

V-1

木材ヤードにおけるRCCP工法の施工報告

大成道路株式会社 正員 石谷雅彦
 “ “ 鶴田孝之
 北海道大学工学部 “ 菅原照雄

1 まえがき

転圧コンクリート舗装 (Roller Compacted Concrete Pavement: 以下RCCPと略記する) は、単位水量の少ない超硬練りコンクリートをアスファルトフィニッシャーにより敷均し、ローラーにより転圧、整形し、仕上げる舗装である。この舗装は、コンクリート舗装の持つ特性とアスファルト舗装の施工性を兼ね備えた舗装工法として、我が国でも急速に関心が高まり現在その適用性に関する検討が各所で実施されている。

諸外国においては、1970年代頃からその適用が検討され、すでにスペインでは約400万 m^2 、フランスでは約200万 m^2 の実績があり、西ドイツ、アメリカ、カナダ、オーストラリア等でも実績が上がりつつある。

このたび、筆者等は苫小牧港に隣接した木材ヤードにおいてRCCP工法による舗装工事を実施する機会を得た。しかしながら、RCCP工法の設計、施工方法、供用性等についてはまだ不明な点が多いことから当該工事ではこれらの資料を得る目的で、RCCPの版厚、目地間隔、セメントの種類等を変えて施工を行ない、主に供用性に関する追跡調査を実施することにした。

本報告は、適用したRCCP工法の舗装構造、コンクリートの配合、施工方法および施工結果の概要を述べるとともに、施工後3ヶ月で行なった追跡調査結果の一部、室内実験の一部を紹介するものである。

2 工事概要

工事は、原木置場として未舗装で供用されていた木材ヤードの一部を、木材製品置場として使用するために行なった舗装工事である。工法の選択には、置場としての供用特性 (静止荷重による変形、フォークリフト等特殊重機によるスケーリング等)、早期供用性、経済性等の面からRCCP工法が採用されることになった。施工は、昭和63年6月に行なったもので、施工規模は約1万 m^2 、舗装断面は図-1に示すとおり現場混合方式によるセメント安定処理路盤を30cm、RCC版の版厚が15cm、および20cmの2通りである。なお、RCCPの舗設は6日間で終了し、施工後10日で供用開始した。

工事名 苫小牧港木材ヤード舗装工事
 発注者 苫小牧港施設利用協議会
 着手 昭和63年6月
 施工面積 $A=10000\text{m}^2$
 工法 RCCP工法

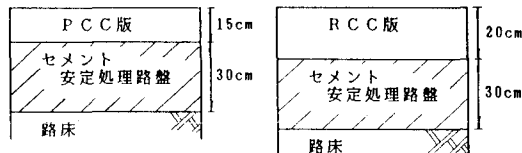


図-1 RCCPの舗装断面

3 舗装構造

路面およびRCC版の設計は、RCCPの品質特性が従来のコンクリート舗装と同様と見なしてセメントコンクリート舗装要綱を参考に行なった。セメントコンクリート舗装要綱に示される構造設計法は、路盤の支持力係数 (K値)、コンクリートの曲げ強度から推定される疲労耐力と交通荷重の大きさとその頻度および温度条件等から求まる疲労荷重の繰返しとを比較し、設計寿命期間内に十分な疲労抵抗を持続けることができるかどうか判定し版厚を決定するものである。ここでは、RCCPの締固め方法が従来のコンク

リート舗装と異なること等から、曲げ強度と圧縮強度の比が一般のコンクリートと異なるとの報文もあり、RCCP用コンクリート疲労特性については今後の重要な研究課題となるが、欧米においても在来の手法に準拠しておりRCCP独自の設計法を採用している事例が無いことなどから、コンクリート舗装要綱法に準拠したものである。

3-1 設計条件

当該ヤードの設計条件は、交通対象荷重が荷さばき用のフォークリフト（4 t級）および木材運搬用の大型車、交通量は概ねL交通相当（大型車交通量が 100台／日、一方向未満）で、耐用年数が5年であった。

