

# アスファルト

第16巻 第89号 昭和48年2月発行

ASPHALT

89

社団法人 日本アスファルト協会

# ASPHALT

第 89 号

## 目 次

☆特集・港湾 空港 鉄道へのアスファルト利用☆

港湾水工部門における

アスファルトの利用について ..... 田中 則男 2

空港舗装とアスファルト ..... 森口 拓 9

軌道建設における

アスファルトの利用について ..... W. VISSER 16

有料道路の概況について

..... 藤井 治芳 22

### 読者の皆様へ

“アスファルト” 第89号、只今お手許にお届け申し上げました。

本誌は当協会がアスファルトの品質改善を目指して需要家筋の皆様と生産者側との技術の交流を果し、より一層優れたアスファルトをもって、皆様方の御便宜を図ろうと考え、発行致しているものであります。

本誌が皆様の需要面における有力な参考資料となることを祈りつつ今後の御愛読をお願い致します。

社団法人 日本アスファルト協会

会長 石渡 健二

〒105 東京都港区芝西久保明舟町12 和孝第10ビル  
TEL 03-502-3956

### ☆編集委員☆

(50音順)	多田 宏行
石動谷英二	南雲 貞夫
印田 俊彦	藤井 治芳
牛尾 俊介	原 薫哉
加藤兼次郎	真柴 和昌
木畑 清	増永 緑
高見 博	松野 三朗

本誌広告一手取扱

株式会社 広業社

東京都中央区銀座8の2の9

TEL 東京(571) 0997(代)

# ASPHALT

Vol. 16 No. 89

FEBRUARY 1973

Published by THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION

# 港湾水工部門における アスファルトの利用について

田中 則男\*

## 1. はしがき

港湾技術の重要な特質の一つは、「海を対象とした技術」であるということになる。海は技術者の立場からみると「巨大なエネルギー」をもつ波と、時々刻々、止まることのない「海面と海底面の変化」としてとらえられている。したがって、あらゆる素材がこのような海に順応した形で用いられるとき、初めて「港湾技術の中に取り入れられた」と言い得るのである。本稿がことさらに「港湾水工部門」と題意を限定したのは、海を相手とした港湾技術が、港湾水工部門にこそ色濃く見出し得るからである。

わが国の港湾水工部門におけるアスファルトの利用は昭和30年以降に始まっているが、以来15年余の間に定着した工法としては次のようなものがある。

- イ) 防波堤などのように重量で波力に耐えようとする構造物において、静止摩擦係数を増大させるためにアスファルトを用い、これによって重量の軽減を図ろうとするもの。
- ロ) 単独では波力に耐え得る重量を有しない石材などを、アスファルトによって接着一体化して安定度を高めようとするもの。
- ハ) マット状にアスファルトを整形し、これによって砂面を被覆して、波や流れによって海底砂が移動し

構造物の基礎の安定が脅かされることを防ごうとするもの。

本稿においては、これらの工法について各々その詳細と現状における問題点を紹介し、あわせて今後のアスファルト利用の可能性について言及したい。

## 2. 摩擦抵抗の増加を目的とした利用

(摩擦マット工法)

### 2-1 防波堤の安定に係る摩擦抵抗の意味

例えば、防波堤の滑動(防波堤が波力に押されて滑り移動すること)に対する安定を考える場合には、図-1に示すような力が防波堤に作用するものとして、次の条件が満たされねばならない。

$$\int_0^h pdh \leq S_f \cdot F_f \quad \dots \dots (1)$$

(波力の合力) (安全率)・(摩擦抵抗力)

この式で摩擦抵抗力  $F_f$  は次式で表わされる。

$$F_f = \mu \left( W - p_f \cdot B - \frac{p_u \cdot B}{2} \right) \quad \dots \dots (2)$$

(重量)(浮力) (揚圧力)

式(2)中の  $\mu$  が「静止摩擦係数」であり、この値が大きいほど防波堤の波力に対する安定性は増すことになり、逆に言えば一定波力に対抗し得る防波堤の堤体幅は、より狭くてよいことになる。

いま波が碎波状態で防波堤に作用するときには、

$$p = 1.5w_0 \cdot H \quad \dots \dots (3)$$

w : 海水の単位体積重量 ( $ton/m^3$ )

H : 波高 (m)

であるから、これを(1), (2)式に代入し所要堤体幅を求めると、次式のようになる。

$$B \geq \frac{1.5w_0 \cdot H}{S_f \cdot \mu (h \cdot w_s - p_f - p_u / 2)} \quad \dots \dots (4)$$

ただし  $W = B \cdot h \cdot w_s$

$w_s$  : 堤体の単位体積重量

### 2-2 摩擦抵抗係数の値

防波堤の設計において採用する摩擦係数の値は、港湾構造物設計基準<sup>1)</sup>によると、

(同基準第2編 第13章)

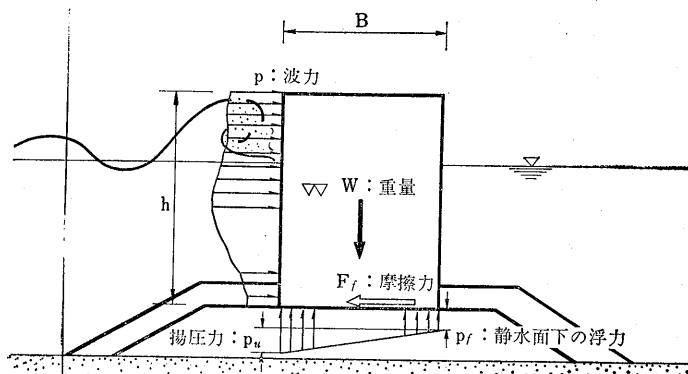


図-1 防波堤に作用する力

\* 運輸省港湾技術研究所水工部漂砂研究室長

コンクリートとコンクリートの間で	0.5
コンクリートと岩盤の間で	0.5
コンクリートと捨石の間で	0.6
捨石と捨石の間で	0.8

と規定されている。(しかし、当然これらの値は各種条件によりバラ付くものであるが)

これに対してアスファルトの摩擦係数は、加川らの実験結果<sup>2)</sup>によれば、アスファルトの種類・配合・温度・載荷重および載荷時間、摩擦面の粗度などの因子の影響を受けて変化することが明らかにされているが、設計採用値としては、

コンクリートとアスファルト面の間で 0.7~0.8

の値が採用されることが多い。アスファルトと捨石の間では、これ以上の値となる。したがってアスファルトマットの使用によって、防波堤の堤体幅を15~25%減少させることができ、例えば所用堤体幅が15mの防波堤は、アスファルトマットの使用によって、13~11.5mにすることが可能になる。断面形状によって相当異なるが、堤体幅の減少率の5割から3割が、防波堤建設単価の軽減となるのが普通であるから、アスファルトマットの利用によって、防波堤建設費の5~10%の軽減が図り得ることとなる。

### 2-3 摩擦マット工法の施工と採用例

摩擦マットの製作には、

- マットを単独に施工し敷設した後、ケーソンなどの堤体を設置する場合
- マットをケーソンやブロックを一体として製作する場合

とがある。前者は当然施工工程が煩雑になるし、マットと捨石あるいは堤体とのなじみに時間を要する。

したがって、一般的には後者の施工法が採られる。この場合、図-2のようにアスファルトと堤体との連結が施される。摩擦マットは、堤体底面全面に設けられ、8cm程度の厚さとされることが多い。摩擦マットの使用例としては、

和歌山港有田防波堤

姫路港妻鹿防波堤

直江津港西防波堤

姫川港西防波堤

など多数あるが、そのうち有田防波堤<sup>3)</sup>の標準断面を示すと図-3のとおりである。

### 3. 捨石の接着一体化を目的としたアスファルトの利用

#### 3-1 捨石などの波力に対する安定

捨石など塊状材料の波力に対する安定性は、次に示す

図-2 アスファルトマットと堤体の連結

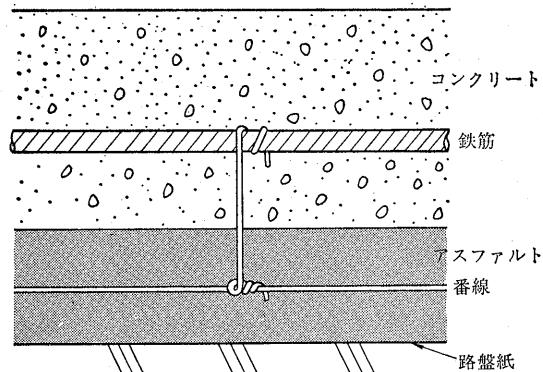
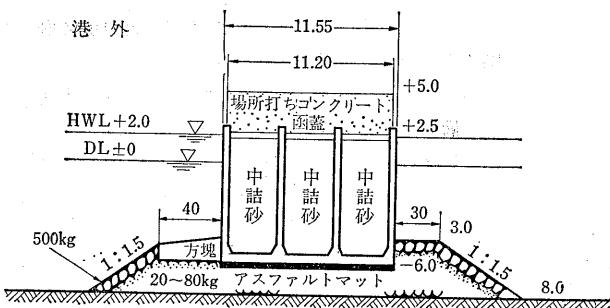


図-3 有田港防波堤標準断面図(加川による)<sup>2)</sup>



Hudson 公式によって検討されている。

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (s_r - 1)^3 \cot \alpha} \quad \dots \dots (5)$$

ここに  $W$ : 石材の安定重量 (ton)

$\gamma_r$ : 石材の空中单位体積重量 (ton/m<sup>3</sup>)

$s_r = \gamma_r / \gamma_w$

$\gamma_w$ : 海水の单位体積重量 (ton/m<sup>3</sup>)

$\alpha$ : 捨石面が水平面となす角

$H$ : 波高 (m)

$K_D$ : 係数、素材の形状で異なる。

このように、捨石などは各々が単体として波力を受けることになっているから、波高に応じた重量以上の捨石でないと波力に抗し得ないことになる。石の場合、 $K_D = 2.8$ ,  $\gamma_r = 2.65$ であるから、通常の勾配(1:3)で積み上げられた捨石堤であれば、波力を直接受ける表面の部分は、

波高 1 m のとき 80kg以上

2 m のとき 650kg以上

3 m のとき 2.1 ton以上

5 m のとき 10 ton以上

の重量をもつ材料で被覆されることが必要である。

#### 3-2 アスファルトによる接着一体化の意味

捨石の空隙中にアスファルトを流し込むと、アスファ

ルトが捨石を包み込むことになり、捨石相互が接着され表面の比較的なめらかな層が形成される。これによって捨石は単体として波力に抗する重量をもつ必要がなくなり、アスファルトで固められた層全体として波力に耐えればよいことになる。

実験結果によれば<sup>4)</sup>、アスファルトで固められた捨石堤の破壊過程は図-4のとおりである。すなわち、

- 引き波のとき、マスチック層が揚圧力によって浮き上がる。
- これによって空隙を生じ、次の衝撃波によって割石がアスファルト層から抜け落ちる。
- くり返し衝撃波を受ける部分（静水面より多少深い所）が沈下し、法下部分が盛り上る。
- ついにはマスチック層に亀裂を生じ、部分的に剥離する。

したがってアスファルトによる固結層の破壊を防止するためには、層の浮き上りを防止すれば良いことになるから、安定条件は次式で示される。

$$w_a \geq k \cdot p \quad \dots \dots (6)$$

$w_a$  : マスチック層、単位面積当たり重量（空中）  
(ton/m<sup>2</sup>)

k : 係数

p : 単位面積当たりの揚圧力  
(ton/m<sup>2</sup>)

揚圧力  $p_a$  は実験結果より波高に比例するから<sup>5)</sup> (6)式は

$$w_a \geq K r_w H \quad \dots \dots (7)$$

ただし、K : 定数

r : 海水の単位体積重量

H : 波高

の形で書き替えられ、加川らによる実験では<sup>6)</sup>、Kはほぼ0.3であった。（図-5 参照）

### 3-3 アスファルトで接着固定する工法の二次的な意味

アスファルトによって捨石等を接着固定する工法は、

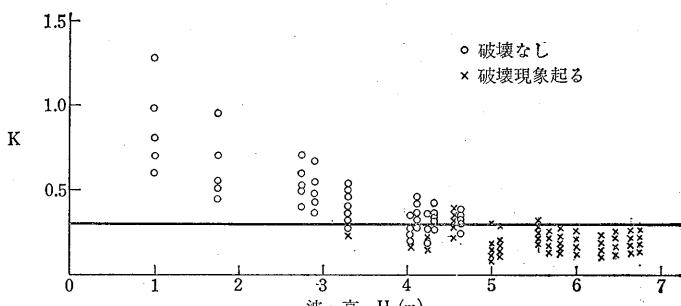
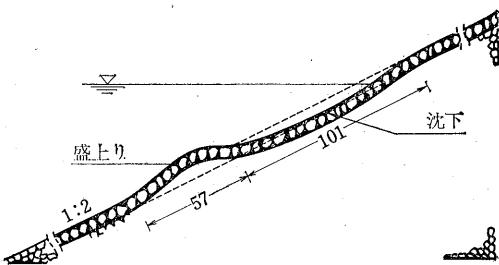


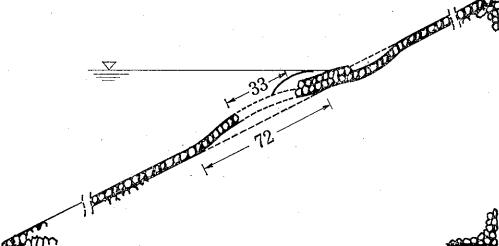
図-5 Kの値（加川による）<sup>4)</sup>

図-4 マスチック層の破壊過程（加川による）<sup>4)</sup>

破壊現象断面図（沈下と盛上り）2-P (900~600)



破壊現象断面図（きれつ破壊）1-C (400~200)



捨石重量の軽減という本来の目的のほかに、港湾泊地の埋没防止にも用いられる場合がある。

捨石堤は本来透水性が高いので、防波堤の捨石の間を抜けて砂が港内に侵入し、泊地に堆積しやすい欠点がある。このような場合に、捨石堤表面にアスファルト層を形成することによって、防波堤を透過する漂砂を有効に阻止することができる。一例として鹿島港の南北防波堤基部の捨石部は、捨石を通透する漂砂が激しく、このために作業船船溜は年々埋没に苦しめられていたが、港内外面にアスファルトを注入することによって、この埋没を有効に防止することができた。

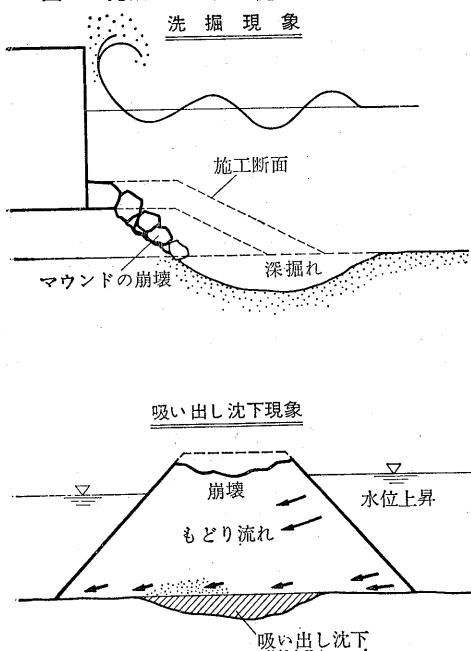
### 4. 構造物の脚部の波や流れによる洗掘および吸い出し沈下の防止を目的とした利用

