

土 木 研 究 所 資 料

転圧コンクリート舗装の現状

—外国の文献を主として—

昭和63年2月

建 設 省 土 木 研 究 所
道 路 部 舗 装 研 究 室
地質化学部コンクリート研究室

Copyright ©1988 by P.W.R.I

All rights reserved No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

転圧コンクリート舗装の現状

—— 外国の文献を主として ——

道路部舗装研究室 室長 安崎 裕

研究員 片倉 弘美

樋野 義周

地質化学部コンクリート研究室 室長 小林 茂敏

研究員 丹野 弘

要 旨

近年、コンクリート舗装の新しい舗設方法の一つとして、比較的短期間で簡単に施工できる、転圧コンクリート舗装（RCCP）が諸外国において注目されており、日本においてもすでに数例の試験施工が行われている。本報告は、RCCPに対する認識を高め、我が国でこの方法を採用する場合に解決しなければならない問題点を明らかにする目的で、これまで報告されているRCCPに関する内外（主として外国）の主な文献を選定し、調査・整理したものである。

キーワード：コンクリート舗装，転圧コンクリート，RCCP，構造設計，配合，施工，

ローラ締固め

Present condition of Roller Compacted Concrete Pavement (R. C. C. P.)

—— Mainly from the reports of foreign countries ——

Pavement Division, Road Department

Yutaka Anzaki, Head of Division

Hiromi Katakura, Researcher

Yoshihiro Hino, Assistant Researcher

Concrete Division, Geology and Chemistry Department

Shigetoshi Kobayashi, Head of Division

Hiroshi Tanno, Researcher

Synopsis :

Roller compacted concrete pavement (R.C.C.P.) is notified in recent years as a new method of construction that can make shorten the construction period. And test construction of R.C.C.P. has been done already at several places in Japan.

The main R.C.C.P.'s reports of foreign countries and reports of test construction of R.C.C.P. in Japan were summarized in this report, in order to raise the recognition for R.C.C.P. and to make clear the research themes that must examine.

key words :

concrete pavement, R.C.C.P., pavement design, mix proportion, construction, roller compaction.

目 次

1. まえがき	1
2. 適用箇所	2
3. 設計施工の現状	5
3.1 構造設計の現状	5
3.2 配合・材料の現状	5
3.3 施行の現状	8
4. 現状の課題	14
4.1 構造設計に関する課題	14
4.2 配合・材料に関する課題	14
4.3 施工に関する課題	15
5. まとめ	17
6. あとがき	20

付録) 1. R C C P 施工例比較表

2. 調査文献一覧

3. 調査文献要旨 (海外)

1. まえがき

近年、積雪寒冷地域においては、スパイクタイヤによる路面の摩耗、また一般地域においては、重量車両によるアスファルト舗装路面の流動が問題とされており、さらに、舗装ストックの増加に伴い、維持管理業務が増大してきていることから、修繕業務の軽減のため、舗装の耐久性向上が課題となってきた。

しかしながら、これまでのコンクリート舗装は養生が長期間必要なため、供用までに時間がかかること、施工機械が大がかりとなることなどの短所があり、アスファルト舗装に比べ採用される割合が少なく、特に既存の道路の改良や補修工事においては特別な場合を除き用いられることはなかった。

一方、近年のコンクリート工学の進歩によりコンクリート舗装にも、いくつかの新技术が生まれてきており、これらの中には上記のような問題点を解消しうるようなものもでてきている。中でも、転圧コンクリート舗装（以下、RCCP）は従来のコンクリート舗装に比べて装備の簡易なアスファルト舗装用機械がそのまま使用できる点や、工期も短縮できることなどから、特に注目されている。

RCCPは、敷き均したコンクリートをローラ転圧により締め固める舗設法であり、ダムの建設方法の一つとして用いられているRCD（ローラコンパクテッドダム）工法や、セメント安定処理路盤の施工に用いられていたものと類似のものである。

この方法をコンクリート版の舗設に最初に取り上げたのは、1976年カナダのブリティッシュコロンビア州において貯木場で施工したものであるとされており、アメリカでは初めに陸軍工兵隊がフォートフッド（フッド基地）で1984年に大規模に施工して以来、急速に広まりだした。その他スペイン、カナダ、オーストラリアなどでも、駐車場、集荷場などの比較的低速重車両の多いところ、あるいは地方道などで使用され、これまでに約200万㎡が施工されている。

また、日本においても1986年あたりから注目されはじめ、これまでに工場内道路、高速道パーキングエリアなどで数例の試験施工が行われてきている。

本報告は、RCCPに対する認識を高め、我が国でこの方法を採用する場合に、解決しなければならない問題点を明らかにすることを目的とし、土木研究所内に設置された下記メンバーによって構成される「RCCP勉強会」における文献調査の結果を取りまとめたものである。

勉強会メンバー	次 長	成田 信之
	道路部	足立 義雄
	部 長	柴田 正雄
	道 路 交 通 総 括 研 究 官	安崎 裕
	舗 装 研 究 室 室 長	片倉 弘美
	研究員	樋野 義周
		桑原 啓三
	地質化学部部 長	小林 茂敏
	コンクリート研究室室 長	河野 広隆
	主任研究員	丹野 弘
	研究員	

2. 適用箇所

RCCPの施工例を表-2.1~2.2に示す。外国におけるRCCPは箇所別にみると、駐車場、集荷場、空港エプロン等に代表される一般道路以外の箇所に多く適用されている。また、設計荷重としては、軍用車両、重機械、飛行機等の重車両が比較的多く、一般にRCCPが特に平坦性を必要としない箇所で、重車両が低速で走行するような箇所に多く適用されているということがいえる。

米国においては、一工事当りのRCCPの施工面積が10,000m²を超えるような大規模な施工例が多く、特に駐車場や集荷場に代表されるような二次元的広がりをもつ面的な箇所においてRCCPが施工されている。また、軍用施設内において、キャタピラ装着車の駐車場、試験道路、あるいは工場内舗装に多用されていることが特筆される。

この他、スウェーデンにおいては、1984年から1986年までの間に、RCCPが140,000m²施工されており、主にバス停留所、工場、農場内道路等として使用されている。また、スペインでは試験道路として1984年に47,000m²、1985年に134,300m²が施工されており、1986年から1987年までに610,000m²が施工される計画となっている。

我が国では、大阪市のセメント工場内を始めとして数箇所に施工されているが、諸外国の例に比べると、まだ施工件数も少なく、面積も小さい等、試験段階に留まっている。

一般にRCCPの採用理由としては、下記の各項が挙げられている。

1. 従来のコンクリート舗装に比べ建設費が安い。
2. 従来のコンクリート舗装に比べ施工速度が速く工期が短縮でき、早期交通開放が図れる。
3. 重荷重に耐えることができる。

この他、特に空港舗装においては、化学的作用に対する抵抗性のあることがあげられている。

表-2.1 アメリカ・カナダにおけるRCCPの施工例(1984~87)

施 工 箇 所 (地 名)	施工年	施工面積 (㎡)
貯木場 British Columbia, CANADA	1976-84	156,800
石炭集積場 British Columbia, CANADA	1983	20,200
重車両交通用道路 British Columbia, CANADA	1983	58,900
軍用車両試験道路 Ft. Stewart, Georgia	1983	400
軍用車両試験道路 Ft. Gordon, Georgia	1983	500
軍用車両駐車場 Ft. Hood, Texas	1984	16,400 ¹
試験道路 Ft. Lewis, Washington	1984	2,300 ²
マリーナ通用道路 British Columbia, CANADA	1984	3,300
歩道・自転車道 Austin, Texas	1984	10,000
ヘリコプター発着場 Ft. Hood, Texas	1984	12,700
施設外周道路 Austin, Texas	1984	28,600
貯木場 British Columbia, CANADA	1985	16,000
ターミナル駐車場 British Columbia, CANADA	1985	4,000
バーリントン社貨物ターミナル Houston, Texas	1985	44,000
タコマ港鉄道貨物南ターミナル Tacoma, Washington	1985	49,400
ポートランド空港駐機場 Portland, Oregon	1985	34,300
コンクリートプラント内舗装 Colo. Springs, Colorado	1985	9,900
タコマ港鉄道貨物北ターミナル Tacoma, Washington	1985	29,300
貯木場 British Columbia, CANADA	1986	85,000
バーリントン社貨物ターミナル Denver, Colorado	1986	114,000
バーリントン社駐車場 Denver, Colorado	1986	26,800
軍用車両駐車場 Ft. Lewis, Washington	1986	13,100
基地内舗装 Ft. Benning, Georgia	1986	19,800
ウェスタンファーマーズ社石炭集積場 Hugo, Oklahoma	1986	31,300
軍用施設構内舗装 Aberdeen, Maryland	1987	17,700
兵器工場内舗装 Ft. Campbell, Kentucky	1987	50,400
飛行場ターミナル Boston, Massachusetts	1986-87	63,500
コークス工場内舗装 Joliet, Illinois	1986	9,300
駐車場 Ft. Bliss, Texas	1987	73,500
軍用施設構内舗装 Ft. Hood, Texas	1987	53,400
軍用施設構内・ヘリコプター発着場 Ft. Drum, New York	1987	543,400

注1) 15,200 ㎡の報告あり

2) 1,400 ㎡の報告あり

表-2.2 我が国における主なRCCPの施工例

施 工 箇 所 (地 名)	施工年	施工面積 (m ²)
セメント積込みヤード (株)大阪セメント工場、大阪市)	1987	1,800
構内試験舗装 (株)鹿島建設実験場、調布市)	1987	520
高速自動車道路 パーキングエリア (日本道路公団、常磐道関本 P. A.)	1987	1,470
構内試験舗装 (建設省関東技術事務所、松戸市)	1987	950

3. 設計施工の現状

3. 1 構造設計の現状

これまでのコンクリート舗装では、版の厚さは、路盤の支持力係数、コンクリート強度から推定される版の疲労耐力と、交通輪荷重、その頻度、および温度条件から求められた疲労荷重履歴を比較し、設定された設計寿命期間内に十分な疲労抵抗を有しているかどうか判定して決定されてきた。

今回調査したRCCP施工事例においても、従来のコンクリート舗装で行われてきたコンクリート版の設計法と許容応力度が用いられていた。ただし、一部ではRCCPの曲げ強度実験値に応じて、従来のものとは違う設計基準曲げ強度を用いているものもあった。また疲労耐力の算定式も、大部分は従来のコンクリート舗装と同じものが用いられているようであった。(この点に関して、特別な記述があるものはなかった。)

構造設計に用いられていたコンクリート等の特性値の特徴を取りまとめると次のようになる。

1) コンクリートの曲げ強度

外国では、 42kgf/cm^2 程度(600psi)の値を採用しているものが4例、 49kgf/cm^2 (700psi)が2例(文献A-3,4)、それ以外のものも、文献では明らかにされていないがこれらとほぼ同じ水準の曲げ強度が採用されていると考えられる。(ただし文献A-5では 35kgf/cm^2 (500psi)を採用)

またRCCPは一般のコンクリートに比べて、圧縮強度に対する曲げ強度の比率が大きいことから版厚を薄くすることができるとした文献(文献A-10)もあった。

国内では、 50kgf/cm^2 (710psi)を用いているものが1例(文献C-1)、その他のものも、ほぼこれと同じ水準の曲げ強度が採用されているようである。

2) その他

その他のコンクリートの特性値も従来とほぼ同じ値が用いられていた。

また、路盤の支持力係数の設計への適用等についても従来と違う方法を採用したとする文献は無かった。

3. 2 配合・材料の現状

1) 配合設計方法

RCCPに用いるコンクリートの配合設計法として、調査したこれまでの事例では次のような2つの手法が採られていた。

(1) セメントコンクリート方式

この方法は、一般のコンクリートで広く用いられているものであり、コンクリートの強度が、水セメント比と相関があること(ある範囲内でセメント水比と比例すること)を利用し、水セメント比をいくつか変化させた配合ごとに、コンクリートの供試体を作製し、ある材令で強度試験を行い、必要とする強度が確保できる水セメント比および配合を決定するものである。

施工性は、単位水量の多少によるコンシステンシー(軟らかさ)で判定している。例えば舗装で

はスランプもしくは振動台式コンシステンシーメータ、RCDなどの硬練りコンクリートでは、VCコンシステンシーメータ、その他の一般有スランプコンクリートでは、スランプ試験器を用いて管理している。

材料分離のしにくさあるいはコンクリートの粗さすなわちワーカビリティは、一般のコンクリートおよび過去に発表されているRCCPでは、細骨材率(s/a)が用いられる。またRCDにおいては、セメントペースト量の細骨材空隙に対する割合(K_p (もしくは α))、およびモルタル量の粗骨材空隙に対する割合(K_m (もしくは β))が採られている。

(2) セメント安定処理(ソイルセメント)方式

この方式は舗装の分野では、一般に路盤材として用いられているセメント安定処理混合物の配合を決定する際に用いられている。一般には、適当量のセメントを加えた配合中の水量を、JISA 1210(土の突固め試験方法)等に定められている突固め試験を行ったとき、突固められた材料の乾燥密度が最大となる水量(=最適含水比(Optimum moisture content))に決定する方法である。ただし、最適含水比を少しでも超えると、強度の低下が著しいため、最適含水比よりやや低めの含水比が選定される場合もある。

今回調査した施工事例を設計法ごとに分類した結果次のようになった。

主として、セメントコンクリート方式による配合を採用していたものは、外国で7例であり、国内では4例中3例(残る1例も参考として記載)であった。また、セメント安定処理方式による配合を採用していたものは、外国9例、国内1例であった。このうちコンクリートとセメント安定処理方式の併用が5例あり、まだ確立した設計方法がないというのが現状のようである。

2) 配合

今回調査した施工事例で用いられていたコンクリートの配合について整理した結果は以下のようであった。(図-3.1, 2参照)

(1) 単位セメント量

道路を対象とするRCCPの単位セメント量は、外国ではオーストラリア、クイーンズランド州で5%(120(kg/m³))程度の実績であった以外は、すべて12~14%(290~340(kg/m³))が一般的であった。また、国内の唯一の例では270(kg/m³)であった。

道路以外の構造物を対象とするRCCPに関しては、外国ではアメリカのポートランド空港で360(kg/m³)使用されていた以外は、ほぼ280~340(kg/m³)の範囲にあり、道路を対象としたものとほぼ同じ量使用されていた。国内では、230~300(kg/m³)の範囲であった。

このように、外国と国内を比較するとどちらの場合も国内におけるセメント使用量の方が少なかった。また、一般の舗装用コンクリートと比較してもやや低いセメント量であった。

国内の例で少ないセメント量が採用されている理由は明らかではないが、収縮量が少なくなることとを期待したこと、およびソイルセメントでの実績にできるかぎり近いものとしたことが推定され

る。

(2) 単位水量

道路を対象とするRCCPに関しては、外国では主として110~150 (kg/m³)、国内では90~120 (kg/m³) 使用されていた。

道路以外を対象とするものに関しては、外国の空港舗装で155 (kg/m³) (文献A-2) という使用例があり、この他に基地内舗装で約95 (kg/m³) (文献A-8) 使用されていたものもあった。ただし傾向としては、比較的大きな水量を採用していると推定される。

このように外国と国内を比較した場合、国内のものは比較的低い水量で、また一般の舗装用コンクリートの水量と比較しても、低い水量であることがわかった。

またその理由は、外国に関しては特に仕上りの良さが重要視されているため水量が多いことが想像される。逆に国内のものが少ない水量とした理由としては、使用セメント量を少なくして強度を上げようとしていたこと、乾燥収縮等によるひびわれを入りにくくしようとしたこと、水を少なくして早期の交通開放を行おうとしていたことなどが、考えられる。

(3) 水セメント比

外国の例では、ほぼ0.30~0.45であり、国内の例ではほぼ0.35~0.40の値となっていた。ただし、外国で1例だけ0.50の値が採られていたものがあった。

これらの水セメント比は、一般の舗装用コンクリートと比較してやや小さめであり、外国と国内を比較すると国内はやや小さな水セメント比を採用していた。

(4) その他

骨材量に関する特記として、細骨材中の微細粒分 (0.075mm (#200ふるい) 以下) を5~10%確保することを推奨しているものがあった。なお、その理由としては強度増加に寄与することがあげられていた。

3) 使用材料

(1) セメント

セメントは、普通ポルトランドセメントまたは、それにフライアッシュを10~50%wt混合したものが、多く使用されていた。ただし一部においては、中庸熟ポルトランドセメントやその他の混合セメント (高炉セメント) の使用が報告されていたが、これらはいずれも比較用などの試験的なものであった。

(2) 骨材

骨材に関する特記として、スペインでは碎石を40%以上 (できれば50%以上または全量) 用いたほうが良いとされていた。これは骨材同士のかみ合わせによる支持力の増加を期待するためであると推定される。

一般に最大粒径は20mm以下のものが多く採用されており、材料分離の観点から19mm以下を推奨す

る（文献A-8）との記述もあった。

3. 3 施工の現状

1) R C C Pの施工

(1) 練りませ

外国の施工例では、1箇所当りの施工規模が大きいために、大量の転圧コンクリート舗装用のコンクリート（以下、R C C）が製造できる連続式のプラントが推奨されており、プラントの能力も100m³/hを超えるものが多い。練りませには、R C Cが超硬練りのコンクリートであることから、強制練りミキサの1つであるバグミルミキサが使用されている。

我が国では、連続式ミキサに対し、1バッチずつ材料を投入して練り混ぜるバッチ式ミキサの使用のみがJISで認められているために、R C Cの製造にもこれが使用されている。一部では、軟練りコンクリートの製造に使用される重力式ドラムミキサでR C Cを製造した箇所もある。（文献C-26）

(2) 運搬

プラントで製造されたR C Cはダンプトラックで運搬されるが、湿潤状態を保持するために運搬中のR C Cはカバーで覆われる。運搬時間は最大60分まで許容されている。

(3) 敷均し

外国では、一部でブルドーザーやグレーダを用いて敷均しを行った箇所（文献A-5, B-1）もあるが、一般的にはアスファルトフィニッシャが使用されている。特に、敷均し時にもある程度の締固めを行うことができる高締固めタイプのアスファルトフィニッシャが多く使用されている。これは、スクリードにタンパーを備えたもので代表されており、これを使用することによって敷均し後の締固め度は85%以上の値が得られている。

アスファルトフィニッシャによる敷均しでは、一層の仕上り厚は20~25cmの箇所が多い。版厚が厚くなる場合は、2層に分けて敷均しが行われているが、その場合、平坦性の確保、締固め効果を考慮して、上層の仕上り厚を下層より薄めに設定している箇所がある。（文献A-3）

型枠は、外国の例では特に用いられていないが、我が国では、舗設条件、施工性の観点から型枠を設置した箇所がある。（文献C-26）

(4) 埋設金物の設置

R C C Pの場合、施工性に問題が生じるために鉄網、目地金物の類は一般に設置されていない。例外的に、常磐高速自動車道路の関本パーキングエリアでは、通常のコンクリート舗装の構造を踏襲して、鉄網と目地金物を設置したR C C Pも、無筋のR C C Pとの比較のため施工されている。

(5) 締固め

締固め方法、機械とも、初転圧を除きアスファルト舗装の締固めに使用されるものと変わりはない。即ち、初転圧には、7~10tの大型振動ローラが無振で用いられ、その後、同機械が有振で用

いられる。これに続いて、二次転圧に8～20tのタイヤローラ、仕上げ転圧に3～9tのタンデムローラが使用されている。

(6) 養生

養生は散水養生を7日間行っている箇所が多いが、我が国では、散水養生の期間が1～3日間と比較的短い期間で行われている。なお、外国における特殊な例では、RCCP上にアスファルト乳剤を散布する等の表面処理を施して、早期に交通開放を行っている箇所もある。(文献A-6, B-1)

(7) 目地

外国においては、収縮目地を設けている箇所がほとんど無いために、12～74mの間隔で収縮ひびわれが発生している。一部では、試験的にカッター目地の施工を試みた箇所もあるが、その際、目地部が乱されて、結果的に収縮ひびわれの状態よりも悪くなったために、実際の施工には採用されていない。施工手順上、必然的に生ずる施工目地は、フレッシュジョイントとコールドジョイントに分けられるが、後者は構造上弱くなるために、問題となりやすい。

(8) 平坦性

外国における平坦性の評価は、我が国と比較して悪く、合格判定値を10mm程度まで下げている指針(文献A-12)もある。また、平坦性が6.3mm以下に施工できるようになるまでは一般道路には不適との記述(文献A-7)もあることから、一般にRCCPは一般道路以外の箇所を対象とした舗装として位置付けられているものと判断できる。一方、我が国においては、施工管理が厳密に行われているためか、RCCPの平坦性は4mm以下となっており、外国の例と比較して良い結果が得られている。

2) 施工方法の比較

表-3.1にアスファルト舗装、RCCP、および従来のコンクリート舗装の施工方法を比較して示す。RCCPはアスファルト舗装の施工方法と類似しており、舗装構造上、類似のコンクリート版を舗設する従来のコンクリート舗装とは、施工方法がかなり異なり、より簡易なものとなっている。そこでアスファルト舗装(AC)、RCCP、従来のコンクリート舗装(CO)のコスト比較を行うために、同一の設計条件のもとで三者の標準的な舗装構成を設定し、1㎡当りの施工単価(直接工事費)を試算した。参考までに表-3.2に試算条件、表-3.3に施工単価の内訳を示す。

試算結果を図-3.3に示す。この結果、AおよびC交通でCBR=4の場合、三者の工費を比較すると、A交通でAC:RCCP:CO=0.7:1:1.6、C交通で0.9:1:1.3となり、同一の設計条件においては、転圧コンクリート舗装は通常のコンクリート舗装よりも工費を約3～4割低減できるという試算が得られた。

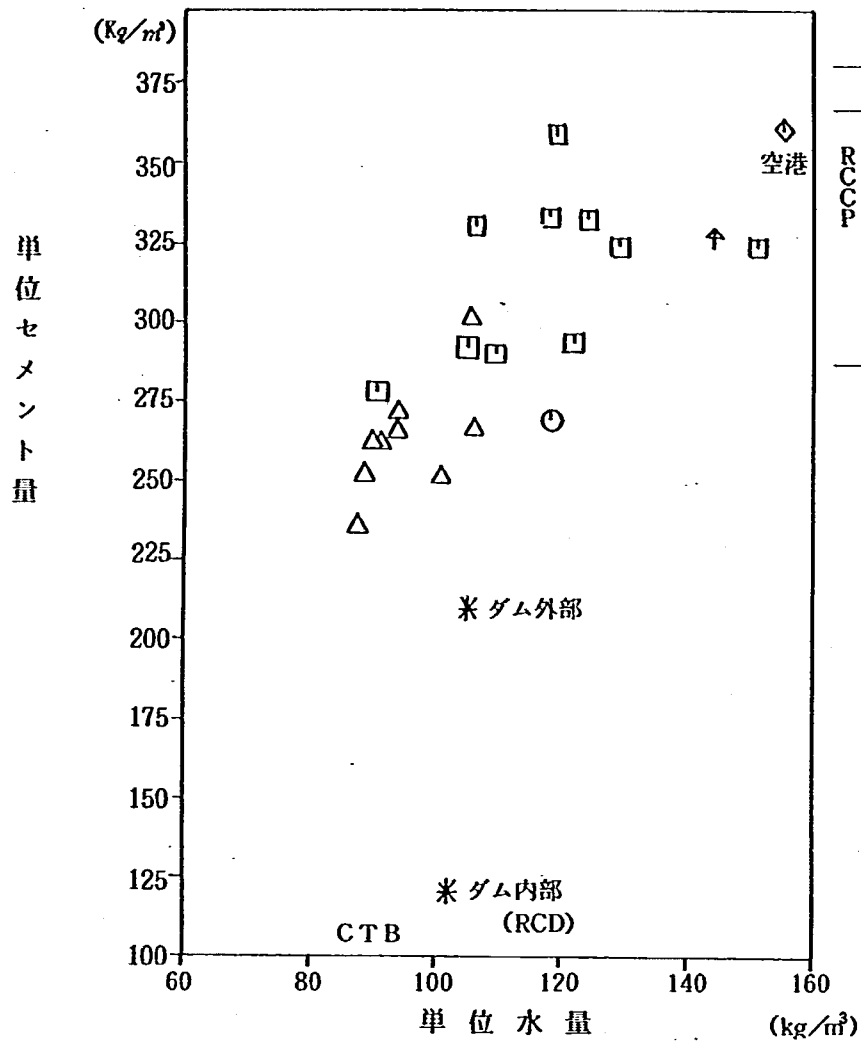


図-3.1 単位水量と単位セメント量の関係

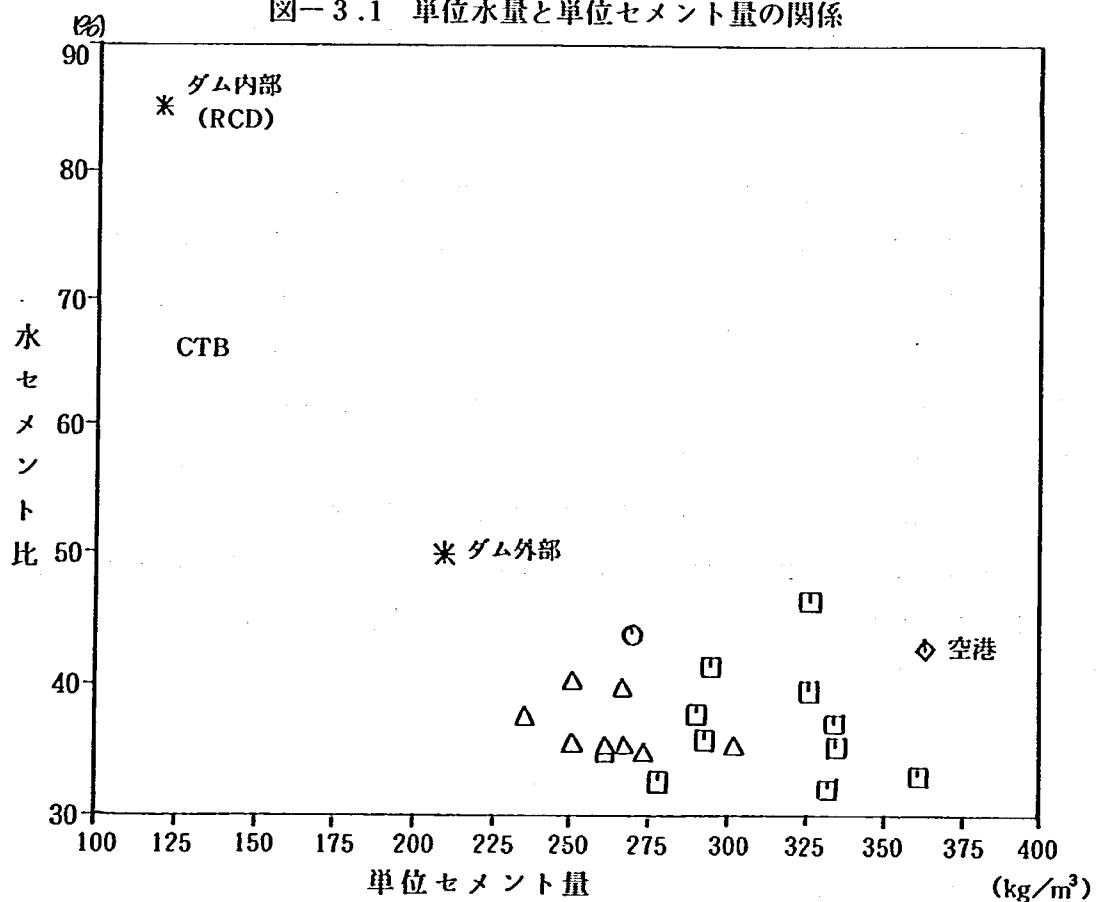


図-3.2 単位セメント量と水セメント比の関係

表 - 3.1 標準的な施工方法の比較

	アスファルト舗装	R C C P	従来のコンクリート舗装
計量・混合	アスファルトプラント	コンクリートプラント	コンクリートプラント
運 搬	ダンプトラック	ダンプトラック	ダンプトラックまたはアジ テータトラック
敷 均 し	アスファルト フィニッシャ	アスファルト フィニッシャ (高締固め型)	コンクリート スプレッダ
鋼製型枠 の 設 置	不 要	不 要 (日本では設置例あり)	必 要
埋設金物 の 設 置	不 要	不 要 (日本では設置例あり)	鉄網、スリップバー、タ イバー
締 固 め	マカダムローラ 8~12t タイヤローラ 8~25t タンデムローラ 8~10t	振動ローラ 7~10t タイヤローラ 8~20t タンデムローラ 3~9t	コンクリート フィニッシャ
仕 上 げ	不 要	不 要	表面仕上げ機械 目地切り機械
養 生	不 要	2h~14日間 (乳剤散布等の表面処理 で早期交通開放した箇所 あり)	14日間
横 目 地	不 要	収縮目地は設けずコールド ジョイントのみ	収縮目地間隔 8または10m 膨張目地間隔 60~480m
縦 目 地	不 要	一般に車線幅間隔に施工 目地りがある	一般に車線幅間隔に設け る
平坦性 の 基 準 ¹⁾	2.4mm以下	WES施工指針 10mm以下 (実測値 2~12mm)	2.0mm以下

