

アスファルト舗装のすべり抵抗について (トペカ)

東北地建仙台技術事務所 正会員 ○山 田 俊 郎

若 生 宏

1. はじめに

積雪寒冷地における冬期間のタイヤチェーンによる路面摩耗に対処するため、アスファルト舗装(表層)において、アスファルト含有量、及びフィラーとアスファルトの含有比(F_i/A_s)を従来の設計基準より大きくしたいいわゆる寒冷地タイプの配合設計が一般化してきたが、現場担当者等より従来の普通タイプより路面がすべり易くなっているのではないかという声が聞かれた。そこでこの寒冷地タイプがすべり抵抗に対してどのような影響を及ぼすかを知らることが当面する問題と考えられ、前回アスモルについての室内実験を行ない、今回トペカについての室内実験を行った。本報告はトペカについての実験結果をまとめたものである。

2. 実験計画

(1) 因子と水準 アスファルト舗装のすべり抵抗に関係する要因が何であるかは、すべり抵抗の測定方法が確立していない現在、信頼出来る過去のデータがないの(1)は、きりしたことは不明である。しかし一般にはアスファルトの量と質、 F_i/A_s 、粒度、骨材の形状と質、締固め圧と温度、養生法等が考えられる。このうち今回の実験でとり上げた因子とその水準は表-1に示してある。

因子	水 準
A: A_s 量	A_1 : 8% A_2 : 10%
B: F_i/A_s	B_1 : 1.0 B_2 : 1.35 B_3 : 1.7
C: 粒度	C_1 : 下限 C_2 : 中央 C_3 : 上限
D: 締固め温度	D_1 : 90℃ D_2 : 110℃
E: 添加剤量	E_1 : 0% E_2 : 0.3%

表-1 因子と水準

(2) わりつけ とり上げた因子と水準は、2つの直交配列表 L_8 を用いて、 $L_8 \oplus L_8$ の直和法による解析が出来るように表-2のようにわりつけた。各因子の主効果のほかは因子AとBの交互作用 $A \times B$ が出るようになっている。なお繰数の都合でデータも示してある。

(3) 実験順序 供試体の作成、及びすべり抵抗値の測定は他の環境条件の効果が各供試体とその測定値に確率的に均等になるようにしなければならない。そこで実験順序は無作為に決められた。

3. 供試体

(1) 材料

アスファルト: シェル石

油ストレートアスファルト(針入度 80~100)

添加剤: デハイドロ(剥離防止剤)

碎石: 東京石灰碎石(宮城県高館山産玄武岩質安山岩)

オ 1 組 R ₁	A B ₁ B ₂	B ₁ B ₂	C ₁ C ₂	D ₁ D ₂	E ₁ E ₂	データ		
						($\mu-0.55$) $\times 100$	計	
1	1	1	1	1	1	25	19	44
2	1	1	2	2	2	22	12	34
3	1	2	2	1	2	20	4	24
4	1	2	2	2	1	28	19	47
5	2	1	2	1	2	-21	-31	-52
6	2	1	2	2	1	-20	-25	-45
7	2	2	1	2	2	-16	-25	-41
8	2	2	1	2	1	-8	-23	-31

オ 2 組 R ₂	A B ₂ B ₃	B ₂ B ₃	C ₂ C ₃	D ₂ D ₁	E ₂ E ₁	データ		
						($\mu-0.55$) $\times 100$	計	
1'	1	1	1	1	1	18	19	37
2'	1	1	2	2	2	26	26	52
3'	1	2	2	1	2	11	19	30
4'	1	2	2	2	1	12	13	25
5'	2	1	2	1	2	-17	-27	-44
6'	2	1	2	2	1	-1	-1	-2
7'	2	2	1	2	2	-25	-27	-52
8'	2	2	1	2	1	-20	-25	-45

