

アスファルト

第40巻 第193号 平成9年10月発行

193

特集・アスファルトの利用技術

第3節 アスファルトの各種舗装への利用

第1章 空 港	八 谷 好 高	1
第2章 港 湾	梅 野 修 一	12
第3章 鉄 道	安 藤 勝 敏	17
第4章 鉄道貨物ヤードにおけるアスファルト舗装設計法について		
	上 浦 正 樹・阿 部 長 門・丸 山 暉 彦	22
第5章 構内舗装・駐車場舗装	古 財 武 久・野 村 健 一 郎	29
第6章 歩道・自転車道舗装	浜 田 幸 二	35
第7章 スポーツ施設	鈴 木 敏	41
第8章 レース場・テストコースの舗装	斎 藤 治	47
第9章 石油タンク基礎における舗装		
	高 橋 哲 躬・小 田 芳 明	53
第10章 水エアスファルト		
	加 形 護・瀧 上 学・三 根 和 人	58
第11章 廃棄物最終処分場への舗装	稲 垣 竜 興	71

＜統計資料＞石油アスファルト需給統計資料

78

ASPHALT

社団法人 日本アスファルト協会
JAPAN ASPHALT ASSOCIATION

第76回アスファルトゼミナール開催のお知らせ

平成9年度に行われます第76回アスファルトゼミナールが平成10年2月に那覇市において開催することが決定いたしました。

11月初旬には案内書が皆様のお手許に届くと思いますので、大勢の方々の参加をお待ち申し上げております。

なお、那覇市内の宿泊や交通（飛行機）等については、日本交通公社公務営業本部において特別価格で対応できるように準備をしておりますので、案内書に同封されるパンフレットをご参照ください。

日 時 平成10年2月12日（木）10時00分～16時40分
 2月13日（金）9時30分～12時40分

場 所 那覇市「沖縄県立郷土劇場」（予定）
 那覇市東町1-1 東町会館

<会場案内図>



第 9 回 論 文 賞 論 文 募 集

主催 (社)日本アスファルト協会

アスファルトは、道路舗装材料や建築防水用などの公共資材を初めとしてインクの原料・産業廃棄物の固化等の広い範囲に利用され、各分野における重要性はますます高まっております。

このため、アスファルトの利用・製造・品質・流通等の技術的進歩改善を目指した技術についての論文を広く募集いたします。

[応 募 要 項]

● テーマ

「アスファルトの利用・製造・品質・流通」に関するもの

アスファルト利用技術, アスファルトの製造技術, アスファルト品質技術 (改質アスファルトを含む), アスファルトを用いた舗装技術, アスファルトを用いた防水技術等

● 応募条件

- (1) 論文は20,000字程度 (図表, 写真等を含む) とし, A4 版用紙に1ページ40行, 1行45字で取りまとめる。(ワープロ可)
- (2) 提出に際して論文要旨 (300字以内) を添付する。
- (3) 応募論文は返却しない。
- (4) 入選論文の著作権は, 当協会に帰属する。

● 応募資格

資格は問わない

● 賞金

入選1席	賞金 30 万円	1 編
入選2席	賞金 10 万円	2 編
佳作	賞金 5 万円	4 編

● 締切り

平成9年12月31日 (水) 必着

● 発 表

アスファルト誌第196号 (平成10年7月) にて発表

● 選考委員

委員長

多田 宏行 (財)道路保全技術センター理事長

委 員

阿部 頼政 日本大学理工学部土木工学科教授

飯島 尚 積水樹脂(株) 常務取締役

河野 宏 日新舗道建設(株) 専務取締役

千葉 博敏 グリーンコンサルタント(株)

取締役社長

南雲 貞夫 (株)ガイアートクマガイ

常務取締役 技術研究所長

長谷川 宏 日本石油(株) 中央技術研究所

トライボロジー研究室主管研員

真柴 和昌 パシフィック石油商事(株)

取締役社長

森永 教夫 建設省河川局河川環境課

都市河川室長

● 送り先

〒105 東京都港区虎ノ門1-21-8 秀和第3虎ノ門ビル

社団法人 日本アスファルト協会

TEL 03-3502-3956

FAX 03-3502-3376

第3節 アスファルトの各種舗装への利用

第1章 空 港

1. 概 要

空港は旅客や貨物を輸送する航空機の地上との接点であり、その機能を果たすために必要となる以下の施設を有している¹⁾。

- (1) 航空機の離着陸に直接必要となる施設(滑走路等)
- (2) 航空機の離着陸時の安全性を確保するために必要となる施設(管制塔、灯火等)
- (3) 旅客・貨物の取扱いに必要となる施設(エプロン・ターミナルビル等)
- (4) 空港の保守・管理に必要となる施設(排水施設、場周道路等)
- (5) 空港利用者の利便性を確保するために必要となる施設(道路等)

この中でアスファルトとの関わりが密接なのは、いうまでもなく、(1)、(3)、(4)、(5)の舗装である。このうち、道路舗装については前号を参照願うことにして、ここでは空港アスファルト舗装に限定してまとめる。以下では、まず、空港舗装の概要を示したのち、空港アスファルト舗装に対して特に要求される機能、すなわち走行安全性と構造安定性について記す。そして、アスファルトに関する材料規定ならびにアスファルトに対する空港舗装特有の要求事項について述べる。

2. 空港アスファルト舗装

航空機の離着陸ならびに旅客・貨物の取扱いに必要となる施設の中で、着陸帯、滑走路、誘導路、エプロンは基本施設と称され、そのうち着陸帯を除く施設は舗装されなければならない(図-3.1.1)。これらに関しては空港土木施設設計基準²⁾により具体的に規定されているが、基本施設の中でも特に重要な滑走路、誘導路、エプロン等の舗装については、空港アスファルト舗装構造設計要領³⁾、空港コンクリート舗装構造設計要領⁴⁾により設計方法が定められているほか、施工方法に関しても規定が設けられている⁵⁾。空港では、コンクリート舗装が、静止もしくは低速走行状態で航空機荷重が加わるエプロンや誘導路の一部に使用されているのに対し、アスファルト舗装は、施工後交通開放までの時間が短い、維持・補修が比較的容易である、わだちぼれが発生しやすい、油におかされやすいといったことから、比較的高速で載荷され、燃料もれの危険性の少ない滑走路や誘導路の一部に使用されることが一般的である。

空港舗装の特徴としてまず第一に挙げられる点は、面的な舗装であるということである。その広さは乗入れられる航空機の大きさによって異なっている。たとえば、

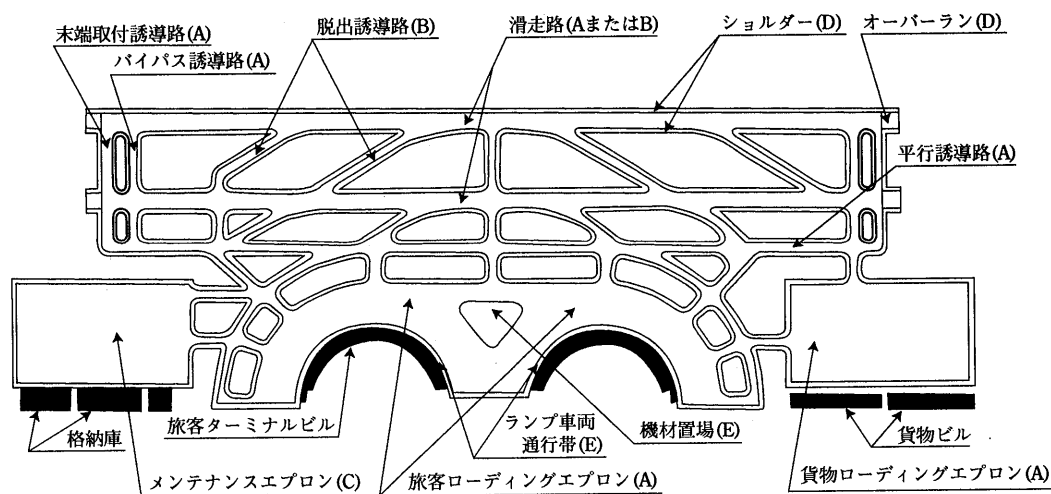


図-3.1.1 空港舗装区域²⁾

滑走路の長さは小型機用の800mから大型ジェット機用の2,500mまでとなっており、それに応じて幅員も30mから60mまでに変わる。また、誘導路は航空機の走行位置が滑走路よりも中心線上により集中するため、その幅員は最大でも30mでよく、エプロンの広さは、航空機同士が接触しないように、大型ジェット機の場合で1スポットあたり幅70m、奥行190または130mが必要である。

二つ目の特徴は、時速300kmにもなる航空機の走行時の安全性を確保するための方策を採っている点である。たとえば、滑走路・誘導路は縦断方向にできる限り水平で、かつ勾配変化も最小限に留めることが航空機の運行面からみて望ましく、雨水を排除するために舗装中心線から左右両側に最大で2%の勾配を設けることが必要とされる。エプロンでは排水上から0.5%が最小値とされ、駐機中の航空機の移動防止の観点からは1.0%が最大値とされている。

三つ目の特徴は大型航空機を安全に支持するための方策を採っている点である。航空機が空港に乗り入れ可能かどうかを判断する基準が国際民間航空機関(ICA0: International Civil Aviation Organization)により定められている⁶⁾。これによれば、56kN以上の航空機を対象とする空港においては、その舗装強度をACN-PCN法(ACN: Aircraft Classification Number, PCN: Pavement Classification Number)によって評価して、AIP(Aeronautic Information Publication)として報告しなければならない。この方法では、航空機のACNが空港舗装のPCNと等価かまたは小さければ乗り入れが可能で、ACNがPCNよりも大きい場合でも、ACNがPCNの1.1倍を超えず、しかも交通量が全体の5%未満であれば乗り入れが認められる。

3. 走行安全性

その大部分でアスファルト舗装が用いられている滑走路ならびに誘導路は航空機の運行に直接係わる施設であり、平坦性とすべり抵抗性は極めて重要な項目となっている。

3.1 平坦性

平坦性については高速走行性の観点から考える必要がある。縦断方向平坦性が悪化すると、パイロットの航空機操縦性、乗客の乗心地のほか、航空機の損傷といった点に影響することに加え、航空機の走行による動的荷重が増加することにより舗装自体にも影響が及ぶことに注意する必要がある⁷⁾。

航空機の高速走行性に直接関わる平坦性についての規格は表-3.1.1に示すとおり定められているが、このほかにも、視距離(滑走路の見通しの程度を表す)、勾配変化点間隔といった点について規定されている。なお、誘導路においては、航空機の走行速度が滑走路と比べて小さいため、縦断方向の平坦性に関わる要求はそれほど厳しくない。

表-3.1.1 滑走路の縦断方向平坦性に関する規定²⁾

滑 走 路 長 (m)	縦 断 勾 配 (%)	勾 配 変 化 量 (%)
1,500以上	1.0以下	1.5以下
900以上1,500未満	1.0以下	1.5以下
900未満	1.5以下	2.0以下

3.2 すべり抵抗性

舗装表面のすべり抵抗性は湿潤状態になると低下し、駆動時のハイドロプレーニング現象や制動時のスリップ現象の生ずる危険性が大きくなる。これに対処するために、滑走路の横断勾配を最大で1.5% (延長900m以下の滑走路は2.0%)と規定しているほか、すべり抵抗性をより確実なものとするために横断方向にグルーピングを設置することを原則としている。

このような措置を講じたとしても、航空機が着陸したり、制動をかけたりするたびに舗装表面には航空機タイヤのゴムが付着するため、すべり抵抗性は徐々に低下していく(図-3.1.2)⁸⁾。さらに、航空機の繰返し走行によりグルーピングの目つぶれが発生し、それによってすべり抵抗性は低下する。そのため、すべり抵抗性を常時確認することが必要となり、湿潤時にお

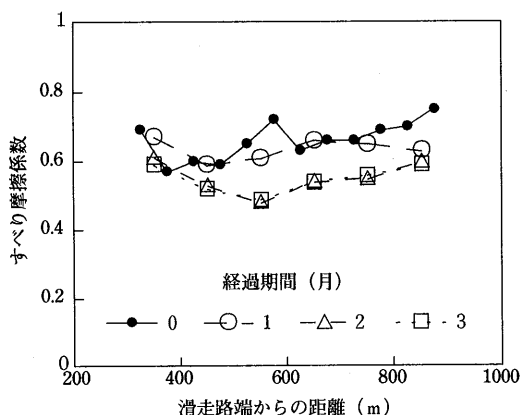


図-3.1.2 すべり摩擦係数の経時変化⁸⁾

る滑走路のすべり摩擦係数の目標値として、表-3.1.2に示す値⁹⁾が提案されている（水膜厚1mm）。

表-3.1.2 すべり摩擦係数の管理目標値⁹⁾

装 置	速 度 (km/h)	タイヤ	すべり摩擦係数	
			グーピング あり	グーピング なし
μメータ	65	RL-2	0.60	0.50
SFT	95	RL-2	0.55	0.45
SFT	95	AERO	0.45	0.40

4. 構造安定性

4.1 航空機荷重

舗装の構造設計においては、外力として荷重の大きさと頻度を取り込むことが必要となる。空港舗装の場合、航空機はその大きさが大型ジェット機から小型プロペラ機まで異なっているので、表-3.1.3に示すように設計荷重としてまとめられている。これは、各区分に含まれる航空機荷重に対してはアスファルト舗装の基準舗装厚（路盤がすべて粒状材からなるとした場合の舗装厚）がほぼ同じになるようにして決定されたものである。実際の設計にあたっては、就航航空機の中で最大舗装厚を必要とする航空機が属するものを設計荷重区分として選ぶのが一般的である。

表-3.1.3 設計荷重の区分⁹⁾

設計荷重区分	機 種
LA-1	B-747, DC-10, L-1011
LA-12	A-300, B-767
LA-2	A-320, MD-81, MD-87
LA-3	DC-9-41, B-737-200
LA-4	YS-11
LSA-1	ドルニエ228-200, DHC-6-300
LSA-2	N24A, BN2A

交通量は、図-3.1.3に示すような航空機の舗装幅員方向の分布状況¹⁰⁾を勘案して、反復作用回数（カバレッジ）によって表現される。このカバレッジは設計荷重がある地点に繰返し作用する回数として定義され、具体的には、走行位置分布を正規分布と考えた場合の標準偏差の3倍の範囲を全航空機の主脚が一様に通行すると考えて計算される。

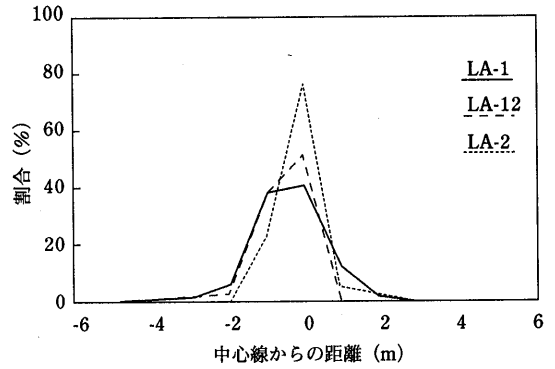


図-3.1.3 ノーズギヤの横断方向通過位置分布¹⁰⁾

4.2 構造設計

わが国の空港アスファルト舗装の構造設計は図-3.1.4に示すフローに従って実施される。

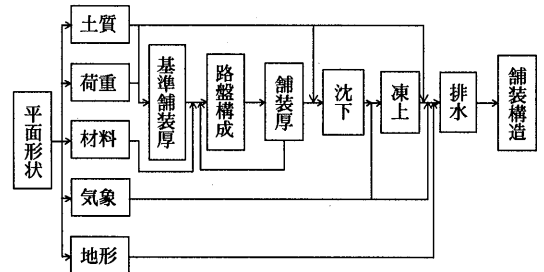


図-3.1.4 構造設計のフロー³⁾

具体的な構造設計式としては、基本的には米国陸軍工兵隊（Corps of Engineers：CE）により開発されたCBR設計法が採用されている。このCE法は、米国カリフォルニア州道路局で研究開発されたCBR設計法を空港舗装へ適用したものである（(1)式）。主脚車輪が複数の場合には、式中のAとして複数輪を単輪に置き換えた等価単車輪荷重（ESWL）に対して計算されたものを使用する必要がある。このESWLとは実際の脚荷重によるたわみを単一荷重により生じさせることができる大きさの荷重のことである。この式は航空機の交通量が5,000カバレッジに相当するものであり、それ以外の交通量に対しては荷重繰返し係数 $f (=0.23\log C + 0.15)$ 、C：カバレッジ）を用いて舗装厚を増減することが必要となる。

$$\frac{t}{\sqrt{A}} = \sqrt{\frac{1}{0.57 \frac{CBR}{p}} - \frac{1}{\pi}} \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 t ：舗装厚（cm）、 A ：タイヤ接地面積（ cm^2 ）、 p ：接地圧（ kgf/cm^2 ）

表-3.1.4はB-747で代表される設計荷重LA-1の場合の基準舗装厚である。表・基層厚と上層路盤厚も設計荷重・交通量に応じて規定されているが、安定処理路盤を用いた場合には等価値を用いて減厚できる。

表-3.1.4 LA-1に対する基準舗装厚³⁾
(単位: cm)

路床の設計CBR	設計カバレッジの区分				
	a	b	c	d	e
2	256	269	288	307	328
2.5	226	238	256	275	295
3	202	215	232	249	268
3.5	184	196	210	227	245
4	168	180	195	210	227
4.5	154	165	180	195	210
5	143	153	169	183	199
6	125	134	148	162	176
7	112	121	132	145	158
8	101	109	120	131	144
9	92	100	110	120	132
10	84	92	101	110	122
12	73	80	87	95	106
14	64	70	78	85	94
16	58	63	70	76	84
18	54	58	64	70	76
20以上	54	54	59	64	70

航空機の重量は、同一機種であっても、乗客、貨物、燃料の積載量等によって変化するため、空港内での舗装区域を図-3.1.1に示すようにA～E区域に分けて、舗装厚を変えるようになっている（ただし、Eは航空機以外の車両のみが使用する区域）。前掲の表-3.1.4はA舗装区域の舗装厚に相当するので、B～D舗装区域は、それぞれ、90、80、50%とする必要がある。

4.3 評価

空港舗装の評価とそれに引き続く補修は図-3.1.5に示すフローに従って実施される¹¹⁾。このシステムは、まず表面性状の評価により補修の必要性を判断し、次に舗装構造の評価を行って構造上の問題の有無を判断し、そして適切な補修方法を選定したのち、設計・工事を実施するという流れになっている。

4.3.1 表面性状

空港舗装の表面性状はPRI (Pavement Rehabilitation Index)によって定量化されている。この算定に使

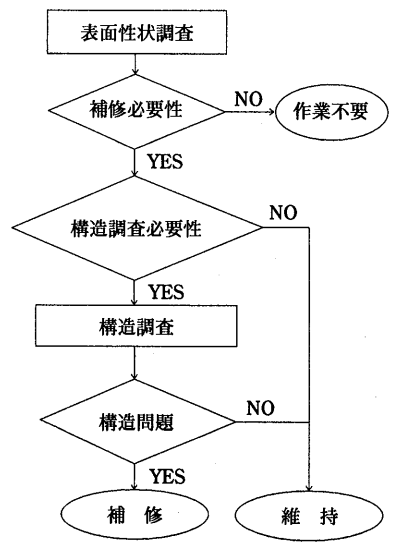


図-3.1.5 評価・補修のフロー¹¹⁾

われている破損形態はひびわれ、わだちぼれ、平坦性の3種類であり、それらの破損状況から(2)式によりPRIが計算される。

$$PRI = 10 - 0.450 \cdot CR - 0.0511 \cdot RD - 0.655 \cdot SV \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 CR：ひびわれ率(%、=ひびわれ面積／各調査区画の面積)、

RD：わだちぼれ (mm、最大値)、

SV：平坦性 (mm、3 mプロフィロメータによる測定値の標準偏差)。

補修の時期は計算されたPRIの値から、表-3.1.5に示す基準に従って、A (補修は必要なし)、B (近い将来必要である)、C (早急に必要である)の3つにランク分けされる。このPRIは630m²の区画ごとに計算される。舗装の破損は通常複合した原因によることが多いが、1項目だけの破損が際だち、他の種類の破損がほとんど生じていない場合を考えて、上式で使用了項目のそれぞれについて個別に基準が設けられている。

表-3.1.5 PRIの基準値¹¹⁾

舗装区域	評 価		
	A	B	C
滑走路	8.0以上	3.8以上8.0未満	3.8未満
誘導路	6.9以上	3.0以上6.9未満	3.0未満
エプロン	5.9以上	0以上5.9未満	0未満

運輸省が設置管理者となっている第1種、第2種空港では、表面性状調査が定期的に行われている。図-3.1.6は、昭和62年当時のデータを利用してアスファルト舗装におけるPRIをまとめたものである¹²⁾。平均値で見ると、滑走路、誘導路、エプロンともAランクとなり、表面性状は良好であることがわかる。

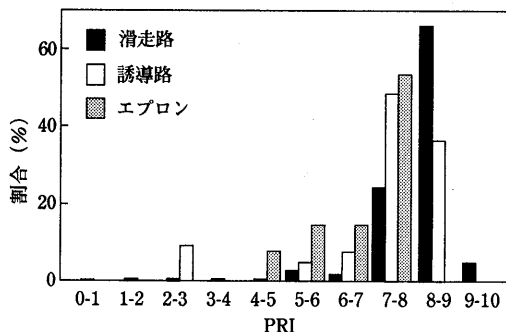


図-3.1.6 PRIの状況¹²⁾

4.3.2 構造

舗装の構造を評価する方法としては解体調査と非破壊調査がある。空港アスファルト舗装における非破壊調査法としてはダイナフレクトによる調査が標準となっており、ダイナフレクトにより測定された最大たわみ (DMD) が図-3.1.7に示した基準値 (基準DMD) を上回れば、何らかの構造強化が必要とされる。なお、

DMDはアスファルトコンクリートの温度の影響を受けることから、基準温度を20℃に設定し、それ以外の温度のときに測定が行われた場合には補正する必要があるとしている。

ダイナフレクトに代わって最近ではFWDが使用されることが多くなっている。この方法は現時点では基準化されるまでは至っていないが、現行の空港アスファルト舗装構造設計法であるCBR法に従って構造状態の判定ならびにオーバーレイ厚の算定をする方向で研究が進行している。オーバーレイ工事の前後で測定されたFWD最大たわみ (D_0) を示した図-3.1.8¹³⁾から、補修後に測定した時点の舗装表面温度が補修前のものに比べて低いことを考慮に入れてもオーバーレイによる実質的なたわみの減少が明らかであり、補修す

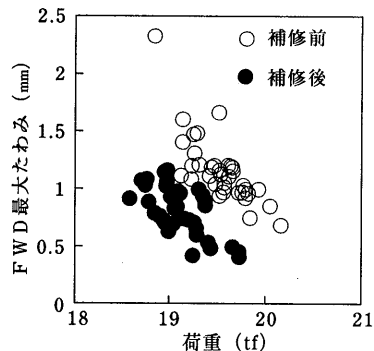


図-3.1.8 オーバーレイによるたわみの変化¹³⁾

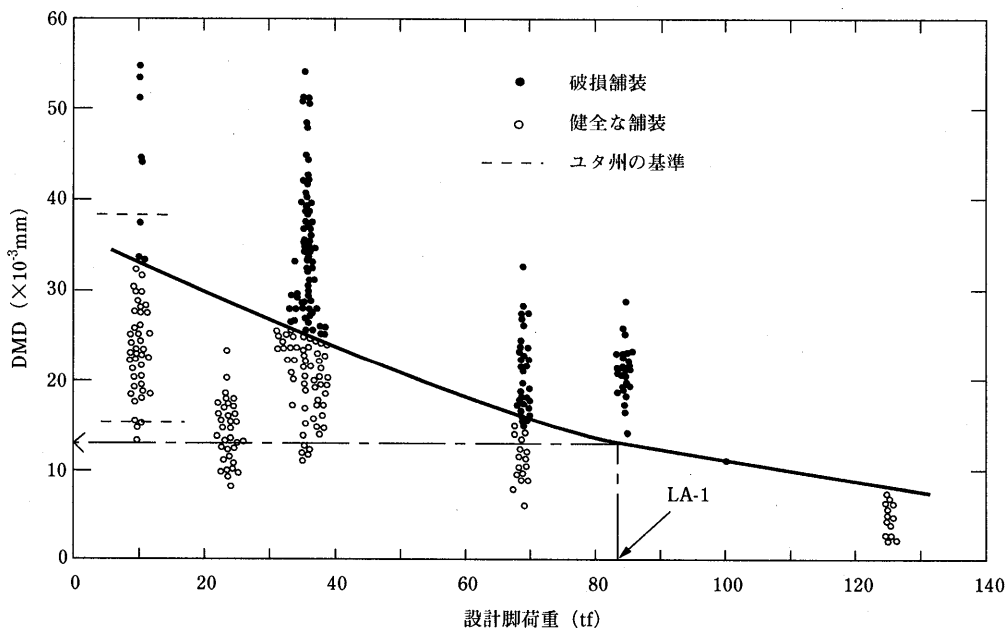


図-3.1.7 DMDの基準値¹¹⁾

ることによって舗装支持力が回復されたことがわかる。この構造評価の結果をオーバーレイ厚設計へ反映させるためには、設計荷重により舗装内に生じるひずみを計算することが必要となる。図-3.1.9は設計航空機荷重が載荷された場合のひずみ (ϵ_{as} : 表・基層, ϵ_{sg} : 路床) の計算結果を示したものである¹⁴⁾。この図から、弾性係数が低下するにつれてひずみ(絶対値)が増加する傾向が明らかであること、車輪通過位置におけるひずみ(絶対値)が相対的に大きなものとなっていることがわかる。

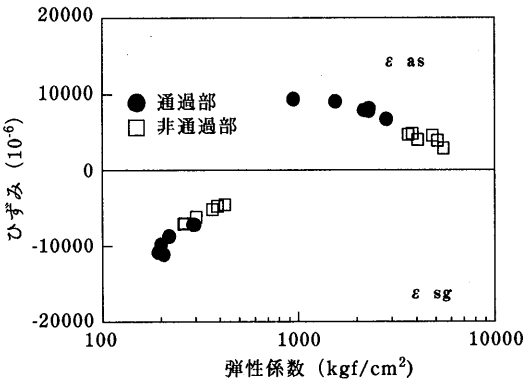


図-3.1.9 舗装の弾性係数とひずみ¹⁴⁾

4.4 補修

舗装の破損には舗装路面だけのものと舗装構造にまで及んでいるものとがあるため、補修する場合にも路面だけを補修すればよい場合と構造まで改善しなければならない場合とがある。いずれにせよ、アスファルト舗装ではオーバーレイや切削打換えが一般的に採用されるが、構造上問題のある場合には全面打換えも用いられる。

アスファルト舗装のアスファルトによるオーバーレイでは、ダイナフレクトにより測定されたたわみに多層弾性理論を適用して、オーバーレイ厚を算定する方法が用いられる。これは、まず、アスファルト舗装をアスファルトコンクリート層とそれ以下の部分からなる2層構造と考えるとダイナフレクトのたわみからそれぞれの弾性係数を推定し、そしてオーバーレイされた舗装を3層構造体と考えるとダイナフレクトの荷重が加わった場合のたわみを計算し、それが基準DMD以下となるようにオーバーレイ厚を決定するというものである。オーバーレイされた舗装についての計算値と実測値を比較した図-3.1.10から、この方法は妥当なものであるとわかる¹⁵⁾。

コンクリート舗装のオーバーレイにおいては、コンクリートを用いると長期間の施設閉鎖を余儀なくされる。これに対処するためにアスファルトコンクリートを用いる場合には、オーバーレイされた舗装を路床・路盤、コンクリート版、オーバーレイ層からなる3層構造体と考え、設計荷重によりコンクリート版に生ずるひずみがこの荷重に対するコンクリート舗装の場合のひずみに等しくなるようにオーバーレイ厚を決めればよい。図-3.1.11は、設計荷重がB-747-200Bで、

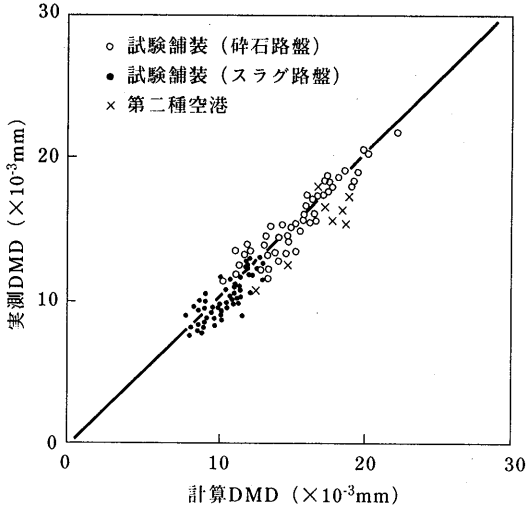


図-3.1.10 DMDの計算値と実測値¹⁵⁾

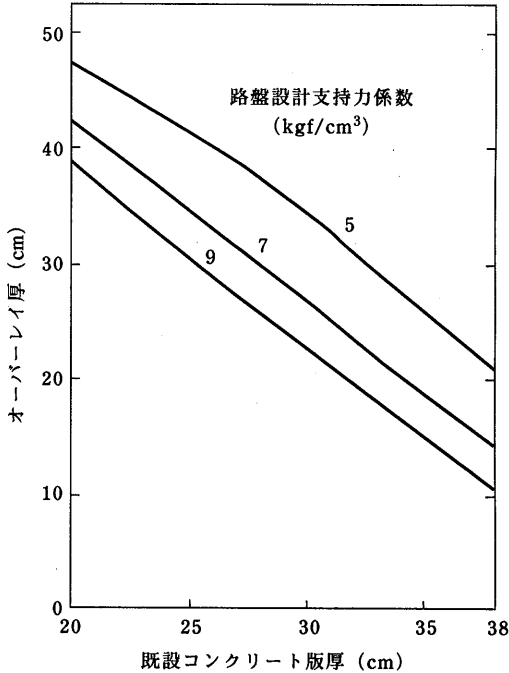


図-3.1.11 オーバーレイ厚設計曲線¹⁶⁾

既設コンクリート版の目地の荷重伝達率が80%の場合のオーバーレイ厚設計曲線である¹⁶⁾。

しかし、アスファルトコンクリートを用いると荷重の繰返し作用により大きな塑性変形が生じることとなるため、半たわみ性舗装材料の使用も試みられている¹⁷⁾。この方法では、母体アスファルト混合物として改質アスファルトを使用し、空隙率が23%程度となるようなものを用いること、製造後30分程度の間流動性が確保でき、しかも曲げ強度では材齢3時間で20kgf/cm²に達するようなセメントミルクを用いること、そしてアスファルト混合物の温度が80℃に低下した時点でセメントミルクを注入することにより、施工後3時間程度で舗装が供用可能となることが示されている。たとえば、目地部におけるFWD最大たわみをまとめた図-3.1.12をみると、施工後数時間経過後にはたわみがオーバーレイ前のものより小さくなることがわかる。

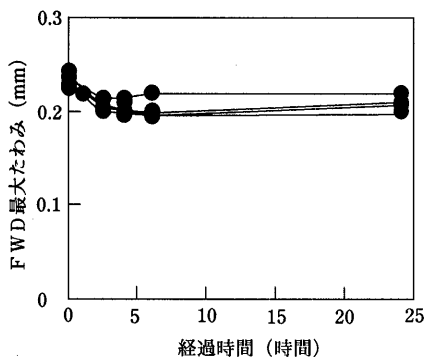


図-3.1.12 FWDたわみの経時変化¹⁷⁾

5. 材 料

5.1 現行材質規定

空港舗装の設計対象である航空機は、道路舗装の設計対象である自動車に比較すると、荷重が大きいという特徴がある。この場合は接地圧と接地面積の両方が大きいものとなっており、たとえば、接地圧でみれば自動車が4～8 kgf/m²であるのに対し、航空機は10～15 kgf/m²であり、接地面積でみれば自動車が600～1,000 cm²であるのに対し、航空機は1,200～1,600 cm²となっている。この接地圧、接地面積が大きいことは、アスファルト舗装内に生ずる応力も大きいことを意味している。

このような事実は空港舗装に用いられる材料、特に表・基層を構成するアスファルトコンクリートの材質に対する要求に反映されている。具体的には、わが国の場合、表-3.1.6に示すとおり、マーシャル安定度で

900kgf以上 (75回突固め)、500kgf (50回突固め) といった値が要求されている。なお、アスファルトとしてJIS K 2207に適合するストレートアスファルト (針入度40～60, 60～80, 80～100, 100～120) が、骨材として表-3.1.7に示す粒度範囲のものが規定されている。また、1層仕上り厚は7 cm以下としなければならず、骨材の最大粒径は、表層の場合1層仕上り厚さの1/2以下、基層の場合2/3以下としなければならぬとされている。路盤用アスファルト安定処理混合物に対する基準値としては表-3.1.8に示すものが規定されており、この場合の1層仕上がり厚は10 cm以下とされている。

表-3.1.6 マーシャル特性の規格 (表・基層)⁵⁾

項 目	表 層		基 層	
突 固 め 回 数 (回)	75	50	75	50
マーシャル安定度 (kgf)	900以上	500以上	900以上	500以上
フロー値 (1/100cm)	20～40	20～40	15～40	15～40
空げき率 (%)	2～5	3～5	3～6	3～6
飽 和 度 (%)	75～85	75～85	65～80	65～80

表-3.1.7 骨材の通過質量百分率⁵⁾

(単位: %)

粒 径 (mm)	表 層			基 層
	タイプ I		タイプ II	
	20	13	13 F	
26.5	100	—	—	100
19	95～100	100	100	95～100
13.2	75～90	95～100	95～100	70～90
4.75	45～65	55～70	45～65	35～55
2.36	35～50	35～50	30～45	20～35
0.600	18～30	18～30	25～40	11～23
0.300	10～21	10～21	20～40	5～16
0.150	6～16	6～16	10～25	4～12
0.075	4～8	4～8	8～12	2～7

表-3.1.8 マーシャル特性の規格 (路盤)⁵⁾

項 目	タイプ A	タイプ B
突固め回数 (回)	両面75	両面50
安定度 (kgf)	500以上	350以上
フロー値 (1/100cm)	20～40	20～40
空げき率 (%)	3～8	3～8

米国連邦航空局 (Federal Aviation Administration, FAA) のアスファルトコンクリートに対する規格 (マーシャル特性) を表-3.1.9にまとめてある¹⁸⁾。同様に骨材に関する規格を表-3.1.10にまとめた。

表-3.1.9 マーシャル特性の規格 (FAA)¹⁸⁾

項 目	重量27tf 以上の航空機 7 kgf/cm ² 以上の接地圧	重量27tf 未満の航空機 7 kgf/cm ² 未満の接地圧
突固め回数 (回)	75	50
マーシャル安定度 (kgf)	800以上	450以上
フロー値 (1/100cm)	20~40	20~50
空隙率 (%)		
表・基層	3~5	3~5
路 盤	3~5	3~5

表-3.1.10 骨材粒度とアスファルト量 (FAA)¹⁸⁾
(単位: %)

項 目	最 大 粒 径 (mm)			
	30	24	19	12.5
粒径 (mm)				
通 30.0	100	—	—	—
24.0	86~98	100	—	—
過 19.0	68~93	76~100	100	—
12.5	57~81	66~86	79~99	100
百 9.5	49~69	57~77	68~88	79~99
4.75	34~54	40~60	48~68	58~78
分 2.36	22~42	26~46	33~53	39~59
1.18	13~33	17~37	20~40	26~46
率 0.600	8~24	11~27	14~30	19~35
0.300	6~18	7~19	9~21	12~24
(%) 0.150	4~12	6~16	6~16	7~17
0.075	3~6	3~6	3~6	3~6
アスファルト量				
碎石・砂利	4.5~7.0	4.5~7.0	5.0~7.5	5.5~8.0
ス ラ グ	5.0~7.5	5.0~9.0	6.5~9.5	7.0~10.5

5.2 空港舗装材料としての要求事項

5.2.1 わだちぼれ対策

上記のように、空港ではストレートアスファルトを使用することが標準となっているので、厳しい荷重条件下、すなわち、大型航空機が停止あるいは低速走行する場合にはわだちぼれの生ずる危険性が高い。このわだちぼれに対処するためには、空港舗装の場合、路

床を含めた舗装全体の耐荷性を高めることの重要性が指摘されているところであるが、走行位置が特に集中する箇所ではアスファルトコンクリートそのものの耐荷性についても改善する必要がある。昭和50年代始めには、当時エプロンに用いられていたアスファルト舗装にみられたわだちぼれに対するアスファルトコンクリート材料面に関する知見として、

- ① 空げき率の大きな不連続粒度のアスファルトコンクリートはあまり効果を期待できない
- ② 連続粒度アスファルトコンクリートは細粒分のやや少ないものが有効である
- ③ ストレートアスファルトは針入度の小さいものがわだちぼれが小さい
- ④ ゴム樹脂入りアスファルトの耐わだちぼれ性は良好である

ことが示されている¹⁹⁾。

昭和60年代には、改質アスファルトを使用したアスファルトコンクリートの空港舗装への適用が試みられている²⁰⁾。この改質アスファルトには添加剤としてゴム系ラテックスと熱可塑性樹脂粉末が使用された。これらの材料を用いて行った施工後の状況について追跡調査が行われている。わだちぼれの経年変化について示した図-3.1.13から、わだちぼれの大部分は施工直後から1年間に発生していることがわかる。施工後5年経過した時点におけるわだちぼれを比較すると、ゴム系添加剤を用いたものでは25~30mm、樹脂系添加剤を用いたものでは15~20mmと前者のほうが1.5程度大きな値となっていることがわかる。

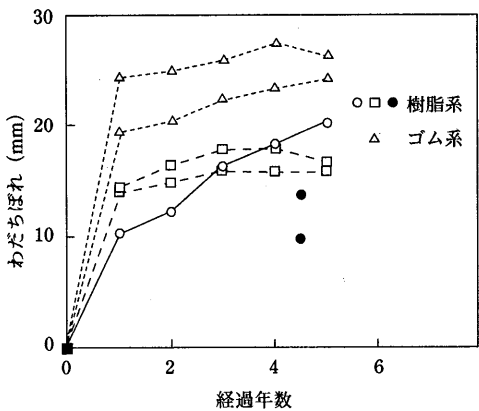


図-3.1.13 わだちぼれの経年変化²⁰⁾

このようなわだちぼれはアスファルトコンクリートの空隙率の低下もその一因であり、わだち部の空隙率

の経年変化を示した図-3.1.14からは、施工直後は3～5%であった空隙率が5年後には1%以下にまで減少していることが認められる。添加剤の違いをみれば、ゴム系添加剤を用いたもののほうが空隙率の低下が著しく、供用開始3年後には空隙率が0となっていることがわかる。

この追跡調査では、樹脂系改質アスファルトを用いて注意深く施工すればわだちぼれを防止する上で有効であること、ゴム系改質アスファルトは、樹脂系改質アスファルトに比べて、ひび割れは少なくできるものの、わだちぼれが増加するので、荷重条件によってはその適用が難しいことが指摘されている。

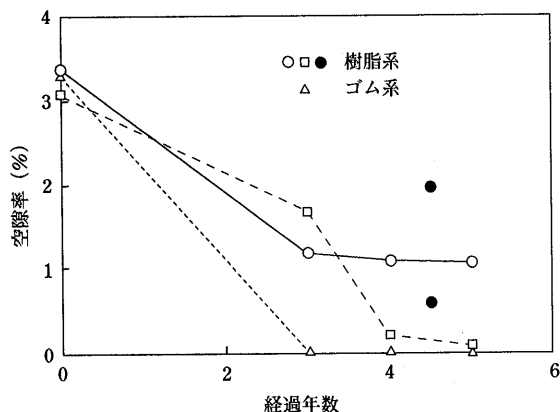


図-3.1.14 わだち部空隙率の経年変化²⁰⁾

5.2.2 層間剝離対策

航空機の制動等に起因する水平荷重により表・基層間の接合面には過大な応力が発生し、層間剝離、ひび割れ、スポーリングといった破損が生ずる危険性が高く、夏季における破損事例が実際にみられる。この応力の計算例として図-3.1.15に接合面に作用するせん断応力を示した。

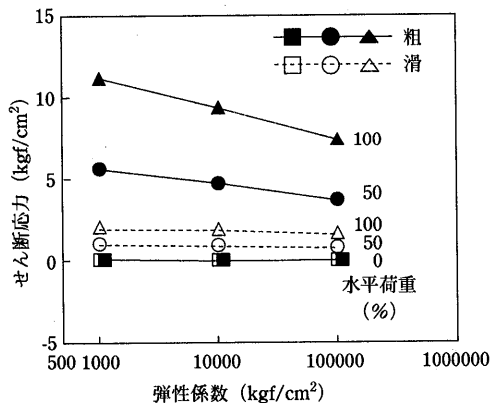


図-3.1.15 表・基層接合面のせん断応力²¹⁾

断応力を示した(表・基層間の付着状況として付着のある場合(粗)とない場合(滑)の2種類を考え、水平荷重の大きさは主脚重量の0, 50, 100%を用いた)、このせん断応力は、接合面が滑の場合は小さいが、粗の場合は水平荷重が加わると著しく増加するため、水平荷重の作用により表・基層の破壊に至る危険性のあることが裏付けられた。

このような表・基層間の付着程度は、その面に付着している土砂、ほり等のよごれの程度によって変わってくることを、しかもこれらのよごれは、オーバーレイや新設でも表層と基層との間の施工時間間隔が長い場合に著しくなることが考えられたので、表・基層間の施工間隔が6箇月、2週間と異なっている舗装から試料を採取して層間付着力を調べた。図-3.1.16に示したせん断強度から、温度、載荷速度によらず、施工時間間隔の短いほうが強度は大きくなっており、付着強度は表・基層の施工時間間隔の影響を受けることが確かめられた²¹⁾。

このような破損を防ぐためにはタックコートの養生時間を十分確保することが必要である。しかし、実際の補修工事を考えると、短時間の養生により層間の付着が期待できるような材料・工法が必要となっており、新たな試みもなされている²²⁾。

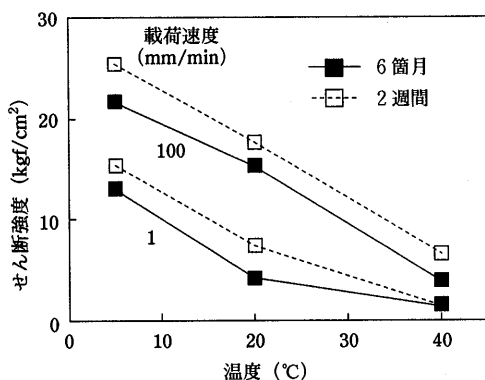


図-3.1.16 現場採取供試体のせん断強度²¹⁾

5.2.3 老化対策

空港舗装における交通荷重の特徴である載荷頻度の少ないことは、アスファルトコンクリートの老化を促進させ、表面ひび割れ発生の原因となる。その例として、図-3.1.17にはある空港における舗装のひび割れ率の経年変化を示している²³⁾。各位置におけるひび割れ率とその成長速度は期間の経過につれて増加することに加え、各位置でのひび割れはまったく異なった状態

