

港 湾 技 研 資 料

TECHINICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 82

Sept. 1969

空港コンクリート舗装の構造設計法に関する一提案.....森 口 拓

運輸省港湾技術研究所



空港コンクリート舗装の構造設計法に関する一提案

目 次

はじめに	5
第1章 一 般	6
1.1 適用の範囲	6
1.2 舗装区域	6
1.3 舗装の構成	7
第2章 設計条件	7
2.1 概 説	7
2.2 設計荷重	7
2.3 航空機の交通量	8
2.4 舗装区域の種別	13
2.5 路床および路盤	13
2.6 コンクリートの性質	15
2.7 コンクリートの安全率	16
2.8 鉄筋の許容応力度	17
第3章 無筋コンクリート舗装	18
3.1 概 説	18
3.2 コンクリートスラブの厚さ	18
3.3 舗装の厚さ	32
3.4 縦方向目地	33
3.5 横方向目地	34
3.6 膨張目地	35
3.7 タイパー	39
3.8 スリップバー	41
3.9 鉄 網	44
第4章 鉄筋コンクリート舗装	45
4.1 概 説	45
4.2 鉄 筋	45
4.3 目 地	47
第5章 連続鉄筋コンクリート舗装	47
5.1 概 説	47
5.2 舗装の厚さ	47
5.3 縦方向鉄筋	48
5.4 横方向鉄筋	49
5.5 鉄筋の品質	51
5.6 目 地	51

第6章 かさ上げ舗装	56
6.1 概 説	56
6.2 コンクリート舗装上のコンクリートかさ上げ	57
6.3 たわみ性舗装上のコンクリートかさ上げ	62
おわりに	62
付録 .1 用 語	63
付録 .2 平板載荷試験方法	65
付録 .3 路盤効果	66
付録 .4 土のCBRとK値および工学的分類とK値の関係	69
付録 .5 影響図表の利用法	70
付録 .6 舗装の評価法	71
付録 .7 舗装の剛比半径表	73
付録 .8 等価単車輪荷重	73
付録 .9 コンクリート舗装上のコンクリートかさ上げ舗装厚さ	73
付録.10 試験法一覧	79
参考文献	79

A PROPOSED STRUCTURAL DESIGN METHOD OF CONCRETE PAVEMENTS FOR AIRPORTS

by Hiraku MORIGUCHI, B. Sc.*

Synopsis

This paper proposes a structural design method of concrete pavements, which imply a non-reinforced concrete pavement, a reinforced concrete pavement, a continuously reinforced concrete pavement and concrete overlays, for airports. It should be noted that concrete pavements for airports mean runways, taxiways, aprons and so on except roads and parking lots for usual cars in the airports. The term "structural design of pavements" refers to the determination of the thicknesses of the subbase and the concrete slab, the joints and jointing arrangements, the reinforcements and reinforcing arrangements, and not to the design of materials in the pavement and the arrangements of runways, taxiways and aprons.

The determination of the thickness of the pavement is based on the basic equation for interior loading for runway slabs developed by H. M. Westergaard. For non-reinforced and reinforced concrete pavements the design methods are based on those of Portland Cement Association at Illinois in the United States, and for a continuously reinforced concrete pavement the design method is based on that of Continuously Reinforced Pavement Group at Illinois in the United States. The design method of concrete overlays conforms to that of the Corps of Engineers of the United States Army.

* Senior Research Engineer, Soils Division

空港コンクリート舗装の構造設計法に関する一提案

森 口 拓*

概 要

本文は、空港におけるコンクリート舗装の構造設計法についての一つの提案を設計基準の形式で述べたものである。ここで言う空港におけるとは、空港内の自動車用道路および駐車場を除いた滑走路、誘導路、およびエプロン等を意味し、構造設計とは、路盤の厚さ、コンクリートスラブの厚さ、目地の配置および構造、鉄筋の量および配置等の設計を意味し、これらを無筋コンクリート舗装、鉄筋コンクリート舗装、連続鉄筋コンクリート舗装、およびかさ上げコンクリート舗装について、それぞれ述べている。

コンクリートスラブの厚さの設計はウェスターガードの中央載荷公式¹⁾に基づいたもので、無筋コンクリート舗装および鉄筋コンクリート舗装については、米国のポルトランドセメント協会の設計法²⁾に準拠し、連続鉄筋コンクリート舗装は米国の連続鉄筋コンクリート舗装研究グループの設計法³⁾に準拠し、かさ上げコンクリート舗装は米国の陸軍技術部の設計法⁴⁾に準拠した。

はじめに

滑走路研究室が発足して以来3年の歳月が流れたが、発足当初の空港土木技術に関する調査結果^{5),6)}によれば、空港舗装の設計法の欠如が大きな問題の一つとしてあげられていた。そしてそのとき、わが国の空港土木技術の立ちおくれを痛感したのであった。すなわち、第2次世界大戦後の主要空港の管理運営上の空白時代および他の種々の障害があったとはいえ、空港建設それ自体が多くの問題点を残したままで先行し、技術的問題点の研究的解明は行なわれていたとは言いがたく、それに関する資料も整理保存されていないのが現状であった。このようなとき、空港土木技術に関するわが国を含めての世界の情勢を見きわめ、その上で種々の問題点を整理し、解明を要するものは研究的立場に立って処理していく必要があると判断し、今日に至ったのである。

そこでまず、空港土木技術に関する世界の情勢を理解するために、舗装に関するものが中心であるが、それに関する文献の整理、収集、調査が行なわれ、一応の作業は終了した⁷⁾⁻¹⁴⁾。このような時点で、その取りまとめが急務であると判断された空港におけるコンクリート舗装の構造設計法に関する一提案をあえて行なったのである。アスファルト舗装についても、その構造設計法の一提案が同時点で行なわれた¹⁵⁾。この案はあくまで、文献

調査結果を中心にまとめたものであり、今後の経験と調査研究あるいは今までの経験等によって、わが国の実情に合ったものにしていくことが必要であることは言うまでもない。

空港用コンクリート舗装の設計法には、米国陸軍技術部の方法、米国ポルトランドセメント協会の方法、米国連邦航空局の方法¹⁶⁾、カナダの方法¹⁷⁾、英国の方法¹⁸⁾、およびフランスの方法¹⁹⁾等があるが、これらはすべて、ウェスターガードの理論解析を基にして発展されたものである。これらの方法のうちどれに準拠した設計法を採用するかが問題となるのであるが、参考文献9に述べてあるような判断の下に、わが国の従来の設計法も大半はそうであったのであるが、米国ポルトランドセメント協会の方法によることにした。すなわち、コンクリート舗装の構造設計の中心であるコンクリートスラブの厚さの決定には、ウェスターガードの中央載荷公式を、そして実際には、この公式を基にして作成されたピケットの影響図表²⁰⁾を利用した。

通常、コンクリート舗装として、無筋コンクリート舗装、鉄筋コンクリート舗装、連続鉄筋コンクリート舗装およびプレストレストコンクリート舗装が考えられるが、このうちプレストレストコンクリート舗装は、資料および経験の不足等から判断し、この案から除外した。

以下、空港におけるコンクリート舗装の構造設計法に

* 土質部 主任研究官

ついて、基準の形式により、解説を加えながら述べていく。

第1章 一般

1.1 適用の範囲

この基準は、空港用コンクリート舗装のコンクリートスラブおよび路盤の構造設計についての一般の標準を示すものである。ここにいうコンクリート舗装とは、無筋コンクリート、鉄筋コンクリートおよび連続鉄筋コンクリート舗装であり、このうちいずれの舗装を採用するかは、責任技術者の判断に従って決定されなければならない。

この基準によらない場合は、十分な経験またはその場に応じた周到な実物大試験等の結果に基づいて、責任技術者の判断に従って、設計されなければならない。

〔解説〕

この基準の目的とするところは、空港用コンクリート舗装の構造設計に従事する技術者に、一つの標準を提供することであって、本基準のすべての事項に厳密に従うよう規制するものでないことは当然である。

ここで構造設計という表現を用いているとおり、本基準は、コンクリート舗装のコンクリートスラブの厚さ、所要鉄筋量、鉄筋間隔、目地配置、目地構造、および路盤等について述べているのであって、空港の位置、滑走路、誘導路およびエプロン等の配置、舗装の長さや幅、あるいは排水、ショルダー、および建築物等の設計を対象としていない。

また、本基準は、コンクリート舗装の一工法としてのプレストレストコンクリート（PC）舗装を対象としていない。空港用PC舗装は、1947年にフランスのオルリー空港の滑走路に初めて適用され、それ以来特にヨーロッパ諸国において施行されてきたが²⁰、わが国では大阪国際空港のエプロン舗装にただ一例を見るに過ぎず²¹、その設計法も確立されていないのが現状であり、これを基準化するのには時期尚早と判断したのである。なお、道路舗装においては、千葉県²²や福岡県などで最近施工された例があるが、本格的に適用されたとは言いがたく、施工実績もまだ貧弱な段階にあると思われる。

一方連続鉄筋コンクリート（CRC）舗装は、1921年にアメリカで道路舗装に最初に適用され、1938年頃から特にアメリカで道路舗装に本格的に施工されてきた。1967年までのその施工実績は、2車線相当幅で延長約7,512kmに達しており、そのうちの約81%は1963年からの5年間に施工されたものである²³。CRC舗装が空港舗装に本格的に適用されたのは、アメリカのシカゴオヘア国際空港の滑走路およびそれに接するエプロンと誘導

路で、その舗装面積は148,000 m²となっている²³。わが国では、1963年に福島県郡山の国道4号線に長さ500mにわたって試験的に施工されたが、その供用状態も良好であることが認められている^{24)~26)}。現在、CRC舗装の設計法は、理論的には解明されているとはいえないが、一般には妥当な方法が経験的に確立されている。

PC舗装およびCRC舗装の設計法だけでなく、無筋コンクリート（NC）舗装および鉄筋コンクリート（RC）舗装の設計法、特に構造細目にも問題がないわけではなく、今後、実験研究および施工経験等によって、これらの点を明らかにしていくことが必要であって、本基準によらない場合、あるいは本基準に網らされていない事項については、十分な経験または周到な実験結果に基づいた責任技術者の判断に従って設計されなければならない、またその必要があるのである。なお、現在わが国においては、コンクリート舗装を対象とした設計基準的なものとして、土木学会制定の昭和44年版のコンクリート舗装標準示方書と日本道路協会の昭和42年版のセメントコンクリート舗装要綱があるが、これはいずれも道路舗装を対象としたものである。しかしこれらは、わが国における貴重な経験に基づいた部分も大であると考えられるので、これらも大いに参考にすべきであろう。

なお、NC舗装、RC舗装またはCRC舗装のうちいずれを採用するかは、技術的問題、施工性、経済性等あらゆる条件を判断したうえで、責任技術者が決定しなければならない。

1.2 舗装区域

この基準の対象とする舗装区域は、滑走路、誘導路、エプロン等である。

空港内の自動車用道路および駐車場のコンクリート舗装については、セメントコンクリート舗装要綱に準拠するものとする。

〔解説〕

空港の舗装区域は、対象舗装上に作用する荷重の大きさによって、次の2つに分類される。すなわち、航空機が低速で走行するかまたは駐機するエプロン、誘導路および滑走路末端部等の標準舗装区域と、航空機が高速で走行する滑走路中央部、および全備重量より小さい航空機荷重が作用する航空機整備地域エプロン等の標準外舗装区域である。これら舗装区域の概略図を図-1に示す。

上記舗装区域以外に、空港内の一般自動車用の道路および駐車場等のコンクリート舗装の設計が必要となる場合があるが、これは対象荷重が自動車であるので、日本

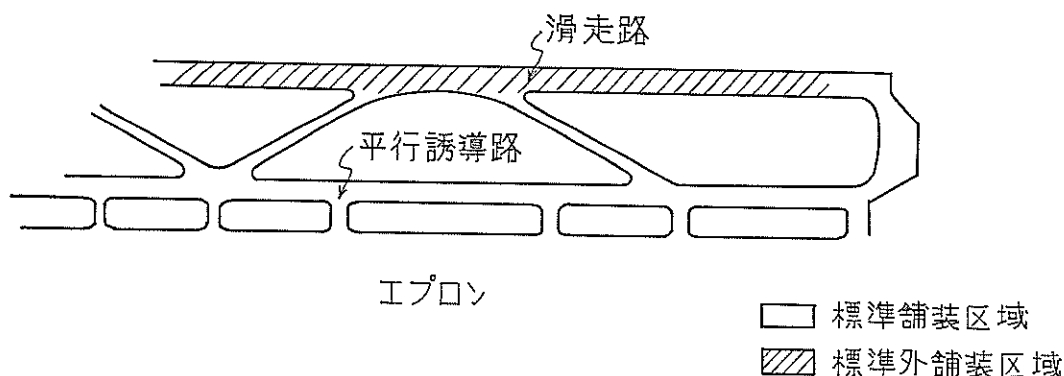


図-1 空港の舗装区域

道路協会編のセメントコンクリート舗装要綱に準拠して設計するのである。

1.3 舗装の構成

コンクリート舗装は、通常、図1-1に示すように、コンクリートスラブと路盤から構成される。

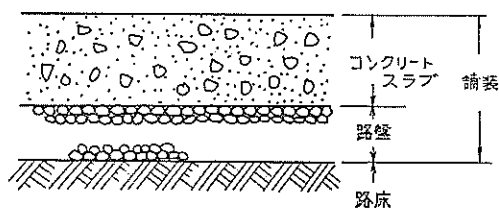


図1-1 コンクリート舗装の構成

[解説]

コンクリート舗装は、図1-1に示すように、コンクリートスラブと路盤から成る。RC舗装およびCRC舗装の場合は、スラブ中に適当量の鉄筋がそう入される。舗装厚さというのは、スラブの厚さと路盤の厚さの合計厚さである。

のちほど詳述されるが、コンクリート舗装の場合、路盤を必要としない場合もあり、この場合はコンクリートスラブの厚さが舗装厚さとなる。

なお、支持層という表現が用いられる場合があるが、これは路盤以下または路床以下の層を意味する。

第2章 設計条件

2.1 概 説

この章では、コンクリート舗装の厚さおよび他の構造設計事項を決定するのに必要な下記の諸条件について述べる。

(i) 航空機の型、すなわち対象舗装上の予定最大荷重

および車輪

- (ii) 航空機の交通量
- (iii) 舗装区域の種別
- (iv) 路床または路盤の支持力
- (v) コンクリートの主要な性質
- (vi) 鉄筋の許容応力度

[解説]

コンクリート舗装の厚さ、すなわちコンクリートスラブの厚さと路盤の厚さ、あるいは目地構造等を決定するには、まず本文(i)~(vi)の諸条件を求めなければならない。これらの条件の中で、路床土は舗装の設計の基礎となるものであるから、路床土の性質を十分に調査することが設計および施工の第一歩となり、その性質を十分に理解することが重要である。

2.2 設計荷重

対象舗装上を走行する航空機のうちで、最大舗装厚さを必要とする航空機を設計荷重の対象とし、設計荷重はその航空機的全備総重量に対する主脚荷重とする。

主脚荷重あるいはタイヤ接地圧等の資料が入手できない場合、2脚3輪車型脚配置の民間機の主脚荷重は、次式によって求めてもよい。

$$P=0.475W \cdots \cdots \text{ジェット機の場合} \cdots \cdots (2.1)$$

$$P=0.45 W \cdots \cdots \text{ターボプロップ機の場合} (2.2)$$

ここで

P : 主脚荷重, (t)

W : 全備総重量, (t)

また、タイヤ接地圧は、次式によって求めてもよい。

$$p=1.1p_i \cdots \cdots (2.3)$$

ここで

p : タイヤ接地圧, (kg/cm²)

p_i : タイヤ内圧, (kg/cm²)

タイヤの接地形状は、図2-1のように仮定する。

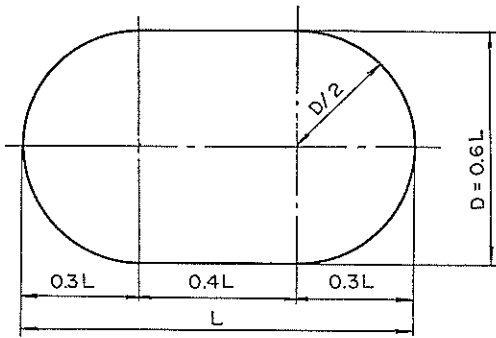


図2-1 タイヤの接地形状

[解説]

まず舗装の厚さを求めるに際して、設計荷重が必要な

ことは言うまでもないが、空港舗装設計の場合は、荷重そのものだけでなく、主脚車輪の配置形式、車輪中心間隔、タイヤ接地圧等の資料が必要である。

対象としている舗装上を走行することが予想される航空機のうちで、最大の舗装厚さを必要とする航空機を見出し、その主脚荷重を設計荷重とするのである。更にその航空機について上記の諸事項を決定する。

航空機の脚の配置の一般的形式を図-2に示す。現在の主要民間機のほとんどは、2脚3輪車型の復車輪または復々車輪型で、4脚3輪車型はジャンボジェット機と言われるB-747機の脚配置形式である。

3輪車型航空機の主脚車輪の配置を図-3に示す。図2-1に示したように、タイヤの接地形状は長方形とその両側の半円より成り、タイヤの接地幅は、その接地長さの0.6倍と仮定するのである。この場合次式が成立する。

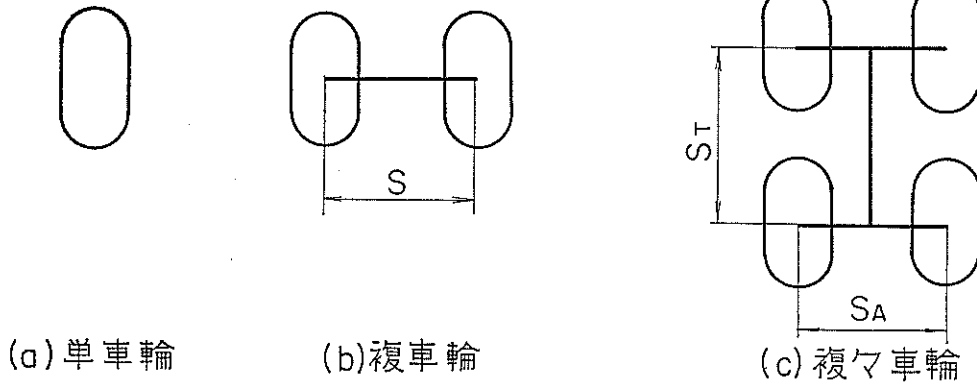


図-3 3輪車型航空機の主脚車輪の配置形式

$$L = 1.3832\sqrt{A}$$

$$D = 0.8299\sqrt{A} = 0.6L$$

ここで

- A : タイヤの接地面積, (cm²)
- L : タイヤの接地長さ, (cm)
- D : タイヤの接地幅, (cm)

各航空機の総重量, 主脚荷重, 主脚車輪の配置形式, 車輪中心間隔, タイヤ接地圧, およびタイヤ接地面積に関する資料を表-1に示す。

2.3 航空機の交通量

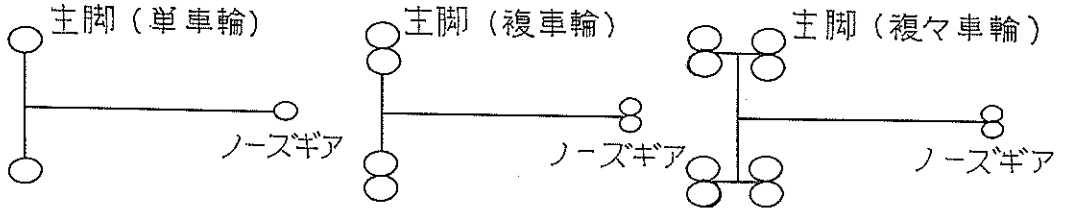
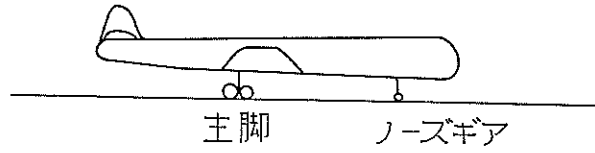
対象舗装上を走行する設計荷重航空機の、舗装の耐用年数にわたっての運航回数を予測しなければならない。

[解説]

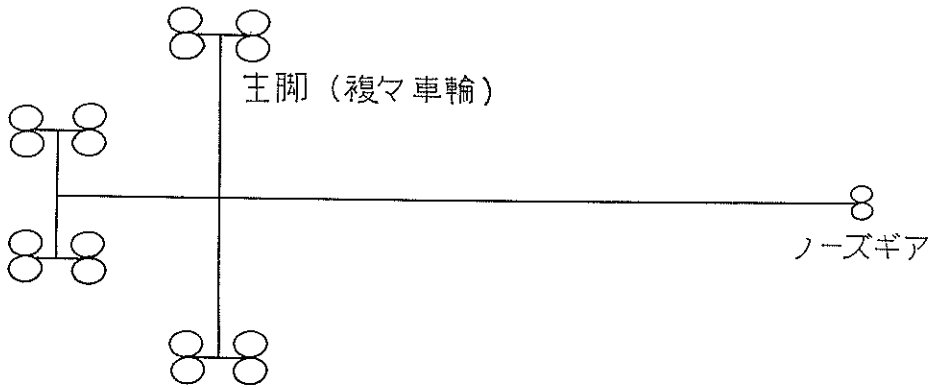
コンクリートスラブ厚さの決定に際して、安全率が必

要となるが、これは、舗装の耐用年数にわたっての設計荷重となる航空機の運航回数に基づいて決定しなければならない。すなわち、設計荷重航空機がひんぱんに走行する空港では大きい安全率を適用し、設計荷重航空機の運航の少ない空港では小さい安全率を適用するのである。しかし、設計荷重航空機の運航回数とコンクリートの安全率との関係には、なんら定量的なものは導入されない。したがって、安全率は責任技術者の判断に従って決定されなければならない。この場合、大型航空機が数多く使用する国際空港級の大型空港で適用される安全率を基準とするのが適当であろう。

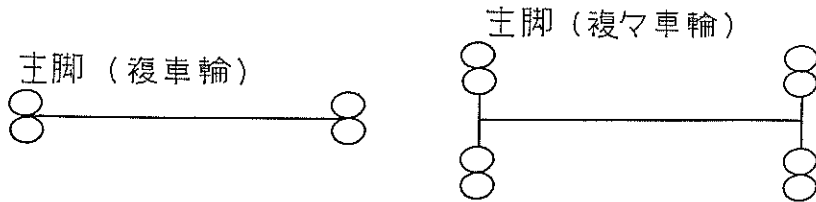
次に舗装の耐用年数についてであるが、現在の空港舗装では、舗装だけの耐用年数すなわち舗装の構造的破壊から再舗装を施す例はまれであり、むしろ航空機の大型



(a) 2脚3輪車型



(b) 4脚3輪車型



(c) 自転車型

図-2 航空機の脚の配置形式

表-1 航 空 機 諸 元

	航 空 機		総重量 (t)	主 脚 に つ い て						
	製 作 会 社	型		一 脚荷重 (t)	車輪配 置形式	タイヤ 接地圧 (kg/cm ²)	一タイヤ の接地面 積 (cm ²)	車輪中心間隔 (cm)		
								横方向	縦方向	
1	AIRSPPEED	Ambassador	24.9	11.2	複	6.2	903	58.4	—	
2	ARMSTRONG WHITWORTH	Argosy 101, 102	39.9	18.3	複	6.8	1355	71.9	—	
3	BOEING	B-377 Stratocruiser	66.1	29.7	複	I 7.8 O 9.0	I 1897 O 1658	94.0	—	
4		707-120, 120 B, 220	117.0	54.7	複々	10.5	1303	86.4	142.2	
5		707-320	143.3	65.6	複々	12.4	1323	86.4	142.2	
6		707-320 B	148.8	69.2	複々	13.9	1245	86.4	142.2	
7		707-420	143.3	65.6	複々	13.2	1245	86.4	142.2	
8		720	104.3	47.6	複々	11.2	1058	81.3	124.5	
9		720 B	106.6	50.8	複々	11.2	1129	81.3	124.5	
10		727-100	73.0	34.0	複	10.5	1613	86.4	—	
11		727-200	77.1	35.9	複	11.6	1548	86.4	—	
12		737-100	44.4	20.0	複	9.2	1090	77.5	—	
13		737-200	49.0	22.0	複	10.1	1090	77.5	—	
14		747	308.7	75.2	複々	14.6	1290	111.8	147.3	
15		BREGUET	763 Deux Ponts	48.0	21.6	複	7.6	1426	99.1	—
16		BRISTOL	Britannia 100	70.3	31.6	複々	11.8	671	F 43.2 R 68.6	121.9
17	Britannia 320		83.9	37.3	複々	10.8	865	F 50.8 R 76.2	121.9	
18	BEECHCRAFT	D 18-C-1	4.1	1.8	単	3.4	523	—	—	
19	BRITISH AIRCRAFT CORPORATION	V C-10(1100)	141.5	65.3	複々	8.4	1955	86.4	154.9	
20		B C 111(400)	38.6	17.4	複	7.5	1161	53.3	—	
21	CANADAIR	Canadair 4	37.2	16.7	複	7.8	1077	78.7	—	
22		C L-44	95.7	45.7	複	13.2	865	F 51.3 R 75.7	—	
23		C L-44 J	95.7	46.0	複々	16.1	716	75.7	121.9	
24	CONVAIR	C V-240	19.0	8.5	複	7.3	581	54.6	—	
25		C V-340	21.3	9.6	複	5.3	903	62.2	—	
26		C V-440	22.3	9.9	複	5.1	968	62.2	—	
27		C V-880	83.9	39.5	複々	F 9.3 R 9.8	1032 1032	54.6	114.3	
28		C V-880M	87.8	41.9	複々	F 9.9 R 10.4	1032 1032	54.6	114.3	
29		C V-990	115.7	54.7	複々	10.6	1290	61.0	118.1	
30		CURTIS	Commando C-46	21.8	9.8	単	5.8	1697	—	—
31	DE HAVILLAND	Comet 4	72.6	34.5	複々	12.3	703	F 48.3 R 40.6	114.3	

表-1 航 空 機 諸 元 (続き1)

	航 空 機		総重量 (t)	主 脚 に つ い て						
	製 作 会 社	型		一脚荷重 (t)	車輪配 置形式	タイヤ 接地圧 (kg/cm ²)	一タイヤ の接地面 積 (cm ²)	車輪中心間隔 (cm)		
								横方向	縦方向	
32	DE HAVILLAND	Comet 4B	71.7	34.0	複々	11.6	736	F 48.3 R 40.6	114.3	
33		Comet 4C	73.5	34.9	複々	12.4	703	F 48.3 R 40.6	114.3	
34		Dove	4.0	1.8	単	3.6	497	—	—	
35		Heron 2E	6.1	2.8	単	4.7	594	—	—	
36		Trident 1	48.8	22.7	複対	9.9 E 12.5	574	I 66.0 O 124.5	—	
37		Trident 1C		51.9	24.2	複対	10.5 E 12.5	574	I 66.0 E 95.3	—
									E 124.5 O 95.3	
38	DOUGLAS	DC-3	11.9	5.4	単	3.3	1613	—	—	
39		DC-4	33.1	14.9	複	5.6	1323	66.0	—	
40		DC-6	42.3	19.1	複	8.5	1123	78.7	—	
41		DC-6B	48.5	21.9	複	8.5	1290	78.7	—	
42		DC-7	55.4	24.9	複	9.5	1310	76.2	—	
43		DC-7B	57.2	25.7	複	9.8	1310	76.2	—	
44		DC-7C	64.9	29.5	複	9.7	1516	86.4	—	
45		DC-8	130.4	58.7	複々	9.3	1581	76.2	139.7	
46		DC-8-55	147.4	67.1	複々	12.4	1348	76.2	139.7	
47		DC-8-61	147.4	68.5	複々	12.7	1348	76.2	139.7	
48		DC-8-62	152.0	69.9	複々	13.0	1348	76.2	139.7	
49		DC-8-63	158.8	73.9	複々	13.7	1348	79.5	139.7	
10		DC-9-10	41.1	18.8	複	8.8	1065	61.0	—	
51		DC-9-30	49.0	22.4	複	10.5	1065	63.5	—	
52		DC-9-40	51.7	23.8	複	10.8	1097	66.0	—	
53	DC-10-84	172.4	80.7	複々	12.5	1613	116.8	139.7		
54	FOKKER	F-27 Friendship(Standard)	19.7	8.9	複	6.2	716	46.5	—	
55		F-27 Friendship(Optional)	19.7	8.9	複	5.0	884	46.5	—	
56		F-28 Fellowship(Standard)	25.7	11.6	複	6.7	871	55.4	—	
57		F-28 Fellowship(Optional)	25.7	11.6	複	4.9	1194	57.9	—	
58	HANDLEYPAGE	Dart Herald	18.1	8.0	複	4.7	858	49.5	—	
59		Hermes 4	39.0	17.6	複	5.4	1626	63.5	—	
60	LOCKHEED	Constellation L-049	39.1	17.6	複	7.0	1265	71.1	—	
61		Constellation L-749	46.3	20.9	複	9.3	1348	71.1	—	
62		Constellation L-749A	48.5	21.9	複	9.3	1181	71.1	—	
63		Super Constellation L-1049A	54.4	24.5	複	9.3	1316	71.1	—	
64		Super Constellation L-1049C	60.3	27.2	複	9.3	1465	71.1	—	
65	Super Constellation L-1049E	60.3	27.2	複	9.7	1406	71.1	—		

表-1 航空機諸元(続き2)

	航空機		総重量 (t)	主脚について					
	製作会社	型		一脚荷重 (t)	車輪配置形式	タイヤ接地圧 (kg/cm ²)	一タイヤの接地面積 (cm ²)	車輪中心間隔 (cm)	
								横方向	縦方向
66	LOCKHEED	Super Constellation L-1049G	62.4	28.1	複	9.9	1419	71.1	—
67		Super Constellation L-1649A	72.6	32.8	複	9.1	1794	76.2	—
68		Electra	52.6	24.5	複	10.4	1174	50.8	—
69	MARTIN	202	18.1	8.2	複	4.7	877	61.0	—
70		404	19.5	8.8	複	4.5	981	61.0	—
71	SAAB	90 A-2 Scandia	16.5	7.4	単	6.4	1148	—	—
72	SHORT BROS	Skyvan (Series 2)	5.7	2.5	単	2.7	910	—	—
73	SUD-AVIATION	SE-210 Caravelle	43.0	19.4	複々	F 6.5 R 9.6	F 742 R 503	F 45.7 R 40.6	—
74		SE-161 Languedoc	23.3	10.4	単	4.6	2258	—	—
75		SE-2010 Armagnac	76.0	34.2	複	10.2	1677	81.3	—
76		SO-30P Bretagne	18.5	8.3	単	5.7	1458	—	—
77	VICKERS	Vanguard 950	66.5	30.6	複	8.9	1723	73.7	—
78		Viking	15.4	6.9	単	4.3	1600	—	—
79		Viscount 810/840	32.9	14.8	複	10.1	736	48.3	—
80	日本航空機製造	YS-11	23.5	10.6	複	5.4	981	64.0	—

備考: 1) 車輪配置形式の欄で単, 複および複々とは, 図-3の(a), (b)および(c)をそれぞれ意味し, 複対とは, 図-2の(c)の複々車輪形式を意味する。

2) 記号はそれぞれ次のような意味である。

I — 内部 F — 前
O — 外部 R — 後
E — 等価複車輪

3) タイヤ接地圧は次式によって求めたものである。

$$\text{タイヤ接地圧} = \frac{\text{(一脚荷重)}}{\text{(一タイヤの接地面積)} \times \text{(一脚のタイヤの数)}}$$

化に伴って再舗装ないしはかさ上げ舗装を施す例が多い。したがって、空港舗装の耐用年数は、航空機の発達変遷に主眼をおいて定めるのが適当で、コンクリート道路舗装では約20年を耐用年数としているが、空港舗装では10年程度とするのが適当と思われる。

2.4 舗装区域の種別

対象舗装が標準区域または標準外区域のいずれに相当するかを決めなければならない。

[解説]

舗装のコンクリートの安全率を決定する際に、まずその舗装が空港のどの部分の舗装区域であるか、すなわち標準舗装区域または標準外舗装区域のどちらに属するかを決めなければならない。

本基準の対象とする舗装区域は、滑走路、誘導路、エプロン等であって、これらの舗装区域は交通荷重および交通量の大小によっていくつかの種類に分けることができよう。たとえば、誘導路では設計荷重航空機が集中して通過し、滑走路の長さ方向中央部では設計荷重より小さい航空機重量がそれほど集中せずに作用する。そこで本基準では、舗装区域を標準と標準外の2つに分類した。標準舗装区域である滑走路末端部とは、長さ方向の滑走路端から300mまでの部分である。なお、米国の陸軍技術部では、空港の舗装区域をA、B、CおよびD型の4つの交通域に分けている。

また、交通の集中化に関連して、最近の主要空港では計器の利用によって滑走路での交通集中化、すなわち航空機荷重の滑走路中心線上付近の集中が予想され、滑走路幅全体にわたって舗装厚さを同一とすることの妥当性が問題となる。しかし空港舗装区域における交通分布の資料が非常に乏しい現在では、これを設計に取り入れるのは妥当でないと判断した。

2.5 路床および路盤

路床および路盤の支持力は、付録2の平板載荷試験方法によって求めた支持力係数、K値でこれを表わす。

路盤は、その敷設によって舗装の改善を図ったほうが経済的である場合、または下記にあげる事項の一つまたはそれ以上の原因によって舗装が破壊されると予想される場合のみ敷設することを原則とする。

- (i) 凍結融解作用
- (ii) 膨張収縮作用
- (iii) ポンピング作用

路盤厚さの最小値は10cmとする。

[解説]

路床または路盤の支持力を測定する方法としては、路床または路盤面において、直接、載荷試験を行なって測

定する方法と、路床または路盤の材料の強度特性を測定して間接的に支持力を推定する方法とがある。本基準では、載荷試験を行なって、直接支持力を求めなければならないとし、その支持力を支持力係数、K値で表わす。

K値は、施工現場に小規模な試験区間を設け、そこで実際に載荷試験を行なってこれを求めなければならない。もしこれが不可能な場合、あるK値を持った路床上の路盤の厚さ変化に伴う路盤上のK値の推定値は、付録3に述べてある方法のいずれかによって求めることができる。また、路床または路盤材料の強度特性または工学的分類から、間接的にその支持力を推定する資料を付録に収めてある。しかしこれら間接的方法は、あくまで参考程度に利用することにとどめるべきである。載荷試験は、付録2の平板載荷試験方法によって行なわなければならないが、この方法は、JIS A 1215-1953道路の平板載荷試験方法に準じたものである。

コンクリート舗装のコンクリートスラブは、路床または路盤の上に直接敷設される。路床は人工的に処理しない天然自然のままの土の支持層で、普通、盛土または切土である。この路床土が優良材料で、後述の路盤を設ける必要のない場合には、コンクリートスラブは路床の上に直接敷設してもよいのである。路床土として具備すべき性質は次のようであろう。

- (a) 浸水を受けたような悪条件の場合でも、上からの荷重に耐えるような強度を有する。
- (b) 施工が容易である、すなわち掘さく、運搬、まき出し、締固め等が容易である。
- (c) 土粒子の鉱物成分が不溶性である。
- (d) 2mm程度以上の粗骨材は堅い耐久性のもので、凍結融解または乾湿によって破壊しない。
- (e) 草、木の葉、草木の根、下水汚物のような有機物あるいは粘土の塊を含まない。

次に、路盤は下記の機能の一つまたは全部を有するように、コンクリートスラブの下、路床の上に締め固めて敷設される支持層である。

- (a) 舗装スラブに均一、安定、永久的な支持を提供する。
- (b) 凍結融解作用の悪影響を防止するか軽減する。
- (c) 排水を改善し、適当に排水される場合は舗装スラブの下の水の集積を最小にする。
- (d) 舗装の目地、ひび割れ、および縁部でのポンピング作用を防ぐ。
- (e) 路床土の容積変化を軽減し、容積変化の舗装に及ぼす悪影響を最小にする。

コンクリート舗装の支持層としての路盤はコンクリートスラブの剛性が大きいから、たわみ性舗装の場合よ

り、それに作用する圧力は非常に小さい。したがって、その品質はたわみ性舗装の路盤の場合ほど高級なものでなくてよく、たわみ性舗装の下層路盤とみなすことができよう。

一般に、単に支持力を増加する目的のために砂利層等の路盤厚さを増加することや、路盤処理工を施すことはきわめてまれであり、またあったとしても経済的にはならないであろう。元來たわみ性舗装の一部である厚い砂利路盤は、その費用に価するだけの支持力増加とはならないので、コンクリート舗装においては、これを設けることが正しいとは言いつれない。しかし、これはいかなる場合も路盤は不必要であることを意味するものでない。前述の路盤の機能の一つまたは全部によって舗装が改善されるほうが経済的である場合、あるいは改善する必要がある場合には、路盤を敷設しなければならず、またそうした場合にだけ敷設することを原則とするのである。舗装が改善されるほうが経済的である場合とは、路盤の敷設によって支持力の増加を図り、コンクリートスラブの厚さを減少するほうが有利である場合などである。舗装を改善する必要がある場合とは、路床土の凍結融解作用、膨張収縮作用、およびポンピング作用の一つまたは全部によって舗装が破壊されると予想される場合であって、この場合には路盤を必ず設けなければならない。

凍結融解作用とは、土中の水分の凍結、融解および移動、並びにその結果生ずる土の物理的性質の変化を言うのであって、これに対処するように敷設される路盤については、第3章3-3で後述される。凍結作用を受けやすい土はシルト質の土で、経験によれば砂れき層および砂層は凍結を起こさず、また粘土質層も凍結を起こしにくい。これに関する研究は以前から相当に行なわれてきているが、まだ統一された見解には至らないようである。

土の粒度の面からみた米国の陸軍技術部の研究によれば、すべてのシルトは凍結を受け、 20μ 以下の粒子の含有量が15%以上のシルト質細砂、塑性指数が12以下のロームも、凍結を非常に受けやすい土である。次いで 20μ 以下の粒子の含有量が20%以上のれき混じり土、 20μ 以下の粒子の含有量が15%以上の砂質土、および塑性指数が12以上の粘性土が凍結を受けやすい。

土の物理的性質を判定基準とした Willis の研究²⁷⁾によれば、凍結を起こさない土は次の条件に合う土である。

a. 砂質土の場合

$$w_c < 12$$

b. 粘性土の場合

$$w_L > 50$$

$$w_L - w_P > \frac{w_L - 14}{1.6}$$

$$w_s < 21 - 1.1 \sqrt{w_L - \frac{w_L^2}{800}}$$

ここで

w_c : 土の遠心含水当量, (%)

w_L : 土の液性限界

w_P : 土の塑性限界

w_s : 土の収縮限界, (%)

凍結融解作用に必要な条件は下記のとおりで、これらのうちどれかが欠けている場合には凍結は起こりにくい。

- (a) 凍結を起こしやすい土
- (b) 大気温の比較的ゆっくりとした低下
- (c) 地中の深い所からの水分の供給

次に、膨張収縮作用とは、容積変化の著しい土が種々の含水量によって膨張または収縮することを言う。特に、乾燥した地方の容積変化の大きい路床土上にコンクリート舗装が施工される場合、乾燥土が雨季に水を吸収し膨張を起こし、スラブに悪影響を与える場合がある。

