

# 24m 장스팬 무지주 프리캐스트 포스트텐션 거더의 설계 및 시공

## Design and Construction of 24 m Precast Post-Tensioned Girder System

<b>윤장근</b> Jang-Keun Yoon 대림산업(주) 기술연구소 연구원	<b>김효락</b> Hyo-Rak Kim 대림산업(주) 건축연구지원팀 팀장	<b>박치영</b> Chi-Young Park 국립아시아문화전당 현장 차장	<b>김재방</b> Jae-Bang Kim 국립아시아문화전당 현장 소장
---	---	---	---

### 1. 개요

광주 국립아시아문화전당 건립공사는 지하 4층과 지상 4층 규모의 비교적 저층 건물을 시공하는 공사에 해당하지만, 143,897m<sup>2</sup>의 넓은 면적을 차지하는 대규모 문화, 집회, 공연 복합시설 용도를 건립하는 공사로서 국내에서는 최초로 24m 장스팬 무지주 프리캐스트 포스트텐션(precast post-tensioned, PC/PT) 거더 시스템을 적용한 현장이다(그림 1).

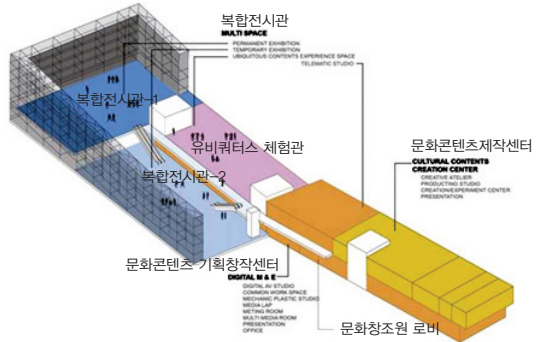


그림 1. 공사 조감도

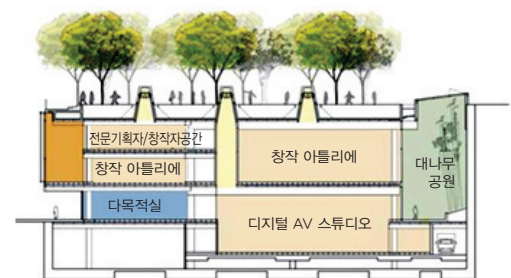
### 2. 장스팬 공법 선정

공사의 대부분이 중정 및 대공간으로 구성되어 있고, 장스팬 구간 상부에는 과도한 조경하중이 영구적으로 작용하기 때문에 구조물의 안전성과 사용성을 동시에 확보할 수 있는 구조시스템의 선정이 요구되었다. 또한, 장스팬 구간 하부에는 7m 이상의 높은 층고가 형성되기 때문에 시공적으로 기존 거푸집 시스템으로는 해결하기 힘든 문제점이 있었다. 이러한 구조계획 측면의 요구조건과 시공 측면의 문제점을 해결하기 위해 본 공사에서는 무지주 가설공사에 적합한 프리캐스트 공법과 장스팬 구현 및 과도한 하중저항에 유리한 포스트텐션 공법을 접목시킨 새로운 시스템을 적용하게 되었다.

〈그림 2〉는 장스팬 PC/PT 거더 시스템을 적용한 문화창조원의 투시도와 단면도를 나타낸 것으로서 장스팬 구간 상부에 녹지공간이 조성됨에 따라 조경하중이 크게 작용하는 것을 보여준다.



(a) 투시도



(b) 단면도

그림 2. 문화창조원 현황

### 3. 장스팬 PC/PT 거더 시스템

#### 3.1 건축계획

문화창조원의 장스팬 거더는 대부분 복층공간 상부에 계획되어 있기 때문에 <그림 3>과 같이 사용자로 하여금 확트인 공간을 경험하게 한다. 이러한 건축 설계자의 의도를 제대로 구현하기 위해 장스팬 거더를 <그림 4>와 같은 프리캐스트 포스트텐션 거더 시스템으로 계획하게 되었다.

#### 3.2 프리캐스트 시스템

층고가 높은 구간에서의 거푸집 작업을 최소화함과 동시에 프리캐스트 자재의 운반 및 양중작업을 원활하게 하기 위해 24m 거더를 2개의 12m 거더로 분절하는 것으로 계획하였다. 분절된 프리캐스트 부재에는 시공중 설치(erection) 작업으로 인해 발생하는 부가응력의 영향을 최소화하기 위해 프리텐션을 거더 하부에 부분적으로 도입하였다. 12m 프리캐스트 거더 1개의 중량은 17톤이며, 현장에서 사용하는 타워크레인의 작업반경과 인양하중 범위를 초과하지 않는 범위 내에서 계획되었기 때문에 시공중 문제는 발생하지 않았다.