にあることがわかる。すなわち、コーラルリーフロックを骨材とし、特殊アスファルト40-60をバインダーとしたアスファルトコンクリートからなる誘導路南側部分は、最も顕著なひび割れを呈している。バインダーとしてストレートアスファルト60-80を使用している誘導路北側部分では、その次にひび割れが多くなっている。そして、通常骨材とストレートアスファルトを用いている滑走路は最も少ないひび割れ発生状況である。

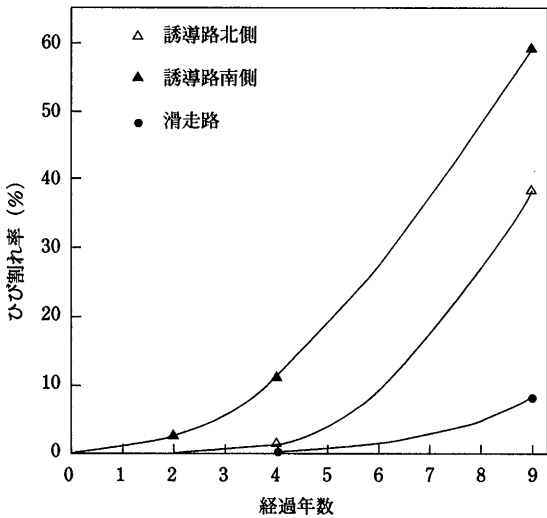


図-3.1.17 ひび割れ率の経年変化²³⁾

このような老化に伴うアスファルトコンクリートの性状変化を室内試験により調べた²⁴⁾。図-3.1.18は残留針入度 (70℃の熱劣化を与えたものの針入度を原アス

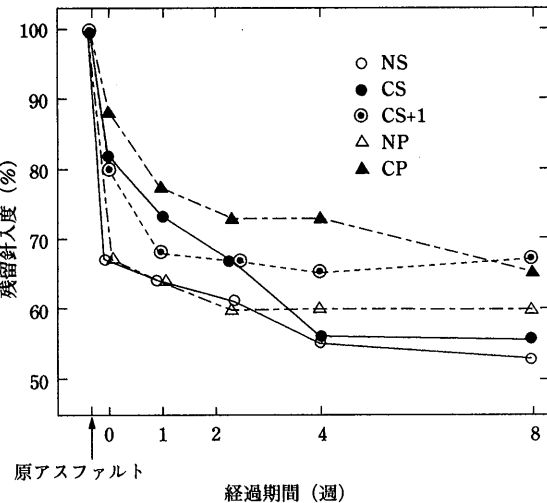


図-3.1.18 残留針入度の経時変化²⁴⁾

ファルトの針入度に対する百分率で表す)の経時変化を示したものである (N:通常骨材, C:コーラルリーフロック, S:ストレートアスファルト, P:特殊アスファルト), 劣化期間の経過とともにアスファルトが硬化し、感温性が小さくなる傾向を示している。この図から、CS+1 (CSの最適アスファルト量より1%増加したもの) から回収したアスファルトが他のものに比べて硬化しにくいことが認められ、アスファルト量の増加がアスファルトの老化防止策として有効なものであると考えられている。

5.2.4 省資源対策

省資源対策として再生アスファルトコンクリートの空港舗装への適用性についても検討がなされている²⁵⁾。その例として、図-3.1.19には、空港基本施設の表層を対象として、通常骨材、再生骨材(配合率30, 40%)を用いて作製したアスファルトコンクリートの曲げ試験における破断ひずみを示した。曲げ強度は再生率につれて増加するが、破断ひずみは逆に減少することがわかる。化学的性状でみると再生混合物の老化程度が著しいため、再生混合物は空港舗装の基層ならびに上層路盤には適用できる(最大再生骨材配合率40%)ものの、表層への適用については問題があるとされている。

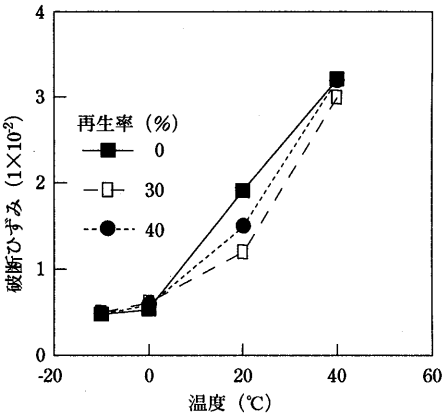


図-3.1.19 再生アスファルトコンクリートの破断ひずみ²⁵⁾

6. まとめ

昭和40年代初めから本格化したわが国の民間航空輸送は、現在では交通輸送全体の中で非常に重要な位置を占めるまでに至っている。これは航空輸送が高い信頼性を有するためであり、空港舗装技術もその一翼を担っているものと自負している。本稿では、空港におけるアスファルトの利用として、空港アスファルト舗

装の表面形状、構造、材料、それぞれの点について、空港舗装に対する要求性能や荷重条件が道路舗装とは異なることに起因する事項を中心に、技術の現状についてとりまとめた。アスファルト舗装は空港の機能を

確保する上で欠かせないものであるので、設計、施工、材料、それぞれの面でのよりよい技術の開発が今後も引き続き望まれよう。

— 参考文献 —

- 1) 森口 拓：空港舗装とアスファルト，アスファルト，Vol.16, No.89, P.9-15, 1973.
- 2) 運輸省航空局：空港土木施設設計基準，(財)航空振興財団，1989.
- 3) 運輸省航空局：空港アスファルト舗装構造設計要領，(財)航空振興財団，P.78, 1990.
- 4) 運輸省航空局：空港コンクリート舗装構造設計要領，(財)航空振興財団，P.121, 1990.
- 5) 運輸省航空局：空港土木工事共通仕様書，(財)航空振興財団，1993.
- 6) International Civil Aviation Administration : Aerodrome Design Manual, Part3,Pavements, P.346,1983.
- 7) Yang,N.C. : Interaction of Aircraft and Ground Structure, Journal of the Structural Division, ASCE, Vol.96, No.ST6, P.1119-1142, 1970.
- 8) 八谷好高，梅野修一，藤倉豊吉：空港滑走路のすべり抵抗性，土木学会，舗装工学論文集，第1巻，P.159-166, 1996.
- 9) (財)航空保安協会：グルーピング滑走路の安全性に関する第二次調査研究報告書，P.101, 1986.
- 10) 梅野修一，八谷好高：空港舗装における航空機車輪の通過位置，土木学会，第45回年次学術講演会講演集第V部，P.30-31, 1990.
- 11) 運輸省航空局：空港舗装補修要領（案），P.95, 1984.
- 12) 八谷好高，A.J.Bush：空港アスファルト舗装の破損と供用性の実態，土木学会，第43回年次学術講演会講演集第V部，P.122-123, 1988.
- 13) 八谷好高：FWDによる舗装診断の実例ー空港舗装への適用ー，アスファルト，Vol.35, No.175, P.30-33, 1993.
- 14) 八谷好高，野田 工：空港アスファルト舗装の構造評価の実際，土木学会，第50回年次学術講演会講演集第V部，P.582-583, 1995.
- 15) 佐藤勝久，福手 勤：ダイナフレクトによる空港アスファルト舗装強度評価とかさ上げ厚設計，土木学会論文報告集，No.303, P.109-118, 1980.
- 16) Hachiya, Y., Sato, K., Kawakami, A. : Thickness Design of Asphalt Overlays on Concrete Pavement, 7th International Conference on Design, Construction and Performance of Asphalt Pavements, Vol.1, P.61-72, 1992.
- 17) 八谷好高，市川常憲：半たわみ性材料によるコンクリート舗装の急速補修，土木学会論文集，No.550/V-33, P.185-194, 1996.
- 18) Federal Aviation Administration : Standards for Specifying Construction of Airports, AC150/5370-10A, P.349, 1989.
- 19) 運輸省港湾技術研究所土質部滑走路研究室：空港アスファルト舗装のわだちぼれ対策，P.41, 1976.
- 20) 大林正和：改質アスファルトコンクリートによるオーバーレイおよび追跡調査，アスファルト，Vol. 36, No.179, P.40-44, 1994.
- 21) 八谷好高，梅野修一：空港アスファルト舗装の表・基層間付着力，土木学会，第51回年次学術講演会講演集第V部，P.12-13, 1996.
- 22) Hachiya,Y., Sato,K.:Effect of Tack Coat on Bonding Characteristics at Interface between Asphalt Concrete Layers, 6th International Conference on Concrete Pavement Design and Rehabilitation, 1997.
- 23) Sato,K., Hachiya,Y., Abe,Y. : Changes in Properties of Asphalt Concretes due to Aging, Mini-Workshop on Paving in Cold Areas, Canada/Japan Science and Technology Consultations, pp.85-116, 1987.
- 24) 八谷好高，福手 勤，佐藤勝久：老化にともなうアスファルトコンクリートの性状変化，土木学会，第38回年次学術講演会講演集第V部，P.449-450, 1983.
- 25) 八谷好高，梅野修一，中村 健，野田 工：再生アスファルト混合物の基本的性状，港湾技研資料，No.836, 15p., 1996.

第2章 港 湾

1. 概 要

港湾地区においてもアスファルト材料が多く使用されている。港湾の機能を果たす上で重要な施設であるエプロン（岸壁、栈橋および物揚場の上面、写真－3.2.1）、その背後の荷さばき地、臨港道路などの臨港交通施設などにアスファルト舗装が適用されている。エプロンは港湾法（昭和25年、法律第218号）の第56条の2に基づく、港湾の施設の技術上の基準を定める省令（昭和49年、運輸省令第30号）により定められている施設であり、その第4章係留施設の第11条に岸壁、栈橋および物揚場の規程があり、その中に、③岸壁、栈橋および物揚場の上面は、載荷重に照らし、セメント・コンクリートもしくはアスファルト・コンクリートまたはこれらに類するものにより適切に舗装するものとされている。臨港交通施設は省令第12条に規定されており、そのうち港湾の道路については道路構造令（昭和45年、政令第320号）を準用するものと港湾施設の技術上の基準・図解説りに定められている。

また、舗装ではないがアスファルトマットでもアスファルト材料を使用している。アスファルトマットは、主に捨石マウンドの上に敷き、ケーソンと捨石マウンドの滑り摩擦抵抗を増大させるために利用されている。

ここでは、エプロン、臨港交通施設のアスファルト舗装とアスファルトマットについて記載している。

2. エプロン舗装

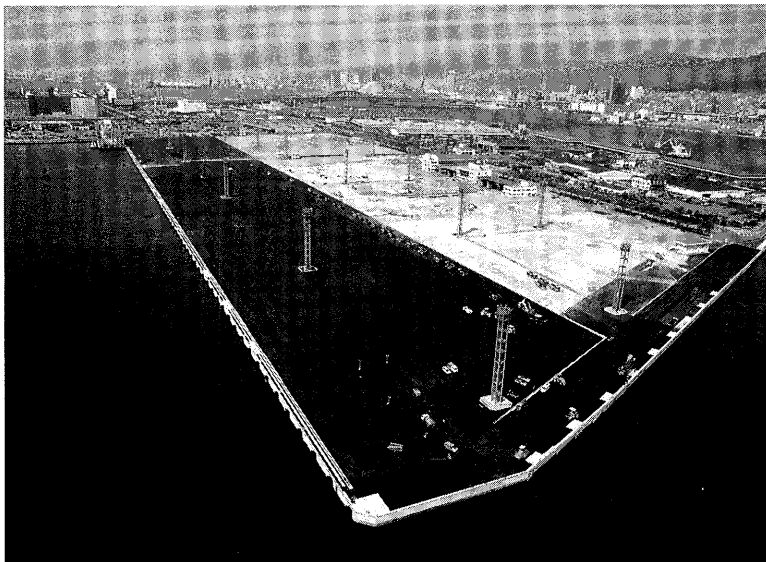
エプロンは係船岸法線背後の上屋または野積場との間に、貨物の積み降ろしのための仮置き、荷さばき、荷物の搬出入、荷役のための車両の走行のために設けられている。エプロンの幅員は係船岸の利用形態、上屋および倉庫の様式、機械化荷役の有無および種類、臨港交通施設の有無および規模を考慮し、安全かつ円滑に荷役が行われるように定められているが、標準的には表－3.2.1に示すエプロン幅員が用いられている。

エプロンには岸壁法線直角方向に勾配が設けられている。勾配は降雨強度や背後の利用状況などを十分考慮し、荷役に支障のないように決定されている。標準的には海側に向かって1～2％の下り勾配が採用されている。

表－3.2.1 エプロン幅員の標準値¹⁾

パース水深 (m)	エプロン幅員 (m)
～4.5未満	10
4.5以上～7.5未満	15
7.5以上～	20

舗装は路床以深の土質の状況、施工性、周辺の舗装状況、荷役形式、経済性、維持管理等を考慮した上で、総合的な判断のもとに選定されている。港湾ではアス



写真－3.2.1 神戸港ポートアイランド地区エプロン
(運輸省第三港湾建設局神戸港湾工事事務所提供)

ファルト舗装、コンクリート舗装、ブロック舗装がよく用いられている。アスファルト舗装の特徴としては、①施工を段階的に進めることが容易にできる。このために投資額の配分に融通がきき、しかも使用しながら圧密沈下を進めるなど、路床を強固にしてから最終的に舗装を施すことができる。②路床以深の若干の不同沈下に対してもある程度順応することができる。③施工後の養生期間が短く、すぐに供用できる。④補修が容易である。などが挙げられる。

3. 臨港交通施設の舗装

臨港交通施設のうち臨港道路の車線はその埠頭に発生する貨物を円滑に輸送するために十分なものとされている。計画交通量が道路の種類に応じた設計基準交通量(港湾と国道等を連絡する道路の場合は650台/時間、その他の道路であれば500台/時間以下であれば、車線数は2としている。それよりも計画交通量が多い場合には車線数を4以上とし、その際の1車線当りの設計基準交通量は、港湾と国道等を連絡する道路では600台/時間、その他の道路では350台/時間としている。

計画交通量の算定方法は次式による。

計画交通量＝
(台/時間)

$$\text{年間取扱貨物量} \times \frac{\alpha}{W} \times \frac{\beta}{12} \times \frac{\gamma}{30} \times \frac{(1+\delta)}{\epsilon} \times \sigma$$

(フレートトン/年)

ここに

α ：自動車分担率＝自動車輸送分/全交通機関輸送分

β ：月変動率＝ピーク月貨物量/平均月貨物量

γ ：日変動率＝ピーク日貨物量/平均日貨物量

W ：トラック実車積載量(フレートトン/台) 積荷を積んでいるトラック1台あたりの貨物輸送量(調査により、または他港の実績を参考にして定める。)

ϵ ：実車率＝積荷を積んでいるトラック台数/全トラック台数

δ ：関連車率＝関連車台数/全トラック台数

σ ：時間変動率＝ピーク時時間当り発生交通量/日発生交通量

車線の幅員は原則として3.25mまたは3.5mとされている。

道路はセメントコンクリートまたはアスファルトコンクリートで舗装することを原則とし、構造はセメン

トコンクリート舗装要綱(日本道路協会)およびアスファルト舗装要綱(日本道路協会)に準じるものとし、トレーラー、モビルクレーン等の重車両等の通行が予想される場合には、適宜輪荷重を増加している。

アスファルト舗装要綱では、舗装厚が単位区間自動車交通量(台/日)により決定されているが、港湾の道路の場合には、トレーラーやモビルクレーンなどの重車両の通過が予想されるので、日交通量を勘案して輪荷重により設計している。アスファルト舗装要綱を使用する場合の設計輪荷重と日交通量の関係は表-3.2.2のとおりである。

表-3.2.2 設計輪荷重と大型車交通量の関係¹⁾

設計輪荷重 (tf)	大型車交通量 (台/日/一方向)
3	250未満
5	250以上～1,000未満
8	1,000以上～3,000未満
12	3,000以上

4. アスファルト舗装の設計

アスファルト舗装の設計は図-3.2.1に示すフローチャートに基づいて行われる。舗装に作用する荷重条件は表-3.2.3に示すものが標準とされており、設計荷重は対象となる荷重のうちで、舗装厚さが最大となる荷重とする。設計対象とする舗装区域についての路床土の設計CBRはJIS A 1211路床土支持力比(CBR)試験方法の規程により行われたCBR値より極端に異なる値

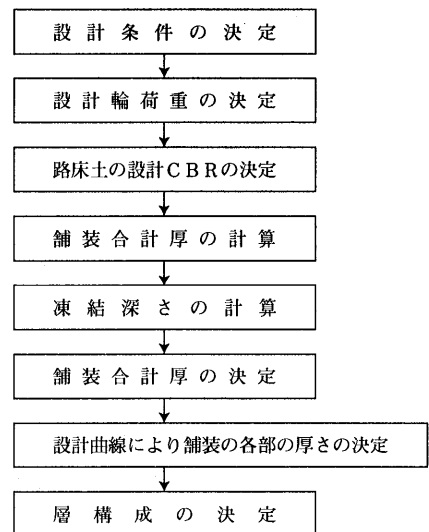


図-3.2.1 アスファルト舗装設計のフローチャート

表-3.2.3 荷重条件¹⁾

荷 重 の 種 類	アウトリガー 1 個又は 車輪 1 個の最大荷重(tf)	アウトリガー 1 個又は 車輪の接地面積 (cm ²)	接 地 圧 (kgf/cm ²)	
トラッククレーン	20型	20	1,250	16.0
	25型	25	1,500	16.7
	30型	30	1,750	17.2
	40型	40	2,000	20.0
	50型	50	2,300	21.7
	80型	75	2,850	26.3
	100型	92	3,400	27.1
	120型	108	3,850	28.1
	150型	134	4,500	29.8
トラック	T-14	5.6	1,000	5.6
	T-20	8	1,000	8.0
トラクター・ トレーラー	20ft 用	5	1,000	5.0
	40ft 用	5	1,000	5.0
	40ft ヤード専用	7	1,000	7.0
フォークリフト トラック	2 t	2.5	300	8.3
	3.5 t	4.5	500	9.0
	6 t	7.0	800	8.8
	10 t	11.0	1,400	7.9
	15 t	17.5	2,300	7.6
	20 t	24.5	3,150	7.8
	25 t	31.0	3,800	8.2
	35 t	45.0	5,000	9.0
トランスファー クレーン	20 t	20	2,400	8.3
	25 t	25	2,850	8.8
	30 t	30	3,250	9.2
ストラドルキャリア	11	1,200	9.2	

を除いて次式により求められる。

$$\text{設計CBR} = \frac{\text{CBR最大値} - \text{CBR最小値}}{d_2} \quad (\text{各地点のCBRの平均})$$

設計荷重の分類は表-3.2.4によるものとし、アスファルトコンクリートの種類および材質は表-3.2.5、等値換算係数は表-3.2.6のとおりとする。それらを考慮してアスファルト舗装の構成は設計荷重と路床の設計CBRより表-3.2.7に示すものを標準としている。

表-3.2.4 設計荷重の分類¹⁾

AP ₁	トラック トラクター・トレーラー	T-14 20ft, 40ft, 40ft ヤード専用
AP ₂	フォークリフトトラック	2 t, 3.5 t, 6 t
AP ₃	フォークリフトトラック トラック トランスファークレーン ストラドルキャリア トラッククレーン	10 t, 15 t T-20 20 t 20型
AP ₄	トラッククレーン トランスファークレーン	25型 25 t

表-3.2.5 アスファルトコンクリートの種類および材質¹⁾

種 類	AC I	AC II	AC III	AC IV
用 途	表 層 用		基 層 用	
マーシャル安定度試験突き固め回数	50回	75回	50回	75回
マーシャル安定度 (kgf)	500以上	900以上	500以上	900以上
フロー値 (1/100cm)	20~40	20~40	15~40	15~40
空 げ き 率 (%)	3~5	2~5	3~6	3~6
飽 和 度 (%)	75~85	75~85	65~80	65~85

表-3.2.6 等値換算係数¹⁾

使用箇所	工 法 , 材 料	条 件	等値換算係数	備 考
表層, 基層	表層, 基層用加熱アスファルト混合物	——	1.00	AC I ~ AC IV
上 層 路 盤	歴青安定処理	マーシャル安定度 350kgf以上	0.80	A処理材II
		マーシャル安定度 250~350kgf	0.55	A処理材I
	粒度調整	修正CBR 80以上	0.35	粒 調 材
下 層 路 盤	クラッシャーラン, スラグ, 砂など	修正CBR 20~30	0.20	粒 状 材

表-3.2.7 アスファルト舗装の標準舗装構成¹⁾

設 計 条 件		舗 装 構 成								
設 計 荷 重	路床の設計 CBR (%)	表 層		基 層		上 層 路 盤		下 路 層 盤 h ₄ (cm)	合 計 厚	
		種 類	h ₁ (cm)	種 類	h ₂ (cm)	種 類	h ₃ (cm)		H (cm)	T _A (cm)
A P ₁ 5 tf 接地圧 7 kgf/cm ² 未満	3 以上	A C I	5	A C III	5	粒調材	25	35	70	25.8
	5 未満	A C I	5	—	—	A処理材 I	25	35	65	25.8
	5 以上	A C I	5	A C III	5	粒調材	20	25	55	22.0
	8 未満	A C I	5	—	—	A処理材 I	20	30	55	22.0
	8 以上	A C I	5	A C III	5	粒調材	15	20	45	19.3
	10未満	A C I	5	—	—	A処理材 I	15	30	50	19.3
	10以上	A C I	5	A C III	5	粒調材	15	15	40	18.3
		A C I	5	—	—	A処理材 I	15	25	45	18.3
栈橋スラブ上	A C I	5	A C III	4 以上	—	—	—	9 以上	—	
A P ₂ 5 tf 接地圧 7 kgf/cm ² 以上	3 以上	A C II	5	A C IV	5	粒調材	25	35	70	25.8
	5 未満	A C II	5	—	—	A処理材 I	25	35	65	25.8
	5 以上	A C II	5	A C IV	5	粒調材	20	25	55	22.0
	8 未満	A C II	5	—	—	A処理材 I	20	30	55	22.0
	8 以上	A C II	5	A C IV	5	粒調材	15	20	45	19.3
	10未満	A C II	5	—	—	A処理材 I	15	30	50	19.3
	10以上	A C II	5	A C IV	5	粒調材	15	15	40	18.3
		A C II	5	—	—		15	25	45	18.3
栈橋スラブ上	A C II	5	A C IV	4 以上	A処理材 I	—	—	9 以上	—	
A P ₃ 10tf 接地圧 7 kgf/cm ² 以上	3 以上	A C II	5	A C IV	15	—	30	45	95	39.5
	5 未満	A C II	5	A C IV	10	A処理材 II	20	40	75	39.0
	5 以上	A C II	5	A C IV	15	粒調材	25	30	75	34.8
	8 未満	A C II	5	A C IV	10	A処理材 II	20	20	55	35.0
	8 以上	A C II	5	A C IV	15	粒調材	15	20	55	29.3
	10未満	A C II	5	A C IV	10	A処理材 II	15	15	45	30.0
	10以上	A C II	5	A C IV	15	粒調材	15	15	50	28.3
		A C II	5	A C IV	10	A処理材 II	15	15	45	30.0
栈橋スラブ上	A C II	5	A C IV	4 以上	—	—	—	9 以上	—	
A P ₄ 12.4tf 接地圧 7 kgf/cm ² 以上	3 以上	A C II	5	A C IV	15	粒調材	40	60	120	46.0
	5 未満	A C II	5	A C IV	10	A処理材 II	20	70	105	45.0
	5 以上	A C II	5	A C IV	15	粒調材	30	45	95	39.5
	8 未満	A C II	5	A C IV	10	A処理材 II	20	40	75	39.0
	8 以上	A C II	5	A C IV	15	粒調材	25	30	75	34.8
	10未満	A C II	5	A C IV	10	A処理材 II	15	35	65	34.0
	10以上	A C II	5	A C IV	15	粒調材	20	25	65	32.0
		A C II	5	A C IV	10	A処理材 II	15	25	55	32.0
栈橋スラブ上	A C II	5	A C IV	4 以上	—	—	—	9 以上	—	

5. アスファルトマット

アスファルトマットの用途としては一般用マットとして洗堀防止、吸い出し防止、法面保護、摩擦増大用マットとして滑動防止に利用されているが、最近では滑動防止用が多く利用されている。アスファルトマットの特徴として、たわみ性が大きく、耐摩耗性があり、比重が大きく、遮水性があり、コンクリートと石材との摩擦係数を増大させるなどがある。

アスファルトマットに使用するアスファルトはJIS K 2207石油アスファルトの規程に適合したストレートアスファルトの40～60、60～80、80～100もしくはブローンアスファルトの10～20、20～30、30～40のいずれか、またはこれらを混合したものを用い、砂はごみ、泥、有機物等の有害物を含まれない清浄な砂で最大粒径は2.5mmとし、フィラーはJIS A 5508舗装用石灰石粉に適合したもの、砕石はJIS A 5501道路用砕石の規定に適合したもので粒径は2.5～20mmのものを用いる。

配合は表-3.2.8を標準とし、ここで、グストとは砂

表-3.2.8 アスファルトマットの配合の標準値¹⁾

材 料	重 量 比 (%)	
	摩擦増大用	洗堀防止用
アスファルト	10～14	10～14
グ ス ト	14～25	14～25
細 骨 材	20～50	30～50
粗 骨 材	30～50	25～40

およびフィラーのうち、0.074mmふるいを通過するもの、細骨材とは砕石、砂およびフィラーのうち0.074mmふるいに残留し、2.5mmふるいを通過するもの、粗骨材とは砕石および砂のうち、2.5mmふるいに残留するものである。配合を決定するためには、摩擦増大用マットでは合材の比重試験、曲げ試験、圧縮試験、洗堀防止用マットではさらにマットの押し抜き試験を実施し、配合試験結果は表-3.2.9に示す条件を満足しなければならない。

表-3.2.9 配合試験合格基準¹⁾

		摩擦増大用マット	洗堀防止用マット	
			普通マット	強化マット
合 材 の 試 験	比 重 試 験	2.2以上	2.2以上	
	曲 げ 試 験 強 度 たわみ量	20kgf/cm ² 以上 3 mm以上	10kgf/cm ² 以上 3 mm以上	
	圧 縮 試 験	20kgf/cm ² 以上	10kgf/cm ² 以上	
押 抜 試 験	最 大 荷 重		800kgf以上	1,500kgf以上
	変 位 量		10mm以上	30mm以上

— 参考文献 —

- 1) 社団法人日本港湾協会：港湾の技術上の基準・同解説 改訂版（下巻），1989年6月，p.293.

第3章 鉄 道

1. 概 要

バラスト、まくらぎおよびレールの組み合わせから成る「有道床軌道」は、敷設や補修が容易で建設費が安価なことから、鉄道誕生以来、洋の東西を問わず基本となっており、今日的高速鉄道においても採用されている。この有道床軌道は、列車の通過に伴ってバラストが圧縮沈下したり移動することから、これを定期的に修復することが前提で、人件費が安く、労働力が豊富な時代には最適な構造であった。しかしながら、労働嗜好の変化等により今後保線作業員を確保することが困難になると予想されるため、保守を少なくする軌道、すなわち「省力化軌道」の開発が近年進められてきた。特に、軌道保守に最も手のかかる道床部を強化することが重要と考えられ、アスファルト系材料が使用されてきた。

以下、鉄道へのアスファルトの利用について概要を紹介する¹⁾。

2. アスファルトの鉄道への適用例²⁾

2.1 アスファルト道床

わが国における鉄道線路へのアスファルトの利用については、バラスト道床部に適用するもの、路盤部分に適用するもの、バラストに代わるてん充層に適用するものに分けられる。

旧国鉄では鉄道道床の安定化を図るため、1960年に総武本線検見川～稲毛間において、3種類のアスファルト試験軌道（アスファルト表面処理バラスト道床、道床アスファルト一層および二層浸透式工法）を各80m敷設している。これがアスファルトを鉄道線路に適用した最初の例であった。次に、1971年には中央本線東中野駅でフルデプス型のアスファルト軌道を敷設している。しかしながら、注入材の品質、施工性および高温時にアスファルトが軟化して沈下を生ずる等の問題が発生し、その後進展をみなかった。

これらの教訓を踏まえ、既設有道床軌道を対象として、バラスト中に加熱アスファルトを注入し、大きなPCまくらぎを用いて道床圧力を軽減させるとともに雨水の侵入を防止するため表面に舗装を行うB型舗装軌道（図-3.3.1）が1972年に開発された。この注入材には当初ストレートアスファルトが使用されたが、夏季に溶融して沈下を生じたことから、特殊アスファルト

とブロンアスファルトを加熱融合した注入材が開発され、その後これが全国的に約11.8km敷設された。

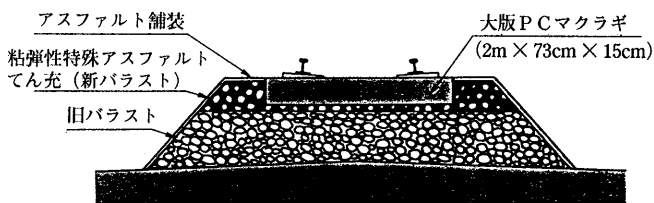


図-3.3.1 B型舗装軌道²⁾

国鉄改革等の影響でしばらくこの軌道の敷設実績はなかったが、民営分割後、将来の労働力不足や保守費節減のため、後述するアスファルト乳剤を応用した超早強性セメントアスファルトモルタル（以下CAMと略称）をバラスト中に注入するE型舗装軌道（図-3.3.2）が開発され、1990～95年度山手線に約2.5km敷設された。

これとは別に、てん充道床軌道（図-3.3.3）と呼ばれる軌道も開発された。この軌道は有道床軌道のバラ

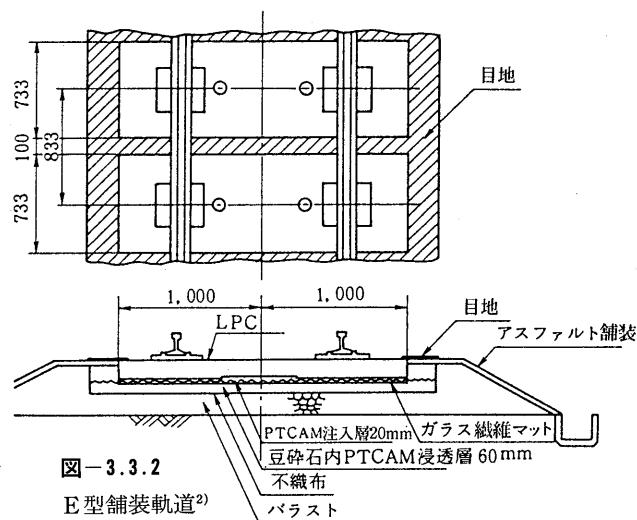


図-3.3.2 E型舗装軌道²⁾

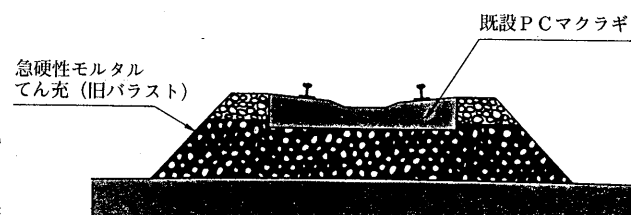


図-3.3.3 てん充道床軌道²⁾

ストの中に、流動性の良好な超早強性CAMをてん充する軌道で、既存のまくらぎをそのまま使用するとともにフルデプス構造とすることに特徴がある。この軌道は1974年大阪環状線の森ノ宮駅付近での試験敷設以来、1977年までに東京、大阪圏において総延長で約3kmの試験敷設が行われたが、沈下に対する適用性等によってその後進展を見ていない。

2.2 アスファルト路盤³⁾⁴⁾

アスファルト舗装を鉄道線路の路盤部に適用したものとしては、有道床軌道の強化路盤と土路盤上RAスラブ軌道がある。

強化路盤は列車荷重を十分に支持し、かつ荷重を分散させて路床に伝えるとともに、雨水の浸透による路盤、路床部の強度低下と噴泥発生の防止等を目的として設けられている。強化路盤の構造は図-3.3.4に示したとおりで、表層にアスファルトコンクリートを用いた碎石路盤と、スラグ碎石を使用したスラブ路盤の2種類を標準としている³⁾。

一方、土路盤上RAスラブ軌道は短い軌道スラブをアスファルト舗装上にCAMを介して支持する軌道で、1967年頃から開発が進められた。1971年に東海道本線平塚～大磯間の延長100mに在来線の営業線に初めて敷設され、続いて同年東海道新幹線豊橋駅こだま線に敷設された。その構造は図-3.3.5のとおりで、在来線は厚さ144mm、新幹線は252mmの浸透式マカダム工法による舗装上に軌道スラブを敷設したものである。その後、東海道新幹線ひかり線に厚さ252mmの瀝青安定処理とアスコン層から成る舗装上に敷設された。このように多くの現場敷設を行ったが、新幹線における厳しい保守管

理基準を満足するためには更に研究を進める必要があるとして山陽新幹線への本格的な適用は見送られた。しかし、その後舗装構造の見直しを行った結果を基に、1977年に上越新幹線熊谷～高崎間に図-3.3.6に示す改良型RAスラブ軌道が軌道延長で400m敷設された。

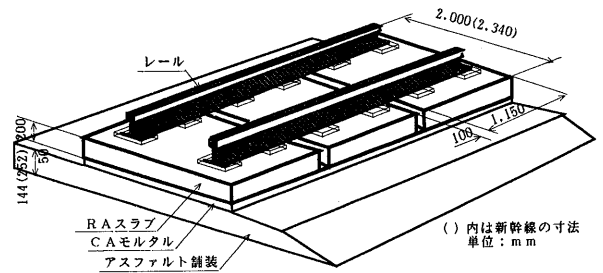


図-3.3.5 RA型スラブ軌道⁴⁾

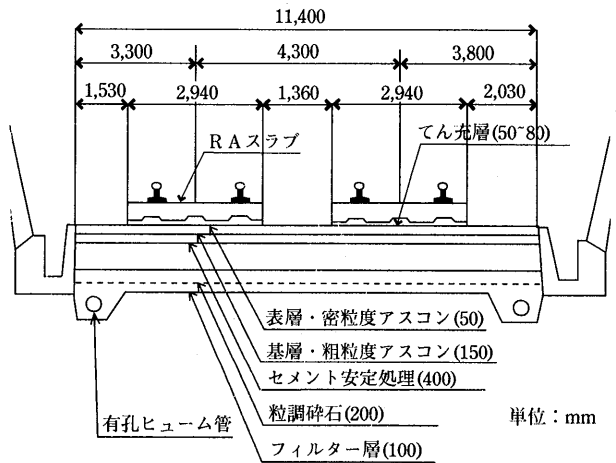


図-3.3.6 改良型RAスラブ軌道⁴⁾

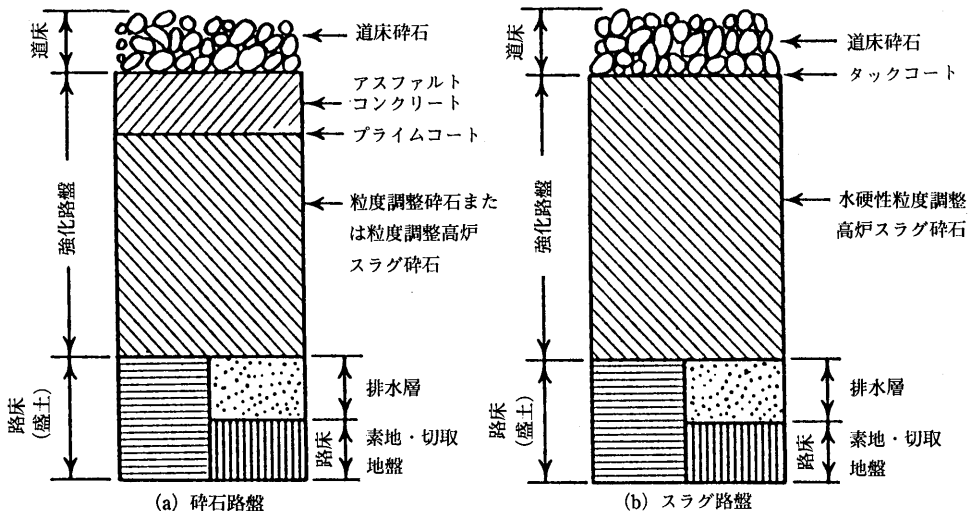


図-3.3.4 強化路盤³⁾

2.3 バラストに代わるアスファルト系でん充層

道床バラストに代わる軌道用でん充層にアスファルトを適用した例としてはスラブ軌道(図-3.3.7)がある。これはアスファルト乳剤の開発により実現できたものである。この軌道は1965年から国鉄鉄道技術研究所において開発が進められ、土木実験所等の試験を経て、各地に試験敷設され、山陽新幹線岡山～博多以降、新幹線における標準軌道として、現在までに新幹線・在来線を含め全国で約2500kmに敷設されている。

構造的にはコンクリートスラブと路盤の隙間に適切な弾性支持層を形成すること、施工時の高さ調整を目的としてCAMがでん充材として使用されている。これは安価なセメントとアスファルト乳剤を主材として、常温工法で施工でき、配合を変えることにより強度や弾性などを調整することが可能である。また、新幹線のみならず、補修用、海底トンネル内の耐塩害性を有するタイプも開発されている。

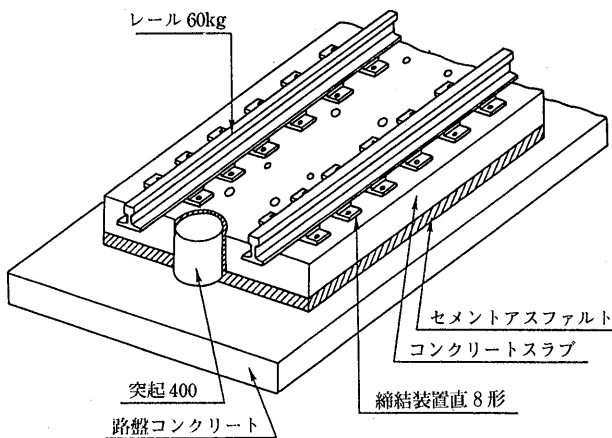
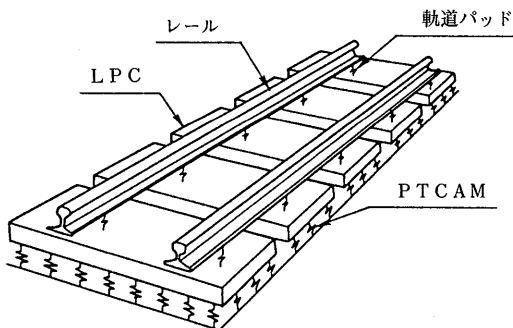


図-3.3.7 スラブ軌道⁴⁾



(a) 解析モデル 1

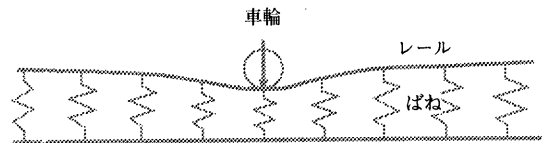
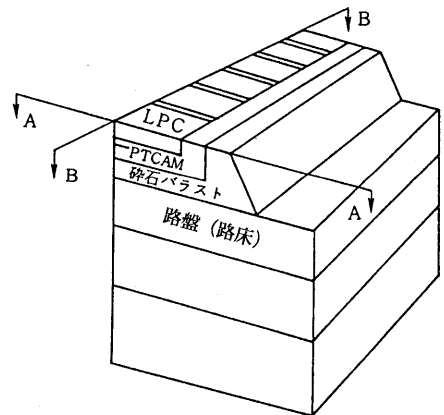


図-3.3.8 弾性床上的のはりモデル⁴⁾



(b) 解析モデル 2

図-3.3.9 E型舗装軌道の解析モデル⁵⁾

3. 各種省力化軌道の設計の考え方

3.1 アスファルト道床⁵⁾

有道床軌道のバラストは列車の振動によってバラスト間の摩擦が減少して移動しやすくなる。総武線の試験軌道のうち、アスファルト表面処理碎石については、既存のバラストとアスファルトを加熱混合することによって、バラスト間の結合力増加を図ったもので、保守方式は従来と同様である。アスファルト一層または二層式浸透工法については、まくらぎ下50mm間をアスファルト層に置き換えたもので、沈下を生じた場合にはまくらぎ下に豆碎石を敷き込むことを計画していた。これ等の軌道には構造設計としての考えは特になかったようである。

B型舗装軌道については、上部バラストに特殊アスファルトを注入する構造であることから、既存の有道床軌道と同様で、軌道の基本設計としては図-3.3.8に示す弾性床上のはり理論による計算を基に各材料が検討された。

その後開発されたE型舗装軌道については、注入1時間後には列車走行に供することが要求されたことから、図-3.3.9のような解析モデルによってでん充材に要求される強度が決定された。

でん充道床軌道については、厚さ20～25cmのバラスト中にCAMを注入することからこの部分はかなりの曲

げ剛性を有することになる。そこで、レールおよび注入層をそれぞれはりとして仮定して、図-3.3.10に示す弾性床上の2重はりモデルによって解析が行われ、これにより材料が決定された。

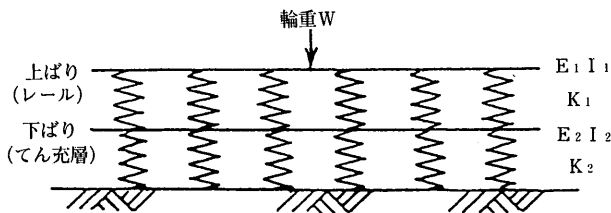


図-3.3.10 てん充道床軌道の解析モデル⁴⁾

3.2 アスファルト路盤

強化路盤の厚さは、軌道構造、列車速度、路床強度等の条件を考慮して決定されている。普通鉄道の場合は列車速度160km/h以下、新幹線鉄道の場合は270km/h以下に対応している。基本的には、路盤と路床から構成される2層系弾性体地盤の表面に長方形等分布の道床圧力が作用した場合、その表面の変位が一定値(2.5mm)以下になるように、舗装厚を決定している³⁾。

一方、土路盤上RAスラブ軌道については、開発当初は弾性床上の2重はり解析モデルによって解析、設計が行われた。その後、一部で軌道スラブが舗装に食い込む現象が見られたことから、上越新幹線へ適用した改良RAスラブ軌道については、横断方向はまくらぎと舗装からなる解析モデル(図-3.3.11)によって設計

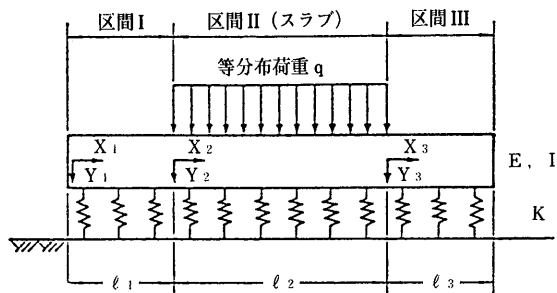


図-3.3.11 改良RAスラブ軌道の舗装解析モデル⁴⁾

を行い、舗装厚さはせん断応力から決定された。また、各種材料強度については3軸試験によって評価している。これと平行して鉄道技術研究所日野土木実験所において行われた試験について、3次元FEM解析モデルによって舗装構造の検討を行っている⁴⁾。

3.3 バラストに代わるアスファルト系でん充層

スラブ軌道については、山陽新幹線においては、弾性床上の2重はりモデルによって解析が行われてきた。その後これによる矛盾が指摘されたことからレールをはり、締結装置を線形ばね、軌道スラブを板、CAMを線形ばねとする図-3.3.12に示すような有限要素法による解析法によって、東北新幹線以降は断面力を算出し、各部の設計を行っている。

