

ベトナムにおける ポーラスアスファルト舗装関連事業の展開

国土交通省大臣表彰 第1回 JAPAN コンストラクション国際賞受賞

中西 弘 光

ポーラスアスファルト舗装技術は、国土交通省が推進する「日本の質の高いインフラ輸出政策」の対象技術の一つである。しかし、この技術の根幹をなすのは特殊な改質アスファルトであり、これを輸出するには品質の低下やコスト高など、様々な問題を伴う。ベトナム政府は、過去に同舗装に取り組んだ経験もあり、導入に前向きであったことも幸いし、独自に開発してきたプラントミックス型のアスファルト改質剤 (TPS) を用いたポーラスアスファルト舗装が、ベトナム政府より新技術として暫定承認される栄誉を得た。

本稿では、ここに至るまでの約4年間に及ぶ現地政府との交渉や評価試験などを紹介すると共に、今後のASEAN地域における当該技術と関連技術の展望についても紹介する。

キーワード：インフラ輸出, ASEAN, ポーラスアスファルト舗装, アスファルト改質剤, TPS

1. はじめに

ポーラスアスファルト舗装 (排水性舗装) は1980年代初頭に欧州で始まった。日本には欧州からその技術が導入され、1987年に東京都環状7号線で低騒音を目的として最初の試験施工が実施された。その後、欧州技術に対して様々な改良が加えられ、日本の夏季高温時でも耐久性を発揮し得る高粘度改質アスファルトが開発され、1996年に「排水性舗装技術指針 (案)」としてその技術体系がまとめられた。

ASEAN諸国の中でもマレーシアでは、1990年代初頭に欧州から技術導入しポーラスアスファルト舗装が採用され始め、国道や高速道路で広く採用された。しかし、年間を通じて気温が30℃以上で、主に花崗岩が使われる国としては、アスファルト基準は比較的緩く、剥離によるラベリング、空隙詰まりや空隙潰れが多発し、普及の桎梏となっており、現在その対応策に取り組まれている。

その他のASEAN諸国でも、ポーラスアスファルト舗装の特徴や効果は知られており、様々な室内試験や試験施工による検討が行われた (タイ、インドネシア、フィリピン、ブルネイ) ことはあるものの、現在、実際の道路で通常の工法として採用されている状況ではない。

ベトナム交通運輸省 (MOT) には、2006年8月の交通運輸大臣決定書に基づく新技術登録制度があり、弊社は2012年1月9日、MOT科学技術局に対してポー

ラスアスファルト舗装の新技術登録申請を行い、受理された。その後、当該技術の評価部門が交通運輸科学技術院 (ITST) 第一道路重点試験室に決まり、まず材料に関する室内試験計画が作成され、これに基づいて室内試験が実施され、結果が評価された。

その後、2014年6月に高速道路上で試験施工を実施し追跡調査の結果がMOTの要求を満たすものであり、2016年2月4日に暫定承認を受けるに至った。「暫定」という条件は、今後の様々な試験施工を通じて正式な基準とするということを示している。

本稿では、この先「日本の質の高いインフラ技術」が海外で広く受け入れられ、普及することを期待して、弊社のベトナムでの取り組みを紹介する。関係者の参考になれば幸いである。

2. ベトナムにおける新技術登録制度

(1) 新技術登録制度への申請

ベトナムで、道路に関する新しいインフラ技術を展開しようとする場合、原則としてベトナム交通運輸省 (MOT) の承認が必要となり、この新技術登録制度に基づいて申請し、承認を得る必要がある。手続きや実際の作業は非常に煩雑で、多くの時間がかかる。弊社の申請に対するMOTの回答 (越語の日本語訳) は、図1に示す通りである。

交通運輸省

2012年1月12日

「第280/BGTVT-KHCN号：ポーラスアスファルト混合物に用いる新材料“TAFPACK-Super (TPS)”の実験の許可について」

「ベトナムにおける交通施設の建設に際する新材料・新技術の導入に関する規則」の公布に関する交通運輸大臣の2006年8月10日付けの決定書No.30/2006/QD-BGTVTに基づき、ベトナムにおける新材料の導入に関する申請者の2012年1月9日付の申請書（ポーラスアスファルト混合物に用いる新材料TAFPACK-Superに関する関連書類を含む）を検討した結果、交通運輸省の意見は以下の通りである。

