

## RCCP의 現況과 課題

李 承 懨 (譯)

〈韓國洋灰工業協會 技術課 代理〉

檢討하였다.

### 1. 序 論

아주 되게 반죽한 超硬練 콘크리트를 롤러로 다진 轉壓 콘크리트가 최근 세계적인 콘크리트 施工方法으로서 관심을 모으고 있다. 轉壓 콘크리트 鋪裝(Roller Compacted Concrete Pavement : 以下 RCCP로 表記)의 施工은 오일쇼크에 의한 아스팔트 價格의 仰騰, 轉壓 施工設備의 進歩, 댐의 合理化 施工에서의 成功 등이 계기가 되어 출현하게 된 것 같다.

RCCP는 콘크리트 鋪設의 合理化, 早期 交通 開放, 콘크리트 鋪裝이 본래 耐久의 이라는 것 등을 포함하여 經濟性이 크며 또한 종래의 콘크리트 鋪裝과는 다른 특징을 가진 반면 技術의 발전이 요구되는 工法이다.

일본 道路協會의 「시멘트·콘크리트 鋪裝要綱」에는 特殊 鋪裝의 一例로서 轉壓 콘크리트 鋪裝이 소개되어 있으나 근년의 施工實績은 거의 없었던 것으로 생각된다. 일본에서 현재는 建設省 土木研究所를 비롯하여 일본 道路工團, 시멘트協會 등에서 연구가 진행되어 전국적으로 試驗 施工이 실시되고 있다. 一例로서 일본 道路協會에는 「시멘트·콘크리트 鋪裝 小委員會」 아래 「轉壓 콘크리트 鋪裝 分科會」가 設置되어 연구를 진행하고 있다.

本稿에서는 RCCP에 관한 文獻을 중심으로 한 技術現況의 수집과 아울러 그의 課題를 整理,

### 2. 轉壓 콘크리트 鋪裝의 背景

轉壓 콘크리트는 흙 또는 아스팔트의 다짐에 사용되고 있는 振動롤러(Vibratory Roller)로 超硬練 콘크리트를 다진 것이다. 이것은 넓은 의미에서 土質의 安定處理 등을 포함한 시멘트系 混合材料의 일부로서 간주되기도 한다.<sup>1)</sup> 이러한 종류의 재료는 1940년대 이전부터 유럽에서 사용되었으며<sup>2)</sup> 미국은 1941년 워싱턴 空港에 그 實績이 있는데<sup>3)</sup> 45년 이상이나 사용되어 오고 있다. 그러나 施工機械의 性能不足으로 現場에서 필요한 콘크리트 品質을 확보하지 못하여 그 이후에는 쇠퇴하게 되었지만 1976년 캐나다 서해안인 밴쿠버에 있는 1.6 ha 규모의 木材 選別 場에서 RCCP의 본격적인 施工이 이루어지게 되었다.<sup>4)</sup> 일본은 1953년 札幌千歲도로의 轉壓 施工과 單粒度 粗骨材를 시멘트 모르타르로 씌워 머캐덤 롤러(Macadam Roller)로 다진 工法으로서의 실적이 있다.<sup>5)</sup>

한편 1970년 J.M. Raphael은 댐을 轉壓 콘크리트로 시공할 것을 提案한 바 있으며 R. W. Cannon의 配合 및 施工에 관한 報告가 있는 이후<sup>6,7)</sup> 이를 RCCP의 配合設計 등으로 참고할 수 있게 되었다. 鋪裝에의 轉壓 콘크리트의 適用에 관한 보고는 「콘크리트 鋪裝의 設計 및 補修에 관한 第3回 國際會議」(1985년, Purdue

各國의 RCCP 現況<sup>12)</sup>

〈表-1〉

國 名	施 工 實 績
오스트레일리아	幹線道路
캐 나 다	貯木야드
스 페 인	430 만㎡, 幹線道路
미 국	40 만㎡, 輕交通鋪裝, 駐機場
프 랑 스	220 만㎡, 輕交通鋪裝
일 본	4.5 만㎡
노 르 웨 이	5 만㎡
스 웨 덴	4 만㎡, 港灣야드
체 코	假設鋪裝, 아스팔트 摩耗層

大)에서 D.W. Pitman이 보고한<sup>8)</sup> 이후 「콘크리트 道路에 관한 第5回 國際會議」(1987년, CE-MBUREAU) 등에서 관심높은 테마로 등장하게 되었다.

세계 각국에서의 RCCP 현황은 「第18回 道路會議」(1987년, PIARC)의 技術委員會 報告<sup>2)</sup>에 요약되어 있다. 각국의 RCCP 현황<sup>10)</sup>은 〈表-1〉에서와 같이 스페인에서 幹線道路에 본격적으로 사용된 것 이외에는 試驗工事로서 주로 輕交通鋪裝道路, 콘테이너 야드, 貯炭場, 貯木場, 駐機場 등이다. 일본에서는 1987년 2월 시멘트工場 構内の 試驗鋪裝<sup>11)</sup> 이래 RCCP에 대한 관심이 높아졌으며 構内鋪裝, 貯木場 등이 施工되고 工事用 道路, 高速道路의 파킹에리어 (Parking area)나 一般道路에서의 試驗鋪裝이 실시되고 있다. 그리고 1988년 말까지 약 30件, 4.5만㎡ 정도의 試驗施工이 실시되었다.

### 3. 轉壓콘크리트鋪裝의 適性

RCCP의 長點을 열거해 보면 다음과 같다.

① 아스팔트鋪裝의 施工에 사용되는 피니셔 (Finisher), 振動롤러 (Vibratory Roller), 타이어 롤러 (Tire Roller) 등으로 시공한다. 따라서 종래의 콘크리트鋪裝用 大型機械들을 필요로 하지 않으므로 大規模 工事を 막론하고 局所的인 工事에도 쉽게 대응할 수 있다.

