

唐人里發電所 第5號터빈의

第2 漢江橋 渡江 白書

序 論

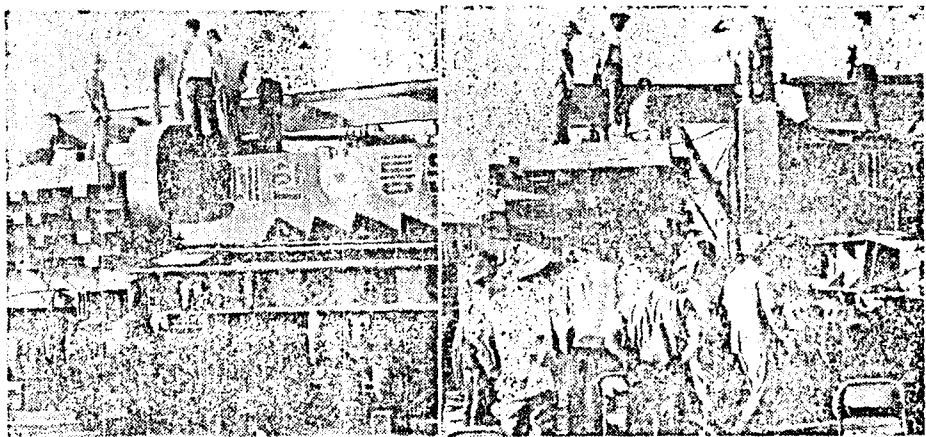
日本工場에서 組立된 207톤 重量의 터빈을 道路橋上으로 渡橋시킨다는 것은 놀라울만한 일이었다. 207톤의 重量物을 싣기 위하여 새로 마련된 87톤의 重車輛과 습친 運行重量이 294톤이나 되었다. 幅이 5m, 길이 25m로 되는 巨大한 特殊車輛이다. 이것을 仁川港에서 唐人里發電所까지 運搬하는 처음 計劃으로는 모든 橋梁上을 避하여 漢江에서는 浮船을 利用하려던 것이었다. 그러나 洪水時에 이런 作業이 매우 危險하고 또 不可能하다는 結果를 얻어서 第2漢江橋를 渡橋하기로 計劃이 늦게 變更되어 그 渡橋準備에 40餘日을 遲滯하게 된 것이다. 위의 特殊車輛의 運行重量이 294톤 임에 비해 그와 같은 幅 5m와 42m 徑間 橋梁上에 占領하는 設計荷重은 衝擊을 加算해서 120톤에 不過한데 그의 比率이 2.5對 1이다. 그래서 그를 그대로는 渡橋시킬 수 없고 幅을 12m로 넓게 해서 荷重을 넓은 面積에 分布시키기로 하였다. 그를 위하여 本車輛左右에 앞뒤로 4車臺를 連結하여 全重量이 334톤으로 增加하기는 하였으나 그 幅이 12m로 增加하여서 그 幅과 42m 徑間 橋梁上에 作用하는 設計荷重이 210톤에 가까워져 그 比率이 1.6對 1 쯤으로 되어서 不安이 겨우 免하게 된 것이다. 細密한 計算에 依하면 그 重車輛의 영향이 設計荷重의 영향의 1.04倍에서 1.35倍의 範圍라고

技術士 朴 商 朝

<建設部門>

判定되었다. 그리고 萬一에 荷重을 左右로 分散시키지 않으면 그 倍數가 1.85로 되어서 危險하겠다는 結果를 얻었다.

本車輛左右에 補助車臺 4臺를 連結하여 荷重이 均等하게 分布되어야 할 것인데 筆者는 그것에 主力을 둔 結果로 果然 좋은 成果를 거둔 것이다. 프레스트레스드 콘크리트의 綱線을 引張하는 재크(jack)가 筆者의 關係하는 工場에 多數 準備되어 있어서 그것을 利用하였다. 本車輛의 重量 294톤 중에서 132톤을 그 左右 4車臺로 잘 傳達되게 하느라고 左右 4車臺上에 재크 1臺씩을 걸어서 本車輛을 33톤씩 4臺로 支撐하였다. 이 支撐하는 重量이 運行途中에 언제나 一定하게 되어야 하겠는데 이를 위하여 運行途中에 재크의 油壓計가 一定하게 되게 펌프(pump)질을 계속 하기로 하였다. 油壓管을 左右 2개의 재크에 連結하여 左右의 荷重이 언제나 같게 되게 하였고 또 特殊발



