# PX7P/LK

第48巻 第217号 平成17年4月発行

217

#### 特集・アジアの舗装技術 -

特集にあたって中村俊行1中国の舗装技術の現状Guo Zhongyin・Qian Guoping2大韓民国の舗装技術山之口浩10台湾における現在の舗装技術邱 垂徳20インドネシアの舗装丸山暉彦26ベトナムの舗装技術海老澤秀治30ブータンの舗装河野 宏36

<アスファルト舗装技術研究グループ・第49回報告>

峰岸順一 41

72

「バリアフリーに関する各国の研究動向」と

「道路,鉄道および空港の支持力(その2)」

アスファルト舗装技術研究グループ 42

<統計資料>石油アスファルト需給統計資料

## **ASPHALT**

有限責任中間法人 日本アスファルト協会 THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION

## 特集にあたって

## 中村 俊 行国土交通省国土技術政策総合研究所

今回の特集として「アジアの舗装技術」を取り上げた。特集のテーマは,主としてアスファルト舗装の技術的課題を扱うことが多かったので,その点からすると異例である。過去の「アスファルト」の特集を検索してみると,昭和60年の第145号で「海外における道路舗装の現状」,平成5年の第176号で「世界の道路事情」がテーマとなっている。

アジア全体としては,近年目覚ましい経済成長を遂げており,世界の政治経済を考えるうえで大いに注目されている。しかし,各国の実情は様々であり,むしろ国毎の格差が拡大し,ますます多様化してきている。

中国,韓国,台湾の東アジア諸国では,実質GDPが世界平均を大きく上回る速度で成長してきており,日本を含めて世界の中で第3の核を形成しつつある。これらのアジア先進国での成長を支えた大きな要素として道路,鉄道,港湾,空港などの社会資本の整備が挙げられる。さらに,需要の増大に対応するとともに,成長を持続するために社会資本の整備が計画されている。例えば中国では,現在3.5万㎞の高速道路を2030年には8.5万㎞まで整備し,北京から7本の放射線と,南北9本,東西18本のネットワークの完成を計画している。

中国,韓国とは舗装技術に関して,民学官の各分野で多くの交流が行われてきている。

中国とは,政府ベースで1984年より「日中道路交流会議」がほぼ毎年開催されている。また,2001年からは上海の同済大学と我が国の土木学会が共催して日中舗装技術ワークショップが行われており,今年の11月に第3回のワークショップが中国南京市で開催される予定である。

韓国とは,1996年より両政府間での「日韓道路交流会議」が東京とソウルで交互に開催されている。この会議の中で,2002年には日本の独立行政法人土木研究所と韓国建設技術研究所がPMSの共同研究について調印している。

特集では、アジア先進国を代表して中国、台湾、

韓国についてその道路舗装を取り上げている。これらの諸国とは,今後は舗装ストックの管理や環境と舗装との関わり等の課題について,技術交流が盛んになるものと思われる。

一方,特集で取り上げたインドネシア,ベトナムをはじめとした,いわゆるアジア中進国では,厳しい財政事情の中で先進諸国からの支援も引き続き受けつつ,インフラの整備に力を入れている。これらの国では,地方道路から高速道路まで幅広い分野での道路整備が急がれており,そのための日本からの財政支援,技術移転等が期待されているところである。

しかし、日本の技術をそのまま単純に適用できない事例も多いと思われる。20年ほど前になるが、JICAの長期専門家としてフィリピンで勤務し、舗装プロジェクトにも多少かかわった。その際に、効率よりも地方の雇用を考慮した労働集約型の工事の役割や、メインテナンス費用の不足などの相手国の様々な事情を考慮しないと、移転した技術が根付かないことを実感した。

アジア諸国の最後のカテゴリーが開発が遅れている諸国である。これらの国では、今後の本格的な自動車社会に向けてのインフラ整備が必要とされているが、その整備は未だ緒に就いたところである。日本での道路整備、特に交通量の少ない道路の舗装に関する経験と技術が大変に役立つものと思われる。特集では、ブータンの事例について紹介している。

一方,特集には取り上げていないが,モンゴルでは生活道路の舗装について,日本の簡易舗装の技術を活用して住民参加型で試験工事を行い,マニュアルを作成するプロジェクトが昨年度から始められている。新しいタイプの舗装の技術協力として注目されるところである。

今後ともアジア諸国との舗装に関する交流は盛んになると思われるが,本特集がその一助となることを期待するものである。また,アジア諸国の多様性という面から見ていただくことも一興かと思われる。

## 中国の舗装技術の現状

(The status quo of the pavement technologies of China)

Guo Zhongyin\* · Qian Guoping\*

中国の舗装技術は,過去数十年間に,経済,社会の発展とともに大幅に進歩した。舗装工事を通して,多くの経験が蓄積されてきたと同時に,解決すべき課題もいくつか残されている。本稿では,まず道路整備の現状を紹介し,次に,中国の舗装の設計法,構造,材料,施工,維持管理について紹介する。

#### 1.中国の紹介

中華人民共和国(以下,中国)は,アジア大陸の東,太平洋の西岸に位置する。中国は,おおむね日本の26倍の約9.6百万㎡の面積を持ち,ロシアとカナダに次ぐ世界第3位の広さである。2004年に,中国の人口は13億になった。中国の人口は日本の約10倍である。2003年における中国のGDPは1兆4,000億ドル,一人当たり1,090ドルであった。なお,日本のGDPは4兆6,000億ドルで中国の3.3倍,一人当たり33,077ドルで中国の30倍である。

#### 2.中国における舗装の整備状況

#### 2.1 道路及び舗装の等級

道路は,「幹線道路」,「都市道路」,「工場内道路」,「林道」,「間道」の5つに分類される。その大部分は,幹線道路と都市道路である。

「幹線道路」は、その機能及び交通量によって5つに区分される。①「高速道路」は、自動車専用道路で、全線が完全な管理下にある複数車線の幹線道路である。②「一級幹線道路」は、必要に応じて管理される車道である。③「二級幹線道路」は、2車線の車道である。④「三級幹線道路」は、大部分が2車線の車道である。⑤「四級幹線道路」は、2車線または1車線の、主に自動車のための道路である。各級の幹線道路の交通量は、あらゆる種類の自動車の交通量を一日あたりの乗用車交通量の年間平均として換算して示される。表・1にこれを示す。

中国の「都市道路」は,都市道路ネットワークの中での位置付けや,沿道の建物に対してそれが提供する

表 - 1 中国の高速道路および一級 ~ 四級幹線道路の 交通量

幹線道路等級	車線数	交通量
	4	25000 ~ 55000
高速道路	6	45000 ~ 80000
	8	60000 ~ 100000
一級幹線道路	4	15000 ~ 30000
拟针拟追陷	6	25000 ~ 55000
二級幹線道路	2	5000 ~ 15000
三級幹線道路	2	2000 ~ 6000
四級幹線道路	2	<2000
	1	<400

注:交通量は,あらゆる種類の自動車の交通量を一日あたりの乗用車の交通量の年間平均として換算したものとして示される。

役割やサービスによって,4種類に分類される。①「高速道路」は,長距離を高速で移動できるルートを提供する。中央分離帯を設けなければならず,入口は完全管理または部分管理される。②「都市主要道」は,都市内の主要副都心間を結ぶ。自転車の走行台数が多い場合には,自動車類と分離する。③「下級道路」は,主要な道路を結んでネットワークを形成する。④「分岐線」は,下級道路や街路を結び,地域交通を受け持つ。

舗装は、材料の種類によってアスファルト舗装、セメントコンクリート舗装、砕石舗装に区分される。また、舗装を4つの等級に分けることもできる。すなわち、上級舗装、準上級舗装、中級舗装、下級舗装である。各舗装に適する舗装材料、舗装等級を表-2に示す。

調査の結果,上級舗装の多くは,アスファルト舗装であることが判明している。例を挙げれば,幹線道路

<sup>\*</sup>上海 同済大学

表 - 2 舗装等級と舗装材料,道路等級の関係

舗装等級	舗装材料	道路等級
上級	セメントコンクリート , アス ファルトコンクリート , 瀝青 マカダム , 定形ブロック	高速道路,一級幹線 道路,二級幹線道路, 都市高速道路,都市 主要道,下級道路
準上級	瀝青浸透式工法,路上混合式 瀝青マカダム,瀝青表面処理, 準定形プロック	二級幹線道路,三級 幹線道路,都市下級 道路,分岐線
中級	瀝青表面処理,水締めマカダム,粘土締めマカダム, 粘土締めマカダム,粒調砕石	三級幹線道路,四級 幹線道路
下 級	砕石,固化土	四級幹線道路

の舗装では,2000年までにアスファルト舗装の道路は479,758kmに上り,これは上級,準上級舗装の80.6%を占める。図-1は,アスファルト舗装,セメント舗装の整備状況を示している。

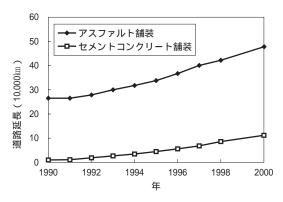


図-1 異なるタイプの舗装の整備

#### 2.2 整備状況

#### 2.2.1 幹線道路の整備状況

1984年にJing-Jin-Tang高速道路と名付けられた最初の高速道路の建設が認可された。上海のHu-jia高速道路は,1988年10月に完成して供用開始となり,中国の高速道路ゼロという記録を塗り替えた。その後の中国における高速道路の整備はめざましい。中国の道路事情は,高速道路や上級道路の建設が主となる新しい時代に入った。最近10年では,道路建設の重点は,国の骨格となるような幹線道路に置かれ,これが道路建設の分野におけるもっとも注目すべき成果となった。

2003年までには、幹線道路の総延長は1,809,828kmとなり、そのうち29,745kmが高速道路、29,903kmが一級幹線道路、211,929kmが一級幹線道路である。上級舗装または準上級舗装の延長は、既存の幹線道路の内、78,725kmに達する。過去20年間の中国の幹線道路と舗装の整備状況を表-3、図-2、図-3に示す。

これらの図は,近年,中国において幹線道路が著しい発展を遂げたこと,上級幹線道路や上級舗装が急速に増加したことを示している。この期間に中国の幹線道路建設は,大規模で活発な段階に入った。

#### 2.2.2 都市道路の整備状況

1974年に,北京で最初の立体交差橋が完成した。これが中国における,近代都市道路建設の始まりとなった。ここ十数年の中国の都市道路整備状況を表-4に示す。

ここに示した結果は,都市道路建設が,過去十数年で大規模投資と急速な発展の段階に入ったことを示している。交通の障害となっていた問題が解消され,都市道路建設は新しいビジョンを示している。

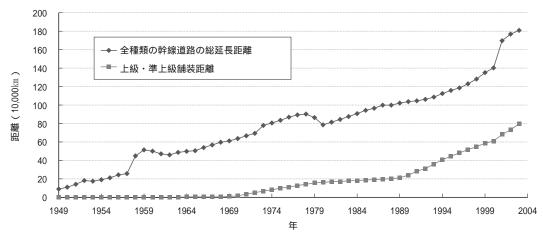


図-2 中国の幹線道路と舗装の整備状況

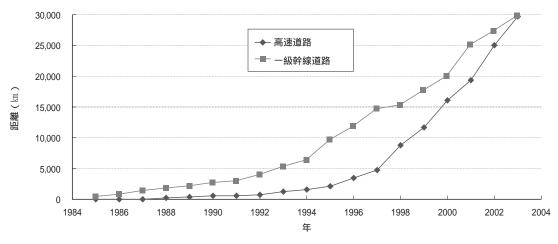


図-3 中国の上級幹線道路整備状況

表 - 3 中国の幹線道路整備の基本情報

		高谏	 道路	一級幹	線道路	上級および準
年	距離	距離	伸び	距離	伸び	上級舗装距離
	( 10,000km )	(km)	(km)	(km)	(km)	(10,000km)
1985	94.24	0	0	422	-	17.5
1986	96.28	0	0	748	326	18.0
1987	98.22	0	0	1,341	593	18.5
1988	99.96	147	147	1,673	332	19.0
1989	101.43	271	124	2,101	428	20.0
1990	102.83	522	251	2,617	516	23.0
1991	104.11	574	52	2,897	280	27.0
1992	105.67	652	78	3,935	1,038	30.0
1993	108.35	1,130	478	5,202	1,267	35.0
1994	111.70	1,603	473	6,334	1,132	40.0
1995	115.70	2,141	538	9,580	3,246	43.5
1996	118.58	3,422	1,281	11,779	2,199	47.0
1997	122.70	4,771	1,349	14,637	2,858	50.5
1998	127.80	8,733	3,962	15,277	640	54.0
1999	135.20	11,605	2,872	17,716	2,439	57.5
2000	140.27	16,134	4,529	20,088	2,372	60.0
2001	169.80	19,437	3,303	25,214	5,126	67.2
2002	176.50	25,130	5,693	27,468	2,254	72.2
2003	180.98	29,745	4,615	29,903	2,435	78.7

表 - 4 中国の都市道路整備状況

年	1990	1995	2000	2001	2002	2003
道路延長 (10,000km)	9.5	13.0	16.0	17.6	19.1	20.8
道路面積 (100百万㎡)	8.9	13.6	19.0	24.9	27.7	31.6
人口1万人当たりの 道路面積 ( m² )	3.10	4.40	6.10	7.00	7.90	9.34

#### 3. 中国の舗装技術の現状

#### 3.1 舗装設計の理論と手法

舗装設計の理論と手法は,経験的なものから理論的なものへと移ってきた。中国の実態に即した理論的設計法は,1970年代から研究され,その結果,体系的で実行可能な手法が確立された。現在,中国のアスファルト舗装とセメントコンクリート舗装に適用する基礎的な一連の設計法とこれに関連するファクタが明らかになり,舗装設計のための基準が作成された。これらは,上級舗装の増加に伴い,徐々に完全なものに近づくであろう。

中国で用いられている舗装設計法は、半ば経験的であり、半ば理論的な手法である。事前に実用的な舗装構造を仮定し、ある層を計算の対象として選定し、支配パラメータに基づいた理論計算を実施する。中国の舗装に適用する理論的設計法に関連する事項を表 - 5に示す。図 - 4にはアスファルト舗装に適用する構造設計のフローチャートを示し、図 - 5にはコンクリート舗装に適用する構造設計のフローチャートを示す。

表 - 5 中国の舗装の理論設計法に関連する事項

舗装タイプ	アスファルト舗装	セメントコンクリート舗装
理論    多層弾性理論		半無限弾性体の微少変 位,薄板理論
設計管理指数	表面たわみ	板疲労強度
計算層	基層またはアスファルト 安定処理	表面層
その他	層底面の引張り応力 tension stress) および表層 上面の剪断応力の確認	有限要素法による計算

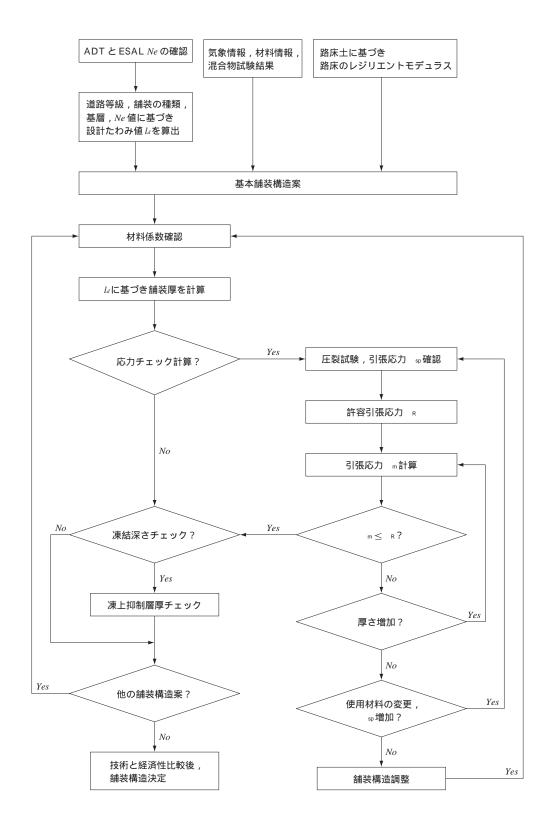


図-4 アスファルト舗装構造のフローチャート

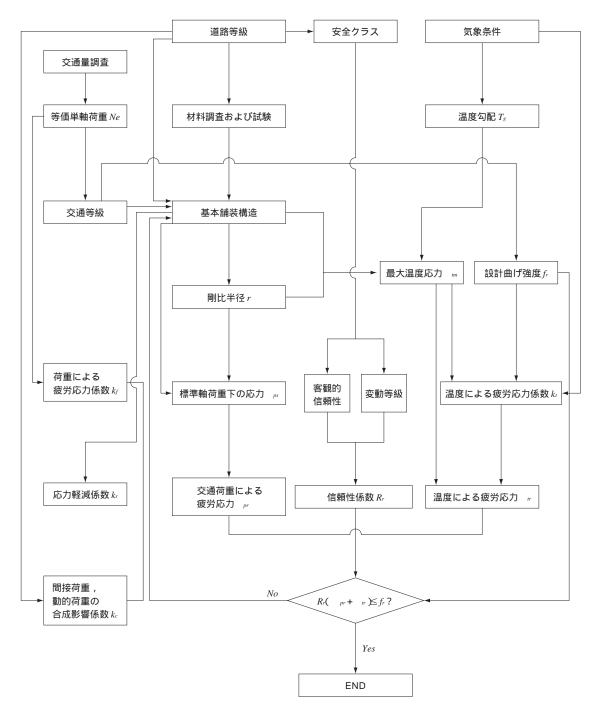


図-5 コンクリート舗装構造設計のフローチャート

現在,中国におけるアスファルト舗装について,環境,材料,コスト,性能評価,寿命予測,保守管理,便益性などの要素を考慮して,弾性理論を用いた研究がなされている。目標は,上記ファクタを統合した総

合的な設計システムを作り上げること,さらには,コンピュータを用い,技術と経済の両面を考慮した設計法を完成させることである。

#### 3.2 舗装構造と材料

経済発展に伴い、ここ数十年で、路上を走行する車輌の特性に大きな変化が生じた。舗装の強度と耐久性に関する要求が厳しくなり、これに伴って舗装構造や材料も大きく変化した。舗装構造と材料は、3段階で変化を遂げている。各段階の特徴、各段階で用いられた代表的な舗装構造や材料を、表-6に示す。表-7

は,最近中国で完成した幹線道路の一部で適用された 舗装構造と材料の一例である。

注目すべきことは、強度、耐流動性、耐低温ひび割れ、走行安全性、低騒音といったより厳しい要求が上級道路のアスファルト舗装に求められるようになったことである。これらが要求されるようになった背景には、交通量の増加、車輌速度ならびに軸荷重の増大が

表 - 6 中国の舗装構造と材料の発展

段階	特 徵	代表的舗装構造	舗装材料
I	少量交通,軽軸荷重,下級舗装・路線。既存道路再生の ための中級舗装,基本交通問題解決のための主要道建設。	粘土締めマカダム舗装,粒調砕 石舗装	あらゆる種類の地元砕石,人口砂利, レンガ
П	道路延長マイル距離が急速に増大。舗装の走行品質と速 度の改善および保守義務緩和が主要目標。	残油表面処理および石灰処理土 基層上舗装	粘土締めマカダム,粒調砕石,セメント・砂・砂利・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
Ш	路線と舗装の等級改善。上級道路の再建と建設。高速道 路建設。	半剛性基層上アスファルト舗装	瀝青浸透混合,瀝青マカダム,アスファルトコンクリート,セメントコンクリート,セメント固化砕石など

表 - 7 既存の中国の幹線道路の舗装構造と材料

道路名	道路等級	N <sub>e</sub> ( 10 <sup>6</sup> )	舗装構造と材料	
			中粗粒度アスファルトコンクリート	4 cm
京津塘(Jing-Jin-Tang)			粗粒度アスファルトコンクリート	6 cm
京洋塘(Jing-Jin-Tang) 北京区間	高速道路	27.5	瀝青マカダム	13cm
1. 水区间			セメント - 砂 - 砂利	<b>20</b> cm
			石灰処理土	30cm
			砕石マスチックアスファルト (SMA-16)	
			(ポリエチレン (PE) 4 %+SBS 2 %改質)	4 cm
			粗粒度アスファルトコンクリート(PE 5 %)	) 6 cm
首都空港道路	高速道路	7.8	粗粒度アスファルトコンクリート(LH35 II	) 6 cm
			セメント - 砂 - 砂利	18cm
			石灰 - フライアッシュ - 砂 - 砂利	16cm
			石灰処理土	15cm
		22	中粗粒度アスファルトコンクリート	4 cm
済南 ( Jinan ) ~青島 ( Qingdao )	高速道路		粗級アスファルトコンクリート	6 cm
海角(Jiliali)~ 育島(Qiliguao) 青島区間			粗級アスファルトコンクリート	8 cm
同位			セメント - 砂 - 砂利	20cm
			セメント固化砂	<b>33</b> cm
			中粗粒度アスファルトコンクリート	4 cm
   深セン(Shenzhen)~汕頭(Shantou)	高速道路	9.1 ~ 11.8	粗粒度アスファルトコンクリート	10cm
	同处追跖	9.1 ~ 11.0	粗粒度アスファルトコンクリート	35cm
			粒調砕石 2	28cm ~ 38cm
			中粗粒度アスファルトコンクリート	6 cm
北京~ハルビン(Ha'erbin)			瀝青マカダム	5 cm
北京区間	一 級	10.6	石灰 - フライアッシュ - 砂 - 砂利	36cm
北尔区间			石灰処理土(12%)	18cm
			石灰処理土(6%)	15cm
			中粗粒度アスファルトコンクリート	5 cm
成都(Chengdu)~重慶(Chongqing)	— 級	9.8	粗粒度アスファルトコンクリート	7 cm
重慶区間	— <del>M</del> X	9.0	石灰 - フライアッシュ砕石	<b>20</b> cm
			粒調砕石	<b>32</b> cm

あげられる。現在,中国での普及を踏まえ,様々な種類の舗装構造と材料に関する研究が行われている。主なものは,大粒径アスファルト混合物(LSAM),SMA,開粒度摩耗層,転圧コンクリート-アスファルトセメント(RCC-ACによるコンポジット舗装)などである。

同時に中国では,アスファルト混合物の物理的性状,例えば,高温安定性,疲労抵抗性,低温性状,耐水性などの性能向上を図るために努力が継続されている。なお現在でも,アスファルト混合物の配合設計法では,Maxshellインデックスが主に用いられている。

#### 3.3 舗装の施工技術

近年,中国では,上級舗装の発展とともに施工技術および舗装関連設備が大幅に改良された。その中でも,アスファルト舗装用設備の進歩が際立っている。路床や路盤の安定処理に用いるソイルミキサ,製造能力240 t/時のアスファルト混合物製造装置,幅員8mでの敷き均し,高締固めが可能なアスファルトフィニッシャ。なお,アスファルトフィニッシャ。なお,アスファルトフィニッシャは,国際的に見ても進んだレベルに達している。これらの高性能な装置は,一定品質の舗装を得るための基本である。

- ①アスファルト舗装工事では、様々な装置を選択し、 工学的な管理に基づいて調和のとれた施工体制と する。これによって、アスファルト舗装工事の機 械化が実用化した。
- ②コンクリート舗装の施工技術も,急速に発展した。 伝統的な小型器具から始まり,上級道路建設に用いられる型枠上軌道を走行するスプレッダやス リップフォームド工法に用いるスプレッダ,さら には,真空コンクリート工法などがある。これら はすべて,施工の効率と品質を向上させた。

#### 3.4 舗装の維持

中国の舗装維持技術は,次のような手順を基本としている。まず,舗装の現状に適する装置を用いて舗装

の状態を表す指標を求める。次に,維持計画を作成し, 損傷した箇所を補修する。維持計画策定に当たっては, 舗装の品質,舗装の特性と等級および交通量を,その 土地の技術レベルや経済状態および気象条件とともに 考慮する必要がある。これらに基づき,その舗装の維 持に関する技術基準が定められる。

舗装を調査する場合の指標には、損傷の状態,支持力・舗装構造,すべり抵抗性,平坦性などがある。支持力や舗装構造は,コンクリート舗装の調査に関する指標には含まれない。4項目に関する検査指標,検査方法,検査頻度を表-8に示す。

これら4項目に対応する舗装の評価法は,次の通りである。先ず,調査結果に基づき,対応する評価指標を算出する(表-9参照)。次に,舗装等級に基づいて,指標に重み付けをして,これを考慮した平均値を,総合的な指標として採用する。

プロジェクト	アスファルト舗装	セメントコンクリート舗装
舗装の損傷	PCI	PCI
支持力・舗装構造	構造強度指数(SSI)	-
平坦性	乗り心地指数(RQI)	平坦性( )
すべり抵抗	すべり抵抗値(SFC), 英国式すべり抵抗値 (BPN)	摩擦係数(F)

表 - 9 舗装評価指標システム

中国の舗装保守作業には予防的維持,通常補修,緊急補修の3つのタイプがある。

#### ① 予防的維持

予防的維持は,舗装の寿命を伸ばすために行われる。この行為は,破損の進行を遅らせ,定期的な維持頻度を減少させることを目的として行われる。

表 - 8 中国における舗装状態検査技術の基礎的情報

プロジェクト	検査指標	検査手段	検査頻度
舗装の損傷 損傷率(DR) スローモーシ		スローモーション技術 , 手動手段	上級舗装:年1回 その他:特定目的の検査ごと
支持力や舗装構造	道路表面たわみ値(Is)	自動デフレクトメータ,重錘落下式たわみ測 定装置(FWD), ベンケルマンビ - ム	上級舗装:年1~3回 その他:特定目的の検査ごと
平坦性	国際平坦性指標(IRI)	隆起積算(Bump-integrator)平坦度計トレーラ,連続平坦度計,3 m定規	上級舗装:年1回 その他:特定目的の検査ごと
すべり抵抗	スキップカ係数(SFC)摩擦係数, 英国式すべり抵抗値(BPN)	振り子型すべり抵抗テスタ , スキップカ係数 テスタ	上級舗装:年1~3回 その他:特定目的の検査ごと

予防的維持には、ひび割れのシール、チップシール、フォグシール、わだち部充填、薄層オーバーレイといった通常の処置が含まれる。また、最近開発された極薄層の磨耗層、極薄層のオーバーレイ、マイクロサーフェシング工法も含まれる。ひび割れの処理を除けば、これらはいずれも、舗装に新しい摩耗層を創出する。フォグシールも、一般的には既設の路面より摩擦係数は低くなるが、新しい摩耗層を創出する。

#### ② 通常補修

通常補修は,舗装に摩耗,中程度から大規模なわだち掘れ,大規模なひび割れなどの破損が生じた際に実施される。これらは「受け身」の補修と呼ばれることもある。

通常補修は,予防的維持と比べると,主に費用と 実施時期が異なる。予防的維持が,舗装が良好な状態にある時点で実施されるのに対し,通常補修は, 舗装が修理を必要としている時点で実施され,より 費用を要する。通常補修は,予防的維持に比べると 受け身であり,問題の生じた特定の舗装または区域 で実施される。

補修の遅れは、舗装の損傷とその影響を増大させ、その結果、補修費用が大きくなる。従って、舗装のライフサイクルコストは、補修が行われる場合には増加することになる。補修としては、構造的な強化を伴うオーバーレイ、切削オーバーレイ、ポットホールの補修、パッチング、ひび割れの補修などが挙げられる。

#### ③ 緊急補修

緊急補修は,ブロウアウトや大規模なポットホールなど,直ちに補修を必要とするような緊急事態に実施される。言い換えると,後に,恒久的な補修を行うまで路面を一定状態に維持するための,一時的な処置である

緊急保全が必要な場合には,工法の選択といったような一般的な配慮は重要ではない。費用はもっとも優先順位が低くなり,安全と施工時間の次に考慮される。費用や長期耐久性などの理由から,予防的維持や通常補修では否定されかねない材料であっても,緊急補修では,高い確率で採用される可能性がある。

#### 4. 中国における舗装技術発展の特徴

近年,中国の舗装技術は大幅に進歩した。これは建設される道路の延長が急増し,施工する機会が増えたことに伴うもので,いくつかの技術は成熟の域に達した。しかし,多くの技術的課題も,未解決のまま次世代に残されている。中国の舗装技術の発展の特徴は次のようなものである。

- (1) 中国では、半剛性路盤を有するアスファルト舗装が、その特徴を活かして広く採用されている。また、舗装技術に関する研究の重点もここに置かれている。この種類の舗装の初期の損傷を考慮して、舗装構造を研究するために、多種の試験舗装が数多く実施された。これらは、後の研究に有用なデータを提供した。
- (2) 中国の広大な国土を考慮すると,気候,舗装材料の種類と特性および地質は多様で,適する舗装技術も変化する。また,地域によって,舗装技術に関する研究の視点も異なる。
- (3) 中国に適した舗装の施工技術および管理技術は, 全体としてはまだ未完成であり,調査と研究を絶え ず行い,諸外国と舗装技術分野での交流を深めることが必要である。
- (4) 中国では、舗装の需要は莫大であり、快適な走行性と耐久性を有する、優れた舗装を舗設できるように基準を作成するために、世界中の新しい技術や材料を導入することが急務となっている。これらはまた、新しい技術や新しい材料の研究のために、より優れた環境を与えてくれる。

#### 参考文献

- 1)幹線道路アスファルト舗装の設計仕様,JTJ014-97,北京:中国通信プレス,1997
- 2) 幹線道路用セメントコンクリート舗装設計仕様, JTG D40-2002, 北京:中国通信プレス, 2002
- 3)都市道路設計仕樣, CJJ 37-90, 中国建設省, 1991
- 4)アスファルト舗装の工事および受領規約, GB50092-96,北京:中国計画プレス,1996
- 5) セメントコンクリート舗装の工事および受領規約, GBJ 97-87,北京:中国計画プレス,1987
- 6)幹線道路アスファルト舗装の保全技術仕様, JTJ073.1-2001,中国建設省,2001
- 7) 幹線道路セメントコンクリート舗装の保全技術仕様, JTJ073.2-2001, 中国建設省, 2001

## 大韓民国の舗装技術

(Pavement technology in Korea)

山之口 浩\*

最も近い隣国韓国の舗装技術に関しては、近年専門誌で特集が一つ組まれたもののあまり多くは紹介されていない。また、日中舗装ワークショップにみるような定期的な技術交流もない。一般的にはわが国の方が施工技術面等でも先行しているところが多いが、一方、画期的であった1960年代のAASHO道路試験に匹敵するような韓国道路公社(KHC)の道路試験や道路舗装を中心にすえた技術者、研究者の集まりである舗装工学会(KSPE改称KSRE)を設立しているなど、近年の活動は活気にあふれている。ここではできるだけ新しい技術情報とこれまでの調査コンサルタントとしての技術指導などをもとに、舗装技術の現状に加えて韓国の総合国力からわが国との技術交流の例までを紹介する。

#### 1.はじめに

今年は日韓国交正常化40周年であり、「日韓友情年」である。そして今、韓国(正式には大韓民国)は元気がいい。"冬ソナ"のヨン様ブームをはじめとする「韓流」は日本だけでなく、中国、台湾などアジア全域に広がっており、それは映画やメディア関連分野だけに限らない。産学官で韓流の情報化・デジタル化を推進し、政府は現地の貿易振興会(KOTRA)を拠点にマーケティングを強化し、また日本との間がもたついている間に米国との自由貿易協定(FTA)の実現を推し進めている。国内では、一時白紙に戻っていた首都移転計画が行政都市建設という代替合意で、これに伴う社会基盤投資がさらに景気を刺激する期待がある。

国の競争力を強化するために、高速道路の新設・拡幅、バスレーンカラー舗装化などインフラ整備を着実に進めている。技術的な交流で話題になることは決して多くはないが、経済社会面で映像や観光など、韓流ソフトパワーにみるように、ここにきて韓国の将来には明るいものがある。ソフトパワーは、将来の技術力、情報力や国際競争力の増強につながるものである。

ただ舗装技術についてみると,中国と比べて情報も 交流も全く少ない。最も近い隣国韓国の現状について, そのソフトパワーも考慮に入れた総合国力から,関連 する技術交流の例まで,出来るだけ最新のものをいく つかの情報収集とネット検索,そして私自身のこれまでの技術交流(コンサルタント,調査・指導)も踏まえて紹介したい。

#### 2.韓国の総合国力

#### 2.1 面積,人口,経済など基礎情報

韓国は中国大陸から南東方向,日本に向かって突き出ている朝鮮半島の南半分に位置している。面積22万㎡で,国土は北緯38度を境としてこの南側約10万㎡(日本の0.26倍)で,正式名称は大韓民国(Republic of Korea)である。人種はほとんど朝鮮人であり,公用語は韓国語。97年度現在において,GNPは約437,320万ドル。産業別の就業人口は第三次産業が64.0%,このうち建設業の占める割合は,93%である。気候は日本と同じく,夏は南東の季節風と高温多湿,冬は北西の季節風と寒冷乾燥を特色とし,梅雨に相当する雨期(チャンマ・チョル)もある。年間降水量は日本より少ないが,短時間に集中して降ることが多く,道路の排水とアスファルト舗装のストリッピング(水による骨材からの剥離)が問題となる。