3-2 路盤の設計

(1) 路床土

路床土の性状を把握するために掘削調査を実施した。掘削調査箇所は7ヶ所（1 箇所／1500m²）でありその結果は図-2に示す。

(2) 路盤材料

RCCPに用いる路盤の要求性能については、現段階では明らかでない。外国文献等でも、路盤に関する記述は比較的少なく、また使用する材料も粒状材料やセメントまたは石灰安定処理した材料等、適用個所に応じて使い分けている様である。これらのことから、RCCPの場合でも路盤に特別な性能は要求していないとみることができる。しかし、RCCPの場合主に施工性の点でスリップバーやタイバーにより目地部を補強することが困難なため、目地部やひびわれ部が開いた場合の荷重伝達の低減や雨水の進入による路盤の耐久性等を考慮すると、強化路盤が望ましい。

当該ヤードでは、現地路床土が砂質土系であるためセメント安定処理効果が期待でき、他の工法よりも経済的に有利であると判断されたことから、路上混合方式（スタライザー）によるセメント安定処理路盤とした。

(3) 路盤厚の設計

路盤厚は、セメントコンクリート舗装要綱の支持力係数による設計曲線から求めた。路盤厚の設計条件は強化路盤の目的から路盤面での支持力係数を $K_{30}=20\text{Kg/cm}^2$ とし、路床土の支持力係数が $K_{30}=5\text{Kg/cm}^2$ であったためセメント安定処理による路盤厚は30 cmとなった。

3-3 RCC版の設計

セメントコンクリート舗装要綱に示される設計法は、道路を対象としたものであることから、交通の走行条件が特定できないヤード舗装の版厚設計にそのまま準用するのは無理があると考えられるが、ここではフォークリフトや木材運搬車の搬入出路を限定し、道路と同じ走行条件にあると仮定し版厚を検討するとともに、要綱に示される交通量に応じた標準版厚についても考慮した。

(1) 版厚設計条件

RCC版厚の設計条件は、コンクリートの設計曲げ強度を 45kgf/cm^2 、設計輪荷重5 tで1 日当りの交通量を100 台、路盤の支持力係数 $K_{75}=8\text{kgf/cm}^2$ ($K_{30}=20\text{kgf/cm}^2$)、耐用年数を5年とし、その他の諸条件は、表-1のように仮定した。

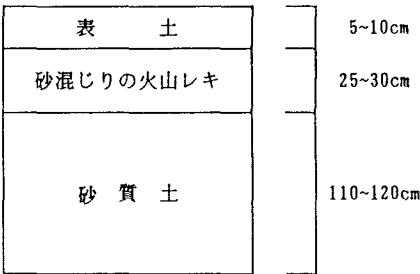


図-2 現地路床土の層構成

表-1 版厚の設計条件

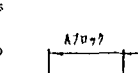
設計輪荷重	5,000kg
交通量	100 台／日× 365日×5 年×0.8
フォークリフトの設計曲げ強度	45 kgf/cm ²
〃 のヤング係数	300,000kgf/cm ²
〃 のポアソン比	0.25
〃 の膨張率	10×10 ⁻⁶ /℃
路盤の支持力係数	$K_{30}=8\text{kg/cm}^2$ ($K_{30}=20\text{kg/cm}^2$)
輪荷重応力の位置	自由縁部
走行位置	車線幅 2車線 4.5m
	路肩の有無 十分な幅の路肩有り
そり拘束係数	温度差正：0.96、温度差負：0.96
施工場所	都市部
温度差	温度差の大きいところ

(2) R C C版厚の決定

ＲＣＣ版の厚さをコンクリート版設計公式に従って検討した結果版厚20cmが必要となったが、交通量区分とコンクリート版の厚さの関係から、Ⅰ交通の標準版厚15cmについても施工を実施し追跡調査の対象とした。

3-4目地

RCC版の目地構造は、図-3に示すとおり横目地、縦目時ともカッター目地（深さ：版厚の $\frac{1}{8}$ 幅：8~10mm）とし、スリッパやタイバーは用いなかった。また版厚が15cmから20cmに変化する目地には、膨張目地を設けた。なお、RCC版の乾燥収縮や温度変化によって発生するひびわれ間隔がどの程度であるのか不明であったため、ここでは、今後の資料を得る目的でひびわれが発生すると考えられる



