

# 港 湾 技 研 資 料

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

No. 51      June 1968

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  
—空港舗装に関する調査研究 (第4報)—

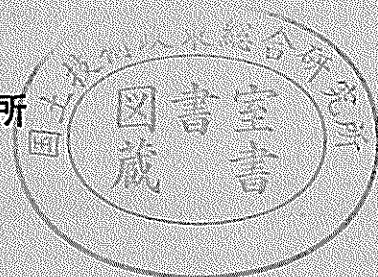
山    家    馨  
赤    塚    三  
川    口    昌    宏

嵩上げ舗装の設計方法に関する調査研究  
—空港舗装に関する調査研究 (第5報)—

赤    塚    雄    三



運輸省港湾技術研究所



港灣技研資料 (TECHNICAL NOTE OF P. H. R. I.)

No. 51 1968年6月 (June 1968)

目 次 (CONTENTS)

1. 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  
—空港舗装に関する調査研究 (第4報) —  
……………山 家 馨・赤 塚 雄 三・川 口 昌 宏…… 3  
Investigation on Prestressed Concrete Pavement Design for Airport  
—Studies on Airport Pavements (Fourth Report) —  
……………Kaoru YAMBE, Yuzo AKATSUKA, and Masahiro KAWAGUCHI
2. 嵩上げ舗装の設計方法に関する調査研究  
—空港舗装に関する調査研究 (第5報) —  
……………赤 塚 雄 三……49  
Investigation on Overlay Pavement Design for Airport  
—Studies on Airport Pavements (Fifth Report) —  
…………… Yuzo AKATSUKA

# 嵩上げ舗装の設計方法に関する調査研究

—空港舗装に関する調査研究（第5報）—

## 目 次

### 要 旨

1. ま え が き	51
2. 舗装の嵩上げについて	51
3. 剛性舗装上の剛性嵩上げの設計方法	52
3.1. 剛性嵩上げの方法	52
3.2. 嵩上げ舗装の設計公式	52
3.3. 外国諸機関における設計方法	53
3.4. 目地の配置	59
3.5. 鉄筋コンクリートによる嵩上げ	59
3.6. プレストレストコンクリートによる嵩上げ	61
4. 撓性舗装上の剛性嵩上げの設計方法	62
5. 剛性舗装上の撓性嵩上げの設計方法	62
5.1. 撓性嵩上げと瀝青嵩上げ	62
5.2. 嵩上げ舗装の設計公式	62
6. 嵩上げ舗装施工上の諸条件	64
6.1. 既設舗装面の処理：撓性舗装の場合	64
6.2. 既設舗装面の処理：剛性舗装の場合	64
6.3. 嵩上げの最少厚と経済性について	65
7. 結 論	65
8. あとがき	66
参考文献	66

**Investigation on Overlay Pavement Design for Airport**  
**—— Studies on Airport Pavements (Fifth Report) ——**

**Yuzo AKATSUKA \***

**Synopsis**

A literature survey was made on the overlay pavement design for airports. Studied were the wellknown methods published from organizations as U. S. Federal Aviation Agency, U. S. Corps of Engineers and Portland Cement Association in U. S. A. and their supporting data were reviewed for comparison purposes. The results show these are primarily empirical methods developed from the identical data of extensive field experiences and full scale model tests conducted by the Corps of Engineers and Portland Cement Association, although there are some minor differences among them. The summarized data were presented for general informations necessary for standardization of overlay design for airport pavements.

---

\* Dr. Eng, Chief, Materials Laboratory, Structures Division

# 嵩上げ舗装の設計方法に関する調査研究

## —空港舗装に関する調査研究（第5報）—

赤塚雄三\*

### 要 旨

空港舗装の嵩上げ設計方法に関する文献調査の結果を取纏めたものである。比較的広く用いられている方法として米国連邦航空庁、米国陸軍工兵隊、ポルトランドセメント協会などの方法を取上げ、その発展経過を追跡すると共に比較検討を試みた。この結果、これらの方法の間には実質的な相違は認められず、主として米国陸軍工兵隊とポルトランドセメント協会の行なった広範な実物大舗装試験ならびに豊富な施工経験に基づいた経験的な設計方法であることを確かめ、主要な諸点を要約して我が国の嵩上げ舗装設計方法の標準化を計る場合の参考資料を提出した。

### 1. まえがき

空港における滑走路、誘導路、エプロンなどの既設舗装の荷重支持能力を増加することを目的として行なう嵩上げ舗装の設計方法に関する文献調査の結果を取纏めたものである。既設舗装の嵩上げには、(I) 剛性舗装上の剛性嵩上げ、(II) 撓性舗装上の剛性嵩上げ、(III) 剛性舗装上の撓性嵩上げ、(IV) 撓性舗装上の撓性嵩上げ、の4通りが考えられるが、本調査研究では既設舗装および嵩上げ舗装の双方ないしいずれか一方が剛性舗装である(I)～(III)の場合を対象とし、(IV)の場合については除外した。

本調査研究は空港コンクリート舗装の設計方法に関する一連の調査研究の一環として実施したもので、

- ※空港におけるPC舗装の文献調査、
- ※無筋コンクリート舗装の設計方法に関する調査研究、
- ※鉄筋コンクリート舗装の設計方法に関する調査研究、
- ※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、

等と共に、空港コンクリート舗装設計方法の総合的な評価と合理的な体系化に有用な資料を提出することを意図したものである。

本調査研究は土木学会空港舗装研究委員会（委員長 東京大学教授 園分正胤博士）が新東京国際空港公団の依頼により、昭和42年度に実施した「新東京国際空港の舗装に関する研究」の一部をなすもので、同委員会コンクリート舗装部会の委員各位、特に、設計分科会主査の任に当たられた、建設省 土木研究所 グム部長 伊東

茂富博士より終始適切な助言を頂いた。また、資料の整理については新東京国際空港公団 工務部 近藤功一氏に協力して頂いた。本研究の発表を快諾された学会および公団の関係各位ならびに御指導と御協力を賜った上記の各位に厚く御礼申上げる。

### 2. 舗装の嵩上げについて

合理的な設計方法に基づいて適切に設計され、入念に施工された舗装であっても交通が過度に集中したり、あるいは荷重が設計値を越えて大型化する場合には、破壊するとか早晩補強を必要とするというような事態が生ずる。航空機の大型化の傾向は近年特に顕著であって、空港舗装の建設が終了する時点で既に設計対象機種への荷重ならびにタイヤ接地圧を上廻る航空機が就航すると云うような事態も稀ではない。このため、破壊の兆候の見え始めた、舗装の補強および設計対象航空機の変更に応じた舗装の補強に対する必要性は比較的多く、むしろ現実には長期間に亘って嵩上げを必要としない空港舗装はほとんど考えられない程である。

本報告は上述のような観点から、既設舗装の補強、換言すれば、既設舗装の荷重支持能力の増加を目的とする嵩上げ(Overlays, Resurfacings)の設計方法について述べたものである。路床や路盤の不等沈下等に起因する舗装、面の不陸や凹凸を均すための表層の舗設あるいは、車両の乗心地を良くするためのだけの瀝青薄層の舗設も往々にして嵩上げと呼称されるが、本報告書においてはこ

\* 構造部 材料施工研究室長 工博

の種の嵩上げは対象外である。

嵩上げは既設舗装と嵩上げ舗装の種類のリ組み合わせによって次のように分類できる。

- (1) 剛性嵩上げ
  - (a) 剛性舗装上の剛性嵩上げ
  - (b) 撓性舗装上の剛性嵩上げ
- (2) 撓性嵩上げ
  - (c) 剛性舗装上の撓性嵩上げ
  - (d) 剛性舗装上の瀝青嵩上げ
  - (e) 撓性舗装上の撓性嵩上げ
  - (f) 撓性舗装上の瀝青嵩上げ

また、剛性嵩上げには、無筋コンクリートによるもの（不連続な鉄網を配して補強せるものも含む）、連続鉄筋コンクリートによるもの、プレストレストコンクリートによるものなどの方法もあり、本報告ではこれらも含めて剛性舗装上の嵩上げと剛性舗装を用いた撓性舗装上の嵩上げについて検討した。なお、上述の舗装の種類については定義が必ずしも確定していないものもあり、本報告では次のような意味で用いた。

既設舗装 (Existing Pavement)

その上に嵩上げすべき既設の舗装を云う。既設舗装は一般に剛性舗装と称せられるセメントコンクリート舗装もしくは基層上に瀝青表層を設けた撓性舗装のいずれであってもよい。

嵩上げ舗装 (Overlay Pavement)

既設舗装上に舗装した剛性もしくは撓性の舗装を云う。

剛性嵩上げ (Rigid Overlay)

セメントコンクリートを用いた嵩上げを云い、鉄筋やプレストレス導入の有無などによって、無筋コンクリート嵩上げ、鉄筋コンクリート嵩上げ、プレストレストコンクリート嵩上げなどに分けられる。

