

供用5年を経過した 千葉県道のホワイトトッピング試験舗装の性能

(社)セメント協会 舗装技術専門委員会*

1. はじめに

ホワイトトッピング舗装は、1990年代に米国で既設アスファルト舗装の新しい補修工法として研究が開始された。その後、試験舗装などにより設計方法、施工および補修方法が提案され、現在実用段階に来ている。この舗装は、既設アスファルト舗装のわだち掘れ対策工法であり、ポイントは既設のアスファルト舗装とコンクリートが付着していることである。その付着力の大小は、界面の物理的性状が大きく影響していると考えられる。

(社)セメント協会・舗装技術専門委員会では、1997年より国内外の文献調査を開始し、1998～2000年にかけて室内試験および実物大の試験舗装を行い、高い付着力を得るためには既設アスファルト舗装の表面処理方法としてウォータージェット工法が最適であることを明らかにした¹⁾。また、超早強コ

ンクリート²⁾が早期交通開放に適したコンクリートであることや、3次元有限要素法を用いた応力解析を行い、ホワイトトッピング工法の設計手法を提案した¹⁾。

これらの知見をもとに、2001年に千葉県と(社)セメント協会は共同で県道に適用した。本稿は供用5年までの追跡調査結果のポイントを紹介する。

2. 試験舗装の目的

試験舗装の目的は、これまでの調査研究で得た高い付着力を得ることのできる新しい表面処理方法であるウォータージェット工法と超早強コンクリートを適用した協会型ホワイトトッピング舗装の施工性および供用性の評価を行うことであった。

3. 試験舗装の断面設計

試験舗装の設計断面を図1に示す。設計は既存アスファルト舗装の断面をもとに、想定可能なホワイ

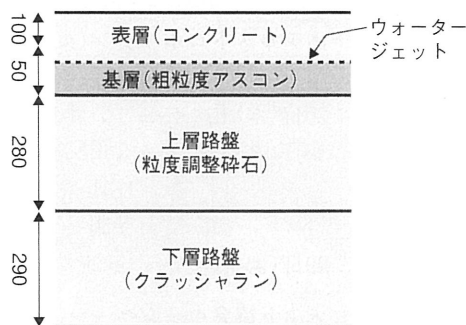


図1 試験舗装の設計断面(mm)

*【委員長】小梁川 雅 [東京農業大学]／【副委員長】安藤 豊 [住友大阪セメント(株)]／【委員】國府勝郎 [コンクリート製品JIS協議会]、西澤辰男 [石川工業高等専門学校]、久保和幸、渡辺博志 [土木研究所]、関口幹夫 [東京都土木技術センター]、神谷恵三 [(株)高速道路総合技術研究所]、伊藤康司 [全国生コンクリート工業組合連合会]、根本信行 [(株)NIPPOコーポレーション]、野田悦郎 [日本道路(株)]、高橋哲躬 [大林道路(株)]、児玉孝喜 [鹿島道路(株)]、中丸 貢 [大成ロテック(株)]、松田敏昭 [世紀東急工業(株)]、小倉 東 [日鐵セメント(株)]、佃 美伸 [(株)トクヤマ]、梶尾 聡 [太平洋セメント(株)]、黒岩義仁、大和功一郎 [(株)宇部三菱セメント研究所]、飯田達郎 [電気化学工業(株)]、野田恒幸 [麻生ラファージュセメント(株)]／【事務局】村田芳樹、野田潤一 [(社)セメント協会]
REPORT ON PERFORMANCE OF UTW OVERLAY IN JAPAN, AFTER FIVE-YEAR



図2 試験施工の地点

トッピング舗装の断面と目地間隔から温度応力および荷重応力を算出し、想定した計画交通量より疲労度を求め、断面構成と目地間隔を決定した。

設計交通量14,000台/日・方向で、設計耐用年数は10年以上、曲げ強度 6N/mm^2 のコンクリートを用い目地間隔1.8m、コンクリート版厚を10cmで疲労度を検討した結果、設計条件を満足することを確認した。

4. 試験舗装の施工

4-1. 施工場所

試験舗装は2001年10月、図2に示す主要地方道・松戸野田線の流山市桐ヶ谷地先に施工した。対象と

なる県道は流山ICから松戸方面へ流出する主要道であり、大型車交通量も比較的多い片側2車線を有する路線である。施工当時の交通量は交通区分N₁(12,542台/日・方向 [1999年実測値])であった。