目地割りは、図-4に示すがそれぞれの目的に応じて6ブロックに分割した。各ブロックの内容を表-2に示す。

4 RCCP用コンクリートの配合

RCCP用コンクリートの配合は、コンクリートのコンシステンシーをマーシャル締固め用ランマーにより評価し、締固め易さ、仕上り面の性状、所要の強度等から最適な骨材粒度、単位水量、単位セメント量を定めた。

なお、コンシステンシーは、締固め試験（ $\phi 10 \times 10 \text{ cm}$ 、供試体を片面50回締固め）により求めた供試体密度と理論最大密度との比を締固め率として表し、これを施工

現在、RCCP用コンクリートの配合設計法としては、2つの方法に大別される。第1の方法は従来のコンクリート工学的な方法であり締固め方法としてはVC試験を採用している。他の方法としては、セメント安定処理混合物の経験に基づく土質工学的な配合設計法であり、締固め方法としてはJIS A 1210を準用している例が多い。

ここでは、施工方法の中で、施工機械が高性能アスファルトフィニッシャー、および振動ローラー、タイヤローラーを使用すること、骨材の最大粒径が20mmであることなどから、アスファルト混合物の配合設計に用いられるマーシャルコンパクター（ASTMD 1138）を用いた土質工学的な配合設計法に拠った。

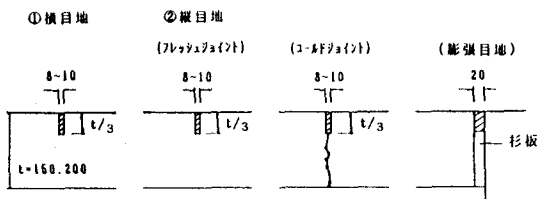


図-3 R C C版の目地構造

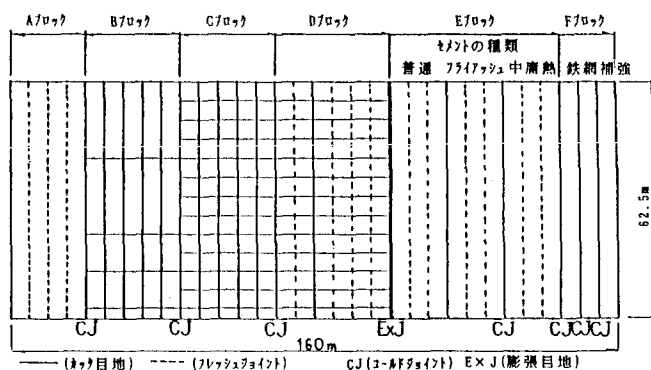


図-4 目地割り

表-2 目地割りの内容

版厚	ブロック名	内 容
15cm	Aブロック	目地なしの区間で、ひびわれを自由に発生させ、縦、横のひびわれ間隔、ひびわれ幅等の経時変化を調査。
	Bブロック	縦目地は、5m間隔にカッター目地を設け、横目地間隔を10mおよび20mとして、横ひびわれ発生間隔を調査。
	Cブロック	縦目地を5m、横目地を5m間隔でカッター目地を設け、ひびわれ発生の有無を調査。
	Dブロック	横目地は5m間隔にカッター目地とし、縦目地間隔を10m、20mとして、縦ひびわれの発生間隔を調査。
20cm	Eブロック	目地なしで、セメントの種類によるひびわれ発生状況を調査。
	Fブロック	目地なしで、RCC版内を鉄筋補強したブロックで、ひびわれ幅の経時変化を調査。

4-1 使用材料

使用材料は、骨材として道路用碎石の20~30mm、13~ 5mm、および川砂で、セメントは普通ポルトランド、フライアッシュB種、中庸熱ポルトランドの3種類である。なお、混和剤は減水剤、AE剤を用いた。