瀝青嵩上げ (Bituminous Overlay)

完全に瀝青表層のみからなる嵩上げを云う。

撓性嵩上げ (Flexible Overlay)

粒状材料を用いた基層と瀝青表層からなる嵩上げを云う。

**3. 剛性舗装上の剛性嵩上げの設計方法**

**3.1. 剛性嵩上げの方法**

剛性舗装上の剛性嵩上げとして次のような3通りの方法が行なわれている。すなわち、

- (1) 分離嵩上げ (Unbonded or Separated Overlay)  
既設舗装と嵩上げ舗装との間に瀝青材料による分離

層を設けて嵩上げ舗装との付着を断つ方法

- (2) 単純嵩上げ (Partially Bonded or Direct Overlay)  
既設舗装の上に嵩上げ舗装を直接に舗設する方法
- (3) 付着嵩上げ (Bonded or Monolithic Overlay)

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付した後に嵩上げ舗装を舗設して上下層を完全に付着して一体とする方法、である。

既設舗装がひどく損傷している場合には分離嵩上げを施すのが普通である。分離層によって嵩上げの舗設面を平坦にでき、かつ、既設舗装の不規則なひびわれが嵩上げ舗装に反射するのを防止できるからである。一方、設計対象航空機の機種変更などの理由で健全な状態の既設舗装に、その支持能力を高めるために嵩上げする場合には単純嵩上げないし付着嵩上げを適用する。特に、付着嵩上げの場合は上下層の舗装が一体として作用するため他の嵩上げ方式に比べて荷重支持能力が大きく、経済的と云われている。

**3.2. 嵩上げ舗装の設計公式**

初期における剛性嵩上げの設計は、既設舗装と嵩上げ舗装の二つの舗装版を組合わせたものの強度は、既設舗装厚と嵩上げ舗装厚のそれぞれの2乗の和の平方根に等しい厚さをもつ単版の強度に等しいと云う仮定に基づいた公式によって行なわれていた。これを数式で表わすと

$$h = \sqrt{h_0^2 + h_c^2} \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{もしくは、 } h_0 = \sqrt{h^2 - h_c^2} \dots\dots\dots(2)$$

ここで、 $h_0$  ; 既設舗装の厚さ  
 $h_c$  ; 嵩上げ舗装の厚さ  
 $h$  ; 嵩上げ後の新旧両舗装の合計支持能力に相当する支持能力をもつ単版としての舗装厚 (等価単版舗装厚)

である。

(1)式は上下両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撓む2つの独立したはりとして作用するものと仮定して導かれたものである。本式については、Clifford Older<sup>1)</sup> がBates試験道路のコンクリートとレンガ舗装断面の評価に適用したのが最初と云われている。この場合のレンガ層は既設コンクリート舗装の嵩上げに用いられたものではなく、コンクリート層とレンガ層とは実質的に付着するように一体として舗設されたものであったが、この舗装の荷重支持能力はコンクリート層とレンガ層の合計厚に等しい厚さを有する単版としての舗装の支持能力より遙かに少

なく、(2)式によって求められた等価厚さを有する単版のそれに相当するものであった。

このような背景の下で、相当長期間に亘って、(2)式は剛性嵩上げ舗装のほぼ唯一の設計公式として使用されて来たのである。しかしながら、既設舗装と嵩上げ舗装との間にはかなりの付着と摩擦が作用し、これが、(2)式で想定したように上下両舗装をして独立して作用せしめるのではなく、むしろ相当程度単体的に作用せしめる事も経験的に知られていた。このことから、米国陸軍工兵隊とポルトランドセメント協会では独立して、あるいは、相互に協力して大規模な試験舗装を実施して、2~15) 分離嵩上げの場合には(2)式はほぼ正確であるが、単純嵩上げや付着嵩上げの場合には余りにも安全側であり、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を確かめ、(2)式の修正式として次のような実験式を提案した。

$$\text{分離嵩上げの場合 } h_c = \sqrt{h^2 - Ch_0^2} \dots\dots(3)$$

$$\text{単純嵩上げの場合 } h_c = \sqrt{h^{1.87} - Ch_0^2} \dots\dots(4)$$

ここで、 $h$  ; 等価単版舗装の厚さ

$h_0$  ; 既設舗装の厚さ

$h_c$  ; 必要な嵩上げ舗装の厚さ

$C$  ; 既設舗装の状態によって決定する係数

$C = 1.0$  ; 良好な状態

$C = 0.75$  ; 載荷によって、目地および隅角部に初期段階のひびわれが生じているが、未だ進行していない状態

$C = 0.35$  ; ひどくひびわれが生じているか、破壊している状態

米国陸軍工兵隊では、単純嵩上げの場合について更に検討し、試験結果によりよく適合するように式を次のように修正した。

$$\text{単純嵩上げの場合 } h_c = \sqrt{h^{1.4} - Ch_0^{1.4}} \dots\dots(5)$$

米国陸軍工兵隊ではまた、既設舗装厚と嵩上げ舗装厚との和に等しい厚さをもつ単版の舗装を用いて付着嵩上げに関する大規模な載荷試験を行なって、両者がほとんど同一の荷重支持能力をもつことを確認し、この結果に基づいて次式を提案している。

$$\text{付着嵩上げの場合 } h_c = h - h_0 \dots\dots(6)$$

以上に述べた(3)、(5)、(6)式の相違を例示すると表-1の通りである。同表は既設舗装厚が18cmで等価単版舗装厚は23cmと仮定したときの嵩上げ舗装厚を(3)、(5)、(6)式で求めて対比したものである。

また、これらの式の適用に当たっては既設舗装コンクリートと嵩上げ舗装コンクリートの相対的な強度差につい

表-1 剛性嵩上げ式の比較

	分離嵩上げ (3) 式	単純嵩上げ (5) 式	付着嵩上げ (6) 式
$C = 1.0$	15 (cm)	10 (cm)	5 (cm)
$C = 0.75$	17	13	—
$C = 0.35$	20	19	—

て考慮する必要がある。17) すなわち、両舗装のコンクリート強度が等しいことは実用上あり得ないことであり、従って、式の適用に際しては強度差を考慮するような修正が必要となる。これは式に代入する等価単版舗装厚の計算に嵩上げ舗装コンクリートの曲げ強度を用いることで考慮できる。ただし、付着嵩上げの場合には新旧舗装版を一体として考えるので、既設舗装コンクリートの強度に基づいて計算するのが合理的である。

前節および本節で述べた剛性嵩上げの特長を要約すれば表-2に示した通りである。

### 3.3. 外国諸機関における設計方法

剛性舗装上の剛性嵩上げの設計方法はいずれの機関においても前節で紹介した(3)~(6)式に基づいている。代表的な機関の例として、米国連邦航空庁 (FAA) 18), ポルトランドセメント協会 (PCA) 19) および米国陸軍工兵隊 (Corps of Engineers) 20) を取上げて比較すると表-3の通りである。

表-3 外国諸機関における設計方法

	FAA	PCA	CE
分離嵩上げ	(3) 式	(3) 式	(3) 式
単純嵩上げ	(5) 式	(4) 式	(5) 式
付着嵩上げ	—	—	(6) 式※

※正確には提案中の段階にあり、設計方法としては未だ取入れられていないようである。

これらの機関の設計方法がいずれもCEとPCAの行った試験舗装の成果に基づいていることを考慮すれば、設計方法が共通しているのは当然である。単純嵩上げの場合にPCAが(4)式を採用しているのは、参考文献-19が発表された時点では(5)式が未だ提案されるには到らず、その後修正していないと云う単純な事情によるものである。因みに(4)式と(5)式を比較すると、その差は僅少であって、(4)式の方が(5)式よりやや小さい値の  $h_c$  を与えるが実用上は同一と考えてよい。