砂質土は相当の含水量があっても吸着水膜が薄く、粒子が密接に接触した骨格構造を形成して、かなりの骨格抵抗力を有しているため、毛管圧力による収縮はほとんど生じない。しかし粘土は粒子の吸着水膜が厚く、粒子本体が直接接触できないものが多いので間げきは大きく、弱い骨格構造を持つうえ、毛管圧力は乾燥とともに非常に大きくなるので収縮量は大きい。土の膨潤は収縮とは逆の現象であるので、収縮の大きい粘土は膨張量も大きいことになる。

土の膨張および収縮性の判定基準として、現場含水量からの体積変化、 C_f を採用し、 $C_f \geq 17$ の場合はその土は膨張および収縮性が大きく、路床土としては不適當である。また吸水膨張試験 (J I S A 1211-1953)を行なって膨張量を求め、この膨張量が3%以上の土は、路床土として不適當である。

次にポンピング作用とは、細粒路床土と水が懸濁液となって、交通荷重下の舗装の縁部、ひび割れまたは目地部で表面へ押し上げられる現象を言い、これによって舗装の支持力は著しく減少するのである。

ポンピングを起こしやすい土はシルトおよび粘土を多く含有する土で、特に粘土が多い場合がひどく、粒状材料すなわち砂質土および砂れきの場合にはポンピングは起こらない。

ポンピング作用に必要な条件は下記のとおりで、これらのうちどれか一つが欠けていてもポンピングは起こらない。

- (a) ポンピングを起こしやすい土
- (b) 自由水
- (c) 車輪荷重のひんぱんな通過

ポンピング作用を防ぐ目的で、厚さ7~15cm程度の砂層を路床上に設ける場合があるが、この砂層をしゃ断層と言う。この場合、細かい砂を下にあらい砂を上置くことが原則で、細かい砂でも20μ以下の粒径のものが3%以上あってはよくない。

以上述べたように、路盤を設けるかどうか、設ける場合はどの程度の厚さで、どの程度の支持力を有する路盤にするのが問題となるが、これらは、技術的、経済的な総合判断の下に、責任技術者が決定しなければならないのである。

なお、セメントコンクリート舗装要綱は、路盤の支持力係数として $K_{30} \geq 15 \text{ kg/cm}^3$ (直径30cm板による K 値)を規定しており、これに準拠した $K_{75} \geq 7 \text{ kg/cm}^3$ (直径75cm板による K 値で $K_{75} = K_{30}/2.2$) という値を採用している空港舗装例が見られる。すなわち、ほとんどの場合路盤を敷設し、路盤面上での K 値が 7 kg/cm^3 以上となるように路盤厚さを決めている。

2.6 コンクリートの性質

コンクリートの曲げ強度は、材令28日で $45 \sim 49 \text{ kg/cm}^2$ 以上でなければならない。この曲げ強度は、JIS A 1132-1963およびJIS A 1106-1964によって求めた値とする。設計基準曲げ強度は、28日強度の110~114%としてよい。

コンクリートの弾性係数およびポアソン比は、それぞれ $281,000 \text{ kg/cm}^2$ および0.15とする。

【解説】

コンクリート舗装スラブが交通荷重によって破壊する場合、コンクリートは圧縮応力ではなく曲げ引張応力によって破壊するので、コンクリート舗装スラブの設計においては、設計の基準として曲げ強度が適用される。

セメント、骨材、勞力および設備等の相対的な費用を調査し、たとえば曲げ強度が 60 kg/cm^2 のコンクリートのほうが 45 kg/cm^2 のものより経済的であるかどうか、すなわちその場の条件に応じて、使用すべきコンクリートの最も経済的な設計基準強度を決めなければならない。一般には材令28日で $42 \sim 49 \text{ kg/cm}^2$ の曲げ強度を有するコンクリートが最も経済的と言われており、わが国の道路舗装においては、これを 45 kg/cm^2 以上と規定している。そこで本基準ではこれを $45 \sim 49 \text{ kg/cm}^2$ 以上と

し、この範囲内のどの値を採用するかは責任技術者が決定しなければならない。

従来、設計基準曲げ強度の材令として28日が採用されてきたが、種々の調査研究によるとこれは安全すぎるということがわかってきた。すなわち、実際にはコンクリート打込み後の最初の数か月に設計荷重によって局部的に応力が加えられる回数はきわめて少なく、コンクリートの曲げ強度は材令とともに増加し、その増加は最初の数か月で容易に28日強度を上回るのである。図-4は、米国に

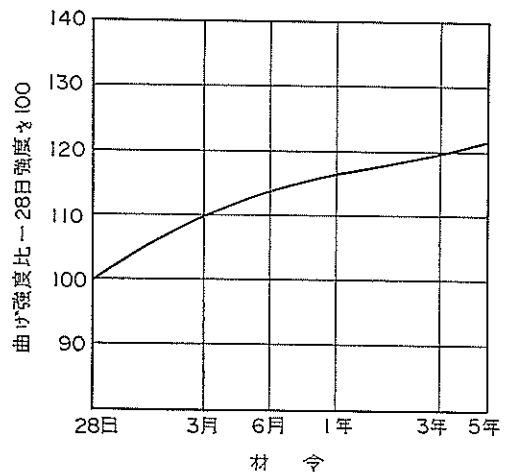


図-4 コンクリートの曲げ強度と材令との関係

における各種の骨材、養生状態およびセメント等についての、実験室または現場から採取したコンクリート供試体の材令と曲げ強度の平均的な関係を示したものである。本基準では以上の理由から、図-4の材令3か月ないし6か月の強度を基準にして、設計基準曲げ強度として材令28日強度を10~14%割増しした値を採用することにしたのである。この強度増加を期待した期間の舗装スラブの疲労破壊は、安全率によって十分防ぐことができると考えられる。場合によっては、このような予想強度増加を用いることが適当でないような異例の交通荷重状態もありうるが、このような場合には、適当な材令期間すなわち割増し率を適用すべきである。したがって、普通の場合、設計に用いる許容曲げ応力度は $49.5 \sim 55.9 \text{ kg/cm}^2$ を安全率で割った値となる。実際の工事に際して、コンクリートの曲げ強度と材令との関係を試験によって求めておくべきであろう。

コンクリートの弾性係数、 E およびポアソン比、 μ は、コンクリートの供試体試験によって求めることができるが、 E および μ の値が普通の値の範囲内で多少変化しても、コンクリートスラブの応力にはほとんど影響がないので、本基準では $E = 281,000 \text{ kg/cm}^2$ および $\mu =$

0.15の一定値を採用することにした。なお、 $E=350,000$ または $306,000\text{kg/cm}^2$ あるいは $\mu=0.20$ といった値を採用している設計法もある。 $E=280,000\text{kg/cm}^2$ に対して、 $E=210,000\text{kg/cm}^2$ および $350,000\text{kg/cm}^2$ としたとき、応力はそれぞれ 5%減少および 4%増加する。また $\mu=0.15$ に対して、 $\mu=0.20$ および 0.25 としたとき、応力はそれぞれ 4%増加および 8%増加する。上記の計算例はいずれもウェスターガードの中央載荷公式を用いた場合に対するものである。

2.7 コンクリートの安全率

コンクリートの安全率は、舗装区域に応じて次の範囲を標準とする。

舗装区域 安全率

標準(エプロン, 誘導路, 滑走路末端部) … 1.7 ~ 2.0

標準外(滑走路中央部, 整備地区エプロン) … 1.25 ~ 1.5

[解説]

空港舗装の設計に際して、空港の種々の区域での航空機荷重の分布状態をはっきり理解しておかなければならない。エプロンでは、航空機が乗客の乗り降りのために正しい位置に駐機するので、荷重はほとんどいつも同じ位置に載っている。そして出発直前の航空機のエプロンでの荷重は、空港の他の位置におけるそれよりも大きい。なぜなら航空機が動き始めるまで燃料消費による重量の軽減がないからである。一方整備地区エプロンでは、荷重は静止したものであるがその大きさは全備総重

量荷重より小さく、普通、全備総重量の70~80%程度である。

誘導路では、エプロンの場合と同一の荷重がかかるが、荷重がほとんどいつも低速で移動しているところが異なっている。また誘導路における荷重は、かなり集中したものとなる。

滑走路では、荷重の大きさおよび分布状態はかなり変化する。滑走路にかかる最大荷重は、航空機が静止しているかあるいはその重量が翼でごくわずかにささえられている程度の速度でゆっくり移動するような離陸端で起きる。滑走路中央部では、揚力を受けた航空機が高速で通過するので、作用荷重は小さいものとなる。しかも荷重の分布は広範囲であって、ある一つの地点についての荷重の繰返し回数は、誘導路の場合と比較してきわめて少ない。

典型的大型ジェット機による滑走路の長さ方向の荷重分布が、図-5に示してある²⁹⁾。この分布状態は、観測データと気体力学の研究結果を用いて計算されたものである。ここで標準外気状態とは、空気が完全に乾燥しており、海面上での温度が15°Cで、海面上での気圧が水銀柱760mmで、海面上から温度が-56.5°Cになる高さまでの温度変化は1m当り-0.0065°Cで、それ以上の高さは零である状態を言う。

更に荷重の横方向分布については、米国のロサンゼルス空港、オークランド空港およびサンフランシスコ空港

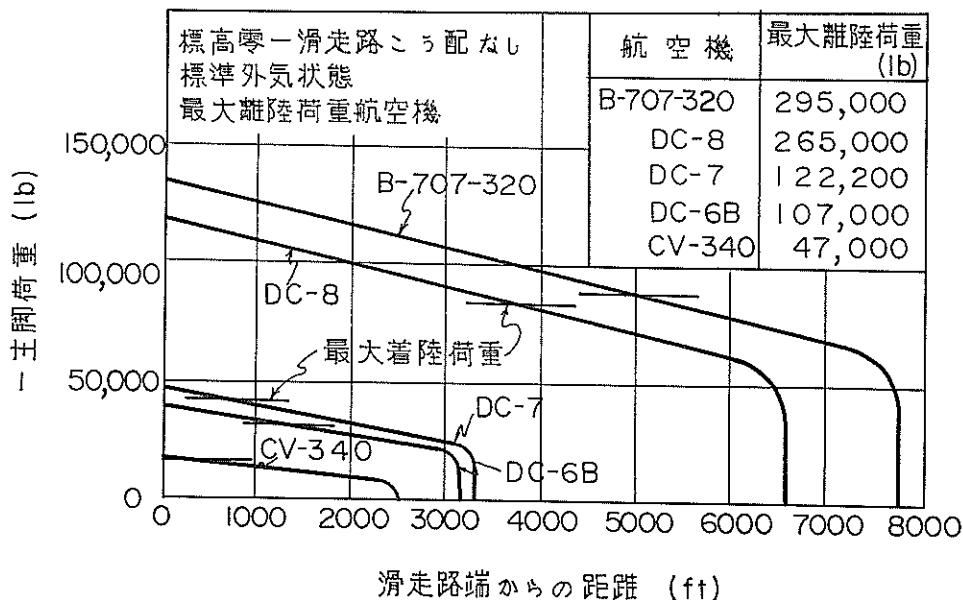
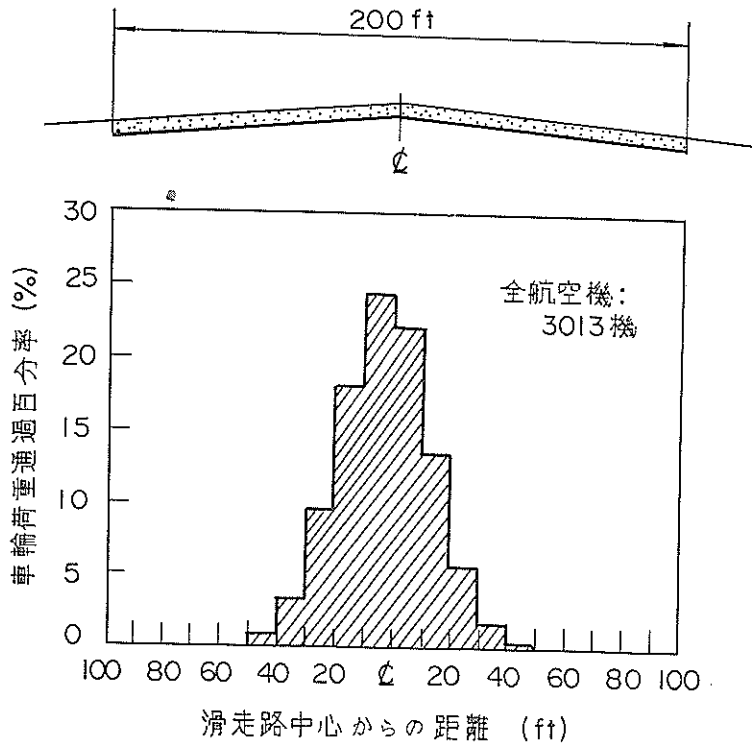


図-5 滑走路縦方向荷重状態



図一6 滑走路横方向荷重分布状態

で行なわれた測定結果による荷重の分布状態を図一6に示す²⁹⁾。これは上記各空港において、有視界飛行方式と計器飛行方式の気象状態で、滑走路の離陸端から183m、305mおよび549m離れた所で、合計約3,000機の運航の結果をまとめたものである。図一6からわかるように、幅60mの滑走路では、その中央30mの範囲に交通量が集中している。わが国においても、計器飛行方式採用のため、この荷重集中度が著しいのではないかの推測もある。しかし現在のところこれを設計に適用するに足るだけの資料がないので、横方向については安全率を同一とする。すなわち、コンクリートスラブの厚さは横方向では同一となる。

以上述べた理由から、標準舗装区域では安全率を1.7~2.0とし、標準外舗装区域ではそれを1.25~1.5としたのである。この範囲内でいかなる値を採用するかは、責任技術者の決定することであるが、設計荷重として採用した航空機の運航回数が非常に多い場合は、その範囲内の最高に近い値を、またそれがわずかの回数しかない場合はその最小に近い値をそれぞれ適用するようにする。

コンクリートスラブの疲労現象については、多くの研

究が行なわれており、繰返し応力がコンクリートの強度の50%を超過しない場合は、そのコンクリートスラブは破壊することなく無限回数の繰返し応力に耐えることができること、応力発生の際に疲労回復の期間があれば疲労作用は軽減すること等が明らかにされている。すなわち、安全率を2.0とした場合は、どの地点の無限の運航に対しても安全である。

2.8 鉄筋の許容応力度

鉄筋は、JIS G 3112-1964に適合するものを使用しなければならない。鉄筋の許容引張応力度は一般に表2-1の値以下とする。

表2-1 鉄筋の許容引張応力度, σ_{sa} (kg/cm²)

鉄筋の種類	SR24	SR30	SD24	SD30	SD35	SD40	SDC40
σ_{sa}	1,600	2,000	1,600	2,000	2,300	2,600	2,600

表2-1に定める以外の鉄筋を用いるときは、必ず試験の結果に基づき、責任技術者の指示に従って、許容引張応力度を定めなければならない。

[解説]

コンクリート舗装においては、タイバー、スリップバー、縦方向鉄筋、および横方向鉄筋として鉄筋が使用されるが、これは、JIS G 3112-1964(鉄筋コンクリート用棒鋼)に適合したものでなければならない。

鉄筋コンクリート用棒鋼は、熱間圧延棒鋼が2種類、熱間圧延異形棒鋼が5種類、冷間加工異形棒鋼が2種類の合計9種類である。これらの鉄筋の許容引張応力度は表2-1に示したとおりである。土木学会の鉄筋コンクリート標準示方書によれば、鉄筋の許容応力度として、その最小降伏点の3分の1.57ないし3分の1.80を採用しているが、本基準ではこれを3分の2とした。これは、舗装においてはたとえ鉄筋の強度不足による破壊が生じたとしても、橋りょうや建物等の構造物におけるように重大な結果を生ずることはなく、また経験的にもこの値は十分であることがわかっているからである。

熱間圧延異形棒鋼5種(SD50、最小降伏点50kg/mm²)と冷間加工異形棒鋼2種(SDC50、最小降伏点59kg/mm²)の2つについては、許容応力度の規定がない。これらについては必ず試験を行ない、その結果に基づいて責任技術者が定めなければならない。

第3章 無筋コンクリート舗装

3.1 概 説

この章では、無筋コンクリート舗装のコンクリートスラブの厚さの決定、目地の配置および構造、タイバーおよびスリップバーの設計、並びに鉄網の設計について述べる。

鉄網を設置するかどうかは、責任技術者の判断に従って決められるが、次のような場合には必ずこれを設置しなければならない。

- (i) 不規則な形状のスラブ
- (ii) 隣接舗装と目地配置が一致しないスラブ
- (iii) 熱放射物を埋設したスラブ
- (iv) サービス施設を埋設したスラブ
- (v) 支持層の局部的不等沈下が予想される箇所のスラブ

[解説]

NC舗装とは、コンクリートスラブ中に補強用の鉄筋をいっさい設置しないコンクリート舗装のことである。ただし、ひび割れを密閉して、コンクリートがひび割れの縁部で欠け落ちたり、ひび割れが隣接スラブに発生するのを防ぐために、直角2方向にそれぞれコンクリートスラブ断面の0.05%程度の鉄網を設置したものはNC舗装とする。

NC舗装のコンクリートスラブの厚さ、目地構造、タ

イバーおよびスリップバーの設計は、後述のRC舗装およびCRC舗装のそれらの基準ないしは同一のものとなるものである。

わが国の道路コンクリート舗装では、コンクリートスラブ1m²につき3kg程度の鉄網を使用することを原則としているが、空港舗装ではこれを原則としない。しかし次のような場合には、必ず鉄網を使用しなければならない。

- (a) 一般にスラブの長辺が短辺の125%以上とか、舗装交差部とか曲線部とかのスラブが正方形ないしは長方形とならない場合の不規則な形状のスラブ
- (b) 隣接スラブの目地配置が相互に一致しない場合には、この接線部に付着を防止するような材料で分離層を設けないかぎり、ひび割れが隣接スラブに転移するおそれがあるので、このようなスラブ
- (c) 暖房用配管等の発熱体がスラブ中に埋設され、表面が常時ないし時おり外気にさらされる場合は、温度が極端に変化するため表面にひび割れが生じやすいので、このようなスラブ
- (d) 液体燃料の供給せん、排水の流入口のサービス施設のあるスラブは等方性を欠き、ひび割れが発生しやすいので、このようなスラブ
- (e) 路盤または路床の支持層に鉛直方向の変位の差が生ずる箇所では、その上のコンクリートスラブにひび割れが発生するおそれがあるので、このようなスラブ。

3.2 コンクリートスラブの厚さ

コンクリートスラブの厚さは、航空機の主脚車輪配置形式に応じて、図3-1、3-2および3-3の設計図表を用いて求める。設計図表を使用する手順は次のとおりである。

1. コンクリートの設計基準曲げ強度を適当な安全率で割り、コンクリートの許容応力度を決定する。
2. 路盤または路床のK値を求める。
3. 設計荷重航空機の主脚車輪配置形式、荷重、タイヤ接地圧、車輪配置寸法、タイヤ接地面積を求める。
4. 該当する図表の左側縦軸のコンクリート許容応力度から右に水平に進み、K値曲線との交点を求める。
5. その交点から上または下に垂直に進み、荷重直線との交点を求める。
6. その交点から右に水平に進み、右側縦軸との交点すなわちコンクリートスラブ厚さを読み取る。

図3-1および3-2において図示以外のタイヤ接地圧に対しては、以下の修正を適用する。タイヤ圧が2kg/cm²以内の増加の場合は、1kg/cm²につきスラブ厚さを1cm増加し、タイヤ圧が2kg/cm²以内の減少の場合

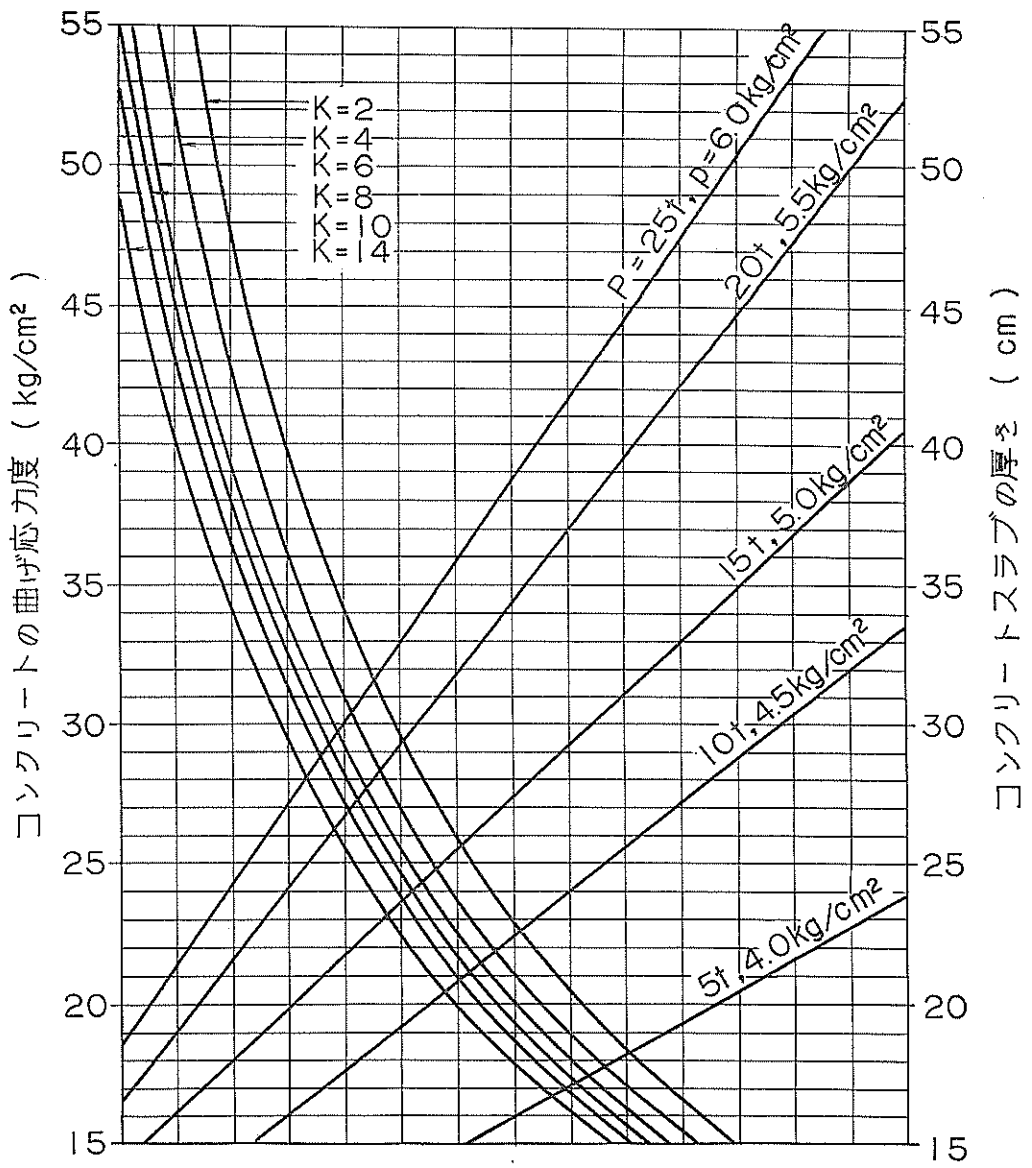


図3-1 コンクリート舗装スラブ厚さ設計図表, 単車輪型航空機
(P =脚荷重, p =タイヤ接地圧)

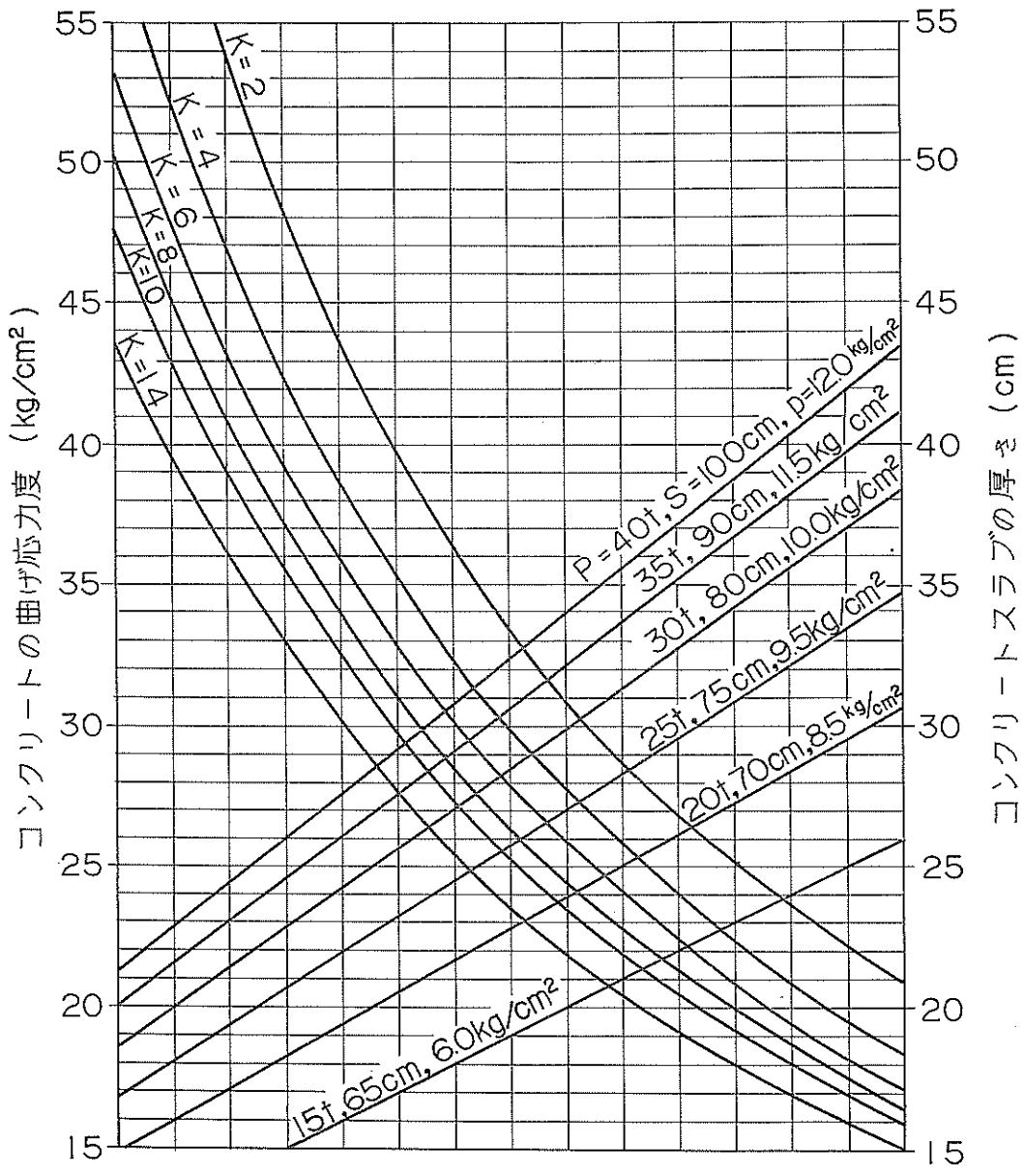


図3-2 (a) コンクリート舗装スラブ厚さ設計図表
 複車輪型航空機
 (P=脚荷重
 S=車輪中心間隔
 p=タイヤ接地圧)

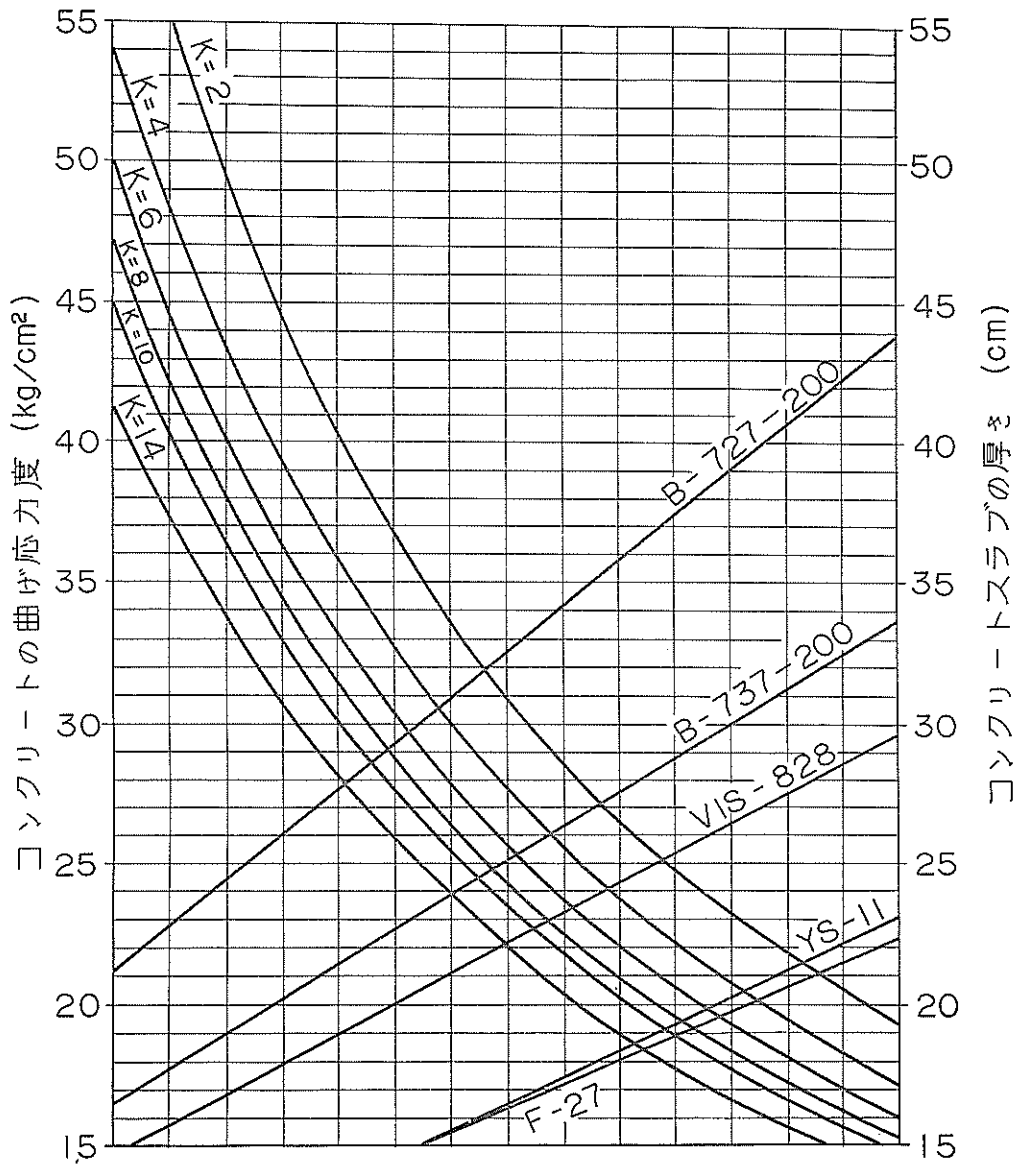


図3-2 (b) コンクリート舗装スラブ厚さ設計図表
複車輪型航空機

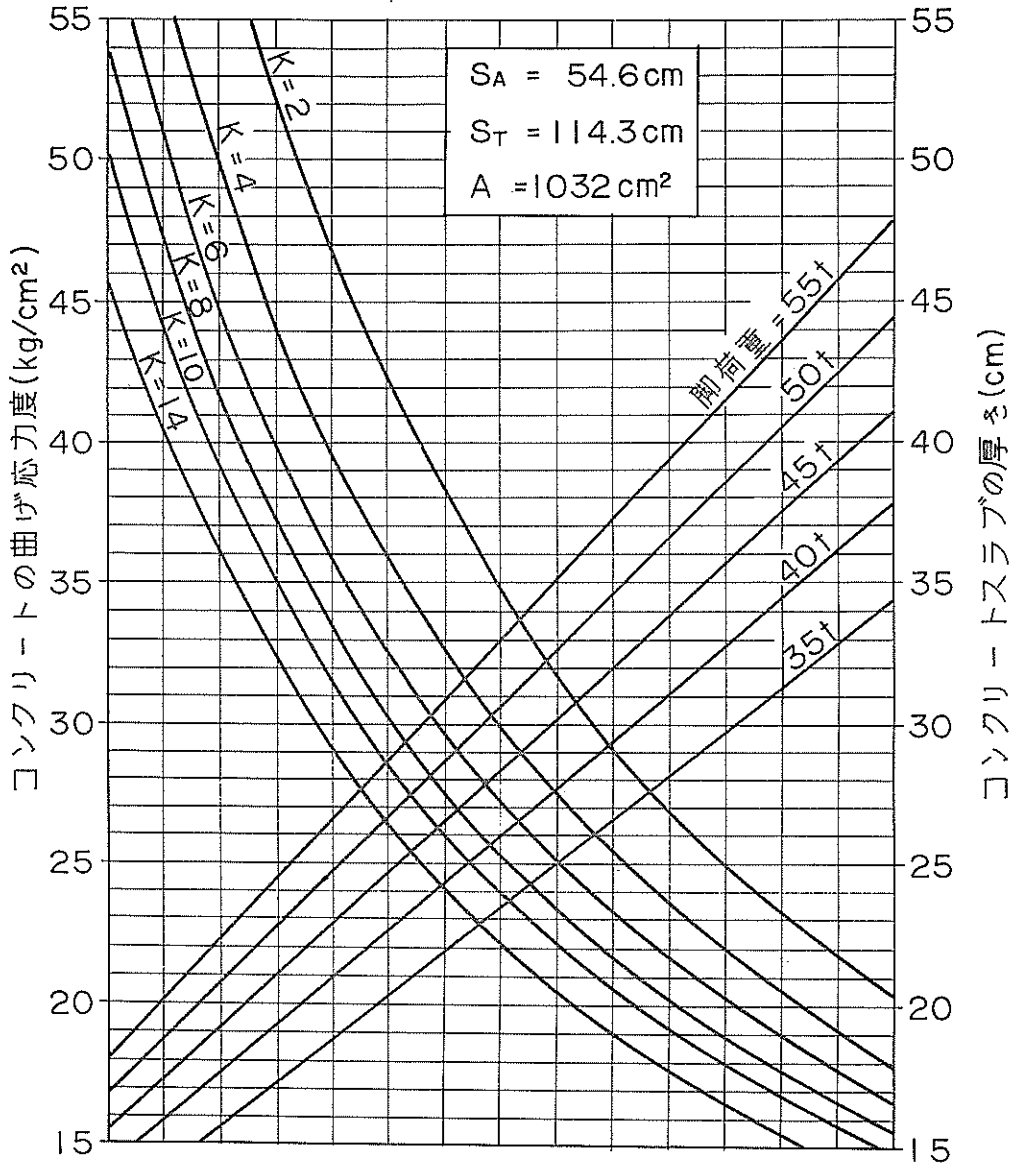


図3-3 (a) コンクリート舗装スラブ厚さ設計図表

複々車輪型航空機 (CV-880, 880M)

(S_A = 横方向車輪中心間隔)

(S_T = 縦方向車輪中心間隔)

(A = タイヤ1個当りの接地面積)

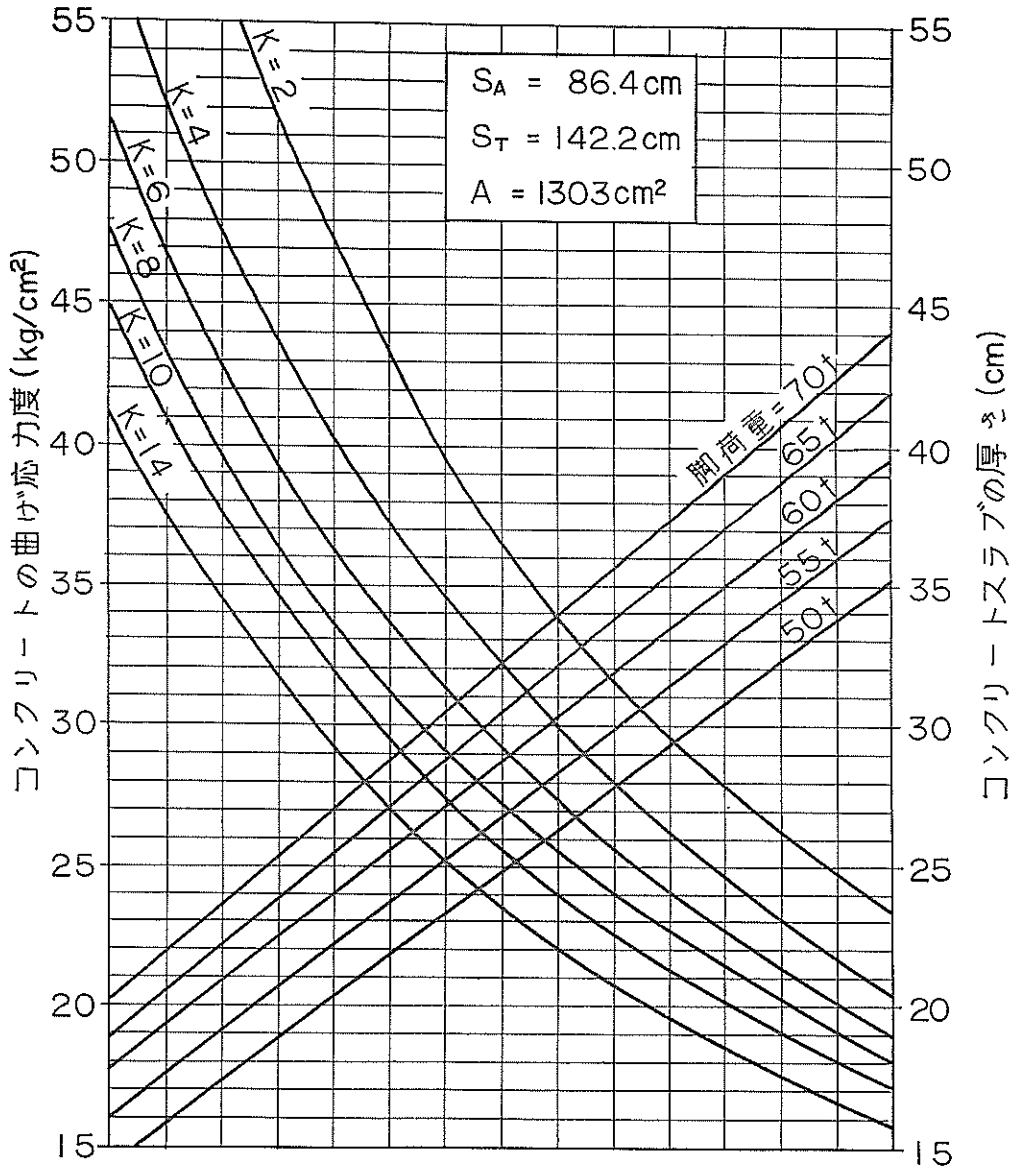


図3-3 (b) コンクリート舗装スラブ厚さ設計図表
 複々車輪型航空機 (B-707-120, 120B, 220)
 (S_A = 横方向車輪中心間隔
 S_T = 縦方向車輪中心間隔
 A = タイヤ1個当りの接地面積)