4. スラブ軌道の適用とその評価⁶⁾

鉄道へのアスファルト適用に最も実績があるのは前記のようにスラブ軌道である。この軌道の敷設後の調査によれば、当初期待通りの性能が得られている。図-3.3.13は山陽新幹線における軌道保守費の推移を示したもので、有道床軌道と比較してスラブ軌道の保守費は約1/5となっており、保守費軽減に多大な貢献をしていることが分かる。また、新幹線に敷設されたスラブ軌道の線路状態は、有道床軌道に比べて良好であることが明らかになっている。

更に、経済性と保守計画の観点からもスラブ軌道は有利な軌道構造となっている。山陽新幹線建設当時の資料によれば、有道床軌道に対するスラブ軌道の建設費は1.2~1.5倍で、スラブ軌道化に要する設備投資は年間経費の節減により2~6年で回収できると試算されている。図-3.3.14は1997年秋開業予定の北陸新幹線におけるコンクリート路盤上スラブ軌道について有道床軌道との経済比較をした例で、12年程度で初期投資を回収できる結果となっている。

ただし、この軌道の短所として騒音が高いことが指摘されている。一般に有道床軌道と比べて数dB(A)高い

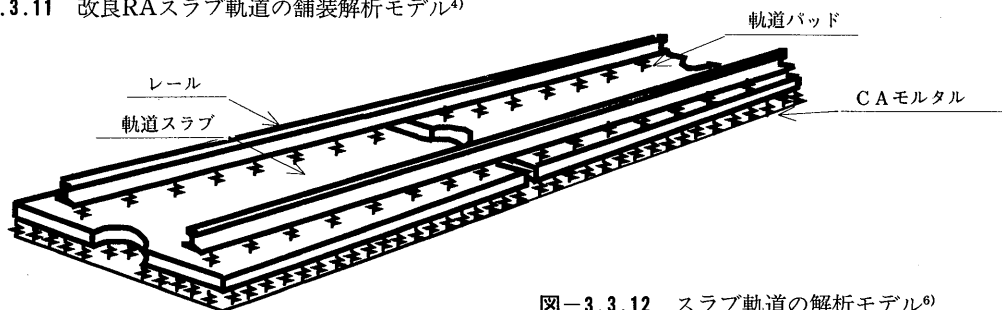


図-3.3.12 スラブ軌道の解析モデル⁶⁾

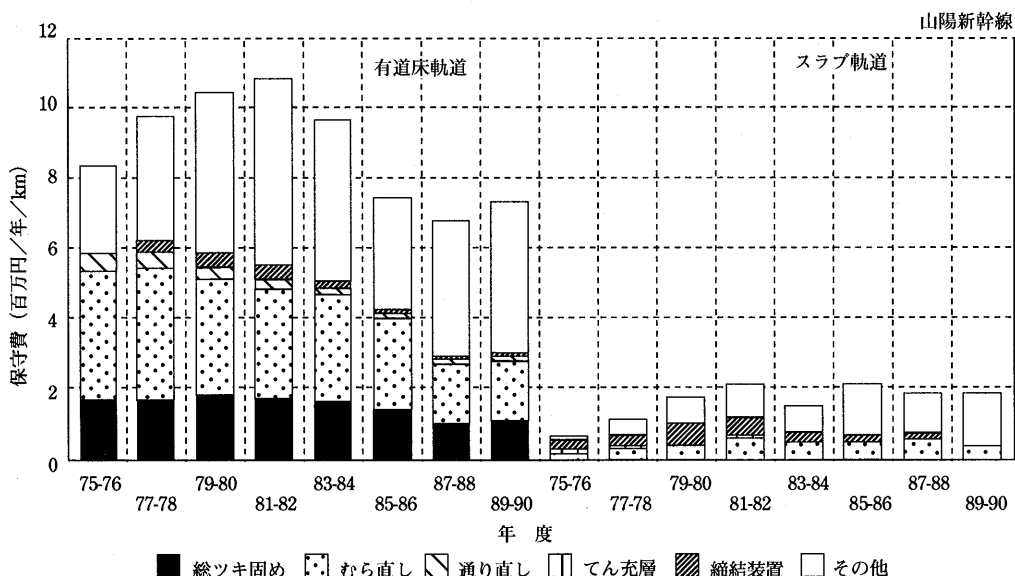
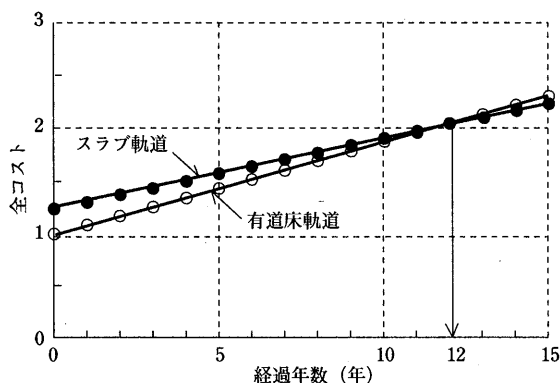


図-3.3.13 有道床軌道とスラブ鉄道の保守費の比較⁶⁾



(注1)建設費は鉄道建設公団による(1992)

有道床軌道の建設費を1とする。

(注2)年間経費(利子除く)は国鉄資料による。

図-3.3.14 有道床軌道とスラブ軌道の経済比較の例⁶⁾

とされているが、これはスラブ軌道では表面がコンクリートのため、道床バラストの吸音性が失われたことが一因となっており、現在軌道面に別の吸音材を散布する等の対策が検討されている。

5. まとめ

以上述べたように、1960年頃から鉄道においてアスファルト適用の種々の試みが行われてきた。中でも土路盤上有道床軌道の強化路盤におけるアスファルト舗装や、スラブ軌道のてん充層へは現在標準的に使用されている。

一方、海外に目を向けると、ドイツ鉄道では近年アスファルト舗装上まくらぎ直結軌道を大々的に採用し

て新たな局面を迎えようとしている。わが国においても、今後の軌道設備には省力化性能、環境保全、建設費の低減等が求められており、アスファルトを用いた新しい省力化軌道の開発実用化を図る必要があると考えられる。

— 参考文献 —

- 1) 阿部頼政他：アスファルトの鉄道道床および廃棄物処理場への適用に関する調査報告書，(社)アスファルト協会，平成8年3月
- 2) 安藤勝敏，須長誠：既設営業線を保守の少ない線路に変える，RRR(鉄道総合技術研究所)，1991-12
- 3) 鉄道構造物等設計標準・同解説
土構造，運輸省鉄道局監修，鉄道総合技術研究所編，平成4年10月
- 4) 安藤勝敏：土路盤上省力化軌道の支持構造とその設計に関する研究，鉄道総研報告特別17号，1997.4.
- 5) 安藤勝敏，三浦重，須長誠，関根悦夫，小関昌信，高木言房，原田豊：既設線用舗装軌道の開発・実用化，土木学会第1回舗装工学講演会論文集，pp.111-120，1996.12.
- 6) 安藤勝敏，須長誠，三浦重，関根悦夫，鬼頭誠，青木一二三：土路盤上スラブ軌道用路盤の実用性能に関する検討，土木学会論文集，No.536/IV-31，pp.87-98，1996.4.

第4章 鉄道貨物ヤードにおけるアスファルト舗装設計法について

1. 概要

現在、日本貨物鉄道㈱（以下JR貨物と呼ぶ）の鉄道貨物設備の舗装面積は約300万㎡で、アスファルト舗装とコンクリート舗装の面積比率は7：3となっている。日本貨物鉄道㈱の過去10年間の貨物輸送量とコンテナ取扱量を図-3.4.1に示す。過去10年間の貨物取扱量は、5000～6000万トンの間を変動している。荷役作業の効率化や省力化を図るために、国鉄分割民営化以降に混載の車扱いからコンテナ輸送化の強化を実施しており、現在ではコンテナ貨物の取扱量が40%を越えるようになった。この主なものは、鉄道貨物ヤード内のコンテナを荷役するスペース（コンテナ用荷役ホーム）である。このコンテナ用荷役ホームにおいて、トラックで持ち込まれたコンテナは、フォークリフトで積み替えられ貨車に積み込まれる。コンテナ荷役ホームを主に使用するのは、線的交通（基本的には一方方向の交通を意味する）である大型トラックと面的交通（旋回など平面上の交通を意味する）であるフォークリフトである。このような貨物設備に対する舗装の構造設計に関する手引き¹⁾は、最大輪荷重が10tf（98kN）と20tf（196kN）の2種類のフォークリフトを対象として1970年に国鉄において定められたが、舗装構造の設計については基本的にはアスファルト舗装要綱²⁾によっていた。

しかし、最近の荷役の効率化と多様化に対応するため、JR貨物では表-3.4.1に示すように通常の道路舗装

表-3.4.1 JR貨物で使用している荷役用フォークリフト

	軸種別	積載重量 (t)	輪荷重 (t)	
			空 車	積 載
12ft フォークリフト	前 輪	7.0	4.20	10.25
	後 輪		3.75	1.20
20ft フォークリフト	前 輪	15.0	7.78	20.05
	後 輪		6.43	1.65
トップリフタ30ft	前 輪	24.0	15.53	33.69
	後 輪		9.05	2.89
リーチスタッカ	前 輪	20.0	19.4	39.6
	後 輪		13.7	3.6

に比べ大きな輪荷重を持つ12ftコンテナ用フォークリフト（最大輪荷重10.3tf）からピギーバック用リーチスタッカ（最大輪荷重39.6tf）まで4種類の荷役機械を導入し、使用している。諸外国においても、輪荷重が40tfに達する重輪荷重に対するアスファルト舗装設計基準を策定した例はほとんどないのが実情である。

12ftコンテナ用フォークリフトの外観を写真-3.4.1に示し、リーチスタッカの外観を写真-3.4.2に示す。

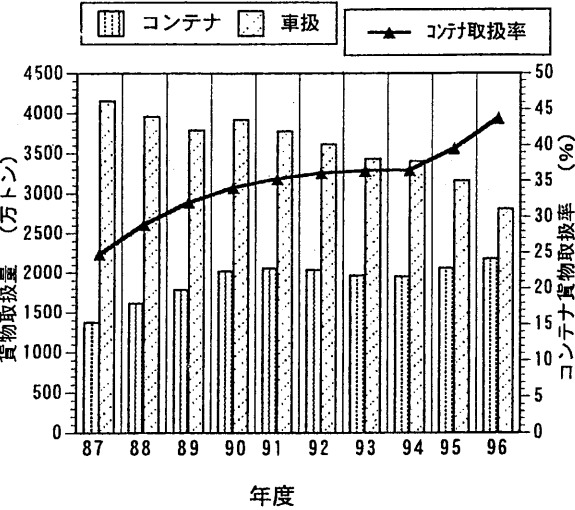


図-3.4.1 貨物取扱量とコンテナ貨物取扱率の推移



写真-3.4.1 12ftコンテナ用フォークリフトの外観



写真-3.4.2 リーチスタッカの外観

そこでアスファルト舗装を舗設する場合に、これらの重輪荷重に対しての換算係数(5 tfに対する比の4乗に比例)では、外挿される部分であるため信頼性に乏しい。一方、新たに重輪荷重による載荷試験を行って、この外挿部分を補足することは困難である。また、鉄道貨物輸送におけるコンテナ輸送拡大やモーダルシフト等の輸送システムの改善により、旧施設を解体もしくは撤去の後に舗装を再構築する必要があり、これらの建設廃材を活用できる新工法を取り入れた基準づくりが求められた³⁾。

2. 過去の舗装設計基準

1970年に国鉄で定められた舗装設計基準は、基本的な舗装設計の考え方をアスファルト舗装要綱に依存しており、各ホームでの1日あたりの列車の到着本数をフォークリフトの回転数とし、適用箇所と回転数から設計交通量区分が算定できるようになっている。舗装箇所とコンテナ回転数から求められる交通量区分を表-3.4.2に示す。

3. 新しい舗装設計基準

3.1 設計交通量

(1) 換算交通量の考え方

交通量を算定するための対象となる荷役機械のうち最も多く使用されている12ftコンテナ用フォークリフトであることから、この12ftコンテナ用フォークリフトを標準荷役機械とし、それぞれの荷役機械の交通量から12ftコンテナ用フォークリフトに換算した輪数の総和を求め、設計期間における12ftコンテナ用フォークリフトの輪数を設計交通量とした。

この交通量を査定するにあたり列車の着発本数を基本に補正值を用いる方式を考えることとした。この補

正方法としては、フォークリフトが1個のコンテナを荷役するのに、往復する2回の交通量が発生するが、列車におけるコンテナの積載状態(積載率)の補正を行う。また、フォークリフトの荷役作業時の交通は道路と異なり、面的な交通が発生する。この面的な交通を、所定のエリアを通過する通過交通分布として求めた。

(2) コンテナ積載率の補正

各鉄道貨物駅では、日単位で貨車の着発両数が定められ(臨時列車を除く)、これより駅で発着するコンテナの個数(コンテナ取扱い計画個数)が決定できる。この値をCpとすると、次のように表される。

$$C_p = 4 \times K_4 + 5 \times K_5 \quad (4.1)$$

ここに、 C_p : コンテナ取扱い計画個数(個/日)

K_4 : 4個積みコンテナ貨車着発両数
(両/日)

K_5 : 5個積みコンテナ貨車着発両数
(両/日)

一方、鉄道貨物駅において取り扱うコンテナは、発送、到着、中継に大別される。ここで中継とは、一回の中継で発送、到着が各一回ずつ発生したものと考えられるので、1中継は2個のコンテナを取り扱い、コンテナ取扱い実績個数として、CAとした。

コンテナ積載率 α は、コンテナ取扱い実績個数CAを計画個数Cpで除することにより求められる。

$$\alpha = CA / C_p \quad (4.2)$$

そこで、全国の主要な鉄道貨物駅のうち56駅を抽出し、平成2年度における貨車発着計画およびコンテナ取扱い実績個数から積載率 α を計算した。コンテナ積載率の頻度分布を図-3.4.1に示す。本図より、各駅ごとの積載率はほぼ正規分布形状となり、度数分布でみると70から75%が最も多いことが分かる。したがって、

表-3.4.2 舗装箇所とコンテナ回転数から求められる交通量区分

貨物設備種別			回転数				
			1	2	3	4	
低床ホーム	一般車扱いホーム		A	A	B	B	
	コンテナ	5トンコンテナ用		B	C	C	C
		10トンコンテナ用		C	D ₁	D ₂	D ₂
	荒荷	トラックレーン使用		C	D ₁	D ₂	D ₂
		トラックレーン使用せず		B	C	C	C
高床ホームに接する作業場			A	A	B	B	
モータプール		乗 用 車 用	L				
		ト ラ ッ ク 用	A				
通路	年間通過トン数 15万トン未満		L				
	" 30万トン未満		A				
	" 100万トン未満		B				

交通量区分L : N = 3 × 10⁴ 輪 / 1 方向

A : N = 15 × 10⁴ "

B : N = 100 × 10⁴ "

C : N = 700 × 10⁴ "

D₁ : N = 1,200 × 10⁴ "

D₂ : N = 3,500 × 10⁴ "

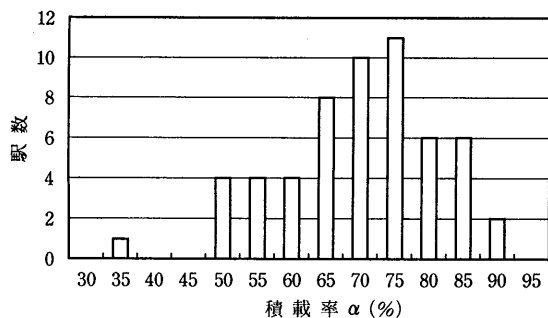


図-3.4.2 コンテナ積載率の頻度分布

交通量の算定に用いる α の値は、85%タイル値(危険率15%)となる80%とし、 $\alpha=0.8$ を用いている。

(3) コンテナ荷役作業ホームの通過台数分布

コンテナ荷役ホームでは、道路と異なり、フォークリフトの荷役作業による面的な交通が発生する。その分布は一様ではなく、ホームの形状、列車着発本数、フォークリフトの稼働台数等にも左右される。しかし基本的には、荷役線付近における交通は貨車からコンテナを積み卸しするために発生するものであり、ホーム中央部ではフォークリフトが直進進行をすることによる交通が加わるようになる。

列車着発本数を基本に交通量を算定するにあたり、当該ホームの最大交通量を設計交通量とするため、荷役線付近の交通量を最大交通量に換算することとした。荷役線付近の交通量と最大交通量の比が列車着発本数とフォークリフトの稼働台数にかかわらず一定であると仮定し、その比に荷役線付近の交通量に乗じることによって最大交通量を求めることとした。

フォークリフトの荷役作業では、荷役線上の貨車と貨物トラックまたは後背のコンテナ置場へのアクセスを交互に繰り返すことが基本的なパターンである。東京貨物ターミナル駅構内のコンテナホームにおけるフォークリフトの走行軌跡分布を図-3.4.2に示す。このフォークリフト交通量分布を把握するため、コンテナホームを $2\text{m} \times 2\text{m}$ のメッシュに区切り、荷役線のコンテナ貨車2両に対し、この軌跡でそれぞれのメッシュ内に通過する数をカウントした。さらに、荷役線直角方向の平均通過台数分布を求めることにより、フォークリフト交通量分布の特性を求めることとした。

フォークリフト通過台数分布の調査から求めたフォークリフトの荷役線直角方向の走行頻度を図-3.4.3に示す。コンテナホームの荷役線直角方向のフォークリフトの交通量はほぼ正規分布の形状を示している。荷役線直角方向のフォークリフト通過位置の平均値 μ と標

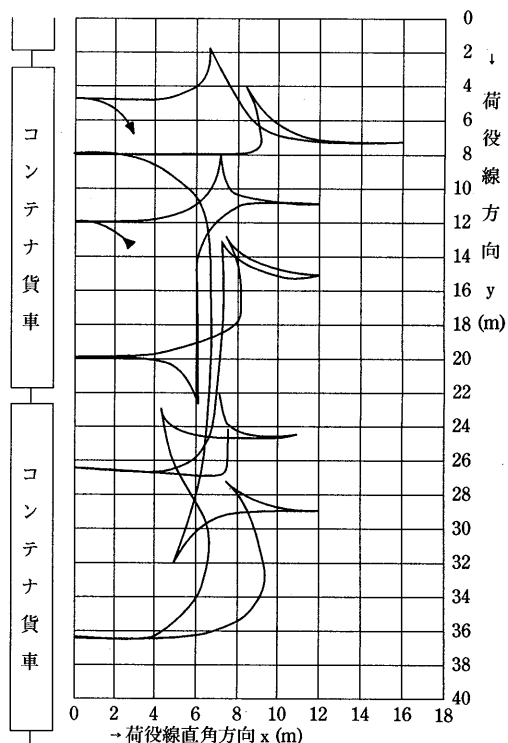


図-3.4.3 フォークリフトの走行軌跡分布

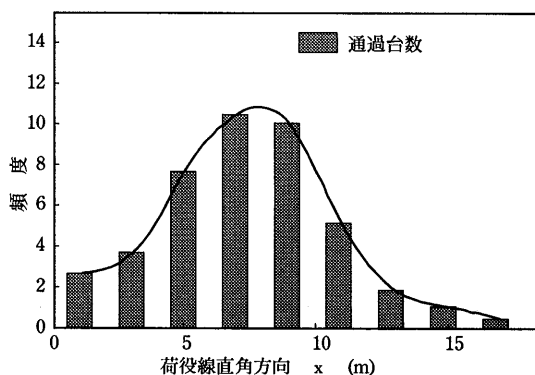


図-3.4.4 フォークリフトの走行頻度分布

準偏差 σ は、各メッシュの平均値を使用して計算すると以下のようになる。

$$N(\mu, \sigma^2) = N(7.45, 3.352)$$

したがって、最大交通量が発生するメッシュ位置は $6.45\text{m} > x > 8.45\text{m}$ とすることができる。そこで、最大交通量の分布割合 $P(6.45\text{m} > x > 8.45\text{m})$ と荷役線付近交通量の分布割合 $P(x < 2.00)$ を計算すると、

$$P(6.45\text{m} > x > 8.45\text{m}) = 0.235$$

$$P(x < 2.00) = 0.052$$

が計算できる。

これより、荷役線直角方向のフォークリフト通過台数比は

$P (6.45\text{m} > x > 8.45\text{m}) / P (x < 2.00) = 4.6$ となった。

(4) 各荷役機械の許容載荷輪数の比較

多層弾性計算に基づき、各荷役機械が舗装断面に作用した時の舗装体内に発生する応力・ひずみを求めた。この各層の弾性係数から応力とひずみを算定し米国アスファルト協会 (Asphalt Institute : AI) の破壊基準式⁹⁾を用いて、許容換算輪数Nを算定した。

$$N_t = 8.24 \times C \times 10^{-3} \times \epsilon t^{3.29} \times E^{-0.854} \quad (4.3)$$

$$N_c = 1.365 \times 10^{-9} \times \epsilon c^{-4.477} \quad (4.4)$$

ここで、 N_t : 引張りひずみに基づく許容載荷輪数 (回)

N_c : 圧縮ひずみに基づく許容載荷輪数 (回)

ϵt : アスファルト混合物下面の水平引張りひずみ

ϵc : 路床上面に発生する垂直圧縮ひずみ

E : アスファルト混合物の弾性係数 (kgf/cm²)

C : アスファルトの容積率と空隙率から得られる定数 (表層・基層では $C = 1$, 上層路盤安定処理を含む場合は $C = 0.5$)

代表的な舗装断面として、表基層 (アスファルト混合物 厚さ15cm), 上層路盤 (アスファルト安定処理層 厚さ10cm), 下層路盤 (切込碎石 厚さ25cm), 路床 (設計CBR8) を設定し、各荷役機械が舗装体に載荷したときにアスファルト混合物下面の引張りひずみおよび路床上面に発生する垂直圧縮ひずみを算定した結果を表一

3.4.3に示す。

この結果より、路床に生ずる圧縮ひずみ (圧縮変形) による許容載荷輪数が繰返し曲げ作用によるアスファルト混合物や路盤による許容載荷輪数より小さく、路床の永久変形に対する強さによって規定されることが分かる。

これより、フォークリフトの交通量の算定に当たっては、路床上面に生じる垂直圧縮ひずみおよびこれから得られる許容載荷輪数を用いて交通量の換算を行うこととした。

(5) フォークリフトの換算係数

各荷役機械が舗装体に載荷したときの路床面に生じる垂直圧縮ひずみに基づき許容載荷輪数を算出し、この許容載荷輪数を用いて12ftコンテナ用フォークリフトと20ftコンテナ用フォークリフト、30ftコンテナ用フォークリフト、リーチスタッカの許容載荷輪数の回帰式を求めた。それぞれの荷役装置間の回帰結果から求めた換算係数を表一3.4.4に示す。

表一3.4.4 3種類の荷役機械から12ftコンテナ用フォークリフトへの換算係数

Y	X	a	b	回数
12ft	20ft	14.3 10.5	0 -21.1	$N \leq 8$ $N > 8$
12ft	30ft	97.8	0	
12ft	リーチ スタッカ	116.0	0	

$$Y = aX + b$$

したがって、3種類の荷役装置から12ftコンテナ用フォークリフトへの換算係数の算定式が定まったことから、鉄道貨物で使用している荷役機械の換算輪数を12ftコンテナ用フォークリフトで換算して用いることとし、

表一3.4.3 各荷役装置により舗装体に発生するひずみと許容載荷輪数

			荷役機械のタイプ			
			12ft	20ft	30ft	リーチスタッカ
前軸	上層路盤	引張りひずみ ϵt (10^{-6})	105	141	199	222
	下 面	許容載荷輪数 N_t (万回)	843	319	103	72
	路 床	圧縮ひずみ ϵc (10^{-6})	329	540	844	913
	上 面	許容載荷輪数 N_c (万回)	534	58	79	55
後軸	上層路盤	引張りひずみ ϵt (10^{-6})	93	137	174	219
	下 面	許容載荷輪数 N_t (万回)	1256	351	160	75
	路 床	圧縮ひずみ ϵc (10^{-6})	146	248	331	416
	上 面	許容載荷輪数 N_c (万回)	20292	1893	519	118

換算した輪数をN12で表すこととした。

3.2 路盤厚の算定方法

(1) 緒 論

本基準では、コンテナヤード舗装において重輪荷重にも対応できるアスファルト舗装設計の基準を策定するために、多層弾性理論に基づく理論設計法を適用し、簡便に舗装設計が行えるようにカタログ的な設計基準となることを目指し、多層弾性理論を用いて重輪荷重に対する設計法の検討をすることとした。

なお、「TA法」では舗装断面を決定するために、舗装構成材の等値換算係数を用いている。このTA設計法では新規の材料を導入する時には新たに等値換算係数を定めることが難しい。一方、理論設計法では、室内の繰返し載荷試験およびFWDなどの非破壊試験結果から新規材料の弾性係数を求めることが可能である。また、断面および工法の決定段階で材料費、工事費、発生土砂運搬費などの直接工事費が最小となるように経済性の検討も行なうこととしている。

(2) AIの破壊基準式の応用

本基準では、FWDのたわみから求めた弾性係数(あるいは繰返し載荷試験による復元弾性係数：Mr)と多層弾性理論を利用した理論的設計法を用いている。舗装構造のモデルとしては、3層および4層構造としている。舗装断面の決定にあたっては、米国アスファルト協会(AI)の破壊基準式(4.3, 4.4)を用いた。ただし、上層路盤に瀝青系安定処理層を用いている場合には、上層路盤層下面の水平引張りひずみを使用し、下式を用いてアスファルト混合物層の平均弾性係数(Eas(ave))を求め、許容載荷輪数Ntを算定する。

Eas(ave) = ((h1 * E1^1/3 + h2 * E2^1/3) / (h1 + h2))^3 (4.5)

ここで、 Eas(ave)：アスファルト混合物層の平均弾性係数 (kgf/cm²)
E1, E2：第1, 2層の弾性係数 (kgf/cm²)
h1, h2：第1, 2層の層厚 (cm)

(3) 構造設計の手順

コンテナ用荷役ホームの舗装の構造設計手順としては、12ftコンテナ用フォークリフトの設計交通量(N12)と路床の設計CBR(路床弾性係数Esg)を用いて、アスファルト混合物層の厚さを選択し、12ftコンテナ用フォークリフトの許容載荷輪数≧設計交通量(N12)となる路盤厚を求める方法である。

舗装体に生じる応力およびひずみの算定は多層弾性計算を使用したため、表-3.4.5に定めた各層の弾性係数とポアソン比を用いた。

表-3.4.5 舗装構成材料と弾性係数とポアソン比

	材 料 名	ポアソン比	弾性係数E (kgf/cm²)
表基層	アスファルト混合物	0.35	60000
上層路盤	瀝青安定処理	0.38	30000
	セメント・アスファルト乳剤安定処理	0.38	25000
	セメント安定処理	0.25	20000
	開粒型大粒径路盤	0.38	20000
	水硬性粒度調整鉄鋼スラグ	0.30	15000
	粒度調整碎石	0.40	4000
下層路盤	セメント安定処理	0.30	3000
	切込碎石	0.40	1300

路床の設計CBRを3とし、設計CBRが4, 6, 8, 12となるように、路床の安定処理厚を変化させ、それぞれの設計CBRに対する舗装厚を用いた場合の直接工事費を算定し、設計CBR3に対する工事費との比を求めた。設計CBR3に対する舗装構成の違いによる直接工事費の関係を図-3.4.4に示す。

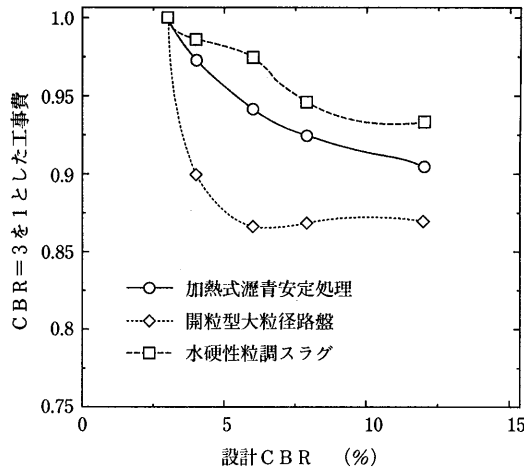


図-3.4.5 設計CBR3に対する直接工事費の比較

この結果から、設計CBRを6以上確保すれば設計CBRが3の場合よりも直接工事費を十分小さくできることが分かる。これより、本基準においては路床の設計CBRは6以上とすることとした。

路盤層厚を定めるため、米国アスファルト協会(AI)

の疲労破壊基準式を用いて許容載荷輪数を算定した。
計算に使用した路盤層の層厚と12ftコンテナ用フォークリフト許容載荷輪数の関係から直線回帰を行い、路盤層の層厚を求める下式を導いた。

$$H_{base} = a \times \log N_{12} + b \quad (4.6)$$

ここで、 H_{base} ：路盤層の層厚 (cm)

N_{12} ：12ftコンテナ用フォークリフト換算輪数 (千回)

a ：路盤厚算定式の傾き

b ：路盤厚算定式の切片

この路盤層の厚さを求める層厚設計チャートとして、3層構造モデルのフルデプスアスファルト舗装の設計チャートを図-3.4.5に示し、4層構造モデルの瀝青安定処理工法の設計チャートを図-3.4.6に示す。これらの図より、表基層の厚さと12ftコンテナ用フォークリフト許容載荷輪数 N_{12} と路床の設計CBRを与えることで、各路盤材料ごとの路盤の厚さを算定することができる。コンテナ荷役ホームの舗装構造の設計手順を図-

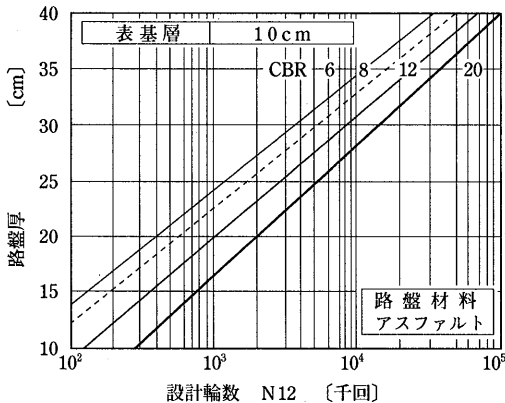


図-3.4.6 フルデプスアスファルト舗装の設計チャート

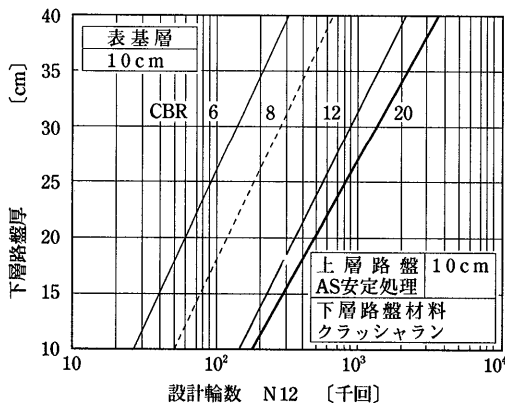


図-3.4.7 瀝青安定処理工法の舗装の設計チャート

3.4.7に示す。

次に、設計交通量の異なる6か所のコンテナ荷役ホームを用いて、新基準と従来の基準による舗装設計の比較を行った。この両者の設計法による舗装厚の比較を図-3.4.8に示す。本基準で提案されている設計方法では、従来の設計基準で求めた等値換算係数(TA)に比べ0から1.2cm程度薄くなることから、経済的な設計法であることが判明した。

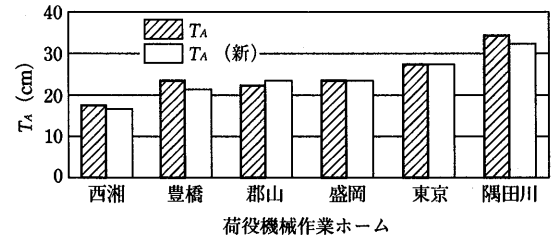


図-3.4.8 舗装設計基準の新旧の比較

4. 新設計基準の特徴

平成5年(1993年)3月に策定された貨物設備アスファルト舗装設計・補修の手引き(案)の内容について、まとめたものである。この設計基準の特徴をまとめると以下ようになる。

- 1) コンテナ用貨車の積載率を0.8とすることで列車あたりのコンテナ取扱い個数を求めることができる。これより、フォークリフトの交通量を示すことが可能となった。
- 2) コンテナ荷役作業ホームを使用するフォークリフトの通過台数は正規分布のみなすことができ、荷役作業直角方向のフォークリフト通過台数のうち、最大値とコンテナ貨車の荷役回数が直接関係する線路近傍の値の比は、4.6となった。
- 3) 12ftコンテナ用フォークリフトを標準荷役機械とすることで、各種フォークリフトの交通量を(N_{12})を定めることができた。
- 4) 輪荷重40tfとなる重輪荷重の交通を包括するコンテナ用荷役ホームに対するアスファルト舗装の舗装構造の設計において、多層弾性理論およびAIの破壊基準式に基づく設計法を確立した。
- 5) 路床の支持力が小さな箇所で、その地盤上に舗装を行うと工事費は高くなる。このため、路床に安定処理を構築し、路床の設計CBR6以上を確保することとした。
- 6) 本基準で採用した設計手法により、各種路盤タイプの路盤層の必要厚を簡便に求めることができる。

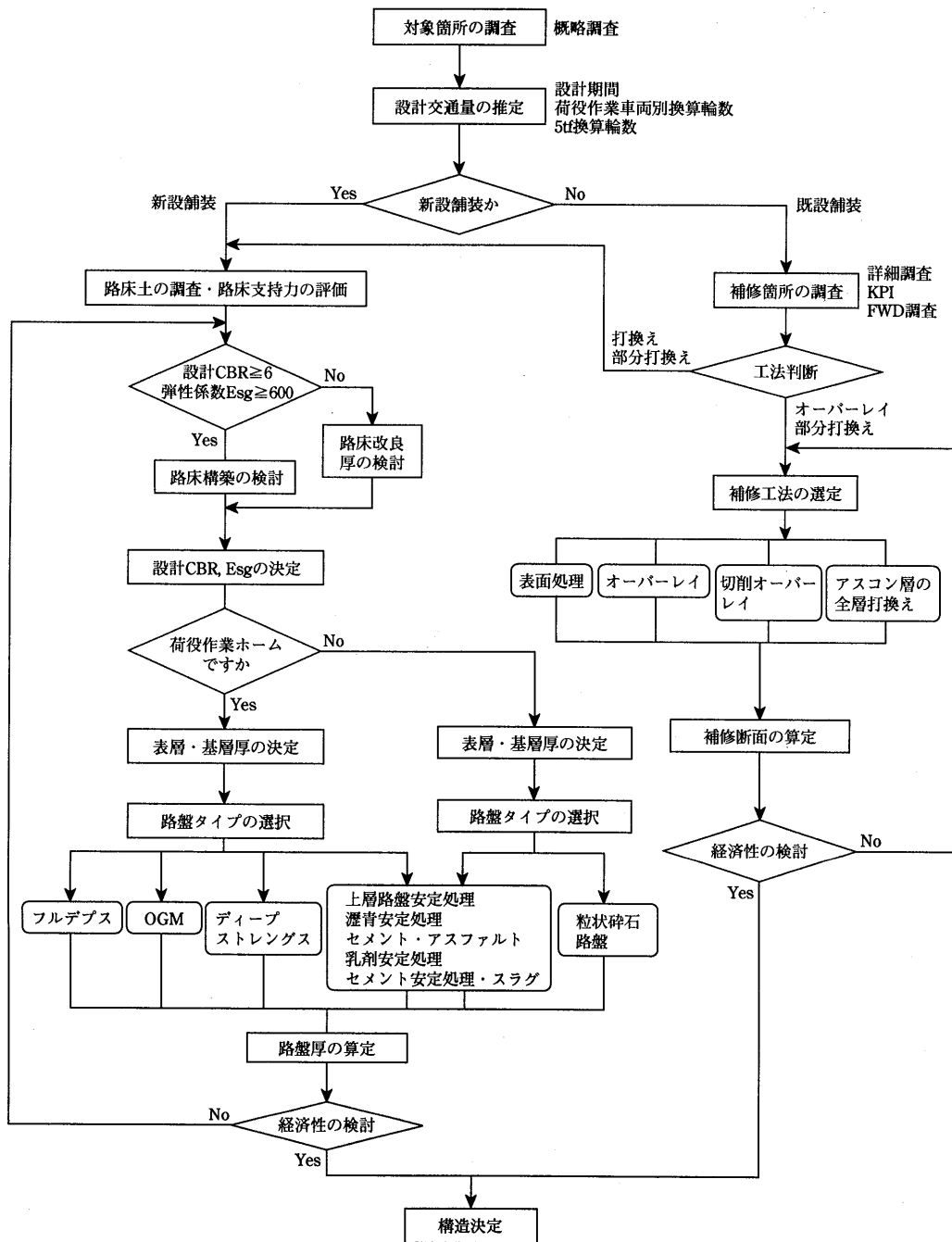


図-3.4.9 コンテナ荷役ホームの舗装構造の設計手順

— 参考文献 —

- 1) ㈱土木学会：国鉄貨物設備アスファルト舗装設計に関する研究報告，1970.
- 2) ㈱日本道路協会：アスファルト舗装要綱，1967.
- 3) 日本貨物鉄道株式会社：貨物設備アスファルト舗装設計補修の手引き（案），1993.
- 4) The Asphalt Institute (USA) : Research and Development of The Asphalt Institute's Thickness Design Manual (MS-1) Ninth Edition, pp.7-13, 1982.

