
技術展望

Technical Over View

【土木学会論文集 第408号／V-11 1989年8月】

技術展望

転圧コンクリート舗装の現状と課題

STATUS REPORT ON ROLLER COMPACTED CONCRETE PAVEMENTS

多田宏行*

By Hiroyuki TADA

1. はじめに

転圧コンクリート舗装 (Roller Compacted Concrete Pavement, 以下 RCCP という) 工法は、通常の舗装用コンクリートよりも著しく水量を減じた超硬練りのコンクリートを、アスファルトフィニッシャなどで路盤上に敷きならし、これを振動ローラなどによる転圧で十分に締め固めて、高強度のコンクリート舗装版を得ようとするもので、従来のセメントコンクリート舗装に比較して工費の低減が期待できる、特殊な舗設機械を必要とせず施工速度が早い、早期に交通開放が可能であるなどの特徴を備えている。

本工法が近年、世界的に関心をもたれだした契機は、④第1次オイルショック (1973年) によるアスファルトの不足と価格高騰に対応したコンクリート舗装の見直し気運、⑤大型振動ローラや高締め型のアスファルトフィニッシャの出現、⑥コンクリートダムの施工法としての RCD (Roller Compacted Dam) 工法の実績の増大などであるが、直接的には⑦により信頼性のある施工が可能になったことの影響が大きい。

海外における RCCP 工法の道路舗装への適用の実態をみると、すでに試験的段階から実用的段階に達している国も少なくない。本工法を採用している国にはスペイン、フランス、ノルウェー、スウェーデン、アメリカ、カナダ、オーストラリアなどがあり、1986年までの全施工面積は 800 万 m² を上回るものと推定される。

このように、RCCP 工法は世界的に普及しつつある

が、わが国においても近年、急速に関心が高まり、施工実績の増加とともにそのデータの集積も進み、本工法の技術的検討も本格化してきた。

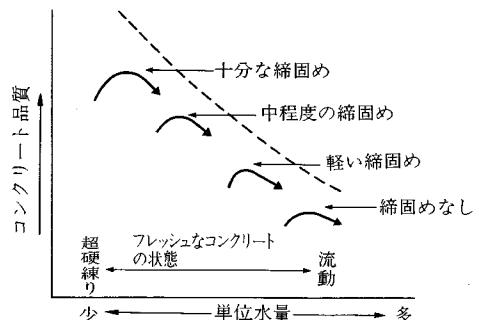
本文では、RCCP の位置づけと欧米における状況を紹介するとともに、わが国の RCCP 工法の現状と今後の展望について述べる。

2. RCCP 工法の概念と特徴

(1) RCCP 工法の概念

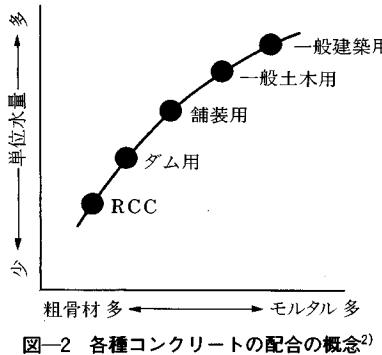
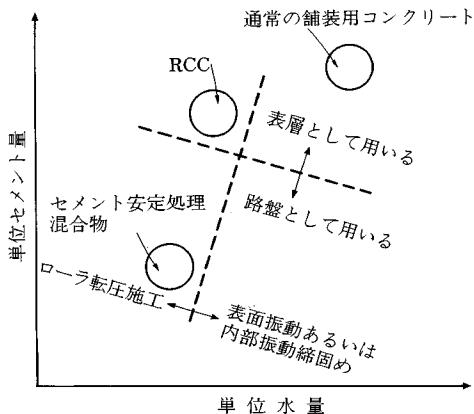
コンクリートの品質に及ぼす単位水量と締固めの関係は、図-1¹⁾ のような概念で示される。すなわち、RCCP 工法に用いるコンクリート (以下、RCC という) は、強力な締固めエネルギーを用いれば単位水量の少ない高品質 (高強度、高密度) な転圧コンクリート版 (以下 RCC 版といふ) が作り出せることに着目した工法といえる。

また RCC は、各種コンクリートの中では図-2²⁾ のように位置づけられ、粗骨材が多く骨材のかみ合わせが期待でき、かつ単位水量の少ない配合であることが特徴である。このため、転圧終了後の RCC 版の表面は、施工業者が入っても、また散水養生用の車が乗り入れて

図-1 コンクリートの品質と単位水量、締固めの概念¹⁾

* 正会員 工博 (財)日本道路交通情報センター副理事長・
(社)日本道路協会舗装委員会委員長
(〒102 千代田区九段南1-6-17)

Keywords : roller compacted concrete pavement, no-slump concrete, compaction with vibratory roller, concrete mix design, white base

図-2 各種コンクリートの配合の概念²⁾図-3 舗装用セメント混合物における RCC の位置づけ³⁾

も、特に問題はないほどに安定している。

さらに、舗装用のセメント混合物の中では、図-3³⁾のように、単位水量の点からはセメント安定処理混合物に近く、セメント量では通常の舗装用コンクリートに近いといえよう。なお、図中では RCC は表層に用いるとして位置づけられているが、路盤として RCC を用い、その上に表層を施工する舗装構造とすることもある。

これらを総合すれば、RCCP 工法はセメント安定処理路盤工法と通常のコンクリート舗装工法の同一線上にあるものと考えられ、両工法との関係を端的に表現すれば表-1 のようになる。

(2) RCCP 工法の特徴

上述の特性より、RCCP 工法には従来のコンクリート舗装と比較して次のような特徴が挙げられる。

① 単位水量およびセメント量が少なく、乾燥収縮量が小さいため、走行性に影響を及ぼす目地の省略あるいは設置間隔を拡大することができる。

② 初期材令時の耐荷力に優れ、早期に交通開放ができる。

③ 特殊な専用機械を用いることなく、アスファルト舗装用の舗設機械で施工できるため施工速度が早く、工費の節減も期待できる。

表-1 RCCP とそのほかの工法の関係

| 特性 | 工法 | 通常のコンクリート舗装 | セメント安定処理路盤 |
|----|----------|-------------|------------|
| | | × | ○ |
| 配合 | 単位水量・含水比 | × | ○ |
| | セメント量 | ○ | × |
| 施工 | 施工性 | × | ○ |
| | 締固め | × | ○ |
| 性能 | 強度・耐久性 | ○ | × |
| | 表層使用 | ○ | × |