図-1、2および図-3、4はそれぞれFAAとPCAの嵩上げ舗装の設計曲線でいずれも既設舗装厚  $h_0$  をパ

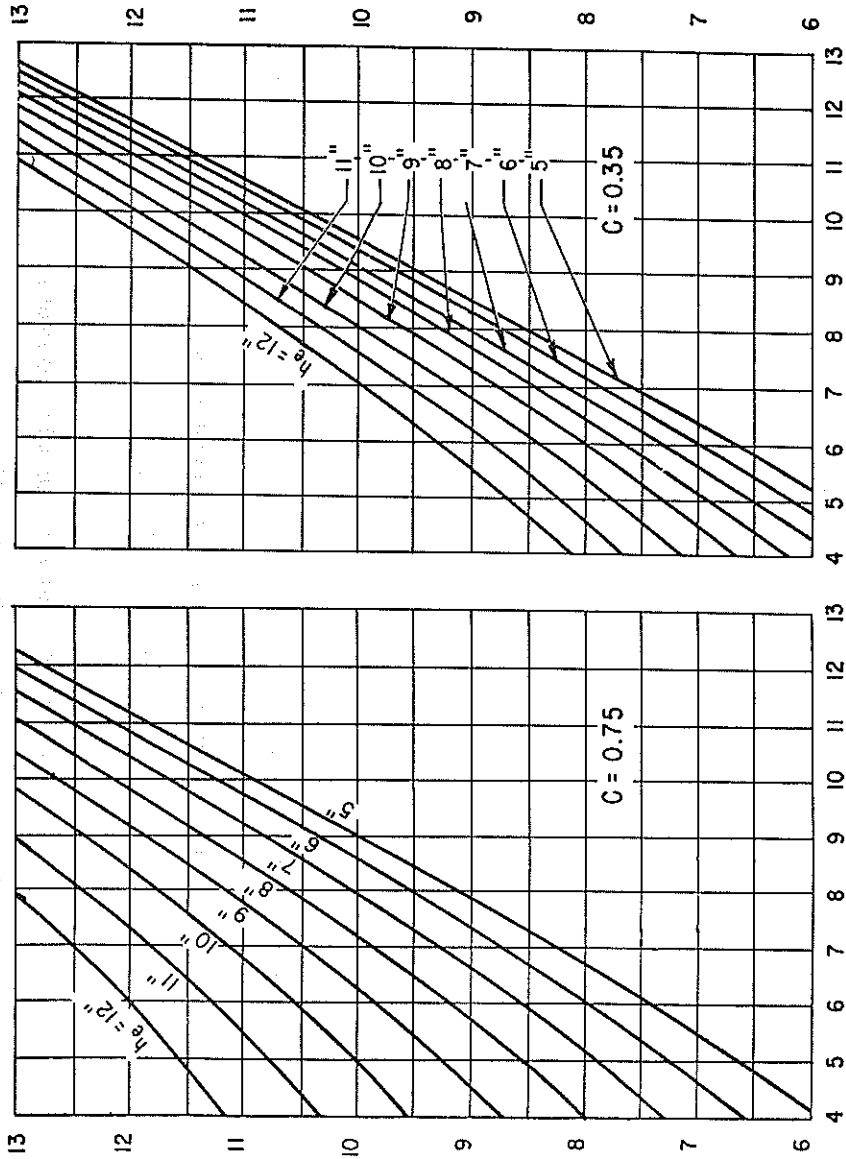
表一2 剛性舗装上の剛性嵩上げの特長17)

嵩上げの型	方法	既設舗装と嵩上げの目地の関係		既設舗装の嵩上げへの反射	鉄筋の必要性	嵩上げる公式 注：hは路面上に直接敷ける厚、Cは既設舗装の構造係数	hcの計算に基くコンクリートの曲げ強度	最小舗設厚	種々の嵩上げ型の適用性			
		位置	型						既設舗装の構造的な状態	表面のひびわれ・剝離・欠け・収縮	限られた範囲のとき	無視するとき
分離嵩上げ	表面の破片や過剰な材料を除去し、コンクリート層を敷き、目地を設ける。	一致させる必要はない	一致させる必要はない	通常なし	既設舗装内の鉄筋や既設舗装の状態とは無関係	$h_c = \sqrt{h^2 - Ch_0^2}$	嵩上げコンクリート	15cm	可	可	可	可
単純嵩上げ	表面の破片や過剰な材料を除去し、コンクリート層を敷き、目地を設ける。	一致させる必要はない	一致させること	通常あり	既設舗装内の鉄筋は、非構造的な欠陥を補修するために必要ない。	$h_c = \sqrt[1.4]{h^{1.4} - Ch_0^{1.4}}$	嵩上げコンクリート	13cm	可	不可	可	不可
付着嵩上げ	ゆるんだコンクリート層を除去し、表面を洗い、接着剤を塗り、コンクリートを敷く。	一致させること	一致させること	あり	薄い嵩上げでは、既設舗装内の鉄筋を補助するに使用しない。	$h_c = h - h_0$	既設コンクリート	2.5cm	可	不可	可	可

\* Cの値の決定には、構造的な状態だけを考慮し、表面的な欠陥の有無は考えない。



h (REQUIRED THICKNESS IN INCHES OF AN EQUIVALENT SINGLE SLAB)

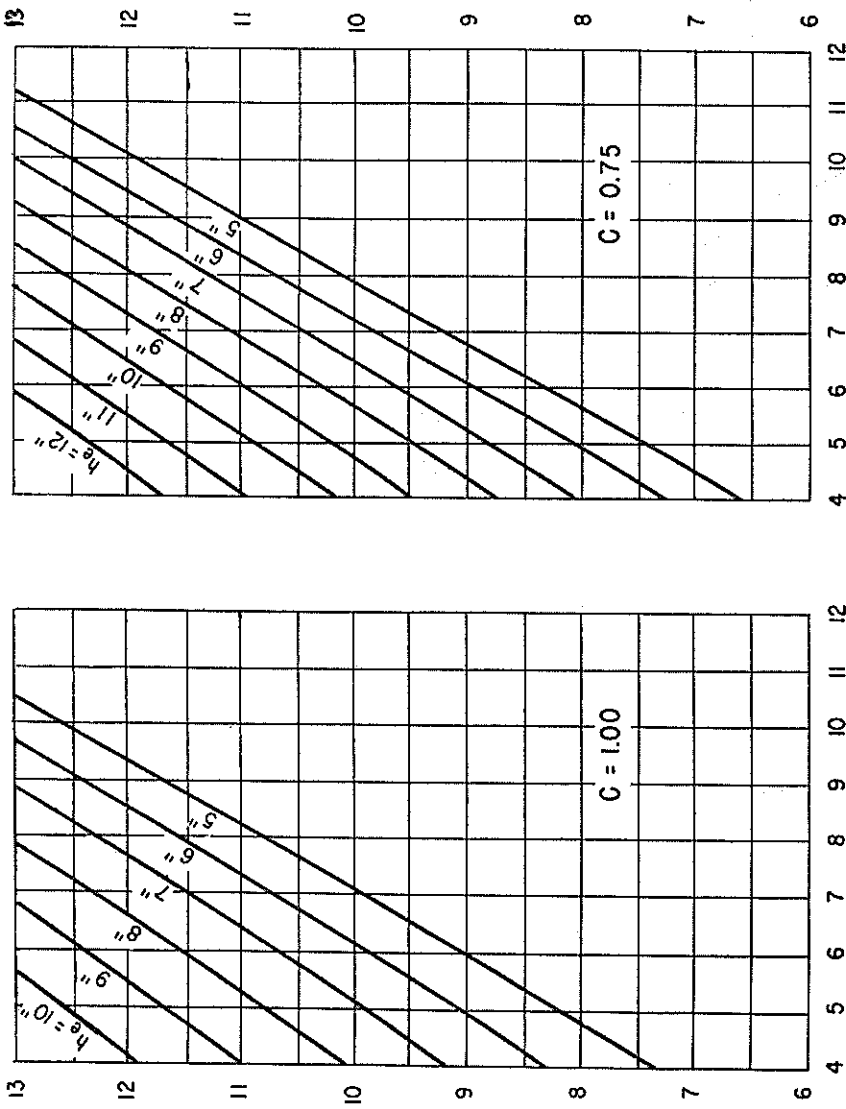


$h_c$  (THICKNESS IN INCHES OF OVERLAY SLAB)

$$h_c = \sqrt{h^2 - C h e^2}$$

CONCRETE OVERLAY ON RIGID PAVEMENT WITH SEPARATING COURSE

図一1 剛性舗装上のコンクリート嵩上げの設計曲線 (分離嵩上げ, F.A.A法)18)

