

4. 早期交通開放型コンクリート舗装【1 DAY PAVE】の実施工

Construction site of concrete pavement with early traffic opening “1 Day Pave”

山崎 順二*1 河合 智寛*2 宇井 衛*2

要 旨

早期交通開放型のコンクリート舗装である【1 DAY PAVE】を、「技術研究所・ANNEX 棟新築工事」作業所の外構舗装（本館と ANNEX 棟の間の路面）に採用した。1 DAY PAVE は、アスファルトに比べて供用後の維持補修に係わるランニングコストが非常に安く、超寿命かつメンテナンスフリーであり、供用期間を長く設定するほど LCC において優位となる。また、打込み翌日に交通開放できるため、施工性もアスファルトと同等である。今回の実施工では、目地間隔とひび割れ抵抗性の関係を検証するために目地間隔を 2.5m～7.0m まで 4 段階に設定した。長期のひずみ計測および表面観察の結果、目地間隔 7m の部位のみ材齢約 11 ヶ月の時点で目地間中央付近に収縮ひび割れが生じたが、概して高品質かつ美観性の高い舗装であることが検証できた。

キーワード：コンクリート舗装，早期開放，早強ポルトランドセメント，レディーミクストコンクリート，超寿命

1. はじめに

舗装面の長寿命化や維持管理費用の削減を目的として、コンクリート舗装が活用され始めている。コンクリート舗装は、アスファルト舗装に比べて交通開放されるまでの養生期間が一般的に長くなり、また初期建設費がアスファルトに比べて大きくなることなどから、道路延長に占めるコンクリート舗装の割合は 5%程度に留まっている。しかし、コンクリート舗装はアスファルトに比べて供用後の維持補修に係わるランニングコストが安く、舗装の供用期間を長く設定するほど LCC で優位となる。

一般に、道路舗装に使用されるコンクリートは、設計基準曲げ強度 4.50N/mm^2 を満足することに加え、1 DAY PAVE では、打込み終了後 24 時間の時点で 3.50N/mm^2 以上の強度を発現していることが要求される。この値は、設計基準曲げ強度に割増係数を乗じた強度値の 70%であり、舗装面の湿潤養生終了の目安として扱われている。本工事では上記の条件を踏まえた実験により策定された、大阪兵庫生コンクリート工業組合「配合設計マニュアル 1 DAY PAVE」に準じて配合を決定することとした。

2. 配合決定の手法

1 DAY PAVE は、打込み後 24 時間での曲げ強度が 3.50N/mm^2 以上であることがクリティカルな条件となる。この条件を満たすようにコンクリートの配合を決定する必要がある。本工事では、以下に示す(1)～(3)の考え方および手順で配合を決定した。

- (1) 本工事における打込み時期は 11 月中旬であり、過去 10 年間の枚方市の平均気温は 12°C 程度である。この気温での材齢 24 時間までの積算温度 $M(^{\circ}\text{C}\cdot\text{h})$ は $M=528(^{\circ}\text{C}\cdot\text{h})$ である。
- (2) 図-1 に示す曲げ強度と供試体の積算温度の関係から、曲げ強度 3.50N/mm^2 を超える水セメント比は、概ね $W/C=32\%\sim 35\%$ の範囲となる。
- (3) スランプは 18cm，単位粗骨材かさ容積は $0.665\text{m}^3/\text{m}^3\sim 0.670\text{m}^3/\text{m}^3$ の範囲，単位水量を $165\text{kg}/\text{m}^3$ として計画した。