(注) ○: 類似, ×: 相異

④ 型枠を用いない施工も可能のため、RCC 版厚は自在に変えられる。

一方、RCCP 工法の一般的な課題としては次のような点が挙げられる。

① RCC 版施工時の平坦性や供用下における表面のきめの確保に、工夫と検討を要する。

② 収縮ひびわれに代表される発生ひびわれをコントロールするか、しないか、つまりカッタによる切削目地（以下、カッタ目地という）の設置を設計施工上の前提とするか、しないかに検討の余地がある。

3. RCCP 工法の技術開発の背景

(1) 海外における現状

前述のように、RCCP 工法には多くの利点があるが、本工法の実用化の試みは欧米諸国の方が早く、その実績も多い。たとえば 1986 年現在で施工実績の多い国を挙げるとスペイン 430 万 m², フランス 240 万 m², カナダ 80 万 m², アメリカ 40 万 m² の順となっている。

ところで著者は、(社)セメント協会の企画により 1987 年、1988 年の 2 回にわたって海外の RCCP の実状を現地調査する機会を得た。この現地調査による知見と入手資料の検討のほか、各種の文献調査の結果から結論を要約すると、およそ次のようである⁴⁾。

① RCCP の道路への適用は、スペインが最も古く、1970 年代初期に遡ることができ、1980 年代中期には軽交通道路から重交通道路へと適用範囲を拡大はじめた。

② 各国とも第一次オイルショック（1973 年）を契機として RCCP に対する関心が高まり、その研究も促進されて、1970 年代中期から実績が増大した。

1980 年代中期には、重車両が低速走行するヤードなどにおける試験施工の時代を脱して、RCCP の技術的、経済的な優位性の評価も定まり、一般道路への適用の段階に達している。

③ RCCP 採用の主な理由は、①急速施工、⑤早期供用可能、⑦経済性にある。一方、主な問題点としては、②収縮クラックの発生をコントロールすることについて検討の余地があること、⑥平坦性の確保に留意を要する

ことが挙げられる。しかし、これらの問題点についても解決の努力が続けられており、RCCPは今後とも普及の傾向にある。

④ 各国の研究成果と実績に照らして判断すると、RCCPのわが国の道路への導入は、国情の相違による課題はあるものの、有望であると思われる。

(2) わが国における関連技術

わが国の RCCP の開発研究は 1987 年に本格化してから急速に進展したが、この背景にはわが国独自の技術的蓄積があったことも見逃せない。ここで参考までに、今日の RCCP 開発に関連したセメント混合物による転圧タイプの施工技術について概観しておく。

a) 札幌千歳道路の RCCP⁵⁾

わが国最初の大規模な RCCP の施工例は、1952～1953 年に札幌千歳道路の千歳寄り延長 7 027 m に実施されたものである。舗装断面は、図-4 に示すように 18 cm 厚の RCC 版をホワイトベースとし、その上にアスファルト混合物 5 cm を施工する、今日でいうところのコンポジット舗装に相当するものであった。

施工は、トラックで運搬された混合物を人力で荷おろし、敷きならし、6 t 以上のローラで転圧するものであったが、工事の仕様は基本的には今日のものと異ならず、施工機械を置き換えればそのまま現在でも通用し得るほどである。

b) セメント安定処理路盤工法

この工法は、わが国でも古くから行われており、その技術的基準も 1961 年にはアスファルト舗装要綱（日本道路協会）に定められている。わが国のセメント安定処理混合物はセメント量 2～4%（ちなみに、RCC のそれを同一表示で示すと 10% 前後）のもので、材令 7 日での一軸圧縮強度は 20～30 kgf/cm² 程度、施工厚は 15～30 cm である。

施工には、混合物の敷きならしにベースペーパ、締固めに振動ローラやタイヤローラなどの機械が用いられ、転圧終了後ただちにアスファルト乳剤を散布して、乾燥収縮を防ぎ、養生するのが一般的である。

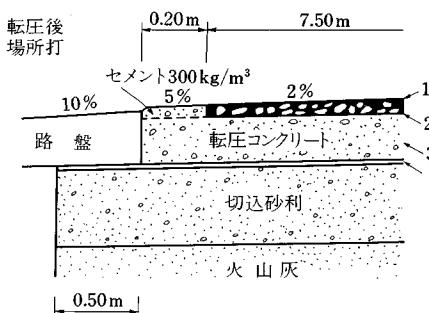


図-4 札幌千歳道路 RCCP の舗装断面⁵⁾

本工法は多くの施工経験から十分に耐久性があることが実証されている。したがって、ほぼ同様な機械で施工する RCCP には、このセメント安定処理路盤に関する技術の応用の範囲が広い。

c) セメントマカダミックス工法

この工法はマカダム工法の一種で、単粒度骨材（60/40 や 40/20 mm）を水・セメント比 40% 程度の細砂使用モルタルで混合被覆し、これを敷きならし、ローラで締め固めるギャップ粒度の転圧コンクリートである。

粒ぞろいの粗骨材のかみ合わせとセメントペーストの結合力を期待する工法で、一般には舗装の路盤に適用するが、全国的に普及するには至らなかった。

d) RCD (Roller Compacted Dam) 工法

わが国の RCD 工法の実施は、急速施工性、経済性などに着目して 1974 年より始まり、現在ではその技術もほぼ確立されたものになっている。

RCD コンクリートは、RCCP 工法の混合物に比べ、当然のことながら粗骨材の最大寸法が大きく、またコンクリートの発熱抑制を重要視することから単位セメント量は 120～130 kg/m³ 程度と少ないなどの違いがある。

これら技術の開発過程で得られた転圧コンクリートのノウハウを RCCP 工法に活用しようとするのが、RCD 工法からの RCCP 開発研究へのアプローチである。

4. わが国の RCCP の現状

(1) 調査・研究の態勢

わが国の RCCP は建設省、日本道路公団などをはじめ民間でも実施されているが、これらの施工結果を踏まえての技術的検討は、行政機関のほか（社）日本道路協会、（社）セメント協会、（社）日本道路建設業協会などにそれぞれ設置されている RCCP に関する委員会において、おのおのの分担分野に応じて進められている。