② 施工時에 振動과 큰 加壓으로 다져지므로

시공직후에 輪荷重이 作用해도 變形 등의 損傷이 거의 눈에 띄지 않으며 따라서 早期交通開放의 가능성이 있다.

③ 종래의 콘크리트 鋪裝에 비해 施工速度가 빠르다.

④ 耐久性이 높은 콘크리트鋪裝을 경제적으로 시공할 수 있으며 또한 維持經費의 절약이 기대된다.

⑤ 줄눈의 設置가 어렵기는 하나 콘크리트의 單位水量이 적어서 乾燥收縮 또한 작아지므로 가로줄눈의 간격을 길게 해도 될 가능성이 있다.

⑥ 종래의 콘크리트에 비해 壓縮強度에 대한 曲強度의 比가 크다.

⑦ 일반적으로 콘크리트중의 粗骨材量이 많으므로 耐摩耗性과 미끄럼 抵抗이 향상될 것으로 예상된다.

이러한 長點이 있는 반면 平坦性이 다소 떨어진다는 점, 骨材의 치수나 配合이 적절하지 않을 경우 材料의 分離가 일어나며 포트홀(pothole) 등의 원인이 되기 쉽다는 점 등이 지적되고 있다. 이같은 결점도 앞으로의 연구에 비중을 둬으로써 개선되어야 할 것으로 생각된다.

RCCP의 適用範圍를 정리하면 콘크리트 슬래브, 路盤(基層), 아스팔트와의 複合鋪裝, 콘크리트 오버레이(overlay) 등을 생각해 볼 수 있다. 이들의 用途와 轉壓콘크리트의 適合性을 열거하면 다음과 같다.

#### 1) 콘크리트 슬래브 (Concrete Slab)

轉壓콘크리트를 鋪裝板에 적용할 경우에는 輪荷重에 대한 콘크리트板의 曲強度, 路面의 耐摩耗性, 氣象作用에 대한 耐久性 등이 요구된다.

##### (1) 야드 (yard) 鋪裝

轉壓콘크리트는 重車輛이 走行하는 광대한 야드鋪裝 등을 경제적으로 시공하고자 할 때 적합하다. 이 경우에 차량은 低速으로 주행하므로 평탄성은 그다지 문제가 되지 않는다.

##### (2) 輕交通 鋪裝

줄눈을 설치하지 않음으로 인해 균열의 발생을 허용한다 해도 地方道路 등 交通量이 적은 경

우에는 鋪裝構造에 현저한 損傷을 주지는 않을 것으로 예상되므로 RCCP의 輕交通 道路에 대한 適用은 實現性이 높을 것으로 보인다.

### (3) 重交通 鋪裝

新設 幹線道路 鋪裝에서는 평탄성을 향상시켜 충분히 養生한다면 마모가 적은 耐久的인 鋪裝板이 가능할 것이다. 스페인 등에서는 아스팔트 表層에도 시공하고 있다. 또한 적절한 縮윤간격 및 그 設置方法의 開發도 필요할 것이다.

### (4) 補修工事

도시의 교차로 등의 補修에는 急速施工이라는 요구에 대응할 수 있으므로 콘크리트의 養生과 평탄성의 향상으로서 아스팔트 表層을 시공하는 것 등을 생각해 볼 수 있다. 터널內 콘크리트 鋪裝의 補修에 대해서는 薄層의 轉壓콘크리트로 오버레이를 실시하여 明色性을 유지하는 것도 기대된다.

## 2) 路 盤

드라이 린 콘크리트(dried lean concrete)로서 路盤에의 적용은 浸蝕에 대한 耐久性을 높이기 위해서이다. 이것은 1983년경에 관심을 끌게 한 테마<sup>13)</sup>로서 즉 路盤에 빗물이 침투할 때 輪荷重에 의해 콘크리트板이 상하로 움직임에 따라 縮윤이나 龜裂部位로 路盤中の 微粗子과 함께 噴出(pumping)된다. 이에 대한 대책으로서 路盤을 貧配合(lean)의 콘크리트로 시공하면 耐水性이 높아지게 된다. 린 콘크리트로서 미국에서는 주로 웨트 린 콘크리트(wet lean concrete)가 콘크리트 鋪裝機로 시공되고 있으나 유럽에서는 드라이 린 콘크리트의 轉壓施工도 실시되고 있다.

### 3) 複合 鋪裝

基層을 轉壓콘크리트를 사용하고 表層은 아스팔트로 하는 複合鋪裝은 耐摩耗性을 다소 희생시켜서라도 승차감을 높이고 鋪裝 構造의으로는 耐久性을 높일 목적으로 적용하는 것이다.

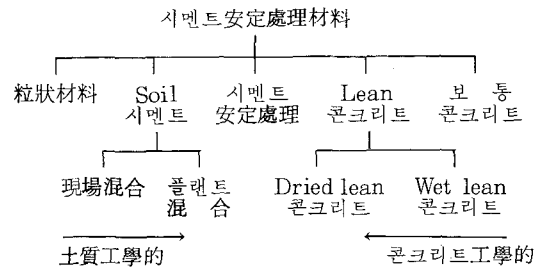
## 4. 鋪裝 構造

현재 일본에서 試驗工事로서 실시되고 있는 RCCP 슬래브의 두께는 15~30 cm로서 일본 道路協會 [시멘트·콘크리트 鋪裝要綱]에 준하여 設計되고 있으나 轉壓콘크리트의 品質特性이 충분히 나타나 있지 않은 것, 施工實績이 적거나 年數가 경과되지 않은 것 등으로서 鋪裝構造를 提案할 수 있을 정도에 이른 것은 아니다. 車輛의 走行에 따른 RCCP 下面의 휨 應力이 各 材令強度의 1/2 이상이 되도록 콘크리트의 두께를 결정한 施工例가 있다.<sup>11)</sup>

早期交通을 위해서는 콘크리트 配合의 設計基準材令, 早期載荷가 長期性狀에 미치는 영향, 初期에 있어서의 耐荷機構와 콘크리트 強度와의 관계 등의 검토가 필요할 것으로 생각된다. 또한 施工의 特殊性으로 인해 일반적인 鐵網이나 슬립 바(slip bar) 등은 사용하지 않는 예가 많다. 收縮縮윤에 대해서는 捲려轉壓이므로 打込縮윤으로 설계되지는 않으며 컷터(cutter) 縮윤으로 된 것이 많다. 轉壓콘크리트는 종래의 鋪裝콘크리트에 비해 單位水量이 적어서 乾燥收縮 또한 작아지기 때문에 縮윤간격을 길게 할 수 있을 것으로 생각된다. 收縮縮윤간격의 결정에 대해서도 試驗工事에서의 龜裂間隔에 관한 테마의 수집이 필요할 것이다.

