

시멘트 콘크리트鋪裝에 關한 小考

~ 海外시멘트 道路鋪裝 實態調查를 마치고 나서 ~

崔 彈

〈雙龍洋灰工業(株)技術部長〉

- ◇…… 筆者註:本 小考는 先進諸國의 시멘트 콘크리트 鋪裝實態 및 政策, 技術上의 諸般事項을 調查하여 ……◇
- ◇…… 國內 道路建設에 參考하기 爲해 組織된 Team의 一員으로 歐美諸國을 순방한 後 그 所感의 一단을 ……◇
- ◇…… 記述한 것이다.
- ◇…… 上記 調查 Team은 建設部 道路局 道路施設課 洪淳吉 課長을 비롯한 同 技術管理室 崔相萬 技佐, ……◇
- ◇…… 韓國道路公社 李 埴 設計課長 및 本人으로 構成되었으며 今番 調査활동에 關한 公務國外旅行 歸國報 ……◇
- ◇…… 告書는 「시멘트 콘크리트鋪裝技術에 關한 研究」란 名칭으로 建設部에서 共同作成・報告된 바 있다. ……◇
- ◇…… 따라서 本 小考는 專門인 技術事項이 아닌 一般인 趨勢를 洋灰業界에 알리기 爲해 作成된 것임 ……◇
- ◇…… 을 밝혀둔다. ……◇

1. 道路鋪裝工法의 趨勢

道路鋪裝의 歷史는 羅馬時代까지 거슬러 올라갈 것이나 近代의 鋪裝은 Scotland의 道路技術者 John Loudon Macadam이 100余年前에 Bituminous Macadam 道路를 建設한 것으로부터 始作되었다 할 것이다.

이후 道路鋪裝은 Asphalt 鋪裝이 主宗을 이루어 오다가 1910年代 美國 California州에서 Cement Concrete 鋪裝을 標準鋪裝으로 採擇한 以來 兩 工法이 並行, 施工되게 되었다. 1970年代까지 歐美各國의 道路鋪裝狀況을 보면 대체적으로 어느 한 工法에 치우침이 없이 施工의 편이성, 工法, 裝備, 資材의 新規開發 및 發展에 의하여 Asphalt 및 Cement Concrete 鋪裝이 並行되었으나 Topeka 工法의 開發以後 Asphalt 鋪裝을 選好하는 傾向이었던 듯하다.

그러나 1970年代의 Oil Shock 以後 Asphalt의 價格上昇으로 Cement Concrete 鋪裝技術의

急進的 發展이 이루어지고 있으며 工法研究, 資材裝備開發 등이 相當한 水準에 이르고 있는 實情이다.

歐美諸國은 自動車用 道路의 建設이 일찍부터 이루어진 관계로 대부분의 道路鋪裝이 이미 完了되어 이제는 維持補修와 既存道路의 補強을 통한 交通量增加에 對處하는 등 道路의 新設이 활발치 않은 實情 또한 사실이다.

우리나라의 경우 解放 및 6·25 動亂 이후 道路鋪裝이 시작되었으며 그것도 緊急한 建設의 必要性에 의하여 美國의 援助物資인 Asphalt에 의한 施工만 이루어져 各種裝備는 물론 技術者의 訓練을 포함한 諸般기술축적이 이 分野에만 集中되었었다. Oil Shock 이후 우리나라도 例外는 아니어서 88 올림픽 高速道路 등의 鋪裝을 Cement Concrete로 轉換케 되었고 이후 政府에서 Cement Concrete 및 Asphalt의 並行施行 내지 Cement Concrete의 우선 使用이라는 政策 變換에까지 이르고 있는 상황이다.

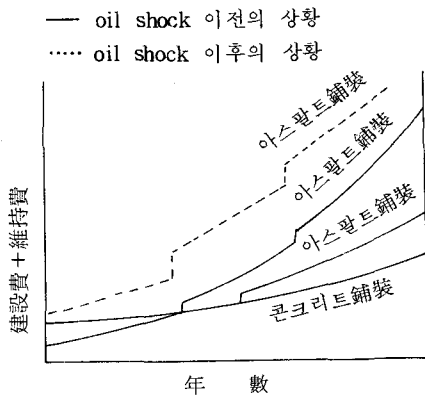
이는 經濟的 側面만이 아니라 그간 國內 建設

技術의 急進의 發展과 數次에 걸친 경제개발계획에 의한 社會與件의 變化, Cement供給能力的 完備 등이 뒷받침 된 것은 의심할 여지가 없다고 할 것이다.