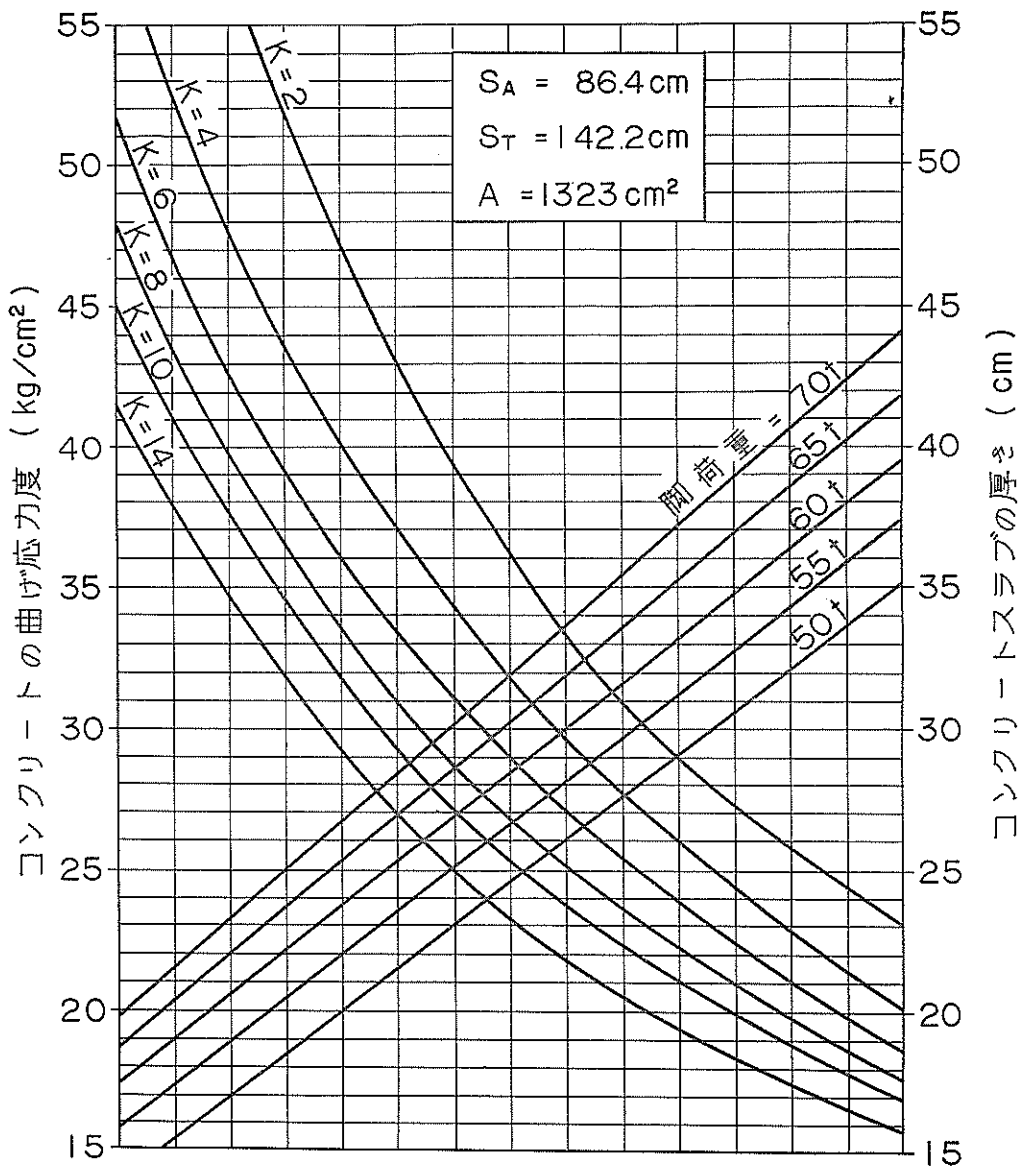


図3-3 (c) コンクリート舗装スラブ厚さ設計図表
 複々車輪型航空機 (B-707-320)
 (S_A = 横方向車輪中心間隔
 S_T = 縦方向車輪中心間隔
 A = タイヤ1個当りの接地面積)

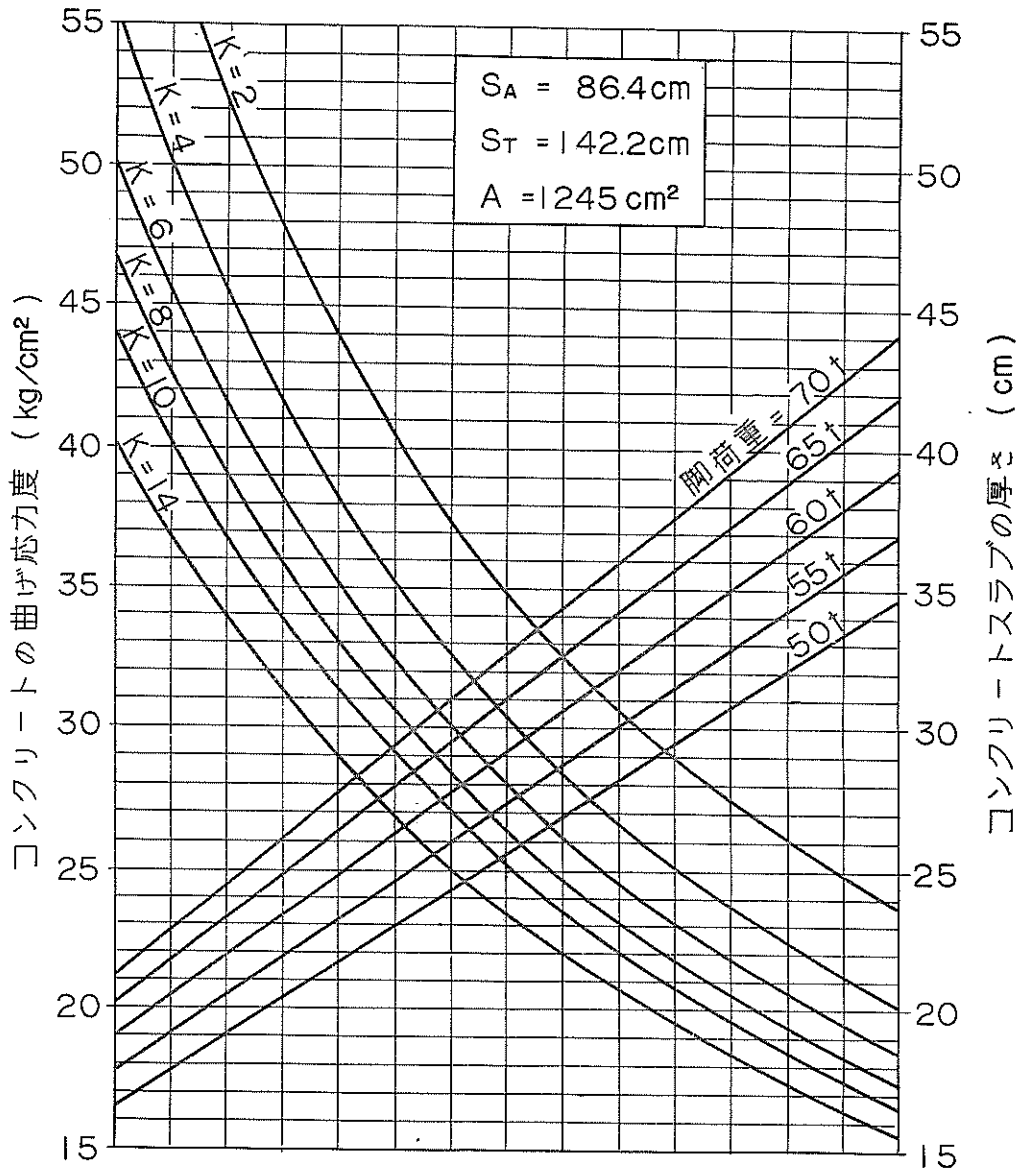


図3-3 (d) コンクリート舗装スラブ厚さ設計図表
 複々車輪型航空機 (B-707-320B, 420)

$(S_A = \text{横方向車輪中心間隔})$
 $(S_T = \text{縦方向車輪中心間隔})$
 $(A = \text{タイヤ1個当りの接地面積})$

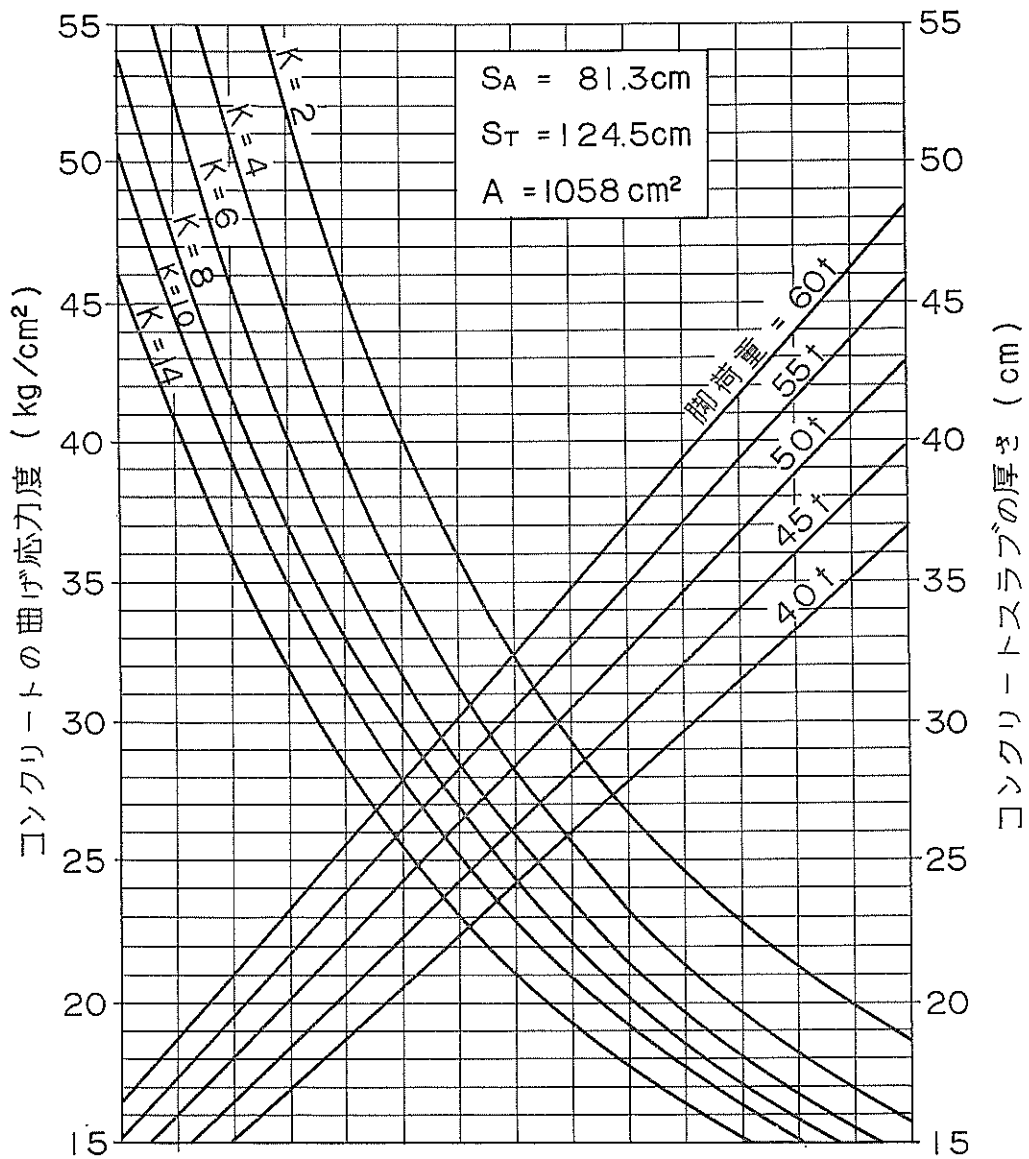


図3-3 (e) コンクリート舗装スラブ厚さ設計図表
 複々車輪型航空機 (B-720)
 (S_A = 横方向車輪中心間隔)
 (S_T = 縦方向車輪中心間隔)
 (A = タイヤ1個当りの接地面積)

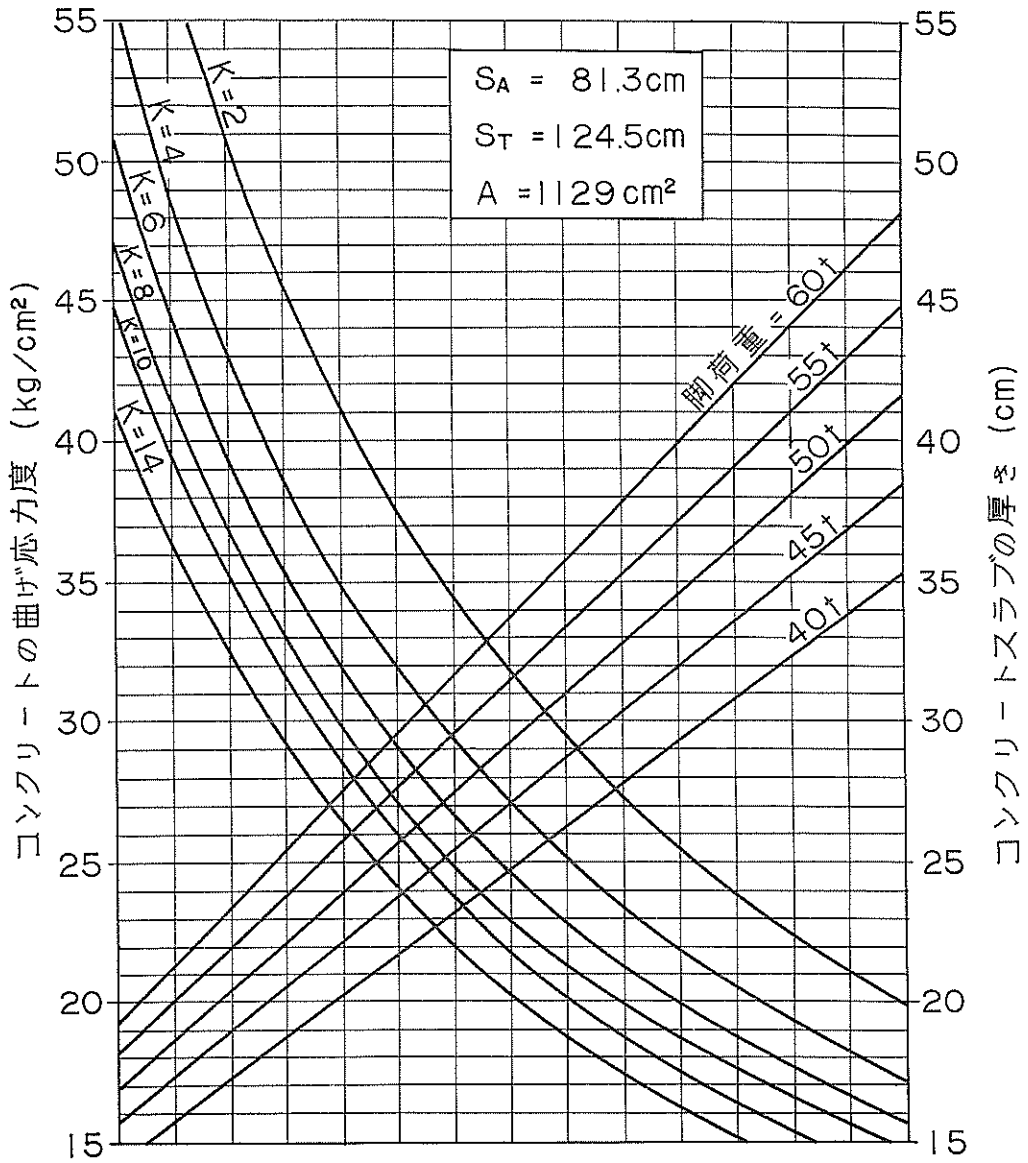


図3-3 (f) コンクリート舗装スラブ厚さ設計図表
 複々車輪型航空機 (B-720B)
 (S_A = 横方向車輪中心間隔
 S_T = 縦方向車輪中心間隔
 A = タイヤ1個当りの接地面積)

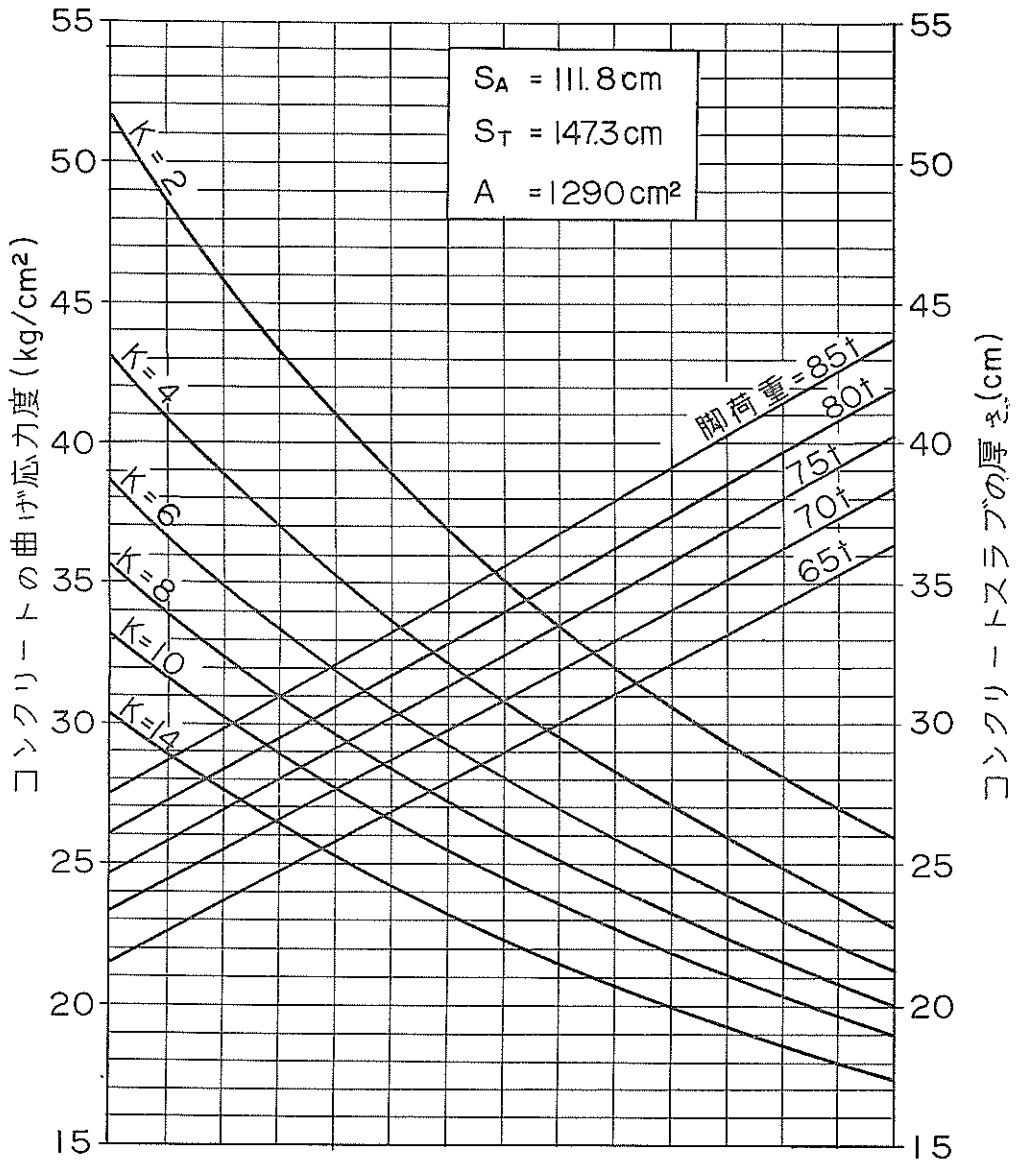
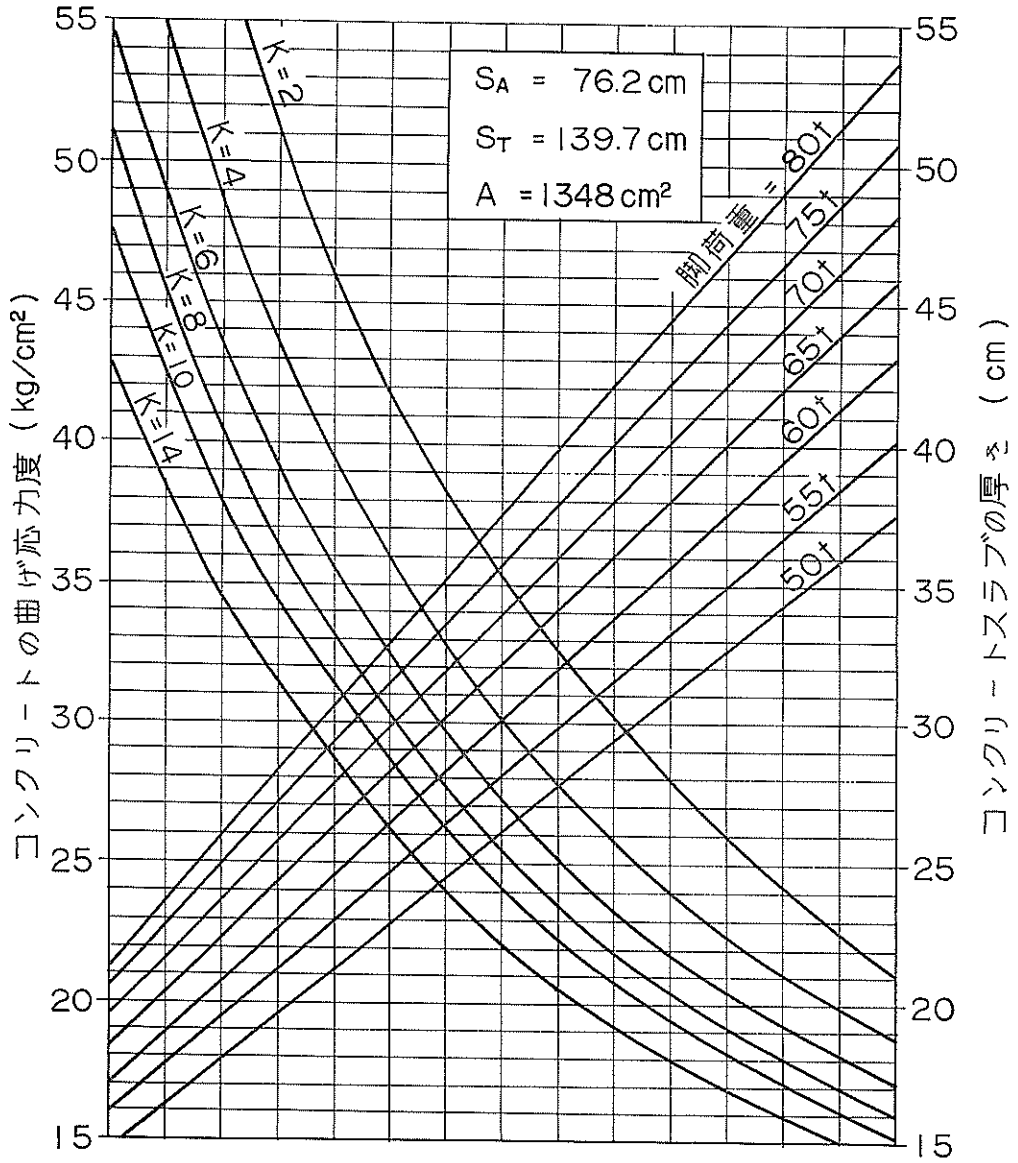


図3-3 (g) コンクリート舗装スラブ厚さ設計図表
 複々車輪型航空機 (B-747)
 (S_A = 横方向車輪中心間隔)
 (S_T = 縦方向車輪中心間隔)
 (A = タイヤ1個当りの接地面積)



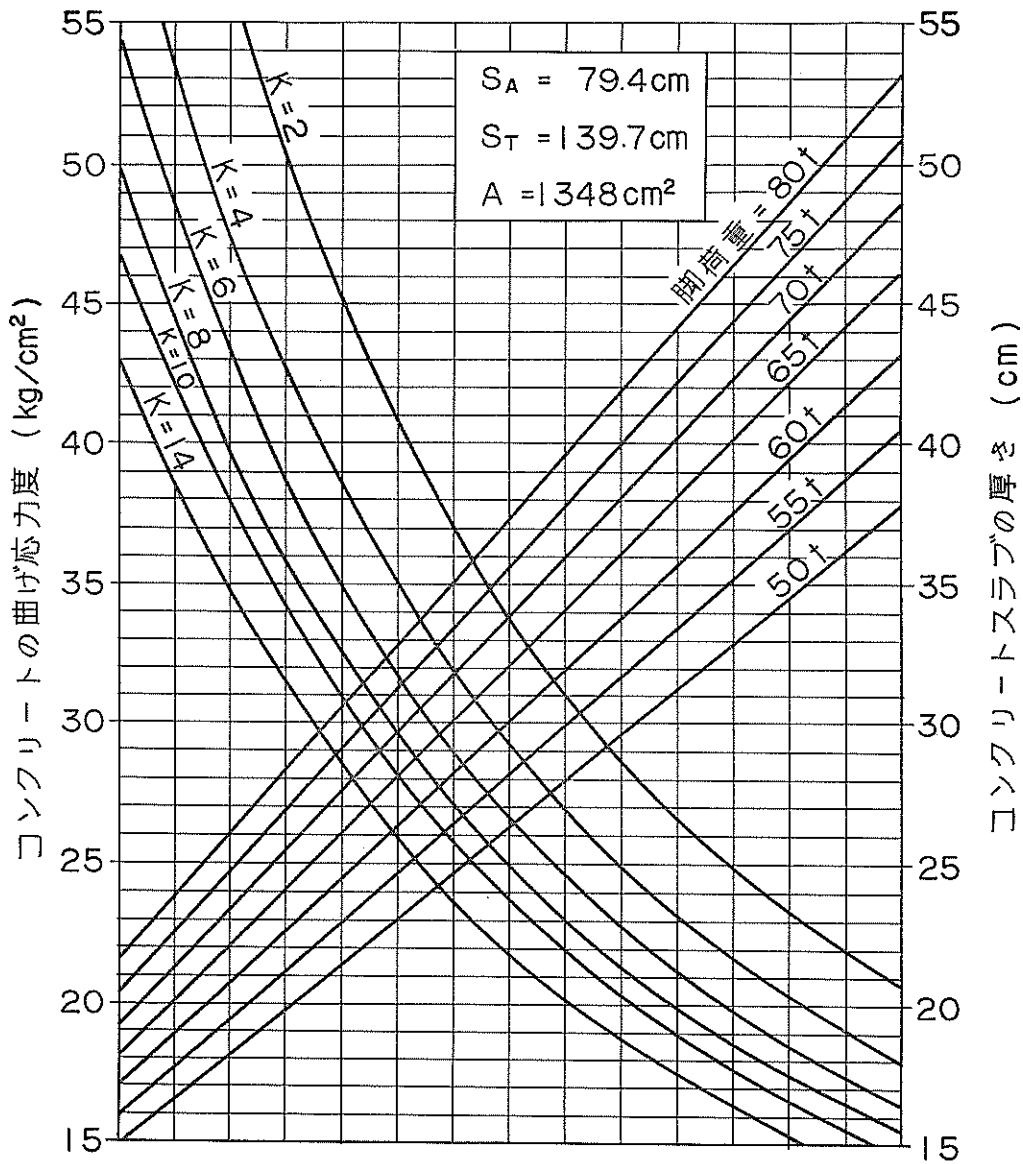


図3-3 (i) コンクリート舗装スラブ厚さ設計図表

複々車輪型航空機 (DC-8-63)

(S_A = 横方向車輪中心間隔)

(S_T = 縦方向車輪中心間隔)

(A = タイヤ1個当りの接地面積)

は、 1 kg/cm^2 につきスラブ厚さを 0.5 cm 減少する。

図3-2において図示以外の車輪中心間隔に対しては、以下の修正を適用する。車輪中心間隔が 25 cm 以内の増加の場合は、 1 cm につきスラブ厚さを 0.23% 減少し、車輪中心間隔が 25 cm 以内の減少の場合は、 1 cm につきスラブ厚さを 0.24% 増加する。

これらの図表が利用できない場合は、直接、影響図表を利用してスラブ厚さを求めなければならない。

コンクリートスラブ厚さの最小値は 15 cm とし、設計図表から得られた厚さが 1 cm 以下の端数を伴う場合は、それを切り上げて 1 cm 単位の整数値とする。

[解説]

コンクリート舗装スラブは、交通荷重だけでなく温度変化や湿度変化など、種々の原因によって生ずる応力を受ける複雑な構造物である。それらの応力を分けてみると次のようになる。コンクリート舗装スラブの構造設計をする前に、設計技術者はこれらの応力についての理解と正しい認識を持たなければならない。

(a) 荷重応力

- イ) 荷重によって生ずる支圧応力
- ロ) 荷重によって生ずる曲げ応力

(b) 温度応力

- イ) 温度変化によって生ずる水平方向の圧縮または引張応力
- ロ) スラブの上下面の温度差によって生ずるそり応力
- ハ) スラブ内の温度分布の不均一によって生ずる内部応力

(c) 湿度応力

- イ) スラブの含水量の変化によって生ずる水平方向の圧縮または引張応力
- ロ) スラブの上下面の含水量の差によって生ずるそり応力

(d) コンクリートの性質に基因して生ずる応力

- イ) 施工後のコンクリートの硬化収縮によって生ずる引張応力
- ロ) コンクリートの材料間の化学反応によって生ずる応力

(e) その他の応力

- イ) 路盤または路床の容積変化によって生ずる応力
- ロ) 地震によって生ずる応力
- ハ) 水害とか交通事故などの災害によって生ずる応力

そこでこれらの応力に対して十分安全なスラブの厚さを求めるわけであるが、これらの応力のうち最も影響の大きいものは荷重によるものである。

車輪荷重による応力の計算方法として種々の公式が提

案されているが、そのうち最もよく知られ、また他の公式の基礎となっているのは、ウェスターガードが理論的に開発したいわゆるウェスターガード公式である。この公式の誘導に際していくつかの仮定がなされているが、この公式の実用性は多くの実験や観測によって十分実証されている。仮定のうちおもなものは下記のとおりである。

- (a) コンクリートスラブはつりあい状態にある均一弾性体で、厚さは一様とする。
- (b) スラブがその載っている路盤から受ける反力は垂直方向だけで、その垂直反力はスラブのたわみに比例する。
- (c) 支持力係数、 K の値はスラブの下の各点で一定で、たわみには無関係である。

荷重応力は、車輪の位置すなわちそれがコンクリートスラブの自由縁部、ぐう角部または内部のいずれに作用するかによって異なるものである。ウェスターガードはこれらに対して、縁部載荷公式および中央載荷公式を提案している。空港においては、航空機の車輪が舗装の自由縁部を通過することは實際上ほとんどないであろう。また目地には適切な荷重伝達装置が施されているので、スラブは連続で一体となっていると考えてよいであろう。そしてこの事は、実際の空港舗装の観測や実物大の試験舗装の実験によって実証されている。

ところで、ウェスターガード公式は、任意の多車輪荷重によって生ずる応力の決定に利用できるが、その手順は労力を要するものである。ビケットらはウェスターガードの解析に基づいて、コンクリートスラブの応力とたわみを求めるための影響図表を作成した²⁰⁾。この図表を利用すると、応力とたわみは非常に短時間に求めることができる。

そこで本基準では、コンクリートスラブの厚さの設計にはウェスターガードの中央載荷公式を用いることにし、実際にはビケットの影響図表を利用することにした。図3-1、3-2および3-3の設計図表は、このようにして作成されたものである。なお後述のように、目地を適当に設けた舗装でこの方法による場合、荷重応力以外の応力についても安全範囲内に保たれることが経験によって明らかとなっている。

図3-1、3-2および3-3を利用して、各車輪配置形式の航空機に対して容易に所要のコンクリートスラブ厚さを求めることができる。図3-1および3-2において、タイヤ接地圧が図示以外の場合でその増減が 2 kg/cm^2 以内の場合、また図3-2において、図示以外の複車輪の中心間隔でその増減が 25 cm 以内の場合は、

本文のような修正を行なってよい。しかし、タイヤ接地圧や車輪中心間隔が上記の範囲以上異なる場合や、図3—3において図示以外の型の航空機については、これら設計図表を利用することはできず、直接、影響図表を利用してスラブ厚さを求めなければならない。影響図表の使用法は付録—5を参照すればよい。

設計図表の使用法を例にそって以下説明する。

(条件)

- 複々車輪型航空機……………主脚荷重=75 t
- 横方向車輪中心間隔…………… $S_A=79.4\text{cm}$
- 縦方向車輪中心間隔…………… $S_T=139.7\text{cm}$
- タイヤ1個当りの接地面積…………… $A=1348\text{cm}^2$
- 路盤の支持力係数…………… $K=6.0\text{kg/cm}^2$
- コンクリートの28日曲げ強度…………… $\sigma=47\text{kg/cm}^2$

(設計)

航空機がひんばんに通過する誘導路のコンクリートスラブ厚さを求める。

- (1) 設計基準曲げ強度を $47 \times 1.12 = 52.6\text{kg/cm}^2$ とし、安全率を2.0とすると、許容曲げ応力度は $52.6 \div 2 = 26.3\text{kg/cm}^2$ となる。
 - (2) 図3—3(i)の設計図表を使用し、コンクリートの曲げ応力度 26.3kg/cm^2 から入って右に水平に進み、 $K=6$ 曲線との交点を求める。
 - (3) その交点から上に垂直に進み、75 tの脚荷重直線との交点を求める。
 - (4) その交点から右に水平に進み、右側縦軸との交点すなわちコンクリートスラブの厚さ36.0cmを得る。
- したがって求める誘導路のコンクリートスラブの厚さは36cmとなる。

他の設計図表についても同様に行なえばよい。

なお、既設舗装がどれほどの荷重に耐えうるか、換言すれば、ある航空機に対して舗装の安全率はいくらであるかを求めること、すなわち舗装を評価することがしばしば必要となるであろう。これは、設計図表を利用して、コンクリートスラブ厚さを求める場合の逆の手順によって行なうことができる。これについては付録—6に述べてある。

3.3 舗装の厚さ

舗装の厚さは、凍結深さ以上でなければならない。この凍結深さは、実際の凍結深さからコンクリートスラブ厚さの2分の1の厚さを減じた値を採用してよい。舗装厚さが凍結深さ以下である場合は、必要な厚さの路盤を敷設するか、または路盤の厚さを増して、舗装厚さを凍結深さ以上としなければならない。

凍結深さは、過去の調査記録を利用して統計的にこれ

を決定することを原則とする。測定記録がない場合には、次式によって凍結深さを推定してもよい。

$$Z = 4.8\sqrt{F} \dots\dots\dots (3.1)$$

ここで

Z : 凍結深さ, (cm)

F : 凍結指数, ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{日}$)

[解説]

設計された舗装の厚さが凍結深さより小さい場合、路床のある深さまで凍結することになるから、たとえ路盤を凍上しない材料で施工したとしても、路床部分はある深さ凍結し、春の融解期には含水量が過飽和の状態になり、路床の支持力は大いに減少する。したがって舗装厚さは常に凍結深さ以上でなければならない。

コンクリートの絶縁性は大きく、これが凍結深さを減少させるので、実際の凍結深さからコンクリートスラブ厚さの2分の1を減じた値を凍結深さとするのである。

凍結深さは実測値を使用するのが原則であるが、測定記録のない場合が多いので、このような場合は理論的および経験的に求められた(3.1)式を用いて凍結深さを推定し、これを設計に用いてよいとするのである。

凍結指数は、 0°C 以下の気温とその継続期間の積で定義されるが、その求め方を例にそって以下説明する。ある現地での月平均気温を求めたら表—2に示すようであったとする。①欄には月、②欄にはそれぞれの月の平均気温、③欄には各月の日数、④欄には月平均気温とその月の日数すなわち継続日数との積、⑤欄には平均気温と日数の積の累計(代数和)がそれぞれ示されている。累計を始める月をいつにするかによって⑤欄の値は異なるが、累計の値の最大値と最小値の差は、9月から累計を始める場合 $880-340=540$ で、10月から累計を始める場合 $370-(-170)=540$ となり、いずれも同じ値となる。この値を凍結指数として $540^{\circ}\text{C} \cdot \text{日}$ とするのである。

表—2 凍結指数の計算例

月	月平均 気温 ($^{\circ}\text{C}$)	日 数	(気温) \times (日数)	$\Sigma(\text{気温}) \times (\text{日数})$
①	②	③	④=② \times ③	⑤
9	+17	30	510	+ 510
10	+10	31	310	+ 820 + 310
11	+ 2	30	60	+ 880* + 370*
12	- 3	31	- 93	+ 787 + 277
1	- 7	31	- 217	+ 570 + 60
2	- 6	28	- 168	+ 420 - 108
3	- 2	31	- 62	+ 340* - 170*
4	+ 4	30	+ 120	+ 460 - 50

3.4 縦方向目地

(1) 施工目地

目地の間隔は、使用される機械および舗装全体の幅によって決定されるが、その最大値は7.5mとする。

目地の構造は、かぎ型とし、幅23m以下の誘導路等においてはすべての目地を、またこれより広い舗装区域の場合は自由端から12m以内の目地を、タイバーまたはタイボルトで緊結したタイバー付きかぎ型またはタイボルト付きかぎ型としなければならない。目地構造を図3-4に示す。

(2) 収縮目地

コンクリートスラブの厚さが30cm以下であって、縦方向施工目地の間隔が3.75m以上の場合には、車線の中央に縦方向収縮目地を設けなければならない。

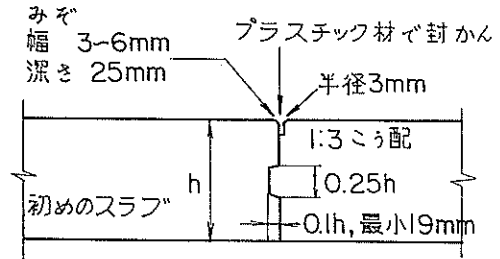
目地の構造は、盲みぞ型、既製目地板型、のこみぞ型または異形金属板型とし、舗装の自由端から最初の2車線内の目地については、タイバーまたはタイボルトで緊結しなければならない。タイバーまたはタイボルトの位置は、コンクリートスラブ厚さの中央とする。目地構造を図3-5に示す。

[解説]

縦方向施工目地は、施工上の都合で設けられる目地で、その間隔は使用される舗装機械および舗装全体の幅によって定められるが、普通5.0~7.5m程度である。現在わが国で使用されているコンクリートスプレッドャやコンクリートフィニッシャ等の舗装機械の施工幅は3.0~7.5mである。