## 5. 콘크리트의 配合

RCCP에 있어서 시멘트 安全處理 工法은 <그림-1>에서와 같이 종래의 鋪裝技術 水準에 있는 것으로 생각된다.<sup>1)</sup> 따라서 콘크리트의 配合



<그림-1> 鋪裝분야에 있어서의 各種 시멘트 安定處理<sup>1)</sup>

各國의 轉壓콘크리트 配合<sup>2)</sup>

〈表-2〉

國名	結合材 (%)	含水比 (%)	骨材의 最大치수 (mm)	備考
스페인	10~14	4~7	20~30	2粒群, 시멘트는 슬래그 또는 플라이 애쉬를 40~80% 첨가
미국	12~15	4~6	16~25	2粗群, 시멘트는 포졸란으로 대체 가능
프랑스	8~15	4~7	14~20	시멘트는 플라이 애쉬로서 3~6% 대체 가능
노르웨이	13.5	4	22	3粗群, 시멘트는 실리카폼 6% 첨가
스웨덴	13.7~15	4.6~5.2	16~19	2粗群 以上
체코	15.3	4.6	24	2粗群, 시멘트는 슬래그로서 40% 未滿 대체

註: 粒群은 粗骨材의 分級을 표시.

- 結合材(%) = 시멘트重量 / (骨材의 乾燥重量 + 시멘트重量)
- 含水比(%) = 물의 重量 / (骨材의 乾燥重量 + 시멘트重量)

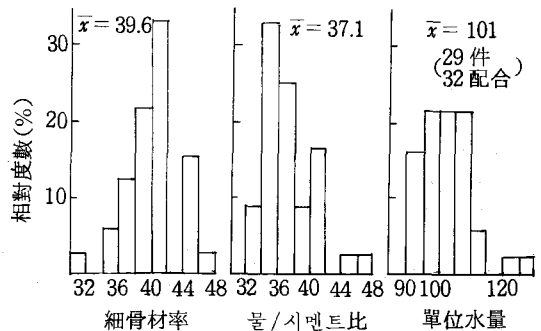
은 粒狀材料의 다짐이나 시멘트 安定處理 등의 土質工學的手法(重量法)과 콘크리트工學的手法(容積法)으로 실시되고 있으나 아직 標準化되어 있는 것은 없다. 土質工學的手法에서의 配合은 乾燥重量을 기초로 한 百分率로 표시된다.

轉壓콘크리트 鋪裝에의 적용은 콘크리트 슬래브, 路盤 등의 그 어느 것을 目的으로 하는가에 따라 所要性能이 현저하게 달라진다. 路盤에 사용되는 配合은 均열을 감안하여 시멘트를 低減시키지만 水量은 콘시스턴시(consistency: 稠度)가 施工性에서 일정하므로 동등하다. 〈表-2〉는 各國에서 사용되고 있는 配合의 개요를 나타낸다. 〈그림-2〉는 일본에서 29건의 試驗施工에 사용된 配合을 종합한 것으로서 粗骨材의 最大値數는 20~25mm이며 콘크리트 슬래브를 시공한 것이다. 本稿에서는 주로 鋪裝板으로서의 轉壓콘크리트를 대상으로 열거하였다.

1) 워커빌리티(Workability)

轉壓콘크리트의 워커빌리티는 ① 材料의 分離가 일어나지 않아야 하며 ② 振動롤러가 沈下되지 않도록 作業되어야 하며 더욱이 ③ 충분히 다져질 수 있을 정도의 콘시스턴시를 가지지 않으면 안된다.

轉壓콘크리트의 單位水量은 일반적으로 100 kg/m<sup>3</sup> 정도이며 혼합된 材料의 凝集力이 작고 粗骨材의 最大値數가 클때는 材料分離가 일어나



〈그림-2〉 試驗施工에 있어서의 配合分布

는 수가 있다. 粗骨材의 最大値數를 20mm 이하로 하고 細骨材量을 적당히 선정하면 材料分離에 대한 抵抗性을 向上시킬 수가 있다.

2) 콘시스턴시(Consistency)

콘크리트의 콘시스턴시는 振動롤러에 의한 作業이라 하더라도 路面의 평탄성과 다짐密度에 큰 영향을 미친다. 超硬練콘크리트로서의 콘시스턴시를 評價하기가 곤란한 경우도 있으며 減水劑, 流動化劑 등 混和劑의 효과 또한 확실치 않다.

흙의 다짐에 있어서는 이미 알고 있는 바와 같이 「最適含水比보다 적은 含水量으로 다진 것은 겉보기에 잘된 것처럼 보여도 실제로는 密度가 낮고 飽水에 의한 軟化가 현저한 상태를

나타낸다]는 것처럼 粒狀材料의 다짐에 있어서는 密度를 높이기 위한 最適의 含水比가 存在한다. <그림-3>에서 보는 바와 같이 콘크리트의 充填率은 單位水量이 증가함에 따라 높아지고 있으나 水量이 많을수록 롤러에 의한 施工이 곤란하고 水量이 적으면 다짐밀도가 低下되고 있다. 이와 같은 最適의 콘시스턴시를 결정하는 것은 配合設計에 極히 중요하지만 아직은 적절한 試驗方法이 確立되어 있지 않다.