人口は4,764万人(2002.7.1推定,日本の0.37倍),首都ソウルには,21.4%の約1,000万人が集中している。合計特殊出生率は1.3(日本は1.29,2003年),高齢化(65歳以上7.9%,日本は17%)と共に,少子化現象は

<sup>\*</sup> やまのくち ひろし (株)測地コンサルタント

日本と同傾向にある。

韓国の経済は、1960年代半ば以来発展の軌道にのり、「漢江の奇跡」と呼ばれるほどの高度成長を続けてきた。しかしながら90年代半ばには、これまでの対外貿易依存度の高いままでの高度成長が続くなか、「高コスト、低効率」の構造が深まり低迷期を迎える。そしてついに、97年12月にはIMF(国際通貨基金)の救済金融を受けるに至った。政府は抜本的経済構造改革に取り組み99年には危機を脱し、その後非常に早い回復の道を進んでいる(経済成長率、11.5%、1人当りGDP10千ドル、2002年)。そして21世紀は国民の生活様式も質への欲求へと変化し、道路にもスピード、情報、半日圏という大きな要求が寄せられている」。

#### 2.2 ソフトパワー

一般的には,国力の概念は経済規模,人口や軍事力などを重視して考えられ,この点では日本と同じく少子・高齢化が進む韓国の国力は相対的に低下していくとみられる。しかしながら,21世紀型の総合国力とは経済・人口規模だけでなく,知識,文化,技術,教育などといったいわゆる「ソフトパワー」が重要な要素となるといわれる<sup>2</sup>)。今アジア全域に吹いている韓流の風は映像文化輸出や観光収入,安全保障面でのイメージアップにつながり,国力の増強につながっている。因みにこの「ソフトパワー」は,人的資源の質,情報力や環境などからなり,例えば表 - 1 は人的資源の質に関連する指数のランクを表示したものである(総合研究開発機構 NIRA 中間報告 平成16.3)。

**表 - 1** 21世紀型ソフトパワーの順位<sup>2)</sup> (抜粋:人的資源の質の例,NIRAによる)

	Α	В	С	D
日	3	1	9	8
*	1	7	1	5
英	5	4	4	6
仏	9	6	3	4
独	4	8	5	2
韓	8	2	8	1
中	7	5	6	9

A 労働意欲 B 学習到着度 C 大学教育の質 D 上級管理職の国際経験

これでみるとアジアではむしろ中国よりも韓国のほうが学力や国際性などで高い。また他の資料でも世界競争カランキング(1994年)で韓国は超高速通信網で1位,特許の件数,企業の改革マインド共に3位,経営陣の国際社会での経験5位などと高ランクである<sup>2</sup>)。ただ政策の一貫性などの項目では50位以内に入れず,

労使関係も前年に続き最下位(60位)である(国際経営開発研究所,2004世界競争力年鑑)。いずれにしても,情報技術(ネット活用など)や国際化(語学教育など)への取組みは国をあげてなされ,アメリカ留学帰りの若手リーダーたちが中心となって引っ張っている³)。舗装技術に関する研究開発や調査コンサルタント,国際会議などのソフト面でも近い将来にはわが国と肩を並べ,アジアの発展に技術的支援していく国になろう。

#### 2.3 インフラ整備と道路交通の現況

70年代以降,道路・空港・港湾などのインフラへの 投資を着実に進めてきたがいまだ不十分であり,急速 に増大する交通や物流に対応できていない。国の競争 力を強化するためには,インフラ整備が中心的要因に なるとの観点から「国家複合輸送計画(2000~2002年) を策定し,先進国並みを目標にした計画を実施した。 道路の総延長は,2002年現在で96,037km,このうちの 76.7%が舗装されており,さらにこの22%は高規格の 4車線,残りは2車線以下である。主要な道路(図-1)でみると,高速道路延長2,778km(日本の約1/3), 国道延長が14,232km(同約1/4)となっており,その他 主要なデータは表-2のようである<sup>12</sup>。

国土面積が日本の1/4であることから、これは日本とほぼ同じ道路延長を有していることになる。ただ一般的な感じとしては、車線数が多い(高速道路は4車線以上が標準)せいか、韓国の道路は広いという印象である。(写真 - 1)なお自動車保有台数は、1980年代から急速に増加し、2000年には1,200万台をこえ、普及率も4人に1台となった。ただ交通事故発生は96年以降減少傾向にあったが、2001年より件数(約26万件)、死傷者(8,097人)とも増加傾向に転じており、事故率369件と死亡率17.0人(いずれも億台、km当り、2000年)とも日本(107.8件、1.2人、同上)よりかなり高い4%。そ

表 - 2 韓国ネットワーク統計 (2003「Roads in Korea」より抜粋)

等 級	延長(km)	割合(%)	舗装延長(km)	舗装率(%)
高速国道	2,778	2.9	2,778	100
国道	14,232	14.8	13,788	96.9
特別大都市道	18,225	19	17,079	93.7
県 道	17,084	17.8	13,33	(78.0)
(補助県道)	(3,657)	(3.8)	( 2,919 )	(79.8)
都市道	20,017	(21)	14,757	73.7
地方(郡)道	23,702	24.5	11,927	50.3
合 計	96,037	100	73,656	76.7
	(3,657)	(3.8)	( 2,919 )	(79.8)

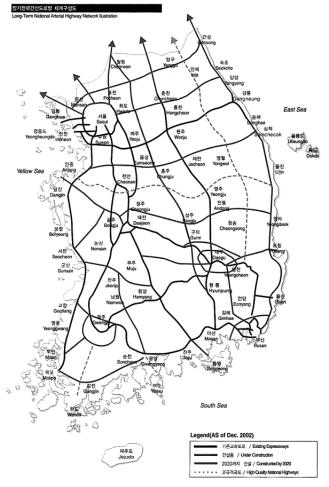


図 - 1 韓国の主要幹線道路網 (2003「Roads in Korea」より)



**写真 - 1** 韓国の高速道路の例 (2003「Roads in Korea」より)

して現在の課題の一つは、交通需要と供給のアンバランスによって生じる交通渋滞であり、市街地におけるラッシュ・アワー時のトラフィック・ジャム(渋滞)は世界の主要都市と共通である。その対策の一環としてのバスレーンの舗装カラー化の整備が進められている。

建設工事について、韓国では高速道路の建設体制は特徴的であり5),道路公社(KHC)は,設計,施工,管理業務を民間(コンサルタント)に一括発注し、それぞれの業務を監督している。ただこの監督システムは導入段階であり,1997年7月の建設市場開放もあって,その管理水準の強化を目指している。また1997年には建設産業基本法が制定され,大規模複合建設工事において,計画,設計,発注,施工,管理までを専門会社に委託することを目的とする建設事業管理制度を導入した。これに関して,翌年から専門会社の育成方法などを含めて本格的に活用する方針のようである。

舗装技術について,一般的な現場にあっては基本的な施工技術が守られていないところもある³'が,高速道路工事などについてはわが国との差はない。供用中の現道による道路試験(中部内陸高速道)は,AASHO道路試験にも匹敵するような舗装研究であり,並々ならぬパワーを感じさせる。韓国は現在,海外工事での競争力はコスト削減などで優位性を発揮しているが,将来的には,デザインカ,人材育成などやコン

サルタント分野などの面でも十分わが国のライバルと なる(技術)力を有している。

#### 3.韓国の舗装技術

韓国の舗装技術について紹介されたものは,いずれも古いものしかなかった<sup>6)7)8</sup>。ただ最近になって主として2001年から開始の韓国建設交通部(MOCT)が中心の「舗装研究プログラム」と,これに付随した報告書<sup>9)</sup>からの紹介が「特集」という形でされている<sup>10)</sup>。

一般的には高速道路などの大規模のセメントコンクリート舗装などについては,道路試験(\*)に見られるように,かなりのレベルに達しているようであり,現在もその路線拡幅(片側4車線化)が各地で進められている。一方,舗装延長約74,000kmの約80%を占める一般的なアスファルト舗装は,交通量の増加と車両の大型化に伴ってのわだち掘れなどの発生が顕著である。技

術基準や品質規格などについては、すでに紹介されているので、ここでは主として2002年に行った一般道路の路面調査<sup>12)</sup>とこれに付随した技術指導から<sup>13)</sup>,韓国のアスファルト舗装の破損状況とその原因等について紹介する。

#### 3.1 アスファルト舗装路面と破損原因

韓国におけるアスファルト舗装路面の破損の一つは、わが国の場合と同様に経済産業の発展に伴う大型車の増大と夏期高温に起因する(塑性変形による)わだち掘れである。このために1995年頃から各種の改質アスファルトが使われてきている<sup>14</sup>。また近年は排水性舗装などすべり抵抗改善等のための機能性(特殊)舗装も適用されている<sup>93</sup>。しかしながらこれらの新技術を用いても、あるいはかえってそのためによると考えられる(同じ塑性変形タイプの)ブリージングやポットホールなどの路面破損が生じる例が発生した。約20ヶ所について、その破損状況と原因(方策)についての調査から、韓国のアスファルト舗装技術の一端<sup>153</sup>を紹介する。

#### (1) 破損路面の状況

主な破損例は以下の破損タイプに区分できる。

① 表面の荒れと骨材の剥脱(フレッティング)



写真 - 2 材料分離 , 老化および締固め不足などが起因

#### ② 局所ブリージングとポットホール





写真 - 3 アスファルトの品質,量や混合物の不均一 (混合不良)などが起因 左:局所ブリージング 右:ポットホール

#### ③ ひび割れ



写真 - 4 ポットホールからの水の浸入やアスファル トの剥離によって発生

#### ④ わだち掘れ



写真 - 5 大型車の累積と混合物の塑性変形によって 発展

#### (2) 考えられる破損原因

アスファルト舗装の破損には種々の要因が複雑に関係している<sup>15</sup>。このため多元的,総合的な検討が必要である。限られた路面調査からではあるが,考えられる原因は以下である(なお,より詳細な検討のための下層構成材や舗装構造の調査の必要性を提言した)。

#### ① 材料管理と配合設計の不適合

舗装混合物の材料分離,締固め不良による表面分離(荒れ),水によるアスファルトの剥離,そしてブリージングからポットホール破損への進行はいずれも関連性がある。それらは材料条件,配合設計の不適合が関与していると考えられる。つまり形状不良骨材の使用は混合物の空隙率が大きくなるため,配合アスファルト量が多めになり,ブリージングやわだち掘れが生じやすい。また細骨材の単一使用(スクリーニングスのみ)は粒度変動が大きくなり,混合物が不安定で変動の大きいものとなる。

② 材料管理と混合作業,製造管理の不良 舗設混合物の表面分離(荒れ),ブリージングあ るいはわだち掘れになりやすい軟調路面の原因と なっているのは,アスファルトプラントにおける混合条件などの製造管理が十分でないと考えられる。すなわち,濡れた,汚れた,剥離しやすい,高吸水性などの不良骨材の使用と,ドライヤー乾燥時間の不十分,低い混合温度,短かい混合時間などは混合性不良を生じる。とくに,粘度の大きい改質アスファルト(PMA)使用の混合物の場合はより適切な製造(温度)管理が重要である。製造された混合物の混合性の良否の確認は,プラント出荷時マーシャル密度(基準密度)と配合設計密度との比較によって検証できる。

#### ③ 舗設時の締固めの不良

主たる原因は,タイヤローラのニーティング作用によるアスファルト舗装表面のシーリング(sealing)が確保されていないことに起因するものである。これが表面荒れ,ポットホール破損へとつながり,とくに締固め不十分なサイド,ジョイント等からの水の浸入なども破損を加速させた。即ち,砕石の形状不良(細長,扁平),最大粒径19㎜や粗粒度型の配合は,混合物を締まりにくくし,また材料分離を生じやすい。舗設時の温度条件,例えばローラタイヤへの合材付着がローラ進入を遅らせて(低い温度になって)いる要因のひとつでもある。

#### 3.2 舗装技術の要点

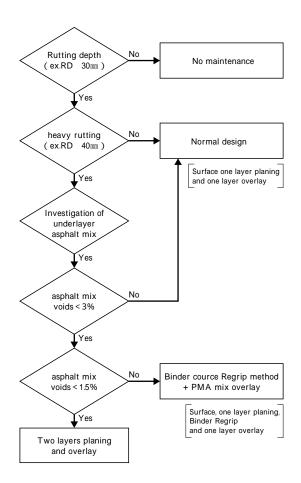
...施工技術の適切な点と誤っている点

先の舗装路面調査にもとづいておこなった技術指導や既刊の調査研究報告書 $^{9}$ などから,韓国の舗装技術について適切な点(A)と誤った点(B),そして一般的な基本的事項・解決策(C)を挙げて整理してみると以下のようである。

#### (1) (補修)設計

- A:砕石マスティック(SMA)は,韓国における ような寒冷地(舗装)には適合する混合物であ るが,施工は密粒アスコンよりむずかしい。
- B: 既設舗装の下層混合物に問題(軟調)があるに もかかわらず,通常の補修の設計を行ったため に再び早期にわだち掘れが生じた。
- C: 既設舗装についての事前調査(路面および構造) に基づいての設計・施工が重要<sup>16</sup> (図 - 2参照)

これは1998年国道28号浦項国道管内での特殊舗装(SMAとPMA)の試験舗装における,2年後に行われた破損原因調査でも実証されている。そして該当区間の補修には,15cm程度の切削後基層を備えて5cmの特殊舗装表層を適用するのが望ましいとしている。



**図 - 2** わだち掘れ路面の補修工法の選定<sup>15)</sup> (基層リグリップ工法の適用)

#### (2) 材料,混合物と合材製造

- A:PMAのPG規格(AASHO, MP-1)およびスーパーペイブ配合設計の採用(ただ日本では採用していない,密粒アスコンの使用で問題ない)
- B:①砕石の品質(とくに形状など)は混合物特性 (締固められた空隙など)に影響大。
  - ②粗粒,最大粒径大が必ずしも耐久性が高いと はいえない。粗粒なほど締固めが困難。
- C:①使用アスファルトは適切な施工粘度(混合, 締固め温度)を厳守するのが第一の基本。また,PMAには品質の賞味期限がある。
  - ②配合は設計(試験値)のみにとらわれず,経験(実績)を加味する。粒度管理はホットビンとコールドビンの関連からチェックする。ドライヤー通過後の粗骨材は十分乾いていること。(写真-6)



写真 - 6 アスファルトプラントの例 (低品位骨材の使用は温度管理が重要)

#### (3) 現場舗設

A: タイヤローラへの混合物付着防止対策(植物油 系, 日本ではシリコン系水混合タイプを使用)

B:熱いうちのタイヤローラ締固めが不十分。ローラは常に動いていること。決して休んではならない。...表面のシーリング(sealing)を供用交通に多く期待してはならない。とくにPMA混合物の場合最初からよく締固める。(写真 - 7)



写真 - 7 舗設作業 ("ローラマンは決して休んではならない"の説明(3))

C:①寒冷期施工の基本を厳守する。

②高品質の材料(例えばPMA)は品質のばら つきが小さい(雑な施工をしてもよい)とい うことではない。むしろ施工しにくい,締ま りにくい。

#### (4) その他(基本的な誤解の例)

高価で高品質のPMAは少々ラフに施工しても,あるいは少々構造の弱いところ(たわみの大きい,ひび割れのひどいところなど)に使っても,ストレートアスファルト(ニートアス)の舗装より耐久的である。

...PMAは施工が難しい。万能薬でも特効薬でもない。 ニートアスよりもむしろ高度な管理が必要。PMA 特性を活かす設計(材料,配合)施工が重要。

#### 3.3 特殊舗装などの現況

#### (1) 特殊舗装工法の適用

わだち掘れなどの早期発生への対応や補修箇所の機能性(排水,騒音低減など)を考慮するなどの観点から,改質アスファルトやSMA混合物などの特殊舗装工法の適用が推進されている(2002年特殊舗装適用基準。)。例えば、わだち掘れ発生区間には特殊工法の採用を原則とし、特殊1工法(SMA,ゴムアスCRM)はESAL(換算軸数)3,000台/日以上区間に、特殊2工法(改質アスPMA,同PBS)は同1,000~3,000台/日区間(特殊1の方が工事費が高いので)に適用するなどである。またわだち掘れ区間でも1,000台/日以下にはニートアスファルトに骨材粒度を改善したスーパーペイブ配合を選定する。ただこれらの工法の適用が実際の道路の供用性とどれだけ関連付けられて(裏づけされた調査によって)選定されたのかは定かでない。

#### (2) 各種改質アスファルト

表 - 3にあげるように、韓国における改質アスファルト (PMA)の歴史はまだ浅く、本格的には1997年以降である14)。市場はプラントミックスもいれて約5万t(日本は44万t)、合材では約100万tと小さい(韓国SK年間調査による)。全アスファルト中のシェアは3%程度である(日本は14%)。進展しない理由は、市場に対する効果的なPR活動が未だないことと、もうひとつは技術的にも未達で採用が早すぎたところがあったようである。このため、最近関連6社による「改質・特殊アスファルト舗装研究グループ」が設立され、前向きに検討される方向のようである。つまり

表 - 3 韓国における近年の各種PMAの需要 (韓国SK社年間調査による)

Sales Volume ( thousand Ton )			2002	2003	2004
Conventional AP			1,630	1,660	1,750
	Total		53	51	51
	Pre	SBS PMA	24	23	22
Mix		( market Share ,% )	(45)	(45)	(44)
Modified		SMA	14	13	11
Asphalt	Plant	CRM	10	9	11
	Mix	Ecophalt	4	5	6
ETC		1	1	1	
Market Share Modified AP / Conventional AP ( %			3.3	3.1	2.9

いろいろのタイプのもの、例えば廃タイヤゴム粉末を使ったもの(ゴムアスCRM)やプラントミックスのもの(PBS改質アス)それにわが国にも売込みがあった排水性舗装用改質添加剤(DAMA)などであり、多様なもので競われている(わが国の場合はSBS系のPMAが中心)。またこれらの改質アスファルトや特殊舗装を適用することで、舗装厚の低減も検討されている。)。

#### (3) 舗装再生利用

アスファルト舗装の再生利用は,1995年韓国建設交 通部(MOCT)によってプラント再生と現場再生工法が 建設新技術として指定されたい。とくに注目され始め たのは,1997年末の金融外換危機とIMF救済金融が続 いて以後,政府の財政悪化に伴う予算削減を契機とし てである(日本の場合は,1976年以降第1次オイル ショック後の省資源策としてし、また法律面でも建設 工事を発注する事業者は,発生する副産物を再利用す るよう努力しなければならないとしている。(資源の節 約及びリサイクル促進に関する法律,<新設1999.2.8>) 舗装技術に関しては、化石エネルギー消費の面でも有 利な常温再生工法\*\*\*がハイフロート改質乳剤と切削廃 材を用いて、ゴミ埋立場の上のソウル市上サッカー ワールドカップ競技場の進入道路等に舗設されている。 建設発生材以外の, 例えば他産業資材の利用等につい ても事例はあるようであるが詳細は不明である。

#### (4) ソウル市内のバスレーンカラー化舗装

日本では第11次5ヵ年計画の施策の一つで,1994年 当時すすめられた渋滞対策としての舗装カラー化が, ソウル市内13の幹線道路170kmで段階的に設置される 計画となっている<sup>18</sup>。このうちの81kmについては2004 年までに施工されており(**写真 - 8**),2005年以降も



写真 - 8 カラー化されたソウル市バスレーン舗装の例 (バス停が車道側に設置されている)

7路線89㎞が予定されている。ただ路面についてはポットホール,ラベリングや褪色などの問題も発生しているようであり,設計,施工の両面でその検討がなされている。なおこの計画は,現代建設社長からソウル市長に転じた李明博氏の発案によるもので,大胆な都市河川改修として有名な清渓川(チョンゲチョン)工事(工事費360億円)と共に昨今のビッグプロジェクトの一つとして話題を集めている。

#### (5) 韓国道路公社(KHC)の試験道路

2001年からの10年計画の試験道路(建設,調査などの工費20億円)については詳細が紹介されている「\*\*)。2002年10月中旬訪韓時はプロジェクトの最盛時であったが(写真 - 9),同年12月中部内陸高速道路の開通とあわせて試験道路は完成した。そして計測器等の全体システムの設置や動作確認をへて,昨2004年3月に正式開通した。そして同年8月に第1回定期計測,第2回は11月に4週にわたり舗装の挙動等各種のデータを収集した「\*\*)。FWD試験を用いてアスファルト材料の変化を追跡するなど今後の成果が楽しみであり,それらは単に韓国の技術レベルを格段に向上させるだけでなく,アジア全体の舗装技術に影響を及ぼす可能性がある「\*\*)といえよう。



写真 - 9 施工中の道路公社 (KHC) 試験道路 (右側:アスファルト舗装 全33工区) 左側:コンクリート舗装 全25工区)

#### 4.わが国との技術交流

2002年の日韓ワールドカップ共催以降,いろいろの分野で日韓の技術交流が行われている。とくに同年11月に韓国建設技術研究院(KICT)とわが国土木研究所との研究協力協定調印や,同年からの韓国舗装工学会(KSPE)年次学術発表会(基調講演)への参加などである。

#### 4.1 関係機関との技術交流

#### (1) 大韓土木学会(KSCE)

韓国の土木学会は日本の土木学会(JSCE)とほとんど似た組織の学会であり、JSCEの韓国分会(朴慶夫会長)もある。現在会員は約15,000人、JSCEと協定関係にあり、総会への出席<sup>21)</sup>や昨2004年8月には、ソウルで開催された第3回アジア土木技術国際会議(3年ごとに行われ、第2回は東京)に日本からも参加した<sup>22</sup>。

#### (2) 韓国建設交通部 (MOCT)

1994年の省庁再編により建設部と交通部が併合し、国土や交通などに関する事務を所管している。1996年7月よりわが国の国土交通省と「韓日道路交流会議」(Road Workshops)を開催いしており、これまでに6回を数え人的交流も行っている。図-3は、第4回会議(2000年7月)で報告された韓国の道路歴史についての紹介のなかで、近代化以前の産業道路としての機能よりも、近年軍・行政上の通信機能から、どのように推移したかを説明したものである23、そして先端道路体系(ITS)の導入、情報機能付加など21世紀情報化時代に適合した投資政策へと進展している。

#### (3) 韓国建設技術研究院(KICT)



図-3 韓国道路の機能的な重要度の推移23)

1948年に内務省土木試験所として発足し,建設技術,材料試験および品質管理,施設の維持管理,政策開発等に関する研究開発及び技術普及を行っている。2002年11月にわが国の土木研究所との研究協力協定に調印した<sup>24</sup>。舗装の研究は道路施設研究グループが行っており,舗装管理システム(PMS)が共同研究のテーマの一つである<sup>25</sup>。

#### (4) 韓国道路公社(KHC)

1969年2月に発足し、同時にソウル-仁川間の管理を引き受け、高速道路の計画(拡幅)、建設、維持管理を行っている。調査・研究業務は、同時に設立された道路交通技術研究院(HTTI)が担当し、舗装研究グループは1991年6月からスタートして、構造や舗装用材料に関する研究を行っている。なお、外郭団体と

して1966年創立の韓国道路交通協会(KRTA)があり、季刊誌「道路交通」を発行している<sup>20</sup>、1995年3月に、KHCと日本道路公団(JH)の第1回技術交流会議が開催されているが<sup>25</sup>、その後の技術交流等については紹介されていない。なお、韓国では年間交通事故件数に応じた管理基準値をあげており<sup>27</sup>、興味深いところでもあり、大いに参考になる<sup>28</sup>)<sup>29</sup>、なお日本で開発されASTM規格(E-1911-98)となった動的すべり測定機DFテスター<sup>30</sup>はKHCを始め、韓国には10台程度が導入されているようである。

#### (5) 韓国道路工学会(KSRE)

韓国舗装工学会(KSPE)については,すでに紹介している<sup>3)</sup>が,2004年6月15日に上記のように道路工学会(KSRE)と改称された。事業目的,内容などについては変更はないが,道路工学会としてこれまでのアスファルト舗装分科会などの4技術分科会のほかに,道路設計と道路安全施設の2分野を加えて,改編によってより横断的に合理的道路の整備施策に寄与するとしている。1999年の設立以来毎年学術発表会を開催しているが,2002年,2003年の基調講演には,日本から以下のようにキーノートスピーカーを招聘している。(写真-10)



写真 - 10 2003, KSPE学術発表会の会場前 (於 仁川大学)

- ・Proceedings of the KOSPE conf. Oct. 2002 日本における特殊アスファルト舗装の適用と経験 (英文)中西弘光(大有建設㈱中央研究所長)
- Proceedings of the KOSPE conf. Oct. 2003
   韓国アスファルト舗装とその破損について
   (英文)山之口浩(JSCEフェロー,特別上級技術者)

#### 4.2 その他の技術交流

(1) 第5回国際道路・空港舗装会議(5th ICPT) 2005年5月10日~12日の3日間,展示会と併せて, ソウルでの開催が予定されている。

テーマ:舗装の新時代 (New Era of Pavement)

主 催:KSRE

共 催: MOCT. KHC, KRTA

日本からの論文は,北海道土木研究所などから約10編程度以上が提出されるようである。なお本会議の国際実行委員長はシンガポール大学のT.F.Fwa教授で,1992年シンガポールで第1回が開催されたあと3年ごとに中国(1998,第3回),オーストラリア(2001,第4回)とつないで,次回第6回は日本に期待されている。

#### (2) その他の例

わが国において,企業や協会など民間レベルあるいは大学での交流については公表されているものが少ない。舗装技術に関するものの例としては以下のものである。

- ①電気炉スラグ(韓国東国製鋼産)の活用に関する協同研究,技術協力…平成5年から3ヵ年にわたって神戸大学,広鉱技建はノーエイジングスラグの舗装用路盤材への利用のための試験を行い,韓国啓明大学と共にその後の製造・設備建設に協力した31。
- ②競輪場走路(斜面舗装)新築工事設計コンペのための技術支援協力…平成11年7~9月,栄州競輪訓練院工事において取り交わされた4社による協力約定書で,日本のグリーンコンサルタント(㈱が走路設計担当として協力した32)。
- ③韓国建資材試験研究院,大邱市アスコン業者等55 名の大型視察団が平成16年1月7日,日本道路建設業協会道路研究所を訪問した<sup>33</sup>。
- ④韓国極東油化株式会社,明色バインダーの技術契約を調印…平成16年10月14日,日本の日進化成㈱との間で車道用バインダーの製造技術契約を結び,それに伴い11月15日から研修生が日進化成㈱に来社し,技術研修が実施された³⁴)。

#### 5. おわりに

21世紀はアジアの時代といわれるが,隣国韓国の総合国力はそのソフトパワーからして,決して低位なものではない。それはいろいろな仕組みにもみられる。わが国では総合評価や性能規定など発注段階での合理

的な手法が定着してきているが, 例えば大規模工事の 建設を民間専門会社に委託する事業管理制度や、既に 供用した仁川国際空港高速道路工事(2001.11.30供用 開始)をはじめとする民間資本投入事業等である5)27)。 そしてハード面では,2006年までに3,600kmの高速道路 の開通によって,全国民が30分以内に高速道路にアク セスでき,半日で国内のどこにでも移動できるように なる。ただ舗装技術に関して、スーパーペイブなど 種々の海外技術を積極的に導入しているが、必ずしも 十分に咀嚼して取り込んでいるとはいえない。それは 一つには,大学も含めて設計,施工,メーカー間の技 術者間の連携がわが国のようには緊密でないこと,そ のために,設計から維持修繕までのトータルを熟知し たプロといえるキャリアが育っていないなどの理由で ある。どちらかというと施工会社は大手企業,合材会 社(約450社,500台)は中小地元とすみわけられ,技 術格差が大きいと感じられる。

ただ日本でも出来なかった画期的な国家レベルの道路試験プロジェクトなど、その成果はこれからの技術交流を通じてむしろわが国が参考にさせてもらうことになろう。ヨン様ブームの女性たちに負けないように、友好交流がせめて日中舗装ワークショップ(今年第3回が南京で開催)なみに進展することが望まれる。さし当って、5月10~12日にソウルで開催される5thICPTに日本からの舗装技術者がツアーを組んで大勢参加したいものである。いま2国間には竹島(韓国名独島)の問題などの難題もあるが、政冷経熱ならぬ(対中国)"技熱"でせめて舗装技術だけは熱く交流したいものである。本文が両国の技術交流のための橋かけにいくばくでも役立つならば幸いである。

最後に,最新情報の収集に多くの方々にお世話になった。特に下記の方々には資料提供などでご面倒をおかけした。誌上を借りて厚くお礼申し上げます(敬称略,所属先略称)。

Seung-ho Lee (MOCT),谷口聡(土研),神谷恵三(JH試験研究所),笠原篤(道工大),阿部長門(東亜道路),畑敏二(グリーンコンサルタント),Ohen Kwon (KSK),Cheon Seung Han(Kumho),Suck-Hong Lee (Hyundai Inst.),上坂憲一(昭和瀝青),深代勝弘(日進化成),尾本志展(NIPPOコーポレーション),清水浩昭(世紀東急),安部裕也(日邦産),古木守靖(JSCE),岩井茂雄(日大),小畑美登里(日本道路協会)

#### 参考文献

- 1) 2003 Roads in Korea; MOCT June.2003, (http://www.moct.go.kr)
- 2)新・舗装談義(71);国力と舗装~経済力から技術力まで,道路建設,2005.3
- 3)山之口浩;活気溢れる韓国舗装工学会~その活動と舗装技術,道路建設,2004.4
- 4) 徴日本道路協会;2001世界の道路統計,平成14.3
- 5) 脚高速道路調査会;世界の高速道路,大韓民国, 1999.4
- 6)波多野靖治;韓国・京仁高速道路の舗装工事, 舗装,5-11,1970
- 7)金 周元;韓国における舗装の現況,舗装,16-6,1981
- 8)金 周元;韓国の舗装,舗装,20-9,1985
- 9)韓国建設技術研究院報告書;2001,効率的な特殊 舗装適用方策研究,2002.3,韓国建設技術研究 所<KICT>(韓国語,谷口聡氏訳)
- 10)特集;韓国における舗装技術,舗装,38-6,2003
- 11) 安居邦夫;韓国における舗装研究と試験道路プロジェクト, 土木技術資料, 45-3, 2003
- 12) The spot consulting report; For nowday's pavement distress in korea (舗装現状調査ならびにこれにもとづく破損原因とその解決策・一次報告) 昭和瀝青工業(株), 2002.12
- 13) Hiroshi Yamanokuchi; Investigation of Korea Asphalt Pavement and its Failure (韓国のアスファルト舗装とその破損について) Proceedings of KOSPE conference 2003 (基調講演)
- 14) Korea Kumho Petrochemical Co.Ltd; Annual Report 2003, p39 (History)
- 15) 山之口浩; アスファルト舗装の破損と供用性,舗装,6-3,1971
- 16) 山之口浩ほか;わだち堀れ補修方法の一提案 重 交通道路補修工事におけるアスファルト路面強化 処理工法について,道路建設,1977.2

- あすふぁるとにゅうざい, No.147, 2002.4
- 18) 2004. Seoul Metropolitan Government; パンフレット (バスレーンカラー舗装) 13の幹線道路 170㎞に段階的設置, 2004 (韓国語)
- 19) 谷口 聡;韓国道路公社の試験道路,舗装,38-6, 2003
- 20)韓国道路交通協会;技術記事,試験道路定期計測「道路交通」2005年冬号,通巻98号(韓国語)
- 21) 古木守靖; 大韓土木学会参加報告, 土木学会誌, Vol.88, No.2, 2003
- 22) 奥村文直;第3回アジア土木技術国際会議開催される,土木学会誌, Vol.89, No.12, 2004
- 23) 大韓民国建設交通部道路局;第4回韓日道路協力会議,2000.7
- 24) 安居邦夫ほか; 土木研究所と韓国建設技術研究院の研究協力協定, 土木技術資料, 45-4, 2003
- 25)谷口 聡ほか;韓国における舗装研究プログラム と日韓の研究協力,舗装,38-6,2003
- 26) 松井保幸ほか;第1回日本道路公団・韓国道路公社技術交流会議の開催「ハイウエイ技術」1995.10
- 27) 鈴木雄吉;韓国における道路事情,舗装,38-6, 2003
- 28) 神谷恵三;諸外国における路面のすべり抵抗について,アスファルト, Vol.46, No.214, 2003
- 29) 李 承昊; 高機能舗装区間の事故減少効果について, KICT「特殊舗装工法および道路舗装のLCCの管理方法に関するセミナー」, 2005.2(韓国語)
- 30)安部裕也ほか;路面のすべり抵抗とテクスチャーの関係に関する研究,舗装,34-11,1999
- 31) 西 勝ほか;韓国産電気炉スラグの上層路盤材と しての力学的特性について,土木学会第50回年次 学術講演会,1995.9
- 32) 東亜建設産業(株): 会社概要, 1999(韓国語)
- 33)日本道路建設業協会;道路試験所に大型視察団, 道路建設,2004.3
- 34) NISSIN KASEI CO.,ITD;えぽっく, The REPORT 2005.1, Vol.22

## 台湾における現在の舗装技術

(The Current Pavement Technologies in Taiwan)

