

대공간구조물의 건설 비용 분석-지붕구조체 중심으로

Analysis on the Construction Cost of Spatial Structures - Focused on the Roof Structure

장 명 호* 정 명 채** 서 삼 열***
Jang, Myung-Ho Cheong, Myung-Chae Sur, Sam-Yeol

요 약

구조물의 경제성 분석은 그 프로젝트의 실행을 결정할 수 있는 중요한 요소이다. 본 논문에서는 대공간구조물의 경제성 분석을 위하여 기존에 건설된 대공간 구조물(제주 월드컵 경기장)의 건설비용을 분석하여 경제성 분석 모델의 구축을 위한 기초 자료를 제공하고자 하였다.

Abstract

An economic analysis is one of the most important factor to determine the project feasibility. In some mega project, however, it is not unique factor to make a Go or No-Go decision because of overriding this work, an economic aspect by some project indirect factor such as political, social, environmental and technical factor, etc. The purpose of the this study is to investigate the cost model effects of spatial structure.

키워드 : 대공간구조, 지붕구조, 비용분석, 비용모형, 건설비용

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

1. 서 론

2002년 한일 월드컵을 기점으로 국내에도 많은 대공간 구조물이 건설되었고, 지금도 새로운 대공간 구조물들이 건설되고 있다. 현대에는 사용자의 다양한 욕구들에 의하여 무주공간(無柱空間)에 대한 수요는 계속적으로 증가될 것으로 예상된다.

대공간 구조물 프로젝트는 일반 프로젝트에 비하여 보다 종합적인 기술력을 요구하는 대형 프로젝트이다. 이러한 프로젝트의 성공적인 수행을 위하여서는 초기 검토단계(Feasible Study)에서부터 체계적인 준비를 통하여 건물 생애주기 전반에 걸쳐 필요한 핵심요소들(대규모의 예산, 다수의 전문인력, 공법)을 합리적으로 분석하는 것이 요구된다.

대공간 구조물을 계획함에 있어 건설비용을 예측하는 것은 일반 건축물의 경우에 비하여 매우 어렵다. 이는 대공간 구조물이 외부 환경 요인(기술적인 문제, 환율, 정치적인 상황 등)에 의하여 비용의 변동 폭이 크기 때문이다. 경우에 따라서 건설비용 문제로 초기 설계된 구조 시스템이 아니고 공사비가 저렴한 다른 구조 시스템으로 변경되어 시공되는 예를 종종 발견할 수 있다.

건설비용은 건축 프로젝트의 실현 여부를 가름하는 중요한 요인이 되는 것이다. 건설비용은 단순한 공사비 개념이 아니라 계획단계, 설계단계, 입찰단계, 공사단계, 입주 후 유지관리 단계 등의 프로젝트 라이프 사이클상에서 발생하는 전체 비용을 의미한다. 예를 들어 공사 시작 전 단계에서 발생한 비용은 공사 단계 시작 후 단계의 비용 요소 등과 직간접적으로 관련되어 있다. 공사 단계의 비용 절감을 위하여 이러한 비용요소들을 평가하는 시스템을

* 정희원, 대림대학 산학협력단 선임연구원, 공학박사

** 정희원, 전주대학교 건축공과 교수, 공학박사

*** 정희원, 대림대학 건축과 교수, 공학박사

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

〈표 1〉 국내에 건설된 대공간구조물 현황

공간 형식	구조물명	위치	규모	구조시스템
개방형 (캔틸레버형)	상암 월드컵 경기장	서울특별시 마포구 상암지구	지붕막면적 : 33,000㎡ Span=약 50m	골조막 (철골 Truss+Cable+막)
	인천문학 경기장	인천광역시 남구 문학동	지붕막면적 : 38,000㎡	현수막 (Cable Structure+막)
	수원 월드컵 경기장	경기도 수원시 우만동	서측 Truss S=61.2m 동측 Truss S=50.0m	철골 Truss+Back Stay System+Metal Sheet
	대전 월드컵 경기장	대전광역시 유성구 노은동	Span=40m	철골 Girder + Back Stay System + 판넬
	전주 월드컵 경기장	전라북도 전주시 장동	지붕면적 : 20,000㎡	철골 Truss+Mast+Suspension Cable +Panel
	광주 월드컵 경기장	광주광역시 서구 풍암동	Span=60m	Space Frame+Panel
	울산 문수축구 경기장	울산광역시 남구 옥동	Span=45m 관객석의 87% 지붕	철골 Truss+Back Stay Cable+Metal Sheet
	대구월드컵 경기장	대구광역시 수성구 내환동	Secondary Truss : 66m Main Arch Truss : 273m	골조막 (Arch Truss+막)
	부산 아시아드 주경기장	부산광역시 연제구 거제동	장축 : D1=180m 단축 : D2=152m	복합구조 (Cable Truss+막)
	제주월드컵 경기장	제주도 서귀포시 법환동	Span=65.4m	현수막 (철골 Truss+Cable+막)
	고양종합 운동장	경기도 고양시 일산구 대화동	Span=41.1m	골조막 (철골 Truss+Cable+막)
폐쇄형 (돔형)	올림픽 체조경기장	서울특별시 강남구	D=120m	복합구조 (Cable Truss+막)
	일산 KINTEX	경기도 고양시 일산구 대화동	전시동: Span=54~63m 로비 : Span=50m	철골 Truss
	광명돔 (경륜경기장)	경기도 광명시 광명동	장변: Span=180m 단변: Span=132m	철골 Truss
	대한항공 인천공항격납고	인천시 중구 운서동	Span : 180m×110m	철골 Truss (빋격자 Truss)
	아시아나 항공 인천공항 격납고	인천시 중구 운서동	Span : 87m × 90m	철골 Truss (STRARCH (Stressed-Arch) System)
	경부고속철도 광명역사	경기도 광명시 일직동	중앙 트러스 : 86.1m, 측면 트러스 : 37.2m	철골 Truss (3힌지 포물선아치형의 비렌달 트러스)
개폐식	청도 소싸움 경기장	경상북도 청도군 화양읍 심신리	최대직경 : D = 110m, 개구부직경 : Do = 30m	골조막 (철골 Truss+막)

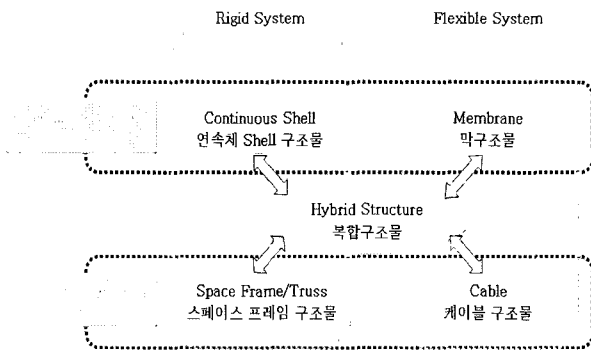
구축 할 필요가 있다.

본 논문에서는 대공간구조물의 비용요소를 평가하기 위한 시스템 구축을 위하여 이미 건설된 대표적인 대공간구조물 중에서 제주월드컵주장을 중심으로 구조물의 공사비 구성 특성을 파악하였으며, 구조물이 가진 특수성과 공사단계의 비용(공사비)과의 관련성을 분석하였다. 또한 공사단계의 비용을 공정별로 분석하여 공사비용 모델을 구축을 위한

기초자료를 제공하고자 한다.

2. 국내 대공간 구조물의 현황

스포츠 및 종합레저시설, 공항의 대형격납고, 사업박람회 관련 시설물 등에 이용되는 대공간구조물은 산업발전 및 경제력 향상에 힘입어 점차 그 규모가 초대형화 되어 가고 있는 추세이다. 또한 최근에



<그림 1> 대공간구조시스템의 분류

들어서는 규모의 대형화뿐만 아니라 옥외공간으로서의 전환이 가능한 전천후구조시스템을 요구하고 있는 실정이다.