#### 4-1 洗掘や沈下の現象

防波堤などに波が作用することによって、その前面の海底砂が局部的に移動しやすくなり、防波堤等の脚部が深掘れする現象が「洗掘」であり防波堤などで区分された二つの水域の水位差によって、捨石中の強い流れが生じ、堤体下面の砂が流失する現象が「吸い出し」である（図-6 参照）。これらの洗掘および吸い出し沈下は、港湾あるいは海岸構造物災害原因の中でも最も高い率を示している。

図-7に新潟東港西防波堤の洗掘災害事例<sup>7)</sup>を示した。このような洗掘、吸い出しは、荒天が終り穏やかな海況が回復すると、自然の

図-6 洗掘と吸い出し沈下



力で埋戻される場合が多く、埋戻されない場合でも深掘れのまま安定した地形に落着く場合が多い。

#### 4-2 アスファルトマットによる洗掘および吸い出し沈下の防止

防波堤等の底面および前面の砂面をアスファルトマットで被覆して吸い出しを防止し、あるいは洗掘の影響が堤体に及ぶのを防止しようとするのがこの工法である。

図-8に示しているように、この工法では、砂面に順応して行くアスファルトの可撓性が巧みに利用されているが、この工法が成功するためには、マットが波に巻き上げられないだけの重さと、波力やマット上の荷重に耐え得る強度を有することが前提条件となる。

#### 4-3 アスファルトマット施工

図-9にアスファルトマットの構造および敷設状況図を示した<sup>8)</sup>。マット厚は5cmがほとんどで、一枚の大きさは5~6m×10~12m程度である。最近では補強用ミニラロープ網のかわりにガラス繊維テープ網などが用いられ、強度の増加が図られている。敷設はクレーン船による釣込方式が一般的であるが、マットの釣込み時の損傷を少なくするため、最近では特殊枠を用いて両端釣られる場合もある。

#### 4-4 アスファルトマットの敷設設計

アスファルトの敷設において重要なことは、①マット

図-7 新潟港湾屈曲部における防波堤被害の例  
(和田らによる)<sup>7)</sup>

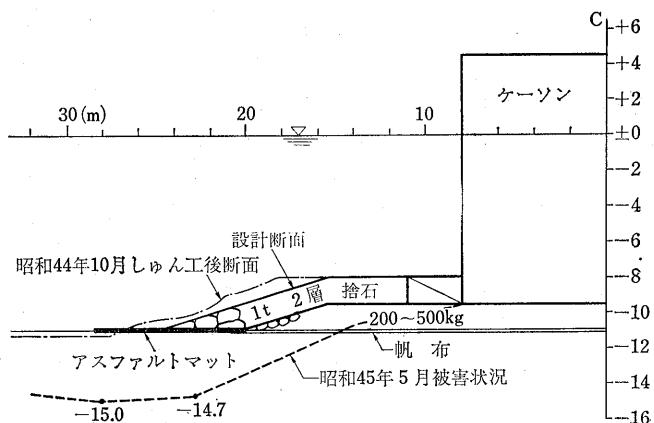
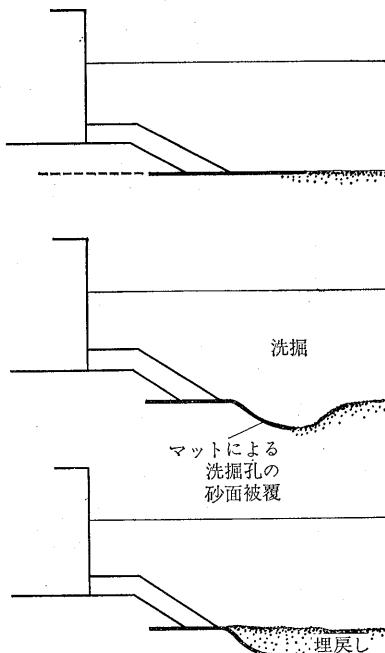


図-8 アスファルト・マットの洗掘防止効果



をすき間なく敷き並べること。②予想される洗掘に見合った長さだけ、防波堤マウンドの先端からはね出すことである。このような敷設寸法は、波浪条件によって相当広範に異なるが、日本海のように高波が長時間続く海域では、標準的に次のような値がとられている。

- a. マットのはね出し長さ

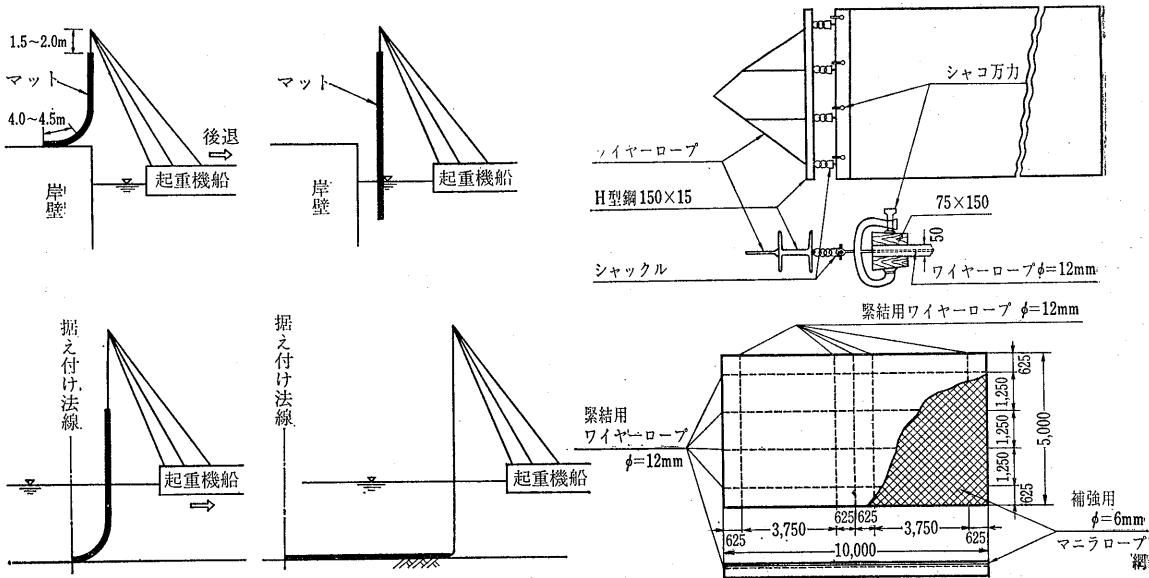
港外側 5m以下

港内側 3m以下

- b. マットと帆布の重ねしろ 1.5m

- c. マットとマットの重ねしろ 0.5m

図-9 アスファルトマットの敷設（第一港湾建設局による）<sup>8)</sup>



ここで、マットのはね出し長さを制限しているのは、はね出しが長すぎると波浪による損傷を受け、かえって効果を減ずるという配慮のためである。

## 5. アスファルト利用工法のもつ問題点

## 5-1 アスファルトの耐久性

運輸省第一港湾建設局<sup>9)</sup>において昭和37年7月、アスファルトマット（図一9に示すもの）20枚を製作し、ケーソンの仮置場の基礎として使用した（砂面にマットを敷き、その上にケーソンを仮置した）。その後40年12月（3年後）、41年12月（4年後）、42年8月（5年後）、43年12月（6年後）の4回にわたり、これらマットの引き上げ調査を実施している。この試験マットの配合は、

次のとおりである。構造は図-9に示すとおりである。

アスファルト 12±1%

ダスト  $22 \pm 2\%$  { 石粉のうち #200 フルイ通

砂 31±3% (過分のみ)

碎石 35±5% 5%通過 2.5%留り

使用アスファルトはストレートアスファルトで諸特性は次のとおりである。

針入度	25°100g	5 sec	—	42
軟化点	(T R B)°C	—	—	59.7
針入度指数	(P I)	—	—	+0.6
引火点	°C	—	—	273
伸度	(25°C) cm	—	—	65

引上げ調査の結果は、以下のとおり要約される。

- a. 第1回引上げ（昭和40年12月、3年目）  
敷設状態での観察および、断片の観察でも損傷・変質は認められず、マニラロープ、ワイヤー共に健在。
  - b. 第2回引上げ（昭和41年12月、4年目）  
前回同様、外観および断片観察の結果、損傷・変質はまったくない。ただし引上げを試みた結果は、数カ所に亀裂を生じた。

c. 第3回引上げ（昭和42年8月、5年目）  
敷設状態のまま、浅いわざかな亀甲状亀裂を認め、引き上げての観察では、麻綱の目にそって亀裂が見られた。マットとワイヤーの接着は悪く、分離してワイヤーが浮き出している箇所もあった。麻綱は外観上の変質は認められないが、簡単に引きあがり得る

物理試験の結果、切断試験片と再溶解試験片の間に

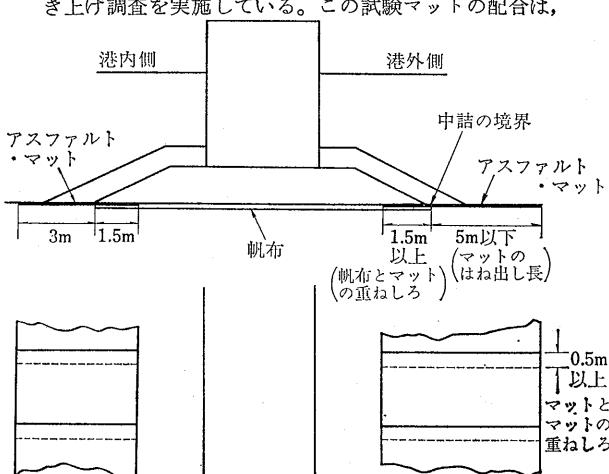


図-10 マットの敷設設計法

曲げ強度で10%弱の強度差があり切断片が小さい。針入度は配合設計時42に比べ、37~38に低下した。

d. 第4回引上げ（昭和43年12月、6年目）

敷設状態で1~1.5m毎に1m幅の亀裂が生じ、多数の亀甲状の亀裂があった。引上げを試みたが、数箇の切片がワイヤーに付着していたのみで、引上げ不可能であった。回収片の観察では麻網・ワイヤーとも亀裂箇所で腐蝕している。

このように年月の経過と共に、マットの材質の劣化が明らかに認められ、耐用年数の長い港湾構造物の部材として用いる上での不安が残っている。

## 5-2 砂浜上の捨石堤のアスファルトによる固結工法の問題点

アスファルトによって捨石の表層を固結すると、図-11に示すように、内部の未固結部分が沈下しても表層のみがアーチアクションのような現象によって残り、何かの衝撃で急激に落下崩壊する場合がある。このように砂浜上の捨石等の安定性は、石の重量の問題と共に砂面の安定の問題を含んでいる。したがって、石の重量の問題を解決したのみでは問題の解決にはならず、この場合のように石の重量の問題解決への努力が空に帰する場合もある。

## 5-3 アスファルトの洗掘防止効果の限界

図-7の新潟東港の西防波堤の例に示すように、アス

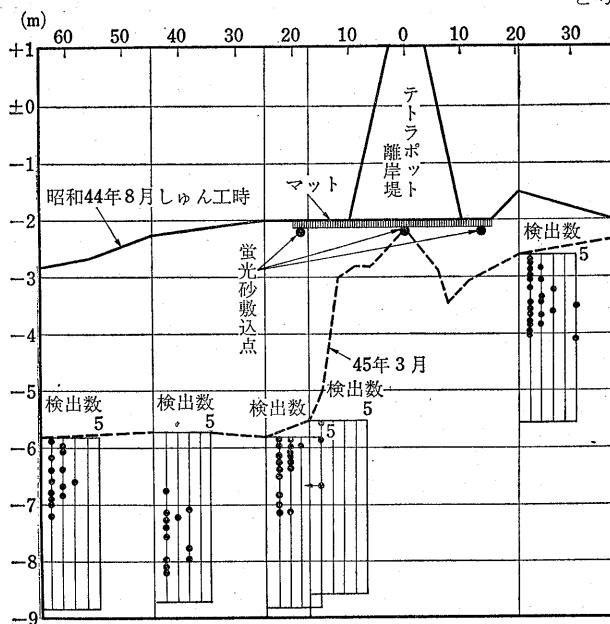
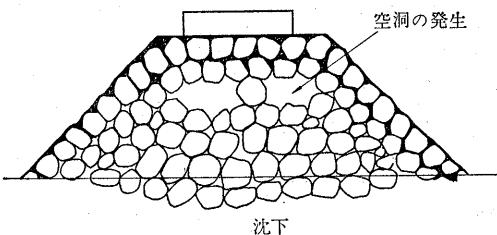


図-12 新潟東海岸における離岸堤沈下の例  
(運輸省第一港湾建設局資料<sup>10)</sup>による)

図-11 アスファルト固結捨石堤の  
吸い出し沈下による破壊



ファルトマットの洗掘防止効果には限界がある。図-12は、新潟東海岸離岸堤の沈下状況<sup>10)</sup>を示している。この例でも洗掘沈下量は4m近くに及んでいる。事後調査によれば、マット張出し部は切断流出したものと考えられテトラポット下部のマットはテトラポットの脚のめり込みで、破断し、また重ね合せ部がめくれて、それらの空隙が堤体の沈下を促した気配もある。

このように、きわめて高い波に対しては、マットの重量が不足し波でおられ、またアスファルトがめり込むような荷重に対して弱いという欠点のために、波の荒い外海では、十分に予期した効果を発揮し得ないことが多い。

## 7. 今後におけるアスファルト利用の新しい可能性

以上、現時点におけるアスファルトの利用状況と問題点について概述したが、最後に今後開発の可能性をもつと考えられるアスファルトの利用について述べたい。近

い将来に起るアスファルトの港湾水工部門における利用の第一の主題は「海底砂斜面の被覆」であろう。被覆を要する砂斜面は、図-13に示すように、

- a) 航路法面および底面の被覆
- b) 防波堤砂マウンド法面の被覆
- c) 軟弱地盤における埋立法面の被覆

等の形態が考えられる。

近年航路水深は、年と共に増大し、近い将来-25m程度までは達し得る形勢である。また航路幅の増大とも相まって、在来浅い水深に深い航路を開削することが必要となり、航路法面の延長、高低差が増大していく傾向にある。したがって法面の安定化の要求は強まるものと思われる。また航路の開削条件も悪化の傾向にあり、瀬戸内海航路のように、

高低差が5m以上もある波形地形の生ずる（サンドウエーブという）海底地変形化の激しい地域を通過せざるを得なくなっている。このような意味でも航路被覆の要求は高まるものと考える。