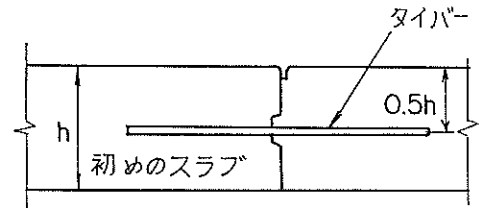
縦方向施工目地の構造はかぎ型とし、荷重伝達を図るのである。かぎ型目地は、適当な金属板または木材を型わくに取り付けて、コンクリートスラブの側面にみぞを作って施工する。幅の狭い舗装の縦方向施工目地のすべて、および舗装の自由端から12m以内の目地は、タイバー等で緊結することになっているが、これは舗装スラブを連続的な一体のものとするためである。このようにすれば、スラブ厚さの設計にウェスターガードの中央荷重公式を適用することは妥当であることが、既設舗装および実物大試験舗装の観測で確認されている。なお、舗の装一番外側のスラブの側面は、将来の拡張に備えて、かぎ型目地のみぞまたは突出部を作っておいたほうが望ましい。

舗装のスラブ厚さが薄い場合、不規則な縦方向のひび割れを防ぐために、車線の間にも目地が必要となる。ここで車線とは、隣り合った2つの縦方向施工目地で囲まれたスラブを言う。このような目的で施工される目地が縦方向収縮目地で、経験によると、スラブ厚さが30cm



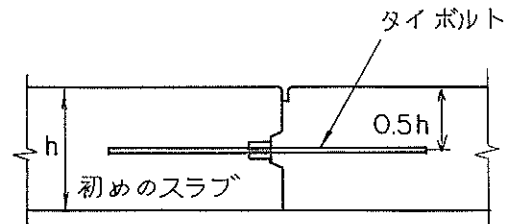
みぞおよび封かんはジェットプラストの激しい区域では省略する。

かぎ型



詳細および寸法はすべてかぎ型の場合と同じである。

タイバー付きかぎ型



詳細および寸法はすべてかぎ型の場合と同じである。

タイボルト付きかぎ型

図3-4 縦方向施工目地

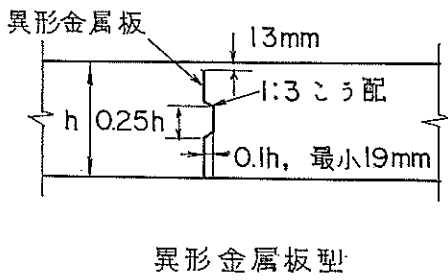
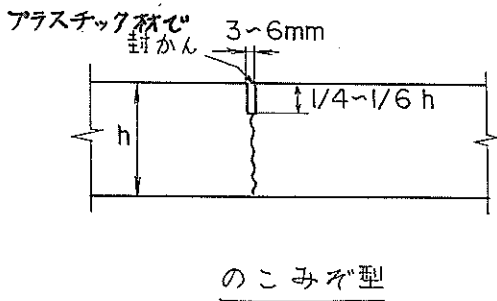
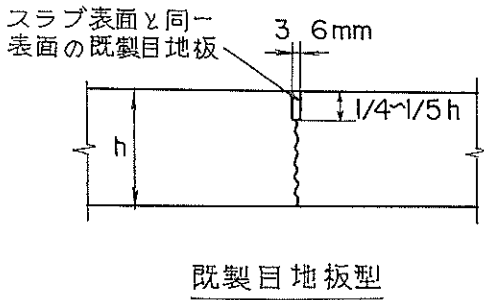
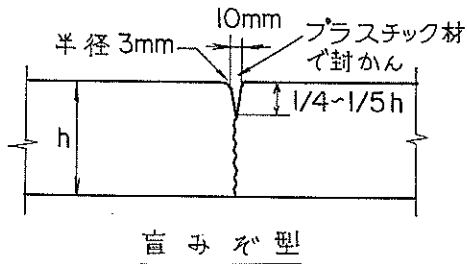


図3-5 縦方向収縮目地

以下の場合、その目地間隔は3.75m以上であってはならないことがわかっている。舗装の外側2車線内の縦方向収縮目地をタイバー等で緊結するのは、スラブの一体化を図るためである。

3.5 横方向目地

(1) 収縮目地

目地の間隔は、現地の経験的記録を基にして責任技術者が決定することを原則とするが、記録が入手できない場合は、普通の気象条件において次のような値を標準とする。コンクリートスラブの厚さが30cm以上の場合は6.0~7.5m、厚さが30cm以下の場合は4.5~6.0mとする。

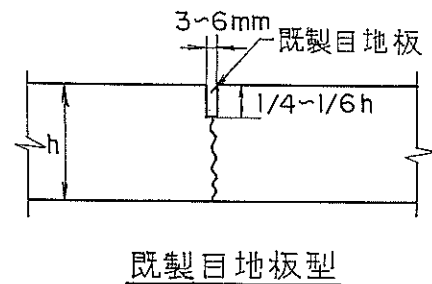
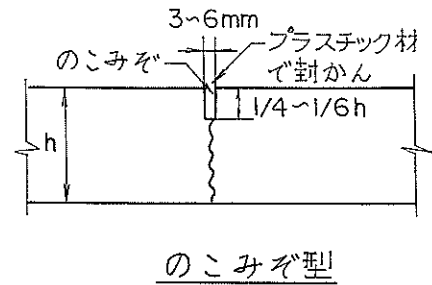
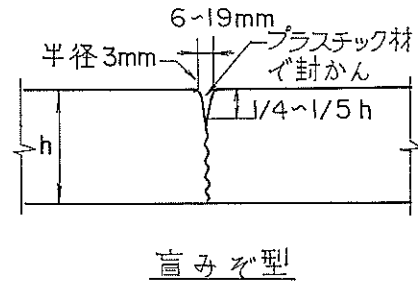


図3-6 横方向収縮目地

目地の構造は、言みぞ型、のこみぞ型または既製目地板型とし、舗装の自由端から30m以内のすべての目地、膨張目地間隔が150m以上で収縮目地間隔7.5m以下の場合には膨張目地の両側でそれぞれ最初の6～8個だけの目地、収縮目地間隔が7.5m以上または膨張目地間隔が150m以下の場合にはすべての目地、構造物に隣接する膨張目地につながる最初の6～10個だけの目地については、スリッパーをスラブ厚さの中央に設けなければならない。目地構造を図3-6に示す。

(2) 施工目地

毎日の施工終了時に、またはコンクリート打込み作業が30分以上中断される場合、その部分に横方向施工目地を設けなければならない。

目地の構造は、これを横方向収縮目地に、または横方向目地付近に設ける場合はスリッパー付き突き合わせ型とし、横方向目地間の中央3分の1以内に設ける場合はタイバー付きかぎ型とする。目地構造を図3-7に示す。

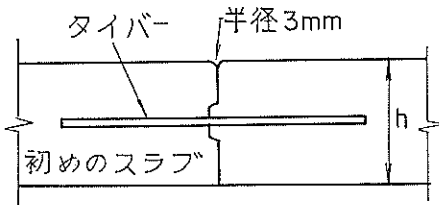
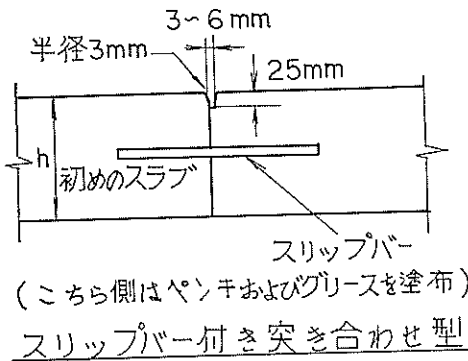


図3-7 横方向施工目地

[解説]

横方向収縮目地は、不規則な横方向の収縮ひび割れを調節し、コンクリートの容積変化に伴う応力を軽減するために設けられるものである。たとえば、乾燥または温度差のはげしい地方においては、コンクリートの容積変化ははげしいことが予想される。したがってその間隔は、現地の経験的記録に基づいて責任技術者が決定しなければならないのである。コンクリートスラブ厚さが30cm以下の場合、普通路盤、路床および気象条件に対して表-3に示すような標準値が米国で採用されている。

表-3 横方向収縮目地の間隔*

粗骨材の種類	間隔(m)
砕石……………花こう岩	7.5
”……………石灰岩	6.0
”……………けい質石灰岩	6.0
砂利……………石灰質	6.0
”……………けい質	4.5
”……………最大寸法 20mm	4.5
鉱さい	4.5

* コンクリートスラブ厚さが30cm以下の場合

一般に収縮目地における荷重の伝達は、目地部の骨材のかみ合わせによって行なわれる。この事は目地が非常に密着しているときのみ確実である。舗装自由端および膨張目地の付近の横方向収縮目地、7.5m以上の間隔の横方向収縮目地、あるいは膨張目地間隔が150m以下の場合の横方向収縮目地は、骨材のかみ合わせが有効でなくなるくらいに開くおそれがあるので、それらの目地にはスリッパーを設置して十分な荷重伝達機能を持たせるようにするのである。

次に横方向施工目地は、その日の施工終了時、あるいは機械の故障または材料搬入の遅延等の理由でコンクリート打込み作業が30分以上中断される場合等、施工の都合上設けられるものである。

なお舗装スラブの末端の前面は、将来の延長に備えてかぎ型目地のみぞまたは突出部を作っておいたほうが望ましい。

3.6 膨張目地

膨張目地は、コンクリート打込み作業が寒中に行なわれるか、あるいはコンクリートスラブの材料が膨張性の大きいものである場合は、120～240m間隔に設けなければならない。更に、舗装が建築物または他の構造物と接す

る部分に、あるいは滑走路、誘導路、エプロンの交差する部分またはその付近には、必ず膨張目地を設けなければならない。

目地の構造は、スリッパ型または端部増厚型とし、スリッパ型が適当でない箇所、および舗装が構築物と接する部分では、端部増厚型を適用する。舗装の交差する部分においては、次の方法のいずれかによる。両舗装スラブ間に歴青材を塗布したかき型施工目地を用い、交差する誘導路または滑走路の縦方向の中心線に垂直で、かつフィレットの末端の位置にスリッパ型膨張目地を設ける。この場合、交差される舗装の横方向収縮目地と交差する舗装の縦方向目地との位置は一致させなければならない。他の方法は、舗装の交差する部分に端部増厚型膨張目地を設ける。この場合、両舗装スラブの目地の位置を一致させる必要はない。目地構造を図3-8に示す。

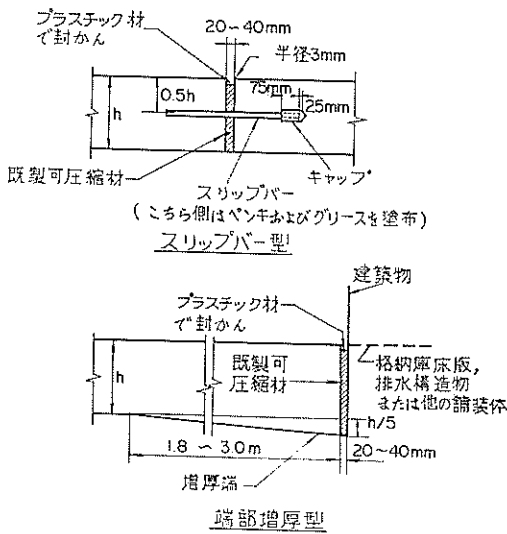


図3-8 膨張目地

〔解説〕

膨張目地は、コンクリートスラブが膨張し、それによってコンクリートに有害量の圧縮応力が発生するのを防ぐために設けられるものである。この膨張目地は収縮に対しても有効で、この意味において伸縮目地と呼ばれることもある。

実験結果や経験から、構築物との接線部および他の舗装との交差部における場合を除き、次の場合には膨張目地を設ける必要はないことがわかっている。

- (a) コンクリートスラブが普通の膨張性を有する材料で施工される。
- (b) コンクリートスラブが通常の気温の季節に施工され

る。

- (c) 横方向収縮目地が7.5 m以下の適当な間隔で設けられ、スラブが比較的短い長さに分割されている。
- (d) 横方向収縮目地がよく維持され、細かい土のような比較的非圧縮性の物質の浸入が防止されることが期待できる。

コンクリートスラブが寒中に施工される場合、温度上昇量が大きくなることが予想され、それに応じてコンクリートスラブの大きい膨張量が予想される。またコンクリート材料が膨張性の大きいものである場合、当然コンクリートスラブの大きい膨張量が予想される。したがってこのような場合、膨張目地を設ける必要があるわけであるが、その間隔は現地での経験的資料等を参考にして責任技術者が決定しなければならない。普通一般には、コンクリートの熱膨張係数として $1 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ を適用しているようであるが、表-4に普通使用される骨材および普通コンクリートの熱膨張係数を示す。

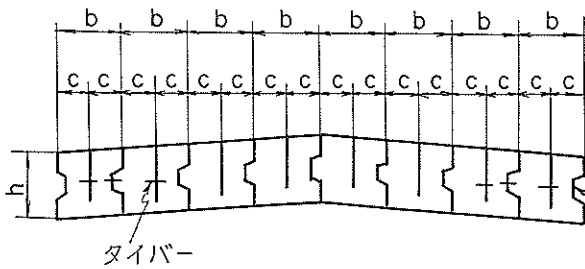
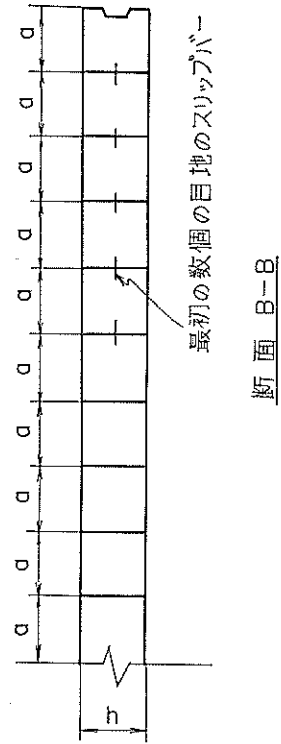
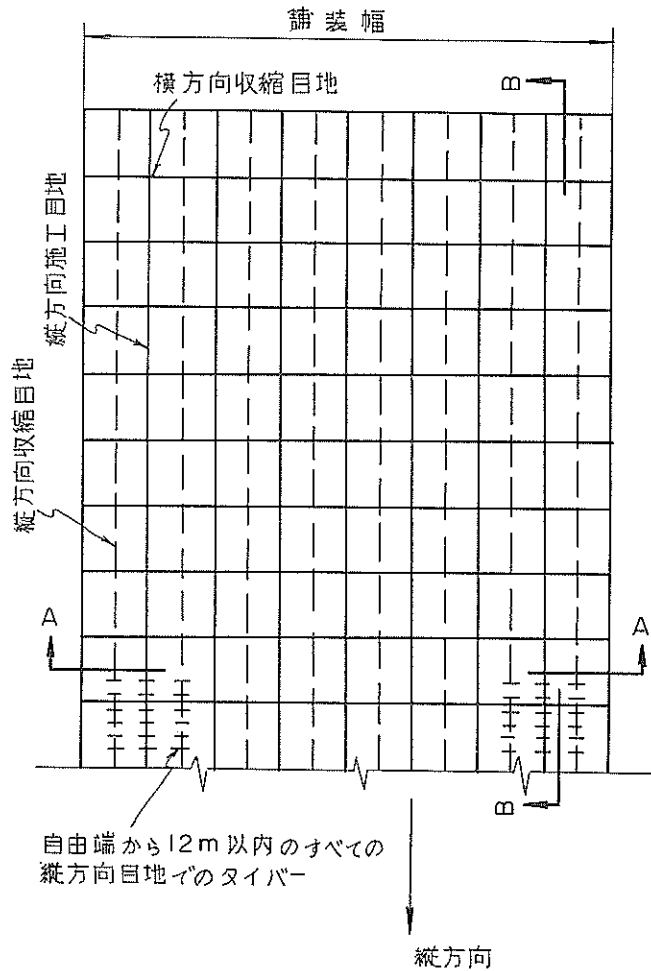
表-4 骨材とコンクリートの熱膨張係数

種	類	熱膨張係数 ($\times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$)
骨材	花こう岩	5.5~8.5
	石灰岩	3.6~6.0
	玄武岩	5.0~7.5
	砂岩	10.0~12.0
普通 コンクリート	けい岩	12.0~15.0
	石灰岩	5.8~7.7
	花こう岩	8.1~9.7
	玄武岩	7.6~10.4

舗装の交差部分で両舗装スラブの目地を一致させる必要のある場合は、普通どちらかの舗装の横方向収縮目地の間隔を調節して行なえばよい。端部増厚型膨張目地の場合は、両舗装スラブとも端部の厚さを20%増し、1.8~3.0 mの距離ですりつけるものとする。この場合、隣接舗装スラブが膨張目地材によって分離され、自地の割れ目が互に影響を及ぼすおそれがほとんどないので、両者の目地を一致させる必要がないのである。なお舗装の交差の角度が60°以下の鋭角になることは、できるだけ避けなければならない。

コンクリート舗装の目地材料は、低廉良質で最適なものが得られないのが現状である。特に空港においてはジェットブラストの影響を考慮する必要があり、ジェットブラストを多く受ける区域の目地には、注入目地材を使用しない型の目地を適用すべきであろう。

図-7は、空港コンクリート舗装の一般的な目地配置を示すもので、各種目地の位置、タイバーまたはスリッ



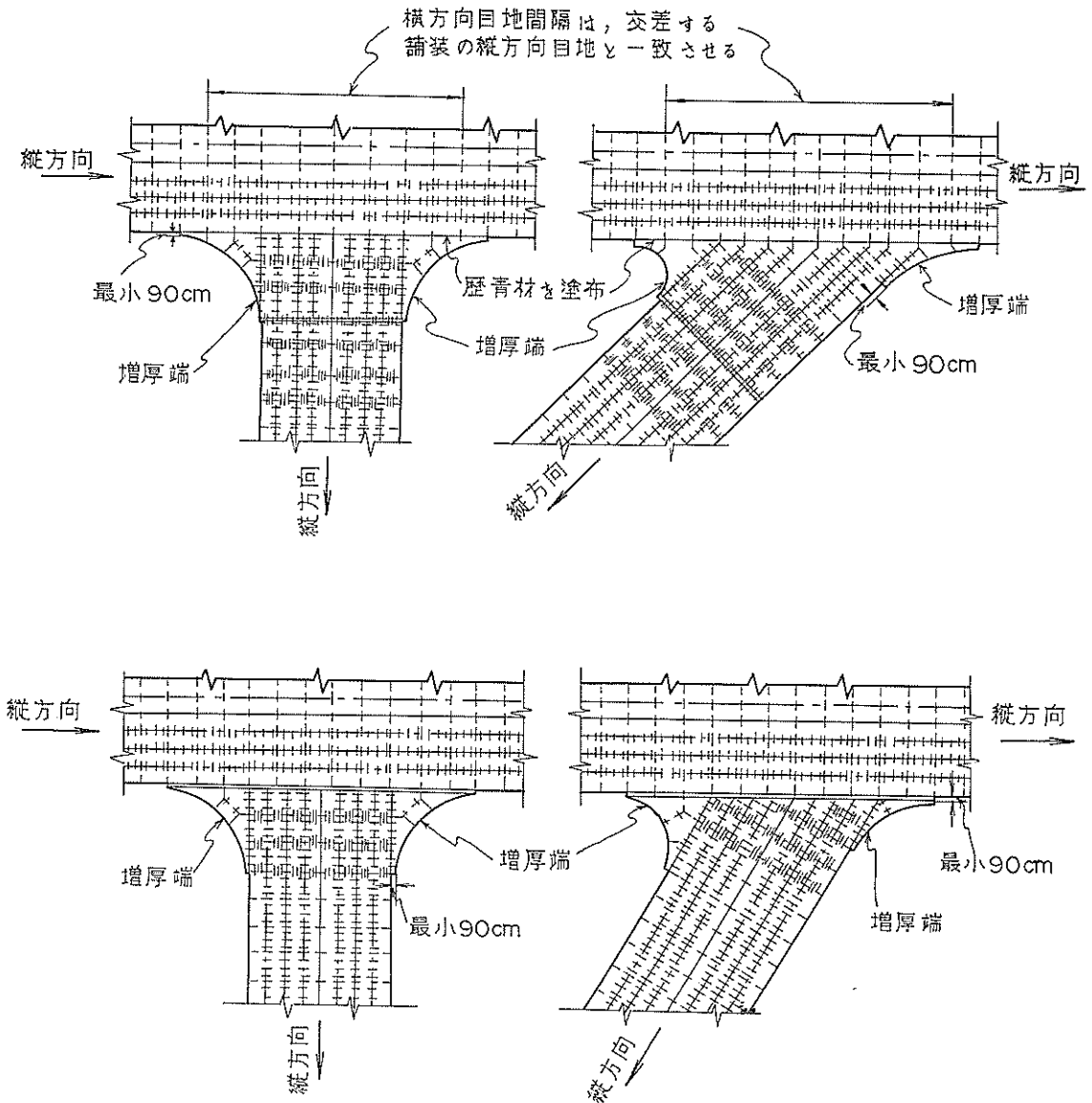
a: 横方向収縮目地間隔は
4.5 ~ 7.5mの範囲で変化

b: 縦方向施工目地間隔は
6.0 ~ 7.5mの範囲で変化

c: 縦方向収縮目地間隔
 $c = \frac{b}{2}$
 $h = 30\text{cm}$ 以上 または $c = 3.75\text{m}$
以下の場合は省略

断面 A-A

図-7 空港コンクリート舗装の目地配置



—— かぎ型縦方向施工目地

++++ タイバー付きかぎ型縦方向施工目地

--- 縦方向収縮目地

++++ タイバー付き縦方向収縮目地

---- 横方向収縮目地

++++ スリッパ付き横方向収縮目地

++++ スリッパ型膨張目地

==== 端部増厚型膨張目地

図-8 空港コンクリート舗装の交差部の目地配置

プバーの必要な箇所を示している。図-8は、空港コンクリート舗装の交差付近の標準的な目地の配置を示すものである。

3.7 タイバー

タイバーの寸法および間隔は、図3-9の設計図表を用いてこれを求める。設計図表を使用する手順は次のとおりである。

1. [b]線上の値と[h]線上の値を結び、 t_1 線との交点を求める。
2. その交点と $[\sigma_{sa}]$ 線上の値を結び、 t_2 線との交点を求める。
3. その交点と[D]線上の値を結び、[S]線との交点すなわちタイバーの間隔を読み取る。
4. タイバーの長さは[l]表から該当するD値と σ_{sa} 値に対して直接求める。

タイバーの間隔の最大値は91cmとし、設計図表から得られた値が1cm以下の端数を伴う場合、それを切り下げて1cm単位の整数値とする。また一つのスラブにおける一番外側のタイバーの目地またはスラブ自由端からの距離の最大値は38cmとする。

設計図表が利用できない場合、タイバーの寸法、間隔および長さは、次式によって求めるものとする。

$$A_s = \frac{bfW}{\sigma_{sa}} \dots\dots\dots(3.2)$$

$$S = \frac{100A}{A_s} \dots\dots\dots(3.3)$$

$$l = \frac{2\sigma_{sa}A}{\tau_{oa}U} + 5 \dots\dots\dots(3.4)$$

ここで

- A_s : 目地の長さ1m当りのタイバーの所要断面積, (cm²)
- b : 問題にしている目地からそれに最も近い自由端またはタイバーなしの目地までの距離, (m)
- f : コンクリートスラブと路盤または路床との摩擦係数 ($f=1.0\sim 2.0$ で普通1.5とする)
- W : コンクリートスラブ1m²当りの重量, (kg) [$W=24 \times$ (スラブの厚さ(cm))]
- σ_{sa} : 鉄筋の許容引張応力度, (kg/cm²)
- S : タイバーの間隔, (cm)
- A : タイバー1本の断面積, (cm²)
- l : タイバーの所要長さ, (cm)
- U : タイバー1本の周長, (cm)
- τ_{oa} : コンクリートの許容付着応力度, (kg/cm²) [普通 $\tau_{oa}=18$ とする]

[解説]

タイバーは、突き合わせられたスラブの面の確実な接触を図るために、目地を横切って隣接コンクリート舗装スラブの厚さ中央に設置される異形棒鋼で、タイバーに生ずる最大引張応力は、その目地から最も近い舗装の自由端またはタイバーなしの目地までのコンクリートスラブと支持層との間の摩擦によってスラブに引き起こされる引張応力に等しいとして設計される。タイバーは荷重伝達装置として設計されるのではなく、タイバーを使用する目地の荷重伝達は、目地のみぞの下に発生するひび割れの粗面での骨材のかみ合わせ作用によって、あるいはかぎ型目地の突出部とみぞとによって達成されるのである。

タイバーの寸法および間隔は、図3-9の設計図表から直接求めることができる。この設計図表は、コンクリートスラブと支持層との間の摩擦係数、 f を1.5、コンクリートの単位体積重量を2400kg/m³、コンクリートの許容付着応力度、 τ_{oa} を18kg/cm²と仮定して、タイバーがコンクリートスラブと支持層との間の摩擦によってスラブに引き起こされる引張力に耐えるように、すなわち(3.2)式更に(3.3)および(3.4)式を用いて作成されたものであり、その使用法を例にそって以下説明する。

(条件)

$$b = 3.75\text{m}$$

$$h = 30\text{cm}$$

$$\sigma_{sa} = 1800\text{kg/cm}^2$$

(設計)

タイバーの設置間隔を求める。タイバーとして直径13mmの異形鉄筋を使用することにする。すなわち $D=13$ とする。

- (1) [b]線上の3.75と[h]線上の30とを結び、 t_1 線との交点を求める。
- (2) その交点と $[\sigma_{sa}]$ 線上の1800とを結び、 t_2 線との交点を求める。
- (3) その交点と[D]線上の13とを結び、[S]線との交点すなわち56.8を読み取る。
- (4) $D=13$ 、 $\sigma_{sa}=1800$ に対応する l 値を[l]表から65と求める。

したがって、タイバーは直径13mm、長さ65cmで、その設置間隔は56cmとなる。

タイバーの直径は、設計者がこれを適当に選ぶのであるが、細いものを使用すればその設置間隔は小さくなり、そのほうが応力の集中は少なくなるので効果的であることがわかっている。空港舗装では10~25mmの直径のものが普通採用される。

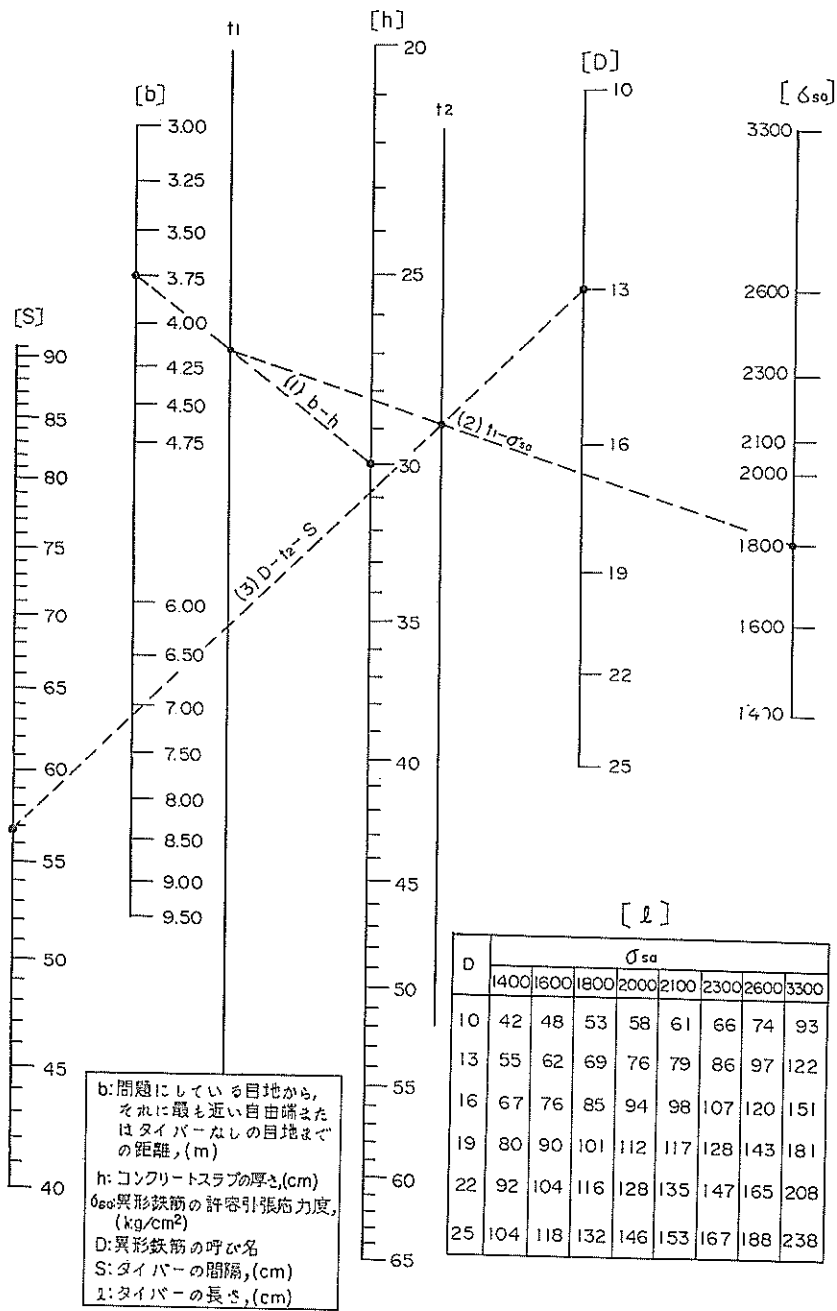


図3-9 タイバーの設計図表

目地の両側に埋められるタイバーの長さは比較的短いものであるから、計算された所要長さに5 cmを加えたものとする。これは、たとえタイバーが目地を中心に左右に不正確に埋め込まれるようなことがあっても、所要の埋込み長さを確保するためである。

設計図表が利用できない場合、(3.2)、(3.3)および(3.4)式を使用してタイバーを設計するのであるが、各式中の係数等の数値は責任技術者が決めなければならない。米国の連邦航空局では、実験結果から導かれた次式による計算値の摩擦係数、 f を採用している。

$$f = 1.689\sqrt{\frac{b}{h}}$$

この式で、 $b=7.5\text{m}$ 、 $h=36\text{cm}$ とすると、 $f=0.8$ となる。またタイバーとコンクリートの付着強度については、土木学会では表-5のように定めている。本基準で

表-5 コンクリートの許容付着応力度

	設計基準強度* (kg/cm ²)			
	180	240	300	400以上
許容付着応力度 (kg/cm ²)	14	16	18	20

* 部材の設計において基準とした材令28日におけるコンクリートの圧縮強度

は、材令28日のコンクリート曲げ強度を45~49kg/cm²以上としているので、その圧縮強度は300kg/cm²程度が予想される。米国では、許容付着応力度としてコンクリートの圧縮強度の10%または25 kg/cm²のうち小さいほうの値を採用している。したがって、設計図表を作成するのに仮定されている $f=1.5$ および $\tau_{oa}=18\text{kg/cm}^2$ という値は妥当と思われる。

異形棒鋼の標準寸法および単位重量を表-6に示す。

表-6 異形棒鋼の標準寸法および単位重量

呼び名	公称直径 (mm)	公称断面積 (cm ²)	公称周長 (cm)	単位重量 (kg/m)
D 6	6.35	0.3167	2.0	0.249
D10	9.53	0.7133	3.0	0.560
D13	12.7	1.267	4.0	0.995
D16	15.9	1.986	5.0	1.56
D19	19.1	2.865	6.0	2.25
D22	22.2	3.871	7.0	3.04
D25	25.4	5.067	8.0	3.98
D29	28.6	6.424	9.0	5.04
D32	31.8	7.942	10.0	6.23
D35	34.9	9.566	11.0	7.51

3.8 スリッパ

スリッパの寸法および間隔は、図3-10および3-11の設計図表によって求める。設計図表を使用する手順は次のとおりである。

1. 図表の左側縦軸のコンクリートスラブ厚さから右に水平に進み、 K 値線との交点を求める。
2. その交点から上または下に垂直に進み、鉄筋径曲線との交点を求める。
3. その交点から右に水平に進み、右側縦軸との交点すなわちスリッパの間隔を読み取る。

スリッパの直径の最大値は、コンクリートスラブ厚さの6分の1とする。スリッパの間隔は、最大46 cm、最小25cmとし、設計図表から得られた値が1 cm以下の端数を伴う場合、それを切り下げて1 cm単位の整数値とする。また一つのコンクリートスラブにおける一番外側のスリッパの目地または自由端からの距離は、15~25cmの範囲とする。

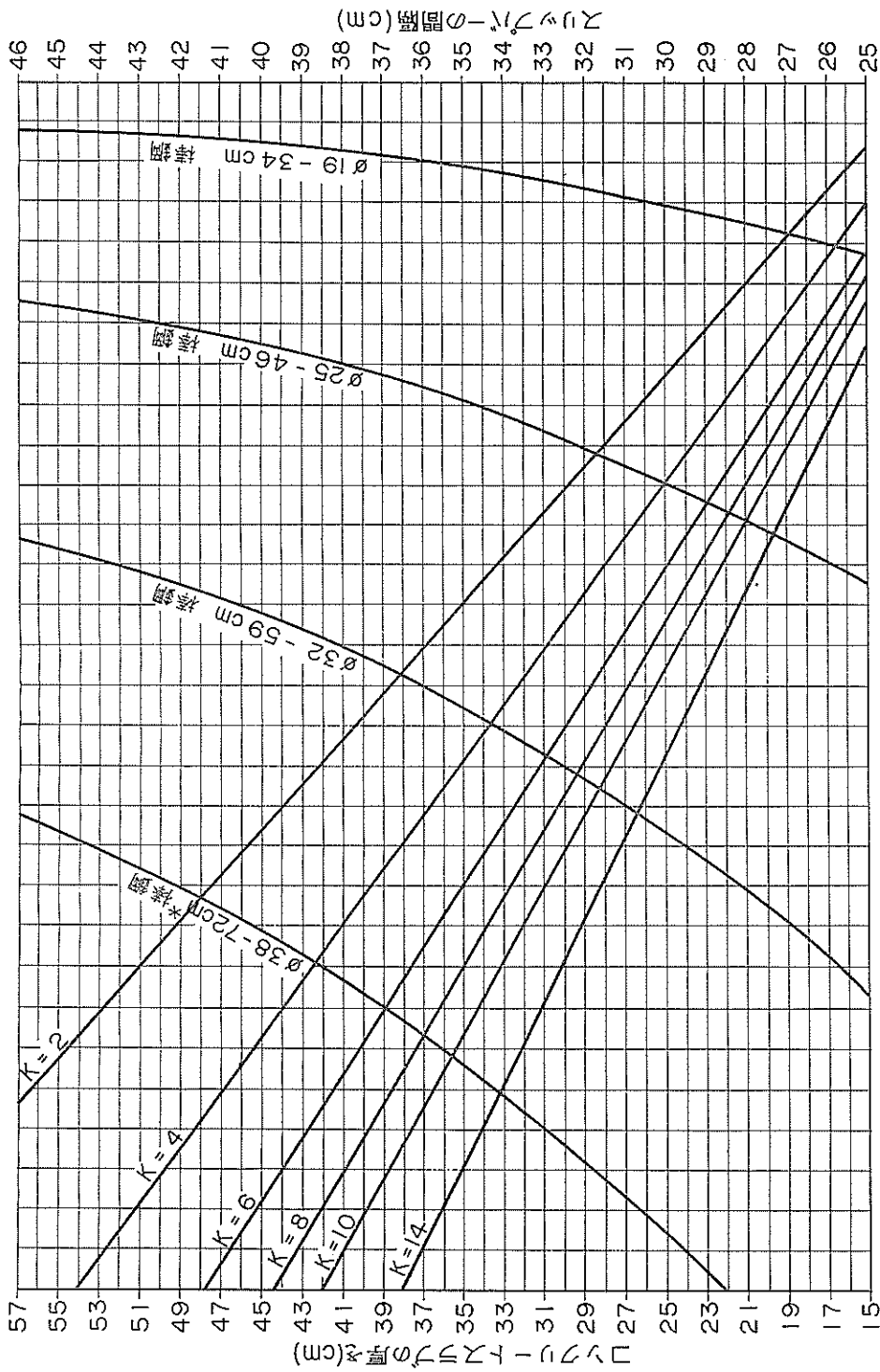
設計図表が利用できない場合は、責任技術者の判断に従って、これを決めなければならない。

【解説】

スリッパは、目地部での荷重伝達装置の一種で、目地を横切って隣接コンクリートスラブの厚さ中央に、一方で固定され、他方で水平方向に自由に移動できるように埋め込まれる普通鉄筋である。スリッパ付きの目地は開閉がある程度まで自由であり、しかもその目地部の隣接スラブ端の高さが同一に保持される。スリッパとして、みぞ形鋼、I形鋼、平鋼、その他の形鋼、並びに特許製品が使用されることもあるが、普通鉄筋または鋼管が最も一般的に使用される。