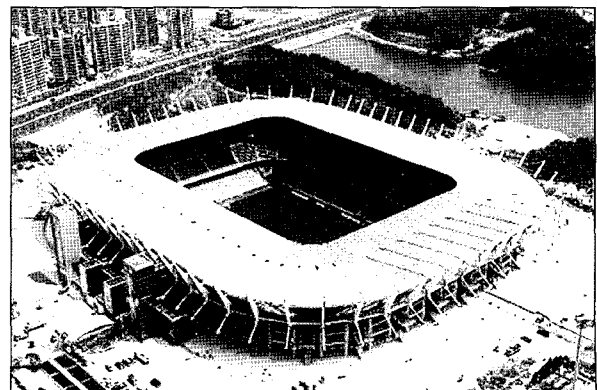
대공간구조물을 구현하기 위한 기본적인 구조적 개념은 힘의 흐름을 자연스럽게 하고, 휨모멘트의 영향을 가능한 정도까지 저감시켜 면내력만으로 외부 하중에 저항하며 효율성을 최대한 확보하는 형태저항형(形態抵抗形)구조 매카니즘을 적용하는 것이다. 대공간구조물에 채택되고 있는 구조형식으로는 <그림 1>에서 보는 바와 같이 연속체 셸구조물, 스페이스 프레임/트러스구조, 막구조, 케이블구조, 복합(Hybrid)구조 등으로 분류할 수 있다. 현재 대공간구조물은 좀 더 경량화 되는 방향으로 진행되는 경향을 보이고 있다. 대공간구조물은 그 구조물이 만들어내는 공간의 특성에 따라 크게 세 분류로 나눌 수 있다. 공간이 외부에 대하여 항상 열려 있는 개방형(開放形)구조물(Cantilever형)과 외부와 단절된 폐쇄형(閉鎖形)구조물(Dome형), 두 가지 특성을 모두 가지고 있는 개폐식 구조물로 분류된다. 개방형 구조물은 주로 스타디움 등의 형식으로 적용되며, 2002년 월드컵 경기장들이 이 형식에 해당된다고 할 수 있다. 폐쇄형 구조물은 나고야돔처럼 주로 돔구조 형식으로 나타난다. 개폐식 구조물은 일본의 후코오카돔 같은 구조물로서 다양한 형식으로의 전환이 가능하다. 그러나 안타깝게 아직 국내에서는 그 예를 찾아보기가 어렵다.

국내 건설된 대공간구조물을 위에서 정의한 공간 특성의 세 가지 형태로 분류하면 <표 1>과 같다. 대공간구조물의 기준은 폐쇄형 구조물인 경우는 스펠이 80m 이상, 캔틸레버형 트러스 구조물인 경우는

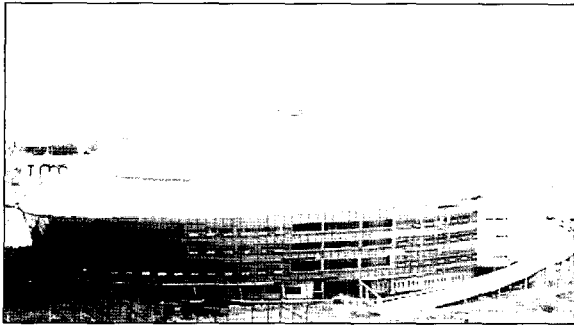
스팬 40m를 기준으로 삼았다. 우리나라에 건설된 대공간구조물의 대부분은 캔틸레버형 구조물이고, 돔형의 구조물은 올림픽 제1체육관(올림픽 체조경기장), 광명돔(경륜경기장) 정도이다. 지붕 구조에 개폐장치를 설치한 구조물은 있으나 본격적인 개폐형 구조물은 아직 건설되지 않았다. 대전 월드컵 경기장은 잔디의 생육을 돕기 위한 개폐장치를 지붕에 설치했으며, 청도 소싸움 경기장은 지붕 구조물 중앙이 열리는 구조체이다. 그러나 두 구조물 모두 개폐식 구조물이라 하기에는 부족한 점이 있다. 본격적인 개폐식 구조로 계획되었던 부산 아시아드 주경기장이 외적인 요인(IMF에 의한 공사비 증액)에 의해 일반적인 케이블 돔으로 설계 변경이 되어 건립된 것은 안타까운 일이다.

각각의 공간의 특성에 따라 분류된 구조물을 <그림 1>에서 정의한 구조시스템을 적용하여 살펴보면 트러스구조, 골조 막구조, 현수 막구조 등 여러 가지 구조시스템이 적용되었음을 확인할 수 있다. 그러나 다른 이웃나라의 경우에 비해서는 적용되는 구조시스템의 다양성은 아직도 부족하다고 할 수 있다. 국내 건설된 대공간구조물의 대부분을 차지하고 있는 구조시스템 형식은 캔틸레버형 트러스구조로 볼 수 있는데 이는 국내에 건설되는 대공간구조물이 폐쇄형구조물 보다 개방형구조물이 많기 때문이라 할 수 있다.

