

日本 東北自動車道에 쓰인 鋪裝用 콘크리트의 諸性質

中 村 修 吾*
三 和 久 勝**
李 善 敬 譯
〈韓國科學技術情報센터〉

1. 머릿말

日本の 高速道路鋪裝은 名神高速道路以來, 터널內 또는 料金取扱所 등 극히 一部를 除外하고는 全面的으로 아스팔트 鋪裝이 採用되어 오다가 1974年 12月에 開通된 東北自動車道 矢板~白河間의 鋪裝에서 高速道路로서는 처음으로 콘크리트 鋪裝이 採用되었다.

아스팔트 鋪裝을 擇할 것인가 또는 콘크리트 鋪裝을 擇할 것인가 하는 工種 選定에 관해서는 高速走行上의 安全性과 快適性 혹은 鋪裝의 耐久性에 따른 鋪裝 固有의 性質 또는 材料, 工期, 施工位置에 따른 施工條件, 더우기 經濟性, 施工後의 維持·管理의 難易 등이 綜合的으로 檢討되었다.

현재까지는 아스팔트 鋪裝으로 상당한 成果를 보았으나 엄청난 交通量과 重交通車輛의 增加에 따라 鋪裝의 耐久性이 問題가 되었으며 한편에서는 高速道路의 建設이 全國的으로 展開되고 있으며 아스팔트 鋪裝에 適合한 材料를 確保한다는 것이 地域的으로 어려운 일이 되기도 하여 時期的으로 콘크리트 鋪裝의 特質을 再評價할 必要가 생기게 되었다. 콘크리트 鋪裝의 缺點으로 되어 있는 經濟性에 관하여서는 一方의 아스팔트 鋪裝이 交通量의 增大라는 時流에 對處하여 高級化되고 있기도 하며 將來의 維持·補修費까지 고

려해 볼때 아스팔트 鋪裝과 比肩될 수가 있다. 施工性에 관하여서는 施工機械의 改良에 따라 施工能力을 向上할 수 있고, 特히 缺點으로 되어 있는 平坦性에 관하여서도 一聯의 施工機械를 導入함에 따라 改善할 수 있다는 등 今回의 矢板~白河間의 콘크리트 鋪裝을 具體化함에 있어서 遂行된 各種 調査·研究^{1)~3)}에 따라 自信을 갖게 되어 實施를 斷行하게 되었다.

콘크리트 鋪裝의 大型計劃으로서는 高速道路에서 처음이기 때문에 永久的인 技術的 브랭크가 걱정되었으나 各種報告^{4)~7)}에도 있는 바와 같이 그 成果는 豫想以上の 것이 되어 以後의 콘크리트 鋪裝工事에도 結付시킬 수 있는 技術이 많이 남게 되었다.

本文에서는 이 東北自動車道 矢板~白河間의 콘크리트 鋪裝에 使用된 鋪裝用시멘트와 이 鋪裝用 시멘트를 使用한 콘크리트의 特性에 관하여 記述하고자 한다.

2. 鋪裝用 시멘트의 品質規格

콘크리트 鋪裝에 관하여 精力의인 檢討가 開始된 것은 69년부터인 바 이것은 東京·川越道路의 鋪裝工種 檢討를 發端으로 시작되었다. 이 道路에서는 콘크리트 鋪裝을 採用하도록 計劃 및 設計되어 있었으나 그 後 鋪裝構造, 道路橫斷構造, 施工方法, 施工機械, 經濟性 등 實施上의 具

* 日本道路公團仙臺建設局 鹿角工事事務所長(前 試驗所 콘크리트 試驗室長)
** 日本道路公團試驗所 콘크리트試驗室 主任

體的인 改良 및 開發을 包含하여 大規模的인 調査·研究가 行하여졌다. 이러한 調査·研究項目 가운데는 鋪裝用 콘크리트가 具備하지 않으면 안되는 特殊 鋪裝用 시멘트의 開發이 必要하게 되었다.

콘크리트 鋪裝은 언뜻 보아서는 얇고 긴 帶狀의 構造物로서 감당하기 어려운 走行車輛의 反復에 의한 荷重을 받으며, 晝夜의 溫度變化에 의한 계속적인 應力을 받으며, 더우기 凍結·融解 및 乾燥濕潤 등의 氣象作用을 全面的으로 받게 되어 다른 콘크리트 構造物보다도 苛酷한 狀態에 놓이게 될 뿐만 아니라 나아가서 地域的으로는 스파이크 타이어 및 타이어 체인에 의한 磨耗作用 혹은 融雪·融氷劑에 의한 劣化作用을 받는다. 이와 같은 여러가지 作用에 대하여 견디어 낼 수 있는 것이 鋪裝用 콘크리트에서 要求되는 性質이 되고 있다. 이와 같은 具備해야 할 性質을 整理해 볼 것 같으면 다음과 같다.

- ① 壓縮強度보다도 휨強度가 클 것.
- ② 乾燥·濕潤의 반복에 의한 收縮·膨脹의 體積變化가 적을 것.
- ③ 表面을 緻密하게 함에 따른 水密性, 凍結融解耐久性, 耐藥品性, 磨耗抵抗性 등이 클 것.
- ④ 미끄럼抵抗性이 클 것.
- ⑤ 表面마무리作業이 容易하여 施工機械, 특히 마무리機의 施工을 妨害하지 않을 것.
- ⑥ 初期의 균열을 發生시키지 않도록 低水縮性과 同時에 硬化熱이 적을 것.