邱 垂 德

台湾は、経済、政治、文化いずれの分野においても日本と非常に密接な関係にある。台湾の道路舗装では、アスファルト舗装が中心で、毎年およそ1300万 t の加熱アスファルト混合物が使用されている。近年は、再生加熱アスファルト混合物の利用を推進するプロジェクトが完了し、加熱アスファルトプラントの半数以上が許認可を得て再生加熱アスファルト混合物を生産することができる。改質アスファルト混合物、カラーアスファルト混合物、排水(透水)性アスファルト混合物、砕石マスチックアスファルト(SMA)、グースアスファルトおよび廃タイヤゴム添加アスファルト混合物などの特殊アスファルト混合物も、順次様々なケースで試験的に使用され研究や評価が行われている。なお、これらの多くは、日本から導入された技術である。将来は舗装維持管理システムの整備拡充によって、道路補修効率の向上を図る業務を中心としつつ、資源の再生利用と地域特性を活かした舗装材料を採用するであろう。

#### 1.台湾の位置および歴史的背景

台湾(中華民国)は、台湾本島、澎湖群島、金門や 馬祖などの小島を領土とする独立主権国家である。現 在の人口は約2,300万人、主に中国東南沿海部の閩南お よび客家などの民族で構成される。かつては、約50年 間日本に統治され、第二次大戦後中国に復帰したが、 国共戦争を経て中国大陸各省より新たな移民が移住し、 1949年から現況を維持している。

台湾では、2000年に政権が総選挙で勝利した野党政党に平和的に移された。これは台湾が正式に民主国家の列に加わったことを象徴しており、世界の多くの民主国家同様、人権を強く主張し保障する地域である。台湾人の勤勉さと企業化精神が、いわゆる「経済の奇跡」をもたらし、経済規模は世界第19位、貿易国としては第15位になった。2000年の平均国民所得は14,216米ドルで、しかも貧富の差は小さく、有力な中産階級が台湾社会の中核を構成している。

台湾と日本は,経済,政治,文化いずれの面においても非常に密接な関係にある。更に,60歳以上の管理職の殆どが日本の教育を受け,また50歳以下の執行役エリートの殆どが米国で教育を受けていることもあって,台湾の技術発展は日本と共通する点が非常に多く,

日本製品に対する受容度も非常に高い。

#### 2.台湾の道路と舗装状況

台湾本島は南北約384km,東西約128km,面積は約36,000平方kmであるが,開発可能用地はわずか4分の1にすぎない。残りの大部分は山地で,中央山脈で東部と西部が隔てられるため,交通建設の大部分が西部の平地に集中している。交通部の関連統計データが示すとおり,台湾の道路は総延長37,000kmを超え,面積で計算するとおよそ1億5,000万km²となり,開発可能用地面積の約1.7%にあたる。

#### 2.1 道路舗装の基本データ

表 - 1 は,台湾の2003年の道路の分類と延長を示す。 人口密度が高いため都市間の区分がはっきりしないが, 市街地道路の延長は道路総延長の約44%を占め,国道, 省道,県道,郷道,専用自動車道などの自動車道系統が

表 - 1 台湾2003年の道路距離統計表(単位:km)

	自動車道						
合計	小計	国道	省道	県道	郷道	専用自 動車道	市街地道路
37,342	20,947	872	4,621	3,426	11,613	415	16,395

\*Chui Te-Chui 中華大学 土木工程学系

残りの56%を占める。これら道路のおよそ90%が,アスファルトまたはセメントコンクリートのいわゆる高級舗装である。以前から環島高速自動車道網を建設する計画があるものの,近年は生態環境保護の面から反対運動に直面しているため不確定な状況となっている。

現在の高速自動車道の舗装構造は、主として1.5cmの開粒度アスファルト摩擦層、10cmの密粒度アスファルトコンクリート層、20cmの加熱アスファルト安定処理(標示規格は最大粒径3.0cm)層と20cmの砕石路盤(CBR値 85%)、路床(CBR値 15%)となっている(図-1参照)、快速道路の舗装構造は主に10cmの細密粒度アスファルトコンクリート層、20cmの粗密粒度アスファルトコンクリート層と30cmの砕石路盤層となっている。省道の舗装構造は、主に10~20cmのアスファルトコンクリート層、30~45cmの砕石路盤層となっている。県・郷道の舗装構造は、主として3~15cmのアスファルトコンクリート層、15~30cmの砕石路盤層となっている。県・郷道の舗装構造は、まとして3~15cmのアスファルトコンクリート層、15~30cmの砕石路盤層となっている。これら舗装の設計方法は、おおむね米国のAASHTOもしくはA.I.の設計法を採用したものである。

#### 2.2 主な補修方法

国道と快速省道が本格的に維持管理されるようになったのは最近20年のことで,局部的に変形がひどく路盤が不安定な箇所では,全層打換え工法が選択される。その他の場合は,アスファルトコンクリート層を切削して打ち換える。通常の切削深さは5cmで,表層の変形が激しい区間では10cm切削して打ち換える場合もある。高速自動車道の場合,多くは摩擦層部分が対象で1.5cmだけ切削して補修する。省道では,希に施工上の欠陥により,補修深さが15cmに及ぶこともある。完全な統計データがないため非公式な推計によるが,国道と省道の交通量は非常に多く,平均4年に一度補修する必要がある。この補修は区間を分けて毎年行っているが,交通量が多いため,大半の補修作業は交通

量の少ない夜間に行わなければならない。

以前,県・郷道の舗装は大半がオーバーレイ工法で補修されいたが,補修回数を重ねた結果,多くの舗装のオーバーレイ層の厚さが10cmを超えた。市街地の県郷道では,沿道の住民や商店の反対のため,切削オーバーレイ工法に改められた。近年は,郊外の県郷道でも切削オーバーレイ工法による補修が採用されている。県郷道の路面補修頻度は,交通量,施工の出来不出来,補修経費,さらには住民の要求などの違いにより大きな差がある。地域社会が急速に発展し水道,電力,電線等の配管配線が整備され,1~2年に一度の割合で切削オーバーレイが行われる区間もあれば,交通量が少ないうえ路面状況が良好なため10年以上経っても補修の必要がない区間もある。

近年は台湾でも環境保護意識が高まり, さらには, 舗装業界は骨材の採取が困難になったり廃材の処理が 困難になるなどの苦境に直面している。アスファルト 舗装の再生工法は,骨材の需要を減らせるのみならず, 舗装発生材の処分場の問題も解決できることから,台 湾の舗装業界にとって早急に推進すべき工法になりつ つある。台湾では,1998年からプラント再生による加 熱アスファルト混合物の利用を推進した。強制的な措 置,即ち行政当局の規定により,舗装の補修には一定 比率で再生アスファルト混合物を採用しなければなら ない。なお,再生アスファルト混合物製造プラントは 許認可を得なければならない。2004年末までに認可を 取得した再生加熱アスファルト混合物製造プラントは すでに97基あり,全プラント総数の54%を占めている。 破損したアスファルト舗装を撤去してプラントに運搬 し,再生後再び舗設するというプロセスはすでに標準 的な補修工法の一つになっている。行政当局が再生工 法を推進している時点では,路上表層再生工法を導入 しようとした業者もあった。しかし,人口密度が高く 道路幅員が狭いほかマンホールが多いため、路上表層

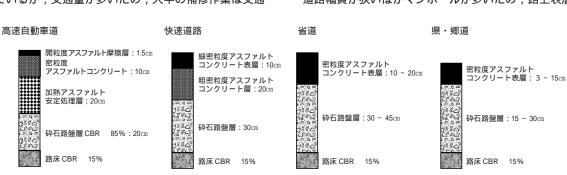


図 - 1 台湾自動車道舗装の主な断面構造

再生工法の導入は困難であると 考えられた。また,高速自動車 道においても,品質の確保が困 難であるなどの問題もあって, 一般的工法として採用されな かった。このほか,常温混合方 式による再生工法やフォームド アスファルト工法の導入を提案 する業者もあったが,同様の懸 念から普及していない。

#### 2.3 使用される舗装材料

1970年以降は,山間地の産業 道路の一部で,セメントコンク リート舗装が採用されることを 除いて,加熱アスファルト混合

物が主たる舗装材料として用いられている。1990年初頭の南北高速自動車道建設の際に,セメントコンクリートの使用の促進が提言され,国道3号の北,中,南幹線上で総延長約30㎞のセメントコンクリート舗装が試験的に適用されたが,平坦性が劣るほか自動車走行時の騒音が大きいことが問題となっている。

台湾政府は1970年以降,地方のインフラ整備を推進 したことに加え、石油化学工業の発展もあって、アス ファルトの入手が容易になった。このため多くの地方 の道路建設会社は日本からアスファルト混合物製造技 術と設備(主としてバッチ式プラント)を導入した (**図 - 2**参照)。台湾区アスファルト工業同業公会の統 計によると,1990年以来,台湾のアスファルトプラン ト数は180基前後を維持している(図-3参照)。更に 台湾は年間平均気温が20 以上で,通常平地の気温が 10 を下回る日数は極めて少なく,雨天でさえなけれ ば,ほぼ毎日アスファルト舗装の施工が可能である。 このような状況により加熱アスファルト混合物が舗装 の市場を独占した。なお、加熱アスファルト混合物が 広く普及したことにより、常温混合方式のアスファル ト混合物や現位置での安定処理工法の市場参入は困難 な状況にある。正式な統計データはないが,行政院公 共工程委員会が中国石油公司のアスファルト販売量を もとに推定したところ,台湾では年間およそ1300万 t の加熱アスファルト混合物が使用されている。

国道高速自動車道の厚さ1.5cm摩擦層には開粒度アスファルト混合物(Open Graded)を採用するが、それ以外の大半のアスファルト舗装では、針入度級85/100のアスファルトを用いた密粒度アスファルト混

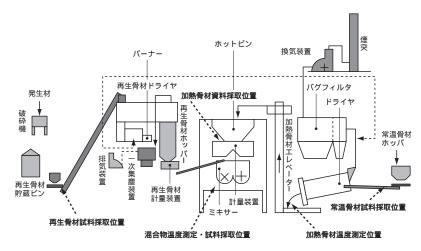


図-2 日本から導入した再生アスファルトプラント略図

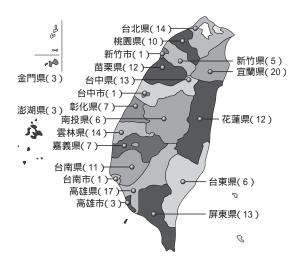


図-3 台湾の加熱アスファルトプラント分布図

合物が採用される。最近の10年間で,AC級のアスファルトが採用されるようになったが,最もよく使われる等級はAC - 10である。針入度85/100とAC - 10とは全く同等とはいえないが,実際には,呼称の違い程度の差しかない。台湾で頻発するわだち掘れの原因の大半は,配合の不適もしくは施工上の品質の不良である。なお,大学などがより高粘度のアスファルトの採用を提言していることもありAC - 20を使用する事業者も一部に出始めている。しかし,台湾の気候が年間を通して春のようであり,寒い冬もなければ高温の夏もなく,路面は最高でも60 前後にしかならないため,温度ひび割れの発生やアスファルトが軟化することによる変形の恐れは少ない。石油化学工業の発達により,国営の中国石油公司が生産するアスファルトは品質が

非常に安定しており,薄膜加熱試験で評価した劣化特性は,ほとんどのアスファルトの60 粘度が二倍に増える程度である。従って,台湾のAC - 10とAC - 20はAR2000とAR4000に匹敵する。

研究レベルでは,アメリカSHRPの研究成果を参考に,PG(パフォーマンスグレード)によるアスファルトの採用を検討し始めたところもある。しかし環境温度データがあまり整っておらず,しかも低温による問題もないため,どのレベルを採用すべきか未だ決まっていない。また関連する試験器械が普及していないため,舗装業界もアスファルトの品質の舗装への影響について知見が少なく,採用の計画はないようである。

骨材の品質は,アスファルト混合物の変形抵抗性能を左右する要因の一つである。台湾では,地形と気候の特性により河川の流れが急で侵食作用が大きいことから,以前は高品質の川砂利(玉砕の原料)が豊富であったが,最近20年来はダム建設により状況が変わった。加えて河川の生態保護のため採石が禁じられ,舗装工事量増大に伴い,骨材資源が不足状況に陥った。このため,一部の陸地で骨材を採取しているほか,ここ最近5年間は中国大陸から骨材を輸入している。なお,台湾では砂利に関する品質が規定されておらず,さらには,骨材製造業者の大部分が小規模で系統的な品質管理体制が整備されていないことが,アスファルト混合物品質変動の主原因になっていると思われる。

#### 2.4 特殊アスファルト舗装

近年,材料工学や関連技術の応用によって舗装材料に多くの新たな知見が 導入され,台湾でも改質アスファルト 舗装,カラーアスファルト舗装,排水 性(透水性)アスファルト舗装,SMA, グースアスファルト舗装,および廃タ イヤゴム入りアスファルト舗装など特 殊なアスファルト舗装が,様々なケー スで試用または研究評価されている。 しかし,これらの使用量は従来からの 加熱アスファルト混合物に比べれば非 常に少ない。

製油所から直接供給される従来のアスファルトは、品質に限界があって、ある種の状況ではニーズに応じきれないため、適切な改質を行って、利用者により多くの選択肢を提供する必要がある。従来の舗装用アスファルトは多

くの適用例で依然非常によい効果を発揮しているが、重交通道路、摩擦層あるいは排水層など特殊な状況に対応すべく、様々な改質材を添加して、新世代の「改質アスファルト」の生産を図っている。台湾では1998年に新たにCNS14184【ポリマー改質アスファルト】の品質規定(表-2参照)も公布している。これは、ASTMD5892-96aのIV-C、IV-E、IV-F類および日本道路協会の改質 I型アスファルトの標準的性状などを参考に規定したものである。

カラーアスファルト舗装は、景観が重視される舗装に適用される。例えば駐車場の舗装、公園の舗装、高速自動車道のサービスエリアの舗装、または民間企業の構内舗装などである。使用材料は、輸入の脱色アスファルトに顔料を添加して製造する加熱カラーアスファルト混合物である。なお、脱色アスファルトと顔料を使用するため単価が高い。さらには、粉塵と車輌の油汚染により変色しやすい。なお、民間企業の構内など比較的清潔な場所で、且つ維持管理が充分になされるのであれば、良好な景観が得られるようである。

排水性(透水性)アスファルト舗装は,都市のヒートアイランド現象の抑制と,雨天の高速走行時の安全性確保の観点から,近年台湾でも導入された。透水性舗装については,舗装構造設計と材料選定に関する研究が続けられている。なお,透水性舗装では,アスファルト系材料も使用されるが,セメント系材料が用いられることが多い。透水性舗装に関する主な懸念事

表 - 2 CNS14184ポリマー改質アスファルト品質規定

	一般舗装		
試験項目	I	Π	Ш
針入度,25 ,100g,5s,1/10mm(最小値)	65	50	35
粘度,60,1s-1Pa.s (poise),(最小值) <sup>(1)</sup>	250(2,500)	450(4,500)	800(8,000)
粘度,135,m²/s(cSt),(最大值)	3,000	3,000	3,000
引火点, COC, ,(最小值)	232	232	232
三塩化エチレン中の溶解度,%,(最小値)	99	99	99
分析試験の最高・最低軟化点の差, 2	試験記録	試験記録	試験記録
回転薄膜加熱試験(RTFOT)後,	60	60	10
弾性回復率,25,10cm伸長,%,(最小値) <sup>(3)</sup>	60	60	10
回転薄膜加熱試験(RTFOT)後,	45	70	10
針入度,4,200g,60s,(最小値) <sup>(3)</sup>	15	70	10
21, (12, 1 )   1   1   1   1   1   1   1   1   1			

注(1)Koppers改良毛細管粘度計を使用。

<sup>(2)135</sup> 粘度は、CNS14249の規定により軟化点測定に代えても良い。粘度変化が10%を超えた場合は、必ず記録すること。なお、この方法で高分子材料で改質したアスファルトを評価する場合には、慎重を要する。例えば、同一の改質材を用いた改質アスファルトで充分なデータを蓄積したときは、その材料については規格値を規定できるが、異なる改質材を用いたアスファルトに適用できるとはかぎらない。ここで得られるデータの利用価値の一つとして、使用する改質アスファルトの品質管理(所定の品質の改質アスファルトが納入されているか?貯蔵中に変質していないか?等の確認)が挙げられる。さらには、この試験結果は、貯蔵中の材料分離(攪拌状態の適・不適)の確認にも有効である。

<sup>(3)</sup>薄膜加熱試料を使用しても良いが,回転膜加熱試料が仲裁の方法である。

項は、構造的な耐久性である。一方、排水性アスファルト舗装は、高速自動車道で用いられる開粒度摩擦層の改良型であると言ってもよく、より高空隙率にし、改質アスファルトを使用するか繊維系の添加材を添加して、耐候性の向上策や空隙つぶれ対策を講じなければならない。最近の高速自動車道における試験舗装事例には、日本のメーカーから高粘度改質アスファルトを導入したものさえある。

欧米で重交通道路に使用されているSMAは、粗骨材で構成される主構造が安定しており、強固で変形抵抗性に優れる。また、アスファルト量の多いアスファルトモルタルが骨材間隙に充填され、通常のアスファルト混合物より厚いアスファルト被膜を形成して、疲労抵抗性、耐候性、剥離抵抗性を高めている。台湾でも繊維材料メーカー経由で導入され、重交通道路で逐次試験舗装が実施されている。なお、試験舗装の結果には、良好なケースと、早期に問題が発生するケースがある。失敗事例のほとんどは粗骨材の形状の不適、配合比率の不適や舗設時の締固め不足などに起因する。粗骨材の形状の問題を解決できれば、その他の問題は経験でカバーできる。

橋面の舗装は,走行に必要な平坦性を確保するほか, 防水層の役割も果たさなければならない。スパンの長 い橋梁では,さらに良好なたわみ性を確保して変形に 追従できることが必要とされる。一般の密粒度アス ファルトコンクリートは,空隙率が大きすぎ防水性が 確保できないほか、たわみ性も不足していると考えら れる。これまでの長スパンの鋼床版舗装の大半で縦ひ び割れが生じ,補修に苦慮するという問題があった。 台湾では、1997年に初めて日本からグースアスファル トを導入して県道の鋼床版(苗栗県新東大橋)に使用 した。また,1999年には国道3号南部の高屏渓大橋で 本格的に採用した。これらの事例では,配合設計と施 工時の品質管理のいずれも、JVの日本側業者が直接担 当した。その後,2001年の台北市大直橋と2002年の省 道台4線の嵌津大橋では,現地業者と大学が協力して 工事を遂行したが、クッカー車と専用フィニッシャ (写真 - 1参照)は全て日本の業者から借り受けると ともに,全工程で指導を受けた。

台湾では2000年から,環保署の協力のもとで廃タイヤゴムを再利用したアスファルト混合物に関する研究を開始し,研究者を米国に派遣して,廃タイヤゴム入リアスファルト混合物に関する技術を開発した。実験室において国内の材料で試験混合と配合設計を行い,



写真 - 1 台湾省道台 4 線嵌津大橋橋面グースアスファルト敷設状況

更に道路管轄機関の協力により、主要幹線道路の一定 区間で廃タイヤゴム添加アスファルト混合物の試験舗 装を行った。車線距離計約2.0kmで廃タイヤ約2,000本 を使用した。試験舗装区間はすでに4年以上経過して いるが,一般の重交通道路の舗装で頻発する変形や亀 裂はなく,全体的な結果は非常に良好である。当該供 用性は、従来のアスファルト混合物による舗装の供用 性を上回るものと予想され,これは米国舗装界の一部 の専門家による廃タイヤゴム添加アスファルトに対す る公式見解を裏付けるものとなった。その見解とは 「将来,道路で使用した後の廃タイヤを再び道路に戻 して使えば,廃タイヤがアスファルト舗装の再利用循 環に組み込まれ、この部分の環境問題が回避されるだ けでなく,更には廃タイヤゴムの混合によってアス ファルト舗装の品質も改善される。いわば,環境保護 とエンジニアリングのWin-Winのベストモデルと言え る。」というものである。廃タイヤの再資源化手法は、 政府の廃タイヤの管理施策と密接に関連していること から,現段階では廃タイヤの管理施策を若干変更する ことで、廃タイヤゴムは加熱アスファルト混合物の市 場競争に参入できるようになるだろう。

#### 3.将来の舗装新技術

台湾の自動車道運輸システムは,第二高速自動車道が2004年に全線開通し,東西方向の快速自動車道が相次いで完成したこともあり,まもなく自動車道は補修の時代に入る。自動車道の補修を担当する国道高速公路局,公路総局および各県市の行政主務当局は「如何にして限りある経費を有効に活用し道路使用者に一定の品質の舗装を提供するか」を最大の課題と見なしており,近い将来,舗装維持管理システムの整備を促進するとともに,台湾の舗装材料の利用を促すと予想される。

#### 3.1 整備された道路補修管理システム

管理の時代には、如何に効率よく舗装を管理するかが重要となり、必然的に、民間企業が特に重視している財務管理意識を、インフラ建設の管理を担当する行政も導入することになるであろう。各自動車道の管理機関は、民間企業と同様の財務管理体制を整備して、基盤施設を管理する必要がある。従って、舗装技術者は舗装管理の目的とその目的達成の手法を充分認識し、また「舗装維持管理システムを構築、実施して道路利用者に最大の利益をもたらす」という重要なコンセプトを如何に上級管理者を説得して受け入れさせるかを考慮すべきである。

台湾は近年来,路面性状の測定や舗装の評価の経験 を豊富に積んできた。以前の技術者には「舗装維持管 理システムとは,技術者がどの区間の路面を先に補修 するかを決める際に使うひとつのコンピュータプログ ラムだ」という誤解があって,同システムがなかなか 採用されにくかった。また,大半の技術者は,土木工 学の専門訓練を受けただけであった。しかし,舗装維 持管理システムを導入するには,工事の経験の他に, 統計学,数値シミュレーション,経済学,最適化理論, コンピュータ技術,データベース管理などの知識も必 要である。土木や舗装に関する専門的な経験や知見の 修得以外に,様々な知識を融合する必要性があること に対して,排斥の念を持つのは極めて自然な現象では ある。しかし,優秀な専門家は,変化を求める意欲を 持ち,従前と異なる決断を下し,少ない経費で大きな 成果をあげることができるはずである。管理の主な対 象は人であることから,如何にして舗装維持管理シス テムに対する上司の支持を取り付けて,体系的に舗装 の管理を実施するかが,舗装維持管理システムを定着 させるためのポイントである。

#### 3.2 地域特性のある舗装材料

過去30年来の路面の補修や管理の経験を詳細に検討すると、とりわけ台湾のように経済が急成長した発展途上国では、自動車道運輸に対するニーズは政治、経済、人文、環境等の影響を複雑に受ける。高速自動車道について言えば、利用者が最も重要視する"順調な交通流"を確保しにくい条件下(渋滞)では、米国式の快適で平坦な路面もお手上げである。補修担当の技術者は、交通量が多い道路で如何にして適切な措置を採るかが重要な業務となり、路面に損傷が生じれば直ちに既往の方法で補修するため、損壊の原因を追求し

て経験を蓄積する余裕がない。また交通量が予想を超えるため、予防的な補修も実施しにくい。また、省・ 県道など主要自動車道の路面は、急速な経済発展と道 路権の影響を受ける。市街地の路面の破壊は配管や配 線工事と密接に関係し、山間地の自動車道の路面は山 崩れや土石流の影響を受ける。

補修の重点が配管や配線後の復旧と災害復旧であることは、新設から補修までの期間が設計期間の10年を超えることが少ないことを示している。このような状況によって、舗装技術者は復旧を日常的な補修業務と見なしている。加えて、骨材資源の枯渇により、永続的な補修材料の確保が課題となり、再生加熱アスファルト混合物がわずか数年の期間で一気に普及したことが一例として挙げられる。これまでの舗装材料は、強度と耐久性が重視されたため、適当な素材を選び加工してニーズに適合させる必要があった。今後はニーズの多様化により、様々な材料が舗装材料として利用される可能性がある。

今後は舗装発生材ばかりでなく,コンクリート廃材, 鉄鋼スラグ,ガラス廃材,ゴミ焼却灰,建築廃材,な らびにその他の工業副産物も,品質を満足し環境汚染 等の恐れがないものであれば,全て舗装材料に利用さ れる可能性がある。

#### 4. 結び

舗装は、一つの独立した技術として発展した。主な内容には、舗装構造設計、舗装材料の配合設計、舗装の評価、舗装維持管理システムなどがある。台湾の舗装技術は、主に欧米や日本など先進国から導入された。しかも、導入の速度が非常に速く、グースアスファルトを含む各種のアスファルト混合物など、多くの新材料と新工法の適用事例がある。また、舗装の評価方法についても、機器を保有し経験を有する。将来は、舗装維持管理システムの整備と発展を主眼に、資源の再利用が促進されるとともに、地域特性を持った舗装材料が採用されるであろう。

#### 参考文献

- 1)台湾交通部公路総局ホームページ統計資料
- 2) 邱垂徳,「瀝青路面プラント加熱混合再生の台湾 における経験」,上海公路(季刊),2004年第一期, 2004年3月31日出版
- 3)台湾区瀝青工業同業公会ホームページ資料

## インドネシアの舗装

(Pavements of Indonesia)

丸 山 暉 彦\*

インドネシアは多くの島々からなる広大な国で,人口も多い。道路網はオランダの植民地時代に,豊富な鉱物資源やゴムプランテーションを活用するために整備されていた。しかし,第2次大戦後の資金不足,経済危機により舗装の損傷が著しい。自動車保有台数,交通量は着実に増加しており,良質な舗装延長の拡大が望まれている。舗装設計法はAASHTO設計法に基づいている。

#### 1. 概説

インドネシアは1万7千以上の島々からなり,約 200万㎞の陸地に2億人以上の人口を擁している。南 北は赤道を挟んで1,600km,東西は4,800kmに及び,その 広がりは,ほぼアメリカ合衆国と等しい。面積では 7%でしかないジャワ島に50%以上の人が住む。2000 年の統計によると,都市は人口の多い順に,ジャカル タ都市圏 (1,200万人), スラバヤ (260万人), バンド ン (260万人), メダン (220万人), パレンバン (150万 人), スマラン(130万人)で, 都市部に42%の人々が 集中している。第1級自治体は27州,2つの特別州 (アチェおよびジョクジャカルタ),1つの首都特別地 域(ジャカルタ)で構成され,各州には3~10の県が ある。第2級自治体は県または政令市であり、その下 位に郡,町村がある。インドネシアの国家予算は通常 予算と開発予算に分かれ、開発予算はODAなどの外 国援助および国内歳入を財源とし,地方政府を含む政 府の開発プロジェクト事業費に配分されるい。

州知事は大統領が任命し,県,市,郡の長は知事が任命する。インドネシアでは公的支出のほとんどは中央政府に依存する。地場産業から得られる収入は林業,鉱業,水産業の天然資源からの収入の8割が地方に与えられる。ただし,石油は15%,天然ガスは30%に制限されている<sup>2</sup>)。

#### 2. 道路網

インドネシアは植民地時代から東南アジアでもっと も交通の発達した地域であったが,交通網はジャワ島 に集中している<sup>3</sup>)。以下,インドネシアハンドブック<sup>4</sup>) から引用する。

『インドネシアでは,オランダ占領時代に道路整備が精力的に進められ,戦前のジャワ島については,当時の日本よりはるかに良い舗装幹線道路を賞賛している旅行記も見受けられる。しかし,第2次世界大戦とそれに続く独立戦争,独立後のスカルノ政権下では,軍備増強に予算が配分され,道路の維持補修がなされず,舗装,橋梁等は到るところで損傷していた。

スハルト政権が誕生してからは,1968年に始まった第1次国家開発5カ年計画以降,道路への投資を積極的に行ってきた。その結果,道路整備延長が急速に伸び,現在,表-1のような状況となっている。

表 - 1 インドネシアの道路延長 (2000年)

国	道	約	26,270km
州	道	約	38,910km
県	道	約	223,320km
市	道	約	21,530km
村	道	約	243,830km
有料	道路	約	530km
計		約	554,390km

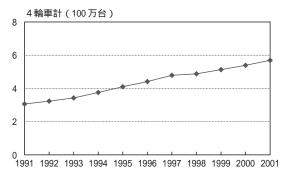
しかしながら,1997年の経済危機の影響で社会基盤 関係の予算が大幅に削減された。道路も新設が困難と なり,既存道路の維持補修に予算配分がシフトした。 予算の落ち込みは激しく各地で損傷した道路が顕在化 し,補修されないまま放置されるなど,産業活動ばか りでなく地域生活にも支障を及ぼしている。

<sup>\*</sup>まるやま てるひこ 長岡技術科学大学

高速道路について見ると、インドネシア政府は1978年有料道路制度を発足させ、国有会社として、インドネシア道路公団(PT. Jasa Marga)を設立した。同年3月には、ジャカルタとボゴールを結ぶ「ジャゴラウィハイウェイ」が最初の有料道路として開通した。現在では、ジャカルタ、スラバヤ、メダンなどの主要都市近郊に高速道路が建設され、管理延長は530km(2000年時点)に達している。当初、国家予算、海外からの援助、料金収入及び道路債権の発行を財源として有料道路建設を行ってきたが、その整備をさらに促進させるため、1985年には民間企業の参入を認めるBOT方式が導入された。しかしながら、経済危機により民間投資家の資金調達が不可能となり、現在はインベスターを活用しつつ、インドネシア道路公団で建設を進めている。』

インドネシアのアジアハイウェイは, 図 - 1 5) に示すようにAH2号とAH25号が設定されている。AH25号はスマトラ縦断ハイウェイで,北端のバンダアチェから南端のバカウへ二に至る2車線幹線道路である。ジャワ島縦断道路のAH2号とフェリーで結ばれバリ島に達する。

自動車登録台数は、図-2に示すように着実に増加しており、2001年時点で4輪車合計570万台である。内訳は乗用車320万台、トラック180万台、バス70万台となっている。このほかにおびただしい数の小車両がある。



**図** - **2** インドネシアの自動車登録台数(4輪車合計)

#### 3.舗装

インドネシアの舗装構造設計法はAASHTO設計法をインドネシアの地域的条件を考慮して修正したものである。

設計のフローを図・3に示す。路床支持力としてCBRを使用する。CBRと設計交通量に対応する舗装厚指数ITP(Index of Pavement Thick-ness)が与えられ,縦断勾配,大型車交通量,年間降雨量に応じて表・2に示される0.5~3.5の地域係数(Regional Factor)を乗じて補正する。舗装の種類によって供用開始時と終了時のサービスレベルが表・3,表・4のように定められている。舗装材料の等値換算係数を表・5に示す。

図 - 4 , 図 - 5 に重交通路線と軽交通路線の舗装構造例をそれぞれ示す。



図 - 1 インドネシアのアジアハイウェイルート

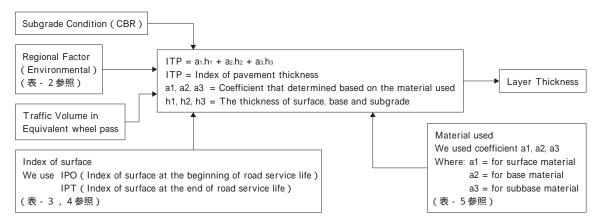


図 - 3 舗装設計フロー

表 - 2 Regional Factor

	Road S	lope I	Road S	Slope II	Road Slope Ⅲ		
	(<6%)		(6-	10%)	( > 10%)		
	% of Heavy Vehicle		% of Heav	vy Vehicle	% of Heavy Vehicle		
	≤ 30%	> 30%	≤ 30%	> 30%	≤ 30%	> 30%	
Climate 1 Rain < 900 mm/year	0.5	1.0 - 1.5	1.0	1.5 - 2.0	1.5	2.0 - 2.5	
Climate 2 Rain > 900 mm/year	1.5	2.0 - 2.5	2.0	2.5 - 3.0	2.5	3.0 - 3.5	

表 - 3 供用開始時に表層がもつべきサービスレベル (IP<sub>0</sub>)

Type of Surface Layer	IP₀	Roughness ( mm/km )
· LASTON ( Asphalt Concrete )	≥ 4	≤ 1000
	3.9 - 3.5	> 2000
·LASBUTAG	3.9 - 3.5	≤ 2000
	3.4 - 3.0	> 2000
· HRA ( Hot Roller Asphalt )	3.9 - 3.5	≤ 2000
	3.4 - 3.0	> 2000
•BURDA (Two Layer of Asphalt Mix with	3.9 - 3.5	< 2000
specific specification )		
• BURTU (One Layer of Asphalt Mix with	3.4 - 3.0	< 2000
specific specification )		
· LAPEN ( Penetration Layer )	3.4 - 3.0	≤ 3000
		> 3000
·LATASBUM	2.9 - 2.5	
BURAS (Spread with Asphalt)	2.9 - 2.5	
·LATASIR	2.9 - 2.5	
· JALAN TANAH (Unpaved - Soil Surface)	2.9 - 2.5	
JALAN KERIKIL ( Road with Unbond Small	≤ 2.4	
Stone Surface )	≤ 2.4	

