

대공간 구조물의 공사비 분석

Analysis on the Construction Cost of Spatial Structures

장 명 호*
Jang, Myung-Ho

서 삼 열**
Sur, Sam-Yeol

요 약

대공간 구조물은 힘의 흐름을 자연스럽게 하고, 휨모멘트의 영향을 가능한 저감 시켜 면내력만으로 외부하중에 저항하는 역학 개념을 기초로, 구조 시스템의 효율성을 극대화 시키는 형태저항형 구조이다. 구조물의 경제성 분석은 그 프로젝트의 실행을 결정할 수 있는 중요한 요소이다. 대공간 건설에는 일반 건물에 비해 많은 기술적 고려가 요구된다. 프로젝트의 성공적인 수행을 위해 타당성 검토 단계에서 구조물의 전 생애의 필수적인 요소에 대한 분석이 요구된다. 본 논문에서는 기존 대공간 구조물의 사례를 조사하며, 이를 통해 자료를 수집하고 공사비를 분석하였다. 본 연구는 대공간 구조의 데이터 베이스 구축을 위한 기본적인 데이터 제공을 목적으로 한다.

Abstract

Spatial structures is a appropriate shape that resists external force with only inplane force by reducing the influence of bending moment, and it maximizes the effect of structure system. An economic analysis is one of the most important factors to determine the project feasibility. Large spatial structures project is more need to comprehensive technology than a general construction project. In order to result in success of these project, it is desired that analyze an essential elements(for example, large budget, professional engineer, construction method, etc.) in the whole life cycle of buildings by schematic preparation from the early feasible study steps. We collect the data and analyze construction cost through this study which examines general remarks of existing spatial structures and researches its examples. This study is aimed to apply basic data to establish database the spatial structures.

키워드: 대공간구조, 지붕구조, 비용분석, 비용모형, 건설비용

Keywords: Spatial Structure, Roof Structure, Economic Analysis, Cost Model, Construction Cost

1. 서 론

대공간구조물은 단일 공간을 제공하는 장스팬 구조물이며, 규모나 구조물이 가지는 특성 때문에 도시를 구성하는 매우 중요한 기능적, 상징적 요소로 작용하고 있다. 국내에서는 1988년 서울 올림픽을 위해 세계 최초의 케이블 돔인 올림픽 제 1 체육관이 건설되었고, 이후 2002년 한일 월드컵을 기점으로 많은 대공간 구조물이 건설되었다. 최근에는 레포츠 시설, 초대형 전시시설 등을 만족하는 대공간

구조물에 대한 수요가 꾸준히 증가하고 있으며, 그 용도와 규모가 다양화 거대화되는 추세이다.

대공간구조물은 형성되는 공간의 성격에 따라 돔형의 구조물(실내 공간), 캔틸레버형 구조물(스타디움의 관람석 지붕), 개폐식 구조물로 크게 구분할 수 있다. 국내의 대공간 구조물은 주로 스타디움의 관람석 지붕처럼 캔틸레버형 구조물이 주종을 이루고 있다.

대공간구조물의 건설은 일반 프로젝트에 비하여 보다 종합적인 기술력을 요구하는 대형 프로젝트이다. 이러한 대형 건설 프로젝트의 성공적인 수행을 위해 초기 검토단계서부터 체계적인 준비가 필요하며, 구조물의 핵심요소들을 합리적으로 분석하여 준비하

* 정희원, 대림대학 산학협력단 선임연구원, 공학박사

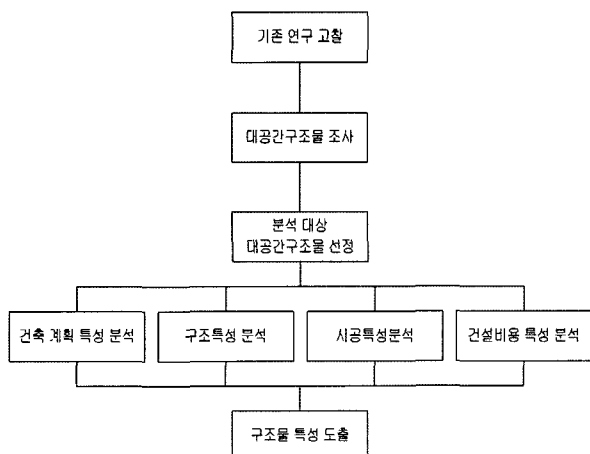
** 교신저자, 정희원, 대림대학 건축과 교수, 공학박사

Tel: 031-467-4826, E-mail : susur@daelim.ac.kr

는 것이 요구된다. 특히 건설비용에 대한 예측은 대공간구조물 프로젝트의 실현 여부를 가름하는 중요한 요인이 된다. 그러나 대공간구조물의 여러 가지 특성상 건설비용을 예측하는 것은 쉬운 일은 아니다. 따라서 대공간구조물의 건설비용 예측을 위하여 기존의 대공간 구조물의 건설비용을 분석하여 그 특징을 도출하고 이를 데이터베이스로 구축하는 것이 필요하다.³⁾ 구축된 데이터베이스는 대공간 구조물 프로젝트를 기획하고자 하는 정부, 지자체, 건설회사 등에 있어서는 매우 중요한 참고자료가 될 것으로 사료된다.