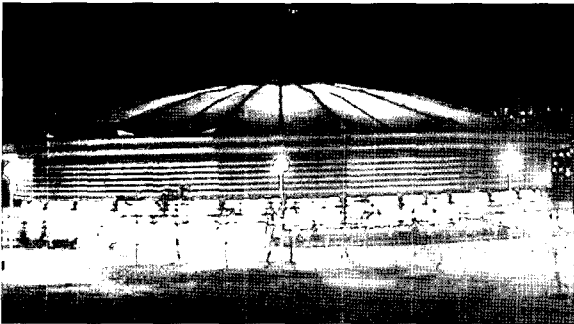
<사진 1>과 <사진 2>는 울산문수 축구경기장과 광명돔경륜장(Speedom)이다. 두 구조물 모두 트러스 구조를 이용하여 개방된 공간과 폐쇄된 공간을 구현하였다. <사진 3>과 <사진 4>는 케이블과 막을



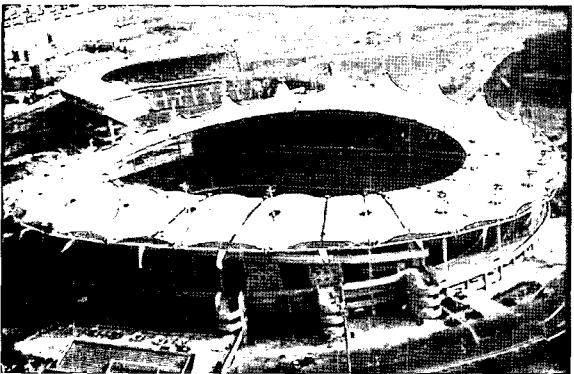
<사진 1> 울산 문수 축구경기장



〈사진 2〉 광명 경륜경기장



〈사진 3〉 올림픽 제1체육관



〈사진 4〉 인천 문학경기장

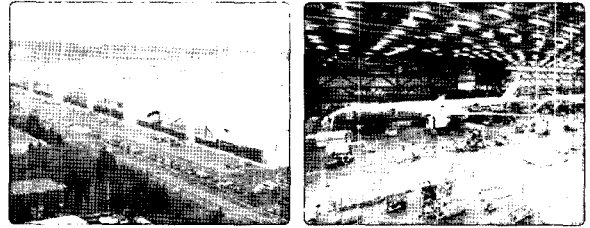
이용한 현수구조로서 올림픽 제1체육관과 인천 문학 경기장이다.

3. 대공간구조물의 비용요인

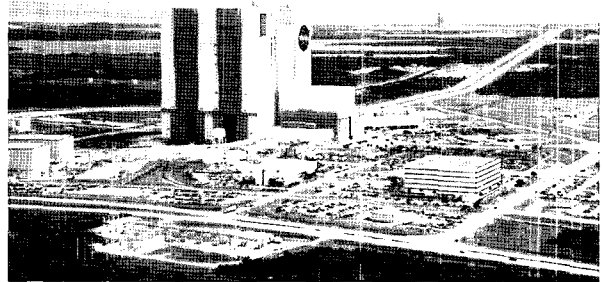
대공간구조물의 비용요인들을 살펴보면 크게 두 부분으로 나누어 검토할 수 있다.

첫 번째는 기본적인 요인으로, 구조물의 용도, 건축적인 형식, 예산 등이 이 항목에 해당한다.

구조물의 용도는 그 건축물의 사용목적 즉 스포츠 시설, 전시관, 산업시설 등 만들어지는 건물의



〈사진 5〉 보잉 747 조립 공장



〈사진 6〉 우주왕복선 조립센터

쓰임새를 말하는데, 이것에 따라 구조물의 형식이 다르게 적용된다. 예로써, 전시 공간에 적합한 구조 시스템을 산업시설에 적용하는 것은 비효율적일 수 있기 때문이다. 따라서 건축물 용도에 맞는 구조 시스템의 선택은 충분히 고려해야 할 문제이다.