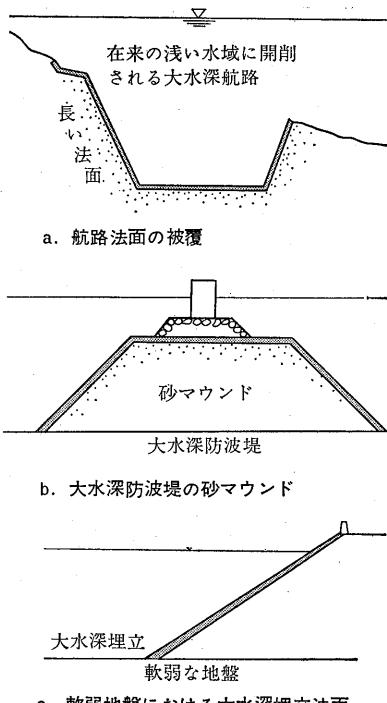
この1～2年、わが国の港湾の安全性の高度化が図られ、このため防波堤計画延長は各港とも大幅に延び、防波堤建設箇所の最大水深が10m近く増加し、先端部の水深が-25m以上にも達する港が生じている。このように防波堤設置水深の増大と石材の供給の枯渇、潜水作業の限界（ヘルメット方式での作業可能水深は-15m～-20mといわれる）。材料輸送の問題、さらには設計上の諸問題がおのずと砂マウンド築造という発想に繋がってくる。そして砂マウンド築造のキーポイントは、その法面の安定にある。

軟弱地盤地域にあっては、壁高の高い鉛直壁をもうけることが地盤の安定上困難である。したがって緩斜面の埋立ての必要が生じる。特に近年、海岸汚染問題の深刻化によって、軟弱層を除去し、良質砂と置き替えることが困難な海域が増加しつつあり、このような要求が加速されるものと思われる。

#### 参考文献

- (1) 日本港湾協会：港湾構造物設計基準
- (2) 加川道男：重力式構造物の摩擦抵抗の増大について 第11回海岸工学講演会講演集 1964 p.217
- (3) 同上
- (4) 加川道男：サンド・マスチック注入の捨石の安定に関する実験的研究 第12回海岸工学講演会講演集 1965 p.251
- (5) 加川道男・中丸博信：サンドマスチック堤の揚圧力について 第12回海岸工学講演会講演集 1965 p.243
- (6) (4)に同じ
- (7) 和出善吉・西村一夫・榎井康裕：防波堤周辺の洗掘および海岸の欠壊について 第17回海岸工学講演会論文集 1970 p.311
- (8) 運輸省第一港湾建設局：マスチックマットの材質変化について（第一報）1968
- (9) 同上
- (10) 運輸省第一港湾建設局：新潟海岸調査報告書（東海岸における離岸堤調査）第9集 1971

図-13 将来アスファルト利用の可能性を有する工種



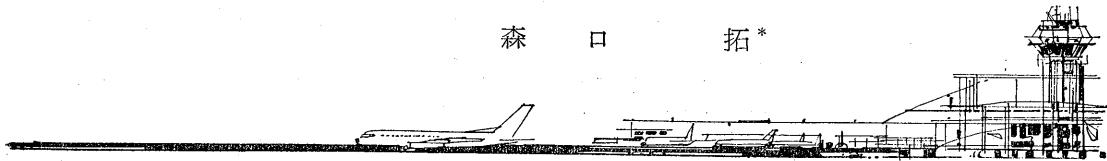
本会需要開発委員会では、広範囲にわたるアスファルトの利用開発の調査研究を行なっているが、その事業の一環として、独自に勉強会を設け、委員会としての今後の事業の方向づけに役立てている。

本号掲載の田中則男氏「港湾水工部門におけるアスファルトの利用について」森口拓氏の「空港舗装とアスファルト」は昨年12月本委員会が運輸省港湾技術研究所を訪問し、同所のすぐれた諸施設を見学、田中・森口両氏より講議していただいた内容を改めてご執筆願ったものである。

第86号（昨年8月発刊号）に掲載の  
関野直氏「国鉄におけるアスファルトの利用について」も同様に本委員会の勉強会に講議していただいた内容を執筆していただいたものである。

# 空港舗装とアスファルト

森 口 拓 \*



## §1 はじめに

空港とは、飛行機が人や貨物を輸送するために必要な施設すべてを備えた一定の区域であって、

- (1) 飛行機の離着陸のために直設必要な施設（滑走路照明施設等）
- (2) 飛行機の離着陸の安全を確保するために必要な施設（無線施設・進入灯等）
- (3) 空港の機能を確保するために必要な施設（ターミナルビル・格納庫等）
- (4) 空港の保守管理のために必要な施設（排水施設・空港事務所等）
- (5) 空港を利用する者の利便を確保するために必要な施設（道路・宿泊施設等）——が考えられる。

これらの諸施設の中でアスファルトは種々適用されるが、最も多量に使用されるのは舗装材料としてのアスファルトである。そこで空港とアスファルトを考える場合舗装が中心になるのは当然のことである。

上記(1)の飛行機が離着陸するために直接必要な施設の中で、滑走路・誘導路・エプロン・着陸帯は、一般に基づ本施設と称されている（図-1参照）

滑走路は飛行機が離着陸するために必要な長方形の平面。誘導路は滑走路と滑走路または滑走路とエプロンの間を結ぶ飛行機の通路。

エプロンは旅客の乗降、貨物のつみおろし、給油整備などを行なうために飛行機が駐機する平面。

着陸帯は飛行機が着陸に失敗して復行したり、滑走路を逸脱した場合に、その安全を確保するための滑走路を

中心とした長方形の平面である。

このうち滑走路・誘導路・エプロンのすべてと着陸帯の一部（図-1でオーバーランの部分）は、空港の機能上舗装しなければならない。まず上記の空港に必要な施設(5)の中で、道路と駐車場も舗装しなければならないがここではこれらについては除外して考える。すなわち空港舗装とは、滑走路・誘導路・エプロンおよびオーバーランの舗装を意味するものとする。

舗装は一般的にアスファルト舗装とコンクリート舗装とに大別され、それぞれ長所短点を有している。そしてその適用基準は一律に定めることは困難で、実際にも各場合の諸条件を種々検討して、どちらの舗装にするかが決定されているようである。空港舗装の場合も同様で両舗装が適宜適用されている。ただ空港舗装の場合は、一般的の道路舗装の場合と比較して荷重等の外的条件が異なるので、アスファルト舗装とコンクリート舗装の適用範囲も道路の場合と異なってくるのは当然であり、またアスファルト舗装自体についても異なった考え方をする必要がある。そこで次に空港舗装と道路舗装の一般的な相違について述べることにする。

## §2 空港舗装と道路舗装の相違

空港舗装は構造的には道路舗装と同じであると考えてよいが、厚さ・材料の配合・締固めなどの点で異なっている。これは対象荷重が飛行機と自動車であることによるもので、主な相違点は次のようなものと考えられる。

### ①総重量

大型飛行機の総重量は150～300t程度で、自動車（最大荷重としてT-20を考える）のそれは20t程度である。飛行機については近い将来400～500t程度になることが予測されている。

この総重量は路床土の上に施工される通常の舗装の設計には直接影響しないが、飛行機がトンネルや橋の上を通行する場合、将来、海上空港でさん橋構造や浮き構造の場合には、その影響

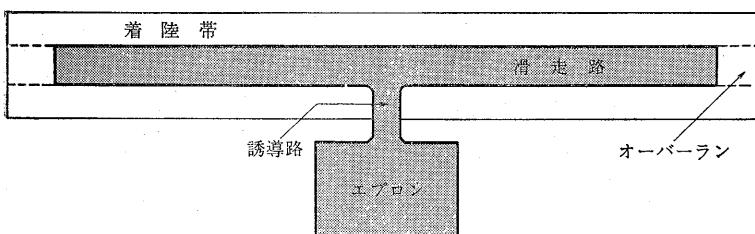


図-1 空港の基本施設

\* 運輸省港湾技術研究所土質部滑走路研究室長

は大きい。

## ②脚荷重

大型飛行機の主脚荷重（主脚とは飛行機総重量の90～95%程度を支持する下部構造で、その数は通常2個または4個で、各主脚には車輪が2個または4個ついている）は70～85t程度で、T-20のこれに相当する荷重は8tである。

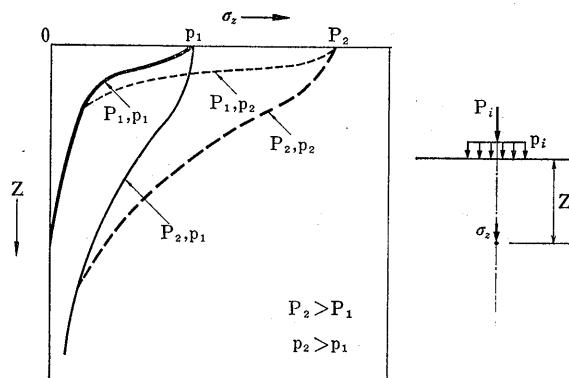


図-2 鋼装体内的荷重直下の鉛直応力

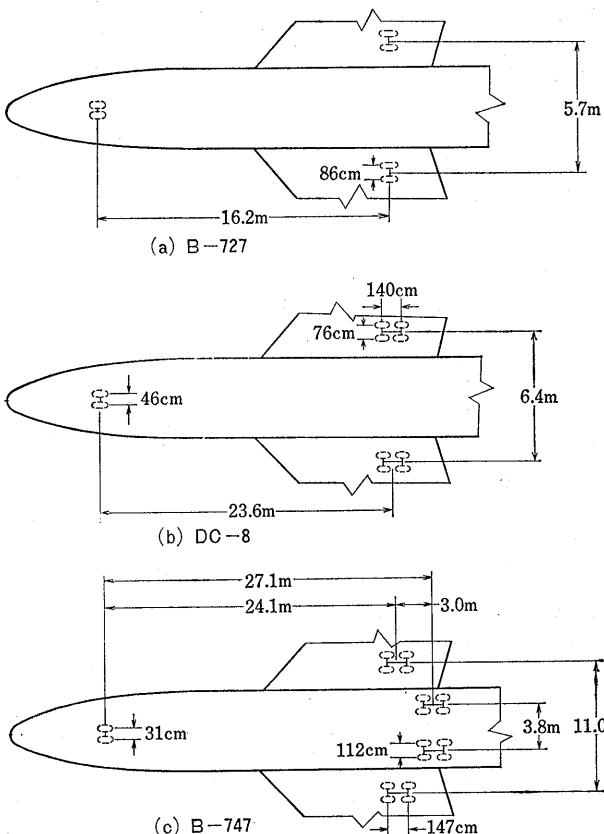


図-3 飛行機の脚配置および車輪配置

図-2は半無限の弾性体の平面上に、強さ  $p$  の円形等分布荷重が作用する場合の荷重心線線上の鉛直応力とその深さとの関係を示すもので、舗装を簡略化して一層弾性体と考える。図-2からわかるように、舗装の深部においては荷重の大きさが非常に大きな影響を与える。

## ③車輪配置

飛行機の車輪の構造はその機能上、自動車のそれと比べて非常に複雑であり、またその配置も大いに異なっている。自動車の場合は後軸の複数車輪でもその間隔は狭く、舗装に対しては単車輪と見なしうる。一方大型飛行機では一主脚の車輪数は4個のものが多く、しかもこれらの車輪は大きな間隔で配列されているので、舗装に対しては単純に単車輪と考えることはできない。図-3に代表的な飛行機の脚配置および車輪配置を示す。

そこで空港舗装の場合、設計に用いる主脚荷重として等価車輪荷重（E SWL）という概念を導入する。アスファルト舗装の場合、複数車輪飛行機のE SWLとは、ある深さにおいて、その飛行機の主脚荷重によるたわみと同一のたわみを生ずるような車輪荷重を意味する。この場合、E SWLの接地面積は複数車輪1個のそれと同一としている。

E SWLは弾性理論を用いて理論的に求めることができ、その一例としてB-747機の場合を図-4に示す。図-4で横軸の%は主脚荷重（75t）に対する百分率を意味する。

飛行機の重量はますます大きくなる傾向にあり、これに対処するためには、主脚の数を増す、車輪の数を増す、あるいはその両方を増すなどの方法が考えられ、将来は一脚に6～10個の車輪を備えた飛行機が実現するであろう。

## ④タイヤ接地圧

自動車のタイヤ圧が4～8kg/cm<sup>2</sup>であるのに対し大型飛行機では10～15kg/cm<sup>2</sup>である。図-2からわかるように、舗装の浅い所ではタイヤ接地圧は非常に大きな影響を与える。たとえば、アスファルト舗装上にDC-8-63機（タイヤ接地圧=14kg/cm<sup>2</sup>、タイヤ接地半径=20.7cm）が載った場合、表面から14cmの所に発生する最大鉛直応力は11.5kg/cm<sup>2</sup>となり、一方、T-20トラック（タイヤ接地圧=6.4kg/cm<sup>2</sup>、タイヤ接地半径=20cm）の場合は5.2kg/cm<sup>2</sup>となる。

飛行機の大型化に伴う総重量の増加に対応するためタイヤ圧を増大させることも考えられるが、アスファルト舗装の表層・基層に与える影響を考慮すると、タイヤ接地圧は現在のもの以上になるのは望ましくない。ちなみに戦闘機でタイヤ圧が21kg/cm<sup>2</sup>の

ものもある。

#### ⑤タイヤ接地面積

T-20程度の自動車のタイヤ接地面積は $600\sim 1,000\text{cm}^2$ であるが、大型飛行機ではタイヤ1個当り $1,200\sim 1,800\text{cm}^2$ である。図-5は図-2の場合と同様に考えて、任意の点の鉛直応力とその位置との関係を示すもので、他の条件が同一の場合、舗装体内のある点の鉛直応力は荷重の接地面積が大きければ大きいほど大である。

#### ⑥走行荷重

大型飛行機では着陸時の速度は約 $250\text{km/h}$ 、離陸時には $350\text{km/h}$ 前後に達する。このような高速荷重に対しては、滑走路舗装表面は高度に平滑でなければならず、飛行機の共振を防ぐための適当な縦断勾配、さらに適当なすべり摩擦抵抗が要求される。

#### ⑦摩擦荷重

飛行機の着陸接地時や制動時に生ずるタイヤと舗装表面との間の摩擦力は、自動車の場合よりかなり大きいものと思われる。

#### ⑧衝撃荷重

飛行機が着陸接地するときの衝撃力はかなり大きいものと思われ、また誘導路・エプロン等を走行中の衝撃荷重を考える場合、その衝撃係数は道路で一般に適用されている20%より大きいことが予想される。

#### ⑨ねじり荷重

飛行機が誘導路やエプロンで回転するとき、舗装にはかなり大きいねじりの力が作用するものと考えられる。アスファルト舗装の滑走路と誘導路の接地附近のマーキングが、水平方向に波を打っているのを見かけることがあるが、これはねじり力の大きさを示すものである。

#### ⑩荷重の繰返し

空港の場合は飛行機の離着陸回数はそれほど多くはない

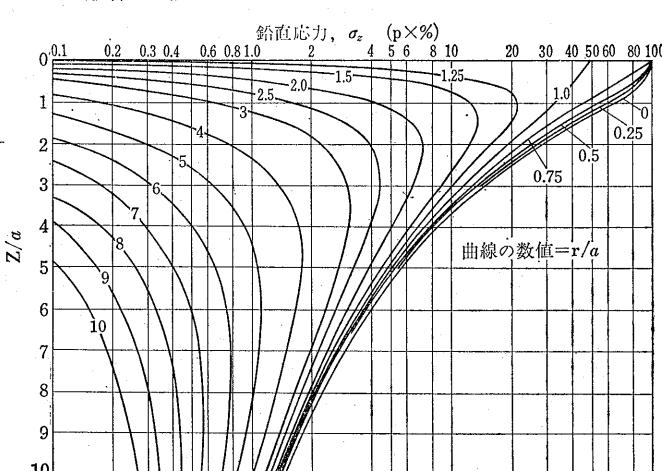
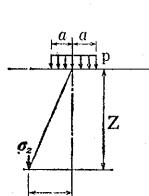
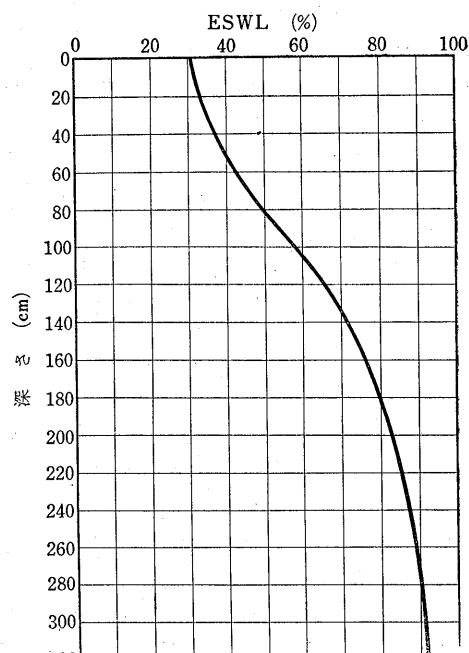


図-5 舗装内の任意の点の鉛直応力

図-4 B-747機のESWL



く、わが国の比較的混雑した空港でも大型飛行機の離着陸回数は1日当たり $50\sim 80$ 回程度である。したがって、荷重の繰返しは道路の場合よりはるかに少ない。

#### ⑪荷重の分布

道路では自動車は舗装の横断方向をまんべんなく通過するが、空港では事情が異なる。すなわち滑走路や誘導路では、その中心線附近に荷重が集中する。例えば巾 $60\text{m}$ の滑走路では、その中央 $10\text{m}$ に78%の荷重が集中していることもある。これを設計に取り入れて、通常は滑走路の両縁端帯は中央帯よりも舗装厚さを小さくする(図-6参照)

誘導路では飛行機はほとんど常にその中心線に沿って走行するので、この荷重の集中化は一そう強い。エプロンでは駐機場所が指定されているので、その個所に荷重が集中し、さらに荷重の方向が一方だけではなく多方向になる傾向にある。

滑走路では計器による着陸、エプロンではローディングブリッジ(旅客を待合室から直接塔乗させるための装置で、その一方はターミナルビルに固定されており、駐機中の飛

行機の入口に連結される屋根付き通路)の利用により、荷重の集中化はますます強くなっている。

#### ⑪交通の性質

実際にはそのような例は少ないが、滑走路の本数に余裕がある場合を除いては、維持補修のために滑走路をひんぱんに閉塞することは空港運営上不可能なので、空港舗装はできるだけ耐久性の大きいものが望まれる。

しかし実際には補修工事を必要とし、しばしば夜間に実施されるのが現状なので、補修工事に要する時間ができるだけ少なくてすむような舗装が望ましい。

#### ⑫ジェット燃料の漏えい

ジェット機に使用される燃料(灯油を主成分とする)は、アスファルトを溶融分解する性質があるので、これがこぼれると舗装の表面が破損して、アスファルト舗装の破壊の原因となる。これは特に給油作業が行なわれるエプロン舗装について注意しなければならない。

#### ⑬ジェットブロスト

ジェット機は高温高速の風をエンジンノズルから噴出する(ある大型ジェット機のエンジンから30m後方の地上で51°C, 62m/sec程度の熱風)が、アスファルトを溶解して舗装が破壊されるおそれがある。しかしながら現在の民間飛行機はエンジンの位置が高く、またエンジンが地面とほとんど平行なので、ジェットブロストによってアスファルトが溶解するおそれはほとんどない。

以上述べてきたように、空港舗装は道路舗装とは荷重条件が異なっているので、違った観点から考える必要がある。アスファルト舗装のアスファルトコンクリートについても同様で、次に空港舗装用としてのアスファルトコンクリートについて述べることにする。

### §3 空港舗装用アスファルトコンクリート

空港舗装にはアスファルト舗装とコンクリート舗装のどちらが有利であるか——これは一概には決めることはできない。ただ経済比較などは考慮せずに、概略的には以下の選定基準が考えられよう。

(1) エプロン舗装は、燃料の漏えい、荷重の過度の集中、大きな荷重の長期載荷等からコンクリート舗装とす

る。実際には東京と大阪両国際空港のエプロンだけがコンクリート舗装である(福岡空港もそうだが、これは最近米軍から返還されたもの)。他の空港ではエプロンのアスファルト舗装には耐油コートを施している。

(2) 滑走路の両末端部の舗装は、大きな静止荷重や摩擦力が作用するのでコンクリート舗装とする。これも実際には東京と大阪の両空港だけ行っている。

(3) 沈下(最近の空港は軟弱地盤上に建設される場合が多く、工期等の関係で圧密沈下はどうしても避けられない)が予想される区域の舗装は、不等沈下に対して比較的安全なたわみ性を有するアスファルト舗装とする。

(4) 沈下や設計荷重の変更等によって、かさ上げ舗装の必要が近い将来予想される区域は、かさ上げ舗装として施工の容易なアスファルト舗装とする。

現状では、わが国の主要な公共空港(千歳と那覇を除く)の舗装は、アスファルト舗装が全舗装面積の約71%コンクリート舗装が約29%となっている。

次に表層および基層としてのアスファルトコンクリートについて考えてみよう。一般に表層または基層用のアスファルトコンクリートの性質として、適度な安定性、たわみ性、すべり抵抗性・耐久性・水密性およびワーカビリティーが要求される。空港舗装のアスファルトコンクリートも当然これらの性質を適当に備えたものでなければならない。§2で述べたように空港舗装の荷重としての飛行機は道路舗装の場合の自動車とは異なるので、特に大きな安定性・耐久性・すべり抵抗性が要求される。すなわち、大きな静止荷重・大きな繰返し荷重・大きなねじり・制動・加速荷重等による老化、大きな摩擦荷重による摩耗等ができるだけ防ぐようなアスファルトコンクリートが必要となる。また重量の大きい高速の飛行機を適当に制動するために、すべり抵抗の大きいアスファルトコンクリート表面としなければならない。そこでこれらの性質に関連して、空港で問題となっている現象とその対策について述べることにする。

#### i) 安定性

最近はB-727機などの大型ジェット機が乗り入れるようになり、ローディングブリッジの利用により、旅客の取扱い方式に変化をきたしたので、エプロン上で飛行機が通る所と止まる所、ローディングブリッジが通る所、飛行機を移動させるけん引車の通る所などに、わだち掘れや波が発生しているのである(写真-1, 写真-2参照)。

アスファルトコンクリートの安定度とは、荷重による変形に対する抵抗を意味するもので、それは摩擦、粘着および慣性の関数と考えられる。このうち慣性は、荷重の大きさ、荷重の載荷速度と時間、およびアスファルト

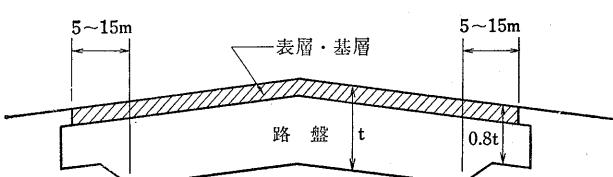


図-6 滑走路の舗装厚断面

コンクリート自体の質量（層の厚さ、骨材の最大寸法、骨材の粒度等に左右される）によるもので、荷重については、定められた外的条件なのでここでは除外して考える。結局わだち掘れや波を防ぐためには、いかに大きな内部摩擦角と粘着力を有し、適当な骨材を含んだ安定度の高いアスファルトコンクリートをつくるかである。

現在わが国では安定度の試験法としてマーシャル試験が一般に用いられているが本質的には一軸圧縮試験であり、実際の舗装における変形と同じ状態を再現するものではない。ホイールトラッキング試験によると、アスファルトコンクリートの塑性流動に対する抵抗はアスファルト量の減少に伴って増大する。一方マーシャル安定度については、最適アスファルト量以下のアスファルト量では安定度は低下し始める。したがってアスファルト量が定まったものではない場合は、マーシャル安定度は変形に対する抵抗を表わすものとはいえないことがわかる。しかし一般にはアスファルト量の決定は、安定度・フロー値・空隙率および飽和度が、ある一定の基準を満足するように行なわれ、この場合、安定度からアスファルト量が決まることはないとと思われる。すなわち、他の基準値によって定まるアスファルト量（必ずしも安定度の点からは最適アスファルト量とはかぎらない）は、安定度の基準値も満足する場合がほとんどである。したがって実際には、これら基準を満足する範囲で最少のアスファルト量を適用すれば、塑性流動に対する抵抗性の高いアスファルトコンクリートを得ることができよう。

アスファルトコンクリートの荷重と変形との関係を表わすものとして、マーシャル試験における安定度(S)とフロー値(F)の比(S/F)を考えることがある。一般にはS/Fが20~50・100kg/cmのアスファルトコンクリートが望ましいといわれている。また波が生じないためにS/F>3p、制動力等によるせん断力が作用する箇所では、S/F>3.75pとすべきであるともいわれている。ここにpはタイヤの接地圧(kg/cm<sup>2</sup>)である。大型飛行機についてはp=14kg/cm<sup>2</sup>なので、空港舗装のアスファルトコンクリートのS/Fは、42・100kg/cmまたは53・100kg/cm程度以上が必要となる。しかし現在の配合設計法によるアスファルトコンクリートは、このような大きなS/Fの値は得られていないのが実情であろう。

現在の空港舗装のアスファルトコンクリートの配合設計の基準値は表-1に示すものである。安定度については突固め回数75回で900kg以上というようにかなり大きな基準値を定めている。しかし実際には前述のようにわだち掘れや波が生じており、施工等他の種々の原因があるかも知れないが、表-1のような基準値で定めたアスファルトコンクリートは、空港舗装には不適であったこと

写真-1 飛行機の通過および停止によるわだち掘れ

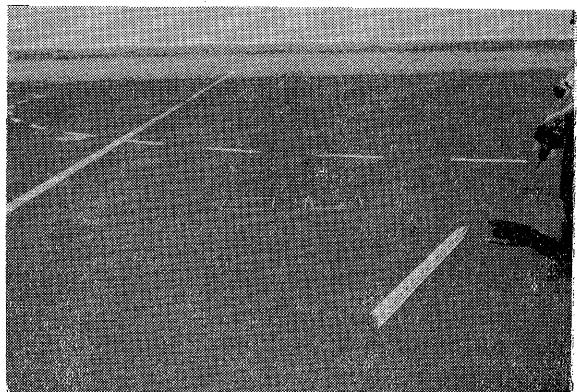


写真-2 ローディングブリッジの通過によるわだち掘れ

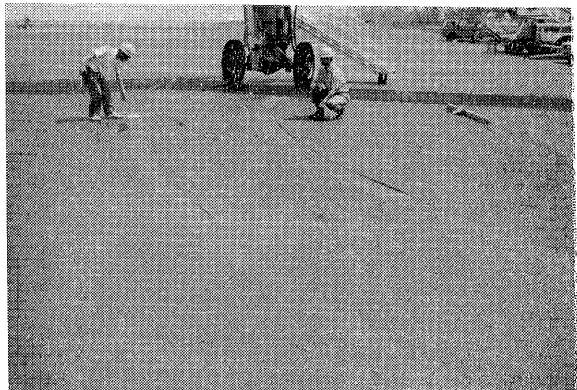


表-1 アスファルトコンクリートのマーシャル試験値に対する基準値

項目	表層		基層	
	突固め回数		突固め回数	
	50回*	75回	50回	75回
安定度 (kg)	500以上	900以上	500以上	800以上
フロー値 (1/100cm)	20~40	25~40	20~40	20~40
空げき率 (%)	3~5	3~5	4~6	5~7
飽和度 (%)	75~85	70~80	65~80	50~70
アスファルト量 (%)	6以上	6以上	5以上	5以上

\* 突固め回数50回は、タイヤ接地圧 7kg/cm<sup>2</sup>以下 の飛行機を対象とする舗装に適用する。

は事実であるといえよう。

そこでアスファルトコンクリートの配合設計の基準値を変えて、従来のものとは性質の異った安定度の大きいアスファルトコンクリートにするか、それと関連して安定度の試験法として他の方法を適用するかしなければならないと思われる。現在針入度が60~120程度のストレートアスファルトが一般に用いられているが、粘着力を増しアスファルトコンクリートの安定度を増すために、

針入度が40～60のアスファルトを使用することが考えられる。聞くところによると需要の関係でこのようなアスファルトは、現在ほとんど市販されていないとのことである。アスファルトの粘性が大きすぎて施工がほとんど不可能ないしは困難であっては不適であるが、針入度の小さい粘性の大きいアスファルトを空港舗装に適用する道が残されていると思われる。

アスファルトコンクリートの安定度は、骨材の粒度によっても左右されると考えられ、現在わが国ではあまり用いられていない不連続粒度骨材の適用も一対策であろう。これは英国で用いられているロールドアスファルトで、大いに研究の価値があると考えられる。

次に安定度を増すために、空隙率と飽和度の現在の基準値を逸脱してもアスファルト量を減らすことが考えられる。アスファルト量はアスファルトコンクリートの耐久性と大いに関係があり、これについては後述の耐久性のことところで触れることにする。

安定度の試験法については、アスファルトコンクリートの内部摩擦角と粘着力を測定する方法として三軸圧縮試験があり、これもアスファルトコンクリートの安定度の試験法の一つと考えられる。またわだち掘れの直接的な試験としてホイールトラッキング試験もある。現段階では安定度の試験として試験の簡便さも含めて、どの試験法が最も有効かは判定できないが、空港舗装のアスファルトコンクリートの安定度の試験法としては、マーシャル試験以外のものを適用する必要があるのではないかと思われる。あるいは実際の舗装のアスファルトコンクリートの変形に対する抵抗性を正しく表わす「何か」とマーシャル試験結果とを関連づける必要があろう。

なおわだち掘れの原因としては今まで述べてきた安定度の不足と、もう一つ圧密が考えられる。したがってアスファルトコンクリートの密度規定をきびしくし、圧縮沈下をできるだけ防止することも必要である。

#### ii) 耐久性

アスファルトコンクリートの耐久性とは、天候および荷重のすりへり作用に対する抵抗性を意味するもので、空港舗装ではアスファルトの老化と飛行機車輪の摩擦力によるすり減りが問題となる。

まず老化については、§2で述べたように空港舗装ではその全面に交通荷重が作用することなく、交通量が不足する区域がどうしても生ずる。したがってこのような区域のアスファルトは、ゲルからゾルへの変化が交通荷重によって行なわれないので、老化現象が促進されることになる。そこでこの老化に対する処置として、空港のアスファルトコンクリートのアスファルト量は多少多めにするのが一般となっている。しかし前にも述べたよ

うに安定度の点からは、このアスファルト量の増加は望ましくない。したがってこの老化現象による舗装の破壊（破壊は補修を要する状態と考えてよからう）と、わだち掘れや波による舗装の破壊のいずれが、アスファルトコンクリートの配合設計に大きく影響するかを知る必要がでてくる。安定度を考慮した上で、老化を防ぐ、あるいは遅延させるために必要な最少のアスファルト量を見い出すことは、現場の気候等に左右されるので単純にはいかないが、いずれにしても表-1の規定とは異った条件で、最少アスファルト量を見い出す努力が必要である。

次にすりへりについては、これが実際に生じている現象は見られないでもないが、定量的な解析資料がないのではっきりしたことはわからない。水分がアスファルトと骨材の間に浸入し、これがアスファルトと骨材の付着力を弱め、ついにはアスファルトと骨材が離れるいわゆるはく離現象を、飛行機荷重は大いに促進することが予想されるので、アスファルトと骨材間の付着力の大きいアスファルトコンクリートが要求される。この性質を試験する方法としては、アスファルトコンクリート表面を湿潤状態にしてから機械的なすりへりを与えるのが妥当と考えられる。しかし現在はこの種の試験は、アスファルトコンクリートの配合決定には用いられていない。

#### iii) すべり抵抗

最後にすべり抵抗については、特に滑走路舗装で問題となる。アスファルトコンクリートのすべり抵抗とは、舗装がいかなる状態であろうとも、飛行機が所定の距離内で停止することができるよう十分な摩擦を有する表面を舗装に与える能力であるが、実際には舗装面が湿潤、水結あるいはたまり水状態のときこれが問題となる。

大型ジェット機の滑走路での制動は、ブレーキ、フランプおよび逆推力によって行なわれるが、ここで問題となるのはブレーキによる制動である。飛行機の制動滑走時に最大の制動力が得られるのは、タイヤの回転が全くないときではなく、また回転が零の場合（ロック）ではタイヤが局部的に摩耗してパンクするおそれがあり、大変危険である。

それでタイヤのロックを防ぎ、さらにはなるべく大きな制動力が得られるようアンチスキッド装置が開発され、大型高速機にはほとんど整備されている。これはブレーキ操作によって車輪の回転の減速機がある以上になると自動的に油圧が解除されブレーキ圧力が減じ、次第に車輪の回転が速くなると再び自動的に油圧が働いて、ブレーキ圧力が作用するというシステムである。

各航空会社はその運航規定によって、着陸距離を滑走路の状態によって定めており、もちろん氷結またはたまり水状態のときが最長着陸距離となる。舗装の点からみ

ると、水、氷あるいは雪などができるだけ速やかに滑走路面からなくなるようにすべきで、実際問題としては排水を良好にする以外は空港の管理運営上の問題である。

雪氷路面のすべり抵抗の場合は、雪面または氷面とタイヤの間に作用するすべりの問題で、舗装表面の性状とは無関係であると考えることができる。一方、温潤またはたまり水状態のときは、アスファルトコンクリートの表面性状が飛行機のすべり抵抗に与える影響はあると考えられ、この対策が必要となる。滑走路がこのような状態のとき、なぜ飛行機はすべりやすいのかは、いわゆるハイドロプレーニング現象によるからである。すなわち飛行機のタイヤと舗装面との間に水膜が生じ、タイヤはその水膜にささえられる状態となり、両者間には、摩擦力が作用せずブレーキの効果がなくなるのである。

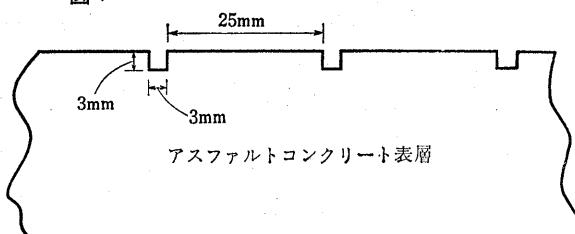
しかしハイドロプレーニングは路面に水があれば常に発生するとはかぎらず、水膜の厚さ、タイヤの表面形状、路面の性状などがその発生に関係する。概略的には滑走路の場合、水深が5~10mm程度あり、飛行機の速度が、 $9\sqrt{p}$ ノット以上になると、ハイドロプレーニングが起こる。ここに  $p$  はタイヤ内圧(psi)である。いまタイヤ内圧をB-727機の場合の $12kg/cm^2$ とすると、ハイドロプレーニング発生速度は約 $220km/h$ となる。飛行機の場合ハイドロプレーニングが発生すると制動力が極端に減少するばかりでなく、横すべりに対する抵抗もなくなるので、特に横風によって機体が流される危険もあり、これには特別の配慮が必要である。

そこでハイドロプレーニングの発生を防止し、さらにタイヤと路面の摩擦抵抗を増大させるために、滑走路面の横方向にみぞを切る工法(グルービングと称す)が考えられた。グルービングは諸外国の空港では実際に行われているところもあるが、わが国ではまだ施工例はない。米国のある空港で1967年に試験的に施工されたが、実際の空港への適用例としては米国では最初のものであった。滑走路の幅45m(全幅は60m)についてその全長2,100mにわたって、図-7のようなみぞが設けられた。

グルービングの効果は一般に認められているようであるが、タイヤのすり減りの増大とか、みぞのつぶれなどの問題もあると考えられる。特にアスファルト舗装の場合、みぞがつぶれて排水効果が減少する、またその補修工事が増す、みぞのかどの部分で骨材とアスファルトが分離しやすくなりその部分が欠ける、などのおそれが多くあると思われる。したがってこれの実用化については今後の調査研究に期待するところである。

すべりに関しては空港特有の問題がもう一つある。それは滑走路の着陸接地区域のタイヤのゴムの路面への付着である。飛行機のタイヤは着陸接するとき、路面と

図-7



の摩擦によって青白い煙を発生するほど高温になり、その一部が溶融して路面にこびり付く。それで滑走路の着陸接地区域の路面はつるつるの状態で、すべり抵抗は著しく低下している。

そこでこの付着ゴムの除去の問題となるが、前述のように滑走路は安易には閉塞できないので、ある空港ではゴムの除去作業を年2回0時から6時の間に行なっている。その方法は、ある薬剤をその部分に散布し、それがゴムに浸透してゴムが溶解したところでブラシと圧力水で洗い取る、当然この薬剤は舗装表面まで浸透し、薬剤がアスファルトあるいはアスファルトコンクリートに及ぼす影響が問題となり、その調査研究を実施中のことである。アスファルトコンクリートに悪影響を及ぼさない薬剤の開発、あるいは薬剤に対して強いアスファルトの開発が望まれる。

#### §4 おわりに

空港土木へのアスファルトの利用を考える場合に関連する事項を、空港の一般的なことも含めて述べてきたがアスファルトを空港舗装に適用する場合、まだまだ問題があり、あるいは問題が起ってきており、アスファルトコンクリートも含めて、その品質の改良あるいは修正が必要であることがわかる。

アスファルトの品質を改良するということでは、いわゆる特殊アスファルトが考えられる。わが国の特殊アスファルトは舗装のアスファルトコンクリート用として有利になるように改良されており、その品質改良技術は世界的に高い水準にあると聞いている。空港でもある種の特殊アスファルトを試験的に使用した例があり、その追跡調査結果が待たれるところである。

アスファルトは空港舗装に多量に使用されており、今後の空港整備事業計画からしてもその需要はますます増大するであろうが、現在一般に使用されているアスファルトコンクリートには今までみてきたような問題点もあり、また将来の問題点もあると思われる所以、これを解決するために種々の分野の人々が協力して努力する態度が必要であり、今はその一つの段階にあると思われる。

## 軌道建設における 世界各国の アスファルト利用について

W. VISSER\*

### — Shell Bitumen Review 38 —

鉄道の軌道建設は 100 年以上も前から行なわれているが、その構造の仕組みはあまり変化していないように見受けられる。むろんその間の軌道建設技術の相当な進歩は見受けられるが、道路建設技術に比較すると遅れていると思わざるを得ない。これは反面、長期間にわたって使用されている砂利と、マクラギを用いた軌道構造が最高の技術水準に達していることを意味しているのかもしれない。しかし現在、輪荷重や列車速度が急速に増大し、路線設定に困難がともなってくると同時に、将来交通の要求に対し現在の軌道構造が耐えられなくなるのではないかとの指摘がなされている。もし現在の構造で軌道建設が進められるなら、やがて維持補修が増大し、労務費や材料費の値上りとともに、そのための支出も膨大になることが懸念される。特に路盤が軟弱であったり、交通量が特に多いとか、維持補修工事による輸送の妨害を最少

限におさえたいたい個所では、軌道の維持補修がより少なくしてすむ軌道構造が緊急に必要となっている。アスファルトは、たわみ性・強じん性・耐久性などに利点があり、維持補修が少なくてすむ道床建設材料として、現在もっとも有望視されているものの一つである。また世界各国で実施された試験施工の結果から、アスファルトを使用した道床建設の可能性が、鉄道関係の技術者に十分認識されてきた。以下、本文中で在来道床の補修に関連した問題点を簡潔に分析し、アスファルトを使用し実施された過去の各試験施工例につき検討を加えた。

#### 従来の方法による道床維持補修の問題点

現在の軌道は、溶接ロングレールが砂利道床上に設置された PC コンクリート、または木製マクラギで支持される機構で建設されており、マクラギは軌道幅を一定に保つ締め付け固定棒、レールの側方へのずれを防止するトラスとして機能をはたしている。側方へのずれに対抗する抵抗力は、大部分が砂利道床とマクラギ底部との摩擦力により得られている。砂利道床は 38~78mm 粒径の砕石からなり、最小 23cm の厚さをもっている。また道床は、路盤上に敷かれるが、既存の軌道では、正規路線横断面を維持するため、かなりの定期的補修が必要とされている。軌道機能を低下させ、最終的には道床破壊の原因となる要素を考えてみると、以下のものがあげられる。

1. 水分の浸透  
路盤含水比が高くなり、支持力減少の原因となる。
2. 路盤材細粒分の砂利道床へのくい込み（マッド・ポンピング）——道床の排水機能を減少させ、路盤せん断強度を低下させる。
3. 砂利粒径の減少
4. マクラギ下に発生する局部的高圧力——路盤材の不均一性と関連して不等沈下をもたらす。

新規軌道の建設では、上記のような破壊原因の要素をできるだけ多く取り除き、補修費の削減を計るためにアスファルトの軌道への有効利用が考えられる。

イシゴルレスタット試験施工・ドイツ  
— 鉄筋マットレスの配筋 —

\* Shell International Petroleum Co. Ltd.

### アスファルトを使用した初期の軌道施工例

鉄道建設においてアスファルトを使用した最初の大規模な軌道試験施工は、1926年ドイツのニュールンベルグの近くで行なわれた。路盤の乾燥、マッドボンピング防止のため、40cmの砂利道床下に7cm厚のアスファルトコンクリート層が敷かれた。当時からすでにアスファルト層に発生する引張り・曲げ応力を層厚の設計に採り入れるべく努力がなされたが、結局、設計は主に経験に基づきなされたものとなつた。アスファルトコンクリート層の主な機能は路盤をシールすることであった。これは特に深い掘削部で、水が集積する個所に軌道が建設される場合に重要なことであり、また同時にアスファルトコンクリート層は排水系統の一部としての役目を果していた(図-1)。1936年から後もドイツで同様な構造をもつ軌道の試験施工が行なわれた報告があり、かなりの区間に実施されている。しかしこの構造では結局、マクラギ下のアスファルト層に変形が起り、その結果アスファルト層が洗濯板状になり、適切な排水を困難にするという欠



ブルールー・ホッヘムの試験施工

陥が生じたため実際には採用されなかった。

アメリカでは、1926年にニューヨークセントラル線で最初の大規模な試験施工が行なわれ、砂利とカットバックアスファルトで出来た20cm厚の開粒度アスファルトコンクリートがマクラギの間とその下に舗設され、さらにその上に3cm厚の密粒アスファルトコンクリート層が被覆層として施工された。その結果、マクラギの取り換えが必要となるまでの14年の間、補修がまったく不要ではあったが、この構造は建設が容易でなかったため、これも実用化には至らなかった。

フランスでは、1934年にパリのガラデュノードで最初の試験施工が実施され、現場の路盤が重質粘土材で出来ていたので、マクラギを直接ビチュメンマカダム層とアスファルトコンクリート層上に敷く建設方式が採用された。全舗装面積は $20,000m^2$ であり、施工区間は現在も使用されており満足のいく性能を十分に維持している。

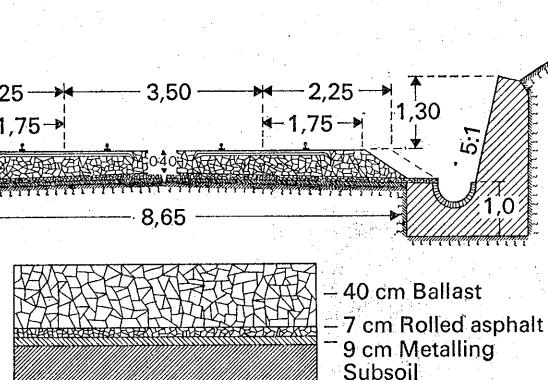
さらに、1943年にアメリカのイリノイセントラル線で800mの試験施工が行なわれ、10cm厚の浸透式マカダム層が舗設され、砂利道床の保護層として使用された。施工区間は非常に良い性能を示し、それから10年後、類似構

造の軌道が施工されるに至った。

1954年、アメリカアスファルト協会(Asphalt Institute)とアメリカ鉄道協会(Association of American Railroads)による共同研究が行なわれた。この研究は、毎時3kmの速度で進みながら加熱アスファルトを道床上へ散布できるように工夫されたアスファルト工事列



インゴルstadt 完工軌道

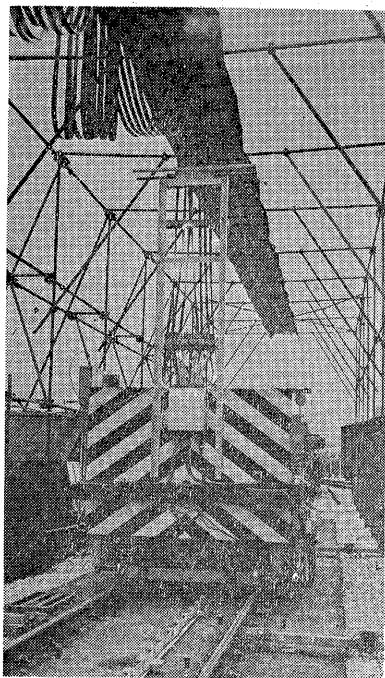


Distances in metres unless stated

図-1 ドイツにおける初期試験施工断面図  
(アスファルト混合物が排水構造の一部をなしていない)

イギリスの試験車輌

フルデブスアスファルト構造の試験工区



車を開発したことである。この列車は浸透用アスファルト（鉛入度60/70～120/150）を単位 $m^2$ 当り、7～9ℓ使用し、砂利層へ約10cm程度浸透施工できる装置が取り付けられ、軌道の施工に際してはアスファルトを浸透後、9mm径のチップ材を保護材として敷き均す方法が採られた。1960年、アメリカの地方鉄道会社により 160kmの軌道が試験施工的に上記方法で施工され、その結果、散布施工された区間のマクラギは、寿命が2倍に延び、補修費は減少するであろうと悪われたが、これは予期したほどではなかった。その理由として、処理砂利の取り扱いが困難である点があげられた。その他に顕著な利点として騒音が少なくなることであった。1960年以降の工事についても残念ながら鉄道会社の財政上の理由でごく僅かしか施工されなかった。

1947年にフランスで、また1958年にはスウェーデンで表面処理保護層（着色骨材使用）により、木製マクラギを保全するアスファルトの利用法が試みられ、さらに最近ではスードンでシロアリからマクラギを守る保護材としてし瀝青材と殺虫剤の混合物を利用する方法が試みられた。

### 複合構造の道床

1945年以降、ヨーロッパにおける鉄道軌道に関する試験施工は、砂利層とアスファルト層の組み合わせで構成される複合構造の道床が採用され、試験施工が各国で実施された。

イギリスにおける鉄道へのアスファルト利用の最初の例は南地区路線で1947に行なわれ、5cm厚のアスファルト防水層が粘土路盤と砂利床との間に舗設された。防水層のアスファルト混合物は骨材（3mm～ダスト分）、14%のテロラス乳剤、2.5%のセメントから成っている。道床の性能は非常に優秀であったが、工事期間中の交通への支障がありにも大きいため、この施工法は実用化までに至らなかった。その後、1948年クラファム中継駅にてテロラスセメントスラリーを表面から砂利層底面へ注入する試験が行なわれ、施工は1晩で完了したが、適度な、しかも均一な連続防水路盤を得ることが出来ず、試

験は中止された。その他、フランス・スイス・スウェーデン・日本の各国で、かなりの試験が実施されているがその性能に関する報告はなされていない。

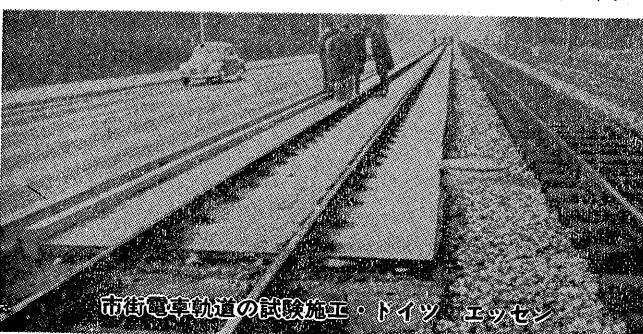
アスファルト乳剤の利用は1952年、オランダ、フランスで試みられ、カーブでの遠心力に対抗する目的で軌道の片方の端にせん断抵抗の強い路盤を作るのに砂利が乳剤処理された。その際、一連の試験において遠心力とそれに対する抵抗性が測定されたが、残念ながらアスファルト乳剤が道床に使用された場合、改良点よりもむしろ有害な点が多いとの結論に達し試験は中止された。

1961年にドイツのロックハム～ミュンヘン間で実施された試験では、通常の砂利路床にカチオン系乳剤を用いた浸透式工法で施工する方法がとられ、結果は、前記と同様、処理された砂利路床が過度に変形して失敗に終った。1963年、スイスのレイション鉄道でもアスファルト乳剤を用いた試験施工が実施され、アメリカのものと同じアスファルト工事列車が使用された。この例では浸透用材料として、加熱ストレートアスファルトのかわりに、作業性がよく、取り扱いが容易なアスファルト乳剤を使用した点がアメリカの場合と異っている。

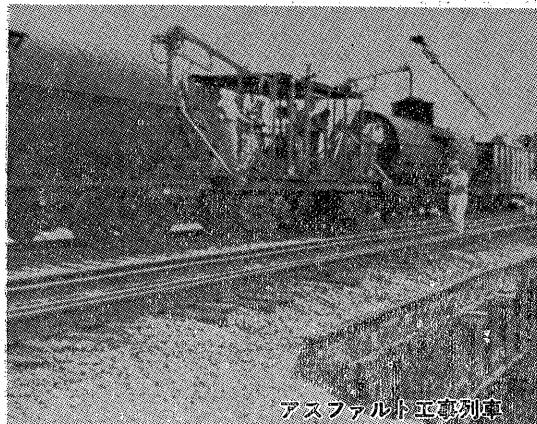
### 最近の試験施工例

イギリスでは、1966年から1967年にかけて、コーンウォールのマウスホールサイディングで英國鉄道がシェルとの共同で、各種測定装置を埋め込んだ試験施工を実施し

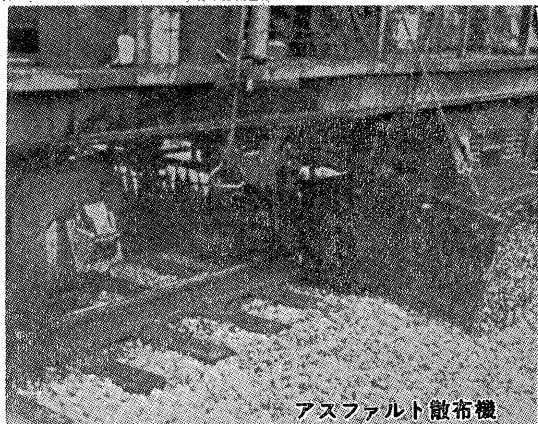
市街電車軌道の試験施工。ドイツ、エッセン



アスファルト工事列車を使用したアメリカの試験施工



アスファルト工事列車



アスファルト散布機



加熱アスファルト浸透後の  
保護チップ材の散布機



未処理道床

アスファルト処理道床

た。その施工断面は8cmと15cm厚をもつ路盤上に30cm厚の砂利層が敷かれるものであった。この試験施工の主目的は道床の荷重分布特性を調査し、アスファルト層中に発生するひずみを測定することであり、路盤に発生する垂直応力は40%まで減少することが判明した。

シエルアムステルダム研究所で開発されたコンピュータープログラム(BISTRO)は応力分布の解析に使用されるが、それによる理論計算値は測定結果とかなりの相関関係のあることが証明された。この試験の成功により列車交通量が多い主要幹線で試験計画が立案されたが、計画実施に先立ちフルデブスによる道床建設の大きな利点が明確になったので、この計画は中止され、フルデブスによる道床建設の研究が主課題となった。この試験施工以外にも、砂利道床補修監督官庁である英國鉄道省では、マッドポンピングが問題となる地点で、路盤と砂利路床の間にアスファルト単体の層を設ける施工法の開発が数年前から始められていた。英國では當時数年間にわたり、工事用特別車輌で軌道を2mの長さにわたり持ち上げ、砂利をきれいにして敷き戻す施工法が一般的に行なわれていた。この新しく開発された施工法では、カチオニ系乳剤を散布量 $11\ell/m^2$ で砂利敷戻し工事中の路床上

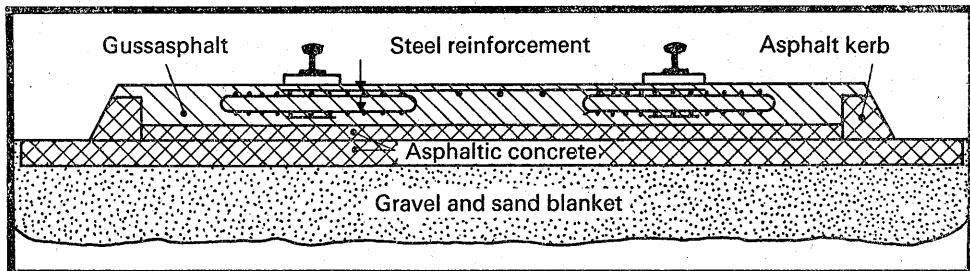
に散布し、7mm厚のアスファルト層を施工する——このとき砂利は乳剤が完全に分解する前に敷戻され転圧されるので、形成されるアスファルト層によるシール効果への悪い影響は与えない利点がある。1971年度に約16kmの軌道が、この方法で処理され現在追加工事が進行中である。この方法で施工されるアスファルト膜層が、供用期間中、砂利路床の石による破壊作用に対し損傷を受けず、シール効果の役目を完全に果しているかどうかは現在不明であるが、いずれ時間の経過とともに判明するであろう。

#### フルデブスアスファルト構造をもつ道床

複合構造をもつ道床は、従来からの砂利道床を改良する過程における理論的発展段階の一過程であったが、アスファルト混合物の機械的特性を十分生かした使用法とは云えなかったであろう。そして道床維持補修の問題を実際に解決するには、砂利道床を非常に安定した不透水性をもつアスファルト層に置き換える方法が最良の解決手段ではないか、との観点から様々の検討が行なわれるようになった。

前述のパリで実施された試験施工とは別に、フルデブ

図-2 ドイツ インゴルstadtにおけるフルデプス施工断面図



ス道床としての最初の試みが1950年代の後半、日本において実施された。4つの異なる構造をもつ道床が試験施工され、3つの道床ではマクラギを直接アスファルト混合物上におき、残りの1つのは従来の砂利路床上にマクラギを置いて各構造の性能が比較検討された。4つの異なる構造体は静・動荷重に対する変形量の差はそれほど大きくはないが、全沈下量ではかなりの差が出ることが判明した。4つの道床の横断構造と沈下測定量を表-1に示す。日本ではまだフルデプスアスファルト構造による道床は採用されていないが、その主な理由として不等沈下が路盤土に発生した場合、道床のレベル調整に問題が残ることがあげられる。従来の砂利層の下にアスファルト層をもつ道床構造が検討された例は、この問題に対処する手段として実施されたものである。

表-1 日本でのフルデプス軌道施工例の比較

	I	II	III	IV
シートアスファルト cm	2.5	2.5	2.5	
アスファルトコンクリート cm	10.0			
浸透式マカダム cm	10.0	20.0	10.0	
水締めマカダム cm	10.0	10.0		
砂利碎石 cm			20.0	32.5
沈下量 cm	0.25	0.57	0.48	1.29

1960年代前半にドイツシエルにより、全く新しい構造の道床建設の方法が考案され特許が取られている。この構造では従来のマクラギは使用されず、アスファルトで結合された材料で出来た道床そのものがレールを支持するという新しい概念が採用されている。1963年シエルインゴルstadt製油所で、この新構造による大規模な試験施工がなされ、沈下計・ひずみ計等が埋め込まれ、図-2に示される断面の軌道が100mの長さにわたり建設された。路盤には12cm厚のアスファルトコンクリート層、その上に鉄筋網を敷き、それにレールを締め付け固定しレールの下50cm幅の部分はグースアスファルトを注入、レール間および軌道の両端は12cm厚のアスファルトコン

クリートを舗設する方法である。地盤が軟弱土であった関係上、均一に約10cm沈下したが、今まで軌道は低速度・重荷重の供用条件下で非常に良好な性能を示している。

1968年、同様の構造をもつ道床試験施工が次の2カ所で行なわれた。エッセンでは市街電車の道床100mの改修工事として施工され、その構造は12cm厚のアスファルトコンクリート層の路盤上に鉄筋が埋めこまれた13cm厚のグースアスファルトコンクリート層から成っている。

グロイエルヘンヘム間のコロブスボン鉄道では、15cm厚のアスファルトコンクリート層の路盤上に、17cm厚のグースアスファルト層が用いられ、これも施工延長100mで実施された。

1967年、バインハイム地区のライン河上流鉄道会社所有の軌道750mを使用し、フルデプスタイプの道床ではあるが、別種構造をもつ軌道の建設が実施された。底部フランジ幅が18cmのレールを直接15cm厚のアスファルトコンクリート上に敷く方法がとられ、レールとアスファルト層間の接着を良くするため薄層プラスチックモルタルが使用された。現在ドイツでは数多くの試験施工が計画段階にあり、鉄筋構造の仕組みの改善、レール締めつけ法の改良などが今後進歩していくものと思われる。またその施工結果から現在あげられている批判——即ちこの構造が複雑すぎる点、費用が高くつく点についても何らかの解決策が見い出されるだろう。

1971年には、英國鉄道省とシエルとの共同で、複雑な計測装置を埋め込んだ新構造軌道建設の試験施工を行なった。この方法では、レールは縦方向の連続鋼鉄製坑木で支持され、アスファルトコンクリート層上に敷設された。坑木間や坑木への接続部は、ホットロールドアスファルトで充填され、アスファルトコンクリート層は15cmと23cm厚で施工された。道床試験には最大載荷量40トンの単軸載荷試験車が用いられ、結果は良好であった。

載荷によるレールの応力とひずみとがコンピュータープログラム(BISTRO)を使用して計算されたが、測定値と計算値とは比較的類似したデーターが得られた。そ

の後、この構造を用いての試験施工が主要路線上で計画されたが、経済上の理由から延期され現在に至っている。最近アメリカのアスファルト協会により、簡単な機構をもつフレール支持水力ジャッキを連続配置し、軌道のレベリングを一定に保つフルデプス構造の新しい概念が発表された。このジャッキはアスファルトで充填されており、加熱アスファルトがポンプにより追加されるとレールを持ち上げることができ、軌道のレベリングが可能となるように工夫されている。

### 今後の方向

鉄道建設におけるアスファルトの利用法は、複合構造とフルデプス構造軌道との2つのグループに分類できるが、複合構造は建設が容易で低成本であり、交通への支障が少ないなどの利点をもつ。とくに大きな利点として、路盤土や橋梁へのトランジション部に起る不等沈下に対し、従来の方法で補修できることである。フルデプス構造の場合、アスファルト混合物の機械特性を最大限に生かすことができ、路盤層のシール効果と荷重支持能力が同時に期待できるので、技術的工学的見地からも望ましいとされている。新規軌道建設では上記のような理由からフルデプス構造が非常に有望視されるが、既存路線を列車交通の支障なしにフルデプス構造へ改修再建設

するには多大な困難がともなう。あえて実施するすれば、非常に複雑な工事列車が必要となり、アスファルト混合物の製造装置、砂利骨材を再調査するためのクラッシャーなどを備え、同時に軌道のもちあげ、坑木と砂利の除去、アスファルト混合物の舗設と転圧、縦坑木の設置が可能なものでなければならない。不等沈下に対する対処するかは、今後検討していかなければならない問題点である。アメリカのアスファルト協会提唱の方法等を参考にして、解決策を見い出すべく努力しなければならないであろう。

過去45年にわたって実施された試験施工を振り返って見て、多くの試験施工で良好な結果が得られたにもかかわらず、実用化が遅れている現実を考えると、真に残念でならない。その理由として「使用材材の性質が不満足である」、「設計法が不備である」、「ハイコストである」等を指摘する技術者もあるが、過去の実情をみた場合、計画採用が有望であったにもかかわらず、経済上の理由から、計画の中止がしばしばなされたこともその理由として指摘されなければならない。今後の努力により技術的・経済的問題点が解決され、アスファルトを有効に利用した軌道建設技術の実施を切望する次第である。

〔訳：下村敏男 シエル石油(株)土木建設部〕

### 別冊「アスファルト」第19号をおわけします

本年2月22日仙台市において第25回アスファルトゼミナーを開催致しますが、当日参加できない方へ実費でおわけしております。お申込み下さい。

実費 1部 200円（切手にて也可）

ハガキでのお申し込みはご遠慮下さい。

申込先 〒105 東京都港区芝西久保明舟町12

日本アスファルト協会 別冊係

内 容 アスファルト舗装要綱その後の問題点

藤井 治芳

湿潤時の補修材料の開発研究

萩原 浩・阿部 順政

くらしの道路

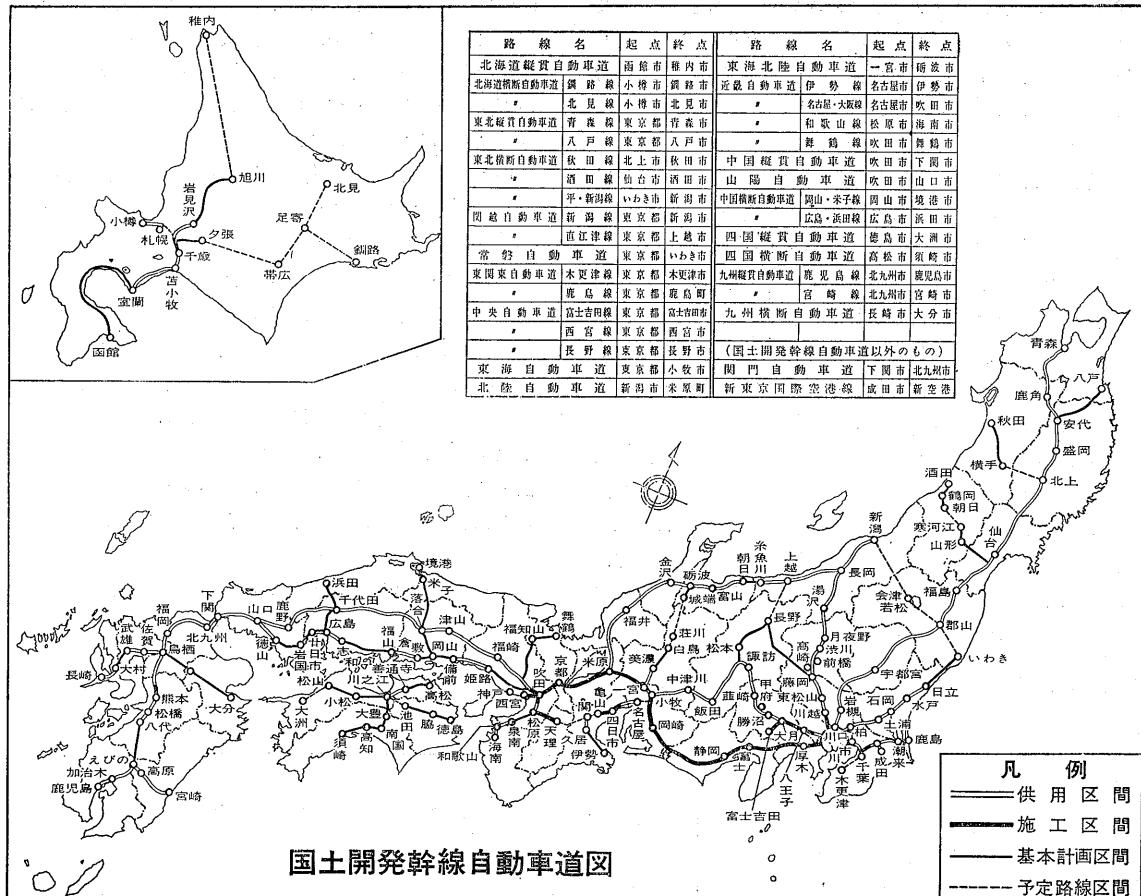
鳥居 敏彦

積雪寒冷地のアスファルト舗装の問題点

西野 徹郎

# 有料道路の概況について

藤井 治芳



## 1 有料道路とは

道路は、封建体制下での通行税の徴収のような場合を除き、無料のものとして一般交通の用に供されるのが通常である。

このような道路無料公開の考え方とは、近代産業革命を契機として、自由権の一部と考えられており、道路の建設および管理は、国または地方公共団体の責任において租税財源による公共事業として行なわれている。

しかしあが国のごとく社会資本のストック、とりわけ道路資産の少ない国では、通常の租税財源に依存するだけでは、その激増する道路交通需要に対応して緊急に道路を整備することが困難であるため、昭和27年旧道路整備特別措置法が制定され、この中で、国または地方公共団体が、道路整備を行なうに当ってその財源不足を補う

ため、一般財源以外の資金運用部資金などからの借入金等を利用して道路を建設し、これを利用するものから通行料金を徴収して事業費を償還する——いわゆる有料道路制度が創設されるに至った。

このことは道路無料公開の原則に反するものであるが道路利用に当っての受益の負担の考え方から、公平さを失なうものではないと考えられている。

このような有料道路制度は、わが国においては昭和4年の大政官布告「修路架橋運輸ノ便ヲ興ス者ニ入費税金徴収許可方」が最も古く、以後この布告に基づき各所に有料の橋や渡船施設が建設された。この考え方は旧道路法(大正8年制定)に引き継がれ、現行道路法、道路整備特別措置法へと発展している。

なお、これら道路法上の道路に関する有料制とは別に

第1表 道路投資額の推移

単位：億円

年度 道路種別	昭和 30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
一般	379	433	673	832	1,147	1,243	1,922	2,363	2,936	3,561	4,109	4,771	5,568	5,787	6,601	7,784	10,014	10,975
有料	19	27	79	83	146	281	450	745	1,061	1,220	1,254	1,957	2,350	2,484	2,694	3,100	4,418	5,283
地方単独	225	285	356	466	466	589	790	1,017	1,238	1,437	1,628	1,959	2,252	3,020	3,863	5,095	4,682	5,150
計	623	745	1,108	1,381	1,759	2,113	3,162	4,125	5,235	6,219	6,991	8,687	10,170	11,296	13,159	15,979	19,114	21,513

第2表 第6次、第7次道路整備計画事業費内訳

単位：億円

区分	第7次計画案 (48~52年度)	第6次計画案 (45~49年度)	倍率
一般有料計	168,000	77,000	2.18
一般道路事業計	110,000	52,000	2.12
有料道路事業計	58,000	25,000	2.32
高速自動車国道	29,600	13,200	2.24
都市高速道路 (指定都市含む)	12,500	7,050	1.77
本四連絡道路	3,400	450	7.56
一般有料道路 (道路公団)	6,900	3,100	2.23
一般有料道路 (有料助成)	5,600	1,200	4.07

大正末よりバス事業者で自動車専用道を私設営業するものが現われ、その後昭和8年自動車交通事業法を経て、昭和26年に施行された道路運送法で有料の一般自動車道を私設営業することができるようになっている。

## 2. 有料道路の種類

有料道路の種類は、現行の各種の有料法制、事業主体により、いろいろと分かれているが、大きく分類すると以下のとおりとなる。

- ①有料の高速自動車国道 日本道路公団
- ②有料の一般国道 主として日本道路公団
- ③有料の都道府県道または指定市の市道、市町村道  
主として都道府県、  
市町村または各地方  
道路公社
- ④有料の都市高速道路 首都高速道路公団  
阪神高速道路公団  
名古屋都市高速道路公社  
福岡・北九州 "
- ⑤有料の本四架橋 本州四国連絡橋公団

第3表 供用延長の経緯

道路名	区間	延長 km	供用開始日
中央自動車道 (名神高速道路)	小牧～西宮	189.7	38.7.16～ 40.7.1
中央自動車道 (中央高速道路)	調布～河口湖	85.1	42.12.15～ 44.3.17
	小牧～多治見	15.2	47.10.5～
東海自動車道 (東名高速道路)	東京～小牧	346.8	43.4.25～ 44.5.26
近畿自動車道	門真～吹田	11.2	45.3.1～
中国縦貫自動車道	吹田～宝塚	16.6	45.3.1～
九州縦貫自動車道	植木～熊本	36.2	46.6.30～
東関東自動車道 (新空港線)	千葉～成田	28.5	46.10.27～
北海道縦貫自動車道 (道央高速道路)	千歳～北広島	23.3	46.12.4～
北陸自動車道	金沢～小松	22.5	47.10.18～
東北縦貫自動車道	岩槻～宇都宮	92.3	47.11.13～
		累計 867.4	

- ⑥一般自動車道 一般私人、公法人、国

## 3. 道路投資の推移

道路投資額の推移について、有料道路がどのような伸びを示しているか、一般と対比させて調べてみると第1表のようである。

これからもわかるように昭和30年頃、全道路投資額の約3%程度であったものが、昭和40年には約18%に伸びを示し、昭和47年時点では約25%となっている。

特に昭和47年度では一般50、有料25、地方単独25%の

第4表 国土開発幹線自動車道の概要

昭和47年8月

道 路 名	総延長 km	A 基本計画 km	B 延長 km	C/A %	%延長	整備 km	計 C/A %	事業費(億円)	供用延長 km	備考
中央自動車道(名神)	190	190	100	100	190	100	100	1,145	190	1,060億のうち240億は八王子～大月間の拡幅に要する事業費である。
" (富士吉田原)名	93	93	100	93	100	100	100	1,060	85	
東海自動車道(東名)	346	346	100	346	100	346	100	3,425	346	
小 計	629	629	100	629	100	629	100	5,630	621	
東北縦貫自動車道	756	756	100	684	90	3,934	—	—	—	
中 央 "	357	357	100	274	77	2,385	—	—	—	
北 陸 "	479	479	100	449	94	3,341	—	—	—	
中国縦貫 "	542	542	100	542	100	2,973	17	17	使用区間 吹田～宝塚	
九 州 縦 貫 "	434	434	100	368	85	2,527	14	14	" 植木～熊本	
関 門 "	12	12	100	12	100	306	—	—	—	
小 計	2,580	2,580	100	2,329	90	15,466	31	31	—	
北海道縦貫自動車道	642	407	63	141	22	1,170	23	(24)	使用区間 千歳～札幌	
北海道横断 "	418	60	14	24	6	285	—	—	" 小樽～札幌	
東 北 横 断 "	515	164	32	—	—	—	—	(21)	東京～川越	
越 磐 東 関	446	374	84	251	56	2,484	—	—	" 千葉～富里	
北 陸 " 関	178	178	100	123	69	1,424	23	23	" (桑名～龜山)	
東 海 " 関	120	74	62	74	62	992	—	—	天理～松原	
近 山 中 国 縦 貫	186	91	49	33	18	470	—	—	門真～吹田	
北 陽 関	426	325	76	153	36	1,876	11 (62)	11 (62)	" "	
北 陸 " 関	432	408	94	148	34	2,630	—	—	—	
近 山 中 国 横 断	247	201	81	—	—	—	—	—	—	
北 陸 " 関	231	160	69	2	1	30	—	—	—	
北 陸 " 関	150	650	100	36	24	350	—	—	—	
北 陸 " 関	251	251	100	75	30	680	—	—	—	
新東京国際空港線	3	3	100	3	100	20	—	—	—	
その他の自動車道	86	—	—	—	—	—	—	—	—	
小 計	4,331	2,846	69	1,063	25	12,411	57(107)	57(107)	供用延長欄の( )書は外書で、48年度に一般有料道路より切替え予定の供用区間である。	
合 計	7,540	6,055	80	4,021	53	33,507	709 (107)	709 (107)	供用延長欄の( )書は外書で、48年度に一般有料道路より切替え予定の供用区間である。	

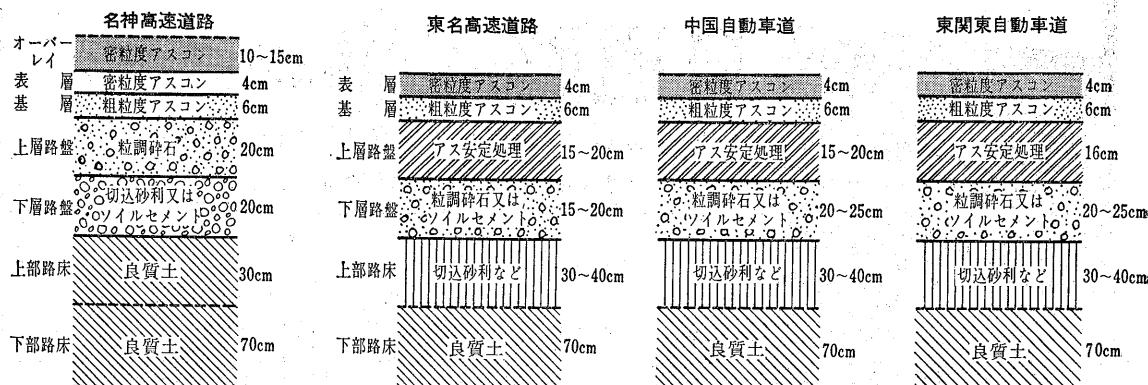
1. 関門自動車道および新東京国際空港線は国土開発幹線自動車道以外の高速自動車国道である。

2. 中央自動車道西宮線は東海自動車道、関門自動車道および新東京国際空港線についでは基本計画はないが、表の対比上記載した。

3. 総延長は重用延長を除いて記載した。

4. 供用延長欄の( )書は外書で、48年度に一般有料道路より切替え予定の供用区間である。

図-1 補装構造の標準断面



状態を示しているが、今後はさらに有料道路への投資は高速道路の整備の促進と一般道路投資の財源難と合せて大幅に伸びることが予想されている。

道路整備5ヵ年計画について、第6次および今回策定された第7次計画案における一般道路事業と有料道路事業の事業費の内訳を示すと第2表のようになる。

これからみると、第7次計画案では本四連絡橋への投資がいよいよ本格的に開始したことと、一般有料道路のうち地方道路公社や、地方公共団体が実施する有料助成金が大幅な伸びを示していることが分る反面、都市高速道路は都市内の公害その他に起因する建設の困難さを反映して、ややひかえ目な伸びとなっている。

#### 4. 高速自動車国道

わが国における高速自動車国道は、昭和32年から名古屋～神戸間の名神高速道路の建設に着手したのが最初であり、現在は国土開発幹線自動車道として、全国各地において着々整備が進んでおり、昭和40年の名神高速道路の全線完成をはじめ、昭和44年、中央高速道路富士吉田線の大部分、東名高速道路の全線、昭和45年近畿自動車道、中国縦貫自動車道の一部、昭和46年には九州縦貫自動車道、東関東自動車道、北海道縦貫自動車道の一部がそれぞれ完成しており、昭和47年11月現在では、新たに東北縦貫自動車道や北陸縦貫自動車道の一部も完成している。