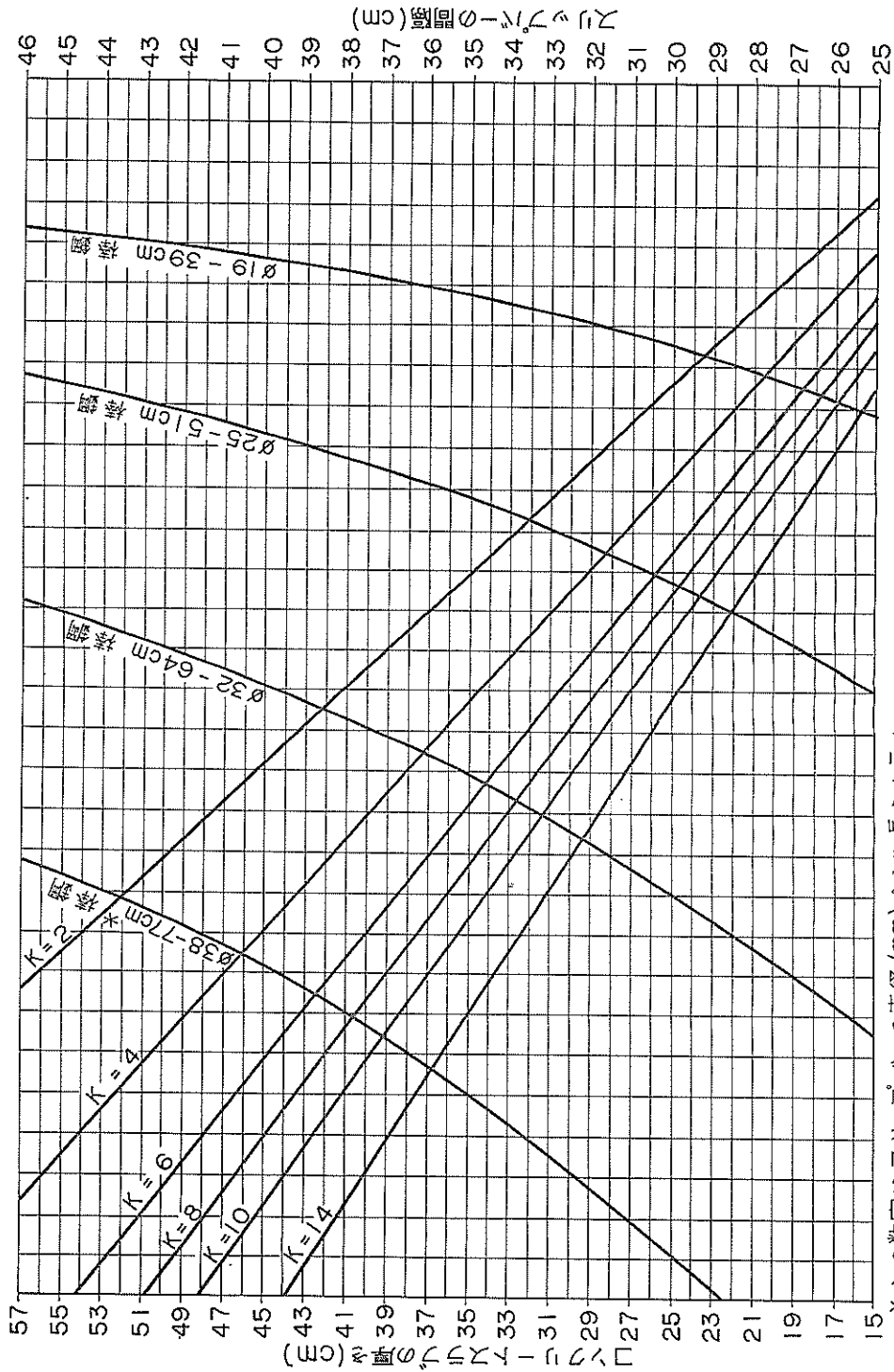
スリッパの設計についてはいくつかの理論式が提案されており、そのいずれも空港コンクリート舗装に十分適用できることがわかっている。スリッパは常に群として用いられ、その群が荷重を伝達するのであるが、本基準の設計図表は、Bradburyの式³⁰⁾を用いて次のような仮定の下に作成されたものである。荷重直下のスリッパは能力いっぱいの荷重を伝達し、荷重中心から舗装の剛比半径の1.8倍以上の距離にあるスリッパは荷重を伝達しない。車輪荷重中心から剛比半径の1.8倍までのスリッパの荷重伝達能力は、荷重中心からの距離に応じて直線的に減少する。鉄筋の許容せん断応力度を1050kg/cm²および許容引張応力度を2100kg/cm²、コンクリートの許容支圧応力度を125 kg/cm²、収縮目地の開きを3 mm、並びに膨張目地の開きを25mmとする。

道路舗装においては、スリッパの直径をスラブ厚



*この数字はスリップバーの直径(mm)および長さを示す。

図3-10 膨張目地用スリップバーの設計図表



* この数字はスリッパの直径 (mm) および長さを示す。

図 3-11 収縮および施工目地用スリッパの設計図表

さの9分の1ないし10分の1とする例が多い。空港舗装でスラブ厚さが著しく厚い場合には、その最大直径を38mm程度とし、これより大きいスリッパを必要とする場合には、鋼管を用いた例が多い。

設計図表の使用法を例にそって以下説明する。

(条件)

コンクリートスラブの厚さ36cm

支持力係数 $K=6\text{kg/cm}^3$

(設計)

膨張目地用スリッパの寸法および設置間隔を求める。

(1) 図3-10を利用し、コンクリートスラブの厚さ36cmから右に水平に進み、 $K=6$ 直線との交点を求める。

(2) その交点から上または下に垂直に進み、 $\phi 38-72\text{cm}$

または $\phi 32-59\text{cm}$ 曲線との交点を求める。

(3) それらの交点から右に水平に進み、右側縦軸との交点すなわちスリッパの間隔40.7cmまたは27.2cmを得る。

したがって、直径38mm、長さ72cmの鉄筋を使用すればその間隔は40cmとなり、直径32mm、長さ59cmの鉄筋を使用すればその間隔は27cmとなる。

設計図表が利用できない場合は、責任技術者がスリッパを決めなければならないが、参考として米国の陸軍技術部が経験的に求めたスリッパの設計標準値を表-7に示す。

3.9 鉄 網

鉄筋量は、直角2方向ともスラブ断面積の0.05%を標準とする。

表-7 スリッパの設計標準値

コンクリートスラブ厚さ (cm)	収縮および膨張目地用スリッパ		
	スリッパの最小長さ (cm)	スリッパの最大間隔 (cm)	スリッパの型
20 以下	41	30	$\phi 19$ 鉄筋
21 ~ 28	41	30	$\phi 25$ 鉄筋
29 ~ 38	51	38	$\phi 32$ 鉄筋または $\phi 25$ 鋼管
39 ~ 51	51	46	$\phi 38$ 鉄筋または $\phi 38$ 鋼管
52 ~ 63	61	46	$\phi 50$ 鉄筋または $\phi 50$ 鋼管
64 以上	77	46	$\phi 75$ 鉄筋または $\phi 75$ 鋼管

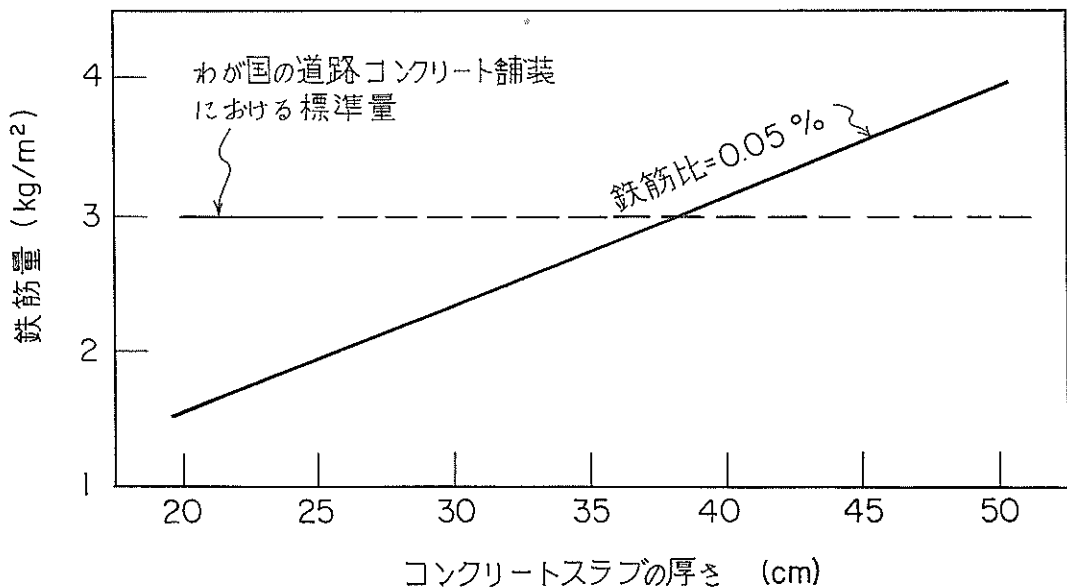


図-9 コンクリートスラブ厚さと鉄筋量との関係

鉄筋の直径は、6～8mmとし、直角2方向とも同じ直径とする。

鉄網の埋込み深さは、コンクリートスラブ表面から〔(コンクリートスラブの厚さ(cm))÷4+2〕cm下を標準とする。

鉄網の継手は、重ね合わせとし、その長さは20cm程度とする。

かぶりの最小値は、5cmとする。

[解説]

鉄網とは、鉄筋を直角2方向に溶接またはなまし鉄線にて緊結して組み立てたもので、コンクリートスラブにひび割れが発生した場合に、これを閉じたままに保ち、水密性を保持すると同時にひび割れ面における骨材のかみ合わせによる荷重の伝達を助け、更にスラブ表面の高さの変動を防ぐために用いるものである。

鉄網の適用範囲については3-1に述べてある。わが国の道路コンクリート舗装では、鉄網を使用することを原則とし、その鉄筋量は、コンクリートスラブ1㎡につき3kg程度としているが、本基準では鉄網を用いることを原則とせず、またその使用量はコンクリートスラブ断面積の0.05%を標準とする。この場合のコンクリートスラブ厚さとスラブ1㎡当りの鉄筋重量との関係を図-9に示す。

鉄網は直径6～8mmの鉄筋を直角2方向に組み立てるが、両方向の鉄筋は同一直径のものを使用し、その間隔も同一とする。鉄筋は異形鉄筋のほうが望ましく、また組立ても溶接によるのが望ましい。

鉄網の長さおよび幅は、鉄網が一つのスラブの間、すなわち目地と目地、または目地と自由端で囲まれた間に納まるよう、かつ運搬が便利であるように決めるが、鉄網を継ぐ必要のある場合は重ね合わせとする。鉄網の一番外側の鉄筋の中心から目地または自由端までの距離は10cm程度とする。

第4章 鉄筋コンクリート舗装

4.1 概 説

この章では、鉄筋コンクリート舗装の鉄筋の設計、および目地について述べる。この鉄筋は、舗装の長さにとわって比較的自由に収縮し膨張するスラブ中のものに限られ、自由端部鉄筋、ぐう角部鉄筋および他構造物と隣接するスラブに用いられる2方向の構造鉄筋のような特別に配置される鉄筋は、適用範囲外である。

舗装の厚さの設計は、第3章3-2および3-3の無筋コンクリート舗装の場合と全く同様な方法で行なうものとする。

[解説]

RC舗装の鉄筋は、コンクリートスラブと支持層との間の摩擦によって引き起こされるコンクリートスラブ中の引張応力に耐えるように設計、施工されるものである。この場合スラブは比較的自由に収縮、膨張することを前提としており、このようなスラブは、普通長さ30m以下である。

鉄筋の機能は、ひび割れ発生を防止することではなく、発生したひび割れを密閉して、ひび割れ面での骨材かみ合わせが荷重伝達を行なえるようにすることである。ひび割れを密閉することにより、ごみ、土あるいは他の異物のスラブ中への浸入を防ぐことができるのである。

米国の陸軍技術部の設計法では、このような鉄筋の機能から、RC舗装の寿命がNC舗装のそれより大きいことを考慮に入れ、RC舗装のスラブ厚さを、対応するNC舗装の厚さから鉄筋量に応じたある量だけ減じたものとしている。しかし本基準では、他のいくつかの設計法と同様に、RC舗装の厚さはNC舗装のそれと全く同一とする。

4.2 鉄 筋

(1) 鉄筋量

スラブ幅または長さ1m当りに必要な縦方向または横方向鉄筋の断面積は、次式によって求める。

$$A_s = \frac{fLW}{2\sigma_{sa}} \dots\dots\dots(4.1)$$

ここで

A_s : スラブの幅または長さ1m当りの鉄筋の所要断面積、(cm²)

f : スラブと支持層との間の摩擦係数、〔 $f=1.0\sim 2.0$ で普通1.5とする〕

L : 縦方向鉄筋の場合は横方向目地間または横方向目地とスラブ自由端との距離、(m)

横方向鉄筋の場合は縦方向目地間または縦方向目地とスラブ自由端との距離、(m)

W : スラブ1㎡当りの重量、(kg)〔 $W=24\times$ (スラブの厚さ(cm))とする〕

σ_{sa} : 鉄筋の許容引張応力度、(kg/cm²)

(2) 鉄筋寸法

鉄筋の直径の最小値は、普通鉄筋の場合7mm、異形鉄筋の場合9.53mmとする。

縦方向鉄筋と横方向鉄筋の直径の差異は、4mm以下でなければならない。

(3) 鉄筋間隔

縦方向鉄筋の最大間隔は、普通鉄筋の場合15cm、異

形鉄筋の場合38cmとする。

横方向鉄筋の最大間隔は、普通鉄筋の場合30cm、異形鉄筋の場合76cmとする。

鉄筋の最小間隔は、粗骨材の最大寸法の2倍とする。

(4) 鉄筋の位置

鉄筋の埋込み深さは、スラブ表面から7cm以上、 $((\text{スラブの厚さ}) \div 3)$ 以下の範囲とする。

一つのスラブの一番外側の鉄筋の目地または自由端からの距離は、91cm以下とする。

かぶりの最小値は、5cmとする。

(5) 鉄筋の継手

鉄筋の継手は、重ね合わせとし、その長さは鉄筋直径の24倍以上とする。

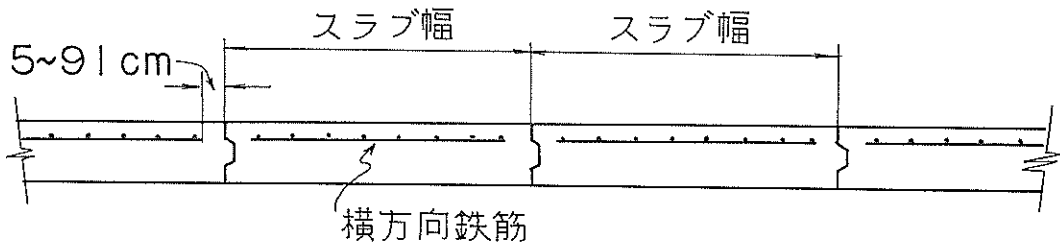
[解説]

コンクリート舗装において、コンクリートスラブが均等質でスラブと支持層間の摩擦力が平面的に一樣に分布

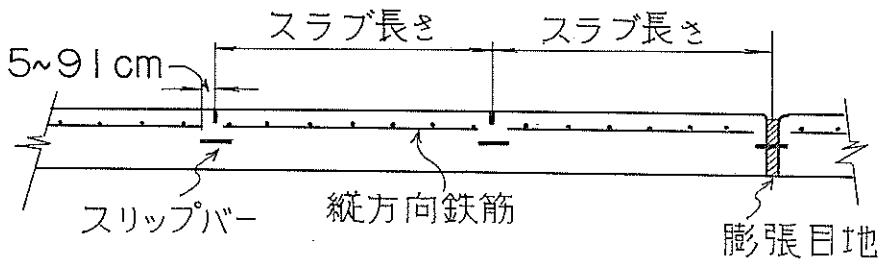
していると仮定すれば、コンクリートスラブの縦または横方向の中央に最大引張応力が生じ、そこにひび割れが発生するおそれがある。RC舗装の鉄筋量は、この摩擦によって引き起こされる最大応力に耐えるように設計されるのである。

スラブと支持層間の摩擦は、スラブの移動量、スラブ寸法、温度変動量および支持層の性質等によって変化し、スラブの滑動が起こるときに最大となる。設計には摩擦係数を1.5として十分である。

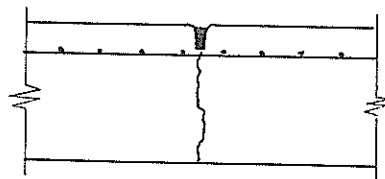
鉄筋は普通鉄筋または異形鉄筋のいずれを使用してもよい。実際には直角2方向に溶接またはなまし鉄線で緊結されて組み立てられた、いわゆる鉄筋マットとして使用される。この際、十分な溶接を期待するために、縦方向と横方向の鉄筋の直径の差を4mm以下とするのである。なお、スラブ中の応力の集中を避け、応力をできるだけ分散させるためには、小さい直径の鉄筋のほうが大



横断面図



縦断面図



縦方向収縮目地

図一10 鉄筋コンクリート舗装の目地

きいものより効果的であることがわかっている。

鉄筋は曲げ応力に対して抵抗するには設計されていないので、スラブ中のどこに置くかは重要なことではないが、腐食を受けないように保護されていなければならない。

鉄筋の継手の重ね合わせ長さは、土木学会の標準示方書によれば、普通鉄筋の場合直径の44~72倍、異形鉄筋の場合直径の22~36倍程度となるが、空港コンクリート舗装においては経験上24倍でよい。

4.3 目 地

横方向収縮目地の間隔は、現地の経験的記録および経済性に基づいて責任技術者が決定することを原則とするが、13~22mを標準とし、その最大値は30mとする。横方向収縮目地には、必ずスリッパをスラブ厚さ中央に設けなければならない。

その他の目地の配置および構造、タイバーおよびスリッパの設計等については、第3章、3-4、3-5、3-6、3-7および3-8に従うものとする。

【解説】

コンクリート舗装においては、第3章に述べてある目地配置および構造を適用すれば、ひび割れ発生のおそれはほとんどないものと考えてよい。RC舗装においては、スラブの長さすなわち横方向収縮目地間隔を大きくすることが可能であり、それは次のような事項を考慮して決められるものである。すなわち(a)使用鉄筋の価格、(b)収縮目地の数と価格、(c)予想される目地開口の最大季節変化、等を考慮し、鉄筋とスリッパ付き目地の価格の合計が最小となるような目地間隔が最も経済的なものとなる。

普通13~22mの横方向収縮目地間隔が適用されているが、いかなる場合も30m以上にすべきでない。なお、目地間隔について次式が提案されている。

$$L = 2.19 \sqrt[3]{h(p\sigma_{sa})^2}$$

ここで

L : 横方向収縮目地間隔, (m)

h : コンクリートスラブの厚さ, (cm)

p : 縦方向鉄筋断面積のコンクリートスラブ断面積に対する比

σ_{sa} : 鉄筋の許容引張応力度, (kg/cm²)

RC舗装における横方向収縮目地の開きは、NC舗装におけるそれより大きくなるおそれがあるので、その部分での荷重伝達を確実にするために、すべての横方向収縮目地にはスリッパを設けることにするのである。

その他の目地については、第3章に述べてあるNC舗装における場合と同様である。図-10にRC舗装の標準

断面を示す。

第5章 連続鉄筋コンクリート舗装

5.1 概 説

この章では、連続鉄筋コンクリート舗装のコンクリートスラブの厚さ、鉄筋および目地について述べる。

【解説】

コンクリート舗装は、そのコンクリートの性質上あるいは施工上目地が必要であって、この目地が大きな弱点となっている。NC舗装では、コンクリートスラブにひび割れが発生しないように目地を設けるのであるが、一方CRC舗装では、横方向目地を全く設けず、鉄筋を縦方向に連続に設置して、いわば人工的にひび割れを発生させるのである。もちろんこのひび割れは、そこからごみや土などが浸入してスラブを破壊に至らせたり、その部分でコンクリートが欠け落ちたりする、いわゆる構造的欠陥とならない程度のものであることは言うまでもない。CRC舗装におけるひび割れの間隔と幅は、種々の条件によって左右されるものであるが、道路舗装における経験から次のようなことがわかっている。初期ひび割れはコンクリート打込み後1~3日の早期に発生することが多く、その大部分は1週間以内に発生する。そしてひび割れはコンクリート打込み後1年以内はかなりの割合で発達していくが、その割合は時間の経過とともに漸減し、打込み後数年でほぼ飽和状態に達する。数年後のひび割れの平均間隔は1.0~4.5m程度、平均幅は0.2~0.5mm程度である。

理論的には鉄筋を無限に継ぎ足して行って施工すれば、スラブ長さは無限のものと考えられる。しかし実際には舗装すなわちスラブの長さには限度があり、施工された長大なCRC舗装の観測によれば、その両端部の120~150mは支持層と相対的に変位し、それより内側の部分はほぼ完全に拘束されて変位せず、したがってCRC舗装としての特長を発揮するのは、この拘束された部分であることが明らかとなった。したがって、CRC舗装とは、拘束された中央部分の長さが少なくとも端部の変位可能な部分の長さと同程度以上のもの、すなわち全長が360~450m以上のものと言うことができよう。

5.2 舗装の厚さ

コンクリートスラブの厚さは、第3章3-2の方法で求めた厚さの85~90%を標準とする。

舗装の厚さは、第3章3-3の方法に従って求めるものとする。

【解説】

CRC舗装の解析方法として、Vetter³²⁾、Friberg³³⁾、

Yerlici³⁴⁾, らによって代表される鉄筋応力に関する方法, McCullough と Ledbetter^{35), 36)}, Pickett^{37), 38)} らの提案する鉄筋の存在を無視してウェスターガードの中央載荷公式を適用する方法, および Zuk³⁹⁾ のひび割れ部分では鉄筋がヒンジとして働くものと仮定し, このようなヒンジで結ばれた長さの短いスラブとして解析する方法がある。

純理論的見地からすれば, ウェスターガードの中央載荷公式は, コンクリートスラブがぐう角部を持たない無限の連続体であり, 均一でかつ等方性の場合にのみ有効であるのだが, 実際の C R C 舗装スラブは少なくとも無数のひび割れが存在し, 上記条件を満足していない。しかし実際的な観点から見れば, ひび割れが十分に密閉され, ひび割れ部分においてもひび割れない部分とほぼ同等の荷重伝達能力を有するかぎりでは, スラブの連続性はそこなわれず, 事実この事は経験的に認められている。一方, 他の解析法は, 理論的要素を大いに含んでいるが, 解析上必要な種々の係数を評価することは實際上非常に困難で, 実用性に欠けるものである。

したがって, 現在のところ, C R C 舗装の設計法として, N C 舗装におけると同様にウェスターガードの中央載荷公式を適用するのが最も実用的と言われており, 本基準でもこの方法によることにした。

C R C 舗装の鉄筋は他の鉄筋コンクリート構造物の鉄筋のように, 外力に対して設計されるものではなく, コンクリートスラブの温度変化, 湿度変化等によって生ずる内部応力に対して設計される。したがって鉄筋を設置したからといって, そのままスラブ厚さを減らしてもよいということにはならない。しかしウェスターガードの中央載荷公式を用いてコンクリートスラブ厚さを求める場合, 内部応力は考慮しておらず, また C R C 舗装では内部応力は鉄筋が負担するので, 内部応力と荷重応力の組合せを考慮する必要がなく, したがって C R C 舗装の場合は安全率を適当に低下してもよいという考え方があろう。更に米国における実験や試験舗装の経験から, C R C 舗装のスラブ厚さは, 対応する N C 舗装のスラブ厚さの 70~80% で十分であることがわかっている。

そこで本基準では, C R C 舗装のスラブ厚さの標準値として, ウェスターガードの中央載荷公式によって求めた, すなわち第 3 章 3—2 の方法で求めた N C 舗装スラブ厚さの 85~90% を採用する。

なお, 舗装の厚さ, すなわち凍害に対する安全性のための路盤厚さについては, 第 3 章 3—3 に従って行なえばよい。

5.3 縦方向鉄筋

(1) 鉄筋量

鉄筋量は, コンクリートスラブ断面積の 0.6~0.7% を標準とする。

(2) 鉄筋寸法

鉄筋の最小直径は, 規定の鉄筋間隔を満足するようなものでなくてはならず, 最大直径は, 19mm とする。

(3) 鉄筋間隔

鉄筋の最小間隔は, 骨材の最大寸法の 2 倍または 10cm のうち大きいほうとし, 最大間隔は, 23cm とする。

(4) 鉄筋位置

鉄筋の埋込み深さは, スラブ表面から 7.5cm 以上, ((スラブ厚さ) ÷ 2) 以下とする。

かぶりの最小値は, 5cm とする。

(5) 鉄筋の継手

鉄筋の継手は重ね合わせとする。重ね合わせ長さの最小値は, 重ね合わせ配置がちどり型または斜め型の場合は鉄筋直径の 25 倍または 41cm のうち大きいほうとし, その他の場合は鉄筋直径の 30 倍または 49cm のうち大きいほうとする。

溶接鉄網の重ね合わせ長さの最小値は, 重ね合わせ配置がちどり型の場合 46cm, その他の場合 54cm とする。

コンクリート打込み方向の, 横方向施工目地から 2.5m 以内, およびコンクリート打込みの逆方向の, 横方向施工目地から 0.9m 以内にあるすべての鉄筋の継手の重ね合わせ長さは, 上記の値の 2 倍としなければならない。【解説】

C R C 舗装では, ひび割れの発生原因として内部応力の外に荷重応力も考えられるが, 荷重応力は 2 次的な影響しか与えないことが確められている。この内部応力によるひび割れをいわば人工的に発生させた C R C 舗装においては, 鉄筋量の増加に応じてひび割れ間隔は小さくなり, ひび割れ幅もほぼ直線的に減少することがわかっており, 最大のひび割れ間隔で最小のひび割れ幅となるような鉄筋量を求めることが必要なのである。

C R C 舗装の縦方向鉄筋の設計の基準となるものは, ひび割れ幅が拡大しあるいはひび割れ部の鉄筋が降伏する前に新しいひび割れが発生するような鉄筋量を求めることで, 次のような条件を前提とする。

- (a) 鉄筋とコンクリートは独立して作用し, コンクリートは荷重応力を, 鉄筋はスラブの容積変化を拘束することから生ずる内部応力をそれぞれ負担する。
- (b) スラブは完全に拘束され, ひび割れが生じてもスラブの縦方向における容積変化は起こらない。
- (c) ひび割れ間には十分な距離があって, コンクリートと鉄筋の間の付着応力は十分に発達する。
- (d) 鉄筋とコンクリートの熱膨張係数は同等である。

- (e) 容積変化の拘束によって生じた力は全部鉄筋とコンクリートによって伝えられる。
- (f) 付着応力は一定、ないし有効付着長さにわたって直線的に変化する。

このような条件の下に鉄筋量を求める方法がいくつか提案されているが、いずれも定説化されておらず、これらによって求められた鉄筋量は、試験舗装等による経験から判断するかぎりでは過大であることがわかっている。

そこで本基準では、縦方向鉄筋量として、経験的に求められ、またその値の妥当性が確認されている値を採用することにし、コンクリートスラブ断面積の0.6~0.7%としたのである。

鉄筋の直径と間隔は、互に関連しており、いくつかの要素によって左右される。最大直径は、鉄筋間隔がコンクリート打込みを容易にするだけ十分広いように定められるべきであろう。またそれは、鉄筋量、鉄筋の許容最大間隔、付着応力、および荷重伝達機能上の考慮等によっても左右される。道路試験舗装の資料から、CRC舗装のひび割れ間隔は、鉄筋直径の減少に応じて直線的に減少することがわかっており、鉄筋量を一定にしても小さい鉄筋の使用によりひび割れの分散を図ることができる。現在のところ、鉄筋の最大直径は19mmとすべきであるという意見が支配的である。一方鉄筋の間隔は骨材の最大寸法に関連し、その最小値は骨材の最大寸法の2倍とし、いかなる場合も10cm以下であってはならない。また、良好な荷重伝達および付着強度を得るために、鉄筋間隔は23cm以上あってはならない。

CRC舗装における鉄筋の主な機能は、横方向ひび割れを密閉することであるので、そのスラブ中の埋込み深さは特に重要なものではない。しかし模型試験舗装の実験結果から、ひび割れ幅、スラブのたわみ、鉄筋応力等は、鉄筋の埋込み深さによってかなり変化し、ひび割れ幅やたわみに関しては、鉄筋をスラブ厚さの中央付近ないしやや下方に設置した場合が有利であることがわかっている。また、実際のCRC舗装の調査から、ひび割れ幅はスラブ表面から鉄筋まで漸減しており、鉄筋からスラブ底面まではかなり均一な幅となっていることがわかった。このことからして、ひび割れのスラブ表面における幅を減少するために、鉄筋の埋込み深さをスラブ厚さ中央より上方にすべきであるという意見もある。本基準では、鉄筋の埋込み深さをスラブ表面から7.5cm以上、 $((\text{スラブ厚さ}) \div 2)$ 以下としたが、スラブのたわみは常に鉛直下方に生ずるとはかぎらず、荷重からある程度離れた所では上向きのたわみが生ずることも考えられ、スラブ中央に配置した鉄筋はこれら上下両方向のたわみに

対しても同等の抵抗力を有し、また土の隆起による上向きの土圧に対しても有利に作用すると考えられるので、鉄筋はなるべくスラブ中央付近に設置したほうが適当であろう。

縦方向鉄筋の継手は施工上必ず必要であって、これは重ね合わせによって行なうことにしているが、この継手部分での不適当な重ね合わせによって舗装が破壊した例もいくつかあるので、十分注意しなければならない。

重ね合わせ長さは付着強度に関連しており、その付着強度は鉄筋の形状およびコンクリートの強度の関数である。CRC舗装においてはコンクリート材令の初期に危険な力がコンクリートにかかるので、初期の付着強度が問題となる。したがって米国では、重ね合わせ長さを材令1日、3日および14日における試験によって求めることを原則としており、重ね合わせ長さの決定の基準となるものは次のとおりである。

- (a) コンクリートのあらゆる材令において、継手部分から離れた所に他のひび割れを発生させるに十分な長さとする。
- (b) 重ね合わせ部分の中央にあらかじめ設けられたひび割れの幅を1.27mm以上広げることなしに、材令14日で鉄筋を降伏点まで至らしめるに十分な長さとする。

本基準では、重ね合わせ長さとして、経験によって確認されている値を採用することにした。横方向施工目地は構造的欠陥となった例が多いので、この付近における継手の重ね合わせの長さは、通常の場合におけるその2倍とするのである。

なおちどり型配置とは、一車線において、縦方向鉄筋の3分の2以上の継手が舗装の縦方向中心線に直角な同一面上に配置されず、かつ各々の継手が縦方向に1.2m以上離れているものを言い、斜め型配置とは、継手が舗装の縦方向中心線に直角な線に最小30°の角度をなして斜めに配置されるものを言う。図-11にこの継手の2つの配置形式を示す。

5.4 横方向鉄筋

(1) 鉄筋量

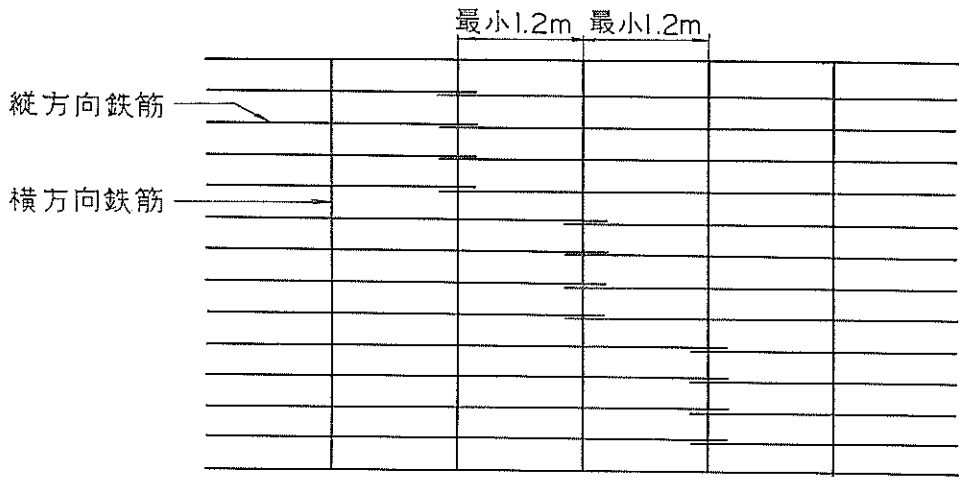
鉄筋量は、コンクリートスラブ断面積の0.08%を標準とする。

(2) 鉄筋寸法

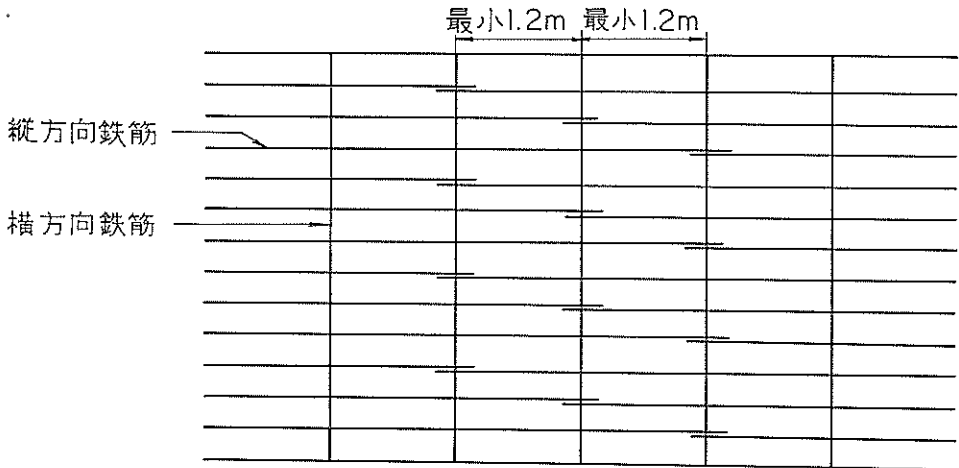
鉄筋の直径は、縦方向鉄筋の直径に関連して決定する。溶接鉄網の場合、その直径と縦方向鉄筋の直径との差は4mm以下でなければならない。

(3) 鉄筋間隔

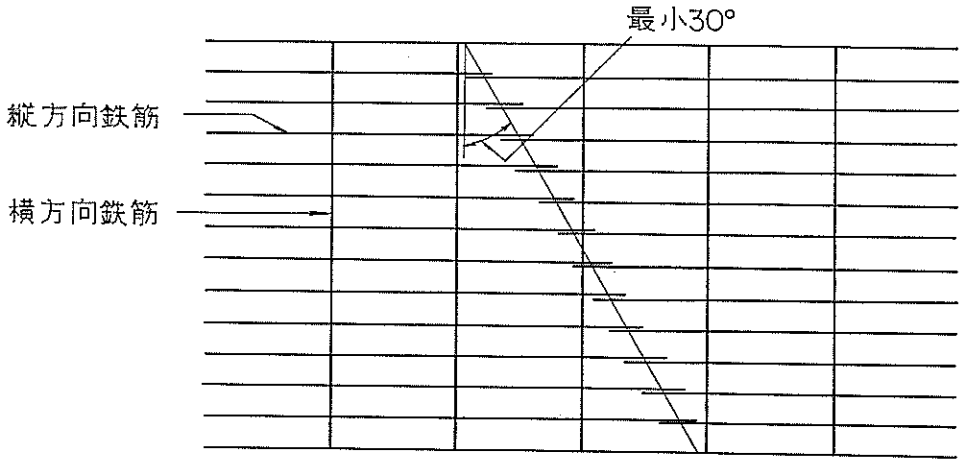
鉄筋の間隔は、縦方向および横方向鉄筋の直径に関連して決定するが、その最大値は152cmとする。



(a) ちどり型



(b) ちどり型



(c) 斜め型

図-11 重ね合わせ継手配置

(4) 鉄筋位置

鉄筋の埋込み深さは、縦方向鉄筋を下から支持するよう
に決め、タイバーとして使用される場合は、スラブ厚
さ中央とする。

かぶりの最小値は、5 cmとする。

〔解説〕

CRC舗装においても第3章に述べてあるような縦方
向目地が設計、施工される場合、横方向鉄筋は次のよ
うな役割を持つであろう。

(a) 縦方向鉄筋の所定の間隔を保持する。これは、縦方
向鉄筋を鉄線、留め金具または溶接で横方向鉄筋に取り
付けるのである。

(b) 従来のタイバーの代わりに、縦方向目地を横切ってタ
イバーとして作用する。

(c) 縦方向ひび割れを密閉する。

(d) 鉄筋のすえ付けをコンクリート打込み前にやる場
合、縦方向鉄筋の設置位置を保持するのを助ける。

したがって横方向鉄筋を用いるかどうかは、上記の役
割が要求されるかどうかにかかっているが、本基準で
は、いかなる場合もこれを用いることにする。またその
使用量であるが、上記の(b)および(c)の役割を果たすに足
るだけのものでも十分であろう。鉄筋量は、実際の施工例
では、縦方向鉄筋量の5分の1ないし10分の1となっ
ているが、本基準では、標準値としてスラブ断面積の0.08
%を採用した。

鉄筋の直径および間隔は、縦方向鉄筋の直径および鉄
筋をささえるチェアの配置間隔に左右される。すなわ
ち、縦方向鉄筋の直径が大きいほど、横方向鉄筋の直径
を大きくしなければならぬ。一方、横方向鉄筋の直径
を大きくすればするほど、その間隔およびチェアの配置
間隔は大きくてよい。縦方向鉄筋をささえて保持するた
めだけなら、横方向鉄筋の間隔は92cm以下である必要
はないと言われているが、いかなる場合も152cm以上で
あってはならない。溶接鉄網の場合、良好な溶接を確保
するために、横および縦方向鉄筋の直径の差を4mm以下
とするのである。

横方向鉄筋をタイバーとして使用する場合、図-12に
示すような配置にすればよい。

5.5 鉄筋の品質

鉄筋は、異形鉄筋を用いなければならない、その最小降
伏強度は4200kg/cm²とする。

〔解説〕

前述のようなCRC舗装の特性を十分に発揮させるた
めには、コンクリートと鉄筋の付着強度が十分であるこ
とが必要である。したがって鉄筋はすべて異形鉄筋を用

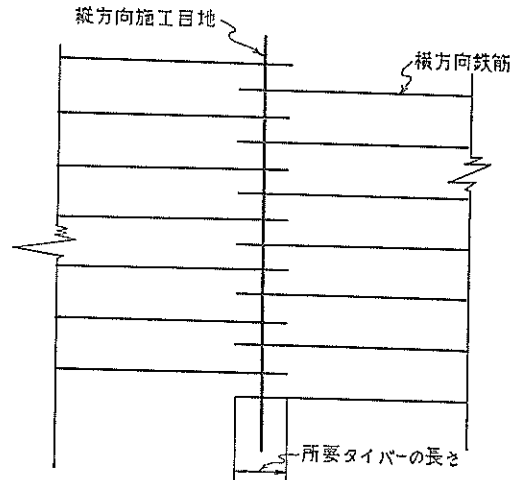


図-12 横方向鉄筋

いることにしたのである。この場合、工場で溶接した異
形鉄筋の網すなわち溶接鉄網を用いてもよいし、鉄筋を
現場で留め金具または鉄線で緊結して組み立ててもよ
い。

なお、最小降伏点の値は、経験的に採用されているも
のである。

5.6 目地

(1) 縦方向目地

目地の間隔および構造等は、第3章3-4に従うもの
とする。

タイバーを必要とする目地では、横方向鉄筋を所要タ
イバーの一部または全部に利用してもよい。

(2) 横方向目地

横方向収縮目地は、いっさい設けなくてよい。

毎日の施工終了時に、またはコンクリート打込み作業
が30分以上中断される場合、その部分に横方向施工目地
を設けなければならない。

目地は、縦方向鉄筋の貫通した突き合わせ型とし、縦
方向鉄筋量の33%以上のタイバーで補強するものとす
る。このタイバーの直径は縦方向鉄筋の直径と同一と
し、長さは92cmとし、間隔は適当な等間隔とする。

(3) 膨張目地

膨張目地は、舗装が他の構造物に接する部分、並びに
舗装が他の舗装と接する部分あるいはその付近に設けな
ければならない。

目地は、スラブ端部のみに設ける方式、スラブ端部と
更に緩衝用として適当な間隔で1~3個その付近に設け
る方式、あるいはスラブ端部と更にその付近のスラブ下
面に適当な定着装置を設ける方式、のいずれかを適用す