본 논문에서는 2002년 한·일 월드컵대회의 경기장으로 활용된 20개 경기장 가운데 한국에 건설된 10개의 경기장과 최근에 한국에 건설된 대공간구조물을 참고하여 분석 대상 구조물을 선정하였다. 각 분석 대상 구조물들의 건축계획적인 측면, 구조적인 측면, 시공적인 측면에 대하여 조사·분석을 다음과 같은 방법으로 진행하였다.

첫째, 경기장의 건설에 관련한 건축계획, 구조계획, 시공 등에 대한 특성과 기존 구조물의 현황을 자료와 문헌을 통해 조사하였다. 조사된 구조물들은 데이터베이스 구축 자료로 활용하였다. 둘째, 이론 고찰 및 조사된 경기장 현황을 기초로 하여 분석 대상 구조물의 도면, 건축계획적인 특성, 구조적인 특성, 시공 특성 등을 파악하였다. 자료는 각 구조물의 건설지, 시공회사 자료, 시설 관리 담당자와의 인터뷰 조사 등을 통해 취득하였다. 셋째, 조사된 자료를 비교분석하고 통계적인 방법을 이용하여 각 구조물의 특성을 파악하였다.



〈그림 1〉 연구방법

2. 대공간구조물의 건설비용 구성요소

건축프로젝트의 총 비용인자는 건축물 시공에 소요되는 비용 이외에 대지구입비, 대지마련 및 허가를 위한 제반 절차비용, 대지정리비, 프로젝트 컨설팅비, 대지구대 시설비, 제반 금융부대비용, 건축물 이용을 위한 시장조성비, 건축물의 운영 및 유지관리비 등으로 크게 분류된다.⁴⁾ 상기한 비용요소를 프로젝트의 시행 단계에 따라 계획단계, 설계단계, 공사단계 등의 제 단계로 분류할 수 있다. 모든 비용요소를 프로젝트 진행단계로 분류한 내용은 <표 1>과 같다.

〈표 1〉 건축 프로젝트의 비용요소

단계	비용요소
계획단계	인간 심미 가치비용, 사회 미적 가치비용, 시각적 가치비용, 환경적 가치비용,
설계단계	대지 비용, 프로젝트 계획비용, 운영비용, 자본유치비용
공사단계	공종별 제 비용, 공종별 비목 비용
유지단계	제 관리비용

또한 건설프로젝트의 전체비용은 설계적 요소, 성능적 요소, 시공적 요소로 구분할 수 있으며, 건축물의 용도, 건축설비의 경중, 건축물의 요구품질, 건축물의 크기 및 형상, 건축물의 위치 등이 세부 요인이 되어 프로젝트 전체비용을 결정한다. 세부요인을 세가지의 비용구성요소로 분류하면 <표 2>와 같다.

〈표 2〉 건축 프로젝트의 세부비용인자

단계	비용요소
설계요소	건축물의 용도, 건축설비의 경중 건축물의 위치
성능요소	
시공요소	건축물의 요구품질, 건축물의 크기 및 형상

설계요소는 설계단계에서부터 고려해야할 비용요소를 의미하는 것으로 적절한 공사규모와 품질을 선택함으로써 공사비용에 영향을 미친다. 적절한 규모와 품질의 선택은 공사비용의 최적화를 이끌어 낼 수도 있음을 의미한다.

건축공사에서의 비용요소는 작업공종과 재료비,

노무비, 경비(장비비) 등의 비목으로 구성되며, 공종과 비목의 상호 연관성을 갖고 있다. 공종별 비용은 자재의 변경, 공법의 변경등의 영향을 받지만 건축물의 크기 및 형상변화와 같은 설계결정조건에 의해서도 영향을 받는다.

