

セメントスラリーを用いた CFA 安定処理路盤 の促進載荷試験による耐久性評価

海老澤秀治¹・五傳木一²・鬼倉一展²・富澤健²・金井利浩³

¹ 正会員 鹿島道路技術研究所 (〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1)
E-mail : hebisawa@kajimaro.co.jp

² 正会員 鹿島道路技術研究所 (〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1)

³ 正会員 博 (工) 鹿島道路技術研究所 (〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1)

近年、地球環境保護・保全への意識の高まりから、現位置で舗装を再生する路上路盤再生工法のひとつである、セメント・フォームドアスファルト (CFA)安定処理路盤工法が注目されている。しかし、施工にあたってはセメントが散布および混合時に飛散することがあり、施工従事者や周辺環境に及ぼす影響が懸念されている。そこで、本検討ではセメントをスラリー化して利用する工法を考案し、配合の検討や施工機械の開発を行った。また、交通量区分 N₃相当の試験ヤードを構築し実物大の促進載荷試験を実施した。その結果、セメントスラリーを用いた CFA 安定処理路盤に関して、路面性状、舗装支持力ならびに材料特性の観点から良好な耐久性を確認できたので報告する。

Key Words: cement foamed asphalt base, cement slurry, stabilization, accelerated loading test, durability

1. はじめに

近年、地球環境保護・保全への意識の高まりから、より一層の再資源化や環境に配慮した技術に対する社会的要請が高まっている。道路舗装においても舗装発生材の再生利用技術の確立にともない、低品質の骨材であっても有効に活用できるようになりつつある。現位置での舗装再生工法の一つに路上路盤再生工法があり、中でも適度な剛性とたわみ性をあわせもつセメント・フォームドアスファルト (以下、CFA) 安定処理路盤工法が注目されており、施工実績も増えつつある。

しかしながら、施工にあたっては散布および混合時にセメントが飛散することがあり、施工従事者や周辺環境に及ぼす影響が懸念され、対策が求められているところである。対策のひとつとして防塵セメントを用いる方法があるが、飛散を抜本的に解消することは困難であるといった課題がある。

このような事情を踏まえ、セメントをスラリー化して利用する工法を考案し、配合の検討および施工機械の開発を行った¹⁾²⁾。粉体セメントを用いた従来の CFA 安定処理路盤については施工実績も多く、優れた耐久性を有することが現場における供用性のデータから確かめられている³⁾。今回考案したセメントスラリーを用いた工法についても、実際の道路に施工し供用性を確認すべきであ

るが、交通条件を初めとした各種条件の設定が困難であることや、結果が得られるまでに長い年数を要するといった問題がある。

海外では、このような問題を克服するため短期間で耐久性を評価できる実物大の促進載荷試験を行い、多くの研究成果を得ている⁴⁾。そこで、本研究においても、セメントスラリーを用いた CFA 安定処理路盤の耐久性評価を行うため往復走行タイプの促進載荷試験機⁵⁾を用いることとした。促進載荷試験ヤードにおいて当該工法により交通量区分 N₃相当の舗装を構築し、防塵効果を確認するとともに 49 kN 車輪による促進載荷試験を当該舗装の疲労破壊輪数である 30,000 回まで実施した。その結果、施工時に粉塵の発生は認められず、また、車輪走行にともなう路面性状や舗装支持力などの変化を調べたところ、良好な耐久性を有することが確認できた⁶⁾。本文では、主として当該安定処理工法の耐久性評価について述べる。

2. 促進載荷試験機の概要

今回の検討に用いた促進載荷試験機は、実物大の舗装の耐久性試験を行うための装置であり、当該試験機の概要は次のとおりである。

(1) 所在地：埼玉県北葛飾郡栗橋町大字高柳 2600

(鹿島道路(株)生産技術本部栗橋テクノセンター構内)



写真-1 促進荷重試験機 ((a)全景, (b)走行部)

表-1 促進荷重試験機の仕様

区分	項目	仕様
車輪	型式	複輪
	車輪幅(単輪)	21cm
	単輪中心間の距離	32cm
	輪荷重	最大69kN
走行方式	走行方法	駆動輪による自走
	走行速度	時速5km
	横断方向トラバース	最大1m
試験ヤード	幅員	4m(側溝含む)
	延長	30m

- (2) 設置年：2003年
- (3) 外 観：写真-1(a), (b)参照
- (4) 仕 様：表-1 参照

3. CFA 安定処理路盤の断面および配合

CFA 安定処理路盤工法⁷⁾とは、加熱アスファルトに少量の水を添加することにより泡状にし、セメントとともに既設舗装材を常温で安定処理するものである。促進荷重試験ヤードに施工した CFA 安定処理路盤の断面と配合(アスファルト量およびセメント量)は次のように決定した。