1) コールドジョイントとフレッシュジョイントがある。

2) 3mプロファイルメータ

表 - 3.2 試算条件

適用歩掛	建設省土木研究所積算基準及び標準歩掛（土木工事編舗装工、昭和61年度）
設計条件	路床設計CBR 4%, 交通区分 A 交通, C 交通
材料単価	アスファルトコンクリート 7,000円/t（建設物価、昭和62年12月） RCC 14,200円/m³（注） 舗装用コンクリート 14,200円/m³（建設物価、昭和62年12月） AS安定処理混合物 6,500円/t（ ” ） 粒調碎石 3,250円/m³（ ” ） 切込碎石 2,650円/m³（ ” ） 注）現状ではRCCの単価は運搬費を含めると上記金額より若干高くなることも考えられるが、施工に係わる費用を通常のコンクリート舗装と比較するために、RCCの単価を舗装用コンクリートと等しくした。
その他	転圧コンクリート舗装とアスファルト舗装の施工手順には大差が無いと仮定して、RCCPの初転圧に振動ローラを適用したことを除き、両者の施工機械、施工歩掛は同じものを使用した。また、RCCPの養生および目地工については、我が国において標準的な施工方法が確立されていないこと、従来のコンクリート舗装と比較してそれらが簡略化されていること等から計上していない。

表 - 3.3 1 m²当り（一層仕上げ）施工単価内訳

単位：円

工 種	労 務 費	機 械 経 費	材 料 費	そ の 他
アスファルト表層工	51	68	$2.35 \times 1.06 \times h \times 7,000$	67 ¹⁾ , 23 ²⁾
RCC工	51	77	$1.06 \times h \times 14,200$	—
コンクリート工	502	1,214	$1.04 \times h \times 14,200$	931 ³⁾
粒調碎石路盤工	25	77	$1.38 \times h \times 3,250$	—
切込碎石路盤工	13	66	$1.35 \times h \times 2,650$	—
アスファルト安定 処理路盤工	51	78	$2.35 \times 1.06 \times h \times 6,500$	20 ¹⁾

h：一層仕上り厚さ（m）

注1）プライムコート工

2）タックコート工

3）鉄網、養生工、目地工

[A交通、CBR=4]

(AC)			(RCCP)			(CO)		
AS	5cm	¥1060						
粒調碎石	20	¥1000	RCCP	20cm	¥3150	CO	20cm	¥5640
切込碎石	25	¥980	粒調碎石	25	¥1220	粒調碎石	25	¥1220
路 床			路 床			路 床		
		¥3040			¥4370			¥6860

[C交通、CBR=4]

(AC)			(RCCP)			(CO)		
AS	10cm	¥2100	RCCP	28cm	¥4440	CO	28cm	¥6780
AS安定	12	¥2240						
粒調碎石	20	¥1000	AS	4	¥890	AS	4	¥890
			粒調碎石	10	¥550	粒調碎石	10	¥550
切込碎石	25	¥980	切込碎石	25	¥980	切込碎石	25	¥980
路 床			路 床			路 床		
		¥6320			¥6860			¥9200

ただし RCCP 2層敷均し
1層締固め

図-3.3 施工単価の比較

4. 現状の課題

4. 1 構造設計に関する課題

これまでに施工されてきた国内外のRCCP事例を取りまとめた結果、構造設計に関しては次のような課題が残されていることがわかった。

1) コンクリートの強度特性について

RCCPでは、硬練りのコンクリートをローラにより締め固めることから、例えば、曲げ強度と圧縮強度との比が一般のコンクリートと異なるとの報告（文献A-10）があり、コンクリートの強度特性が一般のものと違う可能性がある。また、静的な曲げ強度と疲労耐力との関係についても、これまでに十分な検討がなされているとはいえない。このように、コンクリートの強度特性は十分には把握されておらず、版厚設計等への特性値の適用方法がこれまでのコンクリートと同じものでよいのかどうかについて明らかにされていない。

2) 路盤以下を含めた断面の設計法について

従来のコンクリート舗装で採用されていたコンクリートの版厚に適した路床および路盤の組合せが、RCCPの場合にも適当であるのかどうか、また、RCCP施工法に適したコンクリート版厚が別にあり、それに応じた路盤以下の断面の構成が考えられるのかどうかについては、これまでほとんど検討結果が報告されておらず不明な点が多い。

4. 2 配合・材料に関する課題

配合および材料に関する課題としては、次のような事項が指摘できる。

1) 配合設計法（配合の表現方法と最適配合への修正の方法）

RCCPに用いるコンクリートの配合設計法として用いられている2つの手法のうち、セメント安定処理方式では、次のような問題がある。

まず第一にこの方法では、配合を考える際検討する要因が加えるセメントの量と材料の含水比の調整だけであるため、配合を表す指標として単位セメント量、含水比（単位水量）しか採られていない。また、骨材の粒度分布（粗、細骨材割合）を調整することを前提とした配合法でないため、セメントコンクリート法でいうところの細骨材率などに相当する材料分離のしにくさを表す指標が無く、これをどう取り扱ったら良いか明確にされていない。

次に試験練りの結果、強度が不足した場合に、どの程度単位セメント量などの配合条件を修正すれば良いのか明らかにされておらず、試行錯誤的に変えていかなければならない。ただし、セメントが水和作用により強度を発現していない若い材令におけるRCCPの耐荷力特性のように、締め固めの良さが結果に大きく影響するものを評価するうえでは、セメント安定処理方式における現在の配合が最適含水比であるかどうか（あるいは密度が最大の状態になっているかどうか）を求める方法およびその値は参考になると考えられる。

一方セメントコンクリート方法においても、強度特性に対する水セメント比、軟らかさに対する

単位水量、材料分離抵抗性に対する細骨材率 (s/a)、単位粗骨材容積、あるいは K_p (α) と K_m (β) のような多くの係数があるが、配合修正等を行う場合、どの係数をどのように修正するのが適当であるのか完全には明らかにされていない。

2) 強度発現のメカニズム

通常のコンクリートで行われているような水セメント比と強度との関係が、直接この R C C に対しても適用できるのかどうか、例えば、締め固めの際取り除けなかった空隙の影響がかなりありその影響を考慮しなければならないのか、これまで実際に施工を行った事例では検討されていない。

3) 最良の締め固めが得られるフレッシュコンクリートの性状の表現方法

これまで、あまり使用されることがない水セメント比と単位水量の組み合わせのコンクリートが使用されているにもかかわらず、最良の締め固めが得られるかどうかについてフレッシュコンクリートのコンシステンシーを評価する試験方法の中で、どの方法が最適であるのか明らかにされていない。

4) 強度発現を最大にする養生方法とその時の強度の発現特性

早期に交通を開放することを考えた場合に、供用中乾燥することが長期強度に影響を及ぼすと考えられるか、どの期間、どのような養生方法を用いれば、十分な長期強度が確保できるのかどうか明らかにされていない。

5) 硬化後のコンクリートの性質 (強度特性、耐久性)

R C C P の疲労強度特性および耐摩耗性については、これまで厳密な検討がなされた事例がなく、今後データの蓄積を図る必要がある。また、耐久性に関しては、耐凍害性について検討した結果、これまでのコンクリートと同様気泡間隔係数により評価できることが報告されているが、どのような施工を行えば必要な気泡が得られるのか明らかにされていない。

6) コンクリートのひびわれ性状

乾燥収縮ひびわれや温度応力ひびわれの発生を防ぐために必要な配合条件 (単位水量、単位セメント量)、材料条件 (セメント種類、混和材料) のコンクリートを用いたら良いのか明らかにされていない。

4. 3 施工に関する課題

1) R C C P 側方端部の処理と型枠の設置

我が国においては、敷均し時に従来のコンクリート舗装と同じく車線の両端に型枠を設置している箇所が比較的多い。R C C P の所定の厚さと幅員を確保すると同時に、側方端部の拘束によって締め固め度を高める効果を期待しているものと思われるが、ローラを型枠に触れることなく端部に寄せて R C C を転圧する作業は施工上容易でなく、転圧不足が懸念される。一方では、型枠を設置せずに、アスファルトフィニッシャのスクリードにサイドプレートを取り付けて敷ならすことによって、端部を整形する方法を採用している箇所もあるが、その整形角度が鉛直に近い場合、側方端部にローラが近

づくと、RCCが崩れて十分な転圧ができない。このように、RCCPの端部に対する統一的な処置がなされていない。

2) 養生方法、養生期間と交通開放時期

外国においては、RCCPの養生は散水養生7日間としている箇所がほとんどであるが、我が国では、養生期間が長いものでも3日間と比較的短く設定している箇所が多い。また、外国の事例では、RCCP上に表面処理を施して早期交通開放を行っている箇所もある。我が国では、施工例が少なく、実道路における長期にわたる供用性状の報告がなされていないために、これらの養生期間、表面処理方法に対して、その妥当性が明らかになっていない。

3) 目地の構造と目地間隔

外国の施工例では、収縮目地を設けていない箇所がほとんどであり、このために、収縮ひびわれが12~74m間隔で発生しているが、この発生したひびわれが、RCCPの長期供用性にどのような影響を与えるか明らかにされていない。

我が国では、施工延長が短いこともあって外国の例と同様に、収縮目地を設けない箇所が多いが、一部では試験的に10m間隔で収縮目地を設けている箇所もある。RCCPの目地に関しては、RCCPの施工延長が比較的短く、長期供用性状に関するデータがないために、収縮目地や膨張目地の構造、目地間隔の違いがRCCPの供用性にどのような影響を与えるか明らかになっていない。

4) その他

- (1) RCCPを2層に分けて施工する場合、一層目表面の乾燥による層間分離の問題が考えられる。
- (2) 我が国の場合、RCCPの平坦性は施工方法、施工機械の改良等によって、外国の例に比べ良好な結果が得られているが、現在普及している施工機械を用いて、所定の敷均し厚、締固め度、およびセメントコンクリート舗装要綱に規定される2.0mmの合格判定値等が満足できるかどうかを確認されていない。

5. まとめ

RCCPに関する国内外の文献を調査した結果、RCCPは次に述べるような特色を有することが明らかとなった。

- (1) 適用箇所としては、平坦性をあまり必要としない、重車両が低速で走行するような箇所が多い。
- (2) RCCPは、従来のコンクリート舗装で用いられてきたような特殊な施工機械や、型枠の設置などの手間のかかる作業を特に必要とせず、アスファルトコンクリートの舗設に用いられている施工機械（ただし敷均しには高締固め型アスファルトフィニッシャが望ましい）で施工可能である。
- (3) 耐力の発現特性からすると、従来のコンクリート舗装で行われてきたように供用まで2週間待つ必要はなく、交通の開放までの時間の短縮が可能である。
- (4) 現場におけるRCCP版の強度と、コンクリートの締固め状態は密接な関係があり、十分な強度を確保するためには、十分な締固め密度を得る必要がある。また現場におけるRCCPの密度管理は、RI密度計（表面貫入式）が有効と思われるが測定値のばらつきはやや大きい。
- (5) RCCPの締固めには、振動ローラの使用が有効である。ただし、過度に使用すると、表面性状をかえて乱してしまうとの報告もある。
- (6) RCCP版の平坦性は、配合条件および締固め方法を検討することである範囲内で押さえることができるが、高速走行に適する水準まで到達できるかどうかは明らかでない。
- (7) 締め固められた後のコンクリートの表面性状は、粗さが目立つ面がある。また、空気量を従来のコンクリートどおり確保することも困難である。このためRCCPの耐摩耗性、耐凍害性、およびその他の耐久性については、明確になっていない。
- (8) コールドジョイント部や、版の長さが長い場合に中間部にひびわれが生じ、版の一体性が損なわれる恐れがある。また、カッターによる横収縮目地の施工は、角欠けを生ずることがあり、施工時期および方法は確立していない。

また、今後RCCP施工法による舗装技術を確立する際には、以上述べてきたような結果を踏まえたうえで、以下のような課題に取り組んでいく必要があると考える。

1) 構造設計について

(1) 強度発現のメカニズム

短期的な強度に関しては、セメントの水和による結合力が発揮されるまでの間の版の耐荷力の値、その支配（影響）要因。長期の強度に関しては、支配する要因として水セメント比をそのまま用いることができるか、あるいは、セメント空隙比その他の指標がより適合するのかどうか。

(2) 強度管理方法

構造設計に用いるコンクリート強度の特性値として従来のような曲げ強度試験結果をそのまま用

いることができるかどうか（静的曲げおよび圧縮強度特性値と、曲げ強度特性値との関係が一般のコンクリートと同じであるとして良いのか）。

(3) 断面（構成）の設計方法

RCCPに適した版厚の設計方法，ならびに路盤，路床の厚さ・材料との構成が従来のコンクリート舗装と同じもので良いのかどうか。

2) 配合・材料について

(4) 配合設計方法

これまでの2種類の配合設計方法（セメントコンクリート方法，セメント安定処理方法）のうち，どちらが望ましいのか，あるいは新たな手法の確立が必要であるのか。

(5) フレッシュコンクリートの性状

締固めに対して最適な状態にあるのかどうか，フレッシュコンクリートの性状を表すのに適した試験方法。

(6) 配合の表現方法と最適配合への修正の方法

コンクリートの配合を表す各指標（ W/C ，単位粗骨材容積， s/a ， $K_p(\alpha)$ $K_m(\beta)$ 等）のうち，配合を表すのに最も適した指標（あるいは配合の修正に使い易い指標）はどれであるのか。また，それを用いた実際の修正方法。

(7) 配合とひびわれ性状等のコンクリートの特性の関係

乾燥収縮ひびわれや，温度応力ひびわれの発生を押さえることができる配合条件（最大の単位水量， W/C ，単位セメント量）。

(8) 強度特性および耐久性

硬化したコンクリートの疲労強度特性および耐摩耗特性について，およびそれらの性質と配合・材料との関連性。

3) 施工について

(9) 養生方法

長期の強度増進に最も寄与できる養生方法，あるいは同程度のコンクリートの性質を得ることができる供用開始条件ないし供用後の養生方法（若材令時の載荷がコンクリートの長期の強度特性に及ぼす影響，耐凍害性の確保）。

(10) 転圧方法等

コンクリート表面に締固め直後表れる微細ひびわれを極力押さえることができる転圧その他の施工方法。平坦性を確保することができる転圧その他の施工方法。

(11) 目地

角欠け等を生じない目地の施工方法。温度変化等に起因するひびわれの発生を抑制するために必要な目地間隔・目地構造。

(12) 二層敷均し，および鉄網の敷設

平坦性の向上に対する二層敷均しの効果と施工速度その他への影響。鉄網のひびわれ幅拡大防止効果と施工性その他への影響。

(13) 端部の施工方法

端部の施工方法および処理方法。端部への型枠の設置の有無。

(14) 品質管理方法

施工時における密度管理への R I などの測定方法の適用。強度管理方法。

4) その他

(15) R C C P の適用箇所

R C C P をアスファルト舗装のホワイトベースとして用いた場合の耐久性の評価およびリフレクションクラックの防止法。その他の箇所への適用。

さらに、以上のような残された研究課題を究明し、R C C P 施工法を確立することにより、従来と比較して施工が容易で、かつ満足できる品質を有し、より経済的なコンクリート舗装を施工することができるようになると考える。

6. あとがき

本調査の結果、いくつか解決しなければならない課題は残されているものの、適用箇所を適切に選定し、RCCPについて設計・施工の両面から厳密な検討を加えていけば、RCCPの利点が活かされ、コンクリート舗装の施工法の一つとして十分用いることができると考えられた。

本報告が、今後RCCPに関する研究を行うにあたり、研究計画等の策定を行う際の一助となれば幸いである。

R C C P 施 工 例 比 較 表 (海 外)

種 別	道 路	道 路	道 路	道 路
場 所	スウェーデン実績 (低速走行用)	米国マルトノマ郡道路	豪州クィーンズランド州 幹線道路	スペイン実績 (幹線道路)
施 工 年	1984～	1986	1978～	1984～
設 計	強 度	圧縮400kg/cm ² 曲げ 43kg/cm ²	曲げ 41kg/cm ²	
	版 厚		17.8cm	上層 10cm以上 下層 15cm以上
配 合	設計法	セメントコンクリート +セメント安定処理	セメントコンクリート	セメント安定処理
	配 合	C 14.0%(以上)=340kg W 48~5.6%=125±9kg W/C 0.34~0.40 Gmax 16%が多い	C 13.4%=330kg W 145kg W/C 0.44 G+S 1976kg Gmax 13%	C 3~4%(乾燥)(粒度良) 5~6%(乾燥)(粒度不良) W(含水比5~14%) Gmax 35~40% #200通過分3~7%
材 料	セメントー普通PC (低熱PC, 混合も検討中)	セメントーボゾラン混合	セメントー普通PC 低熱PCが増加 (混合も検討中)	骨材ー碎石 40%以上
計 量・混 合	Coプラント 重力式(ドラム)ミキサ	連続式バグミルミキサ (540 t/h)	連続式バグミルミキサ (移動式)(200m ² /h)	生コンプラント 連続ソイルプラント ミキサー車の何れか
運 搬	ダンプトラック 60以内に運搬 カバー必要		ダンプトラック	ダンプトラック (カバー付)
敷 均 し	As フィニッシャ 2層施工の場合上層を薄 くする	As フィニッシャ (高締固め型)	As フィニッシャ 最上層厚を10cm程度とす る	グレーダまたはAs フィ ニッシャ(高締固め型) 25cm一層仕上げ
締 固 め	6~10t 振動ローラ(ゴム コートタイプがよい) 高圧タイヤローラ	9.1t コンバインドローラ (前鋼振動、後タイヤ)	8~10t 振動ローラ (タイヤローラ)	10t 振動ローラ (無振2, 振動4回) タイヤローラ 6回
養 生	散水養生が最適だが財政 上の理由のためAs乳剤で シールすることが多い	膜養生(0.3ℓ/m ² 2層) 7日後開放	膜養生(0.5ℓ/m ²) 即時開放の場合ー乳剤散 布 1.2ℓ/m ² +碎石敷設か As 表面処理	乳剤養生 0.8kg/m ² または 砂 7ℓ/m ² -2hで開放
目 地	収縮目地なし		収縮目地なし	必要ならば、打設5日後 に15~20m 間隔に設置
品 質 管 理	VC試験実施(コンシ テンシー管理) RIによる締固め密度の 管理	切り取り供試体 曲げ強度 41, (37)kg/cm ² 現場密度 98.4, (96)% ()は転圧なしの場合	平坦性 5mm以下 施工厚±15mm以下	RIによる密度、水分の 管理、供試体の圧縮、引 張り強度
備 考	高速道路には不適 2層で敷均すと平坦性は よくなる。		セメント安定処理の一種 として考えられている	
文 献 番 号	A-2	A-4	A-6 B-6	B-1

R C C P 施 工 例 比 較 表 (海 外)

種 別	集 荷 場 等	集 荷 場 等	集 荷 場 等	集 荷 場 等	
場 所	Burlington社レンニック ヤード(コンテナヤード)	Burlington社鉄道貨物 ターミナル(ヒューストン)	米国タコマ港貨物ヤード	西カナダ実績 (貯木場他)	
施 工 年	1986	1985	1985	1976～	
設 計	強 度	圧縮350kg/cm ² 曲げ49kg/cm ²	圧縮280kg/cm ² 曲げ35kg/cm ²	曲げ41kg/cm ²	曲げ42～49kg/cm ² (室内)
	版 厚	38cm(一般) 51cm(特殊)	46cm(2層)	30～43cm	23cm～35.5cm(2層)
配 合	設計法	セメントコンクリート	セメントコンクリート +セメント安定処理	セメント安定処理	セメント安定処理
	配 合	C 328kg(F 45kg) W 129kg W/C 0.39 G+S 2010kg Gmax19% #200通過分 3～13%	C 12% = 284kg W 142kg W/C 0.50 G 1260kg S 679kg Gmax 25%	C 326kg(F 59kg) W 140kg(含水比 6.5%) W/C 0.43 G+S 2016kg Gmax16% #200通過分 5～10%	C上層10～14%= 230～ 340kg 下層 7～8%=170～190 Gmax 22% #200通過分 5～10%
材 料	セメントー普通PC		セメントー中熱		
計量・混合	バグミルミキサ (203m ³ /h=490t/h)	連続式バグミルミキサ (360t/h)	連続式バグミルミキサ	連続式バグミルミキサ	
運 搬	ダンプトラック	ダンプトラック	ダンプトラック	ダンプトラック	
敷 均 し	Asフィニッシャ (高締固め型) 締固め度85～93% (2層で上層を薄くする)	ブルドーザ (54cm一層敷均し)	Asフィニッシャ (高締固め型) 締固め度94～95%	Asフィニッシャ	
締 固 め	振動ローラ 締固め度95%	9.1t振動ローラ (無振2 振動4回) 締固め度95%以上	タンデムローラ	振動ローラ	
養 生	散水養生7日間	膜養生	散水養生7日	散水養生7日以上 通常 14日間	
目 地	カット目地の施工を試み たが失敗した	収縮目地なし	収縮目地なし	収縮目地なし	
品 質 管 理		RIによる密度、含水量 (最適MC±0.5%)管理 供試体圧縮強度(曲げ は圧縮×0.13)	平坦性3mで10mm		
備 考	収縮ひびわれが14～75m 間隔に発生	平坦性は一層仕上げのため 悪い	良い表面を得る敷均し厚 は一層27cm(転圧後21.5 cm)以下	収縮ひびわれ12～18m 間隔に発生 平坦性は良くない	
文 献 番 号	A-3	A-5	A-9	A-7 A-11 B-2 B-4	

R C C P 施 工 例 比 較 表 (海 外)

