熱帯地域におけるアスファルト舗装の流動轍掘れと耐流動性に関する考察

○ JICA 企画部 会員 田中 幸成
JICA 資金協力業務部 フェロー会員 古木 守靖
国際建設技術研究所 会員 岡村 憲光
JICA 資金協力業務部 非会員 市川 裕一

（概要）
熱帯地域の道路舗装の破損原因の一つである流動轍ぼれに着目し、ストレートアスファルトを使用して耐流動性を向上させる方策について分析した。本研究の結果、使用する細骨材の粒度管理及びアスファルト量が重要なファクターであること、および耐流動性について、SGCにおける空隙率と動的安定度の相関性が確認された。

1. 背景

日本の道路舗装では、一般的にマーシャル法によって配合設計を行うとともに、ホイールトラッキング（WT）試験によって耐流動性（動的安定度：Dynamic Stability（DS））を確認する。熱帯性気候に属する地域では、路面温度も日本より高く、容易に流動わだち掘れが発生する。舗装道路の整備が求められる開発途上国では高価な改質アスファルトの使用は最小限とする必要があり、さらに加えて、骨材の品質、粒形などの管理が不十分なことからも、耐流動性確保は大きな課題となっている。そのような中、SGC（Superpave Gyratory Compactor）を採用する国も増えてきている。これまでの研究において、配合設計における、骨材粒度と骨材間隙率（VMA）の関係[1),2)]について検証がなされ、また、DS値を計算VMAから算出した計算空隙率によって推定することが可能[3)]であるとされているものの、SGCによる空隙率とDSの相関性について十分な知見が得られていない。

2. 試験内容

(1) 基本配合の設定

本研究では、代表混合物を密粒タイプ(13)[75回]60/80とし、骨材のかみ合いによる耐流動性確保の観点から空隙率に着目し、表2-1のような条件を設定して、WT試験とSGCによる混合物締固め試験を行った。

表2-1 試験対象混合物

No.	配合名	2.36mm通過量[%]	アスファルト量
①	中央粒度OAC	42.9	共通範囲の中央値
②	中央粒度+0.6%		OACに対して+0.6%となるAs量
③	中央粒度+0.3%		OACに対して+0.3%となるAs量
④	中央粒度-0.3%		OACに対して−0.3%となるAs量
⑤	中央粒度-0.6%		OACに対して−0.6%となるAs量
⑥	上方粒度OAC	47.5	共通範囲の中央値
⑦	下方粒度OAC	37.5	共通範囲の中央値
⑧	下方粒度+0.6%		OACに対して+0.6%となるAs量
⑨	下方粒度-0.3%		OACに対して+0.3%となるAs量
⑩	下方粒度-0.3%		OACに対して−0.3%となるAs量
⑪	下方粒度-0.6%		OACに対して−0.6%となるAs量
⑫	再現試験①	42.9	中央粒度OACに準ずる
⑬	再現試験②		

(2) 試験内容

耐流動性について確認を行うため、表2-2に示す試験項目を実施した。

表2-2 試験項目

No	試験名	試験法	適用
①	骨材の比重給水試験	JIS A 1110	理論最大密度の計算値
②	マーシャル安定度試験	試験法便覧B001	OACの決定
③	ホイールトラッキング試験	試験法便覧B003	動的安定度
④	水浸ホイールトラッキング試験	試験法便覧B004	はく離面積率
⑤	曲げ試験	試験法便覧B005	曲げ強度・曲げひずみ
⑥	最大密度試験	試験法便覧G027	理論最大密度の実測値
⑦	SGCによる混合物締固め試験	SHRP	最終空隙率

