

土工部舗装の遮水性向上を目指した配合設計に関する一考察

東日本高速道路(株) 正会員 ○加藤 亮
東日本高速道路(株) 非会員 山田 雄太
(株)ネクスコ東日本エンジニアリング 非会員 大庭 健太郎

1. はじめに

昨今、土工区間において路面からの水の浸入が路床以下の層の健全性を低下させる一要因であると指摘されている。NEXCO では一般地域における表層については高機能Ⅰ型を標準としており基層は水に晒される条件下にある。これらの背景から、表層の直下に位置する基層の遮水性を向上させることは必須の課題と言える。

舗装による遮水については、橋面舗装において研究が先進しているところである¹⁾。NEXCO では H26.11 まで橋梁レベリング層に SMA を採用することにより遮水性の向上を実現させようとしてきた。この SMA は、粗骨材が造り上げる骨格構造の間隙を、アスファルトと小粒径骨材・石粉の混合体である「アスファルトマスチック」にて充填することで密実な構造を構築するという配合特性の混合物である。このアスファルトマスチックは熱可塑性の混合体であり、その挙動は温度に大きく依存する。このため SMA は施工時の外気温、混合物温度、舗設基面温度の高低により仕上がり状態が左右されやすい。NEXCO はこのような課題を払拭する舗装材料として、H26.12 より「FB13」と称した新たな橋梁レベリング層用混合物を導入した²⁾。この FB13 は、温度依存性材料であるアスファルトマスチックの挙動に左右されない合成粒度を採用することで、低温条件下であっても遮水性をはじめとする品質を得られるものとして開発された。この FB13 の開発は、最密充填に近い合成粒度を採用することにより、アスファルトマスチックの挙動によらず骨材自身で密実な構造を得るという概念を基軸としており、式 1 に示す「Fuller's curve」³⁾と呼ばれる多種径粒状材料において最大乾燥密度が得られる粒度を表わす式を基礎に研究が展開されている¹⁾。Fuller によると式 1 の乗数 n が 0.5 の時、最大乾燥密度が得られるとしている³⁾。

$$P = 100(d/D)^n$$
 式 1

我々は、これから実施する基層用混合物の配合設計に際し、Fuller's curve を基礎にした粒度検討を行うことで、FB13 と同様の優れた遮水性と、施工時の温度条件に仕上がり品質が左右されない配合を獲得できる可能性があると考えた。本報告では検討方法とその結果について述べる。

ここに
 P : ふるい目 d における通過質量百分率(%)
 d : 任意のふるい目(mm)
 D : 最大粒径(mm)
 n : 通常は 0.5 とする

2. 検討の手順

表 1 の No.1 は、式 1 において最大粒径 13mm ($D=13$)、乗数 n を 0.5 として導いた合成粒度である。FB13 は、No.1 を基礎に数種類の暫定粒度を定め、これらに対して種々の試験を実施し、最もパフォーマンスに優れた配合を抽出したもので、表 1 の「No.5」が採用されている¹⁾。この結果 FB13 の決定粒度は、式 1 の乗数 n を 0.5 とした場合に描かれる曲線とは 2.36mm ふるい通過量で約 8%の差が生じている。そこで我々は、以下①から⑦の手順で FB13 の決定粒度に最も近い曲線を描く式 1 の乗数 n の値を導き、基層用混合物の粒度設計に応用することとした。

項目	単位	合成粒度					
		SMA	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
通過質量百分率	19.0	100	100	100	100	100	100
	13.2	96.2	97.2	98.1	97.2	97.7	97.7
	4.75	49.6	62.6	74.9	62.6	69.0	69.0
	2.36	33.9	42.4	57.9	43.3	50.3	50.3
	0.6	23.3	26.2	36.0	30.3	31.3	31.3
	0.3	18.6	17.8	24.3	22.5	21.2	21.2
	0.15	11.9	8.8	11.6	12.5	10.5	10.5
	0.075	9.5	5.9	7.6	9.3	7.1	7.1
アスファルト種別	-	改質Ⅱ型					
アスファルト量	%	4.8	5.5	6.7	4.3	5.4	5.8
空隙率	%	2.4	3.0	3.1	3.6	4.1	3.1
骨材間隙率	%	13.7	15.8	18.4	13.7	16.5	16.5
飽和度	%	82.5	81.0	83.2	73.7	75.2	81.2
粗粒度	-	1.20	0.98	0.69	0.97	0.83	0.83
アスモル率	%	36.9	47.7	64.7	47.1	56.2	56.3

表 1 FB13 開発で試験に付された配合

キーワード レベリング層、遮水、アスファルトマスチック、FB13、Fuller

連絡先 〒311-4152 茨城県水戸市河和田 1-1814-1 東日本高速道路(株)水戸工事事務所 TEL 029-253-3000

- ①式 1 の乗数 n について $0.3 \leq n \leq 0.6$ の範囲で 0.05 刻みの値を代入し、それぞれについての合成粒度を導く (表 2)。
- ②それぞれの合成粒度について、FB13 の決定粒度との偏差二乗和を求める (表 2 の最下行)。
- ③横軸を乗数 n 、縦軸を上記①②によって得られたそれぞれの曲線についての偏差二乗和とした座標系に、乗数 n と偏差二乗和 (y) の関係をプロットする (図 1)。
- ④乗数 n ～偏差二乗和 (y) 関係について近似曲線を引く。
- ⑤上記④にて得られた近似曲線を、 n について 1 回微分し、 dy/dn を導く。
- ⑥上記⑤にて得られた dy/dn について、 $0.3 \leq n \leq 0.6$ の範囲で $y = 0$ となる n_{opt} を算出する。この n_{opt} のとき偏差二乗和は極小値を示すことから、FB13 の合成粒度に最も近い粒度曲線を描く乗数 n であると見なすことができる。
- ⑦こうして得られた n_{opt} を式 1 の n へ、 D には基層用混合物の最大粒径である 20 を代入し、合成粒度を導く。
- 以上の手順で導いた基層用混合物の粒度は、粒度特性については FB13 と同質であるものと考えられ、FB13 と同様の優れた遮水性と施工時の温度条件に左右されない特性を有する混合物となる可能性が高いものと考えた。

