

인천대교 고가교 상부거더 설계

The Design of Viaduct Girder of Incheon Bridge

강 동 옥* 조 익 선** 김 영 선*** 양 종 호*** 신 현 양**** 윤 만 근*****
 Kang, Dong Ok Cho, Ik Sun Kim, Yeong Seon Yang, Jong Ho Shin, Hyun Yang Yoon, Man Geun

ABSTRACT

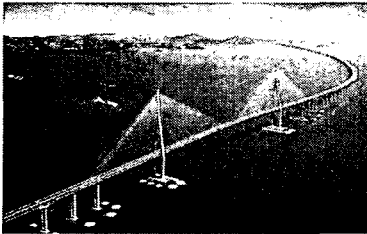
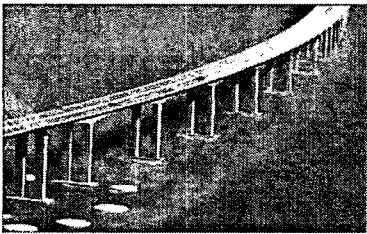
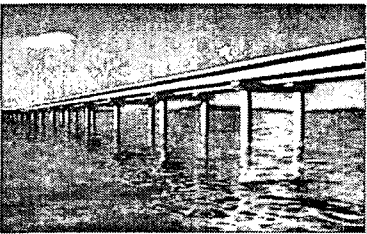
The purpose of this study is to introduce design practice for prestressed concrete box girder with AASHTO LRFD Design Specification. Distinctive features of viaduct girder of Incheon Bridge are pre-tensioned transverse tendon, 3-dim. transverse analysis, enlarged opening in diaphragm and so on.

1. 서론

PSC 박스 거더는 국내에서 널리 설계 및 시공되고 있는 형식이므로, 설계방법에 대한 언급은 제외하고, 인천대교 PSC 박스 거더의 설계상 특이점만을 언급하고자 한다.

1.1 인천대교 개요

인천대교는 인천 송도국제도시와 영종도 신공항을 연결하는 왕복 6차로 해상 고속도로로써, 총연장은 12.343km이며, 이중 해상교량이 11.658km이고, 영업소가 0.685km이다.

사장교	접속교	고가교
		
총연장 :1,480m 경간구성:80+260+800+260+80	총연장 :1,778m 경간구성:82+5@145+82	총연장 :8,400m 경간구성:5@50

- *정회원, 삼성물산(주)건설부문 인천대교현장 과장
- **정회원, 서영엔지니어링 인천대교현장 차장
- ***정회원, 삼성물산(주)건설부문 인천대교현장 차장
- ****정회원, 삼성물산(주)건설부문 인천대교현장 부장
- *****정회원, 삼성물산(주)건설부문 인천대교현장 전무

1.2 고가교 일반사항

- 폭원 : 15.7m (편도 3차로)
- 경간 : 50m (5경간 연속교)
- 거더 콘크리트 강도 : 45MPa
- 하부구조 : Pilecap 구조(직경 1.8m*8개 균말뚝+기초), Pilebent 구조(직경 3.0/2.4m)
- 종방향 텐던 : 프리텐션 방식, $\psi 15.2\text{mm}$ 240개 (bottom 160개, web 80개)
 Hold-down device 사용(경간 중앙에서 좌우 10m 위치)

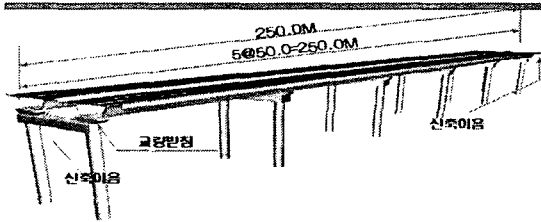


그림 1 고가교 경간 및 Pilebent 하부구조

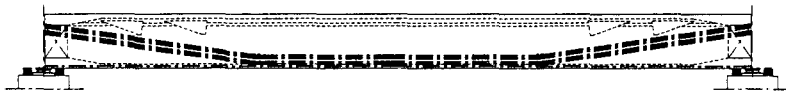
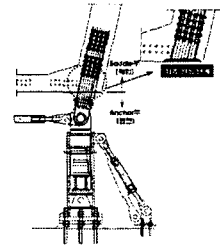


