

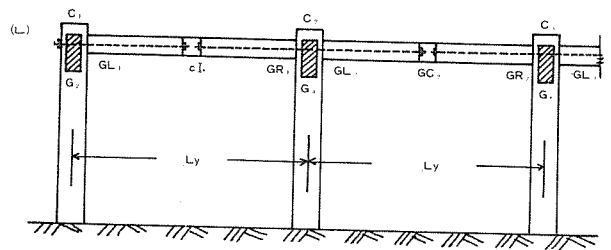
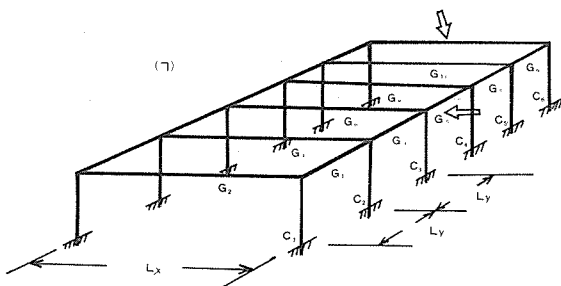
# 構造物の 組立化에 関하여 (2)

鄭 日 榮

## 1. 架構의 組立

普通 架構는 그림 1 (ㄱ)과 같이 Span  $L_x$  와 Bay  $L_y$  의 비가  $L_x > 2L_y$  되는 크기의 슬랩을 支持하도록 기둥을 配置하는것이 바람직 하다. 그리고 이와 같은 境遇, 鉛直 荷重은 全的으로 Span 方向의 큰보 로서 支持하게 되고, Bay 方向의 보는 水平力에 의한 휨 모멘트에 견디면 된다. 여기서 가장 施工하기 쉽게 架構를 組立할 때에는 Bay 方向 架構를 普通 鐵筋콘크리트造로 하고, Span 方向 架構의 큰보만을 Prestressed Concrete (앞으로는 P. S. 라 略稱함) 보로 한다. 이것은 P. S. 보를 기둥 側面에 壓着하는 工法으로서 대단히 簡單하게 組立할수있다. 万一 架構 全体를 P. S. 部材로서 組立할 때에는 앞서와 같이 鉛直荷重은 거이 Span  $L_x$ 인 큰보로 받게 하고, 水平力에 의한 휨 모멘트는 보 端部에서는 最大가 되고 中央部 附近에서는 0이므로 그림 1 (L)에 表示된 바와 같이 中央部가 切斷된 狀態로서 (1) Cantilever보  $G_{L1}$ 을 바깥쪽 기둥  $C_1$ 에 壓着하고 (2) Cantilever보  $G_{R1}$  및  $G_{R3}$ 을 기둥  $C_2$ 를 中間에 넣고 左右에서 壓着하고, 두部材  $G_{R1}$ 과  $G_{L3}$ 에 配筋한 緊張材를 接續 溶接하여 Wet joint 콘크리트 打設을 하여 架構를 形成하면 된다.

그림 1. 架構의 組立方式

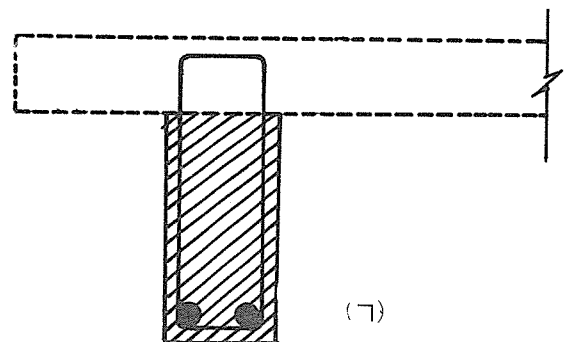


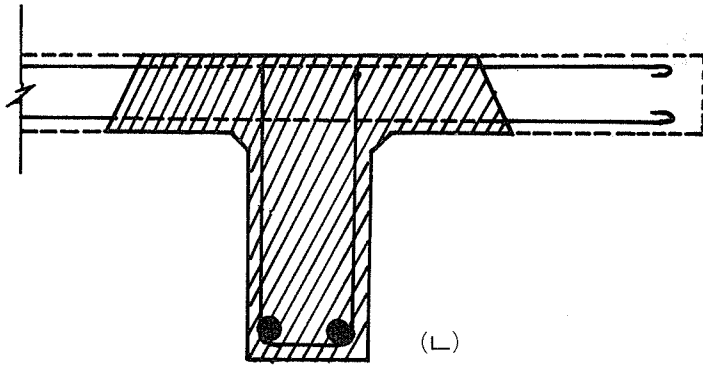
## 2. 슬랩의 組立法

PS式 組立 架構에 있어서의 마루 슬랩은 뼈대가 完成된 後에 施工하는 것이 普通이겠으나 PS보와 現場打設 슬랩의 結合이 充分하여야 한다. 그리고 PS보와 現場치기 슬랩과의 結合法은 그림 2 (ㄱ) (L)과 같은 두가지 方法으로서 그림 2 (ㄱ)은 PS보 上端에 마루 슬랩과의 連結用 鐵筋을 突出시켜놓고 PS보 위에 마루 슬랩을 치면된다. 이때의 利点은 슬랩 配筋이 比較的 自由스럽고 또한 PS보의 緊張力 導入이 적어도 된다는 것이다. 다른 한 가지는 그림 2 (L)으로서 슬랩의 一部分을 包含시킨 T形 PS보로서 上端 Flange 左右로 鐵筋을 延長하여 마루 슬랩을 쳐서 一体로 하므로써 보에 緊張力을 導入하면 슬랩을 包含한 全 斷面이 有効하게 된다.

勿論 欠点으로는 Flange 內에 미리 슬랩用 鐵筋의 一部分을 묻어 두어야 한다는 것과 보 間隙이 클때 슬랩과 보의 Flange 사이에 龜裂이 發生하기 쉬운 点들이 있다. 最近