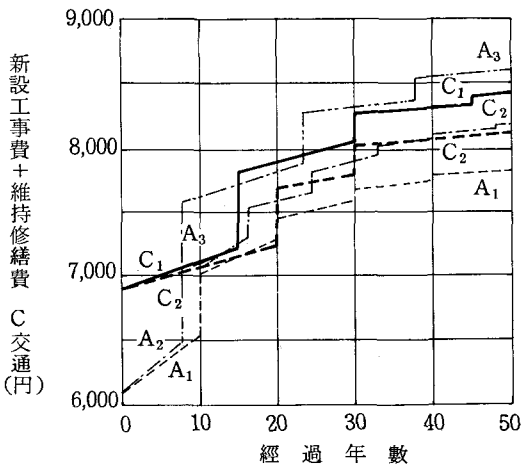
2. 道路鋪裝의 經濟性

道路鋪裝工法에서 Cement Concrete 鋪裝과 Asphalt 鋪裝의 經濟性 對比는 오랫동안 論爭의 대상이 되어 온 事項이다.

종래의 경우 <그림-1>에서 보는 바와 같이 初期建設費用은 Cement Concrete 工法이 高價이나 長期的으로 볼 때 維持補修費用에 의하여



<그림-1>



법례

- C 交通 : 地方道(第3種 第1級)
- A₁ A₂ A₃ : - Asphalt 포장의 설계종류

<그림-2>

Asphalt 鋪裝이 보다 더 高價인 것으로 나타난 다는 것이 一般의인 結論이었다.

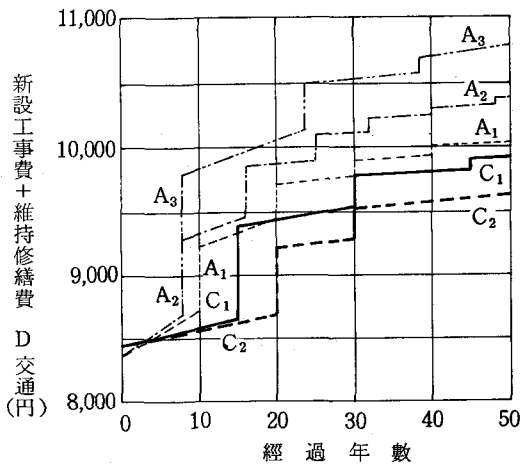
이에 대한 反論도 만만치 않아 1960年代로부터 이어져 오는 美國의 A.C.I(American Concrete Institute)와 A.A.I(American Asphalt Institute)의 論爭은 유명하여 이는 現在까지 간헐적으로 계속되는 實情이다.

1975年에 發表된 A.A.I의 論文인 「Energy Requirements for Road Pavements」에 의하면 Asphalt 鋪裝이 Cement Concrete 鋪裝에 比하여 總Energy消費가 1/2~1/3에 不過하다고 記述하고 있다.

이 경우 總Energy消費量이라 함은 道路의 建設工費는 물론 維持費, 各種 所要資材의 제작, 채취시의 所要費用, 나아가서 通過車輛의 油類消費, Tire 등을 포함한 維持費까지도 Energy 單位로 換算한 것이다.

우리나라에서는 이와 같은 研究가 이루어진 바 없으나 日本의 경우 이에 대한 集中的 檢討가 日本 Cement 協會에 의하여 1978年에 이루어졌다.