すなわち、セメント協会は建設省関東地方建設局と共同で、その技術開発を 1987～1989 年度の 3 か年計画で実施中で、目地間隔の拡大を図るために低収縮セメント

| | |
|----------------------|-----------------------|
| 1. 細粒式アスコン | 5 cm |
| アスファルト | 9% |
| 石 粉 | 6 |
| 碎 石 | 25 |
| 砂 | 60 |
| 2. プライマー アスファルト乳剤 | 1 l/m ² |
| 3. 転圧コンクリート | 18 cm |
| セメント | 210 kg/m ³ |
| 砂 利 | 10 m ³ |
| 砂 | 0.4 m ³ |
| 4. 敷 砂 | 1 cm |

を開発するなどの成果をおさめつつある。

また、1988年8月には、日本道路協会の舗装委員会はRCCPの設計・施工の効率的な調査研究に資するため「転圧コンクリート舗装試験施工要領」⁶⁾(以下、施工要領という)を作成した。これに基づいて全国的な規模で試験施工が行われ、またこの施工要領は民間で実施される工事のガイドラインとしても役立っている。

一方、日本道路建設業協会は1988年4月にRCCP部会を発足させ、主として施工面からみた問題点の整理を急いでいる。

ところで、次節に述べるように施工実績の急増と関係機関の協力が幸いして、全国各地で官民の試験施工で得られるデータの集積も順調である。日本道路協会においては、これらを総合的に整理検討のうえ、わが国の実情に対応したRCCPの技術基準を策定する計画である。

(2) わが国のRCCPの現状

海外におけるRCCPの普及傾向に刺激されて、1987年2月にセメント協会が大阪のセメント工場構内で実施した公開試験舗装工事は、官民関係者の強い関心を集めたが、この年の秋から堰を切ったように各地で試験施工が行われるようになった。札幌千歳道路での施工からみれば実に35年ぶりのことである。

わが国のRCCPの近年(1987年以後)の施工実績⁷⁾は北海道、東北、関東、北陸、中部、近畿、中国、四国および九州において件数で約50件、延面積で約13万m²となっている。目下のところRCCPの技術開発は、官民一体となって促進する気運にあり、これらの施工の大半が公開試験の形をとっている。

以下に、これらの実績に基づきながら、わが国のRCCPの現状を述べてゆきたい。

a) 適用箇所

RCCPの施工実績49件を適用箇所で区分してみると、図-5のようである。図によれば構内道路やヤードなどへの適用が比較的多い。これは当初の技術開発が一

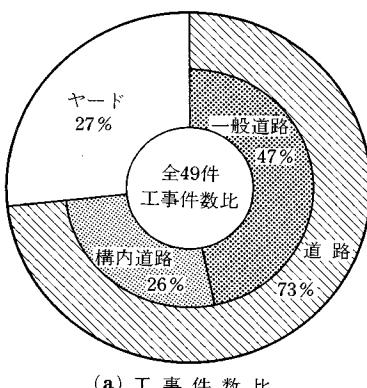


図-5 RCCP の適用箇所(1989年7月現在, セメント協会調べ)

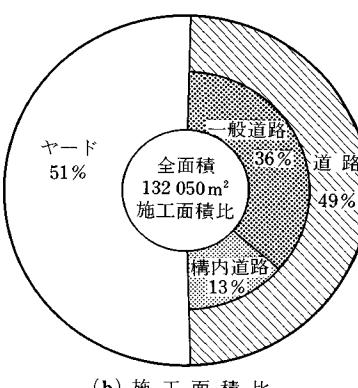


図-5 RCCP の適用箇所(1989年7月現在, セメント協会調べ)

般道路への適用に先立って、まずこれらによって施工性、供用性を確認しようと意図したところが多いためである。また、型枠を用いなくても施工でき、早期交通開放が可能でもあるRCCPが、複数レーンにわたって施工することの多い構内やヤードなどに適用しやすいという現実的な背景もあったと推察される。

一方、一般道路における適用については、建設省の各地方建設局における技術活用パイロット事業などとして進められているほか、1988年度にはL交通～B交通の一般道路への適用性を検討するため、前節で述べた施工要領に基づいて全国6か所7件の試験舗装が国の補助事業で実施された。

今後、これらの施工データおよび供用データを体系的に取りまとめて、技術基準作成にフィードバックさせてゆくことになっている。

b) 舗装構造

1) RCC版厚の設計

施工箇所のRCC版厚の分布は図-6に示すとおりで、版厚が25cmまでのものが圧倒的に多い。

セメントコンクリート舗装要綱(日本道路協会)では、通常のコンクリート舗装の版厚を15cm(L交通), 20cm(A交通), 25cm(B交通), 28cm(C交通), 30cm(D交通)のように交通量に対応して規定しているが、RCCPの版厚も当面はそれに準じている。

ただし、RCCPにおける路盤の支持力については交通量の区分にかかわらず $K_{30} \geq 20 \text{ kgf/cm}^2$ としている。

25cm以下のRCC版厚を通常のコンクリート舗装版厚と同一に扱っているのは、硬化後のRCC版の力学的挙動が基本的には通常のコンクリート舗装と同一であること、版厚設計の決め手となるRCCの曲げ強度や疲労性状が舗装用コンクリートとほぼ同程度とみなせること^{8), 9)}などを、現在のところその根拠としている。

なお、版厚25cmを超えるRCCPの適用性については、5.で述べるように基本的に検討すべき部分がな

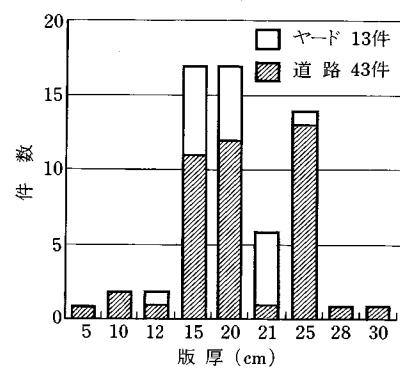


図-6 RCCP の版厚分布

残されているが、現在いくつかの試験施工計画が進められている。

2) 目地の構造・間隔

わが国の通常のコンクリート舗装版の構造は、目地部にスリップバー、タイバーを用いて荷重伝達をはかり、また版内に鉄網を敷設して、発生するひびわれの拡大を抑制している。