第 5 章 構内舗装・駐車場舗装

1. 概 要

本章では、構内の施設に適用される舗装（以下構内舗装と称する）と駐車場に適用される舗装（以下、駐車場舗装と称する）を取り上げ、舗装の種類、構造設計法および使用される材料等を紹介する。

構内舗装とは、建築施設構内の付随施設である車道、歩道、広場および駐車場に適用される舗装を指している。近年は、構内舗装に対しても周辺環境との調和やアメニティが要求され、適用される舗装が多様化する傾向にある。

一方、駐車場舗装とは前記の構内の駐車場のほか、高速道路のサービスエリア、駐車場ビルおよび建築物の屋上駐車場など、様々な駐車場に適用される舗装を指している。近年は、安全かつ円滑で快適な道路交通環境を確保することを目的に、様々な場所に駐車場が整備されてきており、舗装に対するニーズも多様化している。

なお、構内および駐車場には、セメントコンクリート舗装やブロック舗装なども適用されるが、これらの舗装については簡単な紹介程度にとどめ、アスファルト系の舗装を主体に取りまとめる。

2. 構内舗装

構内舗装は、大型車両の通行量を設計の基礎として考える一般道路の舗装とは異なっている¹⁾。

そこで、ここでは官公庁の施設に付帯する構内の舗装に関する設計基準「構内舗装・排水設計基準、平成5年版（以下、構内舗装・排水設計基準と称する）」を中心に、構内舗装の設計法等を記述し、同基準に適合しない構内舗装の設計等に関する現状などを簡単に紹介する。

2.1 構内舗装・排水設計基準²⁾

構内舗装・排水設計基準は、舗装技術の進展、再生資源の活用等を踏まえた舗装に関する設計基準と、構内の排水に関する設計基準を扱っている。

同基準は、施設の区分、路床土の分類および気象条件等に応じた舗装の設計が行えるようになっている²⁾。

また、同基準は、官公庁の施設のみならず、一般の構内舗装の設計にも利用できる内容となっている。

なお、同基準では、主として車両が走行する部分や前庭まわりおよび駐車場部分を車道部、主として歩行者が利用する部分を歩道部として扱っている。

(1) 構内舗装に要求される要件

構内舗装に要求される要件としては、①利用者の快適性（車道部では走行性・安全性等、歩道部では歩きやすさ等）、②周辺環境との調和、③経済性が挙げられる。

本基準では、これらを考慮し、舗装を従来から採用されている「一般的な舗装」と特にアメニティや景観等の機能を強調できる「特殊な舗装」の2つに分類・定義し、車道部と歩道部の両方に適用できるようにしてある。

なお、構内舗装では、排水負担の軽減、植栽、地下排水の涵養などへの配慮が必要とされ、透水性機能を有する舗装の採択が重要である²⁾。

このほか、一般の舗装と同様に再生材の活用を図ることを原則とする。

(2) 舗装の種類²⁾

舗装の種類は、表-3.5.1に示すように適用場所別に、一般的な舗装と特殊な舗装に分類している。

舗装の種類の選定にあたっては、その適用場所の地形、施工規模(面積)、敷地の形状、施工時期、工期お

表-3.5.1 適用場所と舗装の種類²⁾

適用場所	舗 装 の 種 類	
車 道 部	一般的な舗装	アスファルト舗装、コンクリート舗装
	特殊な舗装	排水性舗装、カラー舗装、インターロッキングブロック舗装、転圧コンクリート舗装、コンボジット舗装、透水性舗装等
歩 道 部	一般的な舗装	アスファルト舗装、コンクリート舗装
	特殊な舗装	透水性舗装、カラー舗装、コンクリート平板舗装、インターロッキングブロック舗装、舗石・レンガ舗装、タイル舗装、弾性舗装等

注) 車道部の透水性舗装については、一般庁舎で普通車のみが通行する箇所及び一般庁舎の駐車場のみ適用する。

よび要求性能などを十分に考慮することが重要であり、「一般的な舗装」よりも「特殊な舗装」の活用を、図るとよい場合がある。

また、排水負担の軽減等を図るための透水機能を有する舗装としては、透水性舗装と排水性舗装を示している³⁾⁴⁾。

原則として構内舗装では、車道部には排水性舗装を歩道部には透水性舗装を適用する。ただし、一般庁舎の構内で普通車のみが通行する箇所と一般庁舎の駐車場では、透水性舗装を適用してもよい。

さらには、舗装の適用場所によって混合物の耐久性や安定性を高める必要がある場合は、特殊バインダや新工法を採択するとよい。

3) 車道部の舗装の設計

車道部の舗装の設計は、施設区分、路床土の分類、凍上抑制層の必要性および経済性等を考慮して行う。

①施設区分

表－3.5.2に示すように、構内を利用する車両の実態

表－3.5.2 施設区分

区 分	施 設	大型車交通量*
A (一般庁舎)	単独庁舎，合同庁舎， 研究所等	1台／日以下
B (特殊庁舎)	自動車検査登録事務所， 警察学校，機動隊， 重機実技試験施設等	約33台／日

*実施調査による年間大型車交通量

により、施設を一般庁舎および特殊庁舎の2種類に区分している。

なお、利用施設の実態調査によると、年間平均大型車交通量は、同表にも示すように、一般庁舎で1台／日以下、特殊庁舎で約33台／日である。

②路床土の分類

路床土は、表－3.5.3に示すように土粒子の大きさによって砂質土および粘性土に大別し、粘性土については、含水状態によってさらに2つに分類する。

この分類法は、「砂利道の瀝青路面処理指針⁵⁾」を参考に、肉眼による観察または簡単な方法によって路床土を評価するようにしたものである。

なお、特殊庁舎の舗装を設計する場合には、JIS A 1211に準拠して路床土支持力比（CBR）試験を実施して、CBRを確認することが望ましい。

③凍上抑制層

凍結指数がおおむね500以上の寒冷地帯や凍結融解を受ける恐れがある地域においては、凍上抑制層を検討する必要がある。

なお、凍上抑制層を検討する場合の基本的な考え方は、アスファルト舗装要綱と同様であるが、置き換え深さを、アスファルト舗装要綱では「設計期間n年（一般には10年）に一度生じると推定した凍結深さの70%あるいは経験値とする」としているのに対し、本設計基準では簡易舗装要綱と同様に「10年に一度生じると推定した凍結深さの65%あるいは経験値とする」としている。65%とした理由は、これより深部では凍結が

表－3.5.3 路床土の分類²⁾

分類	土粒子の大きさによる分類	含水状態による分解	特 徴
I	砂 質 土	少 な い	大部分が砂分（2.0 ～ 0.074mmの範囲）で構成される土である。自然含水比は、20%以下が一般的であり、手で握っても崩れてしまう特徴がある。まき土、シラス及び山砂などがこれに属し、CBRは、5以上が期待できる。
II	粘 性 土	比較的少ない	砂分が少なく、細粒土（0.07mm以下が50%以上）が多い土である。自然含水比は、40～50%程度である場合が多く、手で握ると適度な粘性を有する。シルト及び粘質土などがこれに属し、CBRは、2～5が期待できる。
III		多 い	塑性の大きい火山灰質粘性土や有機質土で構成される土である。自然含水比は50%以上である場合が多く、手で握ると粘りつく特徴がある。関東ローム及び黒ボクなどがこれに属し、CBRは、2以下しか期待できない場合が多い。

注1：路床土の性質の判定及び分類は肉眼による観察、手指による感触、簡単なふるい分け等によって行うことを原則とする。
なお、分類IIであっても含水比が少ない団結粘土等（岩盤状のもの）の場合は分類Iとする。
注2：路床土は、雨期または凍結融解期を避けて路床面より下方30cm以上深い位置から採取したものを飼料とする。

生じて路面に直接的な影響を及ぼさないことが経験的に明かなためである。

④舗装厚さ

舗装の厚さを、一般的な舗装と特殊な舗装に分けて以下に示す。

a) 一般的な舗装の舗装厚さ

一般的な舗装の舗装厚さは、図-3.5.1および図-3.5.2に示すように、施設区分と路床土の分類により地域区分別（一般地域と寒冷地域）に定めている。

一般地域の舗装で、舗装面積が大きく（おおよそ1,500㎡以上）特に平坦性が要求されるアスファルト舗装の場合は、厚さ5cmの基層を設ける。また、路床土の分類がⅢの場合は、厚さ15cmのしゃ断層を設ける。

外構その他の工事により路床土が乱される場合には、1ランク上（路床土が分類Ⅰの場合は分類Ⅱ、路床土が分類Ⅱの場合は分類Ⅲ）の舗装構成とすることが望ましい。

一般地域であっても凍上の恐れがある地域では、図-3.5.1に示す舗装厚さと置き換え厚さを比較し、舗装厚さが小さい場合には、その差だけ凍上抑制を設ける。なお、施工性の確保の面から、その最小厚さは15cmとする。

b) 特殊な舗装の舗装厚さ

特殊な舗装の舗装厚さは、図-3.5.3に示すとおりである。なお、しゃ断層および凍上抑制層の設計は、一般的な舗装の舗装厚さの設計法に従う。

透水性舗装は、凍結の恐れがない一般の地域の路床土の分類がⅠまたはⅡの一般庁舎で、しかも大型車の進入が避けられる箇所にのみ適用する。

なお、基層を設ける2層構造の透水性舗装は採用しない。この理由は、基層を必要とするような、特に平坦性が要求される箇所では大型車の進入が懸念されるためである。

排水性舗装は、表層厚さ4cmを標準とする。この理由は、表層を4cmとすることで良好な施工性が得られ、所定の透水機能が確保でき、かつ、耐久性も向上するからである。なお、冬期にタイヤチェーン等を使用する地域では、当面、排水性舗装の適用は見合わせる。

(4) 歩道部の舗装の設計

歩道部の舗装は、歩行者の快適性、周辺環境との調和、経済性などを考慮して適切な種類を選択する。

その種類としては、アスファルト舗装（透水性舗装を含む）、セメントコンクリート舗装、カラー舗装、コンクリート平板舗装、インターロッキングブロック舗

施設区分	路床土の分類	アスファルト舗装		コンクリート舗装
		標準の場合	特に平坦性を要求される場合	
A 一般庁舎	I	表層 3 基層 5 路盤 15	表層 3 基層 5 路盤 10	コンクリート版 15 路盤 15 しゃ断層 (路床土Ⅲのみ) 15
	II			
	III	表層 3 路盤 25	表層 3 基層 5 路盤 15	
B 特殊庁舎	I	しゃ断層 (路床土Ⅲのみ) 15	しゃ断層 (路床土Ⅲのみ) 15	コンクリート版 15 路盤 15 しゃ断層 (路床土Ⅲのみ) 15
	II	表層 3 路盤 35	表層 3 基層 5 路盤 25	
	III	しゃ断層 (路床土Ⅲのみ) 15	しゃ断層 (路床土Ⅲのみ) 15	

図-3.5.1 一般的な舗装の一般地域での舗装厚さ²⁾

施設区分	路床土の分野	アスファルト舗装	コンクリート舗装
A 一般庁舎	I	表層 3 基層 5 路盤 10	コンクリート版 15 路盤 15
	II	凍上抑制層	
	III		
B 特殊庁舎	I	表層 3 基層 5 路盤 15	凍上抑制層
	II		
	III	凍上抑制層	

図-3.5.2 一般的な舗装の寒冷地域での舗装厚さ²⁾

装、舗石・レンガ舗装および弾性舗装を示している。

また、加熱アスファルト混合物を用いる舗装（透水性舗装、カラー舗装を含む）の舗装厚さは、路盤10cm・表層3cm（透水性舗装の場合は5cmのフィルター層を設ける）とする。

種 類	構 造	備 考							
透水性舗装	<table><tr><td>表 層</td><td>5</td></tr><tr><td>路 盤</td><td>15</td></tr><tr><td>フィルター層</td><td>15</td></tr></table>	表 層	5	路 盤	15	フィルター層	15	・表層は、透水性加熱アスファルト混合物を用いる。 ・路盤は、透水能の高いクラッシュランを用いる。 ・フィルター層とは、路盤から浸透した雨水が急激に路床に入らないよう敷砂した層をいい、シルト、粘土等の少ない粗砂を用いる。	
表 層	5								
路 盤	15								
フィルター層	15								
排水性舗装	<table><tr><td>表 層^{シール層}</td><td>4</td></tr><tr><td>基 盤</td><td>5</td></tr><tr><td>路 盤</td><td>10～25</td></tr></table>	表 層 ^{シール層}	4	基 盤	5	路 盤	10～25	・表層は、排水性舗装用アスファルト混合物を用いる。 ・基層は必ず設け、その表面にはシール層を設ける。 ・路盤厚は、図3.5.1及び図3.5.2のアスファルト舗装（一般地域では特に平たん性が要求される場合）に示す値を標準とする。	
表 層 ^{シール層}	4								
基 盤	5								
路 盤	10～25								
カラー舗装	<table><tr><td>表 層</td><td>5(3)</td></tr><tr><td>(基 盤)</td><td>(5)</td></tr><tr><td>路 盤</td><td>15～35 (10～25)</td></tr></table> ()基層を設ける場合	表 層	5(3)	(基 盤)	(5)	路 盤	15～35 (10～25)	・表層は、顔料や着色骨材を用いた加熱アスファルト混合物を用いる。 ・基層を設ける場合は、加熱アスファルト混合物を用いる。 ・路盤厚は、図3.5.1及び図3.5.2のアスファルト舗装に示す値を標準とする。	
	表 層	5(3)							
	(基 盤)	(5)							
路 盤	15～35 (10～25)								
<table><tr><td>カラー舗装</td><td>0.5～1.0</td></tr><tr><td>表 層</td><td>5(3)</td></tr><tr><td>(基 盤)</td><td>(5)</td></tr><tr><td>路 盤</td><td>15～35 (10～25)</td></tr></table> ()基層を設ける場合	カラー舗装	0.5～1.0	表 層	5(3)	(基 盤)	(5)	路 盤	15～35 (10～25)	・カラー化には、自然石や着色骨材と石油樹脂を用いた着色舗装かエポキシ樹脂と天然砂利を用いた樹脂系混合物を用いる。 ・表層及び基層には、加熱アスファルト混合物を用いる。 ・路盤厚は、図3.5.1及び図3.5.2のアスファルト舗装に示す値を標準とする。
カラー舗装	0.5～1.0								
表 層	5(3)								
(基 盤)	(5)								
路 盤	15～35 (10～25)								
<table><tr><td>カラー舗装</td><td>0.5～1.0</td></tr><tr><td>表 層</td><td>5(3)</td></tr><tr><td>(基 盤)</td><td>(5)</td></tr><tr><td>路 盤</td><td>15～35 (10～25)</td></tr></table> ()基層を設ける場合	カラー舗装	0.5～1.0	表 層	5(3)	(基 盤)	(5)	路 盤	15～35 (10～25)	・カラー化には、アクリル系カラー塗布材や樹脂系乳剤を用いたスラリーシールによる常温塗布式舗装か、ニート工法による樹脂系舗装を用いる。 ・表層及び基層には、加熱アスファルト混合物を用いる。 ・路盤厚は、図3.5.1及び図3.5.2のアスファルト舗装に示す値を標準とする。
カラー舗装	0.5～1.0								
表 層	5(3)								
(基 盤)	(5)								
路 盤	15～35 (10～25)								
インターロッキングブロック舗装	<table><tr><td>表 層</td><td>8</td></tr><tr><td>クッション層</td><td>3</td></tr><tr><td>路 盤</td><td>10～25</td></tr></table>	表 層	8	クッション層	3	路 盤	10～25	・表層は、インターロッキングブロックを用いる。 ・クッション層は、砂またはセメント1：砂3程度の配合の空練りモルタルを用いる。 ・目地材は、砂、セメントモルタル等を用いる。 ・路盤厚は、図3.5.1及び図3.5.2のアスファルト舗装（一般地域では特に平たん性が要求される場合）に示す値を標準とする。	
表 層	8								
クッション層	3								
路 盤	10～25								
転圧コンクリート舗装	<table><tr><td>表 層</td><td>15</td></tr><tr><td>路 盤</td><td>15</td></tr></table>	表 層	15	路 盤	15	・表層は、転圧コンクリートを用いる。 ・路盤は、図3.5.1及び図3.5.2に示すコンクリート舗装による。			
表 層	15								
路 盤	15								
コンポジット舗装	<table><tr><td>表 層</td><td>3～5</td></tr><tr><td>コンクリート版または 転圧コンクリート版</td><td>15</td></tr><tr><td>路 盤</td><td>15</td></tr></table>	表 層	3～5	コンクリート版または 転圧コンクリート版	15	路 盤	15	・表層は、加熱アスファルト混合物を用いる。 ・表層直下の層には、セメント系の版（コンクリート版、転圧コンクリート版等）を設ける。 ・路盤は、図3.5.1及び図3.5.2に示すコンクリート舗装による。	
表 層	3～5								
コンクリート版または 転圧コンクリート版	15								
路 盤	15								

図－3.5.3 特殊な舗装の舗装厚さ²⁾

2.2 その他の構内舗装

各種条件が、官公庁の施設の構内に類似する場合は、構内舗装・排水設計基準を参考に、舗装の種類を選定、使用材料の選定および舗装厚さの設計が行える。しかし、原料や製品を積載する大型車両が頻繁に走行するような工場構内の舗装等では、供用条件も千差万別であることから、基本的にはアスファルト舗装要綱に示されるTA法や多層弾性理論による設計方法を応用することになる。

なお、工場構内の車道では、一般の車道に比べ走行する車両の種類(荷重)、交通量および走行位置を把握しやすい場合が多く、TA法や多層弾性理論の応用が比較的容易とも考えられる。しかし、フォークリフトなどによる荷役を伴う箇所などでは、通常の道路舗装とは異なる条件を考慮する必要があるため、この特集号でも取り上げている「貨物ヤードの舗装」のほか「港湾の舗装⁷⁾」等が参考になると考えられる。

また、駅構内のプラットホームにもアスファルト混合物やタイルを用いた舗装が適用されている。特に、アスファルト舗装はすべりにくく比較的廉価なことから、駅構内で有効に活用されているようである⁸⁾。通常、プラットホームにおけるアスファルト混合物層の厚さは50mm程度で、材料としては密粒度アスファルト混合物(13)が用いられている。また、アスファルト混合物層厚さが50mmに満たない場合には、細粒度のアスファルト混合物が用いられる⁹⁾。

3. 駐車場舗装

駐車場には、高速道路のサービスエリアや工場構内の駐車場のように大型車までを対象とするものから、建築物の屋上や地下の駐車所などのように主に乗用車のみを対象とするものがあり、設置場所や対象とする車両が多岐にわたっている。

また、駐車場に舗装を適用する場合の目的には、利用者の快適性(車両の走行性、乗降時の歩行性)の確保のほかに、建築物の屋上に設置する際のスラブや防水層の保護などがある。

ここでは、建築施設構内や高速道路のサービスエリアに設置する平面式駐車場および建築物屋上に設置する駐車場を取り上げ、舗装の種類や設計法等を紹介する。

3.1 平面式駐車場

平面式駐車場には、官公庁などの施設に付帯する構内に設置されるものや高速道路のサービスエリア等に

設置されるもの等がある。ここでは、平面式駐車場のいくつかを取り上げる。

(1) 官公庁などの施設構内に設置される駐車場

前述したように、構内舗装・排水設計基準では、官公庁構内の駐車場の舗装を車道部の舗装として扱っている。また、適用する舗装の種類や設計方法は、2.1に示したとおりで、官公庁の施設のみならず、一般の構内舗装の設計にも利用できるものとなっており、大型車が利用しない平面式駐車場の舗装を検討する際に参考になると考えられる²⁾。

(2) 高速道路のサービスエリア等の駐車場

高速道路のサービスエリア等の駐車場の舗装に関しては、日本道路公団設計要領第1集の「6-2 駐車場およびチェーン脱着場」に記述がある⁹⁾。

同要領では、駐車場およびチェーン脱着場の舗装は、原則としてアスファルト舗装とし、TA=15~20cmの間で定めると規定している。また、同項の解説には、①ここに規定した諸数値の根拠は、耐久性や供用性の順理論的な取り扱いを背景としたものではなく、多くの設計例を参考にして求めたものである。②TAは、乗用車が使用主体となる駐車場では15cmまたは15cmに近い値を、トラック等の使用がかなりの高率で見込まれる駐車場では20cmまたは20cmに近い値で定める。③トラック等の使用がかなりの高率で見込まれる駐車場では、コンクリート舗装または半たわみ性舗装としてもよい。と記されている。

なお、高速道路のサービスエリア等の駐車場では、エンジンを稼働したままで駐車している車両が多いため、振動や排熱等の影響によりアスファルト安定処理層まで流動し、わだち掘れが発生しているとの報告がある¹⁰⁾。特に、この現象は大型車駐車帯で顕著であり、当該箇所には、半たわみ性舗装を採用することが望ましいといえる。また、半たわみ性舗装とすることで、潤滑油等の漏油による悪影響の軽減も期待できる¹¹⁾¹²⁾。

(3) 空港内の駐車場¹³⁾

空港の基本施設およびそれに付帯する施設におけるアスファルト舗装の設計に適用される基準類としては、空港アスファルト舗装構造設計要領がある。しかし、本要領は、空港内の道路や駐車場のアスファルト舗装を対象外としており、これらの舗装は、(社)日本道路協会の「アスファルト舗装要綱」や「簡易舗装要綱」等に準拠して設計するとしている。このため、空港内の駐車場を検討する際には、構内舗装・排水設計基準が参考になると考えられる。

3.2 屋上駐車場

現時点では、屋上駐車場の舗装に関する基準類は見あたらない。このため、屋上駐車場の舗装を検討するにあたっては、適用箇所の供用条件やコンクリートスラブの仕上がり状態等のほか、以下に示す要求性能を考慮するとよいと考えられる。

- ・施工が容易であること
- ・軽量であること
- ・プリスタリングを生じないこと
- ・耐久性に富むこと
- ・補修が容易であること

なお、耐久性としては、①車両の停止・発進および据え切り時に生じる力によって、ずれやはく離が生じないこと、②落下物や飛来物による衝撃で、防水機能が損なわれないこと、③下地のコンクリートスラブの伸縮に対して追従しひびわれないこと、④太陽光や雨水によって劣化しにくいこと等が挙げられる。

これらを踏まえて、郊外のスーパーマーケット等の屋上駐車場や立体駐車場では、主として、アスファルト防水にアスファルト舗装やセメントコンクリート舗

装を組み合わせたもの、またはゴムシート防水にアスファルト舗装を組み合わせたもの等が適用されている¹⁴⁾。

また、これらのほかには、アクリルやポリエステル等を用いた防水工法と樹脂モルタルによる舗装の組み合わせが適用されているほか、アスファルト乳剤を用いた常温型の舗装が提案されている¹⁴⁾。

4. まとめ

構内舗装および駐車場舗装は、その適用箇所により供用条件等が大きく異なることもあり、基準類が十分に整備されていないのが現状である。このため、ここに示したように、「構内舗装・排水設計基準」が適用できる場合には問題ないが、多くの場合、舗装技術者が頭を悩ませながら各自の技術力を駆使して、これらの舗装を検討しているのが現状と思われる。

なお、適切な設計等を期待するには、より詳細な情報が提供されることが望ましいと考えられることから、今後、更に構内舗装や駐車場舗装に関する調査検討が進められることが期待されるところである。

—— 参考文献 ——

- 1) 南雲貞夫, 阿部忠行, 安崎裕, 飯田章夫: 道路舗装の設計(道路実務講座6), 山海堂, 1984.3, P189.
- 2) 営繕協会: 構内舗装・排水設計基準 平成5年版(建設大臣官庁官庁営繕部監修), 1993.
- 3) 営繕日本道路建設業協会: 透水性舗装ハンドブック, 山海堂, 1979.5.
- 4) 営繕日本道路協会: 排水性舗装技術指針(案), 1996.11.
- 5) 営繕日本アスファルト協会: 砂利道の瀝青路面処理指針, 1985.9.
- 6) 上浦正樹: 鉄道貨物ヤードに用いる各種舗装の現状, 舗装, 1994.10, P17.
- 7) 八谷好高: 港湾の舗装, 舗装, 1994.10, P10.
- 8) 太田廣巳: 駅プラットホームの舗装, 舗装, 1994.10, P14.
- 9) 日本道路公団: 設計要領第1集, 1983.4, P61.
- 10) 川辺稔, 林田彦治: サービスエリア駐車場舗装の実態調査, 舗装, 1994.8, P26.
- 11) 営繕日本道路協会: アスファルト舗装要綱, 1992.12, P192.
- 12) 寺嶋悟, 福島浩, 屋敷義男: 日本坂バーキングエリアにおける半たわみ性舗装の連続急速施工, 第18回日本道路会議論文集, 1989.10, P572.
- 13) 財航空振興財団: 空港アスファルト舗装構造設計要領, 1990.2, P1.
- 14) 北川聡, 久保知祐, 板垣和芳: 屋上駐車場用の常温施工型薄層舗装工法について, あすふあるとにゅうざい, 1992, P4.

第6章 歩道・自転車道舗装

1. 歩道・自転車道舗装の歴史

近年、道路といえば車両が通行する部分を意味することが多い。しかし、江戸時代以前は水路が物流の主体であったことなどから、道、道路とは「人が歩く」ところであった。そこでここでは、古代の道路を含めて現代までの歩道・自転車道の歴史を紹介する。

1.1 明治時代以前の道路

明治時代までの主な年譜を表-3.6.1に示す。以下、各時代ごとの道路や現在の歩道に関連する事項を紹介する。

表-3.6.1 明治以前の年譜

時代	西暦	事 項
3世紀		「魏志倭人伝」に日本の道路に関する記述あり
飛鳥	646 701	駅伝の制を定める（改新の詔） 駅路を大路，中路，小路に分ける（大宝令）
奈良	759	駅路に果樹を植樹（並木のはじめ）
9世紀		水上の交通・輸送がはじまる
鎌倉	1185 1261	源頼朝，鎌倉・京都間に駅伝の法を定める 道路清掃を定めた禁令
安土 桃山	1568 1575	信長，領国内の関所を撤廃 信長，道奉行をおき領国内の道路を整備
江戸	1604 1635	東海道などに一里塚をおき，並木を整備 関所制度の確立，参勤交代制を定める
明治	1868 1886 1903	神戸で，イギリス人技師による歩車道分離の道路を構築 国道・県道の築造標準を制定 東京市区改正計画を制定

(1) 古代

我が国における最も古い道路に関する記述は「魏志倭人伝」に記載されている。そこには「土地は山險しく深林多く，道路は禽鹿の径の如し」とある。また，日本書紀にも「人々が，二列で行進することができない路で，狭くかつ険しい路であった」という内容の記述があり，当時の道がかなりひどいものであったと想像できる。

大化改新から奈良時代にかけて，駅伝の制（646年改新の詔）による「駅路・伝路」とよばれる道路網が東北地方から九州地方まで張りめぐらされた。奈良盆地にあった中央政府と太宰府および諸国の国府は7つの駅路で結ばれ，国府と郡家，郡家と郡家は伝路で結ば

れていた。これまで，これらの道の幅員は1～2m程度と考えられていたが，写真-3.6.1¹⁾に示すように幅員が10mを超え，側溝を備えた道路（静岡県曲金北遺跡）も発見されている。駅路は公使や使者などの特定の駅使が利用し，伝路は不急の公用旅行に使われた。つまり，この時代の道路は統治のための道路であり，一般の人が利用することは少なかったようである。

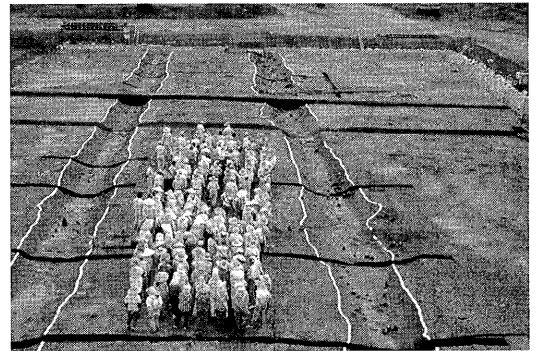


写真-3.6.1 静岡県曲金北遺跡（白線で縁取られているのが側溝）

現在の歩道と関連の深い事項として並木の制度（759年）がある。当時，貨物の陸路運搬は諸国の百姓が行っており，その道中は悲惨なものであった。そこで唐の玄宗にならい，旅人に木陰を与えるとともに果実をとって飢えや渴きをいやす目的で整備されたようである。

これらの道路網は，朝廷の勢力の衰退とともに崩壊していき，9世紀ごろからの水路や海路の活発化と相まって鎌倉時代に再び整備されてくる。

(2) 幕府政治時代

① 鎌倉時代

源頼朝は，京都と鎌倉との間の常時の連絡が必要と考え，駅伝の法（1185年）を定めた。これにより，京都と鎌倉を結ぶ東海道が最重要路線となり，道路や宿駅などの整備が行われた。道路の主な利用者は飛脚であり，騎馬を用いて京・鎌倉間を通常で7日間，急報の場合で3日間で結んでいた。つまり，この時代の道路の目的は主に情報伝達であったようである。一方，道路清掃を定めた禁令（1261年）も出されており，今日の道路整備につながる重要なものである。

② 戦国時代

室町時代から戦国時代にかけて、主要な道路には数多くの関所があった。これは、当時の武士層や社寺の財政難が反映されたものであった。ついで、公家にも自己領内の通行料を徴収するものがあらわれた。これらの通行料や関所を廃止する禁令も出されたが、その効果はほとんどなく、室町時代の伊勢国などには120もの関所があったとされている。この時代は、人々の往来にも不自由をきたし、道路や交通にとって極めて不遇の時代であった。

この関の制度を取りやめ交通の便を図ったのが織田信長である。信長は、伊勢を平定した際(1569年)に関所を廃止し、その後も領土を拡大するに従い関所を撤廃していった。さらには、道路整備にも力を入れ、兵乱によって破壊された駅宿、道路、橋梁の整備を積極的に行った。また、「本街道三間二尺、脇道二間二尺、在所道一間、高三尺」と定め、交通の便を図っている。この道路幅員を定めたものは、我が国における最初の規定とされている。このように信長は道路交通の発展に重要な役割を果たしたとともに、自由な流通や道路の整備は国を治める上で重要な政策と考えていたようである。

③ 江戸時代

江戸時代に入ると参勤交代に代表されるように、長距離の移動が多くなってくる。また、元禄年間(1688~1704年)になると庶民の生活にもゆとりが生まれるようになり、旅が盛んになってきた。街道整備も信長・秀吉の時代に引続き本格的に始まる。1601年の東海道に始まり、寛永年間(1624~1644年)には主要な街道には宿駅が設置されている。また、並木の整備を行っている。これは奈良時代に始まったものと少し趣が異なっており、いわゆる「歩きやすい道」を目指したもののようである。主要街道には

杉や松が植樹され、人々に日陰や休息、時にはうるおいのある風景を与えたようである。

当時の道路の構造面で注目されるのは大津街道の断面である。ここでは、図-3.6.1²⁾に示すように、人馬道と牛車道が分離されており、我が国における歩車道分離の始まりである。また、車を対象とした舗装が行われたのも初めてであろう。

一方、箱根に代表される国境などの街道はかなり遅れて整備されている。箱根峠が石畳道になったのは1680年である。道路整備に関する認識は高かったものの、その根底にはやはり軍用的な面が多分に残されていたことも事実である。

④ 明治時代

明治時代にはいると、積極的に欧米の技術を取り入れた道路の整備が行われている。明治初年(1868年)には神戸でイギリス人技師の設計による歩車道を分離した道路がつくられている。また、明治4年(1871年)には、東京府下の大道筋でその中央を「車・駕籠通行用」に、両側を「徒行用」に修繕する命令が出されており、歩車道分離に関する新しい制度が打ち出されている。続いて、明治19年(1886年)に、国道・県道の築造標準が制定されている。ここには歩道に関する規定等はみられず、「横断路面の形状は楕円形とす」とだけある。ただし、並木に関しては、雪、日光、風を防ぐ目的で根付すると記載されている。歩道に関する記述は明治36年(1903年)の東京市区改正設計にみられ、1等から5等に分類された各々の道路にあわせて左右両側に三間から三尺までの歩道を設置するようになっている。また、同年東京に自動車が見え、その後道路は自動車交通を対象としたものが主体となってきた。

1.2 大正時代以降の道路

大正時代以降の歩道・自転車道は、道路構造令等の

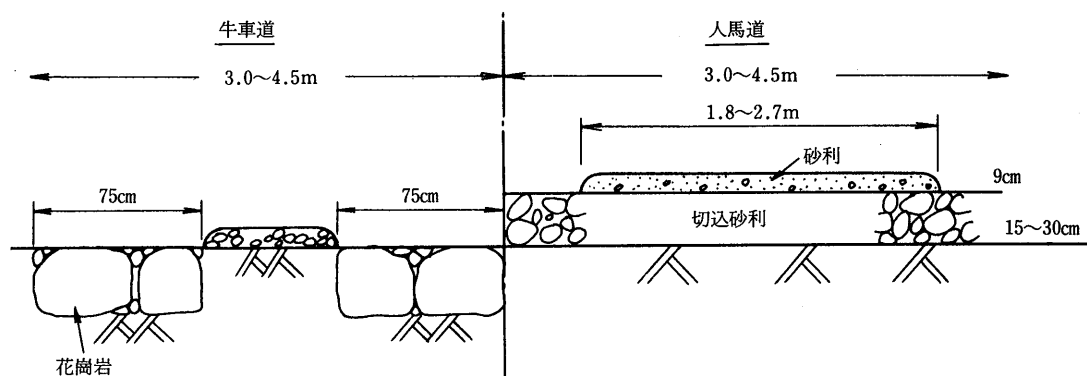


図-3.6.1 大津街道の舗装構造

諸基準の改訂とともに変遷している。大正時代以降の歩道・自転車道の主に道路構造令における年譜を表-3.6.2³⁾に、指針や基準の年譜を表-3.6.3³⁾に示す。

表-3.6.2 道路構造令等による歩道・自転車道の推移

西暦	種 別	区分の方法	歩 道	自 転 車 道
1919	道路構造令		規定なし	規定なし
	街路構造令	広路 一等大路 二等大路 一等小路 二等小路	全幅の1/6 以上を歩道 とする	規定なし
1958	道路構造令	第4種 第5種	1.5m以上 "	規定なし
1970		第3種 第4種	1.5m以上 等級により 3m~1m以上	1.5m以上 "
		第3種 第4種	1.5m以上 等級により 3m~1m以上	1.5m(3m) 以上 "
1982		第3種 第4種	1.5m以上 等級により 3m~1m以上	1.5m(3m) 以上 "
1993		第3種 第4種	2m以上 "	1.5m(3m) 以上 " (等級により4m ~3m以上)

注) () 内は自転車歩行者道の幅員

表-3.6.3 歩道・自転車道に関する指針、基準

西暦	指 針 ・ 基 準
1964	歩道の改良と歩道高の設計基準
1973	歩道および立体横断施設の構造について
	歩道および立体横断施設の構造についての取扱いについて
1974	自転車道等の設計基準
1985	視覚障害者誘導用ブロック設置指針

(1) 大正時代

大正8年(1919年)に道路法が制定され、続いて道路構造令、街路構造令、道路維持修繕令などの基準が制定されている。その基準に従い行われた京浜国道改

築工事の舗装断面を図-3.6.2⁴⁾に示す。ここでの歩道の材料にはコンクリートブロックも用いられているが、砂利舗装もふくまれている。また、橋梁部の歩道は厚さ1inchのモルタル仕上がりで行われている。

(2) 道路構造令以降

① 歩道

旧道路構造令(1919年)には歩道に関する規定は記載されていなかった(街路構造令に全幅の1/6以上を歩道とする規定)が、昭和33年(1958年)の道路構造令には第4・5種の道路に歩道を設けることが規定されており、歩道設置に対して積極的な姿勢がとられている。昭和45年(1970年)、昭和57年(1982年)には第3・4種の道路に設置するようになっていく。平成5年(1993年)には様々な利用者の利用形態に応じるために、最小幅員の拡大(2m以上)や特定箇所(橋梁・トンネル)における最小幅員の縮小規定が廃止されている。

また、構造的な面では昭和39年(1964年)に「歩道の改良と歩道高の設計基準」(建設省都市局長、道路局長通達)により、歩道を車道より高くする(主要な幹線道路で20cm、その他の道路で15cm)ことが定められた。また、昭和48年(1973年)には「歩道および立体横断施設の構造について」(建設省都市局長、道路局長通達)により、身障者等の交通の安全と利便を図るために、歩道等の切下げ(歩道等と車道とのすりつけ)に関する標準的な構造が定められた。続いて、昭和60年(1985年)には、視覚障害者の利便性の向上を図るために「視覚障害者誘導用ブロック設置指針」(建設省都市局街路課長、道路局企画課長通達)が定められている。

② 自転車道(自転車歩行者道)

自転車道の必要性については、昭和初期に自転車台数の多さや海外の規格等を元に論じられていた。

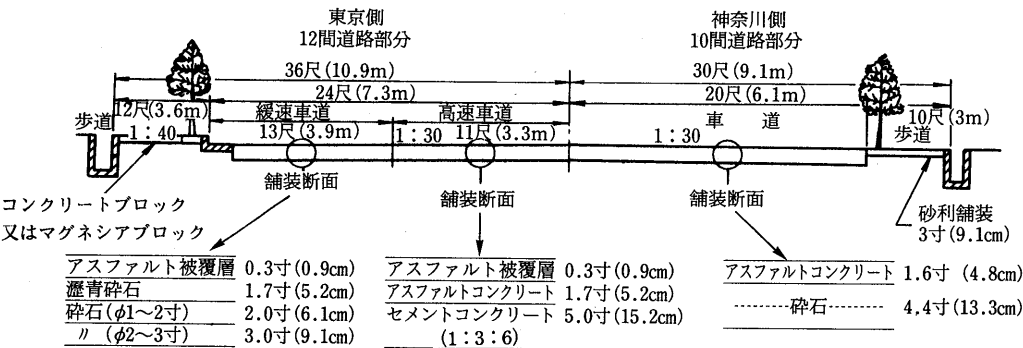


図-3.6.2 京浜国道改築断面図

しかし、実際に道路構造令に取り上げられたのは昭和45年(1970年)が最初である。そこでは、自転車および歩行者が安全かつ円滑に通行することができるよう、その幅員、線形、勾配や建築限界が示されている。昭和57年(1982年)には、自転車道と自転車歩行者道とに細分され、自転車歩行者道の幅員を3m以上とすることが定められた。また、自転車道等の合理的な計画、設計、施工を目的として、昭和49年(1974年)に「自転車道等の設計基準」(建設省都市局街路課長、道路局企画課長通達)が定められている。

(3) アスファルト舗装要綱

アスファルト舗装要綱は、昭和25年(1950年)に初版が発行されてから現行の平成4年(1992年)版までの間に大幅な改定が6回行われている。その中で歩道について初めて記載されたのは昭和42年(1976年)改訂版である。また、自転車道について記載されたのは、昭和50年(1975年)版である。以下、アスファルト舗装要綱中での、歩道・自転車道に関する記述内容の変遷を示す。

アスファルト舗装要綱に歩道が規定されたのは、昭和42年版が初めてである。そこでは、表層の材料は「加熱混合式アスファルト舗装」と「その他の舗装」に二分され、前者に対する大まかな舗装構成(材料、厚さ)が示されている。また、その他の材料には、浸透式工法、グースアスファルト、アスファルトブロック、舗石、コンクリート平板などが用いられると紹介している。また、転圧しづらいことから、この点に注意して配合設計を行う必要があるとしている⁵⁾。

昭和50年改訂版には、歩道に加え自転車道も併記されている。昭和42年版からの主な変更点は、加熱アスファルト混合物を用いる場合の舗装構成の変更と、その他の材料からグースアスファルトが削除され、常温混合式工法とコンクリート版が加えられたことである⁶⁾。

昭和53年(1978年)改訂版では、前版で併合されていた自転車道が分離されている。歩道の対象を一般の道路だけでなく、橋梁の歩道部や歩道橋にも広げて、その舗装構成や材料について示されている。舗装構成面では、前版では記載されていなかったコンクリート舗装、コンクリート平板、舗石舗装や橋梁の歩道部、歩道橋および新しく追加された樹脂系材料(エポキシ系・ウレタン系)を用いる場合の断面の例が示されている。また、材料面では透水性舗装や前述の樹脂系材

料が初めて取り上げられている。このころから歩道に対して、路面の平坦性や耐摩耗性といった従来の供用性に加え、美観やすべりにくさといった観点が必要とされてきている。なお、自転車道についての変更は行われていない⁷⁾。

昭和63年(1988年)版では、その対象を歩道、自転車歩行者専用道路、歩行者専用道路、公園内の道路および広場などに広げて、歩行者系道路舗装として体系的に整理されている。その内容は、歩行者系道路舗装をその適用箇所に応じて一般部と橋梁部に分け、それぞれの構造設計、舗装構成などが示されている。また、表層材料は舗装構造および使用材料の違いにより分類されており、目的に合わせて選定できるようになっている⁸⁾。

平成4年版は、前版から若干の変更はあるものの基本的には同様の内容である。変更・追加に関する主な観点は、「安全で快適な歩行性」の強調と、新たに追加された「アメニティ」に対する取り組みである。ここでは歩行性について、適度な弾性力、すべり抵抗性、および路面の排水性が着目され、すべり抵抗性についても「BPNで40以上(湿潤状態)が望ましい」としている。また、アメニティについては、色彩、造形、質感およびそれらと環境との調和が着目されている⁹⁾。

2. 歩道・自転車道の種類

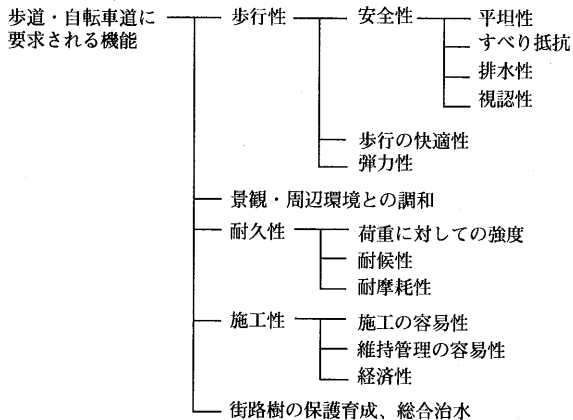
歩道・自転車道は法令的には表-3.6.4に示すように、6つに分類される。また一般的には、主に歩行や自転車の走行のように供する道路や広場といった適用箇所から、歩道および自転車道、公園の道路、広場、アプローチ、橋梁の歩道部分、歩道橋、ペデストリアンデッキなどに分類される¹²⁾。

3. 要求される機能

歩道・自転車道を含めた歩行者系道路舗装に要求される機能は、利用者に対して安全で快適な歩行性を確保するとともに、親しみ、うるおい、あるいは躍動感等を感じさせるアメニティを与えることである。さらに、安全で快適な歩行性については、適度な弾性力、すべり抵抗性、および路面の排水性等が要求される機能となり、アメニティについては、色彩、造形、質感とそれらと環境との調和が挙げられる⁸⁾。また、耐久性や施工性なども要求される機能となる。それらをまとめて歩道・自転車道の舗装に要求される機能を図-3.6.3¹²⁾に示す。

表－3.6.4 歩道・自転車道の分類（道路法¹⁰⁾，道路構造令¹¹⁾による）

種 類	法 令	内 容
歩 道	道路構造令第2条第1号	専ら歩行者（自転車，自転車および歩行者）の通行の用に供する
自 転 車 道	道路構造令第2条第2号	ために，縁石線またはさくその他これに類する工作物により区画
自 転 車 歩 行 者 道	道路構造令第2条第3号	して設けられる道路の部分
歩 行 者 専 用 道 路	道路法第48条の7第3項	専ら歩行者（自転車，自転車及び歩行者）の一般交通の用に供す
自 転 車 専 用 道 路	道路法第48条の7第1項	る道路又は道路の部分
自転車歩行者専用道路	道路法第48条の7第2項	



4. 歩道・自転車道の分類

歩道・自転車道の舗装には，種々の材料が用いられている。最も一般的な材料はアスファルト混合物であるが，セメント，天然石，木材，陶磁器，合成樹脂等も用いられている。また施工方法も，アスファルト混合物を敷きならして締固める工法に代表される現場施工型から，タイルやブロックなどの二次製品を現地で貼り付ける二次製品型まで多岐にわたっている。それらをまとめて，ここでは歩道・自転車道舗装の舗装構造および使用材料の違いにより分類したものを表－3.6.5に示す⁹⁾。

図－3.6.3 歩道・自転車道に要求される機能

表－3.6.5 歩行者系道路舗装の分類

舗 装 構 造	表層による分類	主 な 使 用 材 料
アスファルト混合物系	加熱アスファルト舗装	アスファルト混合物（細粒度，密粒度）
	着色舗装	顔料，着色骨材
	半たわみ性舗装	顔料，特殊セメントミルク
	透水性舗装	開粒度タイプのアスファルト混合物
樹脂系混合物舗装	着色舗装	石油樹脂，着色骨材，顔料
	合成樹脂混合物舗装	エポキシ樹脂，天然石，球状セラミックス
セメントコンクリート系舗装	コンクリート舗装	コンクリート，透水性コンクリート
ブロック系舗装	コンクリート平板舗装	（着色）コンクリート平板，人研ぎ平板 擬石コンクリート平板，洗出しコンクリート平板
	インターロッキングブロック舗装	インターロッキングブロック
	アスファルトブロック舗装	アスファルトブロック
	レンガ舗装	レンガ，レンガブロック
二層構造系舗装	タイル舗装	石器質タイル，磁器質タイル
	天然石舗装	小舗石，鉄平石，大谷石
その他の舗装	常温塗布式舗装	エポキシ塗材，アクリル塗材
	自然色舗装	石油樹脂，クレー，ダスト，山砂
	木塊舗装	木レンガ
	型枠式カラー舗装	コンクリート，顔料，アクリル系樹脂，天然骨材

5. 歩道・自転車道の構造と舗装構成

歩道・自転車道の舗装は一般には路床、路盤、表層から構成される。また、その舗装構成はアスファルト舗装要綱によると、設計区分に応じて2つに分類され(区分Ⅰ, Ⅱ), 表-3.6.6に示すように各舗装材料ごと

に標準的な断面⁹⁾が示されている。しかし、車両乗り入れ部や緊急車両に対する設計等については別途考慮することとしており、定まった設計法がないのが現状のようである。

表-3.6.6 歩道・自転車道の舗装構成

使用材料	加熱アスファルト混合物	透水性舗装用混合物	コンクリート舗装
舗装構成			
使用材料	コンクリート平板	インターロッキングブロック	タイルなどの化粧材
舗装構成			

注) [] は区分Ⅱの場合を示す。

参考文献

- 1) 菊岡俱也：道／道づくりと往来の歴史，いすか，No.8, 1997.4, p.2
- 2) 多田宏行：漫画で学ぶ舗装工学基礎編，建設図書，1996.8, p.51
- 3) 建設省道路局企画課：道路技術基準通達集，1994.4, p.18
- 4) 日本道路協会：日本道路史，1977.10, p.1075
- 5) 日本道路協会：アスファルト舗装要綱（昭和42年版），1967.12, p.113
- 6) 日本道路協会：アスファルト舗装要綱（昭和50年版），1975.11, p.121
- 7) 日本道路協会：アスファルト舗装要綱（昭和53年版），1978.6, p.122
- 8) 日本道路協会：アスファルト舗装要綱（昭和63年版），1988.11, p.130
- 9) 日本道路協会：アスファルト舗装要綱（平成4年版），1992.12, p.172
- 10) 建設省道路局：道路法令総覧，1995.9, p.1
- 11) 建設省道路局：道路法令総覧，1995.9, p.337
- 12) 土木学会：舗装工学，1995.2, p.401

第7章 スポーツ施設

1. 全天候舗装の誕生

スポーツは、古来芝生や草の上で行われてきた。最初は住居の周りの空き地でかけっこやレスリングのようなものが行われていたが、集落が町になり、都市の形を整えるのに従って空き地がなくなり、郊外の原っぱで行われるようになる。古代ギリシャでは、都市国家（ポリス）間でオリンピックのルーツとなる競技会が開かれるようになるが、これはゼウスの神殿に建設されたスタディオンで行われていた。しかし、日頃の練習やトレーニングはポリスの郊外にある原っぱで行われていたものと推測される。

人口が増えて都市が大きくなると、簡単に郊外へ出かけて行くわけにいかない。実際中世のヨーロッパでは、馬に乗って戦うような競技が中心となり、一般の人々にはスポーツは縁遠い存在となるのである。

スポーツが一般大衆にも行われるようになったのは、14・15世紀になってからである。この時代は十字軍遠征の失敗から騎士階級の力が衰退し、代わって貴族階級が主役となり、次いで一般大衆も力を持ってきた時代である。現在行われているスポーツは、この頃誕生したものが少なくない。テニスやサッカー、ラグビーなどである。町の中にスポーツをする広場が無かったので、テニスは球戯館と呼ばれる建物の中で行われ、サッカーはストリート・サッカーと呼ばれて街中の人が道路に出てボールを奪い合うゲームとして誕生した。ストリート・サッカーに熱が入ると死人や怪我人が出ることから、選手の人数を限定して街の広場に縄を張り、その中で行われるようになったのが現在のサッカー競技の始まりである。選手以外の大勢はサポーターとして応援にまわることになるが気持ちは選手と同じであり、サッカーのサポーターが他の競技の応援団より過激になりやすいのもうなずけるところである。