일본 土木學會 規準 「振動台式 콘시스턴시 試驗方法」, 英國規準 BS 1881 : Part 104 「VB試驗機에 의한 콘시스턴시 試驗方法」 및 Part 103 「다짐係數 試驗機에 의한 콘시스턴시 試驗方法」 등은 다짐에너지가 작고 轉壓콘크리트의 콘시스턴시를 評價할 수 있을 만한 것은 아니다. 超硬練콘크리트의 콘시스턴시를 시험할 수 있는 가능한 方法들을 <表-3>에 열거하였다.

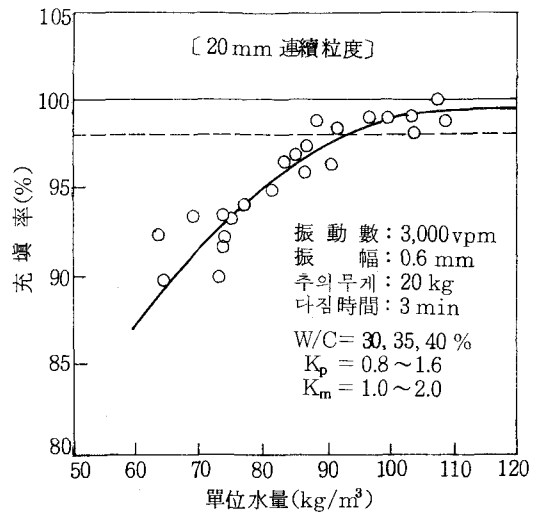
(1) Rammer를 이용한 試料의 最適含水比

轉壓콘크리트가 종래의 路盤安定處理工法의 延長으로서 발전하게 된 영향도 있으며 土質工學에서는 常用의 混合物은 最大乾燥密度로 된 最適含水比(OMC)를 配合의 근거로 한 것이 많다. 다시 말해 <그림-4>에 나타난 바와 같이 다짐에너지가 커질수록 最適含水比는 작아지나 修正 Proctor density 25.3 cm · kg/cm<sup>3</sup> 에서의

含水比는 常用 振動롤러에 의한 轉壓施工에 適當한 콘시스턴시를 얻을 수가 있다는 것을 經驗적으로 나타낸 것이다.<sup>14)</sup>

(2) VC 試驗機에 의한 VC值 또는 充填率

덤에 있어서의 轉壓콘크리트工法(RCD工法)에 사용되고 있는 小型 VC 試驗機로서 容器內의 試料에 20 kg의 추를 달아서 시멘트 페이스트가 윗면의 투명한 圓盤으로 떠서 全面이 완전히 滲

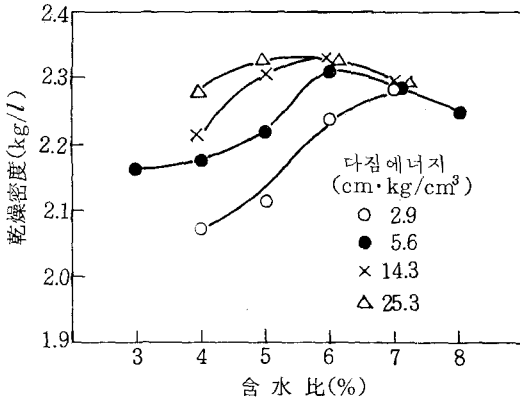


<그림-3> 單位水量과 振動다짐에 의한 充填率 關係

콘시스턴시 評價에 參考가 되는 試驗方法

<表-3>

• 振動臺에 의한 方法	振動數 (vpm)	振幅 (mm)	加速度 (g)	加壓	評價法
RCD工法 小型 VC 試驗機	3000	1.0	10.0	20 kg	VC 值 (s)
土木用 콘크리트 블록 供試體成形機에 의한 充填率試驗	4500	0.5	11.3	1.5 kg/cm <sup>2</sup>	充填率 (%)
• 衝擊力에 의한 方法	質量 (kg)	落下높이 (cm)	層數	回數 (回)	評價法
JIS A 1210 돌출 다짐에 의한 흙의 다짐 試驗方法(第2法)의 利用	Rammer 4.5	45.0	3	65	最適含水比(OMC)
마살 安定度試驗의 다짐에의 利用	Hammer 4.5	45.7	1	50	다짐率 (%)
• Drop table에 의한 方法	試驗方法				評價法
Taulow Drop table	10 l 원통容器中 슬럼프콘 1 cm 落下				5 l 線에 達한 回轉數



〈그림-4〉 含水比와 乾燥密度的 關係<sup>14)</sup>

을 때까지의 시간을 秒로 측정한 값을 VC 値라 하며<sup>15)</sup> 또한 示方配合으로 계산된 zero 空隙의 單位容積質量에 대한 充填率을 計算한다. 容器와 圓盤 사이에서 페이스트가 약간 보일때까지의 시간으로 한 修正 VC 値  $50 \pm 10$  초가 좋다는 報告가 있다.<sup>16)</sup>

### (3) Marchall 安定度 試驗에 의한 다짐率

아스팔트 혼합물의 시험에 사용되고 있는 마샬 安定度 試驗機를 응용하여 소정의 다짐을 실시한 후 示方配合으로 계산된 zero 空隙의 單位容積質量에 대한 다짐率을 구한다.

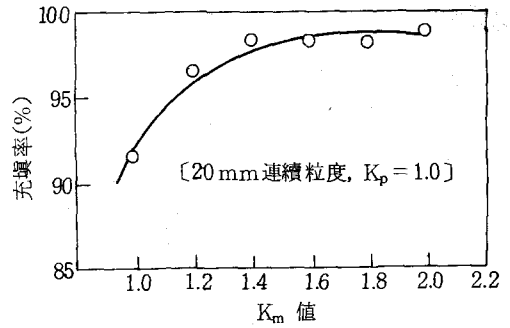
### (4) 其他

即時脫型方式으로 제조한 土木用 콘크리트 블록의 品質管理에 사용하는 供試體成形機 그리고 미국의 제로 슬럼프(zero slump) 콘크리트의 指針에 있는 「Taulow」로 칭하는 drop table 이 있다.

