

—第2回 콘크리트鋪裝에 관한 심포지움 最終會議

콘크리트 道路鋪裝

議長 : J. Bailly

李 善 敬 譯

<韓國科學技術情報센터>

J. Bailly (Directeur Général, Ciments Lafarge, Paris)

本會議의 組織分科委員會에서는 原來 이번 심포지움을 콘크리트道路에 있어서의 實質的인 問題로 이끌어 가려고 企圖하였으나 本會議의 性格으로 보아서 理論的인 研究分野도 無視할 수는 없을것 같습니다. 따라서 本 分科委員會에서는 이번 심포지움을 끝내기에 앞서서 道路研究分野의 두 專門家에게 콘크리트道路의 設計와 施工 및 維持에 관한 앞으로의 傾向을 들어 보는 것이 좋을 것으로 생각합니다. 「未來의 道路는 어떠한 것일까?」 이러한 質問은 道路 및 鐵道工學分野의 專門家인 門헨工科大學校(Technical University of Munich)의 Eisenmann 教授와 벨기에의 道路研究센터(Centre de Recherches Routieres, Belgium)所長인 Reichert 氏가 解答해 줄 것입니다.

J. Eisenmann (Professor, Technische Universität München)

지금까지 콘크리트鋪裝道路는 車輛의 疾走表面을 提供해 줄 뿐만 아니라 路床에 미치는 荷重도 均等하게 傳達해 주는 것으로 여겨왔습니다. 그러나 아직 完全히 굳지않은 콘크리트路面이나 完全히 굳은 콘크리트路面의 併發的인 荷重과 支持力 間의 相關關係에 관해서는 一般的으로 考慮되지 않았었습니다. 그런데 우리들 自身の 理論的인 實驗(2)은 물론 美國(1)에서 實施한 實驗結果를 보면 콘크리트鋪裝에 걸리는

應力은 콘크리트鋪裝의 剛性和 路盤層의 安定度에 따라 多少 減少된다는 것을 알 수 있습니다.

콘크리트鋪裝과 安定된 路盤層을 併合하여 荷重對 支持力시스템을 構成함으로써 表面下 土層에 在來式 콘크리트鋪裝을 適應시키기 좋아지며 새로운 施工法도 經濟的으로 適用할 수 있게 됩니다. 이와같은 事實을 例를 들어 說明하면 다음과 같습니다.

<그림-1>은 獨逸聯邦共和國에서 採用하고 있는 自動車道路의 一般的인 콘크리트鋪裝構造를 圖示한 것입니다. 즉, 8cm 두께의 歷靑材料 또는 자갈層 그리고 15cm의 시멘트境界層은 氷結防止層이 깔린 22cm두께의 콘크리트層 밑에 鋪設되어 있습니다. 砂質地盤에는 콜탈을 利用한 安定工法을 採用하고 있습니다.

이와같이 세가지의 相異한 鋪裝材料들을 使用하는 것이 보통이지만 이들 各 材料들은 그 製作과 使用方法이 모두 다릅니다. 또한 콘크리트鋪裝 建設을 위한 새로운 技術示方書(TV Concrete 72)에 의할 것 같으면 收縮接合點이 5m 間隔으로 施工되어 있을 때에는 鋼鐵筋을 使用하지 않아도 된다고 합니다.

本人이 最近에 實施한 研究結果⁽³⁾를 볼것 같으면 시멘트境界層이 적어도 15~20cm가 될 경우에는 콘크리트鋪裝表面層이 받는 應力이 줄어드는 것을 알 수 있습니다. 따라서 콘크리트鋪裝의 全體두께는 22cm에서 18~20cm정도로 減少될 수 있습니다. 그러나 무엇보다도 重要的한 것은 콘크리트鋪裝層을 除外한 路盤層(시멘트境界

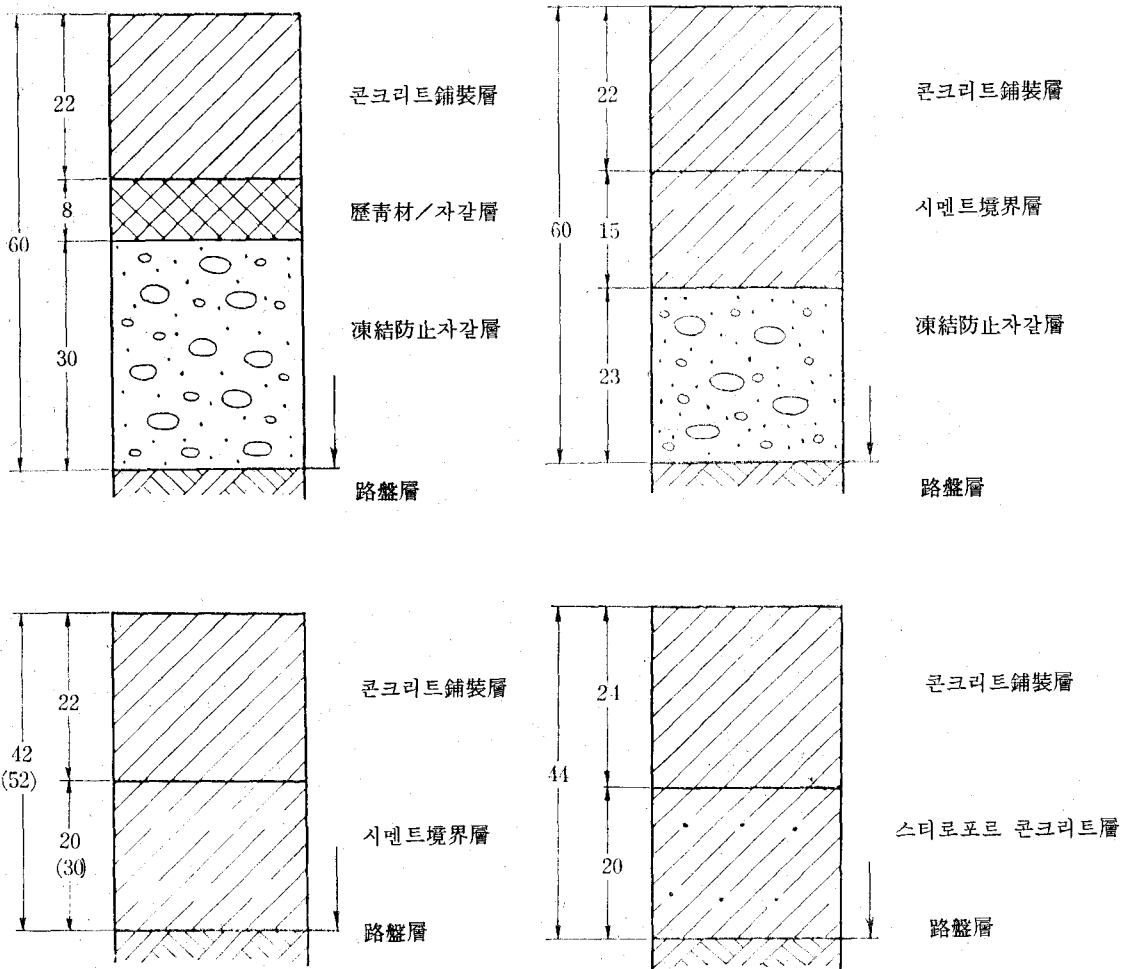
層)과 자갈層의 두께가 實際 鋪裝表面層에 생기는 應力에 影響을 줄지도 모르는 軟弱한 表面下地盤에도 22cm두께의 콘크리트鋪裝을 敷設할 수 있다는 것입니다. 그리고 이 경우 大部分은 表面下地盤의 安定處理를 생략해도 무방합니다.

이와같은 道路鋪裝시스템의 한 例가 <그림-1>의 左下端에 圖示되어 있습니다. 이러한 工法에 있어서 表面下土層은 이미 깊숙히 땅 속에 자리잡고 있기 때문에 氷結防止 자갈層은 必要 없게 됩니다. 凍結로 인한 路面의 隆起는 自然的으로 防止됩니다. 봄철에 凍結霜이 表面으로 上昇하고 表面下土層의 荷重支持能力이 低下될 때에도 이러한 道路鋪裝시스템은 良好한 荷重의 分布를 보충해 주어 表面下土層은 過度한 應力

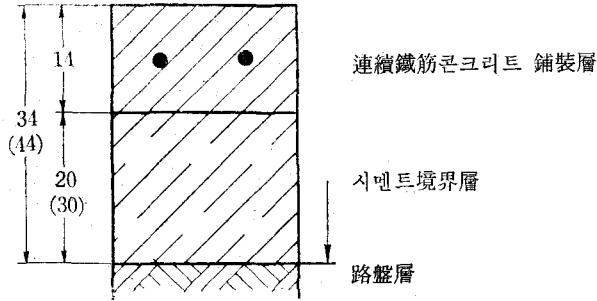
을 받지 않게 됩니다.

未來의 콘크리트鋪裝에 관해서 한가지 言及하고 싶은 것은 styropor 콘크리트로 된 熱絶緣性 路面支持層의 混用 可能性인데 이것은 現在 우리가 사용하고 있는 氷結防止 자갈層에 대한 完全한 標準規格의 代置物이라고 볼 수 있습니다. 이것을 使用하는 경우 高速道路의 早期凍結을 避하기 위해서는 콘크리트鋪裝의 두께를 22cm에서 24cm로 增加시켜야 합니다.