さて、郊外では簡単に見つかった平らなフィールドも、市街地で行う場合はグラウンドの体裁を整えなければならない。石畳では硬くて危険なので芝の舗装をするのが大勢で使用するとうすぐ擦り切れて枯れてしまう。結局、土のグラウンドが一番良いということになるが、土の舗装（クレイグラウンド）は雨が降ると水溜りが出来て濡かったり、乾燥すると土埃が飛ぶという欠点がある。グラウンドのコンディションを保つための維持管理に手間がかかるのである。維持管理が簡単

なグラウンド舗装は無いだろうか。目をつけたのがアスファルト舗装であった。

2. アスファルトを使用したグラウンド舗装

昭和9年（1934年）台北市の通信部の構内にトペカ舗装でテニスコートを施工した記録がある。テニスコートや学校校庭そしてローラースケート場や自転車競技の走路などの場合は、表面が均一であれば少々硬くても使用できるが、やはりスポーツグラウンドの場合は土と同様の軟らかさが要求される。特に陸上競技場や野球場の場合は軟らかい舗装が条件となる。そこでアスファルト・モルタルにゴム粒やコルク粒などを混入して弾力性のある舗装が考えられた。また、硬いアスファルト舗装をベースとして、その上を弾力性のあるサーフェースで覆うという工法も開発された。軟らかいサーフェースには合成樹脂材料が使われることが多いが、アスファルト乳剤をベースとしていろいろな添加材を加えた混合物も使用されている。

これらアスファルトを使用するグラウンド用舗装を分類すると、図-3.7.1のようになるが、以下それぞれの内容について述べる。

3. 軟らかい加熱アスファルト混合物舗装

3.1 ゴム粒入り加熱アスファルト混合物舗装

昭和30年代後半、東京都内の小学校でクレイ（土）舗装の校庭から出る土埃が近隣住宅の問題となり、全天候型舗装が検討された。加熱アスファルト混合物舗装では、硬過ぎて子供たちが怪我をする心配があることから、アスコンの粗骨材の代わりに弾力のあるゴム粒をいれたのが始まりである。しかし、ゴム粒の混入量は施工性から重量で10%程度、容積で25%程度が限度であり、子供たちの校庭舗装として使用するには硬かったため2、3の学校で施工しただけで自然に施工されなくなった。

この技術は競技場の馬道の舗装に受け継がれ、昭和40年代に中央競馬会の東京（府中）競馬場などにおいて施工されている。馬は硬いアスファルト舗装の上でも歩くことは出来るが、臆病なため軟らかく歩行音の小さな舗装が喜ばれる。この舗装はゴム粒の劣化を防ぐために混合温度の管理が難しく、またアスファルトフィニッシュで敷き均した後の転圧は100℃前後で、合

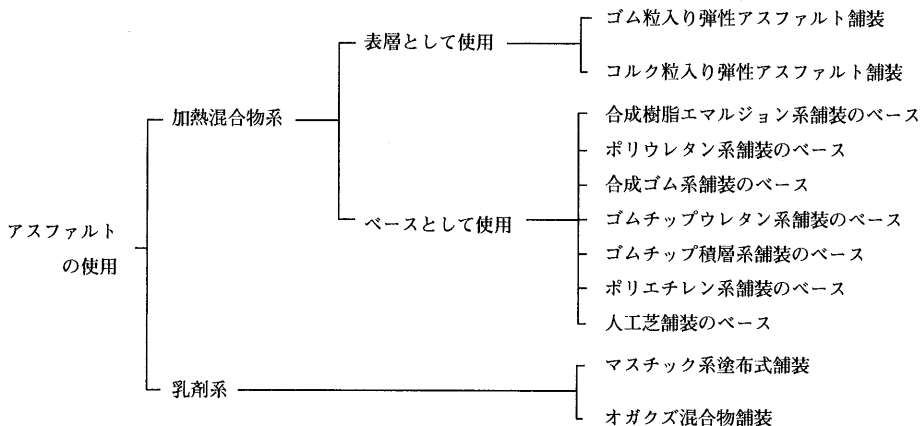


図-3.7.1 アスファルトを使用するグラウンド舗装

材の付着を防ぐために表面に石粉を散布するなどして1トン以下のハンドガイドローラによって行われた。

昭和50年代に入ると、ゴルフ場の歩径路にゴム粒入り加熱アスファルト混合物舗装が採用されて、盛んに舗装された。スパイクシューズは硬いアスファルト舗装の上では衝撃が大きいので軟らかい舗装が必要であったが、比較的尖ったスパイクに対しては耐摩耗性に問題があり粗骨材の混入をふやしたりしたが、徐々に使用されなくなった。

1970年代になると、陸上王国アメリカでは学校などの陸上競技場のトラック舗装として、アスファルトに細長いひじき状のゴムと特殊添加材、砂を混合した混合物が使われ、選手の強化に有効だと言われていた。特殊添加材とは、温度が高い夏は軟らかくなった余分なアスファルトを吸収して安定させ、冬季はそのアスファルトを吐き出して舗装の軟らかさを保つというものであった。

舗装の軟らかさには、力を加えると圧縮され力を抜

くと復元する弾性的な軟らかさと、液体のようにゆっくりした力にはほとんど抵抗を示さないが動きのはやい力には抵抗力が大きくなる粘性的な軟らかさがある。陸上競技走路によく使用されるポリウレタン系舗装は粘性的な軟らかさより、弾性的な軟らかさが大きいと速く走れるというメリットがある反面、連続して長時間使用すると身体にかかる衝撃が大きく、選手の故障につながると言われている。これに対してひじき状ゴムを混入したアスファルト舗装は、粘性的な軟らかさの比率が大きいために練習用に連続して使用でき、しかも全天候型舗装としては安価で経済的であるというものであった。この舗装が日本で初めて行われたのは昭和54年、日本体育大学のグラウンドであったが、その後ベンガラでレンガ色に着色して大学や地方自治体の陸上競技場など30ヶ所ほどの走路舗装に施工されている。

舗装の出来栄えは転圧温度に左右されるため、寒い時期の合材運搬には保温箱が使われた。初期転圧は温度が下がらないうちに行わなければならないため軽い木製のローラが使用され、仕上げは7トン・タンデムローラで行われている。

しかし、温度の変化により舗装の軟らかさが変わるため、冬の舗装が硬い時期には衝撃が大き過ぎ、夏の軟らかい時期にはスパイクによって摩耗が大きいことから、最近ではほとんど使用されなくなっている。

3.2 コルク粒入り弾性アスファルト舗装

コルクは主にポルトガルで産出されるコルクガシの樹皮から取れる弾力性のある軽い物体であるが、中に空気を含んだ独立細胞の集合体であり、熱伝導性が低くまた摩擦係数の大きな材料である。コルクを1～3mm程度に粉碎した粒をアスファルト混合物に混入して、

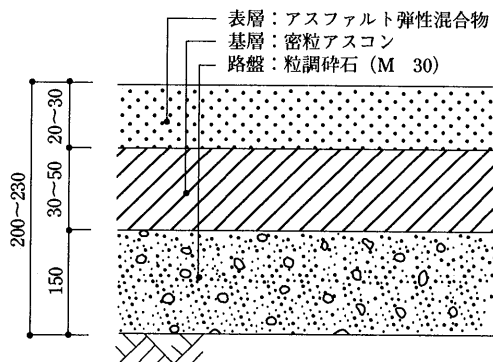


図-3.7.2 陸上競技場走路用ゴム混入アスファルト弾性混合物舗装の構造¹⁾

弾力性舗装として初めて使用したのはやはりアメリカであった。コルク入りアスファルト混合物の特長は、弾性よりも粘性的な軟らかさにより衝撃吸収性が大きいこと、比較的滑りにくい舗装であることなどである。

これが日本に上陸したのは昭和48年のことであった。用途はテニスコートのクッション層、馬道やジョギングコースなどの舗装であり、コルクの混入量は容積比で20～30%程度であり、2～5トン程度のローラで転圧して仕上げられる。

テニスコートの場合はその上にアクリル樹脂系材料を塗布して仕上げるもので、衝撃吸収性が大きく、ボールの弾み具合もよいため実績も多く、全日本オープンが行われる我国の代表的なテニスコートである「有明テニスの森公園」のコートに使用されていることで有名である。

馬道やジョギングコースでは、粗粒アスコンや密粒アスコンの上に表層として舗装されるが、適当な滑り抵抗性と衝撃吸収性が喜ばれ、ベンガラを混入してレンガ色の舗装なども行われている。

ゴム粒混入の場合も同様であるが、コルク粒混入アスファルト混合物の場合も適当な密度および平坦性の確保のために、転圧時の温度管理や使用するローラの設定や施工手順などが難しく、施工の経験と熟練した

技能が欠かせない舗装である。

4. 全天候型グラウンド舗装のベースとしてのアスファルト舗装

スポーツグラウンドは快適で身体に安全でなければならないが、その上に人間の能力を一杯に引きださせるものが理想である。競技種目によりプレイヤーの動きやボールなどの用具が異なるため、グラウンドの表層材はそれぞれの競技に適したものが要求される。特に全天候型表層材は用途に合わせた数多くの材料が開発されており、この表層を支えるベース（基層）として目地の無い平滑な面が得られるアスファルト舗装が最適である。

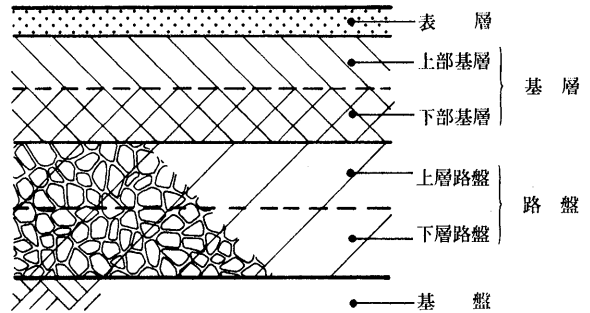


図-3.7.3 スポーツグラウンドの全天候型舗装標準断面¹⁾

表層材の主なものは図-3.7.4～3.7.8に示すとおり、合成樹脂エマルジョン系舗装、ポリウレタン系舗装、合成ゴム系舗装、ゴムチップウレタン系舗装、人工芝舗装などがあるが、アスファルト舗装は、アスファルト乳剤によるマシチック系塗布式舗装のベースとしても使用される。表層の種類とそれに適応する主な競技場との関係は、表-3.7.2のとおりである。

これらスポーツグラウンドの全天候型舗装のベースとして使用されるアスファルト舗装は通常、碎石路盤の上に下部基層と呼ばれる粗粒アスコンと上部基層と呼ばれる密粒アスコンで構成されるが、それぞれの厚

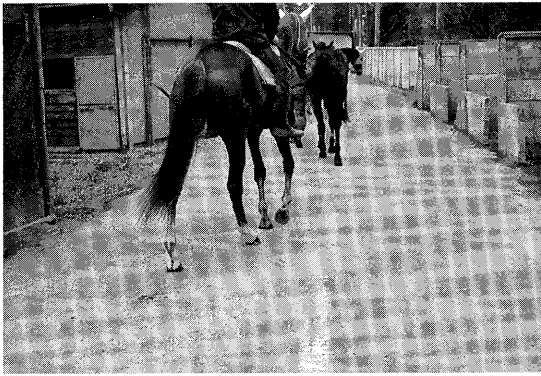


写真-3.7.1 馬道のコルク粒混入アスファルト舗装

表-3.7.1 スポーツグラウンドのベース舗装厚と設計CBR¹⁾

基盤の設計CBR (%)		2.1～3.0	3.1～5.0	5.1～10.0	10.1 以上
標準舗装厚 (cm)		40 (35～45)	30 (25～35)	25 (20～30)	17.5 (15～20)
舗装断面例 (cm)	上部基層	2.5～4.0	2.5～4.0	2.5～4.0	2.5～4.0
	下部基層	3.0～5.0	3.0～5.0	3.0～5.0	3.0～5.0
	上層路盤	10.0～20.0	10.0～15.0	10.0～15.0	10.0～20.0
	下層路盤	15.0～20.0	10.0～20.0	0～15.0	—

表-3.7.2 表層の種類と適応する主な競技場

表層の種類	適応する主な競技場
合成樹脂エマルジョン系	テニスコート, 校庭
ポリウレタン系	陸上競技場, テニスコート, ジョギングコース
合成ゴム系	陸上競技場, テニスコート, ジョギングコース
ゴムチップウレタン系	陸上競技場, テニスコート, ジョギングコース
人工芝	野球場, テニスコート, ホッケー場, ゲートボール場

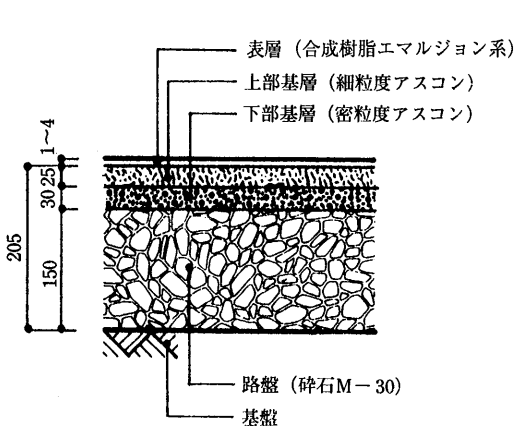


図-3.7.4 合成樹脂エマルジョン系舗装の断面例¹⁾

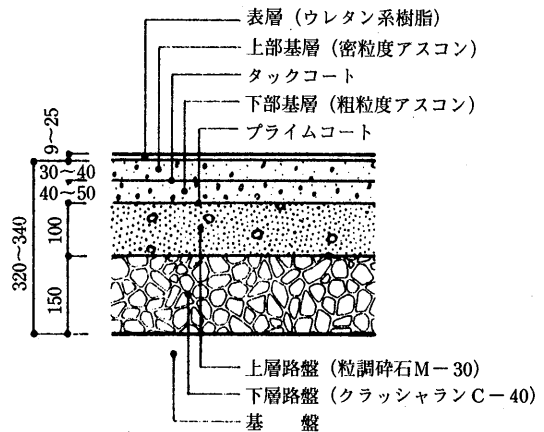


図-3.7.5 ポリウレタン系舗装の断面例¹⁾

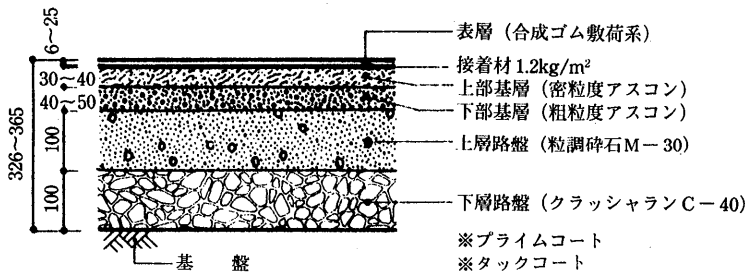


図-3.7.6 合成ゴム (敷物) 系舗装の断面例¹⁾

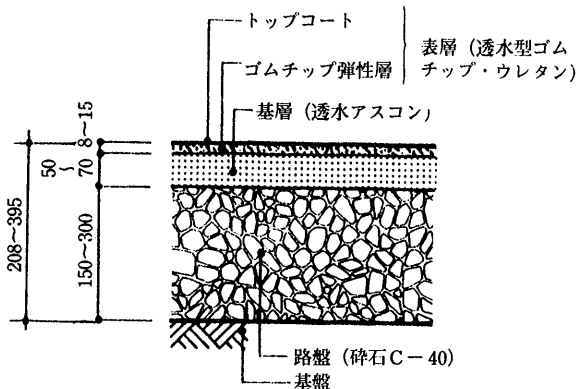


図-3.7.7 ゴムチップウレタン系舗装の断面例¹⁾

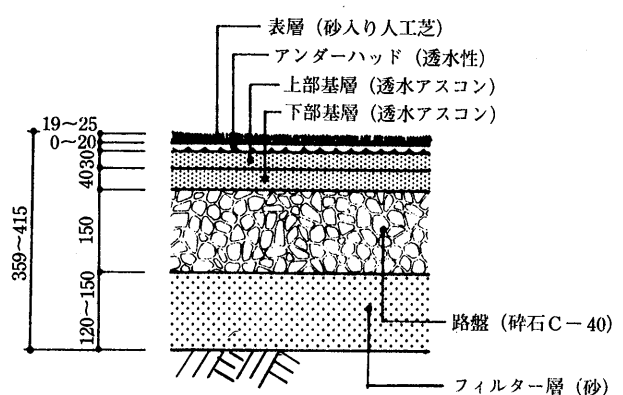


図-3.7.8 人工芝 (砂入り) 舗装の断面例¹⁾

さは基盤 (道路の路床にあたる) の設計CBR値によって標準的な厚さが示されている。アスファルト舗装に関して注意しなければならない項目として、次のこと

が挙げられる。

- (1) 全天候型表層には透水性のものと、非透水性のものがあるが、透水性表層の場合のベースとなるアス

ファルト舗装は、当然透水性舗装となる。透水性の表層には、ゴムチップウレタン系舗装や人工芝舗装などがある。

- (2) スポーツグラウンドは、道路と異なり使用中に舗装体が受ける荷重は小さいが、施工時に使用する重機や車両に対して平坦性が損なわれないようにアスコン層は2層仕上げが望ましいとされている。
- (3) ポリウレタン系舗装のように通気性の無い表層材を使用する場合は、舗装中の蒸気圧によりブリストリングが発生することがあるので、舗装中の水分除去、蒸気圧の排除、セメント系処理材によるアスコン表面の強化などの処理が必要となる。
- (4) 表層が合成樹脂エマルジョン系舗装では、仕上げ面が上部基層の肌目に影響されるので、上部基層アスコンは最大粒径が5mmのものを使用すると良い。



写真-3.7.2 陸上競技場走路の基層仕上り状況
(アスファルト舗装)

5. アスファルト乳剤を使用した塗布式舗装

アスファルト乳剤は常温で鉱物質の繊維や珪砂などと混合して軟らかい混合物を作ることが出来るが、当初使われていたアニオン系乳剤では分解硬化時間が長く、また骨材との結合性が悪かったために実用化されなかった。しかし、1957年（昭和32年）にアメリカで

カチオン系乳剤の製品化に成功し、グラウンド舗装用の混合物の製造が可能となった。我国では1960年（昭和35年）にカチオン系乳剤がアメリカから導入されると、直ちにテニスコートや学校グラウンド、競輪場の走路舗装への使用が始まっている。これらの材料は乳剤をベースにしているため、全て水溶性であり、現場では水を加えることによって必要な粘度に調整し、ゴムレーキなどによって数回塗り重ねて仕上げるものである。

5.1 テニスコートの表層としての使用

テニスコートへの使用は昭和30年代後半に始まっている。当初はカチオン系乳剤に鉱物質繊維および珪砂などの添加材、それに顔料を加えて着色した混合物をアスファルト舗装にトップコート表層として塗布する形式だけであったが、コート表面に軟らかさがほしいとの要望から、乳剤を主材とするマスチック状の混合物を3mm程度の厚さに塗布した上にトップコートを塗布するものが出来た。アスファルト乳剤を主材とするトップコートに着色出来る顔料は限られており、レンガ色と濃緑色しか実用化されなかった。現在ではマスチック層の上に、色あざやかなアクリル樹脂など高分子エマルジョンを主材とする塗布材で仕上げるのが一般的となっている。

5.2 校庭舗装としての使用

昭和39年に校庭舗装として施工されたアスファルト舗装の表面をカラーリングする目的で、アスファルト乳剤をベースとしたレンガ色や濃緑色のトップコートが塗布された。塗布はゴムレーキなどを使って塗り重ねる方式で行われる。校庭のカラーリングは、まわりに建物が多く粉塵を嫌う狭い都会の学校に好評であったが、舗装体が硬いため子供たちに危険だということもあり、自然に使用されなくなった。

5.3 競輪場の走路への使用

競輪場の走路は、楕円形のため曲線部では30度前後

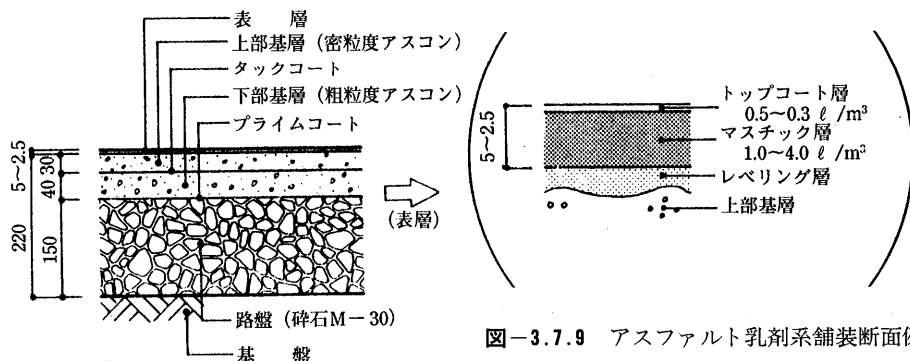


図-3.7.9 アスファルト乳剤系舗装断面例¹⁾

のカントがつけられており、自転車がスムーズに走れるように肌目が細かく、適当な滑りと硬さを持った走りやすい舗装が要求される。走路舗装は、ほとんどがアスファルト舗装であるが、表面が老化すると肌目が粗くなり自転車の走行が危険になるため、表面の保護が必要である。この表面保護材としてアスファルト乳剤をベースにして添加剤や骨材、そして顔料を混入した塗布材が使用されている。この塗布材料は、昭和37年に横浜・花月園で使用されたのが最初であったが、アスファルト舗装の表面よりも自転車の走行性が向上するとともに、適当に軟らかいため転倒時の選手の怪我が軽減されるといわれ、以来全国の競輪場に使われて今日に到っている。

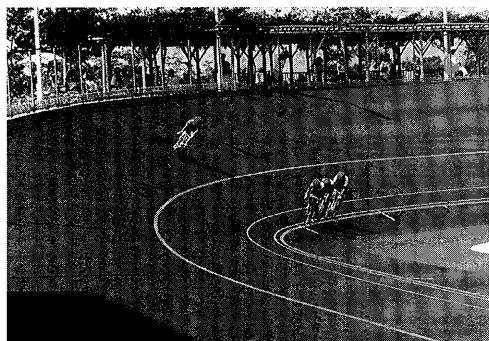


写真-3.7.3 アスファルト乳剤系混合物を塗布した競輪場走路

6. アスファルト乳剤を使用したオガクズ混合物

昭和50年代に入ると健康への関心が高まり、ジョギングブームが起こっている。ジョギングは一般のアスファルト舗装道路を使用して行われることが多いが、硬い舗装では衝撃が大きいため身体をいためることも多い。従って、時には土や芝生のように軟らかい走路の上を走ってコンディションを整えることが必要である。そこでジョギングに適した軟らかい舗装で出来たコースが必要になって来る。

土や芝生などの自然の材料では維持管理が難しいため、ジョギングコースの舗装としてポリウレタン系の舗装やコルク粒などの入ったアスファルト舗装なども使用されたが、もっと身体に優しい舗装が求められていた。

もともとジョギングが盛んな欧米では、木の皮を粉砕したものやオガクズなどが舗装材として使用されているが、木の皮やオガクズだけでは雨で流されるといふ欠点があるため、これを改良したのがアスファルト

乳剤でオガクズを処理したジョギングコース専用の舗装である。舗装構造は、透水性の良い碎石路盤の上に無処理のオガクズを7cm、その上にアスファルト乳剤で処理したオガクズ混合物を8cm敷き均すというものであるが、仕上げにはハンドガイドローラのような軽いローラが使用される。

昭和55年北海道士別市の自然公園内に初めて施工されたこの工法は、自然景観との調和も良く、ソフトで走りやすいということで、その後幾つかジョギングコースに使用されている。



写真-3.7.4 士別市のジョギングコース

7. まとめ

スポーツグラウンド舗装の全天候化とともに、身近で安価な舗装材料としてアスファルト利用が進められてきた概要を述べた。温度による硬さの変化が著しいアスファルトを使用して適度に軟らかい舗装材を作ること、また色の黒いアスファルトに顔料を添加して舗装をカラーリングすることは難しく、高分子材料などの出現と共に使用されることが少なくなっている。しかし、高分子材料などを使用した表層を支えるベース舗装としては、平滑で目地が無く、比較的安価なアスファルト舗装が最適であり需要は増加している。また、競輪場の走路に使用されているアスファルト乳剤をベースとする塗布式混合物は、自転車の走行に適していることから、今後も使用されて行くものと思われる。

— 参考文献 —

- 1) 財団法人体育施設協会「屋外体育施設の建設指針」

第8章 レース場・テストコースの舗装

(競輪場、オートレース場、サーキット、テストコース)

1. 概要

アスファルトを使用した舗装は車道の外に、広場、自転車道、歩道、陸上競技場のトラックや野球場の人工芝の下地などのスポーツ施設等幅広い分野に使用されている。本章はアスファルト舗装がモーター・サイクルスポーツに使用されている例として競輪場、自転車競技場、オートレース場、サーキット場、またサーキットと関連して自動車テストコースの紹介を行い、これらの路面におけるアスファルト舗装の適応性について考えてみたい。

2. 競輪場・自転車競技場の舗装

2.1 概要

競輪場は図-3.8.1に示すように平面形状が小判形で、曲線部が急斜面となっているすりばち形をした競走路であり、平成9年現在で全国に50ヶ所ある。このほかに同形状をした自転車競技場あるいはサイクルスポーツセンターと呼ばれる自転車競走施設が全国に20ヶ所ある。競走路の延長は250m、333.333m、400mおよび500mであり、400mの走路がもっとも多く44ヶ所ある。

わが国の競走路の舗装はすべてアスファルト舗装で施工されている。欧米では自転車競技場（競輪場は日本で始まったもので欧米にはない）の競走路は木製またはコンクリートが大半を占めており、アスファルト舗装の競走路はわかっている範囲内で2ヶ所しかない。曲線部の横断形状を図-3.8.2に示す。通常はここに示す舗装断面で施工されており、アスファルト舗装は平坦性を確保するため通常3層施工する。

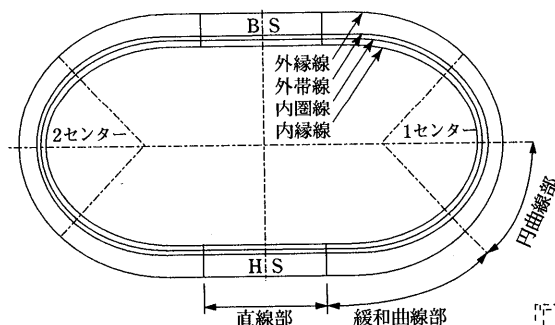


図-3.8.1 競走路の平面線形

2.2 歴史

競輪場は昭和23年小倉競輪場で始まり、その後各地に建設され現在の50ヶ所となっている。

昭和30年代までの競走路の横断形状は曲面形状（通称お椀形）をしており、急傾斜面の舗装は横断方向に人力で施工するコンクリート舗装が大半を占めていた。当時の仕上がり精度は、お椀形で人力施工による目地の多いコンクリート舗装ということから、乗り心地のよいものではなかったものと推察される。

昭和39年に通産省令により競走路の横断形状が、曲面から直線形状に変更された。これ以降人力施工のアスファルト舗装による形状変更が行われた。一方このころから自動車のテストコースの施工が盛んに行われるようになり、急斜面のアスファルト舗装を機械施工する技術が開発され、競輪場の走路改修を走行方向に施工するようになった。この技術によって、競輪場の走路の平坦性は飛躍的に向上し、現在ではコンピュータ制御により自動敷ならしも行われるようになり、仕上がり精度は非常に高いものとなっている。

2.3 線形

競輪場、自転車競技場の平面線形は図-3.8.1に示すように直線、緩和曲線、円曲線の組み合わせによる小判型形状をしている。周長は400m程度であり半径が40m前後の円曲線と直線を結ぶ緩和曲線は急激な変化となる。このため初期の緩和曲線はクロソイドまたはレムニスケート曲線が多く使用されていたが、近年は高速走行の自動車のテストコースで利用されているマッコンネル曲線が使用されるようになっている。現在7割近くの競輪場、自転車競技場でマッコンネル曲線が使用されている。

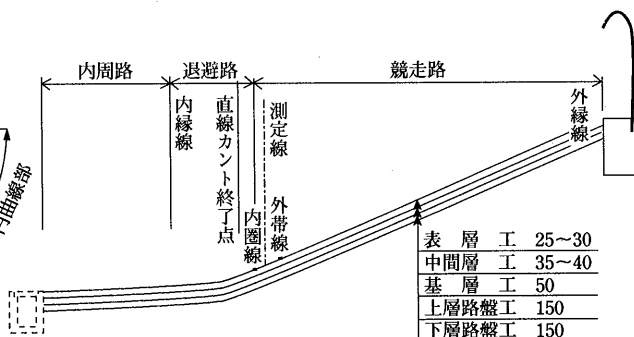


図-3.8.2 競走路の標準断面

2.4 舗装構造

競走路の舗装は、①安全で快適な走行性、②維持管理の容易性、③急傾斜舗装への適用性が求められる。また、選手の眼の保護を考え競走路に彩色が可能であるという条件も必要である。

図-3.8.2に示す舗装構造が一般的である。上層路盤は、横断勾配が大きいことから整形、転圧しやすく強度を確保しやすいセメントまたは石灰安定処理が利用されていることが多い。

アスファルト舗装は平坦性を確保するため3層の施工を行う。表層は競走用自転車のタイヤの材質が非常に薄くわずかな突起や亀裂によってパンクしやすい構造である。このためキメが細かく、タイヤによるわだちを起こさないような耐久性を兼ね備えた特殊なアスコン（特殊シートアスコン）が用いられている。基層は、表層がキメが細かく通気性が少ない材料であるため適度な空隙を備えたセミ開粒度アスコンを用いることが多い。

競走路表面は、表層の老化、摩耗を防ぎ、日光の反射光から選手の眼を保護する目的で、表面保護シーリングを行っている。通常、彩色面を考慮し競走路は緑色または黒色、退避路は赤色が用いられている。

表-3.8.1 特殊シートアスコンの目標粒度

ふるい目	通過質量百分率 (%)
4.75mm	95~100
2.36mm	65~85
600 μ m	40~60
300 μ m	20~40
150 μ m	10~25
75 μ m	8~13

2.5 施工方法

競輪場の競走路円曲線部の横断勾配は通常30度以上の急勾配となる。したがって、競走路の施工は路床部分から専用機械による特殊施工となる。路床、路盤はバックホウ等により敷きならし、整形を行い走路に対し横断方向に転圧する。上層路盤、アスファルト基層、中間層、表層の施工は写真-3.8.1に示すように、アスファルト混合物を混合物供給装置によって専用のアスファルトフィニッシャ（AF）に供給し、AFとローラとそれを支える機械を用いて競走路進行方向に施工する。



写真-3.8.1 専用機械による施工

2.6 競輪場、自転車競技場とアスファルト舗装

競走用自転車のタイヤが非常にデリケートな材質のため、舗装表面は目地や段差がなく、キメが細かく適度な弾力性のある材料が求められる。

コンクリート舗装は急勾配の施工が可能であり、競輪が始まった初期にはほとんどがコンクリート舗装であったが、横断方向に目地を入れる必要があり、自転車のタイヤがパンクしやすい上に、人力施工のため著しく平坦性が悪いという短所があった。

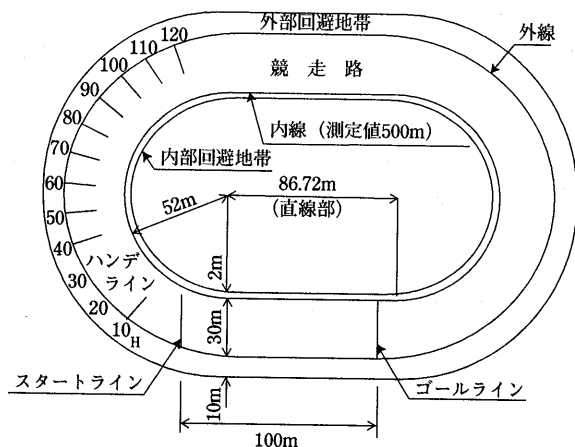
欧米では、コンクリート舗装と並んで木製の走路が多く用いられており、日本でも東京オリンピックの際は仮設の木製走路で自転車競技が行われている。木製走路は急傾斜の路面の加工が容易であるという特長を持っているが、日本のように降雨量が多く多湿な気候では、木材がそりやすく耐久性に欠けるという欠点があり、使われていない。今後は屋内走路等で用いられる可能性はある。

これに対し、アスファルト舗装は表面のキメ、平坦性、耐久性、経済性に優れており、国内の競輪場は現時点ではすべてアスファルト舗装で施工されている。

3. オートレース場の舗装

3.1 概要

オートレース場は、全国に6ヶ所あり、競馬、競輪、競艇と同じ公営競技の1つである。走路は図-3.8.3に示すように、平面線形が直線と単曲線で囲まれた小判型の走路で、内線上で円曲線の半径52m、1周500mとなっている。路面勾配は全線5%の片勾配である。6ヶ所のレース場ともすべて同一のコース線形となっている。幅員30mの競走路と幅員2mの内部回避地帯、10mの外部回避地帯で構成されている。路面は開粒度タイプのアスファルト舗装となっている。



競技は、通常8台のオートバイによってコースを6回から10回周回して争われる。ゴールラインから100m後ろのスタートラインから一斉にスタートするオープンレースと実力差に応じてスタートラインの後ろ10mから120mに作られたハンデラインからスタートするハンデレースがある²⁾。

3.2 歷 史

公営競技としてオートレースは昭和25年船橋オートレース場で始まったのが最初である。当初のレース場は1周800mのダートコースであった。

オートレース場が1周500m、舗装が現在の開粒タイプのアスファルト舗装になったのは、昭和42年前後からである。



写真-3.8.2 オートレース場

3.3 舗装構造・施工

オートレース場の舗装は平均時速100km/h以上の速度で1/1000秒を争ってオートバイが傾きながら走行するため、一般道路に比較して舗装に過酷な影響を与

えることとなる。

このため排水性、平坦性、すべり抵抗性、飛散抵抗性等に優れた機能を要求される。表層には排水性機能、すべり抵抗機能、飛散抵抗機能を兼ね備えた厚さ4cmの特殊開粒度アスコンが使用されている。表層混合物は直接タイヤと接する重要な部分となるため、粗骨材はすべり抵抗が高く、扁平のない硬質砂岩を使用し、アスファルトは骨材の飛散抵抗性の高い改質アスファルトを使用している。基層には排水性機能をより高めるため厚さ5cmから15cmのマカダムアスコンを使用している。現在一般道路で採用されている排水性舗装が1960年代後半からオートレース場では使用されていたわけである。

内部回避帯および外部回避帯は、走路と区別するため赤色の加熱混合型のカラー舗装としている。

施工では施工ジョイントをできるだけ少なくするため、施工幅員をできるだけ大きくし、1レーン7～8mで敷き均す。

3.4 維持管理・改修

レース中には落車や転倒等による傷やオイル漏れ、タイヤの摩耗によるかすやほこり等による舗装面の目詰まりが生じたりする。このため日常管理として、レース間およびレース終了後にレーストラックスイーパーという機能回復装置により洗淨清掃を行っている。

競走路の舗装は、レースの開催を繰り返すうちに路面の傷、目詰まりによる透水機能の低下、すべり抵抗の低下などの影響を受け、安全なレース開催に支障を来してくる。走路改修後一定期間（3～5年）経過するとこのような現象が現れてくるので、すべり抵抗値、透水性、平坦性、路面の粗さなどの項目について調査を行い改修を行う。改修の方法としては、①全面改修（マカダム層または路盤まで打ち替える改修）②オーバ

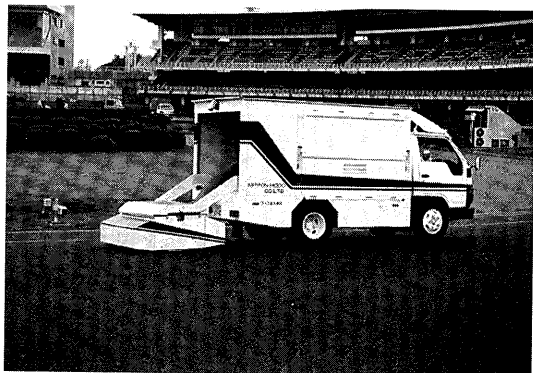


写真-3.8.3 レーストラックスーパー

ーレイ（表層のオーバーレイ）があり、通常全面改修後2回程度オーバーレイを行い全面改修を行うサイクルを繰り返している。

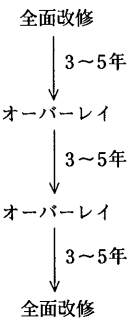


図-3.8.4 改修のサイクル

3.5 オートレース場とアスファルト舗装

オートレース場の競走路の舗装は開設当初はグレート舗装であったが、昭和40年代からアスファルト舗装に変わり現在に至っている。オートレース場の場合、平坦性、透水性、耐骨材飛散性の面からアスファルト舗装がもっとも適しており、現在ある6ヶ所のオートレース場はすべて開粒度タイプのアスファルト舗装とな

っている。

4. テストコースの舗装

4.1 概要

我が国の道路舗装技術は自動車技術の発展とともに進歩してきた。今では6,000万台以上の自動車が全国各地の道路を走っており、我が国の自動車技術は今や世界のトップレベルに達している。

テストコースはこの自動車技術開発を支える場所であり、自動車産業の発展の原動力となっている。テストコースの建設は昭和30年代半ばから始まり、自動車メーカー、タイヤメーカー、部品メーカーなどの自動車関連産業、通産省、建設省などの自動車や道路関連の官庁の外郭団体などが持っている。

テストコースには自動車の性能を評価、開発をするためにあらゆる道路の路面の再現や、逆に高速周回路のバンク部のように実際にはないが敷地の有効活用のためや実際の路面を強調している路面などもある。

4.2 テストコートとアスファルト舗装

テストコースに使用されている舗装には、表-3.8.2に示すように、様々な舗装があるが、この中でもアス

表-3.8.2 主なテストコースの概要³⁾

コース名	目的	舗装の種類	摘要
①高速周回路	高速性能、耐久性能	アスファルト舗装が主体	150～200 km/h 以上の高速連続走行が可能なコースが多い。 平面線形は長楕円形が一般的、曲線部横断形はバンク形状となっている場合が多い。
②総合試験場	加速、燃費、操縦安定性、制動等総合的試験	アスファルト舗装が主体。 用途に応じてコンクリート舗装もある。	延長1 km以上、幅50m以上で高速周回路直線部に併設した形が多い。
③旋回試験場 (スキッドパッド)	旋回性能	アスファルト舗装、コンクリート舗装等	通常は円形または円形を含めた形状の高μ路面
④ハンドリング路	ハンドリング性能	アスファルト舗装	様々な半径の曲線と直線を組み合わせた線形
⑤登坂路	登坂性能	アスファルト舗装、コンクリート舗装	数種類の大きな縦断勾配を組み合わせたコース
⑥悪路、耐久路	様々な悪路における耐久性能	アスファルト舗装、コンクリート舗装、石畳舗装、砂利舗装等	目的に応じて舗装の種類や路面形状を変えた路面で、実際の路面の再現や強調した路面が多い
⑦評価路	乗り心地、騒音振動などに対する性能	アスファルト舗装、コンクリート舗装	目的に応じて様々なタイプの表面形状を変えた路面
⑧低μ路	制動性能、発信性能など	特殊コンクリート舗装、タイヤ舗装、樹脂舗装など	氷上路面、雪上路面を想定したすべりやすい路面
⑨生産車評価路	完成車両の品質チェック	アスファルト舗装、コンクリート舗装など	①～⑧の路面を組み合わせたコースが多く、規模は小さい場合が多い

ファルト舗装がもっとも多く使用されている。これは、テストコースが一般道路に再現されたものが多く、一般道路の舗装にアスファルト舗装がもっとも多く使用されていることも理由の1つである。コースの種類により異なるが、高速周回路、総合試験路、旋回試験場、ハンドリング路などにはほとんどアスファルト舗装が使用されている。特に高速周回路バンク部の場合、高速走行時の平坦性を確保するため、競輪場の舗装と同様に専用機械によるアスファルト舗装がもっとも適している。

またテストコースには現実にある舗装の破損部分の再現コースが多くあるが、アスファルト舗装の場合、わだち掘れ路面、ひび割れ路面、コルゲーション路面、ポットホール路面等を再現した路面がある。

4.3 高速周回路の急斜面舗装

高速周回路の曲線部は、限られた敷地の中で200km/h以上の速度を確保するために45度以上の急傾斜のバンク形状となっている場合が多い。我が国でテストコースが建設され始めた昭和30年代にはバンク部の舗装はすべてセメントコンクリート舗装で施工されていた。これは当時、急勾配の曲面形状を高い仕上がり精度で施工することが困難であったため、横断方向に型枠を設置しコンクリートを人力による左官仕上げで施工していた。

しかしながら高速道路が盛んに施工されるようになった昭和40年代になると、高速周回路にもアスファルト舗装の要望が高まり、バンク部のアスファルト舗装を機械化施工する技術が開発され、バンク部を含めた高速周回路をアスファルト舗装で施工することが可能になった。その後も引き続き施工法の改良開発が進められ、現在ではアスファルトフィニッシャーによる敷きならし作業のほとんどをコンピュータ制御により施工しており、最大50度のバンク角の舗装も可能となった。

曲線部の施工方法は、曲面用アスファルトフィニッ

シャ、曲面用鉄輪ローラ2台、曲面用タイヤローラ2台およびこれらを支えるサポータと混合物をアスファルトフィニッシャーに供給するスタッカの組み合わせを標準としている。



写真-3.8.4 高速周回路曲線部の急斜面舗装の施工

5. サーキットの舗装

5.1 概要

サーキットコースにはF1レースで代表されるヨーロッパタイプのロードコースとインディ500に代表されるアメリカタイプのオーバルコースがある。ロードコースは国際公認コースで世界に約80コースあり、様々な半径のコーナーと直線コースからなる周回コースとなっている。オーバルコースは直線と10度から最大30度のバンク形状となっているコーナー部からなり、1周1.5~2.5マイルの小判型あるいはおむすび型をした周回コースである。日本にはヨーロッパタイプの4輪用の公認コースが13コース、このうち7コースが国際公認を受けている。平成9年秋には日本初のオーバルコースとロードコースが組み合わせられた「ツインリン

