

# 早期交通開放コンクリートを用いた スリップフォーム工法の検討

市川翔太郎・玉滝浩司・高原幸之助・野口純也・坂本寿信・浅生和彦

コンクリート舗装工事の省力化と工期短縮を目指し、早期交通開放コンクリートをスリップフォーム工法に適用するため、(1)配合試験、(2)実機試験、(3)試験施工を実施して適用性を評価した。粗骨材かさ容積、混和剤のタイプ、水セメント比、環境温度を変えて配合試験を行ったのち、実機試験を行った。その結果、すべての試験項目で目標値を満足した。試験施工では、舗装工事の省力化と工期短縮が図れ、問題なく施工することができた。また、施工直後の路面性状は、平坦性やすべり抵抗などの試験で基準値を満足した。

キーワード：早期交通開放型コンクリート舗装 (1DAY PAVE)、スリップフォーム工法、変形抵抗性

## 1 緒言

コンクリート舗装はアスファルト舗装に比べて、長寿命化やライフサイクルコストの抑制が期待できる。一般にコンクリート舗装では養生期間が必要なことから工期が長くなる。こうした点を改善する目的で、養生期間の短縮可能な早期交通開放型コンクリート舗装 (以下、1DAY PAVE) <sup>(1)</sup> をセメント協会が開発した。当初、小規模な人力施工を対象とした補修工法として開発したことから、これまで機械施工による大規模舗装工事に適用された事例は少ない。

一方、大型機械を使用したスリップフォーム工法は、型枠やレールなどの設置が不要であり、セットフォーム工法に比べて機械編成が少なく施工能力が高いため、施工の省力化や工期短縮、コスト低減を図れる。

本報では両者のメリットを活かし、コンクリート舗装工事の省力化と工期短縮を図ることを目的に、室内試験、実機試験、試験施工を実施し、その適用性を評価した結果について報告する。

## 2 試験概要

表 1 および表 2 に使用材料と試験項目および方法を示す。スランプと空気量の目標値はそれぞれ  $8\pm 2.5$  cm、 $5.5\pm 1.5$  %とした。また、既往の文献<sup>(2)</sup>を参考に、変形抵抗性試験のエッジスランプ (以下、ES) およびオーバーフロー (以下、OF) の目標値は、それぞれ 10 mm 以下、15 mm 以下とした。

写真 1 に ES、OF の測定箇所を示す。室内試験は 20°C環境で行い、フレッシュ性状は運搬時間を考慮して練上がりから 30 分後に評価した。材齢 1 日の曲

表 1 使用材料

種類	記号	使用材料	概要
セメント	C	早強ポルトランドセメント	密度：3.14 g/cm <sup>3</sup>
細骨材	S	砕砂	石灰石 (福岡県北九州市産) 表乾密度：2.69 g/cm <sup>3</sup>
粗骨材	G1	砕石 2010	硬質砂岩 (山口県山口市産) 表乾密度：2.69 g/cm <sup>3</sup> G1 : G2=60 : 40、実積率：59%
	G2	砕石 1505	
混和剤	SP	高性能 AE 減水剤	標準形または遅延形 主成分：ポリカルボン酸系
	AE	AE 剤	主成分：樹脂酸塩系界面活性剤
練混ぜ水	W	上水道水	

表 2 試験項目および方法

試験項目	試験方法
スランプ	JIS A 1101 : 2020 に準拠した。
空気量	JIS A 1128 : 2020 に準拠した。
変形抵抗性 <sup>2)</sup>	スライド板を設けた箱型装置 (250×250×250mm) にコンクリートを投入し、内部振動機を用いて締固めを行った。その後、表面を仕上げ、スライド板を引き抜き、スライド板の接していた試料上面中央部分の下がり量 (ES)、はらみ出し量 (OF) を測定した。
曲げ強度	JIS A 1106 : 2018 に準拠した。材齢 1 日まで練混ぜ時の環境温度で養生した後、20±2°C の水中養生を行い所定の材齢で試験に供した。