3. 대공간구조물의 공사비용 분석

3.1 구조물의 개요

공사비 분석은 구조물에 적용된 구조시스템에 따라 현수막, 골조막, 공기막, 캔틸레버형 철골 트러스, 캔틸레버형 거더, 스페이스 트러스, 철골 트러스 등으로 나누어 분석하였다. 구조물들은 공사내역에 대한 정보를 확보 할 수 있는 2002년 월드컵 경기장과 철골 트러스 돐 구조물로는 광명돐을, 공기막 구조물은 쓰레기 매립장 차단막 구조물을 선정하였고, 가장 최

〈표 3〉 분석 대상 구조물

구조물	구조형식	용도
인천 문학 경기장	현수막 구조	Stadium Roof
수원 월드컵 경기장	철골 캔틸레버 트러스 Back Stay System	Stadium Roof
대전 월드컵 경기장	철골 캔틸레버 거더 Back Stay System	Stadium Roof
전주 월드컵 경기장	철골 캔틸레버 트러스 Suspension System	Stadium Roof
광주 월드컵 경기장	3차원 트러스 (Mero System)	Stadium Roof
울산 문수 축구 경기장	철골 캔틸레버 트러스 Back Stay System	Stadium Roof
대구 월드컵 경기장	골조막 (철골 Arch 트러스)	Stadium Roof
부산 월드컵 경기장	현수막 (Cable Truss)	Stadium Roof
제주 월드컵 경기장	골조막	Stadium Roof
광명 경륜돐	철골 트러스 돐	Indoor Stadium Roof
안성 국제 실내 정구장	골조막 (돐형 구조물)	Tennis Court Roof
제천 쓰레기 매립장	공기막	오염방지 차단막
오창 과학산업단지 매립장	공기막	오염방지 차단막

근에 지어진 안성 국제 정구장 구조물을 추가하였다. 분석 대상 구조물들은 <표 3>에 정리하였다.^{27,28)}

3.2 구조물 특성 분석

건설비용 분석은 계획, 설계단계부터 시작해서 구

〈표 4〉 FIFA의 경기장 시설 기준

항목	FIFA 권고 사항
경기 시설	- 그라운드 : 105m×68m - 잔디구역 : 120m×80m (권장사항) - 외부공간 : 골라인에서 7.5m, 터치라인에서 6m
수용 능력	- 조예선, 16강전, 8강전 : 40,000석 이상 (관중석) - 개막전, 준결승 및 결승 : 60,000석 이상 (관중석)
관중석	- 4개로 구분
지붕	- 본부석(VIP, 언론 보도석) 100%, 가능하면 모든 관중석에 지붕

〈표 5〉 조사 대상 대공간 구조물의 지붕 형태

구조물	기본 지붕 구조형태	구조부재 형태	보조 수단	지붕 마감
서울월드컵 경기장	캔틸레버 압축·인장 링	철골트러스	현수 구조	막(PTFE)
인천문학 경기장	현수막구조	케이블	현수 구조	막(PTFE)
수원월드컵 경기장	캔틸레버	철골트러스	Back Stay Cable	EDPM
대전월드컵 경기장	캔틸레버	변단면 거더	Back Stay Truss	AL Sheet
전주월드컵 경기장	캔틸레버 압축·인장 링	철골트러스	현수 구조	복합패널
광주월드컵 경기장	아치	스페이스 프레임	-	폴리메탈패널
울산문수 경기장	캔틸레버	철골트러스	Back Stay Cable	Steel Sheet
대구월드컵 경기장	아치	철골트러스	-	막(PTFE)
부산월드컵 경기장	현수막구조	케이블	-	막(PTFE)
제주월드컵 경기장	아치	철골트러스	현수 구조	막(PTFE)
제천폐기물 처리장	돐	공기막	-	막(PVDF)
오창폐기물 처리장	돐	공기막	-	막(PVDF)
광명돐경륜장	돐	철골트러스	-	데크패널
안성국제 정구장	돐	철골트러스	-	막(PVE)

조물의 건설과정 전 단계에 대한 비용요인의 연관성을 고려해서 분석해야 한다.

공사비 분석의 주 대상인 월드컵 경기장의 경우 FIFA 시설 기준 요건을 만족해야 했기 때문에 모든 구조물들이 비슷한 규모를 보이고 있다. 구조물의 비용요인중 설계요인이 거의 비슷한 것이다. <표 4>는 FIFA 시설 기준 요건이다.¹⁸⁾