4-2 配合設計条件

配合設計条件を表-3に示す。曲げ強度の判定は早期供用を前提に材令7日で行ない、配合曲げ強度は現場での締固めの変動も考慮して57kg/cm²とした。

4-3 配合設計

配合設計は、締固め率が最大となる最適骨材合成粒度を締固め試験により求め配合曲げ強度(57kgf/cm²)、目標締固め率(96%)、およびフィニッシュビリティの得られる単位水量、水セメント比を決定した。

表-3 配合設計条件

粗骨材最大寸法	20mm
設計曲げ強度	45kgf/cm ² (材令7日)
配合曲げ強度	57kgf/cm ² (材令7日)
目標締固め率	96% (空隙率で4%)

表-4 R C C P用コンクリートの配合

セメント 種 類	W/C (%)	K _p α	K _m β	細骨材 率 (%)	単位 細骨材 容積	単 位 量 (kg/m ³)						理 論 大 小 密 度 g/cm ³	
						水	セ メント	細 骨 材	粗 骨 材				混 和 剤
									20-13	13-5	減水材		
普 通 (N C)	35	1.04	1.86	43.9	0.75	105	300	956	646	626	1.80	0.24	2.633
75%フライ (F C)	33	1.12	1.92	43.9	0.74	105	318	942	636	616	1.91	0.25	2.617
中 高 熱 (M C)	35	1.03	1.86	43.9	0.75	105	300	959	648	627	1.80	0.24	2.639

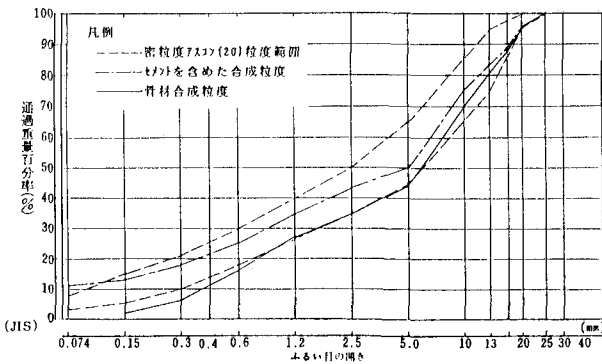


図-5 骨材合成粒度

5 施工

R C C Pの施工で特に注意を要する点は、所要の締固め率が得られるように十分締固めると同時に、材料分離や、セン断クラック等の応力集中の要素をできるだけ排除することである。これらを考慮した施工方法については、種々の施工条件、(使用機械 R C C P用コンクリートの配合、版厚、目地割り等)によって異なるため、本工事においては事前に試験施工を実施し施工方法の詳細を定めた。

5-1 舗設方法

当該工事では、前記図-4のように版厚、目地間隔、セメントの種類等の諸条件から、施工ヤードを6ブロックに分割したため、1日当たり4~6レーンで6日間で施工を終了するようにした。(200m³/日~380m³/日)また、舗設方向は各レーンとも延長62.5mを一定方向とした。舗設手順の概略を図-6に、舗設機械の諸元を表-5、編成を図-7に示す。

5-2 R C C P用コンクリートの製造、運搬

R C C P用コンクリートの製造は、生コン工場で行なったもので、練り混ぜは最大容量2.25m³のパン型ミキサを使用し1バッチの練り量を1.66m³、練り混ぜ時間70秒、排出時間20秒1サイクル90秒として行なった。また、プラントでの表面水の補正は赤外線水分計によるリアルタイム管理を実施した。

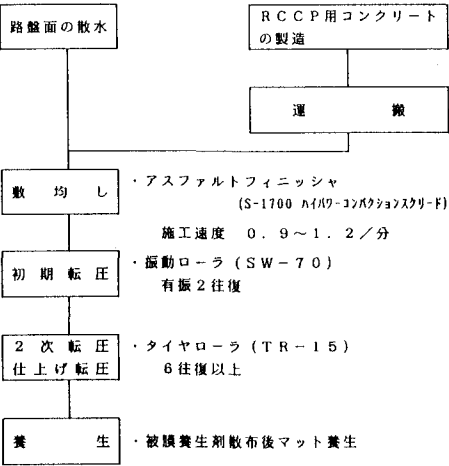


図-6 舗装手順の概略

R C C P用コンクリートの運搬には、ダンプトラック (5m³/台)を使用した。ダンプトラックは、運搬

時間が約15分であったことや、日施工量を考慮して1日6台で往復した。

5-3 敷きならし

敷きならしには、RCCPの平坦性を確保するために、高い敷きならし密度が期待できるハイパワーコンパクトスクリーンを備えたアスファルトフィニッシャ（西独フェーゲル社製S-1700）を使用した。