이러한 諸性質은 鋪裝用 시멘트에서 要求되는 性質로서 바꾸어 說明하면 市販品을 對象으로 할 때 長期 휨強度에서는 中庸熱포틀랜드 시멘트와 후라이 앳쉬 시멘트가, 乾燥 또는 硬化收縮에서도 위와 같이 中庸熱시멘트와 후라이앳쉬 시멘트, 따라서 高爐시멘트가, 한편 硬化熱에서는 中庸熱시멘트가 우수하다고 꼽히고 있다. 즉 市販 시멘트中에서는 中庸熱시멘트가 鋪裝用 시멘트로서 最適의 性質을 보여주고 있다.

더우기 시멘트의 化學成分을 검토해 보면 C_3A 는 시멘트의 最終 및 初期硬化에 影響을 주나 自身の 強度는 상당히 커지게 되며, 發熱量이 他成分보다도 커져 硫酸鹽溶液에 대해 弱하고 그위에 균열의 原因도 되기 때문에 이 成分은 적게

하는 것이 좋다고 하겠다.

C_3S 는 C_3A 에 비하여 水和作用이 빠르고, 더욱 自身の 強度가 커서 初期強度에 奇與하며 收縮量과 發熱量은 C_3A 보다 적어지기 때문에 이 成分은 많은 쪽이 좋다. 더우기 初期強度와 收縮·發熱의 밸런스를 이루는 범위 내에서 SO_3 가 많고 粉末度는 거친 것이 좋다.

즉 鋪裝用 시멘트로서는 中庸熱시멘트형을 基準으로 하여 더욱 C_3A 를 적게 하고 C_3A 와 SO_3 를 많게 하며 한편 粉末度を 거칠게 하는 것이 適當하게 된다. 물론 시멘트로서는 強度를 增大하는 것과 發熱·收縮量을 減少하는 것은 矛盾된 性格의 것으로서 技術的으로는 어려운 면이 있다는 사실은 豫想되던 바이나 現行의 中庸熱 시멘트의 JIS 規格值의 범위내에서 別途로 鋪裝用 시멘트의 特別規格을 設定하였다. JIS 規格值에 대하여 特別規格은 粉末度の 경우 分離와 收縮性을 고려하여 3,000前後로 28日 굴곡강도는 JIS 規格值에는 없으나 中庸熱시멘트의 實績 $53kg/cm^2$ 보다도 큰 數値를 下限值로 하였고 7日水和熱은 強度를 높게 設定하였기 때문에 中庸熱시멘트의 規格을 上廻하지 않게 하고 SO_3 와 C_3S 는 적은 量이 되지 않도록 下限值를 設定하고 反對로 C_3A 는 많은 量이 되지 않도록 上限值를 設定하였다.

3. 鋪裝用 시멘트의 製造

以上과 같이 日本道路公園의 特別 注文에 의해 鋪裝用 시멘트가 製造되었다. 實製造에 들어가기 까지에는 試製品에 의한 品質의 確認試驗이 行하여졌고 대략 滿足스러운 結果를 거두어 들이게 되었다. 試製에 있어서는 시멘트 메이커 4個會社의 4個工場의 協力を 必要로 하였다.

矢板~白河間 약 48 km의 콘크리트 鋪裝工事は 東京側으로부터 矢板 鋪裝工事, 黑磯 鋪裝工事 및 那須 鋪裝工事의 3工區에 分割 發注되었으며 鋪裝延長은 각각 약 13 km, 18 km, 17 km이었다. 各工區는 다같이 現場에 Batch 프렌트를 2基씩 設置하였으며 1基의 mixer 容量이 $1.75m^3$ 라는 大型 plant로서 大型 施工機械의 導入을 가져오게 되었다.

시멘트 사이로는 矢板工區에 100 t 容量이 2基,

<表-1>

鋪裝用 시멘트의 供給量 推移

(單位 : t)

工區	供給月	1973年 9月	10月	11月	12月	1974年 3月	4月	5月	6月	7月	8月	計
矢板	板	—	942	4,130	2,658	2,236	4,333	5,227	3,245	—	—	22,771
黑磯	磯	—	31	2,523	2,423	2,525	5,330	4,903	5,926	6,229	93	29,983
那須	須	310	651	3,362	1,462	2,325	4,119	3,553	6,471	5,722	130	28,105
計		310	1,624	10,015	6,543	7,086	13,782	13,683	15,642	11,951	223	80,859

黑磯工區에 100t과 50t 容量이 各 2基, 那須工區에는 50t 容量이 6基 設置되었다. 이 사이로 群에 콘크리트 打設을 하지 않는 冬期 3個月을 除外하고 1973年 9月부터 다음해 8月까지 약 9개월에 걸쳐 鋪裝用시멘트가 계속 供給되었다. 使用한 시멘트는 3個會社 3個工場으로부터 供給된 것으로서 <表-1>에 보인 바와 같이 月間 最大 供給量을 社別로 볼때 약 6,500t, 3個社를 合해서 15,600t이 되었으며 工事全體로는 약 80,000t의 鋪裝用 시멘트가 사용되었다.