조사한 대공간 구조의 특성을 구현된 지붕의 형태와 구성 원리를 중심으로 몇 가지로 분류하고 이

<표 6> 대공간 구조물의 구조설계 현황

구조물	구조설계자	기술도입 부분
서울월드컵경기장	- (주)정일구조 - 지붕구조 : Geiger Engineers (미국)	구조설계 시공감리
인천문학경기장	- 구조총괄 : (주)신기술자문 - 지붕구조 : Schlaich Bergerman und Partners (독일)	구조설계 시공감리
수원월드컵경기장	- 바른구조(주) - 청림구조 - SECHAUD & BOSSUYT(프랑스)	구조설계
대전월드컵경기장	- 선영구조 - 포스코개발(주) MIDAS Center	-
전주월드컵경기장	- (주)C·S구조 엔지니어링 - 자문 : Structural Design Group (일본) - 감리 : T.G.P(UK)	구조설계 자문 시공감리
광주월드컵경기장	- (주)신기술자문	-
울산문수경기장	- 구조설계 : Structural Design Group (일본)	구조설계 시공감리
대구월드컵경기장	- 지붕트러스 : WS Atkins (영국) - 막구조 : Tensys Ltd. (영국) - 스탠드구조 : 서울건축구조	구조설계
부산월드컵경기장	- 지붕지지구조 : (주)전우구조 - 스탠드구조 : (주)서울구조 - 지붕구조 : Schlaich Bergerman und Partners(독일), Tensys Ltd.(영국)	구조설계
제주월드컵경기장	- 구조총괄 : (주)전우구조 - 지붕구조 : Weidlinger Associates INC.(미국)	구조설계
오창폐기물 매립장	- (주)타이가	-
제천폐기물 매립장	- (주)타이가	-
광명돔 경륜장	- CS구조엔지니어링	-
안성국제정구장	- (주)동아피엔에스	-

에 따른 장단점을 분석한다. 대공간 구조에 적용되는 구조 시스템은 공기막 구조물처럼 단일 구조 시스템이 적용되는 경우도 있지만 일반적으로 대공간 구조의 시스템은 다양한 형태의 구조시스템이 복합적으로 사용되므로 어느 하나로 분류하기는 어렵다. <표 5>는 조사대상 구조물의 기본적인 구조 시스템이다.¹⁹⁾

<표 6>은 구조물별 구조설계자 및 외국의 기술도입부분을 정리한 것이다.¹⁹⁾ 분석에 의하면 월드컵 경기장의 지붕구조에 대하여 외국의 기술자문 또는 직접적인 구조설계 및 감리 등을 통해 기술을 도입한 사례가 광주와 대전을 제외한 8개 경기장으로서 월드컵 경기장 설계 당시 국내의 대공간 구조설계 기술 기반이 상당히 취약했음을 알 수 있다. 그러나 그 이후 기술 축척이 이루어져 광명돔 경륜장의 경우 국내 기술로 설계, 시공되었다.

<표 7>은 조사 대상 대공간 구조물의 수용규모, 지붕설치비율 및 철골량을 분석한 결과이다. 경기장 형태의 구조물 중 전체 좌석 대비 지붕설치비율이 가장 작은 곳은 제주 월드컵 경기장으로 50%이며, 가장 큰 곳은 서울과 인천 문학 경기장으로 90%이다. 각 구조물의 투입된 철골량은 최소 1,738톤(광

<표 7> 조사대상 대공간 구조물의 수용규모 및 지붕설치비율 및 철골량 분석

조사 구조물	수용 규모 (석)	지붕 설치 비율 (%)	지붕설치 대상 좌석수 (석)	철골량 (t)	지붕이 있는 1좌석당 철골량 (kg/석)	
						서울
골조막	서울	64,694	90	58,200	6,260	107.6
	대구	65,857	72	49,000	5,000	102.0
	제주	42,256	50	21,255	2,890	136.0
현수막	인천	50,256	90	45,230	3,000	66.3
	부산	56,116	82	44,220	-	-
철골구조	수원	45,293	60	25,900	4,300	166.0
	대전	41,040	66	26,980	3,850	142.7
	전주	42,401	88	37,298	5,111	137.0
	광주	43,328	60	25,800	1,738	67.4
	울산	43,521	80	34,810	6,773	194.6
돛구조	제천	-	100%	-	-	공기막구조물
	오창	-	100%	-	-	공기막구조물
	광명	10,896	100%	10,896	3,200	293.6
	안성	1,300	100%	1,300	300	230.7

<표 8> 분야별 건설 비용

경기장		부지비	공사비	설계비	감리비/CM비	부대비용	총사업비	총사업비 (부지비제외)
골조막	서울	0	186,408	5,787	4,630	0	196,825	196,825
	대구	39,905	230,385	4,240	5,418	1,388	281,336	241,431
	제주	0	89,000	3,700	2,254	0	94,954	94,954
현수막	인천	30,700	280,100	2,460	10,750	2,550	326,560	295,860
	부산	0	217,763	2,200	5,954	955	226,872	226,872
철골구조	수원	94,320	144,134	8,200	3,756	291	250,701	156,381
	대전	15,500	123,700	1,900	2,600	200	143,900	128,400
	전주	24,000	112,100	3,600	5,200	100	145,000	121,000
	광주	38,582	116,545	330	3,056	275	158,788	120,206
	울산	14,669	130,163	2,340	4,230	0	151,402	136,733
평균		-	163,029	3,475	4,784	-	197,633	171,686