る。目地の開口幅は、通常20~40mmの範囲とし、25mmを標準とする。

目地の構造、間隔、方式、および定着装置の構造等の選定は、責任技術者の判断に従って決定されなければならない。

〔解説〕

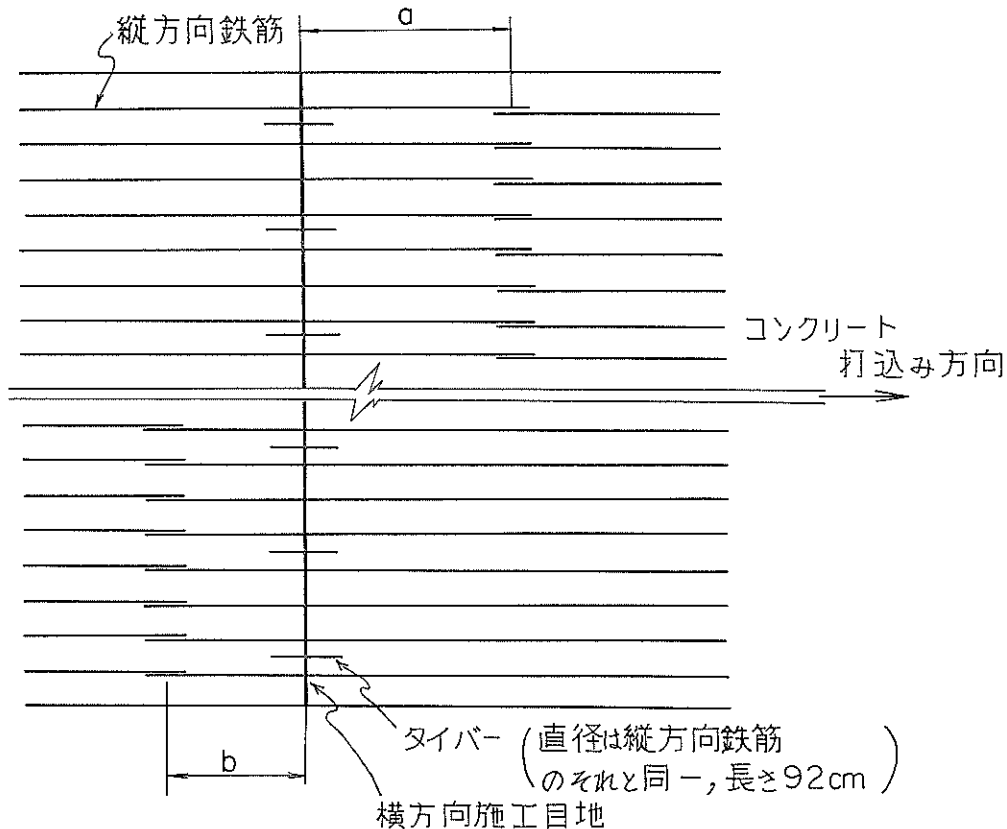
CRC舗装における縦方向施工目地および収縮目地の間隔、構造等は、NC舗装の場合のそれと同様とする。タイバーの代りに横方向鉄筋を利用してもよく、その配置は図-12に示してある。この場合、必要以上にタイバーとして横方向鉄筋を利用する必要はなく、またその逆に横方向鉄筋量が少ない場合、すなわち横方向鉄筋が所要タイバーの一部としてしか利用できない場合は、タイバーを適当に設けなければならない。

横方向収縮目地は、CRC舗装においては本質的にいっさい設けなくてよい。横方向施工目地は必ず必要で、経験によるとこの部分が弱点となった例も多いので、十

分注意して施工しなければならない。したがってこの部分はタイバーで舗装し、更に付近の鉄筋の継手の重ね合わせ長さは通常の場合より大きくするのである。施工目地に関する図を図-13に示す。

長大なCRC舗装においては、以前にも述べたようにスラブの両端120~150mが支持層に相対的に移動するのであって、これに対処するために膨張目地を設けるのである。膨張目地は舗装が他の構築物に接する部分、並びに舗装の交差部分にのみ設ければよい。舗装の交差部分における目地の配置は、NC舗装の場合のそれに従えばよい。膨張目地は、従来CRC舗装の最大の弱点の一つとされてきており、これの設計、施工は十分注意して行なわなければならない。

膨張目地の設置ないし構造方式として3種あるが、最近では第3の方法すなわち膨張目地をスラブ端部に設け、更にその付近のスラブ下面に適当な定着装置を設ける方式が適用されているようであり、また長大なスラブ



$a \leq 2.5 \text{ m}$ の場合、重ね合わせ長さは通常の場合の2倍

$b \leq 0.9 \text{ m}$ の場合、重ね合わせ長さは通常の場合の2倍

図-13 横方向施工目地

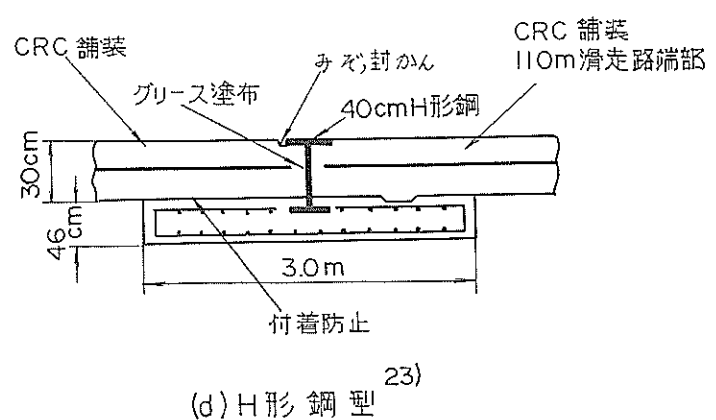
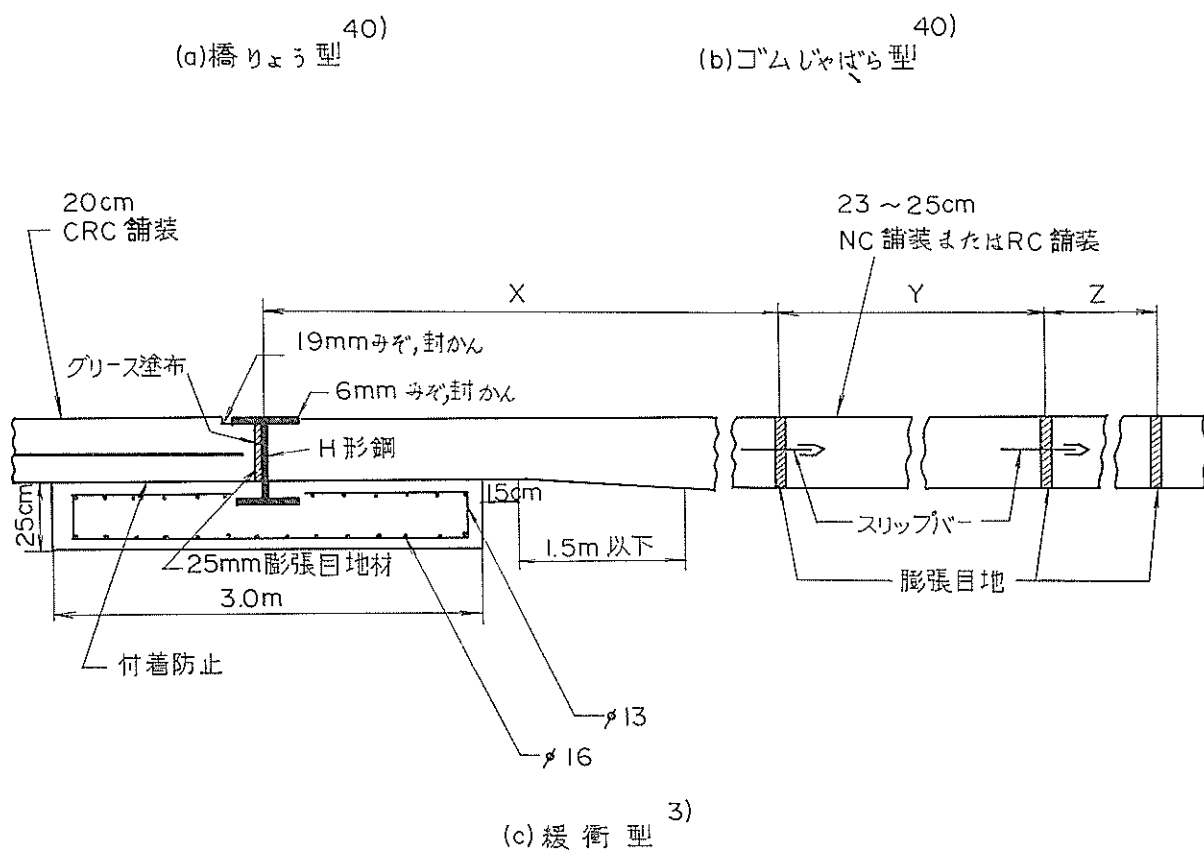
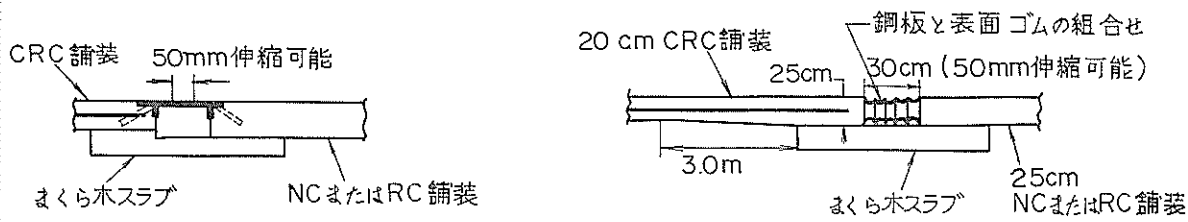
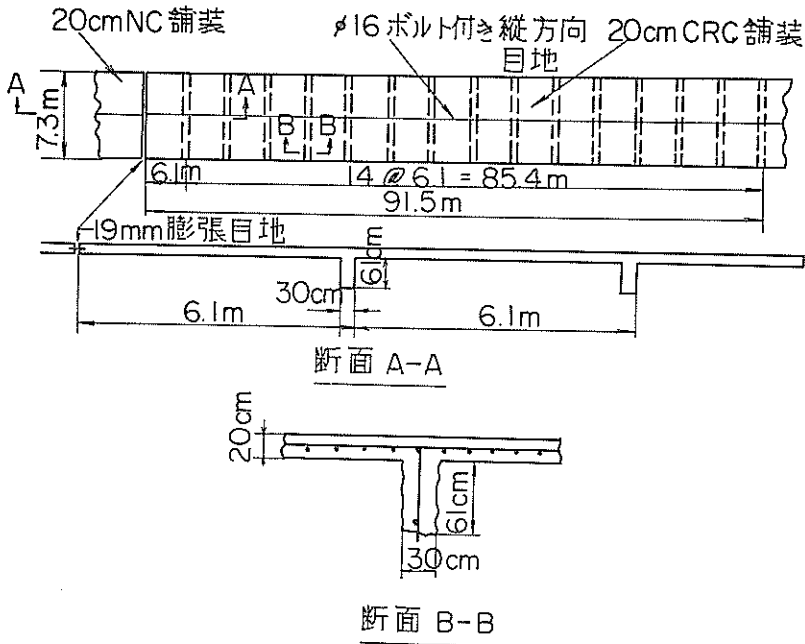
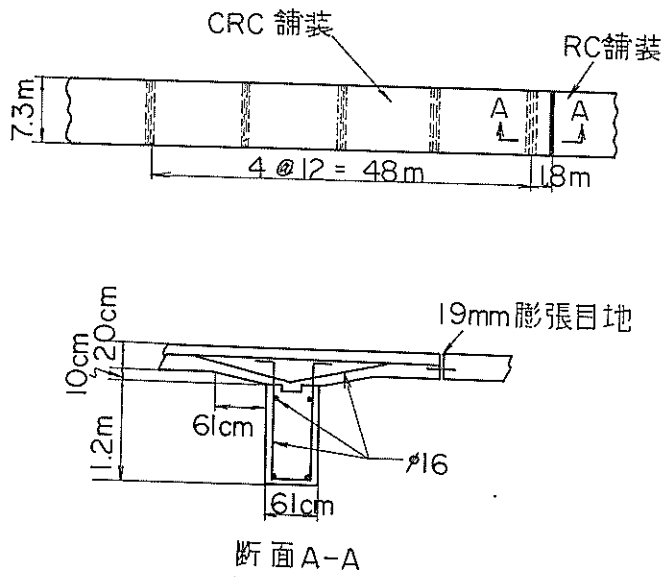


図-14 連続鉄筋コンクリート舗装の膨張目地

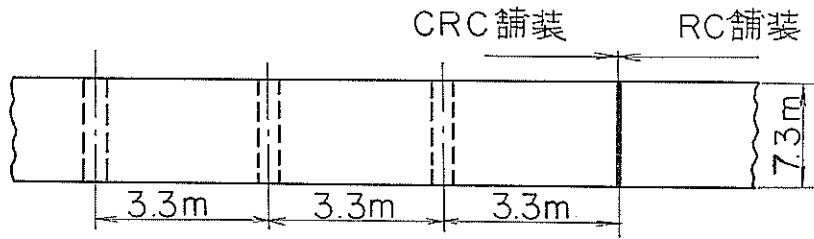
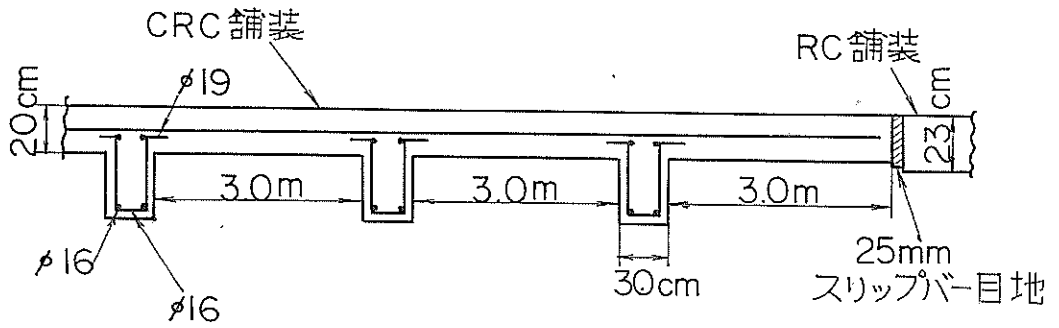


(e) 突起式定着型⁴⁰⁾

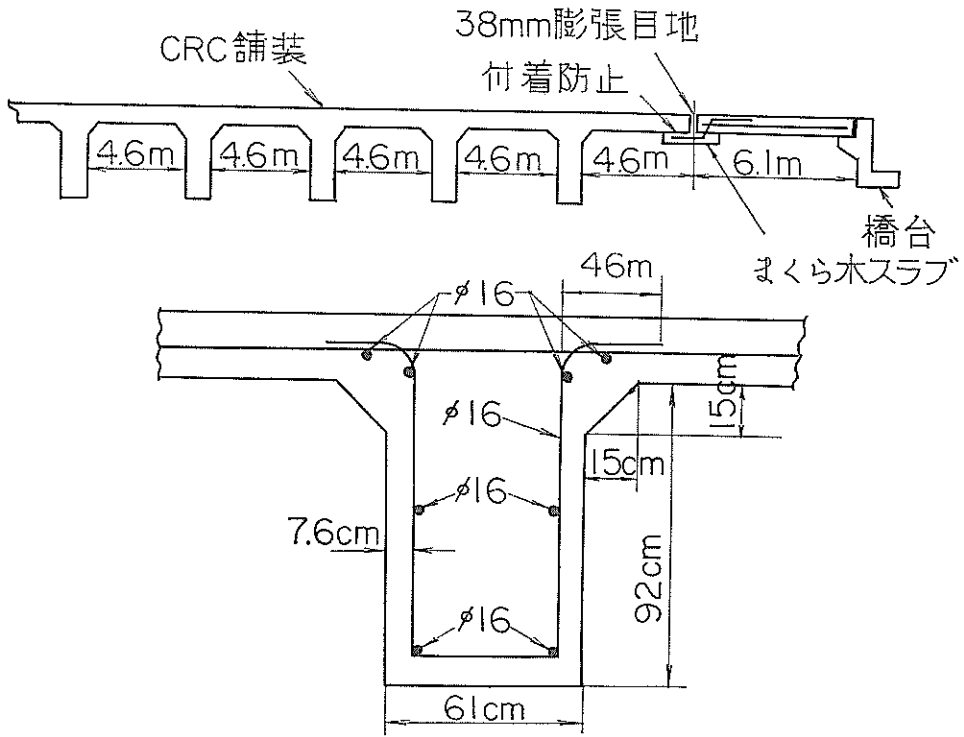


(f) 突起式定着型⁴⁰⁾

図-14 連続鉄筋コンクリート舗装の膨張目地 (続き 1)

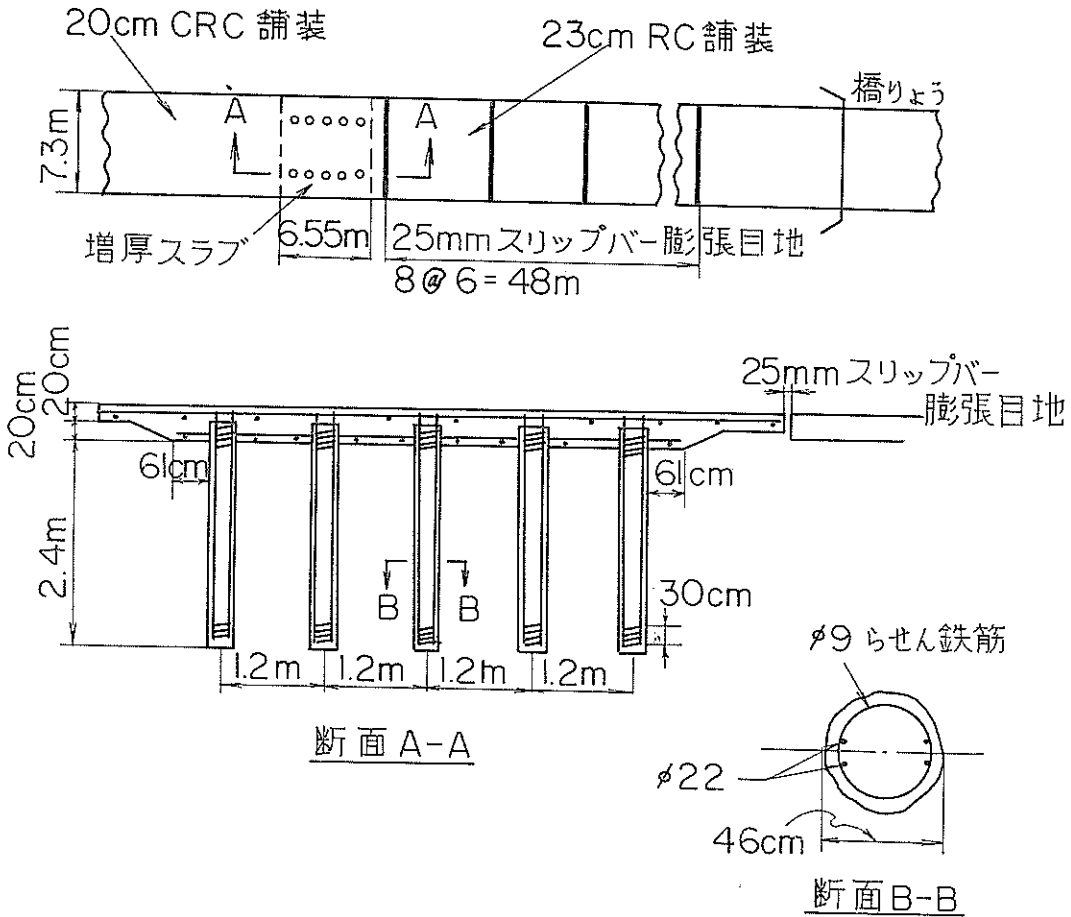


(g) 突起式定着型 41)



(h) 突起式定着型 42)

図-14 連続鉄筋コンクリート舗装の膨張目地 (続き 2)



(i) く い 式 定 着 型 ⁴³⁾

図-14 連続鉄筋コンクリート舗装の膨張目地 (続き3)

に対してはこの方式が適切であろう。

図-14に膨張目地の実施例を示す。これら実施例のうち(d)図のみが米国のシカゴのオヘア空港の滑走路におけるもので、他はすべて米国での道路舗装におけるものである。

第6章 かさ上げ舗装

6.1 概 説

この章では、既設舗装の構造的補強を目的とするコンクリートかさ上げ舗装について述べる。かさ上げ工法として、分離かさ上げまたは直接かさ上げのいずれかを適用するものとする。

〔解説〕

既設のコンクリート舗装またはたわみ性舗装が、現在使用中または使用予定の航空機に対して十分な強度を有

しない場合、あるいはその強度は十分であるがなんらかの理由で舗装表面を上げるかあるいははならず場合など、既設舗装上に被覆の舗装すなわちかさ上げ舗装を施すことが必要となる。本基準は、前者の場合すなわち既設舗装が構造的に欠陥を有する場合で、既設舗装の荷重支持能力の増加を目的とするかさ上げ舗装のみを対象としており、コンクリート舗装上のコンクリートかさ上げ、およびたわみ性舗装上のコンクリートかさ上げについて述べる。

かさ上げ工法として、既設舗装とかさ上げ舗装との間に歴青材料または粒状材料による分離層を設けて両舗装間の付着を断つ分離かさ上げ工法、既設舗装の上にかさ上げ舗装を直接敷設する直接かさ上げ工法、および既設舗装表面にセメントペーストやエポキシ樹脂等の接着材料を塗布した後にかさ上げ舗装を敷設して両舗装を完全

に付着させ一体とする付着かさ上げ工法の3種がある。付着かさ上げ工法は所要かさ上げ舗装厚さが最小で経済的であるが、その実施例も少なく、経験的な資料も少ないので、本基準では適用の範囲外とした。

新設のコンクリート舗装の場合と同様に、コンクリートかさ上げ舗装に鉄筋を設置することは、ひび割れの拡大を防止し、維持補修の問題の軽減に効果的である。かさ上げをNC舗装、RC舗装またはCRC舗装のいずれにするかは責任技術者の判断によるのであるが、舗装表面の平坦性やこう配等の条件からかさ上げ舗装厚さが制限され、厚さの減少を図る手段としてCRC舗装を適用しなければならぬ場合もあろう。またかさ上げにPC舗装を適用した例もあるが、本基準は、新設のコンクリート舗装の場合と同様にこれを対象外とした。

6.2 コンクリート舗装上のコンクリートかさ上げ

(1) かさ上げ工法の適用

かさ上げ工法の適用は以下を標準とする。既設舗装に限られた構造的欠陥のある場合は分離かさ上げを適用するものとし、その欠陥が補修可能な場合のみ直接かさ上げを適用してよい。

既設舗装に著しい構造的欠陥のある場合、あるいは既設舗装表面のひび割れ、はく離、および欠け等がかなり著しい場合は、分離かさ上げを適用しなければならない。

既設舗装のその他の状態の場合の工法の適用は、責任技術者の判断に従って決めなければならない。

(2) かさ上げ舗装厚さ

コンクリートかさ上げ舗装スラブの厚さは、図6-1および6-2の設計図表を使用して求める。係数“C”の値はそれぞれ次のとおりであり、これ以外のCの値を採用する場合は、責任技術者の判断に従ってこれを決め、補間法によってスラブ厚さを求めてよい。

C = 1 : 既設舗装スラブにほとんどあるいは全く構造的ひび割れがなく、スラブが良好な状態の場合

C = 0.75 : 既設舗装スラブが荷重による目地またはぐう角部での初期ひび割れを呈しているが、それらのひび割れが進行していない状態の場合

C = 0.50 : 多数の既設舗装スラブがひどいひび割れを呈しているが、スラブの大部分は完全で、初期ひび割れのみを呈している状態の場合。

C = 0.35 : 既設舗装スラブの大部分がひどいひび割れを呈しているか、または破壊している状態の場合

設計図を使用する手順は次のとおりである。

1. 図表の縦軸の等価単一コンクリートスラブ厚さから

右に水平に進み、 h_c 曲線との交点を求める。

2. その交点から下に垂直に進み、横軸との交点すなわちかさ上げ舗装スラブ厚さを読み取る。

コンクリートかさ上げ舗装スラブの最小値は、分離かさ上げの場合15cm、直接かさ上げの場合13cmとし、設計図表から得られた厚さが1cm以下の端数を伴う場合、それを切り上げて1cm単位の整数値とする。

これらの設計図表が利用できない場合、かさ上げ舗装スラブ厚さは、次式によって求めるものとする。

(i) 分離かさ上げ

$$h_o = \sqrt{h_d^2 - C h_c^2} \dots\dots\dots(6.1)$$

(ii) 直接かさ上げ

$$h_o = 1.4 \sqrt{h_d^{1.4} - C h_c^{1.4}} \dots\dots\dots(6.2)$$

ここで

h_o : かさ上げ舗装のコンクリートスラブの厚さ, (cm)

h_d : 既存の支持層上に直接敷設されると仮定し、かさ上げコンクリートの強度を用いて設計したコンクリートスラブの厚さ、等価単一コンクリートスラブ厚さと称す, (cm)

h_c : 既設舗装のコンクリートスラブの厚さ, (cm)

C : 既設舗装の状態によって決定する係数で前述の値連続鉄筋コンクリートかさ上げの場合のコンクリートスラブの厚さは、以上の方法で求めた厚さの85~90%とする。

分離かさ上げ舗装の分離層の厚さは、責任技術者の判断に従って決定しなければならない。

(2) かさ上げ舗装における鉄筋

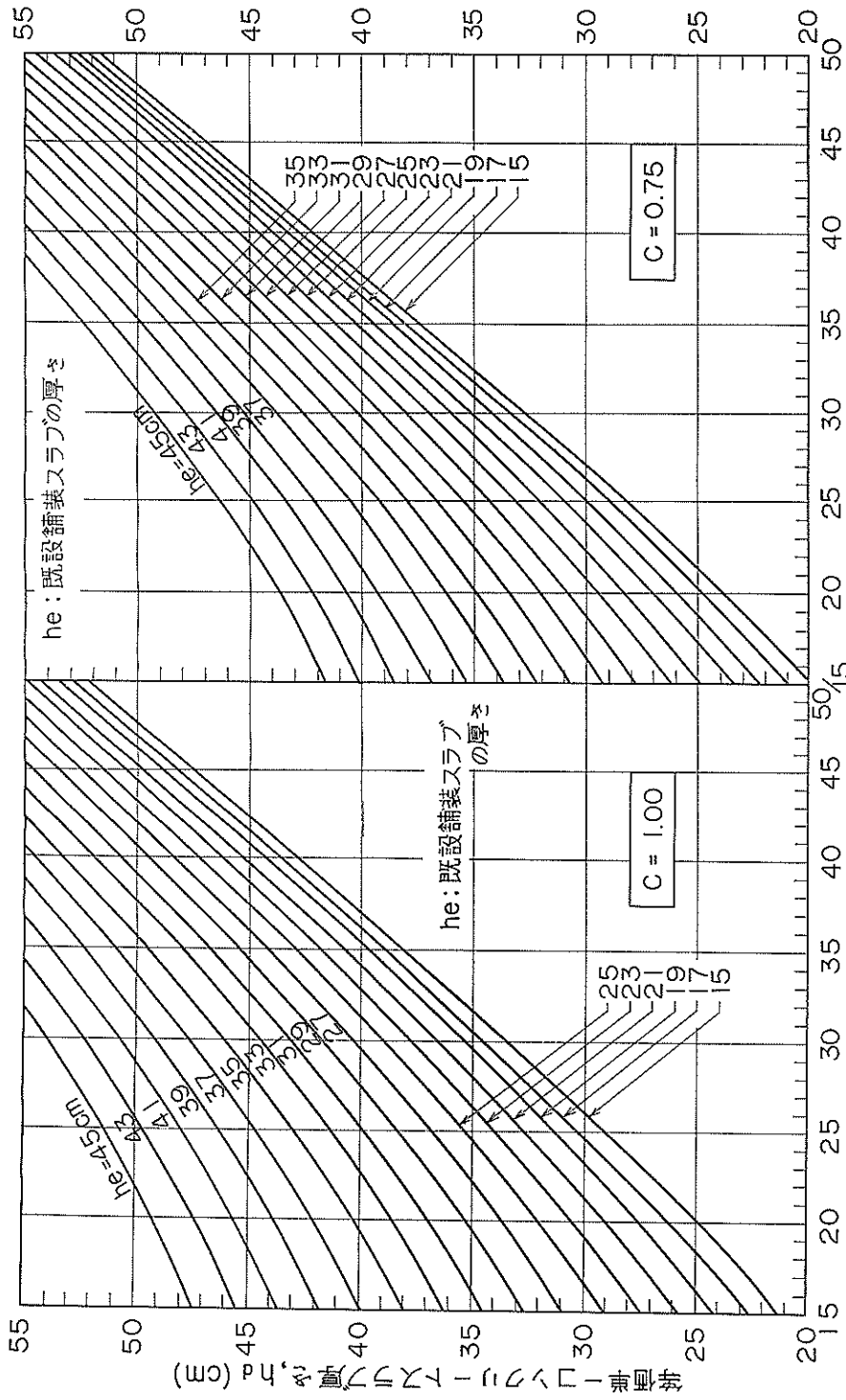
かさ上げ舗装が、エプロン、誘導路、または滑走路の交差部を横断して連続する場合はその目地間隔に関係なく、また既設舗装がひどいひび割れまたは破壊を呈している場合すなわちCの値が0.35以下とみなされる場合は、かさ上げコンクリートスラブに鉄網または鉄筋を設置することを原則とする。

鉄筋量、鉄筋寸法、鉄筋間隔、鉄筋設置位置等の設計は、第3、4および5章に従って行なうものとする。この場合、鉄筋量の算定には次の事項を基礎にする。

(i) 既設舗装に鉄筋が用いられており、コンクリートスラブに鉄筋の降伏を示すような広いひび割れがない場合は、かさ上げ舗装スラブの厚さのみをコンクリートスラブ厚さとする。

(ii) 既設舗装に鉄筋が用いられており、コンクリートスラブに鉄筋の降伏ないし破断を示すような広いひび割れがある場合は、既設舗装とかさ上げ舗装のスラブの合計厚さをコンクリートスラブの厚さとする。

(iii) 既設舗装に鉄筋が用いられていない場合は、既設



かき上げコンクリートスラブの厚さ, h_o (cm)
 図6-1 (a) コンクリート舗装上のコンクリートかさ上げの設計図表
 分離かさ上げ ($h_o = \sqrt{h_o^2 - C h_e^2}$)

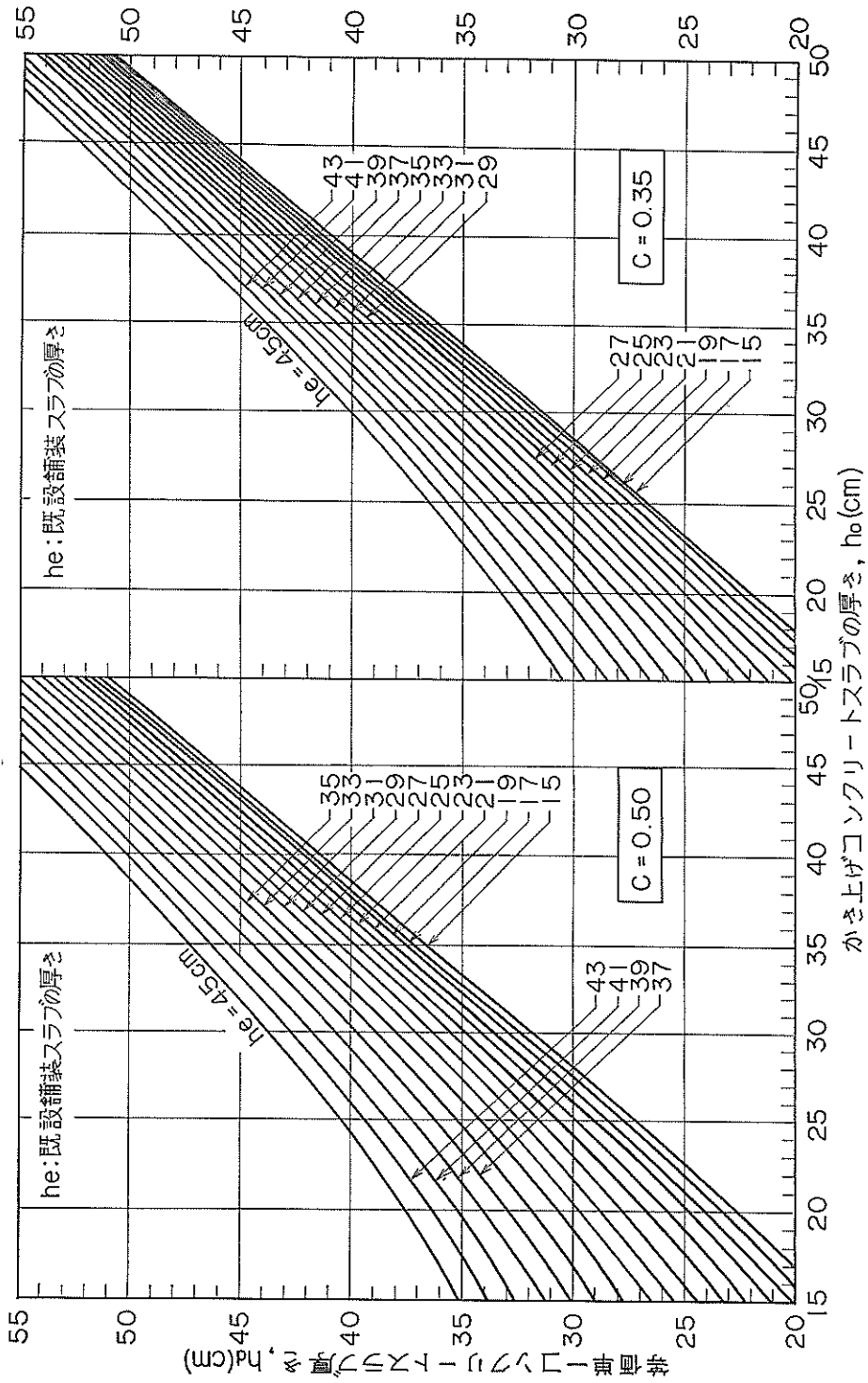


図6-1 (b) コンクリート舗装上のコンクリートかさ上げの設計図表

分離かさ上げ ($h_o = \sqrt{h_c^2 - Ch_c^2}$)

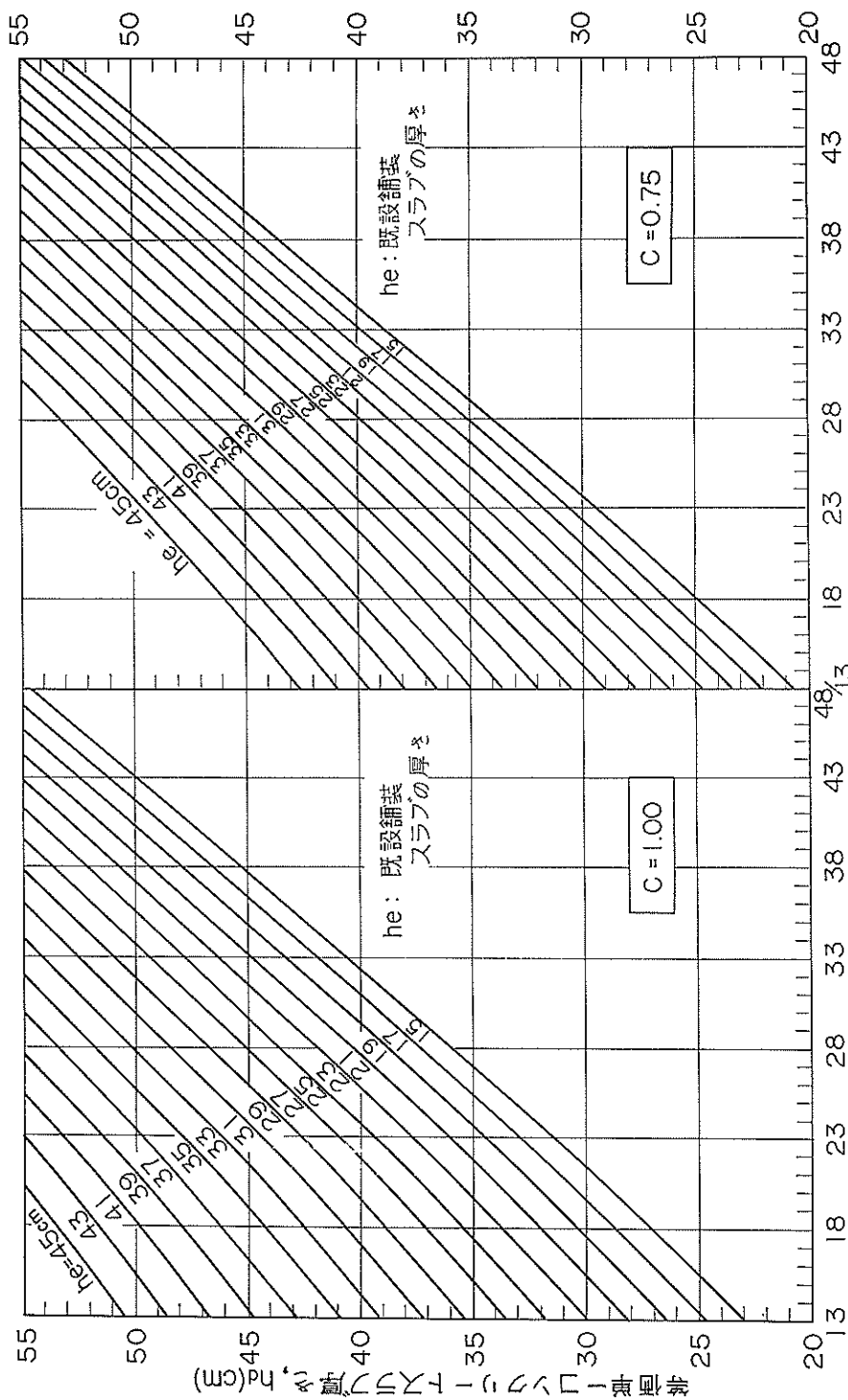


図6-2 (a) コンクリート舗装上のコンクリートかさ上げの設計図表
 直接かさ上げ ($h_0 = 1.4 \sqrt{h_d^{1.3} - C h_e^{1.3}}$)

