

P.C BOX교의 유지보수용 EXTERNAL PRESTRESSING에 관한 연구

(Study of External prestressing in P.C Box Girder Bridges for Maintenance and Repairment)

김기봉¹, 임춘대², 이안호³

KIM KI BONG, LIM CHUN DAE, LEE AN HO

ABSTRACT

P.C box bridges is divided into internal prestressing and external prestressing based on arrangement of tendon.

In this research the method of establishment of deviation block in advance and analysis of block and the control relationship of tension of external tendon and displacement should be examined by practical example of high speed rail way in aspects of maintenance and repairment.

1. 서론

P.C BOX Girder교에서 강선의 배치에 따라 Internal prestressing과 External prestressing으로 구분을 한다.

Internal prestressing은 P.C 강선을 BOX 본체속에 배치하는 공법으로 현재까지 가장많이 사용해온 방법이었다.

반면에 External prestressing은 강선을 노출시켜 필요시 쉽게 점검할 수 있고, 보수 및 교체가 용이하여, 최근에는

프랑스를 비롯한 유럽 및 미국에서 교량의 신설은 물론 보수용으로 많이 응용되고 있는 추세이다.

본 연구에서는 교량 건설 후의 사하중 증가, 교량의 균열 및 처짐 조절을 위하여 P.C강재를 추가배치 할 수 있도록 설계하였으며, 이때 전체 정.부모멘트용 포스트텐션닝힘의 10%이상을 낼 수 있도록 deviation block을 사전에 설치하는 방법과 Block의 해석 및 External Tendon의 긴장력과 처짐 조절 관계등 유지보수를 중심으로 경부고속철도용 교량 설계 실 예를 통하여 검토하고자 한다.

1 : 중앙대학교 건설대학 부교수

2 : (주)선진엔지니어링 종합건축사사무소 철도부 차장

3 : (주)선진엔지니어링 종합건축사사무소 철도부 대리

2. EXTERNAL PRESTRESSING의 施工

가. 施工品質管理面

INTERNAL PRESTRESSING 方式의 境遇 TENDON 배치가 曲線이며, 배치에 있어서 각 지점의 許容誤差는 一般的으로 $\pm 2\text{cm}$ 불과하다는 正교성이 要求되므로 相當한 注意와 作業管理가 要求된다.

EXTERNAL PRESTRESSING 方式에서 TENDON은 한 地點에서 다음 角度 變化地點까지 直線이기에 變化地點만 管理하면 된다.

INTERNAL PRESTRESSING 方式에서 使用되는 SHEATH는 設置시 콘크리트 타설 및 진동기 使用으로 損傷될 憂慮가 높아 損傷部分을 交替해야 하거나 鋼線插入 및 그라우팅이 不可能한 境遇가 있으며, SHEATH관 下部에서는 콘크리트 打設이 不良한 狀態가 되기 쉽다.

EXTERNAL PRESTRESSING에서는 TENDON이 露出되어 있으므로 위와 같은 狀況이 發生되지 않으며, 必要시 쉽게 點檢할 수 있고 補修 및 交替가 可能하며, 交替해야할 境遇에도 交通疏通에 特別한 支障없이 하나씩 交替할 수 있다.

나. 構造物의 適應性

장래의 精確한 交通량 및 하중 증가를 미래 예측하기가 쉽지않으므로 EXTERNAL PRESTRESSING 方式으로 橋梁을 建設하면

建設後 언제라도 追加적으로 TENDON을 設置할 수 있으므로 橋梁等級을 올리거나 構造物 補強은 容易한 것이다.

또한, TENDON 配置가 매우 쉬우므로 여러 形態의 構造物에 適應性도 뛰어나다.

한편, 礎着具와 DEVIATOR 附近에서 施工이 어렵고, 과도한 콘크리트 應力이 發生하는 등의 短點도 있다.

그러나 EXTERNAL PRESTRESSING 方式은 INTERNAL PRESTRESSING 方式보다 施工이 容易하고, SHEATH 設置, 鋼線插入, 콘크리트 打設, 그라우팅 作業이 便利하고, 施工시에 있어서 品質管理가 容易할 뿐 아니라, 施工後에 있어서도 維持補修가 容易한 長點이 있다.

다. 外部 P.S에 使用되는 鋼線

EXTERNAL PRESTRESSING에서 重要한 점은 鋼線의 腐蝕防止 問題를 解決하는 것인데, 이와 關聯하여 現在 外部 P.S에 使用되는 鋼線은 아래와 같이 4가지로 分類한다.