4-2. 試験舗装区間

試験舗装は、図3に示すように延長50mとし、下り走行車線で実施した。目地レイアウトは、目地間隔1.8mを基本としたが、縦方向目地は、右ハンドルの車の場合に自動車の動線がセンターライン寄りとなること、および構造上の観点から車両の車輪走行位置を目地縁部からなるべく避けたいという意図から、目地位置をセンターライン側に20cmオフセットするレイアウトとした。試験舗装では、構造の妥当性を検討する観点から、路盤の支持力および基層となるアスコン層の物性を明らかにするために、既設アスファルト舗装は撤去し新たに基層を新設した。着工前、竣工状況および供用5年時の状況を写真1~3に示す。

基層粗粒度アスコンを舗設後、ウォータージェットによって表面処理を実施した。水圧の設定は、試験区間外に舗設したアスコン上で表面処理状態の目視観察およびレーザ変位計による測定から、 167N/mm^2 とした。

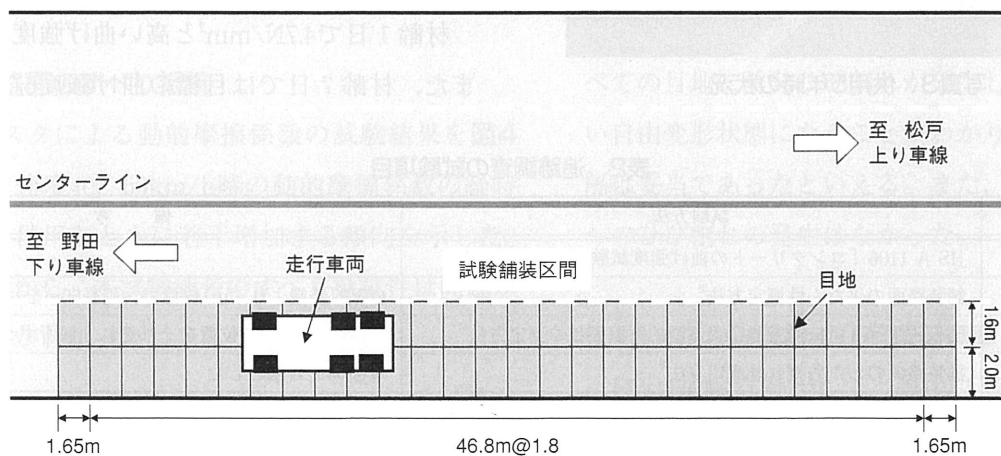


図3 試験舗装区間と車両の走行イメージ



写真1 着工前



写真2 竣工時の状況

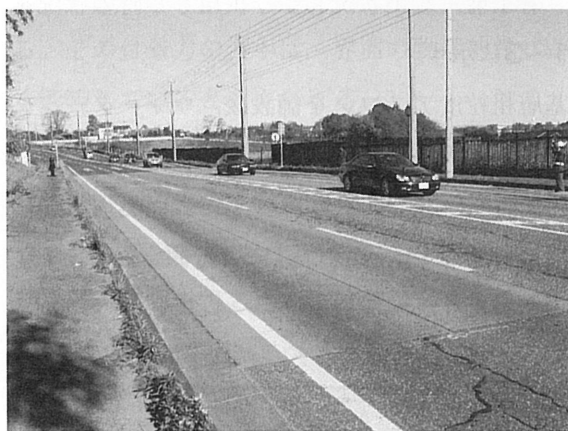


写真3 供用5年時の状況

表1 超早強コンクリートの基本配合

W/P	s/a	単用量 (kg/m ³)					
		水 (W)	粉体 (P)		細骨材	粗骨材	混和剤**
			セメント	混和材*			
38	42	152	380	20	748	1037	3.4

* 超早強性混和材

** 超早強コンクリート用高性能AE減水剤

生コン工場で製造した超早強コンクリートをトラックアジテータ車で舗設現場まで搬入し、これをコンクリートフィニッシャーで施工した。超早強コンクリートの配合を表1に示す。表面仕上げ後、ほうき目を入れ、養生マットによる湿布養生を行った。

目地は、コンクリート打設後約4時間経過した時点で、所定の目地間隔で無散水型カッターで目地切りを行った。目地幅は3mmとした。なお、カッターによる切削時期は、現場でコンクリートの凝結試験を実施し、その終結時間を目安とした。養生後、ガセット目地を挿入した。交通開放はコンクリート打設2日後に行った。

5. 追跡調査結果

追跡調査の試験項目を表2に示す。

5-1. コンクリートの強度

材齢5年までの曲げ強度および圧縮強度の試験結果を表3に示す。

材齢1日で4.7N/mm²と高い曲げ強度を発現した。また、材齢7日では目標の曲げ強度6.0N/mm²を満

表2 追跡調査の試験項目

試験項目	試験方法	備考
曲げ強度	JIS A 1106「コンクリートの曲げ強度試験方法」	-
平坦性	舗装路面の平坦性測定方法 ³⁾	OWP(路端より1m)位置で、延長50mを対象とした
すべり抵抗性	回転式すべり抵抗測定器による動的摩擦係数の測定方法 ⁴⁾	OWPおよびIWP位置をそれぞれ3箇所ずつ実施した
わだち掘れ	舗装路面のわだち掘れ量測定方法 ³⁾	3断面を対象とした
FWD	FWDによるたわみ量測定試験方法 ⁴⁾	全目地に対して、版中央部および目地部に載荷
目地幅測定	コンタクトチップ法	全目地を対象とした。外気温も測定した
騒音測定	普通タイヤを用いたタイヤ/路面騒音測定車による測定 ⁵⁾	供用2年、4年時で測定・トヨタノア、OWP対象

表3 曲げ強度および圧縮強度試験結果

材齢	1日	7日	28日	1年	5年
曲げ強度 (標準養生)	4.7	8.4	8.9	-	-
曲げ強度 (現場養生)		7.0*	8.2	9.2	11.2
圧縮強度 (標準養生)	-	59.6	72.4	-	-
圧縮強度 (現場養生)	-	-	63.0	-	-

* 目標曲げ強度；現場養生材齢7日時6.0N/mm²以上

表4 平たん性試験結果

試験時期	平たん性(mm)
供用前	2.42
供用1年後	2.38
供用3年後	2.77
供用5年後	2.40

* 建設直後の平たん性の基準値；2.4mm以下(舗装の技術基準)

足した。その後も強度の増進が認められ、材齢1年時には曲げ強度で9N/mm²を超え、材齢5年時では11.2N/mm²の結果となった。

5-2. 路面の平たん性

測定結果を表4に示す。平たん性は、舗装構造に関する技術基準に示される基準値2.4mmを上限で満足した。なお、平たん性は測定延長の影響が大きく、測定長が短いと測定値が大きくなる傾向があり、100m以上の延長が望ましいとの報告⁶⁾を考慮すると、測定延長が50mと短い今回の試験舗装の平たん性は特に問題ないものと考えられる。

5-3. 路面のすべり抵抗

DFテストによる動的摩擦係数の試験結果を図4に示す。速度40, 60km/h時の動的摩擦係数の経時変化は、供用とともに若干増加する傾向を示した。このことから、本試験舗装のすべり抵抗性は問題がないことがわかった。

5-4. 路面のわだち掘れ

わだち掘れ量の試験結果を表5に示す。供用5年

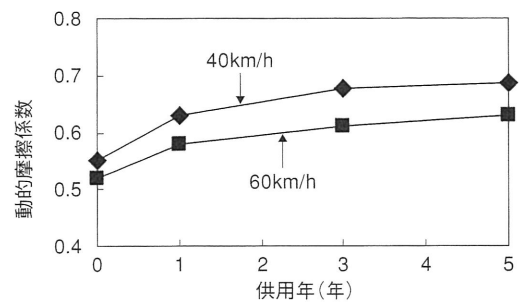


図4 動的摩擦係数の経時変化

表5 わだち掘れ試験結果

わだち掘れ量(mm)			
供用前	供用1年後	供用3年後	供用5年後
0	1.0	0.3	2.0

後までの結果から、一般のコンクリート舗装と同様に、わだち掘れは生じないことがわかった。

5-5. 目地部誘発ひび割れ

目地幅の挙動を調査するために目地幅変化量を測定したが、ひび割れ発生限界値は目地幅変化量の測定だけでは推定することができないため、供用1年後および供用3年後の調査時に、目視による誘発ひび割れの発生の有無を確認した。その結果、供用1年後では横方向目地の目地幅変化量の小さかった2個所以外のすべてで誘発ひび割れの発生を確認した。また、供用3年後では横方向、縦方向のすべての目地で誘発ひび割れの発生を確認した。このことより1.8mと通常のコンクリート舗装よりも著しく短い目地間隔であっても打設後1年程度で、ほぼすべての目地に誘発ひび割れが発生し、外部拘束のない自由変形状態になることがわかり、今回の目地間隔は妥当であったといえる。また、コンクリート版へのひび割れの発生はなかった。

5-6. たわみ量および荷重伝達率

FWD試験結果として、版中央部における載荷版直下のたわみ量D₀の各測点における測定結果を図5に示す。施工直後と供用1年後では各測点のたわみ

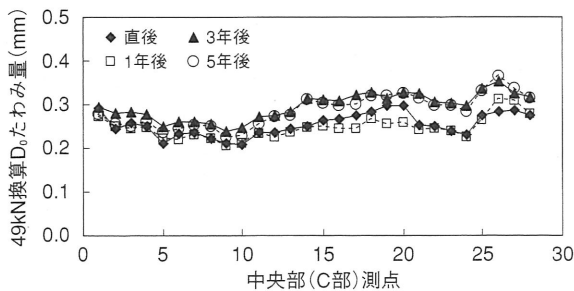


図5 版中央部の載荷版直下D₀たわみ量の測定結果

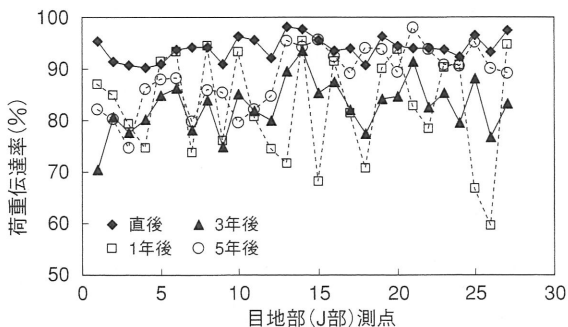


図6 荷重伝達率測定結果

量がほぼ同じ値を示し、供用3年後、5年後の調査時ではやや大きい値を示した。文献⁷⁾では、コンクリート版の温度が高い場合、下層のアスコン層の温度も高いことより、曲げ剛性の低下を招きD₀たわみ量が大きくなるとの結果が明らかになっており、本測定時の路面温度は施工直後と比べ、供用3年時および5年時で5~10℃程度高い路面温度であり、この影響を受けたものと思われる。

目地部の各測点における荷重伝達率を下式を用いて算出し、図6に示す。

$$e_{ff} = \frac{D_{30}}{(D_0 + D_{30})/2} \times 100$$

ここで、 e_{ff} ：荷重伝達率(%)

D_0 ：荷重直下のたわみ量(mm)

D_{30} ：目地を中心軸にD₀たわみセンサと対称の位置に設置した、荷重点から30cm離れた位置のたわみ量(mm)

施工直後の荷重伝達率は目地に誘発ひび割れが生じていないため、すべての測点で高かった(平均94%)。一方、ほとんどの目地で誘発ひび割れが確認された供用1年後、3年後および5年後の荷重伝

表6 騒音レベルの測定結果

舗装種別	騒音レベル(dB(A))	
	供用2年後	供用4年後
ホワイトトッピング舗装	92.6	92.5
密粒度アスファルト舗装	92.6	93.0

達率の平均は高い数値を示したが、測点ごとにばらつきは大きく、供用1年時では荷重伝達率が70%以下となる個所が3個所認められた。

今回の試験舗装は、コンクリート版内にダウエルバーを設置していない。したがって、目地部の荷重伝達はひび割れの噛み合わせと下層のアスコン層の支持に依存する構造である。荷重伝達率が低下した原因は、①ひび割れの噛み合わせ効果の低下による荷重伝達率の低下、②目地部の誘発ひび割れがアスコン層まで及んだことによる剛性低下が考えられる。しかし、対象個所の誘発ひび割れ幅を確認すると他の個所と比べて小さくなく、供用3年後の荷重伝達率が77%まで、供用5年後の調査では荷重伝達率が90%まで回復していることから、上記①、②が原因であるとはいいいきれない。このように供用1年後で荷重伝達率が60%まで低下した個所もあった。

5-7. 騒音値

タイヤ/路面近接音の騒音測定に使用した機材は、世紀東急工業(株)社製のものを使用した。騒音測定結果を表6に示す。

隣接のアスファルト舗装に比べて、騒音値は同程度か、やや小さい値を示した。一般にコンクリート舗装は、アスファルト舗装よりも騒音が大きいといわれる場合があるが、供用4年後程度ではアスファルト舗装と同程度であることがわかった。

一般にコンクリート舗装は、走行車両の目地部の通過音が出て、騒音が大きいといわれる。ホワイトトッピングは、一般的な普通のコンクリート舗装に比べて、目地の間隔が狭く目地の本数が多くなるこ

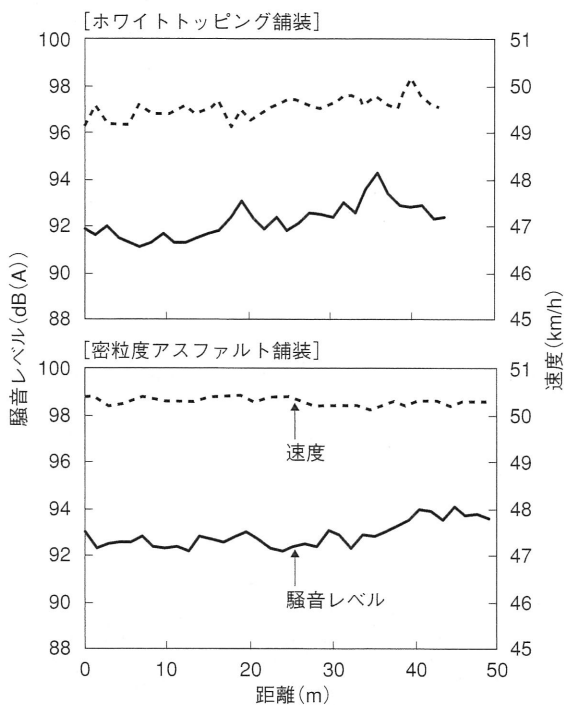


図7 騒音レベル分布の一例(供用後4年時測定)

とから、目地部の騒音を把握する必要がある。そこで、図7では、舗装延長を横軸にとり、騒音レベルの分布を密粒度アスファルト舗装と比較した。この図より、延長方向で測定した騒音レベルに変動はあるものの、間隔1.8mごとに設置した目地で騒音レベルが大きくなっている傾向は認められなかった。

6. まとめ

千葉県道(主要地方道松戸野田線)に施工したホワイトトッピング舗装の供用5年後(騒音測定のみ供用4年後)までの追跡調査を行った。その試験結果をまとめると以下のとおりであった。

- (1) 曲げ強度は、材齢1日で設計曲げ強度(現場養生)6N/mm²の80%を得た。今回の施工で採用した超早強コンクリートは、コンクリート打設翌日に交通開放が可能であることがわかった。
- (2) 路面の平坦性は、供用前で2.4mmであり、供用5年後で供用前と同じであり、満足できる値であった。

(3) すべり抵抗値および路面のわだち掘れは供用5年後まで特に問題ない。

(4) すべての目地で誘発ひび割れが発生し自由変形状態となった。また、版にひび割れの発生はなかった。よって、目地間隔1.8mは妥当であることを確認した。

(5) たわみ量は施工直後と供用1年後でほぼ同じ値であり、供用3年後また供用5年後でやや大きい値となった。荷重伝達率は供用5年後でも目地部の荷重伝達は良好であった。

(6) タイヤ/路面騒音による騒音レベルは、隣接の密粒度アスファルト舗装と同程度の値であった。また、コンクリート舗装の目地は路面騒音で不利であるといわれるが目地通過による騒音の発生は認められなかった。

以上、ホワイトトッピング舗装の性状は、施工直後と比較して供用5年後まではいずれの性状も全く問題がなく、優れた供用性を発揮していることがわかった。特に、わだち掘れは全く生じておらず、重交通路線におけるアスファルト舗装の補修工法として十分な性能が期待できることが確認できた。

今回の試験施工および追跡調査の実施に当たり多大なるご協力をいただいた関係各位に感謝の意を表します。また、本研究に精力的に取り組んで頂いた舗装技術専門委員会各位に感謝いたします。

[文責: 佃 美伸]

[参考文献]

- 1) (社)セメント協会/調査・研究, 舗装技術専門委員会報告R-21, 2000年9月
- 2) 土木研究センター/超早強コンクリート利用技術マニュアル, 平成12年8月
- 3) (社)日本道路協会/舗装試験法便覧, 昭和63年
- 4) (社)日本道路協会/舗装試験法便覧別冊, 平成8年
- 5) (独)土木研究所他/タイヤ/路面騒音測定方法の開発, 共同研究報告書317号, 2005
- 6) 野上他/平坦性試験, アスファルトVol.29 No.147, 1986年
- 7) (社)セメント協会/薄層付着型ホワイトトッピング工法に関する調査・研究, 舗装技術専門委員会R-14, 2001年12月