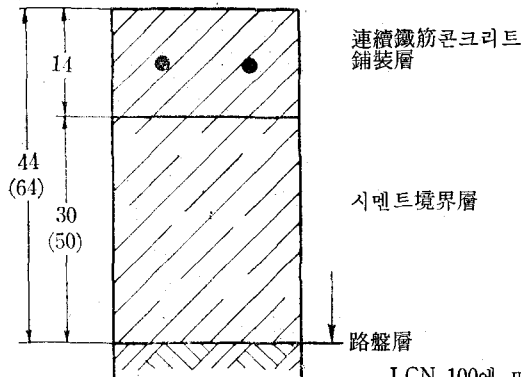
콘크리트道路鋪裝의 새로운 工法을 適用하기 위해서는 소위 連續鐵筋콘크리트鋪裝이라고 하는 工法을 주로 使用하는 美國 및 벨기에에서의 콘크리트鋪裝建設을 參照하는 것이 좋을 것입니다. 이 工法의 利點은 路面의 平滑度가 우수하며



凍結防止 자갈層이 없는 새로운 鋪裝시스템
<그림-1> 自動車用 高速道路建設을 위한 앞으로의 콘크리트鋪裝

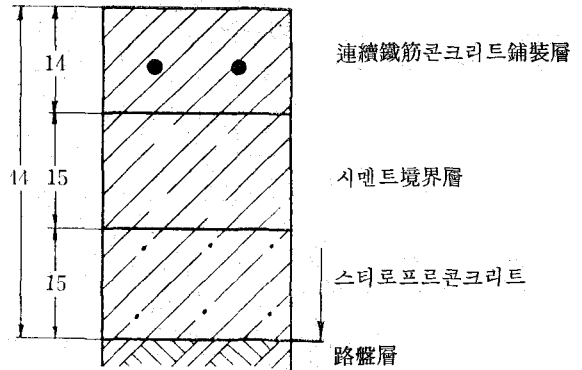


自動車用



LCN 100에 따른 飛行機滑走路用

<그림-2> 連續鐵筋콘크리트鋪裝



아무리車輛이 많이 長期間 왕래하여도 路面의 파손이 별로 發生하지 않기 때문에 接合點의 補修로 인한 道路維持費가 적게 든다는 것입니다.

그 외에도 이 工法의 利點은 路盤層을 잘 安定處理하면 實質의 콘크리트鋪裝의 有效두께를 減少시킬 수 있다는 것입니다. 콘크리트鋪裝의 自體重量과 表面下地盤의 剛性에 따라 시멘트層 또는 얇은 콘크리트路盤層을 잘 敷設하면 콘크리트鋪裝의 두께를 自動車道路에는 20~30 cm, 그리고 LCN 100 飛行機滑走路에는 30~50 cm로서 充分할 것입니다(<그림-2>). 만일 表面下地盤이 凍結에 대단히 銳敏하다면 <그림-2>에 圖示한 바와 같이 熱絕緣式 styropor 콘크리트로 된 支持路盤層을 15cm 以下되는 部分에 敷設하는 것이 바람직합니다.

이 工法의 特徵이라고 볼 수 있는 콘크리트鋪裝層과 安定處理된 路盤層의 結束을 견고히 해주는 것은 물론 鋪裝의 有效두께를 14cm로 減少시킴으로써 鐵筋을 使用하는데 必要로 하는 追加工費를 相殺할 수 있습니다. 그리고 鐵筋所要

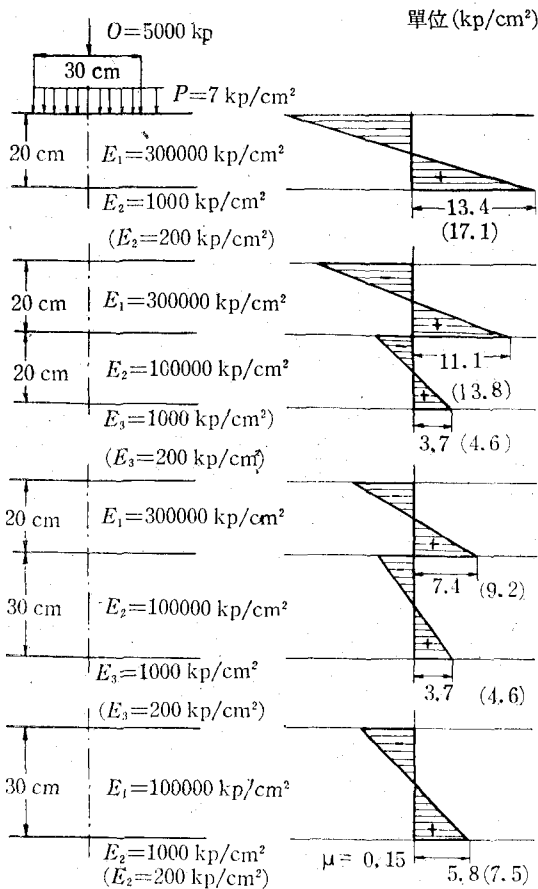
量은 補強鐵筋을 龜裂이 發生하기 쉬운 곳에만 制限하여 配筋하느냐 아니면 全斷面에 골고루 配筋⁽⁵⁾하느냐에 따라 差異는 있지만 보통 7~14 kg/m² 程度 所要됩니다.

또한 連續鐵筋콘크리트 鋪裝工法은 오래된 낡은 콘크리트鋪裝을 補修 및 再建하는데도 適用할 수 있습니다. 즉, 連續鐵筋콘크리트鋪裝을 낡은 콘크리트鋪裝構造物 위에 直接 올려 놓으면 되는데, 이때에 이 두 콘크리트板 사이에 생기는 部分的인 空間에는 注入물탈을 채우면 됩니다.

<그림-3>과 <그림-4>는 콘크리트鋪裝 下部에 깔린 安定處理된 路盤層의 併發의인 荷重支持力作用을 調査하기 위하여 遂行한 理論的인 研究에 관한 一般的인 概念을 圖解한 것입니다. 本 研究를 위한 實驗에서는 5Mp의 荷重을 갖는 車輛과 路面과의 接着壓力 7kp/cm², 그리고 軟弱地盤과 堅固地盤의 荷重支持力(彈性係數)은 1000~200kp/cm²를 各各 기준으로 定하였읍니다. <그림-3>은 콘크리트鋪裝과 支持路盤層 사

이에는 附着力이 作用하지 않는 것으로 본 것입니다. 本 研究의 結果에서 20cm 두께의 시멘트 境界層이 역시 20cm 두께의 콘크리트 鋪裝과 結束되어 있다고 볼 때에 콘크리트 鋪裝에 發生하는 휨應力은 15% 以上 減少된다는 것을 알 수 있었습니다. 특히 시멘트 境界層의 두께가 30cm 정도 될 경우에는 40% 以上 減少시킬 수 있습니다. 이것은 結局 콘크리트 鋪裝과, 支持路盤層 間의 結束과는 關係 없이 콘크리트 鋪裝 內에 發生하는 應力은 淸목할만큼 減少시킬 수 있다는 것을 뜻합니다. 이것은 또한 獨逸政府가 現在 示方書에서 規定한 路盤支持層의 荷重支持力인 450~600kp/cm² 을 200kp/cm² 로 減少하더라도 무방하다고 볼 수 있습니다.

<그림-4>는 콘크리트 鋪裝과 安定處理된 路盤層 間의 結束力을 감안한 實驗值를 圖示한 것인데, 이것은 콘크리트 鋪裝이 鐵筋補強이 되어

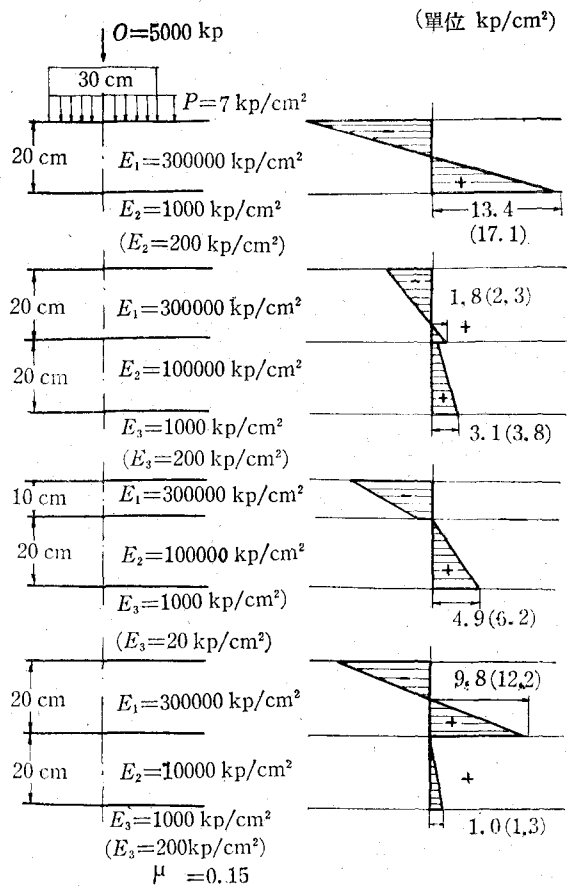


<그림-3> 콘크리트 鋪裝層과 路盤層이 結束되지 않았을 때의 휨應力

鋪裝表面의 移動을 抑制하는 경우에는 必須條件으로 考慮하게 되고 그 結束力은 車輛通行이 빈번하고 溫度의 變化가 發生하더라도 影響을 받지 않습니다. 結局 20cm 두께의 시멘트 境界層이 上下層과 完全히 結束되어 있을 때에는 鋪裝表面의 두께가 10cm 밖에 되지 않더라도 實際의 콘크리트 鋪裝內에 發生하는 應力은 最少限度로 減少된다는 것을 알 수 있습니다.

14cm 두께의 鐵筋콘크리트 鋪裝이 15~20cm 두께의 시멘트 境界支持層 위에 놓여진 <그림-2>에 圖示한 鋪裝시스템은 이번 研究結果의 內容에 비추어 볼 때에 가장 바람직한 應力狀態를 나타내고 있습니다. 따라서 連續鐵筋콘크리트의 有利한 影響을 감안할 때 道路 鋪裝材料의 製造만 완벽하다면 道路 鋪裝의 수명을 延長시킬 수 있습니다.

콘크리트 鋪裝과 路盤層이 完全히 結束되지 않



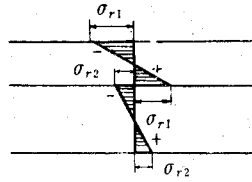
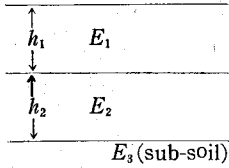
<그림-4> 콘크리트 鋪裝層과 路盤層이 完全히 結束되었을 때의 휨應力

鋪裝시스템 1

層(1)과 層(2) 間的 結束力이 없는 境遇

$\mu = \text{常數}$

$E_1 \geq E_2 \gg E_3$ [kp/cm²]



1) 路盤層의 應力反應에 관한 假想表面下地盤係數

$k = \frac{E_2}{h^2}$ [kp/cm³]

$h^* = 0.83 \cdot h_1 \cdot \sqrt[3]{\frac{E_1}{E_3}} + c \cdot h_2 \cdot \sqrt[3]{\frac{E_2}{E_3}}$ [cm]

$c = \begin{cases} 0.83 & \text{水壓結束制 포함} \\ 0.90 & \text{壓青結束制 포함} \end{cases}$

2) $E = E_1$ 에 대한 同一한 剛性을 가진 代用鋪裝시스템의 두께

$h_1 = \sqrt[3]{\frac{E_1 \cdot h_1^3 + E_2 \cdot h_2^3}{E_1}}$ [cm]

3) 代用鋪裝시스템 k 와 h 및 E_1 지점에 있어서의 모멘트(M_1)는 Westergaard 公式 및 Pickett-Ray 圖表를 利用하여 計算한다.

4) 層(1)과 (2)에 發生하는 彎應力

$M_1 = M_1 \cdot \frac{E_1 \cdot h_1^3}{E_1 \cdot h_1^3 + E_2 \cdot h_2^3}$ [kp/cm]

$M_2 = M_1 \cdot \frac{E_2 \cdot h_2^3}{E_1 \cdot h_1^3 + E_2 \cdot h_2^3}$ [kp/cm]

$\sigma_{r1} = 6 \cdot \frac{M_1}{h_{12}} : \sigma_{r2} = 6 \cdot \frac{M_2}{h_2^2}$ [kp/cm²]

<그림-5> 콘크리트鋪裝層과 安定路盤層 間に 結束力이 없을 境遇 鋪裝시스템에 있어서의 彎應力計算法

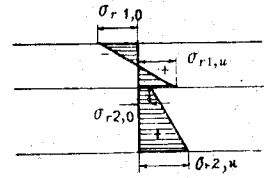
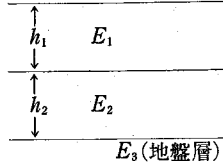
은 鋪裝시스템에 發生하는 應力을 計算하는데 適用된 理論은 <그림-5>에 圖解되어 있으며 完全히 結束이 이루어진 鋪裝시스템에 發生하는 應力計算은 <그림-6>에 圖示되어 있습니다. 이것은 略式計算法(2, 3)으로 最大應力이 걸리는 지점에서는 彈性理論에 입각한 多層構造計算에 適合한 方法입니다. 이 計算節次는 Westergaard 公式과 Pickett-Ray 表 등을 作成하는데 利用된 路盤層의 應力反應理論의 係數에 基礎를 두고 있습니다. 第一段階 計算은 全體鋪裝시스템의 變形舉動을 基準으로 하여 路盤層의 應力反應係數를 算出하는 것입니다. 그리고 第二段階로 콘크리트鋪裝과 安定處理된 路盤層을 各各의 剛性에

鋪裝시스템 2

層(1)과 (2)間的 結束力이 있는 境遇

$\mu = \text{常數}$

$E_1 \geq E_2 \gg E_3$ [kp/cm²]



1) 鋪裝시스템 1에서와 같이 路盤層의 應力反應에 대한 假想 地盤層係數

2) $E = E_1$ 에 대한 同一한 剛性을 가진 代用鋪裝시스템의 두께

$h_{11} = h_1 + c \cdot h_2 \cdot \sqrt[3]{\frac{E_2}{E_1}}$ [cm]

3) 代用鋪裝시스템 k 와 h_{11} 및 E_1 지점에 있어서의 모멘트(u_{11})는 Westergaard 公式 및 Pickett-Ray 圖表를 利用하여 計算한다.

4) 同一한 剛性을 가진 슬래브(下形보)로 보고 計算된 層(1)과 (2)에 發生하는 彎應力

$k = \frac{E_2}{E_1}$

$E = E_1$

J -슬래브의 2次 모멘트 [cm⁴]

$e_0 = \frac{h}{2} \cdot \frac{E_2 \cdot h_2}{E_1 \cdot h_1 + E_2 \cdot h_2} + \frac{h_1}{2}$ [cm]

$e_u = h - e_0$ [cm]

$\sigma_{r1,0} = \frac{M_{11}}{J} \cdot e_0 : \sigma_{r1,u} = \frac{M_{11}}{J} \cdot (h_1 - e_0)$ [kp/cm²]

$\sigma_{r2,0} = k \cdot \frac{M_{11}}{J} \cdot (h_1 - e_0) : \sigma_{r2,u} = k \cdot \frac{M_{11}}{J} \cdot e_u$ [kp/cm²]

<그림-6> 콘크리트鋪裝層과 安定路盤層 間に 結束力이 있을 境遇 鋪裝시스템에 있어서의 彎應力計算法

따라 應力計算하되 結束시스템과 非結束시스템으로 區別하여 實施합니다. 그렇게 함으로써 從前의 計算方法 보다 모멘트를 減少시킬 수 있습니다. 마지막으로 非結束시스템에서의 모멘트는 가까운 中央部分의 層과 먼곳에 있는 端部의 層에 대해 別途로 計算합니다. 그리고 結束시스템에 있어서는 T形거더의 應力計算時와 同一합니다.

이와같은 應力計算法은 콘크리트鋪裝의 1個層

과 相異한 彈性係數를 갖고 있는 安定路盤支持層의 2個層으로 構成된 地盤層을 포함한 4個層의 콘크리트鋪裝시스템에도 適用할 수 있습니다.

參 考 文 獻

1. Childs, L.D.
Tests of Concrete Pavement Slabs on Cement-Treated Subbase. Portland Cement Association Skokie/Ill., Bulletin D 86
 2. Eisenmann, J.
Neuere Entwicklungen beim Bau von Betonfahrbahnen. Straße und Autobahn, 1972, Heft 10
 3. Eisenmann, J.
Mittragende Wirkung von verfestigten Tragschichten bei Betonfahrbahnen.
Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 145/1973 Bundesministerium für Verkehr, Bonn
 4. Eisenmann, J. Leykauf, G.
Temperaturuntersuchungen an Beton- und Schwarzeckenfeldern mit und ohne Wärmedämmschichten.
Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 112/1971 Bundesministerium für Verkehr, Bonn
 5. 1. Europäisches Symposium über Betonfahrbahnen, Paris 1969, Sitzung D.—durchlaufend bewehrte Fahrbahnen, CEMBUREAU Paris
- J. Reichert (Directeur, Centre de Recherches Routières, Sterrebeek(B))

本人은 앞으로의 콘크리트鋪裝에 관한 問題를 設計와 施工技術 및 維持補修 등 세 가지로 區分하여 다루어 보기로 하겠습니다.

우선 道路設計에 관한 몇 가지 問題들을 解決해 나가면서 本論에 들어가기로 하겠는데, 원래 道路鋪裝이라고 하는 것은 다음 4가지의 基本條件을 充足시켜야 합니다. 즉, 荷重에 의한 應力과 化學作用, 龜裂과 沈下 등에 抵抗할 수 있는 耐久性, 高度의 摩擦抵抗力, 均質性 및 氣候의 惡條件下에서도 良好한 視界 등을 갖추는 것

입니다. 1969年 파리에서 開催된 심포지움에서 Coquand 氏는 充分한 理由를 들어 가면서 완전 무결한 콘크리트鋪裝을 위해서는 地盤 및 支持層의 一貫性 있는 支持力이 무엇보다도 重要하다고 強調하였습니다. 그런데 이러한 支持力은 주로 地盤層과 支持層의 含水量의 差와 불충분한 다지기작업(Compactness)은 물론, 氷結 및 除氷鹽, 水分의 毛細管現象, 土質의 異質性 및 濕熱作用 등으로 인해 損傷되는 것이 보통입니다. 콘크리트 슬랩鋪裝 直下로 壓力이 集中되는 것을 防止하고 壓力이 支持層과 地盤層까지 깊게 그리고 均等하게 分布되도록 하기 위해서는 荷重傳達媒體(load transfer), 連結支點의 形態, 슬랩의 길이, 슬랩幅의 擴張, 鐵筋 및 結束된 耐水支持層 등을 採用하는 것이 보통입니다. 往來하는 車輛의 數가 늘고, 특히 重量車輛의 數가 늘어 許容된 最大軸荷重을 超過하게 됨에 따라 各種 技術的인 또는 法的인 措置를 取하지 않을 수 없게 됩니다. 즉, 通行車輛의 重量과 速度의 自動記錄이 組織的으로 遂行되어야 그 記錄된 結果를 토대로 하여 載荷狀態를 파악하여 鋪裝의 實質的인 두께를 決定할 수 있게 됩니다.

本 심포지움에 있어서 理論的인 鋪裝設計方法에 관해서는 Session B에서 有限要素法을 利用한 대단히 유망한 方法으로 앞으로 開發해 볼 만한 모델에 관한 口頭發言이 있었던 것을 除外하고는 별로 없었습니다. 따라서 本人은 Eisenmann 氏가 要約한 理論에 관하여 言及해 볼까 합니다. 그러나 實質的인 鋪裝의 두께를 決定하는 方法에 있어서는 大部分의 國家들이 單純히 經驗에 根據를 두고 實施하는 形편입니다.

콘크리트鋪裝의 設計는 國家마다 다른데 그 理由로는 나라마다 使用되는 콘크리트의 差異, 鐵筋의 使用有無, 連結支點의 形態와 間隔의 差異, 交通特性 특히 車輪荷重의 差異 등에서 기인합니다. 國家別 콘크리트鋪裝 構造物간의 差異는 實際로 두드러지게 나타납니다. 그 중에서도 두 가지만을 지적해 본다면 첫째로 表面下地盤으로부터 콘크리트 슬랩에 이르기까지의 係數(moduli)의 增加는 나라마다 差異가 있으며 둘째로는 슬랩을 支持해 주고 있는 支持層은 너무 굳거나 물러서 變形하기 쉽습니다. 따라서 本人

이 結論으로 言及하고 싶은 것은 이러한 相異한 여러 設計法들을 分析하고 綜合해 볼 必要가 있을 것이라는 점입니다.

現在 가장 많이 使用되고 있는 콘크리트 鋪裝의 3가지 形態 중의 한가지는 5~7m 길이의 슬랩으로 構成된 無筋콘크리트로서 交通量의 輕重과 鋪裝 支持層의 剛性 및 變形特性에 따라 荷重 傳達媒體가 設置된 것도 있고 없는 것도 있는 收縮形連結支點을 갖는 것입니다. 本 심포지움에서 重點으로 論議되었던 것 중의 하나는 슬랩과 支持層 간의 摩擦現象에 관한 問題입니다. 無筋콘크리트의 경우에 있어서 슬랩과 支持層間의 가장 良好한 滑動狀態가 마련되지 않으면 안 된다고 本人은 믿습니다.

