

대공간 지붕 철골공사의 시공계획 중점관리항목 도출

Deriving of Critical Factors for Construction Planning in Large Span Roof Construction

이 명 도*

Lee, Myungdo

Abstract

Steel roof construction is on the most important and critical factors in the large spatial construction and necessary to be prepared under a radical planning. Therefore, the major management factors of steel roofing structure assembly must be critically reviewed during planning. Through the review process, it is necessary to reduce the construction cost, to prevent delays in the construction schedule, and to minimize construction errors. However, domestically due to the lack experience in large spatial constructions, a planning of roof construction is limited to have a radical planning. Especially due to unclear organization of the management factors in hierarchy, using them in reality for construction planning is difficult and reliability is low. Therefore, in this study, the goal is to conduct the major management factors in the large spatial construction. To achieve this, we have reviewed and analyzed the numbers of construction plans and construction reports and conducted a total 68 of the management factors. Based on the conducted factors, we have interviewed 16 experts with experience in large spatial construction. From the interview result, we have deduced the factors scored above 4.20 of 10 for critical factors. The results of this study will be used as a guidance for planning steel roofing structure assembly in large spatial construction. The critical factors will be provided to the site managers for the quality management of large spatial constructions in practice.

Keywords : Large spatial roof construction, Construction planning, Factor analysis, Critical factors

1. 서론

대공간 지붕 철골공사는 중량의 지붕 철골구조물을 고소의 위치까지 양중하여 무지주 공간을 형성해야하는 고난이도 공사로서, 이를 위한 철저한 시공계획의 수립이 필수적이다. 시공계획은 공사를 수행하기 위한 전반적인 계획을 실(實)시공 전에 수립하는 것으로서, 현장의 다양한 관리 항목에 대한 면밀한 사전 검토를 기반으로 수립되어야 한다. 이를 바탕으로 실제 공사 수행 시 발생할 수 있는 돌발 상황을 사전에 검토하고 시공 오류를 최소화 할 수 있으며, 궁극적으로 원활한 공사 수행을 도모할 수 있을 것이다.

대공간 지붕 철골공사에서는 프로젝트의 특성상

중점적으로 검토되어야 할 시공계획 항목이 존재한다. 일반적으로 철골공사의 시공계획서는 공장 제작 계획, 운반 계획, 공사조직도, 예정공정표, 인원 및 장비 동원 계획, 공통 가설 계획, 현장 설치 계획, 그리고 품질, 안전 및 환경관리 계획 등으로 구성되고 있다. 이러한 시공계획들은 철골공사 전문 건설업체의 유사 프로젝트 수행 경험을 바탕으로 설계도면 및 현장 조건, 프로젝트 특이사항 등 다양한 고려사항들이 면밀히 검토된 후 수립되어야 한다. 대공간 지붕 철골공사의 경우 대형크레인을 이용한 양중 및 설치, 가설벤트의 사용 등 현장의 특수한 관리요소들이 존재한다. 따라서 이러한 관리요소들은 시공계획의 다른 여러 항목 중에서도 보다 중점적으로 검토되어 시공계획에 반영되어야 할 필요가 있다.

국내의 경우, 대공간 지붕 철골공사의 시공계획 수립에 있어 다양한 한계가 있다¹⁾. 전문가 사전 인터뷰를 통해 그 한계점을 정리하면 다음과 같다. 첫

* 교신저자, 정회원, (주)연우테크놀로지 기술연구소 연구소장, 공학박사
R&D Institute, Yunwoo Technologies
Tel: 070-4875-4101 Fax: 02-512-9960
E-mail: md.lee@yunwoo.co.kr

째, 국내에서는 대공간 프로젝트의 수행 경험이 매우 적어 프로젝트 경험이 수반되어야 하는 시공계획 수립의 특성상 근본적인 한계가 있다. 둘째, 시공 단계에서의 계획 수립 및 관리 방안에 대한 노하우는 민간 건설사의 특성상 공유에 한계가 있어 참고할 수 있는 자료 자체가 제한적이다. 셋째, 시공계획은 시공 진행 중에 다양한 상황에 의해 불가항력적으로 변경되는 것으로 인식하는 경우가 많아 면밀한 검토가 수행되지 않는다. 마지막으로 시공계획은 프로젝트의 특성이 반영되어 수립되므로 기존 사례를 참고하여 직접적으로 반영하기에는 한계가 있다. 따라서 현재 국내에서는 대공간 지붕 공사의 특성이 고려되어 시공 단계에서 신뢰할 수 있는 수준의 시공계획 수립이 이루어지지 못하고 있다. 특히 대공간 프로젝트의 수행 경험 부족으로 인해 시공계획 단계에서 중점적으로 검토되어야 할 관리항목들이 원론적인 계획 수립 수준에 머무르고 있어, 실제 시공 단계에서 시공 오류 및 안전사고의 발생 가능성이 높을 수 밖에 없는 실정이다.