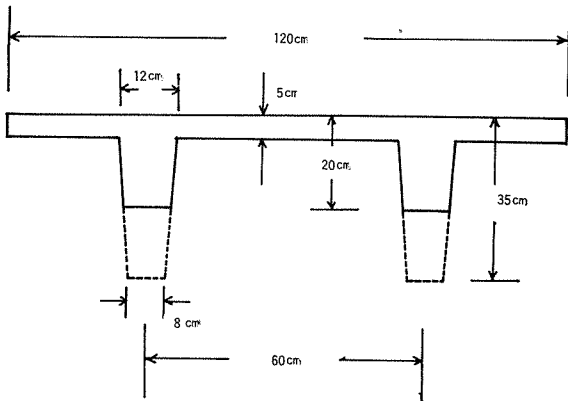
그림 2 슬랩現場치기와 PS보와의 結合法





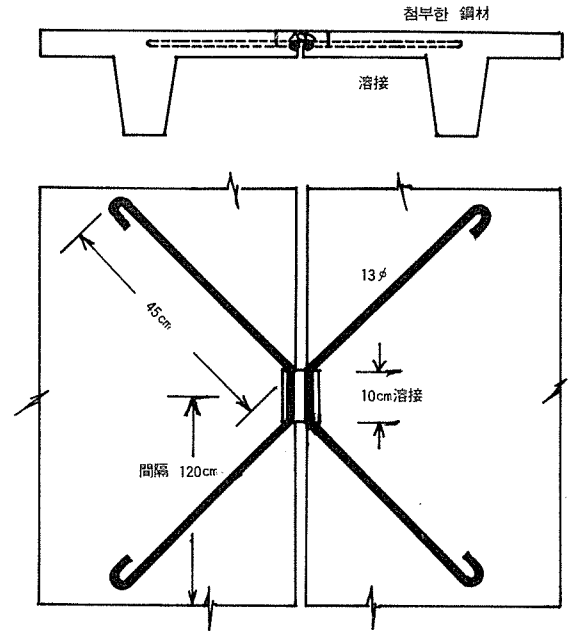
에 比較的 잘 使用하고 있는 Chanel 形 PC 슬랩 (Precast 슬랩의 略稱으로 앞으로는 이것으로 使用함)을 보 위에 나란히 걸쳐 놓은 方法이 있으나 製造 單價가 높고, 版 두께가 얇아서 耐火性이 적고 처짐이 크다는 理由로 바람직 한 것은 못된다.

그림 3 Precast Double T 슬랩



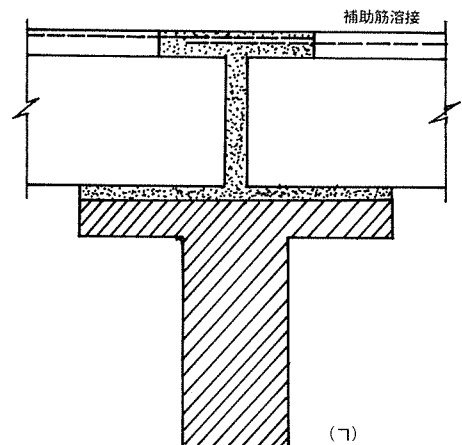
美國에서는 그림 3 과 같이 RIB가 붙은 Double T Slab 를 使用하고 있으며  $\phi 9.3$   $\phi 10.8$ mm Strand 2~5 個를 各各의 Stem 속에 縱方向으로 配置한 Pretensioning 方式 마루 슬랩으로서 PS 마루 슬랩 가운데서 가장 經濟的인 것이다. 普通, 工場에서는 35cm인 鋼製 固定형틀이 Pretension Bed 에 準備되어 있으며 35cm인 것을 要求할때는 Stem 下端 點線 部分을 다른 型틀로 채워서 設計 荷重의 크기 또는 Span에 따라 20cm~35cm까지 여러가지 35cm로 製作 할 수 있게 하였다. 그리고 Stem 下端이 靛족하게 된것은 緊張力 導入으로 因한 슬랩의 上方으로의 彎曲으로 型틀과 떨어져 지게 되므로 製品을 型틀에서 쉽게 빠지도록 되어 있을뿐 아니라 現場 架設할때 두개의 Stem이 Flange 에 붙어 있으므로 支持보 위에 積載하는 것으로도 安定하고 슬랩 上端이 施工用 바침대 役割을 하는 등 여러가지 長點이 있다. Flange 에는 expanded metal 또는 溶接用 鐵網을 中心에 配置하여 補強하고 있다. Double T 形 슬랩 相互間의 結合은 joint mortar로서 그림 4 와 같이 미리 묻혀둔 13mm X 形 鐵筋 사이에 첨부한 鋼材를 대고 溶接한다.

그림 4 Double T Slab의 相互接合法



溶接 地点의 相互間隔은 마루 全體의 水平剛性을 發揮시키기 위하여 Flange 의 公稱幅과 같이 120cm로 하고 溶接 길이는 10cm程度로 하였다. 이와같이 簡便한 이음 結合法으로도 顯著한 水平 및 鉛直剛性을 發揮할 수 있다는 것은 여러 實驗에서 明白히 되었을 뿐만 아니라 마루 슬랩이 一體式 슬랩과 同等한 力學的 特性을 나타내고 있다. Double T 形 슬랩의 보에의 架設方法에는 여러가지 있으나 그림 5 (ㄱ)은 보 上端에 架設하는데 Flange 內에 묻혀둔 補助鐵筋을 溶接하고 보 上端의 空隙部分을 콘크리트 치기로 메웠다.

그림 5 Double T Slab의 架設法



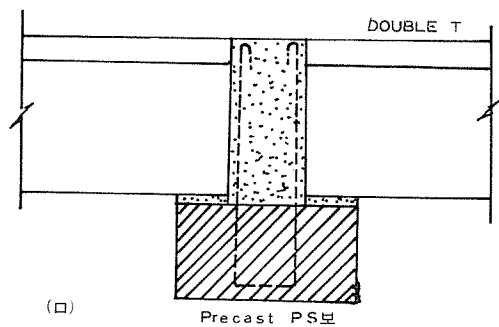
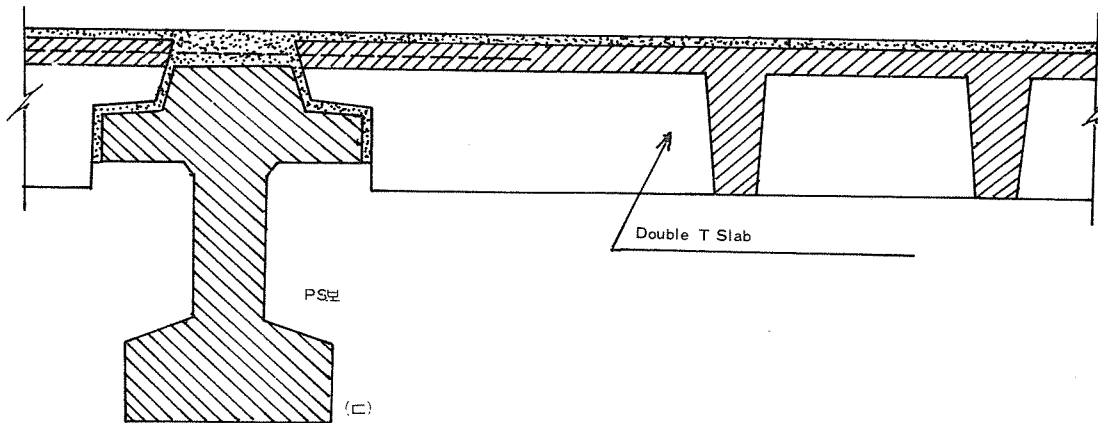
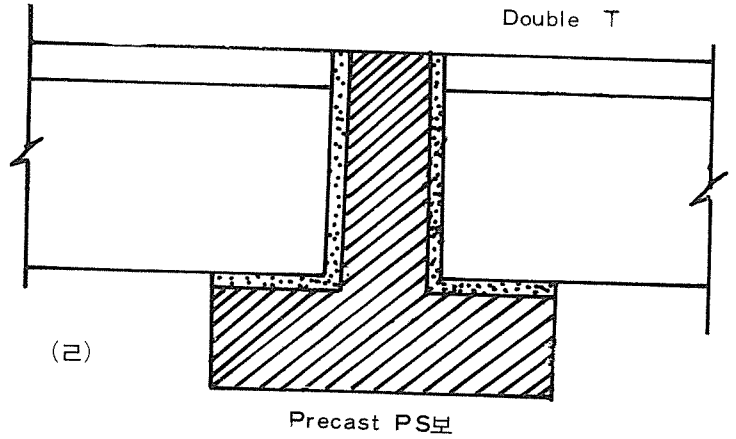
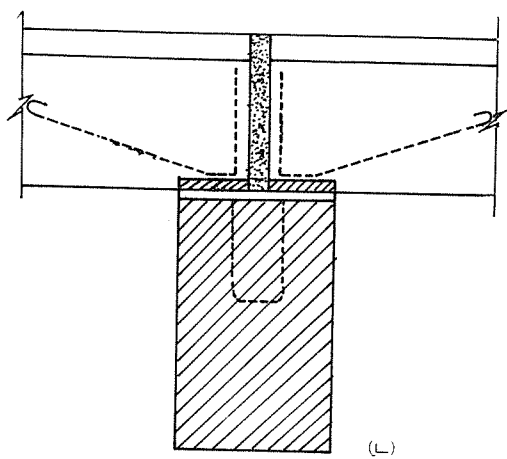


그림 5. Double T. Slab의 架設法

는 대로 낮게 하는데 있다. 그리고 슬랩의 Flange 側面에서 나온 鐵筋 相互間을 溶接하고 콘크리트 打設로서 그 間隙을 메웠다. (G) (C)은 작은 보에 Double T形 슬랩을 單純 支持 시키는 方法으로서 작은보의 춤이 크지 않으므로 逆 T形보의 Flange 部分에 Double T形 슬랩을 積載하였다. Double T形 슬랩은 그 自身の 耐水性이 있도록 充分히 製作하였고 Stem 사이의 空間은 電燈 配線으로 利用할수 있을뿐 아니라 表面마감을 하지 않아도 外觀이 좋으므로 天井을 別途로 施工할 必要가 없다. 耐火性에 對하여서는 콘크리트의 두께가 얇기 때문에 有效하다고는 말할수 없으나 各種 火災 實驗에 의하면 콘크리트의 爆裂은 發生하지 않은것이 認定되었다. 但 火災後에는 처짐이 커졌으므로 새로히 代替하여야 한다. 勿論 組立構造 이므로 이와같은 作業은 比較的 容易하다.

### 3. 기둥과 基礎의 連結法

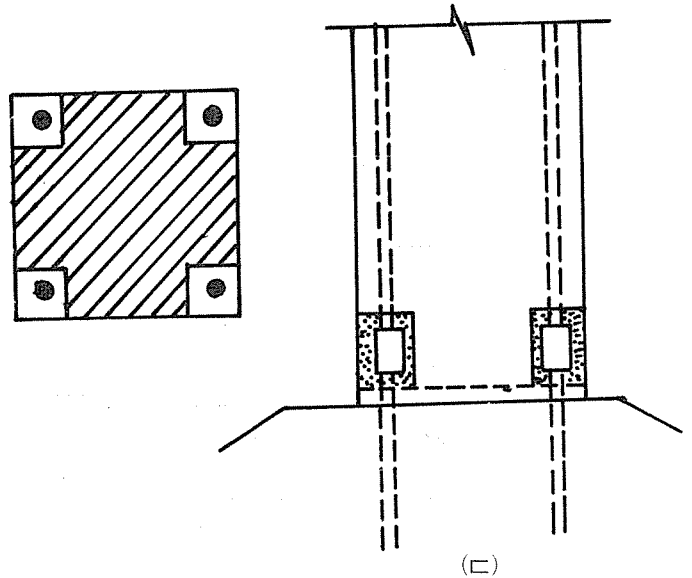
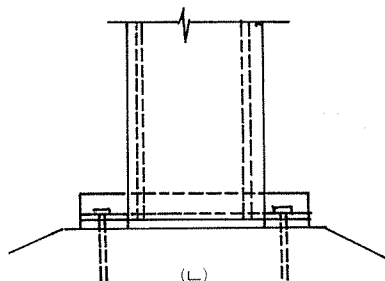
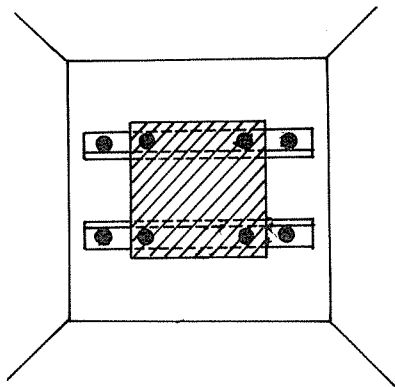
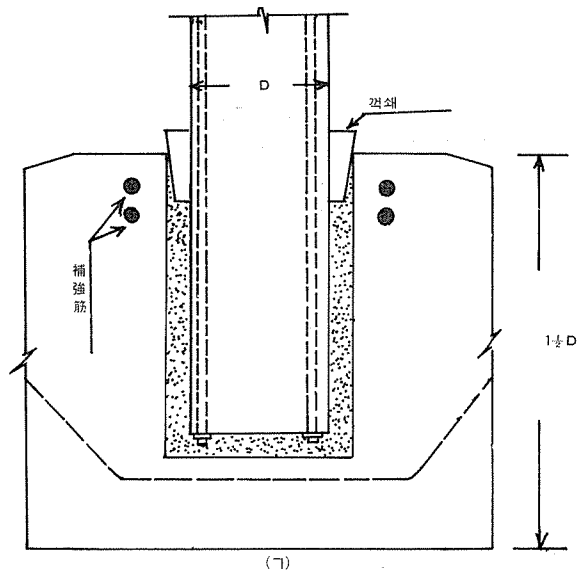
기둥을 組立工法에 의하여 세우는 方法으로는 工場製品과 現場에서 기둥을 세우는 方法等 두가지가 있는데 後者의 境遇는 기둥이 自重으로 세워져야 할것이다. 設定된 凹部分에 插入한 것으로서 歐美地域에서는 全的으로 이 方法을 採用하고 있다. 그리고 插入깊이는 20cm 程度로

(L) 은 Double T形 슬랩 Stem 下端에서 上端에 걸쳐 補強用 鐵筋을 配置하고 보와 슬랩 境界面에 있는 鐵板을 合쳐서 溶接하여 結合하였다. (C)은 Double T形 슬랩의 춤이 높을때 그 端部를 그림 5(C)과 같이 파고 큰보의 側面에 걸쳐게 하는 方法이다. 따라서 全体的 높이를 될수 있

Hinge 支持에 가까운 境遇이다.