주)부터 최대 6,773톤(울산)으로 나타났으며 평균은 4,375톤으로 나타났다. 또한 지붕의 크기와 지붕 철골량의 관계를 나타내주는 1좌석 당 지붕의 철골량은 최소의 경우가 케이블 구조로 지붕이 설치된 인천문학경기장이며, 최대의 경우는 캔틸레버구조와 백 스테이 케이블구조의 복합구성으로 지붕이 설치되어 있는 울산문수경기장으로 나타났다. 철골 트러스 돔인 광명돔은 전체 철골량의 절대치는 작지만 좌석당 철골량은 가장 크게 나왔다.

3.3 구조물의 공사비 분석

각 월드컵 경기장의 건설비용을 분야별로 분석하여 <표 8>에 나타내었다. 공기막 구조물과 철골돔 구조물은 자료가 부족해서 본 분석에서는 제외하였다. 분석 결과에 따르면 각 월드컵 경기장의 건설을 위해 사용된 총사업비는 950억 원에서 3,266억 원로 나타난다. 일반적으로 사업비는 부지매입비용, 건설공사비, 설계·감리비 및 부대비를 모두 포함한 것으로서 각 경기장의 상황에 따라 그 구성내용이 다르게 된다. 단순히 사업비만을 단순 비교하기에는 무리가 있다. 즉, 각 경기장의 건설에 소요된 건설비용에 대한 통계적 접근을 위해서는 같은 조건을 유지할 필요가 있다. 따라서 본 절에서는 총사업비에서 부지비용을 제외한 비용을 대상으로 각 경기장의 소요비용에 대한 분석을 실시하였다. 부지비 제외 총사업비는 950억 원~2,959억 원으로서 평균 1,716억 원이 소요되었으며, 경기장의 순 공사비 평

<표 9> 좌석당 사업비 분석

경기장		총사업비 (부지비 제외) (단위:천원)	수용규모 (석)	좌석당 총사업비 (부지비 제외) (unit:천원/석)
골조막	서울	196,825,000	64,694	3,042
	대구	241,431,000	65,857	3,666
	제주	94,954,780	42,256	2,247
	평균	177,736,926	57,602	2,985
현수막	인천	295,860,000	50,256	5,887
	부산	226,872,000	56,116	4,043
	평균	261,366,000	56,130	4,965
철골형	수원	156,381,000	45,293	3,453
	대전	128,400,000	41,040	3,129
	전주	121,000,000	42,401	2,854
	광주	120,206,000	43,328	2,774
	울산	136,733,000	43,521	3,142
평균	132,544,000	43,116	3,070	
종합운동장 평균		254,721,000	57,409	4,532
축구전용 경기장 평균		136,357,111	46,076	2,949
평균		171,866,278	49,372	3,436

균은 1,630억 원이며 설계비와 감리비의 평균은 각각 34억 원, 48억 원으로 나타났다.

분석 구조물의 좌석 수에 대한 부지비 제외 총사업비는 <표 9>와 같다. 표에 나타난 바와 같이 1개 좌석을 건설하는데 소요된 비용은 225만원~601만 원으로 나타났다. 10개 경기장 평균 348만원인 것으로 분석되었다.