1. 車道の舗装の建設においてTAFPACK-Superを用いるポーラスアスファルト混合物の技術仕様を特定し評価するために、室内実験の実施を許可する。
2. 交通運輸省交通科学技術院（ITST）に対し、申請者と協力して、室内試験の実施案を作成し、交通運輸省に提出して承認を受けるように依頼する。
3. 交通運輸省交通科学技術院（ITST）及び申請者は、承認を受けた室内実験の実施案に基づいて、実験を行い、その結果を交通運輸省（科学技術局経由）に報告すること。室内実験は所定の結果に達しない限り、現場実験は認められない。
4. 実験に要する費用は申請者が負担する。

大臣の代行
科学技術局長

図一 新技術登録申請に対する意見書

(2) 室内試験の実施と評価

この回答書に基づいて、ポーラスアスファルト舗装に関する日本の基準類、アスファルト改質剤TAFPACK-Super (TPSと略す)の日本での特許やNETIS関係書類、試験法便覧などの各種関連資料を英訳もしくは越訳して提出した。尚、日本の基準類は（公社）道路協会が発行しているが、道路協会と政府との関係を説明する証明書の提出まで求められた。

日本とベトナムでは、アスファルトやアスファルト混合物の試験方法が異なることも多々あるし、共通的に採用されていない試験もある。試験設備の精度などの問題もある。このような点について、ITSTと綿密な協議を実施し、室内評価実験計画を策定し、個々の試験を実施することになった。

ポーラスアスファルトに使用するTPS改質アスファルト、及びポーラスアスファルト混合物のITSTで実施した室内実験結果をまとめて表一に示す。

試験結果は、日本のポーラスアスファルト混合物と遜色ない。しかし、日本とベトナムではアスファルト舗装の構造設計法が異なる。従って、ポーラスアスファルト混合物は、密粒などの表層用混合物と同様、等値換算係数1.0で評価できる日本の状況は受け入れて頂けない。ベトナムでは、アスファルト舗装の構造設計

は T_A 法ではなく、AASHTO設計法に基づいて構造指数法（SN法）で設計される。

$$SN = (a_1 D_1 + m_2 a_2 D_2 + m_3 a_3 D_3) / 2.54 \quad \dots (1)$$

ここに、2.54：inとcmの補正值

SN：Structural Number, 構造指数

D_1, D_2, D_3 ：表層, 上層路盤, 下層路盤の層厚 (cm)

a_1, a_2, a_3 ：表層, 上層路盤, 下層路盤の層係数 (図表より読み取る)

m_2, m_3 ：上層路盤, 下層路盤に影響する排水の影響

また、アスファルト混合物層の層係数は、30℃における繰返し間接引張試験によるレジリエントモデュラスから求められる。密粒度アスコンの場合、レジリエントモデュラスは1,930 MPaから2,070 MPaを想定している。この関連試験を、（一社）日本道路建設業協会の道路試験所にも委託した。試験の結果、レジリエントモデュラスの値は、30℃で3,590 MPaであり、想定通り通常の密粒度アスコンを超える高い弾性復元力が示された。しかし、ベトナムの大学で実施した結果が1,720 MPaとかなり低い値を示した。試験結果の値が小さくなったことの原因は定かでないが、MOTはベトナムでの試験結果を採用するとの判断を示した。その結果、ポーラスアスファルト混合物の層係数