## 3) 單位骨材量

細·粗骨材量 및 粒度分布에 대해서는 材料分離, 다짐程度, 路面의 피니셔빌리티(Finishability), 耐摩耗性 등을 고려할 필요가 있다. 현재 骨材의 적절한 粒度分布範圍가 提案되어 있지만 細·粗骨材量을 결정하는 방법은 確立되어 있지 않다.

일반 콘크리트의 配合設計에 적용되고 있는 單位骨材率, 鋪裝콘크리트에 적용되고 있는 單位



〈그림-5〉  $K_m$  値와 振動다짐에 의한 充填率 關係<sup>13)</sup>

粗骨材容積 외에 콘크리트중의 粗骨材 空隙容積에 대한 모르타르 容積比( $K_m$ )로 配合比率를 계산하는 방법이 있다.<sup>17)</sup>

$$K_m = \frac{\text{콘크리트 } 1\text{m}^3 \text{ 중의 모르타르 容積}}{\text{콘크리트 } 1\text{m}^3 \text{ 에 사용된 粗骨材의 空隙容積}}$$

$K_m=1$ 은 粗骨材가 이루고 있는 空隙을 모르타르가 완전히 채운 것으로서 粗骨材끼리는 서로 接하고 있는 상태이다. 最密充填 상태를 얻기 위해서는 轉壓에 의해 骨材粒子가 어느 정도 움직일 수 있어야 하며 粗骨材 사이에 모르타르가 골고루 퍼져서 충분한 다짐密度가 확보되지 않으면 안된다. 이를 위해서는 粗骨材의 空隙容積보다 많은 모르타르量이 필요하다. 〈그림-5〉는 振動台上에서 3분간 振動 다짐한 후의 充填率을 나타낸 것이다. 일정한 다짐에너지에서의 充填率은  $K_m$ (모르타르量)이 1.4에 달할 때까지는 향상되고 있다.<sup>18)</sup> 또한  $K_m$ 은 單位粗骨材容積과 같은 의미로서 粗骨材의 單位容積質量과 比重으로서도 換算할 수 있다.

## 4) 單位시멘트量

콘시스턴시로부터 水量이 결정되는 것과 마찬가지로 單位시멘트量은 所要強度를 얻을 수 있도록 결정하는 것이 좋으나 실제로 물/시멘트比만으로는 부족하며 轉壓콘크리트의 空隙에 의한 영향도 고려되지 않으면 안된다. 그러므로 所要 콘시스턴시를 얻은 水量으로 시멘트量을 3가지 이상으로 변화시킨 配合에 대해 실제 施工과 동등한 空隙率을 가진 供試體의 強度試驗을

실시하여 적절한 시멘트량을 결정하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

콘크리트 슬래브는 엄한 氣象作用을 받으므로 耐凍害性을 감안하여 물/시멘트比를 작게함과 동시에 細骨材의 空隙을 시멘트페이스트가 충분히 채우게 할 필요가 있다. 最適含水比(OMC) 등을 기초로 한 水量과 強度試驗結果만으로는 單位水量이 적어지며 細骨材의 空隙을 채울만한 페이스트량이 부족할 수도 있다. 이를 위해 다음 식으로 나타낸  $K_p$ 가 1 이상인가를 체크해 보는 것이 필요할 것으로 생각된다.

$$K_p = \frac{\text{콘크리트 } 1\text{m}^3\text{중의 시멘트 페이스트 容積}}{\text{콘크리트 } 1\text{m}^3\text{에 사용된 細骨材의 空隙容積}}$$

보통 品質의 細骨材를 適量 사용한 配合으로서 水量  $90\sim 110\text{ kg/m}^3$ 에 시멘트량을  $220\text{ kg/m}^3$  이상으로 하면 대개  $K_p$ 는 1 이상이 된다. 반면에 耐凍海性, 耐摩耗性 등을 확보하기 위해 최소의 시멘트량을 검토하는 것도 필요할 것으로 생각된다.

### 5) 종래의 콘크리트와의 比較

이와 같이 試驗施工에 사용된 轉壓콘크리트의 配合은 施工場所, 施工機械의 조건 뿐만 아니라 그 計算方法도 여러가지가 적용되고 있으나 앞의 <그림-2>에서 나타난 바와 같이 대체로 같은 값을 가진 것도 있다.

$K_m$  및 單位水量을 중심으로 종래의 각종 콘크리트와 轉壓콘크리트의 配合을 정리한 것이 <그림-6>이다.<sup>19)</sup> 다짐이 強力할수록 콘크리트의 모르타르량 및 單位水量이 일정하게 감소함이 뚜렷이 나타나고 있다.

## 6. 施工 方法

### 1) 콘크리트의 混合 · 運搬

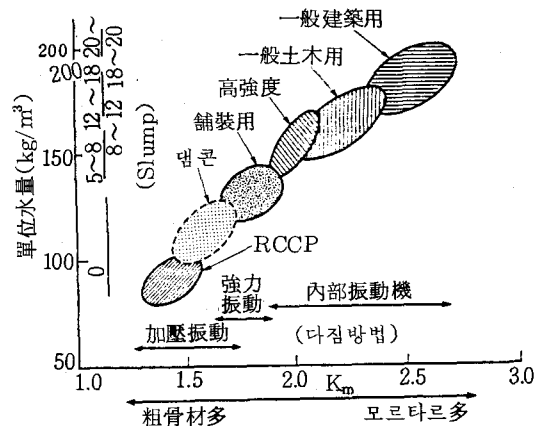
이제까지의 試驗工事に 있어서 轉壓콘크리트 混合의 대부분은 레미콘 공장에서 pan型 또는 2軸 強制式 믹서를 사용하고 있다. 傾胴式 믹서의 경우에는 특히 1 batch의 量을 公稱容量의  $1/2\sim 1/3$  정도로 또는 混合時間을 보다 길

게 하는 등의 注意를 요하고 있다. 單位數量이 적거나 骨材에 表面數가 많을 경우에는 混合水量이 현저하게 적어지며 計量精度에도 지장을 주기 때문에 含水狀態에 따라 表面水量 만큼 單位水量이 超過되는 사태도 발생된다. 그러므로 骨材의 저장에 있어서는 덮개로 씌우는 등의 表面水率의 세심한 관리가 필요하다.