또한 축구전용경기장과 종합운동장으로 분류하였을 경우 1좌석 당 소요비용은 축구전용 경기장이

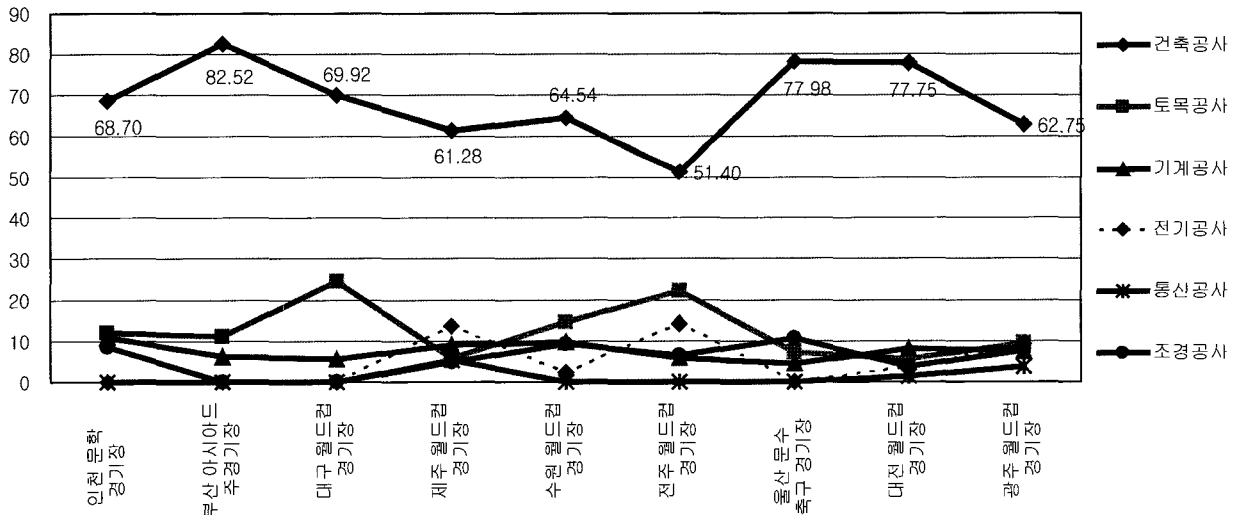
295만원으로 종합운동장의 457만원에 비해 64.6%정도의 비용에 불과한 것을 알 수 있으며 전체 평균인 348만원에 비해서도 84.9%인 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 건설비용이 경기장의 규모와 형태에 따라 크게 차이가 나기 때문인 것으로 판단되는데, 종합운동장의 경우 육상트랙으로 인하여 경기장의 규모가 커지고 또 모양도 직선형태가 아닌 원형 또는 타원형으로 건설되기 때문으로 사료된다.

각 구조물의 건설비용에 대한 설계비와 감리비, 즉 소프트웨어 측면에서 소요된 비용은 <표 10>과 같다. 설계비가 가장 적은 광주와 가장 많은 수원을 제외하면 대략 19억 원~58억 원의 분포를 보이고 있

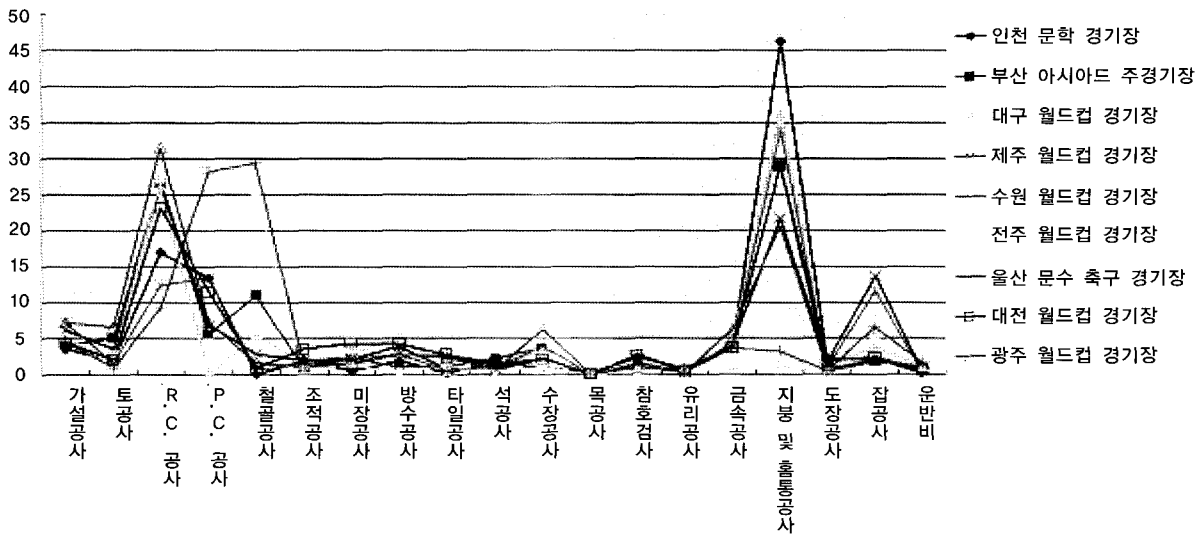
으며 평균 34억7천여만 원인 정도로 나타났다. 총 사업비(부지비 제외)에 대한 설계비 구성 비율을 살펴보면 가장 적은 광주의 0.27%에서 가장 많은 수원의 5.24%의 분포로 나타나고 있으며 평균 2.21%의 구성비를 보이고 있다. 한편 감리/CM비는 22억 5천만원~107억5천만원의 분포를 보이고 있으며 평균 47억 8천여만원인 것으로 나타났다. 총사업비(부지비 제외)에 대한 감리/CM비의 구성 비율은 2.02%~4.3%로 나타나고 있으며 평균 2.75%인 것으로 파악되었다. 또한 총사업비(부지비 제외)에 대한 설계비와 감리/CM비의 구성비 합을 보면 2.81%~7.64%의 분포를 보이고 있으며 평균 4.96%인 것으로 나타났다.