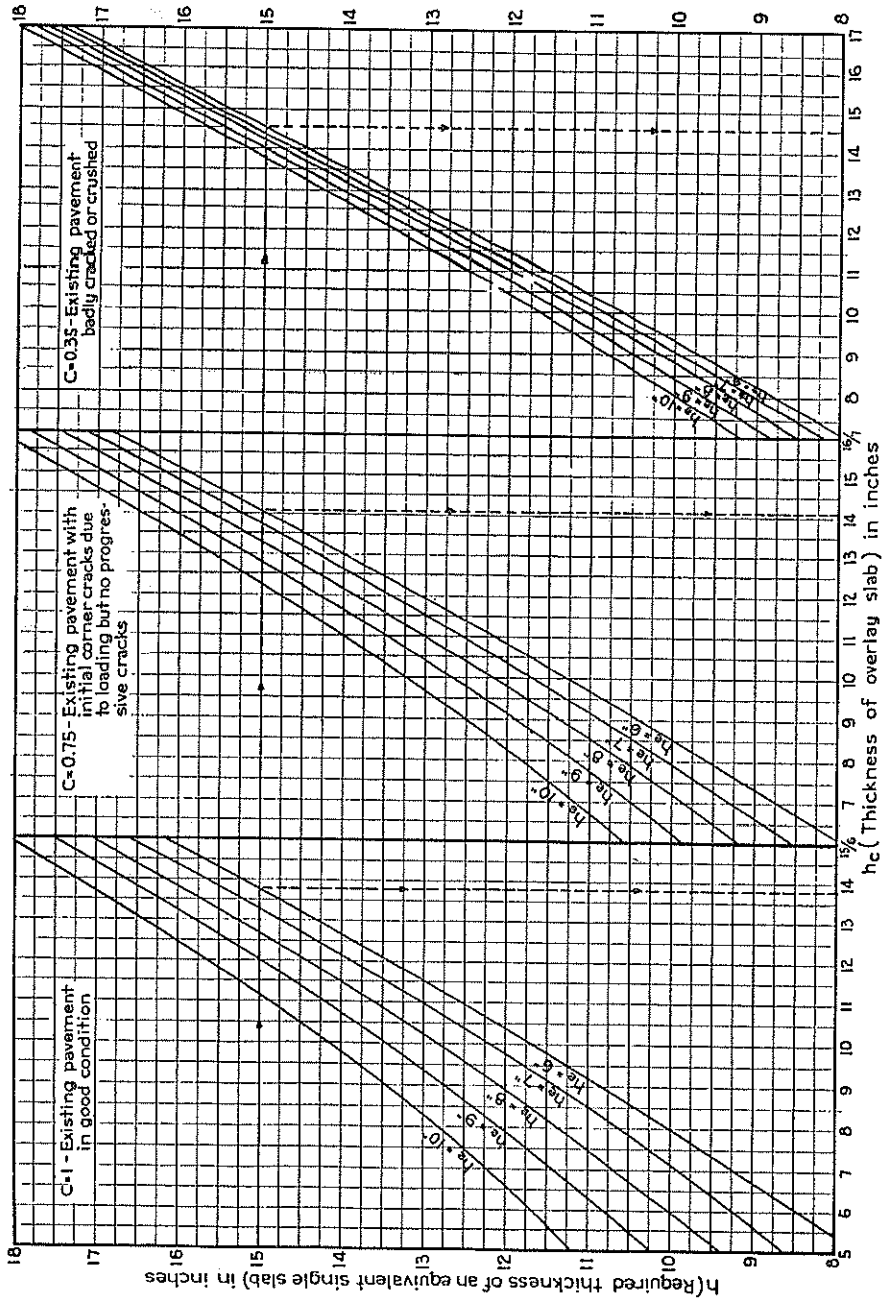


h<sub>c</sub> (THICKNESS IN INCHES OF OVERLAY SLAB)

$$h_c = \sqrt[1.4]{h^{1.4} - C h_e^{1.4}}$$

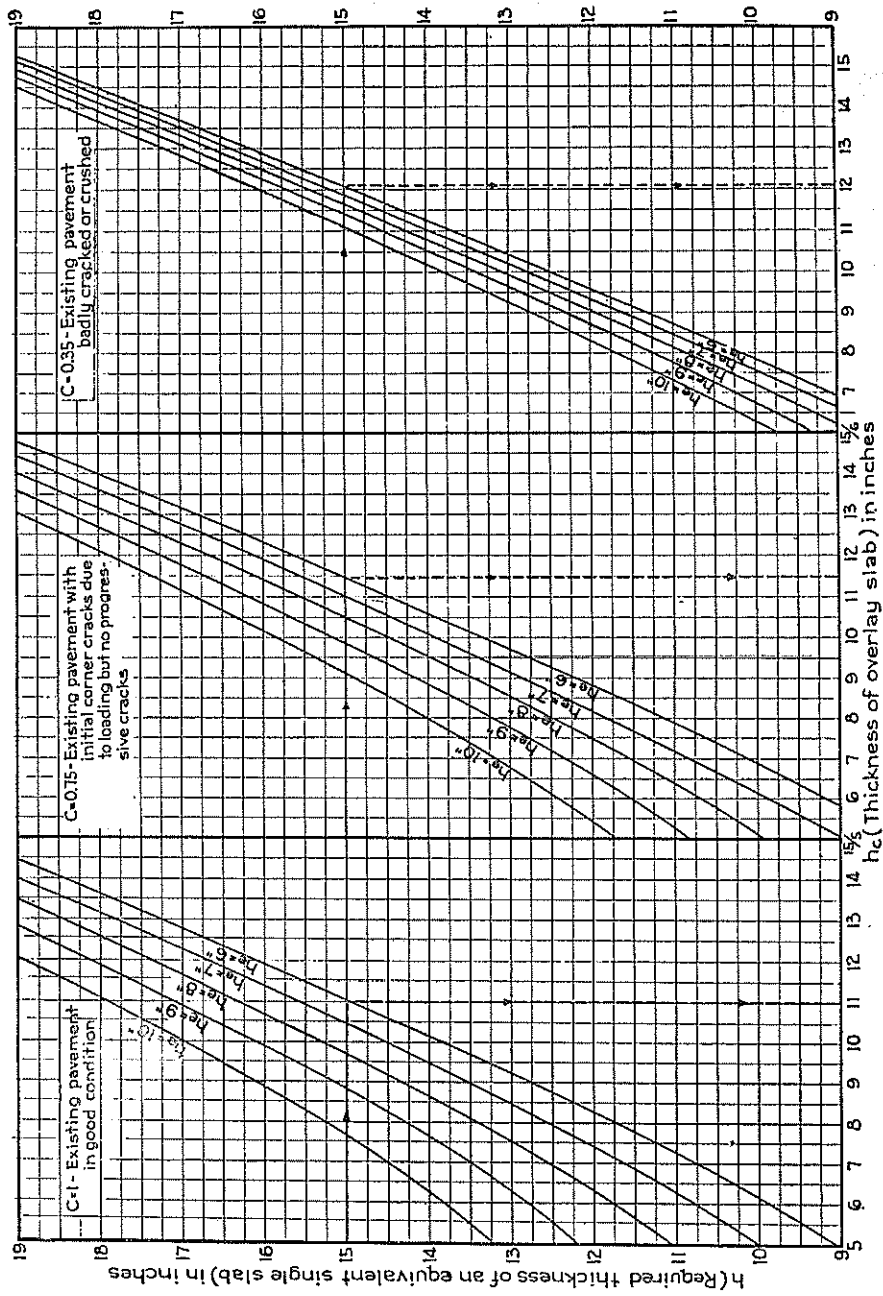
CONCRETE OVERLAY ON RIGID PAVEMENT

図一2 剛性舗装上のコンクリート嵩上げの設計曲線 (単純嵩上げ, F.A.A.法)18)



DESIGN CHART FOR CONCRETE RESURFACING  
OF AIRPORT PAVEMENTS  
(To be used when a separating course is placed between slabs)  
 $h_c = \sqrt{h^2 - Ch^2}$

図一三 剛性舗装上のコンクリート高上げの設計曲線 (分離層上げ, P C A法) 19



剛性舗装上のコンクリート嵩上げの設計曲線 (単納嵩上げ, P C A 法)<sup>19)</sup>  
 DESIGN CHART FOR CONCRETE RESURFACING OF AIRPORT PAVEMENTS

$$h_c = \sqrt{h^{0.57} C h_e^2}$$

剛性舗装上のコンクリート嵩上げの設計曲線 (単納嵩上げ, P C A 法)<sup>19)</sup>

ラメータとし、等価単版舗装厚と嵩上げ舗装厚  $h_c$  との関係を示す曲線が与えられている。図-1 において  $C=1.0$  の場合が欠けているのは、FAAでは既設舗装が構造的な欠点のない良好な状態にある場合には分離嵩上げを不経済として推奨しないことを示している。同様に、図-2 において  $C=0.35$  の場合が欠けているのは既設舗装がひどく損傷している場合にはその上に直接嵩上げする単純嵩上げは好ましくないものとして推奨しないことを示していると云える。CEの設計方法<sup>20)</sup>ではこの種の設計曲線は与えられていない。また、既設舗装面にセメントペーストとかエポキシ樹脂のような接着材料を塗付した上に嵩上げ舗装を舗設して、上下両層を一体とする付着嵩上げについては近年施工例も多く、設計式としては(6)式が提案されているが、<sup>17)</sup> 各機関の設計方法には未だ取入れられていないようである。

#### 3.4. 目地の配置

嵩上げ舗装における目地の配置は既設舗装の目地配置を考慮して決定するのが原則である。

既設舗装上に直接舗設する単純嵩上げの場合には、嵩上げ舗装の目地を既設舗装のそれと一致させて配置する。さもなくば、既設舗装の目地に相当する個所で嵩上げ舗装にひびわれの生ずる、いわゆる「反射ひびわれ (reflective cracking)」が発生する。これは既設舗装内のひびわれについても云えることである。既設舗装と嵩上げ舗装との間に分離層を設ける分離嵩上げの場合にも、分離層の厚さが薄いときには分離層を通して上述と同様の影響を受ける。このため、単純嵩上げだけでなく分離層の薄い分離嵩上げでも上下舗装の目地配置を一致させる必要があるが、目地の型の一致は必ずしも必要でなく、たとえば、既設舗装の膨脹目地に嵩上げ舗装の収縮目地を一致させることにより嵩上げ舗装の膨脹目地間隔を長くすることもできる。