しかしながら RCC 版の場合、これらの補強材を版内に設置することは、一部で試験的に試みたものの、施工がきわめて困難であり、信頼性のある補強とはなりにくいので、これらの補強は行わない。

次にコンクリート版には、ある間隔で収縮ひびわれが必ず発生するが、これをカッタ目地により所定位置に誘導するか、しないか、誘導するとすればどの程度の間隔でカッタ目地を設けるかなどが課題となる。

わが国の場合、現在のところ収縮ひびわれなどをカッタ目地で誘導する方法を一般にとっている。したがって、

試験施工のかなりの箇所で目地間隔を種々変えた検討を実施している。

これまでに発表されたデータから、目地を全く設けない場合の発生ひびわれ間隔を推察すると、およそ版厚 15 cm で 15 m 程度、版厚 20 cm で 15 ~ 20 m、版厚 25 cm で 25 m 程度であり、目地間隔は通常のコンクリート舗装の目地間隔 (8~10 m) よりも大きくできることが、ほぼ確認してきた。

c) 配合設計

1) 配合設計法

RCC の配合設計は、これまでの調査研究に基づき、図-7 のような手順で行っている。すなわち、RCC としての適切なコンシスティンシーとなる最適含水比あるいは最適単位水量を求め、次にこの水量でセメント量を変化させた曲げ強度試験用供試体 (10×10×40 cm) を作り、配合曲げ強度 (材令 28 日) を満足するセメント量を求めるものである。

表-2 RCC のコンシスティンシー評価法

| (a) 振動台による評価法 | | | | | |
|---------------------------|-----------|----------|---------|---------|-------------|
| 試験機 | 振動数 (vpm) | 振幅 (mm) | 加速度 (g) | 加圧 (kg) | 評価法 |
| 小型 VC 試験機 | 3 000 | 1.0 | 10.0 | 20 | 修正 VC 値、充填率 |
| (b) 突固め法による評価法 | | | | | |
| 試験法 | 質量 (kg) | 落下高 (cm) | 層 数 | 回数 (回) | 評価法 |
| JIS A 1210による 土の突固め試験法 | ランマ 4.5 | 45.0 | 3 | 65 | 最適含水比 |
| マーシャル突固め試験法 | ハンマ 4.5 | 45.7 | 1 | 50 | 締固め率 |

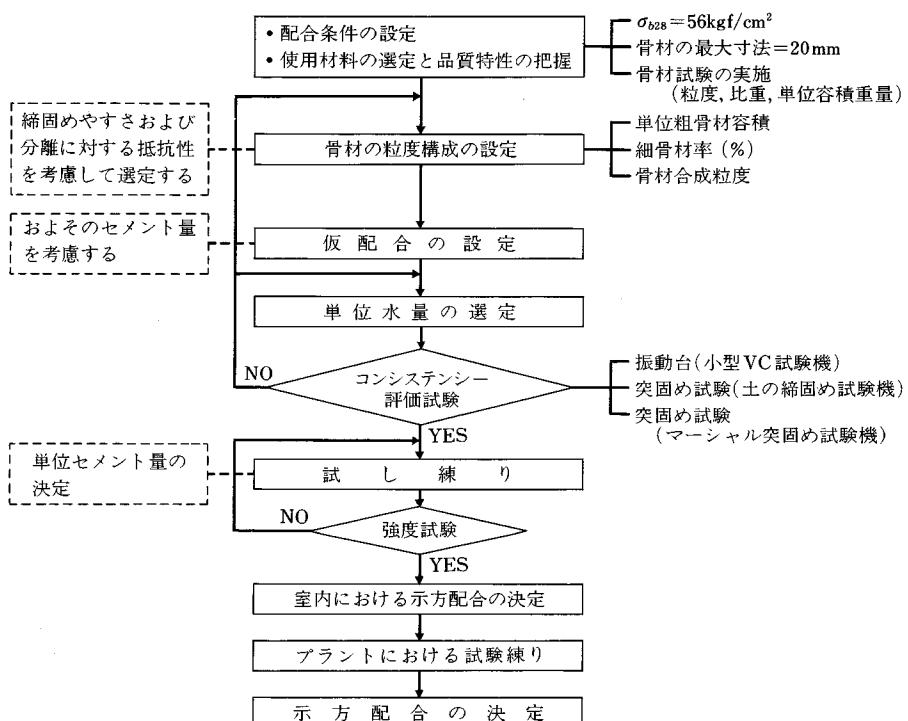


図-7 RCC の配合設計フロー

コンシスティンシーの評価は、表一2に示す3種の試験法のいずれかで行われているが、精度や作業の容易性などから、いずれ統一されることになる。

曲げ強度試験結果の例を示すと、図一8¹⁰⁾のようである。図一8 (b) は日本道路公団が主に用いている整理方法で、セメント水比 (C/W) のほかに曲げ強度試験用供試体の空隙率 (A) も考慮した $C/(W+A)$ を用いる点が注目される。

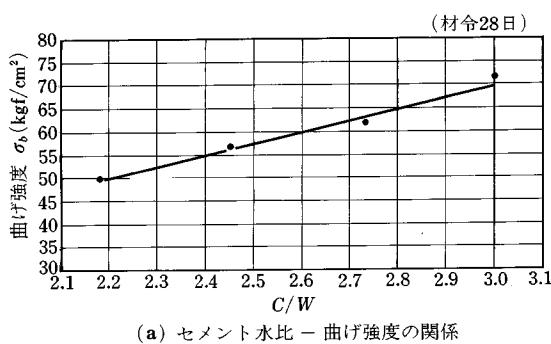
なお、RCC版の設計基準曲げ強度としては、通常のコンクリート舗装版と同じ材令28日の曲げ強度45 kgf/cm²を採用する。配合設計で用いる配合曲げ強度は、RCCの製造および施工上の変動に関してまだ十分なデータが蓄積されていないことを考慮して、現在のところ56 kgf/cm² (施工要領) あるいは60 kgf/cm² (日本道路公団) の通常の舗装用コンクリートの配合強度52 kgf/cm²より割増し係数を高めにとっている。

