준에서 낮은 5개 하위 항목은 중첩비율 분석을 통한 주 공정과의 동시시공 사전검토 (2.032), 시공진행 중 구조적 경관설계의 변경 (2.074), 중첩비율 분석을 통한 종속공종의 동시시공 사전검토 (2.112), 주 공정에서 발생된 문제로 인한 디자인 및 기능의 변경 (2.181), 설계와 시공의 공정을 고려한 동시공학의 적용 가능성 검토 (2.186) 로 나타났다. 현수준이 현저히 낮은 5개 항목 중 설계와 시공에 따른 동시공학의 적용 가능성 분석의 1개 항목을 제외하고는 4개의 항목 모두가 부대/경관시설물에 관련된 항목들로 나타났다. 이것은 시설물의 관리 측면에서 매우 중요한 부분이지만, 실제 교량공사 프로젝트에서는 수행 주체의 상이함으로 인해 원만한 협의가 잘 이뤄지고 있지 않기 때문에 현수준성 또한 낮은 것으로 분석된다.

4.3 설문 결과의 IPA를 통한 격차 분석

중요도 실행도 분석 (Importance performance analysis, IPA) 은 Martilla와 James (1977) 에 의해 처음 소개되어 지난 30 년간 제품이나 서비스의 성과에 대한 이용자의 만족도를 검증하기 위하여 다양한 분야에서 활용되어 왔다. 기본적으로 IPA

는 평가요소의 중요도 (Importance) 와 실제 실행도 (Performance) 의 차이를 측정하여 4분면의 도면에 표시하고 표시된 분면의 위치에 따라 해당하는 의미를 가지게 된다. 그림 3 은 4 분면 각각의 의미와 정책의 방향을 나타내고 있다.

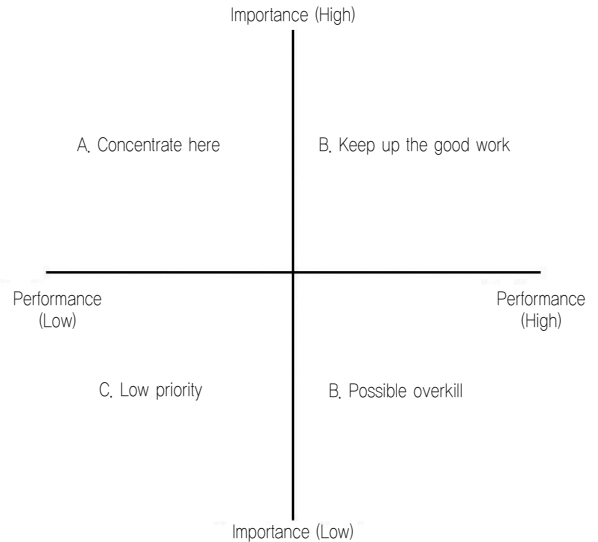


그림 2. 중요도-실행도 분석 (Martilla와 James, 1977)

본 연구에서는 평가요소의 전체적인 분포를 알기 위하여, 척도의 중앙값으로 평가요소들의 중요도-실행도 1차 분석을 하였고, 그 결과를 바탕으로 중심점을 이동시킨 2차 분석을 하였다. 그림 3은 중앙값을 기준으로 한 중요도 실행도 매트릭스 분석을 보여준다.