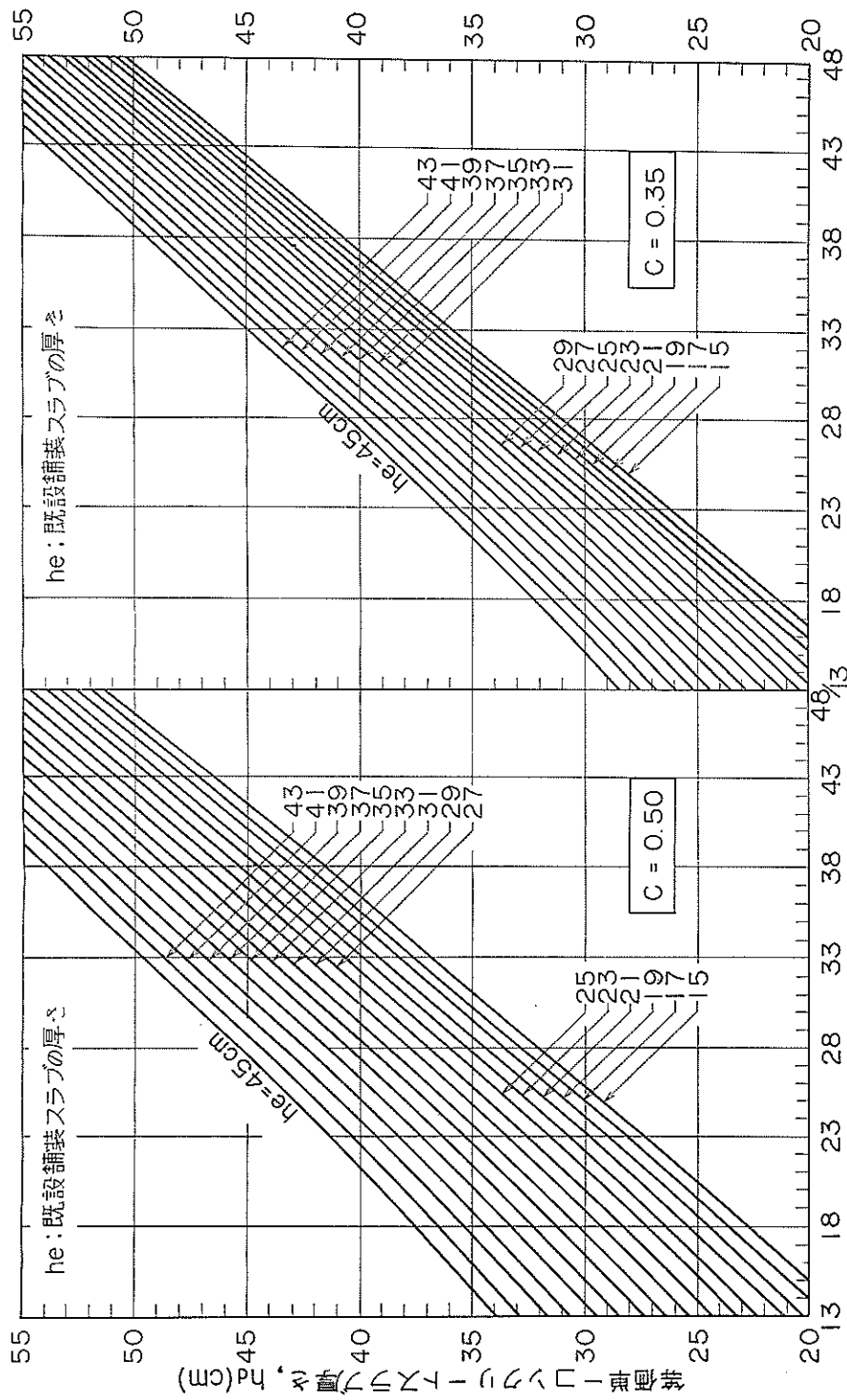


図6-2 (b) コンクリート舗装上のコンクリートかさ上げの設計図表
 直接かさ上げ ($h_0 = 1.4 \sqrt{h_0^3 - 4Cht^{1.4}}$)

舗装とかさ上げ舗装のスラブの合計厚さをコンクリートスラブの厚さとする。

(4) かさ上げ舗装目地

かさ上げ舗装の目地の構造は、既設舗装のそれと一致させる必要はない。一方、目地の位置は一致させることを原則とするが、分離かさ上げの場合はこのかぎりではない。

膨張目地は、その間隔を既設舗装のそれより長くしてよく、または舗装の交差部分や構造物と接する部分以外は省略してもよい。

タイバーおよびスリップバーの設計で、その所要量の算定の基礎となるコンクリートスラブの厚さは、前記(3)に従うものとする。

その他、目地の構造および配置、タイバーおよびスリップバーの設計は、第3、4および5章に従って行なうものとする。

〔解説〕

分離かさ上げとするか、直接かさ上げとするかは、既設舗装の破壊の状態によって判断して定めるのである。

コンクリートかさ上げ舗装の設計は、既設舗装とかさ上げ舗装の剛性が同一で、両舗装間に付着が存在せず、かつ両舗装が荷重下で同量だけたわむ2つの独立したはりとして作用するものと仮定し、両舗装の2つのスラブを組み合わせたものの強度は、それぞれのスラブの厚さの2乗の和の平方根に等しい厚さを持つ単一スラブの強度に等しいという考え方によって行なわれてきた。しかしこの考え方による設計は、分離かさ上げの場合はほぼ正しいが、直接かさ上げや付着かさ上げの場合にはあまりにも安全側にあり、更にいずれの場合にも既設舗装の状態を評価する係数を導入する必要があることが、経験的にも実験によっても明らかとなった。そこでその係数として“C”が採用され、実験および経験によって求められた(6.1)および(6.2)式が提案されたのである。本基準の設計図表は、これらの式から作成されたものである。

この方法で求めたスラブ厚さは、NC舗装およびRC舗装に対するもので、かさ上げをCRC舗装で行なう場合は、そのかさ上げ舗装スラブの厚さは、新設のCRC舗装の場合と同様な考え方になり、前者の値の85~90%とするのである。

分離かさ上げの場合の分離層としてはアスファルトコンクリートが実用的であると言われているが、その厚さについての資料は少ない。米国の空港でこれを2.5cmとした例があり、その結果は良好とのことである。

前にも述べたように、かさ上げ舗装に鉄筋を用いるかどうかは、責任技術者が定めることであるが、鉄筋また

は鉄網を用いる場合、その鉄筋量は、既設コンクリート舗装の型およびその破壊等の状態によって左右される。既設舗装の状態が悪いほど、鉄筋量は大きくしなければならない。

既設舗装の目地に相当する箇所ではかさ上げ舗装にひび割れが発生する。すなわち反射ひび割れのおそれがあるので、直接かさ上げの場合はその目地を既設舗装のそれと一致させて配置しなければならないのである。この反射ひび割れは、既設舗装のひび割れについても言えることである。一方分離かさ上げの場合でも、その分離層の厚さが薄い場合は、目地配置を一致させる必要がある。分離層の厚い分離かさ上げにおいては、目地配置を一致させる必要はなく、この場合は既設舗装の目地配置とは無関係に、新設舗装と同様に目地の間隔と型を決定することができる。しかし分離層の薄い厚さをどこで判定するか、すなわち完全に効果的な分離層の最小厚さを断定するには資料が乏しい。したがってこれも責任技術者の判断に従うのであるが、米国の一例では、加熱混合式アスファルトコンクリートの分離層で、これを3cmとしている。

6.3 たわみ性舗装上のコンクリートかさ上げ

既設のたわみ性舗装を路盤とみなして、新設のコンクリート舗装と全く同様な方法に従って設計する。

支持力係数は、既設のたわみ性舗装上で、平板載荷試験を行なって決定しなければならない。この場合、年間を通して最も暑い期間の平均的気温と同程度の気温の下で試験するのが望ましい。

〔解説〕

支持力係数を求める場合、その値は気温の影響を受けやすく、夏季に小さく冬季に大きな値を示すことが知られているので、年間を通して最も暑い期間の平均的気温と同程度の気温の下で試験して決定するのが適当と考えるのである。

おわりに

まえがきの項でも述べたとおり、本提案は、今までの文献調査、それも米国のものが中心であるが、に基づいてなされたものであって、これを書き終えた今、筆者自身、疑問に感じるところも少なからずあることはいえない。それというのも、わが国における空港舗装あるいは道路舗装の技術者の舗装技術に関する貴重な体験談あるいは考え方を拝聴する機会を得、本提案にもられた種々の事項をもっと研究的立場に立って調査究明する必要があることを痛感したからである。

たとえば、路盤について、本提案では路盤を設けない

ことを原則とするような規定をしているが、実際には、 $K_{75} \geq 7 \text{ kg/cm}^3$ (直径75cm載荷板によるK値) なる路盤を20~25cm 設ける例が多く、主要空港で路床があまり良好でない場合、ポンピング現象等を避けるために路盤厚さを30cm とすべきであるという意見もある。もっともこの $K = 7 \text{ kg/cm}^3$ という値は、セメントコンクリート舗装要綱に準拠して決められたものである。またコンクリートの曲げ強度について、材令による強度増加を期待して、設計基準曲げ強度として材令28日の曲げ強度の10~14%増しを採用してもよいとしているが、この材令による強度増加はほとんど期待できないという意見もある。またかぎ型目地 (かみ合わせ目地とも称される) については、その効果の疑問性および施工の煩雑性から、これを適用しないほうがよいということが言われており、道路舗装でもこれを用いていない。その他、コンクリートの安全率と疲労強度との関係およびそれに関連して舗装の耐用年数の値の妥当性、滑走路の横方向の荷重分布についての実測資料の収集、分離かさ上げ工法の効果的な分離層の厚さの決定、良質の接着材料が容易に入手できる現在での付着かさ上げ工法の研究等、その解明が急がれている。更にもっと大きな重要な問題として、PC舗装の設計の基準化がある。PC舗装の有利性は空港舗装においていっそう発揮されるということは以前から言われているのであるが、今だにその実施例は一例を見るにすぎず、本格的な研究が待たれるのである。同様に、本提案には含まれているが、わが国における実施例の少なさからしても、CRC舗装についても、本格的な研究が必要であることは言うまでもない。

要するに本提案は、より妥当な空港コンクリート舗装の構造設計法の確立のための改訂ないしは修正用のものであることを強調したい。本提案は、本設計法が単なる一個人の独断や外国技術の紹介ではなく、わが国のあらゆる報告、論文を検討し、各技術者の貴重な経験と知識を加え、同時に入手しうる世界の技術のすべてを導き出したものに育っていくための第一歩となることがその使命である。そのためには、空港舗装技術に携わる各技術者のいっそうの自覚を期待してやまない。

終りに、用語、試験法等、本提案に関連した資料を付録として以下説明し、参考文献の項にコンクリート舗装の設計法に関係した単行本を列挙しておいた。

付録. 1 用語

本提案の用語を次のように定義する。

責任技術者——工事に責任を持つ技術者を言う。

標準舗装区域——航空機が低速で走行するか、または駐

機するエプロン、誘導路および滑走路末端部 (滑走路の端から300 mまでの部分) 等の舗装区域を言う。

標準外舗装区域——航空機が高速で走行する滑走路中央部、および全備総重量より小さい航空機荷重が作用する航空機整備地域エプロン等の舗装区域を言う。

コンクリート——セメント、細骨材、粗骨材および水を練り混ぜてできたものを言う。混和材料を含んでいてもよい。

コンクリート舗装——セメントコンクリートの剛性スラブまたは一連のスラブを言い、自然土の路床上または敷きならされた路盤上に敷設され、交通荷重を支持するように設計される。

無筋コンクリート舗装——コンクリート舗装の一種で、コンクリートスラブ中に補強用の鉄筋等がいっさい設置されていないものを言う。ただし、ひび割れを密閉して、コンクリートがひび割れの縁部で欠け落ちたり、ひび割れが隣接スラブに発生するのを防止するために、直角2方向にそれぞれコンクリート断面積の0.05%程度の鉄網を設置したものは無筋コンクリート舗装とする。NC舗装と称してよい。

鉄筋コンクリート舗装——コンクリート舗装の一種で、コンクリートスラブに、スラブと支持層との摩擦抵抗に耐えるに必要なだけの鉄筋を縦横両方向に設置したものを言う。RC舗装と称してよい。

連続鉄筋コンクリート舗装——コンクリート舗装の一種で、コンクリートスラブの内部応力によるひび割れを縦方向鉄筋によって構造的欠陥とならない程度のひび割れ幅で分布させるために、コンクリートスラブに、スラブの内部応力に耐えるに必要なだけの鉄筋を縦方向に連続して設置し、横方向収縮目地を全く省略したものを言う。横方向にも鉄筋を設置する。CRC舗装と称してよい。

プレストレストコンクリート舗装——コンクリート舗装の一種で、スラブにPC鋼材またはジャッキ等によってスラブに発生する引張応力の一部に耐えるのに必要なプレストレスを縦方向に与え、横方向収縮目地を全部または一部省略したものを言う。横方向にもプレストレスを導入する。PC舗装と称してよい。

設計基準曲げ強度——コンクリートスラブの設計において基準としたコンクリートの曲げ強度を言う。

コンクリートスラブ——目地または自由端部で囲まれたコンクリート舗装の単一体で、その範囲内ではコンクリートの引張応力の連続性が可能となっている。

スラブ長さ——ひび割れない舗装において、あらゆる種類の隣接横目地間の距離を言う。

ひび割れ——コンクリートの引張応力がコンクリートの引張強度をこえたときに発生するコンクリート舗装内の永久割れ目または開口割れ目を言う。

たわみ性舗装——歴骨材料、適当な粒状材料の基層、および多くの場合粒状路盤から成る舗装を言う。

目地——舗装の連続性を中絶する隣接スラブの施工接続箇所を言う。

縦方向目地——コンクリートスラブ敷設車線に平行な方向に設けられる目地を言う。

横方向目地——コンクリートスラブ敷設車線にほぼ直角な方向に設けられる目地を言う。

施工目地——一日の作業の終り、機械装置の故障、または材料運搬の遅れのようなコンクリート打込み作業の停止の際に、あるいは舗装機械の構造上必要とされる目地等、施工上の都合で設けられる目地を言う。

収縮目地——コンクリートの収縮によるひび割れを防ぐために、コンクリートの引張応力を安全内に制限するように設けられる目地を言う。

膨張目地——舗装の膨張に間げきを与え、それによって有害量の圧縮応力の発達を防ぐために設けられる目地を言う。これは収縮目地としての機能も有する。

突き合わせ型目地——施工目地の一種で、新しいコンクリートを舗装面に垂直な硬化コンクリートに面して打ち込んで作る目地を言う。

かぎ型目地——施工目地の一種で、コンクリートスラブ厚さ中央において、一方のスラブに突出部を、他方のスラブにその突出部用のみぞを作った目地を言う。

盲みぞ型目地——収縮目地の一種で、コンクリートスラブ表面に、そのスラブ厚さの5分の1程度の深さのみぞを作った目地を言う。

のこみぞ型目地——収縮目地の一種で、コンクリートスラブ表面に、そのスラブ厚さの5分の1程度の深さのみぞをコンクリート硬化後コンクリートカッターで作った目地を言う。

既製目地板型目地——収縮目地の一種で、コンクリートスラブ厚さの5分の1程度の深さの既製の目地板をスラブ表面に埋め込んだ目地を言う。

異形金属板型目地——収縮目地の一種で、支持層上に異形の金属板を立てて、コンクリートスラブ中に埋め込んだ目地を言う。

スリッパ型目地——膨張目地の一種で、目地材を間に設置した突き合わせ型目地の、スラブ厚さ中央にスリッパを設けた目地を言う。

端部増厚型目地——膨張目地の一種で、スラブ端部の厚さを増した目地を言う。

鉄筋——ひび割れ部での隣接スラブの面の接触を緊密にし、スラブの一体化を図るために、または適当な間隔で構造的欠陥とならない程度の幅のひび割れを発生させるためにスラブに埋め込まれる鋼材を言う。

普通鉄筋——JIS G 3112-1964 鉄筋コンクリート用棒鋼に適合する、リブまたはふしなどの表面突起のない表面平滑な丸棒鋼を言う。

異形鉄筋——JIS G 3112-1964 鉄筋コンクリート用棒鋼に適合する異形棒鋼を言う。

鉄綱——鉄筋を直角2方向に溶接またはなまし鉄線で緊結して組み立てたものを言う。

タイバー——目地を横切って隣接コンクリート舗装スラブ厚さ中央に埋め込まれ、突き合わさったスラブを互いに保つように設計された異形鉄筋を言う。

スリッパ——目地を横切って隣接コンクリート舗装スラブ厚さ中央に一方で固定され、他方で自由になるように埋め込まれ、一方のスラブの荷重を他方のスラブに伝達するように設計された普通鉄筋を言う。

路床——人工的に処理しない天然自然のままの土の部分、たとえば切土区間の天然のままの地山の部分、または盛土区間の締固め盛土部分などの路盤の下の部分を言う。

路盤——排水の改善、凍害の減少、ポンピング作用の防止、容積変化の大きい路床土の含水量抑制、または支持力増加などのために、路床とコンクリートスラブの間にならして締め固められる選択材料または特定材料の比較的薄い層を言う。

しゃ断層——下層の細粒路床土が上層の路盤にかなりの距離だけ上方向に浸入するのを防止し、有害なポンピング作用を防止するために路床上に置かれる路盤を言う。

支持力係数——路床または路盤の支持力を表わす係数で、平板載荷試験によって載荷板に荷重を加えて荷重強度と沈下量との関係を求め、ある沈下量で、その沈下量に対応する荷重強度を割った値 (K 値と称す) で表わす。

排水——舗装の十分な性能を確保するために必要な、路床または路盤の上または中に水が集積するのを抑制することを言う。

凍結融解作用——土中の水分の凍結、融解、移動およびそれに伴う土の物理的性質の変化を含んだ現象を言う。

ポンピング作用——路床土と水が、交通荷重下の舗装の縁部、ひび割れまたは目地部で表面へ押し上げられる懸濁液を形成する過程を言う。

膨張収縮作用——種々の土中含水量によって引き起こされる土の容積変化の一般的はんちゅうの一部を表わす現象を言う。

かさ上げ舗装——十分に荷重を支持しえないほどに損傷を受けている舗装の荷重支持能力の増加を図るために、または設計時より大きい設計荷重に対して舗装を構造的に補強するために既設舗装の上に敷設される舗装を言う。

コンクリートかさ上げ——セメントコンクリートから成るかさ上げ舗装を言う。

既設舗装——かさ上げ舗装の場合の、その上にかさ上げ舗装が施工される既設の舗装を言う。

分離かさ上げ——既設舗装とかさ上げ舗装との間に歴青材料または粒状材料による分離層を設けて、両舗装間の付着を断つ工法を言う。

直接かさ上げ——既設舗装の上にかさ上げ舗装を直接敷設する工法を言う。

付着かさ上げ——既設舗装表面にセメントペーストやエポキシ樹脂等の接着材料を塗布した後にかさ上げ舗装を敷設して、両舗装を完全に付着して一体とする工法を言う。

付録. 2 平板載荷試験方法

本提案ではK値の測定は本方法に従うことを規定しているが、この方法は JIS A 1215-1953 道路の平板載荷試験方法に準拠したものである。

1. 試験場所の準備

載荷試験を行なおうとする路床または路盤は平たんにし、載荷板が部分的な点支持とならないよう、すわりをよくするために乾燥した細砂を薄く必要がある。この細砂層の厚さは、普通5mm以下とする。

2. 試験用具

載荷板……厚さ22mm以上、直径75cmの鋼製円板と、厚さが22mm以上で直径が60cm、45cmおよび30cm程度の鋼製円板。

ジャッキ……容量5～40tで、精度1/100以上のブルーピングリングまたは圧力計付きのもの、ジャッキと荷重装置との間に鋼球を入れるなどして、偏心荷重が働かないようにしなければならない。

ダイヤルゲージ……働長20mm以上で、1/100mm読みのもの2個。

ダイヤルゲージ取付け装置の支持脚……載荷板の沈下量を測るダイヤルゲージを支持する装置で、その支持位置を載荷板中心から2.4m以上離して置くことができるもの。

荷重装置……自動車またはトレーラーのようなもので、所要の反力が得られる装置。ジャッキの反力の支持位置は、載荷板中心から2.4m以上離れた所になければならない。

3. 荷重の適用

直径75cmの載荷板を一番下に、その上に小さい直径の載荷板を、たとえば直径60cm板、45cm板、30cm板のいずれかを少なくとも2枚、中心を合わせて順次積み重ね、試験箇所を設置する。

ダイヤルゲージ2個を、直径75cm載荷板の直径線上で、板の縁から6mm以内に取り付け、ジャッキを載荷板の中心に正しく設置する。

載荷板を安定させるために、あらかじめ0.35kg/cm²すなわち1546kgの荷重をかけてから荷重を取り去り、ダイヤルゲージの読みを取り、沈下の原点とする。

0.35kg/cm²ずつ荷重を増加していき、沈下の進行が止まるのを待って荷重の強さと沈下量の読みを取る。ここで沈下の進行が止まるとは、1分間の沈下量がその荷重強さによるその段階における沈下量の1%以下になるときを言う。この方法を段階的に進めていく。

沈下量が1.5cmに達するか、あるいは荷重強さが現場で予想される最も大きい接地圧力の大きさ、または路床、路盤の降伏点をこえれば荷重をかけることをやめる。

4. 試験結果の判定

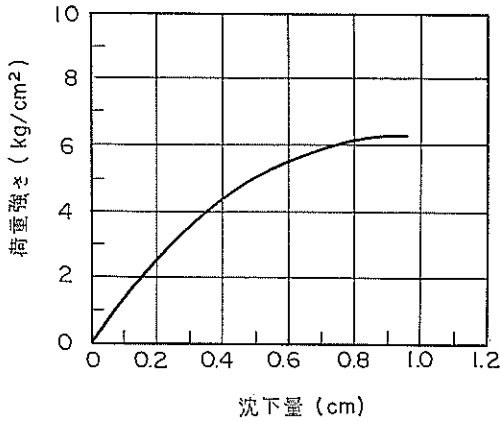
試験結果は表-A 1のように整理する。

表-A 1 から図-A 1のような荷重沈下曲線を描く。図-A 1の曲線から、沈下量0.125cmのときの荷重強さ

表-A 1 平板載荷試験成績表

載荷板の直径	75cm	試験番号	
載荷板の面積	4417.9cm ²	気温	
測定日	年 月 日	天候	
測定地点		路床路盤の密度と含水量	
測定開始および終了時間		測定者	

時 間	荷 重			沈 下			
	ブルーピングリングの読み	全荷重 (kg)	荷重強さ (kg/cm ²)	ダイヤルゲージの読み			沈下量 (cm)
				左	右	平均	
0'—0"	0	0	0	5	7	6	0
⋮	⋮	1546	0.35	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	3093	0.70	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮



図一A 1 荷重沈下曲線

を求め、次のように計算する。

$$K' = \frac{\text{沈下量}0.125\text{cmに対応する荷重強さ}(\text{kg}/\text{cm}^2)}{0.125}$$

5. 試験結果の補正

平板載荷試験を行なう場合、そのときの路床または路盤の状態が、舗装の耐用年数内の最悪を示しているとは限らない。したがって、測定した支持力係数を最悪の状態のときの値に補正することが設計上必要となる。この補正された支持力係数を設計支持力係数と称し、この値を設計計算に使用する。

5-1 路床の場合

路床の設計支持力係数を求めるには、次のいずれかの方法による。

(a) 圧密試験による

路床土の代表的な乱されない試料を採取し、自然状態のままの圧密試験と、 $0.35\text{kg}/\text{cm}^2$ の荷重をかけて4日間吸水させた後の圧密試験を行なう。その結果を図一A 2のように描く。

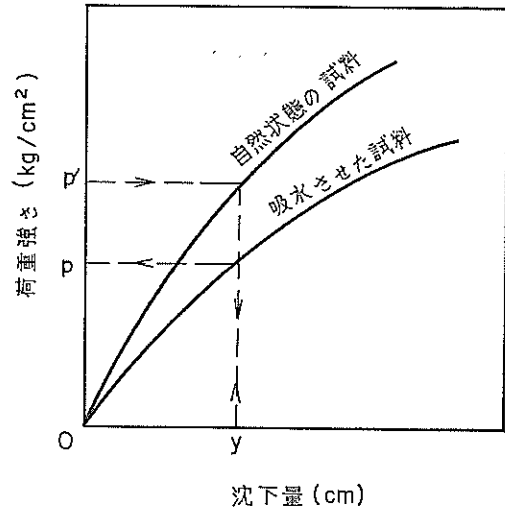
前述の4で求めた K' の荷重強さを p' kg/cm^2 とし、図一A 2から、自然状態のままの試料が p' kg/cm^2 の荷重を受けるときに生ずる沈下量 y cm を求め、次に、吸水させた試料が y cm の沈下を生ずるときに荷重強さ p kg/cm^2 を求める。

設計支持力係数、 K は次式で計算する。

$$K = K' \frac{p}{p'}$$

(b) CBR試験による

平板載荷試験を行なった付近から、CBRのモールドで乱さない試料2組を採取し、1組はそのまま他の1組は4日間水浸後にそれぞれCBR試験を行なう。この場合貫入ピストンの貫入量は 0.125cm とする。



図一A 2 圧密試験結果

設計支持力係数、 K は次式で計算する。

$$K = K' \frac{\text{水浸CBR}}{\text{自然状態のCBR}}$$

5-2 路盤の場合

平板載荷試験を行なった付近から、CBRモールドで乱さない試料を2組採取し、1組はそのまま、他の1組は4日間水浸後それぞれCBR試験を行なう。この場合、貫入ピストンの貫入量は 0.125cm とする。

設計支持力係数、 K は次式で計算する。

$$K = K' \frac{\text{水浸CBR}}{\text{自然状態のCBR}}$$

付録. 3 路盤効果

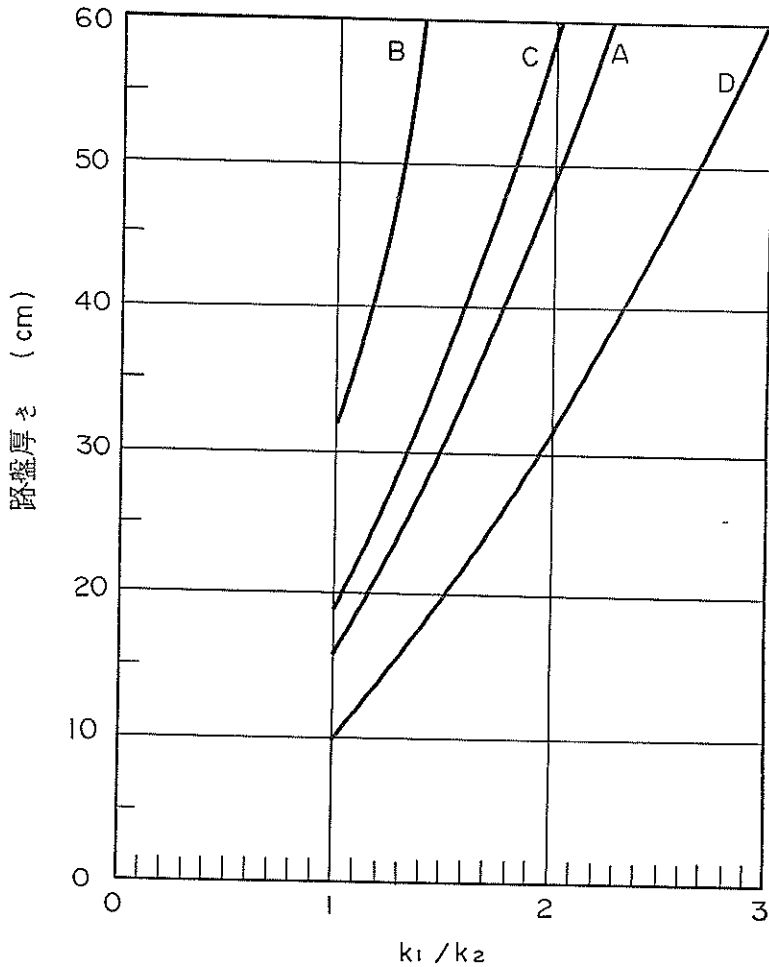
路盤の支持力係数は、その路盤上で実際に載荷試験を行なって、これを求めることを原則とするが、もしこれが不可能な場合、ある K 値を持った路床上の路盤の厚さの変化に伴う路盤上の K 値の推定値を次のような方法で求めることができる。

1. 竹下法^{44),45)}

わが国における研究によれば、路盤効果と路盤厚さの関係は、路盤材料に応じて図一A 3に示すような関係になっている。この場合、路床土は砂地盤よりも支持力は小さいものとしている。なお、A、B、CおよびD曲線の意味は表一A 2のとおりである。

図一A 3のA、B、CおよびD曲線は、次式により表わすことができる。図一A 3は、次式において $a=75/2$ としたものである。

$$\frac{t}{a} = \alpha \left(\frac{K_1}{K_2} \right)^\beta$$



図一A 3 路盤厚さと路盤効果

表一A 2 図一A 3の各曲線の意味

曲線	路盤材料とその状態
A	クラッシャーラン, マカダム, 理想粒度の砂利, 砂混合物
B	砂
C	切込み砂利の平均
D	A曲線の材料で2種類のローラーを使用したとき

注) A, B, C曲線については, 路盤材料を1層15cm以下の厚さとして, 10t以上のローラーで6~8回以上転圧して仕上げた路盤。

D曲線は, 同じまき厚さで10t以上の2種類のローラーを使用し12~16回以上転圧して仕上げた路盤。

ここで

t : 路盤厚さ, (cm)

a : タイヤの接地半径, (cm) [a =平板載荷試験における載荷板の半径]

β : ローラー転圧と粒状材料の性質を表わす定数, [β =1.65とする]

α : 路盤材料と路床土の力学的な性質に関する定数で下記のとおりである。

A曲線…… $\alpha=0.415$

B曲線…… $\alpha=0.832$

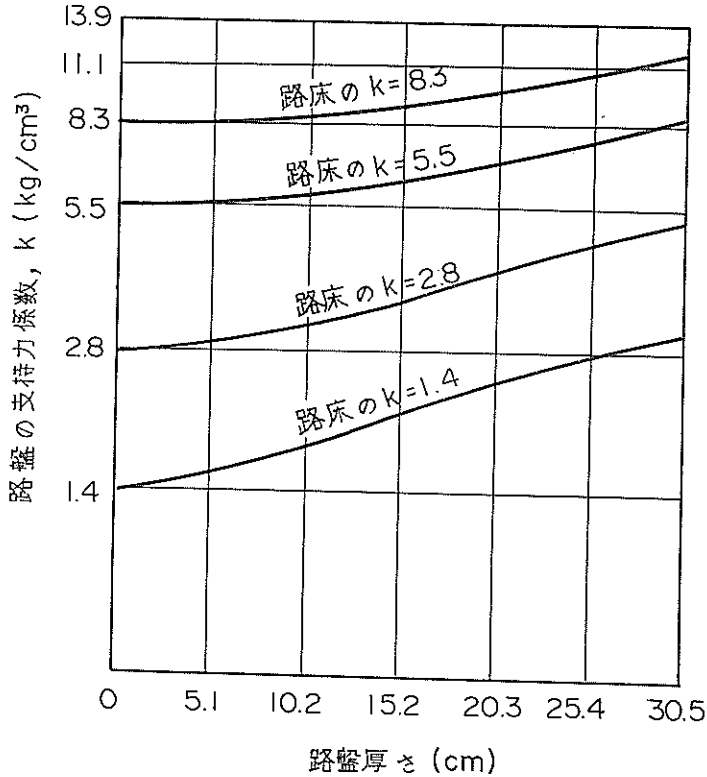
C曲線…… $\alpha=0.500$

D曲線…… $\alpha=0.265$

また近似的に次式で表わされる。

$$\alpha = 1.344 - \log \frac{E_1}{E_2}$$

ここで



図一A 4 路盤厚さと路盤効果の関係

E_1 : 路盤の弾性係数

E_2 : 路床の弾性係数

K_1 : 路盤上での支持力係数, (kg/cm³)

K_2 : 路床上での支持力係数, (kg/cm³)

2. パーミスター法⁴⁶⁾

2層系弾性地盤理論に基づいたもので、図一A 4 を利用する。

3. マクレオド法^{47), 48)}

カナダで採用されている方法で、一般にアスファルト舗装の設計に用いられる。図一A 5 を参照して、与えられた沈下量に対する路床面上の載荷板に加わる荷重を S (kg)、路盤上の載荷板に加わる荷重を P (kg) とする。 S あるいは P は、それぞれ路床上または路盤上における支

持力を表わしていると考えることができる。この場合次式が成立する。

$$t = K' \log \frac{P}{S} \text{ または } K' \log \frac{K_1}{K_2}$$

ここで

t : 路盤の厚さ, (cm)

K' : 路盤係数, $K' = 1 / \log \frac{P_1}{S}$ ここで P_1 は $t = 1$ のときの支持力, (kg)

K' の値は、載荷板の径により表一A 3 に示すとおりである。

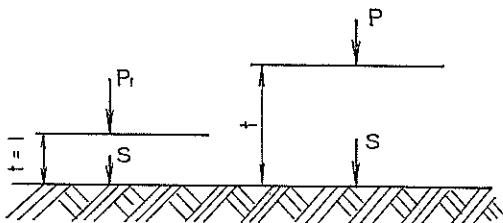
表一A 3 載荷板の直径と K' との関係

載荷板の直径(cm)	20	30	40	50	60	70	75	80	90	100
K'	79	89	105	123	141	158	165	170	176	180

この方法における支持力試験は、一種の繰返し載荷試験で、10回の繰返しの場合の沈下量が0.5~1.25cmになるときの荷重を支持力としている。

実際に道路として何年間もその使命を果たしている良い道路について調査した結果によると、路盤材料の良否ということは、交通締めを何年も経過した後では、荷重の支持力にそれほど大きな影響を与えないようである。

マクレオドはこの点を強調して、どのような路盤材料で



図一A 5 マクレオドの解析説明図

表一A 4 土の分類とK値との関係（道路調査局および道路局による）

大分類	土の種別と代表的記述	道路調査局分類	道路局旧記号	K値の範囲
砂利質および砂質土	粒度のよい砂利—砂—粘土の混合物。結合状態は良好。	A—1—a	A—1	11.9~19.4 またはそれ以上
	砂—粘土の混合物。結合状態は良好。	A—1—b	A—1	6.9~15.9
	細砂の多い砂利。シルト質の多い砂利。粒度の悪い砂利—砂—粘土の混合物。結合状態は悪い。粉末性。	A—2—4 A—2—5	A—2 粉末性	8.3~19.4 またはそれ以上
	粒度の悪い粘土混じりの砂利。砂利—砂—粘土の混合物。砂—粘土の混合物。結合状態は悪い。塑性。	A—2—6 A—2—7	A—2 塑性	4.8~ 9.0
	粒度のよい砂利。砂利—砂の混合物。砂。微細粒が少量またはほとんどない。	A—1—a	A—3	9.0~19.4 またはそれ以上
	粒度の悪い砂利。砂利—砂の混合物。砂。微細粒が少量またはほとんどない。	A—1—b A—3	A—3	5.5~ 9.0
シルトの多い 微細土	シルトを主成分とし、あらい材料が適量または少量でかつ塑性粘土の少量を含む。	A—4	A—4	2.8~ 8.3
	雲母とけいそうを含有し、弾性的な性質をもつ粒度の悪いシルト質土。	A—5	A—5	1.4~ 4.8*
きわめて微細な無機または有機の土で粘土分の多いもの	粗粒をほとんど含有しない粘土質土の粒度分布のよい無機質のシルトと粘土を含む土。同上の砂—シルト—粘土および砂—粘土質土。	A—6 A—7—6	A—6	1.4~ 6.2
	粗粒はわずかで、大部分弾性的粘土質土で一般にあまり粒度分布がよくない土、または土を弾性的にするような有機物などを含む土。	A—7—5	A—7	1.4~ 6.2

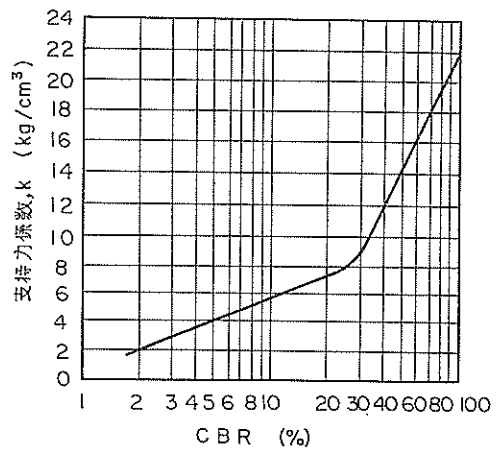
* 火山源の土で、あるものはこの範囲より大きいK値をもつことがある。

も十分に締め固められた後には、路盤の単位厚さ当りの支持能力は同じであると考えて、路盤係数、 K は、材料の良否にかかわらず載荷板の大きさだけに関係するものとした。しかしわが国における実測結果によれば、必ずしもマクレンオドの主張するようなものではなさそうであるという意見もある。

付録. 4 土のCBRとK値および工学的分類とK値の関係

路床または路盤の支持力係数、 K 値は、平板載荷試験によってこれを直接求めるのが原則であるが、これが不可能な場合、土のCBRまたは工学的分類から K 値を推定することができる。

図一A 6は、CBRと K 値との関係を示す図である。この K 値は、直径75cmの載荷板で、沈下量0.125cmの場合の値であり、CBRは水浸の場合の値である。この図は実際に当てはまらないことも多いので、その使用には



図一A 6 CBRとK値との関係

注意を要する。たとえば、有機物を多く含む土などには当てはまらないようである。またCBR試験は、直径わ

表一A 5 カサグラントの土の分類とK値との関係（陸軍技術部による）

大分類	土の種別と代表的記述	路盤記号	K値の範囲
砂利および砂質土	粒度分布のよい砂利，または砂利—砂の混合物。細粒はわずかかまたははない。	GW	13.9～19.4 またはそれ以上
	粒度分布のよい砂利—砂—粘土の混合物。よい結合材を含む。	GC	11.1～19.4 またはそれ以上
	粒度分布の悪い砂利，または砂利—砂の混合物。細粒はわずかかまたははない。	GP	8.3～13.9
	細粒を含む砂利。シルトの多い砂利。粘土の多い砂利。粒度分布の悪い砂利—砂—粘土の混合物。	GF	6.9～13.9
砂および砂質土	粒度分布のよい砂または砂利質の砂。細粒はわずかかまたははない。	SW	6.9～15.9
	粒度分布のよい砂—粘土の混合物。よい結合材を含む。	SC	6.9～15.9
	粒度分布の悪い砂。細粒はわずかかまたははない。	SP	5.5～9.0
	細粒を含む砂。非常にシルトの多い砂。粘土質の砂。粒度の悪い砂—粘土の混合物。	SF	4.8～9.0
圧縮性が小さいかまたは中くらいの細粒土	シルト（無機質）。微砂。微細砂。石粉。塑性の小さなシルト質または粘土質の細砂。	ML	4.2～8.3
	塑性が小さいかまたは中くらいの粘土（無機質）。砂質の粘土。シルト質の粘土。やせた粘土。	CL	3.5～6.2
	塑性の小さい有機質のシルトまたは有機質のシルト—粘土の混合物。	OL	2.8～4.8
圧縮性の大きい細粒土	雲母質またはけいそう質の細かい砂質およびシルト質土。弾性的シルト。	MH	1.4～4.8
	塑性の大きい粘土（無機質）。強い粘土。	CH	1.4～4.2
	塑性が大きいかまたは中くらいの粘土。	OH	1.4～3.5

注) G—砂利

S—砂

M—細砂，微細砂，シルト，岩粉

C—粘土

F—細粒，径0.1mm以下の物質

O—有機質

W—粒度のよい

P—粒度の悪い

L—圧縮性が小さいかまたは中くらい

H—圧縮性の大きい

ずか15cmのモールドで試験されるので，大きい粒径の材料を含んでいる試料の場合は，その試験値の真実性に疑問が持たれる。したがって粒径の比較の大きい路盤材料の場合には，この図を利用しないほうが望ましい。