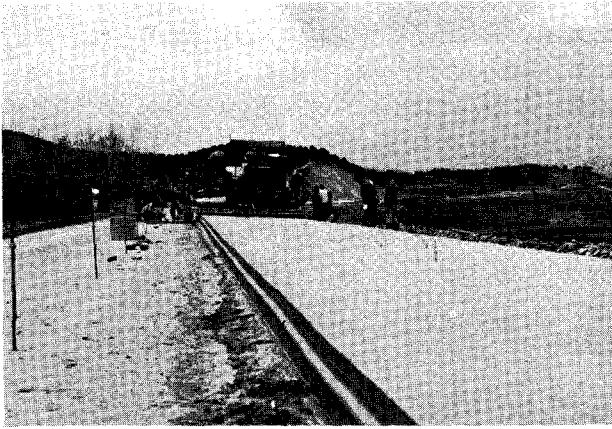
우리의 경우 地形條件, 道路의 建設時期가 比較的 비슷하며 또한 다같이 非產油國이란 점에서 日本의 경우가 더욱 참고가 될 것이기에 그 結論만을 紹介하면 <그림-2> <그림-3>과 같다.



- D 交通 : 高速自動車國道(第1種 第1級)

- C₁ C₂ C₃ : - Cement 포장의 설계종류

<그림-3>



즉 高速道路의 경우(重荷重 및 많은 交通量) Cement Concrete 工法이 훨씬 有利하며 小規模 地方道의 경우는 비슷하나 設計에 따라 역시 Cement Concrete 鋪裝의 경우가 다소 有利하다.

우리나라에서는 本格的인 鋪裝의 歷史가 짧아 장기적 資料에 의한 分析이 거의 不可能한 상태에서 單편적인 比較만으로 京釜高速道路의 막대한 維持費가 거론되는 情況이나 이는 다소 不良한 基層도 維持費 上昇의 原因이 되는 것인 반면에 과연 初期建設費用이 적정하였느냐 하는 면도 고려에 포함시켜야 할 것이다. Cement Concrete 鋪裝의 長點이 장기적으로 저렴한 維持費에 있다면 이의 필수요건인 적합한 基層, 全般的 施工精度의 확보, 나아가서 地形·地質에 따른 적절한 設計가 있어야 할 것이며 이것이 Cement Concrete 鋪裝의 經濟的 優位의 要件인 것이다.

歐美諸國에서 이제는 이러한 比較檢討가 活潑치 않은 것은 前述한 바와 같이 各種 道路의 新設보다 維持補修 및 補強에 置重하기 때문인 듯하다.

그러나 Oil Shock 이후에는 初期建設費用도 Asphalt 鋪裝이 Cement Concrete 鋪裝에 비해 훨씬 더 비싸거나 최소한의 경우도 거의 비슷하게 되었으며 이러한 情況이 「88올림픽高速道路」를 Cement Concrete 鋪裝으로 施工하게 된 하나의 要因이 되었다.

3. 設計基準, 裝備, 資材開發

各國의 設計基準 및 示方은 自律的으로 標準化되어 있으나 약간의 差異點이 있으며 各國技術者들의 意見도 相異한 點이 있다. 우리나라는 주로 美國의 AASHTO (American Association of State Highway Transportation Officials) 設計基準을 使用하고 있으며 1973年度 建設研究所에서 發行한 示方書가 있을 뿐인데, 실제로는 전문用役者의 判斷에 대부분 의존하는 實情이므로 이에 대한 全般的인 檢討와 修正, 補完이 必要하다.

諸國家別 主要基準 및 示方事項을 比較해 보면 <表-1>과 같다.

Cement Concrete 鋪裝用 裝備는 Slip-Form Concrete Paver, Dowel Setter, Finisher 등 主要裝備 外에도 施工現場條件 工法에 따른 各種 부속장비가 必要하며 代表的인 Maker로서는 美國의 GOMACO와 C.M.I, Belgium의 S.G.M.E, 獨逸의 A.B.G 등을 들 수 있다.

우리나라의 경우 장래 急増할 道路鋪裝需要에 對備하여 장비導入을 凡國家的 次元에서 서둘러야 할 것이나 高速道路, 國道, 地方道 등의 區分에 의한 標準設計 및 示方이 先行되어 이에 적합한 裝備의 선택적 확보가 이루어져야 할 것이며 이와 함께 장비의 효율적 運用 방안도 확립되어야 할 것이다.