以上により決定した配合のコンクリートについて、出荷予定の S 工場にて室内試験練りを実施し、所要の品質お

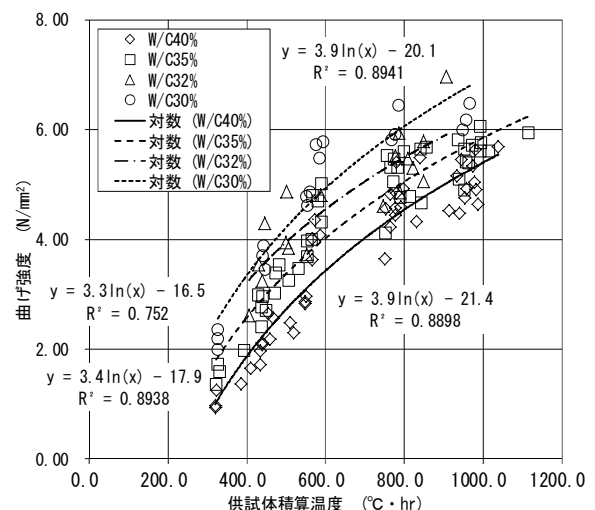


図-1 曲げ強度と供試体積算温度の関係

*1 技術研究所 兼 大阪本店建築部品質管理室

*2 技術研究所 建築材料研究グループ

よび強度発現性が得られることを確認した後、技術研究所・ANNEX 棟新築工事における実施に供した。

3. 室内試験練り

3.1 1 DAY PAVE の配合および使用材料

S 工場における室内試験練りは、水セメント比 $W/C=32\%$ を主とし、経済性および施工性を考慮して $W/C=35\%$ の配合についても練り混ぜた。表-1 に 1 DAY PAVE コンクリートの計画配合表を示す。単位粗骨材かさ容積は、大阪兵庫生コン工組の配合設計マニュアルに準じ、ワーカビリティに配慮して $W/C=32\%$ の配合では $0.668\text{m}^3/\text{m}^3$ 、 $W/C=35\%$ では $0.665\text{m}^3/\text{m}^3$ とした。使用材料は、セメントには早強ポルトランドセメント、粗骨材は大阪府茨木産砕石、細骨材には大阪府高槻産砕砂と大分県津久見産石灰砕砂を容積比で 60:40 の割合で混合して使用した。

3.2 室内試験練りの結果および考察

S 工場で実施した室内試験練りにおけるフレッシュコンクリートの試験結果を表-2 に示す。

スランプおよび空気量とも許容範囲内（目標値はそれぞれ $18\text{cm} \pm 2.5\text{cm}$ および $4.5\% \pm 1.5\%$ ）であり、計画通りのフレッシュコンクリートの品質が得られることが確認できた。ワーカビリティについては、 $W/C=32\%$ においてはコンシステンシーがやや高く、 $W/C=35\%$ と比較してフィニッシュアビリティがやや劣ることが懸念される状態であった。

図-2 に、室内試験練りにおける材齢 7 日までの曲げ強度の発現性を示す。材齢 24 時間（1 日）における曲げ強度の目標値が $3.50\text{N}/\text{mm}^2$ 以上として配合を決定したが、試験結果は両者とも $5.3\text{N}/\text{mm}^2$ 程度を発現しており、十分な強度発現が得られている。図-3 に圧縮強度発現性を参考として示す。圧縮強度は、材齢 1 日で $35\text{N}/\text{mm}^2$ 以上を発現している。また、写真-1 に示すように曲げ強度試験に影響のない位置に熱電対を設置して供試体の水和発熱による温度上昇履歴測定した。水和発熱温度を測定する目的は、図-1 により設定した曲げ強度発現が $3.5\text{N}/\text{mm}^2$ 以上となる 1 DAY PAVE に使用するレディーミクストコンクリートの水セメント比と供試体積算温度との整合性を確認するためである。

図-4 に示す測定結果から、 $W/C=32\%$ と $W/C=35\%$ の供試体の温度履歴による積算温度 M は、両者とも $M=815(^{\circ}\text{C}\cdot\text{h})$ 程度であり、図-2 に示した材齢 24 時間での曲げ強度発現は、図-1 に示した曲げ強度と供試体積算温度との関係図との整合性が高いことが確認できた。

表-1 1 DAY PAVE の計画配合表

水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						
		単位水量 W	セメント C	細骨材		粗骨材		混和剤 (C×%)
				S1	S2	G1	G2	
35	39.7	165	471	404	271	519	519	0.75
32	38	165	516	380	253	521	520	1.05

表-2 フレッシュコンクリートの試験結果

W/C (%)	スランプ (cm)	スランプフロー (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 ($^{\circ}\text{C}$)	単位水量測定値 (kg/m^3)
35	18.0	29.0 X 29.0	3.8	21.0	166.9
32	20.0	40.0 X 37.5	3.9	22.0	167.7

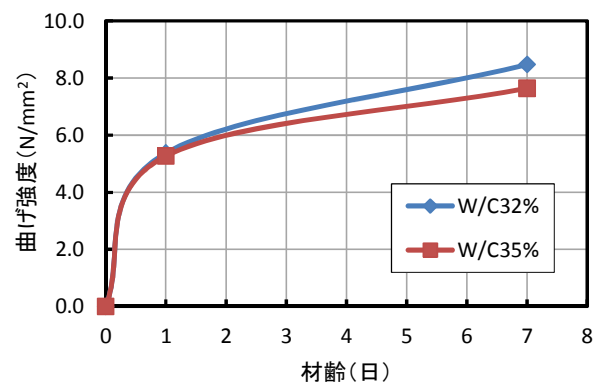


図-2 室内試験練りにおける曲げ強度発現性

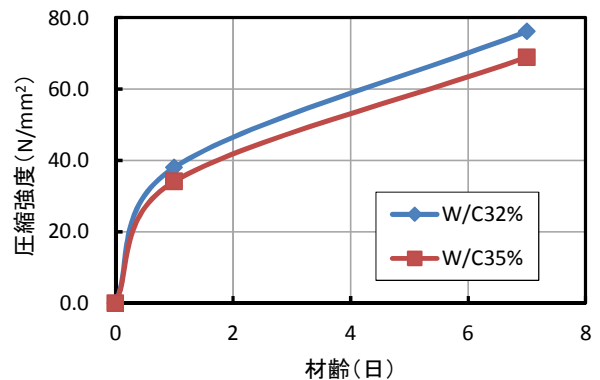


図-3 室内試験練りにおける圧縮強度発現性

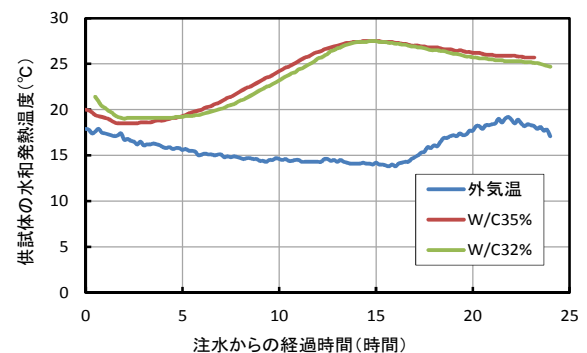


図-4 供試体の水和発熱温度履歴



写真-1 供試体の水和発熱温度履歴の測定

このことから、実施工時期の環境温度を、気象庁データなどに基づき統計処理して設定するにより、所要の強度発現を有する施工時期に応じた 1 DAY PAVE の配合、つまり水セメント比の設定が、図-1 の関係図から導出できることが確認できた。

4. 1 DAY PAVE の実施工による検証

4.1 実施工の概要

室内試験練りによりフレッシュコンクリートの性状および所要の曲げ強度発現性が得られることが確認できた 1 DAY PAVE の 2 配合を、技術研究所・ANNEX 棟新築工事における外構舗装(本館と ANNEX 棟の間の通路面)に採用した。

実施工に使用した 1 DAY PAVE に打ち込むレディーミクストコンクリートは、室内試験練りと同じ表-1 に示す 2 種類の早強ボルトランドセメントを使用した配合を S 工場で製造し、トラックアジテータに積み込み 15 分程度の運搬の後、スクィーズ式コンクリートポンプ車を用いて所定の舗装路面に打ち込んだ。施工日は 2018 年 12 月 13 日であった。打込み後、材齢 5 日まで、1 DAY PAVE コンクリート舗装面を湿潤状態とした。

4.2 実施工における検証項目

図-5 に、打込み部位の平面概要と目地位置を示す。2 種類の水セメント比の 1 DAY PAVE コンクリートを、17.5m×2.5m のエリアにそれぞれ打ち分けた。伸縮目地(2018 年 12 月特許出願済(特願 2018-226355))の設置位置については、ひび割れ発生に対して適切な目地間隔を把握することを目的として、打込みエリアの短辺方向 2.5m に対して、目地間隔を 2.5m, 3m, 5m および 7m と 4 水準設定した。さらに、伸縮目地に区切られたそれぞれのスパンの中央断面内に、埋込み型ひずみゲージを設置し、長期間のひずみ計測を行うこととした。写真-2 に断面内へのひずみゲージの設置状況を示す。

なお、舗装面のひずみ計測と併せて、フレッシュコン

17,500				
2,500	3,000	5,000	7,000	
2500	3000	5000	7000	W/C32-18-20 H
2500	3000	5000	7000	W/C35-18-20 H

図-5 1 DAY PAVE 打込み舗装部の平面状況

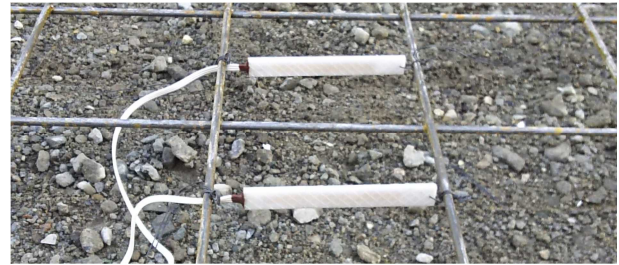


写真-2 埋込み型ひずみゲージ設置状況

表-3 実施工時のフレッシュコンクリートの性状

W/C (%)	スラブ (cm)	スラブフロー (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (°C)	外気温 (°C)
35	20.0	33.0 X 28.5	4.7	14.0	8.0
32	21.5	43.5 X 43.5	3.5	14.0	10.0

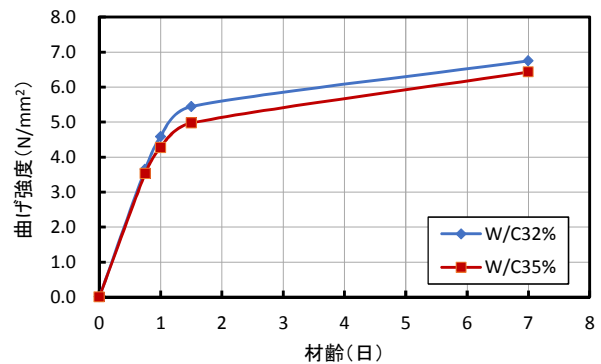
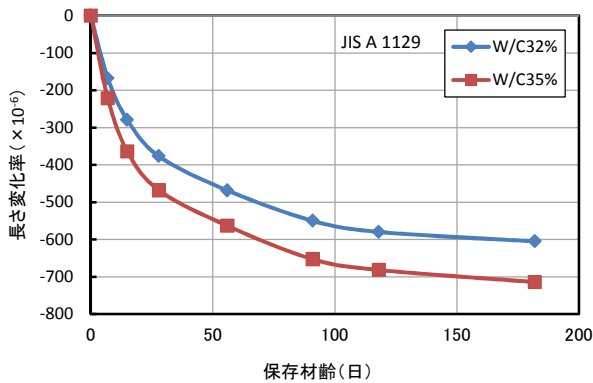


図-6 曲げ強度発現性(実施工時)

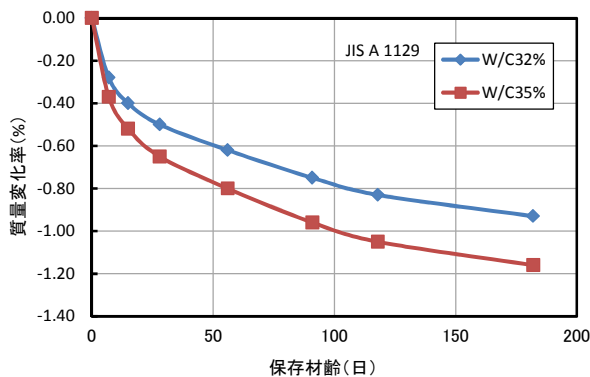
クリートの受入れ検査、曲げ強度試験(材齢 18 時間後(h)・24h・36h および 7 日)用の 10×10×40cm 角柱供試体および長さ変化測定用の供試体をそれぞれ作製した。

4.3 実施工の結果および考察

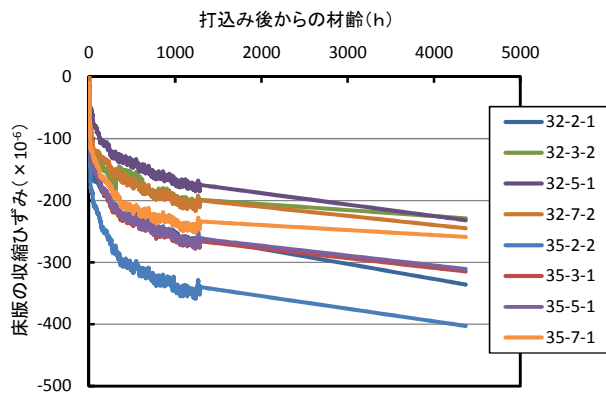
表-3 に、実施工時の受入れ検査におけるフレッシュコンクリートの試験結果を示す。外気温は 8℃~10℃、荷卸し時のコンクリート温度は 14℃であり、配合計画時に想定した温度よりも 2℃程度低い状況であった。フレッシュコンクリートの品質は室内試験練り時よりもややワーカビリティが良く、粘性は比較的高いもののポンパビリティにも概ね問題はなかった。



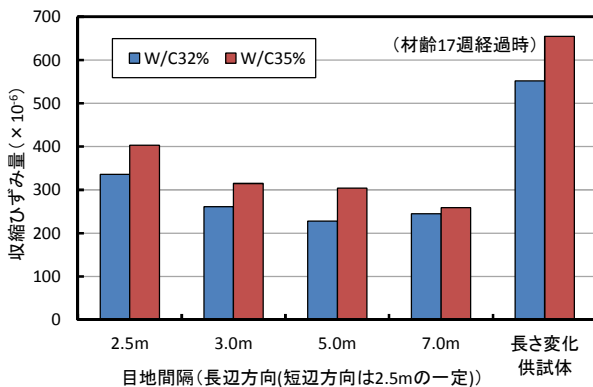
図－7 長さ変化率測定結果（実施工時）



図－8 質量変化率（実施工時）



図－9 舗装面の収縮ひずみ測定結果



図－10 目地間隔が収縮ひずみに及ぼす影響

図－6に、実施工時に荷卸し地点で採取した供試体の曲げ強度試験結果を示す。材齢24h（1日）の時点で両配合とも曲げ強度が 4.0N/mm^2 以上（目標値は 3.5N/mm^2 ）となり、外気温が配合計画時の想定よりもやや低かったにもかかわらず、ほぼ計画通りの強度発現性が得られた。