플랜트에서 혼합된 超硬練콘크리트는 덤프트럭으로 鋪設現場까지 運搬되어 아스팔트 피니셔에 내려져서 敷設하게 된다. 운반에 있어서는 콘크리트에서의 水分蒸發, 콘시스턴시의 변화를 방지하기 위해 운반시간을 가능한 짧게하거나 또한 덮개를 씌우는 등의 주의가 필요하다. 氣溫이 높을때는 遲延劑를 사용하여 시멘트의 凝結을 늦추고 콘시스턴시의 변화를 억제하는 방법도 실시되고 있다.

### 2) 敷設 및 轉壓

콘크리트의 敷設 및 轉壓工程은 適正한 配合設計와 함께 轉壓콘크리트 工法의 技術 중에서 가장 중요한 부분이다. ACI 用語로서 'Compaction'은 「振動, Tamping(다짐) 등으로 連行空氣 이외의 空隙을 除去하고 粒子間隔을 最小로 함」을 뜻한다. 轉壓콘크리트는 振動롤러 등의 表面振動機로 超硬練 콘크리트를 강력하게 다진 것이지만 그 다짐機構에 대해서는 아직 解明되지 않고 있다. 다시 말해 施工機械의 重量,



<그림-6> 各種 콘크리트 配合의 概念<sup>19)</sup>

振幅, 振動數, 振動加速度 등의 다짐조건과 그에 적합한 콘크리트사이의 定量的인 關係, 轉壓層에 대한 振動다짐 性狀 등이 확실하게 밝혀져 있지 않은 상태이다.

### (1) 敷 設

콘크리트 敷設에 사용되는 아스팔트 피니셔는 대개 덤프트럭에서 콘크리트를 받으며 施工幅 전체에 대한 均一한 敷設, 다짐, 敷設 높이에 대한 自動調節機能을 가지고 있다. 敷設될 때 밀도가 높으면 더뎈기(余盛) 높이를 작게하여 轉壓後의 평탄성이나 다짐밀도가 양호한 결과를 얻을 수 있다. 敷設時의 密度를 높이기 위한 一般型 스크리드(screed)로서는 탬퍼(tamper)가 上下로 움직이는 스크리드의 振動에 의해 다져지는 併用方式, 強化型으로서는 더블탬퍼方式 또는 누름대(pressure bar)方式 등의 강력한 다짐을 할 수 있는 우수한 機種이 나와 있다.

敷設 직후의 다짐밀도는 通常型和 強化型이 각각 85% 및 95% 정도이다.

鋪設速度는 敷設두께 및 施工幅 등에 따라 달라지나 대체로 1m/min 정도이다. 施工中 敷設을 중단하면 敷設密度가 변하거나 粗骨材의 分離現象이 나타나서 硬化後에 균열이나 表面組織에 얼룩 등의 결함이 생긴다. 따라서 콘크리트 플랜트는 施工速度를 감안한 製造能力은 물론 확실한 運搬計劃이 수립되어 있지 않으면 안되는 것이다.

### (2) 轉 壓

敷設된 콘크리트는 重量 7~10t, 振動數 3000 vpm 정도의 大型 振動롤러에 의해 無振에서 2~4 pulse, 有振에서 4~8 pulse의 1次轉壓이 실시된다. 다음 2次轉壓 또는 마무리 轉壓으로서 15~25t의 타이어 롤러에 의한 다짐 및 表面組織의 정리로서 마무리가 된다. 路面의 평탄성은 profilemeter로서 標準偏差 3mm 정도이고 20~25cm를 1層으로 轉壓하면 양호하다.

轉壓層內的 加速度 및 壓力分布 測定例를<sup>20)</sup> <그림-7>에 나타내었다. 콘크리트의 振動加速度는 表面으로부터 깊을수록 감소하며 콘크리트 密度는 또한 下層일수록 작아지므로 1回 轉壓

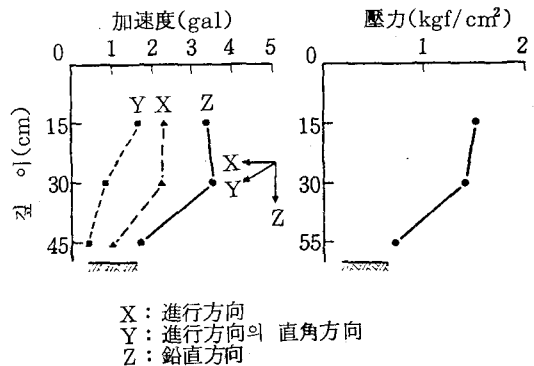
한 層의 두께에는 한계가 있다. 2層으로 나누어 轉壓하는 방법도 검토되고 있으나 슬래브의 一體性을 확보하기 위한 附着境界 處理方法의 검토가 중요하다.

다짐밀도의 관리는 아스팔트鋪裝의 관리에 적용되고 있는 모래置換法이나 radioisotope(放射性 同位元素)를 이용한 水分·密度計의 적용이 검토되고 있다.<sup>22)</sup> 다짐度는 코발트 60에서 放出되는 감마線이 다짐밀도가 클수록 散亂·吸收된다는 점을 이용하여 檢出器에 도달하는 總量으로 계산된다. 含水量은 Kali-Holmium 252에서 放出되는 빠른 中性子線이 試料中の 水素原子(물)에 의해 減速되어 熱中性子로 변하는 점을 이용하여 측정한다.