分離層の厚い分離嵩上げでは、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。この点が分離嵩上げの長所の一つであって、既設舗装の目地配置が好ましくない場合にはこの種の嵩上げが必要となる。しかし、完全に効果的な分離層の最少厚さを断定するには資料が乏しく、いかなる種類の分離層も反射ひびわれを減少するのに効果的であると云われている程度である。例えば、米国海軍<sup>21)</sup>では最少厚さ  $3 \text{ cm}$  の加熱混合アスファルトコンクリートを用いて成功している。

また、嵩上げ舗装を既設舗装と一体化させる付着嵩上げの場合には目地の配置と共に型も一致させることが必要である。

#### 3.5. 鉄筋コンクリートによる嵩上げ

一般のコンクリート舗装の場合と同様に、コンクリート嵩上げ舗装に鉄筋を挿入することはひびわれの拡大を防止し、維持補修の問題の減少に効果的である。特に、ひびわれの著しい既設舗装に単純嵩上げないし付着嵩上げを施す場合には適当量の鉄筋を挿入することがひびわれを最少限に止める最も確実な方法である。

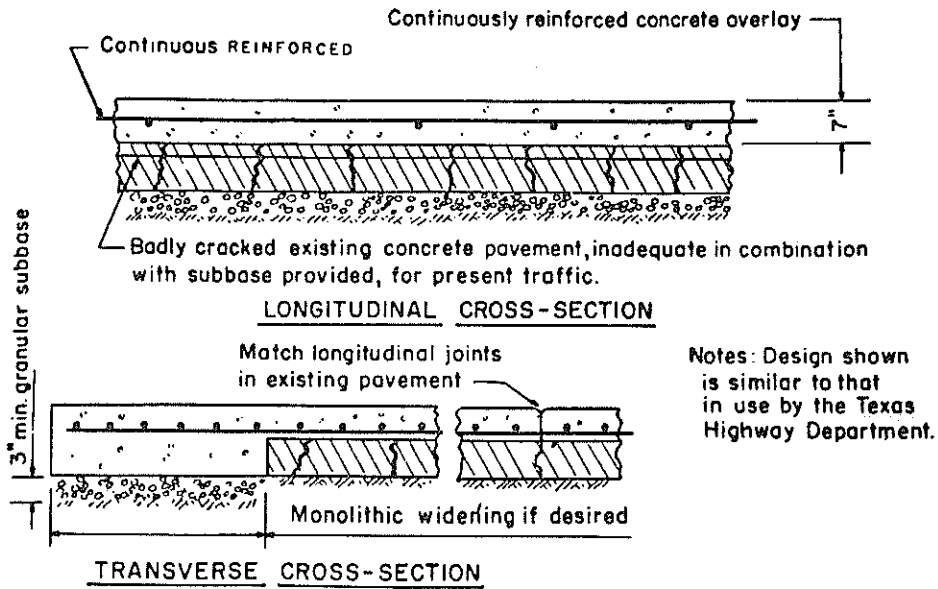
嵩上げ舗装を連続鉄筋コンクリートで施工することは他の嵩上げ方法に比べて多くの利点を有していると思われるが、この点についての特別な研究は十分な成果を挙げるには到っていないようである。施工例としてはシカゴのオヘア国際空港の舗装やイリノイ州やテキサス州における道路舗装などがあり、その実用性が確かめられている。図-5 にその一例を示す。

鉄筋や鉄網量の設計は次の要領によって行なう。

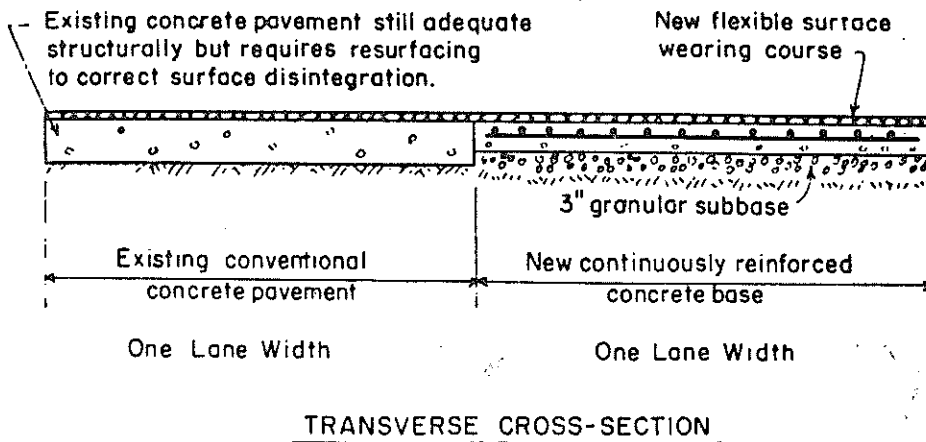
- (1) 既設舗装が鉄筋コンクリートであって、鉄筋の降伏を示す広いひびわれがない場合：嵩上げ舗装厚のみを鉄筋量算定の基礎とする。
- (2) 既設舗装が鉄筋コンクリートであって、鉄筋の降伏ないし破断を示す広いひびわれがある場合：既設舗装と嵩上げ舗装の合計厚を鉄筋量算定の基礎とする。
- (3) 既設舗装が無筋コンクリートの場合：そのひびわれや破損の程度に応じて、上記の(2)に準じて鉄筋量を算定する。

舗装面の平坦性や勾配等の条件から嵩上げ舗装厚が制限され、厚さの減少を計る手段として嵩上げ舗装を鉄筋コンクリートとする場合も少なくない。米国陸軍工兵隊の空港舗装設計法<sup>20)</sup>ではこのような場合にも図-6の鉄筋コンクリート舗装の設計図表を用いている。これは鉄筋比  $0.05 \sim 0.5\%$  の範囲内で鉄筋比に応じて無筋コンクリートとして求めた舗装厚を  $0 \sim 30\%$  減少し得るもので、無筋コンクリートの舗装厚を求める点を除いては全く経験的な方法である。この方法は基本的には鉄筋の挿入によってひびわれの悪影響をかなり減じ得る所から舗装版厚を薄くし、安全率を減じてよいとする考え方に基づくもので、目地の構造や配置は無筋コンクリート舗装と全く同様であって鉄筋は目地部分で不連続とするのが原則である。

嵩上げ舗装を連続鉄筋コンクリートとすることの実用性については連続鉄筋コンクリート舗装の長期に亘る実績から推して疑問の余地がなく、最近の施工例でも実証されている。この場合の嵩上げ舗装厚ならびに鉄筋量の設計方法については無筋コンクリートとしての嵩上げ舗装厚を基礎とすべきである。設計法の詳細については、港湾技研資料No. 46「鉄筋コンクリート舗装の設計方法



(A) Continuously reinforced overlay used in Texas



(B) Continuously reinforced concrete base course with asphaltic concrete overlay used in Texas