種 別	空 港	軍 用 基 地	軍 用 基 地	そ の 他	
場 所	ポートランド空港 (駐機場)	米軍フッド基地 (軍用車駐車場)	米軍ルイス基地 (試験道路)	米軍工兵隊RCCP技術指針	
施 工 年	1985	1984. 7	1984.10		
設 計	強 度	曲げ 49kg/cm ²		曲げ、引張り強度で設計	
	版 厚	35.5cm(2層)	25cm	24cm, 27cmの2種	版厚の決定は従来のコンクリート舗装と同じ
配 合	設計法	セメントコンクリート	セメントコンクリート (+セメント安定処理)	セメントコンクリート (+セメント安定処理)	セメントコンクリート +セメント安定処理
	配 合	C 363kg (F 71kg) W 155kg W/C 0.43 G+S 1942kg Gmax 19mm	C 277kg, 333kg (F 96kg, 110kg) W 85kg, 100kg W/C 0.31, 0.30 Gmax 37.5mm, 19mm	C 292kg (F 102kg), 296kg W 93kg, 121kg W/C 0.32, 0.41 Gmax 19mm, 13mm	F 20~40%使用 W/C 0.30~0.40 Gmax 19mm以下 # 200通過分5~10%
材 料	セメント-普通PC	セメント-普通PC	セメント-普通PC		
計量・混合	連続式バグミルミキサ (540 t/h)	連続式バグミルミキサ (590~720 t/h)	連続式バグミルミキサ	連続式バグミルミキサ (230 t/h以上)	
運 搬	ダンプトラック	ダンプトラック (カバーが必要)	ダンプトラック	ダンプトラック (カバーが必要) 運搬時間 15分以内	
敷 均 し (打 設)	Asフィニッシャ (高締固め型) 締固め度94~95%	Asフィニッシャ	Asフィニッシャ	Asフィニッシャ (高締固め型がよい) 施工厚は一層30cm未満	
締 固 め	7.2 tコンバインドローラ (前鋼振動、後タイヤ) 締固め度98%	9 t振動ローラ(4回) 16 tタイヤローラ 4.5~9 tタンデムローラ	9 t振動ローラ(4回) タイヤローラ(2回)	9 t振動ローラ (無振1~2,有振4回以上) 18 tタイヤローラ (2回以上) 軽量タンデムローラ	
養 生	散水養生7日間 (1日噴霧、6日散水)	膜養生 (当初は1日目を湿潤養生とした)	散水養生7日間	膜養生、湿潤養生併用 (1日は湿潤) 膜養生剤-白色のものがよい	
目 地		横目地にカット目地を施工(15 m毎)したが骨材剥離が起き失敗	カット目地を施工	横収縮目地はうまく目地切りができれば、15~23 m毎に設置	
品 質 管 理	供試体密度98%を確保 RIによる現場密度と組合せる		平坦性3 mで5~9mm	RIによる現場密度管理 強度は引張り強度で管理 平坦性3 m直線定規で10 mm以下	
備 考	3 m内の施工厚のばらつきは±6.3 mm	平坦性は問題なし 12~30 m間隔にひびわれが発生 横ひびわれや施工継目に よって骨材剥離や破断が 多少みられる	カット目地部以外にひびわれが発生(12~30 m間隔)目地の効果なし	コンシステンシーの評価にVB試験器に類似の装置を使用	
文 献 番 号	A-4 A-13 B-4 B-5	A-8 A-10 A-14 B-4	A-8 A-14 B-4	A-8 A-12 B-4	

R C C P 施 工 例 比 較 表 (国 内)

種 別	道 路	工 場 等 構 内	工 場 等 構 内	工 場 等 構 内
場 所	常盤高速道路関本PA (駐車場内道路)	大阪セメント大阪工場 (材料積込ヤード)	鹿島建設調布実験場 (構内)	関東技術事務所 (構内)
施 工 年	1987.11	1987.1	1987.11	1987.12
設 計	強 度	圧縮400kg/cm ²	曲げ50kg/cm ²	
	版 厚	25cm(1層、125cm2層)	25cm, 20cmの2種	20cm, 25cm(2層)の2種
配 合	設計法	セメントコンクリート	セメント安定処理	セメントコンクリート
	配 合	C 270kg W 118kg W/C 0.44 G 1275kg S 742kg Gmax 200mm	C 234kg W 87kg W/C 0.37 G 1381kg S 757kg Gmax 20mm	C 250~300kg W 90~105kg W/C 0.35, 0.40 G 1220~1370kg S 755~845kg Gmax 25mm, 40mm
材 料	セメントー普通PC	セメントー普通PC 高炉セメント	セメントー普通PC	セメントー無収縮タイプ (新規開発)
計量・混合	バッチ式プラント (75m ³ /h=180t/h)	傾胴型ドラムミキサ	生コン工場 バグミルミキサ	バッチ式プラント バグミルミキサ (2m ³ /バッチ)
運 搬	ダンプトラック 運搬時間 15分	ダンプトラック 運搬時間 5分	ダンプトラック	ダンプトラック
敷 均 し (打 設)	Asフィニッシャ (高締固め型)	Asフィニッシャ 締固め度85%	Asフィニッシャ (高締固め型) 締固め度90~99%	Asフィニッシャ (高締固め型)
締 固 め	7t振動ローラ(無3振4回) 15tタイヤローラ(5回) 4t振動ローラ 小型振動ローラ	7t振動ローラ(無2振4回) 12tタイヤローラ (2回以上) 3tコンバインドローラ 締固め度 平均98%	8t, 10t振動ローラ 8.5tタイヤローラ 4tタンデムローラ 締固め度98%	7t振動ローラ (無振2, 有振4回) 15tタイヤローラ (2回以上) 4tコンバインドローラ
養 生	膜養生(0.3ℓ/m ²)及び散 水養生3日	膜養生(0.2ℓ/m ²)及びマ ット養生1日	膜養生剤、養生マット、 散水養生併用	マット養生、翌日まで散 水養生と併用
目 地	カット目地施工 (横目地10m間隔)	収縮目地なし	収縮目地なし	収縮目地なし
品質管理	供試体曲げ強度 RIゲージによる密度管理	供試体曲げ強度 RIゲージによる密度管理 余盛り沈下量	供試体圧縮、曲げ強度 RIゲージによる密度管理 余盛り沈下量	
備 考	一部でタイバー、スリッ プバー及び鉄網設置	切り取り供試体 曲げ強度 40~60kg/cm ² 現場密度 96~99% 平坦性 3m-2~4mm 施工に型枠使用	切り取り供試体 圧縮強度 400kg/cm ² 曲げ強度 37~58kg/cm ² 現場密度 98%以上 平坦性 3m-1.1~3.3mm VC試験によるコンシス テンシー評価	施工に型枠使用 VC試験によるコンシス テンシー評価
文献番号		C-6		

海外調査文献一覧

文献No. A-1

文献名 A Pavement for Today and Tomorrow
(和名) ((RCC) 舗装の現在と将来)
著者 Kenneth D. Hansen (米国セメント協会: PCA)
Key Word RCCP, 設計, 施工
誌紙名 CONCRETE INTERNATIONAL
発行年 1987.2
主旨 転圧コンクリート舗装 (RCCP) の概要説明
平坦性を特に問題にしない重車両用の舗装に RCCP が急速に普及してきた。

文献No. A-2

文献名 Swedish Experiences with RCC
(和名) (スウェーデンにおける RCC の実績)
著者 Ronny Andersson (スウェーデンセメントコンクリート研究所)
Key Word RCCP, 配合, 施工, 締固め, 品質管理試験
誌紙名 CONCRETE INTERNATIONAL
発行年 1987.2
主旨 スウェーデンにおける RCCP の設計, 施工の実績紹介
RCCP は低速走行向きで, バス停や工場等に多く使われるようになった。

文献No. A-3

文献名 One Tough Pavement
(和名) (ある耐久的な舗装事例)
著者 William D. Palmer (Concrete International 編集委員)
Key Word RCCP, 集荷場, 構造設計, 配合, 施工, 目地
誌紙名 CONCRETE INTERNATIONAL
発行年 1987.2
主旨 バーリントン社レンニックヤードでの RCCP 施工事例の紹介
RCCP は重車両に耐え, コストも安く工期も短縮できるが, 仕上りは良くない。

文献No. A-4

文献名 An Airport Apron and a Country Road
(和名) ((RCCP) 空港エプロン及び郡道路での実施例)
著者 J. M. Abrams J. L. Jacksha (コンサルタント CH2M Hill)
Key Word RCCP, 空港, 道路, 構造設計, 配合, 施工, 養生, 試験
誌紙名 CONCRETE INTERNATIONAL
発行年 1987.2
主旨 ポートランド空港及び公共道路での RCCP の適用事例
空港の比較設計では AC 舗装より安くなった。

文献No. A-5

文献名 Burlington Northern Railroad Intermodal Hub Facility
(和名) (バーリントン・ノーザン鉄道貨物ターミナル施設)
著者 C. V. Logie (コンサルタント Dames & Moor)
J. E. Oliverson (コンサルタント Bureau of Reclamation)
Key Word RCCP, 集荷場, 構造設計, 強度試験, 配合, 施工, 密度
誌紙名 CONCRETE INTERNATIONAL
発行年 1987.2
主旨 ヒューストンのバーリントン社鉄道貨物ターミナルでの RCCP 施工事例
46cm 厚の RCCP がうまく施工でき, 十分な強度, 密度を得たが, 表面性状は良くない。

- 文献No. A-6
- 文献名 Highway Construction in Queensland
(和名) (豪州クィーンズランド州における幹線道路の建設)
- 著 者 H. W. Murphy (クィーンズランド州幹線道路局)
- Key Word R C C P, 幹線道路, セメント安定処理, 構造設計, 強度試験, 材料, 施工, 養生
- 誌紙名 CONCRETE INTERNATIONAL
- 発行年 1987.2
- 主 旨 豪州クィーンズランド州の幹線道路建設に多く用いられるセメント安定処理舗装 (= R C C P) の紹介
重車両交通に対しては最もコストが安く, 表面処理を行えば即時交通開放も可能。
- 文献No. A-7
- 文献名 Ten Years of Heavy-Duty Pavement in Western Canada
(和名) (西カナダの重車両用舗装の10年後)
- 著 者 Robert W. Piggot (カナダセメント協会)
- Key Word R C C P, 集荷場, 道路, 駐車場, セメント安定処理, 材料, 供用性
- 誌紙名 CONCRETE INTERNATIONAL
- 発行年 1987.2
- 主 旨 カナダのブリティッシュ コロンビア州でこの10年間に施工された R C C P の概要紹介
貯木場の施工を中心に, アスファルト舗装のオーバーレイにも R C C P が使用され, 十分な供用性を得た。
- 文献No. A-8
- 文献名 Heavy-Duty Pavement
(和名) (重車両用舗装)
- 著 者 R. L. Hutchinson S. A. Ragan D. W. Pittman (米軍水路研究所: W E S)
- Key Word R C C P, 軍用基地, 構造設計, 配合, 施工, 目地, 品質管理, 凍結融解耐久性
- 誌紙名 CONCRETE INTERNATIONAL
- 発行年 1987.2
- 主 旨 米軍水路研究所 (W E S) による R C C P の設計及び施工方法と現在の研究内容の紹介
- 文献No. A-9
- 文献名 Design Practices at the Port of Tacoma
(和名) (タコマ港における設計例)
- 著 者 John L. Larson (建設会社 Sverdrup Corp.)
- Key Word R C C P, 集荷場, 構造設計, 配合
- 誌紙名 CONCRETE INTERNATIONAL
- 発行年 1987.2
- 主 旨 米国ワシントン州のタコマ港における R C C P の設計方法および配合の紹介
- 文献No. A-10
- 文献名 Mix Design, Thickness Design, and Construction of Roller-Compacted Concrete Pavement
(和名) (R C C P の配合設計, 版厚設計及び施工)
- 著 者 Thomas D. White (Purdue 大学)
- Key Word R C C P, 軍用基地, 構造設計, 配合, 凍結融解
- 誌紙名 TRANSPORTATION RESEARCH RECORD 1062
- 発行年 1986
- 主 旨 米軍基地 (Stewart, Hood, Caycuse) の R C C P 施工箇所の調査観測結果

文献No. A-11

文献名 Roller-Compacted Concrete for Heavy Duty-Pavements : Past Performance, Recent Project, and Recommended Construction Methods
(和名) (重車両用転圧コンクリート舗装)
著 者 Robert W. Piggot (カナダセメント協会)
Key Word R C C P, 構造設計, 配合, 施工
誌紙名 TRANSPORTATION RESEARCH RECORD 1062
発行年 1986
主 旨 これまでのR C C Pの施工事例 (カナダを主に) についてその設計, 施工方法をまとめたもの

文献No. A-12

文献名 Construction of Roller-Compacted Concrete Pavements
(和名) (転圧コンクリート舗装の施工)
著 者 Davit W. Pittman (米軍水路研究所: W E S)
Key Word R C C P, 施工
誌紙名 TRANSPORTATION RESEARCH RECORD 1062
発行年 1986
主 旨 米軍水路研究所 (W E S) によるR C C P施工指針

文献No. A-13

文献名 Roller-Compacted Concrete Pavement at Portland International Airport
(和名) (ポートランド国際空港における転圧コンクリート舗装)
著 者 J. M. Abrams J. L. Jacksha R. L. Norton D. J. Irvine (コンサルタント CH2M Hill)
Key Word R C C P, 空港, 構造設計, 配合, 施工
誌紙名 TRANSPORTATION RESEARCH RECORD 1062
発行年 1986
主 旨 ポートランド空港におけるR C C Pの配合, 施工方法, 入札結果の紹介

文献No. A-14

文献名 Evaluation of the Frost Resistance of Roller-Compacted Concrete Pavements
(和名) (R C C Pの凍結耐久性の評価)
著 者 Steven A. Ragan 米軍水路研究所: W E S)
Key Word R C C P, 軍用基地, 集荷場, 配合, 施工, 凍結融解試験, 膨張試験, 曲げ・圧縮試験
発行年 1986
主 旨 北米で施工された9箇所のR C C Pについて行った凍結融解試験, 膨張試験, 曲げ, 圧縮試験の結果報告

そ の 他 海 外 参 考 文 献 一 覧

文献No. B-1

文献名 Spanish Experiences in Roller Compacted Concrete Pavements in The Years 1984 -85
(和名) (転圧コンクリート舗装に関する1984-85年のスペインの経験)
著 者 Lopez P, Ricardo Pleite, Julien
誌紙等 第5回コンクリート道路に関する国際会議
発行年 1986.6
主 旨 1984-85年にスペイン施工されたRCCPの配合, 施工方法及びその結果の紹介
スペインでのRCCPは1984年から本格的に施工され, 交通を遮断せずに, 経済的に施工でき, 強度も充分得られるため年々増大している。

文献No. B-2

文献名 Roller Compacted Concrete Pavements in British Columbia, Canada
(和名) (カナダ ブリティッシュ・コロンビア州における転圧コンクリート舗装)
著 者 R. W. Pigott (カナダセメント協会) O. O. Naas (Naas Enterprises社)
誌紙等 ROLLER COMPACTED CONCRETE (米国土木工学会: ASCE)
発行年 1985.5
主 旨 カナダ B. コロンビア州におけるRCCP施工の経緯, 版厚設計, 配合設計, 施工手順の紹介
RCCPはセメント安定処理を発展させた工法で, 重車両の通行する貯木場などに採用されている。現在, 版厚は通常のコンクリート舗装の設計によっているが, 合理的な設計方法の研究が必要。

文献No. B-3

文献名 Roller-Compacted Concrete Pavements
(和名) (転圧コンクリート舗装)
著 者 D. W. Pittman (米軍水路研究所: WES) T. D. White (Purdue大学)
誌紙等 第3回コンクリート舗装の設計と補修に関する国際会議
発行年 1985.12
主 旨 RCCPの概念, 経済性, 配合設計, 版厚設計, 施工方法の紹介
RCCPはゼロスランプのコンクリートをアスファルト舗装機械を用いて施工するもので, 普通のコンクリート舗装よりも経済的である。

文献No. B-4

文献名 Paving with Roller Compacted Concrete
(和名) (転圧コンクリート(RCC)による舗装)
著 者 Oswin Keifer Jr. (米軍工兵隊)
誌紙等 CONCRETE CONSTRUCTION
発行年 1986.3
主 旨 RCCPの経緯と北米におけるRCCPの施工事例の紹介
北米ではカナダでRCCPが貯水場に採用されて以来, 米軍施設 貨物ヤード, 空港等で施工されている。

文献No. B-5

文献名 Aircraft Parking Apron Paved with Roller-Compacted Concrete
(和名) (RCCによる飛行場エプロンの舗装)
著 者 P C A Job Report No.33
誌紙等 1986
発行年
主 旨 ボートランド空港におけるRCCPの施工記録と北米におけるRCCPの施工例一覧
空港の駐機場にRCCPが採用され, アスファルト舗装での設計より32%安く施工できた。

文献No. B-6

文献名	Roller Compacted Concrete Paving in Queensland, Australia
(和名)	(オーストラリア キーンズランド州における R C C 舗装)
著 者	H. W. Murphy (キーンズランド州幹線道路局)
誌紙等	1986年 A C I 定例会議
発行年	1986.3
主 旨	豪州キーンズランド州の幹線道路におけるセメント安定処理舗装 (= R C C P) の設計方法, 配合, 施工方法についての紹介

国内参考文献一覧

文献No. C-1

標 題 転圧コンクリートの薄層オーバーレイへの利用
 著 者 中丸貢, 辻井豪, 安部晋二 (大成道路)
 Key Word R C C P, 薄層オーバーレイ, すりへり, 付着, 締固め
 誌紙名 16回日本道路会議論文集, 327~328
 発行年 1985
 要 旨 目標締固め率95% (空隙率5%) となる細骨材率および単位水量を定めた。
 すりへり深さはやや小さい。
 引張付着, 一面せん断付着強度はやや増加。

文献No. C-2

標 題 転圧コンクリートの配合特性
 著 者 根本信行, 内田精一 (日本舗道)
 Key Word R C C P, 配合, 含水比, 乾燥密度, 強度, 引張強度
 誌紙名 16回日本道路会議論文集, 329~330
 発行年 1985
 要 旨 乾燥密度はほぼ含水比5~6%で最大となる。
 圧縮, 引張強度は含水比6%で最大となる。
 同じ含水比では乾燥密度が高いほど圧縮強度は大きい。

文献No. C-3

標 題 転圧コンクリートの配合設計手法に関する一考察
 著 者 小林良太, 長谷川隆司, 山本富業 (前田道路)
 Key Word R C C P, 配合, 配合設計, 締固め
 誌紙名 17回日本道路会議論文集, 362~363
 発行年 1987
 要 旨 粗粒材の25mm以下への置き換えは, 乾燥密度, 曲げ強度へほとんど影響しない。
 R C C P 曲げ強度とモルタル曲げ強度 (5mm以上粗骨材Cut) はよい相関がある。
 平面バイブレーターによる締固めは, 均一な締固めを得ることができる。

文献No. C-4

標 題 舗装用転圧コンクリートの配合設計方法
 著 者 國分修一, 有賀真 (大林道路)
 Key Word R C C P, 砂率, 単位粗骨材率, 表面水率, 空隙率, 水セメント比, S/C
 誌紙名 17回日本道路会議論文集, 376~377
 発行年 1987
 要 旨 空隙率は単位粗骨材率69%で最小となった。砂率 ($V_s/V_c + V_s$) 60%程度で曲げ強度が最大となる。
 単位粗骨材率, S/C 一定で, W/C 24%では締固め不良, 54%では水量過多となる。
 砂率 ($V_s/V_c + V_s$) 60%程度で曲げ強度最大となる。

文献No. C-5

標 題 転圧コンクリートの配合と施工例
 著 者 野々田充 (日本道路)
 Key Word R C C P, 突固め, 湿潤密度, 収縮ひずみ, 締固め方法, 施工例
 誌紙名 17回日本道路会議論文集, 398~399
 発行年 1987
 要 旨 R C C P は収縮量が一般に小さい。粗骨材最大粒径が大きいものほどこの傾向が大きい。
 ペーパ敷均しにより94%の密度が得られローラ転圧の必要性は少ない。

文献No. C-6

標 題 転圧コンクリート舗装 (RCCP) の施工例
著 者 富田暢昭, 根本信行 (日本舗道), 小林茂広 (大阪セメント)
Key Word RCCP, 施工例, 締固め度
誌紙名 17回日本道路会議論文集, 400~401
発行年 1987
要 旨 厚さ25, 20cm一層で締固め度が敷均し後85%, 転圧終了後98%得られた。
コアの曲げ, 圧縮強度は室内作製標準養生供試体の約7割以上あった。
曲げ/圧縮強度比は1/4~1/6と良好であった。
RCCPの構造設計には現場土圧計の応答と計算垂直応力が一致したことから多層弾性
解析が使用可能と思われる。

文献No. C-7

標 題 繊維補強薄層転圧コンクリートの一検討
著 者 西村拓治, 根本信行, 田中智彦 (日本舗道)
Key Word RCCP, 繊維補強, プラスチックファイバ, 突固め, 最適含水比, 力学特性
誌紙名 17回日本道路会議論文集, 402~403
発行年 1987
要 旨 ミキサ混合時の負荷は大きい, だがみられず混合性は良好であった。
突固め試験による最適含水比は7~8%でこのとき圧縮強度も最大となる。
プラスチックファイバの混入量が2より1 vol%の方が若干大きな圧縮, 曲げ強度が得
られた。
ローラ転圧ではプラスチックファイバのためか上部の締固めが十分でなかった。

文献No. C-8

標 題 転圧コンクリートのひび割れの評価
著 者 尾本志展, 井上武美 (日本舗道), 松井邦人 (東京電気大学)
Key Word RCCP, ひびわれ, たわみ, 荷重伝達率, 路盤支持力, K値
誌紙名 17回日本道路会議論文集, 404~405
発行年 1987
要 旨 版の弾性係数の評価を路盤の支持力係数で評価。
Winkler地盤としてFEM解析。
ひびわれ幅が大きく載荷重が小さい程荷重伝達率が小さく, たわみが大きくなる。
版厚が25cm程度に大きくなれば, たわみ増加はわずかである。
ひびわれ後のRCCPの構造評価は, 荷重伝達率に応じてK値で行える。

文献No. C-9

標 題 転圧コンクリート舗装の品質管理について
著 者 中丸貢 (大成道路)
Key Word RCCP, 品質管理, 締固め, 突固め, 締固め率, RI
誌紙名 17回日本道路会議論文集, 408~409
発行年 1987
要 旨 固定式自動締固め装置と可搬式は, 同じ単位水量と締固め率の関係。
コア供試体密度とRI密度はほぼ1:1の直線関係にあることから, 現場締固め密度試
験への適用は可能と考えられる。

文献No. C-10

標 題 舗装用転圧コンクリートの配合設計方法
著 者 有賀真, 園分修一, 鍵市信雄 (大林道路)
Key Word RCCP, 配合設計, 間隙比, 砂率, 表面水比
誌紙名 42回土木学会年次学術講演会論文集5, 50~51
発行年 1987
要 旨 砂率 ($n = V_s / (V_c + V_s)$)82%, 表面水比 ($S_w = V_w / (V_s + V_c)$)19%が最も低収縮で,
強度も確保できる。

文献No. C-11

標 題 転圧コンクリートの鉛直不連続面の界面特性に関する検討
著 者 西村拓治, 尾本志展, 根本信行 (日本舗道)
Key Word R C C P, コンポジット舗装, ひびわれ
誌紙名 42回土木学会年次学術講演会論文集 5, 52~53
発行年 1987
要 旨 セメント量10%程度のR C C Pを下層に適用することで, 収縮目地を省略できる。
このとき生じるひびわれはごくわずかであり, その部分の荷重伝達率は十分大きい。

文献No. C-12

標 題 超硬練りコンクリートの振動締固め解析に関する一考察
著 者 木村定雄, 弘中義昭, 児玉敏雄 (佐藤工業)
Key Word R C D, 超硬練りコンクリート, 振動締固め, 粘弾性体, 粘弾性解析
誌紙名 42回土木学会年次学術講演会論文集 5, 594~595
発行年 1987
要 旨 超硬練りコンクリートの締固め挙動とダシュボット粘性 η の値との間には強い相関がある。

文献No. C-13

標 題 転圧過程におけるR C C内部の振動性状
著 者 栗田守朗, 金森洋史 (清水建設), 青柳征夫, 遠藤孝夫 (電力中研)
Key Word R C C, 振動性状, 加速度, 圧力
誌紙名 42回土木学会年次学術講演会論文集 5, 596~597
発行年 1987
要 旨 鉛直方向ばかりでなく振動ローラーの進行方向にも大きな加速度が生ずる。
締固めが進むとRCCには永久変形の増加は生じず弾性的な挙動をする。

文献No. C-14

標 題 現場実験に基づくR C C中の圧力伝播性状に関する一考察
著 者 遠藤孝夫, 青柳征夫 (電力中研), 栗田守朗, 金森洋史 (清水建設)
Key Word R C C, 圧力伝播
誌紙名 42回土木学会年次学術講演会論文集 5, 598~599
発行年 1987
要 旨 半無限弾性体としての解析, 有限要素法による解析結果では, 現場実測値と比べてかなり小さな圧力しか得られない。
R C Cの上層部は連続体よりはWinkler支承と仮定した挙動に近い。

文献No. C-15

標 題 ダブルミキシングしたR C Dコンクリートの振動締固めの屋外実験
著 者 鈴木明人, 平岡實, 堀米昇士郎 (大成建設)
Key Word R C D, ダブルミキシング, 振動締固め, S E C
誌紙名 41回土木学会年次学術講演会論文集 5, 515~516
発行年 1986
要 旨 ダブルミキシング(DM)の方が, シングルミキシング(SM)に比べてコア外観が良く, 上下層の強度差が小さい。VC値の変動もDMの方が小さい (サンドコントローラー使用)。
VC値の変動もDMの方が小さい (サンドコントローラー使用)。

文献No. C-16

標 題 R C Dコンクリートにおける産業副産物の利用に関する実験的研究
著 者 栗田守朗, 金森洋史 (清水建設), 青柳征夫 (電力中研)
Key Word R C D, フライアッシュ, 高炉スラグ
誌紙名 41回土木学会年次学術講演会論文集 5, 105~106
発行年 1986
要 旨 フライアッシュ混入率の増加, 結合材量が減少するにつれて圧縮強度が減少する。
フライアッシュの種類の違いが圧縮強度に及ぼす影響はほとんど見られない。
フライアッシュを混入したものは材令1年で強度が逆転し上回る。
高炉スラグ粉末混入率65%までは混入しないものと同じ程度の強度が得られるが, 80%では強度低下する。