두번째 形態에 속하는 콘크리트 鋪裝은 連結支點이 없는 鐵筋콘크리트, 즉 連續鐵筋콘크리트로서 鋪裝 1m² 當 鐵筋의 무게는 12~16kg 程度로 配筋합니다. 이 두번째 形態의 鋪裝은 施工과 維持 또는 用途와 經濟性의 觀點에서 볼 때 대단히 有望한 鋪裝으로 볼 수 있습니다.

끝으로 세번째 形態에 속하는 鋪裝이 있는데 이것은 鐵筋으로 補強된 하였으나 連結支點이 있는 소위 不連續鐵筋콘크리트로서 鋪裝 1m² 當 鐵筋의 무게를 2~6kg 程度로 配筋합니다. 이러한 鋪裝은 위에서 말한 두가지 形態의 鋪裝보다 별로 많이 使用되지 않습니다.

本人은 또한 交通量, 土質, 經濟的 條件, 施工 및 道路維持 등을 考慮하여 前에 言及한 첫째와 둘째 形態의 鋪裝에 適合한 實際的인 事例를 設定해 놓는 것이 무엇 보다도 重要하다고 생각합니다. 3 또는 4 및 5車線의 自動車道路는 2車線道路 보다 더 많은 問題를 안고 있는데 이 問題란 것은 表面水의 急速한 散亂, 車輛의 急停車에 의한 縱斷連結支點의 直角方向應力, 換節期에 의한 相反性, 鋪裝의 橫斷方向의 不等伸張, 熱應力에 대한 不等한 耐力 등의 差異 등을 뜻하는 것입니다.

다음에는 콘크리트 鋪裝의 連結點에 관해 簡單히 言及해 보기로 하겠습니다. 지금까지의 우리들의 經驗에 의할것 같으면 장부축(dowel)을 使用할 때에는 saddle을 使用하는 傾向이 있는데 이때에 Saddle은 슬랩에 박혀들어가게 됩니다.

한편 收縮形連結點을 무시하고 공간을 채우지 않고 좁은 連結點을 使用한다든지 필러(filler)가 있는 連結點을 使用하는 傾向이 있습니다. 後者의 경우에 使用되는 필러는 前者의 경우 보다 훨씬 복잡합니다.

連結支點을 키는 工法에 관해서는 깊이나 幅 및 타이밍 등에 많은 發展이 이룩되었지만, 아직도 올바른 施工을 위해서는 一定한 示方規定이 있어야 할 것으로 봅니다. 本人은 Marec 氏의 報告書를 보고 連結支點을 키는데 수월하게 하기 위하여 石灰石骨材를 使用한다는데 흥미를 느꼈습니다. 그러나 必要한 路面上의 粗度 역시 考慮해야 합니다. 그리고 縱斷連結線도 너무 깊이 파서 縱斷龜裂이 發生하지 않도록 알맞게 해야 합니다.

鋪裝設計에 관한 本 session을 끝 맺기 위해서 本人은 鋪裝構造物의 橫斷面에 관해서 討論해 보고자 합니다. 콘크리트 슬랩 밑으로의 橫斷面 浸水와 橫方向 支持力에 대한 連續的인 反動을 除去하여 鋪裝의 耐久性을 增進시키고 슬랩의 自由端應力을 最小限으로 減少시키기 위하여 지금까지 各種 施工方法이 開發되어 왔으나 아직 미흡한 點이 허다합니다. 現在까지 알려진 위에 言及한 問題를 解決하기 위한 工法을 要約하면 다음과 같습니다.

첫번째 방법은 連續解法을 使用하지 않고도 浸水を 防止할 수 있도록 하기 위하여 打設된 콘크리트 슬랩을 응고시킬 때에 물이 빠져 나갈 수 있는 홈을 파 놓는 것이고,

두번째 解決方法은 主로 英國에서 많이 使用되는 것인데 緣石(kerbstone)을 슬랩과 同時에 응고시키는 것입니다.

세번째로는 車線部分과 路肩 下部에 連續基層을 設置하는 것입니다.

끝으로 네번째 방법으로는 車線部分과 路肩部分을 同時에 콘크리트를 打設하여 硬化시키는 것입니다. 이 방법은 輸送車輛의 荷重을 받는 在來式 2車線 道路의 경우에 많이 使用되던 것인데 두개의 슬랩과 路肩 사이의 連續性이 빗물의 浸透로 파괴되기 쉬운 缺點을 갖고 있습니다. 그러나 콘크리트 打設만 同時에 行하면 浸水와 不等支持力의 發生 등은 重荷重을 받게 되는 部分

과는 상당히 멀리 떨어진 곳에서 일어나기 때문에 큰 지장은 초래하지 않습니다.

上記 工法 中 네번째 方法은 1971년 말에 實施된 Béziers 와 Narbonne 간의 A9番 自動車 道路 工事に 使用되었던 것으로 本 심포지움에서 Löwenberg 氏와 Vatier 氏가 發表한 解決方法과 흡사한 工法입니다.

한편 다섯번째 方法을 생각할 수 있는데 이것은 스웨덴에서 한 때 實施된적이 있는 工法으로서 一方向道路에 있어서의 鋪裝두께의 斷面을 여러가지로 多樣하게 하는 것입니다. 이 경우에는 물론 가장 두꺼운 層을 重形車輛이 主로 通過하는 車線 밑에 設置합니다. 여기에 同時 콘크리트 打設法에 관한 技術的 내지는 經濟的 方法을 導入할 수 있다면 대단히 有用한 工法이 될 것으로 믿어 의심치 않습니다.

다음에는 施工技術에 관한 몇가지 問題點들을 簡單히 살펴 보면 本人의 意見으로는 6가지 問題點이 있는 것으로 생각됩니다. 즉, 除水鹽에 대한 콘크리트의 抵抗力, 重形車輛의 스티드타이어(studded tyre)에 대한 抵抗力, 相異한 두 層으로 鋪裝하는 施工法, 鋪裝品質管理, 適切한 路面粗度を 맞추는 方法 및 콘크리트를 打設하여 응고된지 얼마 되지 않은 새로운 콘크리트 鋪裝表面의 保護 등 입니다. 그런데 上記 問題點들은 傾斜型鋪裝機(slip-form paver)를 使用할 경우에는 특히 困難한 問題로 등장합니다.

제일 첫번째 問題點은 氷結 및 除水鹽에 대한 시멘트콘크리트의 抵抗力에 관한 것으로 이를 解決하기 위해서는 主로 두가지 方法을 採用하는 것이 보통입니다. 즉 그 한가지는 最小限度 4%의 空氣含量을 확보하기 위하여 AE劑를 使用하는 것인데 AE劑 콘크리트를 現場에서 使用하는 것은 아직 어려운 作業에 屬합니다. 그리고 또 다른 한가지는 가능한 限 微細시멘트를 使用하면서 시멘트의 含量도 最大로 하여 만든 콘크리트를 사용하는 것입니다. 後者의 경우에는 AE劑가 使用되지 않는 除水鹽을 올바로 分散시키고 콘크리트 鋪裝表面이 굳고 난 직후에 表面管理를 잘 하면 使用된 除水鹽에 의해 發生할 수도 있는 品質(콘크리트)變化는 問題視되지 않습니다. 결국 남은 問題는 AE劑콘크리트를 使用

하느냐 아니면 高強度콘크리트를 使用하느냐의 相反된 두개의 解決方法 중에서 한가지를 選擇하는 수 밖에 없습니다.

두번째 問題點은 스티드타이어(studded tyre)에 의한 影響입니다. 어느 모로 보나 이 問題는 多方面의 專門家들과도 關係가 있는 重要한 問題입니다. O.E.C.D. Road Research Programme 이 最近 發表한 「道路鋪裝의 冬季破損」이란 主題의 報告書는 스티드타이어로 인해 發生하는 鋪裝構造物의 破損에 관해 다루고 있습니다. 스티드타이어를 使用함으로써 發生하는 콘크리트 鋪裝表面의 摩耗는 鋪裝의 두께만을 減少시키는 것이 아니고 路面에 그루우브(groove)를 造成시켜 두꺼운 水膜을 形成하게 되고 摩擦抵抗까지 減少시키기 때문에 高速으로 走行하는 車輛의 경우에는 氷上스키와 같은 危險性을 增加시킵니다. 鋪裝表面의 年間 增加량을 보면 鋪裝이 完工되어 車輛이 通過하기 시작한 後 一年以內가 가장 현저하게 높은 것을 알 수 있습니다. 最近에 와서 우리들은 이와같은 路面摩耗問題를 解決하기 위한 工法으로 두가지가 開發되고 있음을 우리는 잘 알고 있습니다. 즉 한가지는 높은 比率의 硬固한 骨材를 使用한 稠密콘크리트(gap-graded concrete)를 採用하는 것으로 이경우의 骨材는 天然骨材이건 人工骨材이건 路面의 粗度を 充分히 維持하려면 磨耗에 대한 抵抗力이 強한 粗粒性 大形組織(macro-texture)體이어야 합니다. 그리고 다른 하나는 高시멘트含量과 大形骨材를 많이 사용하고 물함량이 적은 高強度콘크리트를 使用하는 것입니다. 물론 이러한 콘크리트는 打設途中 또는 硬化工程에서 水分蒸發을 最大限으로 防止시켜 주어야 합니다. 그러나 不幸히도 上記 두가지 工法은 傾斜型鋪裝機에는 適用하기 쉽지가 않습니다. 한편 지금까지 우리들이 알고 있는 바에 의할것 같으면 英國이나 벨지움과 같은 나라에서는 스티드타이어에 의한 路面磨耗는 별로 問題視되고 있지 않다는 것입니다. 그러나 아직도 이러한 事實이 콘크리트의 品質에 기인하는 것인지 스티드타이어를 많이 使用하지 않고 있기 때문인지 또는 氣候가 溫화하고 濕氣가 많은 탓인지 路面磨耗에 관한 實際的인 調査가 없었기 때문인지는 알려져 있지 않습니다. 여하간

스터드타이어에 의한 路面磨耗를 減少시키기 위해서는 一定한 法的措置가 取해져야 하지만 타이어製造業者들도 이에 協助해 할 것입니다.

다음에는 콘크리트鋪裝을 相異한 組成의 두 支持層으로 建設하는 問題에 關係 言及해 보기로 하겠습니다. 우리가 알기로는 이 工法을 몇몇 국가에서 이미 實施해 본것으로 알고 있는데 이 경우에는 鋪裝表面을 建設할 때 보다 質이 좀 낮은 骨材를 使用하여도 무방하며 使用骨材量도 3분의 2 以下로 하여도 된다고 합니다. Cornelius 氏가 實施한 調査內容을 보면 이 工法으로도 路面의 均一性을 充分히 얻을 수 있다고 말하고 있습니다. 한편 이 工法에는 上記와 같은 利點이 있는 反面에 콘크리트의 믹싱工場과 運搬에 不便을 주는 缺點을 갖고 있습니다.

콘크리트鋪裝 建設에 있어서 네번째로 問題되는 것은 콘크리트의 品質管理로서 이에 關係서는 現在 몇가지의 새로운 傾向으로 指向하고 있는 實情입니다. 즉, 現場에서 使用하게 될 콘크리트의 材料를 豫備試驗을 實驗室에서 實施하고 機械類는 工事現場에서 試運轉한후 現場에서 點檢한다는 것입니다. 그러나 品質管理體制에 있어서 大形 鋪裝工事現場에서는 處理工程의 速度는 높일 수 있으나 材料配合 및 믹싱, 그리고 打設하는 工程 中에 錯誤가 생기면 즉시로 알아내서 修正할 수 있는 試驗方法이 아쉬운 實情입니다. 따라서 오늘날에 와서는 아직 굳지않은 콘크리트의 表面均一성과 空氣含量 및 鋪裝의 매크로 粗度(macro-rugosity)나 콘크리트의 強度 등을 測定할 수 있도록 考案된 신속정확한 非破壞試驗法을 開發中에 있으나 이 方法 역시 아직도 많은 問題點을 내포하고 있습니다. 完全히 硬化된 콘크리트의 強度는 壓縮試驗에 의하는 것 보다는 오히려 引張強度試驗에 의하여 決定하는것이 훨씬 精確합니다. 우리가 Bern 에 到着하였을 때에 우리들에게 배포된 PIARC 콘크리트道路 技術委員會가 作成한 圖表를 보면 위에서 말한 引張強度試驗에 의한 콘크리트強度決定論은 별로 큰 支持를 받지 못한 것으로 보입니다.

콘크리트鋪裝의 路面粗度 역시 問題되고 있는데 콘크리트鋪裝의 品質決定基準에는 粗도에 대한 基準을 무시할 수 없습니다. 여기에서는 무엇보다도 最小橫方向摩擦係數를 決定하는 問題와

走行車輛의 速度가 增加하더라도 一定한 係數以下로는 더 以上 減少되지 않도록 하는 두가지 問題가 생깁니다. 그러나 一般의으로는 速度基準을 50km/h로 定하였을 때에 摩擦係數의 最大許容減少量은 20~80, 또는 20~120 程度를 道路의 狀態 또는 交通狀態 등을 考慮하여 適用하는 것이 보통입니다.

道路表面이 濕潤狀態에 있을 때, 특히 夏節期에 있어서는 新設道路上에서 뿐 아니라 既存道路에서도 表面粗度는 滿足한 狀態에 있지 않으면 안됩니다. 季節과 年數에 따른 摩擦係數의 變化에 關係한 研究도 좀더 充分히 實施되어야 합니다. 現在로는 鋪裝表面의 粗도에 대한 許容試驗値와 미끄럼危險値를 區分하여 놓은 것에 不過합니다. 그러나 최근에 와서는 路面이 미끄러워서 發生하는 車輛事故의 社會的인 問題, 完成된 鋪裝에 粗度を 再生시키는데 所要되는 費用, 콘크리트道路의 壽命 및 交通量의 增加 등은 결국 매크로組織의 거친 骨材를 레미콘에 混用하는 工法을 導入하기에 이르도록 유도하고 말았습니다. 결국 耐磨耗性硬質骨材를 使用하여 만든 콘크리트 鋪裝表面이 아직 完全히 硬化되기 前에 橫方向으로 그루우빙(grooving)을 實施하거나 스텐딩(studding)을 實施하는 두가지 方法으로 現在로는 훌륭한 效果를 挙우고 있습니다.

橫方向 그루우빙(grooving)은 보통 15~30 mm의 幅과 5~7mm의 깊이로 물매(channel)를 콘크리트鋪裝表面에 만드는 것인데 각 그루브 間의 間隔은 規則的으로 하기도 하고 不規則的으로 實施하기도 합니다. 橫方向으로 水分의 分散을 加速시킴으로써 이 그루브들은 鋪裝表面에 形成되는 水膜의 두께를 最小한도로 줄여 주고 鋪裝材料 中の 粗骨材와 細骨材도 耐磨耗性의 것을 使用하기만하면 路面의 粗度 역시 數年間은 滿足할 만한 狀態로 維持시켜 줍니다. 또한 路面에 그루우빙을 함으로써 強렬한 太陽光線과 相對方向에서 닦아오는 車輛의 헤드라이트 등으로 인한 運轉者의 눈부심 같은 것도 多少 減少시켜 줍니다(그러나 高速道路邊의 街路燈의 光度는 그루우빙을 實施하지 않은 콘크리트鋪裝 보다 그루우빙 한 것이 약간 더 밝

야야 합니다). 最近 이 그루빙工程은 完全히 機械化되어 있습니다. 1953年 및 1957年 부터 벨지움에서 實施되기 시작한 아직 完全히 굳지 않은 콘크리트鋪裝表面의 스테딩工法은 路面粗度形成에 대단히 훌륭한 效果를 나타내고 있습니다. 이러한 事實은 1973年當時 一方向으로 日間 4,500臺가 往來하는 交通量을 갖고 있는 Bury와 Braffe間的 實驗道路와 오늘 아침 Session C에서 Leyder氏가 發表한 報告內容을 보더라도 立證되고 있습니다. 최근에 와서는 콘크리트 속에다 天然 내지는 人工纖維를 混入하는 工法을 纖維製造業者 및 專門家들과 긴밀한 協助下에 벨지움道路研究센터가 研究開發 中에 있습니다.

本人이 強調하고 싶은 內容 中에서 마지막 것은 콘크리트를 打設한 후 完全히 硬化되기 前의 콘크리트(green concrete)의 保護問題입니다. 이것은 콘크리트鋪裝 建設에 있어서 가장 重要한 工程 中의 하나이며 氣候條件과 使用되는 콘크리트種類에 付合되는 方向으로 施工되어야 합니다. 콘크리트養生劑에 대한 品質基準은 數年前에 Reverdy氏에 의해 明確히 規定되어 여러 나라에서 이미 適用되고 있습니다. 品質基準 가운데서 6개만을 列舉해 보면 다음과 같습니다.

- 水分蒸發係數: $m \geq 75 \sim 80\%$
- 赤外線反射係數: 減磨合屬
- 養生期間: 1~2時間 以下
- 粘度: 50 centistokes (20°C)
- 물과 시멘트의 Ca^{++} 와의 反應은 許容하지 않습니다.
- 車輛이 通行하게 되면 即時로 사라져야 합니다.

한편 品質管理를 위해서는 여러가지 製品에 대한 比較試驗을 實施해야 하며 適應試驗도 定期的으로 行하는 것이 바람직합니다. 養生劑는 材料에 均等하게 分散되어야 하며 硬化時에는 항상 알맞게 過度한 水分蒸發을 막기 위해 덮어 주도록 해야 합니다.

콘크리트鋪裝의 施工方法에 관한 本章의 結論을 어떻게 내릴 것인가? 本人이 생각하기에는 아직 좀더 詳細한 分析을 해야될 것이 남은 것으로 믿습니다. 그후에 分析結果를 綜合하고 各種 施

工法上的 差異라든지 또는 理論이 相反되는 技術的인 問題들 간의 選擇方法을 포함한 콘크리트鋪裝의 耐久性 내지는 經濟性에 관한 問題들을 充分히 考慮해야 될 것으로 압니다. 우리들의 意見으로는 벨지움의 CRIC 所長인 Pierre Dutron氏가 오늘 아침에 發起한 提案은 이러한 觀點으로 볼 때에 充分히 檢討해 볼만한 것이 아닌가 생각됩니다.

結論으로 本人은 콘크리트鋪裝의 維持·補修에 관해서도 簡單하게 付言하고자 합니다. 콘크리트道路의 維持·補修問題를 解決하기 前에 一般的인 問題上的 性質을 살펴보면 道路의 維持·補修의 根本的인 目的은

- 長期的인 見地에서 볼 때에는 資本投資의 保護와 交通開發에의 適應이라고 볼 수 있으며,
- 短期的인 見地에서 볼 때에는 道路利用者에게 바람직한 서어비스를 提供해 주는 것입니다.

새로운 鋪裝의 規格을 定하는 方法과 道路의 維持·補修 및 補強法 間的 긴밀한 關連性을 망각하는 경우가 許多합니다. 大部分의 나라에서는 道路建設을 위한 投資額 中 20~40%는 매년 道路維持 및 既存 道路網을 補強하는데 使用된다고 합니다.

앞으로는 道路網의 擴張과 交通量의 增加에 따라 늘어나게 될 道路의 維持費는 費用執行方法과 補修作業의 構造 및 技術者 訓練과 行政處理 등에 根本的인 改善이 이루어져야 할 것입니다. 한편 우리가 잊어서는 안될 것은 대부분의 道路補修工事は 그 作業條件이 대단히 不利한 가운데서 行해지는 것이 보통이라는 것입니다.

그리고 實際로 道路補修工事費를 策定할 때에는 「作業中」이라든지 危險標示 등을 마련하는데 必要한 費用도 加算하지 않으면 안됩니다(어떤 경우에는 이러한 道路補修을 위한 準備作業費가 補修費 自體와 비슷하게 들 때도 있습니다). 또한 道路補修工事場을 設置함으로써 發生한 交通事故를 포함하는 道路利用者 및 道路補修工들에게 미치는 要素도 考慮되어야 합니다.

道路補修作業은 미리 計劃된 것이어야하며 通行車輛에 支障을 초래하지 않도록 道路補修政策에 따라야 합니다. 이러한 道路補修政策에 관한

내용은 OECD道路研究所가 發表한 報告書에 說明되어 있습니다.

그러면 全般的인 콘크리트道路鋪裝 建設에 關한 問題解決에 어떠한 態度로 臨해야 할 것인가?

(1) 첫째로 基本的인 모든 情報資料가 準備되어야 합니다. 이것은 道路磨耗의 形態와 鋪裝破損의 範圍 등에 關한 資料를 蒐集해야 한다는 뜻입니다. 道路鋪裝의 補修를 위한 診斷作業은 그 鋪裝의 歷史의 背景에 關한 記錄原本을 入手한 후에 實施하여야 올바른 解決策을 강구할 수가 있습니다. 그리고 肉眼으로도 明確히 識別할 수 있는 點檢表도 作成되어야 하며 繼續的이며 效率的인 測定方法으로 體係的인 觀察을 할 수 있어야 합니다.