表 - 4 供用終了時の表層のサービスレベルIPT

LER = Lintas Ekivalen Rencana	Road Classification					
( Total of Equivalent Wheel Pass )	Local	Collector	Artery	Toll		
< 10	1.0 - 1.5	1.5	1.5 - 2.5			
10 - 100	1.5	1.5 - 2.0	2.0			
100 - 1000	1.5 - 2.0	2.0	2.0 - 2.5			
> 1000	-	2.0 - 2.5	2.5	2.5		

表 - 5 舗装構成材料の等値換算係数

Relativ	e Strength Co	efficient	Str	ength of Mate	erial	Type of Material	Used For	
a1	a2	a3	Marshall	Kt	CBR	T ype or iviaterial	Used For	
040	-	-	744	-	-			
035	-	-	590	-	-	LASTON		
032	-	-	454	-	-	( Asphalt Concrete )		
030	-	-	340	-	-			
035	-	-	744	-	-			
031	-	-	590	-	-	LASBUTAG	SURFACE	
028	-	-	454	-	-	LASBOTAG		
026	-	-	340	-	-			
030	-	-	340	-	-	HRA ( Hot Rolled Asphalt )		
026	-	-	340	-	-	MACADAM Asphalt		
025	-	-	-	-	-	Penetration Layer ( Mechanic )		
020	-	-	-	-	-	Penetration Layer ( Manual )		
-	028	-	590	-	-	LASTON Atas		
-	026	-	454	-	-	( Asphalt Concrete )		
-	024	-	340	-	-	( Asphalt Concrete )		
-	023	-	-	-	-	Penetration Layer ( Mechanic )		
-	019	-	-	-	-	Penetration Layer (Manual)	BASE	
-	015	-	-	22	-			
-	013	-	-	18	-	Soil Stabilization with Cement		
-	015	-	-	22	-			
-	013	-	-	18	-	Soil Stabilization with Lime		
-	014	-	-	-	100	Granular Stone (Class A)		
-	013	-	-	-	80	Granular Stone (Class B)	BASE	
-	012	-	-	-	60	Granular Stone ( Class C )		
-	-	013	-	-	70	Sand and Stone ( Class A )		
-	-	012	-	-	50	Sand and Stone (Class B)	CLID DAGE	
-	-	011	-	-	30	Sand and Stone ( Class C )	SUB BASE	
-	-	010	-	-	20	Soil / Clay with Sand		

040などは0.40の意味

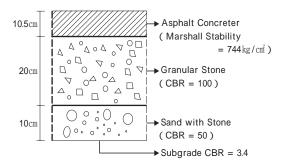


図-4 重交通道路の舗装構造設計例

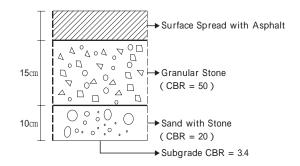


図-5 軽交通道路の舗装構造設計例

#### 参考文献

- 1) ODAホームページ: (脚国際協力推進協会「インドネシア開発途上国国別経済協力シリーズ(第7版)」
- 2)大槻重之:インドネシア専科

- 3)日本大百科全書,小学館(1985)
- 4)新 真一:インドネシアハンドブック2003年版
- 5 ) Homepage of United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific

## ベトナムの舗装技術

(Road technologies in Vietnam)

海老澤 秀 治\*

ベトナム国交通運輸省第一交通運輸訓練校(TTPS1: Transport Technical and Professional School No.1)に,材料試験のJICA短期専門家として勤務した際に見聞きしたベトナムにおける道路の現状,TTPS1,舗装技術,交通事情等を簡単に紹介したものである。

#### 1.はじめに

筆者は、平成16年11月23日~12月22日の間、JICAが支援しているベトナム道路建設技術者養成計画の一環として、交通運輸省第一交通運輸訓練校(TTPS1: Transport Technical and Professional School No.1)に材料試験の短期専門家として勤務しましたので、その間に見聞きしたベトナム(主にハノイ周辺)の舗装技術、交通事情、TTPS1等について簡単に紹介したい。

#### 2.ベトナム社会主義共和国の概要

ベトナムは, 59の省(日本の 県)と5の中央 直轄市(ハノイ, ホーチミン,ダ ナン,ハイフォ ン,カントー) からなる社会主 義国家であるが、 1986年に市場経 済システムの導 入と対外開放化 を柱としたドイ モイ(刷新)政 策を開始して以 降高い経済成長 を遂げており (2003年度の経



**図** - 1 ベトナムの概略地図

済成長率は7.2%),市場経済化や工業化が進んでいる。しかし,これら経済活動を支える交通,電力,上下水道,通信等の社会資本は脆弱であり,これらの整備は,海外からの投資や資金援助に依存している状況である。日本も2003年対ベトナム支援の内約30%を占める総額917億円の支援を実施しており,ベトナムの社会的および経済的な発展に大きく貢献している。

国土は,インドシナ半島の東側に位置し,北は中国,西はラオスとカンボジア,東は南シナ海と太平洋に接した,南北に細長い(1,650km)S字形をしており,面積は約33万km²(九州を除く日本の面積に相当)である。

そのため,気候も南部と北部では異なっており,南部は熱帯モンスーン気候で雨季(5月中頃から9月中頃)と乾季(10月中頃から3月中頃)がある。北部は亜熱帯性気候で夏と冬があるが,寒い時期でも気温は12~15 程度である。表-1にベトナムの概要を示す。

表 - 1 ベトナムの現況

人口	約8,206万人(2004年10月)
人種	ベトナム人(キン族)が90%, その他約60
	の少数民族
言語	ベトナム語
宗教	仏教(80%)カトリック,カオダイ教他
首都	ハノイ(人口約290万人)
最大の都市	ホーチミン(人口約612万人)
主要産業	農林水産業,鉱業
GDP	390億ドル(483ドル/人)
	(2004年IMF資料)
通貨	ドン ( Dong )
為替レート	15,380ドン 100円

<sup>\*</sup>えびさわ ひではる 鹿島道路㈱技術研究所

表 - 2 舗装延長と舗装率(1999年)

区分	総延	툿	コンクリート舗装アス		アスファルト舗装		マカダム舗装		砂利道		土	
	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%
National road	15,360	7.4	75	0.5	4,228	27.7	5,177	33.9	4,755	31.3	995	6.5
(QL)国道												
Provincial	17,450	8.5	12	0.1	387	2.2	3,561	20.4	8,605	49.3	4,885	28.0
road (DT)省道												
Urban road ( DDT )	3,211	1.6	0	0	1,246	38.8	1,965	61.2	0	0	0	0
都市内道路												
District road ( DH )	36,950	18.0	0	0	53	0.1	3,558	9.6	17,932	48.6	15,362	41.6
地区(郡)道路												
Village road ( DX )	132,055	64.5	0	0	0	0	2,922	2.2	52,446	39.7	76,687	58.1
コミューン道路												
合 計	204,981	100	87	0.04	5,914	2.9	17,138	8.4	83,758	40.9	97,929	47.8

#### 3. 道路の現状

#### (1) 舗装延長と舗装率

ベトナムの道路も我国同様,行政単位である,国,省,郡,コミューンがそれぞれ独自に管理しているが,2004年の時点で総延長224,483kmの道路ネットワークが形成されている。表 - 2 は1999年時点での舗装延長と舗装率を示したものであり,現在とは若干数値が異なっているが,以下のことが言える。

- ①マカダム舗装を加えた全体の舗装率は約11%程度 に過ぎず,大都市周辺の衛星都市,工業団地等と 大都市を連結する交通網の整備が遅れている。
- ②現在は少なくなりつつあるが,既設舗装ではマカ ダム舗装の占める割合が大きい。
- ③石灰岩が豊富で,セメントの入手が容易であるに もかかわらず,コンクリート舗装はほとんど行わ れていない。

#### (2) 有料道路

ベトナムでは,至るところで国道や省道の一部区間が有料道路になっており,車種に応じた料金をゲートの手前に設置されている料金所で支払い,受け取った



写真 - 1 料金所

チケットをゲートの係員に渡す仕組みである。ちなみに、普通乗用車の料金はほとんどの場合10,000ドン(約65円)で、徴収した通行料金はその道路を建設するために使用した借款の返済に充てられており、日本のようなプール制ではないとのことである。

#### (3) 高速道路の計画

現在,ベトナムには高速道路は存在しないが,2004年12月にVEC(ベトナム高速道路公社)が創設され,2025年までに延長3,000㎞の高速道路ネットワークを構築するために2005年から年間延長150㎞を建設する予定との新聞発表があった。

計画では,まず13ルートの高速道路(総延長1,354km)を2015年までに完成させる予定で,総工費約100兆ドン(6,700億円)となるとのことであり,このことからもベトナム政府の道路インフラ整備に対する熱意が伺える。



写真 - 2 国道 1 号線にある料金所のゲート

#### 4. 交通運輸省第一交通運輸訓練校 (TTPS1)

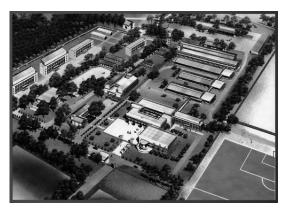
筆者が勤務していたTTPS1は,ベトナム北部のハノイ市から西に約60kmのハタイ省バビーにある道路建

Metal Metal Electrical Material Operation Mechanic Course Course Welding Working Course Testing 区分 (重機運転) (機械整備) Course Course (電気) Course (溶接) (金属加工) (材料試験) 訓練期間 18ヶ月 24ヶ月 24ヶ月 24ヶ月 24ヶ月 18ヶ月 1999 ~ 2000 356人 112人 67人 57人 84人 32人 2000 ~ 2001 444人 205人 101人 66人 124人 42人 2001 ~ 2002 719人 222人 118人 40人 38人 42人 2002 ~ 2003 1,453人 199人 113人 26人 54人 78人 110人 2003 ~ 2004 1,893人 227人 21人 60人 129人

表 - 3 TTPS1の訓練コースと生徒数

設技術者訓練機関で,1968年に旧ソ連の援助などを受けて道路施工機械の訓練校として開設され現在に至っているが,体制・設備の不備により十分な技術者を養成できていなかった。

そのため,JICAでは同校の訓練能力の向上を目的として,2000年度から2005年度までの予定で「ベトナム道路建設技術者養成計画」による技術協力(専門家の派遣,研修員の受け入れ,機材の供与)を実施しており,現在5名の日本人専門家が派遣されている。



写直 - 3 TTPS1の全景

TTPS1で実施されている訓練コースと生徒数は表-3に示すとおりであり,広大な敷地内には教員棟,講義棟,実験棟,モータープール,屋外訓練場等に加え寄宿舎やゲストハウスも建てられている。

TTPS1への入学資格は16歳以上でかつ中学卒業以上であるが,実際には高校卒業後に数年働き授業料を貯めてから入学するものが多く,在校生の90%以上が18歳以上である。また,ベトナムには,国が定めた7段階の技能レベルがあり,最下級が1級で最上級が7級であるが,TTPS1卒業時には3級が与えられるとのことである。

なお, TTPS1は, 教育実績を認められ2005年4月



写真 - 4 材料試験コース臨時セミナーの受講生

より工業高校に昇格するとのことで,現在その準備作業に追われている。

#### 5.舗装技術

#### (1) 技術基準類

ベトナムの舗装技術は,基本的にロシアを規範としているとのことで,様々な技術基準類(交通運輸省制定)が整備されている。しかし,外国からの借款で建設される道路ではJISやAASHTOが使用されていたり,地方行政組織では別途定めた技術基準を用いているなど,全ての道路が交通運輸省(MOT)の定めた技術基準類に準じて建設されているものではない。

表 - 4 基準類の一例

ベトナム基準	内 容
22TCN211-93	アスファルト舗装設計基準
22TCN223-95	コンクリート舗装設計基準
22TCN306-03	維持修繕に関する基準
TCVN4054-98	道路構造に関する基準

なお,ベトナムで使用されている加熱アスファルト 混合物の粒度の一例を表 - 5に示すが,連続粒度だけ でなくギャップ粒度の混合物も使用されているようで ある。

表 - 5 加熱アスファルト混合物の粒度

X	フルイ目		連続粒度		ギャッ	プ粒度
分	mm	Α	В	С	Α	В
	20	95-100	95-100	95-100	95-100	95-100
\ <u>=</u>	15	78-100	85-100	88-100	78-100	85-100
通過	10	60-100	80-100	80-100	60-100	70-100
質	5	35-50	65-80	65-80	35-50	50-65
量百	2.5	24-38	38-52	52-66	28-50	40-65
分	1.25	17-28	28-39	39-53	22-50	34-65
率	0.63	12-20	20-29	29-40	18-50	27-65
%	0.315	9-15	14-22	20-28	14-28	20-40
/0	0.14	6-11	9-16	12-20	8-15	14-23
	0.07	4-10	6-12	8-14	4-10	6-12
1	As量%	5.6-6.0	5.5-6.5	6.0-7.0	5.6-6.0	5.5-7.0

#### (2) 国道,省道等における施工技術

現在,ベトナムでは増加する交通需要に対応すべく, 至るところで道路整備が行われており,ハノイ近郊に おける施工現場を見た限りでは,国道,省道等の主要 道路における施工技術に関しては日本とあまり差がな いように見受けられた。ただし,定置式アスファルト プラント(バッチ式)で製造されたアスファルト混合 物を運搬する際に保温用シートを使用しないなど,品 質管理についてはあまり留意していないようである。

また,大きな段差のあるまま交通開放していたり, サンダル履きの作業員がいるなど,安全対策をまった く考慮していない点は日本と大きく異なっている。

写真 - 5 ~ 写真 - 7 は , ハノイ近郊の国道32号における舗装改修工事の施工状況である。



写真 - 5 路盤材敷均し状況



写真 - 6 アスファルト混合物敷均し状況



**写真** - 7 転圧状況

前述したように施工技術は日本と大差なく,アスファルトフィニッシャのアジャストマンやレーキマンが女性であったり,鉄輪ローラに女性2人が常にモップで軽油を塗布していたりといった点が日本との違いである。

なお,当該道路の 舗装断面は図・2に 示すとおりであり, TA法に当てはめて考えるとTA'は22cmとお る。路床土の設度なる。路が8~12程度すると, は表表を考画会/1000~3,000台当まがのであり,交通



**図** - 2 舗装断面

量から考え,日本の舗装断面と大差はないようである。

(3) コミューン道路等における施工技術

地方のコミューン道路等においては,現在もマカダム舗装や人力施工によるコンクリート舗装も行われているようである。筆者は実際にマカダム舗装を実施している現場を見学する機会はなかったが,写真を入手

いるようである。筆者は実際にマカダム舗装を実施している現場を見学する機会はなかったが,写真を入手出来たので,施工概要を写真 - 8~写真 - 11に示す。



写真 - 8 主骨材の敷き並べ状況



目潰し骨材の撒き出し状況



写真 - 10 目潰し骨材の転圧・圧入状況



写真 - 11 散布用アスファルトの溶解状況

施工は全て人力で,主骨材(80mm程度)を敷き並べ た後,目潰し骨材(20~0㎜程度)を主骨材のすき間 に転圧・圧入する。その後,加熱したアスファルトを 散布し,その上に砂を撒いて転圧して仕上がりとなる。

#### (4) 排水構造物および歩道

降雨量が多い地域であることから,低湿地帯では洪 水の被害を防ぐ目的で堤防をかねた盛土上に道路が造 られている。その他の地域でも主要道路では,排水施 設に注意をはらった設計がなされている。

ところで、ハノイ周辺には至るところにレンガ工場 があり,住宅建築はもちろんのこと,道路の排水施設 にもレンガが使用されており、レンガを積み上げた後 セメントモルタルで仕上げるのが一般的なようである。

また,ベトナムは石灰岩が豊富であり,セメントが 容易に入手できるため,都市内の歩道の多くは,ILB やコンクリート平板等よる舗装が施工されている。写 真 - 13は世界遺産に登録されているハロン湾のフェ リー埠頭の歩道に施工されているコンクリート平板舗 装である。



写真 - 12 ブロック積みによる排水施設



写真 - 13 ハロン湾フェリー埠頭の歩道

#### 6.交通事情

ベトナムは右側通行で,街中には信号が設置されて いる箇所もあるが, ほとんどの交差点はフランス統治 時代の名残で,ロータリー交差点である。

一般庶民の通常の移動手段は,バス,バイク,自転 車であるが,特にバイクの交通量が多く,車,自転車 と入り乱れて走行しているため,交通渋滞の原因と なっている。また,交通マナーは無いに等しく「阿吽 の呼吸で運転せよ」がこの国の交通ルールだという話 もあるくらいである。



写真 - 14 ロータリー交差点



写真 - 15 ハノイ市内の通り

そのため、信号無視や無理な追い越し等による交通 事故は日常茶飯事で、1日~2日に1度は交通事故を 目撃するほどの劣悪さであり、昨年度の死亡者は約 12,000人とのことである。

車の台数が少ないこともあるが、交通マナーが悪く、車線など無関係にクラクションを鳴らしつづけながら追い越し走行するため、車両走行位置が一定でない。このためか、車両が一定位置を走行せざるを得ない有料道路のゲートの前後以外ではわだち掘れが発生していない。

また,ハノイの朝は,バイクの騒音とクラクションで明けるといっても過言でないほどで,クラクションを鳴らすなと言う交通標識もあり,ベトナムではクラ



写真 - 16 クラクション禁止の標識



写真 - 17 街中の道路に設置されているハンプ

クションは消耗品だと言う話も聞いた。

その他,ベトナムの道路で気づいた点は,市街地に入る手前の道路にハンプが設けられている場合が多いことと,小さな道路にまで距離標がきちんと整備されていたことである。原則として距離標は10m毎,100m毎,1km毎に大きさの異なるものが設置されており,1km毎の距離標には隣町までの距離も示されている。



写真 - 18 10m毎と1km毎の距離票

#### 7. おわりに

国道 1 号を走行してハノイから約170㎞離れた中国 国境の町ドンダンまで行って見たが,道路は全て舗装 されているなど,想像以上にベトナムの道路整備は進 んでいる。しかし,交通マナーの悪さに加え,交通安 全施設等の整備はほとんどなされておらず,今後さら に交通事故が増加することが危惧されるなど,問題点 も多いと感じさせられた。

今回はベトナムの舗装技術しか紹介できず,食事も 美味しく,アオザイ姿の女性も綺麗で,物価が安い上 に治安も良いなど,ベトナム(ハノイ)の良さを紹介 できなかったことが残念である。

最後に,ベトナム滞在中にお世話になり,また資料を提供いただいた,JICA長期専門家・木下氏に紙面を借りてお礼申し上げる次第である。



写真 - 19 国道 1 号にある中国との国境

# ブータンの舗装

(Pavement in Bhutan)

河野 宏\*

ブータンはインド東北にある,ヒマラヤ山中の王国である。まず,国情を簡単に紹介した後,道路および舗装の現状を,その特徴に注目しながら記述した。いずれの特徴も,この国が世界の屋根と呼ばれている,地形急峻なヒマラヤ山地にあることに起因している。また,アスファルト舗装の施工方法と設計法について現状を示すとともに,今後のあり方に関し若干の意見を付した。

#### はじめに

ブータンの道路局に舗装のボランティアとして来て, 9ヶ月が経ちました。はじめは五里霧中,何事も懸命 にやっていましたが,最近では,慣れるに従いマンネ リ化の傾向も出てきました。

そんな時,アスファルト誌から執筆の依頼がありました。文を書くことは苦手ですので,お断りしようと思いましたが,このあたりで,なにか形あるものを創ることは,マンネリ化の防止のためにも,今後の滞在の活性化のためにもなるかもと考えお引き受けしました。

このように個人的な動機で書き始めていますので, 面白い読み物,有益な記事にはならないでしょうが, 寛容の心をもってお読みください。

## 1. ブータンという国

ブータンは**図 - 1**に示すように,インドの東北,ヒマラヤ山中の小国です。日本~ブータン間の直行便はありません。朝11時頃成田を発ち,バンコックで一泊,翌朝の7時頃の便に乗ると11時過ぎに,ブータン唯一

の空港 , Paroに着きま す。時差が 3 時間あり ますので , 所要時間は

一日プラス3時間位。

そんなブータンの概要を**,表** - **1 , 2**で示しました。

表 - 1では,ブータンは九州くらいの大きさとよく 云われますので,九州と比較してみました。人口は



图 - 1 位置図

表 - 1 九州との比較(1)

	ブータン	九州	ブータン:九州
人口(万人)	70	1340	1/19 : 1
面積(万㎞)	4.65	4.23	1/0.9 : 1
道路延長(km)	3,746	152,142	1/40 : 1
自動車登録台数(万台)	2.5	846	1/338 : 1

表 - 2 データ アラカルト

政治体制	君主制
GDP	5 億ドル(国民1人当り約700ドル)
主たる産業	発電,農業,林業,牧畜業,セメント
民族構成	チベット系,インド・アーリア系,インド・モンゴル系,少数民族
言語	ゾンカ ( チベット系 ) , 英語 , ネパリ ( ネパール系 )
宗教	チベット仏教のデュルック派 (国教)
社会開発指標	・平均寿命66歳・幼児死亡率84人・識字率47%

<sup>\*</sup>こうの ひろし JICA シニアボランティア

1/19,道路延長は1/40,自動車登録台数に至っては 1/300以下。文明度の高いものほど,両国間の格差が大きいようです。日本の開国は約150年前,ブータンは約50年前,国連加入も1971年ですから,その程度の差は致し方ないのでしょう。しかし,文明度が低いということは,自然度がまだまだ高いということでもあり,その辺が「世界最後の秘境」と云われる所以なのかも知れません。

表 - 2 は一般的な項目を並べていますが,この中でブータン人が自慢するのは,君主制と 1 人当たりGDP。こちらでは,王室は敬愛の的ですし,Rのつく組織名が目に付きます。例えば,RBP(Royal Bhutan Police)やRICB(Royal Insurance Corporation of Bhutan)。他の国ではRの多くはRepublicですが,ここではRoyalです。

1人当たりGDPは南アジア諸国No.1だそうです。この国の貿易収支は大幅な赤字,それを補っているのが外国からの援助,その大半はインドから来る。1人当たりGDPはそのインドの上をいく。ブータンという国はなかなかの国です。

#### 2. 道路

自動車道路の建設は,1959年から始められました。 担当したのは,インド軍の工兵隊(DANTAKと呼ばれていますが,正式には,the Indian Border Roads Organization of the Indian Army)。以後,道路建設は優先的に進められ,第1次五ヵ年計画では,30~50%,現在の第9次五ヵ年計画でも10%のシェアを確保しています。

2001年現在の状況は,表-3の通り。このブータンの道路の特徴は,唯一,他国管理,そして山岳道路です。

表 - 3 道路状況表

	国道	地方道	フィーダ道	街路	林道	
道路延長(㎞)	1,558	476.8	1,093.1	88.7	529.7	計: 3,746.3
舗装率(%)	98	75	34	90	0	平均:625

表 - 4 九州との比較(2)

	ブータン	九州	
	Thimphu ~ Phuensholing	福岡~山鹿	ブータン:九州
直線距離(km)	66	66	1 : 1
国道沿 "	175	84	2.1 : 1
大型車時間距離( hrs )	7	3	2.33 : 1
参考:面積(地図上)	4.56	4.23	1.08 : 1
" (時間距離)	4.56 * 7 <sup>2</sup>	4.23 * 3 <sup>2</sup>	5.87 : 1

#### 2.1 唯一

道路はこの国では唯一無二の交通機関です。鉄道も 水運も空運もありません。今後も、後述するように厳 しい自然条件のため鉄道は絶望的と思われますし、ヒ マラヤの急流での水運も難しいことでしょう。空運も、 現在Paroが唯一の空港で、ヘリポートなどを除けば、 第2の空港ができるのは相当先のことでしょう。

道路が唯一の交通手段,体験してみると,これはたいへんなことです。例えば,日本では地方に出張するとき,最寄のところまで,飛行機や鉄道で行き以後車を使いますが,もし道路が唯一の交通手段で,出張のときはいつも東京から車を仕立てていかなければならないとしたら,どうなるでしょうか?国土交通省の道路局に何台くらいの車が必要になるでしょうか?ブータンの道路局はまさにこの状態で,業務遂行上,もっとも必要とされる能力は,車の調達能力です。

#### 2.2 他国管理

国道の建設がインド軍によって始められたことは前に書いた通りです。建設された道路は順次プータン政府に引き継がれていますが、現在でも、576kmの道路がインド軍によって管理されています。国道の31%、地方道の11%。全てチベット(中国の自治領)国境とインド国境を結ぶ南北の幹線道路。管理費は全部インド軍の負担。道路の状況も、ブータン人の使用が制限されることもありませんし、インド軍の監視所もなく、他の道路との区別はつきません。

ブータンの経済的な利益とインドの国防上の思惑が 合致した結果なのでしょうか?

## 2.3 山岳道路

山岳道路の特徴は,遠い,狭い,そしてあぶないです。

#### ・遠い

表 - 4 は再び九州との比較。 首都はThimphuですが,ビジネス界の首都は,インド国境の街Phuentsholingだと云われています。事実,Bank of Bhutanの本店は,Thimphuでなく,Phuentsholingにあります。表が示すように,そのPhuentsholing~Thimphu間の直線距離は66km,九州では,福岡市~山鹿間が66km。(九州の数値は,インターネットで調べ た結果ですので、正確さを欠いているかも知れません。)国道沿いの距離は、175kmと84km、2倍以上の差となります。そして時間距離は、2.33:1。下2欄は、私の戯れですが、面積が距離の二乗に比例するとしたら、時間距離をベースとしたブータンの面積は九州の約6倍、日本国土の約6割になるのでは?というものです。もう1例、Thimphuと東部の中心都市Trashigangは直線距離で193kmですが、国道沿いでは546km、大型車で走り続けて25時間、乗り合いバスでは2泊3日の行程です。

#### ・狭い

表 - 5 は幅員に関する規定です。 2 車線 / 両方向の 道路は,現在建設中で,まだ実存しません。 1 車線 / 両方向の場合も,両側に路肩をもっているものは半数 程度です。したがって,約半分の国道は走行可能幅5m, ここを大型トラックがすれ違いながら走っています。

路肩(m) 舗装(m) 側溝(m) 全幅(m) (両側) 国道(2車線/両方向) 1.0 6.5 1.5 10.5 7.5 国道(1車線/両方向) 3.5 1.5 1.0 地方道 35 10 10 65 フィーダー道 0.6 3.5 0.5 5.1

表 - 5 幅員などの規定

#### ・あぶない

あぶないの1つの要素は前項の狭いとも関係します。このように狭い道路,ガードレールやガードロープもない。片や千尋の谷,他方は首が痛くなる程見上げないと空が見られない絶壁。そして,急カーブの連続で視認距離も不十分。常に衝突・転落の危険が付きまといます。

もう1つは自然災害。巨大な山腹に存在する道路空間はほんとうに心細いものです。重力に逆らってというよりも,重力の目こぼしで何とか存在しているという感じ。

モンスーン期(雨期)ともなれば,水の力を借りて, 重力が道路を襲います。地すべり,法面崩壊,土石流 など。災害復旧費は年平均1億ヌルタム足らず(1ヌ ルタム約2.5円)だそうですが,それも文字通りお天 気次第,年によっては2,3倍にもなります。そのよ うな年は,災害復旧以外の事業はなかなか進みません。

#### 3.舗装

図-2に国道や街路で用いられている標準舗装構成

図を示します。15cm厚の下層路盤,10cm厚の上層路盤,その上に25mm厚のPMCと呼ばれるアスファルト混合物。PMCはPre-mixed carpetの略で,カーペット(下層)とシールコート(上層)からなります。カーペットは,日本の5号砕石2,6号砕石1の割合の骨材にアスファルトを3%位混ぜたような空隙の多い混合物,シールコートはアスファルト量7%位のサンドアスファルトです。通常は,交通量や路床のCBRは測らないで,この断面で施工するそうです。その理由は聞けませんでしたが,Indian Roads Congressの規定いでは,もっと条件のよいもの(交通量最小=1msa,CBR最大=10%)が,これとほぼ同じでした。

(1msaは1million standard axesの意。8 t 軸重百万回の通過に耐えられる舗装。日本の累積5 t 換算輪数

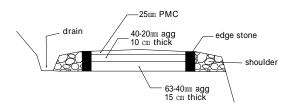


図 - 2 標準舗装構成図

#### (N) に換算すると,

N = 百万回 \*( 4/5 )<sup>4</sup> = 41万回 , 日本の交通区分の A ~ Bに相当 )

これを決めたのが,ブータンの技術者か,インドの 技術者か分かりませんが,後述するように,なかなか の卓見と思います。

そんなブータンの舗装の特徴は,人力施工,強い, そして少ないです。

#### 3.1 人力施工

図 - 2に示される舗装の施工は、転圧を除き、全て人力で行われます。掘削も、石を割るのも、それを敷き均すのも人力です。表層の施工では、路側でドラム缶を横倒しにした上に淵付の鉄板を置き、下で薪を燃やし、鉄板の上で骨材を加熱します。その横では、アスファルトの入ったドラム缶を薪で熱します。そして、鉄板上でアスファルトと骨材を混合した後、手押し2輪車で現場に運び、レーキで敷き均し、鉄輪ローラーで締固めます。

シールコート (サンドアスファルト) も同じような やり方です。

#### 3.2 強い

図-3に,東西道路のキロポスト(1㎞間隔)毎に 測定された設計CBR値の累積相対度数分布図を示し ます。測定箇所数は146箇所,平均値は11.3,分布図 からも分かるように,CBR4以下は全体の7%,8 以下は35%,全体の65%すなわち約2/3はCBR8以上 です。

設計曲線を思い出してください。軽交通の場合,舗装厚は,CBR=5を超えると変化は少なくなり,8以上はほぼ不変です。

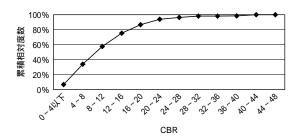


図 - 3 設計CBRの累積相対度数

## 3.3 少ない

交通量の観測は2001年に実施されたのが最新のものです。以下,その概要を,アジア開発銀行の報告書<sup>2)</sup>から紹介します。(**図 - 4**参照)

" 交通量最大の箇所は , Thimphu付近で , 2,280台 / 両方向・日 ( 2 輪車を除く )。 Thimphuの西と東では

様子が異なっていて,西側では,500~1,000台の所も多いが,東側少なく,とくにWangdue以東では,100台以下の所も多くなる。国道の平均値は75台,地方道は23台,フィーダー道で19台,500台を超えるのは全体の15%にすぎない。"

また大型車の交通量については,"最高値は, Phuentsholing付近の512台/両方向・日,西側は,そ の他の箇所でも,200~400台はあるけれども,東側, とくにWangdue以東は,50台以下の所も多く,東低 西高,全交通量と同じような傾向を示している。"

端的に云えば、首都ThimphuとPhuentsholing, Paro, Wangdue, を結ぶ道路以外は、大型車交通量も少ないので、最低の交通条件で設計してよく、その延長は全体の90%以上になります。

#### 4.1つの私見

写真 - 1 は試験舗装の現場に行ったとき撮ったものです。周りにいるのは、現場の作業員、道路局のlaborと呼ばれる人たちです。

小規模な現場で,まだ舗装工事が始まっていなかったので,人数,とくに男性の数が少なく淋しい感じがしますが,参加の世代が広範囲なことは分かって頂けると思います。少年・少女がいます。その両親相当の人たちもいますし,祖父母(写真では女性しかいませんが)の年代の人もいます。工事が大きくなると,この何倍もの人数が集まり,中には赤ん坊を連れた女の

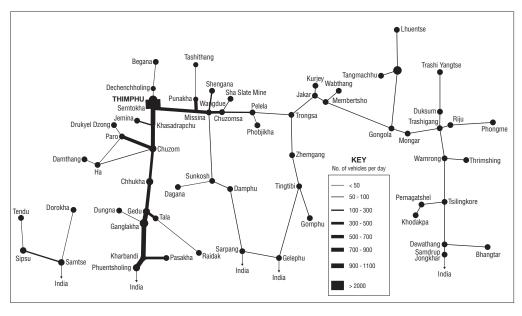


図 - 4 交通量図 (2001年4月観測)



写真 - 1 現場にて

人たちも混じって,たいへんにぎやかになります。

こういう集団が,ブータンの舗装をつくり,維持補 修をしているのです。

#### 4.1 どこでも

この集団の特徴の1つは,移動性,どこでも生活ができ,仕事ができること。

彼らの生活レベルは,たとえが少し悪いかも知れませんが,日本の路上生活者と大差ないように見えます。 掘立て小屋を建てあるいはテントを張って住居とする, 電気やガスは使わない,水も水道でなくてもよい。

先に,時間距離をベースとすると,ブータンの国土は日本の6割と書きましたが,そんなところに散らばった,小規模な舗装工事を低コストで処理していくためには,このようなやり方が理に適っているのかも知れません。

## 4.2 だれでも

彼らと日本の路上生活者との決定的な違いは2つ。 仕事をしていることと家族をもっていることです。

現場で仕事振りをみていると,一家総出で,協力しあって働いている様子がよく分かります。混合,運搬,敷き均しなどの力仕事は壮年男子の役目,壮年女子は,レーキを扱うこともありますが,混合前の材料の小運搬やローラーに水をかける仕事,そして年取った人たちは舗設まえの路面をブラッシで磨く清掃係。

以前,満員電車通勤に嫌気がさしたとき,職住接近に憧れ,昔の農家を思い,職住接近の上に,一家総出で一緒に仕事をしていたのだから,親子の断絶などもなかったろう,しかしそれは過去のことと考えました。そして,ブータンに来て驚きました。過去のことと考えたことが,農家ならぬ,私の関係する舗装の世界で実存していたのですから。

外国から来た者の感傷的な見方はともかく,この「一家総出の総働き」がコスト安に寄与していることは確かと思います。

#### 4.3 いつまでも?

この「どこでも,だれでも」の施工方法はいつまで も続くものでしょうか?機械化施工は世界の趨勢,そ のうち人力施工は駆逐されるのでは?