건축적 형식이라 함은 만들어지는 공간의 용도와 목적에 의해 결정 되는 것이다. 세계최대의 내부공간을 갖는 구조물은 보잉 747기 조립 공장과 NASA의 우주 왕복선 조립 센터이다. 그러나 두 구조물의 성격은 확연히 다름을 볼 수 있다. 보잉 747 조립 공장은 수평적인 길이가 긴 구조물의 형태로, 내부 공간의 체적은 7,770,000^m³이고, 지붕면적은 220,000^m²이다. 우주 왕복선 조립센터는 우주왕복선을 조립하기 위한 수직적인 높이가 중요한 요소로 작용한 구조물로서 그 규모가 218m(가로) × 158m(세로) × 160m(높이)이다. 위의 예에서 알 수 있듯이 비슷한 크기의 내부 공간이더라도 목적에 따라 형식이 달라질 수 있다.

구조물 건설 예산 또한 구조물 전체 규모, 구조 시스템 등을 결정하는 중요한 요인이 된다. 그 대표적인 예가 앞에서 언급한 부산 아시아드 주경기장이다. 예산문제에 의해 구조물의 시스템이 변경된 대

표적인 경우이다.

첫 번째 요소들에 의해 전체적인 구조물의 윤곽이 결정 되었다면 다음으로는 세부적인 요인에 의해 결정된다. 구조물의 비용 요소의 두 번째는 구조물 자체에 의해 발생하는 요인들이다. 1차적인 요인들에 의해 구조물의 전반적인 사항들이 결정되면 이것들을 해결하기 위한 구조물의 특성이 비용 요인이 된다. 즉 구조물의 스패, 구조물의 주변 환경, 구조물이 지탱해야 할 하중조건 등이 이차 요인이 되는 것이다. 이런 것들을 해결하기 위해 기술적인 방법들이 필요하고 이 방법들이 비용 요소들로 작용하게 되는 것이다. 위에서 정의한 비용요소들을 정리하면 <표 2>와 같다.

<표 2> 대공간 구조물의 비용 요인

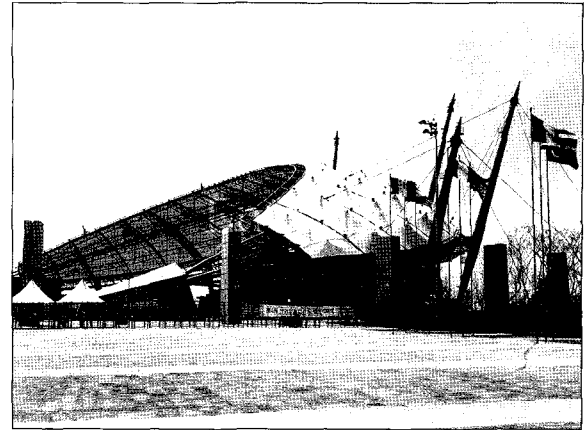
1차 요인	용도	구조물 전반적인 특성을 결정하는 요인
	건축형식	
건설예산		
2차 요인	스패	구조물 자체의 특성을 해결하기 위해 발생하는 요인
	주변환경	
	하중조건	

4. 대공간구조물의 공사비용 분석

일반적인 건설 프로젝트의 경제성을 검토하기 위해서는 프로젝트 전반에 대한 비용분석이 이루어져야 한다. 프로젝트 비용 중 가장 쉽게 접근할 수 있는 것이 공사비 분석이다. 개별 공사의 공사비의 구성과 각 개별공사의 영향을 파악할 수 있다. 본 논문에서는 대표적인 대공간구조물을 선택하여 그 구조물의 특성과 건설비용의 구성요인을 파악하였다.

본 연구에서는 제주 월드컵 경기장 프로젝트를 분석대상 구조물로 선택하여 공사비의 구성 비율을 분석하였다. 제주 월드컵 경기장의 개요는 표 3에 제시하였다. 제주 월드컵 경기장은 섬이라는 입지의 특성상 특수한 비용요인(육상제작, 해상운송, 노동력 부족, 고가의 인건비, 기후조건에 의한 열악한 작업환경 등)을 가지고 있는 구조물이다.