(2) 破損의 形態가 파악되고 난 후에는 標準規格을 蒐集함으로써 品質規格으로부터는 品質基準을 規明할 수 있고 定量規格으로부터는 必要한 品質을 얻는데 所要되는 資料를 規定지을 수 있으며 또한 生産性規格으로부터는 必要한 生産性에 關한 資料를 얻을 수 있습니다.

(3) 優先順位는 全般的인 鋪裝의 物理的 特性과 道路利用者를 위한 安全度 및 安樂과 美觀의 必要성과 같은 一般的인 要素에 두어야 합니다.

(4) 優先順位를 決定하는에는 大規模 行政體制도 큰 도움을 줄 것이며 工事費를 算定하는에는 生産성과 作業計劃에 關한 資料를 充分히 參照해야 합니다.

이제 本人이 附言하고 싶은 것은 콘크리트의 維持에 關한 것인데 이 問題에 있어서는 무엇보다도 鐵筋으로 補強되지는 않았으나 필러(filler) 없이 연결점이 좁은 短尺슬랩과 連續鐵筋콘크리트道路鋪裝의 區別을 하는 것이 重要합니다. 콘크리트道路를 補修할 때에는 連結支點의 덧입힘 工事(re-sealing)라든지, 龜裂이 생긴 곳에 콘크리트를 再注入工事 내지는 축대의 修理, 슬랩의 部分的 再生 및 交替 등과 같은 局部的인 工事は 路面을 再鋪裝한다든지 슬랩 全體를 들어내고 交替하는 등의 大規模工사와 完全히 區別하여 實施되어야 합니다. 한편 舊鋪裝表面에 얇은 콘크리트層으로 덧입히는 再鋪裝工事は 여러나라에서 實施한 결과 훌륭한 成果를 견우고 있는것으

로 알고 있는데 이 工法은 앞으로 더욱 開發해 볼 價値가 있는 것으로 봅니다

歷靑材를 使用하는 路面再鋪裝工法에 關해서도 많은 進歩가 이루어 졌는데 이 工法의 原來의 目的은 不實하게 建設된 鋪裝이나 심한 磨耗로 인해 路面이 아주 미끄럽게 되어버린 鋪裝의 粗度를 再生시키는데 있습니다.

우리들은 이제 콘크리트鋪裝의 局部的인 補修와 全般的인 大規模 補修工事に 關한 여러가지 技術的인 問題들을 次期 會議의 議事日程에 包含시켜 좀더 詳細히 檢討하기로 하고 本人은 오늘 工事費評價와 補修鋪裝의 耐久性 및 工事施工의 機械化에 關한 標準示方書 作成 등에 대해 서 言及해 보기로 하였습니다.

끝으로 議長과 신사·숙녀 여러분, 나의 同僚, de Hénaut 氏가 提案한 바와 같이 콘크리트鋪裝道路를 一連의 고리(link)로 連結된 起重機의 체인(chain)으로 比喩해 볼 때, 첫번째 고리는 工事計劃에 該當되고 그다음번 고리는 順次的으로 施工, 建設機械, 人力, 整備 및 補強 등에 該當됩니다. 또한 本人이 이 자리서 提起하고 싶은 案件은 職業的인 訓練과 各種 道路建設工法에 關한 技術交流問題입니다. 이와같은 事例은 지난 數年間に 걸쳐서 Union Suisse des Professionnels de la Route 가 수행한 업적에서 찾아볼 수 있습니다.

그러나 이러한 事業을 改善하고 追進하기 위해서는 무엇보다도 研究活動을 促進시켜 나가지 않으면 안됩니다. 그리고 複雜하고도 緊要한 이 事業을 원만히 수행해 나가려면 各 研究所 간의 協同을 強化해야 하는데 이에 關한 좋은 例로는 PIARC 와 OECD 道路研究計劃을 들 수 있습니다. 그러나 우리가 잊어서는 안될것은 어떤 研究가 完了되면 그것으로 끝나는 일이 있어서는 결코 안된다는 것입니다. LCPC의 前 所長이었던 Peltier 氏는 그의 著書에서 「建設工事現場을 위해 奉仕하는 實驗室」이라는 適切한 表現을 쓰고 있습니다. 本人이 여기에 附言하고 싶은 것은 道路建設에 從事하는 者가 設計를 하는 사람 이든, 研究에 從事하든, 아니면 請負業者 및 補修工이건 간에 항상 道路利用者, 地域社會, 社會的 技術的 및 經濟的 發展 등에 關한 責任은

물론 궁극적인 目的인 道路의 耐久性, 均一性, 安靜感, 表面粗度 및 確實性 등에 대한 責任感을 느껴야 한다는 것입니다.

本人은 끝으로 우리들 各者는 道路技術者든 飛行機滑走路技術者든 간에 每日같이 이 問題들에 關心을 가져야 한다고 確信합니다.

J. Bailly (Directeur Général, Ciments Lafarge, Paris)

本人은 지난 水曜日부터 경청해 오던 本 심포지움에서 發表된 各種 報告書들을 萬만하게 結論을 내리는데 많은 功獻을 해 주신 Eisenmann 教授와 Reichert 氏에게 진심으로 感謝드립니다. 이제 結論을 내릴 時間이 닳아 왔습니다. 그런데 여기서 한가지 여러분께 말씀드리고 넘어가야 할것은 本 심포지움의 原來의 議事日程에 약간의 變更事項이 있었다는 것입니다. 여러분도 아다싶이 4個 會期(Session)의 各 議長들이 各己 自己나름 대로의 結論을 내려주기로 原來 計劃 하였는데, 그 후 各 議長들과 組織委員會에서는 本 심포지움의 結論을 한사람이 要約하는 것이 바람직 하다는데 合意하였습니다. 따라서 各 會期の 議長들은 이 일을 Schüepp 氏에게 委任하고 Schüepp 氏는 이것을 쾌히 受諾하였습니다.

W. Schüepp (Zürich)

本會場은 심포지움이 처음 시작될 때와 마찬가지로 마지막 午後會議에도 滿場해 주셔서 本人은 대단히 滿足스럽게 여기며 이것은 分明히 本 심포지움이 成功의이었다는 徵兆라고 봅니다.

한편 本人은 미리 選拔되어 委囑받은 著者들이 提出한 實質的인 施工問題에 關係 다루었으며 各 會期別로 크게 功獻할 수도 있었던 6片의 報告書를 本 심포지움에 包含시키지 못한것을 대단히 遺憾으로 생각하는 바입니다. 各 會期別로 計劃은 하였으나 發表되지 못한 6片의 報告書들을 列擧해 보면 다음과 같습니다.

Session A : 一高速道路用 油壓結束劑로 安定處理된 支持路盤層에 關係하여(프랑스)

Session B : 一建設機械의 選定과 應用方法에 關係한 請負業者의 役割(영국)

一傾斜型鋪裝機(slip-form paver)와 道路鋪裝 工事

Session C : 一打設時 레미콘에 應用된 除水鹽 試驗法과 그 注入法에 關係한 報告

一持續的인 미끄름抵抗特性을 갖는 콘크리트 鋪裝에 關係한 報告(스칸디나비아)

Session D : 一可撓性鋪裝과 剛性鋪裝의 建設費 또는 維持費에 關係한 比較研究(스칸디나비아)

또한 本人은 各 會期마다 報告書 發表時間을 短縮하지 않을 수 없었던것을 遺憾으로 생각합니다. 이것은 大多數의 參席希望者들이 登錄을 늦게 하였기 때문이며 따라서 本 심포지움이 시작되기 6週前에 報告書의 寫本들을 다른 代表者들에게 配布하려다 보니 모든 提出된 報告書를 檢討할 充分한 時間의 餘裕가 없었습니다. 그 동안에 提起되었던 大部分의 質問들은 本 심포지움 중간에 우리들이 가졌던 現場見學때에 詳細히 說明되었고 個別的인 解答을 얻었으리라 믿습니다. 油壓結束劑로 安定處理된 支持路盤層에 關係한 討論은 매우 有益하였으며 興味도 있었습니다.

이제 本人은 路盤 및 表面下 路盤에 關係 討論한 技術會期였던 Session A 에 대하여 간단히 言及해 보고자 합니다. 路盤의 品質과 耐久性에 關係한 進前은 크게 이룩된것이 分明하며 이것은 유럽의 모든 道路技術者들의 功獻에 기인한 것으로 압니다. 위에서 말한 바 있지만 最優秀品質의 路盤層만 確保된다면 要望되는 特性은 保障받을 수 있습니다. 빈번한 交通量을 가진 試驗區間의 調査結果는 시멘트로 結束된 支持路盤層을 開發케 해주었으며 이것은 結局 路盤의 均一性을 確保할 수 있게 하여 주고 나아가서는 鋪裝의 壽命까지 延長시킬 수 있게 되었습니다.

시멘트로 結束된 路盤層에 發生되는 微細한 龜裂은 Eisenmann 教授가 그의 報告書에서 말하였듯이 安定處理된 路盤層의 荷重支持力에 미치는 影響이 크기 때문에 대단히 重要視 되고 있습니다. 이러한 路盤層의 施工이나 現場試驗은 물론 微粒細骨材 및 거친 실트 및 粘土의 신중한 初期試驗方法이 詳細히 說明되었으며 매우 重要한 것임을 認定받았습니다. Zurich-Winterthur 間의 高速道路와 Kloten 空港滑走路의 安定設計된 大型 上部構造物建設現場에의 見學으로 우리는 이러한 새로운 施工法의 利點과 經濟性에 關係한 훌륭한 實例를 볼 수가 있었으며 또한 地方

의 土質을 最大限으로 利用할 수 있다는 可能性도 배울 수가 있었습니다. 오늘날 在來式 鋪裝工法으로는 現代의 輻輳하는 交通量을 充當할 만한 荷重支持力을 갖는 道路建設은 不可能합니다. 그러나 本 심포지움에서 學論된 새로운 工法의 路盤 荷重支持力을 보면 路盤이 要求하는 安定化基準이 各 層別로 同時에 滿足될 수 있을 때에는 強度增加를 하는데 各 路盤層의 두께를 增加시키는 것이 훨씬 有利하다는 것을 알게 되었습니다. 本人은 또한 스위스의 到處에서 볼 수 있는 地質學的 條件에서 調查研究한 結果에 따른 土質의 시멘트安定處理工法은 앞으로 다른 나라에서도 많은 發展이 있을 것으로 믿습니다. 實際試驗에 입각하여 開發된 이와같은 科學的인 新構造物은 路盤의 特性을 左右하는 良質의 細骨材와 粒骨材가 그리 흔하지도 않으며 價格도 비싸기 때문에 이러한 原料들로 構成되는 在來式 鋪裝構造가 머지않아 代替될 것입니다.

鋪裝設計와 技術 및 建設機械 등을 다룬 Session B에 있어서는 유럽콘크리트 道路規格 및 示方書의 縱觀圖表를 參照하지 않을 수 없습니다. 이 圖表는 PIARC의 콘크리트道路 技術委員會가 本 심포지움을 위해 作成한 것입니다.

本 심포지움에서 들어난것 중의 하나는 最近에 와서 無筋콘크리트鋪裝인 경우에는 5~6m 程度이고 鐵筋콘크리트인 경우에는 8~12m 程度의 短슬랩을 採用하는 傾向이 있다는 것입니다.

벨지움의 專門家들은 그들이 새로 建設한 道路(20cm의 두께와 0.85%의 縱斷鐵筋으로 補強)에 適用한 連續鐵筋法과 낡은 鋪裝의 補強法에 關해 說明하였습니다.

鐵筋콘크리트鋪裝의 利點은 安全한 自動車運行을 할 수 있다는 것과 道路鋪裝補修가 不必要(즉 交通遮斷이 없습니다)하고 建設費가 低廉하다는 것입니다. 지금까지의 經驗에 의할 것 같으면 除氷鹽에 의한 鐵筋의 腐蝕에 關한 問題는 格정할 必要가 없는 것으로 나타났습니다. 獨逸에 있어서의 自動車道路에 있어서는 이미 道路標準示方書가 完成(TV Boton 72)되어 合理的인 典型的 斷面이 決定되어 있습니다. 粒度骨材에 關한 技術的인 利點도 詳細히 言及되었습니다. 어떤 地域에 있어서는 經濟的인 利點도 有

합니다. 道路補修 및 新設工事が 끝나고 早期(여름에는 2日, 겨울에는 4~6日 程度)에 開通하고 連結支點을 設置하여 橫斷龜裂을 防止할 수 있다는 可能性은 道路技術者 및 施工業者들에게 많은 興味를 불러 일으켰습니다. 따라서 施工完了後 開通을 早期에 할 수 있는 어떤 基準値를 設定할 것을 提案하고 그 業務를 PIARC 委員會가 떠맡도록 하였습니다.

新設콘크리트鋪裝의 龜裂에 關한 科學的인 解明도 擧論되었습니다.

傾斜型鋪裝機(slip-form paver)와 在來式 鋪裝法을 經濟的 및 機能的 見地에서 比較하였습니다. 不幸히도 스위스에서는 이 高度의 機械化된 施工法이 認定 받기에는 어려운 점이 많습니 다. 그 理由는 當局이 主要 幹線道路의 路面에 關한 疑問點을 제때에 解決하지 못하였을 뿐 아니라 建設業者 自身들도 投資하기를 꺼려 하였기 때문입니다. 유럽에 있어서 이러한 새로운 施工法을 使用해 본 典型的인 實例는 볼란서, 벨지움, 체코슬로바키아 그리고 스페인 등에서 찾아 볼 수 있습니다. 美國에서는 이 施工法이 아주 支配的입니다. 그런데 여기에서는 傾斜型鋪裝機를 利用하는 施工法이 약 3m 程度의 地方道路建設에 많이 그리고 成功的으로 適用되고 있는 實情입니다. 벨지움, 독일, 오스트리아 그리고 스위스에서는 都市나 2等 및 地方道路에 콘크리트가 많이 쓰입니다. 이 工法은 主로 土質의 荷重支持力이 弱한 곳에서 많이 使用됩니다. 특히 이 工法이 魅力을 끄는 理由는 路盤의 絕對量을 減少할 수 있고, 地方道路工事に 效果가 좋으며, 路面의 磨耗가 적고, 路面의 가장자리까지 全面을 고루 使用할 수 있으며, 또한 維持費가 적게 든다는데 있습니다.

프랑스와 네델란드에서는 飛行場建設로 인해 새로운 工法을 開發하였습니다. 즉 프랑스에서는 傾斜型鋪裝機法을 利用하여 20cm 두께의 시멘트安定處理된 路盤위에 40cm 두께의 無筋콘크리트 鋪裝을 建設하였더니 工費도 적게 들고 構造物도 아주 훌륭하였습니다. 콘크리트의 生産工場과 打設裝備를 改善함으로써 工費를 8年만에 20% 以上 節減할 수 있었습니다. 이 콘크리트工場은 現在 時間當 240~300m³의 生産高를

올리고 있습니다.

現在 홀랜드(schiphol)에서는 샌드위치시스템을採用하여 荷重支持력이 弱한 表面下 地盤에 18cm 두께의 PC 콘크리트를 使用하고 있습니다.

이 두가지 建設工法の 必須條件은 飛行業務에 支障을 초래하는 補修工事が 必要없어야 한다는 것입니다.

다음에는 車輛運轉에 便利하고 安全한 交通에 關해 討論한 Session C에서는 多種報告書 및 討論들을 總網羅하였습니다. 여기에서 學論되었던 內容은

- 路面的 均一性
- 미끄름抵抗
- 磨耗
- 交通安全, 視野, 水膜形成에 의한 水上滑走
- 氷結 및 除水鹽에 대한 抵抗力, 특히 施工 錯誤와 豫想外的 過重한 交通量 등으로 인해서 抵抗力이 減少했을 경우의 再生方法

以上과 같은 道路鋪裝의 特性들은 모두 交通事故를 防止하는 가장 重要한 役割을 할 수 있지만 事故의 標本的 原因이 되는 경우는 그리 흔하지 않습니다.

오늘날 콘크리트鋪裝을 建設할 때 要求되는 路面的 均一性을 達成하는 것은 그리 問題가 되지 않습니다. 一般的으로 2層路盤法이 單層路盤法보다 鋪裝의 質이 더 좋다는 것을 알게 되었습니다. 그리고 鐵筋콘크리트法이 無筋콘크리트法보다도 훨씬 道路利用者들에게 우수한 效果를 發揮합니다. 在來式 機械를 使用하든지 傾斜型 鋪裝機를 使用하든지 간에 道路利用者를 위한 安全感에는 별로 影響을 주지 않습니다. 現在 使用하고 있는 鋪裝치수法 및 장부측接合法에 있어서 路面的 安全도를 높이는 것은 크게 問題되고 있지 않습니다.

不幸히도 中央유럽에 있어서는 路面的 평면도를 測定하는 器具는 나라마다 다릅니다. 그래서 施工錯誤로 생긴 고르지 못한 路面은 研磨機로 간단히 修正합니다.

미끄름抵抗力, 특히 初期미끄름抵抗力의 維持에 關해서는 意見이 분분합니다. 한편 事故가 났을 경우에는 이 미끄름抵抗의 重要性을 너무 過大評價합니다. 國際科學搜查本部에 의할것 같으

면 事故時 미끄름抵抗은 85% 以上은 役割을 하지 못한다고 합니다. 미끄름抵抗은 鋪裝에 使用된 骨材와 地形에 크게 左右됩니다. 石灰石으로 主로 構成된 骨材는 磨耗가 쉽게 되기때문에 미끄름抵抗力이 弱합니다.

미끄름抵抗을 오래동안 持續시키려면 路面에 石英이 섞인 骨材의 使用量을 增加시킨다든지 合成人造石을 많이 使用하면 됩니다. 또한 粒度骨材와 磨耗抵抗性이 높은 骨材를 使用해도 미끄름抵抗력을 改善할 수 있습니다. 硬質骨材와 軟質骨材로 構成된 骨材構造物에 있어서 스티드타이어(studded tyre)를 採用한 車輛이 集中的으로 通過한다든지 하여 路面에 磨耗現狀이 불규칙하게 생기면 路面에 매크로(Macro)粗度狀態를 이루게 되어 미끄름抵抗력을 增加시켜 줍니다.

水下滑走現象은 매크로粗度狀態의 미끄름抵抗력과 밀접한 關係를 갖고 있습니다. 路面에 생기는 水膜은 鋪裝表面에 從橫으로 그루빙(grooving)을 實施함으로써 防止할 수 있으며 또한 水上滑走現象으로 인한 車輛事故도 豫防할 수 있으나 그렇다고 해서 반드시 미끄름抵抗力이 改善된다고는 볼 수 없습니다. 벨지움과 英國의 道路專門家들은 完全히 굳기 前 狀態에 있는 콘크리트鋪裝表面에 그루빙을 깊게 形成시킴으로써 交通上의 危險性을 지닌 水上滑走現象을 除去할 수 있다고 말하고 있습니다. 10年間에 걸친 벨지움에서의 實驗結果를 보면 그루빙을 깊게 形成시켰다고 하여 車輛이 通過할 때 騒음이 난다든지 스티드타이어로 인한 路面磨耗가 심하다든지 하는 일은 전혀 없었다고 하는것을 알 수 있습니다.

콘크리트鋪裝의 또 한가지 利點은 雨天時에도 運轉者의 視野를 흐리게하는 要素를 減少시켜 주고 車輛에 의한 물탕튀기는 現象과 大型車輛의 後尾에서 들려오는 물치는 騒音도 훨씬 減少시켜 준다는 것입니다.

路面的 磨耗狀態 및 表面構造를 測定하는데는 振子裝置(pendulum device)와 샌드패치法(sand patch method; 英國) 및 流量法(flow method; 獨逸)등의 簡單한 裝備 外에도 여러가지 制輪試驗에서 얻은 摩擦係數와 最大摩擦係數 및 側方向摩擦係數 등도 適用되고 있습니다.

또한 興味로웠던 討論은 路面이 車輛의 빈번한 往來로 인해 매끄럽게 된것을 合理的으로 機械를 利用하여 거칠게 만드는 粗度成形法에 관한 것이었습니다.

北유럽과 中央유럽에 있는 여러나라들은 4~40年 묵은 既存道路에서 얻어낸 路面의 磨耗量 測定値를 交通指數의 函數로 使用하고 있는데 이것은 適切한 粗骨材를 選定하고 粒度를 잘 맞추어 使用하면 耐磨耗性을 從前 보다 약 2~4倍는 增加시킬 수 있음을 立證하고 있습니다.