表一 ポーラスアスファルトに使用する TPS 改質アスファルト及び混合物の室内試験結果

アスファルト試験項目	単位	試験結果	日本基準	ベトナム基準	混合物試験項目	単位	試験結果 ¹⁾				日本基準
							北部(石灰岩)		南部(花崗岩)		
							13 mm	20 mm	13 mm	20 mm	
軟化点	℃	85.5	≥ 80	≥ 80	アスファルト量	%	5.0	4.8	4.4	4.2	-
針入度	1/10 mm	49	≥ 40	40-70	密度	g/cm ³	2.172	2.232	2.006	1.996	-
引火点	℃	270	≥ 260	≥ 260	空隙率	%	20.74	19.52	19.83	20.81	20%程度
薄膜加熱質量変化率	%	0.049	≤ 0.6	≤ 0.6	連続空隙率	%	15.39	14.48	14.99	16.25	≥ 13% ²⁾
薄膜加熱後の針入度残留率	%	87.76	≥ 65	≥ 65	マーシャル安定度	kN	4.97	6.63	7.07	5.92	≥ 3.43
トリクロロエチレン溶解量	%	99.32	-	≥ 99	フロー値	mm	2.49	2.6	2.61	3.2	
密度 (at 25℃)	g/cm ³	1.021	-	1.00-1.05	残留安定度	%	82.03	85.11	85.21	85.48	≥ 75 ³⁾
密度 (at 15℃)	g/cm ³	1.015	-		カンタプロ損失率	%	9.43	10.53	14.53	17.73	≤ 20 ⁴⁾
伸度 (at 15℃)	cm	77.6	≥ 50	≥ 50	動的安定度	回/mm	5,727	6,300	-	10,500	≥ 3,000
弾力回復率	%	89	-	≥ 70	注) 1) 骨材はベトナムの代表的な石灰岩(北部)と花崗岩(南部)を選び、両骨材について試験した。 2) 連続空隙率の推奨値として、13%以上を提案。 3) 残留安定度基準は、75%以上を推奨。 4) カンタプロ基準は、20%以下を推奨。						
骨材との付着度	級	4	-	≥ 4							
貯蔵安定性	℃	1.7	-	≤ 3							
135℃粘度	Pa·s	1.615	-	≤ 3							
タフネス	N·m	25	≥ 20	≥ 20							

注) 使用アスファルト：TPS 改質アスファルト (Petrolimex 60/70 (88%) + TPS (12%))

は、通常密粒アスコンの70%~100%と位置付けられ、今後の試験施工を通じて層係数の位置付けを明確にするよう指示された。この問題は、長い時間の交渉でも、判断を変えることは出来なかった。

3. ポーラスアスファルト舗装の試験舗装

(1) 試験施工の概要

MOT が主催する専門家委員会で、室内試験結果は良好であるとの判定を頂き、次のフェーズに移る。次の課題は、ポーラスアスファルト舗装を計画・設計・施工・管理するためのベトナム基準を策定することと、実際の道路でのポーラスアスファルト舗装の供用性を確認するための試験施工の実施である。基準については、当方から基準案を提出した。また、試験施工の実施のために、プラントでの試験練り計画、試験施工計画、及び追跡調査計画も策定された。

試験施工は、ハノイ市の南部に位置する、Cau Gie-Ninh Binh 高速道路で、既設表層の上に5cm厚で実施することになった。試験施工の概要は表一2の通りである。

(2) ポーラスアスファルト混合物の製造

ポーラスアスファルト混合物の製造は、ベトナムのローカルプラントである。これまでポーラスアスファルト混合物の製造経験は全くなく、混合物の特徴から製造方法まで細かく指導した。180℃の混合温度を確

表一2 試験施工の概要

路線名	Cau Gie-Ninh Binh 高速道路 km 216+200 ~ km 216+500 (延長 300 m) 南行き車線, 2車線+路肩 (幅員 11.2 m)	
工区	試験工区 (TPS)	比較工区 (PMBIII)
場所規模	km216+100 ~ km216+300 (200 m) 施工面積 2,240 m ² 施工厚: 5 cm	km216+300 ~ km216+400 (100 m) 施工面積 1,120 m ² 施工厚: 5 cm
混合物	ポーラス 13 mm (TPS: 大有建設)	ポーラス 13 mm (PMBIII: Petrolimex)
粗骨材	石灰岩混じりの玄武岩 (Phu Man, Hanoi)	
細骨材	紅河の川砂	
製造	Hop Tien Company Limited (Ha Nam 省)	
施工	Phuong Thanh Transport Construction And Investment JSC	
指導	大有建設株	
施工日	2014年6月5日~7日	