2) RCCの配合

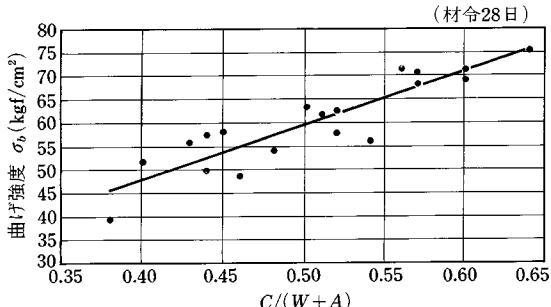
通常の舗装用コンクリートにおける粗骨材の最大寸法は40 mmが標準であるが、RCCの場合には均等質な版の形成と良好な施工性を得るために、最大寸法20~25 mmのものが大半を占める。

RCCの単位水量の分布は図一9に示すとおりで、通常の舗装用コンクリートが120~140 kg/m³程度であるのに比較して、単位水量は30 kg/m³程度少ない。

単位セメント量の分布は図一10に示すとおりである。通常の舗装用コンクリートの単位セメント量が300



(a) セメント水比 - 曲げ強度の関係



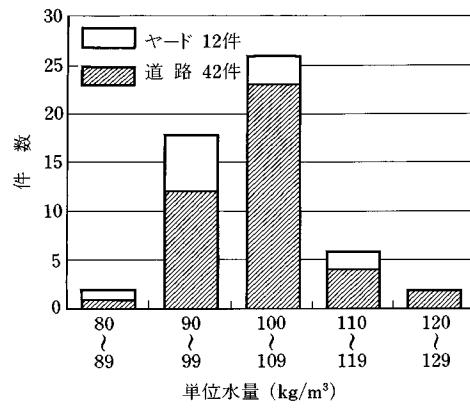
(b) セメント空隙率 - 曲げ強度の関係

図一8 RCCの曲げ強度試験結果例¹⁰⁾

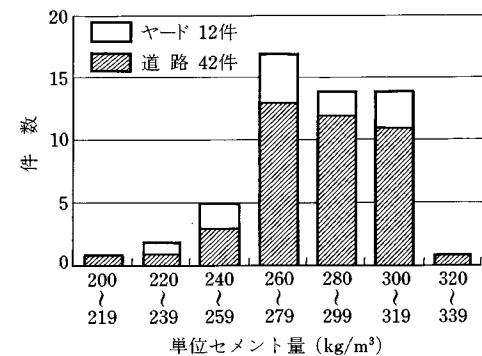
kg/m³を越える場合が多い実態からすれば、RCCPは20 kg/m³以上減らしたもの施工している。

なお、混合剤については大半が使用しており、そのタイプはAE減水剤標準型か遅延型が多い。

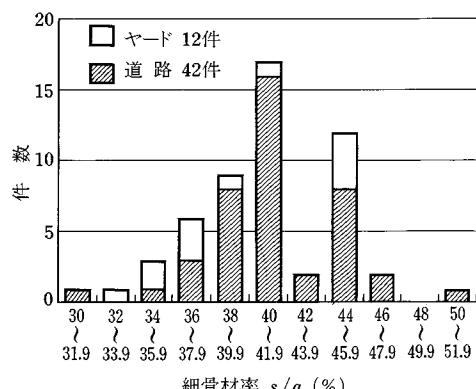
また、細骨材率 (s/a) と単位粗骨材量の分布を示すと、それぞれ図一11と図一12のようになる。 s/a は広範囲に分布しているが、これはRCC版を表層として施工した例がほとんどで、版の十分な締固めのほかに、路面の



図一9 RCCの単位水量の分布



図一10 RCCの単位セメント量の分布



図一11 RCCの細骨材率 (s/a) の分布

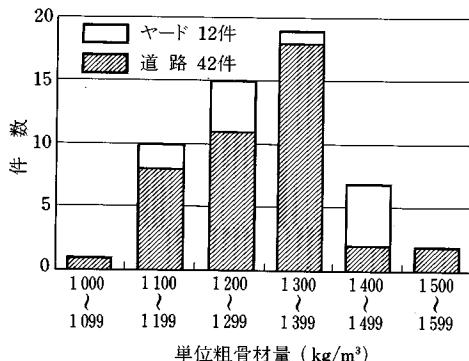


図-12 RCC の単位粗骨材量の分布

ち密性、材料分離が生じにくい配合などを模索している結果とも考えられる。一方、単位粗骨材量は通常の舗装用コンクリートが 1100 kg/m^3 程度であるのに対して、これより $100\sim200\text{ kg/m}^3$ 程度多い。

以上をまとめると、わが国の RCC の配合は通常の舗装用コンクリートに比較し、単位水量、単位セメント量を減らし、骨材全体の量を増加させており、一方、細骨材率については仕上げ・分離あるいは版底面部の密度の確保などに対する配慮からか、30~51%というかなり広い範囲で試みられている。

d) 施工工

RCC の施工のフローを例示すると図-13のとおりで、舗設状況を示すと写真-1のようである。

1) RCC の練りませ、運搬

RCC の練りませは、ほとんどが既存の生コン工場で行われている。超硬練りコンクリートであるので強制練りミキサを用いる場合が多く、また練りませ量もミキサの公称能力の $2/3$ 程度とすることが多い。施工現場への運搬はダンプトラックによる。

練りませにかかる重要な管理点は RCC の単位水量である。RCC のコンシスティンシーの変動が施工に及ぼす影響はきわめて大きく、単位水量が過剰な場合はローラ転圧時に RCC は波をうち、所要の平坦性が得られな