図—5 連続鉄筋コンクリートによる嵩上げの一例<sup>23)</sup>

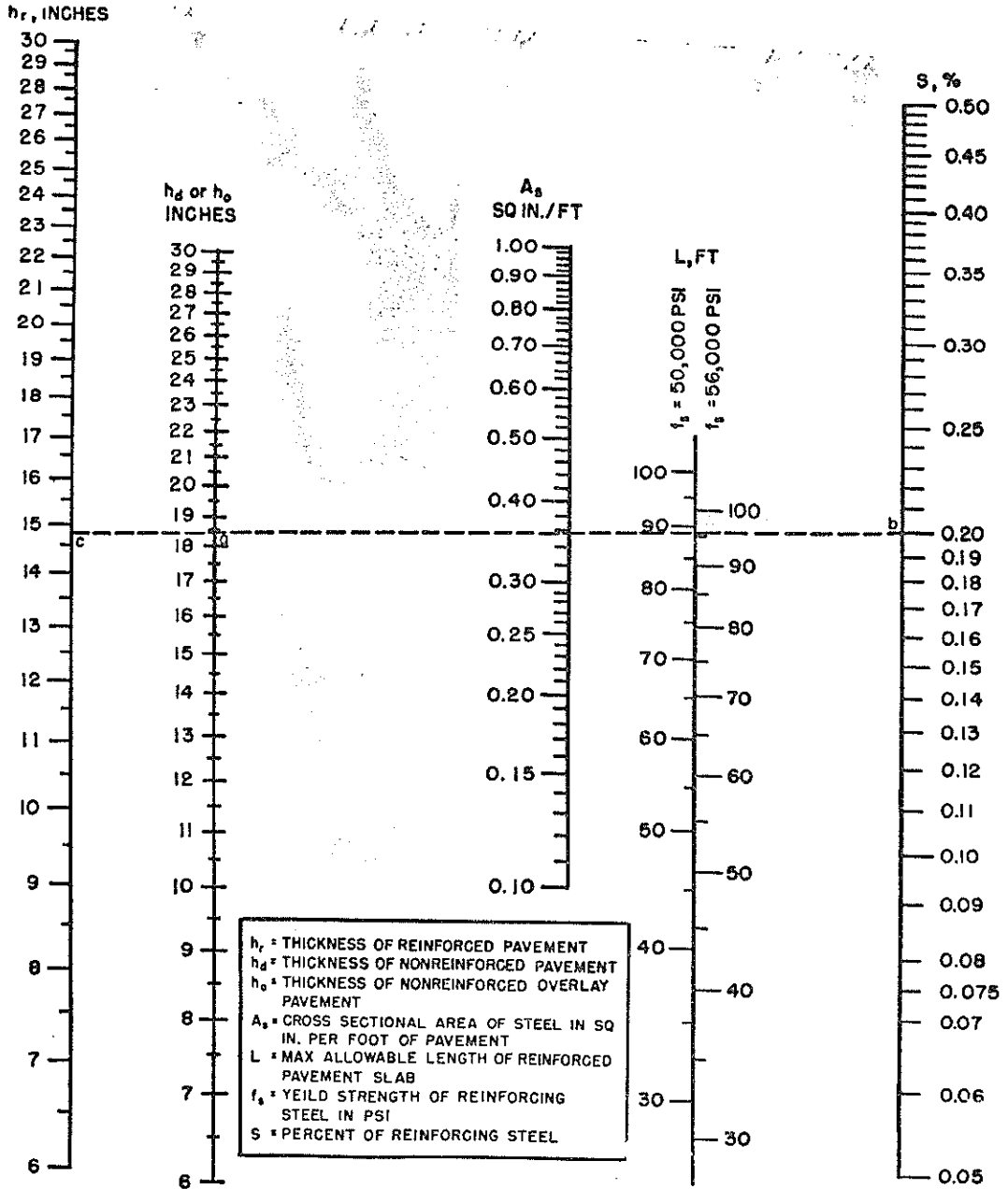


図-6 鉄筋コンクリート舗装の計算図表 (CE法)20)

に関する調査研究、参照。また、連続鉄筋コンクリートとする場合にはひびわれの効果的な分散を計る観点からは付着嵩上げとするのが最も望ましく、少なくとも単純嵩上げとするのがよい。

### 3.8. プレストレストコンクリートによる嵩上げ

プレストレストコンクリートによる剛性舗装上の嵩上

げは施工例がない訳ではないが、必ずしも経済的な方法とは云い難いようである。これは、嵩上げ舗装にプレストレスを効果的に導入するためには既設舗装面をできるだけ平坦にし、かつ、上下両舗装間の付着や摩擦を最大限に減少する必要がある、嵩上げの方式としては当然分離嵩上げとなる。しかし、この分離嵩上げの方式が概して不経済な方法であることは前述の通りである。一方、

既設舗装のひびわれや損傷の程度が著しく、分離嵩上げが必然的な場合にはPC舗装の長所が発揮できることは明らかである。米国のSan Antonio空港におけるPC嵩上げ舗装<sup>22)</sup>はこのような場合の施工例である。

PC嵩上げの設計は、上下両層共に無筋コンクリートと仮定し、(3)式を適用して無筋コンクリートとしての嵩上げ舗装厚を求め、これと同等の荷重支持能力を有するPC舗装を求める方法によって行なえばよい。PC舗装の設計方法については、港湾技研資料No. 51「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」を参照。

新旧舗装間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、かつ、経済的と云われ、たとえば前述のSan Antonio 空港の施工例では厚さ2.5cmのアスファルトコンクリート分離層を設けて好成績を挙げている。

#### 4. 撓性舗装上の剛性嵩上げの設計方法

既設の撓性舗装上に剛性嵩上げ舗装を設ける場合には、既設舗装を路盤と考へて、新設のコンクリート舗装と全く同様の方法に従って設計する。従って、嵩上げ舗装は無筋コンクリート、鉄筋コンクリートおよびプレストレストコンクリートのいずれでもよく、それぞれの設計法の詳細については、港湾技研資料No. 50「無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「鉄筋コンクリート舗装の設計方法に関する調査研究」および港湾技研資料No. 51「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」に述べられている。

新設舗装の設計に必要な路盤支持力係数は既設の撓性舗装上で平板載荷試験を行なって決定する。場合によってはKとしてかなり大きな値が得られることもあるが、過大な値をそのまま採用することは適当ではなく、たとえば、米陸軍工兵隊の設計方法のようにK75として $14\text{kg/cm}^2$ 以上の値を用いてはならないことを規定している例もある。しかし、この種の制限は特に根拠のあるものではなく、既設舗装の荷重支持能力を十分に生かすべきであるとする観方もあり、<sup>17)</sup> 今後の研究が必要である。また、撓性舗装上での試験値は当然ながら気温の影響を受け易く、夏季には小さく、冬季には大きな値を示すことが知られており、年間を通して最も暑い期間の平均的な温度と同程度の気温の下で試験して決定するのが適当である。

#### 5. 剛性舗装上の撓性嵩上げの設計方法

##### 5.1. 撓性嵩上げと瀝青嵩上げ

既設の剛性舗装に撓性舗装を嵩上げするのは、既設舗装が全く健全な状態にあるか、もしくは、極く僅かのひびわれが存在する程度の状態にあって、3.で述べた係数Cを判断する必要のない場合、すなわち  $C=1.0$  の場合に限られる。換言すれば、設計対象機種が変化し舗装の荷重支持能力の増加を計る場合のみであり、我が国の施工例としては名古屋空港（1966年施工）が挙げられる。

剛性舗装上の撓性嵩上げには、

- (1) 全厚が加熱混合式のアスファルトコンクリートの表層および結合層から成り立っている瀝青嵩上げ、と
- (2) マカダムあるいは安定処理した基層上にアスファルトコンクリートの結合層と表層を設けた狭義の撓性嵩上げ、

の2種類が行なわれている。一般には、撓性嵩上げは必要な嵩上げ厚が、良質で締固めた最少10cmの基層上に最少8cmのアスファルトコンクリート表層を設けるものに相当するか、もしくはこれ以上の場合に用い、これに満たない場合には瀝青嵩上げとするのがよい、とされている。<sup>20)</sup>

##### 5.2. 嵩上げ舗装の設計公式

剛性舗装上の撓性嵩上げ舗装の設計には幾つかの方法が提案されているが、最も一般的な方法は米陸軍工兵隊の方法と米連邦航空庁の方法であって、両方法は部分的には一致する。

米陸軍工兵隊の方法は数多くの大規模な試験舗装の載荷試験結果に基づいたもので、<sup>14~16, 20)</sup> 次のような経験式を用いて嵩上げ舗装厚を求める。

$$h_r = 2.5 (F_h - h_0) \dots \dots \dots (7)$$

ここで、 $h_r$  ; 所要の撓性嵩上げ舗装厚

$h$  ; 等価単版剛性舗装厚

$h_0$  ; 既設剛性舗装厚

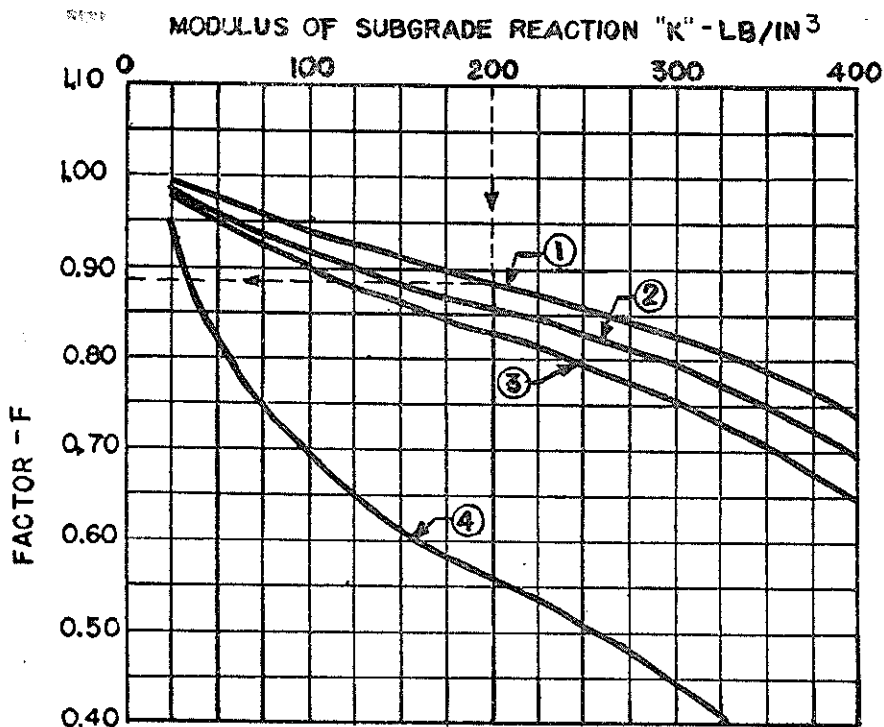
$F$  ; 路床あるいは路盤によって決まる係数

$h$  は基礎の路盤支持力係数Kと既設舗装のコンクリート曲げ強度を用いて設計図表から求める。またFは既設舗装のひびわれに関する係数であって図-7を用いて定める。