먼저 분석할 부분이 건축주의 요구에 의한 공사비 증액 부분이다. 제주 월드컵 경기장은 기본적으로 FIFA에서 요구하는 시설 기준 요건 (8강전이하



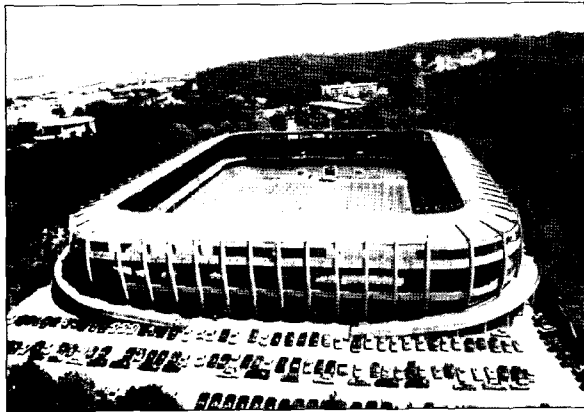
<사진 7> 제주 월드컵 경기장

<표 3> 제주 월드컵경기장의 개요

위치	제주 서귀포시 법환동 914 일원	
규모	부지면적 : 134,122㎡, 건축면적 22,188㎡ 수용인원 : 42,000석,	
설계자	전체	(주)일건 (건축), (주)전우구조 (구조총괄)
	지붕	Weidlinger Associates INC (미국)
시공사	G. Con.	풍림산업(주)와 10개사
	S. Con.	(주) 타이가 (지붕)
구조 System	상부 구조	Mast + Cable + Truss + Membrane
	하부 구조	R.C. 골조+P.C. 스탠드
전체 사업비	1,251억원	
공사 기간	1999. 6. 3 ~ 2001. 12. 31	

는 4만석이상, 개막전, 준결승전, 결승전은 6만석이상)을 만족시켜야 되는 경기장이다. 그래서 이 규정을 충족시키기 위해 국내에 건설된 기존의 축구 전용구장보다 규모가 커진 부분이 있다. 예로 2만 명 수용규모인 포철전용구장(사진 6)은 제주월드컵 축구장 사업비의 1/10의 규모인 105억원의 사업비로 지어졌다.

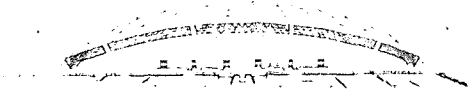
제주 월드컵 경기장에서 지붕 구조체는 그림 2~4에서 보듯이 트러스로 기본적 지붕 구조체를 형성하고 이 트러스를 케이블로 연결하여 Mast가 지탱하고 있는 구조시스템이다. 또한 트러스가 만들어 내는 구역은 인장막으로 설치한 복합구조 양식을 보



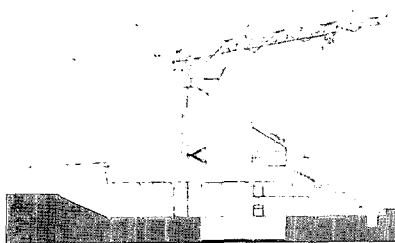
〈사진 8〉 포철전용구장



〈그림 2〉 남측입면도



〈그림 3〉 동측입면도



〈그림 4〉 구조단면도

이는 구조 시스템이다.

제주 월드컵 경기장의 공사비 구성은 표4와 같다. 제주 월드컵 경기장의 전체 공사비에서 건축공사비가 차지하고 비율은 약 61% 정도 된다. 이는 다른 형태의 초대형 프로젝트인 초고층 빌딩의 경우 50% 정도임에 비하여 건축공사부분이 많은 부분을 차지하고 있음을 알 수 있다. 제주 월드컵 경기장의 건

축공사비에서 지붕공사비가 차지하는 비율은 건축공사비에 대하여 약 22% 수준이다.

건축공사 부분의 노무비 부분을 분석해 보면 표 5와 같은 결과를 얻을 수 있다. 일반적으로 노무비는 입지의 기후(바람, 비), 작업의 난이도 등에 영향을 받는다. 제주월드컵 경기장의 경우는 기후와 작업의 난이도, 입지조건(섬이라는 조건) 등에 의해 노무비 부분이 상승한 것으로 분석된다.