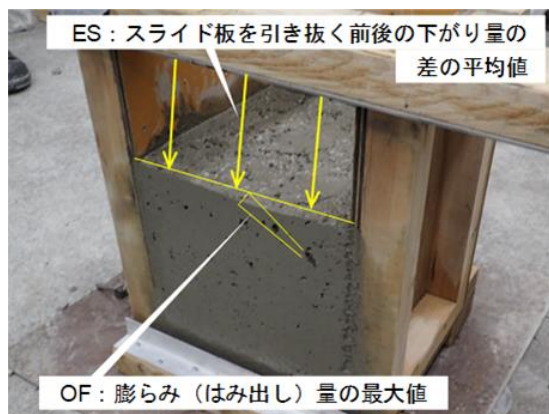


写真1 ES、OFの測定箇所

げ強度は、 $3.6 \text{ N/mm}^2$ （設計基準曲げ強度  $4.4 \text{ N/mm}^2 \times$  割増し係数  $1.15 \times 0.7^{(3)} = 3.54 \text{ N/mm}^2$ ）以上とした。

### 3 室内試験結果

#### 3.1 粗骨材かさ容積の検討

表3に粗骨材かさ容積を選定した際の配合条件を示す。既報<sup>4)</sup>を参考に水セメント比は37%とし、粗骨材かさ容積は0.730、0.760および0.790  $\text{m}^3/\text{m}^3$ の3水準に設定してフレッシュコンクリートの変形抵抗性および目視観察から最適な粗骨材かさ容積を決定した。

図1に粗骨材かさ容積とESおよびOFの関係を示す。変形抵抗性が最良となる粗骨材かさ容積は、ESでは0.730  $\text{m}^3/\text{m}^3$ 、OFでは0.760  $\text{m}^3/\text{m}^3$ であったので、目視観察により施工性や仕上げ性を考慮し、粗骨材かさ容積0.760  $\text{m}^3/\text{m}^3$ を採用した。

#### 3.2 環境温度別の混和剤タイプの比較

運搬や施工時のトラブルによる遅滞を想定して、遅延形の高性能AE減水剤を使用した場合のスランプの経時変化を測定した。

図2に環境温度別のスランプの経時変化を示す。各環境温度において、遅延形を使用した場合の方がスランプの経時変化は小さくなる傾向にあった。その傾向は、環境温度が35°Cの場合に顕著であった。

図3に混和剤の後添加が強度発現性に及ぼす影響を示す。環境温度が30°Cの場合については、セメント質量に対し0.3%の高性能AE減水剤を練上りの120分後に後添加し、スランプを回復させたコンクリートを用いて、後添加の有無による強度発現性への影響を調べた。その結果、いずれの材齢においても、混和剤の後添加による曲げ強度への影響は認められなかった。

表3 配合条件（粗骨材かさ容積の選定時）

水セメント比 (%)	単体量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )		粗骨材かさ容積 ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ )	細骨材率 (%)	空気量 (%)
	W	C			
37	143	386	0.730	36.5	5.5
			0.760	34.0	
			0.790	31.4	