表-2 わりつけと実験データ

粗砂：白石川砂（宮城県蔵王町）

細砂：荒浜海岸砂（宮城県亘理郡）

フィラー：宮城タンカル石粉（0.074mm通過）

(2)配合率 表-2 に示したわりつけより各供試体の配合率を求めると表-3 のようになる。但し、粒度の上限、中央、下限は図-1 に示すものを基準にしている。

(3)締固め法 型枠は JISA 1211 の CB R 試験用モールドを使用し、締固めはアムスラー試験機（最大 20 七）で行なった。載荷速度、載荷重の大きさは図-2 のとおりである。

(4)供試体のデモンジョンと養生 出来上った供試体のデモンジョンは、直径 15 cm、平均厚さ 3.1 cm、平均密度 $2.19/cm^3$ であった。養生は 20°C の水槽にて 24 時間養生した。

やつ No	A _s 量	添 加 剤	粒 度							
			13	10	5	2.5	0.6	0.3	0.15	0.074
1	8	0	100	84.9	74.7	64.5	34.3	24.1	13.9	8.7
2	8	0.3	100	91.8	81.1	70.4	44.8	33.1	18.4	8.7
3	8	0.3	100	85.2	75.7	65.7	36.0	26.2	16.5	11.7
4	8	0	100	92.2	82.0	71.7	46.5	35.2	21.0	11.7
5	10	0	100	85.2	75.3	65.5	35.6	25.8	15.9	11.1
6	10	0.3	100	92.2	81.8	71.5	46.1	34.8	20.4	11.1
7	10	0.3	100	85.7	76.4	67.1	37.9	28.6	19.3	15.0
8	10	0	100	92.7	82.9	73.1	48.4	37.6	23.8	15.0
1'	8	0	100	92.2	82.0	71.7	46.5	35.2	21.0	11.7
2'	8	0.3	100	100	89.1	78.2	57.4	44.5	25.6	11.7
3'	8	0.3	100	92.7	82.9	73.1	48.2	37.4	23.6	14.8
4'	8	0	100	100	89.6	79.2	58.9	46.5	28.2	14.8
5'	10	0	100	92.7	82.9	73.1	48.4	37.6	23.8	15.0
6'	10	0.3	100	100	89.7	79.4	59.0	46.7	28.3	15.0
7'	10	0.3	100	93.3	84.0	74.8	50.5	40.3	27.1	18.9
8'	10	0	100	100	90.3	80.6	61.0	49.3	31.6	18.9

表-3 配合率

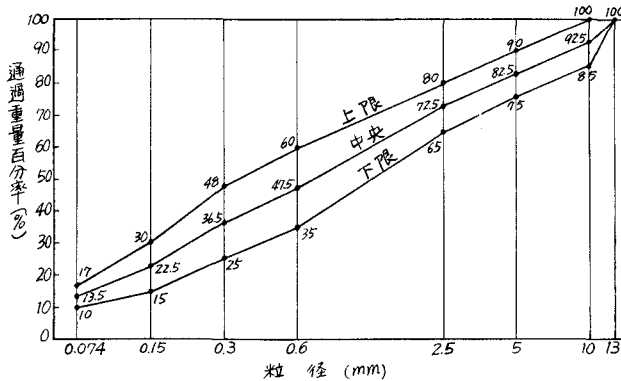


図-1 基準粒度加積曲線

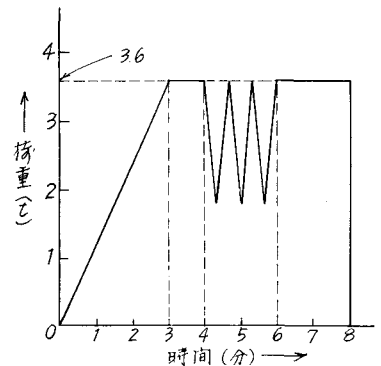


図-2 供試体作成の加圧条件

4. すべり抵抗試験方法

(1)携帯用すべり試験器 本器は英国道路研究所で開発された振子式の試験器で、振子の端部につけられたゴム製スライダーで路面をこすってすべり抵抗値 (Skid Resistance Value) を測定するものである。スライダーは 3 in. (7.6 cm) 中の自動車タイヤと同質のゴムを用いてある。すべりの長さは 5 in. (12.7 cm) になるようにセットされるので、スライダーがこする路面の面積は 15 in² (96.8 cm²) になる。なお本器によって得られる値は、30 mile/hr (48 km/hr) におけるブレーキ法で測定したものと対応する。