그림 3. 문화창조원 내부 조감도

### 3.3 포스트텐션 시스템

포스트텐션 시스템은 24m 길이의 장스팬 구현과 과도한 조정하중에 효율적으로 저항하기 위해 <그림 5>와 같은 부착방식(bonded type)의 다발강연선(multi strand)을 사용하였다. 포스트텐션 슬래브와 같이 슬림한 구조부재의 경우에는 비부착방식(unbonded type)의 단일강연선(mono strand)을 사용하는 것이 일반적이지만, <그림 6>과 같이 장스팬 거더의 춤이 2.8m로 매우 큰 경우에는 부착 다발강연선을 사용하는 것이 유리하다. 이는 그라우팅에 의한 부착내력의 증가로 극한상태에서 긴장재가 발휘하는 내력이 비부착방식에 비해 높을 뿐만 아니라 단일강연선을 사용했을 때 보다 요구되는 정착구 개수를 크게 줄임으로써 경제성을 확보할 수 있기 때문이다.

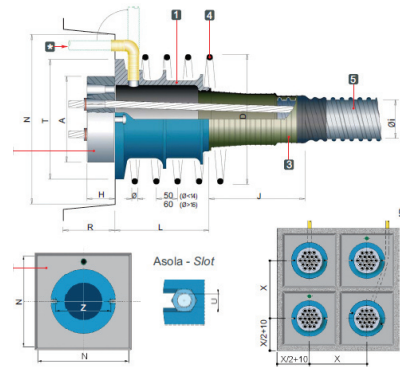


그림 5. 부착방식 다발강연선

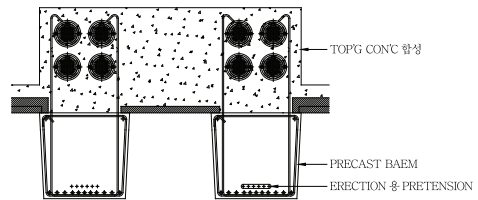


그림 6. 포스트텐션 단부정착구

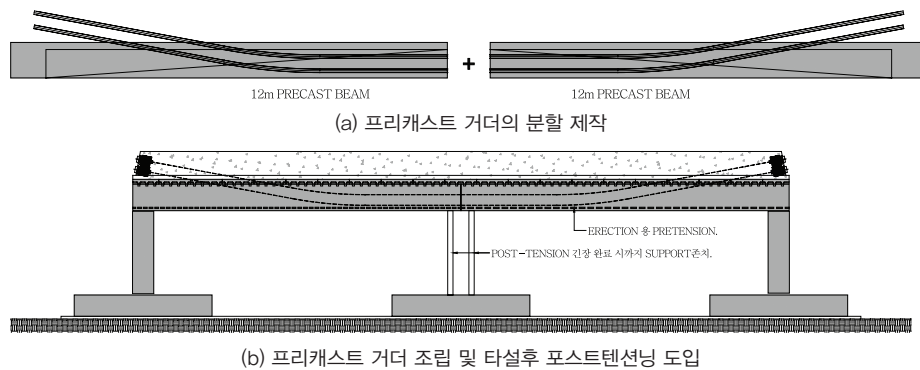


그림 4. 프리캐스트 포스트텐션 거더 시스템

### 3.4 포스트텐션닝 계획

포스트텐션 거더의 단면형태는 <그림 6>과 같이 설계 하중에 대해 요구되는 15.2mm(0.6") 긴장재 88개를 수용할 수 있는 2.8m 축의 역보 타입으로 계획하였다. 총 4개의 정착구에 22개의 긴장재를 하나의 다발로 묶는 부착방식 긴장재를 사용하였고, 콘크리트의 28일 압축강도( $f_{ck}$ )와 긴장력 도입단계의 압축강도( $f_{ci}$ )는 동일하게 50 MPa를 적용하였다. 긴장력 도입단계에서 88개의 긴장재를 동시에 긴장할 경우 콘크리트에 발생하는 인장/압축응력이 허용응력을 초과할 수 있기 때문에 28일 압축강도가 발현된 이후에 모든 긴장재를 인장하는 것으로 계획하였다.

### 3.5 시공단계해석 및 설계

구조해석은 역보 타입의 비정형 형상과 4단 배열 긴장재의 곡률형태를 모델링하기 위해 마이다스(MIDAS)를 사용하여 수행하였다(<그림 7>). <표 1>은 시공단계별 추가되는 하중의 영향을 고려하여 작성한 시공단계별 조건이며, 단계별 포스트텐션에 의한 콘크리트의 허용응력 검토를 수행하여 구조안전성을 확보하였다.