4. 鋪裝用 콘크리트의 配合 및 強度

矢板~白河間의 콘크리트 鋪裝工事に 使用된 骨材는 鬼怒川系 骨材를 中心으로 工區 근방의 黑磯地區에서 採掘된 骨材를 混合한 것이었다. 근방에서 産出되는 骨材는 全體의 5割以上이 風化가 進行된 安山岩과 石英斑岩(石英粗面岩)으로서 2割 가량이 軟質의 粘板岩과 凝灰岩이라는 低品質의 것이었으며 한 種類만으로 使用하기가 어려웠다. 이의 品質을 改善하고 또한 量을 確保하기 위해서 良質의 骨材인 鬼怒川水系 骨材를 混合하기에 이르렀다.

品質 改善이라는 目的 때문에 鬼怒川水系 骨材의 混合量을 粗骨材에서는 40% 以上, 細骨材에서는 45% 以上으로 하였으나 실제로 使用한 混合量은 粗·細骨材의 順으로 矢板工區에서 100 : 100, 黑磯工區에서 50 : 60, 那須工區에서 40 : 60

이 되었다. 어느쪽이나 豫想했던 品質 以上이 되었으며 品質에 順位를 定해 본다면 良質 骨材의 混合量이 많은 것으로부터 第1位 矢板工區骨材, 第2位가 黑磯工區骨材, 第3位가 那須工區骨材의 順位로 볼 수 있다.

콘크리트의 配合를 決定하는데 있어서는 冬期交通에 타이어 체인 및 스파이크 타이어를 使用하는 事實 또는 凍結融解作用 및 融水劑에 의한 스킨링 作用을 받는다는 事實이 豫想되었기 때문에 事前에 留意하여 豫備試驗을 실시하였다. 凍結融解試驗에서는 근방의 黑磯地區에서 採掘된 骨材를 使用한 콘크리트의 耐久性指數가 현저히 적어졌으며 鬼怒川骨材의 混入에 의해 이 耐久性이 改善될 것이라는 事實이 明白하게 되었다.

한편 屈曲強度 試驗에 있어서는 鬼怒川産 骨材가 屈曲強度가 優秀하여 設計基準強度 45kg/cm², 變動係數 15%로 하였을 때 配合屈曲強度 52kg/cm²를 얻기 위해서는 「시멘트 콘크리트 鋪裝要綱」에 提示된 標準單位시멘트量의 범위 280~340kg/m³의 上限을 採用하지 않으면 안된다는 事實이 明白하게 되었다.

以上과 같이 使用骨材의 混合比率, 單位시멘트量의 檢討를 끝내고 <表-2>에 表示돼 있는 바와 같은 示方配合이 決定되었다. 工事期間中에 行하여진 日常管理試驗結果⁷⁾에 의한 標準養生 屈曲強度의 全資料 平均值는 材令 28日에서 矢板工事 57 kg/cm², 黑磯工事 52kg/cm², 那須工

<表-2>

콘크리트의 示方配合

工 區 名	粗 骨 材 最大크기 (mm)	스립프 (cm)	空氣量 (%)	水시멘트比 (%)	細骨材率 (%)	單 位 量 (kg/m ³)				
						水	시멘트	細骨材	粗骨材	混和劑
矢 板	40	2.5以下	3~6	35	33	120	340	619	1,294	0.85
黑 磯	40	2.5以下	3~6	36	33.5	123	340	650	1,260	0.85
那 須	40	2.5以下	3~6	36	33	122	340	633	1,285	0.85

<表-3>

現場採取供試體의 長期強度

工 區	採取 時期	養生 方法	屈曲強度(kg/cm ²)				壓縮強度(kg/cm ²)				引張強度(kg/cm ²)				靜彈性係數 (×10 ⁴ kg/cm ²)			
			28日	3月	6月	1年	28日	3月	6月	1年	28日	3月	6月	1年	28日	3月	6月	1年
矢板	冬	水中 空中	60.8 —	71.5 64.6	66.0 80.4	70.9 76.6	688 —	698 625	686 618	748 733	38.0 —	33.6 38.1	39.6 43.0	45.5 47.6	38.4 —	40.8 41.1	44.4 38.6	44.6 42.2
	春	水中 空中	63.5 —	67.5 57.1	67.0 67.9	65.6 80.4	548 —	613 543	613 636	676 632	28.3 —	32.9 42.0	37.9 52.8	42.3 45.4	35.6 —	39.9 38.4	39.7 39.5	41.5 40.1
	夏	水中 空中	62.3 —	61.4 56.5	65.1 66.7	65.9 80.8	502 —	582 627	652 580	629 647	36.0 —	40.9 34.8	42.2 44.9	41.6 44.7	34.9 —	38.4 37.8	39.4 39.9	— —
黑磯	冬	水中 空中	49.5 —	57.8 62.7	57.8 70.8	63.4 66.2	516 —	528 508	547 493	587 655	39.5 —	35.8 41.3	38.9 43.4	39.6 42.8	34.4 —	36.5 38.8	36.2 32.0	36.5 39.4
	春	水中 空中	54.5 —	61.9 59.0	67.5 61.2	64.5 70.4	472 —	594 609	581 649	695 674	30.4 —	33.8 37.2	37.3 48.4	40.2 43.9	31.1 —	35.1 34.5	34.7 34.6	35.7 35.7
	夏	水中 空中	63.1 —	57.4 54.6	59.3 67.6	67.5 73.5	425 —	541 579	637 672	614 682	31.9 —	41.7 39.9	41.4 42.1	39.6 47.1	29.8 —	34.3 34.5	35.8 35.9	— —
那須	冬	水中 空中	51.6 —	61.5 58.5	64.7 70.5	64.7 79.7	579 —	594 545	559 581	712 622	33.3 —	40.7 33.7	40.1 41.1	43.5 48.5	33.4 —	36.0 32.8	37.7 33.6	38.0 38.0
	春	水中 空中	61.3 —	60.7 56.2	62.5 59.7	62.4 69.5	532 —	519 597	545 596	449 543	32.1 —	35.4 35.7	46.4 42.2	38.6 42.8	32.3 —	33.8 36.3	36.2 35.5	38.4 37.4
	夏	水中 空中	53.6 —	56.3 50.4	55.8 57.4	62.0 73.5	465 —	519 554	550 628	485 505	34.4 —	37.4 33.8	44.1 39.9	42.9 45.1	29.4 —	35.5 33.2	33.7 34.1	— —