지붕공사는 크게 지붕 트러스 공사와 지붕 막공사로 양분된다. 지붕공사의 공사비 구성은 그림 5와 같다. 지붕철골 트러스 공사는 부속 철물공사와 지붕 트러스 공사로 구분할 수 있다. <그림 6>은 부속 철물공사를 포함한 공사비 구성 비율이고, <그림 7>은

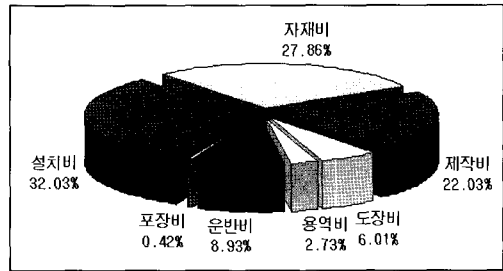
〈표 4〉 제주 월드컵경기장의 공사비 구성

공종	비율	구성비
토목공사	5.84%	
건축공사	61.04%	
01) 가설공사	6.23%	
02) 토공사	3.36%	
03) 철근콘크리트공사	26.50%	
04) 철골공사	2.82%	
05) 조적공사	1.77%	
06) 방수공사	3.71%	
07) 미장공사	2.01%	
08) 목공사	0.01%	
09) 타일공사	0.59%	
10) 석공사	0.64%	
11) 창호공사	1.50%	
12) 유리공사	0.41%	
13) 도장공사	1.60%	
14) 수장공사	2.07%	
15) 금속공사	4.02%	
16) 잡공사	7.30%	
17) 지붕공사	21.66%	
18) PC공사	6.76%	
19) 부대공사	6.30%	
20) 골재비	0.44%	
21) 운반비	0.31%	
기계설비공사	9.32%	
전기공사	14.01%	
통신공사	5.32%	
조경공사	4.47%	
계	100.00%	

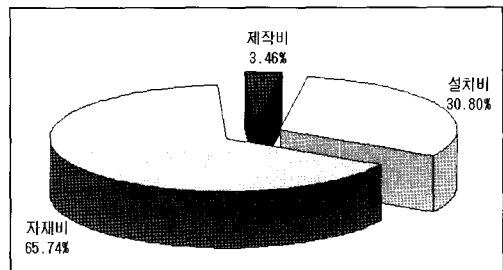
<표 5> 노무비 대 건축공사비 비율

구조물	노무비 / 건축공사비	비고
제주월드컵구장	33%	비교적 높은 노무비 비율
I 경기장	40%	높은 노무비 비율
D 경기장	29%	평균치 정도의 노무비 비율
S 경기장	24%	평균치 이하의 노무비 비율

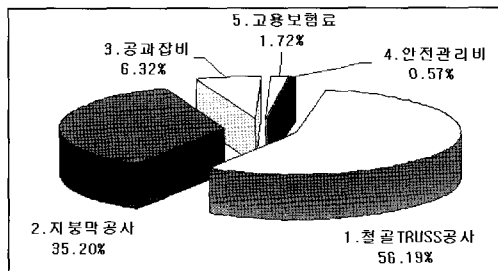
지붕 트러스공사의 공사비 구성 비율표이다. 이 분석을 통해서 전체 공사비에 대하여 운반비의 비율이 상대적으로 높음을 볼 수 있다. 운반비는 전체 지붕 공사비에 약 4.96% 정도인데 이는 다른 대공간 건축물의 경우에 (상암 월드컵 경기장의 지붕막 공사의 경우 운반비는 전체 지붕막 공사비의 약 0.62% 정