文献No. C-17

標 題 美利河ダム R C D試験施工のうち現場配合試験について
著 者 久保田信弥, 池内憲造 (清水建設), 新保彰 (北海道開発局)
Key Word R C D, 細骨材率, 圧縮強度
誌紙名 41回土木学会年次講演会論文集 5, 109~110
発行年 1986
要 旨 C + F 120 (kg/m³) の場合 W85, 90 (kg/m³) とともに s/a 30 (%) で V C 値最小, C + F 100 (kg/m³) の場合 W85 (kg/m³) - s/a 31 (%), W90 (kg/m³) - s/a 32 (%) で V C 値は最小となる。
圧縮強度は平均値で C + F 120 (kg/m³) で 120 (kgf/cm²), C + F 100 (kg/m³) で 80 (kgf/cm²) 程度であり, s/a が高くなると圧縮強度は低くなる。

文献No. C-18

標 題 ローラー・コンパクテッド・コンクリートの締固めの解析
著 者 遠藤孝夫 (電力中研)
Key Word R C C, 締固め, 粘弾性解析, 有限要素法
誌紙名 41回土木学会年次講演会論文集 5, 479~480
発行年 1986
要 旨 R C C の締固め挙動を粘弾性モデルで解析するには, コンクリートの粘弾性定数を正確に求める必要がある。

文献No. C-19

標 題 R C C の締固め性状に及ぼすコンシステンシーの影響
著 者 栗田守朗 (清水建設), 青柳征夫, 加藤治 (電力中研)
Key Word R C C, 締固め, コンシステンシー, V C 値
誌紙名 41回土木学会年次講演会論文集 5, 481~482
発行年 1986
要 旨 振動テーブル試験 (V T 試験) による沈下率の経時変化は V C 値にかかわらず双曲線 ($y=t/(At+B)$) で近似できる。
V C 値が大きくなるに従い, 一定時間における沈下率が小さく, 締固めが容易にできない。
逆に大型 V C 値 (時) の沈下率, 最終到達沈下率 (1/A) も 15% 程度と一定。
小型 V C 値と大型 V C 値 (時) までの単位質量当りの締固めエネルギーの対数は比例関係を示す。

文献No. C-20

標 題 R C Cの物性に及ぼす微粒分材料の影響
著 者 金森洋史, 松田重好 (清水建設)
Key Word R C C, 微粒分, フライアッシュ, V C 値, 高炉スラグ粉末, 石粉
誌紙名 41回土木学会年次講演会論文集 5, 483~484
発行年 1986
要 旨 フライアッシュの混入量が多いほど, 置換え率が大きいほど V C 値は減少 (ワーカビリティは向上) する。
セメント一定下ではフライアッシュの増加にかかわらず材令91日までの圧縮強度はほぼ一定。
フライアッシュ混入では細骨材の石粉置換えによる微粒分の増加により強度は増加 (28日~183日) する。
高炉スラグ混入では石粉の効果は明確ではないが, 高炉スラグ粉末を細骨材の置換えとして用いると強度は増加する。

文献No. C-21

標 題 セメントおよび混和材料の種類が R C D コンクリートに及ぼす影響
著 者 長尾文彦, 近田孝夫 (新日鉄化学), 岡田清 (京大), 鈴木徳行 (名城大)
Key Word R C D, セメント, 混和材, スラグ, フライアッシュ
誌紙名 41回土木学会年次講演会概要集 5, 485~486
発行年 1986
要 旨 低発熱セメント, 高炉スラグ, フライアッシュを混和すると初期強度小さく, 長期強度は大きい。
高炉水砕スラグはフライアッシュに比べて材令7~91日の強度増進が著しい。
R C D コンクリートも引張, せん断強度は圧縮強度の1/8~1/10, 1/4~1/6で同じである。
R C D コンクリートの乾燥収縮は, 通常のダムコンクリートの約1/2である。

文献No. C-22

標 題 超遅延剤を用いた R C D コンクリートの締固め性状について
著 者 袖山行男, 吉岡保彦, 小島平三 (竹中技研)
Key Word R C D, 締固め, 混和剤, 遅延剤, 締固め密度, 圧縮強度
誌紙名 41回土木学会年次講演会概要集 5, 487~488
発行年 1986
要 旨 本超遅延剤により単位水量がやや減少 (高炉スラグ, フライアッシュ混和とも) する。
添加量0.75-1.2%では V C 値の増加は緩やか, 5時間後でも十分締固め可能である。
締固め密度 (沈下度より計算) も, 高水準で一定していた。
材令1,2日圧縮強度は80%に低下, 7日以降はほぼ同等である。

文献No. C-23

標 題 製品用超硬練りコンクリートの充填性に関する2,3の検討
著 者 堀井克章 (阿南工専), 河野清 (徳島大)
Key Word 硬練り, 締固め, 充填率, s/a , W/C
誌紙名 41回土木学会年次講演会概要集 5, 489~490
発行年 1986
要 旨 充填率と加圧振動締固め時間の対数との間には比例関係がある。
充填率の改善には加圧と高い振動数の締固めが有効である。
充填率最高となる最低 s/a (骨材粒度により値変化) と W/C がある。

文献No. C-24

標 題 粗骨材最大寸法および打設層厚をパラメーターにした R C D 工法施工実験
著 者 牧野英久, 山田一字, 渡部正 (前田建設)
Key Word R C D, 最大寸法, 締固め, 圧縮強度, 施工性
誌紙名 41回土木学会年次講演会概要集 5, 491~492
発行年 1986
要 旨 G_{max150} では撒き出し時に材料分離する傾向がある。
 G_{max150} では層厚75, 100cmのほうがモルタル浮上量多く良好。
仕上げ転圧 1 時間後のタイヤローラによる再転圧で微細ひびわれが消える。
表面密度は転圧 8 回以降は一定。R I 密度管理は有効である。

文献No. C-25

標 題 転圧コンクリート舗装の配合とその特性
著 者 豊福俊泰, 吉岡博幸, 高橋隆 (日本道路公団)
Key Word R C C P, 締固め, 空げき率, 骨材粒度, セメント空げき比, 耐凍害性
誌紙名 41回セメント技術年報, 130~131
発行年 1987
要 旨 締固め回数増加に伴い, 空げき率は減少。連続粒度のもので最終空隙率は小さい。
ペースト量増加に伴い直線的に空げき率は減少し, 圧縮強度は増加。
セメント空げき比と圧縮強度は (粒度, 締固め回数によらず) 比例する。
空げき率小さい程耐凍害性は向上し, 粗骨材が多くて微粒分が少ないものは空気量を上げて効果はない。

文献No. C-26

標 題 転圧コンクリート舗装 (R C C P) の設計と施工
著 者 井上武美, 根本信行 (日本舗道), 杉智光, 小林茂広 (大阪セメント)
Key Word R C C P, 締固め, 試験施工, 強度
誌紙名 41回セメント技術年報, 132~133
発行年 1987
要 旨 敷き均し後の締固め密度約85%。ローラ転圧後96~99%。3 m プロフィールメータによる平面度が2~4 mm。
多層弾性計算により板下面引張応力が推定できる。
R C C の含水比の選定は, 突固め試験による方法が有効である。
翌日解放は強度的には可能だが, 摩耗対策と初期疲労の後への影響を検討する必要がある。

文献原名	A Pavement for Today and Tomorrow		
著 者	D. Hansen	著者所属	米国PCA (ポルトランドセメント協会)
出 典	Concrete International 1987. 2		
和 名	(RCC) 舗装の現在と未来		

内容・要旨

- 1) 重舗装におけるRCCの最近の進歩はめざましく、さらに発展中である。
- 2) ソイルセメントの最初の使用は1935年。
- 3) ホワイトベース (CTB) も出てきた (低セメント量で碎石を固めたもの)。
CTBの場合には、すりへりを防止するためにアスファルト表層が必要であった。
- 4) RCCはセメント量が多いので強度も高く、表層も不要である。
- 5) RCCはノースランプでローラで締固め、強度は普通のコンクリートよりも大きい。Andersonは圧縮強度40MPa、曲げ強度4.3MPaのものをいうのがよいと考えているようだ。
Andersonの示す図-1は、各種コンクリートの概念をよく示している。
- 6) 米国における使用例は表-1に示す。
- 7) RCCのセメント量はRCDの3倍位はある。
- 8) 米国のRCCの発展は工兵隊の力によるものであった。
- 9) 1984年に工兵隊が

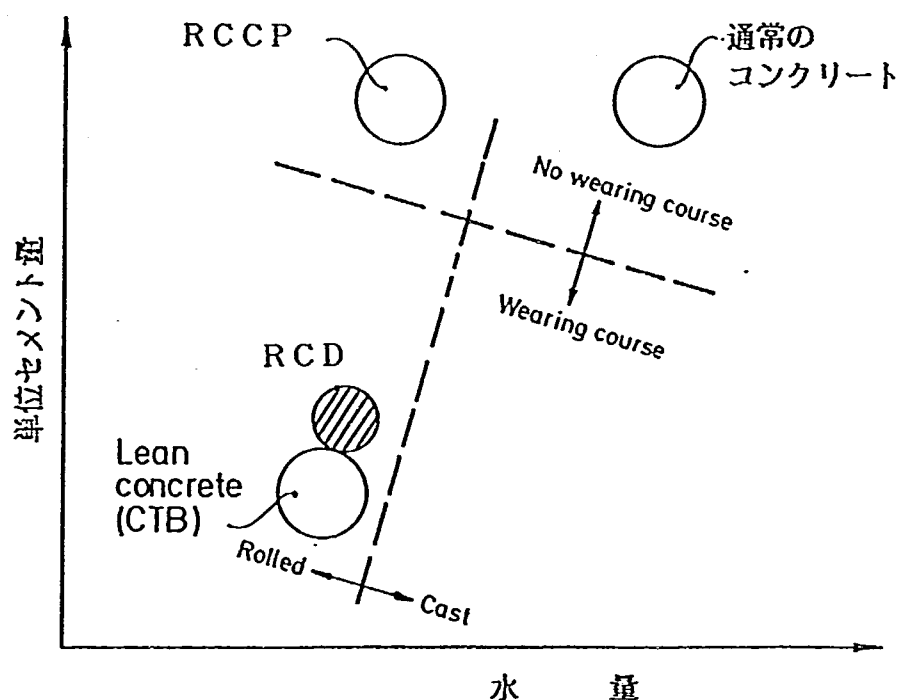


Fig. 1— The Swedish definition of roller compacted concrete for paving differentiates it from cement treated base (CTB usually has a wearing course), conventional concrete (RCC must be compactible), and even from RCC used for other purposes such as dams (typically much leaner).

表-1 Roller compacted paving projects in the United States greater than 10,000 yd²

Constr. Period	Project	Thickness (in.)	Area (yd ²)	Binder, C+FA* (lb/yd ³)	Engineer	Contractor (RCC sub)
1984	Tank hardstand Ft. Hood, Tex.	10	19,640	306+162	Corps of Engrs Ft. Worth, Tex.	Boyd-Ferm, Inc. Mobile, Ala. (O'Dell-Gere Harker Hts., Tex.)
1985	Burlington Northern intermodal yard Houston, Tex.	18	53,000	420+0	Dames & Moore Phoenix, Ariz.	H.B. Zachary Co. San Antonio, Tex.
1985	Port of Tacoma South Intermodal Yard Tacoma, Wash.	12 & 17	59,100	450+100	Sverdrup & Parcel Bellevue, Wash.	M. A. Segale Co. Tukwila, Wash.
1985	North plant ready mix yard Colo. Springs, Colo.	8	11,860	350+180	Transit Mix Concrete Colo. Springs, Colo.	Irving F. Jensen Co. Castle Rock, Colo.
1985	Port of Tacoma North Intermodal Yard Tacoma, Wash.	12 & 17	35,000	450+100	Sverdrup & Parcel Bellevue, Wash.	Interec Constr. Portland, Oreg. (Jack Cewe, Ltd. Vancouver, B.C.)
1985	Portland Airport aircraft parking Portland, Oreg.	14	40,970	488+119	CH2M Hill Portland, Oreg.	Intertec Constr. Portland, Oreg. (Jack Cewe, Ltd. Vancouver, B.C.)
1986	BN Rennick Yard intermodal terminal Denver, Colo.	15 & 20	136,000	475+75	Centennial Engr. Arvada, Colo.	Judds Bros. Lincoln, Neb. (Peltz Constr. Alliance, Neb.)
1986	BN parking lot Denver, Colo.	6	32,000	475+75	Burlington Northern RR Denver, Co.	Peltz Constr. Co. Alliance, Neb.
1986	Tracked vehicle hardstand Ft. Lewis, Wash.	8.5	15,700	375+115	Corps of Engrs. Seattle, Wash.	Peace Constr. Seattle, Wash. (Jack Cewe, Ltd. Vancouver, B.C.)
1986	Expanded maint. facility Ft. Benning, Ga.	7.5	23,630	473+150	Corps of Engrs. Savannah, Ga.	Goodner Constr. Columbus, Ga. (APAC-Georgia Atlanta, Ga.)
1986	Western Farmers coal yard Hugo, Okla.	13	37,400	300+100	Black & Veatch Kansas City Mo.	List & Clark Overland Park, Kans.
1987	Applied Instruct. Facility Aberdeen, Md.	8.5	21,160	—	Corps of Engrs. Baltimore, Md.	E. E. Murray Lancaster, Pa. (Ernst Paving, Inc. Dayton, Ohio)
1987	Tactical Equip. shop Ft. Campbell, Ky.	7	60,250	400+211	Corps of Engrs. Louisville, Ky.	Wattlington Brothers Inc. Jackson, Tenn. (Ernst Paving, Inc. Dayton, Ohio)
1986-87	Mass. Port Auth. Conley Terminal Boston, Mass.	18	76,000	600+100	Whitman & Howard Wellesley, Mass.	J. F. White Boston, Mass. (Jack Cewe Ltd. Vancouver, B.C.)
1986	Koch Industries coke pad Joliet, Ill.	10 & 14	11,100	—	Black & Veatch Kansas City, Mo.	Brown & Lambrecht Joliet, Ill.
1987	Motor park hardstands Ft. Bliss, Tex.	8	87,900	—	Corps of Engrs. Ft. Worth, Tex.	Silverton Constr. El Paso, Tex. (Jobe Constr. El Paso, Tex.)
1987	Equipment shop Ft. Hood, Tex.	8	63,900	—	Corps of Engrs. Ft. Worth, Tex.	Goolsby Bldg. Corp. Temple, Tex.
1987	Equipment shop & helicopter pad Ft. Drum, N. Y.	7 & 10	650,000	—	Corps of Engrs. New York, N. Y.	—

* Cement plus fly ash
in. $\times 25.4 = \text{mm}$; yd² $\times 0.836 = \text{m}^2$; lb/yd³ $\times 0.593 = \text{kg/m}^3$

Ft. Hood Texas で行った RCC は圧縮(90日) 700kgf/cm^2 (69MPa) の強度があったが、RCC 特有の問題を有していた。すなわち、表面の平坦性と粗度に関して改良すべき点があった。また、縦目地沿いのすりへりも注目された。

- 10) 粗度の問題は骨材最大寸法を 38mm から 19 または 16 mm に変えることにより改善された。また、200 番フルイを通る細粒を 5 ~ 10% とするような配合も材料分離や水量低減に役立ってきている。
- 11) タンピングマシンの使用も平坦性や縦目地沿いのすりへり問題を改善するのに役立っている。
- 12) 最近の研究ではより水量の多い配合の方がタンパーを用いた時の表面の仕上げと下層の締固めの向上に役立つことがわかってきた。
- 13) 空気が入らなくても凍結融解の耐久性は良く、強制練りミキサーを用いて練ると品質がさらに改善されることもわかってきた。
- 14) 最近の RCC の採用例は、低速度で重車両が通る所に集中してきた。
- 15) 高速道路では興味は示していても表面仕上げ上の問題から、まだ採用に至っていない。しかし、テキサス州 Austin では 1984 年に近くにダムがあったことから、RCC 舗装を行った。この場合、1 例はアスファルト乳剤で表面を処理し、他はアスファルトで表面処理をした。
- 16) RCCP の発展は仕上げの改善と経済性にかかっている。

文献原名	Swedish Experiences with RCC		
著 者	Ronny Anderson	著者所属	スウェーデンセメントコンクリート研究所
出 典	Concrete International 1987. 2		
和 名	スウェーデンにおける RCC の実績		

内容・要旨

これまでスウェーデン (SWE) の道路舗装はアスファルト (AC) であったが, RCCP が急増している。1984年には1万 m^2 であったものが85年に3万 m^2 , 86年に10万 m^2 施工された。

SWEではRCCPを, 硬練りコンクリートと振動ローラで締固め, $400\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以上の強度を持ち耐凍害性, 耐摩耗性を有したコンクリートで舗装したものと定義している。RCCPは頑丈ですりへらず, 低速走行向きであり, バス停や工場, 農場等に使われている。

〔材 料〕

○セメント・ボゾラン

普通ポルトランドセメント (OPC) のみを使った例が多いが, 低熱セメントも熱対策としてよいであろう。シリカフューム (SF) やフライアッシュ (FA) の使用も検討されている。図4に膜養生したRCCPの強度発現を示す。もともと水が少ないので, 水分が急速になくなる。このため, FAでは長期強度が出ていない。SFは出ている。RCCPの条件の28日 $400\text{kgf}/\text{cm}^2$ の強度は単位セメント量は約 $340\text{kg}/\text{m}^3$ 必要である。FAの使用は推奨できない。SFを使うときは流動化剤が必要となる。

○骨 材

RCCPでは粒度分布が特に重要。分離を生じないように, また, 密実な表面を作るために, 最大寸法は22mm以下にすべきである。SWEでは16mmが多い。粒度分布は図5に示すものがよく, 細かい部分が多めになっている。砂利は締固め易いが分離もし易い。碎石は分離しにくく, 施工後即時供用が可能。(ただし, 即時供用については, よく調査されておらず, 推奨はできない。) 骨材の含水量はローラビリティに影響するので, 含水量

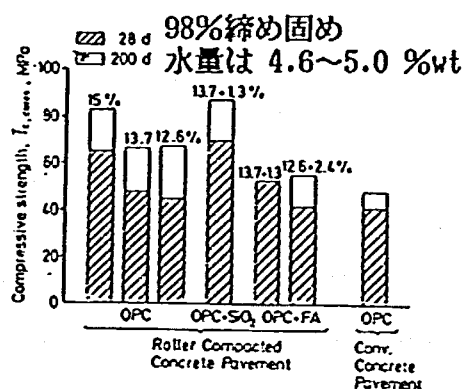


図4. セメントをかえたときのRCC強度

調整は重要。

○混和剤

混和剤はほとんどのものが使えるが、遅延剤の利用の研究が進められている。2層敷均しの場合の下層のコンクリートや縦施工目地をなくすために用いるものである。また、セメントペーストとAE剤、一部の骨材をプレミックスすることにより、AEコンクリートとすることもできる。

○水

セメントを14.0%使うとすると、4.8~5.6%の水が必要であるが、適量は常にチェックしなければならない。時間とともに水量は減っていくので、練り混ぜから2時間以内に施工を完了し、養生を開始しなければならない。

〔RCCPの特性〕

○締固めの程度

RCCPの特性は締固めの程度に大きく影響される。図6に締固めの程度と強度の関係を示す。

○ひびわれ

RCCPではひびわれのリスクは通常のCPより減る。熱による収縮はかわらないが、乾燥収縮は減るためである。SWEでのRCCPの例では、ひびわれは13m以下の間隔ではほとんど生じていなかった。

OPCあるいはOPC+SFのRCCPは耐凍害性があったがOPC+FAではなかった。

表面性状は養生に左右される。養生が悪かったり遅れたりすると耐凍害性、耐摩耗性が大きく落ちる。ただし、ブリージングがないので表面の分離層はない。

〔施 工〕

○製 造

SWEのこれまでの施工例では、RCCP用コンクリートはすべて生コン工場で、重力式ミキサーで練りまぜられている。これは工場が近く、施工規模が小さいことによる。RCCP用コンクリートは1バッチで通常のコンクリートの3/4しか練りまぜられず、また、練りまぜや排出に時間がかかるため、プラント能力の2/3しか製造できない。また、水量の影響が大きいので一般のコンクリートと交互に練るのはさけるべきである。練りまぜたコンクリートはカバー付きの普通のトラックで運ばれるが、60分以内に打設されるよう計画しなければならない。

○打 設

路盤は十分に締固められ、適当に乾燥していなければならない。路盤は凍害を受けたものであってはならない。また、24時間以内に凍ることが予想されるときには打設してはならない。雨は強くなければ、ほとんど影響ない。

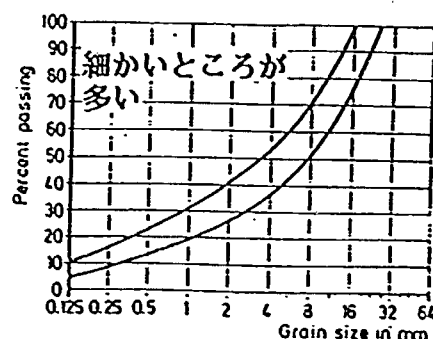


図5. RCCP用骨材の粒度

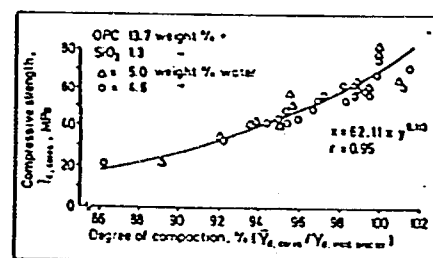


図6. 締固めと強度

コンクリートは15～25%くらい予定厚より厚く打設して、締め固めた後予定厚になるようにする。機械はスプレッドボックス、グレーダー、ペーヴァーが用いられる。ペーヴァーを用いるとRCCの品質がよい。

平坦性を得るには、機械の能力等との関係で2層に分ける方がよいこともある。SWEでよく用いられる振動スクリード付ペーヴァーは130mm厚、時として150mm厚で施工ができる。2層にする場合には下層を2回静的に締め固め、固まらないうちに上層を打ち、上下層を通して締め固める。こうすると層間の付着がよくなる。上層は少し薄めにする。

ひびわれは版の機能にほとんど影響しないので、横目地なしで施工される。コールドジョイントや縦目地部は図7のように仕上げ、次の打設の前にセメントペーストをぬる。最後のブロックに遅延剤を用いることも効果的。

○締め固め

打設後線圧15～30kN/m(重量6～10t)の振動ローラで締め固める。その後高圧タイヤローラで仕上げ転圧を行うと、平坦性、締め固め性が良いし、ひびわれが減る。振動ローラはゴムコートしたものがよい転圧効果があり、ひびわれが減る。

締め固め度と平坦性が良くなるローラの速度は3km/hrくらいで、ACのローラの走行パターンが用いられる。ローラの走行パターンを図8、9に示す。1～2回無振転圧し、3回目から振動をかける。密度が97%になるまでローラをかける。その後1～2回静的にローラをかけ、ひびわれを減らす。

○養生

耐久性、耐摩耗性は養生による。散水養生がベストであるが、膜養生が多用される。膜にはアスファルトエマルジョンがよく使われる。

○表面性状

表面の平坦性、水平性は版厚と機械に影響される。一層でだめなら二層にする。しかし、RCCPは高速の交通には向かない。

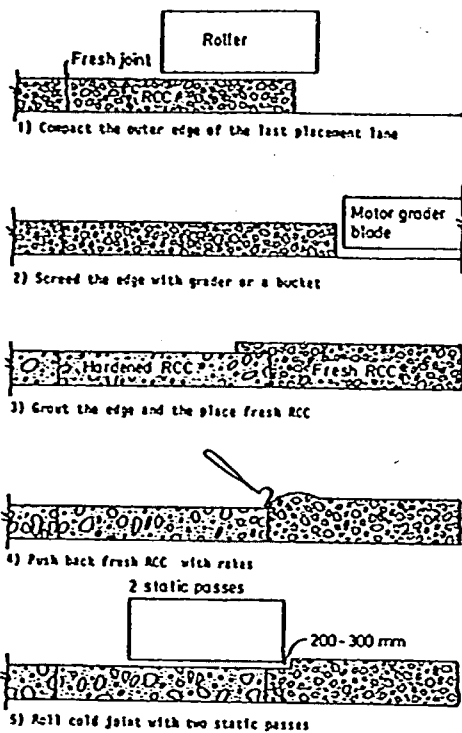
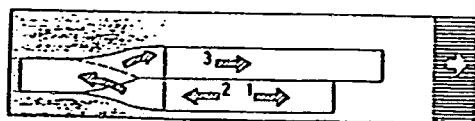


図7 コールドジョイントの施工



波うたないように往復のパスは少しずらす。
ローラの方をえるときは振動させない。

図8 ローラの走行パターン

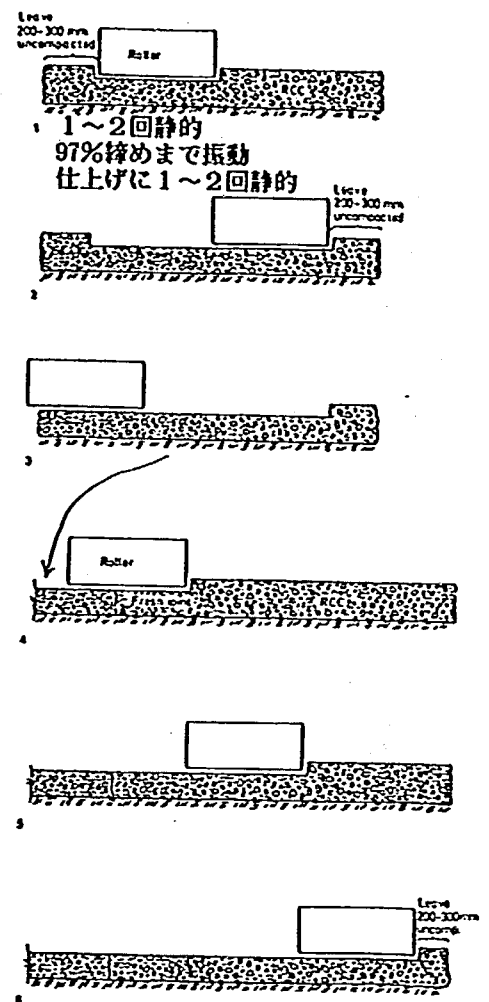


図9 締固め方法

〔品質管理〕

○試 験

図10に品質管理試験の概要を示す。

○試験方法

最適水量、フレッシュコンクリートの乾燥比重、圧縮強度の供試体はKangoハンマーを使った。SWEでは150mm立方体の供試体が使われているので、同じものを使うのが望ましい。乾燥比重は現場比重試験と相関を求め利用される。

この他、振動台を用いたローラビリティー（コンシステンシー）試験も開発されつつある。現場での締固め度はラジオアイソトープ（RI）を用いるのがよい。この方法は早いが高価である。

Responsible for testing	Pretesting	Continuous testing	Subsequent inspection
Approved ready-mixed concrete manufacturer	Mix design, Dry density, Strength, Roadability, Durability etc. 	Rolability (Water content / dry density / strength)	
Experienced contractor		Thickness, Degree of comp. (Water content / rolability)  	
Initiated by client			Degree of compaction, Strength, Durability, Cracks, etc.  