事 54kg/cm²가 되었다. 變動係數는 各工區가 다 같이 5~6%의 범위내에 있으며 豫想되던 數值보다도 만족스러운 品質을 얻기에 이르렀다.

5. 鋪裝用 콘크리트의 長期強度

矢板~白河間의 콘크리트鋪裝 약 48 km를 첫번째의 試驗鋪裝으로 하여 建設後 10年에 걸쳐 長期追跡調査가 計劃되어 있다. 그 一環으로서 鋪裝用시멘트를 사용한 콘크리트의 材令 10年까지의 強度를 追跡하는 계획도 포함되어 있다. 材令은 28日, 3個月, 6個月, 1年, 3年, 5年 및 10年의 6材令으로서 各材令마다 屈曲·壓縮·引張強度, 靜彈性係數 및 歪아송比를 調査하도록 되어 있다.

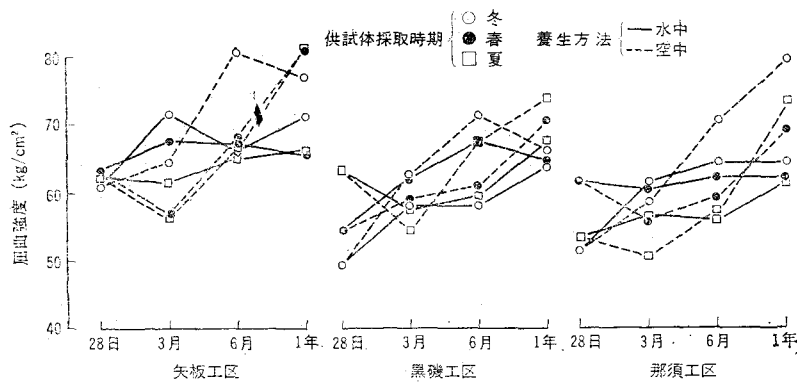
外氣의 영향을 조사하기 위해서 試驗採取時기를 春·夏·冬의 3회에 나누었으며 各工區 同時에 打設된 現場에서 供試體를 採取하였다. 1회에 採取한 供試體數는 標準養生強度와 屋外放置強度와의 差異도 調査할 것인 바 屈曲試驗用(15×15×53 cm) 39個, 壓縮·引張試驗用(φ15×30 cm) 78個가 되었다. 이 長期材令強度는 現在 1年材令

까지 나타나고 있는데 이것은 <表-3>에 나타나 있다.

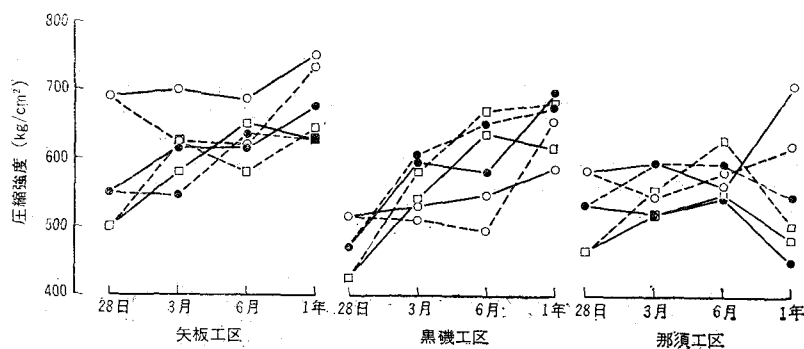
氣中養生強度는 材令 28日까지 標準養生을 한 후에 屋外에 放置한 供試體의 強度를 뜻한다. 한편 靜彈性係數는 壓縮強度試驗時에 並行하여 求한 變形率에 의한 것이므로 $\frac{1}{3}$ 및 $\frac{2}{3}$ 壓縮強度에 있어서 靜彈性係數와 歪아송比를 求했으나 表에는 $\frac{1}{3}$ 壓縮強度時의 靜彈性係數만을 掲載하였다. 한편 結果는 전부 測定值 3個의 平均値이다.