図－7に実施工時に採取した供試体における保存材齢26週までの1 DAY PAVE コンクリートの長さ変化率を、図－8に質量減少率を示す。JIS A 1129に準じて測定した保存材齢26週（182日）の時点での長さ変化率（乾燥収縮率）は、 $W/C=35\%$ が 714×10^{-6} 、 $W/C=32\%$ が 605×10^{-6} と低水セメント比の方が小さく、質量減少率も同様の傾向が確認できた。

図－9に、1 DAY PAVE コンクリート舗装部（床版）の埋込み型ひずみゲージによる収縮ひずみの測定結果を示す。凡例の表記は「 $W/C(32 \cdot 35)$ －目地間隔(2・3・5・7)－ゲージ番号(1・2)」である。打込み後2ヶ月程度までデータロガーによりインターバル自動計測を行い、その後は手動計測に切り替えて材齢26週まで計測した。舗装面には $\phi 6\text{mm} \times 100\text{mm}$ 角のワイヤーメッシュが設置されており、図－7に示した供試体の乾燥収縮率と比較して、床版の収縮ひずみは、拘束を受けることによって50%～60%程度小さくなっている。

図－10に、1 DAY PAVE 舗装面の目地間隔ごとの収縮ひずみ量を示す。目地間隔が収縮ひずみ量による影響については、1 DAY PAVE の水セメント比にかかわらず、目地間隔が大きくなるほど、床版の収縮ひずみ量が小さくなる傾向が伺えた。これは、目地間隔が大きくなるほど、コンクリートの収縮ひずみ量が適度に分散したためと推察される。

一方、打込み後約11ヶ月の時点で、目地間隔7mの床版の目地間中央部付近に、短辺方向に平行した幅0.3mm程度の収縮ひび割れが1本発生した。これ以外にはひび割れの発生はなく、材齢1.5年程度の時点で良好な美観性を保持している。今回の実証実験の結果からは、目地間隔を短辺方向長さの2倍以内とすることによって、収縮ひび割れの発生を回避することができた。写真－3には打込み前の状況を、写真－4には施工後の1 DAY PAVE コンクリートの舗装面の状況を示す。

5. まとめ

早期交通開放型のコンクリート舗装である1 DAY PAVE を、技術研究所・ANNEX 棟新築工事における外構舗装（本館とANNEX 棟の間の通路面）に採用した。実施工による検証実験で得られた結果を以下に示す。

- (1) 冬期の施工であったが、ワーカビリティや圧送性に大きな問題は生じず、材齢 24 時間で交通開放に必要として設定した所要の曲げ強度 (3.5N/mm^2 以上) を発現した。
- (2) 収縮ひび割れは、目地間隔 7m の床版にのみ発生したが、目地間隔 5m 以下の床版においては良好な美観性を保っている。
- (3) 本検証実験の結果から、1 DAY PAVE コンクリートによる床版のひび割れ発生を回避するためには、目地間隔を短辺方向の 2 倍以内とすることが有効と考えられる。

以上、実施工による検証実験の結果、レディーミクストコンクリート工場で製造したコンクリートを用いたコンクリート舗装は所要の性能を有しており、目地間隔の設定に関する有用な情報が得られた。

早期交通開放型コンクリート舗装 1 DAY PAVE は、超寿命かつメンテナンスフリーであることから、アスファルトに比べて供用後の維持補修に係わるランニングコストが大幅に軽減でき、供用期間を長く設定するほど LCC においても大いに優位と考えられる。

今後、当社における SDGs 達成に向けた取り組みのひとつとして、本技術の積極的な有効利用を目指したい。

【謝辞】

1 DAY PAVE の検討から採用に関して、大阪本店建築部（木戸秀典工事長）並びに大阪兵庫生コンクリート工業組合の関係者の皆様にも多大なご支援をいただきました。ここに記して感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 大阪兵庫生コンクリート工業組合（舗装コンクリートの調査および普及促進ワーキンググループ）：配合設計マニュアル 1 DAY PAVE, pp.14-21, 2018.7.



写真-3 1 DAY PAVE 打込み前



写真-4 1 DAY PAVE 竣工後