- 一般的인 폴리에틸렌 튜브를 使用하여 그라우팅시멘트를 注入시킨 鋼線
- 금속튜브를 使用하여 구리스를 注入시킨 鋼線
- 電氣鍍金한 鋼線
- 구리스 處理가 되어 플라스틱으로 被

服된 鋼線

라. 外部 P.S 鋼線의 特殊한 問題點

1) 鋼線의 振動

緊張線이 外部에 露出되어 있을때는 振動處理가 매우 重要하다. 즉, 큰 重量의 荷重이 通過할때 鋼線은 매우 예민하게 振動하며 鋼線의 固有振動週期가 相對的으로 橋梁의 固有振動週期和 비슷하여 共鳴이 發生하므로 鋼線固定裝置를 設置하여 鋼線의 固有振動週期를 減少시켜 주어야 한다.

鋼線의 固有振動週期,

$$T_n = (2L/n) \times \sqrt{m/F}$$

여기서, L : 鋼線固定端의 길이

F : 引張力

m : 單位길이당 質量

n : 任意的 振動倍數

鋼線의 固有振動週期가 橋梁 固有振動週期の 一般的인 값인 0.1~0.15초 以上 超過하지 않게 하기 위해서는 鋼線의 固定裝置間격은 7~8m 이상 超過해서는 안된다.

2) 碇着端에서 應力擴散의 重要性

EXTERNAL PRESTRESSING은 매우 集中된 應力을 構造物에 주기 때문에 INTERNAL RESTRESSING에 比하여 훨씬 더 應力擴散의 問題가 重要시 된다. 應力擴散의 問題는 實際의 境遇 다음 세가지 境遇로 區分된

다.

- 돌출部를 利用한 碇着의 境遇
- 端部 격벽에서 碇着시키는 境遇
- 中央 격벽에서 碇着시키는 境遇

3. EXTERNAL PRESTRESSING 설계

가. 鋼線配置의 設計

橋梁의 EXTERNAL PRESTRESSING 鋼線配置는 처짐과 모멘트에 의해 配置해야할 鋼線의 必要 斷面積 決定과 徑間斷面에서 剪斷應力에 대한 效果的인 抵抗을 考慮하여 碇着을 配置하면 된다.

높이가 一定한 BOX GIRDER 橋梁의 境遇 鋼線은 剪斷應力에 效果的으로 抵抗하기 위하여 橋脚 地點部 격벽에서 부채꼴 模樣으로 鋼線이 配置되는 形態가 된다.

단경간일 때는 下部 슬래브 안쪽에 설치하는것이 좋고 2경간 또는 3경간 일때는 정착단을 兩端쪽에 LIVE ANCHOR로 두고, 중앙경간에서 긴장하여 碇着하는 것이 바람직하다.

그리고 각 鋼線의 配置碇着은 可能하면 同一平面內에 設置하는것이 重要한데 이는 P.S 損失을 減少시킴과 同時에 施工시 鋼線의 配置를 容易하게한다.

나. 碇着具 (ANCHORAGE)

碇着具에서 發生하는 큰 集中力을 安全

하게 支持하기 위해서는 隔壁(massive bulkheads)이 必要하고, 碇着具에서 鋼線 配置가 曲率을 가질때 아래表의 값 以上の 曲率半徑이 確保되어야 한다.

표 3-1 碇着具에서 鋼線의 曲率半徑

碇着具 種類	7 T 15	12 T 15	19 T 15	27 T 15	37 T 15
曲率半徑(m)	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0

다. 方向轉換 支持臺(DEVIIATOR)

EXTERNAL PRESTRESSING에서 方向轉換 支持臺(Deviator)는 碇着具에서와 同一한 要求條件이 滿足되어야 한다.

Deviator의 理論的인 鋼線의 配置와 關聯하여 표3-2의 값 以上の 曲率半徑을 가져야 한다.

표 3-2 方向轉換 支持臺의 曲率半徑

鋼線의 種類	7 T 15	12 T 15	19 T 15	27 T 15	37 T 15
曲率半徑(m)	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0

라. P.S량 算定例

橋梁 建設후의 死荷重 增加, 橋梁의 龜裂 및 처짐 調整을 위하여 P.C 鋼材를 追加配置할 수 있도록 設計하여야 하고, 이때 追加될 正.負모멘트용 碇着裝置와 杼스관의 容量은 全體 正.부모멘트 容量의 各 5%이상이어야 하고, 橋梁의 처짐 調節

을 위하여 全體 正.負모멘트용 포스트텐션 鋼材의 10%이상을 낼 수 있는 P.C 鋼材를 追加 配置할 수 있도록 設計에 檢討하여야 한다.