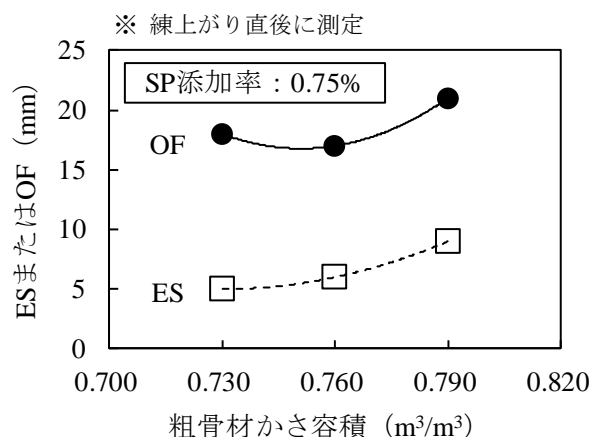


図1 粗骨材かさ容積とESおよびOFの関係

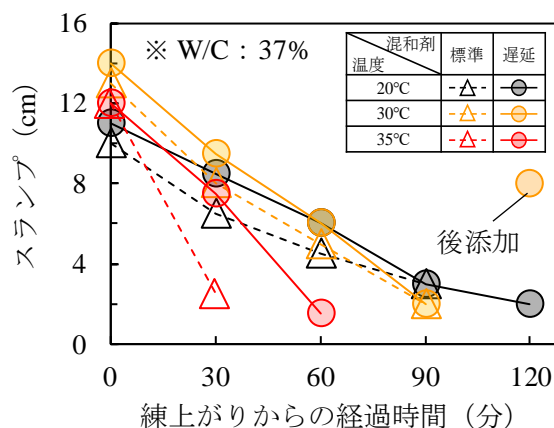


図2 環境温度別のスランプの経時変化

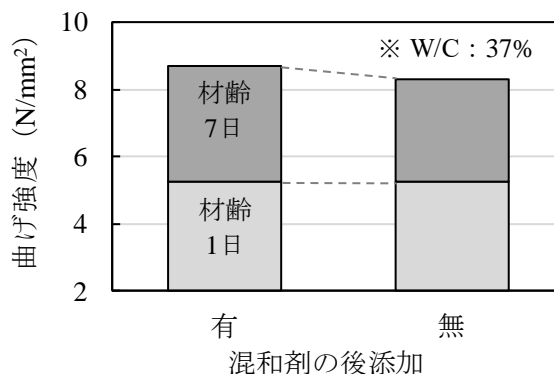


図3 混和剤の後添加が強度発現性に及ぼす影響

### 3.3 水セメント比の検討

水セメント比が小さいコンクリートを連続鉄筋コンクリート舗装に適用した場合、舗装後の自己収縮量や温度降下に伴う収縮量が大きくなる。そのため、収縮ひび割れ発生時に鉄筋にかかる応力度が降伏強度を上回り、その後のひび割れが制御できなくなることが懸念された。そこで、水セメント比を 37%、41%、45%の 3 水準に設定し、材齢 1 日および 7 日の目標曲げ強度を満足する水セメント比を調べた。

図 4 に水セメント比と曲げ強度の関係を示す。水セメント比が最も大きい 45%の場合でも、材齢 1 日の目標曲げ強度の 3.6 N/mm<sup>2</sup>以上を満足した。一方、水セメント比が 37%の場合では材齢 7 日で曲げ強度が 8.0 N/mm<sup>2</sup>を超え、水セメント比が 41%の場合では材齢 28 日で 8.0 N/mm<sup>2</sup>を超える結果であった。水セメント比が小さく、曲げ強度が 8.0 N/mm<sup>2</sup>を超える場合、鉄筋にかかる応力度が降伏強度を上回る可能性があったため、安全側となるよう水セメント比は 45%を採用した。

### 3.4 施工想定環境での強度発現性の確認

施工予定時期の日平均気温が 15°C~17°Cであったため、環境温度が 15°Cにおける強度発現性を事前に確認した。図 5 に環境温度別の曲げ強度の測定結果を示す。材齢 1 日の曲げ強度は、環境温度が 20°Cの場合に比べ 15°Cの場合では小さいが、養生終了曲げ強度の 3.6 N/mm<sup>2</sup>以上を満足した。また、15°C環境における曲げ強度は、材齢 2 日では 6.13 N/mm<sup>2</sup>、7 日では 7.22 N/mm<sup>2</sup>と良好な強度発現を示しており、設計基準強度の 4.4 N/mm<sup>2</sup>以上を満足した。

## 4 実機試験結果

生コンの出荷工場において、配合試験で得られた下記に示す配合条件で実機試験を行った。なお、品質試験時の環境温度は 20°Cであった。

- ・水セメント比 : 45%
- ・単位水量 : 143kg/m<sup>3</sup>
- ・空気量 : 5.5%
- ・粗骨材かさ容積 : 0.760 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>
- ・混和剤タイプ : 高性能 AE 減水剤 (遅延形)

表 4 に実機試験の結果を示す。練上がりから 30 分後の各種フレッシュ性状は目標値を満足した。また、材齢 1 日の曲げ強度は目標値を満足し、材齢 7 日以降の強度が過大に発現しないことも確認した。