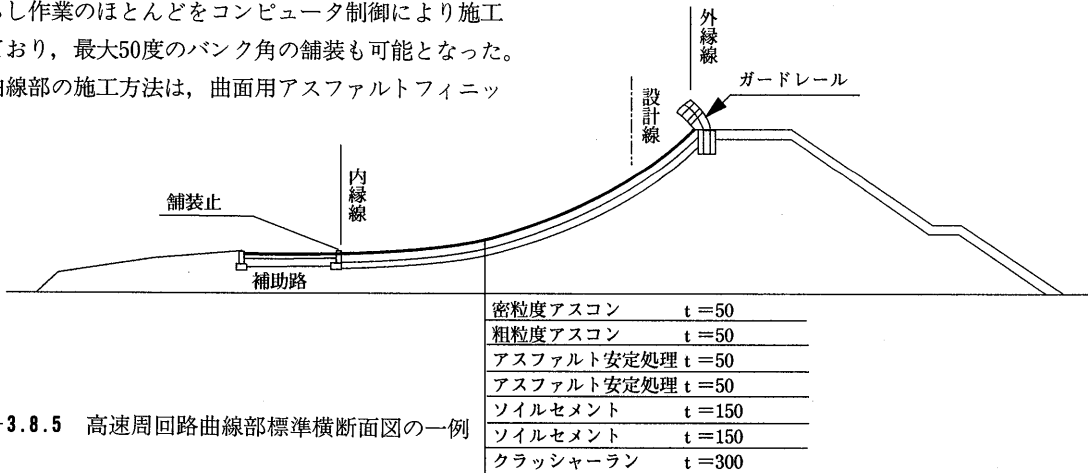


図-3.8.5 高速周回路曲線部標準横断面図の一例

クもてぎ」も完成する⁴⁾。



写真-3.8.5 建設中のツインリンクもてぎ
(日本初のオーバルコースとレーシングコースを持つコース)

国際公認はFIA(国際自動車連盟)が定める公認規準に基づいて公認される⁵⁾。国内公認はJAF(日本自動車連盟)がFIAの国際スポーツ法典に準拠した国内競技規則に基づいて公認される⁶⁾。

サーキットコースの舗装は、FIAの安全規準によれば「近代的なハイウェイに使用されているものと同種の材料で滑らかでなければならない。……路面はトラックの全長にわたって同一であることが望ましい。」と規定されており、ほとんどのコースでアスファルト舗装が用いられている⁷⁾。

5.2 歴史

19世紀後半に発明されて以来100年あまりの間に自動車技術はめざましく発展している。自動車レースは自動車が発明されて2年後には開催され、当初は航続距離や耐久性を競うことから始まった自動車レースは公道で行われていた。その後自動車の性能が向上するにつれて、次第にスピードを競うレースとなり、公道でのレースのため観客や沿道上の建物などを巻き込む事故が多くなった。自動車技術のテストの場としてレースからレースそのものを楽しむカースポーツとして変遷する中、安心してレースを楽しめるサーキットコースが生まれた。

5.3 サーキットとアスファルト舗装

サーキットコースは最高速度が350km/hに達することもあり、しかも車体下面と路面のクリアランスがきわめて小さい上に、S字コーナーやヘアピンカーブがあるため、サーキット舗装の路面には次にあげる性状が要求される。

① 表層の舗装材料は飛散などがない安定性の高い混

合物であること。

② すべり抵抗が高いこと。

③ 平坦性が高いこと。

④ 痛んで変形した箇所を速やかに元通りに再舗装することができる。

表層材料としては、改質アスファルトを用いたギャップアスコンや開粒度アスコンが使用されているケースが多い。

6. まとめ

アスファルトの利用技術として競輪場、オートレース場、サーキットおよび自動車テストコースにアスファルト舗装を適用している例を紹介した。これらの舗装面は通常の道路と比べて、高速走行や急カーブ走行、特殊タイヤの使用など特殊な条件下での使用が行われる。このため、これらの条件に適した舗装が要求されるが、アスファルト舗装が使用されている理由としては、次に上げる点で特長を持っていることと思われる。

① 平坦性が高く、路面に段差や目地がないため安全に走行することができる。

② すべり抵抗性が高く、特殊な走行に対しても安全に走行できる。

③ 走行条件、使用タイヤ等の条件にあった表層材料を選ぶことができる。

これらの特殊な条件に対してアスファルト舗装が適用されている理由の一つに急傾斜面の舗装技術の開発、表層材料の開発などが貢献していることも事実であり、今後もさらなる技術開発が望まれる。

— 参考文献 —

- 1) 太田雅之, 畑敏二: 競輪場の舗装, 舗装, 29-10, 1994.10, P30
- 2) 日本小型自動車振興会: オートレースガイドブック, 1988.1
- 3) 永嶋義治, 若林伸嗣: テストコースの舗装, 舗装 29-10, 1994.10, P34
- 4) 畑敏二, 小泉仁根: 君はF1を見たか, 土木学会誌, 1996.2, P34
- 5) 津野一臣, 西川隆晴: サーキットの舗装, 舗装, 29-10, 1994.10, P21
- 6) 日本自動車連盟: 1996JAFモータースポーツイヤーブック

第9章 石油タンク基礎における舗装

1. 概要

わが国のエネルギー構成比における石油の占める割合は56%（1994年）と非常に高く、その石油の99.7%は海外からの輸入に頼っていて、その中でも約8割を中東諸国からの輸入に依存しているのが現状である。

石油の供給に関しては、国際的な政治経済の影響を受けやすく、そのため、安定供給の大きな役割を果たす石油備蓄が、国家政策として各地で計画および運用されている。日本の石油備蓄政策は、国家備蓄と民間備蓄の2本立てで、当初、石油純輸入量の90日分以上を目標として進められ、現時点ではその備蓄体制が整いつつある。国家石油備蓄基地としては、むつ小河原や秋田など10箇所で、合わせて5000万klを目標としている。

石油の貯蔵には大型タンカー、地上タンク、地中タンク、地下岩盤タンク、あるいは洋上タンク方式などがある。ここでは、このうち地上式タンクおよび地中式タンク方式において、アスファルト混合物を使用した施設の概要について述べる。

2. 石油タンクの概要

2.1 石油タンクの種類

タンクの種類と用途は、構造、形式、貯蔵内容物、容量などにより多種多様なものがある。このうち石油類のような液体の危険物を貯蔵する際には、地中式タンクと地上式タンクに分かれ、一般には円筒形側壁、底版および屋根を有した構造である。その大きさは貯蔵物容量により異なるが、通常1000kl～10万klが多い。地中式および地上式石油タンクの外観例を図-3.9.1に示す。

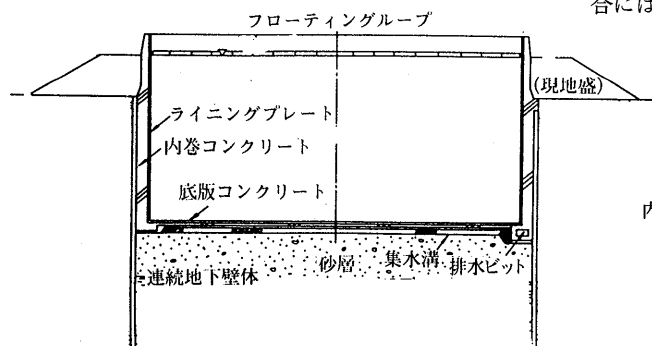


図-3.9.1 地中式と地上式石油タンクの凡例（建設基礎・地盤設計施工便覧より）

地中式タンクの型式は、縦型貯油槽と横型貯油槽とに分かれ、その形状は円筒状または直方体状があるが、通常は円筒形コンクリート製側壁と底版を構造躯体とし、内面に液密性を確保するための内張鋼板を施した貯槽が多い。地上式タンクも同様に円筒縦型鋼製タンクが多く、それに底版および屋根を施している。

わが国におけるこれらの石油タンクは、臨海埋め立て地に建設することが多く、これらの基礎地盤は、通常軟弱であるため軟弱地盤改良工法を施した事例が多い。

2.2 タンク基礎の構造

地中式タンクの基礎は、支持方法、地下水処理対策などに配慮しなければならないが、特に、地中構造物からして地下水対策には最も留意しなければならない。

地下貯油タンクは、周辺地盤特性の影響を受けやすく、周辺地盤である岩盤の評価が重要な事項である。地中式タンクの底版一般部の断面の事例を図-3.9.2に示すが、スチールライニングの下にアスファルトサンド、底版コンクリート、ならしコンクリート、そしてその下に排水層を設けていることが多い。

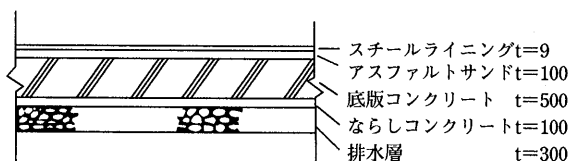
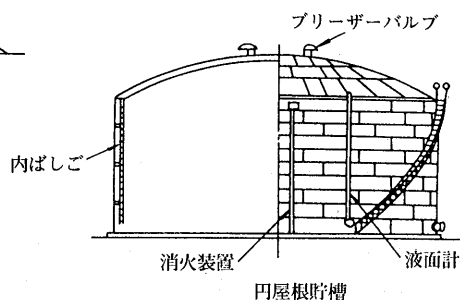


図-3.9.2 地中式タンクの底版部分の断面例（建設基礎・地盤設計施工便覧より）

地上式タンクは、地盤上に砂を盛った盛砂基礎上に直接置かれることが多いが、支持力が不足している場合には、地盤改良工法あるいは杭を打設して地盤の支



持力を増加させる場合が一般的である。そして、その上に碎石を敷きならし、アスファルトサンド等を施す。

石油タンクの基礎の施工は、その構造上の性質を熟知することが重要である。

2.3 タンク基礎の構造上の特徴

石油タンク自体が非常に可撓性に富んだ構造物であり、一般には変形に対して寛大なものである。これに対して地盤工学の面からみると、全体の沈下や不同沈下に対して、他の剛性の大きな構造物と比較すると許容度の高い構造物といえる。

地中式タンクの基礎については、底版に揚圧力が作用しないように、底版下の地下水を揚水等により管理することが重要である。タンク基礎は、土質・地盤といろいろな係わり方をするが、排水層が重要なポイントとなる。

地上式タンクにおいては、タンク底版に接する部分の基礎は、ある程度変形に追従できるような構造であること、地下水や降雨等によって腐蝕環境をつくらなく、貯油液が漏洩しても基礎材料が流動することなく、かつ支持力が確保できることなどの条件を具備していることが必要である。

3. タンク基礎の設計上の特徴

タンク基礎の設計に際しては、石油タンク本体が比較的広い底面積を有し、内容物が底面に荷重として一様に作用する特性がある。したがって、地盤の支持力が不足している場合には、地盤改良工法を採用して地盤の支持力を増加させ、十分な支持力を確保することが重要である。

3.1 地中式タンク

地中式タンク基礎の消防庁の規制基準における地盤調査項目としては、気温、風、降雨量、地形・地質、地盤の構成および物理特性、地熱などの状況、地表水および地下水の状況、地震などについて挙げられている。

底版には外部応力は作用しないが、変形や腐蝕対策には十分な配慮を要し、これらに起因する内容液の漏洩を防止しなければならない。このためアスファルトを用いた基礎構造が多く採用されている。また、水対策として排水層を設けることになっている。消防庁の運用基準によると「排水層の厚さは、設計湧水量の72時間分以上に相当する水量を確保できる層厚に、50cmまたは設計湧水量の36時間分に相当する水量を確保できる層厚のうち大きいものに等しい層厚以上の層厚を

加えた厚さとする。」となっている。

荷重としてはタンク本体および貯液の重量、土圧、水圧、温度、施工時荷重、地震荷重などである。

3.2 地上式タンク

地上式タンク基礎も他の構造物基礎と同様に、上載構造物を安全に支持すること、およびその機能を十分に発揮できるものでなければならない。当然のことながら、さらに経済的でなければならないことが要求される。タンク基礎に作用する荷重としては、一般に、タンク本体および貯液の重量、基礎の重量、積雪荷重、地震の影響などが挙げられる。当然、基礎地盤に均一にその荷重を伝達させることが重要である。もし、地盤の支持力が不足している場合には、地盤改良工法等により支持力を増強させる対策を行うことが肝要である。

地上式タンク基礎がタンク本体から要求される条件は次のような事項である。

- ①タンク本体および内容物の荷重に対して十分な支持力があること。
- ②タンク本体の機能上、構造上に悪影響を与えるような全体沈下、不同沈下を生じさせないこと。
- ③地震時においても、タンク本体の破壊を引き起こす恐れがないこと。
- ④タンク底版に腐蝕を生じさせないこと。
- ⑤タンクの操業上、あるいは清掃時、メンテナンス時に支障のない構造であること。
- ⑥風荷重に対して、タンクが転倒したりあるいは滑ったりしないこと。

4. アスファルト混合物を使用する箇所

以上の石油タンク基礎において、アスファルト混合物を使用する箇所は、地中式の場合にはタンクの基礎部分、地上式の場合にはタンク基礎部分のほか法面などである。

アスファルト混合物の使用の目的としては、基礎地盤の支持力の増加およびタンク底版の腐蝕の防止である。通常は、アスファルトモルタルを厚さ10cm程度で使用するが、オイルサンドを使用した事例もある。オイルサンドは、重油を70~100l/m²の割合で乾燥砂と混合、厚さ5~10cmで敷きならすものである。

なお、一般に「舗装とは、人や車両の通行に便利のように道路面をれんが、石片、アスファルト、セメントなどで固めたもの」となっているが、タンク基礎をアスファルトで固めたものも便宜上舗装と称することと

する。

図-3.9.3にアスファルト混合物の使用箇所の事例を示す。

5. アスファルト舗装の施工

5.1 工事の概要

石油公団では石油の国家備蓄を進めており、昭和58年度からは、むつ小川原国家石油備蓄基地での一部完成により、国家石油備蓄基地での備蓄が開始された。秋田石油備蓄基地でも昭和58年から建設がはじまり、西基地および東基地が順次建設されてきた。

平成5年に、東基地の地中タンク建設工事が行なわれ、そのなかで底版舗装工事を行ったタンクは2基で、材料はアスファルトモルタルを使用し、厚さ91mm、3層仕上げである。その面積は2基の合計で約1万4千 m^2 である。この工事は貯油荷重に対するタンクの安定性を保つため施工の仕上がり精度を厳しく要求された。

5.2 底版部の舗装

タンク基礎の断面は図-3.9.4に示すとおり、基礎地盤上にフィルター層および排水層を施した後、厚さ50

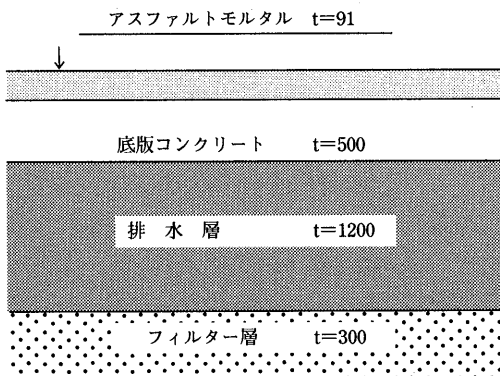


図-3.9.4 タンク基礎の施工断面

cmの底版コンクリートを行い、その上部にアスファルトモルタル層を施工した。なお、アスファルトモルタル層の上部には、直接タンクのライニングプレートが設置される。

アスファルトモルタル層の機能としては、底版コンクリート表面に平滑性を付与することにより、上面に設置される厚さ9mmの鋼板ライニングプレートとコンクリート面との接触緩衝を目的とし、そのほかライニングプレートに対する腐蝕防止機能もあわせ持つものである。

5.3 舗装材料

タンク基礎の舗装は、通常、アスファルトモルタルまたはオイルサンドが用いられている。なお、オイルサンドは、アスファルトプラントで砂に重油を混合して作られていたことが多いが、重油の代わりにアスファルトを少量混合する場合もある。最近ではアスファルトモルタルの方が多く用いられているようである。

今回の工事においても、これまでの施工実績に基づき、以下の配合のアスファルトモルタルを用いた。なお、厳密には粗骨材を使用しているため、アスファルトモルタルとは言いがたいが、通称でとりあえずアスファルトモルタルと称することにする。

表-3.9.1 アスファルトモルタルの配合

材 料	砕石7号	粗 砂	細 砂	石 粉	アスファルト
配合割合	30	26	25	11	8

(%)

5.4 施工方法

タンク基礎のアスファルト舗装の施工の流れを図-3.9.5に示す。アスファルト舗装は、フィルター層、排水層および底版コンクリートを施工した後、厚さ91mmを3層で施工した。なお、フィルター層には単粒度砕

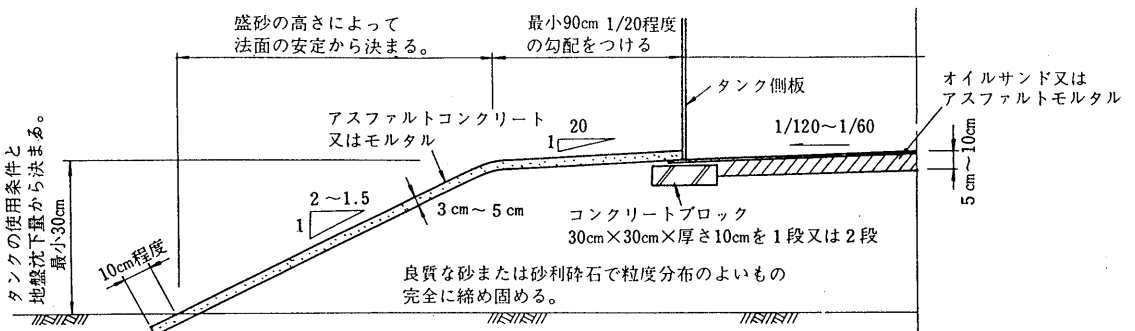


図-3.9.3 アスファルト混合物の使用箇所 (基礎設計施工ハンドブックより)

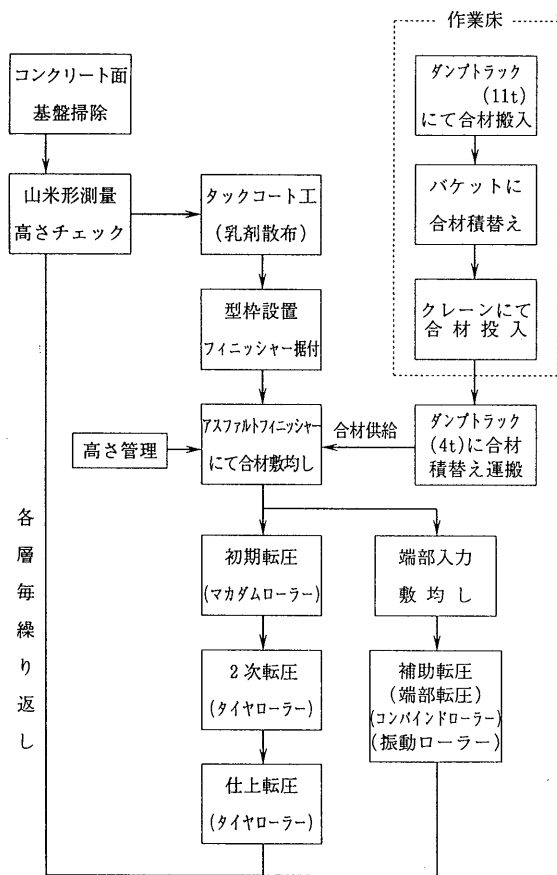


図-3.9.5 タンク基礎の施工の流れ

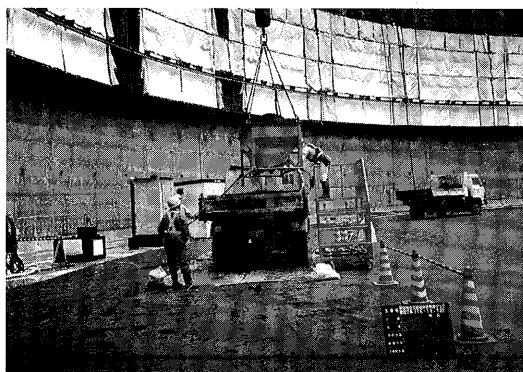
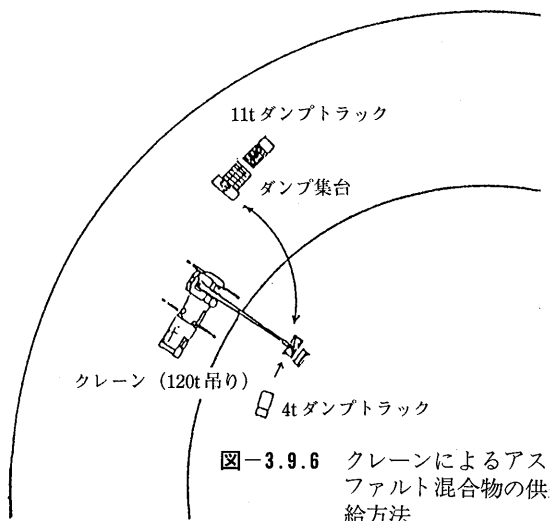


写真-3.9.1 4 t ダンプトラックへの混合物の移動

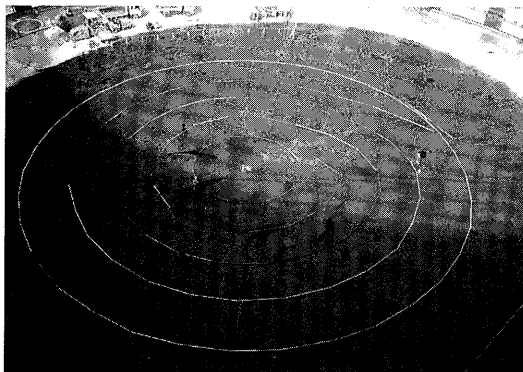


写真-3.9.2 型枠の設置状況

石 7 号を、排水層には単粒度碎石 4 号と 6 号を使用していて、有効空隙率30%以上を確保している。

(1) アスファルト混合物の供給

アスファルトプラントで製造された加熱アスファルトモルタルは、11 t ダンプトラックで現地に運搬され、図-3.9.6に示すようにダンプ集台で2.3m²の底開きバケットに積み替えられて、120 t クレーンで吊り上げタンク底版部に降ろされる。

底版部では写真-3.9.1に示すとおり 4 t ダンプトラックが待ち受けていて、底開きバケットからアスファルトモルタルを受け取る。そして、アスファルトフィニッシャーに供給する。

(2) 敷きならし

敷きならしは、まず写真-3.9.2に示すように円形に型枠を設置し、アスファルトフィニッシャーにて、厳密な高さ管理を行いながら最大半径約48mの円の中心部より外側に向かって4～5.6mの幅員で、3層で施工した。これは底版コンクリートの仕上がり精度とアスファルト混合物の種類を考慮した結果である。アスファ

ルト混合物の敷きならしの状況を写真-3.9.3に示す。なお、仕上がり精度の確保のため、写真-3.9.4に示すように中心部にレーザビーコンを設置し、アスファルトフィニッシャーに連動させたレーザによる自動コントロールにより混合物を敷きならした。

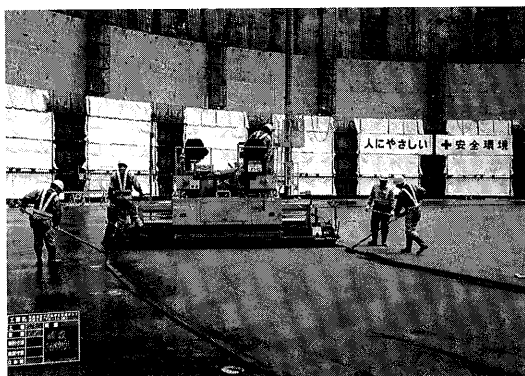


写真-3.9.3 フィニッシャーによる敷きならし状況

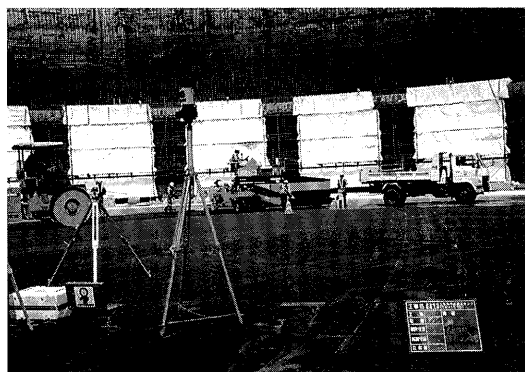


写真-3.9.4 レーザービーコンによる高さ管理

(3) 締固め

締固めに際しては、円の中心部分はコンバインドローラとタイヤローラにて、円の中心部分から離れるにしたがいロードローラとタイヤローラの組み合わせで転圧した。敷きならしおよび締固め状況を写真-3.9.5に示す。

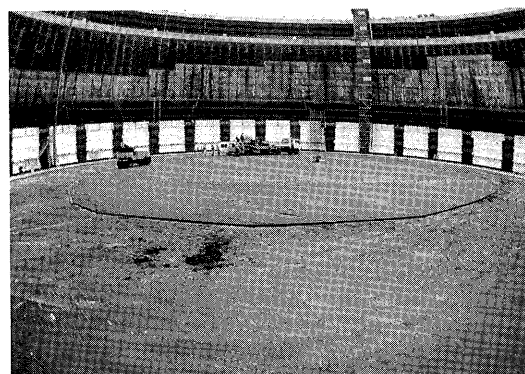


写真-3.9.5 敷きならしおよび締固め状況

5.5 施工管理

上記したとおり、アスファルト舗装面の仕上がり精度が厳しいため、慎重に施工した。

出来形の規準は以下のとおりである。

- ①仕上がり厚さ 平均91mmに対し-20mm以上
- ②隣接測点との差 10mm以内 これは半径10~45.5mの円周を8~9m間隔に区分し、その隣接測点との高さの差を規定した。
- ③同心円上の最高標点と最低標点との差 25mm以内

6. まとめ

石油備蓄体制が整いつつあるなかで、石油タンク基礎におけるアスファルト混合物の適用事例について、実際の工事を踏まえながら取りまとめた。大型構造物が載荷するということで、特に、基礎地盤の支持力の増加およびタンク底版の腐蝕の防止という目的を認識して施工することが肝要である。実際には、地下数十メートルのタンクの底での施工であり、通常の道路舗装に比較して、施工方法が異なり、また、仕上がり精度に配慮することが大きなポイントでもあった。

なお、今回、取りまとめはしていないが、同じ石油タンクにおいて、タンク回りの法面もアスファルト舗装する機会が度々あった。これは水利アスファルトにおける法面の施工と同様な方法で行える。

このように、タンク基礎におけるアスファルト舗装を施工する機会は度々あるが、道路舗装以外に様々な箇所アスファルト混合物を適用するに当たって、その条件や特徴を十分把握することが重要である。

— 参考文献 —

- 1) 技術資料「石油と備蓄」石油公団 1996
- 2) 室賀五郎「石油の備蓄」アスファルト Vol.38 No.187, 1996
- 3) 地下貯油施設技術指針(案)土木学会 1980
- 4) 「特殊構造物基礎の設計」建設基礎・地盤設計施工便覧 建設産業調査会
- 5) 小田芳明「地中式原油タンクの底版舗装工事の施工報告」大林道路機技術報 1993
- 6) 末原忠司「貯蔵タンク・サイロ」新体系土木工学技報堂出版 1980
- 7) 「タンク基礎」基礎設計施工ハンドブック 建設産業調査会 1976

第10章 水エASFアルト

1. 概 要

水利構造物にASFアルト混合物を適用する目的および方法としては、フィルダム・調整池などの表面遮水壁（フェーシング）、水路・溜池などの内張り漏水防止層（ライニング）、フィルダムなどの内部遮水壁（センターコア）、干拓堤防などにおける浸食防止などを目的とした被覆工（リベットメント）および防波堤・護岸などの滑動防止（ASFアルトマット）、根固め（ASFアルトマシック）などがある。

水利構造物のASFアルト利用の歴史は非常に古く、古代エジプトでのナイル河護岸の積石結合モルタル材の一部や、B.C.1300年頃のチグリス河堤防に用いた煉瓦や砂礫混合物に天然ASFアルトが使用されている。

わが国で水利構造物にASFアルト混合物が大規模に適用されたのは、オランダの干拓技術に学んだ1958年の長浦干拓が最初であり、防波堤や護岸などへの適

用は1962年の和歌山本港防波堤からである。またフィルダムや調整池の表面遮水壁への本格的適用は西ドイツからの技術導入による1968年の大津岐が最初であり、その後沼原、万場、八汐など、わが国独自の技術で世界最大級のものが完成している。

ASFアルト内部遮水壁工法によるフィルダムは、1950年代頃から主として西ドイツで建設されはじめ、わが国では1967年に独自の技術によって、拓殖大学八王子校調整池が完成した。

このように水利構造物にASFアルト混合物が採用される理由としては、鉄筋コンクリート、石灰、ソイルセメントなどに比べて、水密性、変形に対する追従性、耐久性などのほか施工性、経済性、補修の容易性などに優れていることが挙げられる。

表-3.10.1～4にわが国における主な実績を示す。

表-3.10.2 ASFアルト内部遮水壁工法の実績

名 称	管 理 者	建 設 年	コア高 (m)	コア長 (m)	コア幅 (cm)	コア上流側勾配
拓大八王子校地調整池	拓 殖 大 学	1976	14.5	120	60	1 : 0
御 所 (上流二次締切)	建 設 省	1978	15	185.5	60	1 : 0
村田工業団地北沢調整池	宮 城 県	1978	14	126	60	1 : 0
御 所 (下流管理壁)	建 設 省	1979	7.5	120	60	1 : 0
武 利	北 海 道 電 力	1979	15.5	173	50	1 : 0
七ヶ宿 (上流二次締切)	建 設 省	1985	34	336	60	1 : 0

表-3.10.3 干拓堤防 (のり面保護) の実績例¹⁰⁾

名 称	県 名	建 設 年	面積 (㎡)	工 法	厚さ (cm)
長浦干拓	千 葉	1958	31,945	シートASFアルト	4.5
八郎潟西部, 南部, 正面堤	秋 田	1958～65	768,954	サンドASFアルト, アスコン	5～12
鍋田干拓	愛 知	1960～65	431,730	サンドASFアルト, トベカ	5～10
阿知須干拓	山 口	1960～62	50,019	トベカ	4
代行干拓	熊 本	1964～66	60,854	トベカ, サンドグラベル	3, 5, 10
有明干拓	佐 賀	1966, 76	24,819	アスコン, シートASFアルト	6, 7
河北潟干拓	石 川	1966	19,859	サンドASFアルト	5
推田干拓	福 岡	1966	59,100	サンドASFアルト	7
印旛沼西部調整池	千 葉	1968	80,000	トベカ, サンドASFアルト	5, 5
大和干拓海岸堤防	福 岡	1968	51,000	サンドASFアルト	7
木曽岬干拓海岸堤	三 重	1974	54,000	アスコン	30
八郎潟干拓	秋 田	1984～86	558,700	アスコン	5

表-3.10.1 アスファルト表面遮水壁工法の実績 (例)^{1),2),10)}

種 別	名 称	管 理 者	完 工 (年)	規 模				
				天端標高 (m)	堤 高 (m)	上流側勾配	表 面 遮 水 壁	
							面積 (㎡)	厚さ (cm)
フ イ ル ダ ム	孫 沢	宮 城 県	1967	69	13	1:2.0 ~3.0	8,000	23
	大 津 岐	電源開発	1968	972	52	1:1.7	11,000	30
	二ノ倉	青 森 県	1968	281	37	1:2	7,300	27
	新高野山	東京電力	1971	845	33	1:1.8	15,400	22(27)
	深 山	(農水省) 栃木県	1971	757	75	1:1.9	41,000	35.5
	多々良木	関西電力	1973	232	64.5	1:1.8	30,700	33
	時 雨	東京都(水道局)	1976	29	24.2	1:2.1	3,600	22
	月 光 川	山 形 県	1978	194	48	1:1.7	7,030	33
	双 葉	北 海 道	1979	418	59	1:1.85	19,000	30(40)
	大 門	山 梨 県	1986	905.5	65.5	1:1.9 ~3.2	42,000	30
調 整 池 ・ 貯 水 池	南 川	宮 城 県	1986	104	19.6	1:2.0	7,500	16
	八 汐	東京電力	1993	1,048	90.5	1:2.0	37,700	37
	東 富 士	静 岡 県	1971	678	22	1:1.25~3.5	斜 60,000 底 80,000	24
	沼 原	電源開発	1973	1,240	50	1:2.5	斜 140,000 底 57,000	30
	藤 木	山 梨 県	1975	517	8.7	1:2.5	斜 12,500 底 12,000	18
	須 山	静 岡 県	1985	626.5	7.5	1:2.5	斜 13,600 底 10,200	10(20)
	上 之 原	群 馬 県	1986	548.5	11.5	1:2	斜 12,630 底 4,690	17
	万 場	農 水 省	1989	43.5	28.6	1:2.7	斜 179,000	26
	泉	新潟県・中郷村	1992	340.1	14.5	1:2	斜 18,800 底 26,600	19
	松 山	新潟県・新井市	建設中	115	8.2	1:3	斜 23,700 底 29,200	16
越 流 堤・ 流 入 堤	亀 池	兵庫県・明石市	建設中	33.3	15.3	1:2	斜 17,600 底 2,900	18
	渡良瀬越流堤	建 設 省	1969	20.4	5.5	1:8	248,700	30~50
	渡良瀬流入堤	建 設 省	1984	15.5	7.0	1:8 1:4	140,000	30, 50
水 路	蕪栗沼越流堤	宮 城 県	1987	6.5	4.5	1:2 1:3	13,590	25, 30, 35
	本別開水路	電源開発	1962	260.2	7.0	1:2	26,500	10

表-3.10.4 港湾, 海岸構造物 (マスチック, マット) の実績例^{10),17)}

名 称	企 業 者	建 設 年	数 量	工 法	備 考
和歌山港防波堤	運 輸 省	1962～	7,759 t	サンドマスチック他	基礎捨石根固め他
栗津港防波堤	徳 島 県	1968～	15,567 t	サンドマスチック	捨石固結
水島港護岸	岡 山 県	1976～77	6,417 t	サンドマスチック	吸出防止
門崎高架橋準備	本 四 公 団	1978	13,198 t	サンドマスチック	捨石固結
高浜発電所護岸	関 西 電 力	1978～79	10,050 t	サンドマスチック	捨石固結
南本牧埠頭中仕切堤	横 浜 市	1992	2,613m ²	アスファルトマット アスファルトマスチック	遮水工
青森港フェリー埠頭	青森フェリー公社	1994	1,576 t	サンドマスチック	スクリー流の洗堀防止
鹿島港北海浜	茨 城 県	1974～78	807 t	Asコンパウンド	ケーソン目地止水
名古屋港高潮防波堤	運 輸 省	1975	643 t	サンドマスチック	ケーソン目地止水
福井港F地区護岸	福 井 県	1977, 1980	465 t	グラベルマスチック	ケーソン目地止水
アクアライン川崎人工島	東京湾横断道路	1991	250 t	サンドマスチック	鋼製護岸継手止水
都14号高潮防波堤	東 京 都	1962～65	47,000m ²	アスファルトマット	法面保護
新潟港防波堤 他	運 輸 省	1962～73	44,300m ²	アスファルトマット	洗堀および沈下防止
由比海岸埋立護岸	建 設 省	1963～65	70,000m ²	アスファルトマット	吸出防止
直江津港離岸堤	新 潟 県	1966～92	242,036m ²	アスファルトマット	洗堀および沈下防止
笠岡干拓締切堤	農 水 省	1972～75	106,400m ²	アスファルトマット	洗堀および沈下防止
大江川河床 他	名古屋港組合	1980～89	139,766m ²	アスファルトマット	河床砂面保護
伏木富山港埋立護岸	富 山 県	1984～93	20,090m ²	アスファルトマット	吸出防止
宮崎港防波堤	運 輸 省	1986～95	26,090m ²	アスファルトマット	洗堀および沈下防止
南本牧埠頭埋立護岸	横 浜 市	1989～95	100,800m ²	アスファルトマット	鋼製ケーソン滑動防止
原町火力発電所護岸	東 北 電 力	1993～95	34,806m ²	アスファルトマット	ケーソン摩擦増大用
諫早干拓潮受堤	農 水 省	1994～95	11,346m ²	アスファルトマット	吸出し, 滑動防止
苫小牧西港護岸	北海道開発庁	1995	7,332m ²	アスファルトマット	ケーソン摩擦増大用

2. アスファルト表面遮水壁^{1),2)}

2.1 工法の特徴と要求される機能

水利構造物のフィルダムや貯水池にアスファルト表

面遮水壁 (アスファルトフェーシング) 工法が選定される理由としては, グムサイト付近で経済的に利用できる材料のうち砂礫, ロック材料などの透水性材料は

豊富に得られるが、止水コア材料となる不透水性材料は得にくいといった築堤材料の割り当て状況などからの理由が主として多い。本型式のダム・貯水池の大きな特長としては、均一型やゾーン型フィルダムに比べ外力に対するダムの安定性を確保した上で、ダム本体の堤体積を減らすことができるという利点である。この理由としては、ダム上流表面で遮水しかつ遮水壁背面に排水系統を設け、堤体内に発生する間隙水圧を除去することにより、堤体上流側のせん断力による滑り破壊への抵抗性が高くなること、および貯水圧を堤体全体で支持することによるものである。

しかし反面、堤体の不等沈下や湛水時あるいは地震時の堤体の変形により、遮水壁が直接影響を受けるため、ダム築堤材料の選択、締固め方法、遮水壁と基礎地盤との取付け部にあたるカットオフの形状や基礎岩盤の処理などは十分な配慮が必要である。

アスファルト表面遮水壁型ダム・貯水池の構造は、図-3.10.1に示すとおり大きく分けて、①堤体；水圧を全体で支持するダム本体、②トランジション；表面遮水壁の応力を堤体に伝達するための基盤、③表面遮水壁；貯水をダム上流表面で遮水する壁面、④コンクリート構造物(カットオフ、取水口、洪水吐等)；表面遮水壁を基礎地盤および他の構造物に取付けるもの、といった4要素で構成されている。そして、アスファルト表面遮水壁は、図-3.10.2に示すように、上下の遮水層の間に排水層を設けた多層構造と、遮水層の間に排水層を設けない単層構造の2つに大別される。わが国においては特に安全性を要求される堤高が30mを越えるようなハイダムでは、多層構造とするのが一般的であるが、海外では単層構造が主流となっている。各層の主な機能と厚さの例を表-3.10.5に示す。

アスファルト表面遮水壁に必要な機能は、主として、不透水性、フィル本体の変形に対する追従性、およびダム本体と同じような厳しい気象条件下での耐久性などが挙げられる。これらの機能と工学的特性との関連を表-3.10.6に示す。なお、水利構造物に適用されるアスファルト表面遮水壁と道路舗装とは、加熱混合物

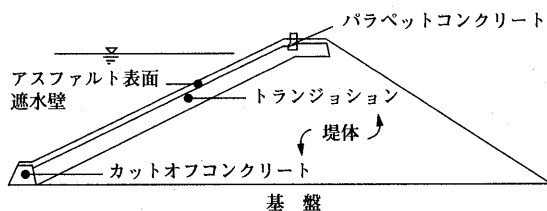


図-3.10.1 アスファルト表面遮水壁型ダムの構造(例)¹⁾

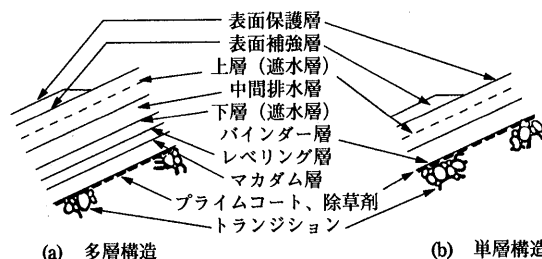


図-3.10.2 アスファルト表面遮水壁の標準断面構成(例)¹⁾

表-3.10.5 アスファルト表面遮水壁各層の主な機能¹⁾

名 称	主 な 機 能	厚 さ (mm)
表 面 保 護 層	紫外線等による上層の劣化防止	1～3
(表面補強層)	構造上あるいは施工上、弱点となりやすい部分の遮水層の補強	40～50
上 層	遮水層	50～60×2
中 間 排 水 層	漏水の検知および排出	70～100
下 層	漏水と地山からの湧水の分離 堤体への漏水浸透防止(遮水)	40～60
レベリング層	遮水層厚さ確保のための不陸調整層	40～50
マカダム層	トランジションとの結合、舗設基盤	40～60
バインダー層	マカダムおよびレベリング両層の機能	70～100
(下部補強層)	構造上あるいは施工上、応力の集中しやすい部分の補強	50～100
トランジション	支持力、排水性、平坦性、凍上防止層	200～300以上

*レベリング層、マカダム層をそれぞれ設けなくて両層の機能を兼ねて、一層でバインダー層として設ける場合もある。

表-3.10.6 アスファルト表面遮水壁に必要な機能と工学的特性^{1),3)}

フェーシングに必要な機能		工 学 的 特 性
不 透 水 性		透 水 係 数
フィル本体の変形に対する 順応性 (フレキシビリティ)		クリープ特性・破断ひずみ
安 定 性	水圧	曲げ・圧縮強度・クリープ特性
	斜面におけるせん断力 フェーシングと基盤の滑動 フェーシングの挫屈	内部摩擦角、粘着力、スロープフロー特性 フェーシングとトランジションの結合力 フェーシングのスティフネス (Stiffness) フェーシングとトランジションの摩擦係数
温度変化に対する抵抗性		温度応力、低温ぜい性
耐 久 性		疲労性状、耐凍結融解性、耐候性、耐磨耗性

を使用し、密な層あるいは透水層を舗設するなど一見すると類似している面がある。しかし、ダム本体と同じような半永久構造物の一部として位置付けされる表面遮水壁に要求される品質や機能は、設計・施工・維持管理に関する種々の前提条件が道路舗装と大きく異なることから、工学的特性、使用材料、施工法などの点で両者は相反している部分が多々あり、道路舗装の技術をそのまま適用できないことが多い。

2.2 材料と配合

遮水壁に用いられるアスファルト混合物は、アスファルト（一般にはストレートアスファルト針入度60～100級）、骨材、フィラーなどにより構成される。材料の選定および配合設計では、構造設計および現場条件を踏まえた上で、遮水壁各層の要求機能を満足させるよう室内試験での各種力学性状のほか、長期的な耐久性、経済性および施工性も十分考慮したものでなければならない。特に遮水壁用アスファルト混合物は、アスファルト量と骨材粒度によって不透水性、たわみ性および斜面安定性などが変化する。

遮水壁用混合物の特長は、遮水層混合物が粒度的に細かく、アスファルト・フィラー量の多い配合となり、外力による変形への抵抗はバインダーの粘着力が支配的となるが、レベリング層やマカダム層用混合物は、粒度的に粗くなり、変形への抵抗は骨材間のかみ合わせによる内部摩擦力に依存する。また、表面保護層に用いるアスファルトマスティックは、無空隙に近く、夏場の高温時における流動抵抗性は小さい⁴⁾。なお、遮水壁用混合物や表面保護層用材料については、環境面にも配慮した材料の選定・配合などの研究が各機関で近年なされている^{5),6)}。

遮水層用アスファルト混合物の配合設計フローシートを図-3.10.3に、遮水壁用混合物の配合設計基準値(例)を表-3.10.7に、遮水壁用アスファルト混合物の検証試験例を表-3.10.8に示す。

2.3 工学的特性^{1),2)}

(1) 強度およびひずみ

遮水壁用アスファルト混合物の力学性状は、温度および載荷速度に依存し、曲げ強度はぜい化点付近で最大となり、およそ10～12MPa(100～120kgf/cm²)程度であるが、高温域、低速載荷域に移行するにつれて小さくなる(図-3.10.4)。また、曲げ破壊ひずみは、上限で10⁻²、下限で10⁻³のレベルにある(図-3.10.5)。したがって、遮水壁を強さで検討する際は、温度および変形速度を想定したうえで、作用応力や発生ひずみ