氷結 및 除氷鹽에 대한 콘크리트表面의 抵抗力 問題는 氣泡에 관한 基本的인 知識과 施工法만 올바로 適用시킨다면 充分히 解決될 수 있음이 再確認되었습니다.

스위스에서는 現場試驗을 통해 新設콘크리트 鋪裝의 空氣量測定 뿐만 아니라 顯微鏡試驗과 薄片의 評價까지 해 내고 있습니다.

콘크리트表面이 氷結 및 除氷鹽에 대한 抵抗力이 充分하지 못한 境遇를 위해서 스위스에서는 아마인油(linseed oil)를 보다 깊숙히 鋪裝에 注入시키는 方法을 開發하였습니다.

콘크리트鋪裝의 補修와 補強 및 維持에 관해서는 連結필러(joint filler)를 再生하고 龜裂된 곳을 시멘트페이스트로 再充填하고 조금씩 움푹 파인 곳을 修理하다가 내려앉은 슬랩을 다시 고여서 올려놓는 등의 局部的인 作業은 지금까지 우리들에게 잘 알려진 各種工法으로도 充分히 成功的으로 해 낼 수 있다는 것을 알게 되었습니다. 그리고 이 보다 規模가 큰 補修工事에는 두꺼운 콘크리트板을 製造하여 修理해야 할 路面區間을 덮어버리는 것이 效果의이라는 것이었습니다. 한편 薄板으로 된 合成人工코우팅法도 開發이 되긴 하였으나 이 技術은 아직 完全하진 않고 앞으로 많은 研究가 必要합니다.

Session D에서는 콘크리트鋪裝의 經濟的인 局面도 5人的 專門家들에 의해 다루어졌습니다. 이 經濟的인 問題는 Session B와 C에서도 簡單히 취급되긴 하였습니다.

最終的인 分析으로 言及하고자 하는 것은 모든 報告書들이 대부분 建設과 維持費 間의 相關關係를 指適하고 있다는 것입니다. 耐久성과 資本調達 및 利率은 工費를 比較하는데 매우 重要한 要

素들이지만 評價하기란 결코 쉽지 않습니다. 그러나 道路의 치수를 決定하는 技術은 大同小異해야 한다는것이 先行條件이 되어야 합니다. 또한 아스팔트鋪裝과 콘크리트鋪裝을 國際的인 水準으로 評價하여 數値로 表示하기란 不可能합니다. 主로 英國에서 工事費 比較에 適用되고 있는 割引法(discounting method)은 치열한 論爭의 對象이 되긴 하였지만 本 심포지움에 參席한 大多數의 專門家들은 이것을 實現性이 희박한것으로 보고 있습니다. 여기에는 交通遮斷을 시키지 않고도 鋪裝補修工事を 할 수 있는지 없는지에 관한 經濟的 重要性을 지닌 個別的인 問題들이 뒤따르기 때문입니다. 더욱이 變化하는 結束劑의 가격과 品貴現象 내지는 화폐가치의 變化등을 포함시키기란 결코 쉬운일이 아닙니다. 가장 經濟的인 解決策을 모색하기 위하여 鋪裝의 選定權을 道路施工 請負業者들에게 일임하자는 提案은 完全히 포기되어야 합니다. Ray氏가 말한 AASHO의 15項目의 施工基準을 보더라도 鋪裝의 選定은 請負業者들에게 위임해서는 안된다는 것입니다. 이 問題에 대한 여러 參席자들이 내린 結論을 몇가지 引用하면 다음과 같습니다.

Löwenberg氏는 自動車道路에 있어서 鋪裝建設費와 維持費를 60年間 比較해 본 結果 콘크리트를 使用하는 것이 가장 經濟的인 方法이었다고 報告하였습니다. 즉 高純度아스팔트는 콘크리트보다 약 65% 더 비싸고 보통아스팔트는 약 17% 더 비싼것으로 나타났다고 합니다. 이러한 數的 比較가 어느程度 精確한가는 獨逸에서 歷青材鋪裝이 建設되어 長期間 使用되어 왔음에도 불구하고 「TV Beton 72」 示方書에 따른 콘크리트 鋪裝과 1973년에 連續鐵筋콘크리트스랩으로 아스팔트鋪裝을 補修하고 난후 工費評價를 하자 곧 모든 鋪裝工事を 콘크리트로 施工하기 시작하였다는것 만을 보아도 잘 알 수 있습니다.

그러나 이것은 오직 高速道路에만 適用되는 것이지 交通量이 적어서 車輛을 通行시켜 가면서 部分的으로 鋪裝을 修理할 수 있는 곳이나 交通을 完全히 遮斷해야만 하는 어떠한 2車線道路에도 適用되지 않습니다. 결국 이것은 이미 使用되고 있는 道路에 過重한 부담만 주는 交通混雜을 일으키는 結果를 초래하고 말것입니다. Vatiere

氏는 아스팔트鋪裝의 壽命이 30年이라고 볼 때 그 期間동안 적어도 세번은 補修를 해야한다고 말하였습니다.

오늘날의 物價指數에 의하면 32cm 두께의 콘크리트 高速道路鋪裝을 建設하려면 路盤構造까지 包含하여 A.S. 185/m²가 所要되며 33cm 두께의 高純度아스팔트鋪裝을 建設하는데는 境界層과 路盤構造物을 包含하여 A.S. 180/m²가 所要됩니다. 그리고 5cm 두께의 歷靑路面을 再生시키는 費用은 A.S. 60/m²가 든다고 합니다.

만일 콘크리트鋪裝의 壽命期間 동안 歷靑材鋪裝의 再生을 3번 할 수 있는 費用을 아스팔트鋪裝을 建設하는데 要하는 費用에 合친다면 콘크리트鋪裝의 建設費의 약 두배는 될것입니다. 이것을 볼 때 콘크리트鋪裝의 經濟性에는 의심의 여지가 없으며 「오스트리아의 設計技術이 數年間의 서서비스를 통해 우수한 것임을 證明하였는가?」라는 質問은 分明해졌다고 봅니다.

Lake 氏는 그의 報告書에서 無筋콘크리트鋪裝은 슬랩接續을 할 때 간격을 좁히되 두께는 鐵筋콘크리트와 同一하게 使用해야 效果의이라고 말하고 있습니다. 그 後로 英國에서는 13名의 現場監督官이 모두 無筋콘크리트의 採用을 찬성하였습니다. 그리하여 1km 이상 되는 工區에 나간 現場監督官들은 施工業者에게 可撓性 鋪裝 보다는 콘크리트鋪裝을 권유하여 無筋콘크리트의 鋪裝設計가 經濟的임을 立證할수 있게 되었습니다.

收縮型接合點을 使用하도록 하는 것도 역시 콘크리트鋪裝의 經濟性을 左右하는 重要한 要素라고 볼 수 있습니다.

前에도 말하였듯이 現場監督은 請負業者에게 可撓性鋪裝과 콘크리트鋪裝을 둘다 提供하고 그로 하여금 選定하도록 하는 것은 콘크리트鋪裝이 英國에서 처음으로 전파되기 시작할 무렵에 採用했던 契約形式이었습니다.

英國의 Shell International의 集計에 의하면 英國의 高速道路 및 主要道路에 있어서 콘크리트使用量은 1970년에 6%이었던 것이 1971년에는 20%, 1972년에는 28%로 增加되었습니다.

地方道路의 콘크리트鋪裝費는 놀라울 정도로 安定勢를 보이고 있는데 이러한 現象은 콘크리트生産의 合理化 때문이라고 Vauthier 氏는 말하였습니다. 한편 在來式工事費는 엄청나게 올랐

는데 그 理由는 土質安定處理가 費用이 많이 들기 때문입니다.

일단 콘크리트鋪裝이 다른 어떤 鋪裝 보다 工費가 적게 든다는 것이 立證된 後로는 不便한 點이 多少 있더라도 대부분의 工事が 콘크리트로 行해졌으며 이것은 결국 콘크리트鋪裝의 利點이 充分히 認識되었음을 말해 주는 것입니다.

結論的으로 本人은 地方道路를 위한 鋪裝으로서의 콘크리트의 位置는 再論의 餘地가 없음을 強調하고 싶습니다. 統計數値를 보더라도 Vaud canton에서만도 콘크리트鋪裝이 상당히 開發되었으며 農業에도 대단히 重要함을 알 수 있습니다. 다만 몇곳의 特殊環境에서만 餘地 型態의 鋪裝이 實施되고 있을 뿐입니다.

Ray 氏의 報告書에는 交通量이 적은 地方道路의 콘크리트鋪裝을 設計하기 위한 交通量, 研究, 設計, 工事費 및 施工法 등에 관해 취급하고 있습니다. 美國에서는 이러한 鋪裝이 年間 降雨量이 30 inch가 넘고 冷氣의 浸透가 2~4 feet 되는 中西部地方의 여러 形態의 土質위에도 建設되고 있습니다. 이러한 道路들은 또한 開發地區 또는 地方의 農村에서 市場터까지의 道路에 廉價로 建設되어 有用하게 使用되고 있습니다. 콘크리트는 實로 交通量이 적은 地方道路의 鋪裝에 대단히 經濟的입니다.

最終的으로 分析해 볼 때 본 심포지움에서는 各國의 代表로 참석한 道路關係 當局者와 施工業者들을 포함한 모든 분들에게 實質的이고 有益한 知識을 담은 중요한 報告書가 많이 발표되었습니다. G.K. Ray 氏가 말한 바와 같이 美國의 全土를 누비는 高速道路網의 60% 以上이 콘크리트鋪裝으로 이루어졌고 이 高速道路網을 또다시 連結해 주는 2等道路의 85%가 역시 콘크리트로 鋪裝된 것을 볼 때 道路補修가 적고 交通遮斷을 감소시키며 앞으로도 더욱 많은 交通量을 增加시킬수 있는 콘크리트鋪裝道路의 利點은 再確認할 必要 조차 없는 것입니다.

또한가지 빼놓을 수 없는 것은 콘크리트道路 建設에 投資된 國家의 資金은 豫算上의 利益을 이미 본 것이나 다름없다는 것입니다. 그리고 이 같은 社會的 認識은 類似한 施工條件下에서 다른 어떤 道路 보다 월등한 콘크리트道路의 優秀性을 앞으로도 계속 開發해 줄것으로 믿습니다.