3. 試験結果

(1) 使用材料

本研究において使用した骨材について表3-1に示す。

表3-1 使用骨材

			5号砕石	6号砕石	7号砕石	砕砂	再現試験用砕砂	細目砂	石粉	規格
製造会社名			(株)オーリス					羽黒資材(株)	菱光石灰工業(株)	
産地			茨城県笠間市	茨城県笠間市	茨城県笠間市	茨城県北相馬郡守谷町		栃木県宇都宮市小倉町	埼玉県秩父郡横瀬町	
材質			硬質砂岩	硬質砂岩	硬質砂岩	硬質砂岩		洗砂	炭酸カルシウム	
試験項目	通貨質量百分率[%]	19.0	100.0	100.0	100.00	100.0	100.0	100.0	100.0	
		13.2	10.7	97.6	100.00	100.0	100.0	100.0	100.0	
		9.5	0.5	66.0	100.00	100.0	100.0	100.0	100.0	
		4.75	0.5	10.4	74.8	100.0	100.0	100.0	100.0	
		2.36	0.5	3.7	0.0	83.0	90.0	100.0	100.0	
		1.18	0.5	2.4	0.0	59.3	-	97.6	100.0	
		0.600	0.5	1.9	0.0	39.3	75.0	87.7	100.0	
		0.300	0.4	1.6	0.0	22.9	40.0	39.3	100.0	
		0.150	0.4	1.4	0.0	9.5	15.0	6.7	99.8	
		0.075	0.4	1.0	0.0	0.0	0.0	1.6	94.1	
	密度[g/cm³]	表乾密度	2.675	2.653	2.650	2.619		2.590		粗骨材:2.45以上 細骨材:-
		見かけ密度	2.689	2.682	2.693	2.680		2.631	2.710	
		かさ密度	2.666	2.636	2.625	2.530		2.546		
	吸水率[%]		0.32	0.65	0.97	3.51		1.76		
	すり減り減量[%]		11.9	12.2						粗骨材:30以下 細骨材:-
	安定性試験による損失量[%]		0.1	0.3	0.1	0.6		3.6		粗骨材:12以下 細骨材:-
	軟石量[%]		2.7	2.2						粗骨材:5.0以下 細骨材:-
	へん平率[%]		0.2	0.8						粗骨材:10.0以下 細骨材:-
	静的剥離率[%]			12.0						
	塑性指数PI					NP		NP		
備考										舗装施工便覧（平成18年度版）

KEY WORDS: *Plastic Flow Rutting, DS(Dynamic Stability), SGC(Superpave Gyratory Compactor), Tropical Countries, Air Voids*
連絡先：〒102-8012 東京都千代田区二番町5-25 二番町センタービル (独)国際協力機構 TEL:03-5226-6660

(2) 試験結果

a) 粒度分布とDSの関係

耐流動性を低下させる要因として骨材のかみあわせを阻害する粒度分布の外れに着目した試験の結果、細粒分の外れ（増加）によりDSが大幅に減少することが確認された。

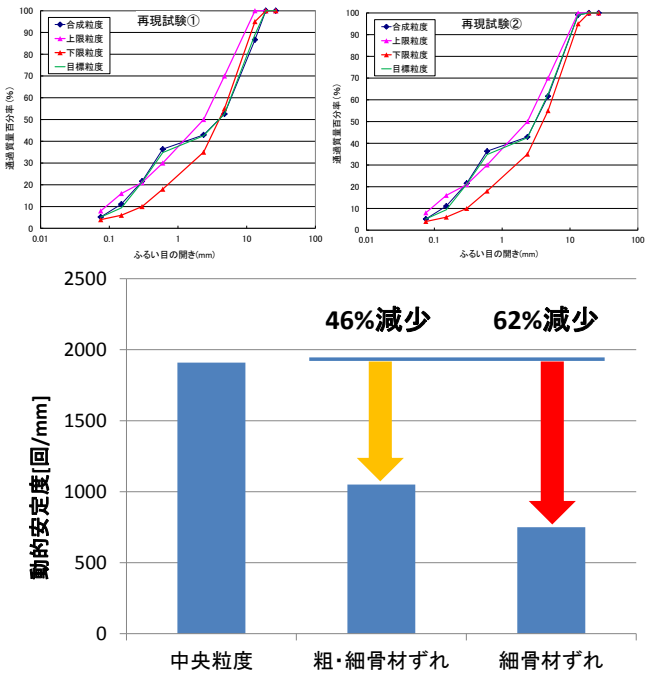

図3-1　空隙率とDSの関係

b) アスファルト量と耐流動性

我が国の基準ではアスファルト量を少なくしたほうが耐流動性を高めることができるとしており、本研究でも、アスファルト量が少ない場合に耐流動性は高くなった。一般的にアスファルト量が減少するとクラックが発生しやすくなるが、本試験の範囲では、水浸WT試験の結果剥離性は増大せず、曲げ試験の結果、曲げ強度、曲げひずみとも明確な差は見られなかった。