(1) CFA 安定処理路盤の断面

促進荷重試験ヤードの既設舗装は、2004年2月に施工した図-1(a)に示す断面であった。既設舗装の路床上面には鉛直方向のひずみを測定するためのひずみ計が埋設されており、本検討においても当該計器を利用することとした。埋設計器の保護の他、路床土の路盤内への混入を防ぐことを目的に図-1(b)のように既設舗装の表層と路盤を破碎し、図-1(c)のとおり CFA 安定処理路盤を構築した。CFA 安定処理後の舗装断面の交通量区分はN₃(舗装計画交通量：40以上100未満(台/日・方向)、疲労破

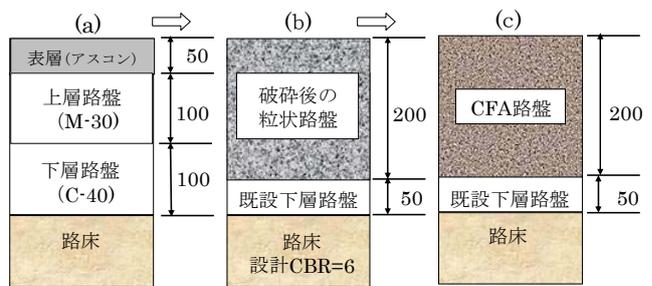


図-1 促進荷重試験ヤードの舗装断面(単位：mm)
((a)既設舗装, (b)破碎後, (c)CFA 安定処理後)

表-2 CFA 安定処理路盤の使用材料

項目	材料名
セメント	普通ポルトランドセメント
アスファルト	ストレートアスファルト60/80
既設路盤材	M-30、C-40
既設表層材	密粒度アスファルト混合物(13) (混入率：27.6%)

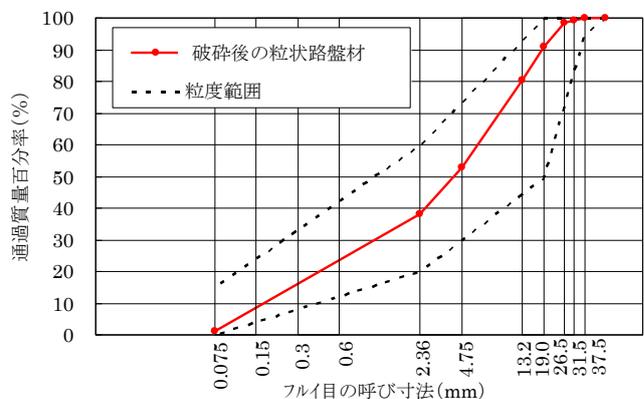


図-2 一次破碎後の粒状路盤材の粒度分布

表-3 室内配合時の一軸圧縮試験結果

	含水比 (%)	乾燥密度 (g/cm ³)	一軸圧縮強さ (N/mm ²)	一次変位量 (1/100cm)	残留強度率 (%)
測定値	5.2	2.150	1.91	18	82.2
基準値	—	—	1.5-2.9	5-30	65以上

壊輪数：30,000(回/10年)である。なお、CFA 安定処理後は、乳剤と養生砂を散布した。

このように表層用混合物を施工しなかったのは、CFA 安定処理路盤の路面性状の変化を目視で観察できるようにするためと、CFA 安定処理路盤で交通開放される工事用仮設道路等を想定しているためである。

(2) CFA 安定処理路盤の使用材料および配合

既設路盤の CFA 安定処理に用いた材料は、表-2 のとおりである。また、配合設計は舗装再生便覧⁸⁾に準拠して実施した。図-1(b)の破碎後における粒状路盤材の粒度分布を図-2に示す。アスファルト量は、当該粒度に基づき、舗装再生便覧に記載されている算出式から得られた

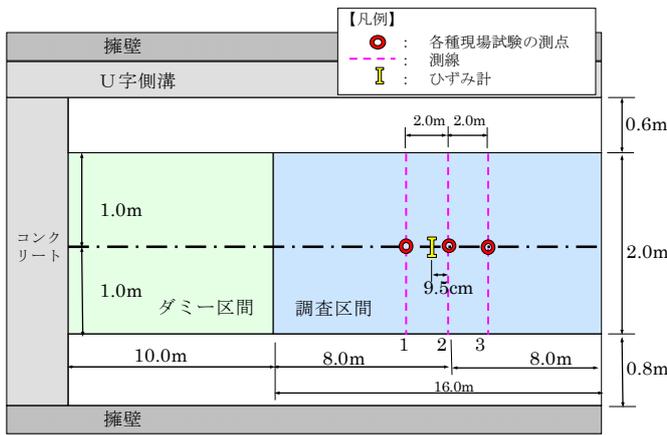


図-3 促進試験ヤードの平面図

表-4 路床上面に埋設されているひずみ計の仕様と外観

項目	仕様	外観
メーカー名	東京測器 (株)	
型式	KM-100HBS	
容量	±5,000μ	
距離	100mm (標点距離)	
定格出力	約2.5mV/V	
弾性係数	約40N/mm ²	
許容温度	-20~+180℃	

4.0%とした。また、セメント量については同便覧で規定されているとおり、一軸圧縮試験⁹⁾における各種指標の共通範囲の中央値である2.5%とした。なお、一軸圧縮試験は、供試体を作製し7日養生(6日空中, 1日水浸)後に実施している。

セメントをスラリー化する際の水セメント比(W/C)は、半たわみ性舗装用セメントミルクの配合を参考に、可使用時間等も考慮して60%とした¹⁾。上記の配合で実施したCFA安定処理混合物の一軸圧縮試験結果を表-3に示す。

4. 促進荷重試験ヤードの構築

前章で述べた配合により促進荷重試験ヤードを2007年2月8日に施工した。本章では、促進荷重試験ヤードの施工概要について述べる。

(1) 施工範囲と各種試験の実施位置

図-3に示す促進荷重試験ヤードにおいてセメントスラリーを用いたCFA安定処理路盤を施工した。既設舗装の破砕は試験ヤードの全幅(3.4m)にわたって行い、CFA安定処理は幅員2mで実施した。施工は図-3のコンクリート側から行い、初期の10mはダミー区間とし、混合および転圧などが適切に行える10m以降を調査区間とした。図-3には、路床上面のひずみ計の埋設位置と各種現場試験を実施した測点や測線の位置も示している。なお、ひずみ計の仕様と外観は表-4のとおりである。

表-5 セメントスラリー散布機械の仕様

項目	単位	仕様	
基本性能	車体全長	mm	7080
	車体全幅	mm	2500
	総重量	kg	10300
	エンジン出力	ps	60
	作業速度	m/min	最大7
スラリー装置	散布幅員	mm	1000~2000
	散布ノズル数	ヶ	4
	スラリー吐出制御	方式	速度同調
	ポンプ吐出能力	L/min	最大250
	スラリー供給量	L/min	51~123
タンク容量	m ³	3.8	

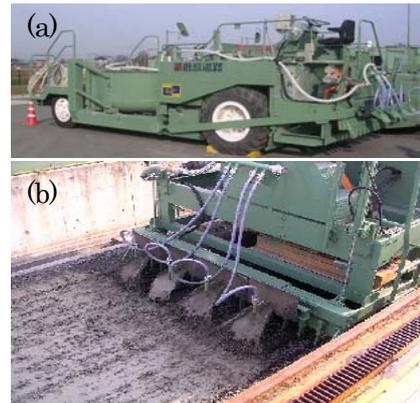


写真-2 セメントスラリー散布機械の全景と散布状況
(a)全景, (b)散布状況

表-6 施工時の一軸圧縮試験結果

	含水比 (%)	乾燥密度 (g/cm ³)	一軸圧縮強さ (N/mm ²)	一次変位量 (1/100cm)	残留強度率 (%)
測定値	5.2	2.074	1.63	14	86.0
基準値	-	-	1.5-2.9	5-30	65以上

(注) 表中の値は供試体3個の平均値である。

(2) セメントスラリー散布機械と粉塵の発生有無

セメントスラリーは生コンプラントで製造後、アジテータ車で施工箇所まで運搬し、本検討において開発したセメントスラリー散布機械²⁾に移し替えて散布した。当該機械の仕様、全景および散布状況を表-5、写真-2に示す。

施工においては、セメントをスラリー化することにより、写真-2のとおり散布時はもとより、その後のスタビライザによる混合時においてもセメントの飛散による粉塵の発生の無いことを複数の技術者が目視により確認している。なお、セメントスラリーの散布量は、機械の走行速度に連動してノズルからの吐出量を調整することにより管理している。

(3) 施工時のCFA安定処理混合物の性状

CFA安定処理路盤の施工時に現地から採取した試料を用いて供試体を作製し、一軸圧縮試験を実施した結果

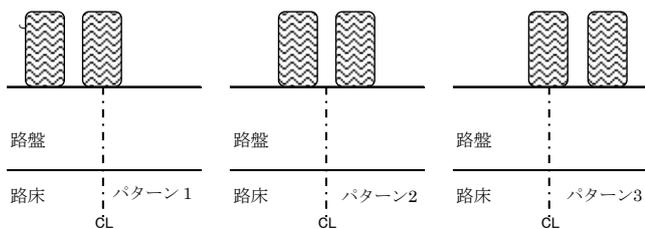


図-4 車輪の走行パターン

(写真-1 のバリケード設置側から臨む)

表-7 促進載荷の走行パターン

載荷期間	日付	天候	平均気温(°C)	走行パターン	走行回数(回)	累積回数(回)
0-7,500 回	2月19日	快晴	7.0	2	1,250	1,250
	2月20日	曇	5.2	1	1,250	2,500
	2月26日	快晴	3.9	3	1,250	3,750
	2月27日	晴	6.2	2	1,250	5,000
	2月28日	快晴	8.1	1	1,250	6,250
7,500-15,000 回	3月1日	快晴	7.4	3	1,250	7,500
	3月6日	曇後晴	11.5	2	1,250	8,750
	3月7日	晴	6.5	1	1,250	10,000
	3月8日	晴一時曇	4.9	3	1,250	11,250
	3月9日	晴一時曇	6.2	2	1,250	12,500
15,000-30,000 回	3月13日	快晴	6.6	1	1,250	13,750
	3月14日	晴	5.8	3	1,250	15,000
	3月20日	晴	6.9	2	1,250	16,250
	3月22日	晴時々曇	9.7	1	1,250	17,500
	3月23日	快晴	10.8	3	1,250	18,750
	3月26日	晴	13.7	2	1,250	20,000
	3月27日	曇	9.9	1	1,250	21,250
	3月28日	晴	13.5	3	1,250	22,500
	4月4日	曇	6.5	2	1,250	23,750
	4月5日	快晴	7.8	1	1,250	25,000
	4月23日	曇	14.0	3	1,250	26,250
	4月24日	曇	12.1	2	1,250	27,500
	4月27日	曇時々晴	13.2	1	1,250	28,750
5月8日	快晴	19.9	3	1,250	30,000	

表-8 促進載荷試験ヤードで実施した現場試験

試験名	測定項目	粒状路盤 測定日 2006年 12月21日	CFA安定処理路盤				促進載荷 試験 終了後 2008年 4月23日
			7日 養生後 走行前	促進載荷試験			
			2007年 2月15日	7,500回 走行後	15,000回 走行後	30,000回 走行後	
路面性状	わだち掘れ		○	○	○	○	
	ひび割れ		○	○	○	○	
FWD	たわみ量	○	○			○	
平板載荷	地盤係数	○	○			○	
舗装応答	路床ひずみ	○	○			○	
マーシャル 一軸圧縮	材料特性					○	
備考	天候	曇	晴	晴時々曇	晴	曇一時晴	晴時々曇
	平均気温(°C)	7.0	7.6	6.6	5.9	23.1	15.5

を表-6 に示す。含水比は適切に調整できており、一軸圧縮強さをはじめ全項目で基準値を満足している。

5. 促進載荷試験の要領と現場試験の項目

交通量区分 N₃ の疲労破壊輪数の基準値である 30,000 回まで行った促進載荷試験の要領と、CFA 安定処理路盤の耐久性を評価するために実施した各種現場試験の項目

表-9 促進載荷後の永久変形量の推移

	7,500 回走行後	15,000 回走行後	30,000 回走行後
わだち掘れ量 (mm)	1.7	3.6	7.9

について以下に述べる。

(1) 促進載荷試験の実施要領

CFA 安定処理路盤の耐久性を検証するため、施工 7 日養生後に促進載荷（車輪走行）を開始し、2007 年の 2 月から 5 月にかけて 49kN に荷重調整した車輪を疲労破壊輪数である 30,000 回走行させた。走行位置は図-4 の 3 パターンとし、雨天および試験機の調整日などを除く表-7 の日程および要領で車輪走行を実施している。なお、あらかじめ設定した走行回数(7,500 回、15,000 回ならびに 30,000 回)に達した時点で促進載荷を中断し、舗装路面の観察や支持力評価等を行った。

(2) 現場試験の項目

既設舗装を破碎した後の粒状路盤の状態、CFA 安定処理路盤の施工 7 日養生後ならびに所定の回数促進載荷を行った後において、表-8 のように路面性状、舗装支持力および材料特性に関する現場試験を実施した。なお、表中の備考には測定日の天候と平均気温を示している。

6. 現場試験の方法と結果

表-8 に示した現場試験の方法と結果を以下に述べる。

(1) 路面性状

CFA 安定処理 7 日養生後と促進載荷 7,500 回、15,000 回および 30,000 回走行後においてわだち掘れ量とひび割れ率を調べた。わだち掘れ量は、3 本の測線で横断プロファイルにより横断形状を測定し走行前の値を基準として各測定時の永久変形量を計算し、その最大値を読みとった。一方、ひび割れ率は、測線 2 を中心に延長 8m、幅員 2m の区間を評価対象としてスケッチ法により求めた。

a) わだち掘れ

所定の回数、走行した後のわだち掘れ量の推移を表-9 に示す。なお、この結果は 3 本の測線における値の平均である。表-9 をみると、走行回数が増えるにつれてわだち掘れ量は増加しているが、30,000 回走行後においても 8mm 程度であり、交通量の多い一般道路における維持修繕要否判断の目標値：30~40mm¹⁰⁾に対しても十分小さいことから、変形抵抗性に関して大きな問題はないものとする。

b) ひび割れ

促進載荷によって路面に生じたひび割れをスケッチし、

表-10 ひび割れ率の変化

	7,500 回走行後	15,000 回走行後	30,000 回走行後
ひび割れ率(%)	0.0	11.1	16.2



図-5 ひび割れのスケッチ図

((a)15,000回走行後, (b)30,000回走行後)

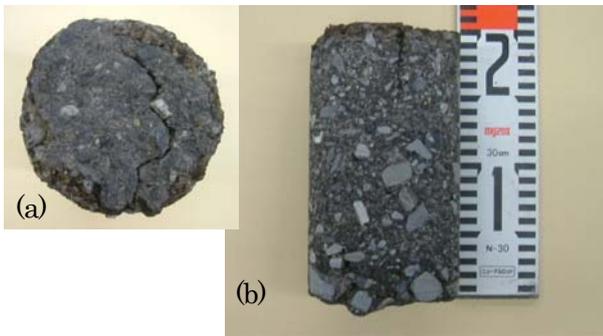


写真-3 ひび割れ先端から採取した切り取りコア
(a)上面, (b)側面

ひび割れ率を算出した結果を表-10に示す。また、15,000回および30,000回走行後におけるひび割れのスケッチ(50cmメッシュ)を図-5に示す。

表-10、図-5のとおり、15,000回走行後において車輪走行位置に縦断方向にひび割れが発生しており、30,000回走行後にはさらに増加している。しかし、30,000回走行後のひび割れ率は16%程度であり、交通量の多い一般道路における維持修繕要否判断の目標値である30~40%¹⁰⁾と比べても、それ以下の範囲にある。また、ひび割れの形態は線状であり、網状や亀甲状への進展はなくポットホール等の著しい損傷は認められない。なお、ひび割れ幅は30,000回走行後で0.6mm程度であった。

ひび割れの状態を調べるため、促進載荷試験終了後(2008年4月)、試験ヤードのひび割れ先端より切り取りコアを採取した。写真-3に採取したコアを示す。写真から明らかのように、ひび割れは表面から5cm程度下方に向かって入っていることが判明した。よって、発生したひび割れは、車輪走行により安定処理路盤下面に生じる引張ひずみに起因した疲労ひび割れではなく、縦断方向に表面から入る、いわゆるわだち割れ¹¹⁾のような現象であると考えられる。CFA安定処理混合物は剛性とたわみ性を併せもつ材料であり、当該ひび割れの原因究明は

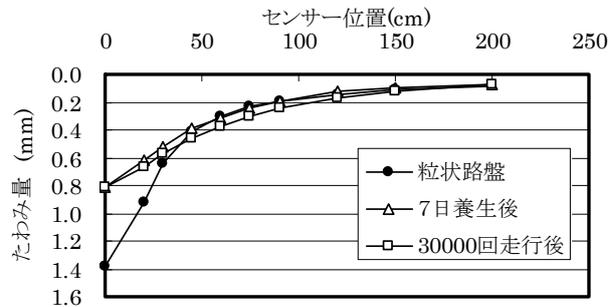


図-6 たわみ曲線の変化

表-11 逆解析結果と路盤の推定等値換算係数

実施時期	弾性係数 (MPa)		路盤の推定 a_i
	路盤	路床	
粒状路盤	231.6	73.2	0.38
CFA 7日養生後	675.5	78.7	0.67
30,000回走行後	831.9	63.9	0.72

非常に興味深いテーマであると思われる。今後、室内実験や散逸エネルギー理論による解析¹²⁾等を実施して原因を明らかにし、有効な対策を提案したいと考えている。

c) 路面性状に関するまとめ

今回の促進載荷試験結果より、セメントスラリーを用いたCFA安定処理路盤は、疲労破壊輪数30,000回の促進載荷後も良好な路面性状を保持できることがわかった。なお、気温が高い時期にはさらにわだち掘れが起きやすくなることや、走行速度が速い条件下ではひび割れが発生しやすくなることも予想されることから、今後これらの条件下における検証も必要と思われる。

(2) FWD 試験

FWD試験は、破碎後の粒状路盤上、CFA安定処理7日養生後ならびに促進載荷30,000回走行後に、載荷条件を49kNとし2測点(測線1と測線3の◎印)で実施した。測定結果より、たわみ量の推移を把握するとともに、交通量区分N₃(疲労破壊輪数:30,000(回/10年))の舗装の許容たわみ量1.2mm(載荷板直下)¹³⁾との比較により、路床も含めた舗装全体の支持力を評価した。

また、BALM99¹⁴⁾により2層モデル(CFA安定処理路盤25cm+路床)で逆解析を実施した。2層モデルとしたのは、最大粒径が40mmの既設下層路盤を層厚5cmの一層として扱うのは解析上困難と考えたためである。さらに、路盤の弾性係数から等値換算係数 a_i を推定するためのAASHTOの提案式¹⁵⁾を、等値換算係数がわが国の実状に合致するよう筆者らが修正した式(1)により、CFA安定処理路盤の a_i の推定を試みた。

$$a_i = 0.623 \cdot \log(E) - 1.095 \quad \dots (1)$$

ここに、 a_i : 路盤材の等値換算係数

E : 路盤材の弾性係数 (MPa)

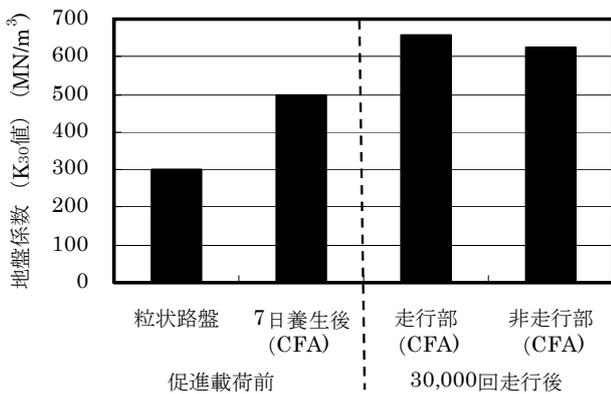


図-7 平板載荷試験結果 (K₃₀ 値の推移)

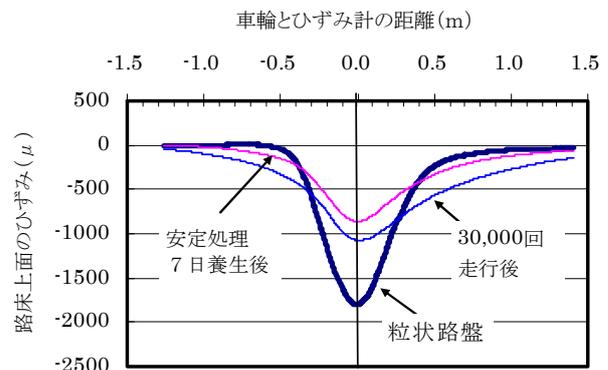


図-8 車輪走行時における路床上面のひずみの推移

a) たわみ量

FWD 試験により得られたたわみ曲線の変化を図-6 に示す。なお、各センサー位置のたわみ量は、標準荷重 (49kN) で荷重補正した 2 測点の値の平均である。

図-6 をみると、破碎後の粒状路盤を安定処理することにより、載荷板中心から 30cm の範囲のたわみ量が小さくなっており、路盤の支持力 (剛性) が向上している。また、安定処理後に減少したたわみ量は、30,000 回走行後においてもほとんど変化しておらず、良好な支持力を保持していることがわかる。一方、載荷板直下のたわみ量に着目すると、粒状路盤上では許容たわみ量 1.2mm を超えていたものが、安定処理後には、促進載荷の有無にかかわらず許容たわみ量を下回っており、舗装全体の支持力に不足は認められない。

以上のことから、前述したとおり路面に生じたひび割れは支持力に影響を及ぼすような疲労破壊による破損ではないことが窺える。

b) 各層の逆解析弾性係数と CFA 安定処理路盤の a_i

測定たわみを逆解析して得られた各層の弾性係数と式 (1) より推定した路盤の等値換算係数 a_i を表-11 に示す。表-11 より、粒状路盤の時点では路盤の等値換算係数は 0.38 であったものが、セメントスラリーを用いた CFA 安定処理を施した場合、7 日養生後には 0.67 に増加している。舗装設計施工指針¹⁰の付表-4.1 では、セメント・瀝青安定処理路盤の等値換算係数を 0.65 としており、今回の結果は指針に示された値とほぼ同等となっている。

さらに、30,000 回走行後の等値換算係数をみると、促進載荷前よりもわずかではあるが増加している。

(3) 平板載荷試験

平板載荷試験は、破碎後の粒状路盤上、CFA 安定処理 7 日養生後ならびに促進載荷 30,000 回走行後に、1 測点 (測線 2 の○印) において JIS A 1215 に準拠 (載荷板直径 30cm) して実施した。ただし、促進載荷 30,000 回走行後には、測点横の非走行部 (擁壁側) においても試験を行い、車輪走行の有無による差異も調べた。

表-12 切り取りコアによる一軸圧縮試験結果

採取位置	採取部位	乾燥密度 (g/cm ³)	一軸圧縮強さ (N/mm ²)	一次変位量 (1/100cm)	残留強度率 (%)
走行	上	2.090	2.20	17	91.8
	下	1.908	1.22	26	90.2
	平均	1.999	1.71	22	91.0
非走行	上	2.036	1.98	13	93.9
	下	1.942	1.29	11	89.1
	平均	1.989	1.64	12	91.5
施工時 (注)		2.074	1.63	14	86.0

(注) 現場採取試料を用いて室内で作製した供試体による

結果は図-7 のとおりである。この図より、CFA 安定処理 7 日養生後の K₃₀ 値は粒状路盤の 1.6 倍となっており、上述の FWD 試験結果と同様、CFA 安定処理による路盤の増強効果が認められる。30,000 回走行後 (走行部) の K₃₀ 値はさらに増加しており、粒状路盤の 2 倍以上となっている。なお、30,000 回走行後における走行部と非走行部の K₃₀ 値を比べると、走行部の方が若干大きな値を示しており、車輪走行による締め固めの影響が窺える。

ここで、49kN 載荷時における直径 30cm の載荷版の許容たわみ量を 1.2mm とすると、そのときの K₃₀ 値はおよそ 580MN/m³ となる。これをひとつの目安にすると、CFA 安定処理 7 日養生後では若干不足しているが、30,000 回走行後ではこれを超えており良好な支持力を有しているものと考えられる。

(4) 車輪走行時の舗装応答 (路床上面のひずみ)

促進載荷試験の車輪走行時における舗装応答として、わだち掘れと密接な関係のある路床上面の鉛直方向ひずみを計測した。その際の載荷パターンは、図-4 のパターン 2 とした。

破碎後の粒状路盤上、CFA 安定処理 7 日養生後ならびに促進載荷 30,000 回走行後において 49kN 車輪を走行させ、路床上面の圧縮ひずみを測定した結果の一例を図-8 に示す。図の横軸 (走行輪とひずみ計との距離) は、ひずみデータのサンプリング時間から車輪走行速度を時速

5km として計算により求めた。

図-8 より粒状路盤におけるひずみは、ひずみ計埋設位置を中心に狭い範囲に集中して発生しており、最大値は $1,800\mu$ 程度となっている。CFA 安定処理 7 日養生後は、粒状路盤に比べ最大値は概ね半減し、ひずみの感知されている範囲が広がっている。これらの事実は、CFA 安定処理により、路盤の荷重分散性が向上していることの証左であると考えられる。

さらに、30,000 回走行後のデータをみると、走行試験前に比べて路床のひずみは若干増加しているものの、ひずみの応答範囲が拡大しており、路盤の荷重分散性が一段と向上している。これは、図-7 に示したように K_{30} 値が増大していることや、表-11 のように路盤の弾性係数が大きくなっていることからわかるとおり、路盤の剛性が増加しているためと推察される。なお、30,000 回走行後において路床上面のひずみが大きくなった原因としては、測定時期が初夏(6 月)であり、梅雨時の雨水の浸透等により表-11 のとおり路床自体の支持力が低下したこと等が考えられる。

(5) 一軸圧縮試験

促進載荷試験終了後、CFA 安定処理混合物の強度を確認するため、2008 年 4 月に促進試験ヤードの車輪走行部と非走行部より切り取りコアを各 1 本ずつ採取し、1 本のコアから供試体を上下 2 個切り出して試験を実施した。試験結果を表-12 に示す。なお、表中には施工時における表-6 の値を再掲している。

表-12 より、1 本のコアから採取した上下 2 個のデータを比較すると、上部に比べて下部の方が密度をはじめ、一軸圧縮強さ、一次変位量ならびに残留強度率のいずれについても小さな値となっている。一方、走行部と非走行部を上下の平均値で比較すると、残留強度率を除き、全ての指標で走行部の方が大きな値を示しており、平板載荷試験の結果と同様、車輪の繰り返し走行による影響が見て取れる。

なお、促進載荷終了後の走行部に関して施工時における性状値と比較すると、現場から切り出した供試体と室内で締め固めて作製した供試体という違いはあるが、密度を除き、一軸圧縮強さ、一次変位量ならびに残留強度率のいずれについても走行部の方が施工時を上回っている。これより、CFA 安定処理混合物については、促進載荷後も著しい強度低下はなく、むしろ養生日数の経過や車輪走行の転圧効果により性能が向上していると言える。

7. まとめ

本研究で得られた主たる知見は、次のとおりである。

- (1) セメントの散布および混合時における粉塵の発生を抑制するためセメントのスラリー化を考案し、今回新たに開発した散布機械を用いて促進載荷試験ヤードに交通量区分 N_3 の舗装を施工した。その際、セメントスラリーの散布および混合時においてセメントの飛散による粉塵の発生は認められなかった。
- (2) 促進試験ヤードにおいて、CFA 安定処理 7 日養生後の支持力を FWD 試験により評価した。その結果、等値換算係数が舗装設計施工指針に示されているセメント・瀝青安定処理路盤の値 (0.65) とほぼ一致することがわかった。
- (3) CFA 安定処理 7 日養生後から、49k に荷重調整した車輪による促進載荷試験を行い、路面性状、舗装支持力ならびに材料特性の変化を調べた。当該舗装の疲労破壊輪数である 30,000 回の走行により、わだち掘れやひび割れが若干発生したものの、舗装支持力や材料特性はむしろ向上しており、本検討の配合および試験条件下ではセメントスラリーを用いた CFA 安定処理路盤は良好な耐久性を有することが確認できた。