表一A 4およびA 5は，米国の道路調査局，道路局および陸軍技術部によって分類された種々の土に対するK値のたいの範囲を示す。これらの値は，通常使用される状態に近い状態にある路床または路盤の含水量と密度に対するものである。

付録. 5 影響図表の利用法

ピケットらによって作成された影響図表を使用して，

コンクリート舗装スラブの曲げ応力度または所要コンクリートスラブ厚さを求める方法について述べる。この影響図表はウェスターガードの中央載荷公式に基づいて作成されたもので，支持層は密な液体であること，コンクリートのポアソン比は0.15であることが仮定されている。

コンクリートスラブの応力を求める手順を以下説明する。

1. まず対象航空機の主脚についての脚荷重，車輪配置形式，車輪間隔，タイヤ接地圧またはタイヤ接地面積，コンクリートスラブの厚さ，支持層のK値を知る。
2. 次の関係によって，車輪配置をトレーシングペー

ペーに描く。

$$\text{トレーシングの大きさ} = \frac{(\text{実際の大きさ}) \times (\text{影響})}{(\text{実際の舗装の } l)}$$

ここで

$$l: \text{舗装の剛比半径, (cm), } l = \sqrt[4]{\frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)K}}$$

E : コンクリートの弾性係数, (kg/cm^2) [$E=281,000 \text{ kg/cm}^2$ とする]

h : コンクリートスラブの厚さ, (cm)

μ : コンクリートのポアソン比, [$\mu=0.15$ とする]

K : 支持力係数, (kg/cm^2)

- その車輪配置図を影響図表上に置く。
- タイヤによって囲まれる部分のブロック数を数える。この場合、車輪配置図を種々の場所に置いてブロック数を数え、最大のものを求める。
- 次式によって、影響図表上の0点すなわちコンクリートスラブの中央部におけるスラブの最大曲げ応力度を計算する。

$$\sigma = 6 \times 10^{-4} p l^2 N / h^2$$

ここで

σ : コンクリートスラブの最大曲げ応力度, (kg/cm^2)

p : 荷重強度=タイヤ接地圧, (kg/cm^2)

l : 舗装の剛比半径, (cm)

N : タイヤに囲まれた最大ブロック数

h : コンクリートスラブの厚さ, (cm)

次に、所要スラブ厚さを求めようとする場合は、スラブ厚さ、 h は未知であるので、これを仮定しなければならない。仮定したスラブ厚さ、 h_1 を用い、上記方法によってブロック数、 N を求め、次式によって計算された h_2 と h_1 が等しいとき、この h_1 が所要のスラブ厚さである。 h_1 と h_2 が等しくなるまで試算しなければならない。

$$h_2 = 0.0245 \sqrt{pN/\sigma_{ba}}$$

ここで

h_2 : コンクリートスラブの厚さを h_1 と仮定したときの所要スラブ厚さ, (cm)

l : 舗装の剛比半径, (cm)

p : 荷重強度=タイヤ接地圧, (kg/cm^2)

N : タイヤに囲まれた最大ブロック数

σ_{ba} : コンクリートの許容曲げ応力度, (kg/cm^2)

影響図表の利用方法を例にそって以下説明する。

(条件)

航空機……………脚荷重68 tの複々車輪

車輪中心間隔……………横方向, $S_A=80 \text{ cm}$

……………縦方向, $S_T=157.5 \text{ cm}$

タイヤ接地圧…………… $p=11.1 \text{ kg/cm}^2$

コンクリートスラブの厚さ…………… $h=40 \text{ cm}$

支持力係数…………… $K=2.8 \text{ kg/cm}^2$

(設計)

コンクリートスラブの最大曲げ応力度, σ を求める。

- タイヤ接地圧は 11.1 kg/cm^2 で、タイヤ接地形状を求めるために各々のタイヤの接地面積、 A を求める。これは各タイヤ荷重をタイヤ接地圧で割ればよい。

$$A = 68000 / 4 / 11.1 = 1531.5 \text{ cm}^2$$

- したがって、図2-1における L および D はそれぞれ次のようになる。

$$L = \sqrt{A / 0.5227} = \sqrt{1531.5 / 0.5227} = 54.1 \text{ cm}$$

$$D = 0.6L = 0.6 \times 54.1 = 32.5 \text{ cm}$$

- 次に舗装の剛比半径、 l は次のようになる。これは、表-A 6から直接求めることも出来る。

$$l = \sqrt[4]{\frac{Eh^3}{2(1-\mu^2)K}} = \sqrt[4]{\frac{281000 \times 40^3}{2(1-0.15^2) \times 2.8}} = 153.0 \text{ cm}$$

- したがって

$$\text{トレーシングの大きさ} = \frac{(\text{実際の大きさ}) \times (\text{図})}{(\text{舗装の } l)}$$

$$\text{表の } l) = \frac{(\text{実際の大きさ}) \times 25.4}{153.0} = 0.1660 \times$$

(実際の大きさ)

$$\text{トレーシングの } L = 0.1660 \times 54.1 = 9.0 \text{ cm}$$

$$\text{トレーシングの } D = 0.1660 \times 32.5 = 5.4 \text{ cm}$$

$$\text{トレーシングの } S_A = 0.1660 \times 80 = 13.3 \text{ cm}$$

$$\text{トレーシングの } S_T = 0.1660 \times 157.5 = 26.1 \text{ cm}$$

- 次に4個のタイヤを上記数値を用いてトレーシングペーパーに描き、これを図-A 7に示すように影響図表の上に置き、タイヤによって囲まれるブロック数、 N を数える。この場合 $N=239$ となる。

- 求めるコンクリートスラブの最大曲げ応力度は次のように求められる。

$$\sigma = 6 \times 10^{-4} p l^2 N / h^2 = 6 \times 10^{-4} \times 11.1 \times 153^2 \times 239 / 40^2 = 23.3 \text{ kg/cm}^2$$

なお、図-A 7は実際のものより縮小されたものである。この例では、影響図表の l は25.4cmなのである。実際には図-A 7の3~4倍程度の大きさの図表を使用すべきである。

付録. 6 舗装の評価法

第3章の図3-1, 3-2および3-3の設計図表あるいは影響図表を利用して、既設のコンクリート舗装を評価する方法について述べる。その手順は次のとおりである。

- 既設の舗装スラブの下の路盤または路床の K 値を求

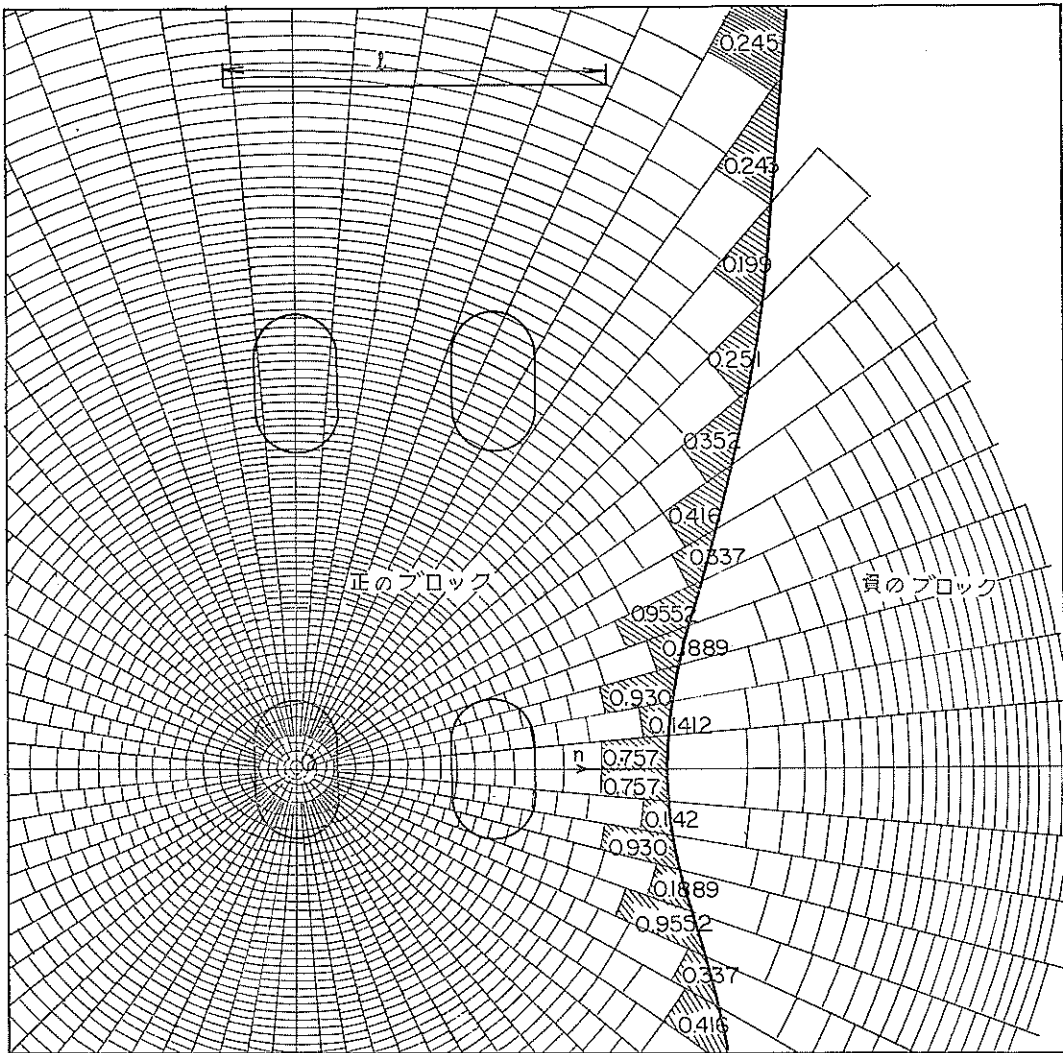


図-A7 影 響 図 表

める。これは、舗装スラブの一部を取りこわし、直接路盤または路床上で平板荷重試験を行なって求める。K値は、試験によって得られた最小のものを採用しなければならず、試験箇所およびその数は、責任技術者の判断に従って決めるものとする。

2. 既設の舗装スラブのコンクリートの曲げ強度を求める。これは、コンクリートスラブから供試体を採取し、直接試験を行なって求める。曲げ強度は平均値でなければならず、供試体の採取箇所およびその数は、責任技術者の判断に従って決めるものとする。もしこれが不可能な場合は、施工時の記録の28日強度から、材令に伴う強度増加を考慮して推定してもよい。
3. 既設の舗装スラブの厚さを求める。これは、施工時

の記録または供試体採取によって求める。

4. 上記の値と対象航空機を知って、コンクリートスラブの応力を設計図表または設計図表が利用できない場合は影響図表によって求め、コンクリート強度をこの応力度で割って安全率を求める。この安全率を第2章2-7の安全率と比較し、既設舗装を評価するのである。ただしCRC舗装の場合は、前記3で求めたコンクリートスラブの厚さを1.11~1.17倍した値をスラブ厚さとする。

次に設計図表を利用する手順を例にそって以下説明する。

(条件)

航空機.....脚荷重35 tの複車輪型

車輪中心間隔…………… $S=90\text{cm}$
 タイヤ接地圧…………… $p=11.5\text{kg/cm}^2$
 コンクリートスラブ厚さ…………… $h=33\text{cm}$
 支持力係数…………… $K=4\text{kg/cm}^3$
 コンクリートの曲げ強度…………… $\sigma=52\text{kg/cm}^2$

(評価)

NC舗装のエプロンを評価する。

- (1) 第3章の図3-2(a)を利用し、右側縦軸のコンクリートスラブ厚さ33cmから左に水平に進み、 $P=35\text{t}$ 、 $S=90\text{cm}$ 、 $p=11.5\text{kg/cm}^2$ 直線との交点を求める。
- (2) その交点から下に垂直に進み、 $K=4$ 曲線との交点を求める。
- (3) その交点から左に水平に進み、左側縦軸との交点すなわちコンクリートの曲げ応力度 26.7kg/cm^2 を読み取る。
- (4) コンクリートの強度をこの応力度で割って、 $52/26.7=1.95$ なる安全率を得る。

したがって、このエプロンは上記航空機がひんぱんに通過しても十分安全であることがわかる。

付録. 7 舗装の剛比半径表

コンクリート舗装の剛比半径、 l の値を表-A 6に示す。 l は次式によって計算されたもので、下記の仮定値を適用している。

$$l = \sqrt[4]{\frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)K}}$$

$E=281,000\text{kg/cm}^2$ =コンクリートの弾性係数

$\mu=0.15$ =コンクリートのポアソン比

付録. 8 等価単車輪荷重

1脚が2個以上の車輪を持つ脚形式においては、同一の脚荷重で車輪1個の場合と比較して舗装に及ぼす影響は小さくなる。複数車輪の脚荷重を舗装に及ぼす影響が等しくなるような単車輪荷重に換算したものを等価単車輪荷重(ESWL)と言うのである。すなわちESWLは、複数車輪荷重がコンクリートスラブ中に生じさせる最大応力と等しい最大応力をコンクリートスラブ中に生じさせるものである。この場合、両者のタイヤ接地圧は同一とする。

図-A 8およびA 9に等価単車輪荷重を求めるための設計図表を示す。設計図表の使用法を例にそって以下説明する。

(a) 複車輪の場合

(条件)

$P=22\text{t}$

$h=25\text{cm}$
 $S=77.5\text{cm}$
 $A=2180\text{cm}^2$
 $K=6\text{kg/cm}^3$

(設計)

- (1) 表-A 6から $l=88.87\text{cm}$
- (2) $S/l=77.5/88.87=0.87$
- (3) $A/l^2=2180/88.87^2=0.28$
- (4) 図-A 8において横軸上 $S/l=0.87$ の点から上に垂直に進み、 $A/l^2=0.28$ 曲線との交点を求める。この場合、0.25と0.50の曲線の間には0.28曲線を引くことが必要である。
- (5) その交点から左に水平に進み、縦軸との交点1.38を得る。
- (6) $ESWL=22/1.38=15.9\text{t}$

(b) 複々車輪の場合

(条件)

$P=65.6\text{t}$
 $S_A=86.4\text{cm}$
 $S_T=142.2\text{cm}$
 $A=5292\text{cm}^2$
 $h=36\text{cm}$
 $K=6\text{kg/cm}^3$

(設計)

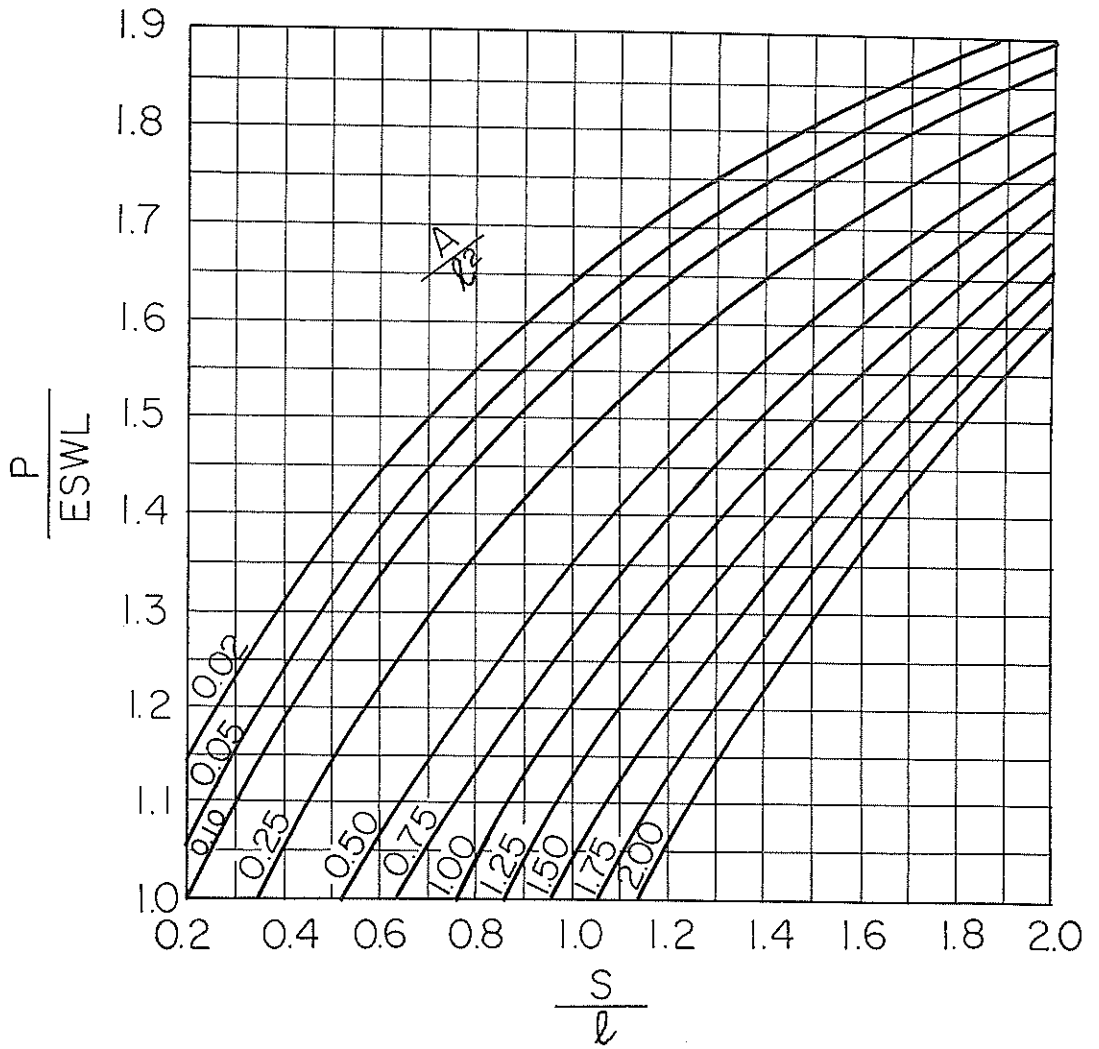
- (1) 表-A 6から $l=116.83\text{cm}$
- (2) $S_A/l=86.4/116.83=0.74$
- (3) $S_T/l=142.2/116.83=1.22$
- (4) $A/l^2=5292/116.83^2=0.39$
- (5) 図-A 9の下のほうの図において、縦軸上 $S_A/l=0.74$ の点から右に水平に進み、 $S_T/l=1.22$ 曲線との交点を求める。
- (6) その交点から上へ垂直に進み、 $A/l^2=0.39$ 曲線との交点を求める。
- (7) その交点から左に水平に進み、縦軸との交点2.50を得る。
- (8) $ESWL=65.6/2.50=26.2\text{t}$

付録. 9 コンクリート舗装上のコンクリートかさ上げ舗装厚さ

コンクリートかさ上げ舗装の厚さ、 h_0 の値を表-A 7から表-A 14までに示す。これらの表は、図6-1(a)から図6-2(b)までの設計図表に対応するものである。

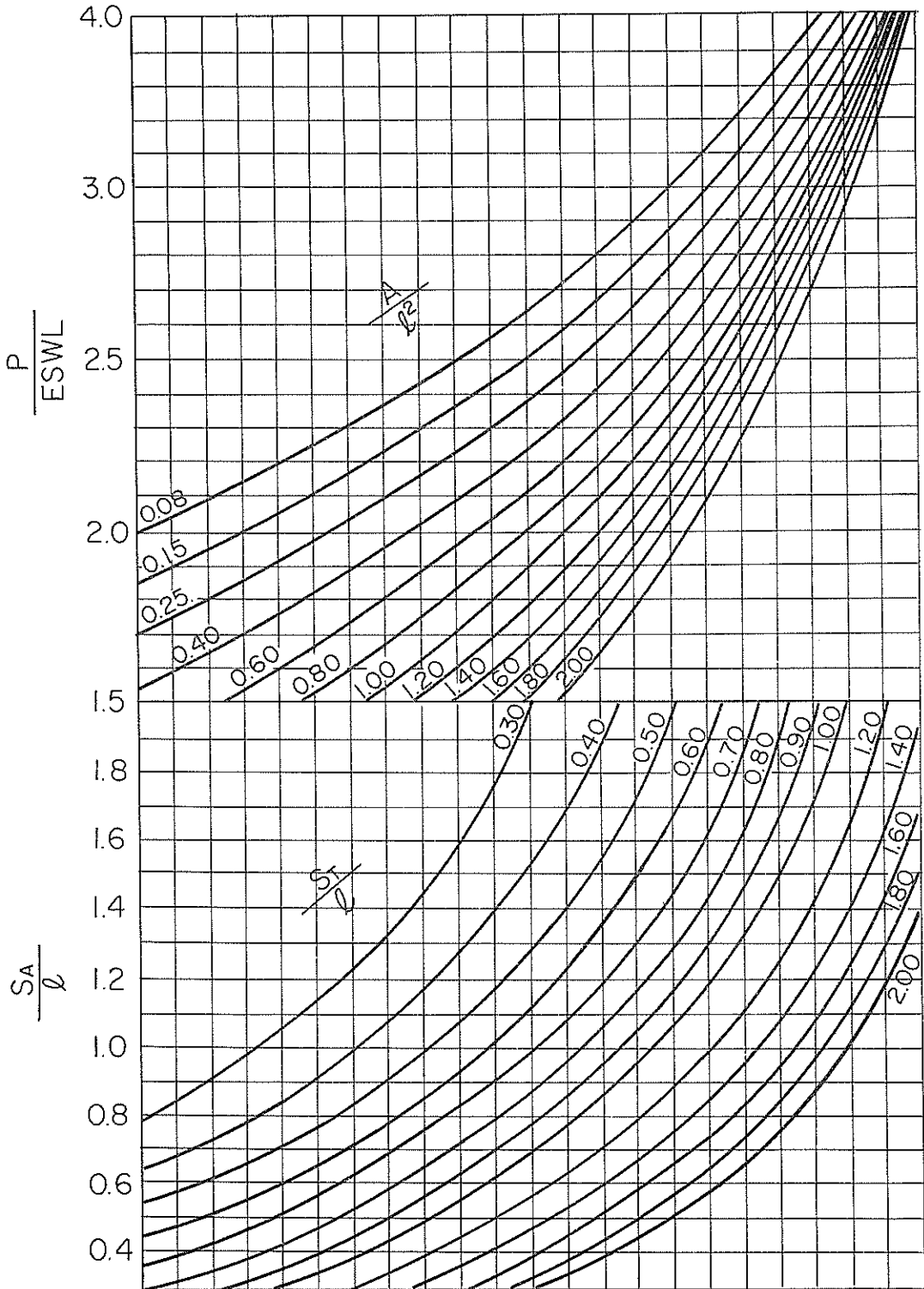
$$\text{比半径, } \ell = \sqrt[4]{\frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)K}}$$

8	9	10	11	12	13	14	15	16
56.38	54.75	53.32	52.07	50.95	49.94	49.02	48.18	47.4
59.18	57.46	55.97	54.65	53.47	52.42	51.45	50.57	49.7
61.93	60.14	58.57	57.19	55.96	54.85	53.85	52.93	52.0
64.65	62.77	61.14	59.70	58.41	57.26	56.21	55.24	54.3
67.32	65.37	63.67	62.17	60.83	59.63	58.53	57.53	56.6
69.96	67.93	66.16	64.61	63.22	61.96	60.83	59.79	58.8
72.57	70.46	68.63	67.01	65.57	64.27	63.09	62.02	61.0
75.14	72.96	71.07	69.39	67.90	66.56	65.33	64.22	63.1
77.69	75.44	73.48	71.75	70.20	68.81	67.55	66.39	65.3
80.21	77.88	75.86	74.07	72.48	71.04	69.74	68.55	67.4
82.71	80.31	78.22	76.38	74.73	73.25	71.91	70.68	69.5
85.18	82.70	80.55	78.66	76.96	75.44	74.05	72.79	71.6
87.62	85.08	82.87	80.92	79.17	77.61	76.18	74.88	73.6
90.04	87.43	85.16	83.15	81.36	79.75	78.29	76.95	75.7
92.44	89.76	87.43	85.37	83.53	81.88	80.38	79.00	77.7
94.83	92.07	89.68	87.57	85.68	83.99	82.44	81.04	79.7
97.19	94.37	91.91	89.75	87.82	86.08	84.50	83.05	81.7
99.53	96.64	94.13	91.91	89.93	88.15	86.53	85.05	83.6
101.85	98.90	96.33	94.06	92.03	90.21	88.55	87.04	85.6
104.16	101.14	98.51	96.19	94.12	92.25	90.56	89.01	87.5
106.45	103.36	100.67	98.30	96.19	94.28	92.55	90.97	89.5
108.72	105.57	102.82	100.40	98.24	96.29	94.53	92.91	91.4
110.98	107.76	104.96	102.48	100.28	98.29	96.49	94.84	93.3
113.22	109.93	107.08	104.56	102.31	100.28	98.44	96.75	95.2
115.45	112.10	109.18	106.61	104.32	102.25	100.37	98.66	97.0
117.66	114.25	111.28	108.66	106.32	104.21	102.30	100.55	98.9
119.86	116.38	113.36	110.69	108.30	106.16	104.21	102.43	100.7
122.04	118.50	115.42	112.71	110.28	108.10	106.11	104.30	102.6
124.22	120.61	117.48	114.71	112.24	110.02	108.00	106.15	104.4
126.38	122.71	119.52	116.71	114.20	111.93	109.88	108.00	106.2
128.53	124.80	121.55	118.69	116.14	113.84	111.75	109.84	108.0
130.66	126.87	123.57	120.66	118.07	115.73	113.60	111.66	109.8
132.79	128.93	125.58	122.63	119.99	117.61	115.45	113.48	111.6
134.90	130.99	127.58	124.58	121.90	119.48	117.29	115.28	113.4
137.00	133.03	129.57	126.52	123.80	121.34	119.12	117.08	115.2
139.09	135.06	131.55	128.45	125.69	123.20	120.93	118.87	116.9
141.18	137.08	133.52	130.37	127.57	125.04	122.74	120.65	118.7
143.25	139.09	135.47	132.28	129.44	126.87	124.54	122.42	120.4
145.31	141.09	137.42	134.19	131.30	128.70	126.34	124.18	122.1
147.36	143.08	139.36	136.08	133.15	130.52	128.12	125.93	123.9
149.40	145.07	141.30	137.97	135.00	132.32	129.90	127.67	125.6
151.43	147.04	143.22	139.85	136.84	134.13	131.66	129.41	127.3
153.46	149.00	145.13	141.71	138.66	135.92	133.42	131.14	129.0
155.47	150.96	147.04	143.57	140.49	137.70	135.17	132.86	130.7
157.48	152.91	148.93	145.43	142.30	139.48	136.92	134.58	132.4
159.48	154.85	150.82	147.27	144.10	141.25	138.66	136.28	134.1



図—A 8 等価単車輪荷重の設計図表—複車輪用

S = 車輪中心間隔, (cm)
 l = 剛比半径, (cm)
 A = 全タイヤの接地面積, (cm²)
 P = 脚荷重



図一A 9 等価単車輪荷重の設計図表—複々車輪用

$(S_A = \text{横方向車輪中心間隔, (cm)}$
 $(S_T = \text{縦方向車輪中心間隔, (cm)}$
 $(l = \text{剛比半径, (cm)}$
 $(A = \text{全タイヤの接地面積, (cm}^2)$
 $P = \text{脚荷重}$

付録.10 試験法一覧

この基準で必要となる土およびコンクリートの試験方法は次のとおりである。

1. JIS A 1215-1953
道路の平板載荷試験方法*
2. JIS A 1211-1953
路床土支持力比試験方法
3. JIS A 1212-1953
道路の土質調査ならびに試料採取方法
4. JIS A 1201-1950
土の粒度試験および物理試験のための試料調製方法*
5. JIS A 1205-1950
土の液性限界試験方法
6. JIS A 1206-1950
土の塑性限界試験方法
7. JIS A 1207-1950
土の遠心含水当量試験方法
8. JIS A 1203-1950
土の含水量試験方法
9. JIS A 1209-1950
土の収縮係数試験方法
10. JIS A 1217-1960
土の圧密試験方法
11. JIS A 1204-1950
土の粒度試験方法*
12. JIS A 1214-1953
現場における土の単位体積重量試験方法*
13. JIS A 1115-1964
まだ固まらないコンクリートの試料採取方法
14. JIS A 1132-1963
コンクリートの強度試験用供試体の作り方
15. JIS A 1106-1964
コンクリートの曲げ強度試験方法

なお、* 印の試験方法は、土質工学会で改訂中のもので、同学会発行の「土質試験法」昭和41年版を参照すればよい。

参考文献

- 1) Westergaard, H. M., "New Formulas for Stresses in Concrete Pavements of Airfields," Transactions, ASCE, Vol.113, pp.425-444, 1948.
- 2) "Design of Concrete Airport Pavement," Portland Cement Association, 47 p., 1955.
- 3) "Design and Construction: Continuously Reinforced Concrete Pavement," Continuously Reinforced Pavement Group, 79 p., 1968.

- 4) "Airfield Pavement Design: Rigid Pavements," Air Force Manual No.886, Department of the Air Force, U.S.A., EM 1110-45-303, 49p., 1958.
- 5) "飛行場土木技術に関する問題点," 土質部滑走路研究室, 滑走路資料 No.2, 昭和41年8月。
- 6) "空港土木に関する問題点," 土質部滑走路研究室, 滑走路資料 No.6, 昭和42年4月。
- 7) "港湾関係論文抄録 第1集(第5分冊) 空港篇," 運輸省港湾技術研究所土質部滑走路研究室, 537p., 1968.
- 8) 森口拓, "空港舗装に関する調査研究(第1報)——空港におけるPC舗装の文献調査——," 港湾技研資料, No. 40, 運輸省港湾技術研究所, 101p., 1967.
- 9) 赤塚雄三, 飯島尚, "空港舗装に関する調査研究(第2報)——無筋コンクリート舗装の設計方法に関する研究——," 港湾技研資料, No.50, 運輸省港湾技術研究所, 82p., 1968.
- 10) 赤塚雄三, "空港舗装に関する調査研究(第3報)——鉄筋コンクリート舗装の設計方法に関する調査研究——," 港湾技研資料, No.46, 運輸省港湾技術研究所, 54p., 1968.
- 11) 山家啓, 赤塚雄三, 川口昌宏, "空港舗装に関する調査研究(第4報)——プレストレストコンクリート舗装の設計方法に関する調査研究——," 港湾技研資料, No.51, 運輸省港湾技術研究所, pp.1~48, 1968.
- 12) 赤塚雄三, "空港舗装に関する調査研究(第5報)——嵩上げ舗装の設計方法に関する調査研究——," 港湾技研資料, No. 51, 運輸省港湾技術研究所, pp.49~67, 1968.
- 13) 須田熙, "空港舗装に関する調査研究(第6報)——空港瀝青舗装の舗装厚設計法に関する調査研究——," 港湾技研資料, No. 52, 運輸省港湾技術研究所, 103p., 1968.
- 14) 須田熙, "空港舗装に関する調査研究(第7報)——空港瀝青舗装の材料および施工に関する調査研究——," 港湾技研資料, No. 53, 運輸省港湾技術研究所, 105p., 1968.
- 15) 須田熙, 佐藤勝久, 藤本憲久, "空港アスファルト舗装構造の設計法に関する一提案," 港湾技研資料, No.54, 運輸省港湾技術研究所, 74p., 1968.
- 16) "Airport Paving," Department of Transportation, Federal Aviation Administration, AC 150/5320-6A, 75p., May 9, 1967.
- 17) "Design and Evaluation of Flexible and Rigid Pavements," Department of Transport, Canada, 100p., 1962.
- 18) "Airfield Design and Evaluation," Ministry of Public Building and Works, London, 48p., April 1964.
- 19) "Exposant la methode francaise de determination de la resistance des chaussées d'aerodromes," Ministère de L'équipement, Française, 23 p., Decembre 1966.
- 20) Pickett, G. and Ray, G. K., "Influence Char-

- ts for Concrete Pavements," Proceedings, ASCE, Air Transport Division, pp.1-25, April 1950.
- 21) 林鋼太郎, 佐野豪一, 中野守, 前田敏愛, "空港エプロンのPC舗装," プレストレストコンクリート, Vol.7, No.6, pp.56~63, Dec. 1965.
 - 22) 鷺沢晃, 林保雄, 柳下肇, 録田太, "千葉県姉ヶ崎地区のPC舗装について," プレストレストコンクリート, Vol.8, No.4, pp.40~47, Oct. 1966.
 - 23) "First Continuous Reinforced Runway," Roads and Streets, pp.44, 45, 50, Jan. 1967.
 - 24) 荒木実, 福田正, "郡山国道における連続鉄筋コンクリート舗装," 土木技術資料, 6-5, pp.198~201, 1964年5月。
 - 25) 荒木実, 福田正, 月成稔, "郡山国道連続鉄筋コンクリート舗装の交通開放一年後の経過報告," 土木技術資料, 7-5, pp.219~220, 1965年5月。
 - 26) 月成稔, 飯島尚, "連続鉄筋コンクリート舗装の観測結果," 土木技術資料, 9-2, pp.28~33, 1967年2月。
 - 27) Willis, E. A., "The Relation of Certain Frost Phenomena to the Subgrade," Highway Research Board, 1931.
 - 28) Smith, R. W. and Horonjeff, R., "Longitudinal Distribution of Wheel Loads on a Runway," Journal of the Air Transport Division, ASCE, Vol. 85, No. AT4, Oct. 1959.
 - 29) Horonjeff, R. and Jones, J. H., "The Effect of Traffic upon Runway Pavement Cross-section," Proceedings, ASCE, Vol. 81, 1955.
 - 30) Bradbury, R. D., "Design of Joints in Concrete Pavements," Proceedings, Highway Research Board, Vol. 12, pp.105-136, 1932.
 - 31) Friberg, B. F., "Design of Dowels in Transverse Joints of Concrete Pavements," Proceedings, ASCE, Vol. 64, pp. 1809-1828, Nov. 1938.
 - 32) Vetter, C. P., "Stresses in Reinforced Concrete due to Volume Changes," Transactions, ASCE, Vol. 98, pp. 1039-1053, 1933.
 - 33) Friberg, B. F., "Frictional Resistance under Concrete Pavements and Restraint Stresses in Long Reinforced Slabs," Proceedings, Highway Research Board, Vol. 33, pp. 167-182, 1954.
 - 34) Yerlici, V. A., "Reinforcement in Continuous Concrete Pavements," Proceedings, ASCE, Vol. 84, No. HW3, pp. 1799-1-1799-8, Oct. 1958.
 - 35) McCullough, B. F. and Ledbetter, W. B., "LTS Design of Continuously Reinforced Concrete Pavement," Proceedings, ASCE, Vol. 86, No. HW4, pp. 1-24, 1960.
 - 36) McCullough, B. F. and Ledbetter, W. B., "LTS Design of Continuously Reinforced Concrete Pavement," Closure of Discussion of a Paper by McCullough and Ledbetter, Proceedings, ASCE, Vol. 88, No. HW1, pp. 73-75, 1962.
 - 37) Pickett, G., "A Look at the Record of Continuously Reinforced Concrete Pavements," CRST Committee on Continuously Reinforced Concrete Pavement, Chicago, Illinois, pp. 1-32, 1959.
 - 38) Pickett, G., "Design of Continuously Reinforced Concrete Pavements," Bulletin 1, CRST Committee on Continuously Reinforced Concrete Pavement, Chicago, Illinois, pp. 1-12, Dec. 1960.
 - 39) Zuk, W., "Analysis of Special Problems in Continuously Reinforced Concrete Pavements," Bulletin 214, Highway Research Board, pp. 1-21, 1959.
 - 40) ACI Committee 325, "Second Progress Report-Continuously Reinforced Concrete Pavements," Proceedings, ACI, Vol. 59, pp. 1569-1586, Nov. 1962.
 - 41) Lee, A., "Maryland Continuously Reinforced Concrete Test Pavements," Proceedings, Highway Research Board, Vol. 40, pp. 235-281, 1961.
 - 42) Shelby, M. D. and Ledbetter, W. B., "Experience in Texas with Terminal Anchorage of Concrete Pavement," Highway Research Board, Bulletin 332, pp. 26-39, 1962.
 - 43) Spigolon, S., "Behavior of Experimental Continuously Reinforced Concrete Pavements in Mississippi," Highway Research Board, No. 60, pp. 140-153, 1964.
 - 44) 竹下春見, "寒地道路の路床路盤に関する調査研究," 土木研究所報告, 95, 昭和31年。
 - 45) 竹下春見, "路盤の荷重分散効果(2)," 土木研究所報告, 118, 昭和39年。
 - 46) Bermister, D. M., "The Theory of Stresses and Displacements in Layered Systems and Applications to Design of Airport Runways," Proceedings, Highway Research Board, Vol. 23, 1943.
 - 47) McLeod, N. W., "Some Basic Problems in Flexible Pavement Design," Proceedings, Highway Research Board, 1953.
 - 48) McLeod, N. W., "Flexible Pavement Thickness Requirements," Proceedings, Association of Asphalt Paving Technologists, 1956.

単行本

1. 岩間滋, 福田正, "コンクリート舗装の構造設計," 理工図書, 昭和37年。
2. 谷藤正三, "コンクリート舗装の設計," 共立出版, 昭和33年。
3. 米国ポルトランドセメント協会, "コンクリート舗装の設計," 日本セメント技術協会, 昭和39年。
4. 内田一郎, "道路舗装の設計法," 森北出版, 昭和37年。
5. 竹下春見, 岩間滋, "道路舗装の設計," オーム社, 昭和35年。

6. 高橋国一郎, "道路舗装の設計," オーム社, 昭和39年。
7. 内田一郎, "道路工学," 森北出版, 昭和40年。
8. 竹下春見, "新編道路工学," 金原出版, 昭和41年。
9. "セメントコンクリート舗装要綱," 日本道路協会, 昭和42年。
10. 土木学会, "土木工学ハンドブック," 技報堂, 昭和39年。
11. 成瀬勝武, 本間仁, 谷藤正三, "土木設計データブック," 森北出版, 昭和41年。
12. 米国コンクリート協会, "コンクリート舗装設計基準および工事仕様書," 日本セメント技術協会, 昭和35年。
13. Horonjeff, R., "Planning and Design of Airports," McGraw-Hill Book Company, 1962.
14. Yoder, E. J., "Principles of Pavement Design," John Willey & Sons, Inc., 1965.
15. Department of Scientific and Industrial Research, Road Research Laboratory, "Concrete Roads, Design and Construction," Her Majesty's Stationary Office, 1955.
16. Legault, A. R., "Highway and Airport Engineering," Prentice-Hall, Inc., 1960.
17. Oglesby, C. H. and Hewes, L. I., "Highway Engineering," John Willey & Sons, Inc., 1965.
18. Woods, K. B. and others, "Highway Engineering Handbook," McGraw-Hill Book Company, 1960. (1969. 6.30 受付)

港 灣 技 研 資 料 No.82

1969・9

編集兼発行者 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 中和印刷株式会社
東京都中央区入船町2丁目3番地

Published by the Port and Harbour Research Institute
Nagase, Yokosuka, Japan.