<표 10> 설계비와 감리비 분석

경기장	부지비제외 총사업비(천원)	설계비		감리/CM비		설계감리비 구성비합(%)	
		설계비(천원)	구성비(%)	감리/CM비(천원)	구성비(%)		
골조막	서울	196,825,000	5,787,000	2.94	4,630,000	2.35	5.29
	대구	241,431,000	4,240,000	1.76	5,418,000	2.24	4.00
	제주	94,954,780	3,700,000	3.90	2,254,780	2.37	6.27
	평균	177,736,926	4,575,666	2.87	4,100,926	2.32	5.19
현수막	인천	295,860,000	2,460,000	0.83	10,750,000	3.63	4.46
	부산	226,872,000	2,200,000	0.97	5,954,000	2.62	3.59
	평균	261,366,000	2,330,000	0.90	8,352,000	3.13	4.03
철골형	수원	156,381,000	8,200,000	5.24	3,756,000	2.40	7.65
	대전	128,400,000	1,900,000	1.48	2,600,000	2.02	3.50
	전주	121,000,000	3,600,000	2.98	5,200,000	4.30	7.27
	광주	120,206,000	330,000	0.27	3,056,000	2.54	2.82
	울산	136,733,000	2,340,000	1.71	4,230,000	3.09	4.80
	평균	132,544,000	3,274,000	2.34	3,768,400	2.87	5.21
평균	171,866,278	3,475,700	2.21	4,784,878	2.76	4.97	



<그림 2> 전체 공사비의 구성비 분석



〈그림 3〉 건축공사 공정별 구성비

본 논문에서 구조물들에 대한 건설비용 분석은 건축공사에서의 비용관련요소 즉, 작업 공종, 재료비, 노무비, 장비비 등 공종과 비목을 중심으로 수행하였다. 공종에 있어서는 표준 건축시방서를 기준으로 작성한 공종과, 구조물의 특성을 파악하는데 필요한 부분을 포함하여 20개 항목을 기준으로 하여 분석하였다. 공사내역서가 확보된 월드컵 경기장중심으로 분석을 실시하였다. 단 서울 월드컵 경기장의 경우는 사정상 세부 항목 분석에서는 제외하였다.

공사비 분석은 구조물의 전체 건설비용의 공종별 분포는 <그림 2>와 같다. 모든 경기장들이 건축공사 비율이 높은 편이고, 대구 월드컵 경기장이나 전주월드컵경기장의 경우처럼 토목공사 비율이 다른 경기장에 비하여 높게 나타나는 것은 도로 개설등 기반시설비용과 관련된 부분이 높아서 발생한 것으로 볼 수 있다.

모든 구조물의 건축공사 비용의 공종별 분포는 <그림 3>과 같다. 모든 구조물이 주 구조체를 구성하는 공종인 철근 콘크리트 공사, PC공사, 철골공사와 지붕관련 공사의 비중이 크게 나타남을 볼 수 있다. 울산 문수 축구 경기장의 경우는 지붕 공사에 관련한 부분을 철골공사에 포함 했기에 지붕 공사 부분이 상대적으로 낮게 형성된 것처럼 나타난다. 지붕 공사의 비중은 인천 문학 경기장과 같이 막구조를 적용한 구조물들이 높게 형성되고 있는 것을 볼 수 있다. 이유는 지붕구조체에 관련한 부분(케이블관련 공사나 지붕 철골 트러스 부분)이 철골 공사에 포함 되는 것

이 아니고 독립적으로 지붕 공사 공정을 구성하기 때문이다. 또한 사용된 지붕막재인 PTFE(테프론 코팅된 유리섬유 막재)를 시공 당시 전량 수입해서 사용했기 때문에 재료비 부분이 높게 형성된 측면이 있다. 수입 자재로 인한 재료비 상승이 공종의 비중을 높인 사례는 수원 월드컵 경기장에서도 확인 할 수 있다. 수원 월드컵 경기장의 경우는 지붕 마감 재료로 EDPM를 수입하여 사용하였다. 막재의 선택과 수원 월드컵 경기장의 지붕 마감재의 경우는 시공요소가 공사비 상승의 요인으로 작용한 예라 할 수 있다.

4. 결 론

이번 논문에서는 대공간 구조물을 대상으로 공사비를 분석 하였다. 건축물 건설에 따른 비용요소를 정의하였고, 정의된 비용요소를 기준으로 선정된 구조물의 건설비용 분석을 수행 하였다. 분석 구조물은 2002년 한일 월드컵 당시 지어진 경기장과 최근에 지어진 공기막 구조물, 철골 돔 구조물을 대상으로 하였다. 전체 사업 비용분석은 항목별 분석, 구조 시스템별 분석을 수행 하였으며, 건설비용 분석은 건축공사 비용을 선택하여 지붕 공사를 중심으로 분석하였다. 구조물의 공사비 분석을 통해서 다음과 같은 사항들을 확인 할 수 있었다.