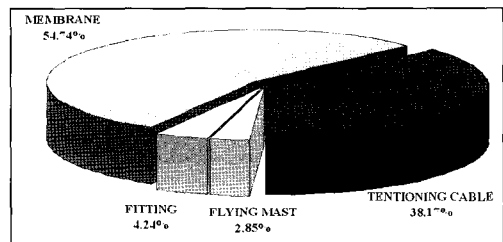
<그림 7> 지붕 Truss 공사비 구성



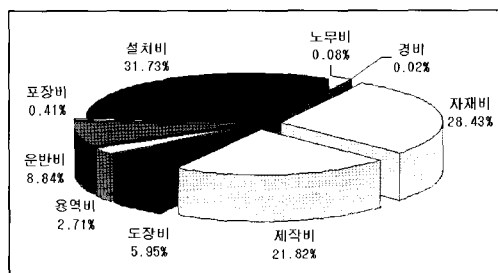
<그림 8> 지붕막 설치공사 공사비 구성



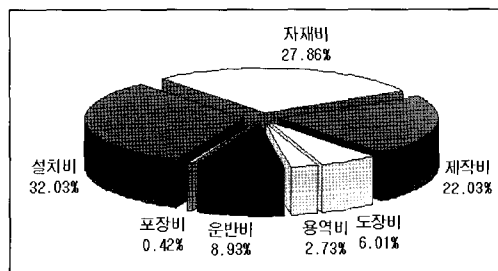
<그림 5> 지붕공사비 구성



<그림 9> 지붕막부분 자재비 구성



<그림 6> 지붕 철골공사비 구성



<그림 7> 지붕 Truss 공사비 구성

도) 비하여 많은 부분을 점하고 있다는 것을 알 수 있다. 이는 구조물의 입지조건도 공사비 증액의 요인이 되는 것을 보여 주는 것이라 할 것이다.

지붕막 설치 공사의 공사비 구성은 <그림 8>에 나타내었다. 지붕막 공사 부분의 자재비 부분이 지붕공사의 다른 부분(철골 트러스 공사 부분의 자재비가 28% 수준)에 비해 약 66% 정도로 상대적으로 높게 나타난다. 이는 최고등급의 구조용 막재(PTFE)가 구조물 건설 당시 국내에서 생산되지 않았기 때문에, 전량 수입에 의존하는 현실에 기인한 현상이라고 볼 수 있다.

또한 자재비의 구성은 막구조 시스템의 디테일과 많은 관련을 가지고 있다. 지붕 막 부분의 자재비의 구성 비율은 <그림 9>와 같다.

여기서 FITTING 이라는 부분은 막을 트러스 구조체와 접합시키는 모든 공정을 포함하고 있는 부분이다.

〈표 5〉 국내에서 사용되는 막 원단의 종류

원단종류	PVDF	PVF	PTFE
원사	폴리에스터	폴리에스터	유리섬유
코팅	PVC 코팅	PVC 코팅	PTFE코팅
토펅	PVDF토펅	PVF토펅	-
인장강도(kN/m)	115/102	115/102	124/100
수명(년)	8~10년	10~15년	25년 이상
가격	PVDF < PVF < PTFE		
국내생산 (2007년 현재)	○	○	○

4. 결 론

본 연구에서는 제주 월드컵 경기장의 지붕구조 건설비를 모델로 하여 대공간 구조물의 건설비용을 분석해 보았다. 이 분석을 통해서 다음과 같은 사항들을 확인 할 수 있었다.

- 1) 건축주의 요구사항에 의한 비용증가 요인 (FIFA의 규정, 경기장 규모 확대, 지붕면적 증가)
- 2) 현장입지 조건에 의한 비용 증가 요인 (작업일 감소에 의한 공기연장, 인건비 상승, 운송비 증가 등)
- 3) 구조시스템에 의한 비용증가 원인

이번 논문에서는 분석 대상 구조물의 수도 부족했고 지붕구조체 중심으로 분석했기 때문에 대공간구조물의 건설에 대한 모든 경우를 위와 같은 결론으로 정의하기에는 부족한 점이 있다. 좀 더 많은 구조물에 대한 데이터베이스화 작업이 진행되어야 하고, 이를 바탕으로 공사비 구성요인의 좀 더 일반화된 연구가 필요한 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 건설교통기술연구개발사업의 연구비 지원 (과제번호#C106A1030001 -06A050300130)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. Imai, Kanji and Shoji, Mikio, "Minimum Cost Design of Framed Structures by the mini-max dual method", International Journal of Numerical Methods in Engineering, Vol. 17, pp. 213~229, 2005
2. D.P. WYatt, A Life Cycle Product Management Response for Environmental Maintenance, CIB-W70 Tokyo Symposium 1994
3. D.K. Rutter, D.P. WYatt, Life Cost Management: A Search for an Environmentally Acceptable Balance between Competing Interests, CIB-W70 Tokyo Symposium 1994
4. S.N.Tucker, Economics of Maintenance and Modernisation CSIRO, 1994
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. Kurt Brandle, The Systems Approach to Sustainability in Building, 대한건축학회 창립 50주년 기념 국제심포지엄 발표집, 1995.
7. Thuesen & Fabrycky, Engineering Economy, Prentice-Hall, 9th ed., 2000.
8. 풍림산업, 제주월드컵 축구전용경기장 건설지, 2001