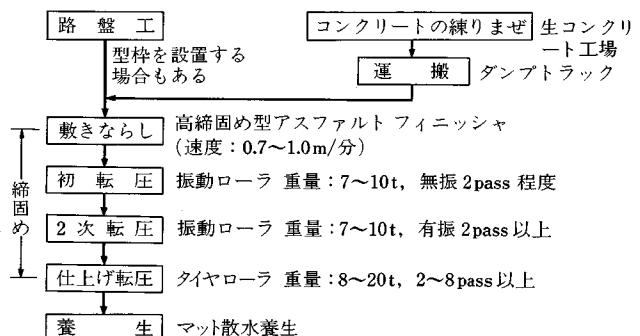


図-13 RCCP の施工フロー

い。一方、過少の単位水量の場合には、十分な締固め密度が得られず、分離も生じやすい。

したがって、単位水量（特に細骨材の表面水）の厳密な管理が重要である。また運搬時には必ずシートで覆い、RCC の乾燥を防ぐ必要がある。

なお、RCC の練りませから締固め終了までの許容時間は、施工時期により異なるが、一般に 60~90 分である。

2) 敷きならし

RCC の敷きならしは、厚層（15~30 cm）の混合物を一層で敷きならすので、材料分離を起さず、均一な密度で平坦に敷きならせるアスファルトフィニッシャを用いる。しかも道路舗装に要求される出来形（平坦性など）を満足させるためには、敷きならし時点での相当程度の締固め度を得ていないと、その後の転圧時の不陸の発生を防ぐにくいので、強力な締固め機構を備えたアスファルトフィニッシャを使用することが多い。

3) 転圧

版の底面部まで十分に締め固めるため、自重 7~10 t の振動ローラを用いて転圧している。振動ローラによる転圧方法は、セメント安定処理路盤の場合と基本的には同じであるが、一般に初転圧は無振で 2 pass 程度、2 次転圧は有振で 2~4 pass 程度としている。

振動ローラの転圧後には、仕上げ転圧としてタイヤローラ 8~20 t を用いて、表面部をよりち密化するとともに、供用の初期に生ずることのある表面部モルタルの剥脱や飛散を招かないようにする。

なお、転圧時にヘアクラックが生じやすい場合、これの消去のため、仕上げ転圧に水平振動式ローラを併用することもある。

4) 養生

RCC 版の最も一般的な養生方法は、通常のコンクリート舗装版と同様に養生マットを用いた 3 日散水養生である。

RCC 版が早期に交通開放できる特徴は、その修繕工事への適用の場合には特に重要であり、一部では 1 日散

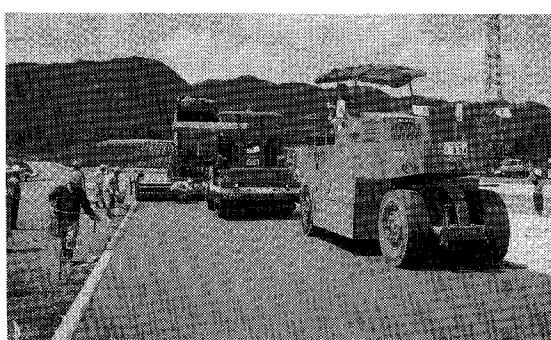


写真-1 RCCP の舗設機械編成例

水養生で交通開放することも試みられたが、表面のきめ保持の面でなお検討を要するようである。

これらの点から最近の施工では、RCC 版用の被膜養生剤の試用や、ポリマーセメントミルクあるいはモルタルによる表面処理で、早期開放性と表面強化の改善を図ろうとする試みも行われている。

5. 今後の課題と展望

最近の RCCP の施工実績は件数が急増するとともに、その施工規模もしだいに拡大し、累積施工面積は今年度中に 30 万 m² に達すると予想されている。

このように RCCP の適用可能性が広範囲に調査されるにつれて、有用な技術情報が着々と集積されるようになったので、わが国の RCCP 工法の舗装工法における地位と技術基準の確立も、そう遠くないと思われる。

以下では、現時点での RCCP 工法の主要な課題と展望について述べる。

(1) RCCP 工法の主要な課題

a) 舗装構造

1) RCC の硬化後の力学的挙動は、通常のコンクリートとほぼ変わることから、従来の設計法の適用は可能であろう。しかし現時点では長期の供用データが得られていないことから、今後、蓄積されるデータに基づいて検討を加えていかねばならない。

また、RCCP の優れた特徴を積極的に活かしていくためには、既存のコンクリート舗装と同一の舗装構造を考えるばかりでなく、たとえばセメント安定処理路盤と組み合わせた複合版とする考え方、あるいは表層としてセメント系あるいはアスファルト系の材料で被覆するコンポジット舗装の考え方を取り入れるなど、柔軟な対応が必要である。

2) わが国では、収縮ひびわれを所定の位置に誘導するためにカッタ目地による収縮目地（版厚の約 1/4 を切削）を設けている。

しかし諸外国においては、カッタ目地を設けない国の方が多い。その理由としては、RCC 版に発生するひびわれはその開き幅が狭く、ひびわれ面でのかみ合わせによる荷重伝達が期待できる、またカッタ目地を設けるとすれば、かなり早期にカッタを入れる必要があるため、切削面の乱れを生じやすいので好ましくないなどとしている。

わが国の場合には実施工段階に入って年数も浅いので、これら収縮目地の供用性や効果についてはまだ明らかでなく、発生ひびわれ間隔やひびわれ部の挙動の調査が必要である。

RCCP の目地間隔は、RCCP のひびわれ発生に対する評価・認識によって異なる。収縮目地の必要性

は、RCCP の用途、舗装構造などによって、使い分けられるようになろう。

3) RCCP を C, D 交通量区分の重交通道路へ適用する場合には、RCC 版厚を厚くするか、あるいは一定程度に抑えるかの 2 つの方法が考えられる。

i) セメントコンクリート舗装要綱に準拠すれば RCC 版厚は 28 cm, 30 cm となる。また、空港エプロン舗装への適用を想定すれば 30 cm 以上となることが多い。このように厚い RCC 版を 1 層で敷きならして転圧する場合は、特に版下層部の締固め密度の確保に留意する必要がある。

すなわち、転圧による締固めエネルギーは RCC 版内で深さ方向に減衰するので、締固め密度も図-14¹¹⁾に示すように一般に低下する。一方、RCC の曲げ強度は図-8 で示したようにセメント水比 (C/W) のほかに空隙率の大小によっても影響され、空隙率が大きいほど曲げ強度は小さくなる。