図10 テストの種類

文献原名	One Tough Pavement (RCC paving carries a lot of weight at the Denver intermodal terminal)		
著 者	William D. Palmer	著者所属	Concrete International 編集委員
出 典	Concrete International 1987. 2		
和 名	ある耐久的な舗装事例 - デンバー貨物駅構内における重(交通)車両用RCCについて -		
<u>内容・要旨</u> 〔施工場所〕 デンバー市にあるバーリントン・ノーザン社のレンニッキヤード操車場。全体で11ha。コンテナ等の貨物を、トラック、貨車で積みおろしするための重車両交通用(5t/車輪(静荷重で))舗装。アスファルト舗装では、頻繁な補修を要した。 従来のコンクリート舗装は、十分機能をはたしていたが、それ以外の方策を図った。 〔設 計〕 バーリントン社では、過去、ヒューストン操車場、タコマ港埠頭でRCCPを経験済み。RCCPを採用した理由はコスト。(従来比10%安) 設計上の最優先課題は、耐久性を犠牲にせず、高荷重に耐えること。 工期の短縮も利点の1つ。ただし、表面は粗くなる。 ○配合は、圧縮34.5MPa(350kgf/cm²)、曲げ4.8MPa(49kgf/cm²)を満足させるため、表-1に示すものとした。 ○粗骨材最大粒径19mm、3~13%、微粒分 ○スラブ厚 380mm(一般部) 510mm(線路ぎわ、端部) ○縦断勾配 約1マイル(1.6km)の間0.08%、排水溝への横断勾配は1%とした。 〔施 工〕 施工直前560mmの湿った春の雪が降り、砂利路盤はずぶぬれとなった。これをかわかすため、グレーダーが使われた。このため、不幸にも吸水率のばらつき、不均等な締固めがなされた。 ○1986年5月~6月の間行われた。この間の天候にはかなり恵まれた。			

表-1 Rennick YardのRCC配合

	単位量 (kg/m ³)
セメント	282
フライアッシュ	44
骨材	2017
水	129
W / C + F	0.39

表-1 Rennick YardのRCC配合

	単位量 (kg/m ³)
セメント	282
フライアッシュ	44
骨材	2017
水	129
W / C + F	0.39

強い風によるコンクリート表面の乾燥と、気温の変化により、養生時間のばらつきは生じたが、特に問題となることは生ぜずに、スケジュール通り施工。

1日14hr作業。保守は夜間および日曜日。

○保守目的……骨材が非常に硬質な角ばった花崗岩だったため、ミキサーやローダーの先の摩耗がはげしかった。

○RCCPは一見、ぬれてよごれた骨材という感じ。

○ミキサー……大容量、高出力型、オーストラリアARAN社製バグミルタイプ。

骨材は、大きく山積み散水され、ローダーおよびベルトコンベヤにより、ミキサーへ運搬。セメント、フライアッシュは、縦型ホッパービンから圧送によりまず最初にミキサーへ。次に水が加えられ、30秒練った後骨材が加えられる。

ミキサーの時間当りの練りまぜ能力は最大203m³。

ミキサーから2打設現場へそれぞれ6台のダンプトラックにより運搬。

舗装機のホッパへ受けて、1.2m/minの速度で打設。

一層打設後1時間以内に2層目を打設。

○舗設機……西ドイツABG Strassen Baumaschinen 社製

ダブルタンピングバーおよび振動スクリードにより、ローラー締固め前に85～93%の締固め状態にする。

大部分は水系によりレベルを整えた。レーザーレベル計も初めは使われたが、問題があった。

○380mm厚の場合、当初190mm2層で行ったが、一層目230mm、二層目150mmの方が良い結果が得られた。

○2層打設前に一層目を最低95%以上締固め、より薄い層を第一層目にのせ、ローラーの振動数を上げ、数回走行して、締固めを行うことにより、より高い締固め度が得られる。これにより、より少ない転圧回数で95%以上の締固め度をもつ凹凸のない面が得られる。

この考え方の基本は、底部と表層部に違う配合を使い、表層部を薄く富配合にすることで、表層部の平坦性を高めるところにある。

しかしながら配合を分けると、2つのミキサーが必要となることから、配合を分けることは行わなかった。

○RCCは締固め後すぐに硬化し、2時間30分で7tonローラーによってもほとんど跡が残らない程度に硬化していた。ローラー走行回数は、どの程度95%締固め度に到達しているかにより違えた。締固め度試験は、152mごとに行った。

○自由端および場所打ち緑石その他の構造物付近では、プレートタンバーが最初の締固めに使われた。その後通常のローリングが行われた。

○水量が少ないため、特に養生は重要であり、敷きならして締固めの直後から湿潤養生は始められた。当初、ローラーを湿して水分を供給しようとしたが、コンクリートがローラーについてしまうので行

われなくなった。

場合によって2.8ha（7エーカー）に3台のトラックで散水した。養生は、7日にわたり行われた。

〔目 地〕

○最も有害な目地はコールドジョイントであり、決して作ってはならない。

長さ1マイル、幅27mにもおよんだので、横方向の施工目地と長く続く縦ジョイントがコールドジョイントとなった。

夜間施工せずに昼間だけの工事としたが、施工面積の大きさは2日連続しなければならない大きさのため、どうしても1本はコールドジョイントとせざるを得なかった。

○全体で5.5m幅の舗装が13レーン行われた（主通行路に各5レーン、東端の狭部に3レーン）。

○横継目は、3自由端および10縦継目に1つの割で設けられ、縦継目は次のレーンが打設されるまでは自由端になっていたが、自由端に生じるような問題はおこさなかった。アスファルト舗設機による打設では、ダブルタンピング舗設機に比べて、締固め状態が悪く、このような端部で十分な締固めがされていない所では、ローラー締固めを行っても十分な締固め状態は得ることができなかった。このような場所では、適切な締固めが得られた所まで取り除かれ、横継目で終わるようにされた。翌朝打設前にジョイントは散水され、セメントペーストが塗られ舗設機はその位置まで戻された。舗装が再び始められたこれらジョイントでは横断荷重に対して、鉄筋やエポキシ樹脂などの使用が検討されていたが、予備試験および過去の事例から実行不可能であることがわかった。ただし、結果的にはこれらの継目は荷重を良く伝達した。

Kevin Delva氏（Centennial Engineering社・エンジニア）は、

「ジョイントがうまくいった理由は、打設されたコンクリートに次の新しいコンクリートが打設されるのが1～2日の間なので、付着作用と骨材がジョイントへ押しつけられ、骨材のかみあわせ作用が生じたためではないか。」と言っている。

事実最初の打設で、縦継目は15°の角度で整形されたが、これらのジョイントの働きは、垂直継目と同じであり、ジョイントカットして作るより簡単である。

○収継目地の作り方についてはいくつかの試みがなされた。経済的に行うため、まだ固まらないコンクリートの間に造られ、カット深さは380mmの版厚で100mmとしたが、この場合、目地部はみだされて、自然なクラックより悪い状態となった。そこでカットは行わず、ひびわれが発生しても良いこととした。

〔仕 上 り〕

レンニックヤードを歩いてみて、表面が荒く、少々ひびわれが生じてはいるが、この舗装はほとんどの荷重に耐えることができるように感じられた。

表面状態は、色を除けば古いアスファルト舗装のようだ。ローラーのあとはほとんど見られず、水たまりも見られない。

RCC配合の骨材に粘土分があり、ローラーに表面がくっついて持ちあげられたためか所々に剥離した

所があった。

線路の間はアスファルトを使用した。これは路線の調整が出来るようにしたため。横ひびわれは14～75m間隔で入っていた。この間隔の違いは打設日の昼夜間の気温差によると考えられた。(夜冷え込んだ場合、まだ固まらないコンクリートにひびわれが短い間隔で生じた。)大部分のひびわれ幅は3mm、性状は広く分布していたが、角かけは少々であった。

最悪の欠陥は、縦横のコールドジョイントと自由端であり、角欠けも生じていた。

ジョイントの欠陥は、自由端のそれと同じく、効果的でない養生によりコーナーが乾燥していたために生じたものである。この養生法は今後の課題。

強度発現は、従来のものより遅いが、最終強度は高く、圧縮は 345kgf/cm^2 、曲げは 48kgf/cm^2 であった。

RCCがこのような強度の高い理由は不明である。水セメント比説以外の考えも導入する必要がある。

〔今 後〕

自由端の品質改善には、麻袋により養生するのが良いと思われる。

ビニールシートでも安くできる。しかし、麻袋は散水トラックがくるたびに、給水されるが、ビニールシートでは完全にシールされるので給水がなく乾き易い。試験時のRCC供試体は、現場のものより弱い。これは、現場の方がよりすぐれた練り混ぜ、締固めができていたためと考える。それで今回は実験室の値の80%の値を設計値としたが、次は実験室の100%を設計値とするようにしたいと考えている。

レンニクヤードは、最初の冬を向えたわけであり、バーリントン社は、この結果が良いことから、他の場所でもRCCが使用できると考えられたことに対して非常に喜んでいる。

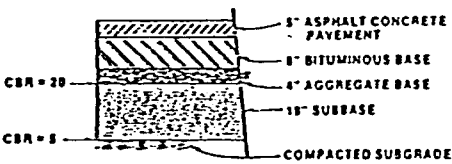
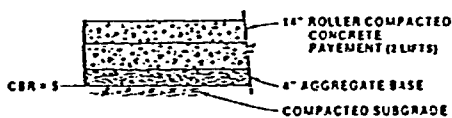
文献原名	(RCC Pavement) An Airport Apron and a County Road		
著 者	J. M. Abrams J. L. Jacksha	著者所属	CH ₂ M Hill (コンサル)
出 典	Concrete International 1987. 2		
和 名	(RCC舗装) 空港エプロンおよび郡道路での実施例		

内容・要旨

オレゴン州ポートランドでの RCC 施工 2 例 (1985~1986)

① ポートランド国際空港エプロン (約 30,400m²)

アスファルト舗装 (AC) と RCC の比較

	A C	R C C
一 般	わだち堀大、オイル燃料に弱い	低価格
設計荷重 設計厚	DC-10 	ボーイング727 
価 格	100	70

② Multnomah 郡道路

米で始めての本格的 RCC 公共道路。7 日材令で供用。146m×6.7m, 178mm 厚。

③ 2例の施工記録

		空 港	郡 道 路
配 合	セメント	タイプ I 292	セメントボゾラン 329 タイプ I P
	(kg/m ³)	ボゾラントタイプ F 71	
	骨 材 (kg/m ³)	1942	1976
	水 (kg/m ³) (W/C)	155 (42.7%)	144 (43.8%)
	目標強度 σ_b (kgf/cm ²)	48	41
施工機械	ミキサ	連続式バグミルミキサ (540ton/h)	
	敷きならし機	Asフィニッシャ (高締固め型) で密度94~95%まで締め固める。	
	ローラ	7.2ton 前輪鋼振動後輪ゴムタイヤ	9.1ton 前輪鋼振動後輪ゴムタイヤ
		98%密度まで締固め	
施工環境		21~38℃ 風強し	4~10℃ くもり、雨
施 工	品質管理	610×610×381mm 供試体で試験し、密度98%を確保。これとR Iによる現場測定を組み合わせる。	左記応用
	養 生	もともと水が少ないので乾燥の影響大。	
		1日噴霧、6日水まき	膜養生
	舗 設	350mmを2層で打つ。その間60分以下が目標。実際90分。	175mm 1層。路肩はAC。
	目 地 ひびわれ	目地、ひびわれをエポキシモルタルでぬる。	—
	施工後の試験	な し	ローラ締固め部分は密度98.4% $\sigma_b=41$ (91日) ローラなしで敷きならし機のみで締固めた部分は96%程度の密度 $\sigma_b=37$ (91日)。全体として表面が密。逆さにすると σ_b は 5kgf/cm ² くらい高くなる。

文献原名	Burlington Northern Railroad Intermodal Hub Facility		
著 者	Charles V. Logie James E. Oliverson	著者所属	Dames & Moore's Earth Structures Design Division Bureau of Reclamation → consulting
出 典	Concrete International, 1987. 2		
和 名	バーリントン・ノーザン鉄道会社貨物ターミナル施設		

内容・要旨

概 要

ORCCPは、米国内でダム以外にも急速にとり入れられてきている。

○この方法を採用することにより、完成が早まるとともに建設費を押さえることができることがわかってきた。

○使用後、数ヶ月たった時点における調査では、重荷重に対して十分満足な使用性が確保されていた。

○バーリントン・ノーザン鉄道会社（以下B. N. R.）がヒューストン北部に建設したバーリントン・ノーザンターミナルは、米国内で私企業が建設した最初の重車両交通用RCCP。

○この11エーカー（4.4ha）の施設はB. N. R. 社線からのピギーバックトレーラーや貨物コンテナの積みおろしに使用されているものである。

○重荷重舗装へのRCCの適用は、建設業界から初められた。これ以前にはダム、駐車場、貯蔵施設として陸軍やカナダの製材所で使われていたが、ここで使用された後ワシントン州タコマ港、オレゴン州ポートランド当局や、B. N. R. 社コロラド州デンバー（文献NoA-3）で使用された。

〔舗装設計〕

○路盤材は、砂質粘土、砂・シルト質粘土

○路盤の下61cmに地下水位があるため、締固めにより路盤を改良することはできない。

○CBR値はすべて3.0以下で、版厚の厚い舗装を必要とする分類に入った。

○設計最大値はタイヤ荷重489KN（50,000kgf = 50tf）、接地面積7032cm²、接地圧0.7MPa（7.0 kgf/cm²）のコンテナ用荷おろし機を使用。

○表-1に示すアスファルト4、コンクリート2、合計6案の舗装が検討。このうち、コンクリート

の版厚は、アメリカあるいはカナダのセメント協会ガイドラインに沿った。

○RCCP案は、地下水位の高い施工条件のもと、工事費を抑えらるとともに、できるだけ早く供用することを条件として選ばれた。

○最終の舗装(版)の設計値は、最大粒径25mm、曲げ強度2.9MPa(30kgf/cm²)、圧縮強度27.4MPa(280kgf/cm²)、リフト厚46cmとされた。

〔RCC配合設計について〕

○セメント量は表-2に示す重量 5, 7, 10, 13%の4配合が試験された。

○フライアッシュは、この地域では高いため使用せず。

○骨材は、他からの輸送では高くつくので、この地域で使えるものを使用。

○骨材は、砂35%、5~10mm 35%、10~25mm 30%の割合で、BT-5, 7, 10は砂を洗わず、BT-13では粗砂45細砂55を洗浄して使用。

○セメントはタイプI(普通ポルトランドセメント)。

○型枠は15×30cmを使用し、5cmごとに2kgハンマーを30cmの高さから50回落下させて供試体を作製。

○圧縮試験は7日で行い、28日強度はそれに1.3倍して推定。

○曲げ強度は陸軍工兵隊のFt. Hood RCCP タンク駐車場でのデータによると、28日圧縮強度のほぼ13%であったことから、ここでは13%(0.13)で推定した。この結果から、BT-12(セメント量12%)が選定された(表-2, 3)。

表-1 検討した舗装

Pavement	Thickness		Base	Thickness		Estimated cost × 10 dollars
	In.	Cm		In.	Cm	
Asphalt (full depth)	37	94	—	—	—	5.9
Asphalt	7	18	Aggregate	45	114	5.2
Asphalt	7	18	Lime treated	41	104	2.3
Asphalt	3	8	Soil cement	30	76	2.1
Concrete (conventionally placed)	16	41	Cement treated	8	20	4.3
RCC	18	46	Cement treated	6	15	2.0

表-2 試験室RCC配合表 (kg/m³)

	セメント	細骨材	粗骨材		水
			5~9.5	9.5~25	
比 重	(3.15)	(2.61)	(2.57)	(2.576)	(62.4)
BT-5	119	742	742	636	109
BT-7	167	728	728	623	109
BT-10	240	706	706	605	109
BT-12	289	691	691	592	109
BT-13	314	684	684	586	109

表-3 強度試験結果 (MPa (kgf/cm²))

	圧 縮 強 度		曲げ強度
	7 日	28日 (推定)	(推定)
BT-5	6.8 (70)	8.8 (91)	1.1 (12)
BT-7	12.2 (120)	15.9 (155)	2.1 (20)
BT-10	20.3 (199)	26.4 (259)	3.4 (34)
BT-12	24.5 (240)	31.9 (312)	4.1 (41)
BT-13	36.2 (355)	47.1 (462)	6.1 (60)

施 工

○18×63(m)の試験施工部からRCCPを開始。

○供試体コアにより、BT-12配合の強度を確認。

○セメント価格を抑えるため、11%セメント(BT-11)配合も、当初にはまれに使用されたが、7日圧縮強度が不十分であったため、後には使われなくなった。

○ミキサ……バーベル・グリーン社製連続練り、2軸バグミル。

練り混ぜ能力 600t/hrを400t/hrに設定して運転。

○セメントは羽フィルター付きサイロからベルトコンベアで。

○粗細骨材は3本の冷却貯蔵ビンからベルトコンベアで供給される。

○全材料がベルトコンベア上で計量。

○最大3分ごとに7.4m³のRCCP用コンクリートが練り上がる。

○ベルトコンベアによりダンプへ積みかえ、5m幅、54cm厚で敷きならし。

○高さはブルドーザにレーザーレベル計をつけて計測し、版厚を確保している。

○Tampoの10ton、単軸鉄輪振動ローラーを用いて締固めた。

○締固め度はRI密度計により、95%に達しているか計測。

○含水量は定められた±0.5%範囲内に入っているか計測。

○最適締固めは、無振動2回+振動4回の走行で得られた。

○平均5×63mレーン5本/day。

○その後舗設と傾斜調整が難しいことから、舗設方向を変更。

○養生……散水養生7日(散水車による。表面が乾燥しないように)。

○施工目地以外の目地……クラック抑制に効果ない。

○同一日打設部分はレーン端で間隔が31cm以下になるように締め固められる。

○その後レーン間に舗設され、新しい部分の締固め時に一緒に締め固め、コールドジョイントの発生をなくす。

○施工目地は1日の施工の最後にモーターグレーダーを使用。RCCPを掘りおこして作る。

○この部分は、湿潤に保たれ付着力が最大となることを期待。

○鋼製型枠がレールぎわに置かれ、ワッカー振動板により締固め。

○傾斜は舗装端から内部に設けられた排水溝に向いつけられた。

○この傾斜をつけるまでは舗装面のモーターグレーダーによる局所的な傾斜部に水が残る。

○表面をち密かつ摩耗に強くするため、9 ton タンデムローラーが無振動により2回、最後の締固めに用いられた。

○工期…… 1985年1～4月

〔品質管理データ〕

○36本のコアにより試験。

○圧縮強度は、このコアならびに供試体により行った（結果表－4）。

○密度および吸水率は毎日測定。得られた240データの平均は、密度 2323kg/m^3 、吸水量 6.4 %、プロクター密度 96.1%であった。

○平坦性は3 mにつき1.2 cmまで許容。ごく局所的に研磨が必要だった他は満足。

表－4 品質管理データ

Compressive strength, psi				Wet density lb / ft ³	Moisture content, percent	Percent maximum standard proctor density
Cast cylinders		Core				
7-day(2)*	28-day(5)	7-day(25)	28-day(12)			
3650±815	3910±655	3230±910	4260±805	145.1±3.0*	6.4±0.7	96.1±1.2

*Number of specimens.

*Total number of tests -240.

lb/ft³×16 = kg/m³; psi×6.9 = KPa.

〔結 論〕

1. 46cm厚RCCPはうまく施工できた。
2. 厚い舗設においても、配合、舗設、養生さえうまく行えば、十分な強度・密度を得ることができる。
3. レーザーレベル計で十分なりフト厚管理ができた。
4. 乾燥収縮クラックは、12～18 m 間隔で横断方向に入ったが、幅は2mm程度かそれ以下。6ヶ月供用後も幅の進展はなし。深さはせいぜい10～15cm。
5. 施工目地は大部分締まったままであった。長さ0.6～0.9mの部分2箇所、幅32mm程度でくずれていた。
6. 表面性状はそれ程良くない。その理由は、最後の表面勾配仕上げにより付着がとれたためと考えられる。ただし、その後新たな付着切れやはがれはない。
7. RCCPの曲げ強度は28日圧縮強度の13%と推定できる。

〔注意点〕

- 骨材の分離は最小にしなければならない。
- 5.4 m幅の打設が、敷きならし、締固めともうまくいった。
- 46cm一層舗設では、表面仕上げ誤差を満足させるのは困難であり、できれば10～15cmの表層とした方がよい。
- 施工目地は堀おこしによらなければならない。
- 付着を確保するためには、湿潤状態にしていなければならない。
- 養生水は重要である。もともと水が少ないため、水を加えられることにより水和が維持されるので、これにより表面のはくりを低減でき、より高い強度が得られる。
- ここでは散水車により行ったが、より広い場合にはスプリンクラーも考えるべきである。7日間は少なくとも養生が必要。

文献原名	Highway Construction in Queensland		
著 者	H. W. Murphy	著者所属	オーストラリア Queensland州幹線道路局
出 典	Concrete International 1987. 2		
和 名	オーストラリア Queensland州における幹線道路建設		

内容・要旨

Queenslandにおける道路の大部分はRCCを採用してきたが、ソイルセメントとして発達してきたものである（最初の導入は1961年、設計曲線として用いるようになったのは1978年以降）。

RCCPのセメント量は普通のコンクリート舗装よりも少なく、経済的。

〔気 候〕

Queenslandは、雨量1000～3750mm/年、凍結融解はなく、気温は変化が少ない。

〔セメント舗装の適用〕

1978年よりセメント安定処理舗装が急増している（表-1は1984～1985年における69例の内訳）。理由は支持力の小さい路床で重車両交通の時最も経済的であるから（表-2）。

新設舗装ではアスファルト表層の下路盤として使用するか、全層をRCCPで行い表面に瀝青処理剤を散布して用いる。

表-1 舗装の内訳

Material	Compacted volume (m ³ × 1000)	% of Total
Cement treated	378	30
Unbound granular (Crushed rock or gravel)	855	65
Asphalt	63	5

表 - 2 工事費の比較

Pavement type	Cost (\$/m ²)	
	10 ⁷ ESAs CBR 3	10 ⁶ ESAs CBR 10
Full depth RCCP with BST	18	16
Gravel sub-base, crushed rock base, BST	19	12
Full depth AC	62	37
Concrete (plain, dowelled incl, RCCP sub-base)	18	45
RCCP sub-base, crushed rock base, BST	18	17
Gravel sub-base, crushed rock base, 75 mm AC	28	21
RCCP sub-base, 125 mm AC	32	30

RCCP = Roller compacted cemented paving

BST = Bitumen surface treatment

AC = Asphaltic concrete

補修では、既存のタワミ性舗装のオーバーレイとして用いられる。コンクリート舗装の上に25cm厚のオーバーレイしたこともある。

その利点は、

1. 砂利舗装よりも安定している。
2. 工場練りのため現場作業時間が短い。
3. 層がうすく、運搬材料が少ない。
4. 温度を気にすることがない。
5. 安い（アスファルトの1/3）。

欠点は、

1. 収縮ひびわれ。
2. 瀝青表面処理だけの場合、走行性の良い表面仕上げには注意が必要。
3. 設計、施工が悪いとひびわれが発生し易く、ひびわれは補修にくい。
4. 供用中の性質について研究の余地がある。