敷きならし速度は、1m/分で施工幅員を5mとし、版厚15cm、20cmとも一層施工とした。なお、余盛り量は10%を管理目標とし、スクリーンの高さの調整はグレードコンローラー（センサーローブおよびショートスキー）を使用し、各レーンの舗設端部は垂直エッジプレートを取付け垂直面に敷きならし、締固めた。

5-4 転圧

転圧は、敷きならし直後に振動ローラーにより有振で2往復した後、15tタイヤローラーで6往復以上締固め仕上げた。フレッシュジョイントの施工方法は、図-8に示すように前レーンの端部を50～60cm未転圧として残し、次のレーンを敷きならした後に同時に転圧して一体化するようにした。また、未転圧部分には湿潤養生マットによる養生を行ない、前レーンの敷きならしからフレッシュジョイントの転圧までの時間を90分以内とした。

5-5 養生とカッター目地

養生は、転圧終了後直ちに被膜養生剤を散布し、引き続き養生マットによる散水養生を3日間行なった。

カッター目地は、舗設の翌日または2日目に幅8～10mm深さが版厚の1/3になるように切り出し、目地材を注入した。

6 施工結果

当該工事では、RCCP版の品質および出来形、RCCP用コンクリートの品質を把握するために表-6に示す試験を実施した。これらの主な結果と施工後3ヶ月目に実施した追跡調査結果の一部を以下に示す。

6-1

(1) 締固め密度

締固め密度は、 $\phi 10\text{cm}$ のコア供試体を30本抜き取り表乾密度を測定して求めた。これを理論最大密度に対する締固め率として表わすと、締固め率は94.2～97.4%の範囲で平均96.2%、標準偏差0.88%と目標の96%をほぼ満足していた。また、これを目標値に対する締固め度で表すといずれも98%以上となる。

表-5 使用機械

通 用	機械名	型 式	能 力	製 造 会 社	備 考
RCCP用コンクリート製造	奥伊ノ型ミキサー	—	最大2.25m ³	I. II. I	
運 搬	ダンプトラック	—	11t	—	6台/日使用
敷均し	アスファルトフィニッシャ	S-1700	4100-2700 3300299-F	フェーゲル社	
初期転圧	振動ローラー	SW-70	7t	酒井重工業	
2次転圧 仕上げ転圧	タイヤローラー	TR-15	15t	川崎重工	
養 生	撒水車	—	—	—	—

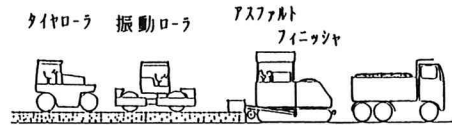


図-7 舗装機械の編成



写真-1 施工状況

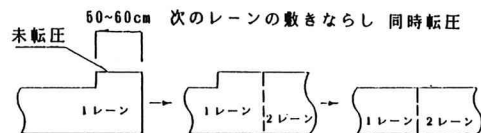


図-8 フレッシュジョイントの施工方法

表-6 各種調査試験項目

種 別	調査試験項目	調査試験方法	備 考
RCC版の品質	締固め密度	コア供試体表乾密度	$\phi 10\text{cm}$
RCC版の出来形	厚さ	コア供試体	$\phi 10\text{cm}$
	平坦性	3mプロファイルメータ	
RCCP用 コンクリートの品質	曲げ及び圧縮強度	JIS A 1106, 1108	10×10×40cm 20×20×40cm
	コンシステンシー	マーシャル締固め試験	ブラント、現場
	含水比		コンクリート
	骨材表面水率	JIS A 1111, 1125	その他赤外線水分計
	骨材粒度	JIS A 1102	
路盤の品質	平板載荷試験	JIS A 1215	30cm