그림 2 종방향 텐던 배치도 및 Hold-down device 상세



- 횡방향 텐던 : 프리텐션 방식, $\psi 15.2\text{mm}$ 380개 (150mm 간격)

1.3 고가교 상부 가설 순서(Full Span Launching Method)

①상부거더 제작 및 운반	②상부거더 삼치(F/C)	③상부거더 삼치(F/C,Trailer)
④상부거더 이동	⑤상부거더 Lifting	⑥상부거더 거치(L/G)

2. 인천대교 고가교 상부거더의 설계상 특징

2.1 횡방향 프리텐션방식 텐던 도입

공사기간 35개월에 총 336개의 거더를 가설하기 위해서, 원안이었던 PSM(Precast Segmental Method)을 FSLM(Full Span Launching Method)으로 변경하였으며, 횡방향에도 프리텐션방식 텐던을 도입함으로써 그라우팅 등 추가 작업을 줄이도록 설계하였다.

프리텐션방식의 경우, 텐던과 콘크리트와의 부착에 의해서 긴장력이 도입되기 때문에 부착효과를 위한 일정한 전달길이와 정착길이가 필요하다는 단점이 있다. 따라서, AASHTO LRFD에 따른 deck overhang 설계에 따라 별도의 추가 철근을 캔틸레버 양단에 배근하였다. 제작 측면에서의 장점 이외에 설계측면에서의 장점으로는 프리스트레스 손실이 적다는 것을 들 수 있다.

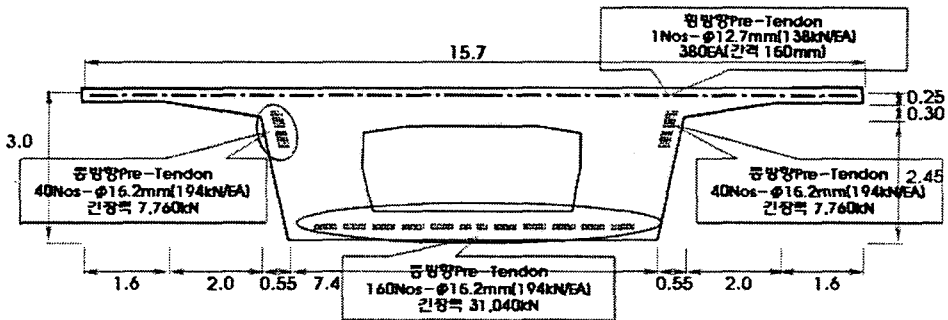


그림 3 중방향 및 횡방향 텐던 배치(격벽부)

2.2 횡방향 설계

횡방향 해석으로 현재 국내에서 주로 사용되고 있는 율하중 분포폭을 사용한 2차원 골조해석 대신 그림4와 같은 3차원 판해석을 통한 결과를 반영하였다. 상부슬래브와 복부에서는 2차원 골조해석과 3차원 판해석의 결과가 큰 차이를 보이지 않지만, 하부슬래브에서는 표 1과 같이 최대 3배 정도의 단면력의 차이가 발생하였다. 인천대교의 경우, 단면력에 의한 철근량이 최소철근량 기준(AASHTO LRFD 5.14.1. 3.2b)보다 작아서 최소철근량인 단면적의 0.5%에 해당하는 철근을 배근하였다. 이는 한국건설기술연구원에서 주관한 “PSC박스거더교 설계 선진화를 통한 물량절감, 품질향상 방안 수립 연구보고서(2004.8.29)”의 결과를 적용한 것으로 다른 교량에서도 동일한 양상을 보일 것으로 판단된다.

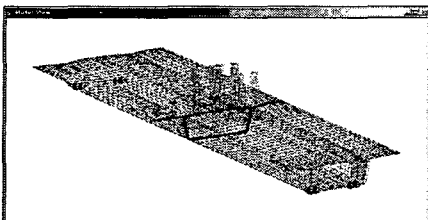


그림 4 박스거더 3차원 판해석 모델 및 율하중 재하도

구분	Mu(MN.m)	ψM_n (MN.m)	철근 배근
2D 골조해석	0.045	0.075	D16@150
3D 판해석	0.015	0.049	D13@150

표 1 하부슬래브 단면력 비교

2.3 격벽부 개구부

Inner Mould의 운영 및 철거의 용이성을 위해서, 그림 5와 같이 격벽부에 4.7m X 1.79m의 큰 개구부를 계획하였다. 일반적으로 박스거더 격벽부는 응력흐름이 복잡하기 때문에 3D FEM해석 혹은 Strut-tie 모델 해석을 통해 설계를 수행하지만, 인천대교의 경우는 개구부가 크고 응력흐름이 비교적 명확하기 때문에 골조 해석 및 3D FEM 해석을 통해 구조검토를 수행하였으며, 개구부의 모서리에 철근을 보강하였다.