採取時期別, 養生方法別, 工區別에 따른 結果를 圖示하면 <圖~1, 2, 3, 4>와 같다.

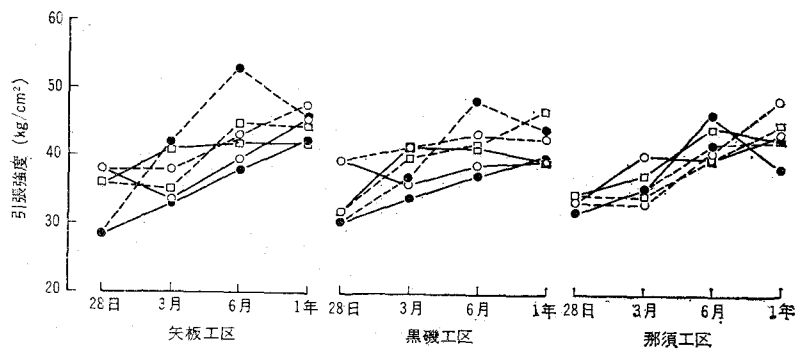
1) 屈曲強度를 工事別, 材令別로 整理하여 平均하면 矢板, 黑磯, 那須의 順이 된다. 이것은 시멘트의 特性에 따른 것이라기보다는 오히려 低品質骨材의 混入量의 影響에 의한 것으로서 良質骨材만을 使用한 矢板工事의 各材令強度를 100으로 할 때 이것에 對應하는 屈曲強度는 黑磯工事에서 90~93, 那須工事에서 89~93이 되었다. 한편 壓縮 및 引張強度, 靜彈性係數에 관하여서는 矢板工事의 數值가 똑같이 컸던 바 他



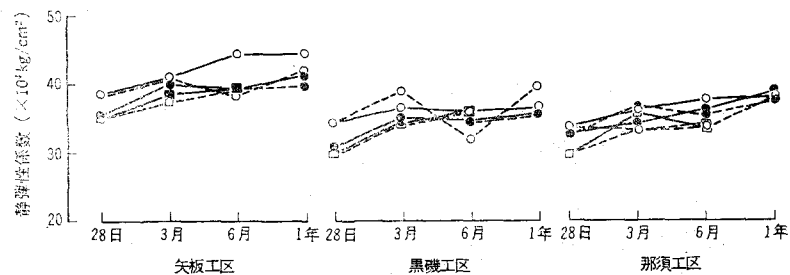
〈圖-1〉
要因別屈曲強度



〈圖-2〉
要因別壓縮強度



〈圖-3〉
要因別引張強度



〈圖-4〉
要因別靜彈性係數

2工區의 大小는 區別할 수 없었다.

材令 28日에 대한 材令 1年의 伸張을, 各工區마다 養生方法, 供試體의 採取時期에 關係 없이 平均한다면 屈曲強度에서는 18~25% 증가, 壓縮強度에서는 5~39% 增加, 引張強度에서는 26~32% 增加, 靜彈性係數에서는 10~11% 증가되었으며 引張強度가 安定되도록 크게 伸張을 보였다. 壓縮強度에 관해서는 커다란 伸張을 보이는 工區도 있지만 고르지 못하고 平均하면 대개 屈曲強度의 伸張과 같아지게 되었다.

工區別로 볼 때 各 特性值의 伸張에 規則性을 찾아 볼 수 없으며 屈曲強度에서는 那須工事가, 壓縮強度에서는 黑磯工事が, 한편 引張強度에서는 矢板工事が 커다란 伸張을 보였다. 靜彈性係數의 伸張에 관해서는 全工事が 모두 대략 一定한 伸張을 보였다.

2) 特性值를 採取時期別·材令別로 整理해 보면 材令의 進行에 따라 順調로운 伸張을 보이는 것은 屈曲強度에서는 겨울에, 壓縮強度에서는 여름에, 引張強度에서는 봄에, 靜彈性係數에서는 여름에 採取한 콘크리트로서 材令 28日에 대하여 材令 1年에서는 各各 30%, 28%, 39%, 16%(材令 6個月) 增加되었다. 採取時期가 溫暖한 봄의 一年強度를 基準으로 하면 屈曲強度와 引張強度에 대해서는 環境條件으로서는 不利한 겨울과 여름에 採取한 콘크리트가 強度面에서 오히려 커다란 數值를 보였다. 壓縮強度에서는 冬期強度가 커지고 夏期強度는 적어졌다. 靜彈性係數는 壓縮強度와 같은 傾向을 보였다.

이러한 結果를 종합해 보면 材令 1年에 있어서의 特性值는 冬期에 採取한 콘크리트가 전부 커다란 數值를 보였으며 春期 및 夏期에 있어서는 特性項目에 따라 順位가 變하였다.