項目	単位	Fuller's curve 乗数(n)							FB13 決定 粒度
		0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	
通過 質量 百分率	19.0	100	100	100	100	100	100	100	100
	13.2	100	100	100	100	100	100	100	97.7
	9.5	91.0	89.6	88.2	86.8	85.5	84.2	82.8	84.7
	4.75	73.9	70.3	66.8	63.6	60.4	57.5	54.7	69.0
	2.36	59.9	55.0	50.5	46.4	42.6	39.1	35.9	50.3
	0.6	39.7	34.1	29.2	25.1	21.5	18.4	15.8	31.3
	0.3	32.3	26.7	22.1	18.3	15.2	12.6	10.4	21.2
	0.15	26.2	21.0	16.8	13.4	10.7	8.6	6.9	10.5
	0.075	21.3	16.5	12.7	9.8	7.6	5.9	4.5	7.1
FB13決定粒度との偏差二乗和		803.1	289.8	98.7	116.6	271.5	508.7	797.4	-

表 2 Fuller's curve 乗数ごとの合成粒度

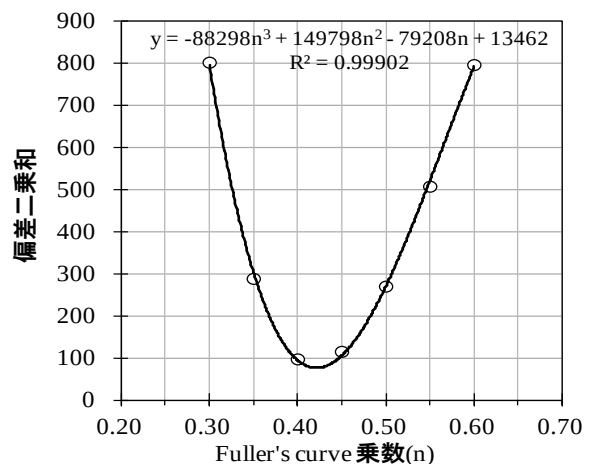


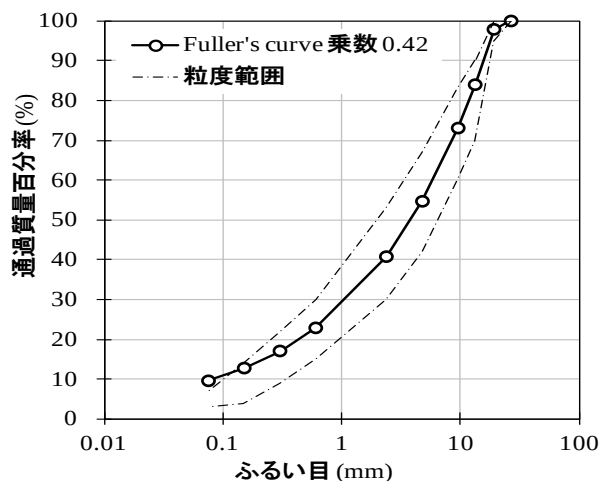
図 1 Fuller's curve 乗数と偏差二乗和関係

3. 検討結果

上記の手順に基づく検討の結果、FB13 の合成粒度に最も近い曲線を描く n_{opt} は、「0.42」と算出された。1962 年、米国の連邦道路局 (FHWA: Federal Highway Administration) は Fuller's curve の乗数 n について、「0.45」が最大密度を表す現実的な値であると報告している⁴⁾。今回の我々の検討結果は、この FHWA の見解に近いものであったと言える。

前記⑦に従い、式 1 に n_{opt} (=0.42) と $D = 20$ を代入し算出した粒度曲線を図 2 に示す。ふるい目 0.6mm を通過する粒径の骨材割合が多めの合成粒度が導かれた。

以上の検討結果を、我々は近々に行う基層用混合物の配合設計に採用し、標準的な粒度の基層用混合物と諸性状を比較し効果のほどを確認する予定である。良好な結果であった場合には、今後の舗装工事で広く活用されるよう働きかけていきたい。

図 2 $n=0.42$ とした基層用混合物の粒度曲線

【参考文献】

- 1) 加藤 他：新たな橋梁レベリング層用混合物の開発，土木学会論文集 E1 (舗装工学)，Vol.70，No.3 (舗装工学論文集第 19 巻)，pp.I_189-I_196，2014.
- 2) 設計要領第一集舗装編，東日本高速道路(株)，pp.58-60，2015.
- 3) アスファルト舗装講座Ⅱ，日瀝化学工業，pp.226-230，1978.
- 4) PAVEMENT NOTEBOOK FOR FHWA ENGINEERS，Federal Highway Administration，pp.4.8.15-4.8.27，1996.