마. DEVIATION BLOCK의 해석

경부고속철도용 3경간 연속 (3@25=75.0M) P.C BOX 거더교의 deviation block을 프로그램 SAP 90을 이용하여 해석한 결과 最大 應력이 모두 허용應력 이하로 안전하다.

$S_{xx}=0.317E+04 \text{ t/m}^3=3.17\text{kg/cm}^3$; 절점508

$S_{yy}=0.631E+03 \text{ t/m}^3=0.631\text{kg/cm}^3$; 절점507

$S_{zz}=0.130E+04 \text{ t/m}^3=1.30\text{kg/cm}^3$; 절점508

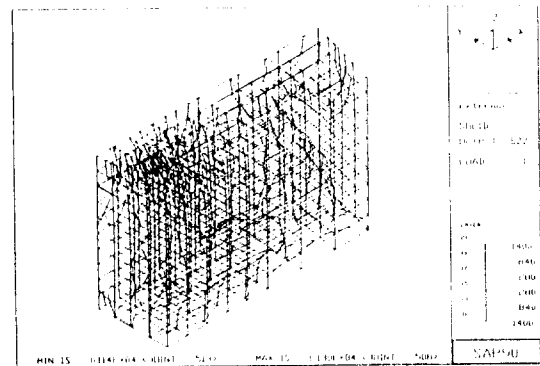


그림 3-1 BLOCK의 해석 결과

바. 교량 설계 실예

40.0M 단경간 고속철도용 P.C BOX 거더교를 External Tendon을 설치한 경우와 설치하지 않은 경우 2차 사하중을 21t/m~41t/m까지 점차 증가시켜 중앙부에서 처짐

을 비교한 결과 그림 3-2와 같다.

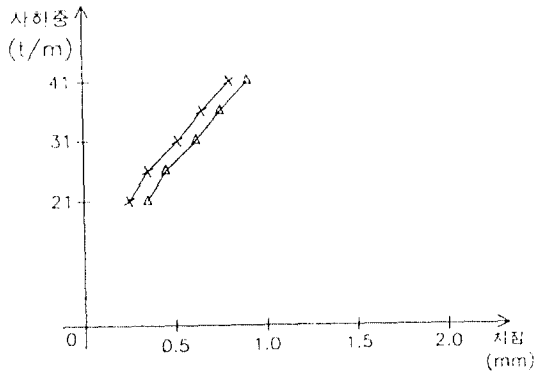


그림 3-2 사하중의 증가에 따른 처짐(중앙부)비교

× : External tendon을 설치한 경우

△ : External tendon을 설치하지 않은 경우

Internal Tendon을 0.6" 24개를 사용하였고, External Tendon은 0.6" 4개를 하부에 직선으로 배치하여 $138\text{kg}/\text{mm}^2$ 의 긴장력을 주어 검토한 결과 $2\text{t}/\text{m}$ 정도의 사하중 증가는 External Tendon이 처짐을 상쇄시켜 주었다.

4. 결론

EXTERNAL PRESTRESSING은 橋梁의 補修用 및 新設用이 있으나 이번 REPORT에서는 橋梁의 補修用으로 檢討하였다.

道路 및 既存鐵道와 달리 高速鐵道에서 的 橋梁建設後 死荷重의 增加, 橋梁의 龜裂 및 처짐에 대하여 品質管理 및 維持補

修가 重要하므로 設計시 充分한 檢討와 橋梁의 種類에 따라 이에 適合한 EXTERNAL PRESTRESSING 設計를 하여야 하는데, 실제 경부고속철도용 P.C BOX 거더교에서 단경간, 2경간, 3경간 연속교의 설계를 통하여 약간의 하중 증가는 EXTERNAL PRESTRESSING으로 변위를 줄일 수 있었다.

그리고 建設後의 維持管理에 대하여 施工時에는 물론, 完工後에도 計測 및 其他 橋梁의 安全裝置등도 充分히 研究檢討되어야 할 것이다.

5. 參考資料

- 1) EXTERNAL PRESTRESSING
- February 1990, SETRA FRANCE
- 2) EXTERNAL PRESTRESSING IN BRIDGES
- 1990 ACI AMERICA
- 3) ENGINEERING STRUCTURES (IBW) Nr5, Nr6
- GERMANY
- 4) CONSTRUCTION AND DESIGN OF PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL BRIDGES
- 1982 W. Podinuy JR J.M Muller
- 5) EXTERNAL PRESTRESSING
- VSL REPORT SERIES 1
- 6) 道路橋 示方書
- 1992 建設部