である。

〔舗装費〕

安くて魅力的だが、重交通下の長期の性状は未知。データは数年後に得られる予定。

〔設 計〕

図-2のような種類があり、図-3のような設計厚カーブを用いて設計。

〔材 料〕

200番フルイ通過の微粒分3～7%のとき、強度が最大となる他、

1. 砂が極端に多く、または少なくなると転圧困難。
2. 200番フルイ通過量が3～4%以下になると透水性大となる。
3. 粒度曲線を用いるとよい。

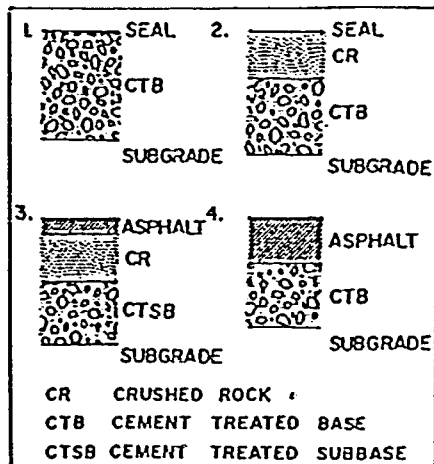


図-2 設計曲線の適用可能な舗装の種類

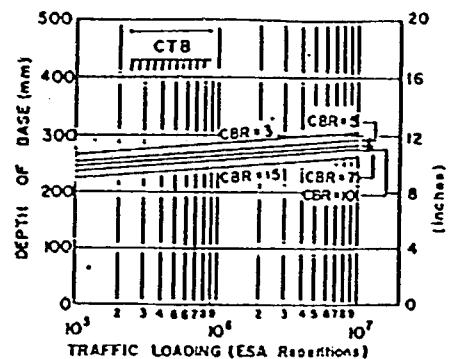


図-3 図-2の1タイプ(全厚CTB)の設計曲線

4. プラスチックな微粒分が多いとひびわれが発生しやすい。

なお、粗骨材Maxサイズは35～40mm。

〔セメントとセメント量〕

セメント……普通セメント（早期開放に不利）。中庸熱セメントや混合セメントも検討中。

セメント量…3～4%（／絶乾重量）。粒度の良くないものは5～6%。

強度………図-9。

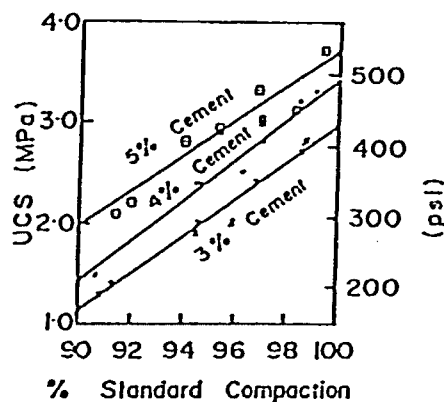


図-9 セメント量を変化させた場合の締固め度とUCSの関係

〔締固め〕

RDD (Relative Dry Densty) の100%が目標。

〔乾燥収縮と耐久性〕

瀝青処理や10cm以下のアスファルト表層にひびわれが発生している例がある。このようなことからひびわれ制御の考え方が導入されている。

〔舗 設〕

練りまぜ……バグミルタイプ連続練りプラント（移動式プラント）

締固め……ドラムタイプ振動ローラ

敷きならし…2～3層に敷きならされる。平らに行うための条件は、

1. スクリード前方の材料を一定の高さに保つ。
2. オーガーは時間中80%以上稼働させる。
3. 進行、停止をくり返さない。
4. 最上層は10cmで仕上げる。
5. 施工目地を最小にする作業工程を組む。
6. 目地の施工を適切に行う。
7. 水系は頻繁に支持させる。センサーを正しく調整。
8. 表面は頻繁に定規で計測する。
9. 機械類は最良の状態に調整しておく。

層厚……上層が10cm，下層は15cm以上

締固め……8～10t 振動ローラ

養生……膜養生剤または瀝青エマルジョン，締固め後48時間以内に膜養生剤を散布。

交通開放をすぐに行う場合は，液状アスファルトの養生膜を 1.2 l/m^2 散布し，7mmの単粒度の骨材でカバーするか，養生膜の代わりに瀝青表面処理を出来るだけ早く行う。

〔舗装に関する研究〕

フルスケールのテストを実施中。目的は次のようなものである。

1. 疲労寿命と設計の改善方法の検討。
2. 異種の軸重の有害性の検討。
3. 層の不連続性の影響の検討。
4. 早期交通開放の影響の検討。

文献原名	Ten Years of Heavy-Duty Pavement in Western Canada		
著 者	Robert W. Piggott	著者所属	カナダセメント協会, カナダ西地区マネージャ
出 典	Concrete International 1987. 2		
和 名	西カナダのヘビーデューティ舗装の10年後		

内容・要旨

RCC舗装は決して新しい技術ではなく、カナダの材木集積場では1976年から施工している。この10年たったRCCPを紹介する。

〔RCCPの始まり〕

材木集積場のような重荷重を通す舗装（以下HDP）は、以前はセメント安定処理路盤（以下CTB）に、耐候性を増し、すりへらないようにアスファルトコンクリートを薄く敷くものであった。CTBは、ミキサで練り混ぜたものをアスファルト用舗設機で施工していた（1972年頃から）。ところが、1976年に作られた集積場では、アスファルトプラントが遠かったため、アスファルトを省略し、2層で施工した355mmのCTBの上層のセメント量を8%から13%に増した。（13%の根拠はなく、適当に決めた。）このとき材料費はアスファルトマットを施工したときと同じで、耐油性や耐摩耗性、耐わだち掘れ性は向上した。この舗装は3.6ha施工され、10年たった今、目地や一部層間の剥離の補修のために年間2000ドルの維持費がかかるにすぎない。施工時の設計荷重は40トン軸重であったが、機械の大型化で現在122トン軸重である。

〔RCCPの拡がり〕

上記のRCCP施工のあと材木集積場のいくつかで施工が行われた。この中で、施工場所で練り混ぜる方法も検討されたが、結果は良くなく、以降固定したプラントでの練りまぜが行われている。1978年頃施工された例では、設計時より通過荷重が増えたにもかかわらず、RCCPの補修はいたんだ目地と、収縮ひびわれをコンクリートでパッチングする程度である。（この補修は材木会社の社員が行っている。）

この他に炭鉱の積み出し道路の例があるが、ここは冬期は2.4mの凍結深がある場所で、骨材の品質は良くなかった。そこでRCCが検討された。40mmの骨材が用いられたが、乗心地はひどいものであ

った。冬期の施工で路床の施工がよくないところではRCCPにワニのようなひびわれが出て、ポップアウトの穴がみられた。180mm厚+40mm ACでは、63ton車が10分に1台通ることや路床がシルト質であったため、こわれていた。230mm厚のところでは荷重も少ないためか、ランダムなひびわれはあったものの、こわれてはいなかった。凍結融解 (F & T) にも問題なし。

〔RCCPの最近の工事例〕

川のしゅんせつのために生じた砂の処理も兼ね、s/a 50%, セメント量12%, 230mm厚の道路が1984年に作られた。これはACの旧道の上に施工されたもので、施工に起因する劣化と、5%くらいの表面に現れたE & Tによる表面劣化を除けば、良好な状態にある。このため、ドックの建設にも同じRCCPが使われる予定。1985年に材木集積場など新しい施工例に使われた。

そのひとつは、旧AC舗装の上にRCCでオーバーレイするものである。290mm厚のRCCPが2層で施工されたが、下層はダンプとモータグレーダが使用され、上層はアスファルト用機械が使用された。

もう1つは、トラクターミナルの例であるが、旧ACを取り除きRCCが施工されわずか10日材令で供用された。1986年の例では230mmの普通コンクリート舗装に対し、250mmのRCCPの方が73%も価格が安かった。

以上のようにカナダではRCCが急成長しているが、表面の平坦性は良くない。

以前はAC用の舗設機械を使っていたため、端部はルーズで30cmくらいは使えなかったが、改良された機械ではスリップフォームを用い、キチッとした端面を作れるようになった。養生は水散布などで行われることが多いが、7日間には行う必要がある。表面の状態は骨材粒度に影響される。前出のs/a 50%のRCCPでは表面は密であった。RCC用の粒度を図6に示す。セメント量は曲げ強度試験によって決定されるが、10~14%くらいである。

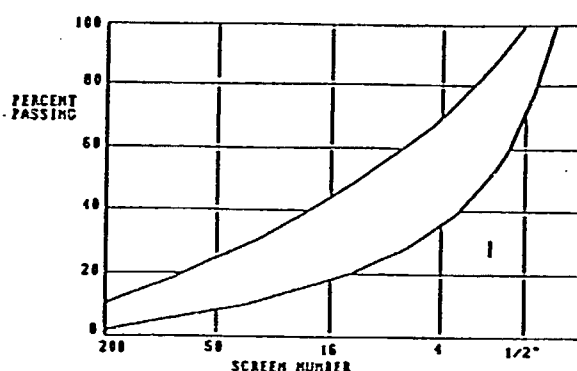


図6 RCC用骨材粒度
22mm最大で、200番ふるいを5~10%通るものがよい。

〔結 論〕

RCCPはカナダの西部では高く評価され受け入れられている。

対凍害性も良好であるが、凍結防止剤の影響はわかっておらず、要検討項目である。また、乗心地にも問題がある。いずれにしろ低容量の都市道路やSecondary Roadには適しており、セメント利用の新分野として期待される。

文献原名	Heavy-Duty Pavements		
著 者	Ronald L. Hutchinson Steven A. Ragan David W. Pittman	著者所属	consulting engineer (前 WES) U. S. Army WES (水路研究所) "
出 典	Concrete International 1987. 2		
和 名	重車両交通用舗装		

内容・要旨

RCCPは、ソイルセメント法と、従来コンクリート舗装工法の2つを基本にしており、経済的に（15%から30%近く安く）高強度、高耐久な舗装を行うことができる。

工兵隊でも、RCCについて感心が示され、RCCPおよび、RCDに用いた。

オレゴン州ウイロークリークダムでは、30.6万m²のRCCが用いられ、建設費は約1/3ですんだ。

非常時における急速施工法の確立と、軍事基地として、耐久性のある舗装が経済的にできること（最小限の単純な施工機械でできる方法があること）から、RCCPに興味を示された。

高速走行部や、滑走路には、表面の平坦性等が、問題となり用いられていないが、それ以外の所には適しており、燃料、油、除氷塩、雑排水、その他化学薬品に汚される環境において、現在使用されている。

1. 設計および施工に関する理論

1. 版厚設計

RCCP版厚はいままでのコンクリート舗装に従った。地盤反力K値と、設計疲労回数の用い方も同じ。路床でのK値は少なくとも5.5 kg/cm²でなければならないとした。また、経験上コールドジョイント、施工目地、ひびわれなどが開くことから、版厚は、自由端載荷状態を仮定して求めた。

2. 目地の設計と施工

適切な目地を得るため以下のことに注意

- ① 膨張目地 ・ 一般には作らなくても良いが、舗装内に構造物がある場合は、そこに作ること。
- ② 収縮目地 ・ 縦目地は通常必要ない。
 - ・ 横収縮目地は、15～23mごとに乱さないように施工後24時間以内に設けるか、特に設けず出たひびわれをさがしてひびわれに注入する。
- ③ 施工目地 ・ 90分以内に、打継ぐ部分だけ締固めせずに残して、次の打設後同時に締固め

る。90分以降では、すでに打設した部分、硬化した場合をコールドジョイントとする。この場合、すでに打設した部分は全部締固めておき、側面を削り取り直前に湿らしておく。打設後、すでに締固めた部分の上にこぼれたものは戻しておく。縦方向コールドジョイントは最低でも23~30m離なれていなければならない。

3. 材料選定および配合

舗装設計強度やコンクリートの耐久性については事前に考慮しなければならない。

RCCPの最大の利点はアスファルトの舗装機械が使える点、材料面で骨材の規格の緩和やセメント量の低減ができる点にある。

いくつかのRCCPでは粗細骨材はASTM C 33 (コンクリート用骨材)の基準によったが、近年ではDOTアスファルト舗装の粒度分布がより良いことがあきらかとなった。

骨材は連続粒度で N_{200} ふるい ($75\mu\text{m}$) 以下を5~10%含むものである。(表面性状の改良ならびにセメント量の減少に役立つ)

しかしながら、粘土分を多量に含む骨材では水量が多くかかり、乾燥収縮等生じるので望ましくない。そこで、工兵隊では N_{40} ($425\mu\text{m}$) 以下の材料の液性限界20、塑性指数4を限界とした。

最大粒径は、一般には19mm以下とすること。(材料分離やロックポケットが生じるので) ポゾランの使用は締固めやすいように、微粒分を増加させる役割もはたす。

クラスFまたはCのフライアッシュを20~40%の割合で使用。

細骨材のフライアッシュによる置換えにも用いられている。

いくつかの配合設計法が用いられているが、これらの大きな相違点は骨材の取り扱いにある。あるものはコンクリート骨材として既知の粒度分を把握・調整しておくものであり、あるものは土として未知数・調整しないものとする取り扱いがされている。

配合設計法によらず、骨材間空げきを満たすペースト量を確保することは原則であり、これを満足できないと大きな空げき(エントラップトエア)の存在をゆるすことになる。

工兵隊で用いている方法は、RCC工法マニュアルにあり、ACI 207.5 Rに書かれているものと同じである。改良型VB試験機が、コンシステンシー測定に用いられており、その結果45~65(秒)の値がアスファルト舗設機に適しているとしている。

- W/Cは大部分 0.30~0.40。
- 室内での強度確認は曲げ、および割裂引張強度によった。
- WES では円柱3層、曲げ用2層づめで、各層ごとに振動テーブル上、上載荷重下で、ペースト分が全表面に浮き上るまで締固めた。
- また、配合決定方法がある材料および締固め条件下で最大密度を得ることができる最適含水比を求める。

4. 試験期間

- RCCP施工試験の経験が積まれるまでの間、練りませ、運搬、打設、締固め、養生方法、品質管理

試験に習熟するため、試験期間として30日をとる必要がある。

- 試験ヤードの大きさとしては、150 m長さ×2 or 3 レーン必要。
- この試験ヤードから、コア、切り取り供試体を採り密度、強度の確認をする。

5. 計量・練りませ・運搬

- RCCは一般にはソイルセメント工法や、セメント安定処理路盤、アスファルトの施工で使用する連続式バグミルミキサーで、計量練りませられる。
- バグミルは、RCCのように少量の水を分散させるのに適している。
- バグミルは、250～350 t/hの供給能力があり比較的、運搬、設置、調整しやすい。
- サージホップをつけ、ダンプトラックに積むまでの間、ストックできた方がよい。
- 運搬に用いるダンプには、雨や寒さを避けるためのカバーが必要。
- 運搬時間は、15分以内が望ましい。

6. 舗設

- フォートスチュワートで明らかにされたように、RCCは、いままでの機械を用いても表面平坦性や、性状の規定を満足できるが、より高度な舗設機を用いることにより精度を高め、平坦性を高めることができる。
- ただし、版厚の厚いもの等では、改造が必要。
- 30 cm以上の厚さでは、2層以上の打設が必要。
- 打設手順についても、できるかぎりコールドジョイントを少なくする方法を、検討する必要がある。

7. 締固め

- まず、10 t 2 輪、ドラム振動ローラーで数回走行。
- 4回で十分な締固め密度が得られる。
- 高振幅、低振動数、3.2 km/h 以下の速度が良い。
- 表面性状を良くするには、その後18 t ゴムタイヤローラーで転圧、最後に4.5～9 t の軽2輪ドラムローラーで仕上げる。
- 最後の転圧時に、ローラー表面を湿らすと、舗装面の空げきの発生を防ぐのに適したスラリーができる。

8. 養生

- 単位水量が少ないため、施工中および直後の表面からの水の蒸発が、コンクリートの硬化後性状に対して、大きな影響をあたえることになる。
- 過転圧では、表面材料分離によるモルタル分が浮き上がり、このような場所では交通によりはくりが生じ、耐凍害性に影響をあたえる。
- このため、24 h 湿潤養生（できれば7日間）が必要であり、それ以降も水分の補給または、膜養生剤の散布により、後養生を行なうことが望ましい。

- 湿潤養生は、ぬらした麻袋、綿布、湿砂、散水車、スプリンクラーにより行う。
- 養生中は、上に載る車は最小限にし、それも軽重量タイヤのものに限る。

9. 品質管理

水分量、骨材の粒度分布、プラント管理、RI 現場密度、現場強度および密度を模した供試体、平坦性について通常行う。

品質管理はコアと切りとり供試体の強度、密度と版厚のチェックにより行なう。

II. 現在進行中の研究

1. 耐凍害性

これまでの9ヶ所の舗装を対象として、サンプリング調査により、空げき構造の顕微鏡観察、パラメーター測定、急速凍結融解耐久試験、臨界膨脹量、圧縮、曲げ強度を測定した。

9例のうち5ヶ所は、以下述べる工兵隊の施工でありそれ以外は他の施工、材令は1ヶ月～8年。

- ASTM C 666 A法の結果、耐凍害性を空隙間隔($\bar{L}$)により推定できた。
- $\bar{L}$ が0.28mm以下では、耐久性指数(300サイクル後)(D.F.)は60以上、0.41mm以上ではD.F. 40以下であった。
- ASTM C 671 膨脹量試験結果からは、これらのRCCは凍害の影響をやや受けやすい状態であった。また、2サンプルのみAE剤が使用されていた。
- 推定された量以上の微細空げき量があった。これは、材料の凝集性、バクミルにより練りまぜあるいは締固めの方法に起因するものと推定された。
- WESがU. S. Army寒冷地研究所で1984年11月行った、2.6×23mレーン2つうち、1つは事前に路床を給水させて、表面には3日間、水を75mmはっておき、もう1つは完全に乾燥させておいた。これを15サイクル凍結融解させた後、供試体を切りとり、これについて30サイクルさらに試験を行った。また、試験ヤードの凍結融解も100サイクルまで続けた。

その結果、どちらも $\bar{L}$ が約0.025mmであり、目にみえるひびわれや劣化は生じなかった。

2. 目地のLoad-transfer 試験 (WES 71.2KN振動载荷機)

Ft. フッドとFt. スチュワートの横収縮ひびわれとコールドジョイントについて行った。

- 目的は、従来設計で用いられていた、荷重の25%分配がRCCP版厚設計で適当であるのかどうか。
- Ft. フッドの試験結果

横収縮ひびわれでは	18.6%
縦コールドジョイントでは	12.3%
- Ft. スチュワートの試験結果

横収縮ひびわれでは	16.7%
縦コールドジョイントでは	18.1%

であり、予想通り低いものであった。この結果からRCCPの版厚設計は自由端载荷(荷重分配なし)で求めなければならないことがわかった。

- Ft. スチュワートでは、カット収縮目地で26.8%の分配率が得られ、収縮目地によりひびわれを

コントロールできれば、25%の荷重分配を考慮しても良いことが推定できた。

Ⅲ. 結論

- 駐車場、低速走行用として十分な表面性状が確保できることがわかった。
- 施工方法、耐久性についてはかなり課題が残されている。
- 施工方法の違いにより、これまでの舗装に比べて30%安価ででき、今後習熟することにより、より経済的に施工することも可能である。

Ⅳ. RCCP施工実験

4 基地における 5 ケ所で施工した結果つぎのことがわかった。

- 十分な密度を得るには、低スランプコンクリートを振動ローラーを用いて締固めれば良い。
- 圧縮、曲げ強度も十分確保できる。
- タイヤローラーで仕上げることににより、表面性状を改良できる。
- しいて問題をあげればコールドジョイントの間隔や表面のラベリング、目地、ひびわれ部の角欠けがある。
- ただし、まだ長期の耐久性、特に耐凍害性については、施工後あまりたっていないことから今後調査しなければならない。

(4 ケ所の試験施工結果の詳細は、表-1)

工 兵 隊 施 工 結 果

	WES 橋内	スチュワート基地		フッド基地	ヘイス基地		
	1975年	1983年	1984年	1984年	1984年10月		
尺 寸	32 ㎡	71.6 ㎡	—	16700 ㎡	213 ㎡		
幅	37m (1レーン)	61m	—	(4.3m 幅)	7m (3.5m 2レーン)		
骨材 (Gmax)	37.5 石灰岩砕石	37.5 砕石天然砂		37.5	19.0	19 (s/a 変化)	15 単位
セメント量 (kg/㎡)	367	362		277 (F92)	333 (F110)	292 (F102)	312 (F109)
W/C	0.33	0.33		0.34	0.30	0.32	0.30
水 量 (kg/㎡)	(101)	(120)		(94)	(100)	94	94
厚	17.5, 230	100, 150, 200, 250		280, 300	240 (確認 270)		
機 器	プラント機	プラント空機ミキサー車機		連続機バグミル	連続機バグミル		
運 搬	ダンプ	ミキサー車		ダンプ	ダンプ		
舗 装	アスファルトフィニッシュ	ショベルローダー		アスファルトフィニッシュ	アスファルトフィニッシュ		
締 固 め	振動ローラー 8~10 かタイヤローラー 6~8回 注. 6~8回中 最後2回はローラーに 水をつける。	振動ローラー 4回		91 振動ローラー 4回	振動ローラー 4回 タイヤローラー 2回		
表 生	7日覆膜	覆 砂		覆膜 マット+覆養生利	散水養生		
目 地	なし	バット (アブリ) ゴールドを 施工 材料をつけたコールドジョイ ント		予定 15.2m 間隔だったが収 縮目地施工されずひびわれ 発生	24m 以内の予定だったが4日まで 延長. 十分な目地が施工できず, 12~30m 間隔でひびわれ発生		
そ の 他	ローラー締め最後2 回は表面性状改善のた めローラー表面を湿らす。	コールドジョイントが閉きそ の部分角欠け。		ひびわれからの角欠け38よ り19 (Gmax) 少ない。コ ールドジョイントが閉きそ の部分角欠け。	3m ストレートエッジ5~9m の 公差コールドジョイント部 生15mm 単位外観だが平坦性の改 善効果なし		

文献原名	Design Practices at the Port of Tacoma		
著 者	John L. Larson	著者所属	Sverdrup (建設会社)
出 典	Concreat International 1987. 2		
和 名	タコマ港の設計例		

内容・要旨

北アメリカ6番目の荷の積み上げ港タコマ港では、貨物ヤードについて南ヤード(6.9ha)の建設および、現存の北ヤード(4.1ha)の3倍の拡張工事が、ローラーコンパクテッドコンクリート(RCC)で行われた。このRCC舗装の打設量は、25,000 m³におよんだ。

〔評価基準および可能性〕

貨物ターミナルの設計に影響をおよぼす主なパラメータとしては、

○コンテナを扱う施設のタイプ、○輪荷重、○路床の耐荷力、○コンクリート舗装強度、○排水であるが、RCCPが南ヤードにおいて代替案にとりあげられたのは、PCA^{*}のレポートで報じられたように、施工速度および冬季の低温の間でも、打設に関して影響を受けにくいいためである。過去の実績からすると、RCCPのリフトは220 mmほどは可能で、アスファルトコンクリート舗装の多層リフトに比べ、時間が節約でき、1日1150 m³の打設が可能になる。仕上げ表面の許容誤差については、3 mあたり10 mmであり、ヤードとして使用するのに十分ななめらかさを有していると考えられる。RCCPは、無筋で目地がないので、収縮ひび割れの発生が予想されるが、骨材のかみあわせ作用により、破壊は生じない。また、RCCPの採用の理由の1つとして、アスファルト舗装、あるいは従来のコンクリート舗装に比べ20～30%の経費節約があげられる。

〔舗装設計〕

設計方法1^{**}ではさまざまな輪荷重、路床の値のもとで、スラブ厚が決定された。設計方法2^{***}では、与えられた輪荷重、路床の値(CBR値)、コンクリート厚のもとで、コンクリートの最大応力が決定された。破壊係数に対する作用応力の比により、適切な設計厚が得られ、この比が0.5以下であれば、設計荷重の繰返しに耐えられる。この手法を用い、舗装厚は一般の通路で305 mm、重荷重の湾部で432 mmとした。

〔配 合〕

配合設計の基本は、締固めた時に最大密度が得られるよう水量を決定することである。セメント量は、

重量比で13%とした。過去の例からすると、この配合では、曲げ強度が700psi(49kgf/cm²)と予想される。仕様では650psiであるが、湿潤養生後すぐに供用できるようにこの値とした。

骨材は16mmの碎石を用いた。熟練者によると、#200フルイを通るものが、5～10%ある方がよい仕上がり面が得られるとしている。結合材は中熱セメント267kg/m³と、Fクラスフライアッシュ59kg/m³とした。エントレインドエアは0%とした。

(設計細目)

RCCPに目地をつけた実験を行ってみたが、ひび割れの制御は不可能であることが判明した。施工においては75mm厚さの碎石のプラットフォームを設けたが、これはぜひ必要で、これにより、施工機械が通っても、わだち掘れが生じなくなる。ゆるい状態のRCCを締固めると約20%の体積が減少する(1層270mmを締固めると215mmになる)。タコマ港のRCCPは最も経済的で、15～25%の経費が節約できるものと考えられる。

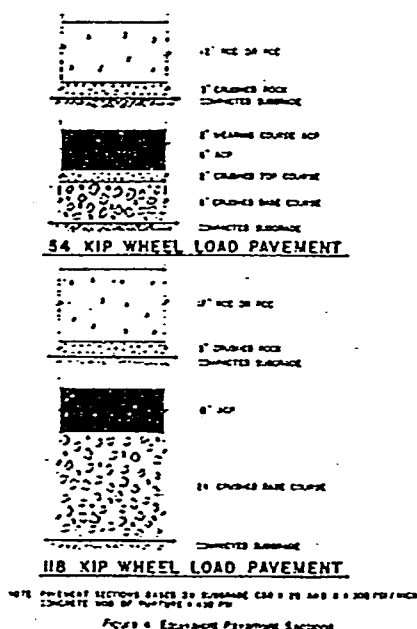


図 設計輪荷重 54, 118Kips 下でのコンクリート、アスファルト舗装の比較

骨材の粒度分布

Sieve size	% Passing
5/8 in.	100
1/2 in.	90-100
3/8 in.	75-90
1/4 in.	55-75
# 10	32-48
# 40	11-24
# 80	6-15
# 200 .075mm	3-7

タコマ港におけるRCCの配合

Constituent	Amount(lb/yd ³)	(kg/m ³)
Cement (中熱)	450	267
Fly ash	100	59
Aggregate(5/8-3/8 in.)	850	501
Aggregate(3/8 in. - #4)	850	501
Aggregate(#4-0)	1360	802
Aggregate(Blend sand)	340	200
Moisture content (%)	162 kg	
Unit weight(lb/ft ³)	2492 kg	

(脚注)