万一 固定端으로 할때에는 기둥 直径의 1.5倍 程度로 삼고있다. 우선 기둥을 中央部에 세운後에 4面에 木製 枠채로 끼여서 固定하고 틈사이에 Mortar를 注入하여 全体를 固着시킨다. 기둥은 鉛直荷重으로 基礎 底面이 툽어질 念慮는 거이 없고 도리어 휨 모멘트 作用으로 基礎 上端의 局部 破斷이 生길 夏慮가 있으므로 基礎 上端의 콘크리트에 円環狀으로 鉄筋을 配置 하여 補強하면 된다. 上記方法은 PS 기둥에서나 普通鉄筋콘크리트 기둥에서도 可能하겠으나 現場에서는 基礎板의 두께가 얇게 되므로 Precast 기둥을 지탕 할수 없다.

그림 6 Precast 기둥과 基礎板과의 連結法



이때 그림 (L) 또는 (c)의 方法으로는 可能하다. 여기서 (L)의 境遇는 鉄骨柱를 세우는 方法과 같고 기둥 下端에 두꺼운 鉄板 또는 Angle 을 붙여서 Anchor Plate 를 介 入시켜 Anchor Bolt로 조여서 基礎와 緊結한다. 그런데 (c)은 Anchor Plate 를 使用치 않고 基礎에 挿入시킨 緊張材와 기둥의 緊張材를 直接 Coupler 로 連結시키는 方法이다. 이때에는 PS 鋼材를 使用하여 기둥 上端에서 緊張力을 導入하여 圧着시킨다.

#### 4. PC 지붕들

트러스를 鉄筋콘크리트로 할때 節点의 剛度가 크고 2次 모멘트의 影響이 顯著하며 콘크리트는 引張에 對한 抵抗力이 貧弱하다는 理由로서 一般的으로는 鉄骨造로 製作되어왔다. 그런데 PC 트러스의 出現으로 引張材에 緊張力을 導入하여 引張力에 對한 抵抗力을 增大시킬수 있으므로 2次 모멘트에 對한 考慮도 可能케 되었다. 그리고 트러스의 各斷面에는 応力分布가 均等하고 全 斷面이 許容 応力度를 完全히 利用 하는데 比하여 보는 斷面의 上下端에서만 許容 応力度를 充分하게 利用되기 때문에 斷面 利用上, 트러스 構造는 대단히 有効하다. 그 以外에도 보에 比較하여 重量이 半減되므로 大 Span 構造에서는 가장 有利한 條件으로 採択된다.

PC 트러스에는 現場에서 一体式으로 콘크리트 打設을 하여 緊張力을 導入 하는 境遇와 Precast 部材를 組立한 後에 緊張力을 導入하여 一体로 製作 하는 두가지가 있는

데, 力學的 또는 施工的으로나 後者가 優秀하여 最近에는 組立 PC 트러스 方法을 많이 使用하고 있다. 一般的으로 適切한 트러스 形式으로는 그림 7 과 같으며, (ㄱ) (ㄴ)

의 境遇 下弦材 및 斜材는 引張材로서, 이 下弦材의 一部를 斜材를 지나서 上弦材에 旋着시킬수 있는 便利한 點이다. (ㄴ)은 上下弦材의 間隔이 外力에 의한 힘 모멘트의 値에 大体로 比例하게끔 形態를 決定한것이다. 또한 (ㄷ)은 斜材를 除去시킨 格子形 트러스로서 兩端 格間에 Web 만 붙여서 剪斷耐力의 增加를 計策하였다. 여기서 理想的인 것으로는 arch 와 Suspension 을 組合시킨 形式으로 그림 8 과 같고 緊張材 C' 과 C'' 를 A 및 B 의 2 點에서 結束시키고 Precast 鉛直材 D<sub>1</sub> 및 D<sub>2</sub> 등을 두 緊張材 사이에 끼여넣고 上下弦 및 兩端部分에 형틀을 組立하여 두 緊張力이 N<sub>1</sub> < N<sub>2</sub>와 같게 兩端에서 引張하여 A 및 B 點에서 旋着하여 둔 後에 콘크리트 打設한다. 콘크리트가 硬化하면 緊張力을 緩和시켜 트러스 上下弦材에 緊張力을 導入시킨다. 이때 트러스의 中央部 軸은 N<sub>1</sub> 側이 커지고 N<sub>2</sub> 側이 적어진다. 또한 下弦材에 緊張力이 크게 導入된다.

그림 7 PC트러스의 形式

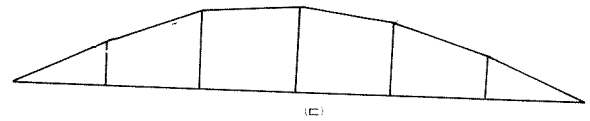
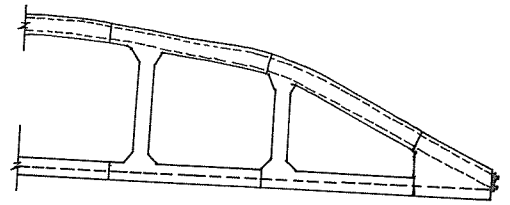
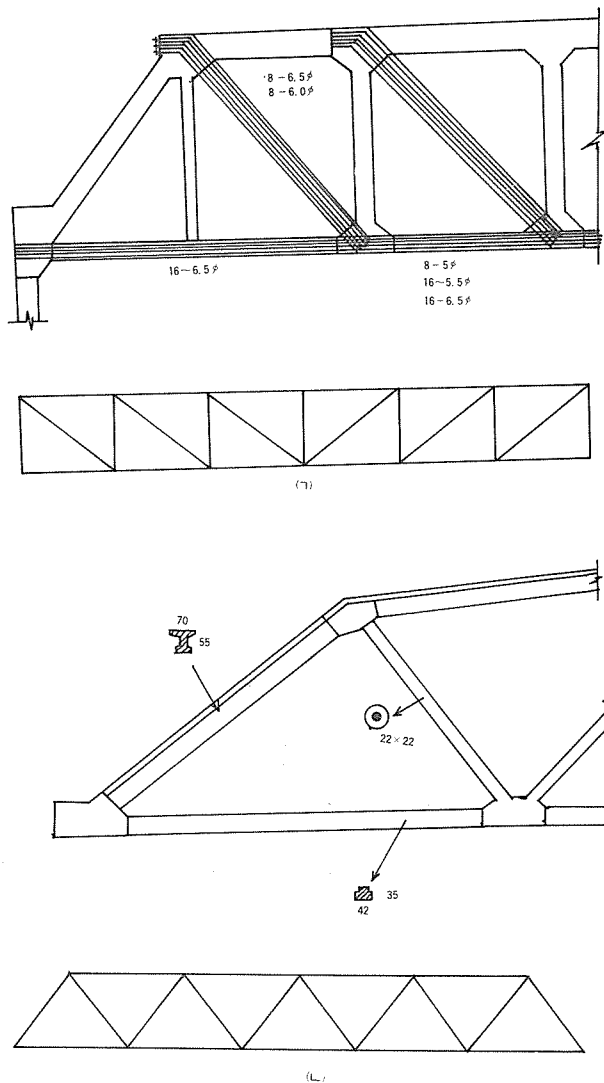
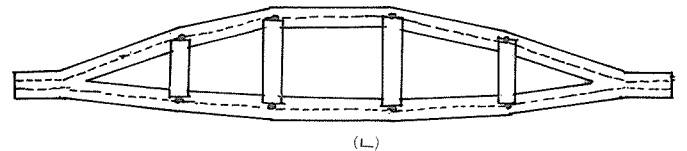
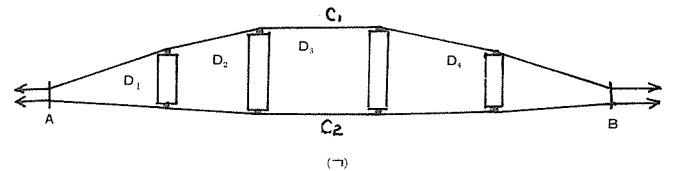


그림 8 Pretension 方式의 PC트러스의 架設法



## 5. Unbonded PS 構造物의 組立化

### 傾向

最近에 이르러 構造物은 漸次的으로 組立化 傾向으로 되어간다. 여기서 組立 構造物로 建設할 때 生기는 問題 點들이 있다.

(1) 콘크리트 打設할 때 가끔 Sheath의 壓壞 또는 시멘트 Paste의 流出 등으로 充分히 Grout 施工을 할 수 없으므로 Grout하지 않은 狀態로 製作하는 方案을 採擇하는 것이 要望된다. 그리고 緊張時의 鉄筋과 콘크리트 사이의 摩擦係數가 0 이 되어야 할 것이다.

(2) 鉄筋콘크리트 (RC라 略記 함)의 境遇 콘크리트의 乾燥收縮으로 因한 組立 接合部分의 버러짐 또는 載荷로 因한 部材 變形으로 生기는 버러짐을 防止하기 위하여 緊張力을 導入할 必要가 있다. 그런데 PS 鋼材가 負擔할수 있는 緊張力도 長期間 經過하게 되면 鋼材가 磨滅되어가는 Corrosion 現象이 일어나게 되므로 相當한 時間이 지나도 이와 같은 現象이 일어나지 않은 緊張力 크기의 限度를 決定할 必要가 있다. 다시 말하면 鋼材의 応力利用

률을 研究하여야 한다. 따라서 鋼材의 許容 張緊力을 決定할 수 있다는 일은 대단히 어렵다. 여기서 構造物을 組立한 後에도 部材에 導入된 緊張力을 任意로 導入 또는 流出시킬 수 있는 方案으로 Grout 없는 即 附着力이 없는 狀態로 部材를 製作하여야 한다.

(3) 歐美地域의 道路事情은 良好하기 때문에 長大한 部材를 運搬할 수 있으나 우리나라는 工場에서 生産된 보, 기둥等 部材가 大型化되면 그 運搬이 問題視된다. 따라서 1個의 部材 무게와 길이가 輸送에 便利하기 위하여 한 構造材를 여러 토막으로 製作하여 相互 連結시키는 方法이 要望된다. 그런데 連結部分이 전혀 없는 一体式 部材와 比較하면 여러 토막을 連結시켜 製作된 部材의 耐力이 約 20% 低下 된다는 것이다. 따라서 이에 對한 改善策이 論議되어야 할 것이다.

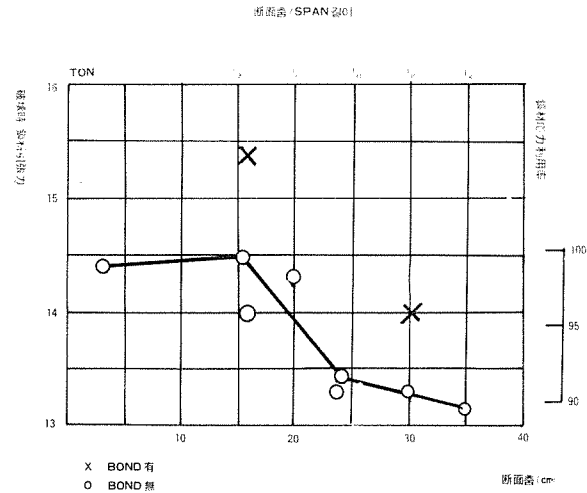
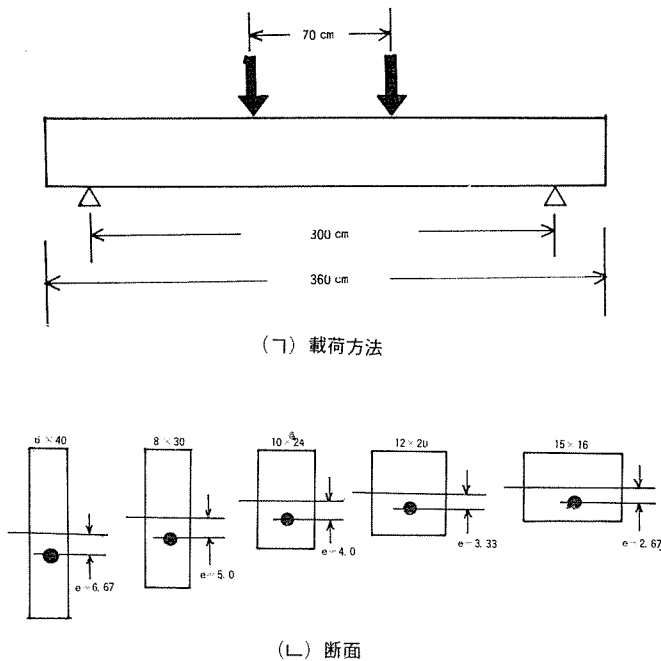
## 6. Unbonded PS 組立 構造物의 耐力 補償策

앞서 말한바와 같이 附着性能이 없는 Unbonded PS System일 境遇에는 bonded PS System보다 最大로 휨 耐力이 20%程度 低下한다는 것을 여러 實驗에서 立証하였다. 따라서 耐力 低下를 補償 改善하는 方策으로 部材의 断面齣을 여러가지로 變更시켜 耐力值의 變化를 檢討하였고 그리고 PS 鋼材의 配筋位置를 바꾸어 耐力值의 變化를 檢討하였다.

### (1) 断面齣에 의한 影響

휨 破壞耐力의 低下하는 原因으로는 PS 鋼材의 Elongation이 部材 全長이에 걸쳐 平均化하였기 때문에 鋼材 応力 利用率이 低下된 것이다. 그리고 低下된 耐力值의 比率은 部材 全長이에 對한 断面齣의 比에 따라 相異하다.

그림 9 断面齣의 크기에 따른 鋼材應力值의 變化

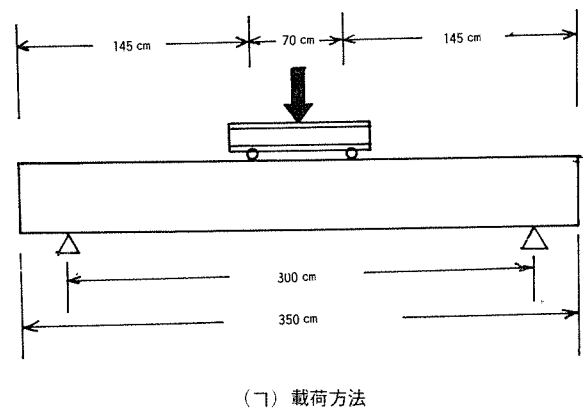


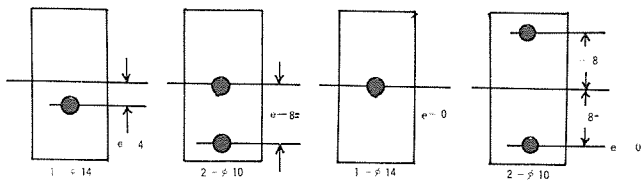
여기서 이와같은 事實을 立証하는 實驗으로서 그림 9 (가) (나)에 表示된바와 같이 全長 360 cm, 콘크리트 断面을 一定值 240cm<sup>2</sup> 그리고 断面齣을 40 cm~8 cm까지 變化시켜 製作하여 耐力 補償策을 講究하기 위하여 實驗하였다. 그 結果 그림 9 (나)에 나타난 바와 같이 耐力의 低下率은 断面齣이 큰 Wall girder일 때 가장 크고, 断面齣이 24 cm 以下에서 부터 極端으로 적어져 扁平한 슬랩과 같은 境遇 가장 鋼材 應力利用率이 좋다는 것을 判斷할 수 있겠다.

### (2) 鋼材 配置法에 의한 影響

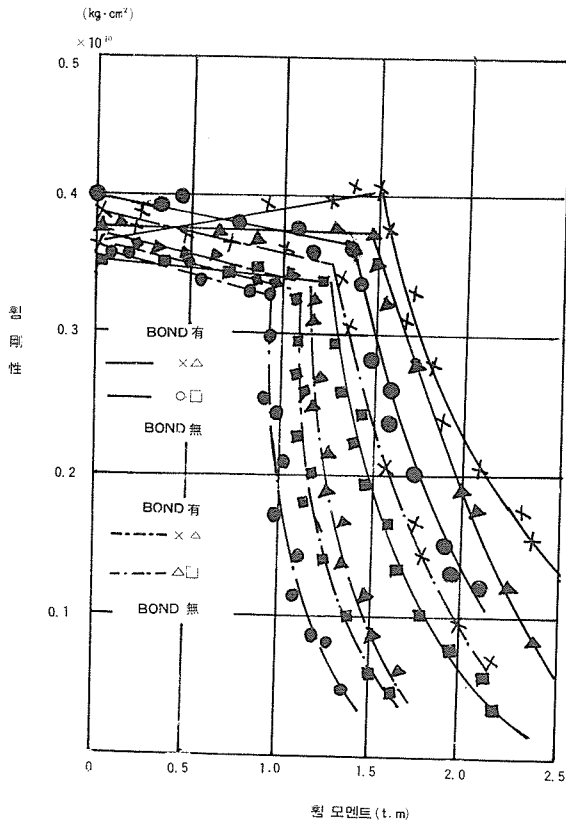
附着이 없는 PS部材의 應力 低下를 檢討하는 方法으로서 PS 鋼材를 그림 10 (나)와 같이 集中配置, 分散配置 또한 偏心距離의 大小等 여러가지 配筋方法으로 耐力值을 實測하였다. 實驗을 하기 위한 試驗體는 240 cm<sup>2</sup>의 長方形 断面으로서 材令 28日에 휨 試驗을 하였다. 그 結果 導入된 緊張力이 클수록 龜裂耐力은 附着 有無에 無關하게 커지고 集中配置 또는 分散配置에 따른 龜裂機構는 變化없으

그림 10 鋼材配置法에 따른 鋼材應力의 變化





(L) 断面 10×24cm



(C) 모멘트·휨剛性曲線

며 附着이 있는 境遇의 耐力値가 上廻하고 있었다. 그리고 (C)에서 알수 있듯이 휨 剛性的 低下率은 偏心이 없고 分散配置한 境遇가 가장 적으므로 圖心軸을 中心으로 하여 上下로 鋼材를 對稱配置할때 応力利用率이 높다는 것을 判斷할수 있다.

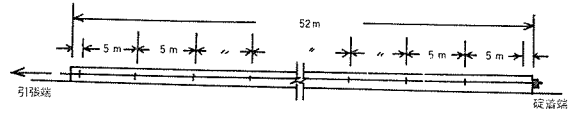
### 7. 組立 施工時에 生기는 問題点

前述한 事項 以外에도 部材를 緊張할때 鉄筋과 콘크리트 사이의 摩擦係數, 여러 토막을 連結하여 한個의 構造物를 製作하였을 境遇 連結部分의 耐力 低下等이 있다.

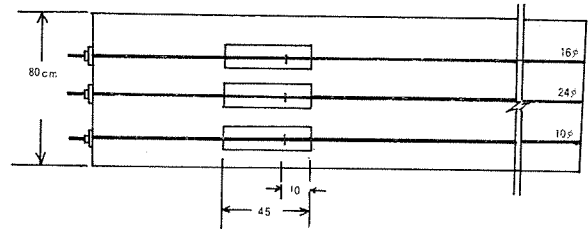
#### (1) 緊張時의 摩擦係數

앞서 記述한바와 같이 휨 試驗에서 明白한바와 같이 附着이 없는 PS部材의 破壞耐力은 偏平한 部材일수록 附着이 있는 部材와 比較하여 低下率이 적다는 것을 알수 있었다. 따라서 마루版은 附着이 없는 境遇라도 큰 耐力 低下가 없으므로 利用할수 있다. 最近에는 長大 Span의 Precast PS 마루版의 利用이 增加하고 있으며 이에 따라 長大 Span의 緊張時의 摩擦係數가 問題視되었다.

그림 11 試驗體



(G) 側面



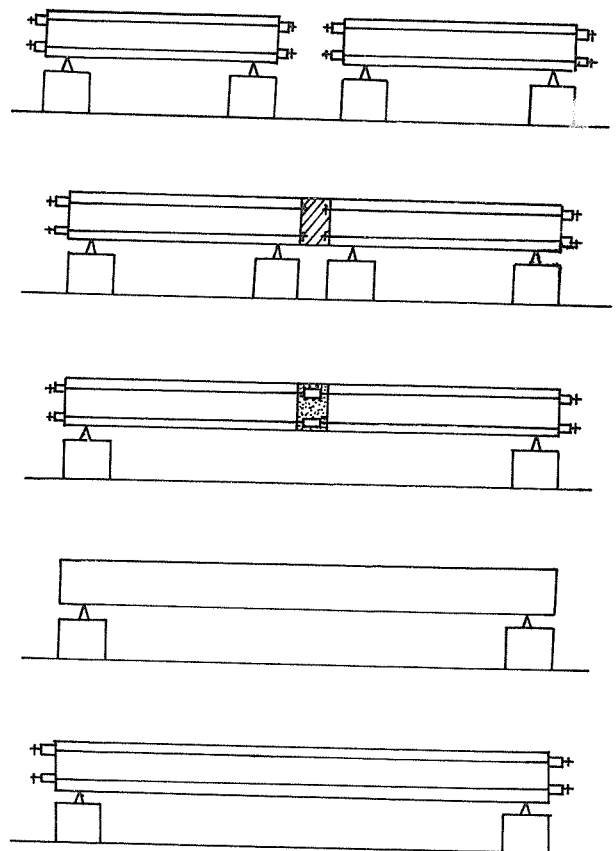
(L) 平面

그림11 (G) 에서 알수 있듯이 全長 52m의 콘크리트 마루版을 利用하여 Unbonded狀態의 PS鋼材를 一端에서 緊張할때 鋼材 應力을 緊張端에서 1m안쪽을 露出시켜 GL=10cm, 精度10.5의 Contact Gage로서 Elongation Strain을 測定하고 여기서 10mm, 16mm 그리고 24mm의 3種의 鋼材應力을 計算하였다. 여기서 摩擦係數를 計算하여 본 結果 거이 0에 가까웠다.

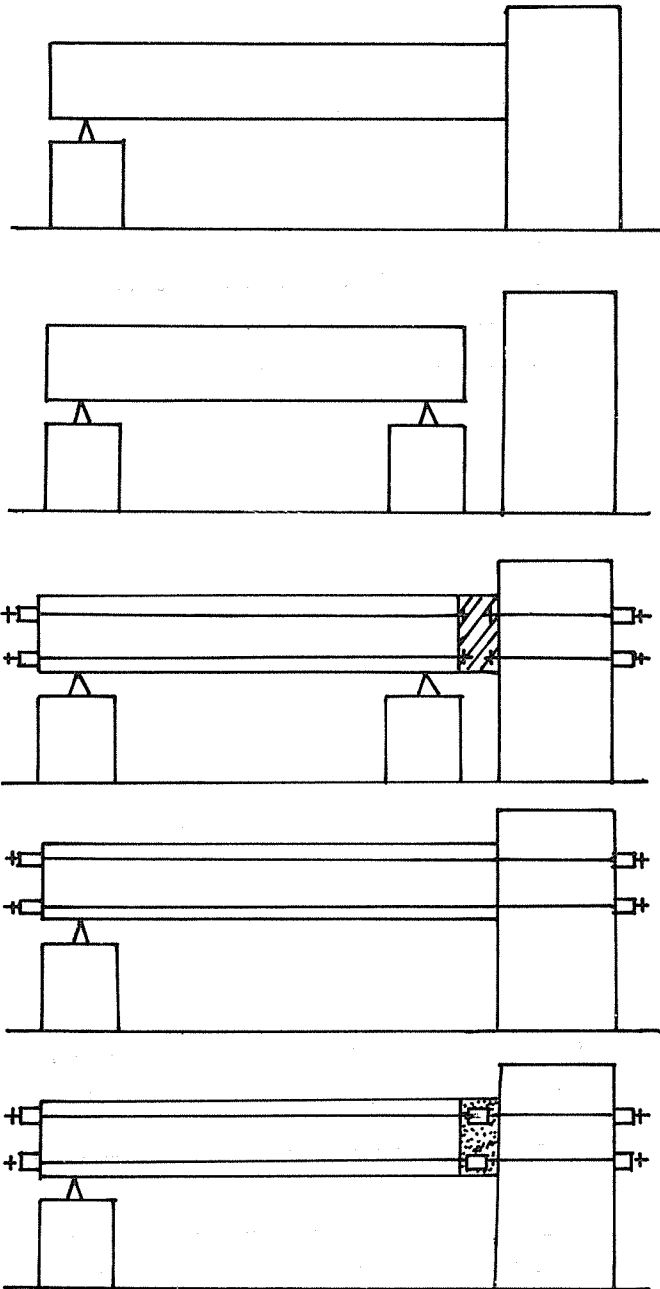
#### (2) PS 鋼材의 配置法에 의한 耐力 低下의 改善策

組立 建築物이란 반드시 工場生産의 部材를 組立하는것 으로부터 限定되지 않는다. 그림12 (G), (L)에서와 같이

그림 12 部材의 組立過程



(G) 두個보의 경우



(L) 보와 기둥의 경우

連結部分을 除外하고 두部材를 各各의 最終位置에서 現場 生産한 後에 連結部分을 만든다는 것인데 이와같은 構造 上의 利點은 緊張力 導入時에 拘束이 없는 自由狀態에서 二部材에 緊張力을 各各 導入하므로 緊張力이 正確히 導入된다는 것이다. 그리고 이미 緊張力 導入이 끝난 部材의 길이 方向의 縮小나 彎曲이 形成되어 있는 部材를 相互 結合하여 架構를 構成하므로써 組立 剛接을 의한 緊張力 導入에 同伴되는 不靜定力도 不過하다. 이와같은 組立方式은 그림12 (ㄱ), (ㄴ)에서와 같이 우선 個個의 緊張力 導入이 끝난 Unbonded Precast prestressing Concrete block를 그 Span方向으로 놓고 그림13과 같이 連結部分에서 緊張材를 Coupler로서 連結한다. 이 連結部分에 콘크리트를 채우고 이 部分이 硬化한 後에 本体에 導入된 緊張力의 一部를 連結部分에 導入시켜 圧着 連結한다.

月刊 建築士 / '75. 9月号

Unbonded狀態의 特色을 살린 組立 PS部材의 力學的 性質을 調査하기 위하여 그림14와 같이 連結部分의 有無, 緊張材 偏心距離의 大小, 緊張材의 分散 程度에 따라 이 組立 PS部材의 耐力와 剛性이 如何히 影響을 받는지를 檢討하였다. 이 結果는 그림15에서와 같이 Unbonded 와 bonded 狀態를 比較하면 輕量骨材를 使用하였을 境遇보다 天然骨材의 境遇가, 그리고 偏心이 크거나, 偏心の 分散 程度가 클때 보다 偏心이 없고(이 경우에는 圖心을 中心으로 同距離 對稱인때 이다) 鋼材 配置가 對稱일때가 耐力 低下率이 낮다는 것을 알게 된다.