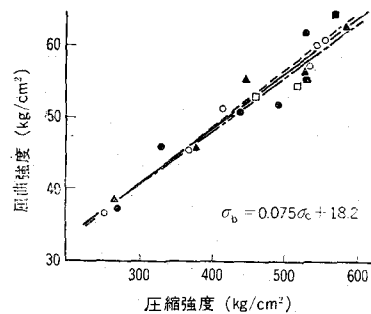
3) 特性值를 養生別·材令別로 整理해 보면 順調로운 伸張을 보인 것은 屈曲·壓縮·引張強度의 어느 것에 있어서도 氣中養生 供試體이며 材令 28日에 대한 1年의 伸張은 各各 29, 21, 34%가 되었다. 靜彈性係數의 伸張에 관하여서는 氣中養生의 數值가 一時 적은 數值가 되었으나 材令 1年에서는 대략 標準供試體 정도 的 伸張에 도달하기에 이르렀다.

標準養生의 特性值를 100으로하여 材令 1年에서는 氣中養生強度의 屈曲은 114, 壓縮은 102, 引張도 108이 되었으며 어느것이나 標準養生強度보다도 커다란 數值를 보였다. 그러나 靜彈性係數에 관하여서는 99가 되었으며 標準養生의 數值보다도 약간 적어지게 되었다. 標準養生의 強度보다도 屋外에 放置한 供試體의 強度가 커지는 傾向을 보였는 바 이것은 콘크리트鋪裝으로서 는 아주 有利한 현상이 되고 있다.

이상의 結果를 屈曲強度에 관해서 綜合해 보면 材令 28日의 屈曲強度는 49.5~63.5 kg/cm²의 범위에 있으며 冬期 打設콘크리트에서는 配合屈曲強度가 52 kg/cm²에 達하지 못하는 것도 있는 바 以後의 強度의 伸張은 順調로워서 材令 1年에서는 80 kg/cm²를 초과하는 것도 나타나게 되었다. 한편 溫暖한 봄에 打設된 條件이 좋은 콘크리트보다도 오히려 條件이 나쁜 겨울 혹은 여름에 打設된 콘크리트強度 쪽이 크다는 事實과 材令 28日 以後의 氣中養生으로 한 쪽이 強度가 크다는 事實을 합쳐 고려해 볼 것 같으면 鋪裝用시멘트는 콘크리트鋪裝에 적합한 屈曲強度 特性을 발휘하는 시멘트라고 하겠다.

6. 模型版 및 各種強度比較試驗

<表-2>에 보인 示方配合의 가운데에서 那須工事的 示方配合를 선정하여 使用材料도 전부 同一한 콘크리트에 의해 200×200×30 cm의 模型版을 作成하여 溫度, 코아強度, 超音波傳播速度 및 슈미트햄머의 反發係數를 測定하는 것과 함께 養生方法을 各種으로 바꾼 標準供試體로서 各種 特性值를 조사하여 各種 特性值間의 相關



<圖-5> 屈曲強度와 壓縮強度의 關係

<表-4>

配合 및 發熱量

打入溫度 (°C)	시멘트의 種類	配 合				發 熱 量	
		單位水量 (kg/m³)	單位시멘트量 (kg/m³)	水시멘트比 W/C (%)	細骨材量 s/a (%)	上昇溫度 (°C)	시멘트 1gk當 發熱量(C/kg)
5	鋪裝用시멘트	120	340	35.3	32.7	39.4	0.116
	普通시멘트	120	340	35.3	32.1	44.6	0.131
	鋪裝用시멘트	126	400	31.5	29.8	46.5	0.113
20	鋪裝用시멘트	125	340	36.8	32.2	35.6	0.105
	普通시멘트	125	340	36.8	32.1	45.1	0.133
	鋪裝用시멘트	129	400	32.3	30.0	45.2	0.113
30	鋪裝用시멘트	123	340	36.2	32.4	35.6	0.105
	普通시멘트	123	340	36.2	32.4	42.0	0.124
	鋪裝시멘트	127	400	31.8	30.2	43.0	0.108

性에 관해서 검토하였다.

검토 결과의 一例를 보이면 <圖-5>와 같다. 이것은 콘크리트鋪裝工事に 있어서 取扱이 어려운 屈曲強度 管理에 代身하는 試驗方法인가 아닌가를 검토해 온 것의 一部分인 바 그 결과에 의할 것 같으면 屈曲強度와 壓縮強度의 사이에는 어느 정도 高度의 相關性을 볼 수 있다. 더욱 슈미트햄머에 의한 反發係數 혹은 超音波 傳播速度 등도 어느정도 精度가 높은 屈曲強度의 推定值를 주고 있다. 그러나 이러한 결과는 어디까지나 室內試驗의 領域에서 나온 것에 불과하며 실제의 工事に 있어서 實施된 日常管理 試驗結果 혹은 長期強度 試驗結果에서는 屈曲強度와 다른 特性值의 사이에 明確한 相關性이 認定되지 않고 있다.

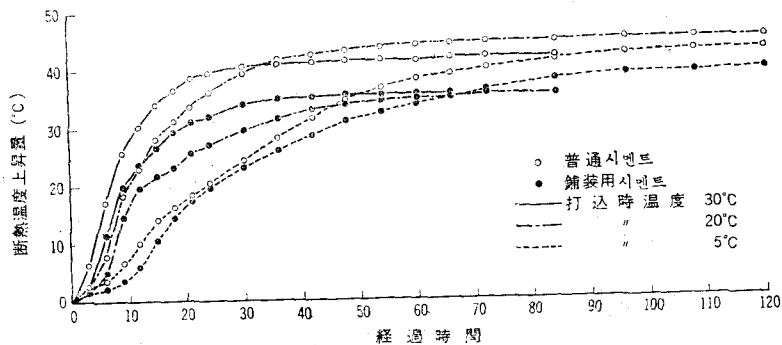
屈曲強度의 精度가 좋다고 推定되나 그렇더라도 試驗이 簡易하게 되는 方法을 開發·研究하는

것, 바로 이것이 콘크리트 鋪裝工事的 品質管理作業을 合理化하는데 있어서 커다란 課題일 것이라고 생각된다.