両者の競争は,コスト,品質の二面で行われます。「どこでも」「だれでも」は強力な武器ですので,人力施工がコスト競争で負けることはないと思いますが,問題は品質です。今までは,強い路床,少ない(大型車)交通量のため,品質の良否が問われることは少なかった。しかし,社会・経済活動が盛んになれば,車両の多量化は必至のこと。品質向上の要求についていけるでしょうか?

人力施工にも,改善の余地はまだまだあるように見受けられます。例えば,ほとんど勘に頼っている,温度管理,計量管理、出来形管理など。剥離防止剤どころか石粉(フィラー)さえ入っていない混合物。

人力施工にも改良が加えられ,舗装の寿命が延びれば,人力施工の寿命も延びる,そして,国民が安くてよい舗装を享受できるなら,これに優ることはないとも思います。

## おわりに

前項で,人力施工の改善が必要であると書きましたが,同じことが設計についても言えます。

車両の増加,重量化に伴い,(交通量最小,CBR最大)の省力化設計が通用しないところも多くなるでしょうし,交通条件と路床条件を基本とする,オーソドックスな設計法に移行していかなければならないことは明らかです。

この際, AASHO道路試験をベースにするとしても, 単に外国の設計法を導入するのではなく,施工法と同 様に,ブータンの実情に適した簡便で合理的な設計法 を開発し育てていくことが大切と思います。

#### 参考文献

- Guidelines For The Design of Flexible Pavement, Indian Roads Congress 2001, P8
- 2 ) Roads Planning and Management Strengthening Project, Asian Development Bank TA 3470-BHU 2002, P3-30

# アスファルト舗装技術研究グループ・第49回報告

# 「バリアフリーに関する各国の研究動向」と「道路,鉄道および空港の支持力(その2)」

今回は,バリアフリーに関する各国の研究動向として,高齢者・障害のある方の移動と交通に関する国際会議であるTRANSED2001と2004の論文の中から道路に関係する論文を抽出して紹介します。合計12編の論文を高齢者や障害者が使いやすい道路環境の調査,道路の指標・実例に関する論文に分類して整理しています。各国のバリアフリーについての取り組みの一部の

紹介ですが,今後舗装からのバリアフリーへの取り組 みの参考になればと考えています。

そして,アスファルト214号で紹介しました,道路, 鉄道および空港の支持力に関する国際会議BCRAA第 6回の後半の54編の抄訳についても報告します。

(研究グループ代表幹事: 峰岸順一)

## アスファルト舗装技術研究グループ名簿

峰岸順一 東京都土木技術研究所技術部舗装研究室

阿部長門 東亜道路工業(株)技術部

井 真宏 西日本地研(株)

市岡孝夫 前田道路㈱技術研究所

岩岡宏美 世紀東急工業(株)技術研究所

岩塚浩二 (株)パスコ道路センター

打田幸平 日進化成㈱事業本部

江向俊文 前田道路(株)技術研究所

樫野 誠 東亜道路工業(株)技術研究所

鎌田 修 独立行政法人土木研究所

基礎道路技術研究舗装チーム

鎌田義秋 ニチレキ(株)道路エンジニアリング部

鎌田孝行 常盤工業㈱技術研究所

金井利浩 鹿島道路(株)企画部

加納孝志 大成ロテック(株)技術研究所

岸田正憲 ㈱パスコ道路センター

高馬克治 ニチレキ(株)技術研究所

小柴朋広 世紀東急工業㈱技術研究所

小関裕二 大林道路(株)技術研究所

佐々木厳 独立行政法人土木研究所

材料地盤研究グループ新材料チーム

佐藤雅規 ジオサーチ(株)

佐藤康彦 昭和シェル石油(株)

鈴木 徹 大林道路(株)技術研究所

高橋茂樹 日本道路公団東京管理局千葉管理事務所

高橋光彦 大成ロテック(株)技術研究所

武本敏男 東京都土木技術研究所地象部

中村 健 長岡技術科学大学環境・建設系

長谷川淳也 日本道路(株)技術研究所

林 信也 鹿島道路(株)技術研究所

增山幸衛 世紀東急工業(株)技術部技術一課

焼山明生 日進化成㈱技術研究所

山脇宏成 ㈱ガイアートクマガイ技術研究所

矢野辰明 鹿島道路(株)技術研究所 保本敏伸 ニチレキ(株)技術研究所

森嶋洋幸 前田道路㈱技術本部技術研究所

計34名

# バリアフリーに関する各国の研究動向

(TRANSED2001およびTRANSED2004)

岩 塚 浩 二\* 長谷川 淳 也\*\* 林 信 也\*\*\* 平 戸 利 明\*\*\*\* 保 本 敏 伸\*\*\*\*\*

#### はじめに

TRANSED(トランセッド:高齢者・身体障害者の移動と交通に関する国際会議)会議は1978年以降,3年に1度開催されており,これまで欧米を中心に開催されてきた。

今回紹介するTRANSED2001および2004についての 概略は以下のとおりである。

TRANSED2001は,2001年7月2日~5日にポーランドのワルシャワで開催され,21セッションから,総数で96編の論文が発表された。特徴としては,「身体障害者の移動特性」についての論文が多かった。また,TRANSED2004は,2004年5月23日~26日に日本の浜松市で開催され,アジアで初めての会議となった。

TRANSED2004は23セッションから総数で139編の 論文が発表された。特徴としては、「身体障害者の移 動時の安全」についての論文が多かった。

本文は,この2回のTRANSEDで報告された論文のなかで,特に高齢者や身体障害者に対応した道路をテーマとしたもの12編を表 - 1の分類にしたがって紹介する。なお,以降では,各論文毎に概要や方法等を述べ,最後に抄訳者のまとめを示す。

## 1. 高齢者や障害者が使いやすい道路環境の調査

#### 1.1 概要

近年,高齢者や身体障害者の自立や社会活動への参加を支援する声が高まっている。そのためには,高齢者や身体障害者が活動する際の物理的,精神的な負荷を減らすことが重要である。ここでは,そのような移動環境を改善するために行った調査に関する論文について,表-2に示す5編を紹介する。

# 1.2 代表的な論文の紹介

表 - 1 抽出した主題と報告論文数

番号	項目	論文数
1	高齢者や障害者が使いやすい道路環境の調 査に関する論文	5 編
2	高齢者や障害者が使いやすい道路の指標・ 実例に関する論文	7 編

表 - 2 道路環境の調査に関する論文

番号	出典	題名	筆頭著者
論文 1	( TRANSED2001 ) P.106 ~ P.112	歩行者ITSに関 する調査	Yuji Ikeda (日本)
論文 2	(TRANSED2004) P.610 ~ P.617	歩きやすい歩道 整備に関する障 害者の要望	Michael Catteno (イギリス)
論文3	( TRANSED2004 ) P.313 ~ P.322	高齢者の自立的 移動手段	Chistopher Mitchell (イギリス)
論文4	(TRANSED2004) P.931 ~ P.939	公共交通駅周辺 の歩行特性の測 定	Piotr Olszewski (シンガポール)
論文 5	(TRANSED2004) P.1096 ~ P.1102	身体障害者の道 路利用における 安全性向上	Giulio Maternini (イタリア)

# 論文1:歩行者ITSに関する調査

#### (1) 概要

歩行者ITSとは、ITSの主要な開発分野の一つであり、高齢者や身体障害者を含む歩行者、車いす使用者、自転車利用者等に、安全・安心・円滑な移動環境を提供するためのシステムである。

本論文は,歩行者の安全と快適さを高めるサービスを提供する歩行者ITSを構築するために,歩行者が必要とする情報,ならびにそれを提供する機器の現状と問題点について調査した。その結果を用い歩行者ITS

<sup>\*</sup>いわつか こうじ (株)パスコ道路センター

<sup>\*\*</sup> はせがわ じゅんや 日本道路(株)技術研究所

<sup>\*\*\*</sup> はやし しんや 鹿島道路(株)技術研究所

<sup>\*\*\*\*</sup> ひらど としあき 東亜道路工業(株)技術研究所

<sup>\*\*\*\*\*\*</sup> やすもと としのぶ ニチレキ(株)技術研究所

のための要件を整理した。

(2) 歩行者ITSに要求する情報についての調査 歩行中に必要な情報は,障害者や一般者に聞き取り 調査を行い,表-3に示す項目が得られた。

また,歩行者ITSによって提供される情報は,表-4に示すように障害の種類の違いによって異なることが確認できる。

表 - 3 歩行中に必要な情報

区分	情報システムに必要なこと
視覚障害者	歩行経路上にある障害の種類や存在して いるものに関する情報
身体障害者	バリアフリー化された経路などの情報
聴覚障害者	特に緊急事態において視覚的な情報
すべての歩行者	見慣れない場所へ徒歩で移動するのに必要な情報 ・エリアを示している地図 ・目的地までの所要時間 ・自分のいる位置

表 - 4 歩行者ITSから提供される情報

区分	歩行者ITSにより提供される情報
視覚障害者	・安全な移動エリアの位置 ・横断歩道の位置とその長さ ・障害物および段差の位置や形,サイズ ・目的地までの経路案内 ・公共交通網についての情報
身体障害者	目的地へのバリアフリーの経路案内
聴覚障害者	視覚的なイメージ,または特性の案内
すべての歩行者	公共交通網についての情報 外国人観光客のための外国語の情報

(3) 各障害者の歩行を補助する既存の機器とその問題点 人間の歩行を補助するものとしては以下のシステム が挙げられる。

まず,視覚障害者のための案内と情報システムとして,磁気ブロックを検知すると白い杖が振動するシステム,小型送信機のボタンが押されると,音声で情報を提供するシステムなどがある。

これらの現状での問題点は,

- ①各地域でシステムの形式が異なっているため利用 者は一つの端末を,異なるエリアで利用できない。
- ②システムの需要が限られているため非常に高価である。
- ③システムは1つの具体的な機能に特化している場合が多く,利用者の様々な要望を満たしていない。

などがあげられる。

次に,歩行者の位置情報を知らせるナビゲーションシステムとして,GPS,携帯電話通信,およびデジタル地図などがある。

これらの現状での問題点は,

- ①安全な歩行を補助する位置情報の精度が低い。
- ②入手可能な詳細道路地図データの量が不十分である。
- ③電波が届かない箇所がある。 などがあげられる。

## (4) まとめ

歩行者が歩行者ITSに望む要件を、聞き取り調査を行ったことにより、歩行者ITSに必要とされている情報と、情報を伝えるための道具の問題点について明らかになった。また、歩行者ITSに望む条件は、同じ障害をもつ人の間でも異なることが明確になった。今後、歩行者ITSを整備していく上で、全ての人間が必要としている情報を提供すること、どこでも使える道具となることが重要であるといえる。

# 論文2:歩きやすい歩道整備に関する障害者の要望

#### (1) 概要

街路を歩きやすいものとするためには、どのような 要因が歩行時の移動特性、安全性、魅力に影響するか について明らかにする必要がある。しかしながら、現 在は障害者の要求への理解は低く、人間工学的要件を 満たす評価が行われることは稀である。この論文では、 都市部の道路 2 箇所で実際に聞き取り調査を行い、歩 行者が不満を感じる主な原因が明らかになるように、 整理方法を工夫した「ギャップ・アナリシス」という 方法を用いて評価した。この結果、不満の主原因が明 らかになったので、報告するものである。

#### (2) ギャップ・アナリシス

ギャップ・アナリシスとは,現在実行する必要がある項目と,実行した項目の相違を調べ,問題点を明確化する手法である。本論文では,都心部に住む高齢者(65才以上),歩行能力に影響を及ぼす視覚,聴覚そして循環器に障害がある人,小さな子供(5才以下)の両親,さらに,障害のない50才以下の人達を対象に,以下の2種類の歩道を通行してもらい,知覚による評価を行った。

歩道①「Princes Street」:メインシティーセンターのショッピングストリート

歩道のエリアは店側が幅約5m,反対側約2mが中

央の保留地帯で分離された4車線道路とガードレールで隔てられている。通行車両は,店側がバス,タクシー,自転車に制限されている。

歩道②「The Royal Mile」:大変狭い2車線道路

建物は観光客用の小さな商店と,公共住宅,歴史的 建造物,事務所が混在している。道路の表面は玉石で あり,歩道の幅は2~4mである。

被験者に通行後、「通行する人の要望に沿っているか」と「歩道にある設備の質の良さがどれくらいか」 の両方について質問を行った(表-5参照)。

また,被験者が日常通行している歩道と比較した場合,2つの質問のうちどちらを優先的に改善するべきかについても質問した。

#### (3) 調査結果

被験者ごとに異なる不満のなかでも,大きな不満の抽出は,被験者が不満とした割合に対して,「重要」と評価した項目の割合を**図**-1に示すようにプロットすることにより得られる。このような重要度と不満度のグラフから,何をどのように改善すれば良いかを明確に判断することができる。

「不満」が最も高い(高い不満と高い重要性)ことを示す区分A-1に位置する項目は,即時に改善を必要とするものである。一方,区分A-4は,差し迫った注意を最も必要としない(不満や重要性が低い)ことがいえる。

被験者が,調査の結果不満とした上位5項目を表-6に示す。表-6の項目は,歩行者のために歩きやすい環境をつくる上で設計変更が最も必要な事項となる。

表 - 5 歩行の際の重要な項目

交差点設備	交差点における安全設備の数,大交差点での 交差する交通量,信号を通行する場合の音源
セキュリティに 対する理解力	交通や,他の歩行者から情報を得ることが出 来る
供用性能の測定	歩行者のための歩行空間の量,知覚に対する情報量および希望の歩行速度で歩くための性能
環境に対する質	清潔な通路の環境,建物の特徴,木や花の量, および交通公害と関係する空気の質
快適性	買い物ができる場所,および食料品店または 飲料販売設備,そして休止する場所およびト イレ設備の数
移動のしやすさ	歩道(舗装)表面の状態,歩道の平坦性,および段差がない縁石の数,また,障害によって歩行の妨害をされないこと
接近の容易さ	歩道に,容易にバスの出入り口が接近可能
情報準備	情報板の数および情報板の読みやすさ
街の人々について	路上生活者,大きく道で店を広げている露天 商,募金収集者および路上芸人の数

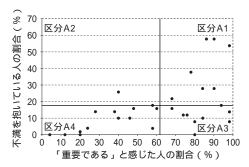


図-1 「不満」の度合いを明確化するグラフ

表 - 6 各歩行者グループの不満の主要な原因

対照群 (健常者)	親	高齢者	視覚障害者	移動(歩行)障害者	聴覚障害者	循環機能障害者
			Princes Street			
n=50	n=145	n=134	n=57	n=133	n=57	n=68
スペースの量	スペースの量	スペースの量	スペースの量	スペースの量	スペースの量	スペースの量
制限された歩行者 の速度	交通流からの危険	交通流からの危険	交通流からの危険	交通流からの危険	交通流からの危険	交通流からの危険
集合するレベル	集合するレベル	危険な交差点	集合するレベル	交差点の不足	サインの可聴性	渋滞のレベル
交通公害のレベル	危険な交差点	交差点の数	人々からの危険	舗装の質の悪さ	舗装の質の悪さ	休息所の不足
店舗の低いレベル	店舗の低いレベル	横断するための時間	横断するための時間	横断するための時間	横断するための時間	横断するための時間
			The Poyel Mile			
n=50	n=96	n=75	n=43	n=55	n=50	n=31
交通公害のレベル	横断するための時間	横断するための時間	横断するための時間	横断するための時間	横断するための時間	横断するための時間
通りの清潔さ	舗装の質の悪さ	舗装の質の悪さ	舗装の質の悪さ	舗装の質の悪さ	舗装の質の悪さ	舗装の質の悪さ
交通流からの危険	危険な交差点	交差点の数	信号の見やすさ	障害による妨害	交通流からの危険	交通流からの危険
制限される歩行者 の速度	交差点の数	物理的障害による 妨害	信号の耳での判断 しやすさ	スペースの量	信号の耳での判断 しやすさ	危険な交差点
渋滞のレベル	交通流からの危険	危険な交差点	障害による妨害	交通流からの危険	危険な交差点	歩行者同士の危険

対照群(健常者) 移動(歩行)障害者 循環機能障害者 親 高齢者 視覚障害者 聴覚障害者 Princes Street n=50 n=145 n=134 n=57 n=133 n=57 n=68 步行性 步行性 歩行性 歩行性 歩行性 歩行性 歩行性 歩行するための広 歩行するための広 歩行するための広 より少ない交通流 より少ない交通流 より少ない交通流 より少ない交通流 い空間 い空間 い空間 より良いきれいな より安全な交差点 より安全な交差点 より安全な交差点 より安全な交差点 より安全な交差点 より安全な交差点 店舗 The Poyel Mile n=50 n = 96n=75 n = 43n=55 n = 50n=31 步行性 步行性 步行性 步行性 步行性 歩行性 歩行性 歩行するための広 歩道(舗装)の質 少ない数の物理的 歩道(舗装)の質 歩道(舗装)の質 より少ない交通流 より少ない交通流 い空間 の向上 の向上 の向上

より安全な交差点

表 - 7 「Princes Street」および「The Royal Mile」を歩くための改善要望 3 項目

また,改善要望の大きな3項目を表-7に示す。これは,表-6の不満項目ほど重要な項目ではないものの,できるだけ早急に変更することが望ましい項目である。

より安全な交差点

より安全な交差点

# (4) まとめ

より少ない交通流

表 - 6 ,表 - 7より ,人々の特徴 (年齢や移動特性) が ,都市道路の重要な種々の要因を決定する際に重要な要素であることがわかった。

ギャップ・アナリシスのような新しい手法を,多種 多様な道路にも適用し,高齢者や障害者がもつ不満原 因の重要度を見出すことに役立て,これらを改善し道 路の整備を行うことが重要であるといえる。

## 論文3:高齢者の自立的移動手段

# (1) 概要

ヨーロッパの3カ国(イギリス, ノルウェー, オランダ)およびアメリカにおける高齢者が1人で移動するための手段についての調査と移動経路上,高齢者が受ける物理的障害の種類についてまとめているものである。

#### (2) 高齢者の移動手段

高齢者の移動手段は、ヨーロッパとアメリカでは大きく異なる。ヨーロッパでは、自動車の所有および利用レベルが高いにもかかわらず、徒歩が重要な移動手段であり、全移動手段の約25%を占めている。また、大都市部においては、バスが有効な移動手段となっている。

イギリスでは,公共交通機関を利用するより徒歩による移動のほうが多い。特に70歳以上の人々は,地方部を除き自家用車による移動より徒歩による移動が多い。大都市部に限りバスによる移動が多く利用されて

いる。

ノルウェーでは,高齢になると,女性の徒歩移動の 割合が増加している。またオランダでは,60歳以上の 方は,徒歩およびバスの利用が多い。

より安全な交差点

より安全な交差点

一方,アメリカでは,徒歩による移動は全体の約8%であり,バス交通の利用は2%以下である。高齢になるに従いバスの利用が減り,自家用車での移動に依存する。また,都市部,地方部問わず,すべての地域において車の利用率が高くなっている。徒歩による移動は,すべての地域,年代においてヨーロッパの半分以下である。公共交通機関の利用率も,ヨーロッパより低く,大都市では年齢とともに低下している。

## (3) 高齢者の移動における物理的障害および要望

## 1)歩行上の物理的障害

より安全な交差点

歩行者の歩道上の物理的障害として,道路の横断,流れが速い交通量の多い道路の歩行,狭く凹凸がある 歩道,坂道や階段などがある。特に障害者は,坂道,狭く凹凸な歩道,横断歩道の影響を受け易い。

また,重度の障害者は,人ごみや縁石および階段などの要因について影響を受ける。

#### 2)物理的障害に対する要望

例えば、横断歩道は高齢者に対する主要な物理障害の1つである。高齢者は、信号機のある横断歩道や安全地帯の設置を望んでいる。特に検知付信号のある交差点が望ましい。これは、歩行者の移動速度と合うように歩行者用信号の通行時間の長さを調整することが可能である。また、歩行者が横断歩道上にいる時、運転者に警告燈で注意を促すことも可能であり、安全に横断歩道を通行することが可能となるためである。

#### (4) まとめ

高齢者の移動手段が,ヨーロッパ諸国とアメリカで

は大きく異なることがわかった。このように,国や文化の違いにより傾向が大きく異なることから,その地域性を考慮した適切なバリアフリー化の推進が重要であるといえる。

# 論文4:公共交通駅周辺の歩行特性の測定

#### (1) 概要

高速輸送地下鉄(以下MRTと称す)駅周辺での人々の移動条件を評価する手法の開発を目的として,公共交通機関のターミナルを歩く人々の道路選択に影響している要素を調べた。この調査は,人々の歩行快適性や施設の特性などがルート選択へ与える影響を明確化して,歩行路網を改良するために必要な「歩きやすさ指標」を開発することを目的としている。特にこの成果は公共交通機関を利用する高齢者に役立つことが期待できる。

#### (2) 調査概要

MRTの旅客と歩行者に聞き取り調査を実施した。 予備調査はシンガポールの公共交通機関ターミナル3 箇所で実施し、本調査は9つのMRTターミナルで実 施した。聞き取り調査では、その歩行距離と歩行快適 性について、歩行者の歩行感覚に関するデータを収集 した。得られた200以上の評価は、道路品質、階段、 坂の勾配、障害物の存在、および道路横断での列車の 乗り遅れなどを、詳細に調べることができた。

質問は,以下の項目について行った。

- ①旅行起点
- ②旅行目的
- ③旅行回数
- ④旅行方法の詳細
- ⑤駅へのアクセスの所要時間

徒歩で駅に来ている旅客は,駅までの歩行距離と移動ルートの歩行感覚についても質問した。また,通行 経路も質問した。

#### (3) 調査結果

2 つの調査 (予備調査と本調査)を通して収集した 期間やデータの数を表 - 8 に示す。

表 - 8 収集したデータ

種 類	事前調査	本調査
実施期間	11月2日~3月3日	11月3日~12月3日
調査したMRT駅数	3	9
面接を実施した数	328	1,354
通路を歩く割合	74%	63%
経路数	43	165

図・2は、クレメンティーMRT駅の周りで調査したルートの例を示す。各ルートとも歩道、車道、交差点といった部分が含まれており、一様な特性を有していることがわかった。また、図には、各経路の駅までの所要時間が記されている。これを徒歩時間等高線という。各地域での収集データ項目の記述と測定方式を表・9に示す。なお、歩行経路に段差がないこと、路面性状、混雑、全体の歩行快適性などは、5段階評価した。

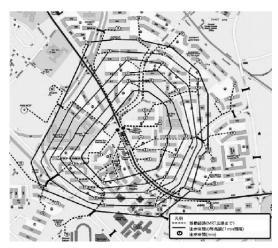


図 - 2 調査した歩行経路とクレメンティーMRT 駅周辺の徒歩時間等高線

表 - 9 データ収集の項目と測定手法

データ項目の種類	方 法	本調査
タイプ (通路・歩道・交 差点)	目視	コード
長さ(距離)	測定	メートル
MRT駅までの段差	数量	箇所
雨よけ(雨水避難所)	概算	距離に占める割合
車椅子や乳母車への障害	目視	YES / NO
通行が並行する箇所(車 道・駐車場)	数量	箇所
障害物(郵便ポスト,街 路樹,階段など)	数量	箇所
路面性状	格付け	1:悪い~5:良好
連続性	格付け	1:悪い~5:良好
混雑	格付け	1:悪い~5:良好
全体の歩行快適性	格付け	1:悪い~5:良好
交差点での平均待ち時間	測定	秒

#### 1)歩行距離の分布

表 - 10に調査で得られた回答者の歩行距離のデータを示す。被験者は,バス停より遠くのMRT駅に自発的に歩いており,平均歩行距離はバス停までよりも約4倍長い約630mであった。これは,以下の理由であるといえる。

- ①バスはとても密なネットワークを形成しており, バス停の距離が各住居から非常に近い。
- ②人々は, MRTのような高速地下鉄に乗車するためには, 多少の距離でも歩く。

步行距離	M	IRT駅ま <sup>*</sup>	で	バス停まで		
(m)	女性	男性	全て	女性	男性	全て
平 均	647	612	628	185	164	176
標準偏差	221	276	251	118	88	106
最 小	170	162	162	35	35	35
最 大	1,151	1,350	1,350	526	418	526
標本数	76	87	163	63	47	110

表 - 10 アクセスのための歩行距離 (m)

## 2)歩行経路の選択に影響している要素

調査した11駅のうち、駅まで歩いた乗客の割合は40~90%となった。全ての回答者が、MRT駅に行く場合の、交通機関または、徒歩を選択する理由の9要素について評価した。その結果を図・3に示す。なお、ここでは50歳以上と50歳以下に分類して計算した。図より共に雨よけの有無、つまり雨宿りができる施設の有無が最も重要な選択要素であることが判明した。これは、シンガポールでは台風が多いことに起因している。次に多い理由としては、歩行距離と歩行快適性である。

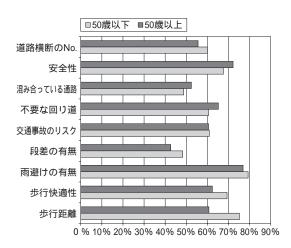


図 - 3 移動経路を決めるための要素

しかしながら,階段の有無と歩行距離の2つの要素が,若者よりも高齢者の回答の重要度が低いことは以外であった。これは,50歳以上の対象者61名内に60歳以上の人が8名しかおらず,割合が少ないことが原因であるといえる。

#### 3)歩きやすさの障害

歩行環境調査の中の重要な目的の1つには,車椅子, 乳母車の移動に対する物理障害を確認することである。 物理障害は,歩行障害者の通行を制限する大きな要因 である。なお,この調査における物理障害とは,段差, 高い縁石,急勾配と定義した。この障害を現場で確認 した場合は,障害の区分,路線の全延長から障害のな い延長を除して割合を計算し,この値をバリアフリー 率とした。調査した4駅での結果を表-11に示す。

この結果より 4 駅周辺のうち最も新しい住宅街 (Choa Chu Kang)では,経路の全距離に対して約70%が障害のないバリアフリーとなっていることがわかる。また,シンガポールの新しい交差点と横断歩道の境界では,バリアフリー化が進んでいる。

調査された 移動経路の 移動経路の MRT駅の 移動経路 区分 距離 周辺の区域 バリアフ バリアフ 合計 バリアフ 勬 勬 リー変 リー率 リー率 (m) Clementi 10 10% 79 62% 9.352 61% Bedok 10 0 % 101 66% 13 645 54% **Bukit Batok** 11 9 % 106 63% 11,791 61% Choa Chu Kang 20% 9,509 10 118 75% 70% All 4 stations 41 10% 67% 44,297 61%

表 - 11 4駅周辺のバリアフリー率

## 4)移動しやすさの指数の開発

徒歩時間等高線は,回り道,道路横断への障害,障害が目立つ交差点の位置情報を提供する上では非常に有益である。特に10分等高線内のエリアは「歩きやすい」ことを表現できる。

# (4) まとめ

歩きやすいことが,歩行者の経路選択には重要な要素であることは当然であるが,歩きやすいことの定義は人や地域で異なっている。この論文のように,多雨な地域であると雨宿りの施設の有無ということが歩行路選定の大きな要素となっていることは,日本人である我々からは,想像できないことである。このように歩行者のニーズも地域性によって大きく異なっていることがわかった。

#### 論文5:身体障害者の道路利用における安全性向上

#### (1) 概要

移動のしやすさは,全ての人がうけるべき基本的権 利である。本論文は,どのように高齢者,身体障害者 のために道路の安全性向上を図り交通事故を防止する 手法を生み出すべきか,について述べている。この手 法は,「道路利用上の安全性」と「典型的な事故の原 因」という2つの項目を統合することにより,道路事 業担当者,道路管理者の道路整備側の事故原因評価を 簡単にするための方法について紹介するものである。

#### (2) 背景

頂

道路上の事故を防止する方法としてOSR: Operational Safety Reviewがある。これは,事故の可 能性と道路の安全性を評価し,改善する一方,潜在的 な安全性に関わる問題点を明らかにすることである。

1970年代には米国運輸省が歩行者衝突事故の分類を はじめ,2002年にはアメリカ連邦道路管理局 (FHWA)の「歩行者および自転車の安全研究プログ ラム」に基づき、「歩行者施設ユーザガイド」が出版 された。

ここで,事故の具体例を挙げ,そのガイドを用いる ことにより事故原因を明確化し,高齢者や身体障害者 の交通事故を防止するためにどのような方策を講じる とよいか,提案するものである。表 - 12には,横断歩 道の要素について,横断歩道自体の構造に関わる15項 目,歩行者の歩行に関わる9項目を示している。これ

	表 - 12 横断歩道の安全に関する要素
横断歩道に関する項目	①モータリストによる横断歩道の可視性 ②横断歩道で,子供の見やすさ ③歩行者からの自動車交通の見やすさ ④夜間の可視性 ⑤植物の有無,それの可視性への影響 ⑥横断歩道の交差 ⑦危険な場面で逃げれるような十分なスペース ⑧歩行者の流れにおける,適切な交通との交差 ⑨十分な幅の横断歩道 ⑪車両を減速させるための対策 ⑪歩行者が待つためのスペース ⑫障害者が横断できる ⑬横断歩道を妨害しない縁石高 ⑭特別な路面が横断を妨害しない ⑮パス停の隣の横断歩道
歩行者の歩行に関する頃	⑩歩行者の流れ ⑪歩行者の流れに適切な歩道幅 ⑱歩道上の障害の有無 ⑲歩行を妨害する屋外店舗 ⑳歩行を妨害する,排水溝などの設備 ㉑連続した歩行通行帯 ㉑十分な横断歩道の幅 ㉓交通の制限速度

②交通を減速させるための設備

らの内容を満足しない横断歩道は,事故の発生が多い とされる。

# (3) 事故を防止するための例

年配の方の事故例を表 - 13に示す。

この問題に対して,前述の歩行者ユーザーガイドと, 表 - 12に示す横断歩道の安全に関する項目と照らし合 わせると,表-14に示すように,1つの問題に対して 多くの解決策が見出される。

表 - 13 年配の方の事故例

	起 因	事 象
典型的な事故	年配の方が,建物がたくさんある街路にあるバス停で パスから降車	降車した方が , バスの前で 道路横断 (バスによって , 自動車から 降車した人は見えない)
の筋書き	自動車の状況	結論
3	歩行者が急に出てきても急 停車できない	歩行者が,自動車に接触

表 - 14 原因と対策の事例

	問題	対 策
	見通しが限られた交差に れた交差に おけるの見る 事からの距離 感が違う	A バス停を交差,または,横断歩道の向こう側に動かす B 縁石の拡張を行う C バス停の場所を変更する D 横断歩道に島を設けること,または,横断歩道に車道と段差をつけて取付ける E 道路照明を設ける F バスの後ろにある横断歩道で横断することを励行させるために,横断歩道に注意書きをする G 歩行者の警戒標識でバス停エリアを示す H 運転者及び,歩行者の視界を妨害するエリアでの駐車を取り除く
問題事項とその対策	早い乗り物や、大型車の横を、大車車にたり、横をので横が困難	A バス専用停車エリアを設ける B バス停の場所を変更する C バス停の縁石拡張を行う D 縁石を低くすること,また,通行し易い 歩道を設ける E 歩行者を安全に導くために,歩道,かつ, または,車が浸入しないように歩道障壁 を取付ける F 歩行者の安全教育を行う G 自転車専用レーン,もしくは,広い路肩 を加える H 停止ラインを明示する
	歩行者がパス 停の周辺で , 道路を横断す ることが難し い	A バス停の場所を変更する B 歩行者/運転者教育を実施する C 歩道を整備する D バス停のデザインを判り易いものにし,他の快適さを提供する E 道路照明を設ける F 停車したバスを追い抜くことに対して規則を実施する G 歩行者がバスの後ろで横断するように教育する

#### (4) まとめ

「道路利用上の安全性」と「典型的な事故の原因」という2つのツールにより,現在の問題点と,その対策が明確になる。その得られた対策項目を,一つずつ現状と照らし合わせることで,交通事故防止のための道路整備における一つの指標となる。

# **2. 高齢者や障害者が使いやすい道路の指標・実例** 2.1 概要

現在,高齢者や障害者を含めた歩行者全員にとって使いやすい道路が試験的に造られ,また,使いやすい道路はいかなるものか評価するための実験が行われている。本項では,高齢者や障害者が使いやすいと評価した道路の実例と,実験により得られた使いやすい道路の指標について記した,表-15に示す7編の論文について報告する。