* PCA : Portland Cement Association

** "Thickness Design of Concrete Pavement Carrying Heavy Industrial Vehicles" PCAより

*** "Packard, Robert G., Computer Program for Airport Pavement Design" P.C.A., 1967

文献原名	Mix Design, Thickness Design, and Construction of Roller Compacted - Concrete Pavement		
著 者	Thomas D. White	著者所属	Purdue University
出 典	TRANSPORTATION RESERCH RECORD 1062		
和 名	RCCPの配合設計、版厚設計及び施工		

内容・要旨

本報告は、次の3つの施工箇所の調査観測結果を基にして、RCCPの配合設計、版厚設計とその施工方法について取りまとめたものである。

1. ジョージア州、Fort Stewart (高湿、高温多雨地域)
2. テキサス州、Fort Hood (低湿、高温乾燥地域)
3. カナダ、ブリティッシュコロンビア州、Vancouver & Caycuse Camp (高湿、寒冷多雨地域)

(凍結融解耐久性)

Ft. Stewart の現場供試体の室内凍結融解試験の結果は良好でなかったが、B. Columbia で行われた現場における凍結融解試験は良好な結果を示した。このことは、室内と現場における試験条件の違い、また、RCCに含まれる空気量とそのタイプ (エントレインドエア or エントラップドエア) に、注目する必要があることをさし示した。

(粒度)

骨材最大寸法 G_{max} は、RCCPの供用性、施工性に影響を及ぼす。 G_{max} が大きくなると骨材分離が起こり易くなるとともに、人力作業にかなりの労力が必要となる。RCCPにはアスファルト舗装と似たきめの良い表面が必要であるが、このためには、 G_{max} を小さくして ($3/4$ in. = 20mm)、密粒度の骨材を使用することが望ましい。

(室内における締固め)

従来の舗装用コンクリートのコンシステンシーはベープ試験器を用いて評価されるが、RCCの場合は、この試験器に少し改良を加えたものを用いて評価される。密粒度骨材を使用した配合には、ASTM T 180 が推奨される。

セメント+ポゾランの配合割合が決まれば、適切なW/Cの範囲内で、改良ベープ試験器を用いてRCCを締固めるために必要な水量が調整される。これによって、最適な締固めに必要なセメントペースト量の範囲で、コンシステンシーが決定される。

(プラント)

効率の良い混合と施工に必要な量のRCCを製造するためには、アスファルトプラントの構成が推奨される。RCCは水量が従来のコンクリートよりも少ないので、水量の管理には特に注意を払う。従来のコンクリートの場合、ペーストと骨材を混合すれば骨材分離は抑制されるが、RCCはペースト量が普通コンクリートより少ないことから、骨材分離の問題が残される。

(輸送)

大規模なRCCP工事には、RCCの輸送にダンプトラックを使用するのが良いが、骨材分離には注意を払う必要がある。又、湿気を保つために、RCCをカバーで覆うことが必要である。

(舗設)

敷均しにはアスファルトフィニッシャが使用される。RCCPの施工時間は、従来のコンクリート舗装に要する時間の30%の範囲にあるが、人力施工の部分では、RCCに塑性が無いために大変な労力が必要となる。

(目地)

縦目地は複数のフィニッシャを使用するか、施工幅員が狭ければ問題とならないが、前レーンと次レーンの間に時間的な間隔があくと、縦目地部分のコンクリートの水和作用が進行して付着力の弱まったコールドジョイントができる。

Ft. Hood では横目地にカッター目地を取り入れたにもかかわらず、高温乾燥地域で風が強い環境のために、水和作用に必要な水分が奮われ強度の発現が遅くなり、RCCのはがれや収縮ひび割れが発生した。2車線の舗装では、2台のフィニッシャを使用してコールドジョイントを無くし、カッターで横目地を設ければ、ひび割れを抑制できるが、駐車場等の巾の広い舗装では、縦ひび割れの問題が残る。

(養生)

膜養生 — コンクリート表面の水和作用に必要な水分を供給できない。

麻袋養生 — つなぎあわせの問題がある。

散水養生 — 簡単な方法で最も普及しており、初期の水和に必要な水分を供給する。散水時の水圧でコンクリート表面が浸食されないように注意する。

湿砂養生 — Ft. Stewart で使用され成功した。初期の水和に必要な水分を供給する。

(平坦性ときめ)

Ft. Hood においては、既設のコンクリート舗装より R C C P 上を走行した方が車の乗り心地が良く、R C C P の平坦性には特に問題がなかった。密粒度骨材の配合は、骨材分離と表面の荒れを減少させる効果があり、タイヤローラは振動ローラによってひびわれの発生した表面をち密にする作用がある。

(設計)

- R C C P の現場供試体の曲げ強度は、密度の高さが影響してか、従来のコンクリートの曲げ強度より 25 % 高くなる。
- R C C P の供用性はかなり良好であり、B. Columbia では、同じ荷重条件の下で舗装厚 60cm の従来のコンクリート舗装は破壊したが、舗装厚 42cm の R C C P は破壊していない。
- ひび割れ抑制のために、従来のコンクリート舗装と同様に適切な目地間隔を設けることが必要である。版厚を厚くすることも、ひびわれの防止につながる。
- 支持力の無い地盤上で締固めを行うと、R C C の密度は低くなり、振動をかけると路盤材料が混入してしまう。反対に支持力のある地盤（支持力係数 200 psi 以上、 14 Kg/cm^2 以上）上では、ひびわれの発生や剥離が抑制できる。
- R C C P の設計法は、既存の設計方法をそのまま適用するか、又は、従来のコンクリートの曲げ強度と同程度になるよう R C C の曲げ強度に低減係数を乗じて適用するかが大きな問題である。
- R C C の曲げ強度が版厚に与える影響は、AASHTO, COE/AF, PCA の 3 つの設計法によって明らかにできる（表を参照。設計上の仮定は同じ）。これによれば、曲げ強度が 25 % 高くなると、版厚は 1 in. 低減できることになる。

表-1 AASHTO 指針(案)の方法を使用した場合の版厚

	M_R (psi)	Working Stress (psi)	E (psi)	Traffic (vehicles/day)	k (pci)	Thickness (in.)
Conventional concrete	600	457	4.2×10^6	8.4×10^6	300	9.5
RCC	750	564	4.2×10^6	8.4×10^6	300	8.5

表-2 COE/AF の方法を使用した場合の版厚

	M_R (psi)	Traffic (vehicles/day)	Traffic Category	Design Index	k (pci)	Thickness (in.)
Conventional concrete	600	100	VII	10	300	9.7
RCC	750	100	VII	10	300	8.3

表-3 PCAの方法を使用した場合の版厚(工業用床版)

	M_R (psi)	Factor of Safety	Working Stress (psi)	Stress per 1,000 lb	Thickness (in.)
Conventional concrete	600	2.0	300	7.5	9.0
RCC	750	2.0	375	9.4	7.8

表-4 PCAの方法を使用した場合の版厚(幹線直路)

	M_R (psi)	Thickness (in.)	Stress Ratio	Allowable Repetitions	Erosion Factor	Allowable Repetitions
Conventional concrete	600	9.5	0.245	340,000	2.36	270,000
RCC	750	8.5	0.227	1,700,000	2.48	120,000

COA/AF : U.S. Army Corps of Engineers and Air Force

PCA : Portland Cement Association

文献原名	Roller Compacted Concrete for Heavy Duty Pavements: Past Performance, Recent Projects, and Recommended Construction Methods		
著 者	Robert W. Piggott	著者所属	カナダPCA (ポルトランドセメント協会)
出 典	TRANSPORTATION RESERCH RECORD 1062		
和 名	重車両用転圧コンクリート舗装		

内容・要旨

カナダにおける転圧コンクリート舗装は1976年の貯木場での舗装が最初であり、それ以来貯炭場、軍用空港、コンテナヤードなど10箇所でRCCPが施工された。転圧コンクリートは重車両用の舗装に用いられており、混合物は次に示すものから構成される。①骨材は7/8インチ(22mm)ふるいの通過が100%であり、また200番(0.075mm)ふるいの通過量が最大14%のもの(2層施工の時は基層用の粗骨材の最大寸法は1.5インチ(40mm)まで大きくできる。)②セメントは普通ポルトランドセメント③最大密度を得るのに必要な量の水④他の混和剤、例えば反応促進剤、遅延剤及び減水剤など。

RCCPは版厚と舗装機械の能力に応じて1層ないしは2層に分けて施工される。最上層は凍結融解及び摩耗に耐えるよう、多量のセメント(骨材重量の12~14%)を含む。多層施工の場合、下層のセメント量は、耐摩耗性が不要のため、一般のセメント安定処理と同様の6~8%に減らされる。以下、カナダにおけるRCCPの概要を示す。

1) 版厚設計

初期のものはソイルセメントおよびコンクリート舗装の経験を基にして行い、その厚さは12~14インチ(300mm~350mm)、セメント量は13%のものが一般的であった。現在はPCAの空港舗装設計要領に準拠することが多く、その場合RCCの曲げ強度は普通のコンクリートと同じとしている。なお、場合によっては、RCCが通常のコンクリートに比べ混合不足になりやすいことを考慮して設計曲げ強度として10~15%少ない値を使うこともある。表-1にBritish Columbia州でのRCCP施工例のコア強度を示す。

表-1 BC州におけるRCCP採取コアの強度

施 工 個 所	施 工 (年)	測 定 (年)	平均圧縮強度 (kgf/cm ²)
Caycuse 貯木場 (Vancouver 島)	1976	1980	296
Caycuse 貯木場 (Vancouver 島)	1976	1984	413
Fraser Mills 貯木場 (Vancouver)	1982	1983	330
Bullmoose 炭鉱	1983	1983	156
Fraser Surrey 造船所	1984	1984	321

2) 配合設計

RCCPの配合法はセメント安定処理の手法を用い、水の量は最大密度を得るのに必要な最適含水比から求め、セメント量は室内供試体の曲げ強度が所定の値（通常、 $42\sim 49\text{kgf/cm}^2$ ）になるよう決める。粗骨材の最大寸法は、なめらかな表面を得るため 20mm 以下としているが、2層施工の場合は下層の最大寸法を 40mm としている。ボゾラン系の添加材の使用量は多くの場合 $15\sim 20\%$ 用いている。AE剤は初期の施工では使われていたが、凍結融解に対する耐久性向上に寄与するという明白な証拠はなく、AE剤を用いなくても凍結融解に対して良好な結果を示した例もある。

3) 施工

RCCPの施工工程は複雑なものではない。一般的な舗装用機械が利用でき、熟練工は特に必要としない。重車両用RCCPは荷重の全てを版自体で負担する。そのため、粒状路盤は不要であるが、RCC版の平坦性と厚さを確保するという施工上の理由から 15cm 厚の碎石路盤がよく用いられる。

RCCの混合には連続式のバグミルミキサを用い、運搬にはダンプ車が使われる。輸送時間の最大は60分以内にするのが通例の基準である。敷均しには振動タンピングスクリードのあるアスファルトフィニッシャが振動スクリード式のものより望ましい。材料分離は混合物を幅広く敷きならす時に起こりやすいので、舗設幅は $3.6\sim 4.3\text{m}$ 以内にするのが望ましい。1層の敷均し厚は一般のアスファルト舗装用機械を用いた場合、最大 25cm である。その場合、振動締固めにより、 $25\sim 40\text{mm}$ だけ圧縮される。舗装版の外縁部(45cm)の転圧は、敷均し後、 $20\sim 30$ 分経過してから行えば、所定の密度を得ることができる。

RCCPは路面の凹凸が 3m の範囲で、 6.3mm 以内に施工できるようになるまでは、一般道路には不適で、走行速度の遅い産業用舗装に用いられている。

4) 目地

RCCPの収縮ひびわれの発生間隔は $12\sim 18\text{m}$ であるが、ダミー目地やカッター目地は特に作らない。施工目地は供用後の破損につながりやすいので、最も注意が必要である。施工の再開に先立ち目地部に水をスプレーするか、モルタルを塗布する。縦施工目地の場合は特別な処理をしないが、乾燥しやすいときは水の噴霧を行う。

2層施工の場合、縦目地の位置をずらすことは層と層との接着性は良くなるが、そのために日をおいて施工することはかえって良くないので、2層を同じ日に舗装し、目地も2層にわたって連続させるほうが良い。

5) 養生

RCCも普通のコンクリートと同様、養生する必要がある。その期間は、夏期で5日間、冬期で6日以上、湿潤養生を行う必要がある。これまでの施工では、スプリンクラーのついたパイプ散水が用いら

れることが多い。この方式は、初期投資は大きい、設置後の費用は最小となる。

6) コスト

RCCに用いる骨材の粒度は、広い範囲のものが許容されるので、粒状路盤材として不適なものでもRCC用材料として使用できる。200番ふるい(75 μ)通過量が14%程度ある骨材でも28日圧縮強度が280 kgf/cm²かそれ以上得られるので、コストも節減できる。また、RCCPの舗装厚はアスファルト舗装の厚さより、かなり小さいので土工費も少なくてすむ。

7) 近年の研究

・RCCのオーバーレイ

既設アスファルト舗装の補修に厚さ292mmのRCCによるオーバーレイを1985年にカナダで初めて採用した。既設舗装は1974年につくられた貯木場で100mmのアスファルト層と450mmの粒状路盤で、広さは1.6haある。オーバーレイに用いられたRCCの粗骨材は最大寸法20mmで200番ふるい通過量が8%のものであり、セメント量は、ポルトランドセメント10%、フライアッシュ2%でその28日曲げ強度は、46kgf/cm²程度であった。

・PORTLAND 国際空港

1985年にポートランド国際空港の駐機場の舗装で、空港舗装としては初めてRCCPが施工された。コンクリート版の厚さは355mm、骨材の粒径は20mm、セメントは10%のポルトランドセメントと4%のフライアッシュを用いた。RCCPを採用することにより、アスファルト舗装に比べて約30%のコスト削減ができた。

・FRASER 河口港の試験道路

バンクーバー近郊のフレーザー河口港附近では、骨材として砂しか手近にないので、砂のみを用いた重車両用のRCCによる道路舗装の試験施工を行った。RCCのセメント量は12%で厚さは25cm、28日圧縮強度は321kgf/cm²であり、2層で施工した。施工規模は、RCC量で2300トンと小さいものであるが、その結果は、施工箇所の半分が凍結の被害を受け、アスファルトのオーバーレイが必要となったが、残りは良好で今でもそのまま供用されている。

8) 今後の研究課題

・RCCの品質を現場で簡単に判定でき、かつ信頼性のある測定法の開発

一般のコンクリートの評価に使われる非破壊試験法のあるもの、例えば修正ハンマー反発法などはRCCにも応用できそうである。

・室内試験用のRCC供試体の作成方法の開発

現在、ゼロスランブコンクリートの試験法が用いられているが、技術者によっては、現場作成のビーム供試体を用いることもある。

・厚さ25cm以上のRCCを1層施工する場合の舗設方法の開発

所定の密度を確保するため、厚さ25cm以上の場合は2層で施工している。厚さ355～400mmのRCCを1層で十分締固めできるか、技術者の意見は分かれている。このことは、新しい舗設機械の導入で解決されるかもしれない。今後、層厚と密度の関係について研究が必要である。

文献原名	Construction of Roller-Compacted Concrete Pavement		
著 者	DAVID W. PITTMAN	著者所属	U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station (WES)
出 典	TRANSPORTATION RESEARCH RECORD 1062		
和 名	転圧コンクリート舗装の施工		

内容・要旨

この論文は、大部分が米陸軍工兵隊水路研究所(WES)のピットマン、ラガンによるA Guide for the Design and Construction of Roller-Compacted Concrete Pavement (転圧コンクリート舗装の設計及び施工指針) から取りまとめたもので、転圧コンクリート舗装の施工方法について書かれている。
〔序論〕

転圧コンクリート舗装(RCCP)は、ゼロスランプのセメントコンクリート混合物をアスファルトフィニッシャーを用いて敷均し、振動ローラ等で転圧する比較的新しい舗装技術である。この施工法はアスファルト舗装に似ており簡単であるので、従来のコンクリート舗装と比べてコストを1/3かそれ以上節減できる。

転圧コンクリート(RCC)の考え方は、1970年代初期に起り、当初はダム等の大規模コンクリート構造物の施工に適用され(1975年パキスタンのタルベラダム、1982年オレゴン州のウィロークリークダム等)、その経済性が認識された。

RCCPは、1970年代中期にWESによる米国で最初の試験施工が行われ、また同じ頃、カナダの木材製造業者が貯木場の建設にRCCPを用いる実験を行い、よい結果を得た。RCCPが米国で大規模に施工されたのは、1984年にテキサス州フッド米軍基地において米軍工兵隊が建設した戦車の駐車場(16,000m²)が最初で、同年にワシントン州のルイス米軍基地で軍用の道路(210m)に、またテキサス州ヒューストンとワシントン州タコマの鉄道の貨物ターミナルで、それぞれ(厚さ45cmの)RCCPが施工されている。

〔路床、路盤の準備工〕

- ・路床、路盤の必要条件は、従来のコンクリート舗装と基本的には同じである。
- ・凍結の恐れのある場所では、浸透水を十分に排除する必要がある。
- ・RCCPが所要の固さに締固めできるよう、十分な支持力を持つ必要がある。

〔試験施工〕

- ・試験施工は、強度試験のサンプルを得るため、本工事の少なくとも1ヶ月前に実施する。
- ・試験施工により、最適密度を最小の転圧回数で達成できる転圧方法を決定する。
- ・RI ゲージのキャリブレーションを行い、本施工での密度測定との相関を確保する。
- ・試験施工には、縦、横のコールドジョイント及びフレッシュジョイントの両方を含める。

- ・試験施工の最小規模のものとして、図-1に示す幅4m程度、延長45mの3本のレーンを提案する。
(一日目に1.5レーンを舗設し、残りの1.5レーンを翌日舗設する。)
- ・舗装の28日後、曲げ強度と引張強度の相関を測定するためのコア、ビームを採取する。(本施工中の曲げ強度のチェックのためのビームの切り取りは不要)

〔計量、混合及び運搬〕

- ・混合には、一般的にアスコンの練り混ぜに用いられる2軸のバグミルミキサを用いる。
- ・計量は連続式混合プラント、バッチ式プラントのどちらでもよいが、連続式の方が場所の移動が容易で、排出能力も大きいのでより有利である。
- ・バッチ式プラントは、材料の管理は容易だが、大規模な工事では排出能力が不足する。
- ・プラントの排出能力は、舗設機械の能力に合わせる必要があり、ごく小規模の工事(舗設面積800㎡以下)でも230t/h程度は必要である。
- ・プラントは、RCCの運搬距離を最小にするように位置を選定する。
- ・RCCは通常ダンプトラックで運搬し、雨や寒暖等の影響を受けないように保護カバーを備える。

〔打設(敷均し)〕

- ・RCCPは、通常アスファルトフィニッシャーか類似の機械で打設を行う。
- ・振動スクリードかタンピングバーを装備したフィニッシャーが、良好な表面の仕上がり、予備の締固めを提供する。
- ・コンクリートは、材料に水が加えられた後45分以内に打設、締固めをおこなう。
- ・隣接するレーンの舗設を行う場合、コールドジョイントとしない限り90分以内に打設を行う。(フレッシュジョイントの形態)
- ・複数のフィニッシャーを梯形に編成することによって、コールドジョイントの数を減らすことができ、一度に完全な道路幅員を舗設できる。

〔締固め〕

- ・締固めは、9tのタンデム型振動ローラで4回以上転圧し、続いて18tのタイヤローラで2回以上転圧することによって所要の密度及び品質が得られる。
- ・表面にローラの跡が残った場合、タンデムローラで仕上げ転圧する。
- ・振動転圧前に1、2回の無振転圧を行い、締め固めの準備が整ったかどうか判断する。
- ・RCCが転圧するのに湿潤又は乾燥し過ぎる場合、プラントでの水の量を調整する。

〔転圧方法〕

(図-2、図-3参照)

- ・コンシステンシーのチェックのための無振転圧の後、振動ローラにより最初の舗設レーンの外側端からローラが2.5～5cmはみだすように2回転圧する。(前後進を1回ずつ)
- ・次に内側端から30～45cmの所をローラで2回転圧する。(内側端部は転圧しないで残しておき、隣のレーンと同時に転圧する。)

- ・続いて中央部の残った部分を2回転圧する。
- ・以上のパターンを2回繰返し、合計4回の転圧とする。（所定の密度を満足しない場合は満足するまで転圧する。）
- ・内側端部をコールドジョイントとする場合又は舗装端である場合は、外側端部と同じように転圧する。
- ・隣のレーンを舗設する場合は、反対のレーン端から30～45cmあけて2回転圧し、続いてフレッシュジョイント部を2回転圧する。
- ・最後に転圧されずに残った部分を2回転圧する。
- ・このパターンを繰返し、舗装面全体を合計4回転圧する。
- ・レーンの終了端は垂直に削って仕上げる。
- ・ローラの運転は、高い振幅と低い振動数で、また速度を3.2km/h以下におさえることで最適な締固めが達成される。
- ・振動転圧後、表面のクラック等を塞ぐため、直ちにタイヤローラにより2回以上の転圧を行う。
- ・転圧によってローラの跡が生じた場合は、軽量のタンデムローラで仕上げ転圧する。

〔ジョイント〕

（図－4、図－5参照）

- ・ある程度固まったレーンに打ち継ぐ場合（コールドジョイント）、打設済の端部を垂直に削り揃え、適度に湿らせておく。
- ・敷均し高は、設計厚より約25%高く設定し、スクリッドを固まったレーンの端部に5～7.5cmオーバーラップさせて敷均す。
- ・余分なコンクリートは、レーキ等で新しいレーンの方へ押し戻し、固まったレーンに残さないようにする。
- ・コールドジョイントに打ち継ぐ場合、ジョイントから約30cmの部分を、まず最初に無振転圧する。
- ・過去の施工例でみると、収縮目地は必ずしも必要としない。（うまく施工できない）
- ・目地部にスリッパーやホゾ目地のような荷重伝達装置を適用するのは適当でない。（コールドジョイントにスリッパーを適用した例があるが、手間がかかるので、正確にかつ効率的に施工できる方法が開発されるまでは、使用を限定すべきである。）
- ・2層敷均しの場合は、ジョイントに沿って上、下層を垂直にかつ均一に削り揃える。

〔養生〕

- ・RCCPは低い含水比のため、湿潤養生と膜養生の併用が望ましい。
- ・少なくとも24時間は散水トラック、スプリンクラー、湿ったマット等を用いて表面を完全な湿潤状態に保つ。
- ・初期湿潤養生後、散水養生、マット等のカバー、膜養生のうちの1つの方法により、少なくとも7日間養生する。
- ・膜養生剤としては、白く着色した膜養生用混合物か、アスファルト乳剤がよい。

- ・WES等の室内試験によると、十分に小さい水セメント比をもつRCCPは、湿潤期間を延長するとより高い耐凍害性を持つという結果が出た。
- ・交通は少なくとも14日間は排除する。

〔品質管理及び保証〕

- ・品質管理及び保証には、材料試験、プラントのキャリブレーション、打設密度の計測、密度、強度試験用シリンダー、ビームの製作、表面の平坦性のチェック、密度、引張り強度、厚さの計測のためのコアの採取等がある。
- ・骨材の含水量は、混合する水の総量が、適量になるよう日毎に測定する。
- ・プラントのキャリブレーションは、製造開始前に行い、サンプルはセメント・フライアッシュ貯蔵庫とミキサーの間のコンベアベルトから採取する。
- ・水洗い粒度試験は、通常合成骨材を用いて朝、昼、夕の3つの時間帯に行い、サンプルは骨材にセメントが加えられる前のコンベアベルトから採取する。この試験から、粗骨材、細骨材及びセメント・フライアッシュ混合物のおおよその比率を求め、設計値とチェックする。
- ・現場密度試験（ASTM D 2922）は、転圧後すぐにRIゲージを用いて、舗設レーンの30mに1箇所毎に実施し、設計密度に対するチェックを行う。
- ・曲げ強度試験（ASTM C 78）は、施工単位毎に4個のビームを作成し、うち2個については14日目に、残りの2個については28日目に実施する。
- ・引張り強度試験（ASTM C 496）は、舗設量200 m³毎に6個のシリンダーを作成し、7日目、14日目、28日目にそれぞれ2個ずつ試験する。（フライアッシュ比率の高いものや空港舗装に用いるものは、さらに90日目も試験する。）
- ・コアは舗設後7日目に、密度測定を行ったテストホールから60～150cm以内の場所から採取し、密度、厚さを測定し、さらに現場養生28日後、引張り強度試験（ASTM C 496）を行う。
- ・平坦性は、3mの直線定規を用いて転圧後すぐにチェックし、変化量が1cm以下とする。
- ・検査員は、少なくともプラントに1人、現場に1人配置し、各試験が正しく行われているか、施工方法が適切であるか等のチェックを行い、適切な調整をする。

〔RCCP使用の長所、短所〕

- ・RCCPは、従来のコンクリート舗装に比べて建設費が安い。
- ・RCCPの施工には、精巧なベイキングトレインや型枠などは不要で、ごく少数の人員で舗設できる。
- ・表面の平坦性は、従来のコンクリート舗装に比べて劣る。
- ・凍結融解に対する耐久性は、WESの実験では十分とは言えない。

〔結論〕

- ・RCCPは、比較的簡単なアスファルト舗装の手法と、コンクリート舗装の強度、耐久性の両方を併せ持ち、従来のコンクリート舗装より経済的に優れている。
- ・RCCPの品質は、打設、転圧、品質管理等の適切な実施に大きく依存しており、施工関係者への適