(2) 版厚

版厚は、コア供試体の厚さから求めた。その結果、版厚15cmの場合、13.9～16.6cmの範囲で、平均15.3cm標準偏差0.86cm、版厚20cmでは17.8～22.6cmの範囲で、平均20.0cm、標準偏差1.62cmであった。版厚15cm、20cmとも平均版厚は満足するものの、個々の測定値はセメントコンクリート舗装要綱の-1.0cmを上回るものもあった。これは、主に施工技術の習熟度に起因するものと思われる。

(3) 平坦性

平坦性は、3mプロフィルメーターにより縦断方向（舗設方向）と横断方向の標準偏差を調べたが、縦断方向の場合、1.14～2.68mmの範囲で平均2.05mm、横断方向は2.11～3.08mm、平均で2.46mmであった。これも前項同様、施工技術の習熟によりさらに向上するものと考ええる。

6-2 RCCP用コンクリートの品質

RCCP用コンクリートの曲げ強度を測定した結果は、普通、フライアッシュ（B種）、中庸熱セメントのいずれも設計曲げ強度（材令7日）の45kg/cm²を満足していたが、配合曲げ強度（材令7日）の57kg/cm²と比較すると、普通と中庸熱が同程度、フライアッシュが10kg/cm²程度小さい結果であった。なお、普通セメントの場合の曲げ強度変動係数は4.4 %と一般のセメントコンクリート舗装の場合と同程度であった。

6-3 追跡調査

施工後、3ヶ月目に調査したひびわれの発生状況では、目地無しのA、E、Fのブロックではいずれも縦横のひびわれの発生が見られるのに対して、カッター目地を設けたB、C、Dブロックでは発生が少ない。現時点では、ひびわれを誘導するためのカッター目地が有効であることや、その目地間隔としては15m程度であることが推測されたほかAブロックにおいて最初の収縮ひびわれは全長が62.5mのほぼ中央に発生し、フレッシュジョイントで施工した4レーンを横断しコールドジョイントで止まっていたことなどから、RCCPの均一性についても確認ができたものと考ええる。

7 あとがき

以上、RCCP工法の木材ヤードにおける施工例として、施工概要、施工結果等について述べた。施工後の期間がまだ短いため、供用性等については不十分ではあるが、今後のRCCP工法の設計、施工方法等、技術基準の確立のための参考資料の一助になればと紹介させていただいた。

なお、当木材ヤードの供用状況は、現状では良好な供用性を維持している。しかし、寒冷地という苛酷な気象環境にあることから、凍結融解抵抗性、ひびわれ部の荷重伝達率の推移等の調査を引続き実施していく予定です。

最後に、施工をはじめ追跡調査において御指導下さいました、北海道工業大学の笠原教授をはじめ、多大なご協力を頂いた會澤高圧コンクリート（株）、日本ゼオン（株）、日本セメント（株）の関係各位の皆様へ紙上よりお礼を申し上げ「木材ヤードにおけるRCCP工法の施工報告」と致します。

<参考文献>

- 1) 豊原俊泰、吉岡博幸、高橋 隆；転圧コンクリート舗装の配合とその特性、セ技年報 41 昭和62
- 2) (社)日本道路協会；セメントコンクリート舗装要綱、昭和59年 2月
- 3) 中丸 貢；転圧コンクリートの薄層オーバーレイ工法への適用性に関する検討、舗装 昭和63年 4月
- 4) 安崎 裕；最近の道路舗装の動向、転圧コンクリート舗装について、九州技報 第3号 1988、6
- 5) THOMAS D. WHITE；Mix Design, Thickness Design, and Construction of Roller-Compacted Concrete Pavement, Transportation Research Record 1062
- 6) Horst-Dietrich Quitmann und Wolfgang Schlage；Erste Erfahrungen mit Walzbeton auf Verkehrsflächen, Straße und Autobahn - Heft 11/1987