7. 鋪裝用 콘크리트의 斷熱溫度 上昇試驗

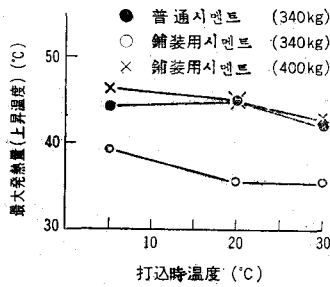
矢板工事中에 사용된 材料를 써서 混練한 콘크리트를 겨울, 봄(가을) 및 여름을 豫想하여 各 5, 20 및 30°C 로서 斷熱溫度上昇試驗을 한 바 鋪裝用시멘트의 單位시멘트量의 效果를 調査함과 동시에 普通시멘트와의 比較를 行하였다. 試驗配合는 <表-4>에 보이고 있는 바와 같이 矢板~白河間의 콘크리트 鋪裝配合와 同一한 單位시멘트量 340 kg/m³의 鋪裝用시멘트 콘크리트와 普通시멘트 콘크리트 그리고 이것에 시멘트量을 60 kg 增加한 鋪裝用시멘트 콘크리트의 3종류였다.

斷熱溫度 上昇試驗에서 얻은 結果中, 單位시



<圖-6> 斷熱溫度 上昇試驗結果

멘트량 340 kg/m^3 의 경우에 관하여서 보면 <圖-6>과 같다. 鋪裝用시멘트 및 普通시멘트 어느 것이나 打入되는 溫度가 높다는 것 外 初期의 發熱速度가 커지며 한편 最大溫度에 달하는 시간이 短縮되게 된다. 同一하게 打入되는 溫度에 있어서는 鋪裝用 시멘트의 最大溫度는 普通시멘트의 그것보다 낮고 더구나 이번의 試驗에서 設定된 打入 溫度 범위내에서는 鋪裝用 시멘트의 最大溫度는 전부 普通 시멘트의 경우의 最大溫度가 가장 낮은 打入溫度 5°C 때의 그것보다도 低位가 되었다. 즉 鋪裝시멘트를 使用한 콘크리트를 夏期에 施工한 경우도 普通시멘트를 使用한 콘크리트를 冬期에 施工한 경우에 있어서도 發熱點에서는 兩者는 전혀 동일한 性質을 보이는 것이었다.



<圖-7> 單位시멘트量別 最大上昇溫度

<圖-7>은 鋪裝用 시멘트와 普通시멘트의 最大發熱量과 打入 溫度의 關係를 보여주고 있다. 鋪裝用시멘트 340 kg/m^3 를 使用한 경우의 最大溫度는 $35\sim 46^\circ\text{C}$ 의 범위를 보이며 鋪裝用 시멘트의 400 kg/m^3 의 경우는 대개 같은 범위가 되었다. 시멘트량 1 kg 당의 發熱量에 비교해 보면 鋪裝用 시멘트는 $0.10\sim 0.12^\circ\text{C/kg}$, 普通시멘트는 $0.12\sim 0.13^\circ\text{C/kg}$ 이 되어 前者는 一段階 낮은 發熱量을 보이고 있다.

8. 鋪裝用 콘크리트의 乾燥收縮試驗

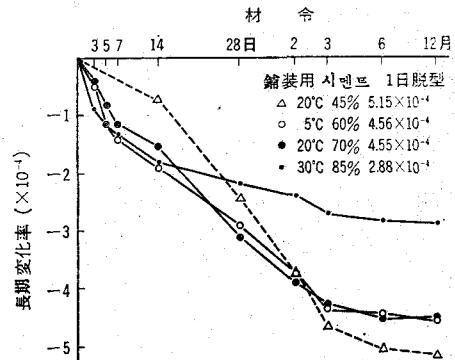
矢板工事와 黑磯工事에서 使用된 <表-2>에 보여준 鋪裝用 콘크리트와 鋪裝用 시멘트를 普通시멘트에 바꾸어 쓴 콘크리트에 관해서는 乾燥收縮試驗을 거쳐 그 差異를 조사함과 동시에 더우기 型틀 解體時期의 영향과 打設時期의 영향

을 조사하였다. 型틀 解體時期에 관해서는 材畧 1, 3 및 7일을, 한편 打設時期에 관해서는 冬期, 春(秋)期 및 夏期를 예상한 온도 및 相對溫度를 각각 5°C 60%, 20°C 70%, 30°C 85%로 한 3종류의 氣中養生條件을 조사하기로 하였다. 이것에 比較하기 위한 기준으로서 材畧 1日에서 脫型하여 20°C 水中養生을 材畧 7日까지 行한 뒤 溫度 20°C 相對溫度 45%의 空中養生을 하는 JIS A 1124의 시험을 추가하였다.