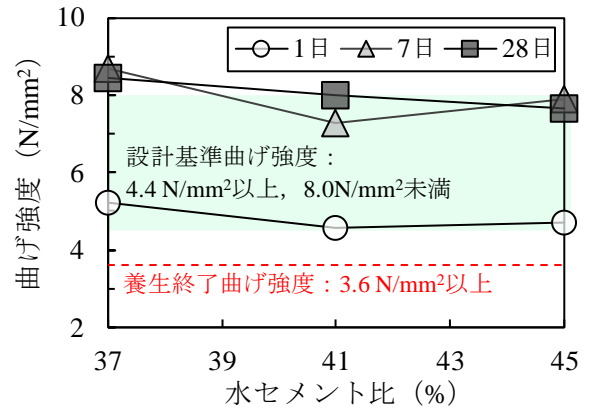


図 4 水セメント比と曲げ強度の関係

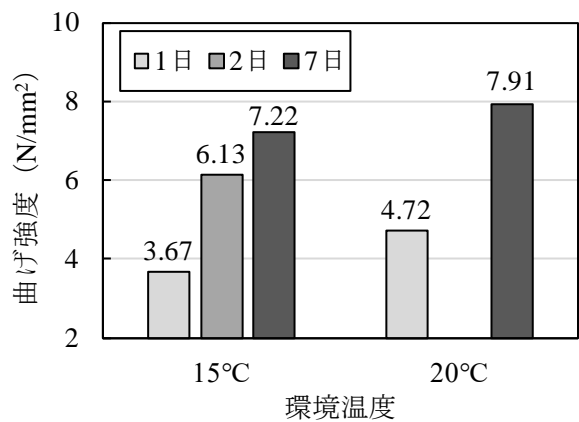


図 5 環境温度別の曲げ強度の測定結果

表 4 実機試験の結果

	スランプ (cm)	空気量 (%)	ES (mm)	OF (mm)	曲げ強度 (N/mm <sup>2</sup> )		
	練上がりから 30 分後				1 日	7 日	28 日
目標	8±2.5	5.5±1.5	≤10	≤15	≥3.6	≥4.4	—
実測	9.0	5.9	4	11	4.65	7.00	7.03

## 5 試験施工

### 5.1 概要

#### (1) 施工場所

施工は宇部伊佐専用道路 (山口県宇部市) で実施した。当該道路では、写真 2 に示す専用トレーラー (約 80t) が 300 台/日程度、その他大型車 (約 10t) が 260 台/日程度走行している。施工区間は片側 1 車線の対面通行区間である。

#### (2) コンクリート舗装の種類

本試験施工では、施工性を確認するため、普通コンクリート舗装および連続鉄筋コンクリート舗装

(以下、CRCP)の2工区を設定した。なお、普通コンクリート舗装は鉄網を省略した構造(以下、JPCP)とした。

(3) 舗装構造および詳細

表5に舗装構造詳細を示す。舗装構造は、舗装設計便覧<sup>6)</sup>に示される「理論的設計方法」に基づいてコンクリート版厚の設計を行い、JPCP、CRCPともに、コンクリート版厚を30cmとした。なお、コンクリートの配合は、実機試験時と同様とした。



写真2 専用トレーラー

5.2 コンクリート版の施工

(1) 施工手順

図6に舗装断面を示す。まず、既設アスファルト舗装を剥ぎ取り、既設上層路盤の高さ調整を行った。その後、アスファルト中間層を施工した。

コンクリート版の施工には、スリップフォームペーパー(WIRTGEN社製、SP-500)を使用し、既設アスファルト舗装天端より50mm下げた箇所をスリップフォームペーパーのクローラが走行しながら、コンクリート版を施工した。スリップフォームペーパーが走行した箇所はコンクリート養生終了後にアスファルト舗装で復旧した。

(2) 施工状況

図7に機械施工図を示す。コンクリートは、JPCPではトラックアジテータから直接打ち込み、CRCPでは横取り機を使用して打ち込んだ。また、JPCPは日中の3日間で施工し、施工時の平均気温は約20°C、打込み量は約160m<sup>3</sup>/日であった。一方、CRCPは夜間の2日間で施工し、施工時の平均気温は約13°C、打込み量は約120m<sup>3</sup>/日であった。