### 4. 가설계획

12m 프리캐스트 거더를 중앙부에서 이음하는 방식으로 시공하기 때문에 2개의 거더가 만나는 중앙부 하부에는 <그림 8>과 같이 시스템 거푸집을 조밀하게 계획하였

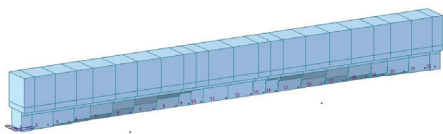


그림 7. 구조해석 모델링

표 1. PC/PT 거더 설계하중

시공단계	시공조건	하중
1	Precast Girder(Pre-tension)	24 kN/m
2	Precast Slab + Topping Concrete	36.2 kN/m
3	역보 타설(RC)	54.0 kN/m
4	PC/PT Girder(Post-tension)	-
5	마감하중	28.7 kN/m
6	조경하중	109 kN/m
7	적재하중	25.0 kN/m



그림 8. 시스템 거푸집 계획

다. U형 셸 타입으로 제작된 2개의 프리캐스트 부재를 중앙부에서 만나도록 조립한 후 거더의 쉬스관 속으로 긴장재를 삽입하여야 하기 때문에 정밀한 시공이 요구된다. 역보 타설중 시스템 서포트가 이동하거나 처질 경우 양방향에서 조립된 프리캐스트 거더가 어긋날 수 있으므로 가설계획에 각별한 주의가 필요하다.

### 5. PC/PT 거더 시스템 시공

PC/PT 거더 시스템의 시공은 <그림 9>와 같은 순서로 진행되었다. 공장에서 제작한 프리캐스트 거더를 현장내 반입하고 <그림 9-(b)>와 같이 기 시공된 프리캐스트 기둥의 주철근에 거더 홀을 삽입함으로써 좌우측 거더를 조립한다. 이때 시공중 자립을 위하여 거더 하부에는 잭서포트를 <그림 9-(c)>와 같이 설치한다. 좌우측 거더가 중앙에서 정확히 만나도록 조립한 후에 포스트텐션이 도입될 정착구 주변에 철근을 보강하고 역보와 주변 슬래브 상부를 콘크리트로 타설한다. 타설이 완료된 이후에 <그림 9-(g)>과 같이 거더의 쉬스관 속으로 88개의 긴장재를 삽입하고 거더 단부에 인장헤드를 설치한 후 포스트텐션에 의한 인장작업을 실시함으로써 공사를 마무리 한다.

### 6. 양중계획 검토

도로교통법 54조에 따라 단일부재의 길이 16.7m를 초과할 경우 운행이 제한되고, 현장에서 운영되는 타워 크레인의 양중범위를 고려할 때 12m로 분절한 프리캐스트 거더 1개의 중량이 17톤으로 양중범위 20톤을 넘지 않기 때문에 2개의 거더로 분절하였다. <그림 10>은 현장에 계획된 타워크레인 배치도이며, 400톤 크롤러 크레인을 설치함으로써 프리캐스트 거더를 인양하고 설치하는 계획을 나타낸다.





그림 9. 프리캐스트 포스트텐션 거더 시스템 시공 순서



그림 10. 타워크레인 양중계획

## 7. 결론

광주 국립아시아문화전당 건립공사는 2014년 10월 준공을 목표로 현재 공사가 진행중에 있으며, 국내에서는 최초로 24m 장스팬 무지주 프리캐스트 포스트텐션 거더 시스템을 적용한 프로젝트이다. 향후 건축물의 형상은 보다 장스팬화되고 비정형화될 것이며, 이로 인해 기존 공법으로는 해결하기 힘든 요소들이 많을 것으로 예상된다. 본 시공사례를 통해 습득한 장스팬 프리캐스트 포스트텐션 거더 시스템은 향후 대규모 공간이 계획되는 유사한 프로젝트에 효과적으로 적용될 수 있을 것으로 판단된다. □

## 저자약력



**윤장근 과장은** 한양대학교 건축공학과에서 석사학위를 취득 후 2002년 대림산업(주) 기술연구소에 입사하여 현재 선임연구원으로 재직하고 있다. 주요 업무로는 포스트텐션 공법의 건축물 적용에 관한 연구를 수행하고 있다.

jkyn@daeil.co.kr



**김효락 팀장은** 서울대학교 건축학과에서 학사학위를 취득후 1988년 대림산업(주) 건축사업본부에 입사하여 현재 건축연구지원팀 팀장으로 재직하고 있다. 주요 업무로는 건축구조 분야와 건축재료 분야의 연구개발과 현장 기술지원 업무를 총괄하여 담당하고 있다.

hyoragi@daeil.co.kr



**박치영 차장은** 경상대학교 건축공학과에서 학사학위를 취득후 1995년 대림산업(주) 건축사업본부에 입사하여 현재 국립아시아문화전당 현장의 공사차장으로 재직하고 있다.

19951829@daeil.co.kr



**김재방 소장은** 전북대학교 건축공학과에서 학사학위를 취득후 1982년 대림산업(주) 건축사업본부에 입사하여 현재 국립아시아문화전당 현장의 소장으로서 재직하고 있다.

jbkim@daeil.co.kr