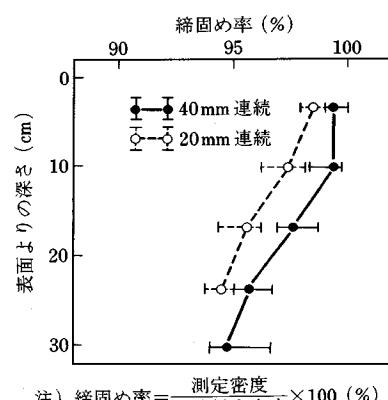
したがって、RCC 版厚が厚くなるほどこの点に関する構造設計、施工面での検討が重要となってくる。

なお、海外においては厚さ 25 cm を超える RCC 版は 2 層敷きならし、1 層転圧あるいは 2 層転圧で施工している例がみられるが、上下層間境界の付着の一体性の問題があるとしている。

ii) RCC 版厚の限界を 25 cm と考えた場合には、表-3 に示す検討が考えられる。

① 版厚は 25 cm を上限として、設計基準曲げ強度 45 kgf/cm² を増すことによって対処する考え方で、比較的容易に対応できる。設計基準曲げ強度としては版厚 25 cm とした場合、試算によれば C 交通で 50 kgf/cm² 程度、D 交通で 52 kgf/cm² 程度にする必要がある。

② 路盤の強化によって対処する方法で、路盤にはセメント安定処理路盤あるいは貧配合の RCCP の利用が想定される。



$$\text{注) 締固め率} = \frac{\text{測定密度}}{\text{理論最大密度}} \times 100 (\%)$$

図-14 深さ方向の締固め密度の測定例¹¹⁾

表-3 RCCP の舗装構造の検討点

| 検討事項 | ① | ② | ③ |
|-------------|---------------------|-----------|--------------------------|
| | 設計基準 曲げ強度 の増加 | 路盤の 強化 | RCC 版を ホワイトペ ースとする |
| RCC 版下面の耐荷力 | ○ | ○ | ○ |
| 平坦性 | △ | △ | ○ |
| 表面の密性、耐久性 | △ | | △ |

(注) ○: 直接的な効果, △: 2 次的な効果

| | | |
|---------|---------|---------|
| コンクリート版 | 平 板 | …複合平板… |
| 安定処理路盤 | ↑↑↑↑↑↑↑ | |
| 粒 状 路 盤 | 一次元弹性床 | ↑↑↑↑↑↑↑ |
| 路 床 | | 一次元弹性床 |

(舗装構造) (舗装要綱の考え方) (複合平板理論)

図-15 構造解析の考え方

路盤強化の評価方法としては④セメントコンクリート舗装要綱に示される設計公式を適用し、路盤の支持力 K_{30} の増大によって評価する方法と、⑥図-15 に示す複合平板の理論¹²⁾（福田氏）により評価する方法が考えられる。

試算によれば RCC 版厚を 25 cm とした場合、④では路盤の K_{30} 値を C 交通で 60 kgf/cm^3 程度、D 交通で 100 kgf/cm^3 程度にまで上げる必要がある。一方、⑥では K_{30} 値が 7 kgf/cm^3 程度の路床上にセメント安定処理路盤を 20 cm または 25 cm 設ければ、RCC 版下面に生ずる輪荷重応力を、 K_{30} 値が 20 kgf/cm^3 程度の路盤上に 28 cm または 30 cm の通常のコンクリート舗装版を施工した場合とほぼ同等の応力にことができる。

③ 版厚 25 cm の RCC 版上に、表層として 5~10 cm 程度のアスファルトコンクリートをオーバーレイをする方法である。

構造的な評価としては、アスファルトコンクリート表層による輪荷重の分散効果と温度応力の低減などが考えられる。多層弹性解析による試算では、5 cm 厚のオーバーレイでは約 10%，10 cm 厚のオーバーレイでは約 20% ほど RCC 版下面の輪荷重応力が軽減されるという結果もある。

これに RCC 版に発生する温度応力の低減が加わることになるが、表面温度（上下の温度差）が 1°C 低下するごとに温度応力は約 1 kgf/cm^2 程度軽減することから、重交通道路用には 25 cm 厚の RCC 版をホワイトベースに適用する構造は非常に有利と考えられる。

b) 配 合

RCC の特徴を活かし、より広範囲への適用を考えた場合は、施工時の締固めエネルギーに対応した最適コンシステムシナーの評価方法あるいは適切な骨材粒度範囲の設定など、配合面での一層の検討が必要になってくる。

たとえば RCC 自体の施工性は現段階では必ずしもよ

いとはいえないが、これは単位水量、単位セメント量を極力減じようとする傾向に関係しているようである。しかしながら、収縮ひびわれをカット目地により所定位置に誘導する方法をとる場合には、少なくともこれらを境界まで減ずる必要はないはずであって、RCC の適用方法に応じて、その配合が定まっていくものと考えられる。

なお、RCC の施工性の改善の面では、RCC の可使時間により長くできる遅延型混和剤の開発や、フライアッシュなどの混和材の使用の検討も望まれる。

c) 出 来 形

1) 日本道路協会の指導で実施した 7 件の試験舗装のデータによれば、3 m プロフィルメータによる平坦性 σ は厚 25 cm 版で $2.4 \sim 3.0 \text{ mm}$ 、20 cm 版で $1.4 \sim 2.9 \text{ mm}$ 、15 cm 版で $1.4 \sim 1.6 \text{ mm}$ である。通常のコンクリート舗装のそれは 2.0 mm 以下であるから、RCCP の平坦性は現在のところ必ずしも満足すべき水準ではない。しかしこれは、試験段階のものであり、施工延長が短いことも原因と考えられる。

平坦性の確保のために、RCC のコンシステンシーの安定化のほかに、フィニッシャを停止させない連続施工が前提となるので、施工機械の能力に見合うコンクリートの供給も重要な課題となる。

2) RCC は骨材が多いことと、超硬練りであることから、フィニッシャでの敷きならし時に、表面および底面の一部で材料分離を生ずることがある。表面部分の分離は交通供用による剥脱、飛散につながる可能性があり、底面部の分離は構造的耐荷力の低下を招くおそれがある。

したがって、分離抵抗性からみた配合面での検討のほか、フィニッシャ敷きならし時の分離防止策、機械の改善などの工夫も必要である。

特に舗装表面の仕上がりを重視する場合には、セメントスラリー系またはモルタル系の材料を用いた表面仕上げ方法の併用も考慮するとよい。

3) 現在の一般的な養生方法は、養生マットを用いた少なくとも 1~3 日の散水養生が一般的であるが、早期交通開放の点では養生マットを使用しない養生方法の検討も重要課題であり、被膜養生あるいは表面処理を兼ねた RCC 表面の強化材料などの開発が望まれる。