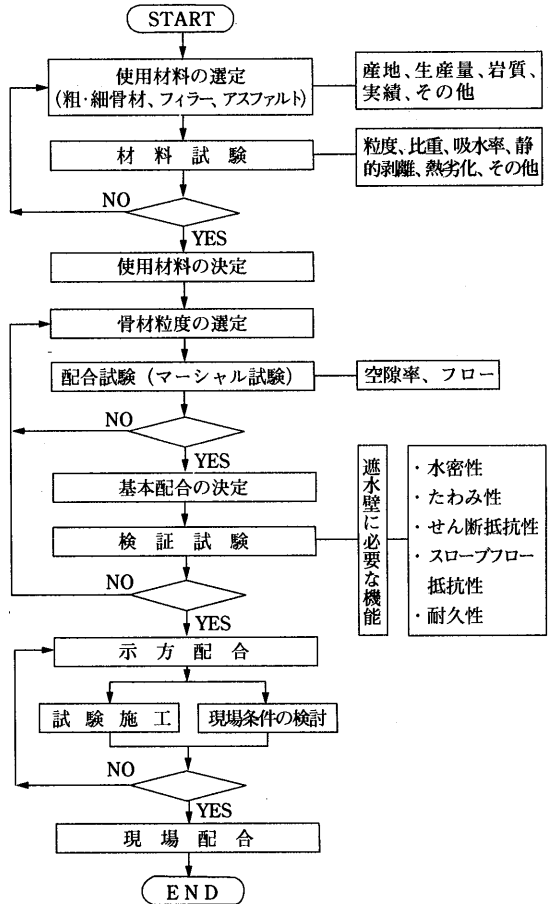


図-3.10.3 遮水壁用アスファルト混合物の配合設計フローシート³⁾

表-3.10.7 遮水壁用アスファルト混合物の配合設計基準値(例)¹⁾

種 別		フェーシング (遮水層)	センターコア
粒 通 過 度 重 パ 量 範 セ ン ト	25mm	—	100
	20	100	85～100
	13	90～100	70～85
	5	60～90	45～65
	2.5	50～80	35～55
	0.6	30～50	20～35
	0.3	20～35	18～30
	0.15	10～25	13～25
マ ー シ ャ ル 基 準 値		0.074	8～15
マ ー シ ャ ル 基 準 値	突固め回数 (回)	25×2	50×2
	空 隙 率 (%)	3 以下	3(3.5) 以下
	フロー値 (1/100cm)	40～80	—
	飽 和 度 (%)	80以上	80以上
	残留安定度 (48h %)	別途検討	75以上
基本アスファルト量 (%)		8.0～9.0	5.5～6.5

表-3.10.8 遮水壁用アスファルト混合物の検証試験 (例)¹⁾

要求機能	フェーシング	センターコア	検証試験名
水密性(透水性)	○	○	透水試験
たわみ性 (変形追従性)	○	○	曲げ試験
せん断抵抗 (C, ϕ)	△	○	曲げ(せん断)クリープ試験
スロープフロー抵抗	○	—	スロープフロー試験
耐久性	水浸剥離	○	長期水浸マーシャル試験
	凍結融解	△	凍結融解試験
	疲労抵抗	△	繰返し曲げ試験
	耐候性 (保護層)	—	促進耐候性試験および試験後の力学試験

凡例 { ○: 一般的に実施されている
△: 必要に応じて実施している

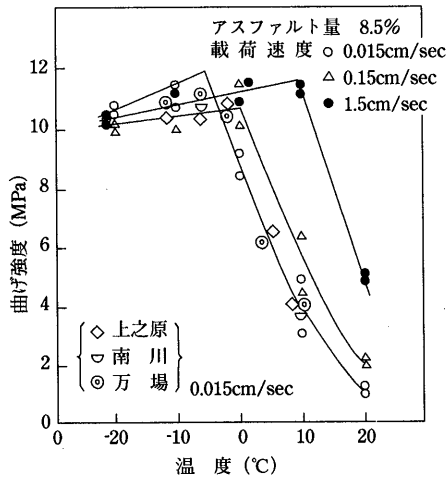


図-3.10.4 曲げ強度と温度の関係^{1),7)}

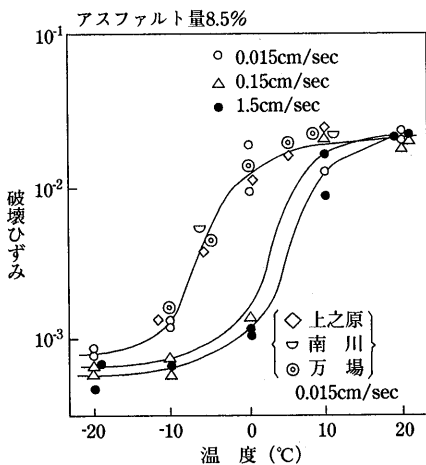


図-3.10.5 曲げひずみと温度の関係^{1),7)}

を混合物がクリアできるかどうかを検証する必要がある。

(2) 疲労・動的性状

発電や洪水調整を目的とする水源地利近に築造されるダムや調整池などでは、水位変動や温度変化による繰返し载荷を受ける。これによる疲労性状(強度、弾性係数の低下として表れる)については、重松⁷⁾、笠原・菅原⁸⁾らにより基本的なものが紹介されているが、供用時に受ける応力の大きさや間隔から考えると問題になることはない。ただし、他の応力と重複した場合は問題となるので、コンクリート構造物との接合部や継目部等につい

ては入念な設計・施工が要求される。また、地震時の動的性状についても模型実験等からその安全性が検証されている⁹⁾。

(3) 不透水性¹⁰⁾

アスファルト表面遮水壁の不透水性は、適切な配合のアスファルト混合物を十分締固めることにより確保できる。一般に空隙率を4%以下に管理すれば、工学的に不透水とされる透水係数(10^{-7} cm/sec)を確保することができる(図-3.10.6)。施工時には、舗設継目や構造物との接合部が不透水性の確保の上で問題になる場合が多く、構造物の設計および施工上の配慮が重要になる。

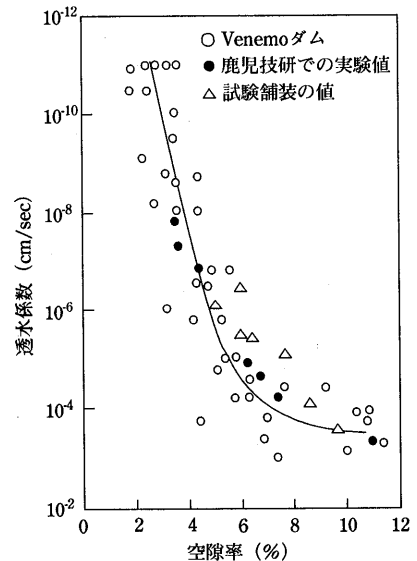


図-3.10.6 透水係数と空隙率の関係²⁾

(4) 堤体本体の変形に対する追従性

アスファルト表面遮水壁のたわみ性は、土やコンクリートのような表面遮水壁材料と比較した場合の大きな優位性の1つである。しかし、この優位性に過度の期待をかけることは限界がある。すなわち、アスファルト混合物のたわみ性は、力学的にはクリープ特性と破壊時のひずみの問題であり、温度とひずみ速度および応力レベルにより変化するためである。

したがって、遮水壁全体のひずみをアスファルト混合物が許容されているひずみ以内にとどめなければならず^{11,12)}、堤体全体の変形量および堤体やコンクリート構造物と遮水壁との相対変位をできるだけ小さくするような設計・施工上の配慮が重要である。

(5) 斜面安定性

① セン断力に対する安定性

アスファルト表面遮水壁のせん断応力は、主として舗装体の自重に基づくもので斜面に沿って平行に作用する。この応力は堤高に関係なく、遮水壁の厚さと密度および上流側勾配によって決まる。一方、遮水壁のせん断強さは、斜面に垂直な自重の分力と水圧およびアスファルト混合物の内部摩擦力と粘着力によって決まる。斜面に舗設されたアスファルト混合物は、高温時において流動する傾向が大きい。たとえば、施工中あるいは施工後に貯水位が低下し、遮水壁が直射日光にさらされている状態が流動変形を生じる危険が高い。一般に、夏期の高温時を想定した遮水壁用アスファルト混合物の内部摩擦角は30~40℃、粘着力は0.05~0.2MPa (0.5~2 kgf/cm²) の範囲であり、遮水壁勾配(1:1.7以下)およびアスファルト混合物の配合・施工が適切であれば、アスファルト混合物内部のせん断破壊については特に問題とならない。むしろ、層界面あるいは基盤(トランジション、コンクリート構造物)界面で生じる滑動に注意を払う必要がある¹⁰⁾。

② スロープフローに対する安定性

スロープフローとは、夏期高温時に遮水壁用アスファルト混合物のアスファルトが軟化および粘性の減少を生じ、自重に基づくせん断抵抗が小さくなり、骨材間の滑りが生じる現象である。アスファルト表面遮水壁のスロープフローは、遮水層が不透水性およびたわみ性を確保するために、アスファルト混合物中のアスファルト量が多いことから発生しやすい。スロープフローが起きると、ダイラタンシー現象(ずれにより骨材が浮き上がり、一見厚みを増したかの

ような変化を起こす)が生じる。その部分では、混合物の密度が低下して不透水性が損なわれるので、スロープフロー量をできるだけ小さくするような配合を選定する必要がある。スロープフローは、その性質上、長期間にわたって継続するので、短期間の試験で判断する場合にはこの点を考慮する必要がある。一般に、室内スロープフロー試験により得られるせん断粘性係数¹⁰⁾(ポアズ60℃, 48時間)が 10^{10} オーダー以上で、しかも施工性に優れた配合を選定し、舗設時の材料分離や締固めの不均一などがなければ、特に問題となるような構造的スロープフローは発生していない¹⁾。

なお、表面保護層(アスファルトマシチック)のグレ対策としては、適切な材質・配合の選択と均一な施工厚の確保が重要である。近年では、保護層の改修工事において従来の塗布工法に変わって、均一な施工厚を確保できる吹付け工法も開発されている¹³⁾。

(6) 温度応力による低温ひびわれ(サーマル・クラック)の可能性

フィルダムを寒冷地に建設する場合、アスファルト表面遮水壁には、温度応力による低温ひびわれの発生が懸念される。重松らの室内試験結果¹¹⁾によれば、温度低下速度にもよるが、温度応力は-20℃程度の低温時で2~4 MPa (20~40 kgf/cm²) 程度であり、混合物の破壊強度と比較して、温度応力のみではひびわれ発生の可能性は少ない。しかし、他の荷重条件による応力と重複した場合には無視できないため、設計・施工上の配慮として、①不同沈下を抑制すること、②トランジションとアスファルト混合物の結合を図ること、③適切な材料・配合を選定すること、④舗設継目の一体化を図ることのほかに、⑤永続的な応力緩和機能の保持のために表面保護層を必ず設けるなどの対策をとることが必要である。

(7) ブリスタリング¹⁾

ブリスタリングは、アスファルト表面遮水層間または層内に閉じこめられた空気・水・水蒸気・ガスなどが、温度上昇または水圧の減少にともなって膨張し、透気性の小さいアスファルト混合物層を隆起させるクリープ現象である。遮水壁に発生するブリスタリングは、その発生部位によって、①表面保護層のブリスタリング(火膨れ)、②遮水層内部で発生するブリスタリング、③遮水層の層間で発生するブリスタリング、④遮水層背面の水圧により発生するブリスタリング(盤

膨れ)の4つに大別される。プリスタリングの発生時期はまちまちであり、アスファルト混合物温度の高い施工時に発生する事例が多いが、舗設後数日から数年後に発生する場合もある。大きさは表面保護層に発生する直径数mm程度のものから、遮水層に発生する直径数10cmに達するものまでである。また、遮水層に発生したもので頂部がザクロ状に破裂したものは、そのまま放置しておくとし水機能を行なうことになる。

プリスタリング対策としては、発生要因により異なるが、吸水率の小さい骨材の使用と骨材の十分な乾燥、既舗設表面・継目の湿気除去などを実施する必要がある。

補修方法については、膨らみを破り、入念に乾燥させてから再加熱し、ニーディング締固めを行うが、原因・状況によっては、その箇所を除去し、新規混合物により埋戻しをする。

(8) 耐久性

アスファルト表面遮水壁は、越流堤や流入堤に用いられる場合を除き、常時水浸している供用状態がほとんどであることから、骨材とアスファルトの剝離作用に対する耐久性が重要な問題となる。この問題については、フィラーの種類や量などを変えた数種類の配合で1年間程度の長期水浸マーシャル試験を実施して、残留安定度が80%以上となるような配合を選定することにより、剝離作用に対する耐久性は特に問題ないと考えられる²⁾。

また、アスファルト表面遮水壁は、凍結融解作用を受ける厳しい立地条件下に比較的多く建設されることから、凍結融解試験結果は耐久性を表す1つの評価指標となる。凍結融解作用に対する耐久性は、重松らの試験結果³⁾や谷中らの試験結果⁹⁾、外国およびわが国の実績からみて、アスファルト混合物の空隙率を4%以下とすれば特に問題ないと考えられる。

2.4 構造設計

(1) 設計における基本方針

設計における基本方針としては、種々の荷重条件(特にひずみ速度)を設定した上で、遮水壁の各部に発生するひずみをアスファルト混合物に許容されるひずみ以内にとどめることは当然であるが、遮水壁には遮水機能のみを分担させ、外力に対する力学的機能は堤体に依存させるとした設計方針が基本となる。

堤体設計では、堤体の安定解析、遮水壁の安定および施工性を考慮した上流側のり面勾配の決定(一般には1:1.7~2.0以上の緩い勾配)、支持力低下や背圧を

生じない排水処理の検討が必要である。アスファルト表面遮水壁の基盤であるトランジションには、遮水壁の水圧による変形に対する抵抗性を増し、遮水壁の応力を堤体に分散させる機能、施工機械荷重により過大なひずみがアスファルト混合物に生じないような支持力、排水性、凍上防止および平坦性などの機能が求められる。また、堤体の切盛境、斜面と底面の取合部、コンクリート構造物埋戻し部などは不同沈下による応力集中が生じないような締固めやすい形状にするとともに、トランジション層の増厚や安定処理層の設置あるいはアスファルト混合物による補強を施すなどの配慮が必要である。遮水壁の形状は、品質確保の面からできるだけ機械施工が可能となるよう設計するとともに、勾配変化部では緩和曲線の挿入などにより対処し、応力集中を避けるために断面の急変や折れ点などを設けないようにする。

(2) 遮水壁厚さの設計

アスファルト表面遮水壁の構造は、2.1で前述したとおり、中間排水層を設けた多層構造と中間排水層を設けない単層構造の2つに大別される。その厚さは主として設計条件である中間排水層の有無、アスファルト混合物の許容ひずみ、各層の機能確保などと、施工条件である施工方法、施工機械の能力および施工経験などから決定されるのが現状である。なお、不透水性や波圧などの条件により設計厚さを求める方法¹⁾もあるが、現時点では、主に設計方針や施工条件から決まる厚さのチェックに用いられている。図-3.10.7は既往ダムの堤高と遮水壁厚さとの関係を示したもので、堤高が20~30m程度以下のものは遮水層(5~6cm)2層とバインダー層(5~10cm)の単層構造、それ以上の堤高では多層構造としているのが一般的である。なお、越流堤や流入堤の場合には、遮水壁の表面と背面

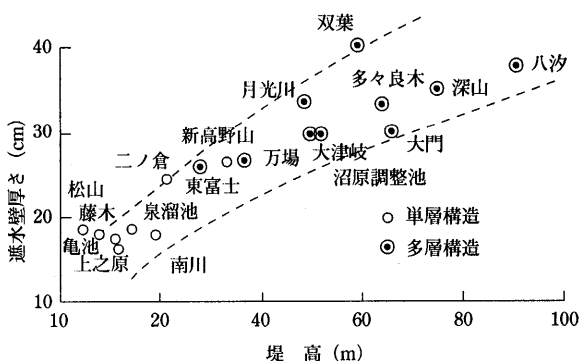


図-3.10.7 堤高とアスファルト表面遮水壁の厚さ(既往ダム)²⁾

の水頭差による揚圧力（空中および水中部分における遮水壁が滑動を開始しないためのつり合い条件）も検討し、所定の舗装厚を確保する必要がある。

(3) コンクリート構造物との接合

アスファルト表面遮水壁とコンクリート構造物との接合部は、不同沈下による相対変位に起因する引張りやせん断破壊が生じやすいので、円弧を挿入するなど応力集中を避ける構造物形状とすること、および構造物背面の盛土材料の選定や撤出し・締固めを入念に行うこと、変形に対する追従性などに優れた材料（アスファルトマスティック等）による接合処理を行なうことなどの設計・施工上の配慮が必要である。

図-3.10.8(a), (b)は八汐ダムにおける2次元FEM解析による湛水時の遮水壁の変形およびひずみ分布を示したものである。遮水壁の変形はほぼ法面の中央部で最大となるが、ひずみはカットオフ・コンクリートとの接合部近傍で最大となっている⁹⁾。

このように堤高が30m程度以上のハイダムにおいては、カットオフ近傍の遮水壁に生じるひずみをFEM解析等で算定し、遮水壁用アスファルト混合物の検証試験における破壊ひずみと比較して、十分安全な許容範囲内にあることを設計段階から確認している。

一方、地震対策としては、コンクリート製の階段・斜樋・取水施設など遮水壁と剛性の大きく異なる構造物は、地震時に隅角部へ応力集中を生じやすく、クラックを発生させる可能性がある。したがって、構造物際にアスファルト混合物などによる補強層などを設けるとともに、盛土部の遮水壁ではコンクリート構造物

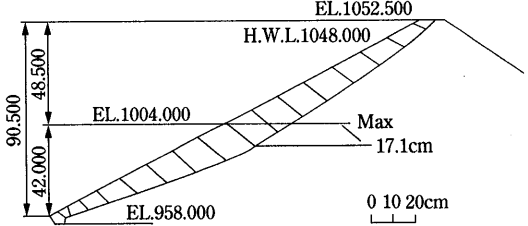


図-3.10.8(a) 湛水時の遮水壁の変形（八汐ダム）⁹⁾

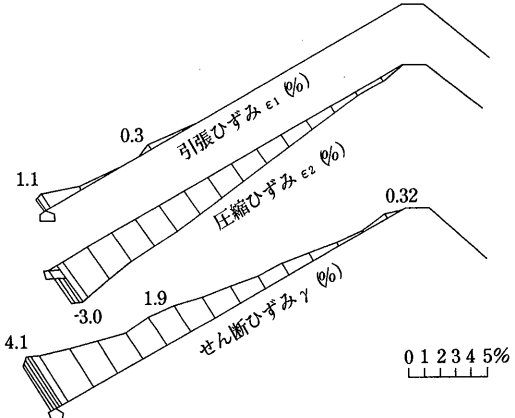


図-3.10.8(b) 湛水時の遮水壁のひずみ分布（八汐ダム）⁹⁾

の設置をできるだけ避けるといった設計・施工上の措置をとる必要がある。

2.5 施工

(1) 施工の流れ

アスファルト表面遮水壁の施工は、前述の設計段階における要求機能を満足させるように、ダムの規模・施工条件に応じた専用の機械編成で、図-3.10.9に示す一般的な手順で行う。

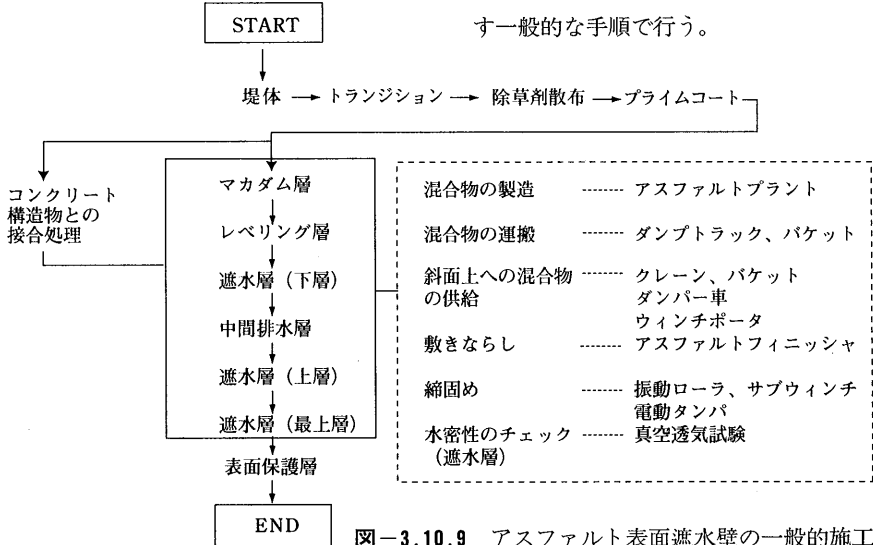


図-3.10.9 アスファルト表面遮水壁の一般的施工手順²⁾

特に本型式ダムでは、ダム本体の変形を将来にわたってできるだけ小さくする必要があり、このためには盛土材料の層状撒き出しと振動ローラによる入念な転圧が必要である。また、アスファルト表面遮水壁の施工は、将来的な不同沈下をできるだけ回避するために、堤体フィルの初期沈下が十分進行してから着手することが望ましい。

(2) 遮水壁の舗設

アスファルトプラントは、工事規模と工期等の施工条件にもよるが、原則として現場サイトに仮設する。一般的な舗設状況を写真-3.10.1に示す。

混合物の運搬は、適切な保温設備を有する混合物バケットを搭載したトラックまたはダンプトラック運搬による。アスファルトプラントから舗設現場まで運搬されたアスファルト混合物を堤頂のウィンチポータで昇降されるガンバー車により、斜面上のアスファルトフィニッシャに供給し、斜面下方から上方に向かって敷き均す。一般的にフィニッシャの舗設幅は3~4mで、敷均し速度は1.0~1.2m/分程度である。締固めは、振動ローラを用いて昇り方向のみ振動を与えながら転圧する。なお、コンクリート構造物との取合い等、機械施工ができない箇所は入力によって入念に舗設する。

また、越流堤、干拓堤防などの常時水に接しない遮水壁で、法面長さが短く、堤頂長さが長い場合は、前述の縦引き施工以外に、横引き施工とする場合がある。ただし、縦・横引き施工とも、特に舗設継目部は品質確保の上で最も重要な管理点の1つであり、その部分はジョイントヒータとジョイントコンパクタを用いた入念な施工が要求される。



写真-3.10.1 アスファルト表面遮水壁の舗設状況
(農水省, 万場調整池)

(3) 施工管理

遮水層用アスファルト混合物の特長としては、不透水性、たわみ性およびスロープフローに対する安定性などの要求機能を満足させるため、アスファルトやフィラーの量が多く粘性が大きくなる。したがって、その施工性の良否は、材料や施工条件などの各種要因に左右される反面、品質確保の上で転圧前の舗設面に引きずり(ティアリング・クラック)を残さないなどの全数検査的な連続管理が要求される。そのためアスファルト表面遮水壁の舗設では、以下のような場所で各項目について管理を行う必要がある。

- ① 材料：アスファルト、フィラー、細・粗骨材など
- ② アスファルトプラント：アスファルト混合物の粒度、温度、密度、空隙率など
- ③ 舗設現場：アスファルト混合物の温度(敷均し、転圧)、不透水性など

さらに、舗設現場においては、非破壊かつ迅速な判定ができる真空透気試験による不透水性(透気量の低下が2cm・Hg/分以下)の管理を行なうのが一般的であり、遮水層の破壊を伴うコア採取による所定の空隙率(4%以下)管理は、事前の試験施工で管理基準を確認する場合を除き原則として避けるべきである。

2.6 維持・管理

アスファルト表面遮水壁は、漏水量、沈下などの計測管理が必要であるとともに、早期の異常発見のために目視点検による日常管理が重要である²⁾。

また、表面保護層は、アスファルト表面遮水壁本体の紫外線による劣化や雪庇による摩耗などによって、所定の機能低下を防ぐ目的で設けるが、10~20年を経過すると保護層の老化現象が顕著になってくる。

この改修方法としては、たとえば既設保護層をウォータージェットなどで剥取って新たな保護層を設ける方法¹³⁾、既設保護層上に新たな保護層を塗布あるいは吹付け方法¹⁴⁾などがあり、現場条件等を考慮した上で改修方法を選定する。

3. アスファルト内部遮水壁^{10,15)}

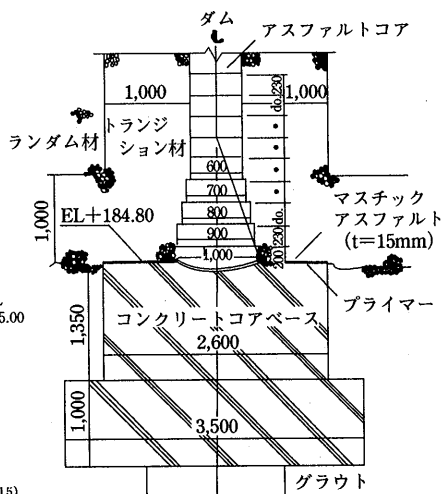
3.1 工法の概要

アスファルト内部遮水壁(アスファルトセンターコア)工法は、フィルダムの内部遮水壁(コア)として、従来の粘土質材料に変わり、人工材料であるアスファルト系混合物を用いる遮水壁工法である。アスファルト系混合物は、ストーンアスファルトを用いる例もあ

- ① コアは堤体内部にあり、外力から十分保護されるので、耐久적이다である。
- ② 地震時においてもダム全体として挙動するので、安定性は大きく、また不同沈下に対しても順応しやすい。
- ③ ダムの盛立とほぼ同じ高さで遮水壁が完成するので、貯水を盛立と平行して早期に行うことができる。
- ④ アスファルト系混合物は、人工的に製造されるので、品質は安定しており、かつ水密性に富んでいる。
- ⑤ 施工は、粘土コアダムほど気象条件に左右されないで、工期短縮が可能である。
- ⑥ コアの厚さを小さくできるので、粘土コアダムに比べて堤体積を減少できる。

図-3.10.10 拓大八王子校地調整池ダム標準断面図¹⁵⁾

図-3.10.11 アスファルトコア，トランジション，
ロックの施工順序例^{[15)，16)}



4. 干拓堤防, 防波堤, 護岸

4.1 干拓堤防等のリベットメント

リベットメント（法覆工）は、堤防等の表面が水により浸食されるのを防ぐのを主目的に施工される。図-3.10.12は、日本海中部地震（1983）後に復旧された八郎潟干拓堤防の断面例で、防草およびアスファルト舗装の施工基盤のためのソイルセメント、アスファルト舗装および表面保護層とからなっている。

舗装は、初期のものは法長方向に舗装する縦引き工法が主流であったが、堤長が長い場合は、堤頂のアンカー車に牽引される舗装機械（フィニッシャ、ローラ）で堤軸方向（水平方向）に舗装する横引き工法が多く採用されている。

4.2 アスファルトマット¹⁷⁾

アスファルトマットは、あらかじめ補強芯材（一般にはガラスクロス）および吊上げ用ワイヤロープをセットした型枠中に、アスファルト、フィラー、砂および碎石（2～5mm）から成る加熱タイプのグラベルマスチックを流し込み、成形したプレキャスト材料（厚さ5～12cm、幅2～5m、長さ2～8m程度）である。

特徴としては、水密性、たわみ性を有し、構造的に

押抜き強度が大きく、比重が2.2以上で耐久的事であることから、以下の用途に用いられている。

- ①ケーソン、L型ブロックなど重力式構造物と捨石マウンドとの摩擦増大用（滑動防止）
- ②防波堤、護岸などの捨石マウンド法先の洗掘防止用
- ③埋立て護岸などの吸出し防止用
- ④その他 法面保護用、遮水用

図-3.10.13に、港湾構造物への適用例を示す。

施工は、陸上部においてアスファルトクッカ等で製造したアスファルト混合物を型枠内に流し込み、成形し、アスファルトマットを製作する。これをクローラクレーン等で吊り上げ（写真-3.10.2）、トラック、台船等で所定位置に運搬し、起重機船等により設置する。

4.3 アスファルトマスチック¹⁷⁾

防波堤などの構造物の一部を形成する捨石マウンド等の間隙またはケーソン、ブロックなどの目地に、加熱混合したアスファルトマスチック（グラベルマスチック、サンドマスチック）を流し込み、充填して固結

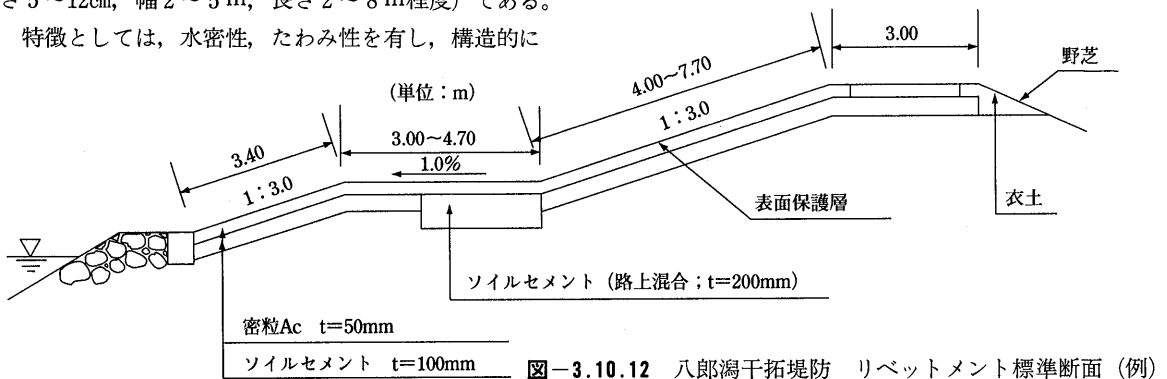


図-3.10.12 八郎潟干拓堤防 リベットメント標準断面（例）

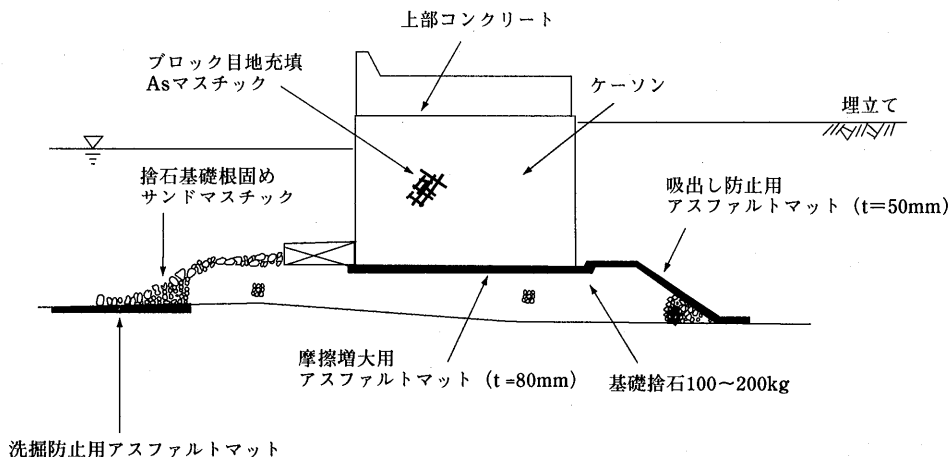


図-3.10.13 港湾構造物への適用例

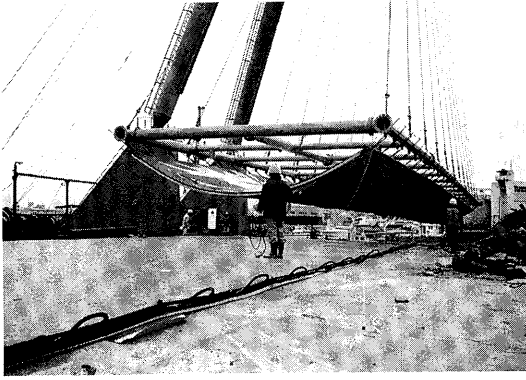


写真-3.10.2 アスファルトマット設置状況

させ、浪力や水流などに抵抗する強固な構造体を作るものである。

この構造物は、耐衝撃性、耐摩耗性、変形追従性、水密性を有することから、以下のような用途に用いられる（図-3.10.13参照）。

- ①防波堤、護岸などの捨石マウンド被覆石の固結
- ②埋立て護岸などの吸出し防止

③各種目地工 その他

表-3.10.9にアスファルトマスチックの標準配合を、表-3.10.10にサンドマスチックの管理基準値を示す。

表-3.10.9 アスファルトマスチックの標準配合（重量%）¹⁷⁾

	アスファルト	フィラー	砂	碎石(7号)
サンドマスチック	16~20	18~25	55~65	—
クラベルマスチック	10~14	14~25	30~50	25~40

表-3.10.10 サンドマスチックの管理基準値¹⁷⁾

試験名	試験条件	基準値
比重	水中置換法	1.95以上
曲げ	温度：10℃ 変位速度：20mm/min 供試体：4×4×16cm 支点間隔：10cm	強度：1.0N/mm ² 以上 たわみ量：5mm以上
圧縮	温度：10℃ 変位速度：20mm/min 供試体：4×4×8cm 加圧面積：4×4cm	強度：1.0N/mm ² 以上

—— 参考文献 ——

- 1) 舗装工学編集委員会：舗装工学，(社)土木学会，1995年2月
- 2) 重松・加形：フィルダム表面アスファルト遮水壁工法について，ダム工学，No.8，P.45~59
- 3) 重松・檜原・内藤：アスファルトフェーシング工法の研究開発（その5），鹿島技研年報，vol.22，P.3，1973年
- 4) 菅原：アスファルト混合物のダム遮水壁への利用，ダム技術，vol.3，No.3，P.1927，1985年，Summer
- 5) 河原・壁谷・菅原：アスファルト水利構造物の表面保護層添加物の2，3の検討，土木学会第46回年次学術講演概要集，P.120~121，1991年9月
- 6) 貝沼・篠原・伊藤：表面しゃ水壁アスファルト混合物の流動防止材の研究，土木学会論文集，No.516，P.109~119，1995年
- 7) 重松，内藤：フィルダム遮水壁用アスファルトコンクリートの破断現象，鹿島技研年報，vol.20，P.1~13，1971年
- 8) 笠原・菅原：アスファルト混合物の動的応答に関する研究，土木学会論文集，No.215，P.75~83，1973年7月
- 9) 谷中：蛇尾川上部ダムの設計と施工，第23回ダム施工技術講習会，P.45~62，1988年
- 10) 水工アスファルト研究会：水工アスファルト，鹿島出版会，1976年11月
- 11) 重松・檜原・内藤：フィルダム表面アスファルト遮水壁の材料および設計・施工について，鹿島技研年報，vol.22，P.1~9，1973年
- 12) 工藤：アスファルトライニングの設計方法に関する一考察，土木学会論文集No.196，P.105~115，1971年12月
- 13) 武井・加形：アスファルトフェーシングにおける表面保護層の補修例，アスファルト，No.144，P.69~76，1985年8月
- 14) 小野・栗島・岩金：沼原発電所沼原ダムアスファルト保護層の改修工事について，電力土木，No.248，P.89~98，1993年11月
- 15) 鯉淵・大原・重松：アスファルトコア型フィルダムの設計・施工—拓殖大学八王子校地開発における調整池ダム工事—，ダム日本，No.382，P.9~20，1976年
- 16) 笹川・岡田：アスファルトセンターコア締切の施工—御所ダム上流2次締切工事—，建設の機械化，P.39~46，1979年3月
- 17) 日本海上工事株式会社：総合カタログ，1995年

第11章 廃棄物最終処分場への舗装

1. 概要

われわれが文化的な生活を営む上で副次的に発生する廃棄物は、一般廃棄物として家庭や事業所から排出されるもので一人一日1.1kg、全国で年間5,000万トンが排出されている。産業廃棄物にいたっては一般廃棄物の約8倍で、年間4億トンの量となっている。

これらの廃棄物は、基本的には発生量を押さえ、発生したものは再生利用することが最も望ましいが、現段階ではこれらの発生を抑制する事やりサイクルにも限界がある。したがって、ほとんどの廃棄物は焼却処分や埋立処分に頼っているのが現状であるが、これらの処分を行うための中間処理施設や最終処理施設は二次公害、すなわち焼却施設から排出される大気汚染物質や埋立処分場からの汚染物質によって環境への影響が懸念されることが多く、処理施設の建設には地元住民の反対や理解を得られないといったケースが多々ある。

こういった二次的に発生する排出汚染物質を完全に押さえるために、欧米諸国においても廃棄物最終処分場へのアスファルトの利用が進められている。特にアメリカでは古くから水利構造物のしゃ水工技術が廃棄物最終処分場利用されている。

ヨーロッパでは、天然の不透水地層を利用してプラスチックシートでしゃ水する施工が長い間行われてきたが、従来の処分場において有害物質が地下水を汚染するなどの影響が出てきたことから、施工基準の見直しを検討され、一部ではアスファルト混合物をしゃ水層に使用する施工方法が行われるようになり、スイスやドイツではアスファルト混合物による最終処分場におけるアスファルト混合物利用の設計基準も制定されている。

わが国では、廃棄物の分類や処理方法についての法律は整っているものの、一般廃棄物の最終処分場については、従来型の粘土層やゴムシートによるしゃ水工が圧倒的に多く、アスファルト混合物を利用したものは、廃棄物最終処分場の底部に採用されたケースが若干ある程度で、欧米のような全面をアスファルト混合物でしゃ水した最終処分場は無い。

しかし、最近になってこれら従来型の廃棄物最終処分場で浸出水等による環境汚染が問題となってきたことから、わが国でも厚生省において安全な廃棄物最終

処分場を建設するために種々の検討が行われ、廃棄物処理法の改正に向けて作業が行われてきているところである。

このような背景を踏まえると、わが国でも廃棄物最終処分場の環境汚染に十分対応できる、アスファルト混合物でしゃ水する工法についての基準を確立する必要があると考えられる。幸いにも廃棄物最終処分場に利用されるアスファルトは、水利構造物に利用する技術を応用したものであり、わが国においてもこれに匹敵するだけの十分な技術を有している。

そこで、平成7年度から、アスファルト協会ではアスファルト混合物による廃棄物最終処分場建設に關する技術的な調査および検討を行ってきた。以下にその概要を示す。

2. 廃棄物処分場へのアスファルト利用状況

廃棄物処分場へのアスファルトの利用は、アメリカにおいて、1965年には1,800箇所の廃棄物処分場が作られており、ヨーロッパにおいても、ドイツでは1962年に化学工場の処理場として利用されている。スイスでは1979年に6,000㎡の施工実績があり、それ以降独自の基準を作り現在に至っている。

一方我が国では、アスファルト系シート以外の施工例は少なく、最近になって底面をアスファルト混合物とした処分場が見られるようになってきた。

各国の廃物処分場へのアスファルト利用状況を表-3.11.1に示す。

2.1 アメリカにおける処分場の現状

アメリカにおいては、廃棄物などを埋め、そこから漏水させないためにアスファルト混合物を使用する技術としては、廃棄水用の池の築造から始まっている。地下水の汚染を防ぐために下水や工業排水を一時貯留するためのwaste pondが多く利用され、その斜面や底面のライニングにアスファルト混合物、アスファルトライニング材、加熱アスファルト布などが用いられた。

1965年の時点で1,800程度のwaste pondが報告されている。これらは水利構造物として位置づけられるもので、詳細についてはアスファルトインスティテュート(AI)のMS-12(1976)にまとめられている。

固形廃棄物が環境に悪影響を及ぼさないためには、基底部の防水性はもとより、表面のカバーが重視され

表-3.11.1 各国の廃棄物処分場へのアスファルト利用状況

国	従来技術・法的基準	アスファルト利用状況
日 本	・廃棄物処理法、産業廃棄物処理特定施設整備法などの法律で処理方法が規制されている。 ・一般廃棄物の処分場は、不透水性の粘土やゴムシート等でしゃ水している。 ・産業廃棄物を埋立処分するときは、それぞれの分類に適した埋立処分場を使用することになっており、有害物質が溶出ししない廃棄物については汚水が地下水へ浸透しないように粘土層の敷設やアスファルト・ゴム・樹脂シートの張付を行っている。 ・有害な物質を含む産業廃棄物は、汚水が絶対に外部に漏出しないようにコンクリートで周囲を囲い、最後に蓋をしている。	・水利工事については古くから高いしゃ水技術があるが、廃棄物処分場へのアスファルトの適用は、アスファルト系シート以外の施工例は少ない。 ・アスファルト混合物による施工は、主として経済性の理由から、採用されたケースは少なく、埋め立て地の法面まで採用したケースは極めて少ない。 ・アスファルト混合物によるしゃ水層の設計基準はない。
アメリカ	・国や州としての設計基準はないようである。 ・古くから水利施設のしゃ水技術を応用してアスファルトを利用した廃棄物処分場の底部のしゃ水を行ってきた。 ・処分場の上面にも雨水の浸透を防ぐ目的でアスファルトを利用したカバー層を設けた施工を行っている。	
ス イ ス ド イ ツ	・処分場建設および施工についての法的な設計基準が整っている。 ・「地下水は絶対汚染しない」という思想で施工基準が作られている。 ・プラスチックシール層の下部は、十分な厚さの地層を利用した吸着層を設けている。 ・廃棄物上面は、不透水層としてのカバー層を設けている。	・アスファルトの利用は比較的最近であり、法的な施工基準も最近作られた。 ・アスファルト混合物の配合設計および層の厚さが決められており、プラスチックシールと併用して長期的に完全なしゃ水を考慮した優れた設計基準である。 ・不透水層としてのカバー層にもアスファルトを利用して、廃棄物への雨水の浸透を防いでいる。 ・2重の浸出水防止システムなどの設計基準は大いに参考となる。
オランダ	・基本的にはスイスやドイツと同じように施工基準を設けているが、わが国と地形が全く異なる（大地の大部分が海面下である）ので、設計基準は大幅に異なっている。	・アスファルトの利用は比較的最近であり、法的な施工基準はドイツやスイスを参考にしてこれから独自の物を作成する。

ている。EPA（環境保全庁）では、①耐久性が高く補修の必要性を少なく、かつ容易に出来るようにする、②究極的には透水性を小さくして内部に水の浸入が無いようにするために、以下のような品質規則を設けている。

- ① 底面の保護層あるいは土よりも非透水性を備えなければならない。透水係数は 1×10^{-5} 以下とする。
- ② 自然堆積物で45.7cm以上の非透水層を設けなければならない。
- ③ 植物などの生育を助ける最低15.3cm以上の浸食防止層を備える。

以上の規則から、最終被覆工として最小限度必要な構造は図-3.11.1に示すとおりである。

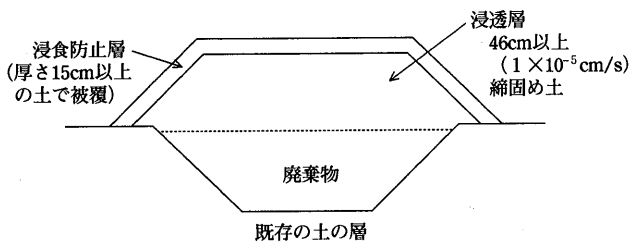


図-3.11.1 最終被覆工として最小限必要な構造

2.2 スイスにおける現状

スイスでは、1979年にSchalen-Süessplätzで6,000㎡の施工したのが最初で、それ以来1995年のChrüzlenの施工までに35箇所495,400㎡が施工されている。

スイスでは、廃棄物は安全性の観点から次の3種類のタイプに分類されている。

- ① タイプⅠ：不活性廃棄物（重金属を含まない）
- ② タイプⅡ：不活性廃棄物の残査（鉛、カドミウム、ニッケル等の重金属を含む）
- ③ タイプⅢ：家庭ゴミ（家庭からの廃棄物の内、紙屑、ビン、缶、乾電池等を分別した残りのゴミ）