写真3にコンクリート版の施工状況を示す。

(3) コンクリートの受入検査

図8~11に受入検査結果を示す。すべての検査において目標値を満足し、施工性も良好であった。

表5 舗装構造詳細

舗装種別	JPCP	CRCP
施工延長	400 m	200 m
施工幅員	4.0 m	
舗装構成	コンクリート版 30cm	
	中間層 4cm	
	上層路盤 16cm	
	下層路盤 35cm	
設計手法	理論的設計方法 <sup>5)</sup>	
横収縮目地	目地間隔 6m	なし
横膨張目地	施工起終点	JPCP 接合部
仕上げ	ほうき目仕上げ後、 タイングルービングとした。	

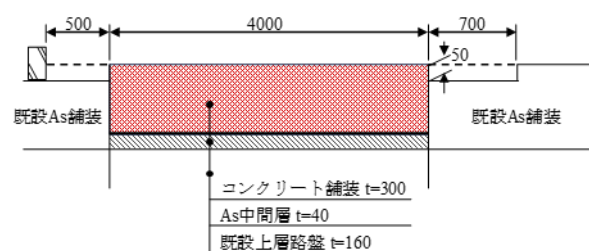


図6 舗装断面

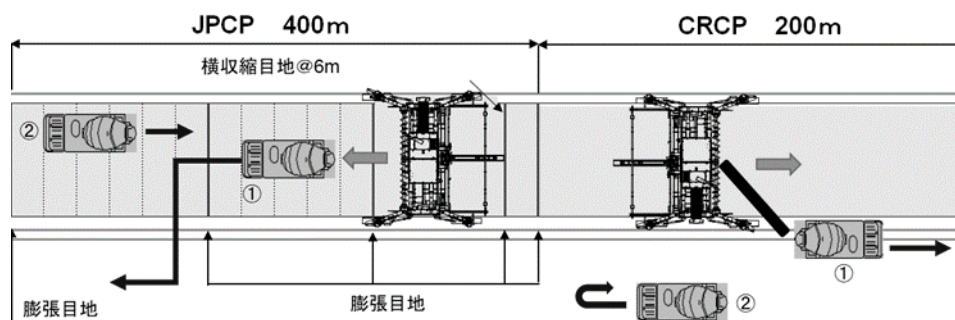


図7 機械施工図



写真3 コンクリート版の施工状況

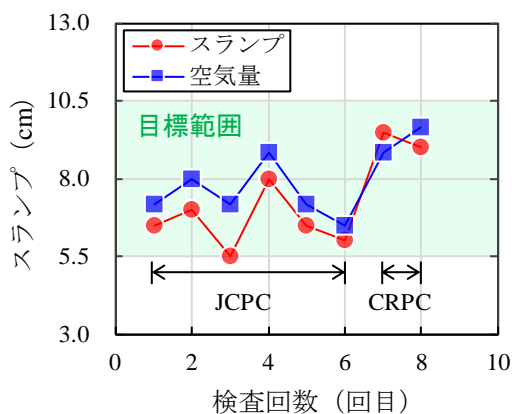


図8 スランプおよび空気量

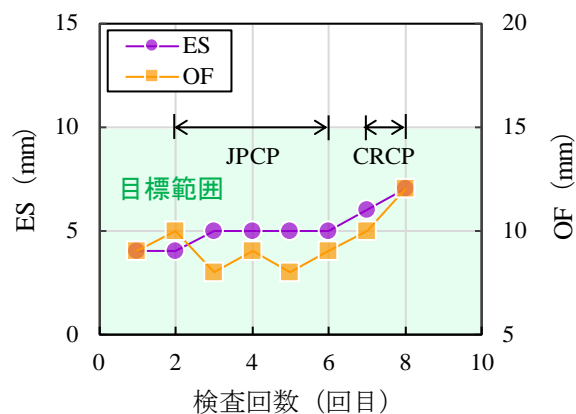


図9 ESおよびOF

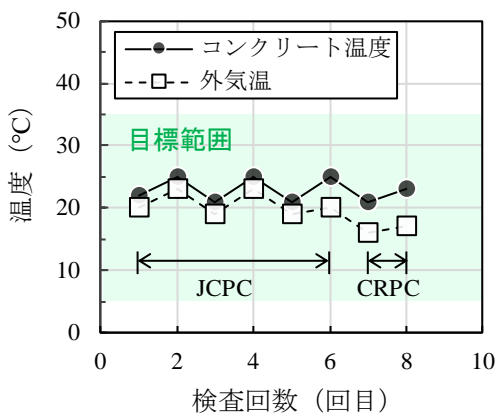


図10 コンクリート温度および外気温

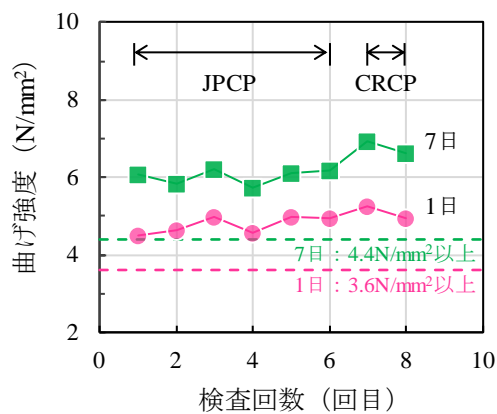


図11 コンクリートの曲げ強度

表 6 路面性状の調査結果

項目	単位	基準値	JPCP	CRCP
平たん性	mm	2.4 以下	1.38	1.34
すべり抵抗 (BPN)	—	60 以上	93	92
すべり抵抗 (DFT)	$\mu_{80}$	0.35 以上	0.54	0.47
路面のきめ深さ (CT メータ)	mm	—	1.16	1.46
荷重伝達率 (目地中央部) ※1	%	80 以上	85.0	—
荷重伝達率 (目地隅角部) ※1	%	80 以上	86.3	—
ひび割れ幅 ※1	mm	0.3 以下	—	0.1~0.2
平均ひび割れ間隔 ※1	cm	—	—	303

※1 施工完了の1か月後に実施した。

### 5.3 路面性状調査

施工直後に路面性状の調査を実施した。表 6 に路面性状の調査結果を示す。施工直後の路面性状においては、目標とする基準値 (平たん性、すべり抵抗など) を満足しており、良好な性状であることを確認した。