(2) 今後の展望

わが国の舗装は、1960 年前後までコンクリート舗装が主要な地位にあったが、その後急激にアスファルト舗装にとって替わられた。ところが今や膨大なストックとなったアスファルト舗装も、重車両の走行による塑性流動やスパイクタイヤなどの摩耗によるわだち掘れに代表される破損が深刻な問題となっている。

このため耐久性に優れているコンクリート舗装を見直

す気運がみられるものの、その施工機械が大がかりで、また施工後交通開放までの養生期間が長いなどの問題点は相変わらず残されたままである。

このような背景にあって RCCP 工法は、これまでの舗装が抱える課題に対する解決の可能性をもつ工法として注目されてきた。

すでに述べたように、わが国の RCCP 工法の開発は着実な施工実績の積み上げに支えられ、基本的な検証はほぼ終了しつつあり、日本道路協会では当面の技術的標準として一般に供するための転圧コンクリート舗装技術基準(案)を今年度中に策定できる見通しである。

このように、技術的課題の検討については順調に推移しているが、RCCP の実施において現在のところ材料供給面に問題がないわけではない。これは RCC が超硬練りコンクリートであるため、生コン工場がその製造にまだ習熟していないことのほか、ミキサーの混練り能力が公称容量の 70% 程度に低下することなどが原因と考えられる。

幸いこの問題については、たとえばセメント協会と全国生コン工業組合連合会における RCCP 用コンクリート製造マニュアルの作成などによる対応が進められているが、良質な混合物の安定供給に対する RCC 生産者の一層の努力が望まれる。

また、わが国の RCCP の施工規模についても問題がある。すなわち 1988 年度までの施工件数の実に 3/4 が 2 000 m² 以下ときわめて小規模であったことも、工事の採算性を低下させているものと思われるが、今後は試験的段階を脱却して、施工規模も拡大してゆくよう発注者に期待したい。

さて RCCP が多くの可能性を秘めた工法であることは間違いないが、今後、これが各種舗装の中で占める地位を予測しようとするとき、RCCP を単に、通常のコンクリート舗装のコンクリート版をローラ転圧で仕上げる工法としてとらえるのは適当でないようと思われる。

RCCP 工法には、早期交通開放が可能、版厚が自在に変えられる、小規模工事でも適用しやすいなどの特徴がある。したがって本工法によれば、たとえば重交通道路の交差点部などで工事中の交通対策上の理由で、コンクリート舗装の採用を断念していた場所にも、コンクリート舗装の適用が可能になるなど、従来の舗装工種選定の考え方を変える必要がある場合さえある。

一方、施工法が異なれば舗装材料も異なるし（これは逆にいってもよいが）、舗装構成の考え方や、さらには路面性状が、従来の舗装と同じでなくとも少しも差し支えない。

このような考え方のものとして、たとえば 5~10 cm のより薄層の RCCP で、RCC 用骨材の一部にアスファルト舗装の再生骨材を用い、これをセメントミルクと一緒に混合し、通常のアスファルト混合物と同じ施工方法をとる混合式半たわみ性舗装¹³⁾、空隙を大きく確保できる骨材粒度にした RCC を軽量ローラで転圧する透水性舗装¹⁴⁾などもある。これらはほんの一例に過ぎないが、既往の構造、材料、施工法にとらわれぬところに、RCCP 工法の適用範囲が拡大していくことも考えられる。

要は枝葉末節にとらわれることなく、その舗装に要求される供用性を満足する範囲内で、できる限り経済的に RCCP 工法の特徴を十分に發揮させるという合理的な考え方のもとに、本工法が広く活用されることを期待したい。

おわりに、本文の執筆にあたって数多くの文献を参照させて頂いたことに御礼申し上げるとともに、資料の整理に協力して下さった坂田耕一、野田悦郎両氏の勞に感謝の意を表する。

参考文献

- 1) ACI Committee 309 : Recommended Practice for Consolidation of Concrete, Jnl. Amer. Concrete Insti, Dec. 1971.
- 2) 国府勝郎：転圧コンクリート舗装の現況、舗装、Vol. 23, No. 4, pp. 4~7, 1989 年 4 月。
- 3) Anderson, R. : National Report, Sweden, 18 th World Road Congress.
- 4) (社)セメント協会：RCCP 欧米調査報告書—欧米における RCCP の実態一、昭和 63 年 3 月。
- 5) 北海道土木技術会舗装研究委員会：北海道舗装史（上）。
- 6) 日本道路協会セメントコンクリート舗装小委員会：転圧コンクリート舗装試験舗装要領（案）、昭和 63 年 8 月。
- 7) (社)セメント協会まとめ（平成元年 7 月現在）。
- 8) 井上武美・尾本志展：転圧コンクリートの疲労、セメント技術年報 42, pp. 543~546, 昭和 63 年。
- 9) 中丸 貢・辻井 豪：ローラコンパクテッドコンクリートの舗装への利用に関する実験、第 8 回コンクリート工学年次講演会論文集, pp. 449~452, 1986 年。
- 10) 酒井 脩ほか：転圧コンクリート舗装の施工—山陽自動車道沼田パーキングエリアー、舗装、Vol. 24, No. 4, pp. 17~25, 1989 年 4 月。
- 11) 建設省関東地方建設局関東技術事務所、(社)セメント協会：昭和 62 年度転圧コンクリート舗装共同開発報告書、昭和 63 年 3 月。
- 12) 福田 正：コンクリート舗装の荷重分散機能に関する研究、土木学会論文集、第 242 号, pp. 63~72, 1975 年 10 月。
- 13) 坂田耕一ほか：転圧タイプの半剛性舗装の基本性状と供用性、第 17 回日本道路会議一般論文集, pp. 446~447, 昭和 62 年。
- 14) 花園駿一郎ほか：本庄郵便局操車場における透水性コンクリート舗装、道路とコンクリート、No. 66, pp. 27~33, 1984 年 12 月。

(1989.7.8・受付)