### 3) 施工준비

施工준비는 鋪設 끝부분이 緩斜面으로 굳어 있을 때 翫日 깊이 5cm 정도를 cutter로 절단하고 斜面부분을 콘크리트 破碎機로 제거한다. 斷面의 下部는 슬래브 相互荷重傳達를 고려하여 凹凸된 상태가 좋다.

콘크리트의 連結部에 콜드 조인트(cold joint)가 발생치 않게 하기 위해 플라이 애쉬, 高爐슬래그 微粉末 등<sup>2)</sup>을 사용하여 凝結을 遲延시키거나 遲延劑를 사용하는 등의 예가 유럽에서 많다. 또한 세로줄눈을 fresh 상태에서 설치할 경우에는 먼저 lane(車線)의 側方을 50cm 정도 輕壓하지 않고 남겨둔 다음 뒤에 敷設할 부분과 함께 振動롤러로 다진다.<sup>21)</sup> 兩者의 一體性을 확보하기 위해 連結時間을 1時間 이내로 하거



<그림-7> 加速度 및 壓力分布<sup>20)</sup>



나 連結面에 시멘트 페이스트의 塗布 등을 실시 하기도 한다.

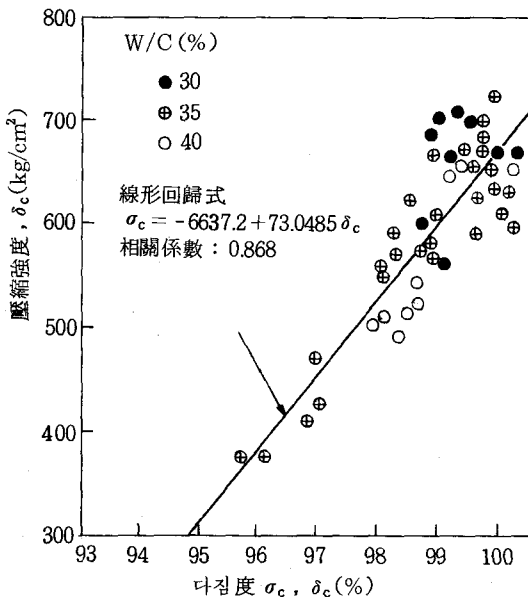
鋪設된 콘크리트의 濕潤養生을 실시할 필요가 있다. 실제로 轉壓 직후의 살수는 表面이 씻겨나가지 않도록 噴霧 또는 養生 매트를 사용하는 것이 좋다.

## 7. 硬化콘크리트의 特性

### 1) 強度

轉壓콘크리트의 強度는 그 適用部位에 따라 달라지지만 대개는 400~600 Kgf/cm<sup>2</sup> 정도의 것이 많다. 轉壓콘크리트는 打込 직후에도 강력하게 다져짐으로써 骨材가 뒷쪽에 모여들기 때문에 荷重이 作用해도 流動하지 않으므로 施工 직후에도 耐荷能力을 가지지만 強度는 보통의 콘크리트와 크게 다를 바 없다. 供試體의 壓縮強度는 空隙率 2~3%, 물/시멘트比 30~40%의 범위에서 材令 1일에 150~200 kgf/cm<sup>2</sup>, 7일은 300~400 kgf/cm<sup>2</sup>, 28일은 400~550 kgf/cm<sup>2</sup> 정도이다.

轉壓콘크리트의 強度는 물/시멘트比 뿐만 아



〈그림-8〉 다짐도 및 壓縮強度<sup>16)</sup>

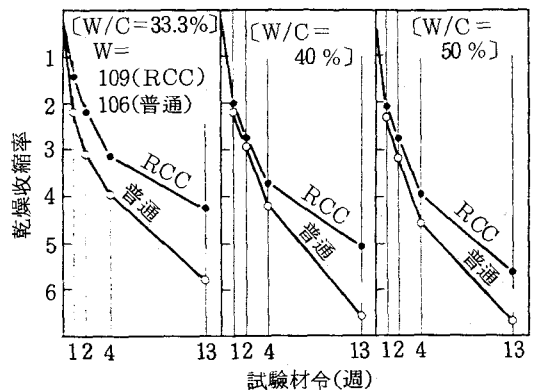
니라 〈그림-8〉에서 나타난 바와 같이 充填率<sup>16)</sup>에 의해서도 支配된다. 壓縮強度의 支配理論은 空隙시멘트比 說을 근거로 한 것<sup>23)</sup>, 물/시멘트比와 空隙量의 관계를 要因으로 한 것<sup>24)</sup>이 있다.

壓縮強度와 曲強度와의 관계는 供試體 形狀의 차이에 따라 즉 동등한 空隙率을 가진 供試體의 製作方法에 문제가 있으나 대체로 보통콘크리트에 비해 壓縮強度에 대한 曲強度가 큰 경향이 있다.

轉壓콘크리트의 疲勞強度에 대해서는 一般 鋪裝콘크리트와 동등하다는 결과가 報告되어 있으나 供用開始材令과의 관계에서 한층 더 검토가 필요할 것으로 생각된다.