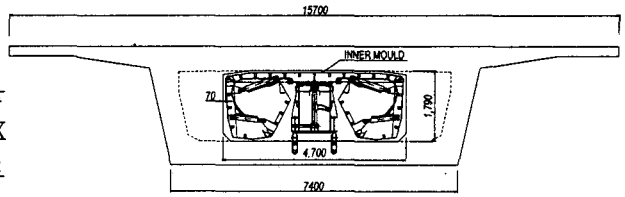


그림 5 격벽부 횡단면도 및 Inner Mould 형상

2.4 연속지점부 설계 상세

50m 세그를 제작장에서 제작한 후, 가설장비(Launching Girder, Carrier)를 이용하여 단경간으로 가설한다. 전 구간의 가설이 완료되면 중간지점부의 150mm 구간을 현장타설하고, 그림 6과 같이 연속화 텐던(φ15.2mm-27*8개) 및 강봉(φ36mm-12개)을 이용하여 5경간씩 연속화한다.

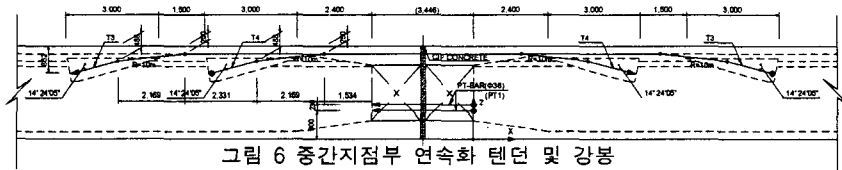


그림 6 중간지점부 연속화 텐던 및 강봉

연속화 작업은 복부에 집중된 텐던 및 강봉에 의해서 이루어지기 때문에 캔틸레버부와 상/하부 슬래브에서는 차량하중에 의해 국부적으로 인장응력이 발생할 수 있다. 따라서, 아래 그림 7과 같이 3차원 상세해석을 수행하여, 표 2와 같이 인장응력을 산출하였다. 이 인장응력에 저항할 수 있도록 철근량을 산정하였으며, 그림 8과 같은 상세로 철근을 배근하였다.

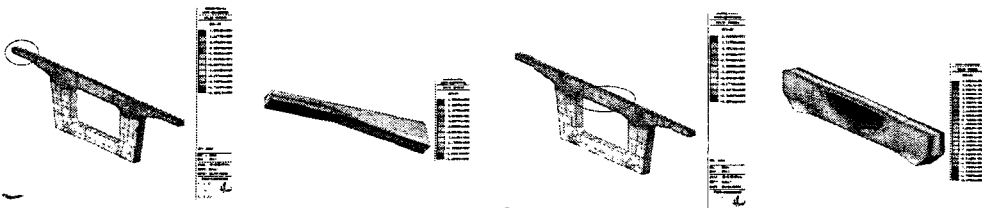


그림 7 상부슬래브 캔틸레버부와 중앙부 인장응력도

구 분	최대인장응력 (MPa)	인장력 (N)	필요철근량 (mm ²)	사용철근량 (mm ²)
캔틸레버부	1.99	124,250	690	D10 x 11ea (784)
중앙부	0.81	220,630	1,226	D10 x 20ea (1,426)

표 2 상부슬래브 캔틸레버부와 중앙부 철근배근

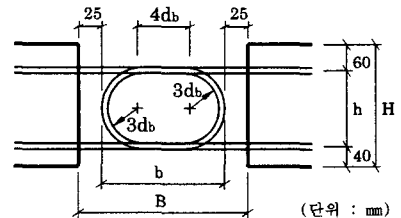


그림 8 연속화부분 철근 상세