## 6 結 言

コンクリート舗装工事の省力化と工期短縮を実現するため、1DAY PAVE 用のコンクリートを改良してスリップフォーム工法に適用した。その結果、コンクリートの品質やスリップフォームペーパーによる施工性も良好であることが確認できた。また、施工後の路面性状は、平たん性やすべり抵抗などの試験で基準値を満足した。今後は、本工法の適用実績拡大のために、本現場の追跡調査を行い路面性状の確認や情報発信を継続して実施することで「早期交通開放型コンクリート (1DAY PAVE) を用いたスリップフォーム工法」の普及を推進していく所存である。

【謝辞】本試験施工を行うにあたりご指導頂いた東京農業大学 小梁川雅 名誉教授、実機試験ならびに施工にご協力頂いた萩森興産株式会社の皆様に深謝いたします。

### 参考文献

- (1) セメント協会：「早期交通開放型コンクリート舗装 1DAY PAVE 製造施工マニュアル 第2版」(2022)。
- (2) 鈴木徹、塚本真也、坂本寿信、酒井宏和、鎌田孝行、齊藤一之：「舗装用スリップフォーム工法コンクリートの自立性、脱型性を評価する品質管理手法につ

いて」、道路建設、No.740、pp.71-77 (2013)。

- (3) 日本道路協会：「舗装施工便覧 (平成 18 年度版)」、p.166-167 (2006)。
- (4) 田中将平、五十嵐浩行、坂本寿信、浅生和彦：「早期交通開放型コンクリート舗装のスリップフォーム工法への適用性の配合検討」、第 76 回セメント技術大会講演要旨 2022、pp.110-111 (2022)。
- (5) 日本道路協会：「舗装設計便覧」、p.166-193 (2006)。

---

市川翔太郎・いちかわ しょうたろう  
研究所 コンクリート研究室  
生コン・特殊コングループ 研究員

玉滝浩司・たまたき こうじ  
研究所 コンクリート研究室  
生コン・特殊コングループ グループリーダー

高原幸之助・たかはら こうのすけ  
研究所 コンクリート研究室 室長

野口純也・のぐち じゅんや  
株式会社佐藤渡辺 技術研究所 室長

坂本寿信・さかもと としのぶ  
株式会社佐藤渡辺 技術研究所 所長

浅生和彦・あさお かずひこ  
株式会社佐藤渡辺 技術部