この方法における基層の最少厚は10cmであるから、基層と表層の合計厚がD型交通域に対しては18cm、B、C型交通域に対しては20cm、A型交通域に対しては23cm、以下の場合には全嵩上げ厚をアスファルトコンクリートとする瀝青嵩上げとしなければならない。瀝青嵩上げの最少厚は10cmであって、これは嵩上げに反射ひびわれの生ずるのを避けるために設けられた値である。

米連邦航空庁の方法では撓性嵩上げには上述の(7)式





LEGEND

- CURVE 1 - USE FOR TYPE A TRAFFIC AREA FOR ALL MULTIPLE WHEEL GEAR DESIGNS EXCEPT TWIN-TWIN WHEEL GEAR.
- CURVE 2 - USE FOR TYPE A TRAFFIC AREA FOR TWIN-TWIN WHEEL GEAR DESIGN.
- CURVE 3 - USE FOR TYPE B AND C TRAFFIC AREAS FOR ALL GEAR DESIGNS.
- CURVE 4 - USE FOR TYPE D TRAFFIC AREA FOR TWIN-TWIN WHEEL GEAR DESIGN ONLY.

NOTES:

- (1) DETERMINE FACTOR, F, FROM APPLICABLE CURVE ABOVE.
- (2) DETERMINE PLAIN RIGID PAVEMENT THICKNESS,  $h_d$ , FROM APPLICABLE DESIGN CURVE, FIGURE 1 THRU 6 USING FLEXURAL STRENGTH OF EXISTING PAVEMENT AND MEASURED SUBGRADE MODULUS, "K".
- (3) DETERMINE NON-RIGID OVERLAY THICKNESS AS FOLLOWS:  
 $t = 2.5 (F h_d^2 h)$   
 WHERE:  $t$  = REQUIRED NON-RIGID OVERLAY, INCHES  
 $h$  = EXISTING RIGID PAVEMENT THICKNESS, INCHES
- (4) MINIMUM THICKNESS OF NON-RIGID OVERLAY = 4 INCHES.
- (5) MINIMUM VALUE OF F = 0.40. FOR K > 400 USE F FOR K = 400.

図一7 剛性舗装上の撓性嵩上げにおける係数Fの決定曲線 (CE法)<sup>20)</sup>

を用いるが、係数Fは表—4に示したように路床土と路盤材料の分類によって決める方式を用いている。また、瀝青嵩上げについては、次式によって舗装厚を求めるとしている。

表—4 剛性舗装上の撓性および瀝青嵩上げにおける係数 (F A A法)<sup>18)</sup>

Existing Subgrade Class	Value of E when subbase under existing pavement conforms to requirements for class of subgrade indicated below				
	Ra※	Rb	Rc	Rd	Re
Ra	0.80				
Rb	0.90	0.80			
Rc	0.94	0.90	0.80		
Rd	0.89	0.49	0.90	0.80	
Re	1.00	0.89	0.94	0.90	0.80

※ Figures in this column apply when no subbase has been provided.

$$h_b = \frac{h_r + 0.5h_s}{.5} \dots \dots \dots (8)$$

ここで、 $h_b$ ；所要の瀝青嵩上げ舗装厚  
 $h_r$ ；(7)式を用いて求めた所要の撓性嵩上げ舗装厚  
 $h_s$ ；所要の表層厚

この方法では、基層最少厚として10cm、瀝青嵩上げ最少厚として8cmを定めている。

以上に述べたCE法とFAA法の他に、瀝性舗装上の撓性嵩上げの設計方法として、たとえば米国海軍の方法(Navy Method)<sup>15)</sup>なども提案されているが、必ずしも一般的でない。また、CE法とFAA法のいずれを採用すべきかはアスファルト舗装の設計方法とも関連するが、CE法の方がより安全で確実なもののように思われる。

## 6. 嵩上げ舗装施工上の諸条件

### 6.1. 既設舗装面の処理：撓性舗装の場合

3.~5.の嵩上げ設計方法はいずれも既設舗装の状態について何等かの条件を想定して経験的ないし理論的に導かれたものであり、換言すれば、これらの設計方法を成立させるためには既設舗装の状態を一定の水準に保つことが必要である。このような観点から、既設剛性舗装の表面処理の条件を列挙すると以下の通りである。

- (1) 嵩上げ舗装の舗設に先立って、既設舗装の表層、基層、路盤、路床の悪化した箇所はすべて補修しなければならない。部分的に破壊した舗装は除去して新しい

舗装で打換える。一般に、このような破壊は舗装厚が不足している箇所、路盤が不安定な材料から成っている箇所、排水不良で路盤の支持力の減少している箇所などに生じ、これらの部分は問題の路盤材料を良質な材料で置き換えるか、適当な排水設備を設けて補修する。

- (2) 窪みは清掃して適当な瀝青合材を詰めて締固める。表面の凹凸や陥没箇所、たとえばわだち堀れなどのすべての窪みには瀝青合材を詰めて転圧し、路面を平坦にする。相当量の不等沈下がある場合には嵩上げ舗装の一部として瀝青合材を用いた敷均し層 (Leveling course.) を設ける必要がある。また、施工目地の部分に生じている20mm以上のひびわれには砂とアスファルト混合物を詰め、十分に締固めてはみ出した分を除去する。

- (3) 瀝青嵩上げの場合には、上述の補修完了後、既設舗装面のほこりやごみ等の異物を清掃し、0.25~0.5l/m<sup>2</sup>の割合で瀝青タックコート散布する。撓性嵩上げの場合には、タックコートを散布せず既設舗装上に直接基層を設ける。撓性舗装上に直接コンクリート嵩上げを行なう場合には、コンクリートの打込み直前に既設舗装面に散水し、タックコートは必要でない。

### 6.2. 既設舗装面の処理：剛性舗装の場合

前節で述べたと同様の観点から既設剛性舗装の表面処理の条件を列挙すると以下の通りである。

- (1) 剛性舗装では、隣接する版がひびわれで特に離れたり高低差があつたりしない限りでは、通常の横方向、縦方向および隅角部ひびわれについて特に注意する必要はない。また、路盤が安定で、ポンピングが生じていなければ低い部分は嵩上げの一部として処理でき、他の特殊な方法による補修は必要でない。しかし、版端にポンピングが認められあるいは航空機の走行に際して版がぐらつくような場合には、舗装版の下面にソイルセメント等を注入して空隙を填充し路盤の支持力を改善することが望ましい。
- (2) 路盤の支持力が不均等で舗装版がひどく破壊し、ぐらついている場合にはその舗装版を細かく砕き路盤上に落着かせる。ひどく破壊しているものでも、ぐらついているものは広範囲に補修する必要はない。嵩上げ舗装厚の設計に際して、このような条件に対する補正も既に考慮されているからである。既設舗装がひどく破壊しているときには、必要に応じて嵩上げ前に新しい舗装版で置換えることが望ましい場合もあるが、これは個々の施工条件により決定すべき事柄である。
- (3) 版下の路盤材料が水分の蓄積で不安定となっている

場合には問題の深さだけ除去し、適当な粒状材料で置換える必要がある。また、既設舗装がひどく傾いたり、沈下したり、あるいは不陸が著しい場合には、瀝青嵩上げの舗装に先立って瀝青材の敷均し層を設ける。コンクリート嵩上げの場合には粒状材料ないし瀝青材の分離層を設けて分離嵩上げとする。

- (4) 撓性嵩上げの場合、既設の剛性舗装中のひびわれが嵩上げ舗装中に反射して発生することがあり、これは特に嵩上げが薄い場合に著しい。このように嵩上げにひびわれが発生するのを少なくするには、鉄網やエキスパンデットメタルでひびわれ部分を覆ってから嵩上げ舗装を施工するのが効果的である。既設舗装がひどく傷んでいる場合には全面を鉄網で覆うのがよい。このような場合、鉄網とかエキスパンデットメタルはかなり弾力的で、このため薄い撓性舗装を損うこともあるので、できるだけ平坦に敷設する必要がある。このような鉄網ないしエキスパンデットメタルを挿入して補強した撓性嵩上げは米国テキサス州やカリフォルニア州で実施され、相当の成果を収めていることは注目に値する。図-5 にその一例を示す。

### 6.3. 嵩上げの最少厚と経済性について

嵩上げ舗装の厚さに関してはどの設計方法においても、既設舗装における目地やひびわれの影響や舗装版の働きとかはく離の可能性等を考慮して最少厚さを定めており、これは剛性嵩上げにも撓性嵩上げにもほぼ共通している。