資材開發은 주로 鋪裝床板이음부의 壓入型材 및 充填劑의 國産化가 時急하며 各地域別 使用骨材와 Cement의 化學的 反應의 규명, A.E劑, Fly Ash 등 첨가제 의 사용基準 등과 아울러 床板下部의 排水施設材 또는 排水工法에 관한 基

<表-1>

國別 主要基準 및 示方事項

主要設計基準 및 示方事項	美 國	佛 蘭 西	西 獨	備 考
設計年數	• 20 ~ 40 年	• 20 ~ 40 年	• 20 ~ 40 年	• 設計算出根據 및 工法에 따라 增減됨. • 使用치 않으며 構造物 接觸 地點에 使用하고 冬期 施工 時 使用 • 二層으로 分離布設時는 下 層은 粗粒, 上層은 細粒, 品質도 上下層別로 分離, 物理化學的으로 經濟性을 고려 選擇할 수 있다. • 壓入式設置와 組立式設置가 있으며 다웰바規格 및 設置 位置는 示方書에 明示 Fixed 式 혹은 Slip 式
鋪裝 두께	• 16 ~ 29 cm	• 17 ~ 28 cm	• 16 ~ 25 cm	
無筋時床版長	• 4.5 ~ 6 m	• 4 ~ 5 m	• 5 m	
팽창 줄눈	• -	• -	• -	
시멘트 규격	• 보통 포틀랜드 시멘트	• Class 450	• 보통 포틀랜드 시멘트	
시멘트 량	• 330 ~ 390 kg	• 350 ~ 400 kg	• 450 kg 이내	
콘크리트스럼프	• 2.5 ~ 5 cm	• 2.5 ~ 5 cm	• 2.5 cm 이내	
骨材最大規格	• 40 m/m	• 40 ~ 60m/m	• 32 m/m	
다웰 바	• -	• 設置하지 않음	• 設置함	
布設方法	• -	• -	• 都給者가 決定	
表面 거칠기	• 주로 橫方向 施工	• 橫方向施工 或 은 칩핑	• 橫方向施工	

註:其他 基準 및 示方事項은 工法別로 資材品質, 規格 등 詳細하게 明示되어 있음.

層別로 깊은 研究가 必要하다.

특히 道路鋪裝用 Cement 에 관하여는 歐美各國의 경우 특수 Cement 의 使用이 거의 없는 형편이나 壼강도에서 國產 Cement 보다(Portland 1 種의 경우) 높은 強度가 일반화되어 있으며, 이는 특히 道路鋪裝에서 가장 重要한 Cement 의 필수요건이므로 國內 各 Cement Maker는 壼

강도 向上에 注力하여야 할 것이다.

日本의 경우는 道路鋪裝用 Cement 의 制限性 質을 規定한 추천示方을 갖고 있으나 이는 제 2 種 Cement 와 유사한 것으로 역시 歐美와 거의 同一한 壼강도를 要求하고 있다.

4. Cement Concrete 工法 施行上의 考慮事項

現在까지 國內建設 經驗에 의하여 제기되었던 문제점 및 이에 대한 대책 등을 정리하여 보면 다음과 같다.

1) Asphalt 鋪裝에 비하여 차량주행시 승차 感이 나쁘거나 소음이 심한데.....

• 施工技術上 表面처리 的 미숙에 기인된

<表-2> 일본 도로공단 규격

항목	분발도 (cm ² /g)	7일수화열 (Cal/g)	SO ₃ (%)	C ₃ S (%)	C ₃ A (%)	壼강도 (kg/cm ²)
고속도로포장용시멘트	3000 ± 200	70 이하	2 ~ 3	40 ~ 50	6 이하	60 이상

點이 주원인이며 新規裝備의 導入, 施工技術의 發展 등에 의하여 해소될 것으로 판단된다. 측정된 Data에 의하면 Asphalt 鋪裝에 비해 승차감이 다소 떨어지고 소음도 높은 것은 事實(車內소음 - 60 km/h 주행시 -, Asphalt의 경우 35 ~ 50 dB, Cement Concrete의 경우 40 ~ 55 dB)이지만 그러나 그 差異는 무시해도 靨찮을 정도의 수준이다. 또 Cement Concrete 鋪裝의 경우 미끄럼 방지를 보다 크게 하기 위하여 表面에 돌기(Gloove)를 설치할 때도 있으므로 이 경우에는 규칙적인 소음이 있으나 이 경우 Asphalt 鋪裝보다 월등한 안전성이 보장되므로 比較의 의미가 없다. 美國의 경우 장거리의 직선구간에서 운전자의 졸음을 방지하기 위하여 일부러 불규칙한 소음을 발생시키는 例도 있다.