그림 13 連結部分의 詳細

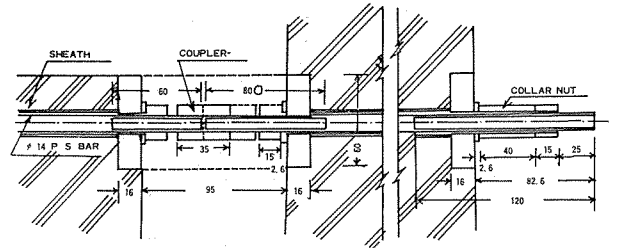
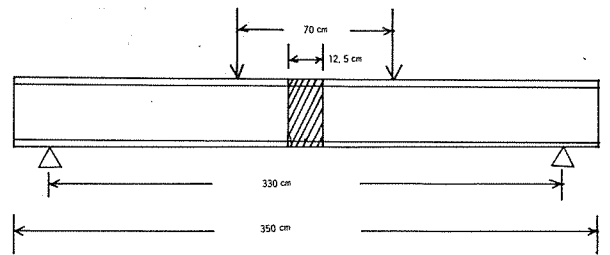
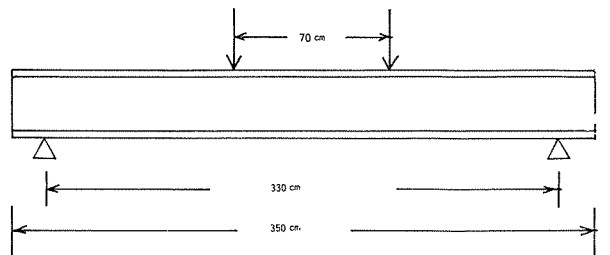


그림 14 試驗體

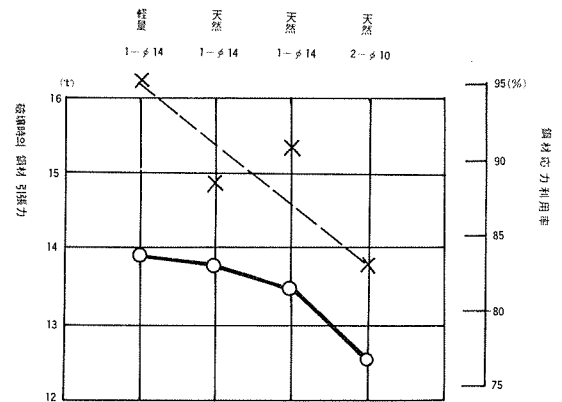


(ㄱ) 組立式



(ㄴ) 一体式

그림15 破壞時의 鋼材 応力 實測圖

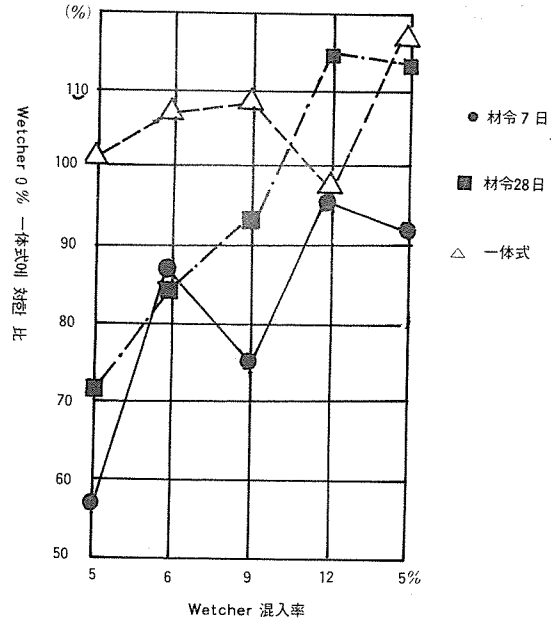
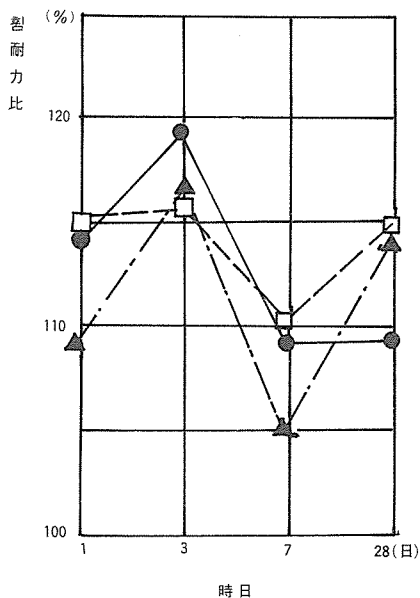
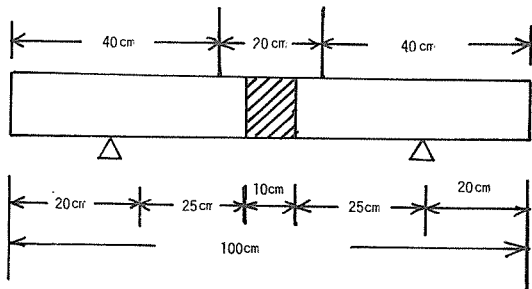




### (3) 連結部分의 耐力 改善

建築生産의 Prefab 化로서 考慮할 點은 大量 規格生産에 따른 Cost down과 工期 短縮, 現場 勞務者의 不足 解消라는 點에 있다. 그러나 大型材料를 組合하여 施工한다는 것은 도리어 RC 構造物에 比較하여 現在로는 높게 드는 傾向이 있다. 이것을 代價로 安撫로 하기 위하여서는 現場의 地上에서 짧은 Span의 Post tension 部材를 製作하여 이것을 共通의 緊張材로서 簡單한 方法으로 한 個의 긴 部材를 製作할수만 있으면 理想의이다. 勿論 一體式으로 施工된 部材와 같은 程度의 剛性만 維持한다면 異論의 餘地가 없을 것이다. 따라서 連結部分에 있어서의 連結方法, 連結部分의 콘크리트 打設 材令, 連結用 콘크리트의 種類等에 의한 力學的 影響을 調査하였다. 그 結果를 分析한 것으로서 그림16을 參照하여 論하면 휨 破壞 耐力는 連結部分의 施工 時期, 連結部에 使用하는 材料等에는 影響이 없은것 같고 連結部分에 Wetcher를 使用하여 휨 試驗을 施行한 結果 連結部分에는 全혀 龜裂이 發生하지 않았으므로 一體式 部材와 같은 程度의 휨 耐力를 發揮할수 있다는 것이 明白하게 되었다.

그림 16



### 結論

將次 Unbonded 狀態의 콘크리트 部材의 展望으로는 PS 鋼材 代身에 Glass fiber를 使用하게 될것이다. 現在에 도 美國에서는 콘크리트에 Glass fiber를 挿入한 試驗體를 製作하여 휨 試驗을 하고 있는 論文들이 發表되고 있다. 또한 Unbonded 狀態에서는 슬랩과 같은 偏平한 部材가 有利하기 때문에 두께가 얇고 長大한 슬랩形式의 橋梁들을 볼수 있게 될것이다.

假令 1, 000m Span의 아름다운 曲線을 가진 橋梁이 머지 않아 우리 周邊에 그 模樣을 나타낼 날이 멀지 않다고 確信하면서 끝을 마치겠다. 끝