切な教育が重要である。

・RCCPは、コンクリート舗装分野で、その地位を急速に獲得しつつある。

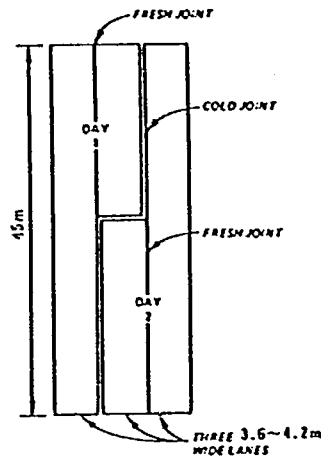


図-1 試験施工

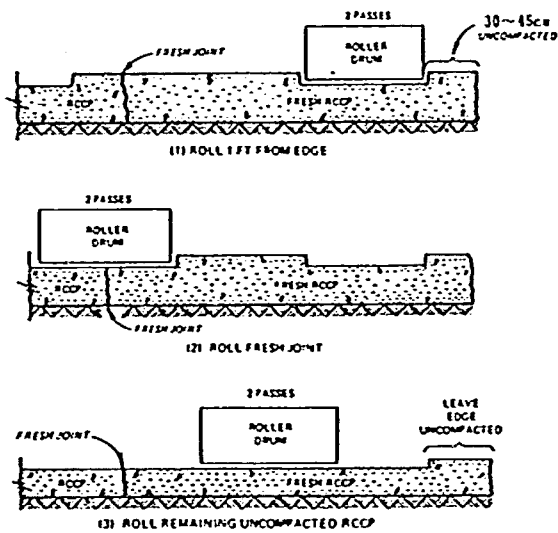


図-3 フレッシュジョイントの施工

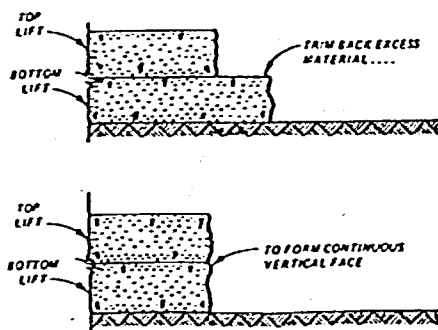


図-5 2層敷きのコールドジョイント

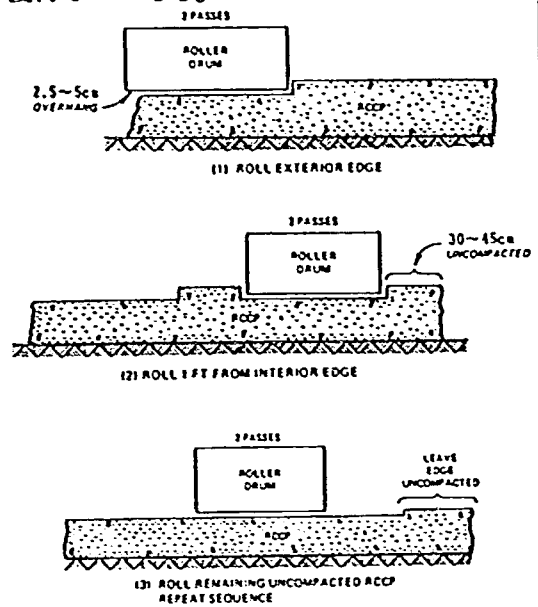


図-2 最初の舗設レーンの転圧

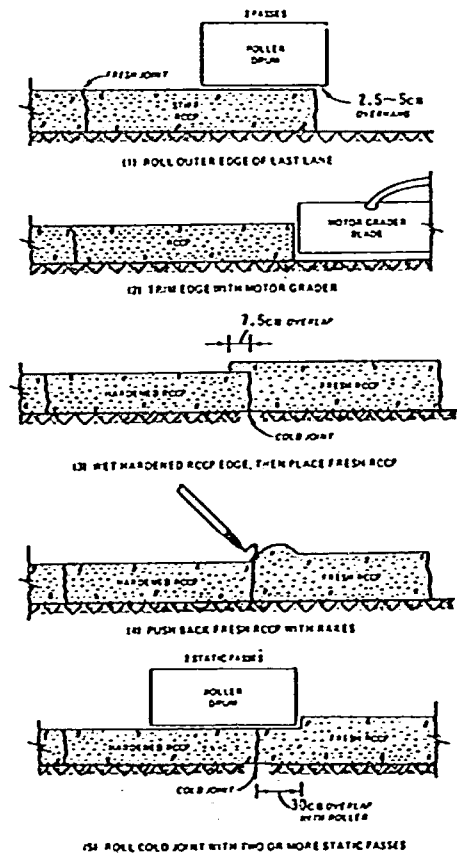


図-4 コールドジョイントの施工

・施工

混合は、2軸バグミル型ミキサーの連続式プラントを用いた。このプラントは、1時間当たり544tの生産能力を持つものである。また、ドラムミキサの使用は認められなかった。

フィニッシャは、アスコン用と同じ物が使用された。締固め用のローラは、振動ローラであり、その仕様は、2輪、9.1tの鉄輪ローラであった。また、ゴムタイヤローラは使用されなかった。養生は、まず、表面のセメント流出などを考え、霧状になるノズルを用いて行なった。続いて1週間、スプリンクラー装置による散水養生を行なった。

・舗設技術とその詳細

RCCPは、一層あたり17.75cmの2層からなっている。一層目の転圧から二層目の敷均しまで、層間の打継目をなくすため60分以内とした。施工厚の許容誤差は±9.1mmが認められた。(一層目は±12.7mm) 3m内の数点の厚さのばらつきは±6.3mmであった。混合物のそれぞれの許容誤差は、重量でセメントとボゾランが±2%、水が±3%であり、骨材の粒度範囲は2～6%であった。

・現場密度の管理

現場密度の測定は、61cm×61cm×38cmの供試体を用いて測定された。供試体の作製は、現場における施工を想定して、振動を与え、3層で締め固めた。

RIによる密度測定も同時に行われた。経験からRIによって得られた密度は、切り取りコアより低く評価されるため、その調整が必要であった。

2) 入札の結果

RCCの使用により、ACより22万ドルの削減ができた。6社は、いずれもACより低価格で、最も安いRCCは、32%安のものがあつた。現時点では30%程度の差であるが、RCCの維持、修繕の容易さを考慮すると、より大きな差になることであろう。

入札価格 (単位: ドル, 面積: 約32000 m²)

業者	RCC	AC
A	687,370.65	914,400.15
B	739,327.00	—
C	780,517.75	917,041.00
D	796,205.00	—
E	791,893.00	1,011,142.05
F	800,585.00	956,404.00
G	—	908,773.25
H	—	1,040,811.80
I	—	1,036,323.40

3) 結論

RCCPは、アスコンやコンクリート版に比べ、きめの細かさ、平坦性に欠けることが多い。ただし、利点として、工事費が安い、また、わだち掘れが少ない、オイル、燃料などによる化学変化に強い事などから維持費の削減が期待できる。

RCCPを確実に施工するために以下の点に注意する。

- ・材料の種類
- ・フィニッシャの性能
- ・現場密度の管理
- ・一層目と二層目の打継目と横目地、縦目地の取扱い
- ・養生の方法
- ・混合における許容誤差
- ・転圧ローラの性能
- ・舗装厚の許容誤差

文献原名	Evaluation of Frost Resistance of Roller-Compacted Concrete Pavement					
著 者	Steven A. Ragan		著者所属	U.S.Army Corps of Engineer Water ways Experiment Station (WES)		
出 典	TRANS PORTATION RESERCH RECORD 1062					
和 名	RCCPの凍結耐久性の評価					
内容・要旨						
本報告は北米で施工された9箇所のRCCPの現場供試体に対して、顕微鏡による気泡の測定、凍結融解試験、膨張試験、曲げ・圧縮強度試験を行い、RCCPの凍結耐久性を調査したものである。						
1) 試験方法						
1. 気泡の顕微鏡測定 (ASTM C457)						
平均弦長0.04in. (1mm) 以下の気泡 (エントレインドエア) と0.04in. 以上の気泡 (エントラップドエア) の割合を測定する。						
表 - 1 気泡の顕微鏡測定データ						
2. 凍結融解試験 (ASTM C 666 (A))						
2週間水中養生した3.5×4.5×16 in. (9×11×40 cm) の供試体に対して、-18℃～5℃の凍結融解を繰返し、相対動弾性係数を求める。						
3. 膨張試験 (ASTM C 671)						
φ7.5×15cmの供試体に対して、1.7℃から-9.4℃まで2.8℃/hr.の割合で冷却し、供試体の長さ変化と冷却槽の温度を測定し、極限膨張量を求める。						
4. 圧縮・曲げ強度試験 (ASTM C 42)						

		Air Content(%) by Chord Length(in.)				L (in.)
Project	Mixture	Specimen No	Less Than 0.04	Larger Than 0.04	Total	
Fort Stewart		1T1	0.2	8.0	8.2	-
		1B1	0.1	3.7	3.8	-
		2T1	1.9	3.4	5.3	0.020
		2B1	0.8	21.6	22.4	-
		3T1	0.6	2.5	3.1	-
		3B1	0.3	4.0	4.3	-
		4T1	0.8	10.0	10.8	-
		4B1	0.2	8.5	8.7	-
Fort Hood	A	1	1.3	1.6	2.9	0.012
Fort Lewis	A	5A	2.5	2.6	5.1	0.012
		9B	1.9	0.2	2.1	0.005
		10B	9.6	0.8	10.4	0.011
	B	17A	1.6	3.1	4.7	0.015
		17B	1.8	2.2	4.0	0.018
	USACRREL	A	1T	-	-	5.1
1B			2.3	3.2	6.1	0.008
B		3T	-	-	5.3	-
		3B	3.6	5.0	8.6	0.010
C		2T	2.9	2.3	5.2	0.010
		2B	-	-	4.8	-
Port of Tacoma		2A-T	5.5	1.6	7.1	0.010
		2A-B	2.5	0.7	3.2	-
		1D-T	3.0	1.5	4.5	0.013
		1D-B	4.1	0.5	4.6	-
		2H-T	3.5	2.0	5.5	-
		2H-B	6.1	4.5	10.6	0.010
Caycuse			2A	0.5	10.8	11.3
WES beams	A	1	1.1	2.0	3.1	0.030
		1	2.5	2.1	4.6	0.013
NPD L beams		2	0.6	1.1	1.7	0.018
		8	0.9	0.8	1.7	0.019
		9	1.1	2.8	3.9	0.022

Note: Dash indicates data not determined.

2) 試験結果

1. 気泡の顕微鏡測定

試験結果を表-1に示す。バグミルミキサーで混合された〔USACRREL〕のRCC中の気泡の平均弦長は0.04 in. 以下の割合が高く、回転式ドラムミキサーで混合された〔WES〕の割合より高かった。また、バグミルミキサーで混合されたRCCの気泡間隔 $\bar{L}$ (Spacing Factor)は比較的小さかった。

〔USACRREL〕のA-1B, B-3BのようにAE剤を添加していないRCCでも気泡間隔の小さなものがあった。そのメカニズムは明らかになっていないが、粘性の高いペーストと骨材表面積の大きさに起因するものと思われた。

RCCの気泡は、締固めのために不規則な形状を成していた。

2. 凍結融解試験結果

凍結融解試験結果を表-2に示す。

(相対動弾性係数)

40%以下 凍結耐久性なし

40~60% 判断不可能

60%以上 凍結耐久性あり

この様に設定した基準に従えば、Ft.

Stewart、Ft. Hood、Caycuse、WES、NPD LのRCC供試体は、凍結耐久性に劣り、USACRRELやTacomaの供試体は良好とみなせた。

供試体の気泡間隔 $\bar{L}$ と凍結融解試験結果を表-3に併記して示す。これによれば、RCCの凍結耐久性は供試体の気泡間隔 $\bar{L}$ の大きさに評価できるものと考えられ、

(気泡間隔 $\bar{L}$) (相対動弾性係数)

0.011in.以下 60%以上

0.011~0.016in. 40~60%

0.016in.以上 40%以下

表-2 凍結融解試験結果

Project	Mixture	Specimen No	Avg DFE ₃₀₀
Fort Stewart		1T1-1T6	8
		1B1-1B5	6
		2T1-2T2	9
		2B1-2B3	5
		3T1-3T4	8
		3B1-3B4	4
		4T1-4T4	6
		4B1-4B4	6
Fort Hood	A	5-7	10
		8-10	8
Fort Lewis	A	5A,B; 9A,B; 10A,B	47
	B	17A-17D	59
USACRREL	A	1T-3T	88
		1B-3B	89
	B	1T-3T	39
		1B-3B	69
	C	1T-3T	68
		1B-3B	91
Port of Tacoma		1A-T,B; 2A-T,B	82
		1D-T,B; 2D-T,B	79
		1H-T,B; 2H-T,B	78
		3H-T,B; 4H-T,B	
Caycuse	12 percent cement	1A-1C	6
		2A-2C	3
WES beams	A	1-3	10
	B	1-3	48
NPD L beams		1-4	10
		5-9	11

表-3 相対動弾性係数DFE₃₀₀と気泡間隔 $\bar{L}$

Project	Mixture	Specimen No	DFE ₃₀₀	$\bar{L}$ (in.)
Fort Stewart		2T1	8	0.020
Fort Hood		5	10	0.012
Fort Lewis	A	5A	44	0.012
		9B	71	0.005
		10B	20	0.011
	B	17A	59	0.015
		17B	44	0.018
USACRREL	A	1B	89	0.008
	B	3B	75	0.010
	C	2T	81	0.010
Port of Tacoma		2A-T	84	0.010
		1DT	75	0.013
		2HB	82	0.010
Caycuse		2A	3	0.026
WES beams	A	1	10	0.030
	B	1	48	0.013
NPD L		2	10	0.018
		8	-	0.019
		9	11	0.022

という推定ができた。

前記の推定に基づく相対動弾数係数と
気泡間隔 $\bar{L}$ との関係を図-1に示す。

3. 膨張試験

膨張試験結果を表-4に示す。

(膨張量)

0.005%(50/10⁶)以下 凍結耐久性あり

0.005~0.02% さらに試験可能

0.02%(200/10⁶)以上 凍結耐久性なし

A. D. Buckの提案した上記の基準を適用すれば、RCC供試体は凍結耐久性の限界部分に属することになるが、各供試体は5~7サイクルの間、-9.4℃まで下げられた温度条件下で凍結に耐えた。RCCはW/Cが低く、ペースト中に凍結する水が殆ど存在しないために、凍結に対する耐久性があると考えられた。

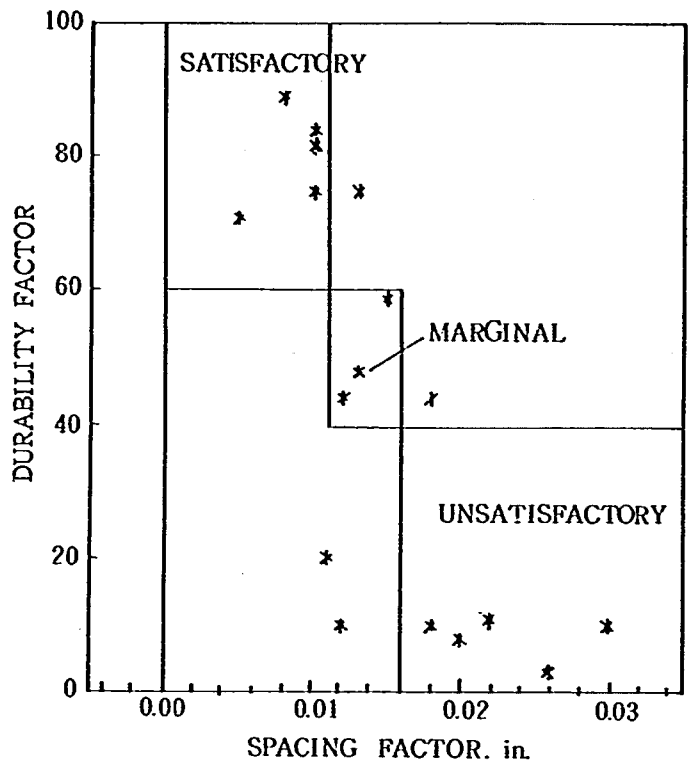


図-1 相対動弾性係数 DFE_{300} と気泡間隔 $\bar{L}$ との関係

表-4 膨張試験結果

Project	Mix- ture	Speci- men No	Test Cycle													
			1		2		3		4		5		6		7	
			Micro- inches	Mil- lonths	Micro- inches	Mil- lonths	Micro- inches	Mil- lonths	Micro- inches	Mil- lonths	Micro- inches	Mil- lonths	Micro- inches	Mil- lonths	Micro- inches	Mil- lonths
Fort Stewart		FS-4	375	75	425	85	130	26	250	50	220	50	430	86	325	65
Fort Hood	A	20-F	200	40	230	46	230	46	450	90	500	100	575	115	575	115
USACRREL	A	4	200	40	340	68	300	60	400	80	300	60	300	60	550	110
	B	4	175	35	125	25	125	25	250	50	175	35	250	50	175	35
	C	4	250	50	330	66	330	60	450	90	450	90	-	-	550	110
Port of Tacoma		3A-T	110	22	-	-	190	38	160	32	210	42	-	-	-	-
		3D-T	130	26	175	35	252	55	250	50	225	45	-	-	-	-
		3D-B	130	26	100	20	210	42	200	40	330	66	-	-	-	-
		5H-T	140	28	275	55	200	40	300	60	260	52	-	-	-	-
		5H-B	100	20	100	20	275	55	200	40	290	58	-	-	-	-

4. 曲げ・圧縮強度試験

曲げ・圧縮強度試験の結果を表-5に示す。圧縮強度は2930~8920psi (205~624kg/cm²)の範囲にあり、曲げ強度は510~1010psi (36~71kg/cm²)の範囲にあった。

表-5 圧縮及び曲げ強度試験結果

Project	Mixture	Approximate Age(days)	Avg Compressive Strength (psi)	Avg Flexural Strength(psi)
Fort Stewart		90	5,220	1,010
Fort Hood	A	28	4,780	830
Fort Lewis	A	90	5,790	690
	B	90	8,920	960
USACRREL	A	40	2,930	510
	B	40	6,500	860
	C	40	4,370	600
		40	6,500	860
Port of Tacoma		35	5,220	705
Caycuse		8 years	5,880	540
WES beams	A	28	6,250	730
	B	28	5,740	680
NPDL beams		28	6,900	650

参考：各施工現場の紹介

各施工現場における粒度・配合

表-6 R C C の骨材粒度

		Cumulative Percent Passing													
		Fort Stewart		Fort Hood		Fort Lewis		USACRREL				WES Beams		NPDL Beams	
		Natural Concrete		Concrete		Concrete		Concrete				Concrete		Concrete	
Sieve Size		Mix- ture	Mix- ture	Mix- ture	Mix- ture	Mix- ture	Mix- ture	Crushed Pit	Asphalt	Run	Port of Tacoma	Mix- ture	Mix- ture	Mix- ture	Mix- ture
Standard	Alternative	A	B	A	B	A	B	Asphalt	Run	A	B	A	B	A	B
50mm	2 in.			100											
37.5mm	1 1/2 in.	100		98											
25.0mm	1 in.	95		30	100	100			100	100		100		100	
19.0mm	3/4 in.	71		8	97	83		100	99	99	100	93		95	
12.5mm	1/2 in.	31		-	-	47		98	-	68	98	-		54	
9.5mm	3/8 in.	11		1	42	25		86	77	31	100	85		29	100
4.75mm	No 4	2	99		8	100	1	60	69	2	99	55	4	2	97
2.36mm	No 8		96		0	90	1	84	41	1	87	41	1	1	74
1.18mm	No 16		86			69		64	29		68	31		71	56
600µm	No 30		57			45	40	19	33		43	22		42	35
300µm	No 50		20			17	15	11	24		15	15		13	15
150µm	No 100		4			4	4	6	14		4	10		7	3
75µm	No 200		1			1	2	-	8		2	5		-	-

表-7 配 合

		Weight, Saturated Surface-Dry (lb/yd ³)								AEA (oz/cwt)
		Portland Cement	Fly Ash	4.75- 19.0mm	4.75- 25.0mm	4.75- 37.5mm	4.75mm- 75µm	19.0mm- 75µm	Water	
Fort Stewart		611	-	-	1,971	-	1,406	-	202	-
Fort Hood										
Mixture A		306	162	-	-	2,294	1,285	-	153	-
Mixture B		376	186	2,165	-	-	1,366	-	180	-
Fort Lewis										
Mixture A		320	172	1,967	-	-	1,546	-	176	-
Mixture B		499	-	-	-	-	-	3,468	206	-
USACRREL										
Mixture A		564	-	-	-	-	-	3,336	209	-
Mixture B		567	-	1,745	-	-	1,640	-	199	-
Mixture C		567	-	1,745	-	-	1,640	-	199	7.0
Port of Tacoma		450	100	-	-	-	-	3,400	256	-
WES beams										
Mixture A		561	-	1,960	-	-	1,472	-	196	-
Mixture B		548	-	1,837	-	-	1,437	-	191	7.5
NPDL beams		351	180	1,936	-	-	1,560	-	169	-

Note: AEA=air-entraining admixture; USACRREL=U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory; WES=Waterways Experiment Station; NPDL=North Pacific Division Laboratory, Dashes indicate material not used.

Ft. Stewart, Georgia

1983年7月、70m × 6m のRCCP試験工区が設けられた。版厚は22.5～32.5cmであり、現在、駐車場から戦車用道路への通路として供用されている。

RCCの材料はバッチ式のプラントで計量した後、ミキサー車で練り混ぜた。配合は粗骨材1169kg/m³、細骨材834kg/m³、セメント362kg/m³、水120kg/m³、W/C = 0.33であった。

RCCはミキサー車からローダーのバケットに移されて敷き広げられ、8.5t振動ローラで転圧された。厚さ約7.5cmの砂がRCCP上に敷かれて、養生のために3日間湿潤された。供試体は施工後3カ月経過後、採取された。

Ft. Hood, Texas

1984年7月、15170 m²の駐車場が兵器工場の近隣に施工された。45tの軍用車両の走行に対して、版厚は25cmとした。配合は以下の通りで、練りまぜは連続バグミルミキサで行った。

	①	②
Gmax	37.5 mm	19.0 mm
セメント	181 kg/m ³	223 kg/m ³
フライアッシュ	96	110
粗骨材	1360	1284
細骨材	762	810
水	91	107

RCCは15cmの碎石路盤上にアスファルトフィニッシャーで敷均され、9t振動ローラで転圧された。最初の24hr. は綿マットで湿潤養生を行い、その後、膜養生を行った。供試体はGmax=37.5 mmの配合のみ1ヶ月後に採取された。

Ft. Lewis, Washington

1984年10月、210 × 6.6 m のRCCPが15～19cmの版厚で施工された。試験工区はタイヤ装着車と無限軌道車（キャタピラ車）用の二次的な道路に使用されている。配合は次の通り。

	①	②
Gmax	19.0 mm	12.5 mm
セメント	190 kg/m ³	296 kg/m ³
フライアッシュ	102	0
粗骨材	1166	2057 (骨材全量)
細骨材	917	—
水	104	122
W / C	0.32	0.41

連続式バグミルミキサでRCCを練り混ぜた後、アスファルトフィニッシャで敷均し、9t振動ローラで転圧した。RCCPの表面をち密にするためにタイヤローラが使用された。養生は散水システムを用いて湿潤養生を7日間行った。供試体は3週間経過後、採取された。

USACRREL

1984年11月、7.5 m × 5.4 mのRCCPが版厚20cmで施工された。配合は以下の通り。

	①	②	③
Gmax	19.0 mm	19.0 mm	(配合は②に同じだが
セメント	338 kg/m ³	340 kg/m ³	AE剤添加)
フライアッシュ	0	0	
粗骨材	1978 (骨材全量)	1035	
細骨材	—	973	
水	124	118	
W / C	0.37	0.35	

練りまぜはアスコンの製造に使用されるバッチ式のミキサーを用いて行われた。敷均しには、アスファルトフィニッシャ、締固めには9t振動ローラを使用した。養生は、麻袋による湿潤養生が14日間行われた。供試体は1ヶ月後に採取された。

Port of Tacoma, Washington

1985年4月、コンテナ集積場において75,000 m²のRCCPが30～42.5cmの版厚で施工された。Gmaxは12.5mmで、骨材はアスファルト舗装に使用されるものと同じものを使用した。配合は、セメント267 kg/m³、フライアッシュ59 kg/m³、骨材2016 kg/m³、水152 kg/m³、W/C = 0.43であった。

RCCは連続式バグミルミキサーで練り混ぜられ、碎石路盤上において、アスファルトフィニッシャを用いて2層に分けて敷きならした。9t鉄輪ローラとタイヤローラで転圧を行った後、散水車による7日間の湿潤養生が行われた。供試体は3週間後に採取された。

Caycuse, British Columbia

1976年、バンクーバーの貯木場で18,400 m²、版厚35cmのRCCPが施工された。配合はGmax=19.0mm、粗骨材8% (重量比)、セメントは下層部20cmに対し7% (骨材重量比)、上層部15cmに対し12% (骨材重量比)であった。練りまぜは、連続式バグミルミキサーで行い、アスファルトフィニッシャで敷均し、振動ローラを用いて締固めが行われた。供試体は8年後に採取された。

転圧コンクリート舗装の現状

— 外国の文献を主として —

I S S N 0386 - 5878

土木研究所資料第2563号

昭和63年2月(1988)

安崎 裕, 片倉弘美, 樋野義周

小林茂敏, 丹野 弘

キーワード: コンクリート舗装, 転圧コンクリート, R C C P, 構造設計, 配合, 施工, ロール締固め

要 旨

近年, コンクリート舗装の新しい舗設方法の一つとして, 比較的短期間で簡単に施工できる, 転圧コンクリート舗装(R C C P)が諸外国において注目されており, 日本においてもすでに数例の試験施工が行なわれている。本報告は, R C C Pに対する認識を高め, 我が国でこの方法を採用する場合に解決しなければならない問題点を明らかにする目的で, これまで報告されているR C C Pに関する内外(主として外国)の主な文献を選定し, 調査・整理したものである。



郵便はがき

40円切手
をはって
下さい。

305-□□

茨城県つくば市旭一番地

建設省土木研究所

コンクリート研究室 御中

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料 第2563号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印