2) 設計된 Joint 이외에 Cement Concrete의 재료상 특성에 의하여 균열이 발생되어 道路의 수명을 단축시키고 결과적으로 補修費의 增加를 가져오지 않는가?

• 基本的으로 Cement Concrete의 재료상 특성에 바탕을 두고 設計, 施工을 하므로 문제될 것이 없다. 실제로 美國의 경우 Slip-Form 및 Post-Tension 工法에 의하여 2.5 km까지 Joint 없이 시공한 例(1972年)가 있으며 現在까지 잘 維持되고 있다. 물론

일부분에서 Hair Crack이 발생하는 경우는 많이 있으나 계속 進行되지 않으며 이 경우 하등의 문제없이 사용되고 있다. 물론 設計, 施工時 品質管理가 基層으로부터 철저히 이루어져야 함은 물론이다.

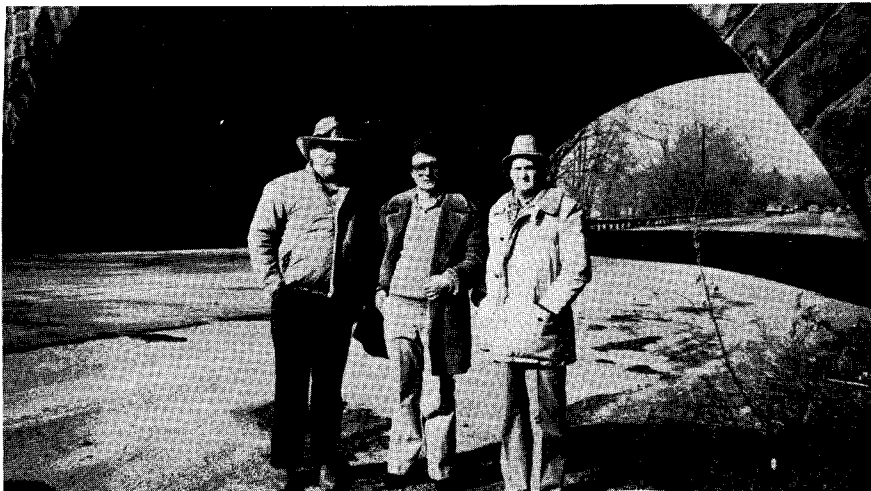
3) 表面의 색이 너무 밝아 운전자의 시야를 방해하는 현상은?

• 建設직후 Asphalt와 比較하여 밝은 것은 事實이고 또한 養生劑 등으로 밝은 表面이 이루어지기도 하지만 2~3 個月後 Asphalt와 거의 같아지므로 하등 문제될 것이 없다.

4) 新設道路가 아닌 既存道路 鋪裝의 경우 養生期間관계로, 또 장비의 특성으로 차량의 통행에 제약이 심할 것으로 예상되는데…….

• 장비의 폭이 Asphalt의 경우보다 상대적으로 넓고 鋪設 이후 비교적 長期인 養生期間중 통행이 不可能하다. 또 Concrete를 비롯한 모든 資材가 별도로 供給되어야 하므로 2車線道路의 경우 1個車線씩 鋪裝하더라도 事實上 차량의 통행은 不可能하다. 즉 使用中인 도로 鋪裝의 경우 우회도로 및 특별히 넓은 路肩이 確保되어야 할 것이며 이에 따라 현 非鋪裝 國道 또는 地方道の Cement Concrete 鋪裝은 많은 장애가 따를 것이므로 신중한 計劃이 要望된다.

上記 문제점 이외에도 山地가 많은 地勢를 감안하여 工法 選擇에 신중을 기하여야 할 것이고



Pennsylvania 州의 시멘트 콘크리트道路에서 中央이 筆者

各種示方을 엄밀히 遵守하여야 할 것이다.