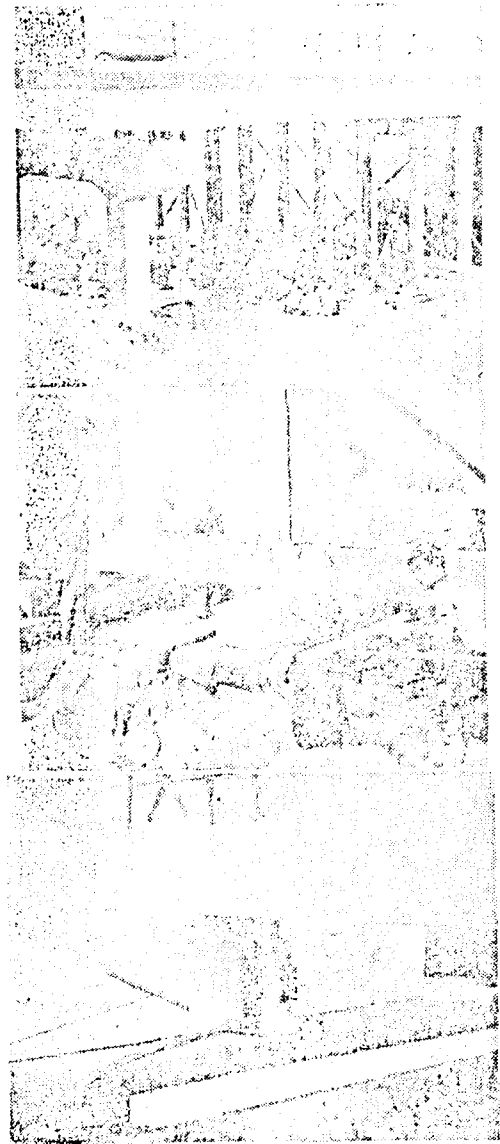
右側의 本車輛에 左側의 補助車臺를 두고 그 위의 재크로 本車輛을 支撐하여 올린다

로(valve)로 油壓이 要求되는 分量以上으로는 올라가지 않고 33톤 以上の 荷重이 걸리지 않게 하였다. 그 結果 大部分의 橋梁上에서 33톤의 荷重이 一定하게 左右 4車臺로 傳達되었고 局部的인 곳에서 30톤 까지 내려간 곳이 있었다. 이 重車輛通過時에 撓度를 正確히 測定하였는데 6개 車臺로 構成된 橋梁의 撓度가 거의 다 같아서 그 結果로 本重量物通過의 影響이 設計荷重의 影響 程度로 同치게 되었다는 判斷을 내릴수 있게 되었다.

第2 漢江橋를 渡橋하고 나면 짧은 陸橋가 있는데 그것은 그 中間을 假柱로 받치지 않을 수 없었으나 그 받침을 理論的으로 하지 않으면 그 效果가 없고 또 너무 強하게 받치면 逆效果가 나서 橋梁上面에 龜裂이 생기게 된다. 이것에 對하여도 油壓計가 달린 재크를 利用하였고 다이알게즈(dialgaze)로 荷重沈下의 關係를 알아내서 合理的으로 되게 하였다.

本重量物의 渡橋는 8月 16日 새벽에 完了되었지만 그 3日前에 試運轉이 있었다. 그 試運轉結果로 施設의 未備點을 찾아내서 施設의 改善을 加해 完全히 成功하였다. 그 改善의 要點으로 첫째 本車輛과 補助 4車臺 사이의 左右前後에 間隔이 運行途中에도 過히 틀리지 않게 하였다. 둘째로 左右車臺위에서 재크로 本車輛을 치받칠때 所用되는 本車輛위에 水平으로 가로 질러 아이빔(I beam)이 弱해서 재크가 바로 서지 못하는 故로 그를 매우 強하게 改造하였다. 셋째로 左右車臺위에서 재크로 本車輛을 치받치지만 萬一의 경우에 재크가 옆으로 기울어져서 재크 作用이 되지 않을때 그 재크 前後左右에 木楔로 되는 強한 補助받침을 두어서 이때에도 25톤程度의 荷重이 左右車臺에 傳達되게 하였다. 이 補助施設을 中間 附近에서 曲線을 지날때 左前方車臺가 街路燈 電柱와 綠石을 치는 바람에 재크油壓이 急降下해서 이때 그것이 有效하게 作用되었다.

元來 이런 큰 重量物을 運搬함에 있어서는 設計荷重이 매우 큰 鐵道를 利用해서 特殊한 重車輛을 마련하여 運搬해야 할것이고 設計荷重이 작은 道路를 利用하지 않아야 하겠다. 그러나 鐵道를 利用하더라도 一車軸에 作用하는 荷重이 27톤은



陸橋의 假支柱와 그 支柱를 재크로 알맞게 들어서 木楔로 固定한다. 또 沈下量測定을 行한다.

넘을수 없으므로 이 경우에는 車軸數가 12개나 所用되고 車輛의 長이가 매우 길어야 하겠다. 또 重量物이 터널(隧道)속을 無難히 通過한수 있게 그 길을 軌條에 겨우 닿게 될만한 特殊車輛을 必要로 한다. 鐵道에서는 그 運行速度를 道路에서와 같이 時速 1浬라는 것은 바라지 못하는 故로 衝擊의 影響이 過히 減少되지 않는다. 道路를 利用하면 第2 漢江橋에 서와 같이 荷重을 左右로 분

布置해서 여러개의 보(beam)가 합동해서 荷重을 나눠 받게하는 수가 있으나 鐵道에서는 그렇게 할수는 없다. 이런 重量車를 道路上으로 運搬할 때 그 占有하는 幅이 매우 넓고 매우 低速度인 故로 通行禁止時間이 있고 交通量이 아직 적은 現在에는 그것이 可能하겠으나 그렇지 않은 未來에는 그것이 不可能할 것이다. 모퉁이 면으로 너무 큰 重量物의 運搬은 不可能에 가까운 故로 그것을 避하여 現地에서 組立하는 것이 原則일 것이다. 日本에서의 道路輸送 重車輛의 構造는 今般에 使用된 新造車輛과 매우 다른데 그 車輛은 前後로 完全히 分離되고 重量物을 그 前後車臺 사이에 끼워서 重量物下部가 路面에 거의 닿게하고 重量物의 下部를 前後車臺에 잡아매고 重量物上部에 前後車臺에서 큰 載重壓力을 加해 그렇게 해서 重量物이 前後車臺 사이에 매달리게 하여 運行하게 하고 있는데 우리도 그런 것이 要望된다. 이렇게 하면 車體의 重量이 크게 減少되고 積脚가 容易한데 今般에 使用된 것은 兩側보(beam)의 重量이 매우 크고 積脚에서 左右보사이를 分離시켰다가 다시 組立해야 하는 不便이 매우 크다.

1. 35+42+35m의 連續보에서 左右補助가 없이 通過할때의 1主桁에 對한 應力

荷重의 橫分佈를 생각함에 있어서 스테브를 單純보로 取扱할때 1主桁에 作用하는 反力은 294^T의 48%인 141.6^T으로 되고

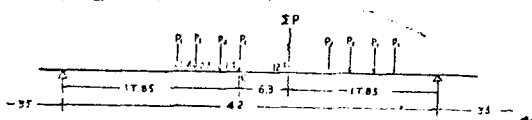


그림 1에서 $P_1 = \frac{294}{16} = 18.4$

$$P_2 = \frac{18.4}{2} + \frac{18.4}{2} \times \frac{2.55}{3} = 17$$

$$\Sigma P = 4P_1 + 4P_2 = 141.6^T$$

이고 單純보로서의

$$Mc = 878$$

連續보로서의 FEM 은

$$M_{FAB} = -\frac{18.4}{42^2} \times 25,070 - \frac{17}{42^2} \times 28,440 = -535$$

$$M_{FBA} = +\frac{18.4}{42^2} \times 26,870 + \frac{17}{42^2} \times 35,900 = +625$$

모멘트 分配法에 의해

$$M_{AB} = -357$$

$$M_{BA} = +390$$

$$Mc = 878 - (357 + \frac{17.85}{42} \times 33) = 507$$

總合計로서

$$Mi = 507^{T}$$

$$Mi = 25 \quad (i=0.05)$$

$$Md = 155$$

$$\Sigma M = 687$$

$$\text{힘應力} = 2,300 \text{kg/cm}^2$$

設計荷重에 對한 힘應力은 1,240kg/cm²이고 위의 힘應力은 設計應力의 1.85倍이므로 危險하다.

2. 35+42+35m의 連續보에서 左右로 荷重分佈가 잘되었을 때의 힘應力 其 1

荷重의 橫分佈를 1에서와 같이 즉 스테브를 單純보로 取扱할때 1主桁에 作用하는 가장 큰 反力을 가지는 中央보 1개를 가지고 생각할때 그림 1에서

$$P_1 = 10.4$$

$$P_2 = 15.6$$

$$\Sigma P = 104^T$$

單純보로서의 $Mc = 671^{T}$

連續보로서의 FEM 은

$$M_{FAB} = -\frac{10.4}{42^2} \times 25,070 - \frac{15.6}{42^2} \times 23,440 = -402$$

$$M_{FBA} = +\frac{10.4}{42^2} \times 26,870 + \frac{15.6}{42^2} \times 35,900 = +477$$

모멘트 分配法에 의해

$$M_{AB} = -268$$

$$M_{BA} = +296$$

$$Mc = 671 - (268 + 28 \times \frac{17.85}{42}) = +391$$

總合計로서

$$Mi = +391$$

$$Mi = +20$$

$$Md = +155$$

$$\Sigma M = +566$$

$$\text{힘應力은 } 1,880 \text{kg/cm}^2$$

이같은 設計荷重의 힘應力인 1,240의 1.52倍

이다.