## 2.2 代表的な論文の紹介

# **論文1:プラットホ-ムを利用する高床車輌への乗車** (1) 概要

先進国において,バスの乗り降り時に段差の少ない 低床車輌の導入が進んでいる。しかし多くの開発途上 国においては,これらの車輌の導入は,コスト等の問 題から現実的ではない。

したがって,車椅子利用者が,現在使用している高床車輌への乗車を低コストで可能にするためには,リフト等の機械的な対応の他に,歩道脇に設置される道端プラットホ-ムの利用が考えられる。

本論文では,南アフリカにおけるバス・ラピッド・トランジット・システム(以下:BRTと称す)における道端プラットホ-ムの適用事例を紹介する。

上記システムの実際の運用,運行,コスト上の課題等を検討するため,バス運行のサービス試験を実施した。また,プラットホームの設置に伴う費用と効果についても検討している。

## (2) プラットホ - ムの区分

バスへのアクセスについて,縁石高と車輌の種類の関係を表 - 16に示す。先進国で導入が進む低床バスに対し道端プラットホ - ムは高床プラットホ - ムを対象としており,全ての人が共通のドアで乗降車可能なプラットホ - ムと障害者だけが使用できる専用プラットホ - ムに分けることができる。

#### (3) 高床バスのプラットホ - ム利用状況

BRTは,全ての人があらゆるバス停で乗車可能とする概念に基づくユニバ-サルデザインシステムとして,

表 - 15 指標・実例に関する論文

番号	出典	題 名	筆頭著者
論文 1	(TRANSED2004) P.592 ~ P.601	プラットホーム を利用する高床 車輌への乗車	Christo Venter (南アフリカ)
論文 2	(TRANSED2004) P.940 ~ P.948	歩行者インフラ の基準およびガ イドライン	Christophor Michell (イギリス)
論文 3	(TRANSED2004) P.653 ~ P.661	路面条件が手動 車椅子操作に及 ぼす影響の定量 的評価	Ikuo Yoneda (日本)
論文 4	( TRANSED2001 ) P.626	車椅子利用者の 傾斜路における 実験	Susumu Takamiya (日本)
論文 5	( TRANSED2004 ) P.826 ~ P.832	視覚障害者の安 全誘導に関する 研究	Akihiro Fujita (日本)
論文 6	( TRANSED2004 ) P.1037 ~ P.1044	視覚障害者の経路案内,障害者の経路へための誘導用プロックを設置した歩道の利用に関する展望	Stella Wisdom (イギリス)
論文7	(TRANSED2001) P.219 ~ P.226	高齢者や障害者 に有益なバス停 設計変更の評価	Martha Caiaffa (イギリス)

表 - 16 縁石高と車輌の種類の関係

			 縁石高	
		低い縁石	高い縁石	道 端 プラットホーム
		( < ~ 140mm)	( ~ 140 - 350mm)	(高さの> 350mm)
	低床(床高 350mのさま つくことで 230~250mま で減少可能)	勾配のある / ンステップの アクセス	勾配のあるな しにかかわら ずノンステッ プなアクセス	未使用
車種	高床(床高>	ステップによるアクセス: 歩行による通行と昇降機 または		ユニバーサル・ アクセス・プ ラットホーム: 全ての通行に 使用
	350mm)	リフトによるアクセス: 車椅子利用者		専用プラット ホーム:身体 障害者だけの 使用

あらゆる国のプロジェクトで採用されている。以下に 示す取り組みは,設置条件や費用の問題から,主要な 場所(先進国や大都市)での適用に限られている。

- ①バスの床部と同じ高さに作られた専用バス停車場 を利用しての乗客の乗り降り。
- ②駅へのアクセス性を高めた歩行者用のインフラと

組み合わせた整備(傾斜路または小型リフト等)。 ③プラットホームの縁とバスの床部の隙間の最小化 (車載型橋部や誘導システムによる)。

これらの高床バスに対応した道端プラットホ - ムの使用は,低床バスが導入される前にスウェ - デンのハルムスタ - ドやサンフランシスコの路面電車等で運用されている。

開発途上国におけるBRTの取り組みとしては、イギリスの国際開発局(DFID)の実地プロジェクトとしての実験が、障害者の移動を高めるための実用的なガイドライン収集の目的で行われている。

南アフリカのプレトリアでの現場試験は,車椅子利用者専用で建設された道端プラットホ - ムの機能性を評価している。道端プラットホ - ムは,車椅子利用者を地表から900mmの高さ(バスの床部と同じ高さ)まで上がれるように,1:12の勾配で作られている(写真-1参照)。



写真 - 1 現場試験での道端構造と橋部(プレトニア)

傾斜路の下で収納されているアルミニウム製の橋部は,バスの階段開口部へ渡るために引き出して使用される。

ここでの利用状況の観察結果から,

- ①プラットホ ムと橋部によるバスの乗り降りは,バスの構造上の変更を必要とせず実現可能である(これは,運転手が正確にバスの停車ができるように,誘導マ-クの表示や運転手の教育・訓練等による)。
- ②プラットホ ムと乗車用橋部の建設コストは,車載車椅子リフト設置費用の約1/3である。
- ③これまでの傾斜路プラットホ ム設計においては, スペ - スに限りのある場所での適用は困難であっ たが,プラットホ - ムと傾斜路は,必要となる追 加スペ - スが非常に小さい。

④利用者の選択(優先)に関しては,まだ利用可能な情報提供ができていない。

#### (4) 試験結果

専用バスを導入するか道端のインフラ整備するかの 判断は,費用対効果の考えに基づく。

設置費用がかからない道端の解決策は,主要なバス 停での適用に限られ,これに合わせて隣接する歩行者 用のインフラ整備が重要になる。

これは乗客の利用頻度の高い出発地と到着地 (O/Ds)では,道端の解決策は費用対効果が高くなり,多くの車輌に必要となる設備費用が掛からなくなるためである。

車輌側の解決策は導入費がかさむが,あらゆるバス 停環境に配備・適用可能であるという利点を持っており,沿線の多くの乗客に利用され,より高いアクセス 性を提供している。O/Dsパタ - ンが分散した典型的 な郊外のバスシステムでは,車輌側の解決策は,より 費用対効果が高くなる傾向があるためである。

#### (5) まとめ

BRTで用いている道端プラットホームは,高床バスへの乗車の際に安全な方法であるとしている。また車両側での対応に比べて安価で対応でき,発展途上国などでは,有効な手段であるといえる。

## 論文2:歩行者インフラの基準およびガイドライン

## (1) 概要

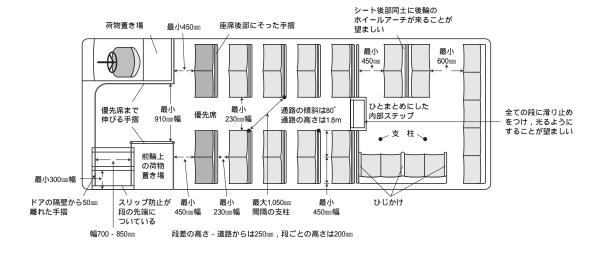
現在,各国の移動手段についての基準およびガイドラインは一致していない。しかし,ローカルバスおよび階段の設計基準およびガイドラインは研究されている。本論文は,ローカルバスと階段の具体的な仕様例について紹介する。

## (2) ローカルバス

## 1) 高床バス(通常のバス)

ローカルバス用の人間工学的必要条件は,スウェーデン国家法,イギリスの障害者の輸送に関する委員会(DPTAC),フランス提案規格(COLITRAH)に具体化されている。DPTACによれば図-4に示すとおり,席の配置,間隔,車内の段差まで詳細に記している。また,図-5に示すようにバスの出入り口付近の詳細な寸法についても示している。

COLITRAHでは、外部ルートディスプレイ、入口のステップ、手すり、支柱、座席、足元の広さ、色コントラスト、ドライバーへの合図の方法という部分まで規定している。



**図 - 4** DPTACが定めたバスの構造

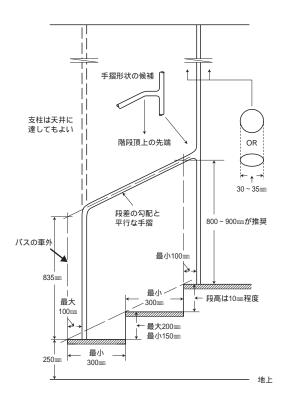


図-5 バスの出入口,階段の寸法

# 2)低床バス

低床バスは,非低床バスと,車内の階段および入口階段の形状が大きく異なっている。低床バスの中でも,車椅子を利用する乗客のためのスペースについて不一致がある。EU共同研究機構(COST322)では,図-6に示すように最良な車椅子スペースについて記述がある。

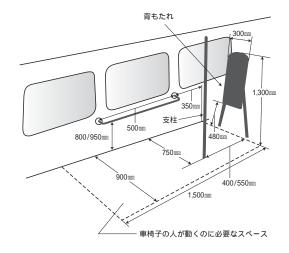


図 - 6 低床バスにおける車椅子利用のための寸法

## (3) 歩行者用階段

歩行者のための利用しやすい道は,人間にとって必要条件である。ローカルバスに付随するものとして,人間工学的に通路,歩道,傾斜路,階段に関する必要条件は,全世界的に良く確立されている。

表 - 17に各国の階段の基準について適切な範囲が示されている。概ね階段の各段の幅は,300mm,高さは140mmであるべきであり,全幅は1,200~1,800mmにすることが望ましい。

#### (4) まとめ

このようにバスはあまり基準が明確化されていないが,階段については各国でそれぞれの基準がある。しかしながら,表-17に示す階段の例のように概ね数値

表 - 17 階段の基準例

		標準または仕様										
パラメーター / 特徴	オックスレー イギリス DIT 2002	イギリス IHT 1991	アメリカ ADA AG 1992	スイス SN521 500	フランス Circular 2000-51	オランダ NEN 1814	スウェーデン Building code	フィンランド	ISO 1983			
望ましい段差の高さ	0.13m ~ 0.15m	0.13m	-	-	-	-	-	-	-			
最低 - 最大	0.10m ~ 0.17m	0.10m ~ 0.15m	-	最大0.175m	最大0.16m	最大0.15m	0.12m ~ 0.15m	最大0.13m	最大0.15m			
最小段数	3段	-	-	-	-	-	3段	-	-			
段の幅	望まれる値 0.30m 最低 0.25m	0.30m	最低0.28m	最低0.28m	最低0.28m	0.32m ~ 0.34m	0.30m	最低0.40m	0.30m			
最大の段数	12段	1.20m	-	10段	-	2.40m	18段	-	-			
手すりの直径	0.04m ~ 0.05m	0.045m ~ 0.050m	0.032m ~ 0.038m	0.04m	-	0.041m	-	0.03m ~ 0.05m	0.04m			
手すりの地面から の高さ	0.90m~1.0m (大人) 0.55m~0.65m (子供)	0.90m	-	0.90m ~ 1.00m	0.90m~1.00m 大人用の手す り:子供用の	1.00m	-	0.90m	0.90m			
ステップの先端か ら手すりの高さ	-	0.85m	0.87m ~ 0.97m	-	手すりの最低	0.85m	-	-	-			
傾斜路縁石の最大勾配	最大8%	最大10%	最大8.3%	最大 6 %	最大8%	最大10%	-	-	-			
傾斜路の長手方向 の最大勾配	通常最大 5% 最大上限値 8%	通常最大 5% 最大上限值 8.3%	9.14の時 最大8.3%	通常最大 6% 最大上限值 12%	最大5% 2m以上の場合 最大8% 0.5m以上の場合 最大12%	0.25m以下の場合 10% 0.5m以上の場合 6.7%	望まれる値 5% 最大 8.3%	踊り場なしで 5% 最大 8%	望ましい値 5% 短い斜路 の場合 8.3%			
斜路の長さ,一段 ずつの勾配	10mの場合 5% 2mの場合 8%	-	0.76m	-	勾配が4% 以上の場合 10m	1.50m	10mの場合 5% 6mの場合 8.3%	0.48m ~ 6.0m	最大6.0m			

は同じものの,地域性もあることから,世界共通の仕様を制定することは,難しいが,バスの内部,出入り口に関しても基準を作り,世界に発表していくことが,交通機関のバリアフリーを推進する上で望ましい。

# 論文3:路面条件が手動車椅子操作に及ぼす影響の 定量的評価

## (1) 概要

車椅子利用者が苦労せず移動できることは,行動範囲を狭めない上で非常に重要である。車椅子の操作性に影響する要因としては,車椅子自体の機械的性能だけでなく,走行路の環境が考えられる。そこで,道路の路面の硬さ,勾配などが車椅子の走行にどのような影響を及ぼすかについて調査した。

#### (2) 試験方法

本研究では,駆動輪にトルク変換器とロータリ・エ

ンコーダを装着した計測用車椅子を用いてデータを収 集した。走行条件として,以下の条件を設定した。

- ①路面の硬さ:硬 い=ポリ塩化ビニルボード 軟らかい=毛足4.5mmのカーペット
- ②縦断勾配:1/20(5%)~1/6(16.7%)7段階
- ③横断勾配: 2, 5, 7% 3段階

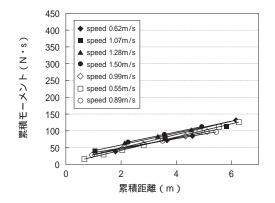
また、被験者として健康な男性A、女性Bと障害を持つC~Eの5名を選定した。車椅子走行時に操作者にかかる負担の評価には、駆動力の時間積分値(累積モーメント=運動量)を用い、1 m走行するのに必要な運動量を負担率と定義して、車椅子操作のしやすさの指標とした。

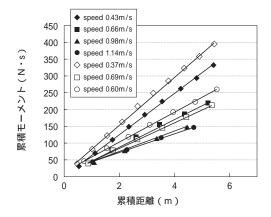
#### (3) 試験結果

1)「運動量/距離(=負担率)」の適用

車椅子の走行性を調べるために,走行時間毎の運動量について計算することにした。**図 - 7**には速度毎の

累積距離と累積モーメントとの関係を示す。両者の間には、全ての速度において一次方程式の回帰直線が成立っている。この直線の勾配は車椅子により1m移動する場合の運動量を表し、車椅子の操作のしやすさを評価する指標となる。





(上)硬い路面 (下)柔らかい路面 図-7 走行距離と運動量の関係

## 2)車椅子の操作性

図 - 8,9,10は被験者A,Bが水平面(路面硬さの相違あり),縦断勾配および横断勾配部で走行した場合の「運動量/距離」を示したものである。

図より,

- ①水平で硬い路面,および横断勾配2%で走行した場合には,速度に対する「運動量/距離」の変化がほとんどなく,2%程度の横断勾配なら車椅子利用者にとって大きな負担とならない。
- ②車椅子がカーペットの上,もしくは縦・横断勾配 を走行する場合,水平面を走行する時に比べて 「運動量/距離」は大きくなる。

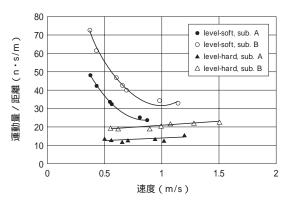


図-8 水平面での運動量/距離

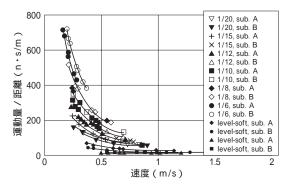


図-9 縦断勾配での運動量/距離

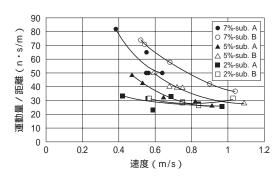


図 - 10 横断勾配での運動量/距離値

## 3)「運動量/距離」の正規化

同じ路面であっても被験者の性別が異なると結果に相違が認められることが実験結果からわかった。そこで,差を明確にするために「運動量 / 距離」を総質量で除して正規化した。その結果を図 - 11に示す。 2 人の被験者の正規化された「運動量 / 距離」は近似している。したがって,この手法により車椅子の操縦のしやすさを,包括的に評価できるものと言える。なお,この手法は縦断勾配,横断勾配部にも適用できることが確認された。

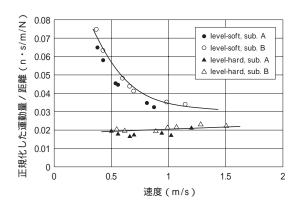


図 - 11 水平面で正規化した運動量/距離

#### (4) まとめ

車椅子に機器を装着し、車椅子の利用者の負担度合いを計測することにより、車椅子利用者にとって負担とならない歩道の構造について検証した。この結果より、横断勾配2%以下であれば車椅子利用者にとって負担とならないとの、具体的な数値が上げられている。このような数値が歩道整備の際に生かされ、全歩行者が通行しやすい歩道が構築されることが望まれる。

#### 論文4:車椅子利用者の傾斜路における実験

## (1) 概要

日本の歩道は形状から、マウントアップとフラットタイプのどちらかに分類される。日本において、車道は自動車の普及に伴って建設されてきたが、歩道は慣習的に車道の付属品的要素である考えが多く道幅も狭い。結果、車両乗り入れ部(公道から私的な所有地に車両が乗り入れる箇所)がマウントアップタイプの歩道で造られ、歩行者、特に車椅子利用者の物理的障害となっている。

本研究では歩道上の傾斜路における車椅子利用者の 通過について試験を実施し,車椅子利用者にとって物 理的障害とならない傾斜路選定のための評価を行った。

# (2) 試験方法

# 実験は

- ①車椅子利用者の進行方向に平行な傾斜(縦断傾斜)
- ②進行方向に対して直角な傾斜(横断傾斜)
- の2種類の通路で実行された。

なお,傾斜角は2~10%の範囲で5段階に設置された。

この傾斜路を33名の手動車椅子利用者に通過してもらい,次に示す要点について聞きとり調査を行った。

- ①通過の際の問題点として,進行方向が変換してしまったりする。または,前進できない
- ②通過時に危険もしくは不安を感じたことについて

#### (3) 試験結果

縦断傾斜路における試験で,6%勾配では被験者の半数以上が「速度が低下する」,10%勾配では被験者の40%が「前進不能」と答えた。また,縦傾斜路を上る際に危険を感じない範囲として,被験者の85%が,最大6%勾配が望ましいとしている。

同様に、横断傾斜路における試験で、2%の勾配ではいずれの被験者も問題はないとしており、4%勾配では被験者の約半数、6%勾配では約60%の人々が「速度が低下する」「進行方向が変換する」という問題が生じた。8%勾配では被験者の20%が前進できなくなった。

以上のことから,縦傾斜路の勾配を6%以下,横傾斜路を4%以下とする提案は,車椅子利用者がたとえ進行速度を落としても,大きな問題にならない範囲であるといえる。

#### (4) まとめ

この結果から,以下に示す3つの形状の傾斜路が望ましいとしている。

- ①歩道に,車両が乗り入れるためのスロ-プを設けるならば,横断勾配は2%以下とする。
- ②歩道が狭い場合,歩道全体を低くすることが望ま しいが,必要な場合は横断勾配を4%以下とする。
- ③歩道が狭い場合のもう一つの選択として,歩道全体を低くする方法がある。この構造を採る場合, 車両乗り入れ部分における歩行者の昇降用の縦断 勾配は6%以下とする。

この結果は、論文3の内容と関連しており、横断勾配は2%以下が適当であるとしている。実際に、日本の基準では縦断勾配は5%以下、横断勾配は設けないこととしており、これらの試験結果と整合している。現在でも、横断勾配がある歩道は多く見受けられる。この歩道を早急に改善し、通行しやすい歩道とすることが望ましい。

# 論文5:視覚障害者の安全誘導に関する研究

#### (1) 概要

高齢者も含め視覚障害者の約80%が視覚障害等級2 等級以下であり,夜間における光や色を認識すること が困難である。本研究は,色や紫外線(以下UVと称す)照射によって発光する誘導ブロックの視認性と横

断歩道における誘導プロックの形状の違いによる認識 の程度について検討した。

#### (2) 試験方法

#### 1)発光誘導ブロックの視認性

試験は,31xと20lxの照度の部屋で発光誘導ブロック(以下,発光ブロックと称す)にUV照射し,背景の色を変化させた。この見え方の違いを視覚障害者にアンケート調査を行い5段階に評価した。試験条件を表-18に示す。

表 - 18 試験条件

発光ブロック	黄,橙,白,緑,青
照度	3 lx , 20lx
UV照射強度	0.1mw/c㎡ , 0.25mw/c㎡
背景色	黒,灰,赤黒
視距離	5 m
視覚障害者等級	1等級:2人,2等級:5人
評価	優 54321 劣

背景色はそれぞれアスファルト舗装, セメントコンクリート舗装 明免舗装

## 2)誘導ブロックの形状による識別しやすさ

誘導ブロックの形状の違いによる認識のしやすさと、横断歩道としての識別しやすさについて評価を行った。誘導ラインの形状はJISに基づき,高さ5㎜,材質はゴムシート(ゴム硬度60)と硬化性樹脂を使用している。その色は黄色である。表 - 19, 図 - 12に示すように,10ピースタイプで試験を行った。

試験方法は,視覚障害者に対して室内に設置した3mの誘導プロックの上を,普段と同様に歩くように依頼して聞き取り調査により視認性試験と同様に5段階により評価した。

# (3) 試験結果

#### 1)発光ブロックの視認性

#### ①通常の誘導ブロックと発光ブロックの比較

図 - 13で示すように,通常の誘導プロックの視認性は3.0未満と低い値であった。特に緑色と青色は1.5未満であった。一方,橙色と黄色の発光プロックの評価点は4.0以上,白色は3.5以上でありともに良好な値であった。また,照度の低い条件で緑色や青色の発光プロックでも評価点は1.5以上の値を示した。この試験の結果,色に関わらず発光プロックは通常の誘導プロックより視認性が高いことが確認された。

# ②照度とUV照射強度の視認性への影響

図 - 14に照度, UV照射強度と視認性の評価点の

表 - 19 誘導ブロックの形状

タイプ	材 質	幅	ライン方向	ライン間隔	
Α			縦	通常 (75㎜)	
В		00	横	通常 (75㎜)	
С	1	30cm	縦	2倍(150㎜)	
D	ゴムシート		横	2倍(150㎜)	
E		60cm	横	通常 (75㎜)	
F			横	2倍(150㎜)	
G			縦	2倍(150㎜)	
Н			横	2倍(150㎜)	
I	硬化性樹脂 30cm	30cm	横	2倍(150㎜)	
J			横	2倍(150mm)	

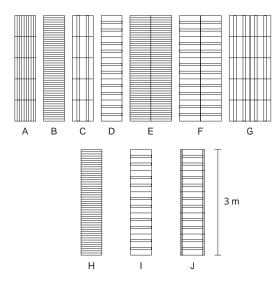


図 - 12 誘導ブロックの形状

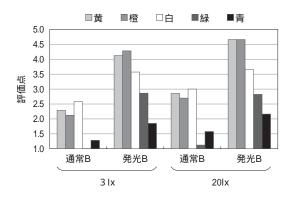


図 - 13 通常の誘導ブロックと発光ブロックの評価結果

関係を示す。照度を比較すると,色に関らず201xのほうが31xより高い値を示した。照度31xであっても黄色と橙色の評価点は4.0以上となり,高い視認性を示した。白色以外では背景色の違いによる視認

性の影響はそれほど見られなかった。UV照射強度を比較すると、色に関わらず、0.25mw/cmのほうが高い視認性を示したが、黄色と橙色はUV照射 0.1mw/cmの条件でも4.5以上の高い値を示した。

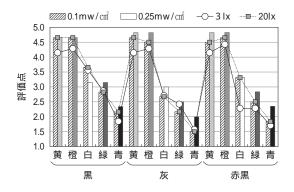


図 - 14 照度, UV照射強度の視認性の評価結果

#### ③輝度比の視認性への影響

誘導プロックの色と背景色の輝度比は,視認性に影響を与える。表 - 20に背景色が黒の場合の比を示す。

75	- 20	) 目示巴で赤	(CU/CCOW	/ 牌 反 し
	_	UV: 0	UV: 0.1	UV:

北早みを田し」たしたの程舟は

項目	色	UV: 0		UV: 0.1		UV: 0.25	
月 日	ш	3 lx	201x	3 lx	201x	3 lx	20lx
	黄	10.0	10.4	11.9	11.0	10.5	9.9
誘導	橙	9.1	9.0	5.9	8.2	5.6	7.8
プロック	白	17.6	18.9	12.5	18.4	11.2	19.4
7097	緑	2.7	2.8	3.5	2.8	2.9	2.6
	青	3.1	3.2	4.1	3.5	3.6	3.3
	黄	18.8	20.9	514.3	129.5	1133.3	259.4
発光	橙	12.7	13.1	171.6	48.0	373.3	92.9
ガロック	白	17.0	16.9	81.3	28.9	173.3	50.3
	緑	7.3	8.3	47.3	15.8	91.6	26.4
	青	6.8	7.3	24.7	10.9	52.5	18.2

最小となる比は,青い発光ブロックでUV照射がない場合の6.8であり,視覚障害者が確認できる2.5よりはるかに高い値である。さらにその比は,通常の誘導ブロックの倍以上となった。ここで輝度(cd/m²)とは,明るさを表現したものであり,単位面積あたり,単位立体角あたりの放射エネルギー(発散する光の量)を比視感度(電磁波の波長ごとに異なる感度)で計測したものである。また,輝度比とは視覚障害者誘導ブロックの輝度を舗装路面の輝度で除したものである。

#### 2)誘導ブロックの形状による識別しやすさ

#### ①誘導ブロックの認識

ブロックの認識の程度に関する聞き取り調査を行い,以下のことがわかった(図-15参照)。

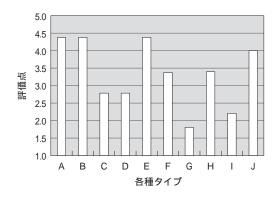


図 - 15 誘導ブロックの認識評価

- ・ラインの間隔が広くなると,足の裏でブロックを 認識するのが困難となるためライン間隔は通常 (75mm)の幅の評点が高い。
- ・認識のしやすさはその幅ではなく,ラインの間隔 に大きく依存する。
- ・両端に縦方向のラインがあるそのラインに沿って 歩けるため認識しやすい。

## ②横断歩道としての識別

横断歩道としての識別のしやすさに関する聞き取り調査を行い,以下のことがわかった(図-16参照)。

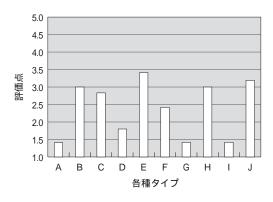


図 - 16 横断歩道としての識別評価

- ・ライン間隔が通常(75mm)で幅が広いものが横断 歩道として認識しやすい。
- ・ラインの間隔が広いタイプの評価点は低い。
- ・横方向のラインのほうが縦方向より高い評価点を 示した。

- ・ゴムと硬質樹脂ではゴムのほうが認識しやすい結果となった。
- ・両端にラインが入ったものが横断歩道として認識 しやすい結果となった。

## (4) まとめ

誘導用ブロックは駅や歩道に多く用いられており、特に視覚障害者には必要不可欠な設備である。この誘導ブロックの視認がよいことや形状の違いにより情報を得ることは、障害者を、適切に誘導するために、重要である。これらの情報をもとに、より情報を得やすいブロックの設置が必要である。

# 論文6:視覚障害者の経路案内,障害回避のための 誘導用プロックを設置した歩道の利用に関 する展望

#### (1) 概要

本論文は,視覚障害者がどのように誘導用ブロックを設置した歩道を利用しているかを知り,また,このような歩道と他の移動手段,経路案内システムとの関係を把握するものである。

#### (2) 誘導用ブロックの種類

イギリスで最初の誘導用ブロックを設置した歩道は,1986年に施工された。この後,誘導用ブロックを設置した歩道は急速に普及し,他の舗装と区別しやすいように赤色や黄褐色に塗り分けられた。また,更に普及を続け,今日では,以下の7種類のブロック歩道が存在する。

- ①丸い突起があるブロック
- ②線状の突起があるブロック
- ③段差を知らせるブロック(歩道内)
- ④段差を知らせるブロック(歩道外)
- ⑤車道を知らせるためのブロック
- ⑥情報伝達のためのブロック
- ⑦歩道と車道を分離するための,反射標示つきのブロック

# (3) 調査結果

聞き取り調査の結果、誘導用ブロック設置歩道のいるいろな利用法の普及に伴って、設計者、施工者、利用者の間に以下の問題が生じていることがわかった。

- ①多くの視覚障害者は,誘導用ブロック表面の意味 の違いに気付いていないため有効に活用されてい ない。
- ②視覚障害者の多くは、誘導用ブロックを設置した 歩道の使い方を知らない。

- ③使い方を知っている人も,現在はそのブロックに頼っていない。
- ④視覚障害者と政治家,調査員,政府,警察,道路 施工会社,街の設計者,リハビリテーション従事 者の間にコミュニケーションが不足しており考え 方が広まらない。
- ⑤誘導用ブロックの道路への取り付けやメンテナンスに責任のある設計者,その他の専門家達が政府の作成したガイドラインに従っていないことに気付いていない。
- ⑥設計者の中には,政府のガイドラインに従う必要がないと考えている人がいる。

#### (4) 誤った使用例

ここで、誤ったブロックの使用例を示す。適切な使用法としては赤い突起があるブロックは交差点であるということを示すものである。また、ひし形の凹凸があるものは、道路の段差があることを促すものである。利用者に、これらの内容を説明し、使い分けの情報を正しく伝えることは重要であるものの、道路設計者が誤ってブロックを設置していることがある。例えば視覚障害者を対象に危険回避を促すためのブロックバターンは線状の突起があるものである(写真・2参照)。



写真 - 2 歩行者用階段を示すために正確に用いられている線状の突起があるブロック

しかしながら,多くの設計者が異なったプロックパターンのものを使用している。その一例として,高速道路のガソリンスタンドに設置してあるものを示す(写真-3参照)。このようなパターンでは,利用者がトレーニングをしていても正しい情報を伝達することができない。



写真 - 3 歩行者用階段を示すための誤った凹凸のあるプロック

これらのことより,重要なのは設計者や利用者の理解と協力である。今現在,研究は途中であるが,誘導用プロックの設置状況や利用状況を詳細に把握し,報告する。

#### (5) まとめ

日本でも、誘導用ブロックは場所により使い分けられており、海外でも同じであるということがわかる。 誘導用ブロックは、情報を伝える大切な設備であることから、適切な場所へ適切な形状のものを配置することが必要不可欠である。また、利用者も誘導用ブロックの種類と目的を事前に認識しておく必要があると考える。

# 論文7:高齢者や障害者に有益なパス停の設計変更 の評価

## (1) 概要

本論文は、イギリスにおける「公共サ・ビスのアクセス性に関する規制2000 (PSVAR)」の中の、アクセス性に優れたバス停環境の整備促進を目的としたEXCALIBURプロジェクトを紹介する。これは、高齢者や障害者の移動のしやすさを改善した例である。

実験施設での,バスの特性と縁石の設計の検討結果を,ニュ-ハム(東ロンドン)の2箇所のバス停で試験的に実施し,バスを利用する全ての人が適応でき,アクセスしやすい環境を提供可能か,調査・検討を行っている。

#### (2) EXCALIBURのバス停の標準設計

バス停のプラットホ - ム設計においては,横断勾配の制限,プラットホ - ムの幅と高さ,待避場の配置と設計,待合所における情報提供,バスとプラットホ - ムの段差などの様々な要素が重要となる。EXCAL-IBURのバス停の標準設計では,以下に示す基本的な考えに基づいている。

- ①乗降車の容易性の向上
- ②待合所の舗装の改良
- ③待合所におけるアメニティと安全性の改良
- ④安全性の改良
- ⑤情報サ・ビスの改良
- ①~③は,直接バスの運転手がバス停における運転 技術と関連するため,運転手の要望が設計に組み入れ る必要があり,運転手と議論の結果,利用者の要望を 満足するための留意点が示された。

#### (3) バス停での試験

ニュ・ハム(東ロンドン)の2箇所のバス停で試験 に適用された。マノア・パ・ク・レイル駅バス停での 具体的事例を表 - 21に,プロジェクト(EXCALIBUR) の前後で比較して示す。

表 - 21 マノア・パ - ク・レイル駅バス停での例

	プロジェクト前	プロジェクト後
配置設計	標準的な縁石 の断面	プラットホームより低くなった箇所 20m
特別な 縁石	なし	乗車場に沿った160mmのCharcon縁石と,注意喚起用のコントラストとして着色された1つの縁石
横断勾配	3.5 ~ 10.5%	全てのプラットホームに沿った 5 %
		・乗り降りの必要なエリアの案内板
待合所	なし	・プラットホームに沿った警告ライ ンの設置
		・車椅子ユーザーの操縦に必要な十 分なスペースの確保
避難所	なし	避難所(8.2m)の設置
誘導 システム	なし	道路に塗装された赤いエリア

#### (4) EXCALIBURバス停の利用方法

バスの操作で,縁石に平行かつ接近して停止するには,どの程度のスペ-スが必要になるか,バスの大きさ,移動範囲,駐車スペ-ス等の影響を考慮し上記実験施設で試験を行った。

この結果,バスを縁石際で水平距離を50mmの位置で停車させるには,駐車できる縁石の長さが約44m必要となる。この長さを減少させると,単純に水平距離は増加する関係にある。このプロジェクトの誘導システムは,図-17に示すようにバスを予測した位置で,縁石に非常に接したところに停車が可能となる。誘導線は適切な角度で路面に着色され,目標ポイントは対照