(2)測定 すべり抵抗値の測定は全て供試体表面を湿润状態にして行なった。これはすべりが問題になるのはすべり抵抗の小さくなる湿润状態だからである。測定は一つの供試体につきほぼ一定の値が得られるまでくり返し (5~10 回)、この値を測定値とした。このようにして各 2 七の測定

値を得た。なお測定の際は1回1回供試体表面に水を散布した。

5. 実験結果とその解析

(1) データ データは前掲の表-2に示してある。これは各供試体の測定値(すべり抵抗値)を次式により摩擦係数 μ に換算し、更に $(\mu - 0.55) \times 100$ の変換を行なったものである。

$$\text{摩擦係数 } \mu = \frac{3 \times (\text{すべり抵抗値})}{300K - (\text{すべり抵抗値})} \quad (K=1.10)$$

(2) 分散分析 各要因の変動を求めて分散分析を行なった結果を表-4に示す。

(3) 要因効果の推定 因子A(アスファルト量), B(F/A₀), C(粒度)が有意となったので各水準の平均値を求め、要因効果の推定を行なうと図-3を得る。信頼限界は次のようにして求めたものである。

要因	df	SS	MS	F	p(%)
R	1	13.8	13.8	—	—
A	1	11438.3	11438.3	283.1**	85.7
B	2	20.3	10.15	—	—
B ₁ B ₂	1	20.3	20.3	—	—
B ₂ B ₃	1	451.6	451.6	11.2**	3.1
A×B	2	64.0	32.0	1.6	0.2
A×B ₁	1	18.1	18.1	—	—
A×B ₂	1	18.1	18.1	—	—
C	2	56.3	28.15	1.4	0.1
C ₁ C ₂	1	217.6	217.6	5.4*	1.3
C ₂ C ₃	1	217.6	217.6	5.4*	1.3
D	1	57.8	57.8	1.4	0.1
E	1	11.3	11.3	—	—
e ₁	5	397.1	79.4 (V _{0/V₀₂} =232)	—	—
e ₂	16	549.5	34.2	—	—
T	31	13245.7	—	—	100.0
残差 e	25	1010.1	40.4	—	9.4

**危険率1%で有意 *危険率5%で有意

表-4 分散分析表

要因Aについて、

$$\pm \sqrt{\frac{F_{25} \times V_e}{N_e}} \quad (N_e: \text{有効反復数})$$

$$= \pm \sqrt{\frac{4.24 \times 40.4 \times 10^{-4}}{16}}$$

$$= \pm 0.03$$

要因B, Cについて、

上式で $N_e=8$ として求めれば、 ± 0.05

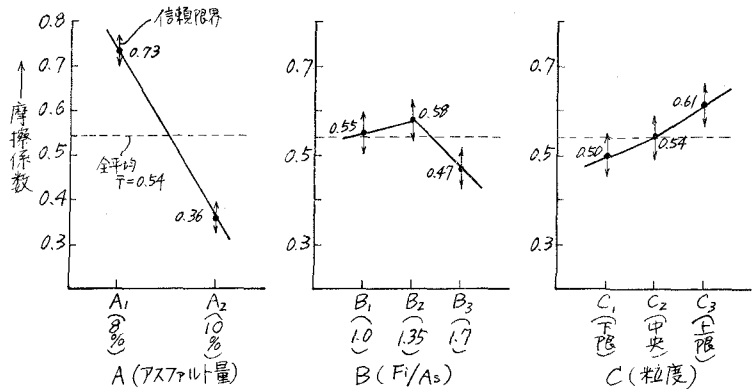


図-3 要因効果のグラフ

6. 最良条件の決定と確認実験

(1) 最良条件とその母平均の推定 摩擦係数が最大になるような、水準の最良の組合せは、有意な要因のみを考えた場合、図-3からA₁B₂C₃となる。実験全体の平均 $\bar{y}$ を求めると、 $\bar{y}=0.54$ となるから、A₁B₂C₃に対する母平均の推定 $\hat{\mu}$ は、

$$\hat{\mu} = \bar{A}_1 + \bar{B}_2 + \bar{C}_3 - 2\bar{y} = 0.84 \pm 0.07$$

となる。信頼限界は次のようにして求めた。

$$N_e = \frac{\text{全実験数}}{\hat{\mu} \text{に無視した要因の自由度の和}} = \frac{32}{1(M) + 1(A) + 1(B) + 5(C)} = 4$$

$$\therefore \pm \sqrt{\frac{F_{25} \times V_e}{N_e}} = \pm \sqrt{\frac{4.24 \times 40.4 \times 10^{-4}}{4}} = \pm 0.07$$

(2) 確認実験 一回の確認実験値の予想値 x は、次式で $r=1$ とおいて、

$$x = \hat{\mu} \pm \sqrt{F_{2,2} \times V_e \left(\frac{1}{n_e} + \frac{1}{r} \right)} = 0.84 \pm \sqrt{4.24 \times 40.4 \times 10^{-4} \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{1} \right)} = 0.84 \pm 0.15$$

A₁B₂C₃の組合せの確認実験用供試体を2つ作成(D, Eはいずれの水準でもよいのでD₂, E₁を選んだ)し、その摩擦係数を測定した結果を表-5に示す。これを見るといずれの予想値を満足している。

	摩擦係数 μ	平均
1	0.80 0.84	0.82
2	0.81 0.77	0.79

表-5 確認実験値

	密度 g/cm ³	安定度 kg	フロー 1/100cm
1	2.23	370	30
2	2.22	540	28
3	2.23	450	37
平均	2.23	453	32

表-6 マーシャル試験値

(3) マーシャル試験

A₁B₂C₃の組合せでマ

ーシャル試験用供試体を3つ作成して試験を行なった結果は表-6のようであり、これはトパクの基準値を満足するのである。

7. 考察

今回の実験で得られた結果をとりまとめると以下になる。

- (1) アスファルト量は8%と10%で摩擦係数に約0.4の差があり大きな要因効果をもっている。寒冷地タイプではアスファルト量が9~10%なので、7~9.5%の普通タイプよりすべり抵抗が小さくなる、といえる。配合に当って、アスファルトの過剰には特に注意が必要である。
- (2) F_i/A_sは1.0と1.35では有意な差は認められなかったが、1.7ではかなり摩擦係数が小さくなっている。これよりF_i/A_sを大きくした寒冷地タイプがすべり抵抗に対して不利であることを示している。
- (3) 粒度については比較的細い骨材の多い上限粒度が必ずかではあるが他の粒度より大きな摩擦係数を示した。
- (4) 締固め温度は90℃と110℃で差は認められなかった。
- (5) 剥離防止剤の0.3%添加はすべり抵抗に影響しない。従ってアスファルトに同じような骨材を使用する際、剥離防止剤を添加してすべり抵抗はこれによって変わらない。
- (6) アスファルト量とF_i/A_sの交互作用を予想したが、これは認められなかった。
- (7) 本実験で選んだ因子の水準の最良組合せは、A₂量=8%、F_i/A_s=1.35、粒度は上限粒度であり、この組合せの骨材の安定度及びフロー値はともに満足出来るものである。

8. おわりに

今回の実験は時間の余裕もなかったのとより上げた因子も少なく、また重要な因子と言われる骨材の形状と質もとり上げなかった。これは本実験が一般的な工法に主眼をおき、いわゆる特殊なすべり止め工法とか、入手し難い材料の使用とかを目的としたことによる。しかし、今後骨材の要因を含め、今回より上げた要因についての実験を行なう予定であり、今回の実験で直和法によるわりつけを採用したの目玉としてこの点である。更に室内実験では難かしい経年変化を知るために、現場舗設ないしは試験舗装による研究が必要であると痛感している。また特性値として摩擦量とより上げ、耐摩擦・耐すべり工法として満足出来るアスファルト舗装を見つけることも今後の重要な課題であり、この準備にとりかかっていることを付け加えておく。