すなわち、剛性嵩上げ舗装の最少厚は嵩上げ方式によって異なり、分離嵩上げの場合15cm以上、単純嵩上げの場合13cm以上、付着嵩上げの場合3cm以上必要なことが経験的に確かめられている。<sup>17)</sup> これは、分離嵩上げと単純嵩上げでは、嵩上げ舗装をある程度独立した舗装版として考える必要があるためこれを厚くするもので、付着嵩上げでは既設版と一体化するので薄く舗装して差支えないのである。鉄筋コンクリートやプレストレストコンクリートを用いて嵩上げする場合には、一般に無筋コンクリートによる場合よりも薄くできるが、鉄筋やPC鋼線等のかぶりを十分にとらないとこの点からひびわれが生ずることもあり、極端に薄くすることは避けなければならない。

一方、撓性嵩上げにおける最少厚は主としてひびわれの影響を考慮したもので、撓性嵩上げでは18cm以上、瀝青嵩上げでは10cm以上とするのが普通である。

既に述べたように、嵩上げの設計方法はかなり経験的なものであり、特に上述の嵩上げの最少厚さに関する制約は純経験的なものと云ってよい。このことは剛性嵩上

げと撓性嵩上げの経済性を比較する場合に、時には支配的な要因たり得ることを示すものと云える。たとえば、R. R. Philippe, C. H. Christiansen等<sup>4)</sup>は、米国陸軍工兵隊で行なった試験舗装の結果に基づいて『ある条件下では、剛性舗装に撓性嵩上げを施した舗装が最も経済的のように思われ、従来の経験を（このような観点から）再検討することが望ましい』と述べている。また、H. L. Gaines<sup>3)</sup>も、『(試験舗装における)比較的薄いアスファルトコンクリート嵩上げの挙動は既設コンクリート舗装の補強手段として最も経済的な方法であることを実証するものようである』と云っている。

これらの結論は限られた試験舗装に基づいた嵩上げ舗装について得られたものではあるが、基層にセメントコンクリート版を用い、これをアスファルトコンクリート表層で覆う、いわゆる「ホワイトベース」による撓性舗装の経済性について検討の余地があることを示唆するものと云えよう。

## 7. 結 論

2.~7. に述べた調査研究の結果、空港舗装の嵩上げは次の各項に従って設計するのが適当と思われる。

- (1) 嵩上げの型式は既設舗装の状態や航空管制上の諸点も含めた施工上の諸条件等を考慮し、各型式について比較検討した上で決定する。

- (2) 剛性舗装上の剛性嵩上げは次式によって設計する。

$$\text{分離嵩上げの場合 } h_c = \sqrt{h^2 - Ch_0^2}$$

$$\text{単純嵩上げの場合 } h_c = \sqrt{h^{1.4} - Ch_0^{1.4}}$$

$$\text{付着嵩上げの場合 } h_c = h - h_0$$

ここで、 $h_c$  ; 所要の剛性嵩上げ舗装厚

$h$  ; 等価単版剛性舗装厚

$h_0$  ; 既設剛性舗装厚

$C$  ; 既設舗装の状態によって決まる係数、

1.0~0.35

- (3) 剛性舗装上の撓性嵩上げは次式によって設計する。

$$\text{撓性嵩上げの場合 } h_r = 2.5(Fh - h_0)$$

$$\text{瀝青嵩上げの場合 } h_b = \frac{h_r + 0.5h_s}{1.5}$$

ここで、 $h_r$  ; 所要の撓性嵩上げ舗装厚

$h_b$  ; 所要の瀝青嵩上げ舗装厚

$h_s$  ; 所要の表層厚

$F$  ; 路床あるいは路盤によって決まる係数、

1.0~0.8

- (4) 撓性舗装上の剛性嵩上げは既設舗装を路盤と考え、新設のコンクリート舗装と全く同様の方法に従って設計する。

(5) 嵩上げ舗装の厚さは原則として次の値以上とする。

分離嵩上げの場合	15cm
単純嵩上げの場合	13cm
付着嵩上げの場合	3cm
撓性嵩上げの場合	18cm
瀝青嵩上げの場合	10cm

(6) 剛性舗装上の剛性嵩上げでは反射ひびわれの発生を少なくするため目地の配置と型について考慮しなければならない。単純嵩上げの場合には上下舗装の目地の配置を一致させる。付着嵩上げの場合には上下舗装の目地の配置と型を一致させる。効果的な厚さの分離層を設けた分離嵩上げの場合には目地の配置と型を新設舗装と同様に決定できる。

(7) 剛性嵩上げに鉄筋コンクリートあるいはプレストレストコンクリートを適用する場合には次の考え方によって設計する。すなわち、新旧両舗装共に無筋コンクリートと仮定し、上述の設計式を用いて剛性嵩上げ舗装厚を求め、これと同等の荷重支持能力を有する鉄筋コンクリートないしプレストレストコンクリート舗装厚を求める方法である。

(8) 以上の設計々算における等価単版剛性舗装厚、鉄筋コンクリート舗装厚あるいはプレストレストコンクリート舗装厚はそれぞれ港湾技研資料No. 50「無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「鉄筋コンクリート舗装の設計方法に関する調査研究」、および港湾技研資料No. 51「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」の結論に従って行なえばよい。

(9) 限られた例ではあるが、米国防軍工兵隊の嵩上げ試験舗装の結果によれば、剛性舗装上の撓性嵩上げが既設コンクリート舗装の補強方法として最も経済的であったとされている。このことは基層にセメントコンクリート版を用い、これをアスファルトコンクリート表面で覆う、いわゆる、ホワイトベースによる撓性舗装の経済性について検討の余地があることを示唆するものと思われる。

## 8. あとがき

本調査研究に先立つ13年前(1955年2月)に米国土木学会航空運輸部会の空港嵩上げ舗装の設計方法研究委員会はほぼ同様の観点から広範な調査研究を行ない、その成果を報告している。<sup>15)</sup> 本調査研究では、その後に発表された文献資料についても調査を進め、その結果は本報告3.~6.に述べた通りで、付着嵩上げや鉄筋コンクリートあるいはプレストレストコンクリートによる嵩上げは

比較的新しい施工経験や研究に基づく成果として本報告書にも取入れられている。しかし、嵩上げに関する基本的な考え方の点では、上記委員会の次のような結論に付加すべき何物も得られなかった事を明らかにしたい。

本報告で取上げた各種の設計方法について検討した結果は、「設計公式を適用する場合にその公式の各項に与えられる値は公式の適用結果が供用中の舗装ないし原型試験舗装の観察結果と一致するように選定されたものである」と云う意味ではこれらの設計公式が主として経験的なものであることを示している。この種の問題解決の方法は誤ったものではなく、実際、嵩上げ舗装の厚さの決定に関して完全に理論的な方法の展開は極めて疑わしいと云ってよい。しかし、当委員会は理論の発展が嵩上げ舗装の挙動をより完全に理解するのに有用であるとの観点から、そのための努力が今後共実施するべきであると考え。

既設コンクリート舗装に嵩上げする場合、設計図表を用いて得られる瀝青嵩上げ舗装厚が往々にしてコンクリート嵩上げ舗装厚より薄いことは注目値する。これの定量的な説明はいささか、困難ではあるが一つの理由として、従来の設計施工基準の下ではセメントコンクリート舗装の最少厚を15cm以上としている事実が挙げられ、他の理由はコンクリートの応力に関するものである。すなわち、コンクリート嵩上げでは、新旧舗装版の応力がいずれも許容応力度以内に収まるように設計するのに対し、瀝青嵩上げでは既設舗装にある程度のひびわれが生ずるのを許容していることの影響である。この点で、ひびわれが生じないことを前提としたセメントコンクリート舗装の許容撓み量は瀝青嵩上げ舗装の許容撓み量より小さいのは当然である。瀝青嵩上げ舗装について重要なことは、既設舗装のひびわれが嵩上げ舗装に反射することを防止することであり、これが多くの空港や道路の管理当局が瀝青嵩上げ舗装の最少厚を10cmと定めている理由である。

## 参 考 文 献

- 1) Clifford Older, "Highway Research in Illinois," Transactions, ASCE, Vol. 87, pp. 1209, 1924
- 2) Corps of Engineers, U. S. Army, "Engineering and Designing Rigid Airfield Pavements," EM1110-45-303, Department of the Army, Office of the Chief of Engineers, 65 pp. and 2 appendices, Feb. 1958
- 3) H. G. Gaines, "Traffic Testing of Overlays on Rigid Airfield Pavements," Proceedings, Highway Research Board, Vol. 25, pp. 85~95, 1945
- 4) R. R. Philippe and C. H. Christiansen, "The Overlay

港湾技研資料 No. 51

1968年6月

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所  
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 誠文堂印刷工業株式会社  
川崎市苅宿531番地の2