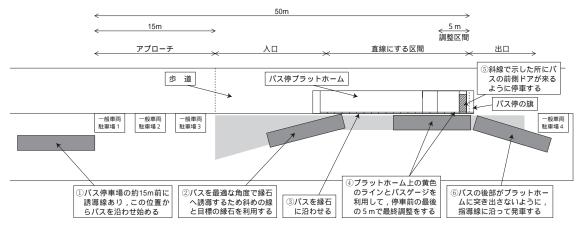


図 - 17 EXCALIBURバス停車場誘導システム

色で縁石に示され、縁石際から500mmの位置にある黄色いラインはプラットホ - ムの全長に沿って設置されている。これにより運転手は、縁石とバスの位置関係を視覚的に捉えることが可能となる。

#### (5) 試験結果

訓練段階の調査として,工事終了直後に,バス停に 2台のビデオカメラを設置し,バスのバス停縁石への アプロ-チ性能と,運転手の誘導システムの利用状況 を評価した。

この結果より,以下の5つのパラメ-タが,バスのアプロ-チに伴う動きを定量化するのに使用されると考えられる。

- ①誘導システムの使用:運転手が,バスを縁石内に 適切に停車させる能力などアプロ-チの運転技術
- ②停車時間:バス停でのバスの停車時間
- ③縦列駐車:停止位置の精度評価(斜線で触知可能 な舗装表面の停車位置と,実際に停車したバスの 位置関係)
- ④縁石線と関連したバスの位置関係
- ⑤水平(隙間の)距離:バスの左縁と縁石の隙間 (水平)の距離

EXCALIBURバス停車場の実験調査から,運転手に対しては,得られた各要素の機能を正しく理解するだけでなく,新しい技術を維持するために訓練が必要であることが分かった。

また, EXCALIBURバス停での乗客の情報 (利用者の種類,利用状況)も数多く得られた。

EXCALIBURバス停で得られる最も重要な評価は利用者による評価であり、これにより設計前段階の要素

の変更や修正が可能となる。

#### (6) まとめ

道路設備側で高齢者や障害者の移動しやすさを改善した事例である。交通機関に高齢者や障害者が乗車するためには、いかに交通機関が乗車位置に適切に停車するかが、重要な事項である。そのためには、運転者が停車しやすい環境を整備することが必要となる。このように、いかに高齢者や障害者の移動に対する負荷を低減するかが、これからの重要な課題となる。

#### おわりに

今回,TRANSED2001および2004に報告された数多くの論文の中から,道路に関連があると思われる12編を紹介した。当初は,道路に関わるバリアフリー化に伴う国内外の動向の紹介を行う予定であったが,今回,様々なバリアフリー関連の論文を抄訳して感じたことは,直接道路に関連したバリアフリーに関する論文が少ないことであった。2回分の国際会議を抄訳して,各国で歩行者全員が使いやすいバリアフリーな道路に向けた様々な計画,実験,また一部では試行がされていることがわかった。しかしながら,諸外国には,様々な文化,歴史が背景にあり,経済力などの要素も複雑に関連しており,一概に標準的な方法を見出すことができなかった。

本報告では、TRANSED会議を知っていただくことが主目的であり、論文概要の簡単な紹介に留まった。今後、時間をかけて、海外と日本国内でのバリアフリーに関する道路の仕様など詳細に研究、調査していきたい。

# 道路,鉄道および空港の支持力(その2)

# 6.現位置における層の弾性評価

(1) 著者名 (2) 原文題名 (3)ページ (4) 和文題名(抄訳者名) (5) 論文概要

- (1) Simonin, J. M. (フランス)
- (2) Using Seismic Investigation to Test the Interface between Two Pavement Layers
- (3) pp.721 ~ 729
- (4) 2層構造の層間評価試験に波動調査を適用した事例

(阿部長門)

- (LCPC)において実施された、アスファルト安定処理とアスファルト摩耗層の層間の接着不足による破損状態の評価方法について検討したものである。層境界の特徴を捉えるためにレイリー波を用いて、有限要素モデルを使ったCESARプログラムを開発した。また、1994年にCOLIBRIという調査研究のなかで、3つの加速度計センサーを取り付けたバーと載荷用ハンマーと取り付けた牽引式のトレーラーを開発し、5年間にわたって様々な道路の計測を実施した。この結果、評価及び解析システムの効果が確認され、現在、道路舗装情報システムの中で、地中探査レーダーによる舗装厚、たわみに基づく舗装構造評価値、COLIBRIで得られた層間の状態がデータベース化されるようになった。
- (1) N. h. Thom and P. R. Fleming (イギリス)
- (2) Experimental and Theoretical Comparison of Dynamic Plate Testing Methods
- (3) pp.731 ~ 740
- (4) 動的平板載荷試験における実験値と理論値の比較

(井 真宏)

- (5) 本論文は,4種類の試験機械(The Dynatest 8001 Falling Weight Deflectmeter, The Prima, from Carl Bro, The Zorn Leichtes Fallgerat ZFG-01, The Foundation Tester)によって測定されたデータをもとに,THUMPによる理論解析を行い,試験機の差違(落下重錘の重量,落下高さ,緩衝材の種類や剛性など)が試験結果にどのような影響を与えるかを比較している。実測値のSurface Modulusをもとに,試験機種を比較した場合,大きな差は見られなかったものの,ZFG-01は他の機種と比べて過小な評価をする傾向がある。また,8例の舗装断面に対する理論解析の結果,それぞれの機種ともほぼ同様の結果を示した。
- (1) Waheed Uddin (アメリカ)
- (2) In Situ Evaluation of Seasonal Variability of Subgrade Modulus Using DCP and FWD Tests
- (3) pp.741 ~ 750
- (4) 動的コーンペネトロメータ(DCP)とFWDを用いた路床土のモデュラスの季節変動を考慮した現場評価方法(市岡孝夫)
- (5) 本論文は,路床土の弾性係数を推定する方法として,非破壊衝撃試験であるFWDの替わりに破壊衝撃試験である DCPを実施した結果について報告するものである。ミシシッピ州の10カ所の現場で同時に実施した構築路床での自動 DCPとFWD試験により得られたデータを解析したところ,DCPAN(DCP載荷データを自動的に読込み・解析するために開発されたプログラム)により得られた弾性係数は,室内試験で求めた路床土の弾性係数と非常によく一致した。また,季節変動の影響は,夏,冬,春および翌年の夏にまたがって実施した測定により確認した。
- (1) J. P. Verbeek, M. J. A. Stet (オランダ)
- (2) Standard and Recommended Practices for FWD Based Evaluation and Reporting Strength of Airfield Pavement
- (3) pp.751 ~ 760
- (4) 空港舗装のFWDによる評価と強度報告のための基準および推奨する評価方法

(岩塚浩二)

(5) オランダ防衛省は,軍用飛行場における舗装構造の評価を行うための基準となる方法(仕様)を開発した。評価基準は,主要な5つのステップ(①資産目録,②現地調査,③材料特性の決定,④構造パラメータの決定,⑤構造評価<舗

装寿命評価,PCNあるいはLCN評価含む>)から成る。この評価方法による長所として,1)異なる空港舗装の強度比較が可能である,2)経験的な方法と同様に現地調査のガイドライン,調査データの評価,残存舗装寿命評価用ガイドラインを与える,3)試験サンプル数および評価の信頼度を向上させるための統計手法を使用している,4)すべての舗装および路盤材料の疲労関係について設定が可能である,等が挙げられている。

- (1) H. Wu, S. Wang, I.Abdallah, S. Nazarian (アメリカ)
- (2) A Rapid Approach to Interpretation of SASW Results
- (3)  $pp.761 \sim 770$

#### (4) 表面波スペクトル解析 (SASW) の解釈への飛躍的なアプローチ

(岩岡宏美)

- (5) 本論文は、SASW解析の原理、ニューラルネットワークへの実用化手順、人工的ニューラルネットワーク(ANN) モデルの開発および検証結果について示したものである。開発されたANNモデルは、舗装各層の厚さとせん断速度を 予測するものである。ANNモデルは、SASWデータを直接使用できるか否かに関わらず、舗装の層特性を決定する実 現可能な調査のひとつである。研究結果から、ANNモデルの最も優れる適用箇所のひとつは、アスファルト混合物層 の特性の予測である。また、ANNモデルは、路盤のせん断速度を確実に予測する。改良が必要とされるのは、基層の 特性、特に基層の厚さの評価である。問題解決には、ANNの入力要素に追加が必要である。
- (1) D. Yuan and S. Nazarian (アメリカ)
- (2) An Initiative Toward Mechanistic Construction Quality Control Using Seismic Methods
- (3) pp.771 ~ 780

#### (4) 弾性波法を用いた力学的な舗装構造の品質管理

(平戸利明)

(5) 本論文は,弾性波法を用いてたわみ性舗装を力学的に構造評価する方法について述べている。弾性波により得られる振動数,密度及びポアソン比により弾性係数を導いている。ここで得られた弾性係数を,実際の応力状態を考慮し,設計弾性係数に変換する。この変換時にアスファルト混合物層については粘弾性を考慮している。弾性波測定は室内と現場では異なる測定装置を用いているが,事前に水分や空隙率を測定した試験体を用いることにより,現場から得られる弾性波係数と室内試験から得られる弾性波係数を近づけることができるとしている。

# 7.アスファルト混合物

- (1) G. D. Airey, A. E. Hunter & b. Rahimzadeh (イギリス)
- (2) Sample Preparation Methods, Geometry and Temperature Control for Dynamic Shear Rheometers
- (3) pp.787 ~ 798
- (4) ダイナミックシェアレオメータ (DSR) のサンプル準備方法,サイズおよび温度制御

(江向俊文)

- (5) 本論文は,DSRによって測定されたレオロジーパラメータに対するサンプル準備方法の影響,特に,試験の再現性およびパラメータの差を検証している。試験には,5種類のストレートアスファルトと改質アスファルトを使用した。サンプルの準備方法は主要機関の仕様書やこれまでの研究結果より,溶融法,シリコンモールド法および計量法の3つの方法が選択され,それぞれのレオロジーパラメータの比較により検証された。試験の結果,サンプル準備方法の違いによる試験の再現性は,溶融法が最も高く,計量法は最も低くなった。また,パラメータの差は,複素弾性率(G\*)について比較すると,3つの準備方法の平均値に対し,計量法は低い値を示し,シリコンモールド法は高い値を示すことが分かった。
- (1) Airey, G. D., Rahimzadeh, B. and Collop, A. C. (イギリス)
- (2) Evaluation of the Liniear and Non-linear Viscoelastic Behaviour Bituminous Binders and Asphalt Mixtures
- (3) pp.799 ~ 811
- (4) 瀝青バインダとアスファルト混合物の線形および非線形挙動に関する評価

(金井利浩)

(5) 本研究では、改質バインダやそれらを用いた混合物に関してひずみと応力の両面から、材料特性を評価するうえで重要な線形限界値(線形と非線形の境界点)を調査している。検討対象は、ストアス及び改質バインダとそれらを用いた混合物である。ひずみ、応力と複素弾性率の関係から、初期複素弾性率の95%に相当する点の入力値をもって線形限界値としている。本研究から①バインダにおいては複素弾性率が増加するにつれて、ひずみの線形限界値は減少するが、応力の線形限界値は反対に増加する②バインダに関する線形限界値は、ひずみ、応力ともにSHRPの提案式による計算

値より大きい③混合物の線形性は,試験条件によって線形限界値が変化しにくいひずみになる方が制御しやすいなどの 結果を得ている。

- (1) Fouad M. Bayomy, Samer Dessouky, Eyad Masad (アメリカ)
- (2) Experimental Procedures for Evaluating Asphalt Mix Stability Using the Superpave Gyratory Compactor
- (3) pp.813 ~ 821
- (4) スーパーペープジャイレトリコンパクタ(SGC)を用いたアスファルト混合物の安定性評価 (加納孝志)
- (5) SGCによるアスファルト混合物の圧縮過程が解析され,混合物のせん断応力を算出する新しい方程式が考案された。 せん断応力は,骨材間の接触エネルギーを表わす「接触エネルギー指標」の関数として用いられる。この接触エネルギー 指標は,バインダ量や自然砂の比率,骨材の種類が混合物に与える影響を把握するために決定され,混合物が自然砂を 含んでいる場合やバインダ量が過多の場合,また骨材表面が滑らかな場合に小さな値を示した。混合物に使用する材料 の特性値から混合物の安定性がある程度予測できることは有用と考えられる。
- (1) Y. K. Choi, R. C. Elliott, J. Williams, M. W. Heslop (イギリス)
- (2) Assessment of the Durability of High Modulus Base (HMB) Materials
- (3) pp.823 ~ 830

#### (4) 弾性係数の大きい路盤材の耐久性調査

(鎌田孝行)

- 5) 本論文は、弾性係数の大きい路盤(HMB)材料の長期耐久性を評価するための室内における促進劣化方法について 検討したものである。6通りの促進劣化方法を取り上げ、促進劣化後の供試体についてスティフネスを測定している。 その結果、プレッシャーエージングベッセルを用い、85 、2.1MPa、65時間加熱を行う方法がHMB材料の促進劣化方法として適当であることを示している。
- (1) A. C. Diogo & T. Barbosa (ポルトガル)
- (2) Rheological Behaviour of Bitumens Modified with Reactive Polyurethanes
- (3) pp.831 ~ 838

#### (4) 反応性ポリウレタン改質アスファルトの粘弾性

(鎌田義秋)

- (5) 本論文は、アスファルト(60/70)にMDIベースおよびTDIベースの反応性ポリウレタンおよび比較材料としてポリブタジエン(標準の改質アスファルト)を混入し、各改質アスファルの粘弾性試験、光学顕微鏡による各相のミクロ構造を観測することにより、アスファルテンと骨材の付着性および弾性を検証したものである。反応性ポリウレタン改質材はプレポリマーの機能性、ポリマーの溶解性、反応グループ相の密度から、相分離に対し組織を安定化させる効果が観測され、従来の改質材に比べてかなり少ない添加量でも性状を改善できることが判明したとしている。
- (1) Rabbira Garba, Ivar Horvli (ノルウェー)
- (2) Prediction of Rutting Resistance of Asphalt Mixtures
- (3) pp.839 ~ 849

#### (4) アスファルト混合物の耐流動性の予測

(高馬克冶)

- (5) アスファルト舗装のわだち掘れは、舗装材料中に永久ひずみが蓄積されていくことが原因である。実験では、異なった空隙率、バインダ量の供試体で三軸クリープ回復試験を行い、混合物の耐流動性を評価している。混合物の耐流動性の予測は、永久ひずみへの抵抗値からある程度は可能であり、異なったバインダ量と空隙率のパラメータは、三軸圧縮クリープ回復試験結果を弾・粘塑性モデルで分析することにより、混合物の永久ひずみに対する抵抗性を検証し、混合物を評価することができる指数として定義している。しかし、この指標の正当性と適用性を立証するためには、さらなる試験が必要であるとしている。
- (1) S. N. Goodman, W. Bekheet, Y. Hassan & A. O. Abd El Halim, J. Ponniah (カナダ)
- (2) InSiSST™-An Advanced In-Situ Facility for Measuring Shear Stiffness of Asphalt Pavements
- (3) pp.851 ~ 863

# (4) **先進のアスファルト舗装現場せん断スティフネス測定装置 - InSiSSTTM**

(小柴朋広)

(5) カナダのカールトン大学の研究者によって,締め固めたアスファルト混合物層のせん断特性を測定するIn-Situ Shear Stiffness Test (InSiSST™)を開発した。本報告ではInSiSST™開発の経緯と装置の概要を解説し,Petawawaで行われた現場試験の報告を行った。現場試験から,室内でのInSiSST™実験による混合物のせん断スティフネス値は,現場での

わだち掘れと高い相関性を示し,室内実験による弾性係数等のパラメータよりもより舗装のせん断特性を評価できるとしている。

- (1) Hassan, Y., Abd El Halim, A. O. and Mostafa, A. (カナダ)
- (2) Comparative Study of Difference Laboratory Quality Control Measures of Asphalt Concrete Mixes
- (3) pp.865 ~ 873
- (4) アスファルト混合物の室内品質管理試験の比較研究

(小関裕二)

- (5) 本論文は、アスファルト混合物の品質管理で行われている室内試験結果と長期供用性との関連を調査することを目的としている。試験は、オタワ市で通常使用されている5種類の混合物で実施され、間接引張強度(ITS)、レジリエントモデュラス(MR)、せん断強度(SS)、アスファルト舗装アナライザ(APA)のわだち掘れ深さ(RD)の各種室内試験の結果を比較検討するとともに長期供用性との関連を調査した。結果は統計解析され、これらの試験結果の相関を調べた。4つの試験結果は2のグループに分けられ、ITSとMRはほぼ同じ評価結果であり、SSとRDは近い評価結果となった。また、これらの結果から各種混合物のランクを分けている。
- (1) Houben, L. J. M., Miradi, A., and Dommelen, A. E. (オランダ)
- (2) LINTRACK Rutting Research Project-Triaxial Testing Program
- (3) pp.875 ~ 887
- (4) LINTRACK**わだち掘れ研究プロジェクト 3 軸試験計画**

(佐々木巌)

- (5) 本論文では,実大規模の舗装耐久性試験施設であるオランダのLINTRACKに6種類の表層混合物と2種類の上層路盤からなる試験舗装を施工して耐久性を評価し,平行して実施した室内3軸試験結果をもとに,9種について統計的な要因分析を行った検討結果が紹介されている。永久変形抵抗性に劣るアスファルト混合物は3軸試験の結果が大きくばらついたのに対して,永久変形抵抗性の優れたアスファルト混合物は比較的ばらつきも小さく,合理的な相関関係を示した。そして,試験舗装における表層混合物の試験結果との傾向も一致していたことから,試験結果のばらつきを考慮すると多くのサンプル数が必要となるものの3軸試験は耐流動性を判定するための指標となりうると結論づけている。
- (1) Torbjorn Jorgensen (ノルウェー)
- (2) Testing Adhesion between Bitumen and Aggregate With the Rolling Bottle Test and the Boiling Test
- (3) pp.889 ~ 897
- (4) Rolling Bottle TestおよびBoiling Testによる,アスファルトと骨材間の接着性試験

(加納孝志)

- (5) アスファルトと骨材の接着性の評価を目的に「Rolling Bottle Test」と「Boiling Test」の2つの試験方法を検討している。針入度160/220のアスファルトとはく離の程度が異なる4種類の骨材の接着性のほか,はく離防止材を添加した場合の接着性について7箇所の検査室でラウンドロビン試験を実施した。その結果,「Rolling Bottle Test」は大部分のアスファルトと骨材の組み合わせにおいて接着性の評価に適用可能であるものの,「Boiling Test」は剥離しやすい骨材を用いた場合にのみ適用可能であることを確認した。また,双方の試験において,はく離防止剤の添加は有効であることを示した。ただし,試験結果は目視観察により判定するため,骨材の色の明るさによって評価がばらつくおそれがあるとしている。
- (1) J.-M. Konrad, J. Cummings and M. Muma (カナダ)
- (2) Advantages of Using Asphalt Emulsion Mixes in Cold Climates
- (3) pp.899 ~ 909
- (4) 寒冷地域におけるアスファルト乳剤を用いた混合物の利用

(平戸利明)

- (5) 本論文は、アスファルト乳剤を用いた密粒度アスファルト混合物(DGEM)の力学的な特性と含水に対する影響について調査している。試験は弾性係数を得るための繰返し三軸試験と温度クラックの間隔を予測するパラメータとした破壊靱性(Fracture toughness)を得るためのクラック伝播試験(Crack propagation test)を実施している。試験結果から20~40%湿潤させた骨材を用いたアスファルト乳剤混合物は、湿潤させていない骨材を用いたものと比較しレジリエントモデュラスは3倍程度向上すると報告している。また、湿潤処理した骨材を用いることにより、凍結融解を繰り返すことによる支持力の低下や温度クラックに対する抵抗性を大幅に改善できるとしている。
- (1) M. Neifar, H. Di Benedetto (フランス)
- (2) Permanent Deformation of bituminous Mixes: Monotonous and Cyclic Contributions

- (3) pp.911 ~ 921
- (4) アスファルト混合物の永久変形:単純,繰返し載荷

(鈴木 徹)

- (5) 本論文は、アスファルト混合物の永久変形を既存の一軸圧縮試験装置を改良した新しい試験装置を用いて、アスファルト混合物の複素弾性率と試験温度、載荷荷重等の関係について調査した結果を報告するものである。試験の結果から、①温度の増加に伴い、永久変形は増加する。②載荷荷重の増加に伴い永久変形は増加する。③初期段階の近似式の関係から、温度変化による永久変形量は周波数および最大応力に依存しない。④複素弾性率は最大応力で増加し、ポアソン比は一定値である。などの点が明らかになったとされている。
- (1) J. C. Pais & P. P. A. Pereira, M. C. M. Azevedo, L. G. Picado-Santos (ポルトガル)
- (2) The Influence of Fine Aggregate on the Bituminous Mixture Mechanical Behaviour
- (3) pp.923 ~ 932
- (4) アスファルト混合物の力学的性状における細骨材の影響

(鈴木康豊)

- (5) 本論文は,新しい間接引張試験,繰返しせん断試験によって,マスチック粒度におけるアスファルト混合物の細骨材の影響を検討したものである。混合物は,細骨材の量を変化させた5種類の粒度にて行われ,試験供試体は室内にて作製された混合物からコアを抜き取ることにより得た。試験の結果から,混合物中の細骨材割合を増加させるとスティフネスは増加する傾向となり,反対に混合物中の細骨材の割合を減少させると疲労限界は増加する傾向となった。また,永久ひずみは空げき率の影響を受け,空げき率の増加は永久ひずみを増加させるという知見を得た。
- (1) Sundahl. Jet al. (デンマーク)
- (2) Semi-flexible Materials for Heavy-Duty Pavements
- (3) pp.933 ~ 941
- (4) 頑丈な舗装のための半たわみ性材料

(高橋茂樹)

- (5) 空港エプロンやバスターミナル等,非常に大きな静荷重や低速荷重を受ける箇所では,耐流動性と高い弾性係数を有した舗装が求められる。本研究では,デンマークにおけるこれらに適した半たわみ性混合物を開発し,その有効性を示すもので,開粒度アスコンを母体とし通常セメントの1/100以下の微粒子であるマイクロシリカモルタルを流し込んだ半たわみ性舗装について,その混合物性状や供用性について検討している。試験結果から,このモルタルは最大150mmの深さまで浸透可能であり,目地を設けずに優れた耐流動性とひび割れ抵抗性を確保している。また,すべり抵抗性も10年以上確保でき,耐油性にも優れた混合物との評価をしている。
- (1) Tia, M., Ruth, B. E. and Birgisson, B. (アメリカ)
- (2) Influence of Aggregate Characteristics on Asphalt Mixture Properties and Performance
- (3) pp.943 ~ 953
- (4) 骨材性状がアスファルト混合物の物性およびパフォーマンスに与える影響

(高橋光彦)

(5) アスファルト混合物用の骨材を適切に選定するためには,骨材の細粒化および骨材の合成粒度がアスファルト混合物の物性に与える影響について把握することが重要である。本研究では,骨材の細粒化を確認するため,ロサンゼルス試験機およびジャイレトリ試験機を用いた評価試験を実施した。なお,試験は乾燥状態のほか湿潤状態でも実施した。その結果,ロサンゼルス試験による1.7mmふるい通過量は,ジャイレトリ試験機を用いた試験による2mm通過量に比べ大きい値を示し,乾燥状態に比べ湿潤状態での結果が大きい値を示すことが明らかとなった。良質な天然骨材が減少してきているわが国においても,アスファルト混合物に使用する骨材の評価方法として参考になると思われる。

# 8. 粒状材料

- (1) J. C. Pais P. P. A. Pereira J. M. B. Sousa and S. Capitao (ポルトガル)
- (2) Serviceability Design of Granular Pavement Materials
- (3) pp.957 ~ 966
- (4) 粒状舗装材料の実用的な設計

(武本敏男)

(5) 本論文では,たわみ性舗装の物性評価法として繰返し三軸試験による結果をもとに,舗装の実用的な設計法を提案している。有限要素法により設計したたわみ性舗装を対象に,路盤材の繰返し三軸試験を行った結果,アスファルト層の厚さや配合の違いを反映した最大応力を推測できることがわかった。この結果,繰返し三軸試験により,たわみ性舗装

の塑性変形を予測して設計限界を把握できるとしている。たわみ性舗装の設計に路盤材の繰返し三軸試験を適用すれば , 舗装の長期的な供用を考慮することが可能になる。

- (1) J. Aurstad and I. Hoff ( ノルウェー)
- (2) Crushed Asphalt and Concrete as Unbound Road Materials-Comparisons of Field Measurements and Laboratory Investigations
- (3) pp.967 ~ 977
- (4) 粒状路盤材料として使用する破砕したアスファルト混合物と,セメントコンクリートの現場調査や室内試験による比較検討(平戸利明)
- (5) 破砕したアスファルト混合物やコンクリートの基層や路盤用材料としての適用性を,実路と室内試験に基づいて検証した。調査している材料はアスファルト混合物,コンクリートおよびこれらを半分ずつ混合したものの3種類である。 実路では基層と路盤に各材料を組み合わせた舗装を構築し,わだち掘れ,平坦性,FWDおよび疲労特性について調査している。また,室内試験ではジャイレトリコンパクタを用いて締固め条件を変えた供試体に対して三軸試験を実施し, それから得られた弾性係数を評価している。試験結果として,三軸試験およびFWDにより得られた弾性係数には良好な相関関係が確認され,アスファルト混合物の再生材が非常に高い材料物性を示すことが分かった。
- (1) Bjarnason, G., Johansson, H. G. and Davitt, S. (アイスランド)
- (2) Origin, Usage and Production of Unbound Granular Materials for Road Construction
- (3) pp.979 ~ 988
- (4) 道路建設に用いる粒状材料の起源,用途および製造について

(東本 崇)

- (5) 良質な天然骨材の枯渇が問題となっている昨今,ヨーロッパ各国の骨材の利用状況の把握を目的として,地質とその成因および各国で粒状材料として使用されている天然骨材の割合等を調査している。さらに,粒状材料の製造方法および路盤材としての利用状況について述べている。ヨーロッパ各国で粒状材料として使用している骨材は,南および西ヨーロッパでは石灰岩や砂岩が主に使用され,中央部および南東部では苦灰岩が,北欧では花崗岩および片麻岩が使用されている。また,オランダではほとんどが産業副産物を使用しており,今後は,環境保全の観点から他の国々も産業副産物の使用を促進すべきであると提言している。
- (1) S. Erlingsson, B. Magnusdottir (アイスランド)
- (2) Dynamic Triaxial Testing of Unbound Granular Base Course Materials
- (3) pp.989 ~ 1000
- (4) 粒状路盤材料の動的三軸試験

(阿部長門)

- 5) 粒状の上層路盤及び下層路盤は道路舗装の総体的な構造特性を支配する1つで,たわみ性舗装道路に必要不可欠な役割を担っている。この機能を理解するため供試体の直径150mm,高さ300mmで,一定の拘束応力(CCP手法)を適用した繰返し三軸圧縮試験(RLTT)を行った。この結果,含水比に関しても強度特性が影響を受けるものの,特に飽和度80%を境に路盤材料の変形特性と強度特性が異なり,飽和度80~85%となる含水比や締固め方法が望ましいとしている。
- (1) G. Gidel, D. Breysse, A. Denis (フランス)
- (2) Modeling Unbound Granular Material Response from Laboratory and Field Measurements
- (3) pp.1001 ~ 1012
- (4) 室内および現場試験による粒状材の反応のモデル化

(長谷川淳也)

- (5) 粒状材の力学特性をすり減り減量とドバル値から明らかにし、舗装構造内での役割を明確化することを試みた。そこで、2種類の軟質石灰岩を用いて力学的性質(骨材の種類、含水量、細粒分含有量、密度)を定量的に評価し、これらの性質が永久ひずみに与える影響を評価した。試験施工では、密度と含水量を変化させた条件で車両通行による永久ひずみと含水量を測定し性能を評価した。研究の結果、粒状材の初期弾性係数および応力に対する永久ひずみの予測モデルを提案し、これらのモデルで粒状材の密度や含水量の変化の影響を評価することが可能であることを明らかにした。今後、軟質石灰岩を路盤に適用する際には、試験・検討方法等で参考になると思われる。
- (1) I. Hoff, A. Want and E. Oiseth ( ノルウェー)
- (2) Light Weight Aggregate (LWA) Used in Road Pavements
- (3) pp.1013 ~ 1022
- (4) 軽量骨材を用いた道路舗装について

(林 信也)

- (5) スウェーデンでは年間の道路維持修繕費用のうち,約25%を凍結融解作用による道路のサービス性能低下に関わる維持修繕に対して支出している。そこで,路盤材を軽量骨材とすることによる凍上抑制効果を検証するため,室内試験および試験施工を実施した。その結果,軽量骨材は一般的に使用している粒状路盤材と比較して,スティフネス,変形抵抗性,疲労抵抗性についてはほぼ同等であることがわかった。このことから,交通量が少ない道路では軽量骨材の層から上層は,40cm程度あれば十分である。日本の積雪寒冷地においても路盤の凍上が問題となるため,凍上抑制手法の参考となる論文である。
- (1) Matti, H (フィンランド)
- (2) COST337-Unbound Granular Materials for Road Pavements
- (3) pp.1023 ~ 1030
- (4) COST337 道路舗装用粒状材料について

(舟根 毅)

- (5) 本論文では,粒状材料の構造上の特性を測定する方法を開発すること,性状に影響している主要な要素を確定すること,構造設計に利用するための評価値を導き出すことを目的として,適切な測定技術の開発,路盤,路床構造の必要条件,圧縮特性,スティフネス,永久変形抵抗,排水能力を測定し,モデル化と分析を行った。検討の結果,密度試験,室内透水試験,繰返し三軸圧縮試験,促進載荷試験等の室内試験により粒状材料の特性をシミュレーションできることが分かった。また,ヨーロッパの国々の異なる試験方法や材料の評価について検討し,技術的なガイドラインを提示した。
- (1) P. Kolisoja (フィンランド) H. Zarghampour (スウェーデン) and S. Salmenkaita (フィンランド)
- (2) Use of Steel Net Reinforcement in Unbound Pavement Layers
- (3) pp.1031 ~ 1040

#### (4) 粒状材料層への鉄筋の利用

(平戸利明)

- (5) 本論分は,EUの出資によるREFLEXプロジェクトのたわみ性舗装の粒状路盤層に埋設した鉄筋の効果について調査 した結果を要約したものである。北欧では凍結による縦クラックが深刻な問題となっており,これを防ぐためアスファ ルト混合物中に鉄筋を埋設する方法が30年以上も前からノルウェーで行われている。この鉄筋の効果について実際に鉄 筋を埋設した舗装と室内試験により評価し,最適な鉄筋を用いた舗装の設計法の確立を目指している。評価は ABAQUSプログラムを用いた有限要素法により解析を行っている。
- (1) Ruiz Rubio, A. A. Dawson, A. R. and Macdonald, R. A. (スペイン, イギリス, デンマーク)
- (2) Current and Future Research Topics for Europe Identified by COST 337 Action
- (3) pp.1041 ~ 1058
- (4) COST337 調査によって確認した,ヨーロッパの最近と将来の試験のトピック

(増山幸衛)

- 5) 都市ゴミ焼却灰,破砕したコンクリート塊,煉瓦,鉄鋼スラグ,徐冷高炉スラグ,ガラスなどの他産業発生材を砕石路盤の代替材料として使用する場合の評価方法を確立するため,供用時の弾性係数についてはFWD試験と三軸試験,供用時の永久ひずみについては三軸試験,ジャイレトリコンパクタによる締固め特性および代替材料の固化などの物理特性に関する試験を実施し,凍結融解などの季節変動が代替材料に与える影響などを確認した。その結果,代替材料の永久ひずみ,舗装と路盤における含水比の測定と予測,代替材料を使用した舗装の現位置での評価方法,代替材料の力学的特性を把握した。
- (1) T. Saarenketo, P. Kolisoja & N. Vuorimies, H. Peltoniemi (フィンランド)
- (2) Effect of Seasonal Change on Strength and Deformation Properties of Unbound and Bound Road Aggregates
- (3) pp.1059 ~ 1069

## (4) 粒状路盤材と安定処理路盤材の強度や変形特性に与える季節変動の影響

(森嶋洋幸)

- 5) 路盤材の強度や変形特性における季節変動の影響を把握するため,フィンランド北部,Rovaniemi近郊のKoskenkylaに位置する舗装で,路盤層の温度や含水比の2年間にわたるモニタリング調査,および大型車の通過時における路盤各層の電気特性の変化を測定した。室内試験では,フィンランドにあるTampere工科大学(TUT)指導のもと路盤材のチューブサクション試験や繰返し三軸試験が行われた。フィンランドの上層路盤材にとって,最も重要な問題は凍結融解期間中の永久変形の進展であり,路盤材の細粒率が高い場合には毛管現象による下層から水分の上昇により軟弱化し,永久変形が生じることである。
- (1) A. A. van Niekerk, A. A. A. Modlenaar and L. J. M. Houben (オランダ)
- (2) Effect of Material Quality and Compaction on the Mechanical Behaviour of Base Course Materials and Pavement Performance