이 乾燥收縮試驗結果를 要約하면 乾燥收縮에 관하여서는 矢板 및 黑磯의 2工事에서 使用된 骨材간에 의의 있는 差를 인정할 수 없으며 鋪裝用시멘트間에도 의의 있는 差를 인정할 수 없었다. 한편 JIS에 의한 試驗結果에서는 普通시멘트 콘크리트의 길이 變化率이 -5.56×10^{-4} , 鋪裝用 시멘트 콘크리트의 그것은 -4.96×10^{-4} 로서 後者が 약 10% 적은 數値를 보였다. 1日 脫型 20°C 養生의 春秋施工을 예상한 콘크리트에서는 前者가 -4.49×10^{-4} , 後者が -4.34×10^{-4} 로서 생각한대로 後者が 3.3% 적은 數値를 보였다.

試驗值 個個의 數値를 비교해 보면 多少 고르지 못한 것이 인정되는 바 要因別로 解析해 보면 型틀 解體時期 혹은 打設時期의 어느 것을 보더라도 鋪裝用시멘트의 乾燥收縮은 普通시멘트의 그것보다도 적은 數値를 보이고 있다.

얻은 결과의 一例로서는 鋪裝用시멘트를 使用한 경우의 1日 脫型後의 各種 養生方法에 의한 乾燥收縮의 差異를 <圖-8>에 보였다. 겨울, 봄



<圖-8> 乾燥收縮試驗結果

(가을) 및 여름을 豫想한 콘크리트는 모두 JIS에 의한 기준의 乾燥收縮보다도 初期値가 커지나 長期材수에 있어서는 JIS 値의 편이 대개 커지는 경향을 보이고 있다. 한편 冬期條件과 春(秋)期條件에서는 대개 乾燥收縮에서의 差는 인정할 수 없으나 夏期條件의 그것은 前者보다도 현저하게 적은 數値를 보여 冬, 春(秋)의 길이 變化率의 63% 정도가 되게 되었다.

9. 맺는 말

日本道路公團의 特別示方에 의한 鋪裝用 시멘트를 使用하여 東北自動車道 矢板~白河間 약 48 km의 콘크리트 鋪裝이 完成되었다. 이 鋪裝用 콘크리트의 性質을 明確하게 하기 위해서 여러가지 室內試驗 및 室外試驗이 실시되었으며 한편 繼續中인 것도 있다. 長期追跡調査가 계획되고 있는 사실은 本文에서도 記述한 바와 같으며 여기에 보고된 內容도 전부 그의 追跡調査의 一環으로서 行하게 된 것이며 內容上으로도 아주 多項目으로 나누어 시험을 실시하였다. 따라서 얻은 결과를 모두 報告할 수는 없었다.

矢板~白河間の 工事에서는 使用骨材의 관계상 單位시멘트량을 약간 증가하지 않으면 안되었으며 強度特性, 發熱, 乾燥, 收縮 등에 있어서 鋪裝用 시멘트의 有效性이 明白하게 되었다. 추가하여 施工段階에서의 우수한 施工管理와 一聯의 우수한 시공기계의 도입이 있었으며 이번에 施工한 콘크리트 鋪裝은 충분히 그의 特性을 발휘할 것으로 생각된다. 약 48 km에 걸쳐 콘크리

이트 鋪裝工事を 끝내고 意外로 收縮龜裂은 거의 發生하지 않았다는 報告를 보면 鋪裝用시멘트의 有效性이 證明된 것으로 생각된다.

이번에 報告된 內容을 포함해서 시멘트 및 콘크리트에 관한 追跡調査에 關係各位의 多大한 協力を 기대하는 바이다. 특히 小野田시멘트(株), 住友시멘트(株), 秩父시멘트(株) 및 日本시멘트(株)의 4社에 관하여서는 鋪裝用시멘트의 試製段階로부터 一貫된 協力を 받아온 바 있다. 이 글을 마치며 關係各位께 謝意를 表하는 바이다.

【參考文獻】

- 1) 東京川越道路セメントコンクリート鋪裝に関する 檢討報告書, 高速道路調査會 鋪裝分科會, 東京川越道路鋪裝研究班, 昭和45年 3月
- 2) 콘크리트 鋪裝의 施工에 關する 檢討報告書, 高速道路調査會 鋪裝分科會 콘크리트 鋪裝研究班, 昭和46年 2月
- 3) 콘크리트 鋪裝의 施工에 關する 檢討報告書 (そのII), 高速道路調査會, 土工及び鋪裝委員會, 콘크리트 鋪裝研究班, 昭和48年 3月
- 4) 座談會: 東北道の 콘크리트 鋪裝의 施工을 終えて, 道路と 콘크리트 No. 26, 1974年12月
- 5) 콘크리트 鋪裝追跡調査報告書 (東北道矢板~白河間), 1974年12月
- 6) 高速道路における 콘크리트 鋪裝, 渡辺孝雄, セメント・コンクリート, 1975年 1月
- 7) 東北高速道路矢板~白河間 콘크리트 鋪裝工事 報告書, 日本道路公團東京第一建設局黒磯工事事務所, 1975年 2月