### 2) 乾燥收縮

RCCP는 單位水量을 低減시킴으로써 콘크리트의 乾燥收縮을 개선시킨 工法으로 알려져 있으나 줄눈을 생략할 정도에 이르지 못하는 것 같다. 外國의 事例에서는 가로줄눈이 없는 경우 乾燥收縮龜裂은 대략 10~30m 간격으로 발생되고 있으며 일본의 試驗施工에서는 經過日數가 적고 충분한 데이터가 없으나 두께 20cm, 施工延長 40m의 中央에 10개월 경과후에 발생되는 것으로 報告되고 있다. 〈그림-9〉는 轉壓콘크리트와 보통콘크리트의 乾燥收縮을 비교한 一例이다. 路盤의 시멘트 安全處理材料에 관한 室內 試驗結果에 있어서도 乾燥收縮은 含水比



〈그림-9〉 轉壓콘크리트와 普通콘크리트의 乾燥收縮 比較

(單位水量)에 비례하여 감소하는 것으로 나타나고 있다. 現在 일본은 가로줄눈 간격의 增大 또는 省略을 목적으로 한 RCCP用 低收縮 시멘트의 開發을 시도하고 있다.<sup>25)</sup>

### 3) 耐久性

콘크리트의 耐凍害性은 아직 충분치 않으나 캐나다 등의 寒冷地에 있어서도 대체로 양호한 실적을 보이고 있는 것 같다. 轉壓콘크리트에 있어서는 連行空氣의 形狀이 찌그러져 있거나 300 cycle의 경우 耐久性 指數가 60%를 넘는 것에 대한 氣泡間隔係數는 280  $\mu\text{m}$  이하로 報告되어 있다.<sup>26)</sup> 콘크리트의 空氣連行 가능성에 대해서도 검토가 필요할 것으로 본다.

## 8. 結 論

近年에 鋪裝에의 適用이 주목을 끌고 있는 轉壓콘크리트는 膜의 RCD와 유사한 것이며 시멘트 安定處理를 발전시킨 工法이다. RCCP는 종래의 鋪裝用 콘크리트보다 현저하게 水量을 低減시킨 超硬練 콘크리트를 물러로 轉壓시킨 鋪裝이다. 이 工法은 施工速度가 빠르며 超硬練 콘크리트를 충분히 다지므로 早期에 耐荷能力이 있으며 또한 早期에 交通開放을 할 수 있다는 점, 乾燥收縮이 작다는 점 등 우수한 특징이 있다. 超硬練 콘크리트를 충분히 다져서 空隙이 거의 없는 施工技術을 개발하면 우수한 品質의 콘크리트가 등장하게 될 것으로 생각된다. 그러나 콘크리트의 다짐이 불충분하면 強度나 耐久性을 損傷시킬 위험성도 있다. 따라서 콘크리트의 콘시스턴스와 물러轉壓의 施工性과의 關係를 밝혀 RCCP가 신뢰성이 높은 品質을 가질 수 있도록 進歩·發展시킬 필요성이 있다.

### 〈參 考 文 獻〉

- 1) R. I. T. Willams: Cement Stabilised Materials, Development in Highway Pavement Engineering-1, 1986.
- 2) J. E. Nissoux: The Use of RCC for Road-Building, PIARC 18th World Road Congress, Sept. 1987.
- 3) O. Keifer: Paving with RCC Con. Con. Mar. 1986.
- 4) R. W. Pigot: Ten Years of Heavy-Duty Pavement in Western Canada, Con. Inter. 1987.
- 5) 秋山政敬: セメントマカダム鋪裝工事の一例について, 道路建設, No. 105, 1956.10
- 6) ACI Committee 2207: RCC ACI 207, 5 R-80.
- 7) R. W. Cannon: Proportioning No-Slump Concrete for Expanded Application, Con. Inter. 1982.
- 8) D. W. Pittman & T. D. White: RCCP 3rd ICCPDR Purdue Univ., Apr. 1985.
- 9) R. L. Perona, J. Pleite: Spanish Experiences in RCCP in the Years 1984-85, Proc. of 5th ISCR CEMBUREAU, June 1986.
- 10) RCCP 歐米調査報告書—歐米における RCCP의 實態一, セメント協會, 1988. 3
- 11) 井上・根本・杉・小林: 轉壓 콘크리트 鋪裝의 設計と施工, セ技年報, Vol. 41, 1987.
- 12) Concrete International, 2, 1987.
- 13) セメント協會道路技術專門委員會: 路盤のエロージョンに關する文獻調査, 1988. 3.
- 14) 根本・内田・井上: 轉壓 콘크리트에 關する一檢討—配合とその特性—, 道路建設, 1986.
- 15) 國土開發技術研究センター: RCD 工法技術指針(案), 振動台式コンシステンシー試驗方法, 1981.
- 16) 樓井・中原・万木: 鋪裝用轉壓 콘크리트의 施工性に 關する 檢討, 土木學會 第 43 回 年次學術講演會, 1988.
- 17) 中原・横田・平田: 超かた練り 콘크리트의 配合 考え方とコンシステンシー, セメ・コン, 1979. 2.
- 18) 成田・田代・神田: ローラ轉壓 콘크리트 鋪裝의 試驗施工, セメント技術年報, Vol. 42, 1988.
- 19) 國府勝郎: 轉壓 콘크리트 鋪裝의 現況, 鋪裝, Vol. 23, No. 4, 1988. 4.
- 20) 前田・西岡・丸山・森田: 超硬練り 콘크리트의 振動締固め施工實驗, 土木學會 第 43 回 年次學術講演會, 1988.
- 21) D. W. Pittman: Construction of RCCP TBR, 1986.
- 22) 中丸 貢: 轉壓 콘크리트 鋪裝의 品質管理, 第 17 回 道路會議論文集, 1987.
- 23) 豊福・吉岡・高稿: 轉壓 콘크리트 鋪裝의 配合と その特性, セ技年報, Vol. 41, 1987.
- 24) 弘中・木村: 超硬練り 콘크리트의 締固め特性, 土木學會 第 43 回 年次學術講演會, 1988.
- 25) 建設省關東技術事務所, セメント協會: ローラ轉壓 콘크리트 鋪裝, セメ・コン, 1988. 7.
- 26) S. A. Ragan: Evaluation of the Frost Resistance of RCCP TRR 1062 TBR, 1986. ♣

〈資料: 콘크리트工學 Vol. 27. No. 5, 1989〉