3. 35+42+35^m의 連續보에서 左右로 荷重分布가 잘되었을 때의 휨應力 其 2.

各보의 撓度가 서로 같다고 볼때 6개의 보가 받는 全體荷重은 그림 1에서

$$P_1=21$$

$$P_2=63$$

$$\Sigma P=4P_1+4P_2=334^T$$

이때 連續보로서의 Mc는 1. 2와 같은 方法에 의해 求해 본 結果로

$$Mc=1.327$$

위의 휨모멘트를 6개의 보가 나누어 받느냐에 따라서 다음과 같이 된다.

	設計荷重	4보가 分擔	5보가 分擔	6보가 分擔
Mi	178t.m	352	265	221
Mi	39	17	13	11
Md	155	155	155	155
ΣM	372	504	433	387
휨應力 比率	1,210kg/cm ² 100	1,680 135	1,440 116	1,290 104

4. 實荷重에 依한 撓度測定에 依한 휨應力의 判定

今般重車輛通過時에 25^m 徑間의 箱子形 鐵筋 콘크리트보에 對해 撓度測定을 해보았는데 6개의 보로 構成된 橋梁에서 各보의 撓度가 다음과 같다.

兩側보의 撓度	8.00 ^m
中間보의 撓度	4.90
中央보의 撓度	5.20

그런데 兩側보의 2次모멘트는 中央部 다른 보의 0.67倍이다. 이런點으로 보아서 實荷重이 6보에 均等分布하였다는 것을 짐작할수 있고 따라서 實荷重의 實應力은 設計應力과 比等하게 되었다는 것을 알수 있고 安心이 되었다.

5. 第2 漢江橋 新村側 陸橋의 假支柱

本陸橋는 今般重車輛通過에 不安이 있었으나 容易하게 補強할수 있었으므로 徑間中央에 假支柱를 세워서 支障없게 하였다. 軟弱한 地盤에 支柱

를 세워서 效果를 바라기가 容易하지 않은 일인데 筆者가 잘 調整해서 그 效果를 認定할수 있게 하였다. 地盤의 上層約 1^m를 雜石과 모래로 바꾸고 各支柱 밑 木楔左右에 油壓計가 달린 鐵塊를 걸어서 死荷重에 依한 〇모멘트를 0으로 되게 하여 木楔로 堅固하게 支持하였다. 이 作業은 2회에 걸쳐 行하였는데 一般荷重通過로 壓密이 進展되었던 까닭이었다. 그리고 이때 支柱壓力이 1^T만치 增加함에 따라 沈下가 얼마나 增加되는가를 測定하였는데 그값이 0.5^m이었다. 따라서 支點 彈性係數 K는 $K=2^T/inm$ 로 되는 것을 알았다. 즉 2^T의 荷重增加로 1^m의 沈下가 생긴다. 本重車輛通過時에 1主桁 中心部에 作用되는 集中荷重이 36^T이고 이로 因해 154^{t.m}의 휨모멘트가 일어나고 그에 依한 中心部撓度가 20^m로 推算되었다.

이 車輛通過時에 1主桁에 對한 假支柱에 作用하는 反力을 R^T이라 할때 그 中心部の 휨모멘트는 ($l=20.3$)

$$M=154-\frac{Rl}{4}=154-2.58R$$

이때 그支柱에서의 撓度는

$$KR=20-0.538R$$

이고 K의 測定값 2를 위식에 代入하면 $R=7.9^T$ 따라서 $M=154-2.58 \times 7.9=134^{t.m}$

이값은 假支柱가 없을때의 $M=256$ 보다 매우 작고 設計荷重에 의한 $M=201$ 보다도 매우 적은 값으로 되어서 安全을 바랄수 있었다.

6. 撓度の 測定

長徑間은 그림이 모두 水中이어서 그의 撓度를 測定하지 못하고 新村側 第1徑間의 25^m 箱子形 鐵筋 콘크리트보에 對하여 撓度를 測定하였다. 主桁은 長徑間 (42^m)의 것과 같이 6개로 構成되고 各보의 撓度를 測定하였다. 測定結果는 兩側보에서 8^m 其他보에서 約 5^m로 되었다. 測定方法은 橋上陸地에 비계를 세우고 그것에 依支하여 各보中心 밑에 비계用 통나무를 세우고 그 上端에 다이얼 게이지(dial gauge)를 磁氣로 測定하여 3人の 技術者가 그위에 올라가서 測定하였다.

<筆者: 서울工大 敎授>