- (3) pp.1071 ~ 1079
- (4) 材料の品質や締固め特性が路盤材料の力学的挙動や舗装の性能に与える影響

(平戸利明)

- (5) 破砕コンクリートや建築物の解体材などを舗装や空港舗装の基層材料や路盤材料として用いる方法がDelft大学で検討されずでに実用化されている。しかし、これらの粒度、配合比、締固め温度及び含水比等の力学的特性に関しては多くの課題が残っており、これらの研究が1994年からオランダで行われた。本論文はこの研究の主要な研究成果について報告している。評価は静的載荷試験からは粘着力と内部摩擦角、繰返し三軸試験からは応力状態と弾性係数あるいは応力状態と永久変形の関係について調査している。試験結果から、破砕コンクリートや解体材の配合率や粒度よりも応力状態や締固め特性のほうが舗装の性能に対して影響を及ぼすとしている。
- (1) S. Werkmeister, R. Numrich & F. Wellner (ドイツ)
- (2) The Development of a Permanent Deformation Design Model for Unbound Granular Materials with the Shakedown-Concept
- (3) pp.1081 ~ 1095
- (4) "シェイクダウンコンセプト"を用いた,結合されていない粒状材料に関する永久変形設計モデルの開発 (保本敏伸)
- (5) 舗装設計の過程は,最も経済的な材料選定と層厚の組み合わせであり,粒状材料の特性と舗装寿命中の交通荷重に対する支持力評価に取り入れている。現行の舗装設計では弾性変形のみが許容されているが,路盤中に発生する永久ひずみが表層の変形(わだち掘れ)に影響しない垂直応力レベルを見出せば設計に取り入れることは可能であると考えられる。試験は,ドレスデン工科大学で行われ,拘束圧(70,140,210,240kPa)の4条件で,垂直方向の繰返し荷重(周波数=5Hz)を与え,繰返し回数に対する永久ひずみの曲線情報から弾性範囲,弾塑性範囲,塑性範囲の分類を行った。弾塑性範囲は2,000,000回以上まで耐えられる条件である。

# 9. 土

- (1) M. W. Frost, R. R. Fleming, and C. D. F. Rogers (イギリス)
- (2) Threshold Stress and Asymptotic Stiffness of UK Clays in the Repeated Load Triaxial Test
- (3) pp.1099 ~ 1108
- (4) 繰返し三軸圧縮試験による英国の粘性土の漸近時の変形係数と初期応力

(阿部長門)

- (5) ラフバラ大学での最近の調査研究は、舗装道路下の基盤(路床以下)のための大まかな性能仕様を決定するために検討された。路床の永久変形への抵抗性と強度におけるパフォーマンスパラメータを評価するため、幅広い条件の繰返し三軸圧縮試験を細粒度の範囲に属する路床土で行った。データの評価は、累積永久変形が増加しはじめるときの偏差応力(たとえば初期応力)は、破壊時の半分(およそ1%の永久変形ひずみ)であることを示した。弾性と塑性挙動間の比較結果から、「しきい値」での偏差応力が変形係数の漸近線と一致していることを示した。
- (1) N. Garg, M. R. Thompson (アメリカ)
- (2) Subgrade Characterization for Low Volume Road Design Using "Critical Period"
- (3) pp.1109 ~ 1116
- (4) 「限界期間」概念を用いた軽交通舗装のための路床の性状

(矢野辰明)

- (5) 本論文は,軽交通舗装(以下,LVR)に使用される路床土を「限界期間」概念によって評価し,適切な舗装構造の設計を行うために実施された。LVRのアスファルトコンクリート層は比較的薄いため,路床土の性状が舗装の性能に大きく影響する。砂質土の路床復元弾性係数(以下,EN)は含水量の変化に対して変化しないが,粘性土はわずかな水分量の増加によってENが大きく低下する。LVRは,路床土の性状に舗装の性能が大きく影響されるため,春季のENが低下した「限界期間」を考慮した構造設計手法が必要である。
- (1) D. S. Kim and G. C. Kweon (韓国)
- (2) Alternative Methods of Determining Resilient Modulus of Subgrade Soils Considering Deformation Characteristics
- (3) pp.1119 ~ 1129
- (4) 路床土の変形特性を考慮したレジリエントモデュラスを決定するための代替法

(市岡孝夫)

(5) たわみ性舗装の設計をおこなう場合には、路床土のレジリエントモデュラスが重要である。しかし、従来の繰返しMr試験は、試験方法が複雑で困難な試験である。そこで、本論では代替法の開発を行うために、路床土の変形特性を調査し、繰返しMr試験、静的TX(三軸試験)試験、RC/TS(円柱/ねじりせん断)試験およびFF-RC(自由端円柱)

試験を実施した。代替法の信頼性を検証した結果,塑性指数(PI)がNPもしくは10%以下の砂質土では路床土の変形特性を考慮したFF-RC試験と静的TX試験を代替法として提案した。

- (1) B. Ni, T. C. Hopkins, L. Sun, T. L. Beckham (アメリカ)
- (2) Modeling the Resilient Modulus of Soils
- (3) pp.1131 ~ 1142
- (4) 土のレジリエントモデュラスのモデル化

(峰岸順一)

- (5) レジリエントモデュラスと応力の関係についての4つの数学的モデルについて,評価を行った。改良した粘土質の土について60のレジリエント試験を行った。使用した土のAASHTO分類は,A-4,A-6,A-7-5 およびA-7-6 であった。試料は,AASHTO T99-97により最大乾燥密度の95%と最適含水比で締固めた。これらの試験結果を重回帰分析し,4つのモデルの問題点について調べた結果を報告している。この問題点を改良した新型モデルについても提案されている。提案モデルはレジリエントモデュラスに拘束応力と偏差応力の両方の影響を考慮したものである。
- (1) P. S. K. Ooi, J. Pu (アメリカ)
- (2) Evaluating Compaction of Tropical Soils Using Soil Stiffness
- (3) pp.1143 ~ 1150
- (4) 路床土の変形係数による熱帯地方の路床土の締固め評価

(森嶋洋幸)

- 5) 路床土の締固め管理には,路床土の密度や含水量を計測するRI計で乾燥密度を算定している。ここで使用した GeoGaugeというポータブルな機器は,路床土の変形係数を計測する。GeoGaugeは,直径が約28cm,長さが25.4cm,質量が約10kgで,路床土の表面付近から深さ150mmまでの変形係数を測定する計器である。変形係数の測定値と,間隙比と実際にかかる応力から計算される変形係数の推定値には相関性がみられた。またハワイ,オアフ島のワイピオにおける路床土の現場密度を評価した結果,乾燥密度の測定値と推定値との相関性もかなり高い。
- (1) I. M. Syed, T. Scullion (アメリカ)
- (2) Moisture Related Problems in Stabilized Materials
- (3) pp.1151 ~ 1163
- (4) 安定処理材料の水分に関する問題

(小柴朋広)

- (5) 路盤の安定化材料の評価法として,チュープサクション試験(TST)という新しい試験法により,一般的な耐久性評価試験との比較を行った。一般的に,安定処理路盤の添加量は,処理層の一軸圧縮強度によって決められる。最近の研究では,高い初期強度が必ずしも長期許容性能を保証するわけでなく,これらの耐久性は水分の浸入による強度発現中の化学的逆転現象により,強度低下する場合があると報告されている。TSTは供試体表面の誘電率を10日間測定する方法で,セメント安定処理路盤について耐久性試験結果と高い相関性を示した。
- (1) E. Tutumluer, I. T. Kim, R. L. Santoni (アメリカ)
- (2) Directional Dependency of Modulus and Deformation Characteristics of Geofiber Stabilized Sands
- (3) pp.1165 ~ 1175
- (4) ジオファイバ安定処理砂の異方状態の変形係数と変形特性

(加納孝志)

(5) イリノイ大学で名付けられた三軸圧縮試験機(UI-FastCell)を用いて,ジオファイバ安定処理砂の異方性の復元弾性係数を測定し,「ユマサンド」と「コンクリートサンド」,3種類のジオファイバ(Monofilament, Tape, Fibrillated), および粘土とシルト中の細粒分(10%, 20%)との関係を調べた。その結果,安定処理砂中に存在する粘土とシルトの細粒分の割合が,水平方向と垂直方向の復元弾性係数に影響を与えることを確認した。モノフィラメントタイプのジオファイバ安定処理砂は,10~20%の粘土と混合した場合に,変形特性の改善には最も有効なものであることが分かった。

# 10.ケースヒストリー

- (1) Colonna, P. and Ranieri, V. (イタリア)
- (2) Maintenance and Repair of Airfield Apron Rigid Pavements
- (3) pp.1179 ~ 1189
- (4) 空港エプロンのコンクリート舗装の維持補修

(小関裕二)

- (5) イタリアのバーリ空港のコンクリートのエプロンでは供用開始から約20年経過し,構造的な問題が生じている。この空港は1983年に開港し,現在では当時の3倍の便が運航している。既設のコンクリート舗装は,ダウエルバーが無く,厚さは32cmである。舗装の破損形態は,目地材の欠陥,浅いスポーリング,深いスポーリング,構造的なひびわれである。目地材の補修は一般的な方法で実施した。浅いスポーリングは最低でも30mmのコンクリートを除去し,プラスティック入りのモルタルを適用した。深いスポーリングは鋼繊維入りのコンクリートを下層に敷き,ダウエルバー設置後,繊維無しのコンクリートを上層に打設した。
- (1) N. Gang, M. Dong (アメリカ)
- (2) Effect of Landing Gear Spacing on the Surface Deflection Response of Airport Pavements
- (3) pp.1191 ~ 1200
- (4) 空港舗装における表面たわみへの離着陸装置間隔による影響

(鎌田義秋)

- (5) 本論文では、空港舗装において、航空機の車輪からの負荷と離着陸ギアの構成から、路面の破損を最小限とし、最も 効率のよい設計についての研究を行った。国内空港舗装試験施設(NAPTF)では、大型民間航空機に対応した新世代 の舗装設計法の開発が行われている。実物大試験を実施し、車輪からの負荷と着陸装置間隔の影響を検討した。ギア分 離試験にはマルチデプスデフレクトメータ(MDD)を使用し、低回転たわみ試験で各層のひずみを測定した。車輪配 置は複輪、二軸複輪、三軸複輪で舗装表面のたわみとの関係をまとめた。舗装表面のたわみ分散効果は、二軸複輪(4 輪)で低強度の路床(CBR4)で最も大きく、高強度の路床(CBR20)に対しては全く効果が見られなかった。
- (1) BA. Hakim (イギリス)
- (2) Flexible Composite Pavement Evaluation Incorporating Bond Between Layers
- (3) pp.1201 ~ 1209
- (4) たわみ性コンポジット舗装における層間付着状態の評価

(岩岡宏美)

- (5) 厚さ180㎜以上の貧コンクリート基層と,2つの異なる瀝青層(既設舗装とオーバーレイ)から成る舗装を対象に,FWDを用いて,たわみ性コンポジット舗装の接着状態を調査し,舗装の剛性の評価を実施した。また,舗装の評価の参考として,レーダー調査とコア調査,DOP(動的円錐貫入試験)と実験室における材料試験を実施した。その結果,①瀝青層材料の20%と貧コンクリート層材料の25%が貧材料であること②瀝青層間の状態は,調査を実施した舗装の40%以上で,結合が弱いこと③地盤は,調査箇所の大部分が良好であったことが確認された。またFWDの分析結果と,コアの目視観察結果の間には相関関係が見られた。
- (1) J. C. H. Hede (デンマーク)
- (2) Innovative Evaluation Methodology Reduces Maintenance Costs at Copenhagen Airport
- (3) pp.1211 ~ 1221
- (4) コペンハーゲン空港におけるメンテナンスコストを削減する革新的な評価手法

(武本敏男)

- (5) 本論文では、コペンハーゲン空港の滑走路において舗装の維持・補修の計画と最適化に関する実験を一部の舗装区間で行い、舗装の維持管理システムによるメンテナンスコスト削減の実証例として紹介している。舗装の維持補修の最適化で、決め手となる指標は現在の資産価値と資産要素と相対的な利用者コストである。このシステムは構造的状態、機能的状態、表層の状態を評価している。コペンハーゲン空港の滑走路で、舗装の維持管理システムを実証した結果、20年間の供用期間において、40%以上のコスト節約が図れることがわかった。
- (1) Herman, P., Haegeman, W., De Corte, W. and De Winne, E. (ベルギー)
- (2) Pavement Design Considerations for Container Terminal Areas: A Case Study
- (3) pp.1223 ~ 1231
- (4) コンテナターミナルの舗装設計:ケーススタディ

(高橋光彦)

- (5) 本論文は,ジーブルック港におけるコンテナターミナルの舗装構造の選定を最適に行うため,表層材料として,アスファルト舗装,コンクリートブロック舗装,コンクリート舗装,プレキャストコンクリート平板の4種類を取り上げ,それぞれを用いた場合の利点および課題を示している。その研究結果として,上層路盤にはセメント安定処理を適用することが重要であること,また,表層材料については,耐久性のほかイニシャルコストおよび維持補修に要するコストの面からも検討が必要であるとしている。
- (1) Houben, L. J. M., Vogelzang, C. H., and Dommelen, A. E. (オランダ)

- (2) LINTRACK Rutting Research Project-ALT Testing Program
- (3) pp.1233 ~ 1244
- (4) LINTRACK**わだち掘れ研究プロジェクト**~ALT**試験計画**~

(佐々木巌)

- (5) オランダのデルフト大学と交通省が3年間にわたり実施した舗装の耐流動性研究プロジェクトの報告である。両機関が共同所有する実物大の舗装用の促進載荷試験施設LINTRACKにおいて,表層材料及びタイヤに関する諸条件を変化させて高温時のわだち掘れ抵抗性を評価している。試験に用いた表層材料は,密粒度混合物3種,開粒度2種,SMAの計6工区である。わだち掘れの評価として縦断形状変化を常時モニタしているほか,横断プロフィル測定を定期的に実施しており,その解析方法についても具体的に述べられている。耐流動性試験結果はわだち深さとその進行速度で評価され,表層材料の種類により大きな差が観測された。実物大の舗装試験施設,舗装構造,横断プロファイルの処理方法等の事例として参考となる報告である。
- (1) V. C. Janoo & E. R. Cortez (アメリカ)
- (2) Some Observations of Base Course Performance during Accelerated Pavement Testing
- (3) pp.1247 ~ 1254
- (4) 促進載荷試験における路盤のパフォーマンスに関する所見

(鎌田孝行)

- (5) FERFおよびCRRELで行っている舗装の促進載荷試験の一部として,305mmのコンクリート基盤上に,路床が2.7m, 砕石路盤229mm,アスファルト混合物層が76mmである試験舗装に対し,繰返し荷重を与え,路盤の垂直応力およびひず みを測定した。その結果,路盤における動的ひずみと永久ひずみについては,発生位置と変形量を明確にすることがで きた。また動的応力については,載荷と応力の増減の関係,破壊と応力の関係について明確にしている。
- (1) H. Odeon (フランス) C. Penant (フランス) J.-M. Piau (フランス)
- (2) Effects of Different Tyre Mounts on the Fatigue Behaviour of a Thick Bituminous Pavement
- (3) pp.1255 ~ 1265
- (4) 厚い瀝青舗装の疲労特性への異なるタイヤ荷重の影響

(高馬克冶)

- 5) LCPC(フランス,ナント)は,1999年にALT施設で舗装厚の厚い舗装の耐久性にタイヤが与える影響を,4種類の異なったタイヤの条件(接地圧または輪荷重)を変えた,12種類の要因で試験を行い,異なった気温条件で2種類の速度において舗装体下部で測定したひずみをモデルとして,影響の分析を行った。その結果,ひずみの差はわずかであり,さらに,屋外実験のため,温度が異なった状態であったものの,他の実験の要素からモデルとして分析した結果,①常に舗装構造下部で測定され計算される縦ひずみは,横ひずみより大きい。②空気圧の高いタイヤの下部では,ひずみが小さい。等の結論が得られた。
- (1) A. Petkovsek (スロベニア) A. Gomes Correia (ポルトガル)
- (2) Importance of Complementing Index Tests with Mechanical Tests for Granular Materials Assessment: A Case Study
- (3) pp.1267 ~ 1278
- (4) 粒状材料の評価における力学的試験での補正指標の重要性 (ケース・スタディ)

(長谷川淳也)

(5) スロベニアでは,路盤材として利用できる天然材料が非常に限られている。これまで道路や鉄道の粒状路盤層に広く用いられてきた砂利は,規格を満たす材料であるにもかかわらず,交通下における天然砂利の力学的安定性の不足から数箇所で早期の破損が認められており,この問題を解決するための研究が行われた。検討の結果,載荷試験では,粒度調整を行うことで材料の締固め能力がかなり改良されるものの,繰返し三軸試験の評価では,路盤に用いる基準とする材料で示される力学的な性質が得られなかった。しかし,フライアッシュ等の添加物の使用で,力学的安定性を増すことが可能であった。従って粒度調整を行うだけでなく,繰返し三軸試験での評価が重要であるとしている。

# 11. 鉄道

- (1) V. A. Diyaljee (カナダ)
- (2) Repeated Load Aggregate Degradation
- (3) pp.1281 ~ 1293
- (4) 繰返し載荷による砕石の性状劣化について

(林 信也)

(5) 本研究は,カナダの鉄道で用いられているバラストについて,砕石の破砕試験,ロサンゼルスすりへり試験などを行

い,性状劣化について検討したものである。その結果,性状劣化には,骨材の硬さやタフネスが大きく寄与していること。さらに,粒子のサイズが大きく影響することが確認できた。骨材の性状をより精度よく把握するためには,ロサンゼルスすりへり試験のみではなく,骨材破砕試験をおこなうことも必要である。更に,道路や空港の下層路盤に使用されている材料は,鉄道の軌道敷のバラストとは性状の異なるものであることが知見として得られた。

- (1) D. Hirakawa, H. Kawasaki, F. Tatsuo (日本)
- (2) Effects of Cyclic Loading Conditions on the Behaviour of Railway Track in the Laboratory Model Tests
- (3) pp.1295 ~ 1305

#### (4) 室内試験による線路への周期的載荷の効果

(岸田正憲)

- (5) 線路は、列車荷重によって鉛直荷重を連続的に受けている。そのため、周期的に載荷される線路の挙動を評価することを目的として、まくら木とバラスト、まくら木の定着部のすき間に分布する圧力に対して、周期的に載荷したときの効果を評価するための、モデル試験が行われた。モデル試験における実際の列車荷重として①レール上の取付け部における周期的な集中鉛直荷重、②一定の速度でレール上を移動し一定の鉛直荷重を持ったローラにより移動荷重を載荷した。周期的な取付部載荷試験の結果、実際に移動する列車荷重に対して、まくら木の定着部のすき間(余裕)量を設定する方法を提案した。
- (1) Y. Momoya, K. Ando and T. Horiike (日本)
- (2) Performance Tests and Basic Design on Solid Bed Track on Asphalt Pavement
- (3) pp.1307 ~ 1322

#### (4) アスファルト路盤直結軌道に対する性能試験と基本設計

(平戸利明)

- (5) 有道床軌道は、建設コストは安価であるが定期的なメンテナンスを必要とする。この問題に対しスラブ軌道を用いることにより長期に安定化することができるが、スラブ軌道は有道床軌道に対しておよそ5dB騒音値が高く、建設コストも高くなる。この問題を解決するためアスファルト舗装上に直接軌道を設置し低騒音軌道の開発を試みた。試験では、鉄道総研内に層厚の異なるアスファルト路盤3種類を試験軌道に敷設し、静的載荷試験をもとに路盤及び路床部の変形係数を把握した。解析は、3次元有限要素法(FEM)モデルにより行っている。試験結果から提案した軌道は本軌道の路盤構造設計に十分可能であるとしている。
- (1) Quibel, A and Mudet, M (フランス)
- (2) Tests of Treated Subgrades and Capping Layers Using Cmementitious Binder in Railtrack Infrastructures
- (3) pp.1323 ~ 1330
- (4) 鉄道構造基盤でのセメント質バインダを用いたキャッピング層,処理路床の試験

(舟根 毅)

- (5) 高速鉄道構造基盤では、砂利層の透水、鉄道の車軸による短い周期の圧縮を考慮する必要がある。そのため、処理路盤の弾性係数と、通常より高い圧力で1,000万回程度の繰返し振動を与えた時の、砂利層の微粒子の移動による弾性係数の変化を確認した。実物大の4種類の構造について、粒状補助道床層下部の処理されたシルト質粘土層との界面、粗い粒状キャッピング材料層下部の安定処理チョーク層との間の界面挙動を測定した。実験は、コンクリート台上に置かれた振動する1000㎏の車輪で、理論振幅±0.6mmの連続振動を与えて行った。同時に各層の透水量も確認した。その結果、シルト質粘土の挙動は優れており、またチョークは耐久力のある特性であるが、柔質チョークは安定処理の設計を行う場合、特別の配慮が必要であることが分かった。
- (1) K. A. Skoglund ( ノルウェー )
- (2) Dimensionless Sensitivity Diagrams in Mechanistic Railway Design
- (3) pp.1331 ~ 1340
- (4) 力学的な鉄道設計における無次元高感度ダイヤグラム

(保本敏伸)

(5) 本研究では、設計パラメータにより軌道反力を算出する「無次元高感度ダイヤグラム」について報告している。梁モデルは弾性路床と不連続支持梁モデルを用いている。設計パラメータとして設計軸荷重、レールの慣性モーメント、枕木の中心間隔、軌道モデュラス(連続モデルの場合は加えて枕木の幅、枕木にかかる垂直支持力、路床係数)から、軌道反力としてレール曲げの最大値、レールモーメント、路盤に対する応力、レールと枕木間の荷重、そして枕木直下に当たるバラストの垂直応力を導く。弾性路床上の梁モデルを用いた場合、一軸荷重および二軸荷重に対する軌道の最大反力を求めることが可能となるが、不連続支持梁のモデルでは、レールモーメントと路盤に対する応力については他のダイヤグラムを開発する必要があるとしている。

# <統計資料>

# 1.石油アスファルト需給実績(総括表)

(単位:千t)

項目	供			給			需			要		
年 度	期初在庫	生産	対前年 度比(%)	輸入	合 計	販 売 (内需)	対前年 度比(%)	輸出	小 計	期末在庫	合 計	
15 年上期	245	2,311	(100.2)	0	2,556	1,649	( 85.2)	151	1,800	245	2,045	
15 年下期	262	3,181	(108.4)	0	3,443	2,240	( 88.4)	131	2,371	262	2,633	
15 年 度	245	5,493	(104.8)	0	5,738	3,889	<b>(</b> 87.0 <b>)</b>	283	4,172	262	4,434	
16. 4月	262	415	( 98.0)	1	678	229	( 84.3)	31	260	295	555	
5月	295	334	<b>(</b> 107.4 <b>)</b>	0	629	212	( 86.4)	40	252	307	559	
6月	307	362	(100.5)	0	669	283	(115.3)	32	315	243	558	
4~6月	262	1,111	(102.0)	1	1,374	724	( 95.3)	103	827	243	1,070	
7月	243	506	(129.7)	0	749	267	( 93.6)	31	298	259	557	
8月	259	448	(108.4)	0	707	279	( 98.3)	32	311	268	579	
9月	268	436	(105.5)	0	704	295	( 92.9)	20	315	244	559	
7~9月	243	1,390	<b>(</b> 114.5 <b>)</b>	0	1,633	841	( 95.0)	83	924	244	1,168	
10 <b>月</b>	244	480	( 20.8)	0	724	323	( 19.6)	18	341	242	583	
11月	242	463	( 93.3)	0	705	376	(103.4)	11	387	206	593	
12 <b>月</b>	206	591	(122.5)	0	797	363	(103.4)	14	377	252	629	
10~12 <b>月</b>	244	1,534	( 78.9)	0	1,778	1,062	( 75.5)	43	1,105	252	1,357	

# 2.石油アスファルト内需実績(品種別明細)

(単位:千t)

項目	内 需 量					対 前 年 度 比 (%)						
	ストレート・アスファルト			<b>担</b> シ	<u> </u>	ストレート・アスファルト			ユニン	<u> </u>		
年 度	道路用	工業用	燃焼用	計	殼影	合 計	道路用	工業用	燃焼用	計	恕	合 計
15 年上期	1,269	47	262	1,578	71	1,649	94.7	54.8	61.2	85.1	87.2	85.2
15 年下期	1,807	65	287	2,159	81	2,240	98.7	62.7	56.3	88.3	90.2	88.4
15 年 度	3,077	112	549	3,737	151	3,889	97.0	59.1	58.5	86.9	88.8	87.0
16. 4月	182	7	30	219	10	229	92.6	97.6	52.3	83.9	95.1	84.3
5月	164	5	32	201	11	212	91.2	87.0	65.7	85.8	98.5	86.4
6月	218	7	43	268	14	283	115.9	100.1	110.4	114.5	123.3	115.3
4~6月	564	19	105	688	35	724	99.9	95.4	72.4	94.3	105.9	95.0
7月	195	7	54	256	11	267	86.4	79.0	140.7	93.8	89.0	93.6
8月	200	8	60	268	11	279	90.3	93.0	142.4	98.4	96.5	98.3
9月	218	10	31	259	15	295	84.7	104.4	84.6	85.3	109.1	92.9
7~9月	613	25	145	783	37	841	87.0	92.5	123.8	92.2	98.7	94.9
10 <b>月</b>	244	11	55	310	13	323	19.2	23.4	21.0	19.6	18.4	19.6
11月	292	14	55	361	15	376	100.4	122.2	120.4	103.7	95.2	103.4
12 <b>月</b>	218	12	50	280	14	363	80.0	114.4	92.6	83.1	101.0	103.4
10~12 <b>月</b>	754	37	160	951	42	1,062	66.5	86.7	78.0	68.8	71.5	75.5

〔注〕(1)内需量合計は、石油連盟発行「石油資料月報」より引用。 (2)道路用ストレート・アスファルト = 内需量合計 - (プローンアスファルト + 燃焼用アスファルト + 工業用ストレート・アスファルト)

# 有限責任中間法人 日本アスファルト協会会員

社	名	住 所	電	話
[メーカー]				
出光興産	株 式 会 社	<b>(</b> 100-8321 <b>)千代田区丸の内</b> 3 - 1 <b>-</b> 1	03 (3	213 <b>)</b> 3134
コスモ石油	株式会社	(105-8528)港区芝浦1 - 1 - 1	03 (3	798 <b>)</b> 3874
三共油化工業	業株 式 会 社	(103-0025) <b>中央区日本橋茅場町</b> 1 - 7 - 7	03 (5	847 <b>)</b> 2611
株式会社ジャノ	<b>『ンエナジー</b>	(105-8407) <b>港区虎ノ門</b> 2 - 10 - 1	03 (5	573 <b>)</b> 6000
昭和シェル石	油株式会社	<b>(</b> 135-8074 <b>) 港区台場</b> 2 <b>-</b> 3 <b>-</b> 2	03 (5	531 <b>)</b> 5765
新日本石油	株式会社	<b>(</b> 105-8412 <b>)港区西新橋1 -</b> 3 <b>-</b> 12	03 (3	502 <b>)</b> 9122
[ ディーラー ]				
東北				
株式会社男	鹿 興 業 社	(010-0511) 男鹿市船川港船川字海岸通り1-18-2	0185 (	(23 <b>)</b> 3293
カ メ イ 株	式 会 社	(980-0803) 仙台市青葉区国分町3 - 1 - 18	022 (	264 <b>)</b> 6111
関東				
	株式 会社	(103-0025) 中央区日本橋茅場町2 - 7 - 9	03 (3	669 <b>)</b> 7878
株式会社	アスカ	(106-0032)港区六本木4 - 11 - 4	03 (5	772 <b>)</b> 1505
伊藤忠エネク	ス株式会社	(153-8655) <b>目黒区目黒</b> 1 - 24 - 12	03 (5	436 <b>)</b> 8211
エムシー・エネル		(100-0011) 千代田区内幸町1 - 3 - 3	03 (5	251 <b>)</b> 0961
コスモ石油販		<b>(</b> 104-0032 <b>)中央区八丁堀</b> 3 - 3 - 5	03 (3	551 <b>)</b> 8011
コスモアスファル				,
関東礦油エネル	ギー株式会社	<b>(</b> 107-0051 <b>)港区元赤坂</b> 1 - 1 - 8	03 (5	474 <b>)</b> 8511
竹中産業	株式 会社	(101-0044) 千代田区鍛冶町1 - 5 - 5	03 (3	251 <b>)</b> 0185
東新エナジ-	- 株式会社	(104-0033) 中央区新川2 - 1 - 7	03 (3	273 <b>)</b> 3551
中西瀝青	株式 会社	(103-0028) 中央区八重洲1 - 2 - 1	03 (3	272 <b>)</b> 3471
株式会社i	南部 商会	(108-0073)港区三田3 - 13 - 16	03 (5	419 <b>)</b> 9861
日東商事	株式 会社	(170-0002) 豐島区巣鴨4 - 22 - 23	03 (3	915 <b>)</b> 7151
丸紅エネルギ	一株式会社	(101-8322) 千代田区神田駿河台2 - 2	03 (3	293 <b>)</b> 4171
ユニ石油	株 式 会 社	<b>(</b> 107-0051 <b>)港区元赤坂</b> 1 - 7 - 8	03 (3	796 <b>)</b> 6616
中部				
鈴与商事株式会	会社清水支店	(424-8703)清水市入船町11 - 1	0543 (	(54 <b>)</b> 3322
松村物産	株 式 会 社	<b>(</b> 920-0031 <b>)金沢市広岡</b> 2 <b>-</b> 1 <b>-</b> 27	0762 (	(21 <b>)</b> 6121
		·		

# 有限責任中間法人 日本アスファルト協会会員

社	名	住	所	1	話
近畿・「	中国				
出光アスファノ	レト株式会社	<b>(</b> 531-0071 )	<b>) 大阪市北区中津</b> 6	- 3 - 11	06 <b>(</b> 6442 <b>)</b> 0031
三徳商事	株式 会社	<b>(</b> 532-0033 )	) 大阪市淀川区新高	<b>5</b> 4 <b>-</b> 1 <b>-</b> 3	06 <b>(</b> 6394 <b>)</b> 1551
昭和瀝青工	業株式会社	<b>(</b> 670-0935 )	) 姫路市北条口4 -	26	0792 <b>(</b> 26 <b>)</b> 2611
千代田瀝青	株式会社	(530-0044)	) 大阪市北区東天流	<b>أ</b> 2 - 10 - 17	06 <b>(</b> 6358 <b>)</b> 5531
富士商株	式 会 社	<b>(</b> 756-8501 )	) 小野田市稲荷町1	0 - 23	0836 <b>(</b> 81 <b>)</b> 1111
株式会社	松宮物産	<b>(</b> 522-0021 )	<b>) 彦根市幸町</b> 32		0749 <b>(</b> 23 <b>)</b> 1608
横田瀝青興	業株式会社	<b>(</b> 672-8057 )	) 姫路市飾磨区細江	<b>∑</b> 995	0792 <b>(</b> 33 <b>)</b> 0555
四国・カ	ᅡ州				
今 別 府 産 業	株式会社	(890-0072)	) 鹿児島市新栄町1	5 <b>-</b> 7	0992 <b>(</b> 56 <b>)</b> 4111
三協商事	株式会社	<b>(</b> 770-0941)	<b>(徳島市万代町</b> 5 <b>-</b>	8	0886 <b>(</b> 53 <b>)</b> 5131
西岡商事	株式会社	<b>(</b> 764-0002)	) 仲多度郡多度津岡	<b>丁家中</b> 3 <b>-</b> 1	0877 <b>(</b> 33 <b>)</b> 1001
平和石油株式会	会社高松支店	<b>(</b> 760-0017)	<b>高松市番町</b> 5 <b>-</b> 6 ·	· 26	0878 <b>(</b> 31 <b>)</b> 7255
	顧問			委員 ————	
多田	宏行  委	員 長: * **	中村俊行	FIC 女7 388	& 岩 崎 _
	安施	奇 裕 · 惠 三	大坪義治田井文夫	服部潤姫野賢治	峰 岸 順 一 森久保 道生
		川 裕造	塚越 徹	山本秦幹	吉村啓之
		<b>湯逸平</b>	野村健一郎	溝 渕 優	H 13 H Z
			W 0.4 = E		

アスファルト 第217号 平成17年4月発行

有限責任中間法人 日本アスファルト協会

▼ 105-8412 東京都港区西新橋1 - 3 - 12

新日本石油株式会社 エネルギー・ソリューション 1 部内

# 問い合わせ先

・昭和シェル石油株式会社 中央研究所 森久保 道生

TEL 046-285-0829

・新日本石油株式会社

エネルギー・ソリューション1部 塚越 徹

TEL 03-3502-9134

## 印刷所 キュービシステム株式会社

〒 104-0061 東京都中央区銀座1 - 21 - 7

GNビル4F TEL 03-3538-3171(代)

Vol.48 No.217 APRIL 2005

Published by THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION