

# 여의도 파크원 포디움 지붕 디자인 YOIDO PARC1 PODIUM ROOF DESIGN



이준호\*  
Lee, Jun-Ho



정광량\*\*  
Chung, Kwang-Ryang

## 1. 서론

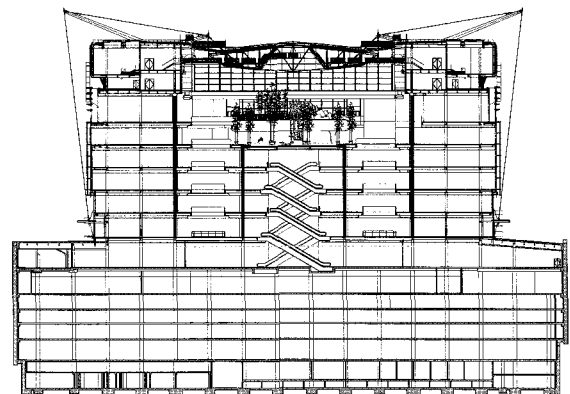
여의도를 세계적인 비즈니스 명소로 만드는데 큰 역할을 할 것으로 기대되는 복합건물 여의도 PARC1은 지상 69층(338m) 및 52층(268m) 2개의 초고층 오피스 타워, 지상 33층 호텔, 리테일(지상7층/지하7층)로 구성되어 있으며 골조공사 초기단계 진행 중에 있다.

〈표 1〉 국내·외 설계업체

구분		협력사
건축 설계	국외	Richard Rogers Partnership
	국내	(주)삼우종합건축사사무소
구조 설계	국외	Ove Arup & Partners Ltd.
	국내	(주)동양구조안전기술



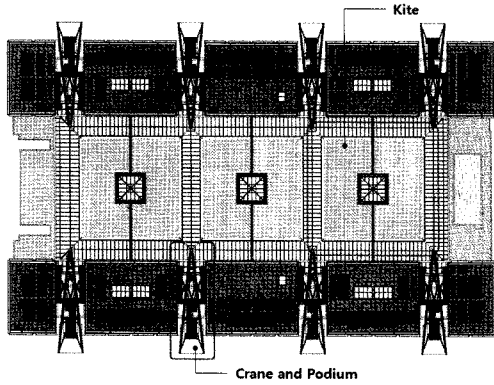
〈그림 1〉 여의도 PARC1 조감도



〈그림 2〉 여의도 PARC1 리테일 단면도

\* (주)동양구조안전기술 실장

\*\* (주)동양구조안전기술 대표이사, 공학박사



〈그림 3〉 여의도 PARC1 리테일 평면도

리테일 지상층은 8개의 코어와 철골프레임으로 구성되며, 약 50m×50m(3개소)의 실내 무주공간을 구현하기 위하여 지붕에 대형 철골구조물이 설치되었다.

지붕은 바닥구조를 형성하는 3개의 스페이스 프레임(이하 Kite)과 이를 지지하는 8개의 대형 철골프레임(이하 Crane)으로 구성되어 있다. Kite와 Crane은 형상 및 구조적 특성이 독특한 구조물로 본 기사는 이에 대한 구조설계와 시공에 대해 소개하고자 한다.

## 2. 구조설계 일반사항

### 2.1 구조재료

리테일 지붕은 대부분이 철골구조로 프레임이 구성되어 있으며 아래의 〈표 2〉에 각 부위별로 적용한 강재를 정리하였다.

〈표 2〉 부재별 강재강도 계획

강 종	Kite	Crane	Podium
H형강 (Rolled)	SM490	-	SM490
H형강 (Built up)	SM490	-	-
T형강 (Built up)	-	SM490 TMC	-
원형강관	STK490	SM490 TMC	-
각형강관 (Rolled)	SPSR 490	-	-
각형강관 (Built up)	-	SM490 TMC	-
Rod Bar	Semalloy 460	Semalloy 460	-
Plate	-	SM490 TMC	-

외기에 노출되어있는 Kite와 Crane의 철골부재는 내구성이 뛰어난 TMCP강을 선정하여 사용하였다. 강관은 STK490, SPSR490이 사용되었으며, Kite를 지지하는 Rod Bar는 고장력 인장봉인 Semalloy460 ( $F_y=460MPa$ ,  $F_u=690MPa$ )을 사용하였다.

### 2.2 설계하중

#### (1) 풍하중

풍하중 산정에 적용된 계수는 설계당시의 기준인 KBC2005(건축구조설계기준 2005)를 기반으로 하였다(〈표 3〉).

〈표 3〉 풍하중 산정조건

구 분	적용 계수
설계기본풍속	$V_0=30m/sec$ (서울)
노풍도	B (중층건물이 산재해 있는 지역)
중요도계수	$I_w=1.0$ (중요도 1)
풍속 할증계수	1.0 (산 언덕 및 경사지의 영향을 받지 않는 지역)

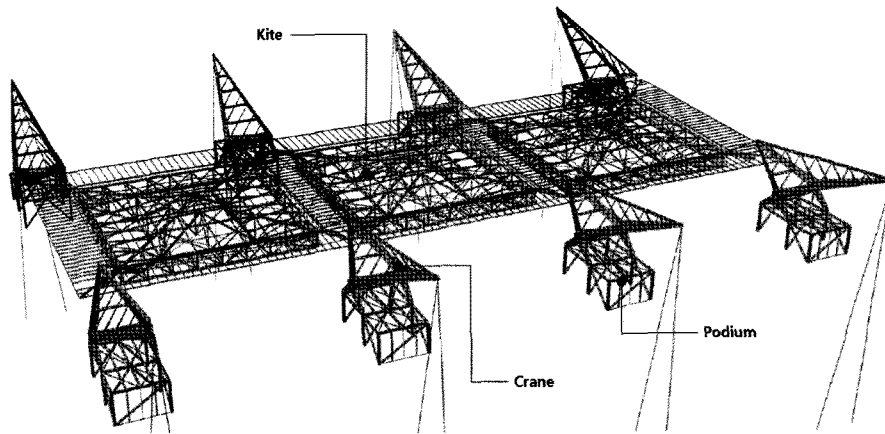
#### (2) 지진하중

리테일 지붕 설계에 적용된 지진하중은 KBC 2005(건축구조설계기준 2005)를 기반으로 하며 관련 계수를 아래의 〈표 4〉에 정리하였다.

〈표 4〉 지진하중 산정조건

구 분	적용 계수
지진지역	1 (서울)
지역계수	$S = 0.11$
지반분류	$S_c$
중요도계수	$I_E = 1.2$ (내진등급 1)
반응수정계수	1.5
내진설계범주	D

상기의 〈표 4〉에서 반응수정계수를 1.5로 적용한 이유는 리테일 지붕은 Podium, Crane 및 Kite로 구성되는 복합구조물로 Kite는 하중을 직접적으로 받는 부분이며,

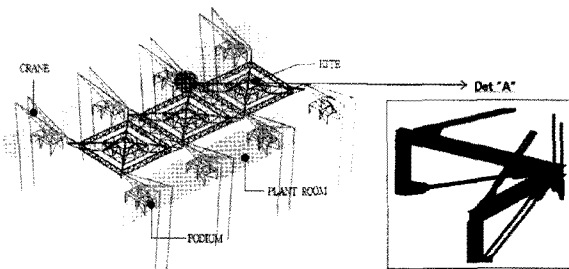


〈그림 4〉 리테일 지붕 전체 모델링

Crane은 Kite를 1차로 지지하는 Support Structure의 역할을 하고, Podium은 Crane에 연결되어 리테일 코어와 연결하는 Support의 역할을 한다. 구조물의 특성상 에너지를 소산할 수 있는 장치가 없어 전체 구조물을 탄성수준의 지진하중(반응수정계수 $R=1.5$ )으로 하였다.

### 3. 구조시스템 (Structural System)

리테일 지붕 Kite는 수직 및 수평하중을 트러스와 철골프레임이 지지하며 Vertical tie rod (Tension bar)에 인장력 또는 압축력으로써 Crane으로 전달된다. 다시 Crane으로부터 Podium으로 하중의 전달되어 리테일 코어로 전이되게 된다. 또한 리테일 지붕 Load path의 주요위치에 모두 두 쌍의 Tension rod bar가 배치되어 있으며, Kite의 연속붕괴를 방지하기 위해, 2개의 Tension rod bar중 1개의 bar가 탈락하는 경우 해당 부재 및 연결부재의 강도를 검토하여 추가안정성을 확보하였다. 〈그림 5〉의 Detail "A"는 연속붕괴방지 시스템을 나타내고 있다.

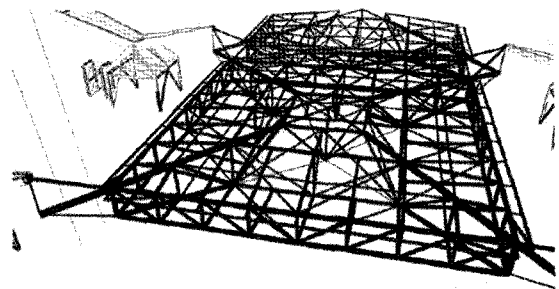


〈그림 5〉 Kite의 연속붕괴방지 시스템

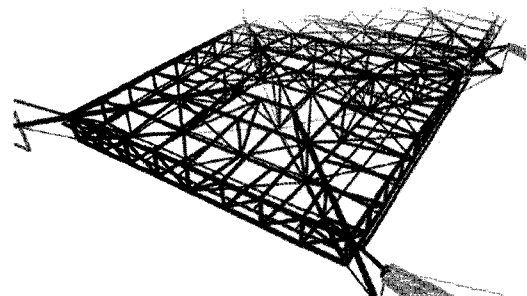
### 3.1 KITE

#### (1) Kite 구조시스템

각각의 Kite는 Crane에 의해 4 point에 지지되어 있으며, 주 구조부재는 Kite를 가로지르는 사선 방향의 Truss (Primary Truss)이다. Primary Truss는 60m의 경간에 춤은 3.0~6.6m(Depth/Span ratio : 1/20~1/9)이다. Primary Truss 사이에 형성되는 Edge Truss의 경간은 33.6m이며 3.0m의 일정한 춤이 형성되며, Internal Truss는 상현재와 하현재에 인장 및 압축의 Hoop action을 하게 된다.

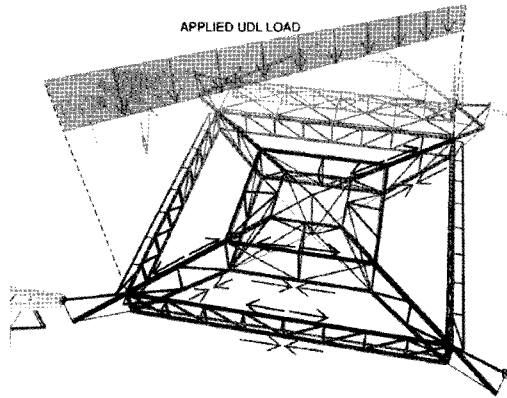


〈그림 6〉 Primary Truss



〈그림 7〉 Edge Truss and Internal Truss

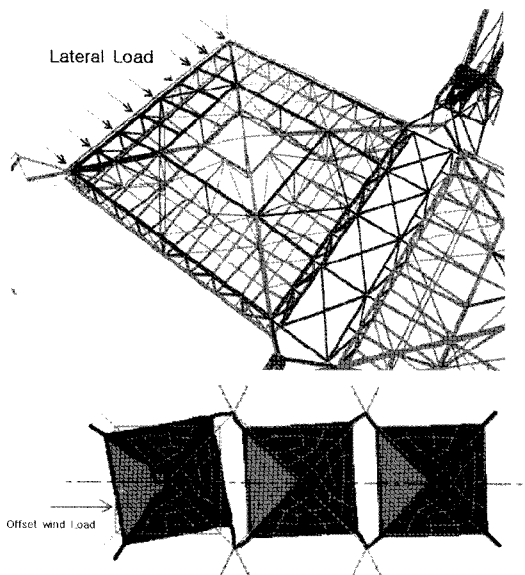
Kite에 중력방향 하중(Dead & Live Load, Wind Pressure and Suction, Snow Load)을 재하 시 Primary truss와 Internal truss 및 edge truss의 인장 및 압축으로 힘의 흐름이 형성된다(그림 9).



〈그림 8〉 Distribution of force under vertical loads

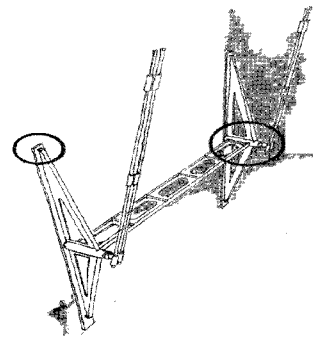
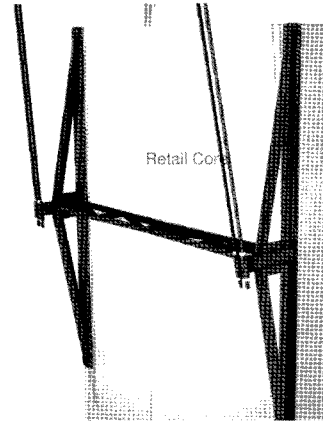
(2) 지붕 안정성

지붕의 수직 및 수평하중에 대한 안정성은 Crane과 Podium에 의해 확보되며, 횡방향 하중(Wind & Earthquake Load)은 각각의 Crane에 연결된 지붕 내부의 수평 브레이스에 의해 Crane의 Arm으로 전달된다. Kite 사이의 평면 브레이스는 비대칭 또는 비틀림 하중에 저항하며, Kite 각각이 별도로 거동하는 것을 막아 준다(그림 9).



〈그림 9〉 Roof Stability System

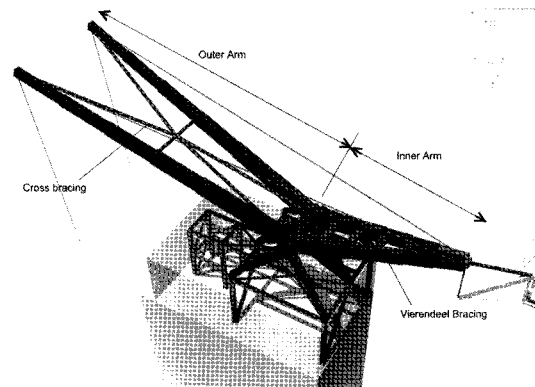
Crane에서 리테일 Core에 연결되는 Tie는 Kite가 매달리는 Arm의 끝단부의 처짐을 줄일 수 있도록 강성을 증가시켜주며, 또한 수평방향 하중에 대한 상하방향의 이동을 저감시켜준다(그림 10).



〈그림 10〉 Tie Downs

3.2 CRANE

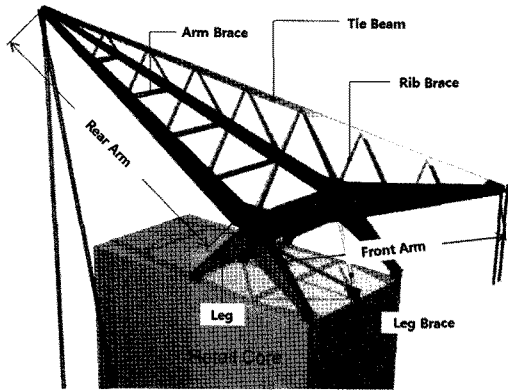
총 8개의 Crane이 Kite의 수직 및 수평하중을 Podium으로 전달하는 역할을 하며 각각은 리테일 메인 코어위에 위치한다.



〈그림 11〉 원안 Crane Design

Crane은 건축적·경제적인 이유로 디자인이 변경되어 재설계가 이루어 졌다(그림 11, 12).

대형 철골 프레임시스템인 Crane은 크게 Arm (Front & Rear), Tie Beam, Rib Brace, Arm Brace, Leg, Leg Brace로 구성되어있다.



〈그림 12〉 변경된 Crane Design

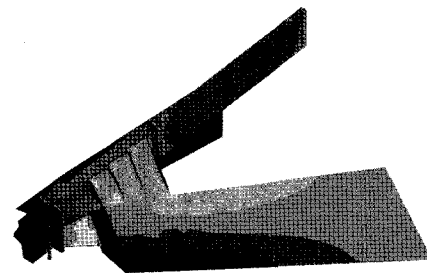
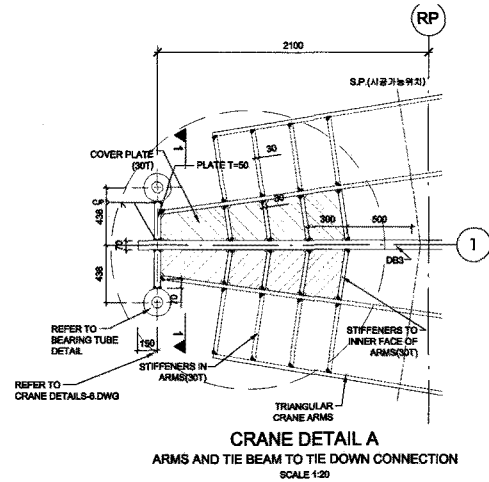
두 쌍의 Arm은 압축재 역할을 하며 삼각형 형태로 하단에서 상단으로 갈수록 단면이 작아지는 변단면 (Triangular Tapered Section)을 가진다.

Tie Beam은 춤이 600mm, 두께가 70mm인 인장재로 설계되어 있으며 Rib Brace와 두 쌍의 Arm과 연결되어 진다.

Tie Beam과 Arm, Rod bar가 만나는 접합부는 건축적인 이유로 〈그림 13〉과 같이 독특한 형상을 가지며 이 부분의 상세설계를 위해 유한요소해석 프로그램 (ANSYS)을 사용하여 구조적 안전성을 검토하였다.

이때 수직 및 수평하중에 의한 영향이 고려되었으며 각 하중조합을 만족하는 형상 및 두께가 결정되었다.

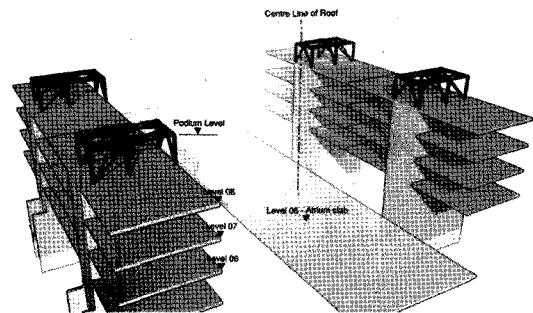
Arm Brace는 Vierendeel Truss구조로 된 각형강관 부재로 약축방향에 대한 Arm의 비지지 길이(Unbraced length)를 줄이기 위해 4.2m 간격으로 배치하였으며, 또한 Leg는 변단면 각형강관(Rectangular Tapered Section)으로 Crane의 상부 철골프레임을 지지하는 역할을 한다.



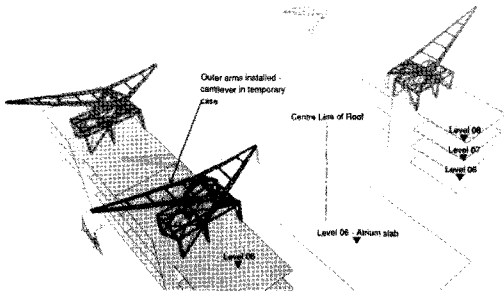
〈그림 13〉 Arm과 Tie Beam 접합부 상세 및 유한요소해석 (stress Contour)

#### 4. 시공 방안 (Construction methodology)

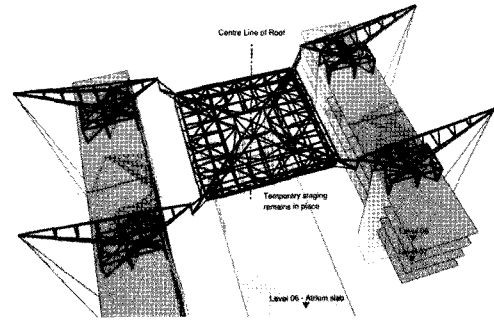
Podium, Crane, 그리고 Kite의 설치과정을 7단계로 구분하여 시공단계별로 간략하게 나타내었다. 〈그림 14〉에 표현한 시공방안은 개략적인 방법론이며 상세 안은 검토 중이다.



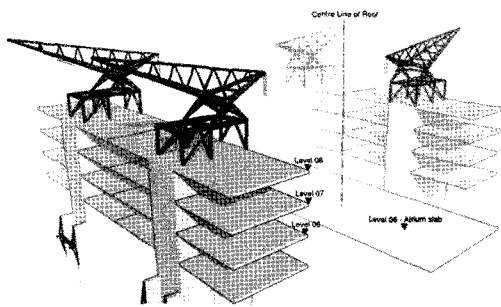
(a) Podium structure assembled



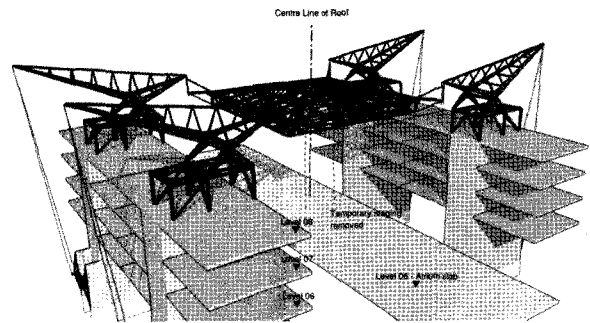
(b) Rear arm & Front arm installation



(f) Internal trusses & cladding support steel

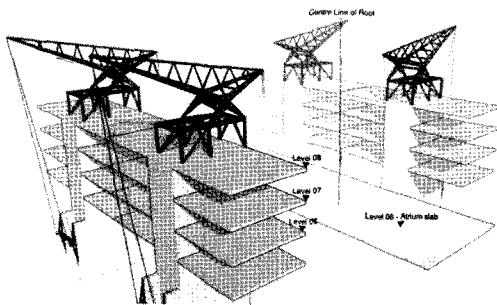


(c) Installation of tie beam and arm bracing

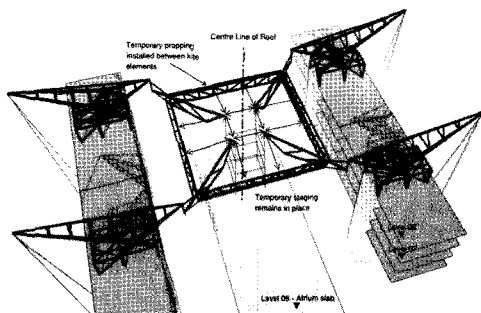


(g) Front tie installed

〈그림 14〉 Construction methodology



(d) Installation of the elevation tension rods



(e) Primary trusses & Edge trusses installed

## 5. 맺음말

본 기술기사를 통해 여의도 PARC1의 리테일 지붕의 개요, 구조시스템 및 시공방안에 대해 간략하게 살펴보았다.

리테일 지붕의 구조는 Kite, Crane, 그리고 Podium으로 구성된 형상이 매우 독특한 구조물로 장스팬 스페이스 프레임과 대형 철골 트리스를 활용하여 약 50m×50m(3개소)의 무주공간을 구현하였다.

이렇듯 리테일 지붕은 미적·건축공학적으로 우수한 건물로 평가되며, 여의도뿐만 아니라 서울의 랜드마크로써 거듭날 것으로 예상된다.

향후에도 여의도 PARC1 리테일 지붕과 같이 시각적으로 즐거움을 줄 수 있는 대공간 구조물이 국내에도 많이 건설되었으면 하는 바램이다.