5. Cement Maker의 당면과제

이제 우리나라에서도 Cement Concrete 鋪裝의 시대가 활짝 열린데 따라 이에 對應하여 道路鋪裝技術 및 Concrete 에 관한 材料特性 규명 등을 Cement Maker 또는 洋灰協會 등이 先導적으로 發展시켜 나아가야 할 것이다. 歐美의 경우 Cement 協會 및 산하 연구기관에서 각종 실험은 물론 새로운 工法을 끊임없이 연구·개발하여 이를 政策當局에 제공하고 있으며 이에 의하여 實際의 각종 設計標準 등이 定立되고 있으며 道路鋪裝에 국한하지 않고 Cement 所要處는 모두 연구대상이 되어있는 實情이므로 Cement 産業自體의 發展은 물론 既存수요의 계속적 확보와 新規수요 유발이 촉진되고 있다.

美國의 P. C. A. (Portland Cement Association), A. C. I (American Concrete Institute) 들이 그 좋은 예이며 이들은 技術개발의 선구자로서 政策當局의 좋은 伴侶者인 同時에 그들의 活動을 통하여 業界의 利益은 물론 社會發展에 크게 기여하고 있음을 알 수 있다.

또 구라파의 경우 都心地의 鋪裝에도 人道에만 使用되던 Concrete Block 類를 車道에도 적용한 I. L. B (Inter Locking Block)의 개발, 적용으로 Cement Concrete의 弱點인 養生期間中 使用이 不可能한 點을 극복하고 있으며 심지어 120 km/h의 高速道路에도 적용하여 계속적인 市場擴張을 期하고 있다. 심지어 乾式 Cement Concrete를 개발(Soil Cement와 같이 骨材 Cement를 極少量의 물과 混合 -W/C 10%以下)하여 Asphalt와 같이 鋪設 즉시 車輛通行이 可能케 하여 地方道路의 鋪裝에 活用하고 있는 등 Cement의 수요개발에 매우 적극적임을 우리도 본 받아야 할 것이다.

6. 後 記

今番 조사 Team이 訪問한 外國기관은 아래와 같다.

- 1) P. C. A - Chicago U. S. A.

- 2) A. C. I - Detroit U. S. A.
- 3) Penn. D. O. T - Harrisburg U. S. A.
- 4) Fedral D. O. T - Washington D. C - U. S. A.
- 5) AASHTO - "
- 6) BCEOM (用役社) - Paris France
- 7) SETRA - "
- 8) 運輸省道路局 - Düsseldorf W. Germany
- 9) 其他

실제의 道路建設現場을 볼 기회는 여행시기가 冬節期인 관계로 가질 수 없었으나 Cement Concrete 鋪裝의 경험을 가진 기술진(施工業者 포함)과의 광범위한 접촉을 시도하였다.

Asphalt 鋪裝과의 比較, 建設工事上의 問題點 등 우리가 궁금한 것에 대한 질문에 최선을 다하여 답변하여 주고 많은 참고資料를 제공받기도 하였으나 Cement Concrete 道路가 보편화되어있기 때문인지 “그렇게 당연한 것, 또는 누구나 잘 알고 있는 것을 왜 묻고 있는지” 하는 의구심을 품고 있는 인상이었다.

실제 사용중인 道路의 결합부분을 같이 돌아 보며 그 原因·대책 등을 토의하여 느낀점은 역시 施工精度가 높아야 하며 이는 地盤處理에서 보다 강조되어야 할 것이란 점이다.

Chicago 근교의 경우 폭설과 강추위에도 도로 路面 維持상태가 良好하였고 우리나라와 위도가 비슷한 Pennsylvania 州의 경우 약 200 m Span 식의 Post - Tension 工法에 의한 두께 15 cm의 도로 약 8 km 를 볼 기회가 있었다.

현재는 工費가 비싼 관제로 거의 시공치 않고 있으나 1978 年에 시험적으로 건설되었다고 하여 핵누출事故로 有名한 Three-mile 핵발전소 부근 도로는 자랑할 만한 곳인데 핵사고 이후 찾아오는 사람이 적어 자랑할 기회가 적다며 아쉬워 하고 있었다.

유명한 독일의 Autobahn 을 時速 160 km/h 로 달리다가 갑자기 이것이 Asphalt 鋪裝인지 Cement Concrete 鋪裝인지 궁금하여질 정도로 別차이가 없었으며 이를 확인코자 정차한 후 어슬렁거리다가 교통경찰에게 “생명이 돌이나” 는 끔찍한 경고를 받은 일이 歸國후 더욱 생생하게 떠오른다. ♣