이에 따라 본 연구에서는 대공간 지붕 철골공사 시공계획 수립을 위한 중점관리항목 도출을 목적으로 한다. 본 연구는 대공간 구조물 중 철골프레임을 지붕구조로 적용한 돔형(Dome) 강성지붕구조 대공간 프로젝트를 대상으로 하였다. 대공간 프로젝트 시공을 위한 여러 공종의 시공계획 중에서 지붕 철골공사의 시공계획으로 범위를 한정하였으며, 지붕 철골공사의 다양한 시공계획 항목 중 공사 진행에 있어 현장관리자가 중점적으로 검토하여야 할 중점관리항목을 도출하였다. 본 연구를 통해 도출한 시공계획 중점관리항목은 향후 진행될 대공간 프로젝트 지붕 철골공사의 시공계획 수립에 있어 면밀히 검토되어야 할 중요 대상으로 제시될 수 있을 것이며, 이는 시공 단계에서 현장관리자의 중요 관리항목으로도 제공될 수 있을 것이다.

이를 위해 본 연구에서는 다음과 같은 절차로 연구를 수행하였다. 첫째, 국내에서 수행된 대공간 프로젝트의 시공계획서를 수집하여 시공계획서에서 다루는 주요 구성 항목들을 도출하였다. 둘째, 수집된 시공계획서의 해당 건설지를 수집하여 시공계획서에서는 다루지 못했으나 시공 단계에서 발생된

이슈항목을 검토하여 주요 항목에 추가하였으며, 이후 전문가 자문을 통해 보완하였다. 셋째, 국내의 대공간 프로젝트 실제 참여자 및 시공관리자를 대상으로 설문 실시하여 구성 항목에 대한 중요도를 평가하였다. 마지막으로, 설문 결과를 분석하여 구성 항목 중 중요도가 높은 항목을 분류하여 최종적으로 시공계획 중점관리항목을 최종 도출하였다.

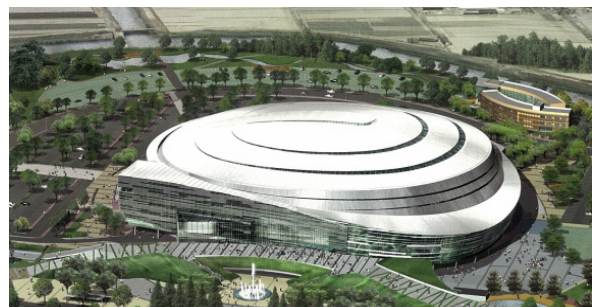
2. 시공계획 구성 항목 도출

2.1 구성 항목 도출 개요

본 장에서는 시공계획 중점관리항목 도출을 위한 선행 과정으로 시공 계획의 구성 항목을 도출하였다. 이를 위해 국내 건설사가 시공한 대공간 프로젝트의 시공계획서 3건을 분석하였다. 먼저 첫 번째 프로젝트 A는 국내에서 최초로 시공된 대공간 철골 구조물 프로젝트이며, 지붕 구조물의 장변 길이는 186.4m, 단변 길이는 139.6m이며, 최고 높이는 50m, 총 지붕 철골부재의 무게는 2,300ton이다²⁾. 프로젝트 A에 대한 지붕구조 위주의 주요 개요는 다음 <Table 1>과 같다.

<Table 1> Target project A summary

Category	Value
Construction period	2003.01~2005.12
Building area(m ²)	37,302
Gross floor area(m ²)	70,696
Roof area(m ²)	28,164
Roof length(m)	186.4
Roof wide(m)	139.6
Hight(m)	50
Total roof weight(ton)	2,300

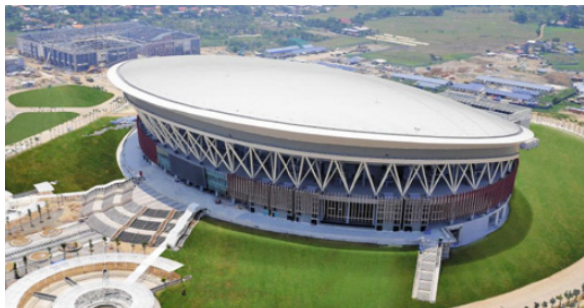


< Aerial view of A project >

두 번째 프로젝트 B는 국내 건설사가 해외에서 시공한 세계 최대 규모의 돔 공연장 프로젝트로서, 지붕 구조물의 장변 길이는 243m, 단변 길이는 193m이며, 최고 높이는 62m, 총 지붕철골부재의 무게는 9,100ton이다³⁾. 프로젝트 B에 대한 지붕구조 위주의 주요 개요는 다음 <Table 2>과 같다.

<Table 2> Target project B summary

Category	Value
Construction period	2011.08~2014.02
Building area(m ²)	36,715
Gross floor area(m ²)	99,000
Roof area(m ²)	35,948
Roof length(m)	243
Roof width(m)	193
Hight(m)	62
Total roof weight(ton)	9,100



< Aerial view of B project >

마지막으로 C 프로젝트는 국내 최초의 돔구장 프로젝트로서, 지붕 구조물의 장변 길이는 243m, 단변 길이는 193m이며, 최고 높이는 62m, 총 지붕철골부재의 무게는 9,100ton이다⁴⁾. 프로젝트 C에 대한 지붕구조 위주의 주요 개요는 다음 <Table 3>과 같다.

대공간 구조는 양단지지 트러스의 경우 60m, 캔틸레버의 경우 30m 이상의 스패를 가지고 있는 것이 기준이며, 막 및 케이블 구조의 경우 지붕 면적이 5000m² 이상의 경우로 정의하고 있다. 그러나 최근 대공간 건축물의 규모가 점차 대형화 되고 있는 경향이기에 때문에, 본 연구에서는 지붕면적 20,000m², 높이 50m 이상의 프로젝트를 대상으로 하였다. 현재 해당되는 프로젝트는 3건에 불과하지만, 향후 유사 규모의 프로젝트가 생성될 것을 고려했을 때 적정한 규모로 판단된다.

<Table 3> Target project C summary

Category	Value
Construction period	2009.02~2015.09
Building area(m ²)	29,120
Gross floor area(m ²)	83,476
Roof area(m ²)	27,642
Roof length(m)	215
Roof width(m)	157
Hight(m)	67
Total roof weight(ton)	6,300



< Aerial view of C project >

2.2 구성 항목 도출

본 연구에서 선정된 3개 프로젝트에 대한 시공계획서를 분석하여 시공계획서의 구성 항목을 도출하였다. 시공계획서의 분석은 각각의 시공계획서가 크게 어떻게 구성되고 있으며, 각 구성 항목에는 어떤 세부내용들이 기술되어 있는지를 목적으로 하였다. 분석 결과 시공계획서는 크게 공장 제작 계획, 현장 운영 계획, 현장 설치 계획, 품질 관리 계획, 안전 및 환경 관리 계획 등 총 5개의 대분류 항목(Level 1)으로 구성되고 있었다. 이는 다시 16개의 중분류 항목(Level 2)으로 분류되었고, 중분류 항목은 총 43개의 세부 항목으로 구성되어 있었다.

먼저 공장제작 계획에서는 철골부재의 생산 계획, 도장 계획, 운반 계획이 공통적으로 중분류 항목의 수준으로 구성하고 있었다. 현장 운영 계획에서는 설계 및 현장의 조건을 검토한 내용이 기술되어 있었으며, 현장 수행 조직 구성, 공정 계획, 인원 및 장비 동원 계획, 공통 가설 계획 등이 포함되어 있었다. 현장 설치 계획에서는 지조립 계획, 설치 계획 등이 있었다. 각각의 시공계획서마다 분량 차이가 있으며 세부적으로 기술하는 내용에 차이가 있

었다. 예를 들어 A 프로젝트의 시공계획서에는 인양 장비(Lighting tool)에 대한 내용이 기술되어 있었으나, 나머지 2개의 시공계획서에는 따로 기술되어 있지 않았다. 품질 관리 계획에서는 접합부의 검사 계획이 주된 내용으로 구성되어 있었으며, 마지막으로 안전 및 환경 관리 계획에서는 안전 관리 대책, 비상사태 시 조치사항 등이 공통적으로 기술되어 있었다. 다음 <Table 4>는 시공계획서를 통해 분석된 시공계획 항목의 대분류(Level 1), 중분류(Level 2) 항목이며, 비율은 분석된 시공계획서에서 기술된 중분류 항목의 평균적인 분량이다.

<Table 4> Factors of construction plan

Level 1	Level 2	Rate (%)
Manufacturing management plan	Manufacturing plan	6
	Painting work plan	7
	Delivery plan	3
Site management plan	Design/Site condition review	1
	Steel work organization	2
	Scheduling	1
	Man/Equipment plan	13
Installation management plan	Temporary work plan	9
	Filed assembling plan	3
	Lifting/Installation plan	15
Quality management plan	Lifting equipment plan	3
	Quality check process	3
	Inspection plan	17
Safety/Environment management plan	Measurement plan	2
	Safety check method and process	13
	Environment check method and process	3

각 시공계획서의 중분류에 대한 전체 항목 중 비율을 보면, 공장 제작 계획에서는 철골부재의 특성상 도장 계획의 비율이 높았으며, 현장 운영 계획에서는 공정 계획이 전체 공정표로 수립되어 있고, 세부적인 공정은 현장 설치 계획의 설치 계획에 자세히 표현되어 있었다. 장비 동원 계획에서는 대형 크레인의 제원 설명으로 인해 지면이 많이 할애되었으며, 공통 가설 계획에는 현장진입로, 야적장, 지조립장, 가설벤트 등의 계획이 세부적으로 표현되어 있었다. 품질 관리 계획에는 용접 부위의 검사 계획

이 매우 자세하게 계획되어 있었으며, 안전 관리 계획에서도 양중 작업 및 고소 작업자에 대한 대책이 자세히 기술되어 있었다.

추가적으로, 본 연구에서 선정한 3개의 프로젝트 외의 중·소규모 대공간 지붕 철골공사 시공계획서를 수집하여 검토하였다. 이는 분석된 3개의 시공계획서에서 다루지 못한 시공계획 항목이 있는지에 대한 확인이 주목적이었으며, 검토 결과 새로운 항목은 추가적으로 발견되지 않았다. 따라서 본 장에서 분석된 시공계획 항목이 시공계획서 수준에서 대부분의 항목을 포함하고 있음을 확인하였다.

2.3 구성 항목 보완

선정된 프로젝트의 해당 건설지를 검토하여 지붕 철골공사 부분의 내용을 분석하였으며, 이를 통해 시공계획 구성 항목을 보완하였다. 건설지는 일반적으로 프로젝트 종료 후 작성되는 것으로, 프로젝트의 전반적인 내용이 자세히 기술되어 있으며 현장의 이슈사항을 포함하고 있다. 따라서 시공계획서 구성 항목과 비교하여 검토함으로써, 시공계획 단계에서는 다루지 못했으나 시공 단계에서는 발생한 이슈사항을 확인하고 이를 구성 항목으로 보완하였다. 또한 시공계획의 항목에서는 차지하는 비율이 낮고 강조되어 있지 않으나 건설지에서는 중요하게 다루어지는 내용도 분류하였다. 이러한 항목들을 시공계획의 구성 항목에 추가함으로써 시공계획 구성 항목의 완성도가 확보될 수 있도록 하였다.

<Table 5>는 시공계획서 분석을 통해 도출된 43개의 구성 항목을 기존 항목(A)으로 두고, 시공계획서의 구성 항목에서는 다루고 있지 않거나 혹은 중점적으로 검토되지 않은 항목들이 시공 단계에서 이슈사항으로 발생되어 건설지에 기술되고 있는 23개의 항목(B)들을 보완하여 재구성한 것이다.

건설지 분석 결과, 건설지는 시공계획의 항목들을 전부 포함하면서 보다 세부적으로 기술되어 있었다. 먼저 설계 및 현장조건 검토에서는 철골부재의 곡면가공 등 특수부위에 대한 검토사항이 추가적으로 기술되어 있었으며, 지장물 및 지반 상태에 따른 바닥 안정화 작업에 대한 내용이 추가되어 있었다. 공

〈Table 5〉 Revised factors of construction plan and detailed content

Division	Detailed content	A	B	Division	Detailed content	A	B
Manu- facturing plan	• Manufacturing process	√		Lifting equipment plan	• Lifting equipment specification, quantity, location, period	√	
	• Quality checking and plan	√			• Lifting equipment moving route plan	√	
Painting work plan	• Painting work plan and standard	√		• Lifting equipment height, radius, weight review	√		
	• Coating check plan and standard	√		• Obstruction and ground condition review	√		
Delivery plan	• Delivery vehicle specification review and alternative	√		• Review of lifting process interference	√		
	• Delivery regulation review	√		• Installation and lifting tool review	√		
	• Delivery route and time review	√		• Lifting and installation process plan	√		
	• On site carry in and censorship process	√		• Review major parts weight of filed assembly	√		
Design condition review plan	• Detailed design condition review	√		Installation plan	• Review of other process interference	√	
	• Review size and weight of roof member	√			• Review installation sequence of major parts	√	
	• Review use of special steel member	√			• Hydraulic jacking device / Chain block	√	
Onsite conditions review plan	• Review organic shape structure or unique configuration parts		√	• Temporary device for welding work	√		
	• Site entrance, inside / outside space site review	√		• Measurement plan (Construction error range, location and dislocation etc)	√		
	• Obstruction and ground condition review	√		• Temporary bent type, specification, quantity and location review	√		
Organization plan	• Weather condition review	√		Temporary bent plan	• Temporary bent installation process, measurement of verticality and displacement	√	
	• Steel work team organization	√			• Temporary bent teardown process, measurement of verticality and displacement	√	
	• Erection engineering task force team	√			• Quality control of joint connection	√	
Construction planning	• Safety management task force team	√		Quality management plan	• Detailed method for quality control of joint connection	√	
	• Construction document process	√			• Method for construction errors control	√	
	• Material procurement process	√			• Dislocation measurement, construction plan with stabilization	√	
Man/Equip ment plan	• Filed assembling and installation plan	√		Quality review plan	• Quality review process plan	√	
	• Review m/m and period of manufacturing process	√			• Test and inspection plan	√	
	• Review m/m and period of on-site process	√			• Welding operator ability test plan	√	
Temporary work plan	• Review equipment specification sourcing, quantity, location, period	√		• On-site welding management and review plan	√		
	• Filed assembling layout plan	√		• Bolt installation and review plan	√		
	• High place work and work route review	√		• Measurement equipment and review process	√		
	• Equipment moving route and interference review	√		• Safety condition check plan for major process	√		
Filed assembling plan	• Temporary electricity supply plan	√		Safety management plan	• Safety planning by process	√	
	• Filed assembling sequence review	√			• Safety standards review	√	
	• Filed assembling size and scope	√			• Emergency management plan	√	
	• Scaffold work plan for filed assembling	√		• Safety net installation plan	√		
	• Surface plate installation plan	√		Environment management plan	• Environment condition check plan for major process	√	
	• Filed assembling quality control (review process, management contents, etc)	√			• Emergency management plan	√	
• Filed assembling painting work plan/ Welding work interference check	√		• Countermeasure for paint dust, stinking		√		

통 가설 계획에서는 고소의 작업 위치에서 이루어지는 용접작업을 위한 가설전기 계획에 대한 내용이 추가적으로 기술되어 있었다. 지조립 계획에서는 지조립을 위한 가설비계의 설치 내용이 기술되어 있었고, 지조립에서의 접합부 검사 절차, 오차에 대한 보정에 대한 내용이 추가되어 있었으며 지조립 후 도장 작업 및 도장 보양에 대한 내용이 중요 이슈사항으로 기술되어 있었다. 설치 계획에서는 양중장비의 작업 동선, 타 공정 계획과의 간섭 관리에 대한 중요성이 부각되어 있었으며, 특히 시공 오차 및 변위 등에 대한 측량 계획의 중요성을 강조하고 있었다. 시공계획서에서는 가설벤트에 대한 내용이 공통가설 계획에 포함되어 있었으나, 건설지에서는 가설벤트의 설치 순서, 수직도 관리, 변위 측정 등 세부적인 사항들을 따로 자세하게 기술하고 있었으며, 해체시의 안전성을 특히 강조하고 있었다. 품질 관리 계획에서는 접합부에 대한 내용뿐만 아니라 시공 오차의 보정 방법, 변위 측정, 처짐 안정화를 고려한 공정 계획에 대한 내용을 포함하고 있었으며, 안전 및 환경 관리 계획에서는 안전 전담팀의 활용의 필요성과 도장분진 및 악취를 관리하는 내용이 중요하게 기술되어 있었다.

최종적으로 건설지 분석을 통해 추가 및 보완된 세부 항목은 총 22개이며, 전체적으로 총 68개의 시공계획 구성 항목을 도출하였다. 도출된 시공계획 구성 항목에 대해 대공간 프로젝트 경험자를 대상으로 전문가 자문을 통해 각 항목들을 검토하였다. 검토결과, 도출된 구성 항목들이 대공간 프로젝트 시공계획 수립을 위한 대부분의 항목들을 포함하고 있는 것으로 나타났다.

3. 시공계획 중점관리항목 도출

3.1 설문조사

본장에서는 시공계획의 중점관리항목 도출을 위해 앞서 도출된 시공계획 구성 항목에 대한 중요도 설문조사를 실시하였다. 설문은 본 연구진행을 위해 자문을 수행하였던 전문가를 포함하여 실제 대공간 프로젝트 경험자 11명(원도급 시공사 6명, 지붕철골

전문건설업체 5명)과, 현장의 중점관리항목이라는 특성을 고려하여 시공관리 전문가 5인을 포함하여 총 16인을 대상으로 실시하였다. 설문 부수가 부족한 한계가 있으나, 지속적으로 자문을 수행하였던 실제 대공간 프로젝트 현장 경험자를 대상으로 하고 시공관리 전문가에게는 대공간 지붕공사의 특성을 충분히 파악할 수 있는 설명 자료를 제공하여 설문결과가 신뢰성을 확보할 수 있도록 하였다.

설문지의 구성은 <Table 5>에 제시된 68개의 항목에 대해 리커트(Likert)의 5점 등간척도를 적용하여, 매우 일반적인 관리 항목을 1점으로 하고, 3점을 현장의 기본 관리 항목, 5점을 가장 중요한 중점관리항목으로 값을 부여하도록 설문을 구성하였다.

3.2 중점관리항목 도출

먼저 설문결과에 대한 검증을 위해 신뢰도 분석을 실시하였다. 신뢰도 분석은 IBM SPSS Statistics를 활용하였으며, 크롬바흐의 알파계수(Cronbach's alpha)를 이용하여 내적 일관성을 평가하였다. 알파계수는 0에서 1사이의 값을 가지며 일반적으로 0.6 이상이면 신뢰성이 있다고 판단하고 1에 가까울수록 내적 일관성이 높다고 할 수 있다. 본 연구의 설문조사의 경우 크론바흐의 알파 계수가 0.952로서 내적 일관성이 매우 우수한 것으로 나타났다.

시공계획 구성 항목에 대한 중요도 설문 결과를 바탕으로 평균값을 이용하여 구성 항목을 분류하였다. 본 설문에서는 리커트 5점 등간척도를 적용하였기 때문에 중요도의 평균값을 0.8간격으로 다음 <Table 6>과 같이 구분하였다.

<Table 6> Arrange of mean value

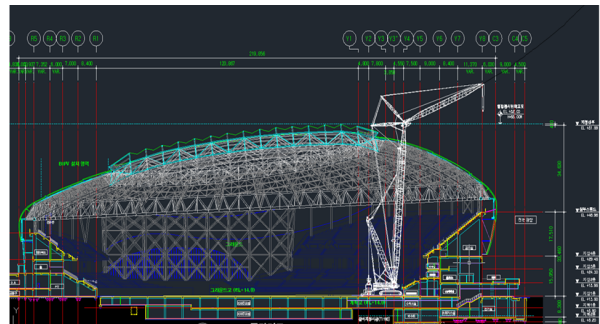
Minimum		Category		Maximum
1.00	≤	Most common factors	≤	1.80
1.80	<	Common factors	≤	2.60
2.60	<	Basic factors	≤	3.40
3.40	<	Critical factors	≤	4.20
4.20	<	Major critical factors	≤	5.00

이에 따라 각 항목의 설문 결과를 바탕으로 각 항목의 평균값을 계산하여 최종적으로 평균값이 4.20을 초과하는 중점관리항목을 도출하였다. 평균값이 4.20 이상인 중점관리항목은 총 10개로 전체의 14.7%로 도출되었으며 아래 <Table 7>과 같다.

3.3 결과 분석 및 논의

전체 항목 중에서 “양중 장비의 작업 높이·반경·허용하중 검토” 항목이 평균값 4.67로 가장 중요한 중점관리항목으로 도출되었다. 특히 표준편차가 0.617으로 설문자의 대부분이 매우 중요한 관리 항목으로 인식하고 있었다. 대공간 지붕공사에서 양중 장비의 검토는 매우 중요한 항목으로⁵⁾ 현장 전체의 공기 및 안전에 직접적인 영향을 미치게 되므로 프로세스 수립에서부터 철저히 계획되어야 하는 가장 중요한 시공계획의 중점관리항목인 것으로 나타났다. <Fig. 1>은 시공계획서의 양중 장비계획의 일부

분이다. 시공계획서상에서는 입면도 혹은 평면도에서 양중장비의 설치 위치 및 제원에 대해 표기하고 있으나 건설지에서는 세부적인 양중장비의 동선까지 기술되어 있었다. 전문가 자문 결과 현장 내부에는 지조립장, 벤투 등 양중장비와 간섭되는 구조물이 복잡하게 배치되어 있으므로 양중장비의 동선 계획까지 시공계획 단계에서 수립된다면 시공단계의 관리가 보다 용이해질 것으로 판단되었다.

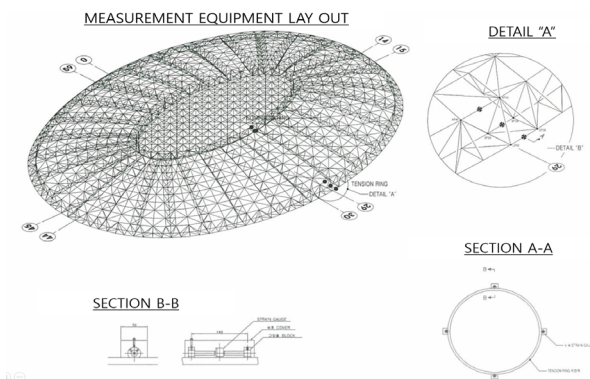


<Fig. 1> Lifting equipment plan

<Table 7> Derived result of critical factors for construction plan (mean < 4.20)

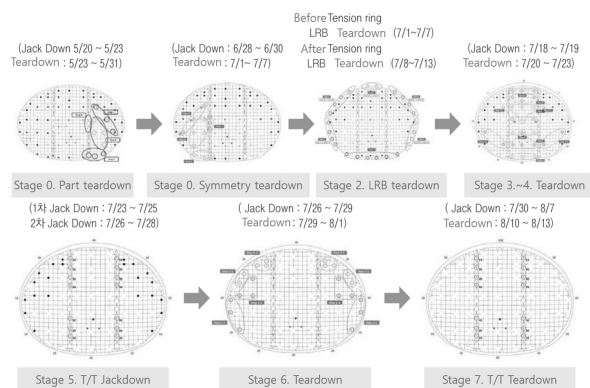
Rank	Mean	Standard deviation	Description	A	B
1	4.69	0.602	Lifting equipment height, radius, weight review 양중장비의 작업높이·반경·하중검토		√
2	4.56	0.727	Measurement plan(Construction error range, location and dislocation) 측량 계획(시공오차, 위치 및 변위 등)		√
3	4.56	0.629	Temporary bent teardown process, measurement of verticality and displacement 가설벤투 해체순서, 안정성 검토		√
4	4.50	0.632	Lifting and installation process plan 양중 및 설치프로세스 수립		√
5	4.44	0.892	Lifting equipment specification, quantity, location, period 양중장비제원 ,대수, 위치, 투입시기		√
6	4.38	1.025	Review equipment specification, quantity, location, period 투입장비 제원, 대수, 기간, 위치검토		√
7	4.25	0.931	Detailed design condition review 설계조건검토		√
8	4.25	0.775	Erection engineering task force team Erection engineering 전담팀 구성		√
9	4.25	0.775	Filed assembling and installation plan 지조립 및 설치공정		√
10	4.25	0.931	Temporary bent type, specification, quantity and location review 가설벤투 타입, 제원, 대수 및 위치검토		√

두 번째 평균값이 높은 중점관리항목은 “측량 계획”으로 나타났다. 지조립된 지붕 블록(Block)들은 대형 크레인을 통해 가설벤트 위로 양중되고 각 양중된 지붕 블록들이 결합되어 전체 지붕구조물이 완성된다⁵⁾. 실제 현장에서는 각 블록들의 처짐, 변위 등으로 인해 시공 오차가 빈번히 발생하는 것으로 나타났다. 따라서 이를 관리하기 위한 시공 중계측 및 측량 계획은 현장에서 매우 중요한 관리요소인 것으로 나타났다. 다음 <Fig. 2>은 계측 관리를 위한 계획의 내용 중 일부분이다²⁾.



<Fig. 2> Measurement plan

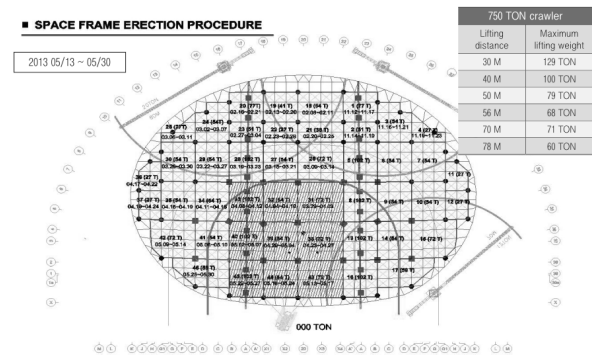
세 번째 항목은 “가설벤트 해체순서, 안정성 검토”로 나타났다. 가설벤트는 전체적인 지붕구조물이 완성되기 전까지 지붕구조물을 지지하는 것으로서 이에 대한 설치 및 해체는 현장의 매우 중요한 사항이다⁵⁾. 특히 현장 경험자는 가설벤트의 설치보다 가설벤트의 해체가 현장의 안전성과 관련해 매우 중요한 사안으로 인식하고 있었다. <Fig. 3>은 가설벤트 해체와 관련된 건설지 내용 중 일부이다³⁾.



<Fig. 3> Temporary bent teardown process

시공계획서에서는 가설벤트의 설치 위치 및 순서에 대해서는 기술되어 있으나, 해체에 대한 내용은 건설지에 비해 내용이 부족하였다. 따라서 가설벤트 해체의 중요성을 고려했을 때 시공계획 단계에서 벤트 해체에 대한 계획이 철저히 검토될 필요가 있는 것으로 나타났다.

네 번째 중점 항목으로는 “양중 및 설치 프로세스”로 나타났다. 대공간 지붕공사에서 양중 및 설치공사는 현장의 가장 중요한 공정으로 이에 대한 프로세스의 수립은 전체 공정관리의 성패를 좌우할 수 있다⁶⁾⁷⁾. 이에 따라 시공계획서에서도 이에 대한 내용이 비교적 자세히 기술되어 있으며 시공 단계 변위 및 타공정 간섭 등을 고려해 철저히 검토되어야 하는 것으로 나타났다. 다음 <Fig. 4>는 양중 및 설치 프로세스의 내용 중 일부를 발췌한 것이다³⁾.