ただし、化学薬品、原子力産業廃棄物は廃棄物処分場での処理は行わない。

アスファルト混合物によるしゃ水層は、現在のところタイプⅡとタイプⅢの廃棄物に適用されている。アスファルト混合物層を使用した構造を図-3.11.2に示す。

アスコン層を用いない場合は、高密度ポリエチレン製のプラスチック層（厚さ2.5mm以上）を設けることになっているが、その場合は、粘土層は3層以上とし、合計厚さを75cm以上としている。また、粘土層の透水

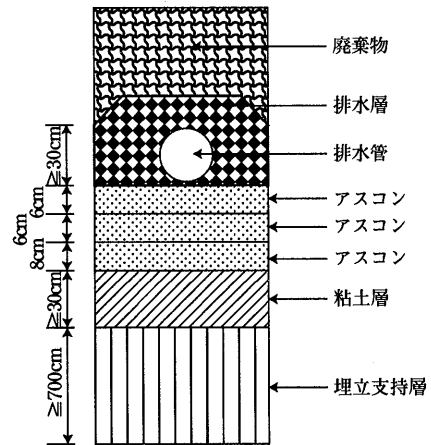


図-3.11.2 クラスⅡの最終処分場の下部構造

係数は 5×10^{-8} 以下である。

アスファルト混合物層を用いた場合、粘土層を75cmから30cmに変更しているが、安全性の上で問題がないことおよび施工コストを安くするためである。

アスコンの粒度は特に規定されていないが、空隙率は12%以下としている。なお、ドイツでは完全なシール性を重視して3%以下としている。

なお、アスコン層を多層にすることによって、層間に水がたまり、プリスタリング現象が発生することがあることから、アスコンを密粒度一層だけにすることも検討されている。

また、プラスチックシールの溶剤に対する浸透性については、ドイツの実験結果によれば、2.5mm厚さの高密度ポリエチレンで、1万㎡に対してトリクレンが1年間に150トン浸透することが分かっている。一方、アスコンでは、0～16mm粒度、4cm厚では溶剤が拡散したが、0～8mm粒度、8cm厚では問題が無かったとの報告がある。このようなことから、有害水の浸透流出に対する安全性を考慮して、今後最終処分場へのアスファルトの利用が増大する傾向にある。

2.3 ドイツにおける現状

ドイツでは、1962年に化学工場の処分場として、アスファルト混合物やグースアスファルト混合物を使って、会社独自の処理が行われたのが最初である。その後技術手引き書(TA)が出され、廃棄物処理場へのアスファルトの利用が拡大してきた。

現在ドイツではアスファルトを利用した廃棄物処理場は16箇所あり、全体で560,000㎡、また現在計画中のものが470,000㎡ある。このうち、公営が80%、個人的な（企業）運営は20%程度である。

なお、1箇所当たりの面積は小さいもので20,000㎡、大きいもので160,000㎡である。

ドイツにおける廃棄物の分類は、スイスのそれと類似して、以下のように分類されている。

- ① 廃棄物 クラスⅠ：有害物が最小のもの（家庭ゴミ）
- ② 廃棄物 クラスⅡ：多少の有害廃棄物が含まれる可能性のあるもの（家庭ゴミ）
- ③ 廃棄物 クラスⅢ：有害廃棄物の含まれる可能性のあるもの（一般ゴミ）

これらの廃棄物のクラスに応じた対応がなされているが、底面部の構造と、一つの最終処分場区画が充満した後に埋立本体を表面しゃ水工で被覆する構造の基準がある。それぞれの基準断面を図-3.11.3に示す。

これらの標準断面で建設された廃棄物処分場でも、地下の汚染が検出されていることから、例えばツバイブリュッケン市では、アスファルト混合物による新しいゴミ処理場を建設している。

1979年からゴミ処理場にアスファルトシールが使われてきており、ツバイブリュッケン地域で200,000㎡が完成している。当初はアスファルト層厚さ6～8cmであったのが、1990年以降基準が厳しくなり、基礎地盤の上に75cmのミネラル層（基準となる透水係数を満足する土の層で、必要に応じて粘性土を混入して透水係数を調整したもの）、その上に20～42cmのアスファルト層が標準となっている。

ツバイブリュッケン市で建設されている、アスファルト混合物層20cmの標準断面を図-3.11.4に示す。

なお、アスコン下層では再生合材20%、支持層では

再生合材60%を混入している。

3. わが国における廃棄物処理場へのアスファルトしゃ水壁の検討

わが国の産業廃棄物は、廃棄物そのものの発生抑制や再資源化などの積極的な推進によって少しでも発生量を減らす努力が続けられているものの、現状では最終処分に依存していかなければならない状況にある。しかし、産業廃棄物の最終処分場については、環境や水質汚染などの観点から住民による反対運動があり、設置が困難になってきている。

そこで、厚生省では安全な廃棄物最終処分場を建設するために種々の検討が行われ、廃棄物処理法の改正に向けて作業が行われているところである。

最終処分場を建設するにあたっては、「廃棄物最終処分場指針」および地方自治体の条例や要綱に準拠して建設されているが、その中でも今一番注目を集めているのがしゃ水工技術である。

これまでは、施工のし易さ、価格の面などからシート系の材料が多く使われているが、シートが破壊されることによって、浸出水による汚染の問題が社会問題ともなり、対応としてシートを二重にするなどの対策がとられるようになってきているが、根本的な解決とはなっていない。

我々の扱っているアスファルトは、周知のように紀元前から防水用として使用されてきており、完全しゃ水の機能や長期的な構造物としての安定性が認められている。そこでこの技術を利用した廃棄物最終処分場の建設も一部実施されるようになってきているが、わ

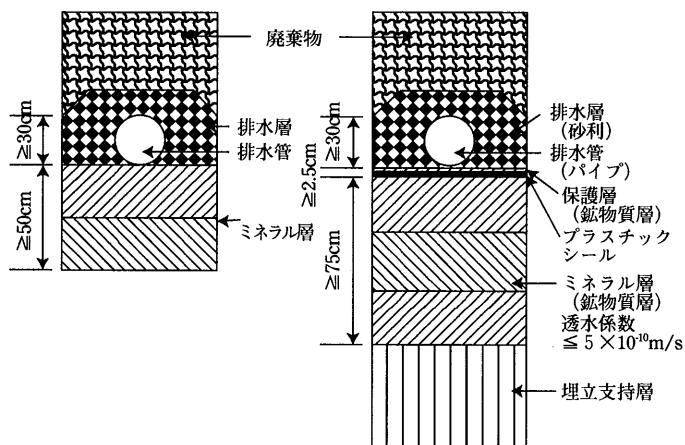


図-3.11.3 しゃ水工底面システム

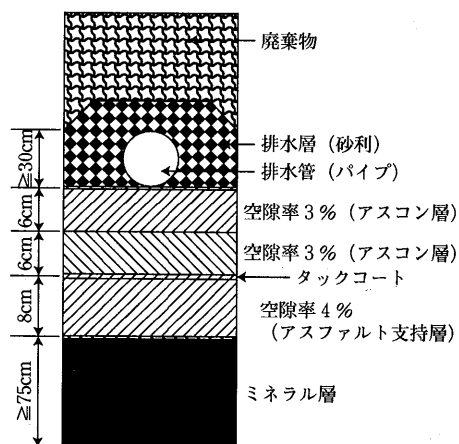


図-3.11.4 しゃ水工底面システム

が国には標準的なガイドラインが無いのが現状である。

そこで、アスファルト協会「廃棄物最終処分場へのアスファルト利用調査委員会」では、平成7年度からわが国や欧米での使用状況調査をおこなった。これらの調査結果から、アスファルトは廃棄物最終処分場の建設材料として十分に利用が可能であり、わが国でも廃棄物最終処分場にアスファルトを利用したしゃ水壁を設置することが、現在問題となっている廃棄物処分場からの環境や水質汚染などの改善に十分役立つものと考えられる。そこで平成8年度には設計施工マニュアルの素案づくりに着手した。

3.1 設計・施工マニュアルの検討

わが国では廃棄物の種類を図-3.11.5に示すように、大きく一般廃棄物と産業廃棄物に分類している。

一般廃棄物としては、近年全国の1年間の総量として5,000万トンを超えており、その量は年間3～4%の割合で増加してきている。一般廃棄物の処理は、地方自治体が責任を持つて行うこととなっており、計画収集が行われているが、その73%が焼却、17%が直接埋立（平成3年）であり、その他は粗大ゴミ、資源化などとなっている。

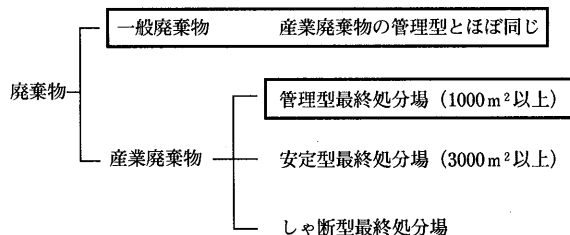


図-3.11.5 処理場の分類

結果として、焼却による灰分などを含み埋立で最終処分されている量は、一般廃棄物の34%となっている。

産業廃棄物は、排出者が責任をもって処理することが義務づけられており、種類ごとに定められた基準に基づいて処分しなければならない。産業廃棄物の発生量は、平成2年度で一般廃棄物の6～7倍の約4億トンに達しており、その量の増大に伴う処理場の不足が顕著となってきており、不法投棄も増加してきている。

このような状況から、マニュアルの対象とする処分場を一般廃棄物を含む管理型最終処分場とし、図-3.11.6に示す検討フローにしたがって検討を行うこととした。

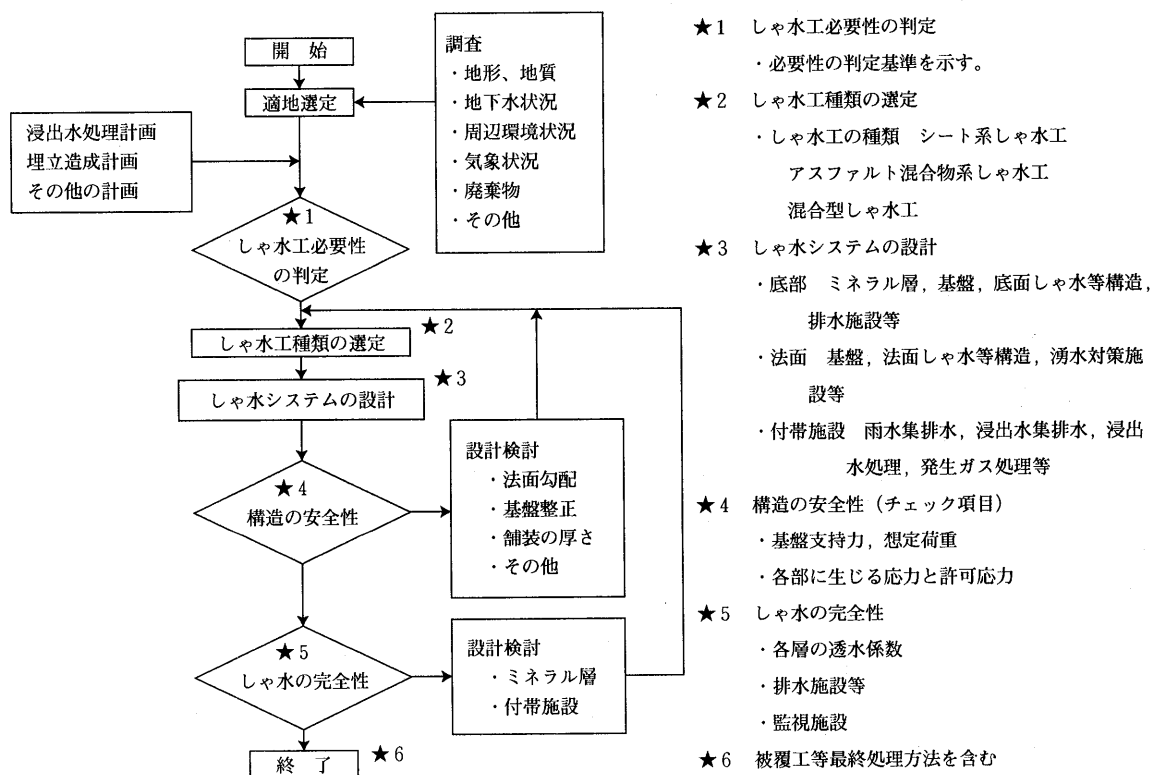


図-3.11.6 廃棄物処理場検討フロー

3.2 マニュアル（舗装部分）の概要

(1) アスファルトしゃ水工の舗装構造

しゃ水工の舗装は、アスファルト混合物層による表層、表面保護層等のしゃ水構造とするが、二重安全思想を取り入れ、シート系防水あるいは粘土層等による透水係数 10^{-7}cm/s 程度のミネラル層を設ける。なお、斜面部はミネラル層は設けず、シート系の防水層を設ける。

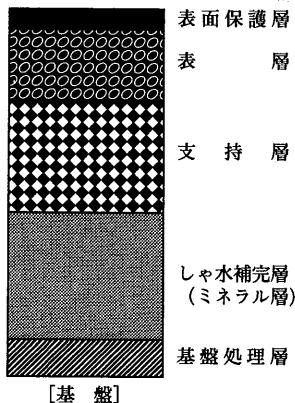


図-3.11.7 シャ水工の底面舗装構造

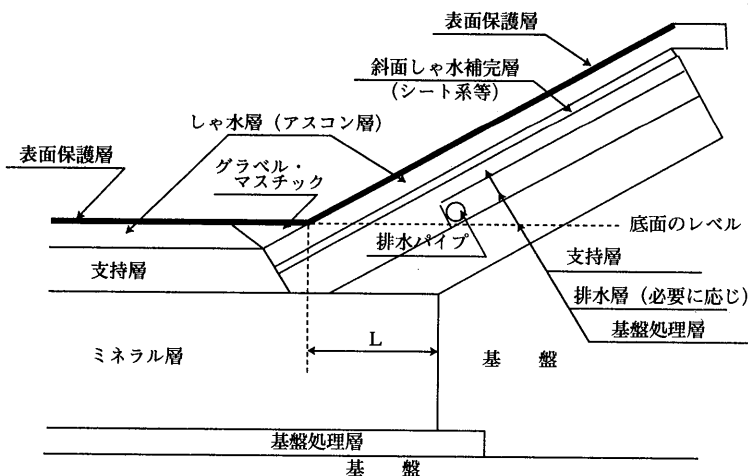


図-3.11.8 シャ水工（斜面部、接合部）舗装構造

(2) 法面勾配に対する安定性

しゃ水工の法面勾配は、力学的に法面が安定していることを前提条件とし、一割五分以下とした。

なお、安定性を確保すべき安定計算式は以下を参考とする。

法面の舗装体の安定性は、舗装体の密度、内部摩擦角、粘着力によって決定されるので、(1)式が成り立つことを確認する。

$$H \cdot \gamma b \cdot \sin \alpha \leq Cc + H \cdot \gamma b \cdot \cos \alpha \cdot \tan \phi \cdots \cdots (1)$$

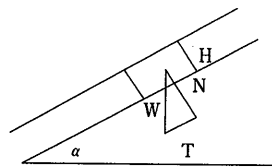
ここに H : 舗装体の厚さ (cm)

α : 法面勾配

γb : 舗装体の密度 (g/cm^3)

ϕ : 舗装体の内部摩擦角

Cc : 有効粘着力 (通常、粘着力 $C \times 1/1000$)



左図において

$$N = H \cdot \gamma b \cdot \cos \alpha$$

$$T = H \cdot \gamma b \cdot \sin \alpha$$

$$W = H \cdot \gamma b$$

図-3.11.9 法面勾配に対する安定厚さ

(3) アスファルト混合物の選定

アスファルト混合物は、しゃ水目的と構造目的がある。しゃ水目的のためには透水係数 10^{-7}cm/s 以下の水密性混合物とする。さらに表面保護層としてしゃ水及び劣化防止の目的で、アスファルトマスティック等を用いる。

構造目的としては、処理される廃棄物の荷重に耐えられる層構造の表面部分を担う強度特性を持つことが必要で、そのための必要な物理試験の基準値に合致するものとする。

4. 今後の検討課題

廃棄物処理場へのアスファルト混合物の適用は、今後の安全な処理場建設に不可欠なものと認識し、今後応用性に富んだマニュアルづくりが急務であるといえる。とくに、法規制の上でも、二重安全思想は必須のものであることから、スイスやドイツで採用されているミネラル層の考え方を、わが国の土質にあわせ、配合方法や層の厚さなど、早急に検討すべき課題は

多い。

さらに処分完了後の処理方法も、欧米で行われているように跡地利用まで考えた一貫性のあるシステムとして、技術的な裏付けを確立する必要がある。今後の調査検討の中で図-3.11.6に示す検討を進めていきたい。

第1章 空 港

八谷好高 運輸省港湾技術研究所 土質部滑走路研究室長

第2章 港 湾

梅野修一 運輸省第三港湾建設局神戸調査設計事務所 技術開発課長

第3章 鉄 道

安藤勝敏 財団法人 鉄道総合技術研究所 軌道技術開発推進部主任技師

第4章 鉄道貨物ヤードにおけるアスファルト舗装設計法について

上浦正樹 北海学園大学工学部 土木工学科教授

阿部長門 東亜道路工業株式会社 技術研究所主任研究員

丸山暉彦 長岡技術大学工学部 建設系教授

第5章 構内舗装・駐車場舗装

古財武久 大成ロテック株式会社 技術研究所副所長

野村健一郎 大成ロテック株式会社 技術研究所第2研究室長

第6章 歩道・自転車道舗装

浜田幸二 日本道路株式会社 技術研究所主任研究員

第7章 スポーツ施設

鈴木 敏 長谷川体育施設株式会社 技術部長

第8章 レース場・テストコースの舗装

斎藤 治 日本舗道株式会社 エンジニアリング部エンジニアリング2課長

第9章 石油タンク基礎における舗装

高橋哲躬 大林道路株式会社 技術企画管理部長

小田芳明 大林道路株式会社 秋田営業所長

第10章 水工アスファルト

加形 護 鹿島道路株式会社 技術部技術課長

淵上 学 鹿島道路株式会社 技術部

三根和人 鹿島道路株式会社 技術部

第11章 廃棄物最終処分場への舗装

稲垣竜興 世紀東急工業株式会社 技術部長

砂利道の歴青路面処理指針（59年版）増刷

第3刷 B5版・64ページ・実費頒価500円（送料実費）

目 次		
1. 総 説	3. 路 盤	5. 維持修繕
1-1 はじめに	3-1 概 説	5-1 概 説
1-2 歴青路面処理の対象 となる道路の条件	3-2 在来砂利層の利用	5-2 維持修繕の手順
	3-3 補強路盤の工法	5-3 巡 回
2. 構造設計	4. 表 層	5-4 維持修繕工法
2-1 概 説	4-1 概 説	付録1. 総合評価別標準設計例一覧
2-2 調 査	4-2 浸透式工法	付録2. 材料の規格
2-3 設計の方法	4-3 常温混合式工法	付録3. 施工法の一例（D-2工法）
2-4 設計例	4-4 加熱混合式工法	付録4. 材料の品質、出来形の確認
2-5 排 水		

〈石油アスファルト需給統計資料〉 その1

石油アスファルト需給実績（総括表）

（単位：千 t）

項 目 年 度	供 給					需 要					
	期初在庫	生 産	対前年 度 比	輸 入	合 計	内 需	対前年 度 比	輸 出	小 計	期末在庫	合 計
61 年 度	215	5,744	(114.2)	0	5,959	5,695	(113.1)	0	5,696	235	5,931
62 年 度	235	5,892	(102.6)	9	6,136	5,862	(102.9)	0	5,862	274	6,136
63 年 度	274	5,904	(100.2)	3	6,181	5,953	(101.6)	1	5,954	219	6,173
元 年 度	219	6,066	(102.7)	1	6,286	5,990	(100.6)	4	5,994	276	6,270
2 年 度	276	6,277	(103.5)	1	6,554	6,205	(103.6)	8	6,213	310	6,523
3 年 度	310	5,973	(95.2)	0	6,282	5,944	(95.8)	19	5,963	313	6,276
4 年度上期	313	2,969	(104.4)	0	3,282	2,893	(101.8)	59	2,952	326	3,278
4 年度下期	326	3,152	(100.7)	1	3,479	3,216	(103.6)	17	3,233	244	3,477
4 年 度	313	6,121	(102.5)	1	6,435	6,109	(102.8)	76	6,185	244	6,429
5 年度上期	244	2,910	(98.0)	1	3,155	2,803	(96.9)	26	2,829	329	3,158
5 年度下期	329	3,209	(101.8)	1	3,539	3,233	(100.5)	79	3,312	238	3,550
5 年 度	244	6,119	(100.0)	2	6,365	6,036	(98.8)	105	6,141	238	6,379
6 年度上期	238	2,954	(101.5)	1	3,193	2,761	(98.5)	60	2,821	377	3,198
6 年度下期	377	3,070	(95.7)	0	3,447	3,073	(95.1)	112	3,185	272	3,457
6 年 度	238	6,024	(98.4)	1	6,263	5,834	(96.7)	172	6,006	272	6,278
7 年度上期	272	2,812	(95.2)	0	3,084	2,620	(94.9)	175	2,795	300	3,095
8. 1 月	263	425	(104.7)	0	688	347	(96.7)	27	374	316	690
2 月	316	465	(112.0)	0	781	436	(103.8)	23	459	323	782
3 月	323	653	(98.8)	0	976	681	(101.6)	26	707	271	978
1～3 月	263	1,543	(104.1)	0	1,806	1,464	(101.0)	76	1,540	271	1,811
7 年度下期	300	3,211	(104.6)	1	3,512	3,077	(100.1)	168	3,245	271	3,516
7 年 度	272	6,023	(100.0)	1	6,296	5,697	(97.7)	343	6,040	271	6,311
8. 4 月	271	564	(97.9)	0	835	496	(103.1)	29	525	311	836
5 月	311	446	(116.4)	0	757	422	(122.3)	19	441	317	758
6 月	317	409	(114.6)	0	726	381	(90.7)	21	402	325	727
4～6 月	271	1,419	(107.9)	0	1,690	1,299	(104.3)	69	1,368	325	1,693
7 月	325	482	(92.7)	0	807	491	(112.9)	22	513	297	810
8 月	297	524	(108.9)	0	821	451	(100.2)	39	490	333	823
9 月	333	518	(104.4)	0	851	493	(100.8)	28	521	338	859
7～9 月	325	1,524	(101.8)	0	1,849	1,435	(104.4)	89	1,524	338	1,862
8 年度上期	271	2,943	(104.6)	0	3,214	2,734	(104.4)	158	2,892	338	3,230
10月	338	493	(92.3)	0	831	518	(101.0)	29	547	284	831
11月	284	559	(98.4)	1	844	527	(97.2)	33	560	287	847
12月	287	548	(96.8)	0	835	519	(93.0)	30	549	289	838
10～12月	338	1,600	(95.9)	1	1,939	1,564	(97.0)	92	1,656	289	1,945
9. 1 月	289	411	(96.7)	0	700	357	(102.9)	10	367	335	702
2 月	335	445	(95.7)	0	780	430	(98.6)	10	440	341	781
3 月	341	673	(103.1)	0	1,014	731	(107.3)	19	750	268	1,018
1～3 月	289	1,529	(99.1)	0	1,818	1,518	(103.7)	39	1,557	268	1,825
8 年度下期	338	3,129	(97.4)	1	3,468	3,082	(100.2)	131	3,213	268	3,481
8 年 度	271	6,072	(100.8)	1	6,344	5,816	(102.1)	289	6,105	268	6,373
9. 4 月	268	551	(97.7)	0	819	428	(86.3)	27	455	365	820
5 月	365	353	(79.1)	0	718	341	(80.8)	22	363	357	720

〔注〕 (1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 9 年 5 月確報
(2) 四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

〈石油アスファルト需給統計資料〉 その2

石油アスファルト内需実績 (品種別明細)

(単位: 千 t)

項 目 年 度	内 需 量						対 前 年 度 比					
	ストレート・アスファルト				ブローン アスフ アルト	合 計	ストレート・アスファルト				ブローン アスフ アルト	合 計
	道路用	工業用	燃焼用	計			道路用	工業用	燃焼用	計		
61 年 度	3,979	241	1,238	5,458	237	5,695	106.4	173.4	135.9	114.0	96.3	113.1
62 年 度	4,252	360	995	5,607	255	5,862	106.9	149.4	80.4	102.7	107.6	102.9
63 年 度	4,307	421	967	5,695	258	5,953	101.3	117.3	97.2	101.6	101.2	101.6
元 年 度	4,360	447	932	5,739	251	5,990	101.2	106.2	96.3	100.8	97.3	100.6
2 年 度	4,416	606	929	5,951	254	6,205	101.3	135.6	99.7	103.7	101.2	103.6
3 年 度	4,317	590	796	5,703	241	5,944	97.8	97.4	85.7	95.8	94.9	95.8
4 年度上期	2,153	253	372	2,778	115	2,893	103.0	94.4	100.0	101.8	103.6	101.8
4 年度下期	2,406	315	369	3,090	126	3,216	108.1	97.5	87.0	103.9	96.9	103.6
4 年 度	4,559	568	741	5,868	241	6,109	105.6	96.3	93.1	102.9	100.0	102.8
5 年度上期	2,022	265	404	2,691	112	2,803	93.9	104.7	108.6	96.9	97.4	96.9
5 年度下期	2,315	336	456	3,107	126	3,233	96.2	106.7	123.6	100.6	100.0	100.5
5 年 度	4,337	601	860	5,798	238	6,036	95.1	105.8	116.1	98.8	98.8	98.8
6 年度上期	1,939	257	455	2,651	110	2,761	95.9	97.0	112.6	98.5	98.2	98.5
6 年度下期	2,190	249	513	2,952	121	3,073	94.6	74.1	112.5	95.0	96.0	95.1
6 年 度	4,129	506	968	5,603	231	5,834	95.2	84.2	112.6	96.6	97.1	96.7
7 年度上期	1,838	212	468	2,518	102	2,620	94.8	82.5	102.9	95.0	92.7	94.9
8. 1 月	202	51	75	328	19	347	99.0	102.0	86.2	96.5	105.6	96.7
2 月	295	42	77	414	22	436	99.3	280.0	86.5	103.2	115.8	103.8
3 月	548	26	85	659	22	681	103.8	70.3	98.8	101.2	115.8	101.6
1～3 月	1,045	119	237	1,401	63	1,464	101.8	115.5	90.5	100.6	110.5	101.0
7 年度下期	2,173	264	510	2,947	130	3,077	99.2	106.0	99.4	99.8	107.4	100.1
7 年 度	4,011	476	978	5,465	232	5,697	97.1	94.1	101.0	97.5	100.4	97.7
8. 4 月	387	13	80	480	16	496	113.5	35.1	93.0	103.4	94.1	103.1
5 月	281	46	76	403	19	422	112.0	657.1	105.6	122.1	126.7	122.3
6 月	253	38	73	364	17	381	83.5	115.2	109.0	90.3	100.0	90.7
4～6 月	921	97	229	1,247	52	1,299	103.0	124.4	101.8	104.2	106.1	104.3
7 月	342	48	83	473	18	491	112.5	98.0	125.8	112.9	112.5	112.9
8 月	297	37	100	434	17	451	97.7	78.7	122.0	100.2	100.0	100.2
9 月	329	49	96	474	19	493	97.6	128.9	101.1	100.9	100.0	100.8
7～9 月	968	134	279	1,381	54	1,435	102.4	100.0	114.8	104.5	103.8	104.4
8 年度上期	1,889	231	508	2,628	106	2,734	102.8	109.0	108.5	104.4	105.0	104.4
10 月	360	53	84	497	21	518	102.0	103.9	96.6	101.2	95.5	101.0
11 月	390	41	76	507	20	527	101.3	93.2	85.4	97.9	83.3	97.2
12 月	361	43	96	500	19	519	92.1	86.0	100.0	92.9	95.0	93.0
10～12 月	1,111	137	256	1,504	60	1,564	98.5	94.5	93.8	97.3	89.6	97.0
9. 1 月	205	41	92	338	19	357	101.5	80.4	122.7	103.0	100.0	102.9
2 月	269	41	100	410	20	430	91.2	97.6	129.9	99.0	90.9	98.6
3 月	570	47	93	710	21	731	104.0	180.8	109.4	107.7	95.5	107.3
1～3 月	1,044	129	285	1,458	60	1,518	99.9	108.4	120.3	104.1	95.2	103.7
8 年度下期	2,155	266	541	2,962	120	3,082	99.2	100.8	106.1	100.5	92.3	100.2
8 年 度	4,044	497	1,049	5,590	226	5,816	100.8	104.4	107.3	102.3	97.4	102.1
9. 4 月	323	14	76	413	15	428	83.5	107.7	95.0	86.0	93.8	86.3
5 月	238	8	79	325	16	341	84.7	17.4	103.9	80.6	84.2	80.8

- 〔注〕 (1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 9 年 5 月確報
(2) 工業用ストレート・アスファルト、燃焼用アスファルト、ブローンアスファルトは日本アスファルト協会調べ。
(3) 道路用ストレート・アスファルト＝内需量合計－(ブ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)
(4) 四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

社団法人 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	(100)	千代田区丸の内3-1-1		03 (3213)	3135
エッソ石油株式会社	(107)	港区赤坂5-3-3		03 (3585)	9438
鹿島石油株式会社	(102)	千代田区紀尾井町3-6		03 (5276)	9556
キグナス石油株式会社	(104)	中央区八重洲2-8-1		03 (3276)	5211
キグナス石油精製株式会社	(150)	渋谷区広尾1-1-39		03 (5778)	5100
九州石油株式会社	(100)	千代田区内幸町2-1-1		03 (5512)	8606
極東石油工業株式会社	(104)	中央区京橋1-8-7		03 (5250)	2681
興亜石油株式会社	(108)	港区芝浦3-4-1		03 (5441)	2516
コスモ石油株式会社	(105)	港区芝浦1-1-1		03 (3798)	3874
三共油化工業株式会社	(105)	港区新橋1-7-11		03 (5568)	6411
株式会社ジャパンエナジー	(105)	港区虎ノ門2-10-1		03 (5573)	6000
昭和シェル石油株式会社	(135)	港区台場2-3-2		03 (5531)	5765
昭和四日市石油株式会社	(510)	四日市市塩浜町1		0593 (45)	2111
西部石油株式会社	(105)	港区西新橋2-1-1		03 (5512)	3417
ゼネラル石油株式会社	(105)	港区海岸1-16-1		03 (5403)	3433
東燃株式会社	(150)	渋谷区広尾1-1-39		03 (5778)	5179
東北石油株式会社	(985)	仙台市宮城野区港5-1-1		022 (363)	1122
日本石油株式会社	(105)	港区西新橋1-3-12		03 (3502)	1111
日本石油精製株式会社	(105)	港区西新橋1-3-12		03 (3502)	1111
富士興産株式会社	(100)	千代田区永田町2-4-3		03 (3580)	3571
富士石油株式会社	(104)	中央区明石町8-1		03 (3547)	0011
三菱石油株式会社	(108)	港区港南1-6-41		03 (3472)	7883
モービル石油株式会社	(100)	千代田区大手町1-7-2		03 (3244)	4691

[ディーラー]

● 北海道

コスモアスファルト(株)北海道支店	(060)	札幌市中央区大通り西10-4	011 (281)	3906	コスモ
東光商事株式会社札幌営業所	(060)	札幌市中央区南大通り西7-2	011 (241)	1561	三石
中西瀝青株式会社札幌営業所	(060)	札幌市中央区北2条西2	011 (231)	2895	日石
株式会社ロード資材	(060)	札幌市中央区北1条西10-1-11	011 (281)	3976	コスモ

社団法人 日本アスファルト協会会員

社 名	住 所	電 話	
● 東北			
株式会社男鹿興業社	(010-05) 男鹿市船川港船川字海岸通り1-18-2	0185 (23) 3293	J O M O
カメイ株式会社	(980) 仙台市青葉区国分町3-1-18	022 (264) 6111	日 石
コスモアスファルト(株)東北支店	(980) 仙台市青葉区中央3-3-3	022 (266) 1101	コ ス モ
正興産業株式会社仙台営業所	(982) 仙台市太白区富沢1-3-31	022 (244) 9586	三 石
竹中産業株式会社新潟営業所	(950) 新潟市東大通1-4-2	025 (246) 2770	昭和シェル
常盤商事株式会社仙台支店	(980) 仙台市青葉区上杉1-8-19	022 (224) 1151	三 石
中西瀝青株式会社仙台営業所	(980) 仙台市青葉区中央2-1-30	022 (223) 4866	日 石
ミヤセキ株式会社	(983) 仙台市宮城野区榴岡2-3-12	022 (257) 1231	三 石
菱油販売株式会社仙台支店	(981) 仙台市青葉区中山4-25-34	022 (277) 6633	三 石
● 関東			
朝日産業株式会社	(103) 中央区日本橋茅場町2-7-9	03 (3669) 7878	コ ス モ
株式会社アスカ	(104) 中央区八丁堀4-11-2	03 (3553) 3001	出 光
伊藤忠商事株式会社	(107) 港区北青山2-5-1	03 (3497) 6548	九 石
伊藤忠燃料株式会社	(153) 目黒区目黒1-24-12	03 (5436) 8211	J O M O
梅本石油株式会社	(162) 新宿区揚場町2-24	03 (3269) 7541	コ ス モ
エムシー・エネルギー株式会社	(100) 千代田区内幸町1-2-2	03 (5251) 0961	三 石
株式会社木畑商会	(104) 中央区八丁堀4-2-2	03 (3552) 3191	J O M O
共立石油株式会社	(107) 港区元赤坂1-7-8	03 (3796) 6640	J O M O
株式会社ケイエム商運	(103) 中央区八重洲1-8-5	03 (3245) 1626	三 石
コスモアスファルト株式会社	(104) 中央区八丁堀3-3-5	03 (3551) 8011	コ ス モ
国光商事株式会社	(164) 中野区東中野1-7-1	03 (3363) 8231	出 光
株式会社澤田商行関東支店	(104) 中央区入船町1-7-2	03 (3551) 7131	コ ス モ
新日本商事株式会社	(170) 豊島区南大塚3-32-10	03 (5391) 4870	昭和シェル
住商石油アスファルト株式会社	(105) 港区浜松町2-3-31	03 (3578) 9521	出 光
竹中産業株式会社	(101) 千代田区鍛冶町1-5-5	03 (3251) 0185	昭和シェル
中央石油株式会社	(160) 新宿区新宿1-14-5	03 (3356) 8061	モービル
株式会社トーアス	(153) 目黒区目黒1-24-12	03 (5436) 8250	J O M O
東京富士興産販売株式会社	(100) 千代田区永田町2-4-2	03 (3591) 3401	富士興産
東光商事株式会社	(104) 中央区京橋2-1-4	03 (3274) 2751	三 石
東新エナジー株式会社	(103) 中央区日本橋2-13-10	03 (3273) 3551	日 石
株式会社トーマン	(107) 港区赤坂2-14-27	03 (3588) 7955	昭和シェル
東洋国際石油株式会社	(104) 中央区八丁堀3-3-5	03 (3555) 8138	コ ス モ
中西瀝青株式会社	(103) 中央区八重洲1-2-1	03 (3272) 3471	日 石
株式会社南部商会	(100) 千代田区丸の内3-4-2	03 (3213) 5871	日 石
日石丸紅株式会社	(105) 港区西新橋2-4-2	03 (5251) 0777	日 石
日東商事株式会社	(170) 豊島区巣鴨4-22-23	03 (3915) 7151	昭和シェル
日東石油株式会社	(104) 中央区八丁堀1-11-3	03 (3551) 6101	昭和シェル
パシフィック石油商事株式会社	(103) 中央区日本橋蛸殻町1-17-2	03 (3661) 4951	モービル
富士興産アスファルト株式会社	(100) 千代田区永田町2-4-2	03 (3580) 5211	富士興産

社団法人 日本アスファルト協会会員

社 名	住 所	電 話	
富 士 鉱 油 株 式 会 社	(105) 港区新橋4-26-5	03 (3432) 2891	コ ス モ
富士油業株式会社東京支店	(106) 港区西麻布1-8-7	03 (3478) 3501	富 士 興 産
丸 紅 エ ネ ル ギ ー 株 式 会 社	(101) 千代田区神田駿河台2-2	03 (3293) 4171	モ ー ビ ル
三 井 石 油 株 式 会 社	(164) 中野区本町1-32-2	03 (5334) 0730	極 東 石 油
ユ ニ 石 油 株 式 会 社	(107) 港区元赤坂1-7-8	03 (3796) 6616	昭 和 シェ ル
菱 油 販 売 株 式 会 社	(182) 調布市布田4-6-1	0424 (41) 7611	三 石
瀝 青 販 売 株 式 会 社	(103) 中央区日本橋2-16-3	03 (3271) 7691	出 光

● 中部

コスモアスファルト(株)中部支店	(460) 名古屋市中区錦2-14-21	052 (223) 0711	コ ス モ
株 式 会 社 澤 田 商 行	(454) 名古屋市中川区富川町1-1	052 (353) 5111	コ ス モ
静 岡 鉱 油 株 式 会 社	(424) 清水市袖師町1575	0543 (66) 1195	モ ー ビ ル
竹中産業株式会社福井営業所	(918) 福井市花堂南1-11-29	0766 (33) 0001	昭 和 シェ ル
株 式 会 社 田 中 石 油 店	(910) 福井市毛矢2-9-1	0776 (35) 1721	昭 和 シェ ル
富 安 産 業 株 式 会 社	(939) 富山市若竹町3-74-4	0764 (29) 2298	昭 和 シェ ル
中西瀝青株式会社名古屋営業所	(460) 名古屋市中区新栄2-2-1	052 (241) 0175	日 石
松 村 物 産 株 式 会 社	(920) 金沢市広岡2-1-27	0762 (21) 6121	三 石
丸 福 石 油 産 業 株 式 会 社	(933) 高岡市美幸町2-1-28	0766 (22) 2860	昭 和 シェ ル

● 近畿

赤馬アスファルト工業株式会社	(531) 大阪市北区中津3-10-4	06 (374) 2271	モ ー ビ ル
大阪アスファルト株式会社	(531) 大阪市北区中津1-11-11	06 (372) 0031	出 光
木曾通産株式会社大阪支店	(530) 大阪市北区西天満3-4-5	06 (364) 7212	コ ス モ
共 和 産 業 株 式 会 社	(700) 岡山市富田町2-10-4	0862 (33) 1500	J O M O
コスモアスファルト(株)関西支店	(550) 大阪市西区西本町2-5-28	06 (538) 2731	コ ス モ
コスモアスファルト(株)中国支店	(730) 広島市中区銀山町3-1	0822 (44) 6262	コ ス モ
三 徳 商 事 株 式 会 社	(532) 大阪市淀川区新高4-1-3	06 (394) 1551	昭 和 シェ ル
昭 和 瀝 青 工 業 株 式 会 社	(670) 姫路市北条口4-26	0792 (26) 2611	J O M O
信 和 興 業 株 式 会 社	(700) 岡山市西古松363-4	0862 (41) 3691	三 石
スーパーストロングインターナショナル(株)	(532) 大阪市淀川区西中島2-11-30	06 (303) 5510	昭 和 シェ ル
正 興 産 業 株 式 会 社	(650) 神戸市中央区海岸通り6	078 (322) 3301	三 石
中国富士アスファルト株式会社	(711) 倉敷市児島味野浜の宮4051-12	0864 (73) 0350	富 士 興 産
千 代 田 瀝 青 株 式 会 社	(530) 大阪市北区東天満2-10-17	06 (358) 5531	三 石
ド ー ロ 商 事 株 式 会 社	(542) 大阪市中央区東心斎橋筋1-3-11	06 (252) 5856	富 士 興 産
中西瀝青株式会社大阪営業所	(530) 大阪市北区西天満3-13-3	06 (316) 0312	日 石
株 式 会 社 ナ カ ム ラ	(670) 姫路市国府寺町72	0792 (85) 2551	J O M O
富士アスファルト販売株式会社	(550) 大阪市西区京町堀2-3-19	06 (441) 5195	富 士 興 産
富 士 商 株 式 会 社	(756) 小野田市稲荷町6539	0836 (83) 3210	昭 和 シェ ル
株 式 会 社 松 宮 物 産	(522) 彦根市幸町32	0749 (23) 1608	昭 和 シェ ル
丸 和 鉱 油 株 式 会 社	(532) 大阪市淀川区塚本2-14-17	06 (301) 8073	コ ス モ
横田瀝青興業株式会社	(672) 姫路市飾磨区南細江995	0792 (33) 0555	J O M O
株 式 会 社 菱 芳 砒 産	(672-11) 姫路市広畑区西夢前台7-140	0792 (39) 1344	J O M O

社団法人 日本アスファルト協会会員

社 名	住 所	電 話
● 四国・九州		
伊藤忠燃料株式会社九州支社	(812) 福岡市博多区博多駅前3-2-8	092 (471) 3851 J O M O
今別府産業株式会社	(890) 鹿児島市新栄町15-7	0992 (56) 4111 J O M O
株式会社カンダ	(892) 鹿児島市住吉町1-3	0992 (24) 5111 昭和シェル
株式会社九菱	(805) 北九州市八幡東区山王1-17-11	093 (661) 4868 三 石
コスモアスファルト(株)九州支店	(810) 福岡市中央区大名2-4-30	092 (771) 7436 コ ス モ
三協商事株式会社	(770) 徳島市万代町5-8	0886 (53) 5131 富士興産
サンヨウ株式会社	(815) 福岡市南区玉川町4-30	092 (541) 7615 富士興産
中西澀青株式会社福岡営業所	(810) 福岡市中央区天神4-1-18	092 (771) 6881 日 石
西岡商事株式会社	(764) 仲多度郡多度津町家中3-1	0877 (33) 1001 三 石
畑 礦 油 株 式 会 社	(804) 北九州市戸畑区牧山新町1-40	093 (871) 3625 コ ス モ
平和石油株式会社高松支店	(760) 高松市番町5-6-26	0878 (31) 7255 昭和シェル
丸 菱 株 式 会 社	(812) 福岡市博多区博多駅前4-3-22	092 (431) 7561 昭和シェル

編集顧問

多田 宏 行
藤 井 治 芳
松 野 三 朗

編集委員

委 員 長 : 河 野 宏	副 委 員 長 : 真 柴 和 昌
阿 部 忠 行	今 井 博 文
荒 井 孝 雄	菅 野 善 朗
安 崎 裕	栗 谷 川 裕 造
池 田 拓 哉	小 島 逸 平
	七 五 三 野 茂
	鈴 木 明 憲
	田 井 文 夫
	野 村 敏 明
	半 野 久 光
	姫 野 賢 治
	室 賀 五 郎
	森 永 教 夫

アスファルト 第193号

平成9年10月発行

社団法人 日本アスファルト協会

☎105 東京都港区虎ノ門1-21-8 TEL 03-3502-3956

本誌広告一手取扱 株式会社 廣業社

☎104 東京都中央区銀座8-2-9 TEL 03-3571-0997 (代)

印刷所 キュービシステム株式会社

☎107 東京都港区赤坂1-9-13 TEL 03-3224-1251 (代)

Vol.40 No.193 OCTOBER 1997

Published by **THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION**