

種 別	第19回直技研報資
資料番号	15

港 灣 技 研 資 料

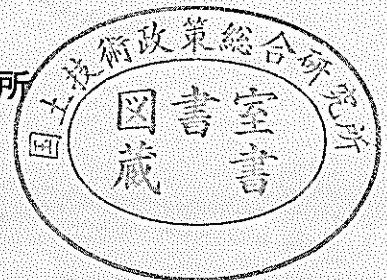
TECHNICAL NOTE OF
PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 54 Sept 1968

空港アスファルト舗装構造の設計法に関する一提案

須 田 熙
佐 藤 勝 久
藤 本 憲 久

運輸省港湾技術研究所



空港アスファルト舗装構造の設計法に関する一提案

目 次

1. 一 般	4
1. 1 適用の範囲	4
1. 2 設計の基本方針	4
1. 3 舗装区域の名称	4
1. 4 アスファルト舗装の構成	5
2. 舗装構造の設計条件	7
2. 1 設計条件の種類	7
2. 2 舗装区域の種別	7
2. 3 舗装の位置、平面形状および勾配	7
2. 4 舗装の使用年数	9
2. 5 航空機の脚および車輪の設計諸元	9
2. 6 航空機の交通量	11
2. 7 設計荷重および設計荷重の反復作用回数	11
2. 8 原地盤の地形と土質	12
2. 9 路床の土質	14
3. 舗装構造の設計	17
3. 1 設計の順序	17
3. 2 路床改良の必要性の検討	17
3. 3 基準舗装厚の算定	17
3. 4 基準舗装の層構成の算定	28
3. 5 締固め度に対する基準舗装厚の検討	28
3. 6 地盤の支持力の検討	30
3. 7 舗装構造の決定	31
3. 8 凍上に対する検討	31
3. 9 沈下に対する検討	31
3. 10 排水工の設計	31
3. 11 嵩上げ設計法	31
4. 舗装材料と施工の要点	32
4. 1 路 床	32
4. 2 下層路盤	32
4. 3 上層路盤	34
4. 4 表層および基層	40
4. 5 プルーフローリング	44

附 録	45
附録 1 等価単車輪荷重 (ESWL)	45
附録 2 無荷重ブラストエリヤの表面処理	59
附録 3 基準舗装厚設計曲線の作成法	62
附録 4 舗装厚の計算例	64
附録 5 瀝青材の規格	65
附録 6 ふるいの一覧表	67
附録 7 瀝青材加熱一覧表	67
附録 8 剝離試験	68
附録 9 碎石の呼称	68
解 説	69
参考文献	73

A Proposed Design Method of Asphalt Concrete Pavement for Airport

by Hiroshi SUDA*
Katsuhisa SATO**
Norihisa FUJIMOTO**

Synopsis

This paper describes a proposed design method of asphalt concrete pavement for airport based upon an extensive literature survey on the thickness design methods and the executive specifications for bituminous airport pavements, the detailed results of which have been published in Technical Notes of Port & Harbour Research Institute, Nos. 52 and 53.

The proposed method includes the characteristics as follows.

- (1) The concept of traffic intensity, Coverage, was introduced as one of the factors to determine pavement thickness.
- (2) It requires to calculate the anticipated uneven settlements of the pavement surface due to the settlement of subgrade and subsoil consolidation and to check them with the ICAO criteria on the longitudinal slope requirements of pavements.
- (3) It requires to calculate the shear stresses due to the gear load and to check them with shear strength of subsoil when it is of soft ground type where the conventional CBR method is unpracticable.
- (4) The concept of the equivalent layer depth of pavement materials is introduced to allow the reduction in layer thicknesses according to the quality of pavement materials.
- (5) The curves originally developed by the U. S. Corps of Engineers is adopted to find the compaction requirements of base, subbase and subgrade.

* Chief, Runway Laboratory, Soils Division.

** Member, Runway Laboratory, Soils Division.

空港アスファルト舗装構造の設計法に関する一提案

須田 熙*

佐藤 勝久**

藤本 憲久**

要 旨

本報告書は、先に文献調査の研究結果として、港湾技研資料No. 52, No. 53 で発表した「空港瀝青舗装の舗装厚設計法に関する調査研究」、 「空港瀝青舗装の材料および施工に関する調査研究」に基づき、空港アスファルト舗装構造の一設計法を提案したものである。

本提案の、他の設計法にあまり見られない特色は次のとおりである。

- (1) 航空機の交通量の大きさの評価が、舗装厚の設計の一要因として導入された。
- (2) 本報告書では、軟弱な路床や基礎地盤の圧密沈下を予測し、これがI・C・A・O（国際民間航空機構）の勾配基準を越えないように規定した。
- (3) 本報告書では、CBR法を適用できないような軟弱な基礎地盤においては、航空機荷重によって地中に生ずる剪断力が、その深さの土の剪断抵抗力を越えないように規定した。
- (4) 舗装材料の質に応じて、等値換算係数を用いて、舗装厚を減らすことができるようにした。
- (5) 路盤や路床の必要締固め度については、いかなる種類の航空機に対しても適用できる、締固め設計曲線（米国防軍工兵隊によって開発されたもの）を採用した。

1. 一 般

1.1 適用の範囲

本設計法は、総重量15t以上の航空機（ヘリコプターや垂直離着陸航空機は除く）を対象とするアスファルト舗装構造の設計法についての一提案である。また本設計法は、あとに述べる材質規定やその他の規定が十分に満足されるように施工された場合にのみ成立する。

1.2 設計の基本方針

設計にさいしては、現地の安い材料の活用や、現地に適した施工方法の採用を常に念頭において、目的に合った舗装を最も経済的に建設できるよう努力しなければならない。

1.3 舗装区域の名称

航空機を対象とする舗装は、航空機の使用目的により、次のように分けられる。

1.3.1¹⁾ 滑走路

航空機が離着陸に使用する、直線路をいう。

1.3.2²⁾ 誘導路

航空機を、ある区域から、他の区域へ誘導するために設けられる通路をいう。滑走路と平行に走る誘導路を平行誘導路、または、平行誘導路がない場合に、滑走路端で、航空機を方向転換させたり、待機させたりするために滑走路端に設けられる円形の誘導路を旋回誘導路という。着陸した航空機を速やかに滑走路から離れさせるために、滑走路の途中から平行誘導路に向かって設けられ

* 土質部 滑走路研究室長

** 土質部 滑走路研究室

本提案の原案作成は須田が行ない、設計曲線など本文中の図表や附録の作成は、佐藤、藤本が担当した。

る誘導路を、離脱用誘導路という。また、平行誘導路から離陸出発点に向う航空機が、出発の順序を待つための場所、あるいはエンジンのウォームアップを行なう場所をホールディング・エプロンという。

1.3.3 エプロン¹⁾

駐機場を総称して、エプロンという。ターミナルビルの前面に配置し、旅客の乗降、貨物の積み下ろし、給油、その他の目的のために駐機する区域をターミナル・エプロン（ローディング・エプロン）という。特に、貨物専用として、ターミナルビルから離れて設けられるエプロンを貨物用エプロンと呼ぶ。また、航空機の点検、修理、オーバーホールなどのための整備施設に附帯するエプロンや、その空港を基地とする航空機の駐泊場所としてのエプロンを、整備用エプロンという。

1.3.4 オーバーラン²⁾

航空機が万一滑走路を越えて停止するような場合や、航空機のブラストから滑走路末端に隣接する区域を守るために、必要滑走路の両端につづいて設けられる余剰帯をいう。オーバーランの中で、特に滑走路端につづく、

ブラスト防護区域を、オーバーラン・ブラスト・エリアと呼ぶ。

1.3.5 無荷重ブラスト・エリア²⁾

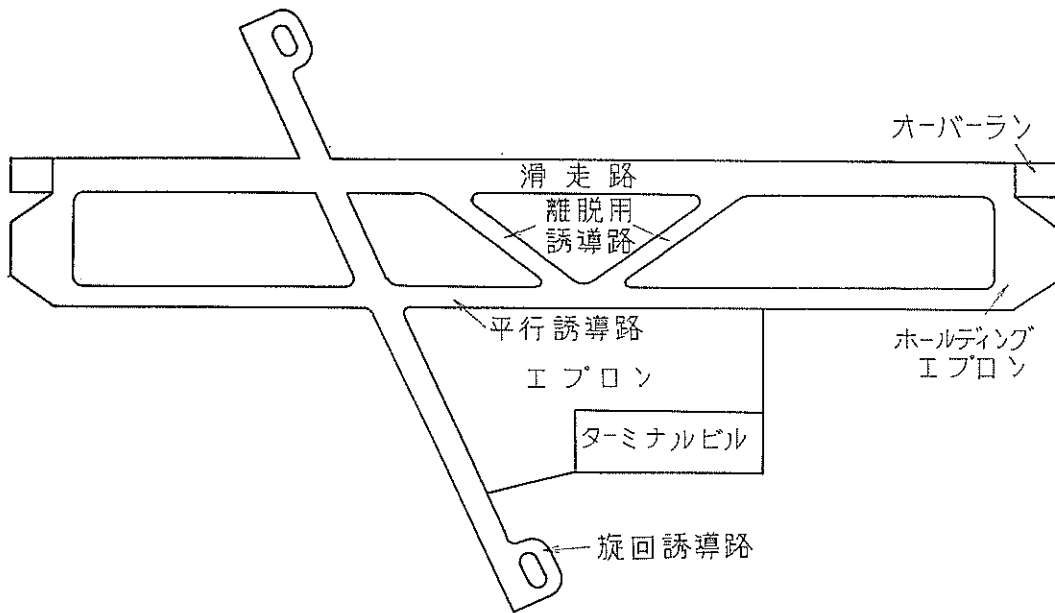
誘導路の中で航空機の旋回するような場所や、エンジンのウォームアップを行なうエプロンに隣接する場所は、航空機荷重はのらないが、ブラストを受ける。このようにブラストから、地面を防護しなければならない区域を無荷重ブラスト・エリアという。

1.3.6 ショルダー²⁾

舗装端部の防護や、舗装下部への雨水の浸入を防ぐためや、稀ではあるが滑走路を逸脱した航空機を安全に走行させたり、消防車や救急車を走行させるために、滑走路や誘導路の両側端に沿って設けられる舗装帯をいう。

(注1) 滑走路は R/W, 誘導路は T/W, エプロンは A/P と省略して表現することが多い。

(注2) わが国の主要空港では、オーバーランの幅は、滑走路の幅と同じで、長さは、滑走路両端から 60m を採用している。

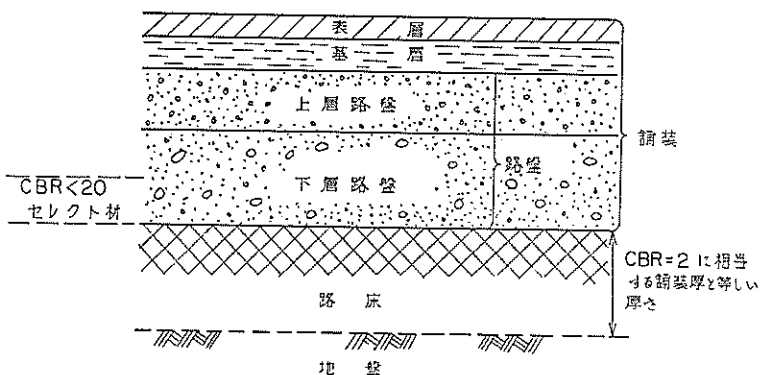


図一1.1 舗装区域の名称

1.4 アスファルト舗装の構成^{3),4)}

アスファルト舗装とは、骨材をアスファルト材料で結合して作った表層を有する舗装をいう。舗装は一般に表

層、基層、上層路盤、下層路盤、から構成され、舗装厚とは下層路盤以上の全厚を指す。各層の材質基準については、第4章を参照する。



図—1.2 アスファルト舗装の構成

1.4.1 路床

路床とは、舗装の下面から下方、ある厚さの範囲の盛土部または切土部をいう。本基準では、対象航空機に関する $C \cdot B \cdot R = 2$ の基準舗装厚と等しい厚さをもって路床厚とする。路盤に、路床の土が侵入するのを防ぐしゃ断層や、切土盛土のすりつけ部分のうめもどしや、路床面の凹凸をならし、均等な支持力を得るための局所的な置き換えなどの部分は、路床とみなす。

(注1) 路床はサブグレードとも呼ばれる。

(注2) 基準舗装厚については、3.3を参照すること。

(注3) しゃ断層には、粒度分布の良い砂や、切込砂利や良質な山砂が用いられる。

1.4.2 下層路盤

路盤は、舗装面に加わる荷重を、路床に広く安全に分散させるために設けられるものであって、路盤のうち、上側の部分を上層路盤、下側の部分を下層路盤という。下層路盤は上層路盤よりも品質のおちる安い材料を使用するのが普通であるが、本基準では、下層路盤に使用する材料の設計 $C \cdot B \cdot R$ は50未満で良いとしている。下層路盤のうち、設計 $C \cdot B \cdot R$ が20未満の部分を特にセレクト材と称する。

セレクト材は、路床が軟弱で、下層路盤の厚さが大きくなる場合に、材料費を節約するために下層路盤の下側部分に用いられる層で、上側部分よりは、品質のおちる安い材料を使用して良い。またセレクト材が、しゃ断層に適した材料である場合には、これを兼ねることができ。

路床の材料が、下層路盤としての材質基準に適合し、しかも、設計 $C \cdot B \cdot R$ が20以上である場合には、下層路盤は作らなくても良い。

(注1) 下層路盤はサブベースとも呼ばれる。

(注2) 下層路盤に使用される材料は、一般にシルトや粘土の混入した砂、砂、切込砂利、山砂利、切込碎石およびこれらの混合材や、瀝青安定処理材、セメント安定処理材などである。

1.4.3 上層路盤

上層路盤は、4.3に示す上層路盤としての材質基準に適合することが必要で、その最小厚は、3.2に示すような値である。

(注1) 上層路盤はベースとも呼ばれる。

(注2) 上層路盤に使用される材料は一般に、中央プラント加熱混合方式瀝青安定処理材、粒度調整破砕骨材、水締めマカダム、空締めマカダム、中央プラント混合方式セメント安定処理材、リーコンクリートなどである。

1.4.4 基層

基層は、上層路盤の凹凸を修正し、表層に加わる荷重を均一に路盤に分布させる目的をもって作られるものである。その最小厚は、3.2に示すような値である。

(注1) 基層は、バインダー・コース（中間層）あるいはベース・コースとも呼ばれる。基層が二層で構成される場合には、上の層をバインダー・コース下の層をレベリング・コースと呼ぶこともある。

(注2) 基層に使用される材料は、中央プラント加熱混合方式アスファルトコンクリートである。

1.4.5 表層

表層は、舗装の最上部にあって、直接航空機荷重の作用をうけると共に、風化作用や航空機のプラストや油などの作用も直接うける。したがって、これらの作用に対し、材料が剥離したり、摩耗したり、老化したりすることがなく、また、荷重に対し安定であり、適切なすべり抵抗を有し、表面が航空機の高速走行に対し安全なよう

に、平たんであることが必要となる。さらに、雨水が路盤に浸透することがあってはならない。表層の最小厚は、3.2 に示すような値である。

(注1) 表層は、サーフェース・コースあるいはウエアリング・コースとも呼ばれる。

(注2) 表層に使用される材料は、中央プラント加熱混合方式アスファルトコンクリートである。

2. 舗装構造の設計条件

2.1 設計条件の種類

舗装構造を設計するさいには、まず、次の諸条件を決めなければならない。

- (1) 舗装区域の種類
- (2) 舗装の平面形状および勾配
- (3) 舗装の使用年数
- (4) 航空機の脚および車輪の設計諸元
- (5) 航空機の交通量
- (6) 設計荷重および設計荷重の反復作用回数
- (7) 原地盤の地形と土質
- (8) 路床の土質
- (9) 下層路盤および上層路盤に使用する材料の種類

以下に、上記諸条件の決定方法について、各個に説明を加える。

2.2 舗装区域の種類

設計の対象となる舗装が、1.3 に示す種類の何ずれの区域にあたるかを明確にしなければならない。

(注) 舗装区域の種類は、設計荷重、荷重の反復作用回数などを決めるさいの条件となる。

2.3 舗装の位置・平面形状および勾配^{1),6)}

設計の対象となる舗装の位置や幅や長さなどの平面形状および、横断・縦断勾配を明確にしなければならない。

(注1) 舗装の位置や平面形状は、荷重の反復作用回数などの条件となるほかに、地盤や路床の土質などのような設計条件と密接なつながりを持つものである。また、舗装の横断、縦断勾配は、設計断面の作成に必要となるほかに、排水の設計や、舗装の沈下計算の条件となる。

(注2) 舗装の位置、平面形状および勾配は、計画面から決められるものであるから、与えられた値をそのまま使用すれば良い。

表一. 1 舗装の平面形状および勾配の規格値

着陸帯の等級		A	B	C	D	E	F	G	H	J	
滑走路 R/W	長さ (m)	>2,550	~2,150	~1,800	~1,500	~1,280	~1,080	~900	~500	~100	
	幅 (m)	>45					>30		>25	>15	
	最大縦断勾配	1.0 %							1.5%	2.0%	
	最大横断勾配	1.5 %							2.0%	3.0%	
着陸帯	長さ (m)	(滑走路の長さ) + 2 × 60									
	幅 (m)	計器用	>300							>150	
		非計器用	150>				>120	>90	>60		
	最大縦断勾配	1.0%							1.5%	2.0%	
	最大横断勾配	2.5%							3.0%		
誘導路	幅 (m)	>23		18>	15>	>12.5		>9	>6		
	最大縦断勾配	3.0%									
	最大横断勾配	1.5%									

(注3) わが国の法規で決められている、舗装の平面形状や勾配の規格値は表一. 1 のとおりである。¹⁾

(注4) 表一. 2.1 以外に、滑走路の勾配について、I・C・A・O (世界民間航空機構) では、さらに詳

細に、次のような勧告を示している。⁶⁾

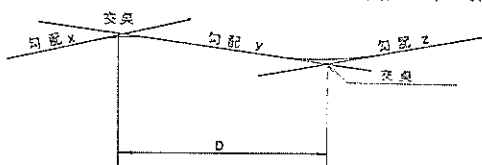
- i) 滑走路の両端の中心点を結んだ直線の勾配は1 %以下であること。
- ii) 部分的な縦断勾配は、滑走路等級A, B, Cの

場合は1.25%，それ以外の滑走路では1.5%以下であること。

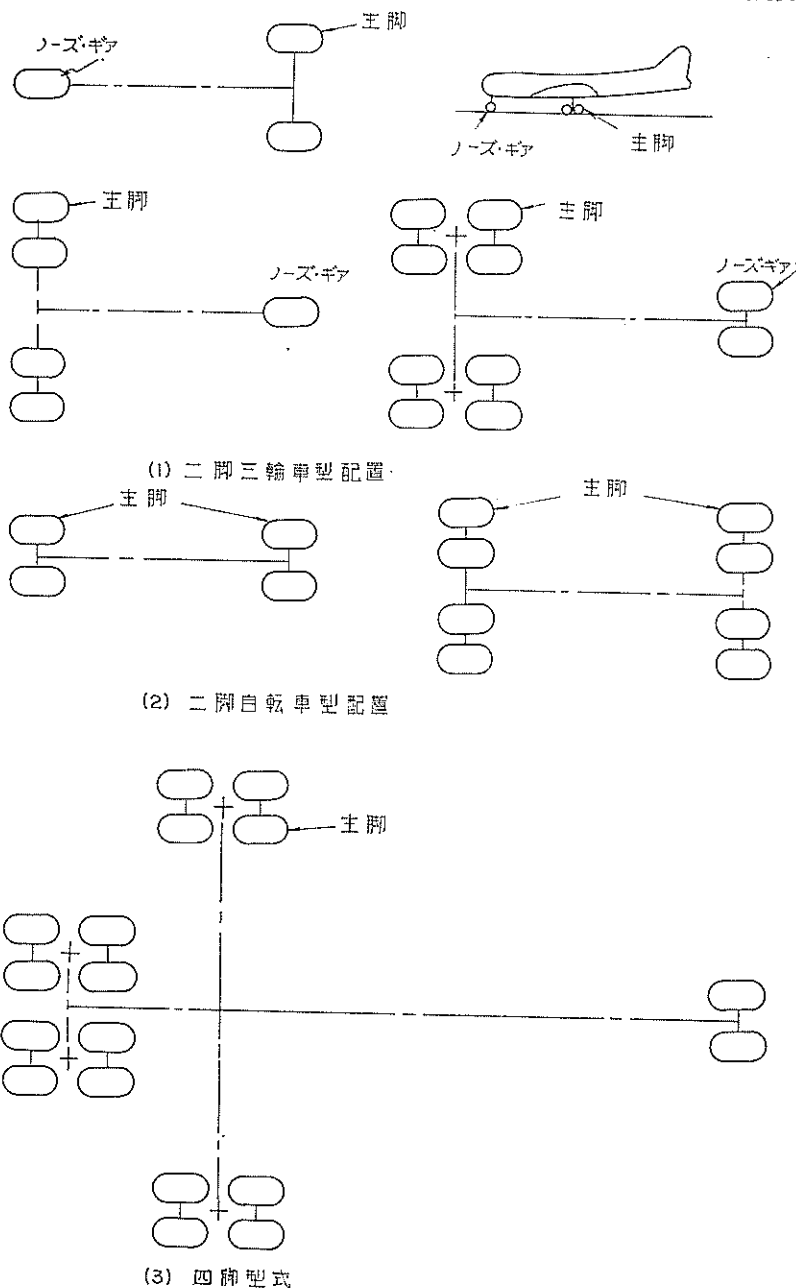
iii) 滑走路等級A, B, Cでは、滑走路全延長の最初の $\frac{1}{4}$ および最後の $\frac{1}{4}$ の長さの部分での縦断勾配は0.8%以下であること。

iv) 二つの連続している勾配間の勾配変化は1.5%以下であること。

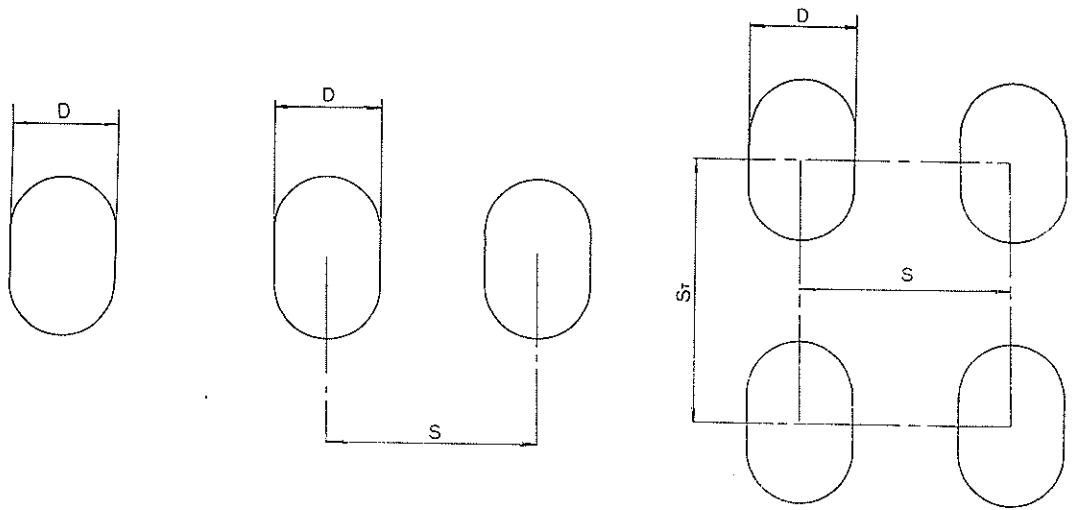
v) 着陸しようとする航空機の高度が22.5mになる地点から、着陸点までには、滑走路には、勾配の



図一2.1 縦断の勾配変化



図一2.2 脚の配置型式



単車輪

複車輪

複マ車輪

図—2.3 車輪の配置型式

変化をできるだけつけないこと。

- vi) 縦断勾配の変化は、滑走路等級 A, B, C, D では30mにつき0.1%の変化率(曲率半径30,000m), E, Fでは、30mにつき0.2%の変化率(曲率半径15,000m), Gでは30mにつき0.3%の変化率(曲率半径10,000m)以下で行なうこと。

- vii) 縦断勾配の変化点間の距離Dは、図—2.1のような場合

$$D \geq 7500(|x-y| + |y-z|) \dots\dots\dots(2.1)$$

D:単位はm

x, y, z:例えば図—2.1の場合,

xは+0.01, yは-0.005, zは+0.005.

したがって $|x-y|=0.015$,

$|y-z|=0.01$.

- ix) 滑走路上の任意の点における高さ3mの所から、滑走路長の少なくとも1/2の距離の範囲内の高さ3mの点が見えること。

- ix) 滑走路面上において、45m区間の不陸は、2.5~3.0cm以内であることが望ましいことを、ある国では確かめている。

2.4 舗装の使用年数

設計の対象となる舗装の使用年数を決めなければならない。

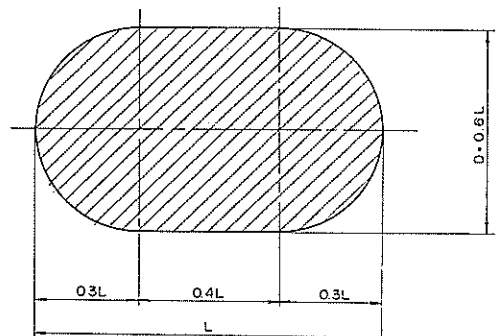
(注) 舗装の使用年数は、その空港の重要度や使用頻度や経済条件などを総合的に検討して、責任技術者が

決定する。使用年数は、荷重の反復作用回数の条件となるものであるが、航空機の発展やアスファルト舗装の表層の材質などを考慮すれば、一般の空港では5年前後が妥当であろう。

2.5 航空機の脚および車輪の設計諸元^{7), 8), 9)}

航空機の脚および車輪に関して、舗装構造の設計上必要となる諸元は次のとおりである。

- (1) 総重量
- (2) 脚荷重
- (3) 輪荷重
- (4) 車輪中心間隔
- (5) タイヤ内圧
- (6) タイヤ接地圧



図—2.4 タイヤの接地形状

表-2.2 航空機の設計諸元

航空機の種類	B-707	B-727	B-727-200	B-737	B-747 (巨人機)	DC-8-53/55	DC-8-61	DC-8-62	DC-8-63	CV-880	VIS-828	YS-11	F-27	B-2707 (SST)	コンコルド (SST)
	総重量 (ton)	148.0	68.9	76.6	49.0	308.0	147.4	147.4	152.0	158.8	87.5	32.9	23.5	17.9	272
(1)満載時															
(2)着陸時	105.1	61.2	64.6	—	255.8	108.9	108.9	113.4	111.1	70.3	29.0	22.5	16.2	—	—
(3)空荷時	111.0	51.7	61.6	38.2	238.0	110.7	101.6	104.3	102.1	55.1	26.1	20.7	16.2	—	—
脚荷重 (ton)	69.0	32.1	35.9	22.0	75.1	67.1	68.5	69.9	73.9	39.4	14.8	10.6	7.3	—	—
(1)満載時															
(2)着陸時	49.0	28.5	30.3	—	62.4	49.6	50.6	52.2	51.7	31.7	13.0	10.1	6.6	—	—
(3)空荷時	51.8	24.1	28.8	17.2	58.1	50.4	47.2	48.0	47.5	24.8	11.7	9.3	6.6	—	—
車輪の配置形式	複々車輪	複車輪	複車輪	複車輪	複々車輪	複々車輪	複々車輪	複々車輪	複々車輪	複々車輪	複車輪	複車輪	複車輪	複々車輪	複々車輪
複車輪の横中心間隔 S(cm)	86.4	86.4	86.4	77.5	111.8	76.2	76.2	76.2	79.4	54.6	48.3	64.0	43.2	96.5	—
複々車輪の縦中心間隔 S _r (cm)	142.2	—	—	—	147.3	139.7	139.7	139.7	139.7	114.3	—	—	—	142.2	—
タイヤ内圧P _i (kg/cm ²)	12.7	10.5	11.6	10.1	14.8	12.5	12.8	13.2	13.9	10.5	9.1	4.9	5.5	13.0	13.4
タイヤ接地圧P _p (kg/cm ²)	14.0	11.6	12.8	11.1	16.3	13.8	14.1	14.5	15.3	11.6	10.1	5.4	6.1	14.3	14.7
タイヤ接地面積 A(cm ²)	1232	1384	1406	991	1151	1216	1214	1204	1208	852	733	985	598	—	—
(1)満載時															
(2)空荷時	925	1037	1126	775	891	912	837	827	777	534	581	865	541	—	—
一車輪の接地幅 ^D (cm)	29	31	31	26	28	29	29	29	29	24	22	26	20	—	—

* タイヤ接地圧は、タイヤ内圧の1.1倍と仮定した。3.3の設計曲線には、この値を使用している。

- (7) タイヤ接地面積
- (8) タイヤの接地幅

図-2.2, 図-2.3に, 脚および車輪の配置型式⁷⁾を, 表-2.2に, 各航空機に関する上記の設計諸元を示す。

(注1) 航空機の脚および車輪の諸元は, 設計荷重や荷重の反復作用回数を定めるさいに必要となるほか, 舗装構造の設計計算にも使用される。

(注2) 脚の配置型式の内, 民間機は一般に二脚三輪車型配置であり, 二脚自転車型配置は, 大型軍用爆撃機などに見られる。しかし, 民間機でも, 巨人機や超音速機などのように総重量が大きくなると, 図-2.2のような四脚型式などがとられるようになる。⁸⁾

(注3) 大型航空機では, 離陸重量と着陸重量は, 表-2.2のように大幅に異なる。また, 整備地区などにおける, 燃料を積み込んでいない航空機の重量は著るしく軽くなる。

(注4) 二脚三輪車型脚配置の民間機の脚荷重Pは, 次式により概算できる。⁹⁾ (W: 総重量)

$$\text{ジェット機 } P=0.475W \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\text{ターボプロップ機 (YS-11, VIS-828など)} \\ P=0.45W \dots\dots\dots(2.3)$$

(注5) タイヤは, それ自体剛性を持つので, タイヤ内圧(p_i)とタイヤ接地圧(p)との間には, 一般に次のような関係がある。⁹⁾

$$p=1.1p_i \dots\dots\dots(2.4)$$

したがってタイヤ接地面積(A)は,

$$A = \frac{P}{1.1 p_i} \dots\dots\dots(2.5)$$

(注6) タイヤの接地形状は, 接地面積(A: cm²)がわかれば図-2.4のように仮定することができるから, 接地幅(D: cm)が, これより求まる。⁷⁾

$$D=0.83\sqrt{A} \dots\dots\dots(2.6)$$

2.6 航空機の交通量¹⁰⁾

設計の対象となる舗装の上を走行する航空機について, 設計対象航空機および設計対象航空機の1/2以上の総重量を有する航空機の交通量を, その舗装の使用予定全期間にわたり想定し, 航空機ごとに, 脚荷重別(離発着別)に集計する。

(注1) 航空機の交通量は, 設計荷重の反復作用回数を求めるさいに必要である。

(注2) 対象舗装の使用年数を5年間とした場合の, 航空機交通量集計表の一例を表-2.3に示す。

表-2.3 航空機交通集計表例

例ある空港における1962年から1966年までの5年間の航空機交通量

機 種	国 際 線				国 内 線					
	D C-8-53/55		B-707		B-727		C V-880		V I S-828	
離 着 陸 の 別	着 陸	離 陸	着 陸	離 陸	着 陸	離 陸	着 陸	離 陸	着 陸	離 陸
1962 年	3,000	3,000	3,000	3,000	13,200	13,200	5,500	5,500	3,300	3,300
1963 年	3,225	3,225	3,225	3,225	14,700	14,700	6,125	6,125	3,675	3,675
1964 年	3,800	3,800	3,800	3,800	17,700	17,700	7,375	7,375	4,425	4,425
1965 年	4,375	4,375	4,375	4,375	20,400	20,400	8,500	8,500	5,100	5,100
1966 年	5,600	5,600	5,600	5,600	19,500	19,500	8,125	8,125	4,875	4,875
計	20,000	20,000	20,000	20,000	85,500	85,500	35,625	35,625	21,375	21,375

(注3) 設計対象舗装が, 滑走路や誘導路やターミナルエプロンの場合の交通量は, その空港の離発着回数に等しいものとする。貨物エプロンや整備用エプロンでは, そこに出入する航空機の数を想定して交通量を決めてやらなければならない。

2.7 設計荷重および設計荷重の反復作用回数^{7), 10), 11)}

2.7.1

設計荷重は, 設計対象舗装上を走行する航空機の中で, もっとも厚い舗装を必要とするであろうと考えられる航空機の脚および車輪の荷重とする。

2.7.2 ある荷重による反復作用回数

ある脚荷重の航空機がもたらす交通量をRとすれば, その航空機によって舗装に加えられる荷重の反復作用回数N_iは, (2.7)式および(2.8)式から求める。

$$N_i = \frac{R}{n} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$n = 0.5 \frac{B}{b} \dots\dots\dots(2.8)$$

R: ある脚荷重の航空機がもたらす交通量 (回)

N_i: 交通量Rによる荷重の反復作用回数 (回)

n: 交通量Rの航空機が, 1回の反復作用に要する交通量 (回)

B : 交通量Rの航空機が走行する誘導路の幅(m)

(但し B=25mとする)

b : 交通量Rの航空機車輪の接地幅の正面投影幅を合計した長さ(m)

2.7.3 設計荷重による反復作用回数

設計荷重の反復作用回数は、2.6で求めた航空機別、脚荷重別の交通量集計表を元にして、まずそれぞれの航空機の反復作用回数を(2.7)式、(2.8)式より求め、次にこれらの反復作用回数を、(2.9)式、(2.10)式、(2.11)式によって、設計荷重の反復作用回数に換算し、各航空機ごとに得られた結果を全部集計して設計荷重の反復作用回数を求める。

$$N_i' = 10^\alpha \dots\dots\dots(2.9)$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{P_i}{P_0}} \cdot \log N_i \dots\dots\dots(2.10)$$

$$N = \sum_{i=1}^x N_i' \dots\dots\dots(2.11)$$

N_i' : 等価単車輪荷重 (E・S・W・L) P_i の航空機による反復作用回数 N_i を、設計荷重のE・S・W・Lが P_0 の航空機による反復作用回数に換算した回数(回)

P_i : 反復作用回数 N_i の航空機のE・S・W・L (ton)

P_0 : 設計荷重のE・S・W・L (ton)

N : 設計荷重による反復作用回数(回)

x : 航空機別、脚荷重別の種類数

等価単車輪荷重については、あらかじめ設計図表などにより反復作用回数5,000回に対する基準舗装厚(3.3参照)を求め、これに対応するE・S・W・Lを附録1によって求める。

表-2.4は、設計荷重の反復作用回数を求めるための計算表の一例である。

表-2.4 設計荷重の反復作用回数の計算表例

(1) ある荷重による反復作用回数

表-2.3の例について、それぞれの航空機の反復作用回数を求めると、次表のようになる。

機 種	離着陸の別	R	b(m)	n	Ni
DC-8-53/55	着陸	20,000	1.16	10.8	1,850
	離陸	20,000	1.16	10.8	1,850
B-707	着陸	20,000	1.16	10.8	1,850
	離陸	20,000	1.16	1.08	1,850
B-727	着陸	85,500	1.22	10.1	8,470
	離陸	85,500	1.44	10.1	8,470
C V-880	着陸	36,625	0.96	13.0	2,820
	離陸	36,625	0.96	13.0	2,820
VIS-328	総重量が設計対象航空機の1/2以下なので考慮しない				

(2) 設計荷重による反復作用回数

設計荷重としてはB-707を考えて図-3.3(a)よりCBR=7で反復作用回数5,000回に対する基準舗装厚を求めると110cmである。表の P_0 、 P_i はこれに対応するESWLを附録-1によって求めた値である。

機 種	離着陸の別	$\log N_i$	P_i (ton)	P_0 (ton)	$\sqrt{P_i/P_0}$	$\log N_i'$	N_i'
DC-8-53/55	着陸	3.2672	32.3	43.5	0.862	2.8163	660
	離陸	3.2672	42.9	43.5	0.986	3.2215	1,670
B-707	着陸	3.2672	32.6	43.5	0.866	2.8294	680
	離陸	3.2672	43.5	43.5	1.000	3.2672	1,850
B-727	着陸	3.9279	26.0	43.5	0.773	3.0363	1,090
	離陸	3.9279	27.8	43.5	0.799	3.1384	1,380
C V-880	着陸	3.4502	24.0	43.5	0.743	2.5635	370
	離陸	3.4502	29.9	43.5	0.829	2.8602	720

従って設計荷重による反復作用回数はNは、全航空機の N_i' を加えて N=8,420(回)となる。

(注1) 設計荷重および設計荷重の反復作用回数は、舗装構造の設計において、路床のC・B・Rと共に、直接、必要となる条件である。

(注2) 同一の航空機でも、離陸時、着陸時、整備時には、それぞれ脚荷重が異なるから、各々について、別個に交通量を求めなければならない。

(注3) 反復作用回数を求める場合は、舗装区域の種別に関係なく(2.7)式、(2.8)式を用いる。(2.8)式のB値も舗装区域に関係なく誘導路の幅を使用する。

(注4) 車輪の接地幅は、脚荷重に関係なく、表-2.2の値を使用する。

(注5) 接地幅の合計量bは、車輪の数の合計ではなく、正面投影(機首の方から見た場合に相当する)の合計量である。したがって、二脚三輪車型複車輪または複々車輪では4ケの車輪の接地幅の合計であり、四脚型複々車輪では、8ケの車輪の合計となる。

2.8 原地盤の地形と土質^{(12), (13), (14)}

設計の対象となる舗装区域の原地盤に関しては、次の事項が明確にされなければならない。

- (1) 地形
- (2) 土層断面および標準貫入試験値(N値)
- (3) 各層の土の粒度、比重(G_s)、含水比(w)、飽和度(S)、間隙比(e)、単位体積重量(γ_s)、液性限界(L・L)、

塑性限界(P・L), 塑性指数(P・I)

- (4) 軟弱な粘性土においては上記以外に剪断強度。
- (5) 圧密沈下の予想される粘性土では, 上記以外に先行圧密荷重(P_0), 圧密係数(C_v), 体積圧縮係数(m_v)。
- (6) 地下水位

(注1) 原地盤の地形は, 舗装面や路床面の高さを決めたり, 排水設計を行なう場合に必要となる。原地盤の土質は, 地盤の良否を判断し, 必要ならば地盤改良を行なうさいの資料となり, さらには, 舗装の沈下計算および軟弱土においては, 荷重に対する剪断抵抗の検討などに使用される。

(注2) 剪断強度(τ)は, 粘土やシルト分が多くて崩ず

れにくい土では, 一軸圧縮試験より, また砂分が多くて崩れやすい土では, 三軸試験(非圧密非排水試験)より求めるのがよい。

一軸圧縮試験の場合

$$\tau = \frac{q_u}{2} (\text{kg/cm}^2) \dots\dots\dots(2.12)$$

q_u : 一軸圧縮強度(kg/cm²)

飽和土の三軸圧縮試験の場合

$$\tau = C_u (\text{kg/cm}^2) \dots\dots\dots(2.13)$$

C_u : 図-2.5 による三軸試験強度定数(kg/cm²)

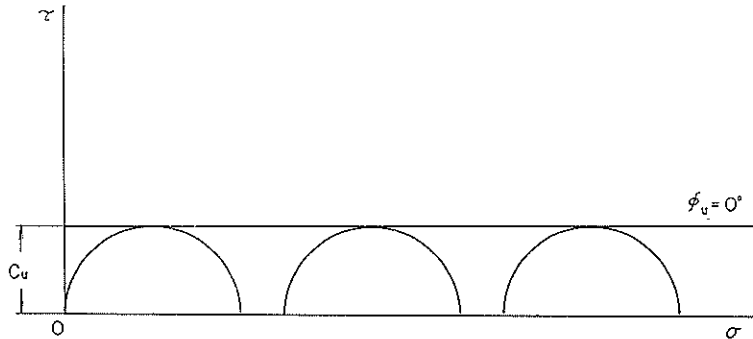


図-2.5 飽和土の三軸試験結果

不飽和土の三軸圧縮試験の場合

$$\tau = C_u + \sigma \tan \phi_u (\text{kg/cm}^2) \dots\dots(2.14)$$

C_u (kg/cm²), ϕ_u (度): 図-2.6 による三軸試

験強度係数

σ : 剪断面に加わる垂直応力(kg/cm²)

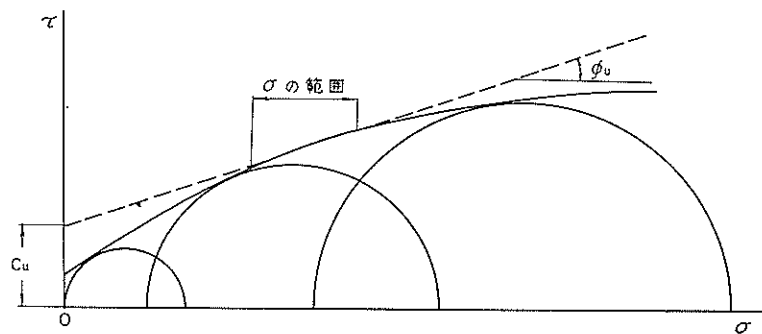
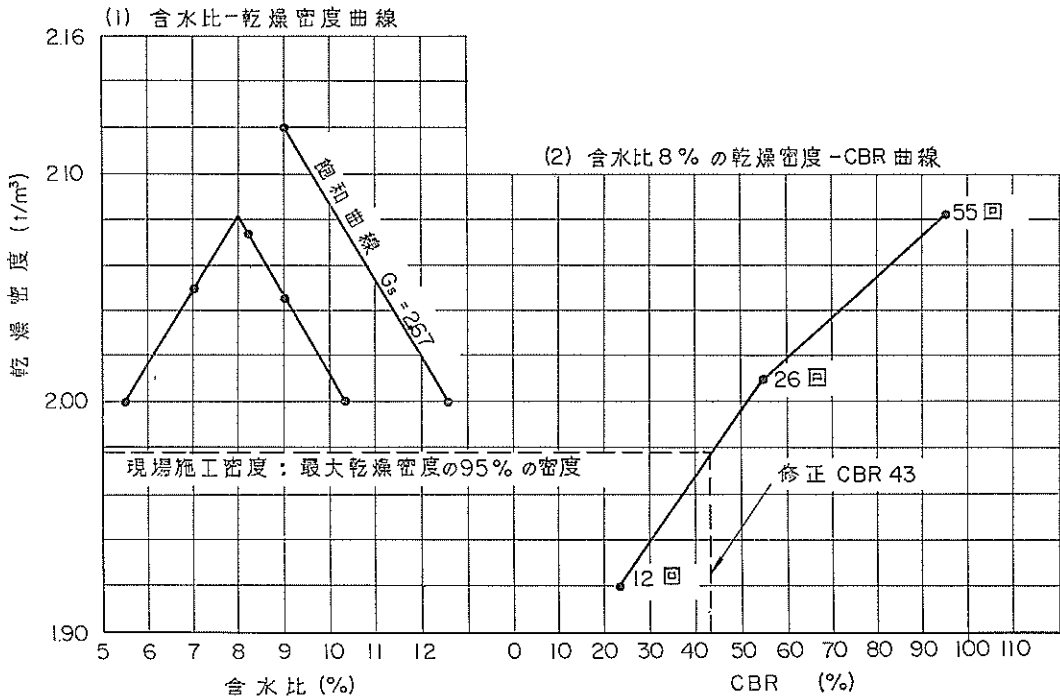


図-2.6 不飽和土の三軸試験結果

- (注3) 軟弱な粘性土とは, N値が約8以下のものと考えれば良い。
- (注4) 地下水位の高さは, 路床面をきめたり, 排水設計を行なうさいに必要となる。
- (注5) 土質試験法の詳細は, 次のJIS規定を参照する。
(*印は土質工学会暫定改定案)。粒度試験(JIS

A 1204*), 比重試験(JIS A 1202) 含水量試験(JISA 1203), 液性限界試験(JIS A 1205), 塑性限界試験(JIS A 1206), 圧密試験(JIS A 1217), 一軸圧縮試験(JIS A 1216) 標準貫入試験(JIS A 1219)。
飽和度, 間隙比, 単位体積重量は, 圧密試験, 比



図—2.7 修正 C B R の求めかた

重試験，含水量試験の結果からも求まるが，特に単位体積重量を土質工学会「土質試験法」のP37「単位体積重量試験」によって求め，比重や含水比との関係から，飽和度や間隙比を得ることもできる。また，塑性指数は液性限界および塑性限界の差である。三軸試験については，土質工学会「土質試験法」を参照する。

表—2.5 設計CBRの計算に使用される係数 d_2' (但し n は試料の数である)

n	d_2'	n	d_2'
2	1.694	14	5.111
3	2.547	15	5.208
4	3.089	16	5.298
5	3.489	17	5.382
6	3.801	18	5.460
7	4.056	19	5.534
8	4.271	20	5.603
9	4.455	21	5.667
10	4.617	22	5.729
11	4.760	23	5.787
12	4.887	24	5.843
13	5.004	25	5.897

2.9 路床の土質^{(2), (4), (8), (12)~(19)}

設計の対象となる舗装区域の路床に関しては，2.8の各項のほか，設計C・B・R，最大乾燥密度，および凍結深度が明確にされなければならない。

(注) 設計C・B・Rや最大乾燥密度および凍結深度は，舗装の厚さを決めるための直接の条件である。

2.9.1 設計C・B・R

(1) 締固めなどが行なわれない自然のままの切土路床の場合および盛土路床や置き換え路床が完成している場合において，路床の土が，一年中でもっとも湿潤していると考えられる場合

1.4.1で定義した路床の厚さの範囲内で，各地点において，異なる土層ごとに，現場C・B・R試験を，JIS A 1211—1953改訂案に規定される方法により行なう。次に，各地点で測定された，現場C・B・Rを土質試験の

結果などを元にして，極端な値を除き同一土層に属すると考えられるものごとに集計する。この場合，その同一土層の設計C・B・Rは，次式より求める。

$$\text{設計C・B・R} = \text{各地点のC・B・Rの平均} \\ - \frac{(\text{CBR最大値} - \text{CBR最小値})}{d_2'} \dots\dots (2.15)$$

d_2' ：表—2.5に示される係数^{(15), (16)}

例：同一土層の各地点の現場CBRがそれぞれ2.5，

4.2, 3.8, 6.4, 5.6であったとする。この場合の設計CBRは(2.15)式より

$$\text{設計CBR} = \frac{2.5+4.2+3.8+6.4+5.6}{5} \frac{(6.4-2.5)}{3.49}$$

$$= 3.38 = 3.0 \quad (0.5\text{未満は切捨, } 0.5\text{以上}1.0\text{未満は}0.5\text{とする。例えば, } 3.9\text{の場合は}3.5\text{とする。})$$

(2) (1)において、土の含水量が一年中で最大であると考えられない場合、

この場合は、現場CBR試験を行なった場所において、JIS A 1211—1953 改訂案に規定される方法で、乱さない土の供試体を2個採取し、1個は非水浸で、他の1個は4日間水浸後にそれぞれ貫入試験を行なう。そして現場CBRを(2.16)式によって補正する。つづいて設計CBRを(2.15)式によって求める。

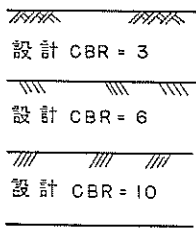
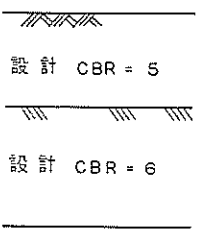
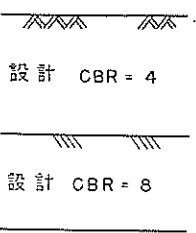
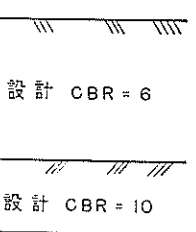
CBR = 現場CBR ×

$$\left[\frac{\text{乱さない供試体のCBR(4日間水浸)} \dots (2.16)^2}{\text{乱さない供試体のCBR(非水浸)}} \right]$$

(3) (1), (2)において、どうしても現場CBR試験が実施できない場合、

この場合は、乱さない供試体を採取して、4日間水浸後のCBRを求め、つづいて(2.15)式から設計CBRを得る。

(4) 盛土路床や置き換え路床が未完成の場合

起奥 ~ 220m	220m ~ 450m	450m ~ 700m	700m ~ 900m
			

図—2.8 設計CBRのまとめかた

て例えば図—2.8 のようにとりまとめる。

200m 以内の区間で、路床の土層がいろいろ変化する場合、同一深さの各土層の設計CBRの中で最小のものをもって、その深さの各土層の設計CBRと考へ、200m の区間内では、同一深さの土層の設計CBRは変化させない。⁴⁾

(注1) 切土路床でも、施工のさいに、表面が著るしく乱されるとか、表面をかき起して締固めるなどのように、自然地盤に手を加える場合は、その乱される部分は(4)の方法により設計CBRを求める。

(注2) 砂などのような非粘性の土では、乱さない試料

この場合は、現場CBR試験や乱さない土の供試体の室内CBR試験を行なうことができない。したがって、路床土の土取場の各地点において、露出面より50cm以上深い個所から乱した状態で土を採取して来て、19.1mm以上の骨材を取り除き、JIS A 1210—1950再改正訂案第2方法において、CBR用モールドで、5層55回で締固め、最適含水比を求める。そして最適含水比の試料をCBRモールドに5層に分けて入れ、各層55回および26回、12回ずつの突固め試料を作製する。この3ケの供試体を4日間水浸し、CBRを求める。試験法の詳細については、JIS A 1210—1950再改正訂案およびJIS A 1211—1953 改訂案を参照する。

次に、図—2.7 に1例を示すように、実際に施工される締固め度に等しい乾燥密度に対応するCBRを求めて、これを修正CBRとする。

設計CBRは、次式より求める。

設計CBR = 各地点の修正CBRの平均

$$= \frac{(\text{修正CBR最大値} - \text{修正CBR最小値})}{d_2'} \dots \dots \dots (2.17)$$

d_2' : 表—2.5 に示される係数

(5) 設計CBRのとりまとめ

(1)~(4)までの手続きによって求めた設計CBRは、舗装延長200m以上の区間ごとに、路床の深さに関し

を採取することは困難である。しかし、このような土のCBRは、含水量によってさほど影響を受けないから、含水量に対する現場CBRの補正は行なわなくても良い。²⁾ 砂などのような非粘性土では、CBRは、現場試験によって求める。

(注3) 同一地点で深さごとに土層が変わらないで、同一と考えられる場合は、表面より50cmの深さの点でCBR試験を行なう。⁴⁾ 土層が深さごとに変化する場合は、調査孔を掘って各土層ごとにCBR試験をしなければならない。

(注4) 高含水比の粘性土では、盛土路床や置き換え路

床において実際に施工される含水量は一般に自然含水比か、「自然含水比-10%」までの含水比の範囲内であり、¹⁰⁾最適含水比で施工することは難しい。このような場合には、実際に施工する含水比でもって締固め試験を、締固め回数を変えて行ない、それぞれCBRを求める。そして実際の現場密度に対応するCBRをもって修正CBRとする。現場密度は、飽和度が80~95%または空気間隙率が2~10%であるようにする。

(注5) 舗装区間200m以内で舗装厚を変化させることは、施工が極わめて繁雑になるので好ましくない。⁴⁾

(注6) シャ断層は、設計CBRの対象とはせず無視する。局部的な置き換え部分なども同じように扱かう。

(注7) 下層路盤まで施工してから、ある期間において、上の層を施工するさいは、その放置期間中に、下層路盤や路床が気象作用によって乱される恐れがあるから、この場合は、上の層を施工する前に、下層路盤の厚さ、締固め度、路床の設計CBRなどを再調査する。⁴⁾

(注8) 路床において、極端に小さなCBRが得られた場合は、その地点の土質試験の結果を元にして、無視して良いか、局部的に置き換えるか、あるいは舗装厚を変えるかなどの判断を下さなければならぬ。⁴⁾

(注9) JIS A 1210—1950 再改訂案および JIS A 1211—1953 改訂案については、土質工学会「土と基礎」Vol15, No.11, 117, Vol. 1967. を参照する。¹⁷⁾

(注10)^{21), 18), 19)} CBR試験において貫入試験を行なうさいの載荷重は、原位置において予想される上載荷重(舗装部の重さ)強度に等しい荷重強度とする。^{2), 18)} 上載荷重の強度を $p(\text{kg}/\text{cm}^2)$ とすれば、貫入試験時に必要な載荷重 $S(\text{kg})$ は次式で表わされる。

$$S=150p \dots\dots\dots(2.17)$$

p は、単位体積重量が砂で $1.5\text{t}/\text{m}^3$ 、砂利や碎石で $1.8\text{t}/\text{m}^3$ 、アスファルトコンクリートで $2.3\text{t}/\text{m}^3$ として計算する。

例えば下層路盤が砂で40cm厚、上層路盤が碎石で厚30cm、表層・基層がアスファルトコンクリートで20cm厚の場合は、

$$S=150 \times (0.0015 \times 40 + 0.0018 \times 30 + 0.0023 \times 20) = 24(\text{kg})$$

なお載荷重 S は、最小5kg、最大25kgとする。また水浸時の載荷重は、貫入試験時の載荷重と等しくする。

(注11) 同一地点において、CBR試験は最小3個行なう。もしも、この3個の値の最大差が次の値ならば、この3個の平均値をもって、その地点のCBRとする。

$$\text{CBR} \leq 10 \text{ では、最大差} \leq 3$$

$$10 < \text{CBR} \leq 30 \text{ では最大差} \leq 5$$

$$\text{CBR} > 30 \text{ では最大差} \leq 10$$

上の許容値を越す場合は、さらに3個の試験を追加し、前の試験と併せて合計6個の平均をとってその地点のCBRとする。²⁾

(注12) 乱した土の供試体の室内CBR試験において、砂などのように、浸水後のCBRが非水浸のCBRとさして変わらないことが明らかな場合は、水浸試験をやめても良い。²⁾

(注13) CBR試験の結果が20以上の場合は、その土の粒度、液性限界(L.L)、塑性指数(P.I)などを用いて、その土の最大設計CBRを決める。²⁾

(路床や下層路盤の最大設計CBRの求めかたについては、3.4(3)参照)

2.9.2 最大乾燥密度^{21), 12), 20)}

路床の土について、異なる土層ごとに、土の締固め試験を行ない、最大乾燥密度を求める。締固め試験は、JIS A 1210—1950 再改訂案の第2方法において、乾燥法を用い試料の許容最大粒径を19.1mmとし、CBR用モールドに5層に分けて入れ各層55回づつ突固める。

(注1) 路床土の最大乾燥密度は、施工上その土をその状態まで締固めることが出来るかどうかを問わず、また、切土路床、盛土路床、置き換え路床を問わず、全ての路床土について求める。この最大乾燥密度と、路床土の現場密度を比較することによって、3.5で述べる締固め度の良否の判定が行なわれる。

したがって、ここで述べる締固め試験は、2.9.1(注4)における、実際に施工する際の含水量での締固め試験ではなく、あくまでも、最大乾燥密度を求めるための試験である。

この試験においては、砂質土では乾燥法を用いるが、高含水量の粘性土では、1年中でもっとも小さくなると考えられる含水量まで試料を乾燥させてから、締固め試験を行ない、最大乾燥密度を求める。

(注2)¹⁷⁾JIS A 1210—1950再改訂案は、土質工学会「土

と基礎」Vol 15, No. 11, 117, Vol., 1967 を参照する。

2.9.3 凍結深度^{4), 13), 21)}

凍結深度は、その土地で経験的に判明している値を用いる。もしもこの値が分からない場合は、常時除雪されている空港舗装地区に、2月下旬に孔を掘り、壁面に現われる氷晶の深さをもって、凍結深度とする。⁴⁾

止むを得ず気温より凍結深度を求める場合は次式による。

$$Z = 4.8 \sqrt{F} \dots\dots\dots (2.17)$$

Z : 凍結深度 (cm)

F : 凍結指数 (°C・日)

(注) 凍結指数は、過去数年間に於いて冬季に最低気温を示した年について、月平均気温が0°C以下の月のみを選び出し、 $F' = (\text{月平均気温}) \times (\text{その月の日数})$ なる値を選び出した月ごとに求め、各月の F' を合計したものである。ただし月平均気温は絶対値をとる。(−2°Cなら2とする)例えば、月平均気温が、11月が−1°C、12月が−3°C、1月が−5°C、2月が−3°C、3月が−2°Cであるならば、凍結指数は、

$$F = 1 \times 30 + 3 \times 31 + 5 \times 31 + 3 \times 28 + 2 \times 31 \\ = 424 (\text{°C} \cdot \text{日})$$

3. 舗装構造の設計

3.1 設計の順序

第2章で述べた設計条件が決まれば、舗装構造は、次の手順をふんで求める。

- (1) 路床改良の必要性の検討
- (2) 基準舗装厚の算定
- (3) 基準舗装の層構成の算定
- (4) 締固め度に対する基準舗装厚の検討
- (5) 地盤の支持力の検討
- (6) 舗装構造の決定
- (7) 凍上に対する検討
- (8) 沈下に対する検討
- (9) 排水工の設計

以下に、上記手順について、各項目ごとに説明を加える。

(注) 基準舗装厚とは、CBR設計公式(附録3参照)から求める舗装厚であり、基準舗装とは、規定の表層最小厚および規定の粒状材の路盤より構成される舗装である。(3.4参照)

3.2 路床改良の必要性の検討¹²⁾

規定の路床厚内において、路床上の設計CBRが2未満の場合は、その土を改良するかまたは置き換えるか、

あるいは盛土や切土を行なって路床面にその土が入らないようにするかなどとして、すべての路床土の設計CBRを、2以上にしなければならない。

(注1) 路床の改良工法には、自然圧密工法、サンド・ドレーン工法、ペーパードレーン工法、サンドコンパクション工法などのほか、改良部が表面にあってしかも薄い層の場合は石灰やポルトランドセメントなどによる安定処理工法なども使用されているが、詳細については、一般文献を参照する。改良後に予想される土のCBRは、次式によって求める。

$$CBR_2 = CBR_1 \times \frac{qu_2}{qu_1} \dots\dots\dots (2.18)$$

CBR_2 : 改良後の土の設計CBR。

CBR_1 : 改良前の土の設計CBR。

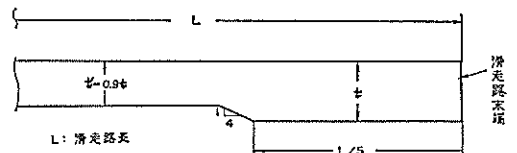
qu_1 : 改良前の土の一軸圧縮強度。

qu_2 : 改良後の土の一軸圧縮強度。

(注2) 安定処理工の供試体の作成方法および一軸圧縮試験については、土質工学会「土質試験法」の第12章を参照する。¹²⁾

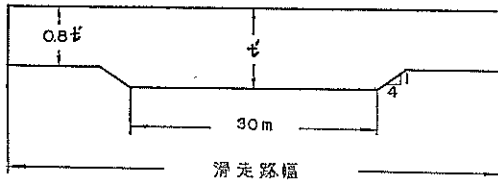
3.3 基準舗装厚の算定^{2), 5), 7), 22), 23), 24)}

(1) 基準舗装厚は、図—3.3から図—3.9に示される計算図表を用いて求める。滑走路の中間部や離脱用誘導路および整備用エプロン、オーバーラン、無荷重プラストエリヤ、ショルダーを除いては、基準舗装厚は、満載時の設計曲線を使用して求める。整備用エプロンの基準舗装厚は、空荷時の設計曲線を使用して求める。また、滑走路中間部では、図—3.1のように、基準舗装厚を減ずることができる。ただし平行誘導路のない滑走路では、この操作を行なってはならない。離脱用誘導路の基準舗装厚は、反復作用回数としては、表—2.4で計算した反復作用回数の内、着陸に関する反復作用回数のみをとり出して合計したものを使用し、設計荷重は、満載時のものを使って設計する。



図—3.1 滑走路縦断の基準舗装厚

(2) 滑走路中間部の横断面においては、図—3.2のように、滑走路の中央帯30mを除いた緑端帯の基準舗装厚は中央帯の基準舗装厚の80%としてよい。



図—3.2 滑走路中間部縁端帯の基準舗装厚

(3) 設計に使用する荷重の反復作用回数は、次のとおりとする。

荷重の反復作用回数が 500 回まで場合は、設計に使用する反復作用回数は、1,000 回
 同上 501 回以上 5,000 回までは、同上 5,000 回
 同上 5,001 回以上 10,000 回までは、同上 10,000 回
 同上 10,001 回以上 20,000 回までは、同上 20,000 回
 同上 20,001 回以上では 同上 50,000 回

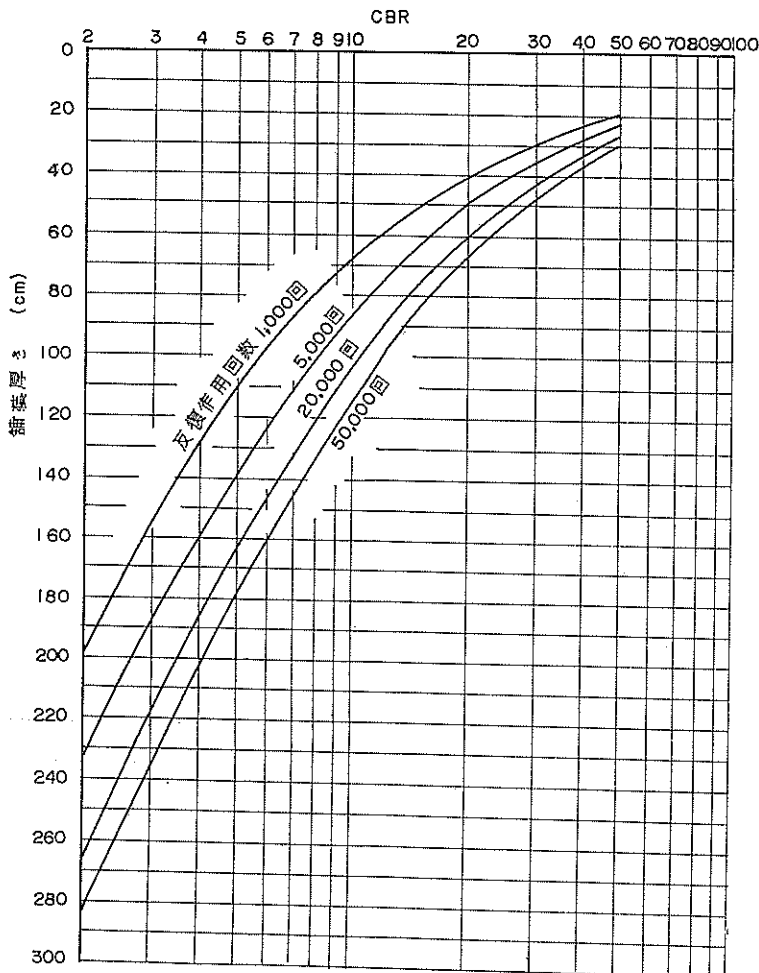
(ただし、オーバーラン、ショルダー、無荷重ブラストエリアは除く。)

(4) 路床が多層をなしていて、CBR が各層ごとに異なる場合は、基準舗装厚の表面から路床内のある層の表面までの厚さは、その層の CBR によって決まる基準舗装厚よりも常に等しいかまたは大きくなければならない。

(5) オーバーランの基準舗装厚は、反復作用回数 1,000 回の満載時の基準舗装厚とする。またショルダーの基準舗装厚は、反復作用回数 5,000 回の満載時の基準舗装厚の 50% とする。ただし図—3.10 に示す設計曲線から求まる舗装厚以上でなければならない。

(注 1) 整備用エプロン専用の誘導路の基準舗装厚は、整備用エプロンに準じて求める。

(注 2) 無荷重ブラスト・エリアについては、附録—2



図—3.4 DC—8—63の基準舗装厚設計曲線 (a) 満載時

を参照して地表面の被覆工法を決める。

(注3) 設計荷重の反復作用回数が設計曲線にない場合は、反復作用回数1,000回、5,000回、20,000回、50,000回に対応する基準舗装厚を求め、縦軸にこの厚さを、横軸に反復作用回数をとって図示し、各点間を滑らかな曲線で結んで、この曲線と、必要な反復作用回数との交点から、基準舗装厚を求める。

(注4) 設計曲線のない航空機が設計荷重の場合は、次に示すように処理する。

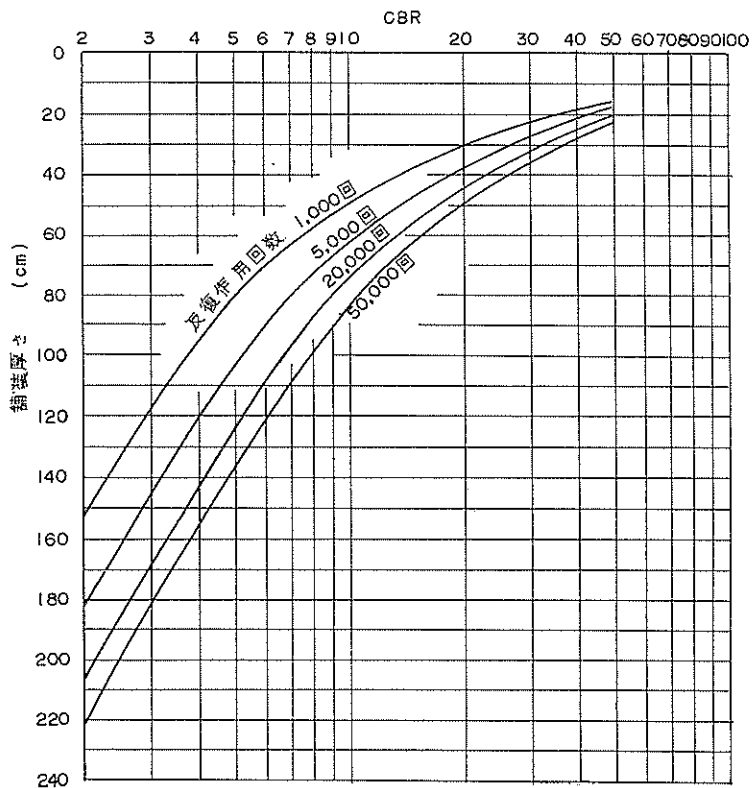
- i) DC-8シリーズ、SST・B-2707、SST・コンコード、B-707の場合は、DC-8-63の

設計曲線を使用する。

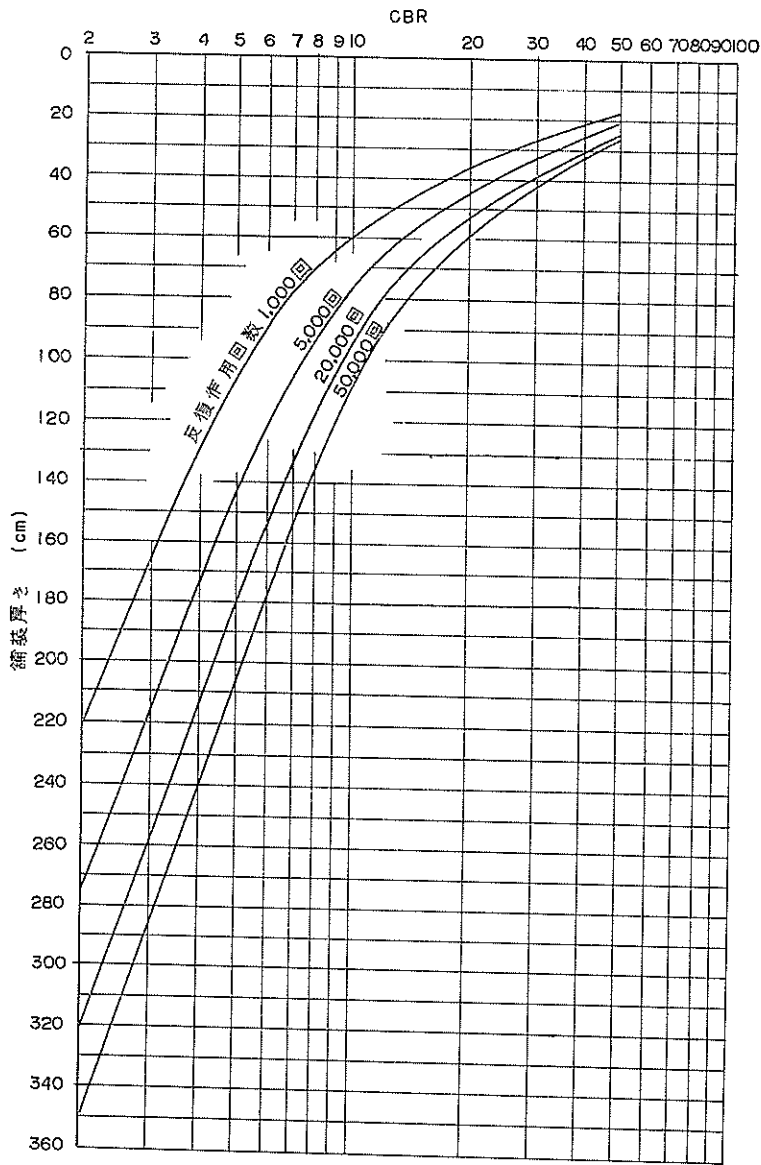
- ii) B-727はB-727-200の設計曲線を使用する。
- iii) F-27はYS-11の設計曲線を使用する。
- iv) その他の航空機の場合には、設計曲線を有する航空機と脚荷重、車輪配置・接地圧などを検討し、著るしく異なる場合は、附録-3を参照して新しく設計曲線を作成する。

(注5) 地方空港などではショルダーに芝を使用することもある。

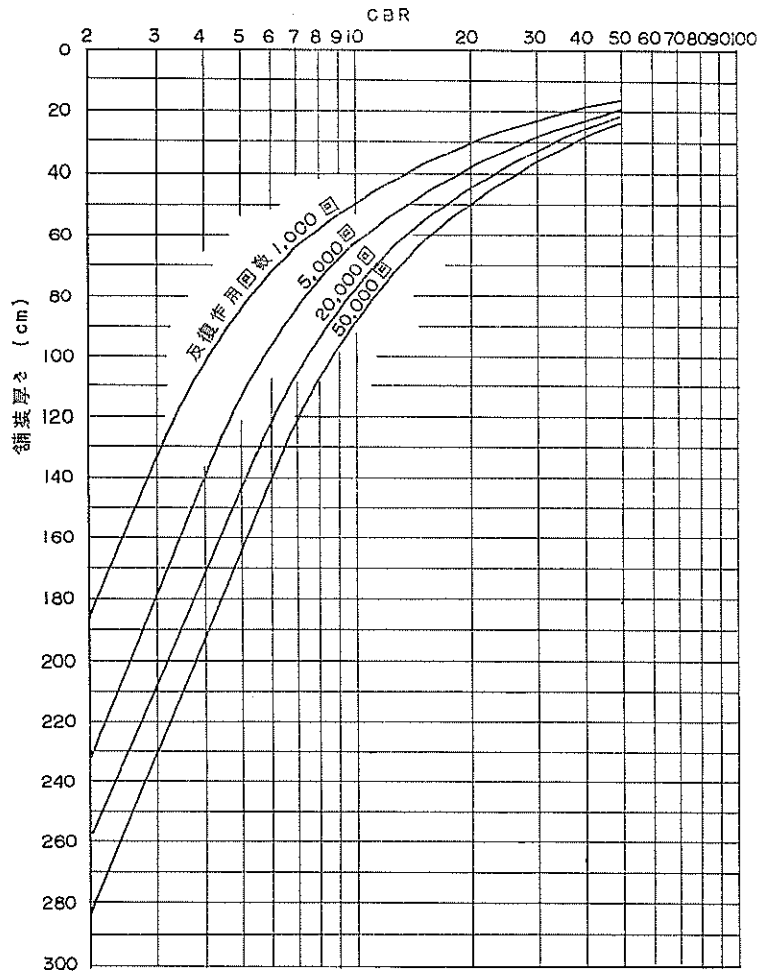
(注6) 縁端帯を中央帯よりも薄くした場合には、中央帯の排水が悪くなることもあるから、この場合は適切な処置を施さなければならない。



(b) 空 荷 時



図—3. 4 B—747 の基準舗装厚設計曲線 (a) 満 載 時



(b) 空 荷 時

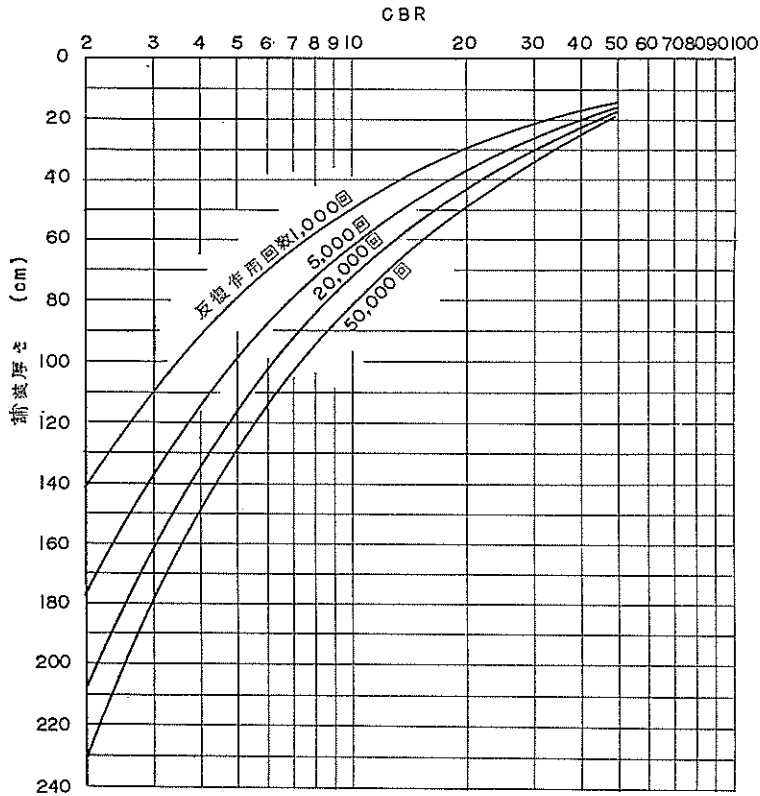
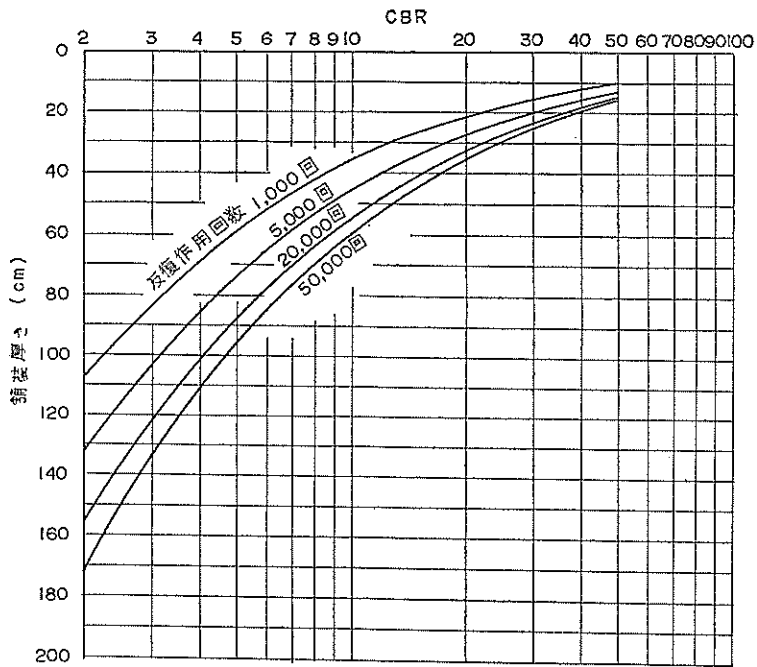
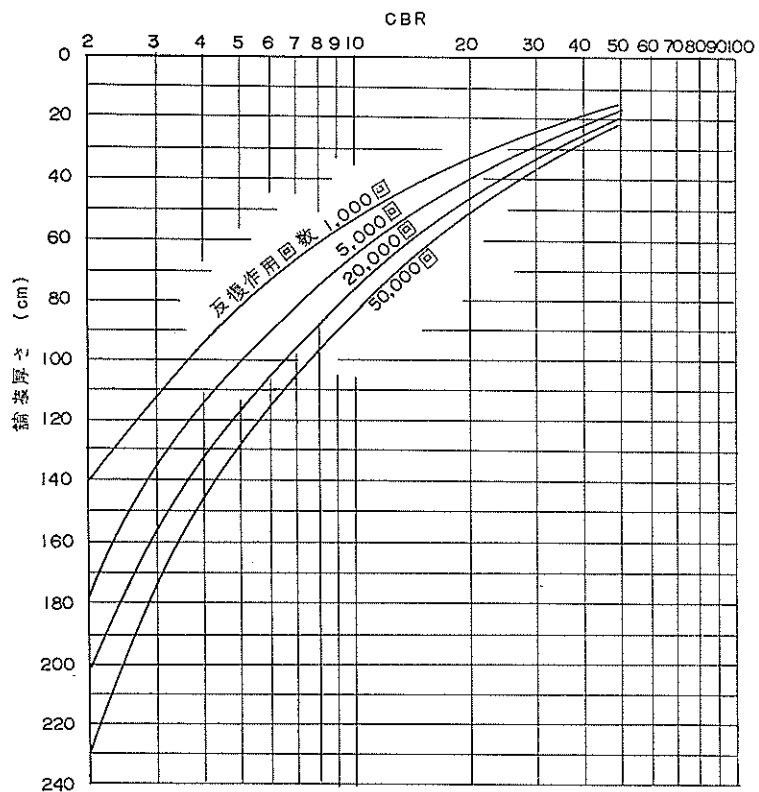


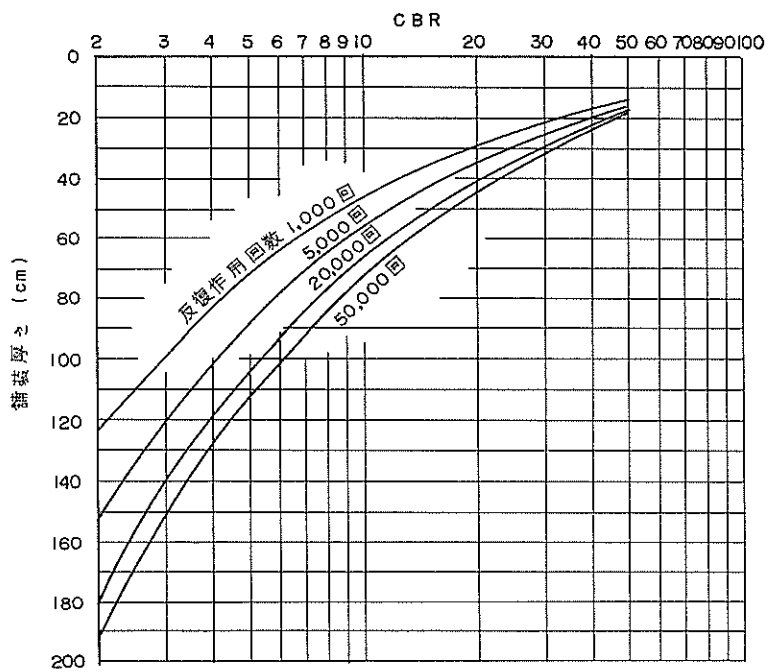
図-3.5 CV-880の標準舗装厚設計曲線 (a) 満 載 時



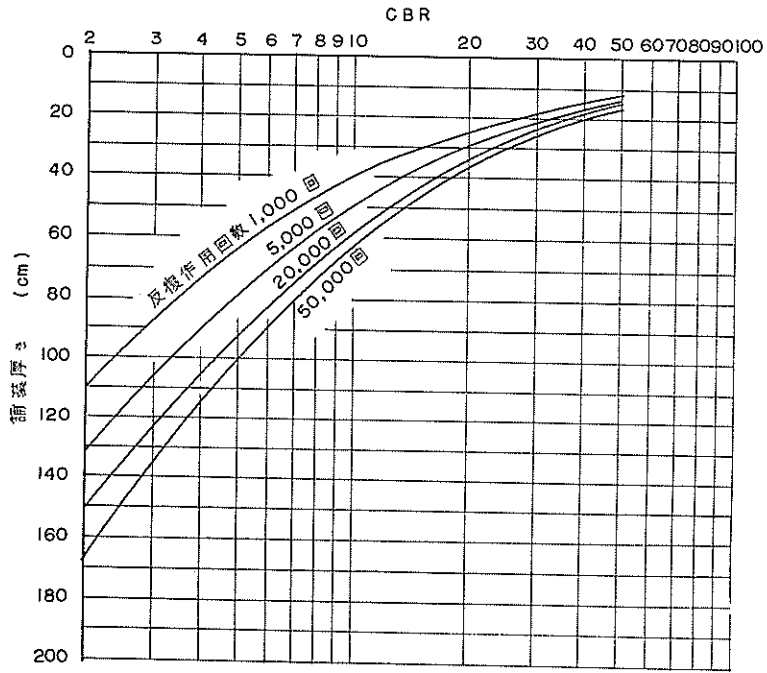
(b) 空 荷 時



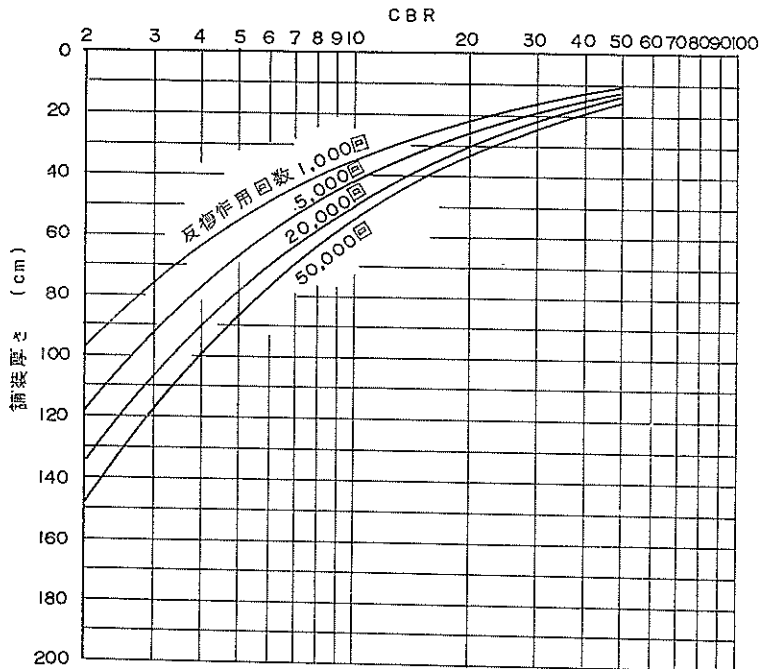
図—3. 6 B—727—200 の基準舗装厚設計曲線 (a) 満 載 時



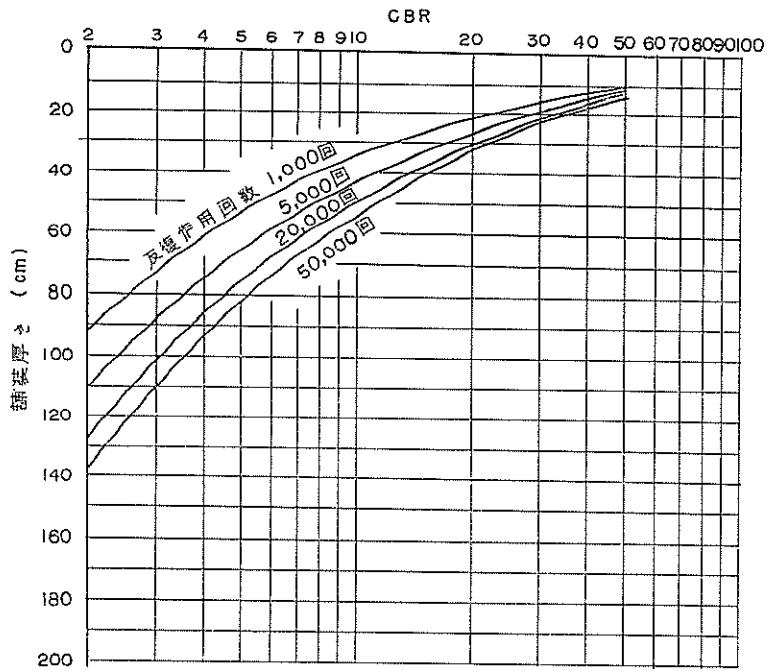
(b) 空 荷 時



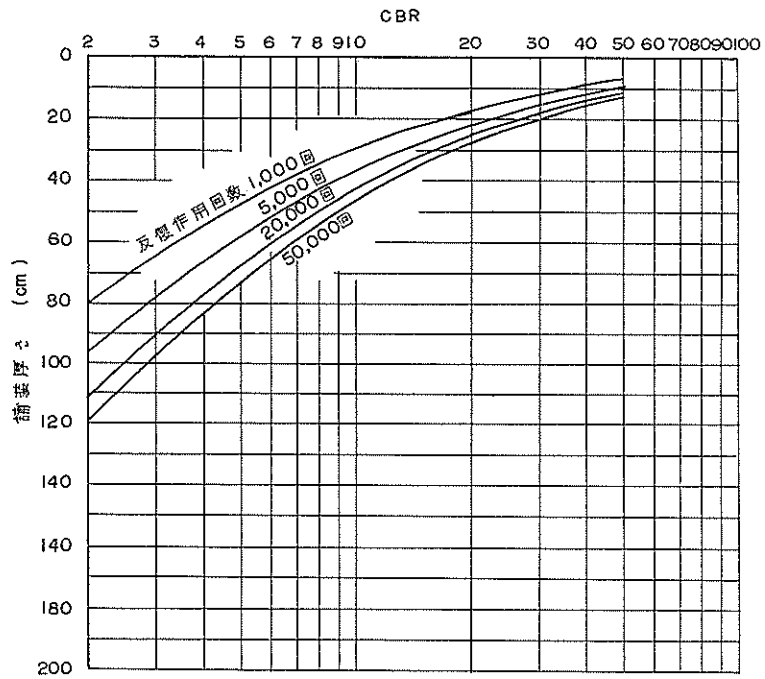
図—3. 7 B—737 の基準舗装厚設計曲線 (a) 満 載 時



(b) 空 荷 時



図—3. 8 V I S—828 の基準舗装厚設計曲線 (a) 満 載 時



(b) 空 荷 時

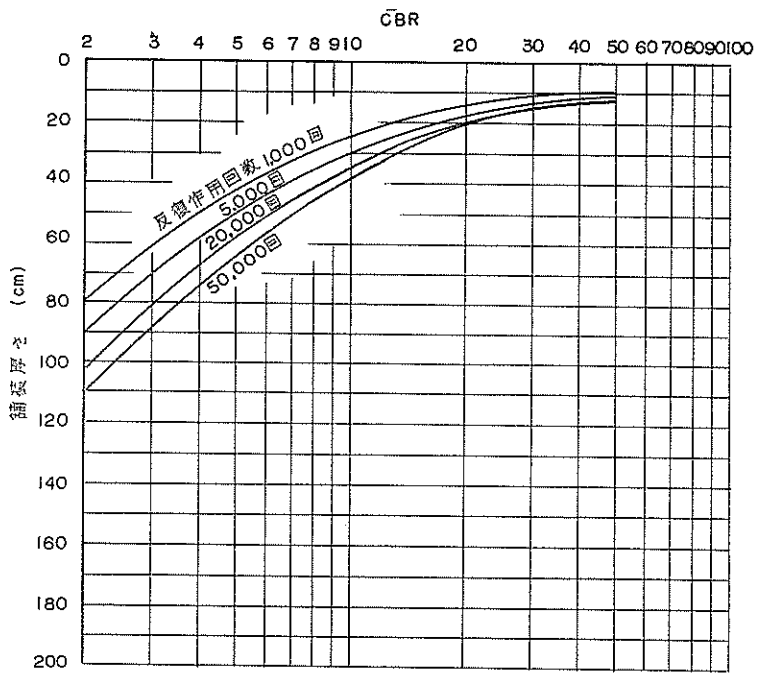
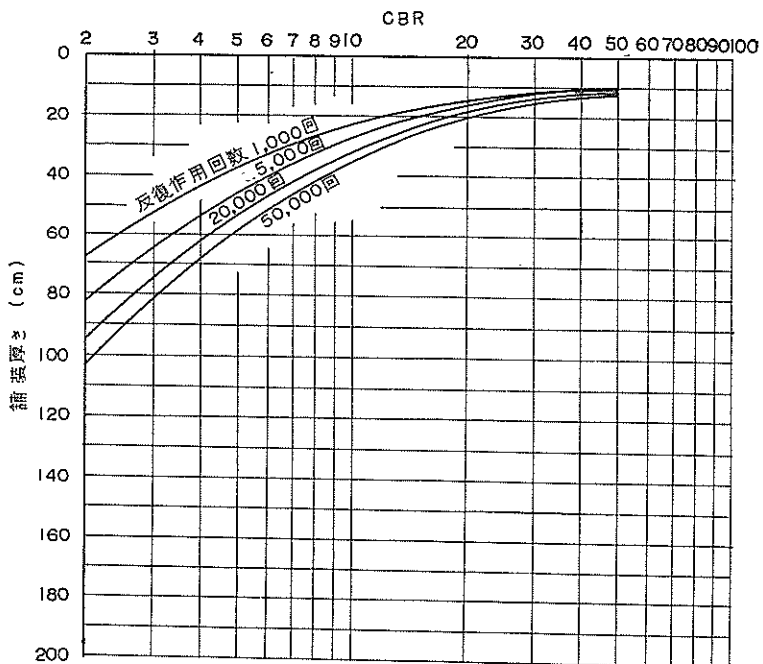


図-3.9 YS-11の基準舗装厚設計曲 (a) 線満載



(b) 空 荷 時

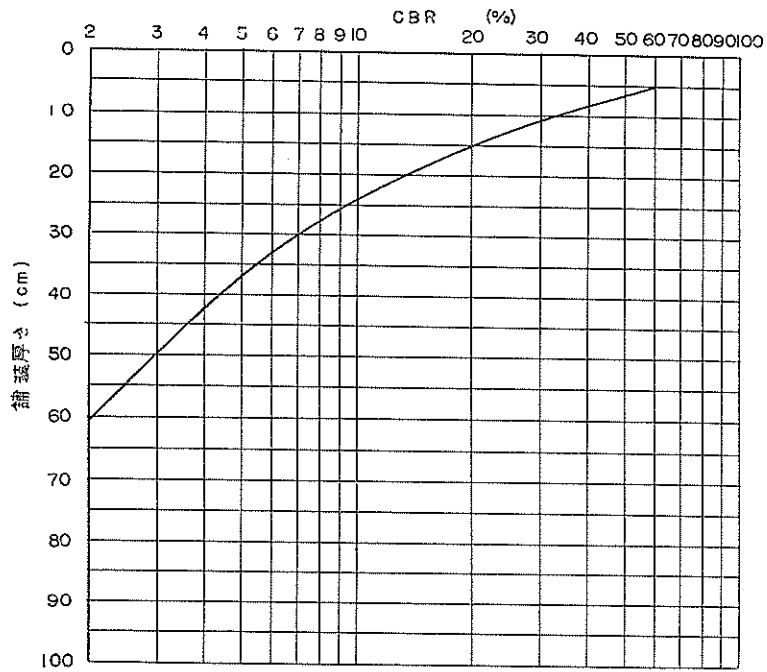


図-3.10 ショルダーの最小基準舗装厚設計曲線図説

(注) 図-3. 4~3.10までの設計曲線の中で、舗装厚が約160cm以上になる部分は、外挿法によって曲線を延ばしたものであるから、精度は低い。

3.4 基準舗装の層構成の算定^{2), 4), 5), 8), 23), 25)}

(1) 3.3 で求めた基準舗装は、表層および基層が、中央プラント加熱混合方式アスファルトコンクリート、上層路盤が粒度調整破砕骨材または水締めマカダムや空締めマカダム、下層路盤が任意の粒状材や安定処理材から成り立つもので、いずれも材質基準を満足するものでなければならない。

(2) 表層と基層および上層路盤の最小厚は、材質基準に適合する上層路盤を使用する場合、表—3.1 に示すような値とする。反復作用回数が5,000回をこす場合の舗装では、5,000回の舗装厚が増加する比率でもって、表層や基層や上層路盤の厚さを増す。

表—3.1 基準舗装の表層と基層および上層路盤の最小厚

航空機のクラス	表層と基層の合計厚 (cm)	表層厚 (cm)	基層厚 (cm)		上層路盤厚 (cm)
			上層	下層	
SST, B-747, DC-8-63	15	4	5	6	20
DC-8, B-707	13	4	4	5	20
B-727, B-737, CV-880, VIS-828	10	4	6		15
YS-11, F-27	8	4	4		15

(3)²⁾ 路床や下層路盤において、CBR試験の結果が20以上の場合は、その材料が表—3.2の規定を満足するかどうかを検討しなければならない。もしもその材料の粒度やL・LやP・Iなどが、表—3.2の該当する最大設計CBRの粒度、L・L、P・Iなどの規定を満足しない場合には、その材料の設計CBRは、表—3.2の規定の粒度、L・L、P・Iなどを満足せしめるものの最大設計CBRまで下げなければならない。

表—3.2 路床や下層路盤の最大設計CBR

材 料	最大設計 CBR	最大許容値				
		最大粒径 (cm)	フルイ通過量 (%)		L L	P I
			2.00mm	0.074mm		
下層路盤材	50	7.6	50	15	25	5
〃	40	7.6	80	15	25	5
〃	30	7.6	100	15	25	5
ヤレクド材	20	7.6	—	15	35	12

2年間以上の放置期間を有する路床や下層路盤で、現場CBR試験を行なった場合は、表—3.2の中の粒度規定は満足しなくても良い。

(4)²⁾ 下層路盤に、材質基準に適合した浸透式マカダム、セメント安定処理材を使用する場合は、その層の設計CBRは50とする。

(5) オーバーラン舗装区域の上層路盤の最小厚は、15cmとする。

(6)²⁾ 表層および基層を除いては、舗装各層の厚さは、15cm未満であってはならない。

(7)²⁾ 下層路盤が多層をなして、各層ごとにCBRが異なる場合には、基準舗装厚の表面から下層路盤のある層の表面までの厚さは、その層のCBRによって決まる基準舗装厚よりも常に等しいかまたは大きくなければならない。

(注1)⁴⁾ 路床土の設計CBRが3未満の場合は、路床の一部として厚さ15~30cmのしゃ断層を設ける。セレクト材がしゃ断層に適した材料である場合は、しゃ断層は特に設けなくても良い。しゃ断層のCBRは、舗装厚の計算には考慮しない。

(注2)²⁾ 施工を容易にするために、砂路床の表面を10cm厚程度に瀝青安定処理をしたり、粗骨材を敷いたりすることがあるが、この層の設計CBRは、下の砂層の設計CBRと同じと考える。

3.5 締固め度に対する基準装厚の検討^{2), 5), 26)}

基準舗装は、次の各項に示す締固め度を有していなければならない。

(1) 上層路盤

CBRモールドを用いたJIS A 1210—1950再改訂案第2方法によって得られる最大乾燥密度（以下 $\gamma_d \max$ と称する）の100%以上の締固め度を有すること。

(2) 設計CBRが20以上の下層路盤と路床

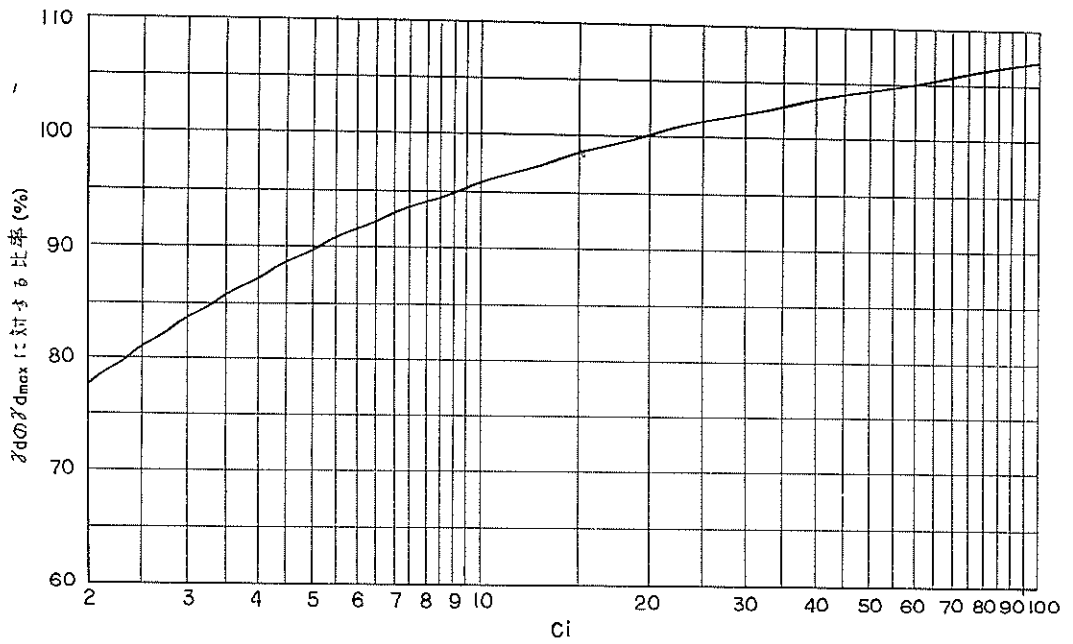
$\gamma_d \max$ の100%であること。ただし施工の際に容易に100%以上の締固め度になる場合は、その値を使用する。

(3) 設計CBRが20未満の盛土（または置き換え）路床およびセレクト材

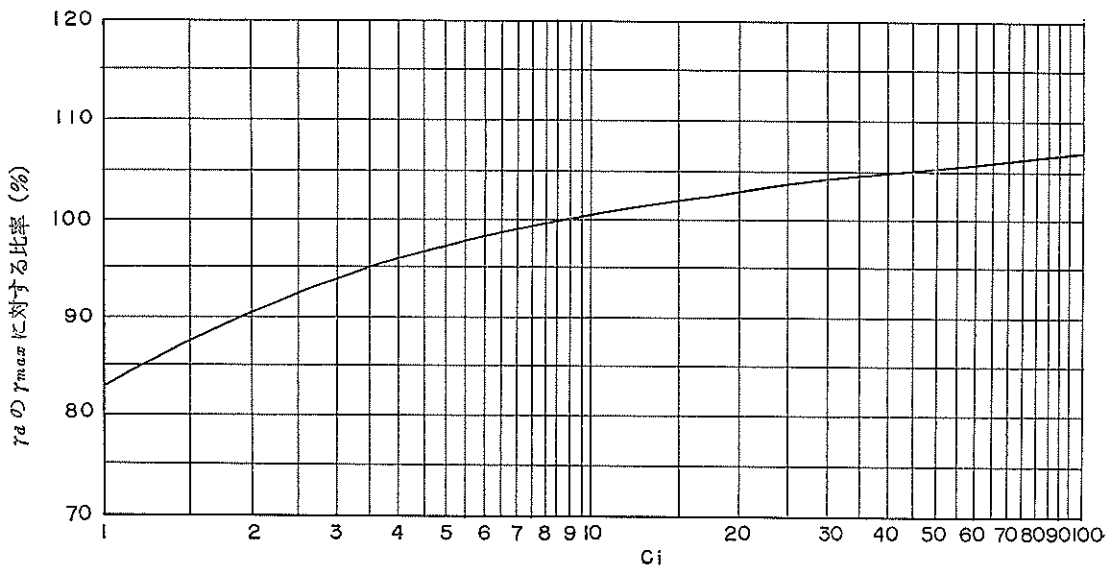
非粘性土では $\gamma_d \max$ の95%以上、粘性土では $\gamma_d \max$ の90%以上で、かつ、図—3.11の締固め度をも満足させることが必要である。

(4) 設計CBRが20未満の切土路床

切土路床における自然状態の乾燥密度の $\gamma_d \max$ に対する比率(%)は、図—3.11に示す値以上でなければならない。もしもこれを満足しない場合は、満足するように締固めるか、置き換えて(3)を適用するか、または、下



(a) 粘性土



(b) 非粘性土

図-3.11 設計 CBR 20 未満の土の必要締固め度

層路盤や上層路盤の厚さを大きくすることによって自然路床の乾燥密度が図-3.11を満足するように、しなければならない。

図-3.11の横軸 C_i は、締固め度を求めようとする層の表面から基準舗装の表面までの厚さに対応する設計 CBR を、基準舗装厚設計曲線から求めた値である。

(注1) 図-3.11の使用例

対象航空機がYS-11で、反復作用回数5,000回の舗装において、基準舗装の表面から64cmの深さの切土路床(設計CBR, 20未満)では、図-3.9(a)より、基準舗装厚64cmに対応する設計CBRは3であるから、求める C_i は3となる。したがって図-3.11より、64cmの深さにおいて必要な乾燥密度は、非粘性土で、 $\gamma_d \max$ の94%、粘性土で84%である。

(注2) 滑走路の中間部や離脱用誘導路において舗装厚さ減らした場合の締固め度は、滑走路や誘導路などの満載荷重による基準舗装で求めた締固め度と等しくする。

3.6 地盤の支持力の検討^{101), 12), 27)}

路床の底面よりも深い場所に軟弱な土層が存在する場合は、その土層の剪断強度は、航空機的设计荷重によってその地点に生ずる最大剪断応力よりも大きくなければならない。航空機的设计荷重によって土中に生ずる最大剪断応力は、(3.1)式で表わされる。²⁷⁾

$$\tau_{\max} = \frac{3}{4} \cdot p \cdot \frac{a^2 z}{(a^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} \dots \dots \dots (3.1)$$

τ_{\max} : 最大剪断応力 (kg/cm²)

a : 航空機の一車輪の接地面積を円に換算した場合の半径 (cm)

Z : 舗装の表面から、 τ_{\max} を求める点までの深さ (cm)

p : 脚荷重が一車輪に加わった場合の接地圧 (kg/cm²)

$$p = \frac{P}{a^2 \pi}$$

P : 航空機の脚荷重 (kg)

一軸圧縮試験強度が使用できる場合または、飽和土の三軸圧縮試験の強度定数が使用できる場合は、(2.12)式と(2.13)式より

$$\tau > 1.5 \tau_{\max} \dots \dots \dots (3.2)$$

が成立しなければならない。不飽和土の場合は、不飽和土の三軸圧縮試験を行ない、(2.14)式を表わす包絡線を求め、図-3.12のように、航空機的设计荷重によって生ずる土中の垂直応力(σ_1)¹⁰⁾と水平応力(σ_2)¹⁰⁾とからモールの円を描く。そして、モールの円と接するように包絡線に平行線を描き、接点 O' に対応する剪断抵抗応力 τ と、作用剪断応力 τ_a を求め、 $\tau > 1.5 \tau_a$ ならば安全である。 σ_1 と σ_2 はそれぞれ(3.3)式および(3.4)式で表わされる。

$$\sigma_1 = p \left(1 - \frac{\left(\frac{Z}{a}\right)^3}{\left\{1 + \left(\frac{Z}{a}\right)^2\right\}^{\frac{3}{2}}}\right) \dots \dots \dots (3.3)$$

$$\sigma_2 = p \left(1 - \frac{3 \frac{z}{a}}{2 \left\{1 + \left(\frac{z}{a}\right)^2\right\}^{\frac{3}{2}}}\right) + \frac{\left(\frac{z}{a}\right)^3}{2 \left\{1 + \left(\frac{z}{a}\right)^2\right\}^{\frac{3}{2}}} \dots \dots \dots (3.4)$$

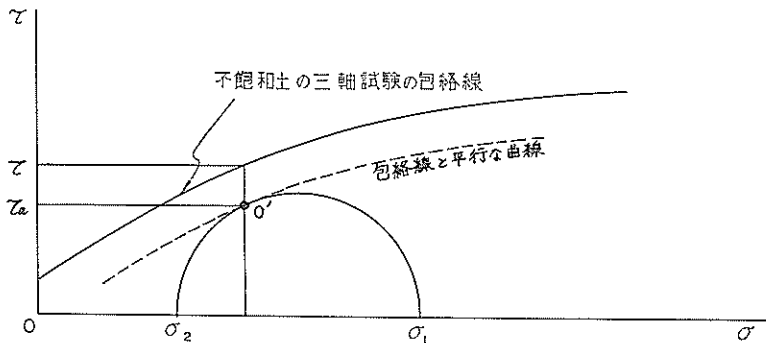


図-3.12 不飽和土の剪断強度の検討

(注1) 地盤の支持力の検討は、基準舗装の厚さで行なう。

(注2) 土の剪断強度が、航空機荷重によって土中に生ずる剪断応力の1.5倍に等しいかまたは小さい場

合は、その土層を改良して剪断強度を増大せしめるか、盛土などをして、その層に生ずる航空機荷重の剪断応力を小さくさせるかなどの対策を講じなくてはならない。

3. 7 舗装構造の決定^{(2), (4), (5), (8), (22), (23), (25), (28), (29)}

(1) 3.1から3.6までの検討によって得られた基準舗装の上層路盤や下層路盤（設計C B Rが20未満の層は除く）のある層に表—3.3に示す高級な品質の材料を使用した場合には、表—3.3の等価換算係数によってその層の厚さを、減らすことができる。ただし、もとの厚さより、20%以上、厚さを減じてはならない。⁽⁴⁾

(2)⁽²⁾ 表層と基層を除いては、いずれの層も、15cm 未満の厚さであってはならない。

(3)⁽²⁰⁾ リーンコンクリートまたは、中央プラント混合方式セメント安定処理材を使用する場合には、その上にあるアスファルトコンクリートの厚さは、18cm 以上とする。

3. 8 凍上に対する検討^{(4), (9), (21), (22)}

凍結融解をうける寒冷地方においては、3.7において最終的に求めた舗装の厚さにしゃ断層を加えた合計厚は、2.9.3における凍結深さよりも大ききくしなければならぬ。もしも、凍結深さの方が大きい場合には、凍結しにくい材料を舗装またはしゃ断層に追加し、舗装としゃ断層の合計厚が凍結深さよりも大きくなるようにする。

(注) 経験的に、舗装厚を凍結深さよりも薄くできる場合がある。また、特殊な路盤材などを使用して、舗装厚を減らすこともできる。

3. 9 沈下に対する検討

路床またはそれ以下の地盤が、圧密沈下を起すような場所では、路床や地盤の土質調査の結果にもとづいて、舗装区域を適切な区画に分け、それぞれの区画ごとに圧密沈下の計算を行ない、舗装区域の不等沈下量が、2.3に示す勾配の許容値以内におさまるかどうかを検討しなければならない。

もしも、それらの不等沈下の量が、許容値を越すような場合は、その時点において舗装の修理を行なうかまたは、舗装を建設するさいに、地盤改良や置土などをして圧密を事前に促進させなければならない。

(注) 圧密沈下の計算法や地盤改良工法などについては、一般の参考書を参照する。

3. 10 排水工の設計^{(20), (21)}

3.1から3.9までの検討を経た舗装は、適切な排水工が設置されて始めて成り立つものである。排水工が不備な場合は、舗装の破壊の原因となるから、排水工は、適切

表—3.3 使用材料の等価換算係数

材 料	適用条件	等価換算係数
粒度調整碎石		1.0
水締めマカダム		1.0
空締めマカダム		1.0
中央プラント加熱混合方式瀝青安定処理	75回突固め 350kg以上 50回突固め 250kg以上	1.5 1.2 ^(下層路盤のみに適用)
リーンコンクリート	$\sigma_t > 80 \text{kg/cm}^2$	1.5
中央プラント混合方式セメント安定処理	$\sigma_t > 30 \text{kg/cm}^2$	1.2

に設けられなければならない。

(注1) 排水には、舗装の表面を流れる水を処理する表面排水、路床や路盤の水（地下水や表面からの浸透水）を排除する地下排水とがある。

(注2) 排水工の設計については、「空港の排水：港湾技術研究所土質部滑走路研究室、1967年2月」などを参照する。

3. 11 嵩上げ設計法⁽²⁾

(1) 既設の舗装を嵩上げ（オーバーレイ）する必要がある場合には、既設舗装の材料の種類や材質、密度、強さなどのほか、路床の土の種類、密度、強さなどを第2章、第4章に準じて調査し、設計条件を整備して、第3章に準じて、新しい設計荷重で舗装厚を決める。原則として既設舗装厚との差が嵩上げ厚となる。

(2) 既設舗装を新しい舗装の表層部に入れてはならない。

(3) 既設舗装の表層や基層が、クラックが少なく良好な状態であり、採取した試料によるマーシャル安定度やその他の試験値が、表—4.15の基層としての値を満足するものであれば、既設舗装の表層や基層は、新しい舗装の基層として使用して良い。

(4) 既設舗装の表層や基層が、表—4.15の値を満足しないならば、表—4.10, 11の値を満足するかどうかを検討し、もしも満足するならば、既設舗装の表層や基層は、瀝青安定処理材として使用して良い。

(5) 既設舗装の表層や基層が、表—4.10, 11の値をも満足しない場合には、既設舗装の表層や基層は、粒度調整破砕骨材と同等の材料と考える。

4. 舗装材料と施工の要点

4.1 路床

- (1) 路床土は、設計CBRが2以上であって、3.5に示した締固め度規定を満足していなくてはならない。
- (2)³⁾ シャ断層が必要な場合、シャ断層の材料には、川砂、切込砂利または良質な山砂を使用する。
- (3)²⁾ 寒冷地において、凍結しにくい材料を使用する場合には、その材料の0.074mmふるいの通過量は5%未満でなければならない。
- (4)²⁾ 乱した供試体の室内CBR試験において、路床土の吸水膨張量は3%未満でなければならない。

4.2 下層路盤

下層路盤に使用される材料は一般に、粒状材料(シルトや粘土の混入した砂、砂、切込砂利、山砂利、切込碎石およびこれらの混合材など)や浸透式マカダム、セメント安定処理材、加熱混合方式瀝青安定処理材などである。

以下にこれらの材料規定について、順を追って説明する。

4.2.1 粒状材料^{2), 4), 32)}

- (1) 乱した供試体の室内CBR試験の結果は規定の値でなければならない。
- (2) 材料の粒度は表—4.1に示すとおりとする。

表—4.1 粒状材の下層路盤の粒度

ふるい目の開き (mm)	ふるい通過量 (%)
76.2	100
2.00	20~100
0.42	5~70
0.074	0~25

また、0.42mmふるいを通過する部分の液性限界(以下L・Lと略す)は25%以下、塑性指数(以下P・Iと略す)は6%以下でなければならない。ただしセレクト材はL・Lが35%以下、P・Iは12%以下でも良い。凍結地区では、0.074mmふるいを通過する量は5%未満でなければならない。

- (3) 材料のすりへり減量は50%以下とする。
- (4) 締固め度は、3.5(2)(3)を満足させなければならない。
- (5) 施工にさいして、一層の仕上がり厚は、15cm以下とする。
- (6) 仕上がり表面の凹凸量は、5m直線定規で1cm以

下、400m²ごとに測定した厚さの精度は、±0から+1cm以下とする。

(注1) すりへり減量試験はJIS A 1121の規定により500回転で行なう。

(注2)⁴⁾ 凝灰岩または泥岩質の碎石や砂利(たとえば土丹など)または、真砂土などの中には、湿気や繰り返し荷重などをうけると次第に細粒化する傾向を有するものもあるから注意を要する。

(注3) スラグを使用する場合は、空冷高炉鉱さいとする。新しいスラグは、亜硫酸ガスを多量に発生したり、⁴⁾ また、高炉鉱さい以外のスラグは、吸水膨張量が多い場合があるから注意を要する。

4.2.2 浸透式マカダム(アスファルト乳剤使用)^{2), 4), 32)~35)}

本材料は、敷広げて、十分良く締固めた粗骨材に、アスファルト乳剤を散布浸透させたものである。

(1) 使用する骨材の粒度は、表—4.2に示すとおりとする。

表—4.2 浸透式マカダムの骨材粒度

ふるい目の開き (mm)	ふるい通過量(%)			
	粒度 A	粒度 B	粒度 C	粒度 D
76.2	100			
63.5	90~100	100		
50.8	35~70	90~100		
38.1	0~15	35~70		
25.4	...	0~15		
19.1	0~5	...	100	
12.7		0~5	90~100	100
9.52			40~70	85~100
4.76			0~15	10~30
2.38			0~5	0~10

骨材には、碎石、玉砕または破碎スラグを使用するが、いずれも、すりへり減量は、JIS A 1121の500回転試験で45%以下でなければならない。

(2) 碎石を使用する場合には、JIS A 1122の硫酸ナトリウム使用の5回くり返し試験による損失量が12%以下でなければならない。また、有害物含有量の限度は、表—4.3に示すとおりとする。⁴⁾

(3) 玉砕を使用する場合には、碎石の規定を準用するが、4.76mmふるいにとどまるもののうち、重量で75%以上が少なくとも二つの破碎面を有していなければならない。

表—4.3 碎石の有害物含有量の限度

有害物	含有量(全試料に対する重量百分率%)
粘土, 粘土塊	0.25
やわらかい石片①	5.0
片細長い, あるいはうすぺらな石片②	8.0

〔注〕① 試験方法は JIS A 1126 による。
 ② 骨材を包む直方体の最大長と最小長との比が5より大きい石片。4.76mm以下の骨材には適用しない。

(4) 破碎スラグは, 空冷高炉鉱さいとし, 単位体積重量は, 1.1ton/m³ 以上でなければならない。

(5) アスファルト乳剤には, JIS K 2208—1967 の石油アスファルト乳剤規格中の PK—1, PA—1, を使用し, 特に冬期には PK—2, PA—2 を用いる(附録—5 参照)

(6) 骨材とアスファルト乳剤の接着性を調べるために, 附録—8 に示す剥離試験を行ない, 骨材に剥離や脱落が生じたならば, その骨材は, 使用しないか, または剥離などしないように処置しなければならない。

(7) 浸透式マカダムに使用する材料の標準的な量は, 表—4.4 に示すとおりである。

表—4.4 浸透式マカダム 1m² 当りの材料

仕上がり厚 (cm)	粗骨材		目潰し材①		第1回散布乳剤量 (ℓ)	目潰し材②		第2回散布乳剤量 (ℓ)
	粒度	数量(kg)	粒度	数量(kg)		粒度	数量(kg)	
5	B	76	D	11	2.4~3.1	C	14	5.7~6.8
7.5	A	123	D	16	3.4~4.2	C	20	8.0~9.1
10	A	161	D	22	3.8~4.2	C	33	9.5~10.6

(8) 施工時には, 骨材の層は上下とも乾燥していて, 気温は7°C 以上であり降雨や霧があってはならない。

(9) 乳剤を散布するディストリビューターは, 接地圧がタイヤ幅 1cm あたり 110kg 以下であって, 1.8kg/cm² から 5kg/cm² までの噴出圧力を有し, 1m² あたり 0.2ℓ から 12ℓ までの乳剤を散布できるものが好ましい。

締固めローラは, 鋼製の車輪を有する自走式のものであって, タンデムの場合は総重量 8ton 以上, 三輪の場合は 10ton 以上とする。

(10) 1回あたりの粗骨材の敷き均らしは, 1700m² 以内とし, 仕上がり厚は 5cm から 10cm までの間でなければならない。転圧は, 両側から次第に中心部へ行なう。一方の端が, すでに転圧を終了した区域に接している場合は, 自由端からこの接している端の方へと転圧する。これらの粗骨材層が完全に締固められたならば, 表面の凹凸を 5m 直線定規で測定するが, 凹凸量は 1cm 以内でなければならない。ローラが近寄れない場所では, 重量が 25kg 以上, 底面積が 650cm² 以下のタンパーを使用して転圧する。

粗骨材の層が仕上がったならば, 表—4.4 に示すように, 粒度 D のくさび骨材を, 表層約 1cm 程度に詰め, くまなく転圧し, 表面を均らす。くさび骨材が不足する場合は, 表—4.4 の値以上に追加する。

次に, 常温以上 60°C までの範囲内で, 施工し易すい

ように加熱したアスファルト乳剤を, ディストリビューターによって, 表—4.4 の量だけ一度に散布し, つづいて直ちに目潰し材(表—4.4 の C 粒度)を散布して残りの空隙を埋め, 表面を均らしてくまなく転圧する。もしも目潰し材が不足した場合は, 表—4.4 の量以上に追加し, 粗骨材の空隙が完全に埋まり, 目潰し材が粗骨材のすき間に十分噛み合うようにしなければならない。また表面にゆるんだ石があってはならない。転圧が終了したならば, できるだけ早く, 第2回の乳剤散布を, 表—4.4 の量だけ行ない, 十分浸透し乾いたならば, 表層を転圧する。

(11) 仕上がった表面の凹凸量は, 5m 直線定規で 1cm 以下, 250m² ごとに測定した厚さの精度は, ±0 から ±1cm 以下とする。

(注1) 厚いマカダム層を作る場合は, 1層の仕上がり厚を組合わせる。たとえば, 15cm の厚さの浸透マカダム層を作る場合, 表—4.4 の仕上がり厚さの 10cm を下層に, 5cm を上層に使用する。

(注2) わが国は多湿であるため, ともしれば乳剤の水分や揮発分が蒸発しにくく, 骨材との附着性が良くないことが多い。乳剤は湿度の高目の時期には, 表—4.4 に示した量よりもやや少な目に使用した方がよい。また, 骨材ができるだけ乾燥している時に施工する。雨天の前後は好ましくない。

(注3) 乳剤の散布時の粘度は50~200センチストークス(セイボルトフール度25~100秒)が適当である。

(注4) 碎石の代わりにスラグを使用する場合は、乳剤量は10~15%増しにする。

(注5) 表-4.4の使用量は、骨材の比重が2.65の場合であるから、比重が2.75以上あるいは2.55以下の場合は、比重の比率で骨材量を増減させる。

(注6) 粗骨材の最初の転圧は、三輪ローラで行なうが、その他の場合は、タンデムローラでも良い。

4.2.3 セメント安定処理材(中央プラント混合方式) 3), 4), 12), 32)

本材料は、中央プラントにおいて、骨材とセメントおよび水を混合し、現場に敷設し転圧したものである。

(1) 使用する骨材の粒度は表-4.5に示すとおりとする。

表-4.5 セメント安定処理材の骨材粒度

ふるい目の開き (mm)	ふるい通過量(%)		
	粒 度 A	粒 度 B	粒 度 C
50.8	100		
38.1	...	100	
25.4	55~85	70~95	100
19.1	50~80	55~85	70~100
4.76	30~60	30~60	35~65
0.42	10~30	10~30	15~30
0.074	5~15	5~15	5~15

骨材は、切込碎石、切込玉砕、切込砂利などであって、これらに砂を混ぜる場合は、砂の重量は混合骨材全重量の15%未満でなければならない。

これらの骨材のすりへり減量は、JIS A 1122 の500回転試験で45以下、JIS A 1122 の硫酸ナトリウム使用の5回くり返し試験による損失量は12%以下であって、有害物含有量の限度は表-4.3のとおりでなければならない。また、0.074mmふるいを通過する量は、0.42mmふるいを通過する量の半分以下であり、0.42mmふるいを通過する部分のL・Lは25%以下、P・Iは6以下でなければならない。

(2) セメントには、ポルトランドセメントを使用する。

(3)⁴⁾ 骨材に相当と予想されるセメント量約3~6%(混合物全重量に対する重量比)を加え、土質工学会JIS原案「締固めて作る安定処理土の締固めおよび一軸圧縮試験方法」において直径10cmのモールドを使用し所定の試験を行なう。

セメント安定処理材の6日養生、1日水浸後の一軸圧縮試験強度は、30kg/cm²以上とする。

(4) セメント安定処理材の混合および敷設時の気温は、2°C未満または24時間以内に2°C以下に降下してはならない。また、雨や霧のさいは、施工を行なってはならない。

(5) 混合物は、中央プラントで混合してから30分以内に敷設する。スプレッダーの敷設幅は、3m以上8m以内であり、締固めローラには重量10ton以上の三輪ローラや三軸ローラを使用する。また、これらのローラの代りに振動締固めの機械を使用しても良い。さらに必要ならば、仕上げに、モータグレーダを使う。混合物は、敷設後45分間以内に締固められなければならない。締固めのさいに、表面のゆるい材料は取り去るようにする。

(6) 締固め度は、(3)の試料から求めた $\gamma_d \max$ の96%以上でなければならない。

(7) 仕上がった表面の凹凸量は、5m直線定規で、1cm以下とする。仕上がってから75時間は、車輛などを入れてはならない。

(8) 横方向の施工目地は、垂直に切り取り、湿った土などを盛って、翌日まで保護してやる。継ぎ足しは、この土をきれいに除去してから行なう。縦方向の施工目地は、あらかじめ仕上げ厚に等しい型枠を設置し、転圧終了後取り去る。

(9) 転圧終了後1時間以内に、表面にアスファルト乳剤(PK-3, PA-3)またはカットバックアスファルト(等級RC-70, RC-250)を約1l/m²散布し約72時間養生させる。(附録-5参照)

(注1) 表-4.5は標準的な粒度であるが、これ以外の粒度のものでは、所定の強度を出すのにセメント量が多くなったり、混合や締固めが困難になったりすることが多い。

(注2) 一軸圧縮試験の土質工学会JIS原案は、土質工学会「土質試験法」p477を参照する。

(注3) セメント安定処理材の一層の仕上がり厚さは10cmから20cmまでとし、それ以上厚い場合は、二層にして仕上げる。

4.2.4 中央プラント加熱混合方式瀝青安定処理材

これについては、4.3.4の下層路盤用のものを使用する。

4.3 上層路盤

上層路盤に使用される材料は、空締めマカダム、水締めマカダム、粒度調整破砕骨材、中央プラント加熱混合

方式瀝青安定処理材，リーコンクリート，中央プラント混合方式セメント安定処理材などである。

以下に，これらの材料規定について，順を追って説明する。

4.3.1 空締めマカダム^{3), 4), 32), 33), 41), 42)}

本材料は，砕石や破砕スラグからなる締められた粗骨材の層に目潰し材を噛み合わせたものである。

(1) 粗骨材と目潰し材の粒度は，表—4.6 に示すとおりとする。

表—4.6 空締めマカダムの骨材粒度

ふるい目の開き (mm)	ふるい通過量 (%)	
	粗骨材	目つぶし材
76.2	100	
63.5	90~100	
38.1	25~60	
19.1	0~10	
9.52		100
4.76		85~100
0.149		10~30

骨材のすりへり減量は，JIS A 1121 の 500 回転試験で45%以下，JIS A 1122 の硫酸ナトリウム使用の5回くり返し試験による損失量は12%以下であって，有害物含有量の限度⁴⁾は表—4.3 のとおりとする。

(2) スラグは，空冷鋳鉄さいとし，単位体積重量は，1.1ton/m³ 以上でなければならない。

(3) 目潰し骨材の0.42mmふるい通過分のP・Iは4以下で，0.074mmふるい通過量は10%以下でなければならない。

(4) 粗骨材を敷き広げる前に，下層路盤の上に，0.074mm通過量が5%から10%までの砂などを，1m²あたり約40kg以上を一様に散布し，水締めする。次に粗骨材を1700m²以内に敷き広げローラで転圧する。転圧の要領は4.2.2(1)に準ずる。

(5) 転圧機械は10ton以上の自走式三輪ローラ（後輪幅1cm当り，60kg以上の接地圧を有すること），または，1分間当りの振動数が2200以上の自走式振動タンパー（4脚以上のそう入脚を有すること）とする。振動タンパーを使用する場合は，そのあとに10ton以上の三輪ローラを使用して仕上げをする。

ローラが近づけない場所では重量が25kg以上，底面積が650cm²以下のタンパーを使用する。

(6) 粗骨材の一層の仕上げ厚は，三輪ローラの場合7.5

cm以上10cm以下，振動タンパーの場合は10cm以上25cm以下とする。

(7) 粗骨材層の表面の凹凸量は5m直線定規で1cm以下とする。

(8) 粗骨材の転圧が終了後，目潰し材を均等に少しづつ散布し三輪ローラで転圧する。必要ならば目潰し材を手ぼうきで粗骨材の空隙にはき込む。目潰し材は薄い層状に散布されなければならない。そして目潰し材と粗骨材が完全に一体となるまで目潰し材を追加し転圧をつづける。もしも，振動タンパーを使用する場合は，まず約50%の量の目潰し材を粗骨材の上に散布し，振動タンパーで1回転圧し次に約25%の量の目潰し材をまいて1回の転圧を行ない，さらに約25%の量の目潰し材を散布して1回転圧する。そして最後に10ton以上の三輪ローラで仕上げ転圧を行なう。

(9) 仕上げ表面の凹凸量は，5m直線定規で1cm以下でなければならない。また，250m²ごとに測定した厚さのばらつきは±0~+1cmまでとする。

(注) 10cm以上の厚さのマカダム層を作る場合は，7.5cm~10cmの厚さのものを重ね合わせる。

4.3.2 水締めマカダム^{3), 32), 41), 42)}

本材料は空締めマカダムの製作工程において，水をまきながら目潰しを行なうものである。

すなわち，空締めによってマカダムの空隙が目潰し材で完全に埋められたら直ちに散水し，転圧をつづけ，必要ならば目潰し材を追加して行く。目潰し材の量や散水の量は適宜決める。散水，転圧，目潰し材の追加は，マカダム層が完全に締め固まって動かなくなるまでつづける。

(注) 通常，散水量は7~10l/m²が標準である。

4.3.3 粒度調整破砕骨材^{3), 4), 32), 41), 42)}

本材料は，砕かれた骨材を良好な粒度に混合して敷設

表—4.7 粒度調整破砕骨材の骨材粒度

ふるい目の開き (mm)	ふるい通過量 (%)		
	A 最大粒径 50.8mm	B 最大粒径 38.1mm	C 最大粒径 25.4mm
50.8	100		
38.1	...	100	
25.4	55~85	70~95	100
19.1	50~80	55~85	70~100
4.76	30~60	30~60	35~65
0.42	10~25	10~25	12~25
0.074	3~10	3~10	3~10

し、締固めたものである。

(1) 本材料に使用する骨材の粒度は、表—4.7 に示すとおりとする。

これらの骨材は、碎石、玉砕スラグであり、細骨材(4.76mmふるいを通過するもの)は、これらの破碎工程の中で生じたものを使用する。しかし、細骨材の一部として、混合物全重量の15%以下の砂を使用しても良い。この場合、砂は全量が4.76mmふるいを通過し、砂の全重量の5%以下が0.074mmを通過するものでなければならない。

骨材のすりへり減量は JIS A 1121 の 500 回転試験で 45% 以下、JIS A 1122 の硫酸ナトリウム使用の 5 回くり返し試験による損失量は 12% 以下であって、有害物含有量の限度²⁾は、表—4.3 のとおりとする。

(2) 玉砕を使用する場合、4.76mmふるいにとどまるものの内、少なくとも 90% が二つの破碎面を有し、4.76mmふるいにとどまるものの全量が一つ以上の破碎面を持っていないなければならない。

(3) 破碎スラグは、空冷高炉鉱さいで、単位体積重量は、1.1ton/m³以上でなければならない。

(4) 混合物の配合曲線は滑らかであり混合物の中で、0.074mmふるいを通過する部分は、0.42mmふるい通過分の半分以下でなければならない。また、0.42mmふるいを通過するものは、L・Lが25%以下、P・Iが6以下とする。さらに、混合物の最大粒径は、一層の仕上げ

り厚さの $\frac{1}{3}$ 以下でなければならない。

(5) 骨材の混合は、中央プラントか移動式プラントで行なう。

(6) 混合物の敷き均らしは、1回あたり1700m²以内とし、一層の仕上げり厚が6.5cm~11.5cmになるように施工する。

(7) 混合物を敷き均した後、直ちに10ton以上の三輪ローラ(後輪幅1cmあたり60kg以上の接地圧を有すること)や締固め幅1.5m以上のタイヤローラ(接地幅1cmあたり、50kg以上の接地圧を有すること)で、締固めを行なう。転圧の要領は、4.2.20⁴⁾に準じ、転圧機械の入れない場所では重量25kg以上、底面積が650cm²以下のタンパーを使用する。必要ならば散水し、締固め度が γ_d maxの100%以上になるまで、転圧と表面の凹凸の削りとりを交互に繰り返す。均一にしかも滑らかに仕上がったならば、10tonの三輪ローラまたは8tonのタンデムローラで最終仕上げを行なう。

(8) 仕上げ表面の凹凸量は、5m直線定規で1cm以下でなければならない。また、250m²ごとに測定した厚さのばらつきは±0~+1cmとする。

(注) 本材料の路盤の厚さが11.5cm以上の場合は1層仕上げり厚6.5cm~11.5cmの範囲内で、適当な厚さを選んで重ね合わせて行く。

4.3.4 中央プラント加熱混合方式瀝青安定処理材^{2),3),4),23),25),32),36),41),42)}

表—4.8 中央プラント加熱混合方式瀝青安定処理の骨材粒度

ふるい目の開き (mm)	ふるい通過量 (%)				
	A 最大粒径 31.7mm	B 最大粒径 25.4mm	C 最大粒径 19.1mm	D 最大粒径 12.7mm	E 最大粒径 9.52mm
31.7	100				
25.4	86~100	100			
19.1	68~92	82~100	100		
12.7	55~84	70~90	82~100	100	100
9.52	46~76	60~82	68~90	82~100	91~100
4.76	32~64	42~70	50~79	56~88	75~100
2.00	20~50	30~60	36~67	40~75	56~85
0.42	8~30	15~40	17~44	19~48	24~56
0.177	4~19	8~26	9~29	10~32	12~37
0.074	3~8	3~8	3~8	4~9	4~10
瀝青材料 (%)					
アスファルト	4.0~6.0	4.5~6.5	5.0~7.5	5.5~8.0	5.5~7.5
セメント					
タール	3.5~5.0	4.0~5.5	4.5~6.5	5.0~7.0	5.0~6.5
	4.6~6.5	5.0~7.0	6.0~8.5	6.5~9.0	

本材料は、骨材とフィラーと瀝青材を、中央プラントにおいて加熱混合し、熱い内に現場に敷設し転圧することによって、得られるものである。

(1) 使用する骨材の粒度は、表—4.8 に示すとおりとする。

骨材には、碎石、玉砕、破碎スラグ、砂利、切込砂利、砂などが使用されるが、粗骨材（4.76mmふるいにとどまるもの）についてのすりへり減量は、JIS A 1121 の500 回転試験で45%以下、JIS A 1121 の硫酸ナトリウム使用の5 回くり返し試験による損失量は12%以下でなければならない。また、骨材の有害物含有量の限度は表—4.3 のとおりとする。さらに、0.42mmふるいを通過する部分のL・Lは25以下、P・Iは6 以下でなければならないし、水洗いによって0.074mmふるいを通過する部分は、水洗いをしない場合にも、その量の少なくとも半分は0.074mmふるいを通過しなければならない。また、骨材の最大粒径は、一層の仕上がり厚の $\frac{2}{3}$ 以下でなければならない。

(2) 玉砕を使用する場合は、4.76mmふるいにとどまるもののうち、重量で75%以上が少なくとも二つの破砕面を有していなければならない。

(3) 破碎スラグを使用する場合は、空冷高炉鉗さいとし、単位体積重量は1.1ton/m³以上でなければならない。

(4)²⁵⁾ フィラー（0.074mmふるいを通過するもの）は、石灰石粉あるいはポルトランドセメントであって、表—4.9 の粒度を満足するものとする。

表—4.9 フィラーの粒度

項 目	基 準	
材 質	石灰石粉あるいはポルトランドセメント	
水 分(%)	1 以下	
0.074mm フルイ通過量(%)	75 以上	
0.074mm フルイ通過分の粒度通過重量 (%)	0.074	100
	0.050	70~100
	0.020	35~ 65
	0.005	10~ 22

(5) 瀝青材としては、附録—5 に示す舗装用石油アスファルトまたは、附録—5 に示す舗装タールを使用する。アスファルトの場合は、種類は適宜選ぶ。タールの場合は、加熱混合式のC—2、C—3を使用する。

(6) 骨材と瀝青材の接着性を調べるために、附録—8 に示す剥離試験を行ない、骨材に剥離や脱落が生じたなら

ば、その骨材は使用しないかまたは剥離などをしないように処置しなければならない。

(7) 瀝青材の量は、マーシャル安定度試験に対する値が表—4.10の基準値を満足するように決める。またこの場合、かさ比重で測定した骨材の間隙率(V・M・A)は表—4.11の値のものでなければならない。²⁶⁾

表—4.10 マーシャル安定度試験に対する瀝青安定処理材の基準値

項 目	上層路盤用瀝青安定処理	下層路盤用瀝青安定処理
マーシャル安定度 (kg)	突固め回数75回 350 以上	突固め回数50回 250 以上
フロー値 ($\frac{1}{100}$ cm)	20~40	10~40
空 隙 率(%)	3~ 8	3~12

表—4.11 瀝青安定処理材の骨材間隙率(V.M.A)

骨材最大粒径(mm)	31.7	25.4	19.1	12.7	9.52
V. M. A (%)	12.5 以上	13.0 以上	14.0 以上	15.0 以上	16.0 以上

(8)^{22), 27)} 規定粒度の骨材は、瀝青材と混合される前に、中央プラントのドライヤーで加熱乾燥されるが、瀝青材と混合される直前の骨材の含水率は、アスファルト混合の場合 0.5%以下、タール混合で1%以下でなければならない。骨材は合材の温度よりも5°~15°C 程度高くしておく。一般には150°~175°C である。

(9) 混合前の瀝青材は、中央プラントのケトルまたはタンクの中で加熱融解されるが、その加熱温度は附録—7を参照する。

(10) 加熱された骨材と瀝青材は、中央プラントのミキサーの中で、混合されるが、出来上がった合材の温度は、アスファルト合材で110°C~150°C タール合材で80°C~120°C でなければならない。

(11) 出来上がった合材はトラックなどにより直ちに現場に運搬し、アスファルト合材で95°C~150°C タール合材で65°C~105°C の温度でもって敷設されなければならない。敷設時には、下の層は乾いていて、気温は5°C以上であり、霧や雨を伴ってはならない。合材は一層の仕上がり厚が7.5cm 以下となるようにアスファルトフィニッシャーなどにより、3m以上の幅に敷設する。敷設は、勾配面の高い方から低い方へ、滑走路や誘導路などの中心線に沿って行なわれる。また、第1回目に敷設された部分の中で、第2回目の敷設部分に接する

縁端部は約 15cm だけ転圧しないで残しておき、第 2 回目の敷設が行なわれてから、この部分を一緒に転圧する。これをホット・ジョイントと称する。しかし、第 2 回目の敷設が、第 1 回目の敷設後 2 時間以内に行なわれない場合は、この継目は転圧してしまい、あとに述べるように垂直に切りとってから新しく第 2 回目の合材を敷設する。継目の転圧が終了したならば直ちに、3 m 以上の直線定規をあてて凹凸量を測定する。

(12) 合材の転圧は、8ton 以上の三輪ローラ、タンデムローラ、タイヤローラなどで行なう。転圧は、混合物が敷設されてから直ちに行ない、中心部から縁端部へと進む。縁端部に接し、次の混合物が敷設されたならば、この継目の部分から転圧を始め、新しく敷設された混合物の他の縁端部へと転圧を進めて行く。初期転圧は、縦方向に、タンデムローラまたは三輪ローラで行なう。転圧幅は、各幅共、適当量づつ重複させる。また、各転圧帯の長さは少しづつ喰い違いがあるようにする。次に、数本の敷設幅を通して斜めの転圧を行なうが、この斜め転圧は、舗装全幅（たとえば滑走路の幅）の半分以内とする。

(13)³⁹⁾ 転圧は所要の密度が得られるまで行なうが、合材の締固め度は、表-4.10 で実施したマーシャル安定度試験時に得られた密度の 98% 以上とする。最終仕上げはタンデムローラで行なう。

(14) ローラが近寄れない場所の転圧は、重量 12kg 以上、底面積 320cm² 以下のハンドタンパーなどで行なう。

(15) 敷設合材の継目の転圧が、(11) で述べたように混合物が熱い内に行なわれる場合は問題がないが、敷設後 2 時間以上経過した後、新しく混合物を敷設する場合には、既設の縁端を仕上げ厚の深さだけ舗装面に垂直に切り取り清掃しカットバックアスファルト (RC-250) かアスファルト乳剤 (PK-4, PA-4) を薄く塗布して、混合物を敷設する。横継目は出来るだけ設けないようにする。縦継目の場合は、継目の位置は、下の層の継目の位置から少なくとも 30cm は離すようにする。

(16) 仕上げ面の凹凸量は 5 m 直線定規で 1 cm 以上とする。

(注 1) マーシャル安定度試験については、日本道路協会「アスファルト舗装要綱一附録 4-10」昭和 40 年改訂版において、突固め回数を下層路盤用では 50 回、上層路盤では 75 回として行なう。

(注 2) タールは 120°C 以上、アスファルトは 175°C 以上に加熱してはならない。

(注 3) 層厚が 7.5cm 以上の場合は、7.5cm 以下の一

層仕上がり厚のものを重ね合わせる。

(注 4) 粒状材の路盤上に、合材を敷設するさいには、プライムコート (カットバックアスファルトや常温タールなど) を路盤に散布浸透させ、24 時間以上放置し、プライマーが完全に浸透し、表面が乾燥したならば、混合物の敷設を行なう。既設舗装上に新しく合材を敷設ある場合には、タックコート (スレートアスファルト、アスファルト乳剤 PK-4, PA-4 やカットバックアスファルト RC-70) を薄く (0.3~1.0 l/m²) 散布してから敷設する。

(注 5) 瀝青材量の詳細な決定方法については、4.4.(5) を参照する。

(注 6)³⁶⁾ 混合時における骨材と瀝青材の温度差は 14°C 以上あってはいけない。また合材のでき上がり温度は、指定された温度に対して 10°C 以上の変動があってはならない。骨材はミキサに投入されてから少なくとも 10 秒間は空練りし、次に瀝青材を注入して 30~75 秒間混合する。

(注 7)^{41), 36)} 合材を中央プラントから現場まで運搬するダンプトラックの車体には合材の附着を防ぐために、噴霧器で軽油または重油をできるだけ薄く塗布する。過度の塗布は合材を酸化させるので避けなければならない。プラントから合材をトラックに積込むさいに、合材の分離を起さないように注意するが、必要ならば、トラック床上の合材をレーキなどで平らに均らす。また保温や異物混入防止のため、運搬中の合材をシートなどで防護する。

(注 8) 初期転圧は 8 ton 程度のタンデムローラまたはマカダムローラで行なう。この転圧は、次の二次転圧においてタイヤローラに合材が附着しない程度に 1 往復ぐらい行なう。タンデムローラは両輪駆動のものが最も好ましい。二次転圧はタイヤローラ (13ton~25ton 程度) で行ない、仕上げ転圧は三輪タンデムローラ (15ton 程度) で行なう。ローラ輪帯には、合材が付着しないように水や重油を塗布するが、これはできるだけ少量とする。タイヤローラなどで合材の付着が激しい場合は、石油乳剤を水で薄めて滴下すると効果がある。³⁶⁾ 転圧速度は三輪ローラやタンデムローラでは 2~3 km/hr、タイヤローラで 6~10 km/hr が適当である。⁴¹⁾

(注 9)⁴¹⁾ 締固め温度は高いほど良いが余り高いとヘヤークラックや変位を起すことが多い。また低過ぎ

る温度では、締固めが不十分となる。一般に、アスファルト合材では、初期転圧が 110~140°C、二次転圧の終了温度は 70~90°C である。初期転圧時のヘヤクラックを防止するには、ローラの線圧力を下げるか、輪径の大きなものを使うか、走行速度を下げるか、合材の転圧温度を下げるか (90°C 程度) などするが、温度が低すぎて初定の密度を得られない場合は、合材の配合を再検討する。

(注10)^{31, 36)} 縦目転圧直後凹凸がある場合には、直ちにレーキで 1~2cm 合材をゆるめ、平らに均らし、転圧し直す。また、冷たくなった縦継目の施工のさいには、新しい舗装を行なうフィニッシャーのスクリードを 3~8cm 程度既設の舗装に重ねて行ない、重なり合って高くなった部分の新しい合材はレーキで掻きとるようにする。

(注11)⁴⁾ 5°C 以下の気温で止むを得ず舗設する場合は、所要の密度が得られたかどうかを常に確認しなければならない。一般にこのためには、次に示す対策などが考えられる。

- i) アスファルトの針入度は規格内で 1 階級上げる。
- ii) 合材の混合温度を規定内で最高にあげる。現場着温度は積荷表面から 6cm 程度の深さで 160°C を下らないのが望ましい。
- iii) 運搬中にシートを数枚かぶせたり、荷台の四方に木枠をとりつけたりして保温する。
- iv) フィニッシャーのスクリードを加熱したり、すでに舗設した部分の継目の部分に 20~30cm 加熱混合物をのせたりして暖める。
- v) 風あたりの強い場合は、移動式の風よけを使う。
- vi) 合材敷設面をあらかじめ焼き砂などで暖めておく。
- vii) 締固めない混合物が 10m 以上にわたらないようにする。
- viii) ローラへの合材付着防止には水は使用しない。
- ix) 合材の締固め時間をできるだけ短かくする。気温と締固め許容時間は一般に 図-4.1 に示すとおりである。

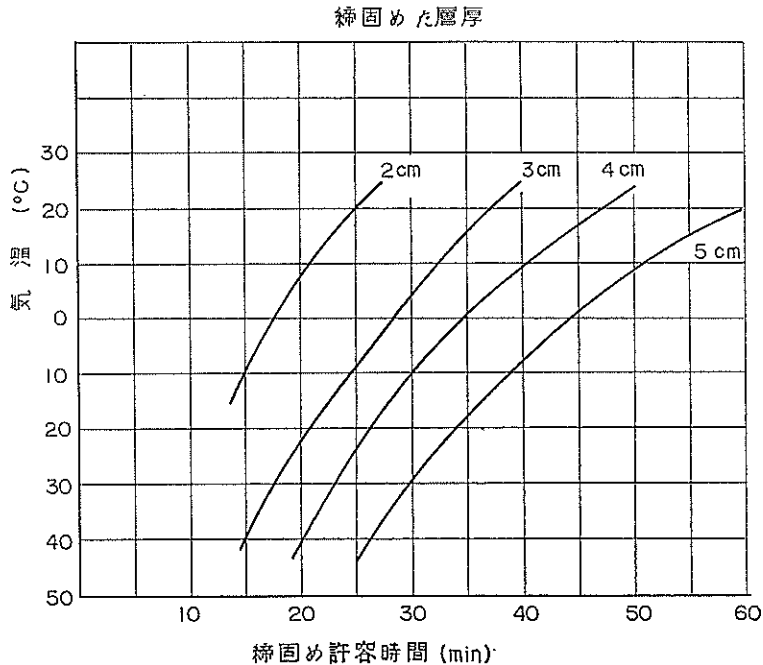


図-4.1 気温と締固め許容時間の関係

4.3.5 リーンコンクリート^{23), 32), 38), 39)}

本材料は、貧配合のコンクリートである。

(1) 骨材、粒度、配合などについては土木学会「コンク

リート標準示方書」による。

(2) 本材料の一週間圧縮強度 (σ_7) は、80kg/cm² 以上とする。

表-4.12 表層および基層の骨材粒度
表層 (タイヤ接地圧 14kg/cm² 未満の場合)

ふるい目の開き (mm)	ふるい通過量 (%)															
	粒度 1			粒度 2			粒度 3			粒度 4			粒度 5			
	最大粒径 38.1mm			最大粒径 25.4mm			最大粒径 19.1mm			最大粒径 12.7mm			最大粒径 9.52mm			
38.1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
25.4	83~96	86~98	90~98	84~96	88~96	90~98	84~96	88~96	90~98	84~96	88~96	90~98	84~96	88~96	90~98	84~96
19.1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
12.7	66~79	71~84	77~84	74~89	79~93	80~95	74~89	79~93	80~95	84~96	87~89	81~95	86~96	82~84	86~96	81~95
9.52	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
4.76	48~60	54~66	60~75	52~68	60~75	55~70	46~60	54~66	61~74	67~80	67~80	59~94	72~85	75~95	78~95	75~95
2.00	31~43	37~49	43~55	39~54	47~62	40~54	39~54	47~62	46~60	54~66	54~66	43~57	50~64	56~76	60~80	62~84
0.42	16~25	20~29	25~34	21~32	26~37	22~31	21~32	26~37	22~31	26~35	31~40	27~37	31~42	26~44	29~47	32~50
0.177	16~17	12~19	15~22	13~21	15~24	12~20	13~21	15~24	15~23	19~26	19~26	16~23	19~26	14~28	16~30	18~32
0.074	3~6	3.5~6.5	4~7	3.5~7.5	4~8	3~7	3.5~7.5	4~8	3.5~7.5	4~8	4~8	4~8	4~8	5~9	6~10	7~11

(3) 仕上がった表面の凸凹量は、5m直線定規で1cm以下とする。

4.3.6 中央プラント混合方式セメント安定処理材

本材料は、4.2.3 に示される規定に準ずるものとする。³²⁾

4.4 表層および基層^{27), 31), 41), 222), 231), 251), 331), 401), 411), 42)}

表層および基層に使用される材料は、中央プラント加熱混合方式アスファルトコンクリートであって、以下に示す規定を満足するものでなければならない。

(1) 使用する骨材の粒度は、表-4.12に示すとおりとする。²⁾

粗骨材 (4.76mmふるいにとどまるもの) には碎石を使用する。細骨材 (4.76mmふるいを通ずるもの) はスクリーニングス (粒径2.38mm以下の碎石ダスト) および角張った砂または両者の混合したものを使用する。天然産の細骨材では、2.38mmふるいにとどまるものが5%以上あってはならない。またスクリーニングスは0.59mmふるいを50%以上通過してはならない。²³⁾粗骨材や細骨材は表-4.13に示す材質規定を満足するものでなければならない。⁴⁾

また骨材における有害物含有量の限度は、表-4.3のとおりとする。⁴⁾骨材の最大粒径は、表層の場合は1層の仕上がり厚の1/2以下、基層の場合は、1/3以下とする。²⁾さらに、骨材の中で、水洗いによって0.074mmふるいを通ずる部分は、水洗いをしない場合にも、その量の少なくとも半分は0.074mmふるいを通ずらなければならない。

表-4.12 つづき(2)

表層 (タイヤ接地圧 14kg/cm² 以上)

ふるい目の開き (mm)	ふるい通過量 (%)					
	粒度 10			粒度 11		
	最大粒径 25.4mm			最大粒径 19.1mm		
	a	b	c	a	b	c
25.4	100					
19.1	84~97			100		
12.7	74~88			82~96		
9.52	68~82			75~90		
4.76	54~67			60~73		
2.00	38~51			43~57		
0.84	26~39			29~43		
0.42	17~30			19~33		
0.177	9~19			10~20		
0.074	3~6			3~6		

表—4.12 つづき (3) 基層

ふるい 目の開 き (mm)	ふるい通過量 (%)											
	粒 度 6			粒 度 7			粒 度 8			粒 度 9		
	最大粒径 38.1mm			最大粒径 25.4mm			最大粒径 19.1mm			最大粒径 12.7mm		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
38.1	100	100	100									
25.4	73~95	75~95	79~95	100	100	100						
19.1	...	...	...	72~95	75~95	81~96	100	100	100			
12.7	55~73	59~77	62~80	61~82	65~85	69~89	70~95	74~95	77~95	100	100	100
9.52	...	...	...	...	...	...	60~80	64~84	68~88	71~95	75~95	78~95
4.76	35~51	39~55	42~58	38~54	43~59	48~66	42~60	47~65	52~70	50~71	54~75	59~80
2.00	23~38	27~42	31~46	25~41	29~45	34~50	28~46	33~51	36~54	32~53	36~57	41~62
0.42	11~21	13~23	15~25	12~23	14~25	17~28	14~26	16~28	18~30	16~29	18~31	21~34
0.177	6~14	7~15	8~16	7~16	8~17	10~18	8~18	9~19	10~20	10~20	11~21	12~22
0.074	3~7	3~7	3~7	3~7	3~7	3~7	3~7	3~7	3~7	4~9	4~9	4~9

表—4.13 表層および基層用骨材の材質規定

項 目	粗 骨 材		細 骨 材	
	試 験 法	基 準	試 験 法	基 準
比 重 (表乾)	JIS A 1110	2.55 以上	JIS A 1109	2.50 以上
吸 水 率 (%)	JIS A 1110	1.50 以下	JIS A 1109	2.50 以下
ロスアンゼルスすりへり減量 (%)	JIS A 1121 (C粒度)	表層 25 以下 基層 30 以下	—	—
硫酸ナトリウム飽和溶液による損失量 (%)	JIS A 1122 (5回繰返し)	12 以下	—	—
P. I.	—	—	JIS A 1205 JIS A 1206	N. P.

らない。²²⁾

(2) フィラーについては、4.3.4(4)と同じものとする。²⁵⁾

(3) アスファルトは、附録—5に示す舗装用石油アスファルトの規定の中から適当なものを選び出すが、種類としては、40~60、60~80、80~100 が好ましい。²³⁾この三種類については、特に針入度指数 (P・I) が表—4.14の値を満足しなければならない。²³⁾

(4) 骨材とアスファルトとの接着性については4.3.4(6)と同じくする。

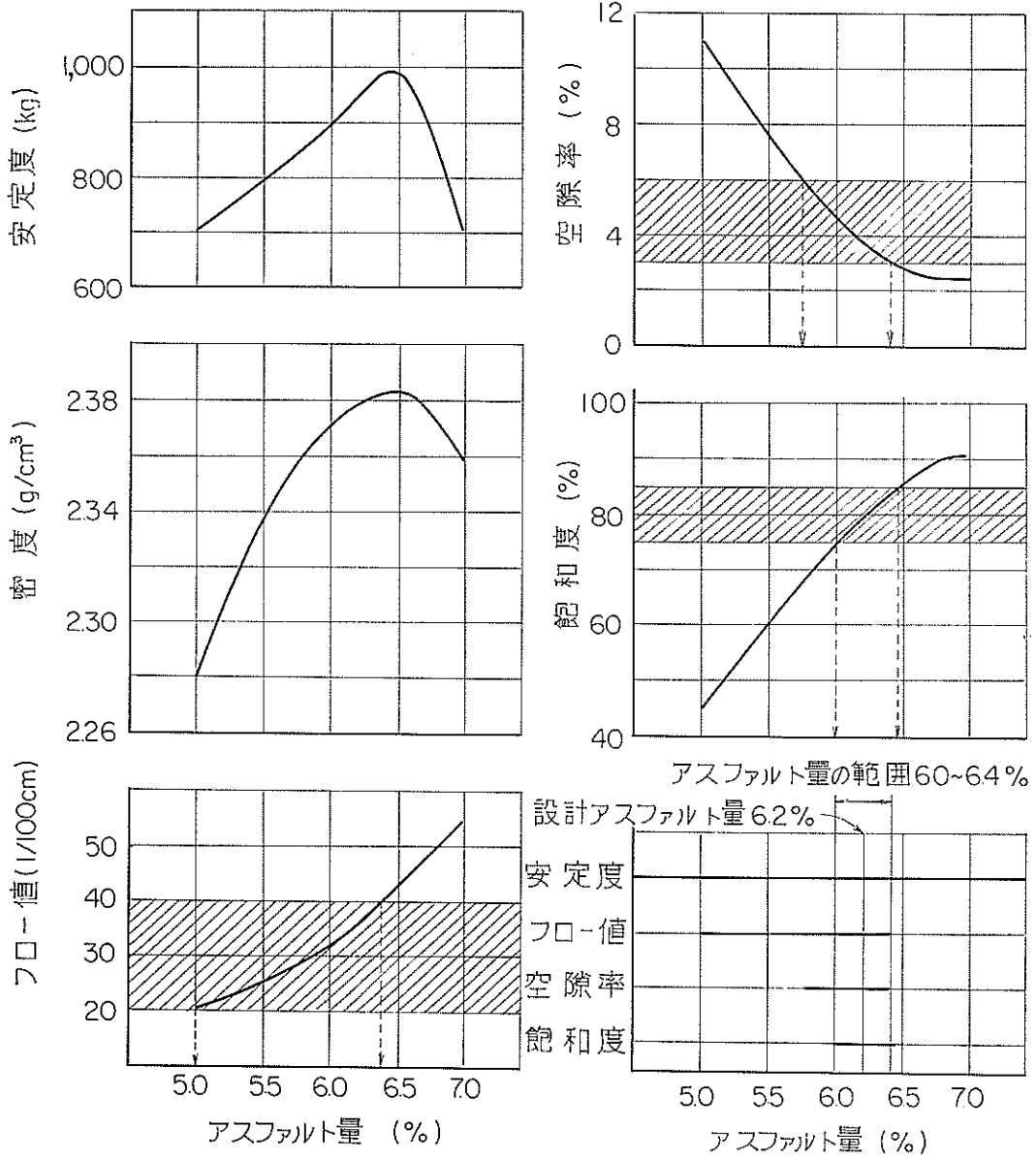
(5) アスファルトの量は、マーシャル安定度試験に対する値が表—4.15の基準値を満足するように決める。²⁾²³⁾

このためには、規定のアスファルト量の最小値から0.5% きざみにアスファルト量をふやして行き、マーシ

表—4.14 アスファルトの針入度指数規定

アスファルト種類	針入度指数	針 入 度	軟化点 °C
40~60	-0.5~+0.5	40~60	53~58
60~80	-1.0~+0.5	60~80	43~53
80~100	-1.5~+0.5	80~100	41~51

ヤル試験用供試体を作成する。そして、図—4.2のように、⁴⁾横軸にアスファルト量、縦軸に、安定度、密度、フロー値、空隙率、飽和度などをとり、各点を滑らかな曲線で結べば、表—4.13の基準値を満足するアスファルトの量の範囲が求まる。そして、全ての基準値を満足するアスファルト量の範囲の中央値を設計アスファルト量



図一4. 2 表層, 基層の設計アスファルト量の求めかた

表—4.15 マーシャル安定度に対する表層および基層の基準値

項目	表層		基層	
	突固め回数 50回 [※]	突固め回数 75回	突固め回数 50回 [※]	突固め回数 75回
マーシャル安定度(kg)	500 以上	900~1400	500 以上	800~1200
フロー値 (1/100cm)	20 ~ 40			
空隙率 (%)	3~5	1~3	4~6	1~5
アスファルト量 (%)	6 以上		5 以上	
飽和度 (%)	75~85	70~80	65~80	50~70
かさ比重による骨材間隙率 (V.M.A) (%)	最大粒径 38.1mmの場合 12以上 25.4 " " 13以上 19.1 " " 14以上 12.7 " " 15以上 9.52 " " 16以上			

※突固め回数50回は、タイヤ接地圧7 kg/cm²以下の航空機を対象とする舗装に使用される。

とする。多雨多雪の地域や寒冷時などにおける施工では、中央値から上限値の範囲内でアスファルト量を増すことができる。⁴⁾

(6) 合材の混合、敷設、転圧などの方法については、4.3.4.(8)以下に準ずる。

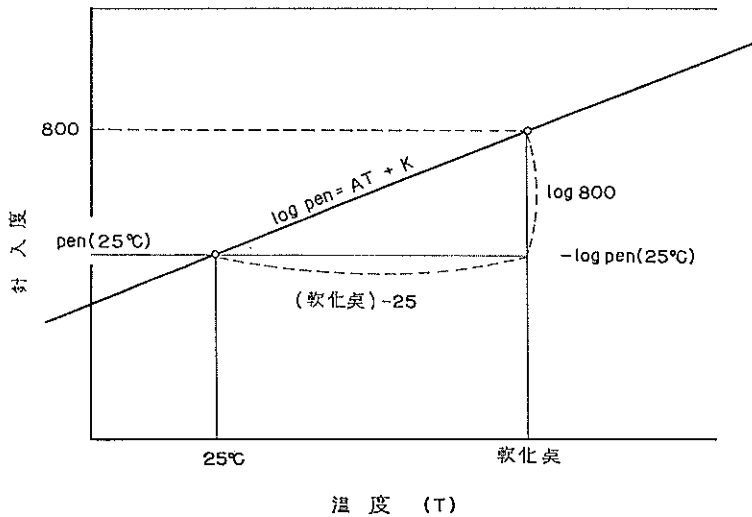
なお、合材の締固め度は、マーシャル安定度試験で得られた密度の98%以上とする。²⁾

(7)³⁾ 1層の仕上り厚は、表—3.1 に示すように、4cm, 5cm, 6cm とし、それぞれ同表のように、組合わせて、表層と基層の合計厚さを作る。合計厚が15cm 以上の場

合は、5cm と 6cm を組合わせる。

(8) 仕上がり表面の凹凸量は、5 m直線定規で6 mm以下でなければならない。³²⁾

(注1)⁴⁰⁾ アスファルトの針入度指数 (P・I) は、図—4.3 に示す針入度と温度の関係曲線から得られるもので、曲線の勾配Aを左右する値である。温度に対して敏感なアスファルトほどP・Iは小さくなる。P・Iはこのように、アスファルトの感温性を評価したり、原油や製造方法に関する情報を得るために利用される。



図—4.3 アスファルトの温度・針入度曲線

$$A = \frac{\log 800 - \log \text{pen}(25^\circ\text{C})}{(\text{軟化点}) - 25} = \frac{20 - P \cdot I}{10 + P \cdot I} \cdot \frac{1}{50} \dots \dots \dots (4.1)$$

$$P \cdot I = \frac{30}{1 + 50A} - 10 \dots \dots \dots (4. 2)$$

一般に P・I = -2 未満はピッチ型のアスファルトで感温性が高い

P・I = -2 ~ +2 未満は、普通型のアスファルト

P・I = +2 以上はブローン型のアスファルトで感温性が低い。

(注2)⁴⁾ 合材の特性に影響のある要因は、一般的に表-4.16に示すとおりである。

表-4.16 合材の特性に影響する要因

特性 \ 要因	最大粒径	リ骨 ヨウ ウ角材 にと む量	細 砂 量	石 粉 量	ア針 スフ 入 ア ルト 度	骨 材 間 隙 率
安定度	+	+		+	-	-
フロー値	-	-		+	+	+
空隙率		+	+	-		+
飽和度		+	+	-		+
骨材間隙率		+	+	-		+
施工法	-	-		-	+	+

[注] 合材の特性値と要因の一般的関係を示す。
+は要因を増すことにより特性値が増加することを表わす。

4. 5 プルーフローリング^{27), 31), 41), 81), 251), 321)}

路床や下層路盤の施工にさいしては、仕上がった表面で、必ずプルーフローリングを行なわなければならない。

プルーフローリングとは、路床や路盤の締固めが適当であるかどうか、あるいは、不良な個所がないかどうかを調べるためにロードローラやタイヤローラなどを使用して全面数回走行させるものである。

プルーフローリングに使用する機械は、締固めにさいして使用したロードローラ（鉄輪）またはタイヤローラ車輪の接地面積はほぼ等しく、接地圧が 1.2~1.5 倍程度のロードローラまたはタイヤローラとする。異常な沈下を示す個所が発見されたならば、それが、材料によるものか、転圧不足によるものか、あるいは設計条件によるものかを明らかにし、適切な処置をとらなければならない。

附 録

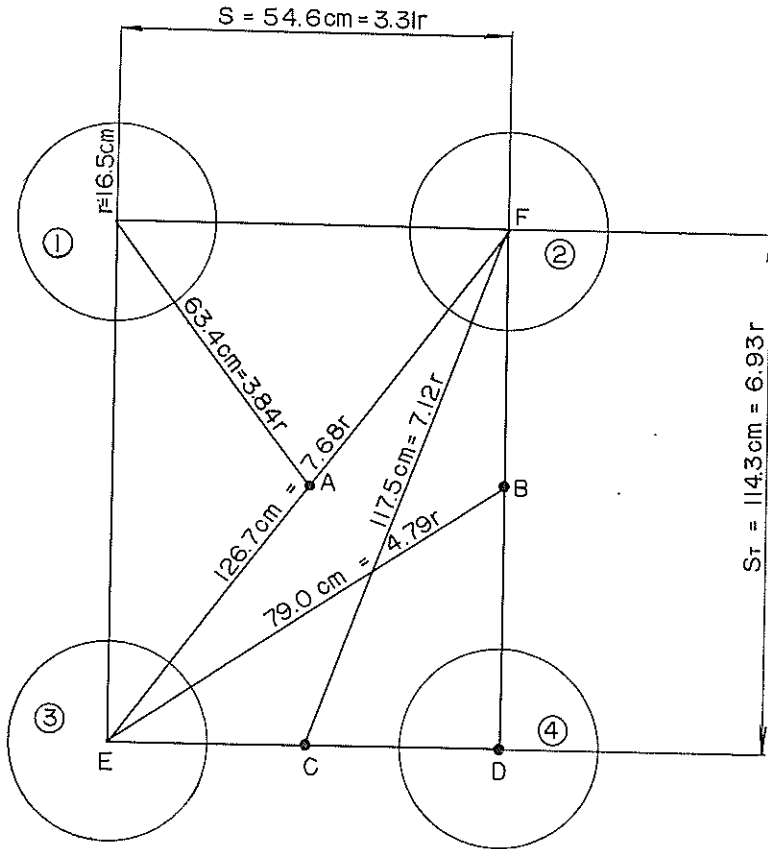
附録 1. 等価単車輪荷重 (ESWL)¹⁾

例 GV-880 (複々車輪) の ESWL の求め方
表-2.2より タイヤ接地面積 $A = 852\text{cm}^2$

タイヤ接地面の等値円の半径 $r = \sqrt{A/\pi} = 16.5\text{cm}$

複車輪の横中心間隔 $S = 54.6\text{cm}$

複々車輪の縦中心間隔 $S_T = 114.3\text{cm}$



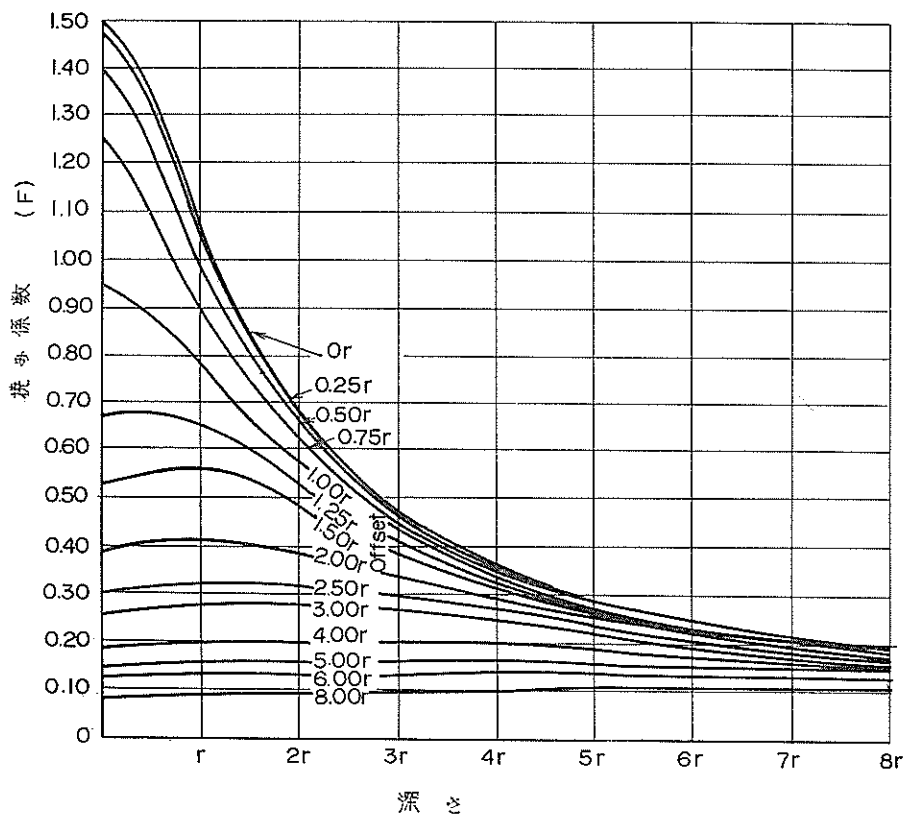
附図-1.1 車輪の配置図

まず附図-1.1の点A, B, C, Dの四点についての掘み係数を求める。各点から四車輪までの距離は、それぞれ附表-1.1に示すようになる。

各点の下の種々な深さについて、各車輪に対応する掘み係数は附図-1.2から得られる。

附表-1.1 四点から各車輪までの距離

	A 点	B 点	C 点	D 点
車輪①	3.84 r	4.79 r	7.12 r	7.68 r
②	3.84 r	3.46 r	7.12 r	6.93 r
③	3.84 r	4.79 r	1.65 r	3.31 r
④	3.84 r	3.46 r	1.65 r	0 r



附図-1.2 撓み係数

次の附表-1.2では、各深さごとに、上の四欄が各車輪に対応するそれぞれの点の撓み係数を表わし、最後の欄がそれらの和で、その点の撓み係数である。

附表-1.2 各点の撓み係数を求める計算表

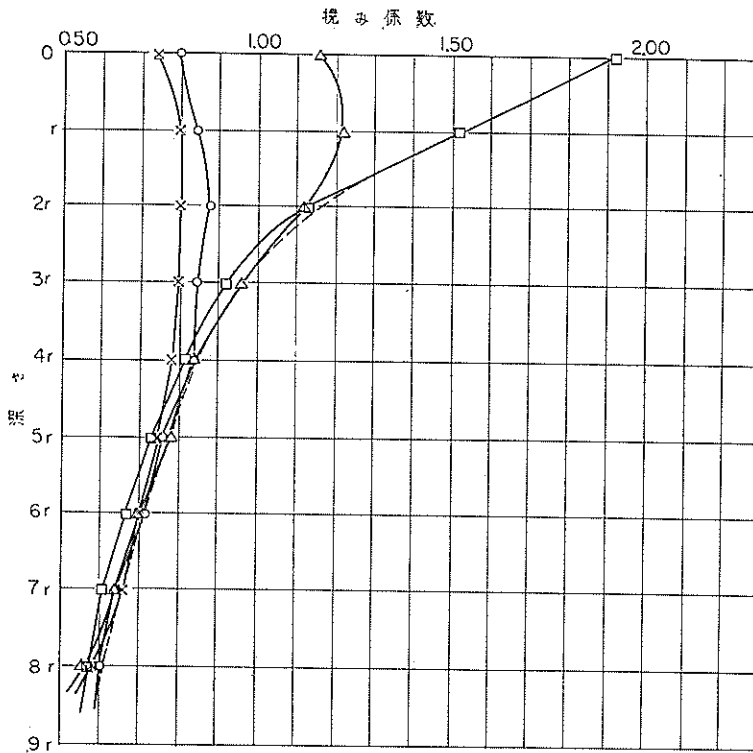
深さ	撓み係数			
	A点	B点	C点	D点
0	0.20	0.15	0.10	0.09
	0.20	0.22	0.10	0.10
	0.20	0.15	0.48	0.23
	0.20	0.22	0.48	1.50
	0.80	0.74	1.16	1.92
r	0.21	0.17	0.10	0.09
	0.21	0.23	0.10	0.11
	0.21	0.17	0.51	0.25
	0.21	0.23	0.51	1.07
	0.84	0.80	1.22	1.52

深さ	撓み係数			
	A点	B点	C点	C点
2r	0.22	0.17	0.11	0.10
	0.22	0.23	0.11	0.11
	0.22	0.17	0.45	0.25
	0.22	0.23	0.45	0.67
	0.88	0.80	1.12	1.13
3r	0.21	0.17	0.11	0.10
	0.21	0.23	0.11	0.11
	0.21	0.17	0.37	0.24
	0.21	0.23	0.37	0.47
	0.84	0.80	0.96	0.92
4r	0.21	0.17	0.11	0.11
	0.21	0.22	0.11	0.12
	0.21	0.17	0.31	0.23
	0.21	0.22	0.31	0.36
	0.84	0.78	0.84	0.82

深さ	撓み係数			
	A点	B点	C点	D点
	0.84	0.78	0.84	0.82
5r	0.19	0.17	0.12	0.11
	0.19	0.20	0.12	0.12
	0.19	0.17	0.27	0.27
	0.19	0.20	0.27	0.29
	0.76	0.74	0.78	0.73
6r	0.18	0.16	0.12	0.11
	0.18	0.19	0.12	0.12
	0.18	0.16	0.23	0.19
	0.18	0.19	0.23	0.25
	0.72	0.70	0.70	0.67

深さ	撓み係数			
	A点	B点	C点	D点
7r	0.16	0.15	0.12	0.11
	0.16	0.18	0.12	0.12
	0.16	0.15	0.20	0.17
	0.16	0.18	0.20	0.21
	0.64	0.66	0.64	0.61
8r	0.15	0.14	0.11	0.11
	0.15	0.15	0.11	0.12
	0.15	0.14	0.17	0.15
	0.15	0.15	0.17	0.19
	0.60	0.58	0.56	0.57

次に求めた四点の撓み係数を附図-1.3のように図示し、各深さでの最大の撓みを滑らかな曲線で結び、これを複々車輪下での最大撓み係数と考える。



附図-1.3 種々の深さでの最大撓み係数

附表-1.3 ESWLの計算表

深さ	高さ	撓み係数		等価単車輪荷重 (E.S.W.L) (%) (3)
		複々車輪下での最大値 Fd (1)	単車輪下での最大値 Fs (2)	
0	0m	1.92	1.50	0.32
r	16.5	1.52	1.07	0.36
2r	33.0	1.18	0.67	0.44
3r	49.5	0.99	0.47	0.53
4r	66.0	0.87	0.36	0.60
5r	82.5	0.79	0.29	0.68
6r	99.0	0.72	0.25	0.72
7r	115.5	0.65	0.21	0.77
8r	132.0	0.60	0.19	0.79

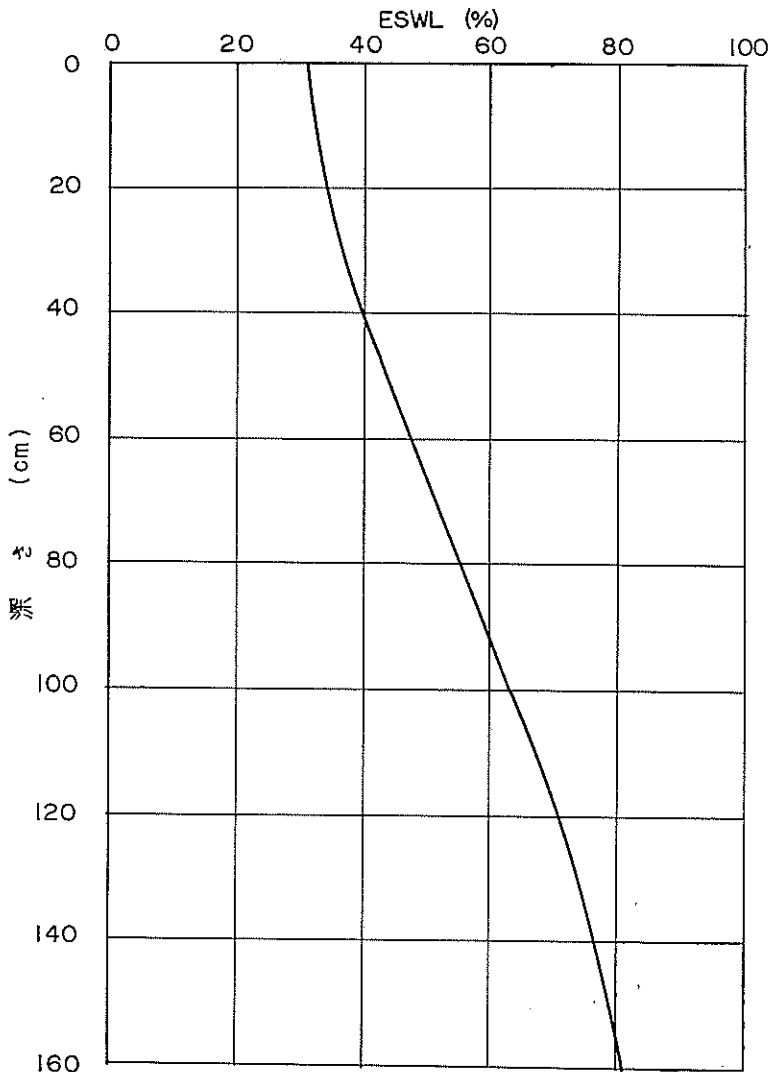
以上の結果にもとずき、ESWLは附表-1.3のように計算することができる。

(注) ESWLの脚荷重に対する百分率は

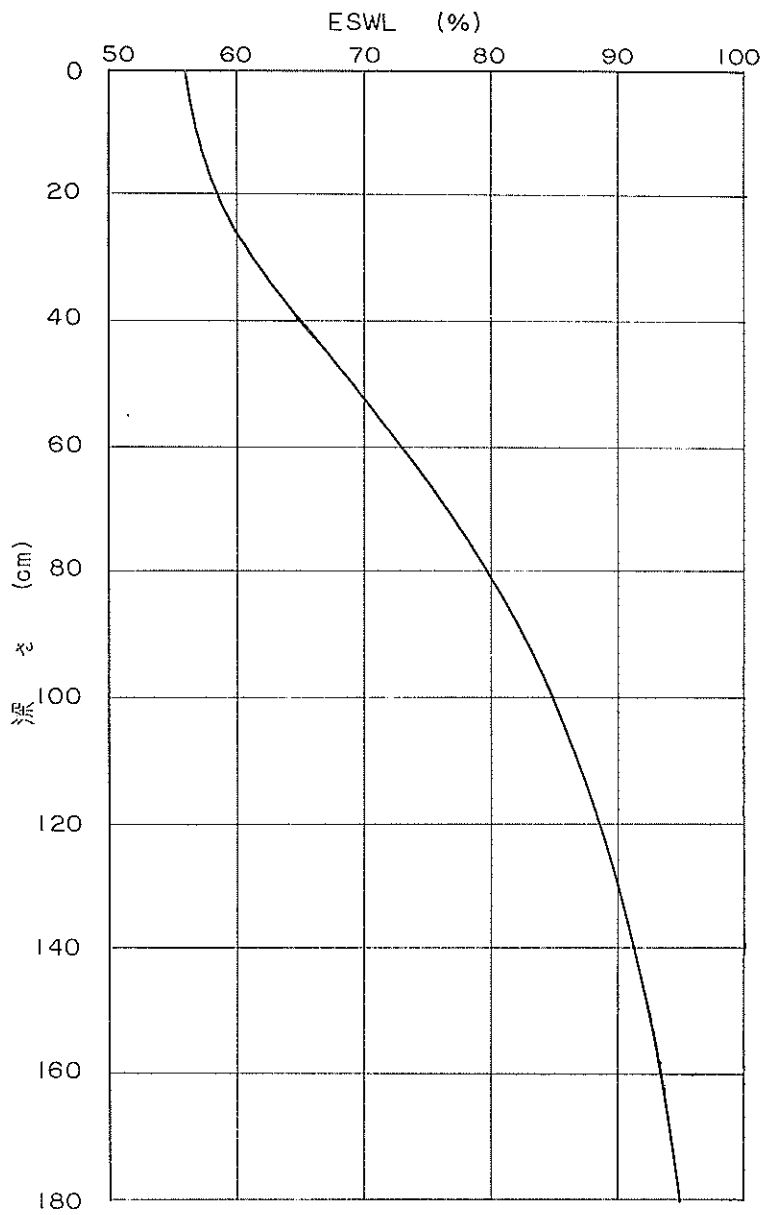
$$\text{複車輪の場合} = \frac{Fd}{2Fs}$$

$$\text{複々車輪の場合} = \frac{Fd}{4Fs}$$

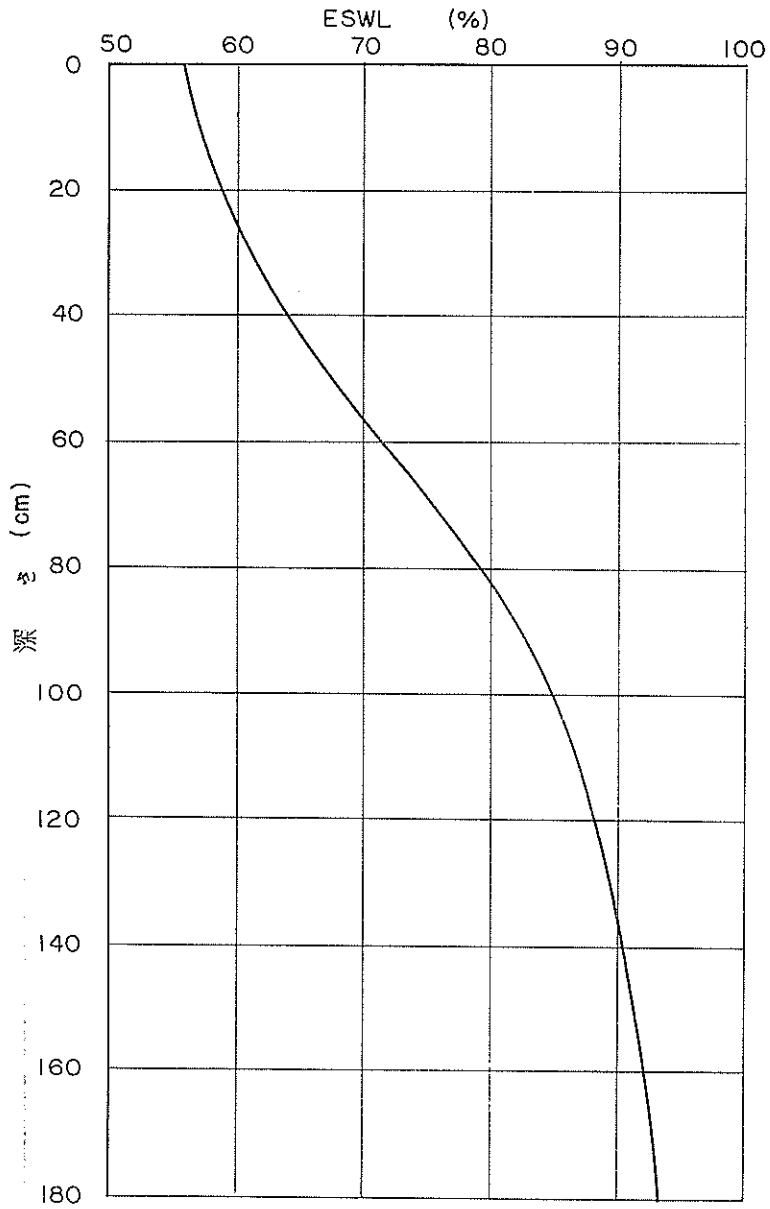
例に述べにような方法によって求めた各種航空機の等価単車輪荷重 (ESWL) を附図-1.4~1.14に示す。



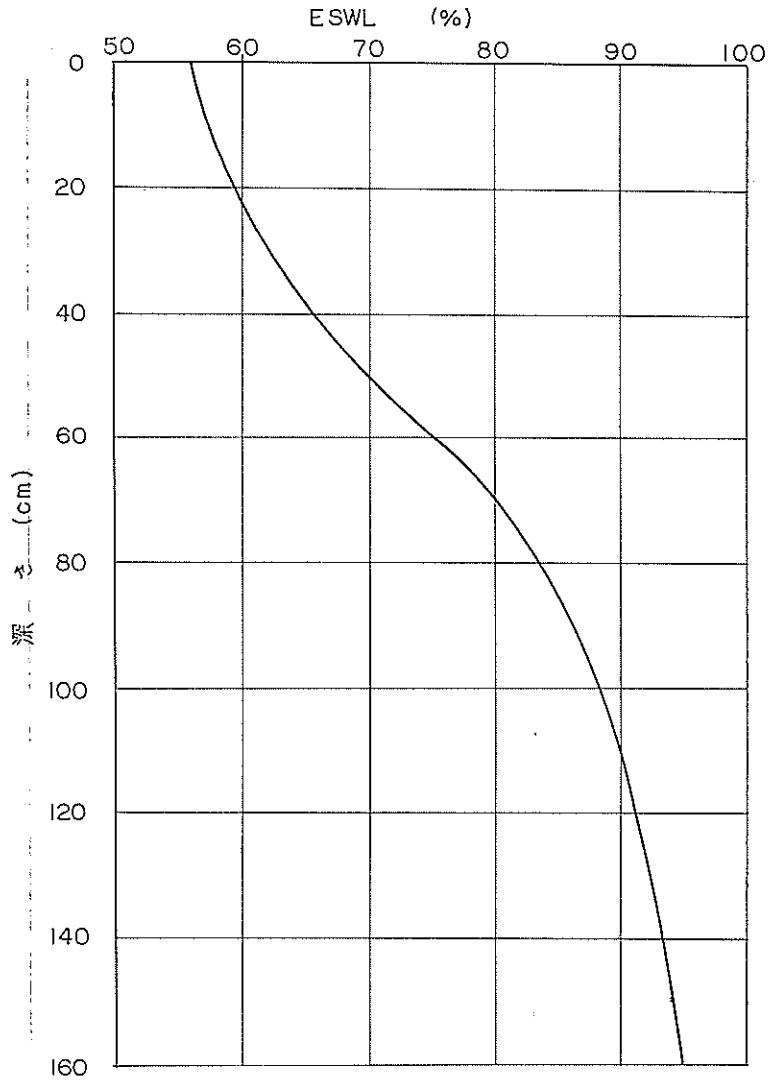
附図-1.4 B-707のESWL曲線



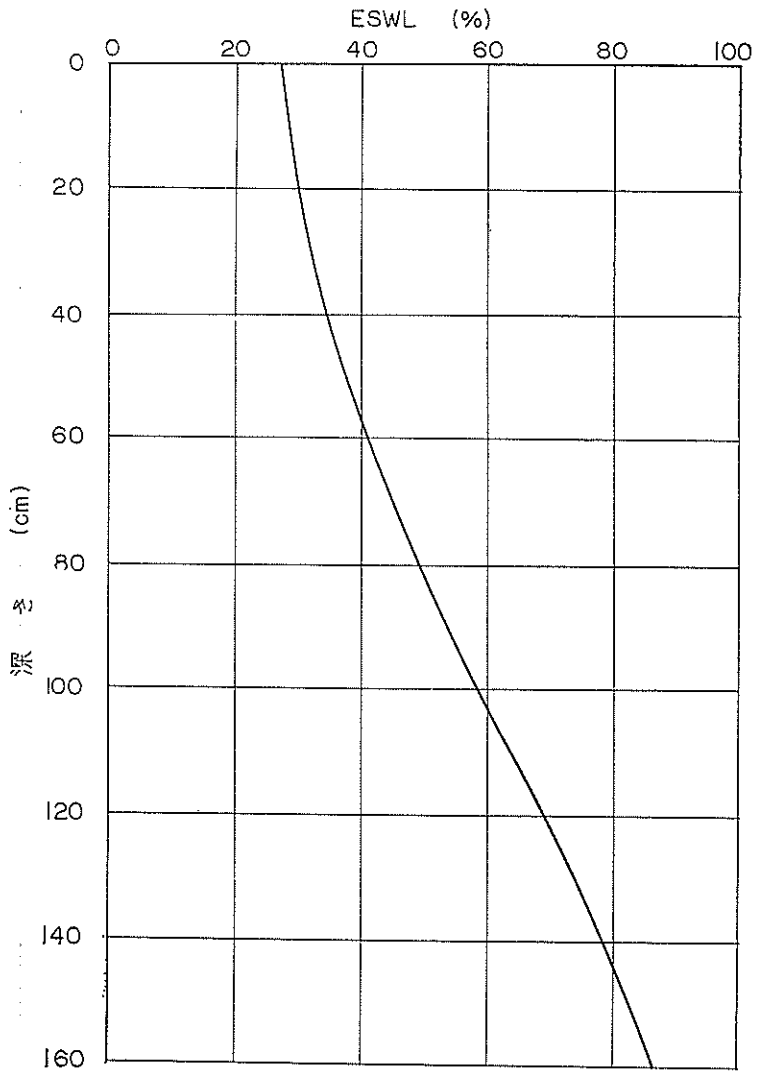
附図-1.5 B-727 の ESWL 曲線



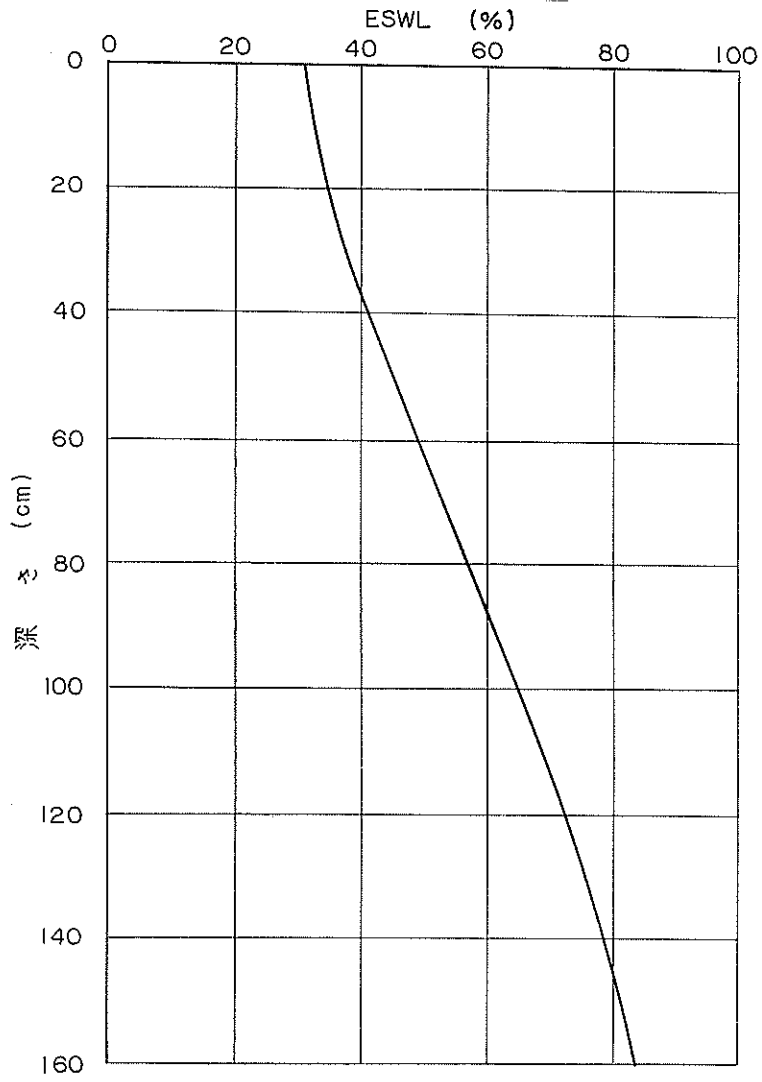
附図-1.6 B-727-200 の ESWL 曲線



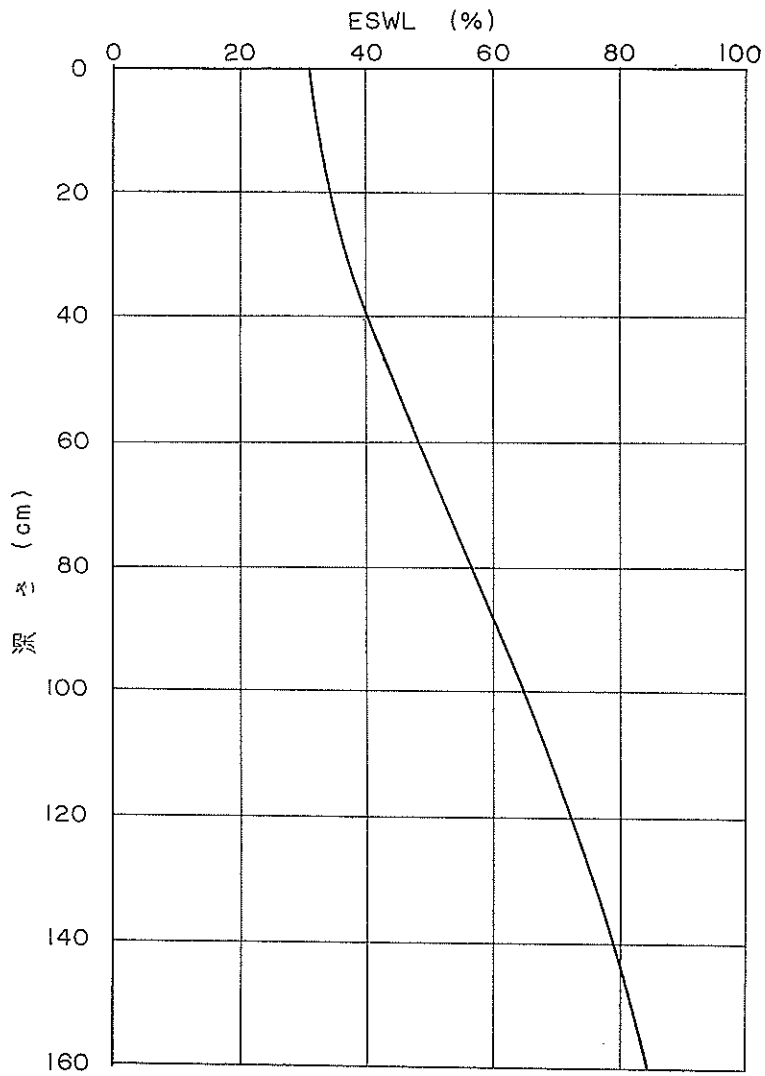
附図-1.7 B-737 の ESWL 曲線



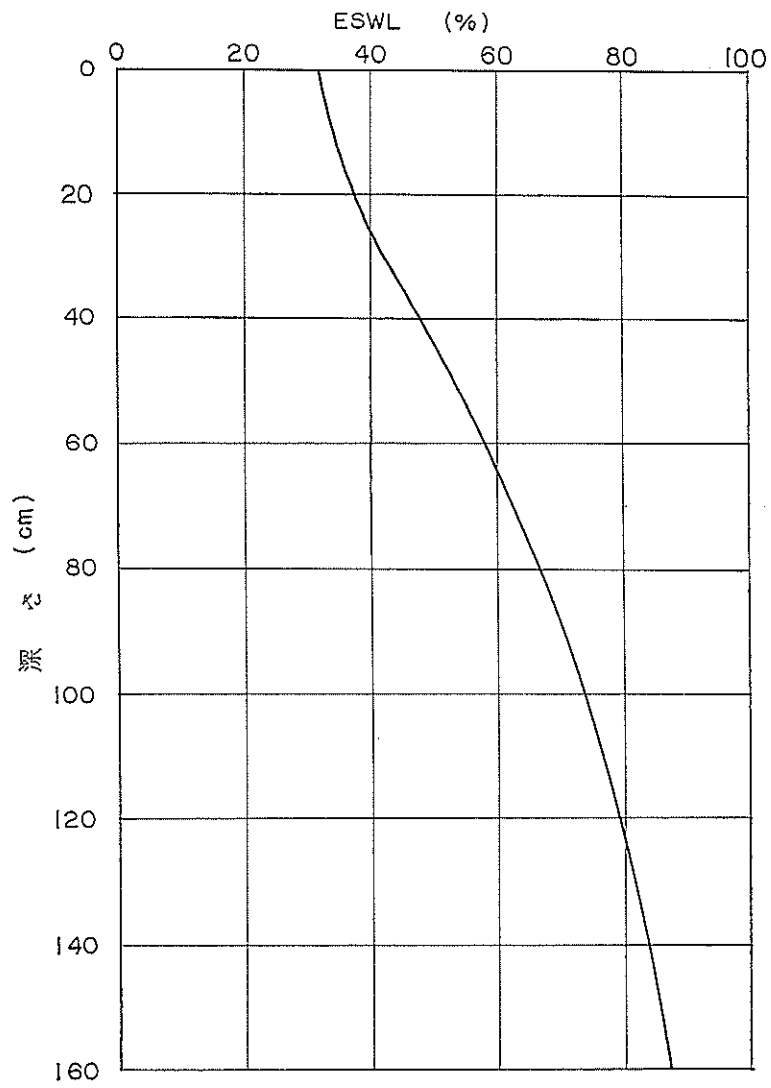
附図-1.8 B-747 の ESWL 曲線



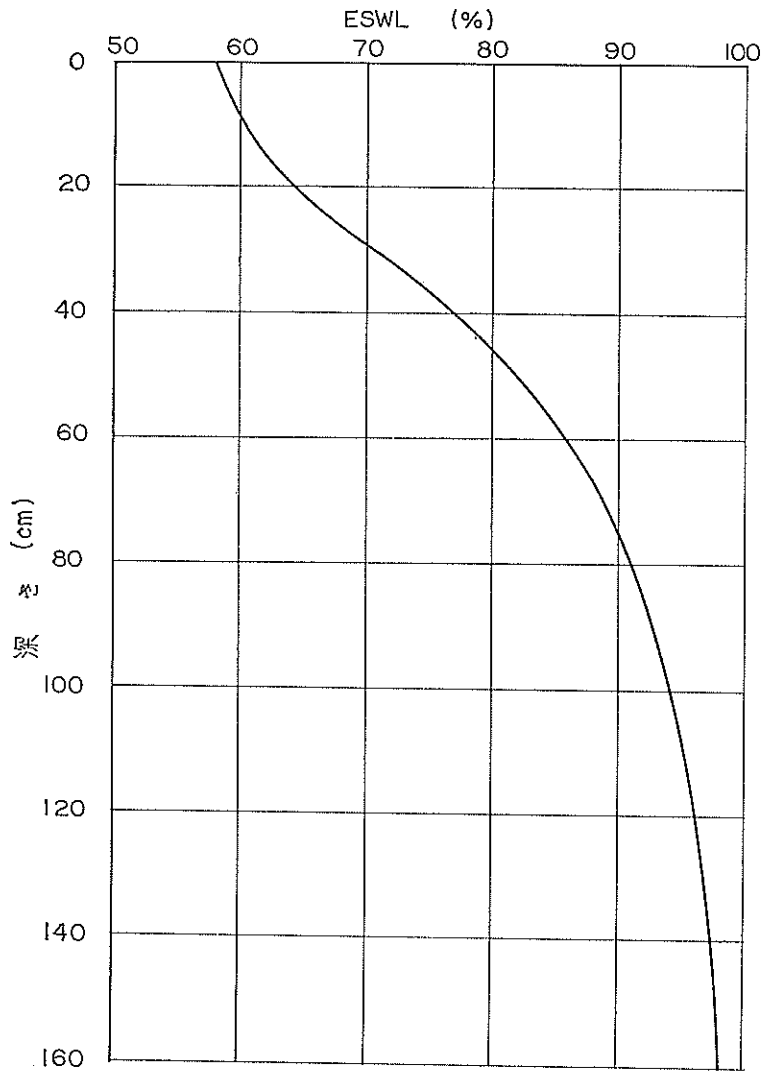
附図-1.9 DC-8-(53/55, 61, 62) の ESWL 曲線



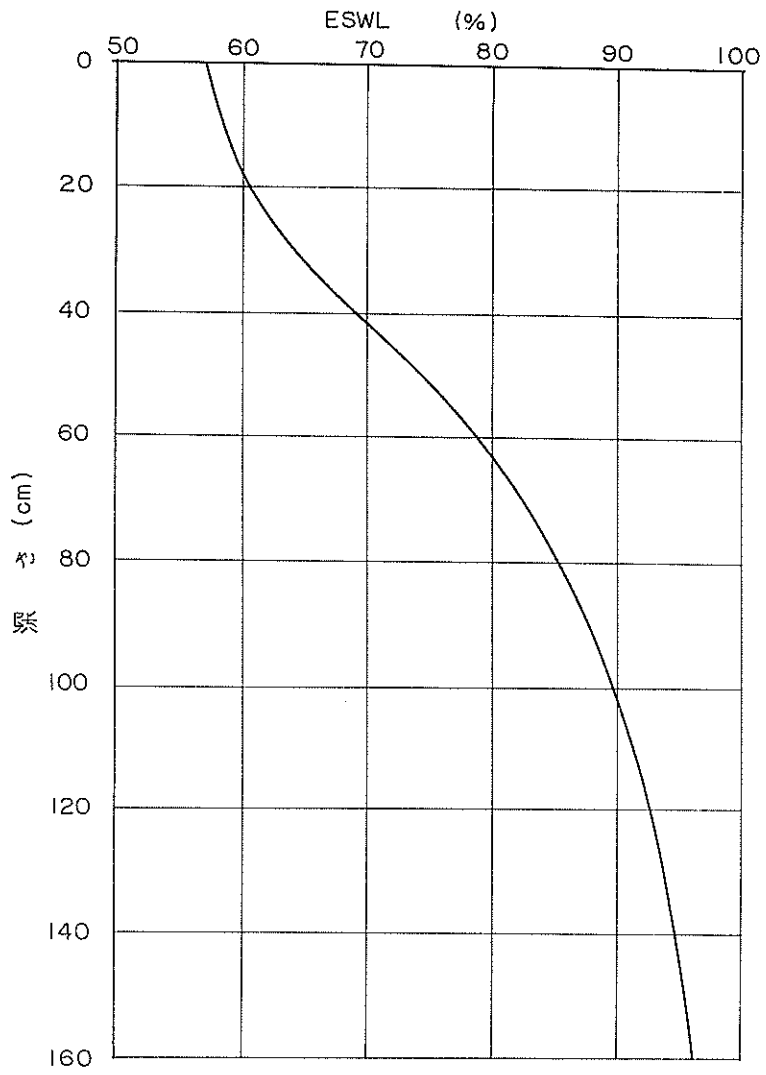
附図-1.10 DC-8-63 の ESWL 曲線



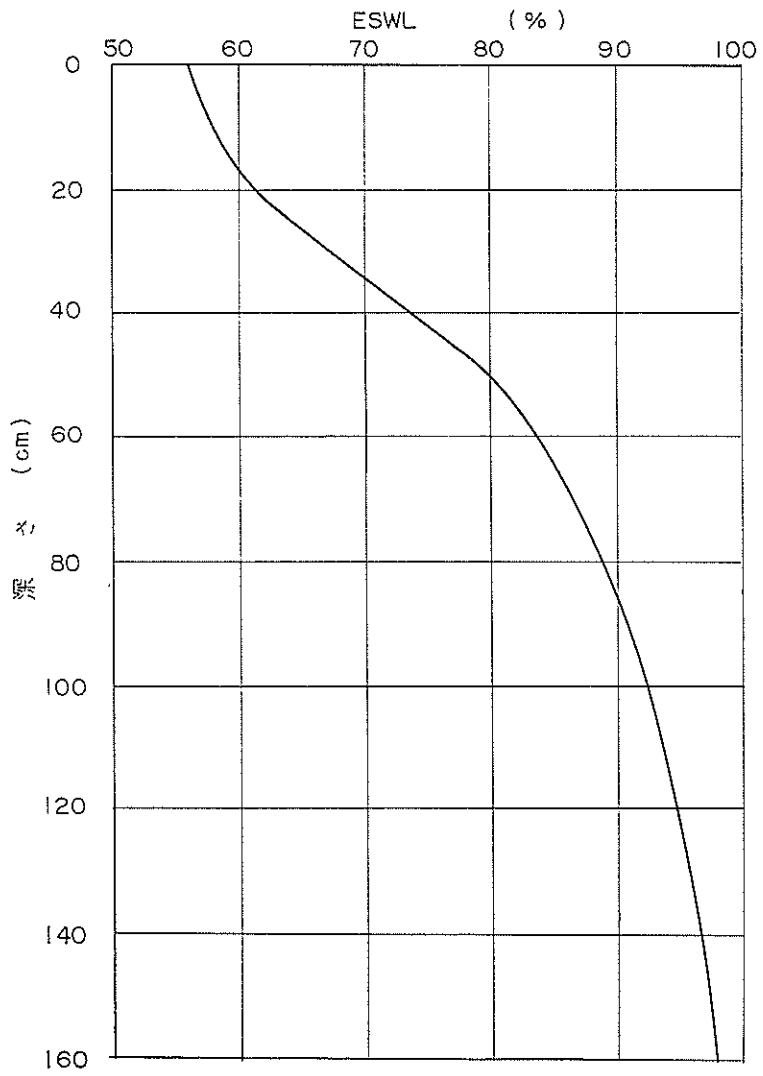
附図-1.11 CV-880 の ESWL 曲線



附図-1.12 VIS-828 の ESWL 曲線



附図-1.13 YS-11 の ESWL 曲線



附図-1.14 F-27 の ESWL 曲線

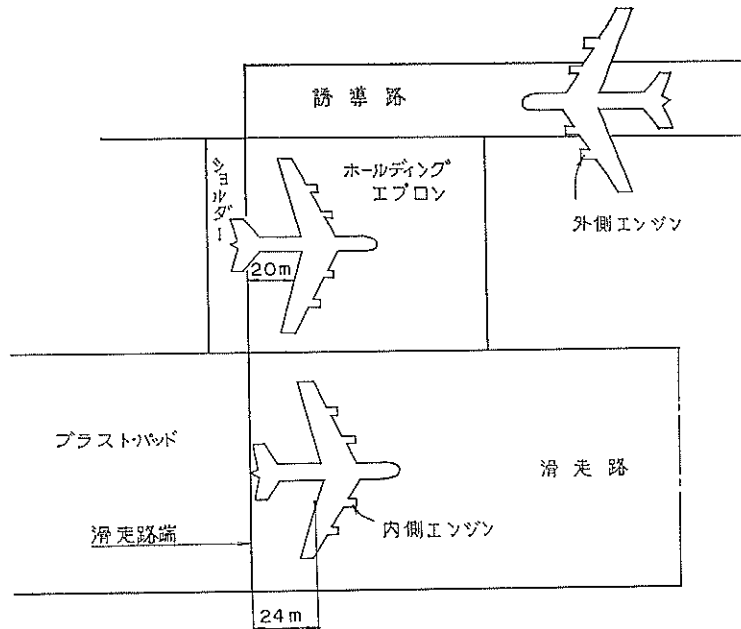
附録 2 無荷重ブラストエリアの表面処理^{B), 43)}

(1) 無荷重ブラストエリアの表面処理設計曲線

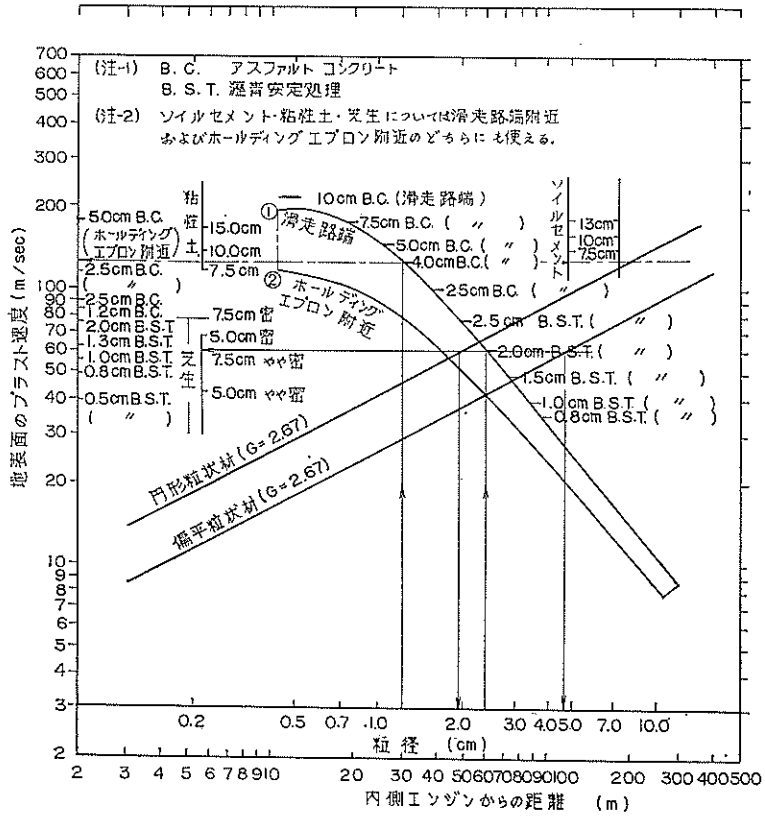
ブラストエリアの被覆の設計には附図-2.2, 2.3を用いる。この図は、B-707-300によるものであるが、エンジンはJT4 A-9 なので現在使用されている全ての大型ジェット機にも適用することができる。もし将来他の種類の航空機が現われた場合には、地表面でのブラスト速度が分かるならば図の縦軸からただちに被覆材料が決定できる。

滑走路端では内側エンジンはブラストパット（ブラスト防護地区）の始点から約 24m の点にあり、ホールドディングエプロン付近では、内側エンジンは舗装端より約 20m の点に位置する。附図-2.2 を用いて滑走路端とホールドディングエプロン附近のブラストエリアの被覆設計を行なう。

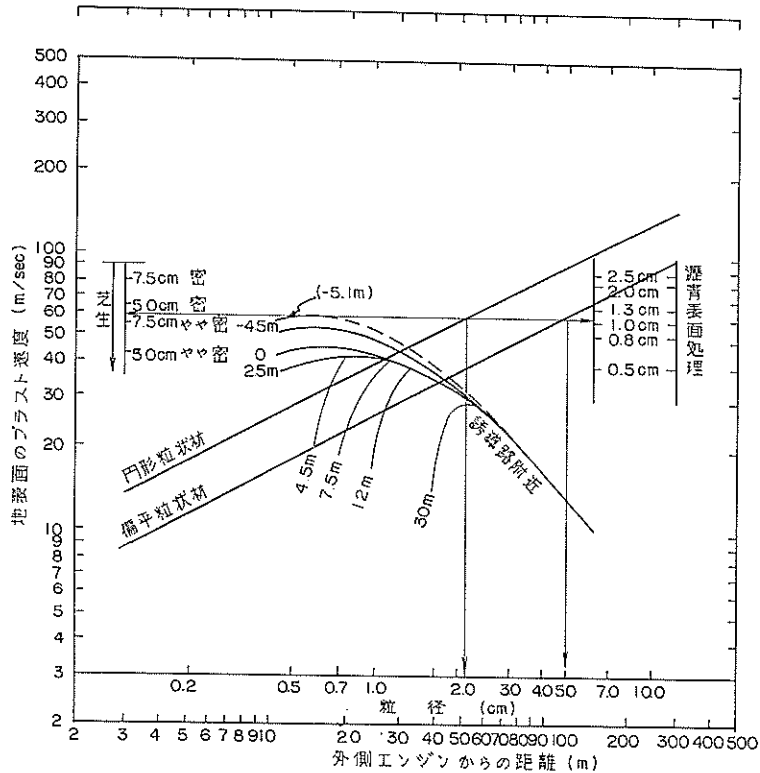
一方、誘導路付近では、B-707 の場合、23m 幅の誘導路では誘導路端から約 4 m だけ外側エンジンが突き出る。したがって、この場合には附図-2.3を用いて設計を行なう。



附図-2.1 滑走路、ホルディングエプロン、誘導路における航空機の位置



附図-2・2 無荷重プラストエリアの表面処理設計曲線 (1)



附図-2.3 無荷重ブラストエリアの表面処理設計曲線 (2)

(注-1) オーバーランが舗装されている場合には、特に被覆を行なう必要がない。

(注-2) 設計曲線の使用方法

(i) 滑走路端の場合—(附図 2.2 参照)

内側エンジンより30mの点

ブラスト速度 125m/sec

表面被覆材 { (イ) 4cm厚のアスファルトコンクリート
(ロ) 7.5cm厚のソイルセメント

内側エンジンより60mの点

ブラスト速度 60m/sec

表面処理 { (イ) 2cm厚の瀝青表面処理
(ロ) 表土 5cmの密な芝生
(ハ) 2cmの円形粒状材または、5cmの扁平粒状材

(ii) 誘導路附近の場合—(附図-2.3参照)

与えられた航空機の外側エンジンと航空機中心線の距離を 15.7mとする。また、T/W幅は23m、航空機の中心は T/W 中心線より 0.9mずれているものとする。この場合、外側エンジンの位置が T/W 端から突き出る距離は、 $\frac{23}{2} - 0.9 - 15.7 = -5.1m$ となる。

したがって附図-2・3において-4.5m曲線に対し、-5.1m曲線を目分量で平行に描く。横軸は曲線が最大となる点を選べばよい。(この場合はほぼ15mで最大) こうしてショルダーの必要被覆材は表土5cmの密な芝生か、1.0~1.3cm厚の瀝青表面処理が選ばれる。

(2) 標準被覆材料の例

これらの関係図より次のような標準被覆材料が考えられる。

(i) 滑走路端附近

附表-2・1 滑走路端附近のブラストエリアの標準被覆材料

非粘性土の表層	滑走路端からの距離 (m)	内側エンジンからの距離 (m)	使用する被覆材料
	滑走路端とブラストバットの境界点	24	7.5cm厚の平滑なアスファルトコンクリート
	15 ~ 30	39 ~ 54	2.5cm厚のアスファルトコンクリート
	30 ~ 46	54 ~ 70	表土7.5cm厚の密な芝生
	46 ~ 122	70 ~ 146	表土7.5cm厚のやや密な芝生
	122 ~ 183	146 ~ 207	表層土の50%以上が2.0mmふるいを通過するもので芝生。その他の時→被覆の必要なし
粘性土の表層			雨や風の風化、侵食に耐え得るような瀝青表面処理で十分

(ii) ホールディング・エプロン附近

附表-2・2 ホールディング・エプロン附近のブラスト・エリアの標準被覆材料

非粘性土の表層	エプロン端からの距離 (m)	内側エンジンからの距離 (m)	使用する被覆材料
	滑走路端とブラストバットの境界点	20	2.5cm厚の平滑なアスファルトコンクリート
	15 ~ 30	35 ~ 50	表土7.5cm厚の密な芝生
	30 ~ 46	50 ~ 66	表土7.5cm厚のやや密な芝生
	46 ~ 107	66 ~ 127	表土5cm厚のやや密な芝生
	107 ~ 137	127 ~ 157	表層土の50%以上が2.0mmふるいを通過する場合、表土5cmの芝生
粘性土の表層			(i)と同様

(iii) 誘導路附近

(a) 舗装端から7.5mまでは、表土厚5cm以上の密な芝生。

(b) 舗装端から7.5m~30mまでは、2.0mmふるいを通過する表層土の量が50%未満の場合には、悪い品質の芝生をはる。2.0mmふるいの通過量が50%以上の場合には、46mまでこの区間を拡げる。

これらは非粘性土であるから、粘性土の場合には、(i)と同様な考え方をする。

誘導路の交差点では航空機が回転する為や、他の航空機の交通のために止まったり速度を緩めたりする。そして再び発進するので、この際強いブラストを生ずるが、(ホールディングエプロンと同様な発進時ブラスト)これはごくまれであるからホールディングエプロン附近の被覆舗装よりは簡単に次のようにする。

(a) 舗装端から7.6mまでは表土7.5cmの密芝生

(b) 7.6~15mまでは表土5cmの密芝生

(c) 15m以上のところはT/Wの設計と同じ

附録3 基準舗装厚設計曲線の作成法^{5), 11)}

例 CV-880 についての設計曲線の求め方

米国防軍工兵隊の研究によれば、単車輪荷重による反復作用回数5,000回に対する舗装厚と CBR との関係は次式に示すとおりである。

$$\frac{t}{\sqrt{A}} = \sqrt{\frac{1}{0.57 \frac{CBR}{P}} - \frac{1}{\pi}}$$

ここに t : 舗装厚 (cm)

A : タイヤ接地面積 (cm²)

P : 接地圧 (kg/cm²)

今、複々車輪を持つ CV-880 について反復作用回数20,000回のときの舗装厚と CBR の関係を求めるには、附録1の ESWL を用いて附表-3.1のように計算を行なえばよい。

表-2.2より タイヤ接地面積 A=852 (cm²)

脚荷重=39,400 (kg)

(1)* 反復作用回数20,000回に対応する舗装厚を仮定する。

(2)* (1)で仮定しに舗装厚を反復作用回数5,000回に対応する舗装厚に換算する換算式は附図-3・1から次のようになる。

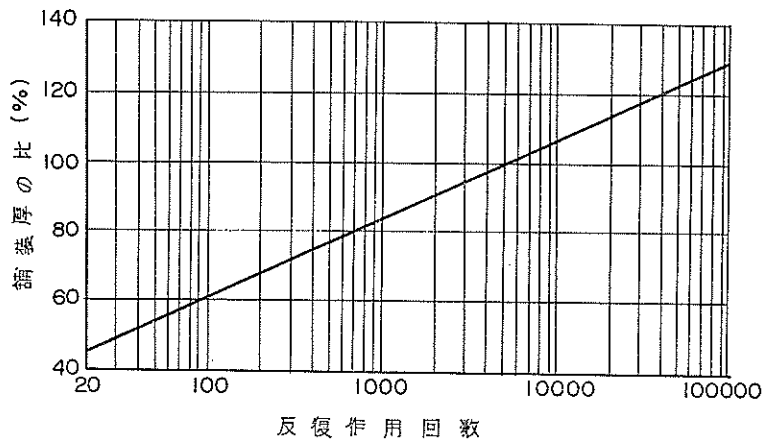
反復作用回数 1,000回 t'=1.19 t

20,000回 t'=0.877 t

50,000回 t'=0.813 t

附表-3・1 CBR の計算表

反復作用回数 20,000回 に対する 舗装厚 t (cm)(1)*	反復作用回数 5,000回 に対する 舗装厚 t (cm)(2)*	$\frac{CBR}{P}$ (3)*	ESWL (%) (4)*	ESWL P (kg) (5)*	CBR (6)*
10	8.77	—	34.2	13,400	—
20	17.5	2.59	37.3	14,600	44.3
30	26.3	1.55	42.0	16,400	29.9
40	35.1	0.992	47.6	18,600	21.6
50	43.9	0.681	53.2	20,800	16.6
60	52.6	0.493	58.4	22,800	13.2
70	61.4	0.370	63.0	24,600	10.7
80	70.2	0.288	67.0	26,200	8.87
90	78.9	0.239	70.8	27,600	7.45
100	87.7	0.188	73.3	28,600	6.32
110	96.5	0.156	75.8	29,600	5.43
120	105.2	0.132	78.6	31,000	4.80
130	114.0	0.113	81.0	31,900	4.24
140	122.8	0.0975	83.0	32,700	3.74
150	131.6	0.0851	85.5	33,700	3.37
160	140.3	0.0753	88.0	34,700	3.06



附図-3・1 反復作用回数と舗装厚の関係

(3)* 式(a)によって $\frac{CBR}{P}$ を計算で求める。

$$CBR = \frac{CBR}{P} \times P = (3) \times \frac{(5)}{A}$$

(4)* 附録1により(1)の各深さに対する ESWL の百分率を求める。

以上求めた結果を(1)*の舗装厚を縦軸に(6)*の CBR を横軸に対数でプロットしたものが図-3・5(a)の反復作用回数20,000回の曲線である。

(5)* ESWL の値で脚荷重に(4)の比率を掛けたもの。

(6)* (1)の舗装厚に必要な CBR を表わし、次式により計算される。

附録 4 舗装厚の計算例

一例として、滑走路の中間部のある土層における舗装厚の決定法について述べる。

(1) 基準舗装厚および舗装構成の決定

設計荷重としては、DC-8-63を用い、設計荷重の反復作用回数は5,000回とする。

路床厚は、図-3・3(a)の反復作用回数5,000回の曲線で CBR=2 のときの基準舗装厚を求めると 230cmとなる。

路床は3層に分かれており、各層の CBR は附図-4・1 のとおりである。

230	60	CBR=2	非粘性土	密度 γ_d maxの95%
	90	CBR=5	粘性土	" 90%
	80	CBR=2	粘性土	" 80%

附図-4・1 切土路床の層構成

滑走路であるから図-3・3の满载時の設計曲線を使用し、反復作用回数5,000回の曲線から、CBR = 7に対応する舗装厚を求めると、 $t = 110\text{cm}$ である。滑走路の中間部では基準舗装厚は、 t の90%でよいから99cmとなる。路床の各層ごとに基準舗装の表面からその層の上面までを、舗装厚と考えて、その層の基準舗装厚との検討を行なう。

- 2層目 舗装表面からその層の上面までの厚さ = $99 + 60 = 159\text{cm} >$ 基準舗装厚 = 140cm
- 3層目 舗装表面からその層の上面までの厚さ = $159 + 90 = 239\text{cm} >$ 基準舗装厚 = 230cm

したがって規定を満足する。

次に、基準舗装厚について、舗装を構成する各層の厚さを決める。

表-3・1より表層、基層および上層路盤の最小厚が決められているので各層の厚さは次のようになる。

表層	4cm	} 合計 99cm
基層 上	5cm	
下	6cm	
上層路盤	20cm	
下層路盤	64cm	

(ii) 路床の締固め度の検討

路床は切土で設計 CBR が20未満なので、3・5の(4)の方法で締固め度に対する検討を行なう。

- (1)* 滑走路中間部でも滑走路端部の基準舗装の厚さを使う。
- (2)* 図-3・3(a)の反復作用回数5,000回の設計曲線で(1)の厚さに対応する設計 CBR

附表-4・1 路床の締固め度の検討

	(1)*	(2)*	(3)*	(4)*
	基準舗装表面から の厚さ (cm)	C_i	必要な締固め度 (rd maxに 対する%)	路床の 密度 (rd maxに 対する%)
一層目	110	7	98	95
二 "	170	3.6	87	90
三 "	260	2	78	80

(3)* 図-3・11より(1)の深さにおいて必要な締固め度

(4)* 附図-4・1に示す現場の路床の密度

附表-4・1の結果から、一層目の路床の密度は、必要な締固め度より小さいので所要の密度になるまで締固めを行なうものとする。

(iii) 地盤の支持力の検討

航空機の設計荷重によって土中に生ずる最大剪断応力は次式によって求まる。

$$\tau_{\max} = \frac{3}{4} \cdot P \cdot \frac{a^2 z}{(a^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}}$$

ここで、DC-8-63の脚荷重 $P = 73,900\text{kg}$

一車輪の接地面積の等値円の半径 $a = 19.6\text{cm}$

τ_{\max} を求める点までの距離 $z = 329\text{cm}$

したがって

$$\begin{aligned} \tau_{\max} &= \frac{3}{4} \times \frac{P}{a^2 \pi} \times \frac{a^2 z}{(a^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} \\ &= \frac{3}{4} \times \frac{73,900}{3.14} \times \frac{329}{(19.6^2 + 329^2)^{\frac{3}{2}}} \\ &= 0.16 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \end{aligned}$$

又、地盤の剪断強度は、一軸圧縮強度が $q_u = 0.50 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ なので、 $\tau = 0.25 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ となり

$$\therefore \tau > 1.5 \tau_{\max}$$

よって地盤は航空機の設計荷重に対しては安全である。

(iv) 上層路盤の材料を変えた場合

上層路盤として中央プラント加熱混合方式瀝青コンクリートを使用した場合には、その等値換算係数が1.5であるので上層路盤の厚さは $\frac{20}{1.5} \approx 13\text{cm}$ に薄くすることができる。しかし、層の最小厚は15cmであるからこの厚さで瀝青コンクリートを施工する。この場合上層路盤は必要な厚さよりも2cm厚いので、下層路盤は $2 \times 1.5 = 3\text{cm}$ だけ薄くすることができる。したがって各層の厚さは次のようになる。

表層	4cm	} 合計 91cm
基層 上	5cm	
下	6cm	
上層路盤	15cm	
下層路盤	61cm	

附録 5 瀝青材の規格

附表-5.1 舗装石油アスファルトの規格⁴⁾

種 類	針 入 度 (25°C 100g) 5秒	軟 化 点 °C	伸 度 (15°C)	蒸 発 量 %	蒸 発 後 の 針 入 度 (原針入度 に対して) %	四 塩 化 炭 素 可 溶 分 %	引 火 点 °C
60 ~ 80	60 ~ 80	43.0~53.0	100 以上	0.3 以下	75 以上*	99.5 以上	240 以上
80 ~ 100	80 ~ 100	41.0~51.0		0.5 以下	70 以上		210 以上
100 ~ 120	100 ~ 120	40.0~50.0					
120 ~ 150	120 ~ 150	38.0~48.0					

* 軟化点 47.5°C 以上のものの蒸発後の針入度は80%以上が望ましい。
 【備考】 比重および粘度温度関係を付記することが望ましい。比重および粘度温度関係の試験方法は受渡当事者間の協定による。

附表-5.2 石油アスファルト乳剤の規格⁴⁾

種 類 項 目	PK または PA				MK または MA			
	1	2	3	4	1	2	3	
エンダラー度 (25°C)	2 ~ 15		2 ~ 8	2 ~ 10	3 ~ 40			
フルイ残留物 %	0.3 以下							
貯蔵安定度 (5日) %	5 以下							
付 着 試 験	合 格 (PKのみ)				—			
骨材被膜試験(40°C5分)	合 格 (PA, MAのみ)							
低温安定度 (-5°C)	—	合 格	—					
粗粒度骨材混合試験	—			合 格 ①	合 格	—		
密粒度骨材混合試験	—				合 格	—		
セメント混合試験	—				合 格			
粒 子 の 電 荷	陽 (PK, MKのみ)							
蒸 留 残 留 物 %	55 以上		53 以上	55 以上	57 以上			
残 留 物	針入度 ② (25°C)	100~200	150~ ^③ 300	100~300	100~200	80~200	60~200	60~300
	伸 度 (15°C)	100 以上				80 以上		
	四塩化炭素可溶分%	98 以上				97 以上		
おもな用途	普用表用(冬期お面を透び理除)	冬用表用(冬期お面を透び理)	プロおイン用(ライトびセム用ソメ生)	タット用	粗材混合用	密材混合用	ソストイフ混合用	

【注1】 PK-4, PA-4の粗粒度骨材混合試験は、受け渡し当事者間の協定により省くことができる。
 【注2】 残留物の針入度は、受け渡し当事者間の協定により、下記の範囲に分けることができる。

PK-1 PA-1	PK-2 PA-2	PK-3 PA-3	PK-4 PA-4	MK-1 MA-1	MK-2 MA-2	MK-3 MA-3
100 ~ 150	150 ~ 300	100 ~ 150	100 ~ 150	80 ~ 120	60 ~ 100	60 ~ 100
120 ~ 200		120 ~ 200 150 ~ 300	120 ~ 200	100 ~ 150 120 ~ 200	80 ~ 120 100 ~ 150 120 ~ 200	80 ~ 120 100 ~ 150 120 ~ 200 150 ~ 300

【注3】 PK-2, PA-2の残留物の針入度は、受け渡し当事者間の協定により300を超えるものとする
 ことができる。

附表-5.3 カットバックアスファルトの規格⁴⁾

種 類	R C				M C			
	70	250	800	3,000	70	250	800	3,000
等 級	—				—			
引 火 点 (タグ開放式) °C	30 以上				40 以上			
動 粘 度 (60°C) C S ①	70~140	250~500	800~1,600	3,000~6,000	70~140	250~500	800~1,600	3,000~6,000
分留試験 (360°Cまでの全留出量に対する) 容積 %								
190°C まで	10以上	—	—	—	—	—	—	—
225°C "	50以上	35以上	15以上	—	—	—	—	—
260°C "	70以上	60以上	45以上	25以上	20以上	15以上	—	—
316°C "	85以上	80以上	75以上	70以上	65以上	60以上	45以上	15以上
蒸留残留物 (360°Cにおける) 容積%	55以上	65以上	75以上	80以上	55以上	65以上	75以上	80以上
蒸 留 残 留 物 の 試 験								
針 入 度 (25°C) ②	80~250				80~250			
伸 度 (15°C) cm	100 以上				100 以上			
四 塩 化 炭 素 可 溶 分 %	99.5 以上				99.5 以上			
水 分 %	0.2 以下				0.2 以下			

[注] ①粘度をセイボルトフロール計によって測定するときは、材料がつぎの要件に合格すれば、指定された品種のものとして認める。

等 級	R C 1	R C 2	R C 4	R C 5
70	70	250	800	3,000
セイボルトフロール度・秒 50°C	60~120	—	—	—
60°C	—	125~250	—	—
82°C	—	—	100~200	300~600

[注] ②蒸留残留物の針入度は、受け渡し当事者間の協定により、つぎの範囲に分けることができる。
80~120, 120~250

附表-5.4 舗装タールの規格⁴⁾

種 別	A						B					C				
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	1	2	3		
等粘度温度 (E. V. T) °C	-12~ -2	-2~8	8~16	16~24	24~32	32~40	-12~ -2	-2~8	8~16	16~24	24~32	32~40	40~50	50~60		
比 重 (25°C/25°C)	1.10~1.25			1.15~1.30			1.10~1.25			1.15~1.30		1.15~1.30				
水 分 %	1 以下*			1 以下			1 以下*			1 以下		1 以下				
トルオール不溶分 % (脱水試験につき)	20 以下			25 以下			20 以下			25 以下		25 以下				
ナフタリン分 (〃) %	4 以下			3 以下			4 以下			3 以下		3 以下				
酸性油分 (〃) ml/100g	3 以下			2 以下			3 以下			2 以下		2 以下				
分 留 試 験 (〃)																
170°C までの留出量, 重量%	—						3 以下					1 以下				
220°C " %	5~30	2~20	1~15				—					—				
270°C " %	35 以下	25 以下					35 以下	25 以下				25 以下	15 以下	5 以下		
300°C " %	45 以下	35 以下					45 以下	35 以下				35 以下	20 以下	10 以下		
300°C 蒸留残留物の軟化点 (環球法) °C	35~60						25~50		35~60			35~60				
引 火 点 (タグ開放式) °C (クリーブランド法)	40 以上						60 以上			—						
あ わ 立 ち 試 験	—						90 以上					100 以上		100 以上		
	—						—					合格		合格		

[注] * プライマーとして使用する場合は「3 以下」でよい。
(備考) ①種別ごとのおもな用途

A, B						A	C		
1	2	3	4	5	6	6	1	2	3
a, d	a, c, d, e, f	b, c, d, e, f	b, c, d, e, f	b, c, d, e, f	f	f	b, c, d, e, f, g	b, c, e, g	g

a (プライムコート), b (タックコート), c (シールコート), d (防塵処理), e (浸透式), f (常温混合式), g (加熱混合式)
②主として、Aは速硬性で常温用、Bは中硬性で常温用、Cは加熱用(ただし80°C以上の加温加熱)を目的として定められたものである。

附録 6 ふ る い の 一 覧 表 ³³⁾

J. I. S.		Tyler フルイ		英国標準フルイ		米国標準フルイ		独逸標準フルイ	
フルイ No	孔径(mm)	フルイ No	孔径(mm)	フルイ No	孔径(mm)	フルイ No	孔径(mm)	フルイ No	孔径(mm)
3½	5.660	3½	5.613						
4	4.760	4	4.699			4	4.760	4	1.500
5	4.000	5	3.962	5	3.353	5	4.000	5	1.200
6	3.360	6	2.327	6	2.812	6	3.360	6	1.020
7	2.830	7	2.794	7	2.410	7	2.830		
8	2.380	8	2.362	8	2.057	8	2.830	8	0.750
9	2.000	9	1.981			10	2.000	10	0.600
10	1.680	10	1.651	10	1.676	12	1.680	11	0.540
12	1.410	12	1.397	12	1.405	14	1.410	12	0.490
14	1.190	14	1.168	14	1.204	16	1.190	14	0.430
16	1.000	16	0.991	16	1.003	18	1.000	16	0.385
20	0.840	20	0.833	18	0.853	20	0.840	20	0.300
24	0.710	24	0.701	22	0.699	25	0.710	24	0.250
28	0.590	28	0.589	25	0.599	30	0.590	30	0.200
32	0.500	32	0.495	30	0.500	35	0.500		
35	0.420	35	0.417	36	0.422	40	0.420		
42	0.350	42	0.351	44	0.323	45	0.350		
48	0.297	48	0.295	52	0.295	50	0.297	40	0.150
60	0.250	60	0.246	60	0.251	60	0.250	50	0.120
65	0.210	65	0.228	72	0.211	70	0.210	60	0.102
80	0.177	80	0.175	85	0.178	80	0.177	70	0.088
100	0.149	100	0.147	100	0.152	100	0.149	80	0.075
115	0.125	115	0.124	120	0.124	120	0.125	100	0.060
150	0.105	150	0.104	150	0.104	140	0.105		
175	0.088	170	0.088	170	0.089	170	0.088		
200	0.074	200	0.074	200	0.076	200	0.074		
250	0.062	250	0.061	240	0.066	230	0.062		
270	0.053	270	0.053	300	0.053	270	0.053		
325	0.044	325	0.043			325	0.044		

附録 7 瀝 青 材 加 熱 一 覧 表 ⁴⁾

瀝 青 材 料		混合する場合 °C	散布する場合 °C
舗装用石油アスファルト軟化点 (°C)	38.0 ~ 40.5	125 ~ 145	135 ~ 170
	40.5 ~ 43.0	130 ~ 150	140 ~ 175
	43.0 ~ 45.5	135 ~ 155	145 ~ 180
	45.5 ~ 48.0	140 ~ 160	150 ~ 180
	48.0 ~ 50.5	145 ~ 165	155 ~ 180
	50.5 ~ 53.0	150 ~ 170	160 ~ 180
石油アスファルト乳剤		常温 ~ 60	常温 ~ 60
カットバックアスファルト	MC, RC — 70	35 ~ 55	40 ~ 80
	“ — 250	55 ~ 75	60 ~ 100
	“ — 800	75 ~ 95	80 ~ 120
	“ — 3000	95 ~ 115	100 ~ 140
舗 装 タ ー ル	A, B — 1	15 ~ 30	20 ~ 50
	“ — 2	25 ~ 40	30 ~ 60
	“ — 3	35 ~ 50	40 ~ 70
	“ — 4	45 ~ 60	50 ~ 80
	“ — 5	55 ~ 70	60 ~ 90
	A — 6	65 ~ 80	70 ~ 100
	C — 1	65 ~ 80	70 ~ 100
	“ — 2	75 ~ 90	80 ~ 110
	“ — 3	85 ~ 100	90 ~ 120

〔注〕 瀝青材料を加熱するのは、使用上必要な流動性を得るためである。したがって、とくに定めがなければ、混合する場合は主として混合物の種類によって、散布する場合は主として散布機や気象条件によって、上表の範囲で最適の温度を標準として選ぶのがよい。

附録 8 剝離試験³²⁾

瀝青材骨材との付着性を調べるには、次の要領で試験を行なう。

まず、規定どおりに混合された合材を、ゆるく薄く敷き広げ、常温の空气中で24時間放置する。次に、密閉できるねじ込み栓のついたガラスびんの中に、合材を約半分入れ、温度27°~37°Cの蒸留水を満たして24時間放置する。ガラスびんはきれいに洗ったものであって、石けんや脂肪類が付着してはならない。

24時間放置後、15分間強くガラスびんをゆすり、骨材が瀝青材から脱落したり剝離したりするかどうかを観察する。

附録 9 碎石呼称⁴⁾

呼び名	粒径の範囲 mm	フルイ通過重量百分率 %											
		フルイの種類 mm											
		100	80	60	50	40	30	25	20	13	5	2.5	1.2
1号	80~60	100	85~100	0~15									
2号	60~40		100	85~100	—	0~15							
3号	40~30				100	85~100	0~15						
4号	30~20					100	85~100	—	0~15				
特5号	20~13							100	85~100	0~15			
特6号	13~5								100	85~100	0~15		
7号	5~2.5									100	85~100	0~25	0~5

解 説

解説の各項目の見出し番号は、本文の章、節、項などの番号を示している。

1.4.1 路 床

路床の厚さは、設計法を満足するものであり、また、土質調査も容易にできる深さであることが望ましい。

本報告書での設計公式には米国防軍工兵隊の方法 (Corps of Engineers, U. S. Army……以下 CE法と称する) を採用しているが、参考文献5) にも見られるように、CEでは、CBR=2~3以上の土の舗装に対して大規模な走行試験を行ない、設計公式を作りあげた。したがって、CBR=2以上の土を設計の対象とすることが好ましい。ところが、路床の厚さが薄い場合、路床土により舗装厚が決まるから、路床厚+舗装厚は、路床外の下層のCBRが低いと、そのCBRより求める舗装厚よりも薄くなることもある。これは設計法に矛盾する。ところが、路床の厚さをCBR=2より求める舗装厚に等しくとれば、CBRが2以上を設計の対象とするCE法を使う限りこのような矛盾は生じて来ない。一方、CBR=2~3程度に対応する大型航空機舗装の厚さは、2~2.5mであり、この深さは試験孔などを掘る場合、土質調査上のほぼ限界とも考えられる。

以上のような理由から、路床の厚さは、CBR=2で決まる舗装厚と等しい厚さに決めた。

ちなみに、道路舗装と較べて見よう。道路では路床厚は約1mとしている。⁴⁾ 自動車の輪荷重を12ton (D交通) として、CE法によりCBR=2の舗装厚を求めると90cmとなり、ほぼ1mに近い値となる。

2.6 航空機の交通量

交通荷重が舗装を破かいする作用は、経験的に次式によって表わすことができる。¹⁰⁾

$$\text{破壊作用} = \sqrt{P} \log N = \text{一定} \dots\dots\dots(\text{解-1})$$

P : 輪荷重

N : 作用荷重の繰返し回数

たとえば、輪荷重 P_1 と $P_2 = \frac{P_1}{2}$ との破壊に対する効果を考えれば、解-1 式より

$$\sqrt{P_1} \log N_1 = \sqrt{\frac{P_1}{2}} \log N_2$$

$$\therefore \log N_2 = 1.14 \log N_1$$

すなわち、 P_1 が1,000回繰返しして作用する効果は $P_2 = \frac{P_1}{2}$ が約10,000回繰返しする効果に等しい。

このような観点から、設計荷重の半分以下の荷重につ

いては、設計に対する荷重として実用上無視してもよいと考えられるので、本報告書では、設計荷重の $\frac{1}{2}$ 以上の航空機のみを設計の対象とすることにした。

2.7 設計荷重および設計荷重の反復作用回数

設計荷重の反復作用回数とは、設計荷重による同一点の繰返し作用回数の意味である。英語では Coverage と呼ばれている。

参考文献⁷⁾ によれば、滑走路に離着陸する航空機の交通分布は、滑走路の中心帯13m幅に、全交通量の約80%が、また、中心帯10m幅に約6.5%が集中している。この13m幅というのは、誘導路幅の約 $\frac{2}{3}$ に、また10m幅は約 $\frac{3}{8}$ にあたる。一方誘導路では、全交通量の75%が、誘導路幅の $\frac{1}{3}$ 中心帯に集中すると云われている。¹¹⁾ 滑走路と誘導路とで別々には反復作用回数を求めるのは、繁雑なので、本案では、滑走路、誘導路、エプロンについては、平均的な値として、 $n = 0.5 \frac{B}{b}$ を採用した。(本文 2.8式)

誘導路幅の $\frac{2}{3}$ に全交通量の80%が集中する場合

$$n = \frac{B}{b} \times \frac{2}{3} \div 0.8 = 0.83 \frac{B}{b}$$

誘導路幅の $\frac{3}{8}$ に全交通量の65%が集中する場合

$$n = \frac{B}{b} \times \frac{3}{8} \div 0.65 = 0.56 \frac{B}{b}$$

誘導路幅の $\frac{1}{3}$ に全交通量の75%が集中する場合

$$n = \frac{B}{b} \times \frac{1}{3} \div 0.75 = 0.44 \frac{B}{b}$$

また本文中の(2.9式)、(2.10)式は、(解-1) 式より次のようにして求める。

$$\sqrt{P_0} \log N_0' = \sqrt{P_1} \log N_1$$

$$\therefore N_1' = 10^\alpha$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{P_1}{P_0}} \cdot \log N_1$$

反復作用回数の計算において、接地幅は、輪荷重によって変化するが、その変化量は小さいので、輪荷重に関係なく接地幅は一定値とした。また、接地幅の合計量 b が、二脚型の複車輪と複々車輪とで、同じ4ヶの車輪の接地幅の合計量とするのは不合理であるとの考えかたもあろうが、本案では、法線方向に連らなった二つの車輪は、間隔がせまいので、1回の走行により、同一点の舗装に対して一回の最大変位を与えるものと考えた。

2.9.1 設計CBR

同一土層のCBRのばらつきより設計CBRを求める場合の係数 d_2' は、四分位数を求めるための係数とした。アスファルト舗装要綱では、標準偏差を求める係数を使用している。

$$\sigma = \frac{R}{d_2} \dots\dots\dots(\text{解-2})$$

σ : 標準偏差

R : 標本の (最大値-最小値)

d_2 : 係数 (標本の数により変る)

$$Q = \frac{2}{3}\sigma \dots\dots\dots(\text{解-3})$$

Q : 四分位数

したがって下位の $\frac{1}{4}$ 位点 (Lower Quartile Point..... LQP) は

$$LQP = \text{標本平均値} - \frac{2}{3}\sigma$$

本家でLQPを使用しているのは、CE法やカナダ法において、これを使用することが経験的にもっとも良い結果を得ているとしているからである。LQPを使用した場合、この値未満の値は、全数の $\frac{1}{4}$ 未満だけ出現する可能性がある。標準偏差を用いる場合は、その出現数は、約16%である。

CBR試験として、現場CBRに重点をおいたのは、CE法を参考にしたものである。

また、CBR試験時の載荷重を、原則としてその上にある死荷重の強度としたのは、本来のCBR試験法に準拠したものであり、空港舗装のように、厚さが大きくなると荷重の影響も無視できなくなるからである。しかし荷重がかなり大きくなるとCBRの値にさほど影響を与えなくなるような傾向も見受けられることと¹⁹⁾、試験の実情をも考慮して、最大載荷重を25kgとした。

2・9・2 最大乾燥密度

本家では、最大乾燥密度は、従来どおり、修正AASHO法によることにした。その理由は、CE法では、この締固め試験法を使用しているのので、CE法を使わざるを得ない現時点では、これに準ずるのが好ましいと考えたからである。

高含水量の土では、JISA 1210—1950再改訂案第2方法 (修正AASHO法) によって締固めると、試料の乾燥の程度によって、最適含水量や最大密度が著しく異なる²⁰⁾。しかし実際の舗装の下の土は、一年の中で最も乾燥しても、室内で空気乾燥するよりも含水量は大きいであろう。したがって、このような土では、試験をするさいの土の乾燥程度は、一年の中で最も小さいと考えられる含水量にした。

2・9・3 凍結深度

凍結深度の計算式は、舗装体は、自然地盤とは異なるの

で、安全側をとって、CE法の $Z=4.8\sqrt{F}$ を採用した。

3・2 路床改良の必要性の検討

軟弱地盤では、CBRとquの関係は、一次比例の関係にある。²¹⁾ したがって、地盤改良を行なった後のCBRの増加は、quの増加に比例するものとした。

3・3 基準舗装厚の算定

滑走路の中間部では、航空機は高速で走行するので、揚力が働らき、接地圧がへる。したがって舗装厚は、滑走路末端部よりも薄くして良いと云われている。たとえば米国連邦航空庁 (FAA) では、末端部約170mを除いては、舗装厚は末端部の80% (設計荷重としては70~50%にあたる)、CE法では末端部約340mを除いては、末端部の設計荷重の75% (舗装厚としては80~85%にあたる) としている。²²⁾ また参考文献7) では、末端部100m区間を除きこれに接する中間部670mの区間では、滑走路の中心帯30mは、末端部と同厚、その両端帯は末端部の90%厚、滑走路の末端部から770m以上離れた中間部では、誘導路の入口付近を除き、末端部の75%厚でも良いとしている。羽田空港のC滑走路では、末端部を150mコンクリート、それ以遠をアスファルト構造にしている。大阪空港では、末端部300mをコンクリート、それより600mまでの区間は、90%厚のコンクリート、それ以遠はアスファルト構造としている。このように中間部では、舗装厚を薄くできるが、本家では、図-3・1のように末端部 $\frac{L}{5}$ を除く中間部の舗装厚は、末端部舗装厚の90%とした。一般に航空機の着陸荷重は、離陸荷重の70~85%程度である。一方、滑走路の中間部では、離陸荷重が揚力の影響により、着陸荷重よりも少くなるから、着陸荷重を設計荷重にすれば、大まかに云って、反復作用回数は、末端部において離陸荷重を設計荷重によった場合の反復作用回数と大きい差異は生じないであろう。したがって、滑走路の中間部では、滑走路の末端部と同じ反復作用回数を使用して、着陸荷重でもって舗装厚を決めれば良い。着陸荷重としては離陸荷重の85%をとれば、一般に舗装厚は、離陸荷重の場合の90%程度となる。本家ではこれを採用した。また参考文献7) によれば、離陸荷重が、着陸荷重 (離陸荷重の85%程度) とほぼ等しくなる距離は、滑走路末端から滑走路全延長の20%程度離れた地点である。したがって $\frac{L}{5}$ 以内の末端部は、100%の厚さとした。

一方、離脱用誘導路は、着陸時の航空機のみにはしか使用されないのので、舗装厚は、着陸荷重で設計しても良いとしている。²³⁾ したがって本家では、反復作用回数としては、表-2・4で求めた反復作用回数の内、着陸に関する反復作用回数のみを合計したものを使用し、また、設計

荷重としては、表2・4で、すでに着陸荷重を用いて反復作用回数を設計荷重（離陸荷重）に換算しているの、離陸荷重を使って、離脱用誘導路の舗装厚を設計することにした。

また、参考文献7)によれば、滑走路の中央帯約30m以外の縁端帯には、ほとんど航空機の交通量はない。（全交通量の1%程度）したがって、本案では、中央帯30mを除く両縁端部は、中央帯の舗装厚の80%で良いものとした。本案では、基準舗装の最小厚は、反復作用回数1,000回の舗装厚の80%におさえたので、末端部がこの厚さを有する滑走路では、中間部両縁端部の厚さは、反復作用回数1,000回の基準舗装厚の約60%となる。この60%程度の厚さは、CEの実物走行試験^{51, 24)}の上限をとれば（もっとも安全側）反復作用回数30~50回程度（試験の平均的値としては90回）まではこわれない。したがって、本案では安全を考えて、これを採用し、縁端帯は中央帯の80%にした。

基準舗装の最小厚を反復作用回数1,000回の基準舗装厚にした理由は、FAA法やCE法では、滑走路中間部の舗装厚を、末端部の舗装厚の80%にしているが、この厚さに相当する反復作用回数は1,000回程度となるので、これを採用した。

オーバーランは、航空機が着陸に失敗した場合にのみ使用されるものであるから、この舗装厚は、かなり薄くて良い。しかし実際には、離陸する航空機の出発点として、しばしばオーバーランが使用されるので、本案では、反復作用回数1,000回の設計曲線を使用することにした。ショルダーの舗装厚は、航空機が滑走路を逸脱した場合のみを考えるとかなり薄くて良い。本案では、CEの実物走行試験の上限において、10回の反復作用回数（平均的には40回の反復作用回数）でこわれる舗装厚すなわち、満載時の反復作用回数5,000回の場合の舗装厚の50%にした。しかし消防車や救急車も通るので、タイヤ接地圧7kg/cm²、輪荷重4.5tonの単車輪荷重を対象とした図一3・10を最小厚とすることにした。

本案では、各航空機に対し、全部の舗装厚設計曲線を作成していない。それは航空機を（注4）に述べてあるようなグループに分ければ、そのグループの航空機間では、舗装厚に大きい差異はなく、舗装厚を各航空機で同じくしても、設計法の精度から見て矛盾はないと考えたからである。また、空港の性格から云っても、あるグループのある航空機を対象として設計した滑走路には、そのグループの各航空機が飛来することを予想した方が無難である。

3・4 基準舗装の層構成の算定

本案は、原則として、CE法を採用したものであるが、CEで行なわれた実物走行試験の舗装は、路盤が粒状材のものが大部分である。^{51, 24)}したがって、本案では設計曲線から求まる舗装の路盤は、粒状材であるものとした。

表層、基層、上層路盤の厚さは、これらが舗装の表面またはその近くにあるため、脚荷重の大きさよりはむしろ、タイヤの接地圧の大きさに左右されると考えられる。したがって本案では、CE法のこれらの最小厚を接地圧ごとに分けて、本案の各グループの航空機の接地圧と比較して見て、ほぼ同じ位の接地圧に対応するCE法の表層厚、基層厚、上層路盤厚を採用した。これらの厚さは、アスファルト協会法^{51, 25)}やカナダ法^{51, 8)}と比較して見てやや厚目であり、安全側の値と思われる。

3・5 締固め度に対する基準舗装厚の検討

路盤や路床の締固め度は、道路よりも荷重の大きい空港舗装では、特に注意すべき点である。本案では、CEの方法²⁶⁾を締固め度の決定法として採用した。従来、各航空機ごとに決められていた締固め度は、このCEの方法により求めたものである。

3・6 地盤の支持力の検討

路床外の深い場所に軟弱地盤があった場合には、舗装の厚さは、路床内の土だけを対象としたものであるから、何んらかの検討を行なわなければならない。この軟弱地盤がCBRが2以上ならば問題ないが、このような深い場所のCBR試験を各地点で行なうのは難しい。そこで、試料採取の容易な、一軸圧縮試験や、三軸試験によって、支持力の検討を行なうことにした。すなわち剪断力法²⁷⁾による検討がそれである。複車輪や複々車輪の場合も、単車輪の公式により地中の剪断力を求めているが、これは深い場所でのE・S・W・L（等価単車輪荷重）は、ほぼ脚荷重に等しいので、一車輪に全脚荷重が加わったものとして計算しても、結果に大差ないと判断したからである。

3・7 舗装構造の決定

近年、AASHO（州道路技術者協会）による大規模な実物試験により、路床の強さが一定でも舗装の材質を良くすることにより、舗装厚を減らし得るという結論が得られ、²⁸⁾わが国の道路でもこの結果が、一部採用されている。⁴⁾CE法では、このような考えかたはなされていないが、アスファルト協会法²⁵⁾やFAA法²²⁾やカナダ法⁵⁾では、一部この考えかたが採用されている。しかしいずれも、大荷重の空港舗装では、減少率を道路よりも小さくしている。本案でもこれらを総合的に検討し、道路よりも小さい等価換算係数を採用したが、これを適用し得る材質は、瀝青混合物では中央プラント加熱混合

方式、セメント混合物でも中央プラント混合方式に限定した。その理由は、多湿なわが国では特に、その他の施工法による舗装材料では、質の均一性や強度に欠ける恐れが多分にあると判断したからである。

3・8 凍上に対する検討

凍上に対する検討は、CE法よりも簡単なカナダ法³¹⁾やFAA法³²⁾を採用した。

4・2 下層路盤

下層路盤に本案以外の材料たとえば、路上混合瀝青安定処理材などを使用して、舗装厚を減らすようにしなかった理由は、前にも述べたように、そのような施工法では、質の均一性が悪く強度に欠ける危険性が多分にあると考えたからである。したがって、経済的に高い材料を粒状材と同じ厚さだけわざわざ使用することは考えられないので本案では省略した。ただし、浸透式マカダムや中央プラント混合方式のセメント安定処理材、瀝青安定処理材は、質的に良いので、設計CBRを50にとれるよう配慮した。

下層路盤の材料規定については、一部を除いて、FAAの仕様書³¹⁾、³²⁾に準じた。

4・3 上層路盤

本案に採用されている上層路盤の種類は、CE法²⁾に準じたものである。FAA法では、路上混合や常温式の瀝青安定処理材を使用しても良いことになっているが、本案では、多湿なわが国での施工性を考えて、採用しなかった。上層路盤材の材質規定は、一部を除いて、FAAの仕様書³¹⁾、³²⁾に準じた。

4・3・4 中央プラント加熱混合方式瀝青安定処理材

表-4・10におけるマーシャル基準値は、上層路盤用としては、アスファルト協会の規定²⁵⁾を、下層路盤用とし

ては、アスファルト舗装要綱の交通量区分A・Bのものを採用した。

4・3・5 リーンコンクリート

参考文献²³⁾では、リーンコンクリートは、 $\sigma_1=50\text{kg/cm}^2$ ～ 210kg/cm^2 としている。一般に貧配合のコンクリートでは、セメント量は、混合物全重量の10%前後である。そこで、セメント量を混合物 1m^3 当り220kg使用するものとして、施工可能なセメント水比³³⁾でもって σ_1 を計算³⁴⁾すると、 $\sigma_1=80\text{kg/cm}^2$ 程度が最も低い値となる。本案ではこれを採用した。

4・4 表層および基層

表層および基層のアスファルトコンクリートの骨材粒度については、CE法が、各種の粒度規定を有しているのでこれを採用した。骨材の材質規定やアスファルトセメントの材質規定については、主として、参考文献²³⁾に準じた。また、合材のマーシャル安定度試験に対する基準値も参考文献²³⁾およびCE法に準じた。

4・5 ブルーフローリング

米国やカナダの空港では、その路盤の支持力に近い荷重でブルーフローリングを行なっているが、荷重の決め方が複雑となる。問題は、ブルーフローリングを行なうことにより、不良箇所を発見すれば良いわけであるから、締固めに使用した機械よりも、やや重い荷重を使用してブルーフローリングを行なえば良い。この意味から、本案では、締固めに利用した機械と接地面積は等しく接地圧が1.2～1.5倍程度のものを使用することにした。しかし切土路床の場合は、路床土は均一でありまた路床がかなり軟弱な場合も考えられるので、ブルーフローリングは行なわないこととした。

参 考 文 献

- 1) 土木学会：土木工学ハンドブック，技報堂，1964年，p 2623.
- 2) Headquarters, Department of The Army : Flexible Airfield Pavements, Air Force, TM 5-824-2, Reprint of former EM 1110-45-302, Aug. 1958, p 231.
- 3) 須田瀧：空港瀝青舗装の材料および施工に関する調査研究(空港舗装に関する調査研究第7報)，港湾技術資料No.53, 運輸省港湾技術研究所, 1968年6月, p 105
- 4) 日本道路協会：アスファルト舗装要綱，丸善，1968年2月，p 167.
- 5) 須田瀧：空港瀝青舗装の舗装厚設計法に関する調査研究(空港舗装に関する調査研究第6報)，港湾技術資料, No. 52, 運輸省港湾技術研究所, 1968年6月, p 103
- 6) International Civil Aviation Organization(ICAO) : Aerodromes, Annex 14. 4th Edition, Aug. 1964, p 96.
- 7) R. Horonjeff : Planning and Design of Airports, McGraw-Hill, 1962, p 464.
- 8) 倉田進, 須田瀧：米国およびカナダにおける空港土木の現況，運輸省港湾技術研究所，1967年1月，本文 p 52, 附図附表 p 144.
- 9) ICAO : Aerodrome Manual, Part 1 General, 2nd Edition, 1964年，p 222.
- 10) 竹下春見：道路工学，金原出版，1966年，p 276.
- 11) R. G. Abivin : Flexible Pavement Design Criteria, A.S.C.E, vol 88, No. AT1 Aug. p 19.
- 12) 土質工学会：土質試験法，1964年，p 566.
- 13) 土質工学会編：土質工学ハンドブック，技報堂，1965年，p 1317.
- 14) 土質工学会：土質調査法，1964年，p 438.
- 15) 東工大統計工学研究会：統計工学ハンドブック，技報堂，1953年，p 1262.
- 16) 十代田三知男：品質管理，コロナ社，1959年，p 156.
- 17) 土質工学会：土と基礎，vol 15, No. 11, 117, Nov. 1967.
- 18) W. H. Jervis他：Accepted Procedure for the CBR Test, ASCE, Transactions, vol 115, 1950, p 1358.
- 19) 土質工学会：空港土質土工委員会報告書，1968年1月，p 470.
- 20) 久野信郎：土の締固め，技報堂，1962年7月，p 230.
- 21) Headquarters, Department of the Army : Pavement Design for Frost Conditions, TM 5-818-2, Reprint of former EM 1110-1-306, May 1962, p 26.
- 22) Federal Aviation Agency : Airport Paving, June 1964, p 70
- 23) 土木学会空港舗装研究委員会：新東京国際空港の舗装に関する研究，土木学会，1968年3月.
- 24) M. S. Kersten他：Development of CBR Flexible Pavement Design Method for Airfield, A. S. C. E, Transaction, vol. 115, 1950, p 1360.
- 25) The Asphalt Institute : Asphalt Pavements for Airport, June 1963, p 126.
- 26) Corps of Engineers : Compaction Requirements for Soil Components of Flexible Airfield Pavements, W. E. S. of U. S. Army, Technical Report No. 3-529, Nov. 1959.
- 27) 竹下春見：寒地道路の路床路盤に関する調査研究，建設省土木研究所，土木研究所報告，第95号，1957年3月.
- 28) 高橋国一郎他：AASHO 道路試験，日本セメント技術協会，1966年2月，p 246.
- 29) 常設国際道路会議協会：第13回国際道路会議総括報告書，国際道路会議，1967年11月，p 239.
- 30) Federal Aviation Agency : Airport Drainage, AC 150/5320-5A, 1965年，p 57.
- 31) 須田瀧，森口拓：空港の排水，運輸省港湾技術研究所滑走路研究室，滑走路資料 No. 5, 1967年2月，p 55.
- 32) Federal Aviation Agency : Standard Specifications for Construction of Airports, F. A. A., June 1959, p 587. and Supplement No. 2, 1964, p 95.
- 33) 谷藤正三：瀝青舗装の設計と施工，理工図書，1956年，p 493.
- 34) 谷藤正三他：道路舗装施工法，山海堂，1959年11月，p 493.
- 35) 日本道路協会：アスファルト舗装要綱，昭和36年版，丸善，1960年，p 171.
- 36) 亀卦川振光他：アスファルト舗装の施工，土木施工パンフレット No. 2, 山海堂，p 31.
- 37) The Asphalt Institute : Specification and Construction Methods for Asphalt Concrete and Other Plant-Mix Types, June 1964, p 115.

- 38) 赤塚雄三他：昭和40年度港湾工事におけるコンクリートの品質に関する調査，運輸省港湾技術研究所，港湾技研資料 No. 31, Apr. 1967, p 54.
- 39) 杉木六郎他：コンクリート施工法，山海堂，1959年9月，p 230.
- 40) 日瀝化学工業：アスファルト舗装に関する試験，1963年10月，p 230.
- 41) 第二港湾建設局東京空港工事事務所：空港土木工事標準仕様書，p 35
- 42) 第三港湾建設局：空港土木工事共通仕様書（案），1966年7月，p 57
- (43) Federal Aviation Agency : Effects of Jet Blast, F. A. A, AC 150/5325-6, April 1965, p 42.
(1968. 7. 5 受付)

港 湾 技 研 資 料 No. 54

1968. 9

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発 行 所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印 刷 所 ヨシダ印刷株式会社亀戸工場