保するため、アスファルトの加熱能力も当方負担で改造・強化した。

更に、ホットビンの1ピンは4.75mm以下にセットされており、2.36mmと4.75mm間でギャップ粒度が組めない。そのため、2.36mm対応のホットピン用篩を提供し、設置した。これらの準備を進め、プラント職員の指導をすることで、室内で得られたとほぼ同等の混合物を製造することが出来た。

プラントでのアスファルト改質剤(TPS)の添加は、予め計量された量を1バッチずつ人力投入した。

表一3に、試験施工に用いたポーラスアスファルト混合物の品質管理試験結果を示す。

表一3 ポーラスアスファルト混合物の品質管理

試験項目	試験結果	基準 (目標)
通過重量百分率 (%)	19 mm	100
	12.5	94.8
	4.75	16.35
	2.36	15.2
	0.075	4.6
アスファルト量 [%]	4.86	4.9
ダレ試験 [%]	0.69	-
密度 [g/cm ³]	2.124	-
空隙率 [%]	21.06	18-22
連続空隙率 [%]	14.76	≥ 13%
マーシャル安定度 [kN]	4.67	≥ 3.43
フロー値 [mm]	2.56	-
残留安定度 [%]	88.14	≥ 75 ²⁾
カンタブロ損失率 [%]	16.78	≤ 20
透水係数 [cm/s]	0.36	≥ 0.01
ITSR ¹⁾ [-]	0.87	-
動的安定度 [回/mm]	7,000	≥ 3,000
変形量 [mm] (Hamburg Wheel Tracking, 50℃水中, 20,000回載荷)	2.71	-

1) Indirect Tensile Strength Ratio (間接引張強度比)

2) 残留安定度は60℃, 24時間水浸後に実施

(3) ポーラスアスファルト舗装の試験施工

路面の清掃を行った後タックコートを散布した。使用したアスファルト乳剤はポリマー改質アスファルト乳剤「CRS-1P」(Petrolimex Asphalt 製)で、散布量は0.4リットル/m²である。使用した重機類は、フィニッシャー (Vögele SUPER1800), マカダムローラー (Dynapac C12 (8トン)), タイヤローラー (10トン), デストリビュータである。施工は初日に追越車線側の幅員4.8m, 2日目には走行車線と路肩を含めた幅員6.5mを施工した。施工状況の写真を写真一1~6に示す。

(4) ポーラスアスファルト舗装の追跡調査

当該道路の交通量は、事前調査の結果、1日1方向6,649台, 10トン軸重換算で1,234軸 (1日, 1方向)である。また、試験施工の前1年間の現場付近の気象情報によれば、最低平均気温は16.3℃ (12月), 最高平均気温は30.2℃ (6月), 最高気温の最低温度は26.2℃ (1月), 最高気温の最高温度は39.7℃ (6月)である。

ポーラスアスファルト舗装の性能の追跡調査は、施工直後, 施工1か月後, 施工3か月後, 施工6か月後, そして施工9か月後で実施した。追跡調査は, ITSTが実施しMOTに報告した。

代表的な試験結果を表一4に示す。9ヶ月の短期間の調査結果ではあるが、この間の性状の変化はほとん



写真一1 タックコート散布



写真二2 敷き均し



写真三3 初転圧



写真四4 二次転圧



写真五5 完成後の路面



写真六6 関係者との記念写真

表一 4 追跡調査結果 (9ヶ月後)

調査項目	試験法	単位	追跡調査結果				
			直後	1ヶ月後	3ヶ月後	6ヶ月後	9ヶ月後
路面粗さ (サンドパッチ法)	TCVN8866:2011	mm	1.18	1.10	1.01	0.94	0.92
すべり抵抗性 (BPN 法)	ASTM E303	BPN	72	73	72	70	69
わだち掘れ (3m 定規による)		mm	0	0	0	1.5	1.5
現場透水量 (日本・試験法便覧)	S025	cc/15 秒	1,401	1,380	1,401	1,370	1,353

(注)・数値は、追越車線、走行車線で実施した値の平均を示す。

・3m 定規による平坦性試験も実施しているが、表現法が違うのでここでは省略する。

・FWD による弾性係数の調査も行ったが、調査時の温度が大きく異なり、結果の分析が出来なかった。

ど見られない。わだち掘れが6ヶ月後発生していることになっているが、これは走行車線の左側わだち位置が既設表層の施工ジョイント位置に重なり、この施工ジョイントで既設表層が沈下したことによるものである。実際のポーラスアスファルト層のわだち掘れは無い。このことは報告書にも明記されている。最近のベトナムでのアスファルト舗装の最大の問題はわだち掘れであり、施工後直ぐに大きなわだち掘れが発生し、改修せざるを得ない現場が多くある中で、この試験施工の結果は関係者を大いに満足させたのもであったと確信している。

更に、3年7ヶ月経過後 (4回の夏季を経験) の路面調査も ITST により後日実施されているが、調査結果は9ヶ月後からほとんど変化していないことも確認されている。写真一7～9は、施工後3年7ヶ月後の状況である。

以上の調査結果を基に専門家委員会が開催され、ポーラスアスファルト舗装の性能の良さが参加専門家の総意として確認された。更に、並行して進めてきたポーラスアスファルト舗装関連基準についても、高性能のポーラスアスファルト舗装の建設を保証し得るものであるとの裁定を受けた。

その結果、申請から4年後の2016年2月4日付けのMOT大臣通達により、「TAF PACK-Super (TPS) を用いた排水性舗装の設計、施工、検収のための暫定基準を発行する」という決定書が公布され関係部門に

配布された。

これにより、今後ベトナム国内の道路プロジェクトでポーラスアスファルト舗装を採用することが公式に認められたのである。これにより、ベトナム国内でのTPSの製造体制も確立した。

4. 今後の展望

(1) ベトナムでの活動

ベトナムでの活動は、ポーラスアスファルト舗装技術の確立のための活動を含めて、既に5年を超える。この5年間は、政府、学会、民間企業との信頼関係の構築と弊社ブランド名の普及活動であった。大学では毎年恒例の講座も受け持っている。若い学生達との関係も築けた。いずれもビジネスにはほど遠いが、こうして築き上げた信頼関係は今後のビジネス展開の肥料となるに違いない。最近では、ポーラスアスファルト舗装に加え、日本の舗装用の資材販売も強化しつつあり、既にいくつかの実績も積み上げている。

(2) タイでの活動

ASEAN 展開の一環として、タイ王国にも TPS ポーラスアスファルト舗装技術を紹介してきた。ある程度予備知識のある状況ではあったが、政府との交流を重ね、2015年12月には自動車専用道路での試験施工も完了した。設備面で、必ずしも満足できるものではな



写真一七 わだち掘れ調査



写真一八 現場透水試験



写真一九 路面状況

かったが、出来得る限りの改良を重ね無事施工することが出来、今も良好な路面を維持している。

(3) マレーシアでの活動

同様に、マレーシアでのマーケティング活動も行っている。ここでのポーラスアスファルト舗装は、花崗岩の使用と使用するアスファルトの品質上の問題により、供用性に問題がある。剥離によるラベリングと空隙詰まりが主な問題である。この問題に対して、現地の大学との共同研究体制を確立し、日本の技術による解決に取り組んできた。高速道路上での TPS ポーラスアスファルト舗装の試験施工も成功裏に終え、投資家からも高い評価を得ることが出来ている。

5. おわりに

今日のベトナムにおける舗装関連事業の展開にあたり日本の基準などが海外に知れ渡っていない事、英語版基準がない事など、海外での活動の障害となる状況も多い。国を挙げて海外進出に裨差す政策を進めてほ

しいと願っているが、我々にはそれほど多くの時間はない。欧米各国、或いは中国や韓国からの進出も多い。他の国々と競争して一刻も早く日本の優れた技術を海外に展開する必要がある。そうすることで、自社のみならず日本国の成長に貢献できると考えている。

謝 辞

最後になりますが平成 30 年 4 月 11 日、石井啓一国土交通大臣から第 1 回 JAPAN コンストラクション国際賞（中堅・中小建設企業部門）を授与された。我々の活動を評価頂いたことに大変感謝するとともに、今後も引き続き日本の優れたインフラ技術を海外に展開するビジネスを強化したいと考えている。

JCMA

【筆者紹介】

中西 弘光（なかにし ひろみつ）
大有建設㈱
取締役