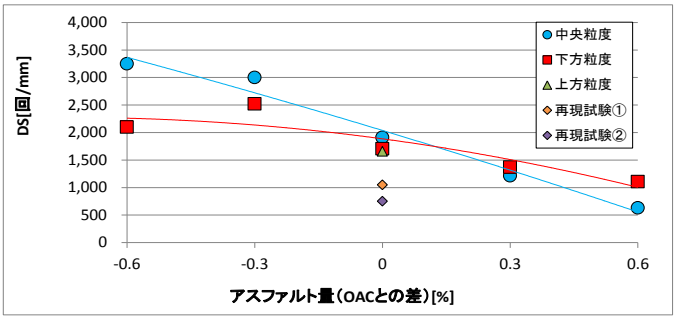

図3-2　アスファルト量(OACとの差)とDSの関係

c) SGCによる混合物締固め試験

SGCによる最終空隙率2%以上の混合物ではすべてがDS2,000以上となり、高い耐流動性が確認された。また、アスファルト量が少ないと最終空隙率は大きくなることが確認された。

4. まとめ及び考察

(1)骨材粒度分布管理の重要性

今回の試験結果から粒度分布のずれは流動轍ぼれの耐流動性を大きく低下させることが確認された。したがって途上国で問題となる不適切なプラント管理対策に細心の注意を払うことが重要であるといえる。特に、細骨材が耐流動性に与える影響が大きいため、十分な注意が必要である。

(2) SGCによる最終空隙率とDSの相関性

SGCでは耐流動性確保の視点から、最終空隙率2-2.5%以上確保することを規定しているが、図4-1に示すとおり、最終空隙率と耐流動性に相関性があることが確認され、これは最終空隙率による耐流動性判定の有効性を示唆するものである。なお今回、ストレートアスファルトであるにも関わらず高い耐流動性が得られた原因として、形状の良い良質な粗骨材と細砂の組み合わせが、好ましい骨材骨格を形成したものと推定される。

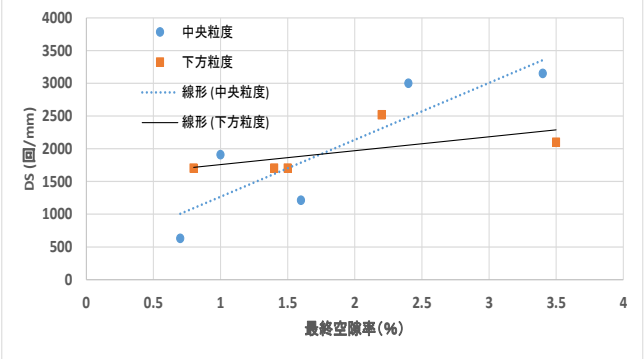

図4-1　最終空隙率とDSの関係

5. 今後の課題

今回、日本の材料を使用して試験を実施した結果、高いDS値が得られたが、この要因については以下のような複数のサンプルによる更なる検証が必要と考えられる。

・粗骨材の種類（岩種、粒形、硬度）
・細骨材の種類（天然砂、スクリニングス）

また、SGCによる締固め試験や配合試験の手法は、日本ではほとんど活用されておらず、これらの手法について成熟していない。開発途上国においては、これらの手法が制度化されている国も増えてきており、今後はさらに事例を増やして知見を蓄積していく必要がある。近年では、SUPERPAVEはマーシャル法に比べてアスファルト量が少なくなるため、クラックの発生が報告されており、アスファルト量を一律に増加させる政策を取りつつあるとの報告もある。SGCの配合設計においてアスファルト量を増加した場合の施工状況についても検討の余地がある。

1) Yasuo GUNJI, Takemi INOUE and Hirokazu AKAGI: Evaluation of Voids in Mineral Aggregate of Hot Asphalt Mixture Using Aggregate Grading, *JSCE*, No.648/V-47,191-202(2000.5)
2) 郡司、井上、赤城：加熱アスファルト混合物の骨材間隙率の検討，土木学会舗装工学論文集，第 4 回(1999)
3) 郡司、井上、赤城：SMA 混合物の VMA と力学特性に関する一考察，土木学会第 55 回年次学術講演会，(2000.9)