8. おわりに

本文で述べたとおり、促進載荷試験によりセメントスラリーを用いた CFA 安定処理路盤が良好な耐久性を有していることが確認できたことから、2008 年 3 月に関東エリアにおいて実施工を行った。セメントのスラリー化による粉塵発生の抑制効果や、施工後の舗装支持力の改善効果が確認できており、この結果については機会を改めて詳細に報告したいと考えている。

また、CFA 安定処理混合物は、セメントとアスファルトの両方を安定処理材として使用することから、剛性とたわみ性の両方を有するという特徴がある。今回の促進載荷試験において路盤表面から入ったひび割れが、剛性、たわみ性のいずれに起因したものであるか、その発生原因の究明は非常に興味深い研究テーマであると思われる。本文でも述べたとおり、当該テーマについては材料試験や各種解析を行う等して、引き続き検討していく所存である。

参考文献

- 1) 鬼倉一展, 五傳木一, 金井利浩, 海老澤秀治: セメントスラリーを用いたセメント・フォームドアスファルト (CFA) 工法の検討, 土木学会第 62 回年次学術講演会講演概要集, CD-ROM, 2007
- 2) 鬼倉一展, 富澤健, 鈴木泰: セメントスラリーを用いた路上路盤再生工法の検討, 第 27 回日本道路会議論文集, CD-ROM, 2007
- 3) 片平繁光, 小川康夫, 野々田充: セメント・フォームドスタ

- ビ工法(CFA 工法)の供用性, 第 23 回日本道路会議, pp.452-453, 1999
- 4) 江向俊文, 金井利浩, 鎌田孝行, 小関裕二, 佐々木徹, 高橋茂樹, 高橋光彦: 各国の舗装促進載荷試験機の現状, アスファルト, Vol.47, No.216, pp.41-56, 2004
 - 5) 東滋夫, 神谷和明, 富澤健, 金井利浩, 松井邦人: 荷重の相異による舗装挙動に関する基礎的研究, 舗装工学論文集, 第 10 巻. pp.31-38, 2005
 - 6) 鬼倉一展, 五傳木一, 金井利浩, 海老澤秀治: セメントスラリーを用いたセメント・フォームドアスファルト (CFA) 工法の検討 (第 2 報) -促進載荷試験による耐久性の検証-, 土木学会第 63 回年次学術講演会講演概要集, CD-ROM, 2008
 - 7) 金井利浩: フォームドアスファルトによる路盤の安定処理, 舗装技術の質疑応答, 第 8 巻, 建設図書, pp.105-109, 2001
 - 8) (社) 日本道路協会: 舗装再生便覧, pp.196-202, 2004
 - 9) (社) 日本道路協会: 舗装調査・試験法便覧, E032 路上再生セメント・瀝青安定処理路盤材料の一軸圧縮試験方法, pp. [4]-69~ [4]-78, 2007
 - 10) (社)日本道路協会: 道路維持修繕要綱, p.68, 1978
 - 11) 西澤辰男, 松野三朗: アスファルト舗装の車輪走行位置に生じる縦表面ひびわれについて, 土木学会論文集, No.478, V-21, pp.71-80, 1993.11
 - 12) 姫野賢治, 渡辺隆, 丸山暉彦: 低スティフネス状態におけるアスファルト混合物の疲労破壊特性に関する研究, 土木学会論文集, 第 366 号, V-4, pp.143-151,1986.2
 - 13) 阿部長門, 丸山暉彦, 姫野賢治, 林正則: たわみ評価指標に基づく舗装の構造評価, 土木学会論文集, No.460, V-18, pp.41-48, 1993.2
 - 14) FWD 研究会: 2000 年度報告書 FWD に関する研究, pp.21-32, 2000.12
 - 15) AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES, VOLUME2, APPENDIX GG, RELATIONSHIPS BETWEEN RESILIENT MODULUS AND LAYER COEFFICIENTS, 1986
 - 16) (社)日本道路協会: 舗装設計施工指針 (平成 18 年版), p.194, 2006

DURABILITY EVALUATION FOR CFA STABILIZED BASE WITH CEMENT SLURRY BY ACCELERATED LOAD TESTER

Hideharu EBISAWA, Hajime GODENKI, Kazunobu ONIKURA,
Ken TOMISAWA and Toshihiro KANAI

Cement foamed asphalt (CFA) stabilized base that is one of the pavement recycling methods utilized on the roads has been noticed widely, because the global environmental protection and preservation is generally recognized to be necessary in these days. However, cement sometimes scatters when it is spread and mixed in the sites, so it is afraid that the scattering cement would influence on workers' health and the surround environment. In this study, the construction method using cement slurry was thought up against scattering cement. The mix design of CFA base mixture with slurry cement was conducted and the machine to spread the cement slurry was developed. The accelerated loading tests were conducted in the trial yard with the pavement cross-section for the traffic class N₃. From results of the tests, it was found that CFA stabilized base has superior durability in view of surface condition, structural capacity and material properties.