<Fig. 4> Lifting and installation process

다음으로 “양중장비 제원, 대수, 위치, 투입시기”, “투입장비 제원, 대수, 기간, 위치 검토”, “설계조건 검토”, “Erection engineering 전담팀 구성”, “지조립 및 설치공정”, “가설벤트 타입, 제원, 대수 및 위치검토” 등이 중점관리항목으로 도출되었다. 이러한 중점관리항목들은 양중 작업을 위한 가설 장비와 관련된 내용이며, 전체 공사 진행 및 양중 공법 선정 등 공사의 중요 의사결정을 위한 설계 조건의 세부적인 검토, 그리고 Erection engineering의 중요성이 반영되어 중점관리항목으로 나타났다.

도출된 관리 항목 중에서 건설지를 통해 보완된 항목을 살펴보면, 중점관리항목의 총 10개 항목 중에서 4개가 보완된 항목이었다. 그러나 4개의 항목이 전혀 시공계획서에 반영되고 있지 않는 것은 아

니다. 또한 중점관리항목보다 평균값이 낮은 항목이 시공계획 시 중요하지 않는 항목을 의미하는 것은 아니며 도출된 모든 항목은 필수적으로 검토되어야 하고, 특히 중점관리항목들은 시공 단계에서 매우 중요하게 취급되는 항목이므로 이에 대한 보다 철저한 검토가 수행되어야 하는 것을 의미한다.

4. 결론

본 연구는 대공간 지붕철골공사 시공계획 중점관리항목 도출을 목적으로 하였다. 이를 위해 시공계획서를 분석하여 구성 항목을 분석하였으며, 건설지검토를 통해 구성 항목을 추가하여 총 68개의 시공계획 구성 항목을 도출하였다. 이후 전문가 자문을 통해 구성 항목들에 대한 중요도 평가를 수행하였으며, 최종적으로 10개의 시공계획 중점관리항목을 도출하였다.

본 연구의 결과는 다음과 같은 의미를 가진다. 첫째, 기존 시공계획 구성 항목을 건설지와 전문가 자문을 통해 보완함으로써 향후 시공계획서 수립 시 전체적인 구성 항목의 정립에 기초적인 자료로 활용될 수 있을 것이다. 둘째 시공계획의 중점관리항목을 제공함으로써 실제 시공계획 수립 단계에서 해당 항목에 대한 집중적인 검토가 수행될 수 있게 하여 시공계획서의 활용성을 높일 수 있을 것이다. 마지막으로, 중점관리항목은 시공계획 수립 시 집중적으로 검토되어야 할 항목일 뿐만 아니라 실(實)시공단계에서도 현장의 중요한 관리 항목으로 제공될 수 있을 것이다. 현장관리자는 공사 수행 과정에서 중점관리항목에 집중함으로써 업무의 효율성을 향상시킬 수 있을 것이며, 이를 통해 현장의 원활한 진행을 도모할 수 있을 것이다.

본 연구는 국내 대공간 프로젝트 사례의 부족으로 시공 현장 전문가 및 자료 수급에 어려움이 있어 분석자료 및 설문 부수가 제한적이었다는 한계가 있다. 향후 추가적인 분석 자료의 수집 및 전문가 자문을 통해 보다 세부적으로 구성 항목을 정의하고 각 항목의 체계적인 구축 방안에 대한 연구를 수행할 예정이다.

감사의 글

본 논문은 국토교통부 도시건축연구사업(과제번호: 17AUDP-B100343-03)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

References

1. Shin, D. W., & Park, C. S., "An Analysis of Preparation and Evaluation Practice of Building Construction Plan Documents at the Bidding Stage", Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & construction, Vol.16, No.7, pp.95~103, 2000
2. Daewoo E&C, Gwangmyeong speedom project construction report, Daewoo E&C, Seoul, 2013
3. Hanwha E&C, Philippine arena project construction report, Hanwha E&C, Seoul, 2015
4. Hyundai Development Company, Gocheok sky dome construction report, Hyundai Development Company, Seoul, 2016
5. Jung, H. M., Lee, S. Y., & Jee, S. W., "The Case Study on the Erection Method of Large Span Structures", Journal of Korean Association for Spatial Structure, Vol.7, No.2, pp.97~104 2007
6. Kang, C. U., Park, K. H., & Choe, M. K., "A Study on Condition Analysis of Lifting Planning for Roof System of Large Span Spatial Structure", Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction, Vol. 27, No.11, pp.95~102, 2011
7. Park, K. H., "A Study on the Lifting Planning Process Model for Roof System of Large Span Spatial Structures", Doctorial Dissertation, Keimyung University, 2012

■ Received : November 28, 2017

■ Revised : November 30, 2017

■ Accepted : December 04, 2017