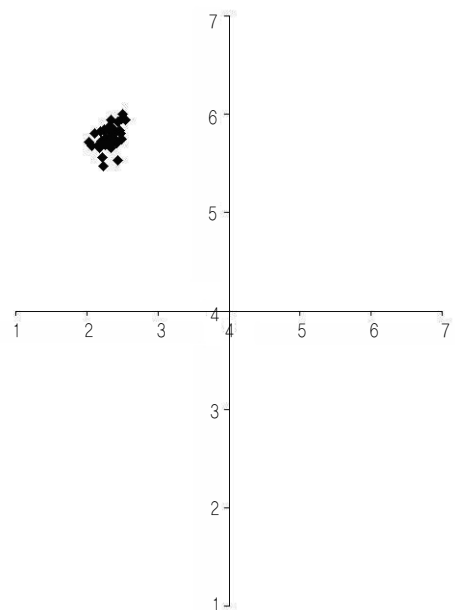


그림 3. 중앙값을 원점으로 설정한 중요도-실행도 분석

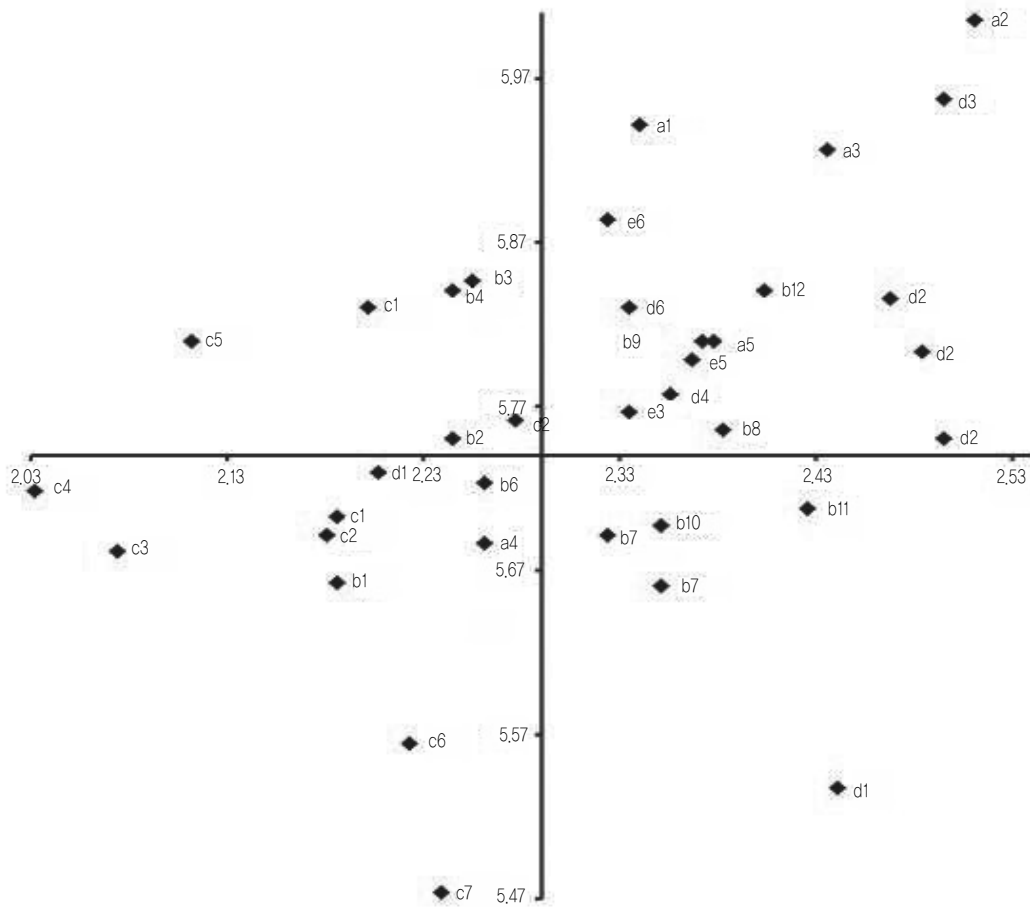


그림 4. 최댓값과 최솟값을 이용한 중요도-실행도 분석

그림 3에 나타나듯이 모든 단계별 평가 요소가 2분면에 위치하였다. 이는 도출된 체크리스트의 모든 단계별 평가요소들이 향후 집중적인 개선의 대상이 됨을 의미한다. 하지만 모든 요소가 같은 분면에 위치함으로써 어떤 평가요소를 더 집중적으로 개선해야할지 구분할 수 없는 단점이 지적되었다. 따라서 최댓값과 최솟값의 중앙값을 기준으로 2차 분석을 실시하였다.

2차 분석은 IPA의 매트릭스 분석 범위를 최댓값과 최솟값으로 정하고 그 중앙값을 중심으로 분석을 하였다. 그림 4는 2차 분석 결과를 보여준다. 2차 분석 결과, b2, b3, b4, c1, c5, e2가 2사분면에 포함되었고, 좀 더 명확하게 해당요소를 확인할 수 있었다. 공사 단계별로는 설계/시공 분야가 다른 단계에 비하여 더 집중적인 개선이 요구되었고, 요소별로는 설계 분야에 있어서 공정 간의 상호 연계성 검토, 분야별 전문가의 완벽한 커뮤니케이션, 담당자의 사전 교육 부분, 부대/경관 시설물에서 설계·시공·생산 단계간의 의견 조율과 중첩비용을 고려한 종속공종과의 동시시공 사전검토, 네트워크관리 단계에서의 통합 관리에 따른 다자간 커뮤니케이션 체제 구축이 그 중요성에 비하여 잘 이루어지지 않는 것으로 나타났다. 이는 조직적이고

통합적인 건설관리시스템의 부재에 기인하는 것으로 토목공사에 있어서 건설경영 (Construction Management)의 역할을 확대시켜 적용해야 할 것이다.

5. 결론

본 연구는 국내 건설 분야에 관련된 동시공학 적용의 연구 문헌 및 기타 관련된 자료와 실무전문가의 그룹 인터뷰를 바탕으로 동시공학의 교량공사 적용을 위한 체크리스트를 도출하였다. 도출된 체크리스트의 유용성을 효과적으로 검증하고 제시하기 위해 업무수행자 188명의 설문을 통하여 체크리스트의 중요도와 현수준을 2단계로 분석하였다. 분석 결과 전반적으로 중요도와 현수준에 있어서 큰 격차를 보이고 있으며, 공사 단계별로는 프로젝트 공기 및 공사비에 심각한 영향을 미치는 설계/시공단계가 가장 큰 격차를 보이고 있어 시급한 개선이 요구되었다. 세부요소로는 b2, b3, b4, c1, c5, e2가 선정되었는데 이 항목들은 모두 동시공학의 건설공사 적용 시 가장 중요한 성공요인인 공정 간의 중첩과 상호작용을 나타내는 것으로 이에 대한 지속

적인 연구를 통해 개선해 나가야 할 것이다. 이러한 결과로 볼 때, 본 체크리스트는 교량공사에 성공적인 동시공학 적용에 있어 그 활용 가능성 및 의의가 높다고 판단된다.

향후 다수의 다양한 교량공사 프로젝트의 사례 분석을 통한 데이터베이스 (Data Base) 가 축적되면 공사의 특성이나 주변 여건을 고려한 동시공학의 적용이 용이하게 되며, 동시공학 적용에 수반되는 문제를 사전에 파악하는데 도움이 될 것이다. 또한 사례 연구를 바탕으로 본 연구에서 도출된 체크리스트의 수정 및 보완하여 좀 더 효율적으로 동시공학을 적용 시킬 수 있을 것이라 기대된다.

감사의 글

이 연구는 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국 과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2010-0014365)

참고문헌

강인석 · 김현수 · 박서영 · 문현석 (2006). “Fast Track을 적용한 축구전용경기장 표준공정표 구성연구.” 대한토목학회 정기 학술대회, pp.3769~3772.

김봉춘 (2009). 동시공학을 적용한 제품디자인 프로세스 개발에 관한 연구, 석사 학위논문, 경기대학교.

남규현 · 송성진 (2000). “동시공학 경영혁신 이론과 사례에 관한 연구, 대한건축학회논문집.” 제16권, 제12호, pp. 183~193

박성희 (2003). 미디어인터뷰, 나남출판사, pp.15~24.

이복남 (1997). “패스트트랙 방식과 건설사업의 경제성, 건설산업동향.” 한국건설산업연구원, 제12호, pp. 1~11.

최도승 · 이재섭 (2007). “동시공학을 통한 공기단축 의사결정 모델, 한국건설관리학회논문집.” 제8권 제6호, pp. 197~206.

최상화 · 임태경 · 이두진, 이동은 (2009). “진보형 동시시공 시뮬레이션 일정 시스템.” 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, pp.682~686.

한진택 · 이재섭 (2009). “건설공사 설계단계에서의 동시공학 적용을 위한 시뮬레이션 모델.” 한국건설관리학회논문집, 제10권 제3호, pp.102~110.

현창택 · 조규만 (2007). “설계시공일괄입찰사업에서 패스트트랙 성공요인에 관한 연구.” 대한건축학회지, 제23권 제1호, pp.129~136.

Bogus, S.M., Molenaar, K.R. and Diekmann, J.E. (2005). “A concurrent engineering approach to reducing design delivery time.” Journal of Construction engineering and management, 131(11), pp.1179~1185.

Krishnan, V., Eppinger, S.D., and Whitney, D.E. (1995). “Accelerating product development by the exchange of preliminary product design information.” Journal of Mechanical Design, 117(4), pp.491~498.

Krishnan, V., Eppinger, S.D., and Whitney, D.E. (1997). “A model-based framework to overlap product development activities.” Management Science, 43(4), pp.437~451.

Maheswari, J.U., Vargehese, K., and Sridharan, T. (2006). “Application of dependency structure matrix for activity sequencing in concurrent engineering.” Journal of Construction Engineering and Management, 132(5), pp.482~490.

Martilla, J.A., and James, J.C. (1977.) “Importance-performance analysis”, Journal of Marketing, Vol. 41, No. 1, pp.77~79.

Prasad, B.(1996). Concurrent engineering fundamentals: Integrated product and process organization, Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J.

Yassine, A.A., Chelst, K.R., and Falkenburg, D.R. (1999). “A decision analytic framework for evaluating concurrent engineering.” IEEE transactions on engineering management, 46(2), pp.144~157.

논문제출일: 2011.10.30
 논문심사일: 2011.11.04
 심사완료일: 2012.02.28

요 약

설프로젝트가 대형화, 복합화, 그리고 장기화됨에 따라, 혁신적인 신공법의 개발과 건설 프로세스의 첨단화에 대한 건설 시장의 요구도 지속적으로 증가하고 있다. 이에 건설 분야에서는, 빠른 상품 개발과 품질향상을 위하여 산업분야에서 널리 쓰였던 동시공학의 건설프로젝트 적용을 고려하게 되었다. 하지만 동시공학의 개념들은 선진화된 관리시스템의 부재 및 개념의 학술적 정립 미비로 인하여, 실제 건설 현장에 충분히 활용되지 못하였다. 이에 본 연구는 대표적인 장기, 대형 프로젝트인 교량공사를 대상으로 성공적인 동시공학 적용을 위한 체크리스트를 도출하였다. 국내 건설 분야에 동시공학 실제 적용 사례와 문헌고찰을 통해 일차적으로 동시공학의 건설 산업적용을 위한 체크리스트를 도출한 뒤, 교량전문가 인터뷰를 바탕으로 이전 단계에 도출된 체크리스트를 교량공사의 특성에 맞게 수정하고 발전시켜 교량공사에 성공적인 동시공학 적용을 위한 체크리스트를 확정하였다. 또한 188 명의 관련 업무 수행자들의 설문조사를 바탕으로 체크리스트의 유용성을 검증하고 중요도 실행도 분석으로 우선적인 관리가 요구되는 필수요소를 확인하였다. 본 연구를 통하여 도출된 체크리스트는 교량건설 프로젝트의 진행에 있어 체계적인 사전검토와 건설 단계별 프로세스의 종합적 분석을 가능케 하여, 동시공학의 실무 활용성을 증대시킨다는 점에서 그 의의가 높다고 판단된다.

키워드 : 동시공학, 교량공사, 패스트 트랙, 중요도-실행도 분석