- 1) 세부비용인자 중 시공요소인 건축물 규모가 비슷한 경우 건축공사는 공종의 분포가 유사성을 보인다. (건축물 모두 FIFA의 경기장에 대한

규정을 적용받는 구조물)

- 2) 설계요소, 성능요소(현장의 입지 조건)에 의한 개별 공종 비용의 증감 발생 (예로 기반시설 (도로 등) 작업량 증대는 토목공사 비용 증가)
- 3) 시공요소(자재 선정 등)에 의해 세부공종의 비 목별 구성비가 다르게 나타남.

공사비 분석을 통하여 철골량이 적게 사용된 구조물, 좌석당 공사비가 저렴한 구조물이 어느 구조물 인지 확인할 수 있었다. 철골량이 작기 때문에, 단위 면적당 공사비가 저렴하기 때문에 이 구조 시스템이 대공간 구조물의 건설에 적합하다고 규정하기에는 너무나 많은 변수가 있다. 변수에는 구조물 설계 조건 즉, 스패(span), 경계지지조건, 지역에 의한 하중 조건 등에 따라서 공사비에 많은 차이가 있다. 또한 대공간 구조는 하나의 구조물이 갖는 의미와 상징성이 매우 크고 경우에 따라서 설계자의 의도와 주변 환경 등이 공사비에 우선하는 개념이 될 수 있는 경우가 조사에 의하면 너무나 많았다. 대공간 구조의 경제성은 구조시스템에 의해 결정되는 것이 아니라 주어진 설계조건에서 좀 더 나은 방법(공법이나 구조 디테일)을 찾는 것이 경제성이라고 판단된다.

본 연구를 통해서 얻어진 공사비용에 대한 분석 결과는 대공간구조물의 건설에 있어서 절대적인 것은 아니지만 대공간 구조를 기획하고, 설계하고 시공하려는 실무자들에게는 유용한 자료가 될 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 첨단도시개발사업의 연구비 지원(과제번호#06 R&D B03)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. D.P. WYatt, A Life Cycle Product Management Response for Environmental Maintenance, CIB-W70 Tokyo Symposium 1994
2. D.K. Rutter, D.P. WYatt, Life Cost Management: A Search for an Environmentally Acceptable Balance between Competing Interests, CIB-W70 Tokyo Symposium 1994

3. Alan S. Willby, "Widespan Enclosures and Structures Cost Considerations with Illustrated case Studies," Widespan Roof Structures, ThomasTelford, 2000
4. 박 근준 외, "국내 공동 주택공사의 연면적 변화에 의한 공종별 비용 증감 추이 분석", 대한건축학회논문집 구조계, 2000, 5
5. 신성우, "초고층 건축물의 경제성", Proceeding for the 2nd Symposium of KSTBF on The ROLE of The Super Tall Building in Korea, November 14, 2002.
6. 서울월드컵 경기장 공사 내역서
7. 인천 문학 경기장 공사 내역서
8. 수원 월드컵 경기장 공사 내역서
9. 대전 월드컵 경기장 공사 내역서
10. 전주 월드컵 경기장 공사 내역서
11. 광주 월드컵 경기장 공사 내역서
12. 울산 문수 축구 경기장 공사 내역서
13. 대구 월드컵 경기장 공사 내역서
14. 부산 아시야드 주경기장 공사 내역서
15. 제주 월드컵 경기장 공사 내역서
16. 광명돔 경륜장 공사내역서
17. 안성 국제 정구장 공사내역서
18. 2002 FIFA 월드컵-한국/일본 스타디움 구조 설계 국제 세미나 논문집, ESnS 구조연구센터, 1999
19. 2002 FIFA 월드컵 한국 스타디움 구조설계 자료집
20. 서울특별시, 서울 월드컵 경기장 건설지, 2002
21. 대전광역시, 대전 월드컵 경기장 건설지, 2002
22. 전주시, 전주월드컵경기장 건설지, 2002
23. (재)경기도 2002년월드컵수원경기추진위원회, 수원월드컵 경기장 건설지, 2001
24. (주)포스에이씨종합건축사사무소, 울산문수축구 경기장 건설지, 2002
25. 부산광역시, 부산아시야드 주경기장 건설기록지, 2002
26. 대우건설, 광명돔 경륜장 건설지
27. CA 2001-5 현대건축 No.37 월드컵 경기장, 현대건축사, 2001
28. CA 2002-1 현대건축 No. 41 월드컵 경기장 II, 현대건축사, 2002