現在のわが国における道路整備の課題は

- a. 過密過疎の解消と住みよい地方都市の育成
- b. 社会資本の充実
- c. 人間優先、生活環境改善
- d. 道路機能の多様化

であり、積極的に人口、産業の地方分散を推進し、国土の広域的利用を図ることが必要であり、このため日本列島改造論にみえるように魅力のある住みよい地方都市の育成こそが、当面の国土建設の基本的課題であるといえよう。

これらの施策を解決するための根幹をなす交通施設体系が、幹線道路網の整備であり、とりわけ高速道路網の果す役割は極めて大きい。

昭和47年11月現在、営業中の高速道路は第3表に示すように10路線で、延長 867.4km となっている。

なお現在建設中の高速道路は、国土開発幹線自動車道約 7,600km 等の整備を目標に、約 2,700km を建設中である。（第4表およびカット図）

これら高速道路の構造は設計速度を平担部 120km/h、丘陵部 100km/h、山岳部 80km/h としており、設計荷重は自動車荷重 20t を使用している。

車線数は一般に 4 車線で、特に必要な箇所については 6 車線としている。

舗装はアスファルトコンクリート舗装であり、その標準断面の主なものを示すと第1図のようである。

〔筆者：建設省道路局有料道路課長補佐〕

==== 別冊「アスファルト」をおわけしております =====

☆頒価 各号とも 200円（郵便切手にても可）

☆ハガキ（あと払い）のお申込みはご遠慮下さい。

☆申込先 日本アスファルト協会 別冊係

105 東京都港区芝西久保明舟町12 和孝第10ビル

号 数	内 容	執 筆 者
別冊 No.6 昭和38年11月発行 (第8回アスファルト ゼミナール)	名神高速道路のアスファルト舗装について 積雪地におけるアスファルト舗装 アスファルト乳剤工法について 河川堤防のアスファルト工法 港湾構造物へのアスファルト利用	田 中 淳 七 部 若 木 三 男 藤 崎 桃 三 郎 佐 藤 正 八 郎 加 川 道 男
別冊 No.10 昭和47年4月発行 (第15回アスファルト ゼミナール)	アスファルト舗装要綱の問題点 アスファルト混合物の品質管理と検査 アスファルト安定処理 寒冷地のアスファルト舗装について	竹 下 春 見 藤 南 治 芳 南 雲 貞 夫 菅 原 照 雄 菅 原 照 雄
別冊 No.11 昭和42年9月発行 (第16回アスファルト ゼミナール)	アスファルト舗装の各種設計方法について アスファルト混合物の施工について 最近のアスファルト舗装の2, 3の問題点 東名高速道路の舗装について	松 岸 文 雄 岸 石 季 朗 原 野 三 雄 石 田 久 雄
別冊 No.12 昭和43年12月発行 (第17回アスファルト ゼミナール)	最近の各国のアスファルト舗装設計について アスファルト舗装の検査と品質管理 アスファルト乳剤安定処理実績調査 東名高速道路の安定処理工法 簡易舗装の現状	植 松 三 協 岩 近 正 瀬 藤 正 藤 見 博 瀬 藤 正
別冊 No.13 昭和44年11月発行 (第18回アスファルト ゼミナール)	中国地建管内のアスファルト舗装について 最近の舗装用材料について アスファルト舗装施工上の問題点 岡山県の乳剤安定処理工法 簡易舗装について	和 気 竹 功 昆 布 谷 郎 工 藤 忠 雄 坂 出 康 人 南 雲 貞 夫
別冊 No.14 昭和45年11月発行 (第19回アスファルト ゼミナール)	アスファルト舗装工事共通仕様書について アスファルト乳剤の動向と問題点 福岡県の簡易舗装概況報告 土木建設における最近のアスファルトの利用	福 谷 部 文 夫 谷 物 啓 輔 坂 部 幸 保
別冊 No.15 昭和46年6月発行 (第21回アスファルト ゼミナール)	アスファルトの流通について スタビライザー工法の実状と趨勢 アスファルト舗装の施工上の問題点 アスファルト舗装の設計の推移と現状	石 井 一 郎 稻 垣 健 三 壇 原 弥 夫 南 雲 貞 夫
別冊 No.17 昭和47年2月発行 (第23回アスファルト ゼミナール)	積雪寒冷地の高速道路の舗装について アスファルト舗装の破損とはく離現象 札幌市における防塵処理 アスファルトの供給について	瀬 南 戸 薫 南 雲 貞 夫 出 来 岡 三 山 本 高 英
別冊 No.18 昭和47年7月発行 (第24回アスファルト ゼミナール)	アスファルトの生産について 本四連絡橋と国土開発の構想 四国の道路整備について アスファルト舗装の施工上の問題点 アスファルト乳剤による表面処理	古 田 姉 明 福 井 寿 保 藤 物 檜 彦 物 壇 一

**社団法人 日本アスファルト協会会員**

社名	住所	電話
<b>【メーカー】</b>		
アジア石油株式会社	(100) 東京都千代田区内幸町2-1-1	03 (506) 5649
大協石油株式会社	(104) 東京都中央区京橋1-1	03 (562) 2211
エッソスタンダード石油(株)	(105) 東京都港区赤坂5-3-3	03 (584) 6211
富士興産株式会社	(100) 東京都千代田区永田町2-4-3	03 (580) 3571
富士興産アファルト(株)	(100) 東京都千代田区永田町2-4-3	03 (580) 0721
富士石油株式会社	(100) 東京都千代田区大手町1-2-3	03 (211) 6531
ゼネラル石油株式会社	(104) 東京都中央区銀座4-9-13	03 (541) 2531
出光興産株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内3-1-1	03 (213) 3111
鹿島石油株式会社	(105) 東京都港区芝琴平町38	03 (503) 4371
共同石油株式会社	(100) 東京都千代田区永田町2-11-2	03 (580) 3711
丸善石油株式会社	(100) 東京都千代田区大手町1-5-3	03 (213) 6111
三菱石油株式会社	(105) 東京都港区芝琴平町1	03 (501) 3311
モービル石油株式会社	(100) 東京都千代田区大手町1-7-2	03 (270) 6411
日本鉱業株式会社	(105) 東京都港区赤坂葵町3	03 (582) 2111
日本石油株式会社	(105) 東京都港区西新橋1-3-12	03 (502) 1111
日本石油精製株式会社	(105) 東京都港区西新橋1-3-12	03 (503) 1111
三共油化工業株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内1-4-1	03 (216) 2611
西部石油株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内1-2-1	03 (216) 6781
シェール石油株式会社	(100) 東京都千代田区霞が関3-2-5	03 (580) 0111
新日本油化学工業株式会社	(676) 兵庫県高砂市伊保町梅井字新浜1-1	07944 (7) 0781
昭和石油株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内2-7-3	03 (231) 0331
昭和四日市石油株式会社	(100) 東京都千代田区有楽町1-2-1	03 (211) 1411
谷口石油精製株式会社	(512) 三重県三重郡川越町高砂	0593 (65) 2175
東亜燃料工業株式会社	(100) 東京都千代田区一ツ橋1-1-1	03 (213) 2211
ユニオン石油工業株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内1-4-2	03 (211) 3611

**【ディーラー】**

● 東 北

アサヒレキセイ(株)仙台支店 (980) 宮城県仙台市一番町2-3-32 0222 (65) 1101 大協  
有限公司 男鹿興業社 (010-05) 秋田県男鹿市船川港船川字化世沢178 01852 (4) 3293 共石

● 関 東

アサヒレキセイ株式会社	(104) 東京都中央区八丁堀3-3-5	03 (551) 8011 大協
アスファルト産業株式会社	(103) 東京都中央区八丁堀4-4-13	03 (553) 3001 シエル
富士鉱油株式会社	(105) 東京都港区新橋4-26-5	03 (432) 2391 丸善
富士油業(株)東京支店	(106) 東京都港区西麻布2-8-6	03 (402) 4574 富士興産アス
関東アスファルト株式会社	(336) 浦和市岸町4-26-19	0488 (22) 0161 シエル
株式会社木畑商会	(104) 東京都中央区八丁堀4-2-2	03 (552) 3191 共石
国光商事株式会社	(165) 東京都中野区東中野1-7-1	03 (363) 8231 出光
三菱商事株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内2-6-3	03 (210) 0211 三石

社团法人 日本アスファルト協会会員

社名	住所	電話
中西瀝青株式会社	(103) 東京都中央区八重洲1-2-2	03(272) 3471 日石
株式会社 南部商会	(100) 東京都千代田区丸の内3-4-2	03(212) 3021 日石
日本輸出入石油株式会社	(100) 東京都千代田区大手町1-2-3	03(211) 6711 共石
日東石油販売株式会社	(104) 東京都中央区銀座4-13-13	03(543) 5331 シエル
日東商事株式会社	(162) 東京都新宿区矢来町111	03(260) 7111 昭石
瀝青販売株式会社	(103) 東京都中央区日本橋2-16-3	03(271) 7691 出光
菱東石油販売株式会社	(101) 東京都中央区外神田6-15-11	03(833) 0611 三石
菱洋通商株式会社	(104) 東京都中央区銀座4-2-14	03(564) 1321 三石
三徳商事(株) 東京営業所	(101) 東京都千代田区岩本町1-3-7	03(861) 5455 昭石
株式会社 沢田商行	(104) 東京都中央区入船町1-7-2	03(551) 7131 丸善
新日本商事株式会社	(101) 東京都千代田区神田錦町2-7	03(294) 3961 昭石
昭和石油アスファルト株式会社	(140) 東京都品川区南大井1-7-4	03(761) 4271 昭石
住商石油株式会社	(101) 東京都千代田区神田美土代町1	03(292) 3911 出光
大洋商運株式会社	(100) 東京都千代田区有楽町1-2	03(503) 1931 三石
東光商事株式会社	(104) 東京都中央区京橋1-6	03(274) 2751 三石
東京アスファルト株式会社	(100) 東京都千代田区内幸町2-1-1	03(501) 7081 共石
東京富士興産販売株式会社	(105) 東京都港区芝琴平町34	03(503) 5048 富士興産アス
東京レキセイ株式会社	(141) 東京都品川区西五反田8-12-10	03(493) 6198 富士興産アス
東京菱油商事株式会社	(160) 東京都新宿区新宿1-10-3	03(352) 0715 三石
東生商事株式会社	(150) 東京都渋谷区渋谷町2-19-18	03(409) 3801 三共・出光
東新瀝青株式会社	(103) 東京都中央区日本橋2-13-5	30(273) 3551 日石
東洋アスファルト販売株式会社	(107) 東京都港区赤坂5-3-3	03(584) 6211 エッソ
東洋国際石油株式会社	(104) 東京都中央区八丁堀3-3-5	03(552) 8151 大協
梅本石油株式会社	(162) 東京都新宿区新小川町2-10	03(269) 7541 丸善
ニニ石油株式会社	(105) 東京都港区西新橋1-4-10	03(503) 0467 シエル
渡辺油化興業株式会社	(107) 東京都港区赤坂3-21-21	03(582) 6411 昭石
横浜米油株式会社	(221) 横浜市神奈川区金港町7-2	045(441) 9331 エッソ

● 中 部

アサヒレキセイ(株)名古屋支店	(466) 名古屋市昭和区塩付通4-9	052(851) 1111 大協
ビチュメン産業(株)富山営業所	(930) 富山市奥井町19-21	0764(32) 2161 シエル
千代田石油株式会社	(460) 名古屋市中区栄1-24-21	052(201) 7701 丸善
富士フロー株式会社	(910) 福井市下北野町東坪3字18	0776(24) 0725 富士興産アス
株式会社 名建商會	(460) 名古屋市中央区栄4-21-5	052(241) 2817 日石
中西瀝青(株) 名古屋営業所	(460) 名古屋市中区錦町1-20-6	052(211) 5011 日石
三徳商事(株) 名古屋営業所	(453) 名古屋市中村区西米野1-38-4	052(481) 5551 昭石
株式会社 三油商會	(460) 名古屋市中区丸の内2-1-5	052(231) 7721 大協
株式会社 沢田商行	(454) 名古屋市中川区富川町1-1	052(361) 7151 丸善
新東亜交易(株) 名古屋支店	(453) 名古屋市中村区広井町3-88	052(561) 3511 三石

社団法人 日本アスファルト協会会員

社名	住所	電話
<b>● 近畿</b>		
アサヒレキセイ(株)大阪支店	(550) 大阪市西区北堀江5—55	06 (538) 2731 大協
千代田瀬青株式会社	(530) 大阪市北区此花町2—28	06 (358) 5531 三石
富士アスファルト販売株式会社	(550) 大阪市西区京町堀3—20	06 (441) 5159 富士興産アス
平和石油株式会社	(530) 大阪市北区宗是町1	06 (443) 2771 シエル
平井商事株式会社	(542) 大阪市南区長堀橋筋1—43	06 (252) 5856 富士興産アス
関西舗材株式会社	(541) 大阪市東区横堀4—43	06 (271) 2561 シエル
川崎物産株式会社	(650) 神戸市生田区江戸町98	078 (391) 6511 昭石・大協
北坂石油株式会社	(590) 堺市戒島町5丁32	0722 (32) 6585 シエル
毎日石油株式会社	(540) 大阪市東区京橋3—11	06 (943) 0351 エッソ
丸和鉱油株式会社	(532) 大阪市東淀川区塚本町2—22—9	06 (301) 8073 丸善
三菱商事(株)大阪支社	(530) 大阪市北区堂島浜通1—15—1	06 (343) 1111 三石
中西瀬青(株) 大阪営業所	(532) 大阪市東淀川区西中島町3—261	06 (303) 0201 日石
三徳商事株式会社	(531) 大阪市東淀川区新高南通2—22	06 (394) 1551 昭石
(株)沢田商行大阪支店	(542) 大阪市南区鰐谷西之町50	06 (251) 1922 丸善
正興産業株式会社	(662) 西宮市久保町2—1	0793 (34) 3323 三石
(株)シエル石油大阪発売所	(530) 大阪市北区堂島浜通1—25—1	06 (343) 0441 シエル
梅本石油(株) 大阪営業所	(550) 大阪市西区新町北通1—17	06 (351) 9064 丸善
山文商事株式会社	(550) 大阪市西区土佐堀通1—13	06 (443) 1131 日石
横田瀬青興業株式会社	(672) 姫路市飾磨区南細江995	0792 (35) 7511 共石
<b>● 四国・九州</b>		
入交産業株式会社	(780) 高知市大川筋1—1—1	0888 (73) 4131 富士・シエル
平和石油(株) 高松支店	(760) 高松市番町5—6—26	0878 (31) 7255 シエル
三協商事株式会社	(770) 徳島市万代町5—8	0886 (53) 5131 富士興産アス
西岡商事株式会社	(764) 香川県多度津町新町125—2	08773 (2) 3435 三石
九州菱油株式会社	(770) 北九州市八幡区山王1—17—11	093 (66) 4868 三石
畑礦油株式会社	(804) 北九州市戸畠区明治町5丁目	093 (871) 3625 丸善
丸菱株式会社	(812) 福岡市博多区博多駅前1—9—3	092 (43) 7561 シエル
<b>● 北海道</b>		
株式会社日本一ド資材	(060) 札幌市中央区北一条西10—1—11	011 (261) 7469 丸善