

G.2 1993 年 AASHTO 加鋪設計法 (張記恩期末報告)

# 鋪面評估與維修期末報告

1993年AASHTO加鋪設計法

授課先生：李英豪 老師

學生姓名：張記恩

學 號：684310260

繳交日期：1996/06/27

# 1993年 AASHTO 加鋪設計法

## 前言

隨著社會的進步與發展，道路使用者對於鋪面所提供之舒適程度要求日益增高，道路管理者為保持行車介面的舒適、平坦及安全，相關鋪面維修技術因此孕育而生，而加鋪(Overlay)即為其中的一項重要維修方法。

加鋪作業簡單而言乃是利用適當的方法對欲施行加鋪之道路進行結構性的評估，配合相關設計法則及恰當的施工方式，在原路面上方鋪上一層新的鋪面材料，如此一來不但改善舊有道路的行車品質，更增加了鋪面的結構強度，阻隔舊有鋪面的壞機制及提昇鋪面服務之年限，因此加鋪成為維持鋪面能力的重要工作，而加鋪設計法的重要性自然也不亞於新建鋪面之設計。

## 第一節 研究動機與目的

由於國內公路養護單位長期以來對於加鋪作業均採取固定之模式，設計準則也多經由工程師的判斷與經驗而得，故不經濟的加鋪設計則經常發生，而因加鋪設計與施工時考慮的不周全，造成加鋪後不平整或反射裂縫(reflection cracking)等缺失，導致加鋪的失敗，更無形中浪費了許多社會成本。

本研究擬對 1993 年改版的 AASHTO 加鋪設計法為主幹，進行相關設計觀念的闡述及設計流程與步驟的說明，予以中文化並製成講義，提供對鋪面加鋪設計學習的方便性，期望藉此一拋磚引玉動作，能引起各界對加鋪設計之重視，進而提昇國內加鋪設計之水準。

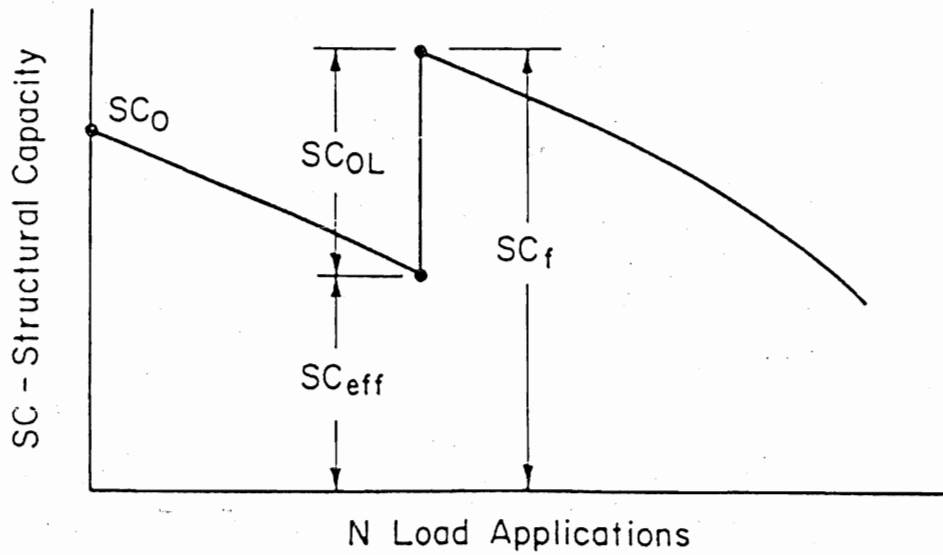
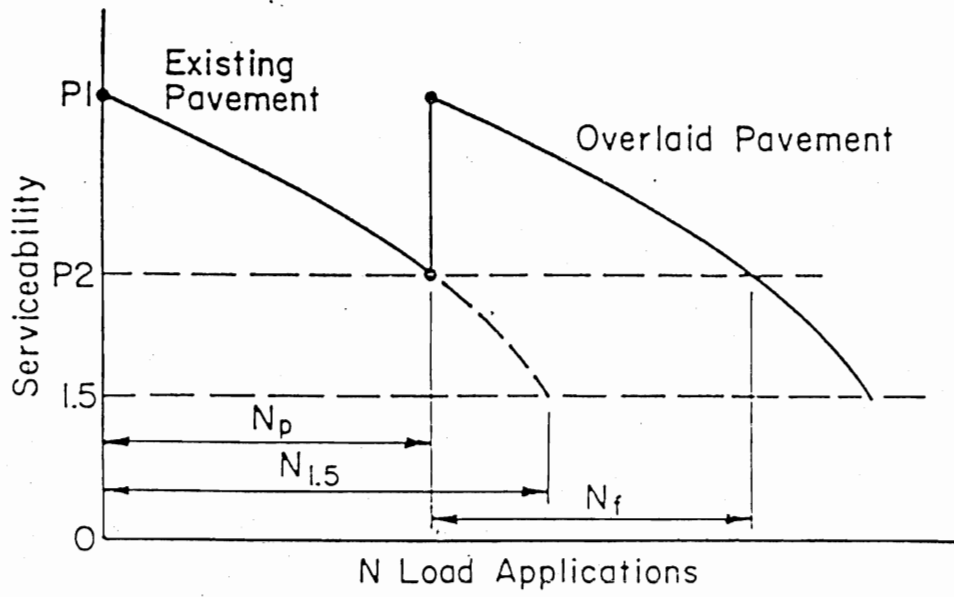
## 第二節 基本觀念介紹

### 2-1 設計理念

1993 年 AASHTO 加鋪設計法基本上仍是承襲有效厚度法則 (*effective thickness approach*) 為設計基礎，參考圖一所示，其觀念乃假設鋪面新建時之有效結構承載力  $SC_0$  與鋪面服務績效  $P_1$  會隨交通荷重負載的增加而逐年減退為  $SC_{eff}$  與  $P_{eff}$ ，若決定鋪面服務績效下降至  $P_2$  時進行加鋪作業，則考量未來預期承受交通量與現存鋪面狀況，以新建路面設計法求得需求結構承載力  $SC_f$ ，並運用適當方法評估現存鋪面有效結構承載力  $SC_{eff}$ ，兩者相減所得之差即為加鋪需提供之結構承載力  $SC_{OL}$ ，表示式如下：

$$SC_{OL} = SC_f - SC_{eff}$$

根據此原則，將鋪面有效結構承載力  $SC$  視為 AASHTO 規範定義之柔性路面結構數  $SN$ ，與剛性路面厚度  $D$ ，即可方便求得加鋪需求厚度。



圖一 鋪面服務能力、結構數與交通荷重次數關係圖

## 2-2 各類加鋪組合基本公式

為適用於各種不同材質組合的加鋪狀況，規範針對各類加鋪組合，建議運用柔性路面設計法  $SN$  或剛性路面設計法  $D$ ，將新建、現存及欲加鋪之鋪面材料轉換成等值厚度，待求得加鋪等值厚度後，經材料性質轉換即可得加鋪厚度需求值。各類加鋪組合之加鋪厚度計算公式如表一所示：

表一 加鋪厚度計算公式

| 加鋪材料        | 現存鋪面      | 加鋪設計公式  | 備註                          |
|-------------|-----------|---|-----------------------------|
| AC          | AC        | $h_{ol} = SN_{ol} / a$<br>$= (SN_f - SN_{eff}) / a$ | $SN = SC$                   |
| AC          | Break/PCC | $h_{ol} = SN_{ol} / a$<br>$= (SN_f - SN_{eff}) / a$ | $SN = SC$                   |
| AC          | PCC       | $D_{ol} = A(D_f - D_{eff})$                         | $D = D_{ol}$ ; $A$ 為材料轉換因子。 |
| AC          | AC/PCC    | $D_{ol} = A(D_f - D_{eff})$                         | $D = D_{ol}$ ; $A$ 為材料轉換因子。 |
| Bound PCC   | PCC       | $D_{ol} = D_f - D_{eff}$                            | $D = D_{ol}$                |
| Unbound PCC | PCC       | $D_{ol}^2 = D_f^2 - D_{eff}^2$                      | $D = D_{ol}$                |
| PCC         | AC        | $D_{ol} = D_f$                                      | 視 AC 為路基重新設計。               |

## 第三節 加鋪前準備工作

### 3-1 各類破壞形式修復方法

為確保舊有之破壞在加鋪後數年內不會影響加鋪路面的結構完整性，加鋪前應勘查現有路面之破壞類型與狀況，確實調查產生原因並加以改善。以下將就不同加鋪材料與現有鋪面類型組合，分析各種形式的鋪面就其不同類型破壞的建議處置方法。

### 3-1-1 AC 材料加鋪於 AC 路面

此種加鋪組合因兩者材料特性相同故考量較為單純，不同類型破壞的建議處置方法如表二所主要目的除避免反射裂縫之外，亦重視加鋪前表面之平整，避免日後因加鋪層厚度不同而造成不均勻沈陷狀況發生。

表二 AC 材料加鋪於 AC 路面不同類型破壞的建議處置方法

| 破壞形式     | 破壞狀況         | 修護方法                        |
|----------|--------------|-----------------------------|
| 1. 鱈魚皮裂縫 | 輕、中度         | 加鋪前使用纖維、開放級配等材料處理以阻止反射裂縫發生。 |
|          | 重度           | 去除面層及下方之鬆軟土層。               |
| 2. 線型裂縫  | 寬度 < 0.25 in | 修補(patch)。                  |
|          | 寬度 > 0.25 in | 壓入填縫料並加以修補。                 |
|          | 經常發生嚴重裂縫地點   | 加鋪前施以阻止反射裂縫材料處理。            |
| 3. 車轍    | 輕度           | 刨除或以適當材料填平。                 |
|          | 重度           | 同輕度，並於加鋪前確實調查車轍原因，並加以改善。    |
| 4. 表面不平整 | 凹洞、隆起、波浪狀等   | 調查發生原因，並去除及復原破壞層。           |

### 3-1-2 AC 材料加鋪於經破碎處理之 PCC 路面

此狀況為舊有 PCC 路面板經 *break/seal*、*crack/seal* 與 *rubblized/compact* 等處理，其主要目的乃希望經由降低原鋪面板尺寸，減少因溫度造成過量水平變位而產生反射裂縫。此處理方式對反射裂縫的防止成效目前尚不明確，但值得注意的是除水平變位外，因交通荷重造成之垂直變位亦為反射裂縫的發生主因，故除破碎處理之外，利用適當填充料加於經破碎處理路面，以確保均勻的荷重承載，亦為加鋪前的處理重點。

### 3-1-3 AC 材料加鋪於 JPCP、JRCP 與 CRCP 路面

不同類型破壞的建議處置方法如表三所述：

表三 AC 加鋪於 PCC 路面不同類型破壞建議處置方法

| 破壞形式                      | 修護方法         |
|---------------------------|--------------|
| 1.工作裂縫                    | 全厚度修復及鋪面板替換。 |
| 2.貫穿(punchouts)           | 全厚度修復。       |
| 3.嚴重破壞區的修補                | 全厚度修復。       |
| 4.接縫處破裂(spalling joints)  | 全厚度或部份厚度修復。  |
| 5.斷裂與唧水(pumping/faulting) | 排水處理。        |
| 6.沈陷                      | 板塊提昇或部分重建。   |

表中敘述的全厚度修復 (*full-depth repair*) 及鋪面板替換 (*slab replacement*) 等加鋪前處理工作所用之材料均應為波特蘭水泥混凝土，於 CRCP 上舊有的修補 AC 材料亦須完全去除，且於修復 JPCP、JRCP 配合繫筋與綴縫筋、CRCP 配置連續鋼筋與原鋪面結構接合，以確保荷重確實傳遞。過去曾有使用 AC 進行全厚度修復，但其結果則易於 AC 修復部份產生坑洞及反射裂縫等不良結果。

### 3-1-4 AC 材料加鋪於 AC/JPCP、AC/JRCP 與 AC/CRCP 路面

對於 AC 材料加鋪於 AC/JPCP、AC/JRCP 與 AC/CRCP 路面，不同類型破壞的建議處置方法如表四所述：

表四 AC 加鋪於 AC/PCC 路面不同類型破壞建議處置方法

| 破壞形式            | 破壞狀況 | 修護方法  |
|-----------------|------|---|
| 1.車轍            | 重度   | 刨除  |
| 2.反射裂縫          | 輕度   | AC/JPCP、AC/JRCP 壓入填縫料修補，但 AC/CRCP 則需調查再在給予適當處理。 |
|                 | 中、重度 | 全厚度修復及鋪面板替換。                                    |
| 3.貫穿(punchouts) | --   | 全厚度修復。  |
| 4.嚴重破壞區的修補      | --   | 全厚度修復。  |
| 5.局部 PCC 破壞     | --   | 全厚度修復。  |
| 6.局部 AC 破壞      | --   | AC 材料修補(patch)。                                 |
| 7.唧水(pumping)   | --   | 排水處理。   |
| 8.沈陷            | --   | 板塊提昇或部分重建。                                      |

當任何程度的反射裂縫發生於 AC/CRCP 或中、重度反射裂縫發生於 AC/JPCP、AC/JRCP 路面時，經驗顯示下方之剛性路面極可能有工作裂縫、接縫破壞及修復失敗等情況發生，且嚴重程度將大於表面所見，故建議配合鑽心取樣評估鋪面狀況。而表中敘述的全厚度修復及鋪面板替換，除利用 PCC 材料配合繫筋、綴縫筋與連續鋼筋修復之外，更要在加鋪前填上與舊有路面相等厚度之 AC 材料。

### 3-1-5 PCC 材料(Bounded)加鋪於 JPCP、JRCP 與 CRCP 路面

各種破壞的修復方式完全與 2-1-3 節中所提 AC 材料加鋪於 JPCP、JRCP 與 CRCP 路面之修復方式相同。

### 3-1-6 PCC 材料(Unbounded)加鋪於 JPCP、JRCP、CRCP 與 AC/PCC 路面

由於 Unbounded PCC 材料加鋪方式可避免舊有路面水平位移的傳遞，因此加鋪前的處理工作只需專注於舊有鋪面是否能提供加鋪層均勻的承載力，表五將敘述不同類型破壞的建議處置方法。

表五 Unbounded PCC 加鋪於 PCC 路面不同類型破壞建議處置方法

| 破壞形式                         | 加鋪材料             | 舊有鋪面修護方法                      |
|------------------------------|------------------|-------------------------------|
| 1.工作裂縫                       | CRCP             | 若程度相當嚴重，則進行修補(patch)。         |
|                              | JPCP、JRCP        | 不需處理。                         |
| 2.貫穿(punchouts)              | JPCP、JRCP 及 CRCP | 全厚度修復。                        |
| 3.接縫處破裂<br>(spalling joints) | JPCP、JRCP        | 不需處理，若傳遞荷重情況太差則可考慮利用 AC 材料填充。 |
|                              | CRCP             | 對嚴重破壞接縫處進行全厚度修復。              |
| 4.沈陷                         | JPCP、JRCP 及 CRCP | 利用 AC 材料填平                    |
| 5.唧水(pumping)                | JPCP、JRCP 及 CRCP | 排水處理。                         |



另針對經破碎處理之 PCC 路面，則建議在加鋪前鋪上一隔離層 (separation layer)，以確保原鋪面能提供均勻的承載力。

### 3-1-7 JPCP、JRCP 與 CRCP 加鋪於 AC 路面

此種加鋪狀況前之修復工作，主要為避免反射裂縫的發生，因此根據不同破壞類型與欲加鋪之剛性鋪面形式，有不同的修復方式如表六：

表六 PCC 加鋪於 AC 路面不同類型破壞建議處置方法

| 破壞形式                         | 加鋪材料             | 舊有鋪面修護方法                |
|------------------------------|------------------|-------------------------|
| 1. 鱧魚皮裂縫                     | CRCP             | 若程度相當嚴重，則進行全厚度修復及鋪面板替換。 |
|                              | JPCP、JRCP        | 不需處理。                   |
| 2. 橫向裂縫                      | JPCP、JRCP 及 CRCP | 不需處理。                   |
| 3. 嚴重沈陷                      | JPCP、JRCP 及 CRCP | 利用 AC 材料填平              |
| 4. 唧水與剝脫 (pumping/stripping) | JPCP、JRCP 及 CRCP | 排水處理或去除剝脫層。             |

## 3-2 反射裂縫的控制

反射裂縫發生的原因，為原有路面上之接縫與裂縫因溫度、濕度改變造成之水平方向位移，或交通荷重所造成之垂直位移傳遞到加鋪層，造成加鋪層的裂縫破壞而嚴重折減加鋪層之服務績效與結構強度，因此加鋪設計時必須考慮現有鋪面的接縫類型、損害形式與程度，於施工時選取適當避免反射裂縫發生的措施，包括增加 HMA 加鋪厚度、在兩介質間鋪上開放級配的隔離材、加勁格網，或在加鋪後立即在原有接縫(joint)與裂縫處鋸開，甚有將原路面經破壞處理

(fractured)成小塊狀等，藉由減少位移傳遞狀況達到避免反射裂縫的發生。

## 第四節 現存鋪面有效厚度求取

### 4-1 柔性鋪面 $SN_{eff}$ 求取

AASHTO 建議三種柔性路面現存有效結構數  $SN_{eff}$  評估法則，分別為非破壞性撓度檢測法、現地目測調查評估法與現存鋪面殘餘壽年法三種，由於三種評估法理念各不相同，結果差異甚大，因此建議三種方法均進行評估，再視需要取較保守值為設計之用。

#### 4-1-1 非破壞性撓度檢測法

規範建議使用落重撓度儀(FWD)，參考 ASTM D4694 與 D4695 之非破壞性撓度檢測相關規定，配合下述步驟評估現存有效結構數  $SN_{eff}$ 。

##### 1. 求取路床回彈模數值 $M_R$

鋪面受荷重時表面撓度盤(deflection basin)外側撓度值大小通常反應路床回彈模數值之高低，故規範建議使用下式概估路床回彈模數值  $M_R$ ：

$$M_R = \left( \frac{0.24 P}{d_{r,r}} \right)$$

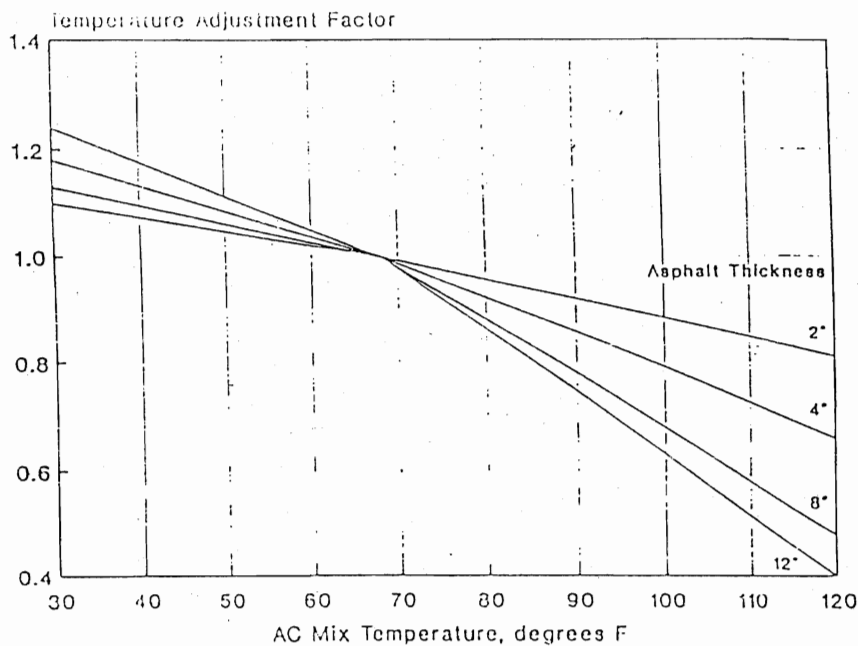
其中  $M_R$  為路床回彈模數值(psi)， $P$  為施加荷重(lbs；規範建議使用 9000 lb)， $d_r$  為離荷重中心距離所量得之撓度值(in)， $r$  為離荷重中心距離(in)，距離  $r$  的選取則建議  $r \geq 0.7a_e$ ，求取公式如下。

$$a_e = \sqrt{a^2 + \left( D * \sqrt[3]{\left( E_p / M_R \right)} \right)^2}$$

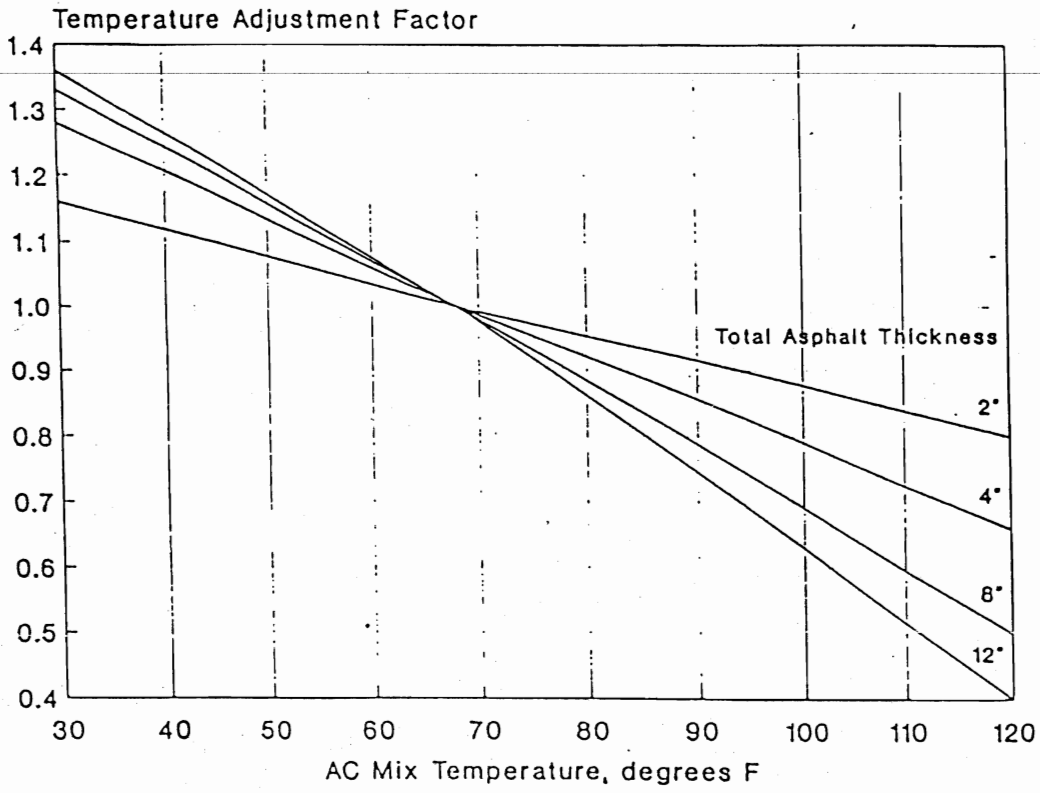
公式中  $a_e$  為路床與鋪面之間應力分佈半徑(in ; *stress bulb*)， $a$  為荷重盤半徑(in ; 建議取 5.9 in)， $D$  為鋪面各層總厚度(in)， $E_p$  為路床以上鋪面有效回彈模數值(psi)， $M_R$  為路床回彈模數值(psi)。

根據上述公式，取離荷重中心距離  $r$  所量得之撓度值，得路床回彈模數值  $M_R$ ，並已知鋪面各層總厚度  $D$ ，施加荷重  $P$  及荷重中心之撓度值  $d_o$ ，其中撓度值  $d_o$ ，需根據施測當時材料溫度( $F$ )及其路面形式參考圖二(瀝青面層及波特蘭水泥處裡底層路面)、圖三(瀝青面層及瀝青處裡底層底層路面)之修正係數，將撓度值  $d_o$  修正至標準溫度 70 F，以去除溫度對撓度值的影響。故可查圖四得路床以上鋪面有效回彈模數值  $E_p$ ，並帶回  $a_e$  公式中檢查  $r$  是否恰當，若符合  $r \geq 0.7a_e$  之規定，則  $SN_{eff}$  可由下式求得。

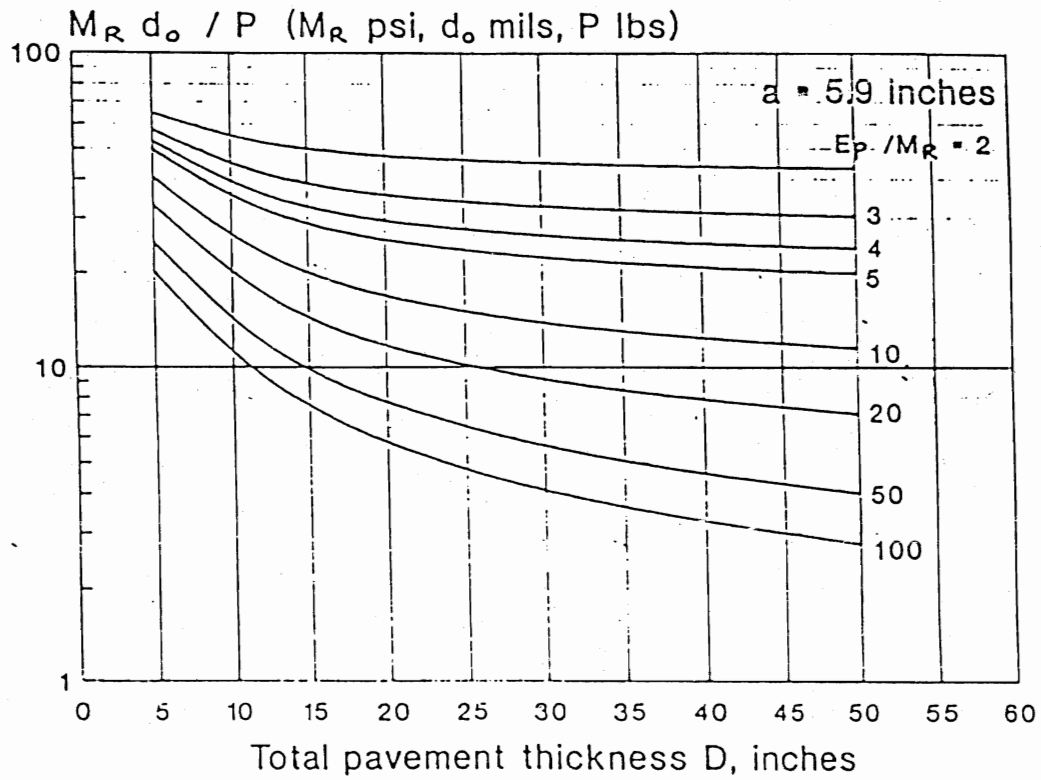
$$SN_{eff} = 0.0045D \sqrt[3]{E_p}$$



圖二 瀝青面層及波特蘭水泥處裡底層路面溫度修正係數圖



圖三 瀝青面層及瀝青處理底層底層路面溫度修正係數圖



圖四 路床以上柔性鋪面撓度、厚度與回彈模數值  $E_p$  關係圖

#### 4-1-2 現地目測調查評估法

鋪面材料由於交通荷重與氣候的影響，導致材料發生破壞進而影響其回彈模數值，因此現地目測調查評估法根據各類型破壞的程度及水分對基、底層之影響，適當降低層係數  $a_1 \sim a_3$ ，並配合鋪面結構數公式  $SN_{eff} = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$ ，即可評估路面現存有結構數。

表七提出各類型破壞對基、底層層係數的折減建議表，其中裂縫的破壞百分比為(線性裂縫(feet)/平方英尺)\*100，若機底層有唧水現象發生，則建議經由鑽心評估對基、底層的層係數  $a_2$ 、 $a_3$  及排水係數  $m_2$ 、 $m_3$  進行折減。令若基、底層為碎石級配料，並無明顯破壞且排水狀況良好，則不需折減其層係數。

#### 4-1-3 現存鋪面殘餘壽年法

現存鋪面殘餘壽年法主要觀念乃依據鋪面已承受之交通量及預估能承受交通量的比值，評估鋪面殘餘壽年，表示式如下：

$$RL = 100 \left[ 1 - \left( \frac{N_x}{N_f} \right) \right]$$

公式中  $RL$  為鋪面殘餘壽年百分比， $N_x$  為加鋪前鋪面已承受之交通量 (ESAL)， $N_f$  為預估當鋪面服務能力達破壞程度時所能承受之交通量 (ESAL)。

另就評估鋪面結構強度方面，AASHTO 建立評估鋪面狀況因子  $CF$  (condition factor)，表式如下：

$$CF = \frac{SN_n}{SN_o}$$

其中  $SN_n$  為加鋪前鋪面有效結構數， $SN_o$  為鋪面新建之鋪面結構數。將上述鋪面殘餘壽年百分比  $RL$  與鋪面狀況因子  $CF$ ，分析其數值關

係式並考量真實結構數遞減狀況(appendix cc)，訂定殘餘壽年百分比與鋪面狀況因子關係式。

$$CF = 1 - 0.7 \times e^{-(RL+0.85)^2}$$

故評估鋪面現存有效結構數步驟如下：

1. 計算殘餘壽年百分比  $RL$ 。
2. 將  $RL$  帶入殘餘壽年百分比與鋪面狀況因子關係式求取  $CF$ 。
3. 計算鋪面現存有效結構數  $SN_{eff} = CF \times SN_o$ 。

表七 各類型破壞對基、底層層係數的折減建議表

| MATERIAL                 | SURFACE CONDITION   | COEFFICIENT  |  |
|--------------------------|---|--------------|--|
| AC Surface               | Little or no alligator cracking and/or only low-severity transverse cracking  | 0.35 to 0.40 |  |
|                          | < 10 percent low-severity alligator cracking and/or < 5 percent medium- and high-severity transverse cracking   | 0.25 to 0.35 |  |
|                          | > 10 percent low-severity alligator cracking and/or < 10 percent medium-severity alligator cracking and/or > 5-10 percent medium- and high-severity transverse cracking | 0.20 to 0.30 |  |
|                          | > 10 percent medium-severity alligator cracking and/or < 10 percent high-severity alligator cracking and/or > 10 percent medium- and high-severity transverse cracking  | 0.14 to 0.20 |  |
|                          | > 10 percent high-severity alligator cracking and/or > 10 percent high-severity transverse cracking   | 0.08 to 0.15 |  |
|                          |   |              |  |
|                          |   |              |  |
| Stabilized Base          | Little or no alligator cracking and/or only low-severity transverse cracking  | 0.20 to 0.35 |  |
|                          | < 10 percent low-severity alligator cracking and/or < 5 percent medium- and high-severity transverse cracking   | 0.15 to 0.25 |  |
|                          | > 10 percent low-severity alligator cracking and/or < 10 percent medium-severity alligator cracking and/or > 5-10 percent medium- and high-severity transverse cracking | 0.15 to 0.20 |  |
|                          | > 10 percent medium-severity alligator cracking and/or < 10 percent high-severity alligator cracking and/or > 10 percent medium- and high-severity transverse cracking  | 0.10 to 0.20 |  |
|                          | > 10 percent high-severity alligator cracking and/or > 10 percent high-severity transverse cracking   | 0.08 to 0.15 |  |
|                          |   |              |  |
|                          |   |              |  |
| Granular Base or Subbase | No evidence of pumping, degradation, or contamination by fines  | 0.10 to 0.14 |  |
|                          | Some evidence of pumping, degradation, or contamination by fines  | 0.00 to 0.10 |  |

## 4-2 剛性鋪面 $D_{eff}$ 求取

AASHTO 建議兩種剛性路面現存有效厚度  $D_{eff}$  評估法則，分別為現地目測調查評估法與現存鋪面殘餘壽年法兩種，分述如下：

### 4-2-1 現地目測調查評估法

由於加鋪前的修復工作會因各種主、客關因素而無法完全修復，此法乃將經加鋪前修復之剛性路面上仍殘餘的破壞型態，依據其破壞程度與將來對加鋪層服務能力所產生的影響，設定對現存路面厚度適當折減值，進而求取剛性路面現存有效厚度  $D_{eff}$ ，其計算式如下。

$$D_{eff} = F_{jc} \times F_{dur} \times F_{fat} \times D$$

計算式中  $D_{eff}$  為剛性路面現存有效厚度(in)， $D$  為現存剛性路面厚度(in)，而折減係數  $F_{jc}$ 、 $F_{dur}$  與  $F_{fat}$  之選取規定如下：

#### 1. 接縫與裂縫折減係數 $F_{jc}$

考慮損壞的接縫與鋪面裂縫對未來加鋪層會造成反射裂縫，圖五提供每一英里內所包含之損壞的接縫與鋪面裂縫長度所對應之接縫與裂縫折減係數  $F_{jc}$  值。

#### 2. 耐久性折減係數 $F_{dur}$

若現存剛性路面存有影響加鋪層耐久性之破壞，如：裂縫以及裂縫、角隅處破碎(spall)，則耐久性折減係數  $F_{dur}$  建議如表八：

表八 耐久性折減係數  $F_{dur}$

| $F_{dur}$ | 破壞狀況                |
|-----------|---------------------|
| 1.00      | 現存剛性路面無明顯耐久性破壞。     |
| 0.99~0.96 | 有耐久性裂縫存在但無裂縫及角隅處破碎。 |
| 0.95~0.88 | 有耐久性裂縫存與部份裂縫及角隅處破碎。 |
| 0.88~0.80 | 有明顯裂縫存與嚴重裂縫及角隅處破碎。  |

### 3. 疲勞破壞折減係數 $F_{fat}$

觀察現有路面之疲勞破壞，如 *JPCP* 與 *JRCP* 出現之橫向裂縫及 *CRCP* 之貫穿破壞，並參照表九評估現存剛性鋪面板之疲勞破壞。

表九 疲勞破壞折減係數  $F_{fat}$

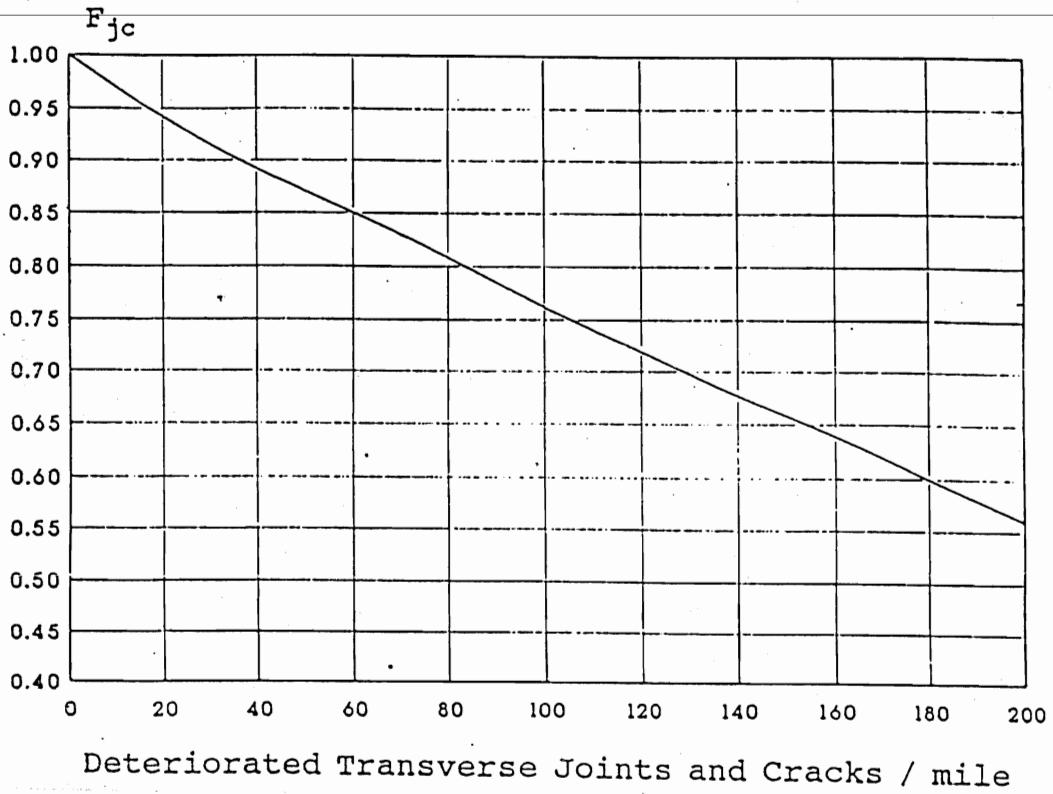
| $F_{fat}$ | 鋪面形式 | 破壞程度                               |
|-----------|------|------------------------------------|
| 1.00~0.97 | JPCP | < 5 %之路面板有裂縫產生。                    |
|           | JRCP | 每英里之工作裂縫(working crack)小於 25 個。    |
|           | CRCP | 每英里之貫穿破壞(punchout)小於 4 個。          |
| 0.96~0.94 | JPCP | 5~15 %之路面板有裂縫產生。                   |
|           | JRCP | 每英里之工作裂縫(working crack)介於 25~75 個。 |
|           | CRCP | 每英里之貫穿破壞(punchout)介於 4~12 個。       |
| 0.93~0.90 | JPCP | < 15 %之路面板有裂縫產生。                   |
|           | JRCP | 每英里之工作裂縫(working crack)大於 75 個。    |
|           | CRCP | 每英里之貫穿破壞(punchout)大於 12 個。         |

另外，對於 *UNBONDED PCC* 加鋪型態而言，經驗顯示原先鋪面之耐久性破壞與疲勞破壞對加鋪層並不造成影響，因此，於評估剛性路面現存有效厚度  $D_{eff}$  則不考慮折減值  $F_{dur}$  與  $F_{fat}$ ，而是利用  $F_{jcu}$  值作為折減係數值，計算式表示如下。

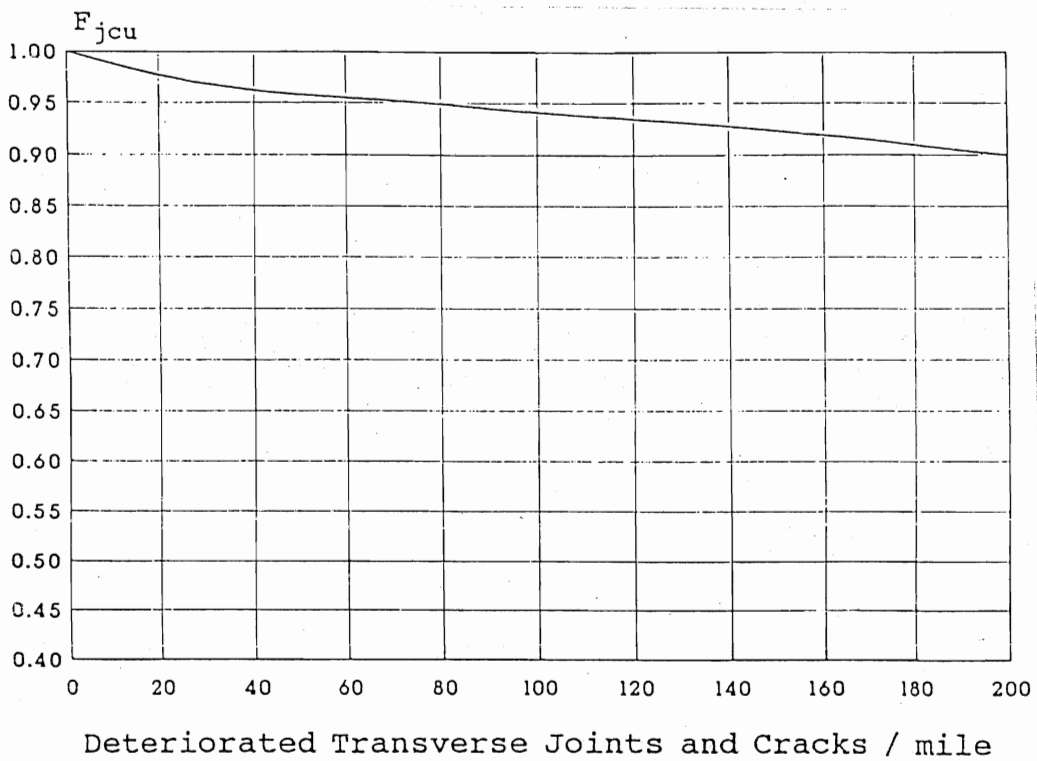
$$D_{eff} = F_{jcu} \times D$$

計算式中  $D_{eff}$  為剛性路面現存有效厚度(in)， $D$  為現存剛性路面厚度(in)， $F_{jcu}$  值參考圖六所示。





圖五 每一英里內損壞接縫、鋪面裂縫長度與裂縫折減係數  $F_{jc}$  關係圖



圖六 UNBOUND PCC 加鋪型態之  $F_{jcu}$  折減係數值

## 4-2-2 現存鋪面殘餘壽年法

### 1. 評估鋪面殘餘壽年

$$RL = 100 \left[ 1 - \left( \frac{N_x}{N_f} \right) \right]$$

### 2. 將 $RL$ 帶入殘餘壽年百分比與鋪面狀況因子關係式求取 $CF$

剛性鋪面狀況因子  $CF$ (condition factor)，表式如下：

$$CF = \frac{D_n}{D_o}$$

其中  $D_n$  為加鋪前鋪面有效厚度， $D_o$  為鋪面新建之鋪面厚度。而殘餘壽年百分比與鋪面狀況因子關係式如下

$$CF = 1 - 0.7 \times e^{-(RL+0.85)^2}$$

### 3. 計算鋪面現存有效厚度 $D_{eff} = CF \times D_o$ 。

## 4-3 AC/PCC 鋪面 $D_{eff}$ 求取

因 AC/PCC 於評估現存路面有效厚度  $D_{eff}$  時，需考量兩種材料個別之特性，故 AASHTO 建議採用現地目測調查評估法，評估殘餘的破壞型態與其破壞程度對將來對加鋪層服務能力所產生的影響，以避免繁雜之評估步驟，其評估式如下：

$$D_{eff} = (D_{pcc} * F_{jc} * F_{dur}) + \left[ \left( \frac{D_{ac}}{2.0} \right) * F_{ac} \right]$$

計算式中  $D_{pcc}$  為剛性路面現存厚度(in)， $D_{ac}$  為現存柔性路面厚度(in)，而折減係數  $F_{jc}$  與  $F_{dur}$  之選取規定與 4-2-1 節所述相同，而 AC 破壞折減係數  $F_{ac}$  必須針對 AC 材料所發生之破壞形式給予適當折減值，故破壞形式應不包含反射裂縫，而應是部份刨除亦無法避

免之車轍、剝脫、風化等破壞，表十即根據不同 AC 材料破壞形式給予建議折減值。

表十 破壞折減係數  $F_{ac}$

| $F_{ac}$  | 破壞程度                     |
|-----------|--------------------------|
| 1.00      | 無明顯 AC 材料之破壞形式。          |
| 0.99~0.96 | 無法以剷除避免之輕微材料風化。          |
| 0.95~0.88 | 明顯 AC 材料之破壞，如：車轍、剝脫、風化等。 |
| 0.88~0.80 | 嚴重的車轍、剝脫、風化等 AC 材料破壞。    |

#### 4-4 經破碎處理之 PCC 鋪面 $SN_{eff}$ 求取

經破碎處理 PCC 路面現存有效結構數  $SN_{eff}$  的求取，規範建議使用鋪面結構數公式  $SN_{eff} = a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$  評估之，公式中  $D_2$ 、 $D_3$  為經破碎處理 PCC 路面板及處理底層厚度， $a_2$ 、 $a_3$  為經破碎處理路面之層係數， $m_2$ 、 $m_3$  為經破碎處理路面之排水係數。

工程師於評估經破碎處理路面之排水係數  $m_2$ 、 $m_3$  時，若排水情況不明，則建議求取保守值  $m_2$ 、 $m_3 = 1.0$ 。表十一則提供經破碎處理路面之  $a_2$ 、 $a_3$  層係數建議值，工程師可依現地破碎路面傳遞荷重、殘餘強度等狀況較保守之層係數值。

表十一 經破碎處理路面之  $a_2$ 、 $a_3$  層係數建議值

| 材料形式                    | 破壞處理狀況              | 層係數         |
|-------------------------|---------------------|-------------|
| Break/Seat JRCP         | 破片大於一英尺，且鋼筋與混凝土仍接合。 | 0.35 ~ 0.25 |
| Crack/Seat JPCP         | 破片介於 2~3 英尺。        | 0.35 ~ 0.20 |
| any pavement type       | 破片均小於一英尺。           | 0.30 ~ 0.14 |
| Base/subbase granular   | 無明顯侵蝕破壞。            | 0.14 ~ 0.10 |
| Base/subbase stabilized | 部份侵蝕破壞。             | 0.10 ~ 0.00 |

# 第五節 加鋪需求結構強度求取

## 5-1 柔性鋪面設計法

柔性鋪面設計法適用於求取 AC 加鋪於 AC 路面以及 AC 加鋪於 Break PCC 路面之加鋪類型，鋪面所需結構強度設計步驟與新建柔性路面設計步驟完全相同，唯設計者於估計未來預期交通量時，應根據選擇柔性鋪面等值軸重因子(EALF)，作為估計 18-kip 等值單軸重(EASL)交通量之用，此外，路基土壤模數值  $M_r$  應將現地經 NDT 施測所得之模數值乘上 0.33 之模數折減值，表示式如下：

$$M_R = C * \left( \frac{0.24 P}{d_{,r}} \right)$$

公式中  $C$  為應力修正因子(規範建議使用  $C=0.33$ )，而基底層排水係數可經由非破壞性撓度檢測法或根據現地狀況，選擇足以反應加鋪時現存鋪面之狀況值，以求得加鋪需求鋪面結構數  $SN_f$  值。

## 5-2 剛性鋪面設計法(Bound)

剛性鋪面設計法(Bound)適用於 AC 加鋪於 PCC 路面、AC 加鋪於 AC/PCC 路面以及 PCC 加鋪於 Bound PCC 路面等加鋪類型之鋪面所需結構強度的求取，唯前兩種加鋪類形於求得加鋪需求厚度後，在經由轉換因子  $A$ (見圖七)將需求之剛性加鋪厚度轉換成 AC 所需加鋪厚度。

剛性鋪面設計法(Bound)之設計步驟與新建剛性路面設計步驟完全相同，但設計時相關設計參數必須根據現有路面狀況進行評估而

得，，以充分表示現地之狀況，各參數之求取敘述如下：

### 1. 加鋪後預期交通量

估計預期交通量時，應選擇剛性路面之等值軸重因子(*EALF*)，作為估計 18-kip 等值單軸重(*EASL*)交通量。

### 2. 路床有效反力模數值 *k*

路床有效反力模數值 *k* 之求取建議使用非破壞性撓度檢測法，利用半徑  $a=5.9in$  荷重盤施予 9000 lb 荷重，並於施測時讀取距荷重中心 0、12、24 及 36 in 處之撓度值，帶入下式求取 *AREA* 值

$$AREA = 6 * \left[ 1 + 2 \left( \frac{d_{12}}{d_0} \right) + 2 \left( \frac{d_{24}}{d_0} \right) - \left( \frac{d_{36}}{d_0} \right) \right]$$

公式中  $d_0$ 、 $d_{12}$ 、 $d_{24}$ 、 $d_{36}$  分別為距荷重中心 0、12、24 及 36 in 處之撓度值。由 *AREA* 值配合荷重中心 0 in 處之撓度值  $d_0$ ，查圖八即可求得動態路床有效反力模數值  $k_{dynamic}$ ，則路床有效反力模數值  $k = k_{dynamic} / 2$  即可得。

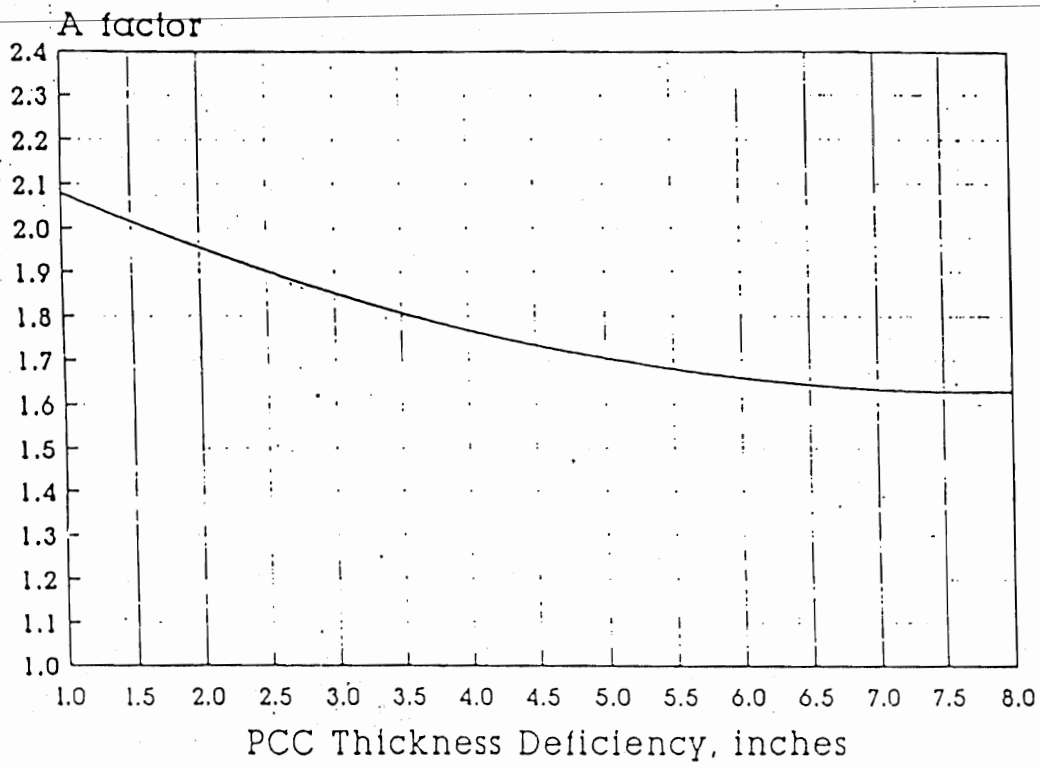
若為 AC 加鋪於 AC/PCC 路面，則上式之  $d_0$  必須以  $d_{0PCC}$  代替之， $d_{0PCC}$  即為面層量得之  $d_0$  扣除 AC 材料所佔之  $d_{0compress}$  之值 ( $d_{0PCC} = d_0 - d_{0compress}$ ) 求取如下：

#### i. 若原 AC/PCC 路面為 BONDED

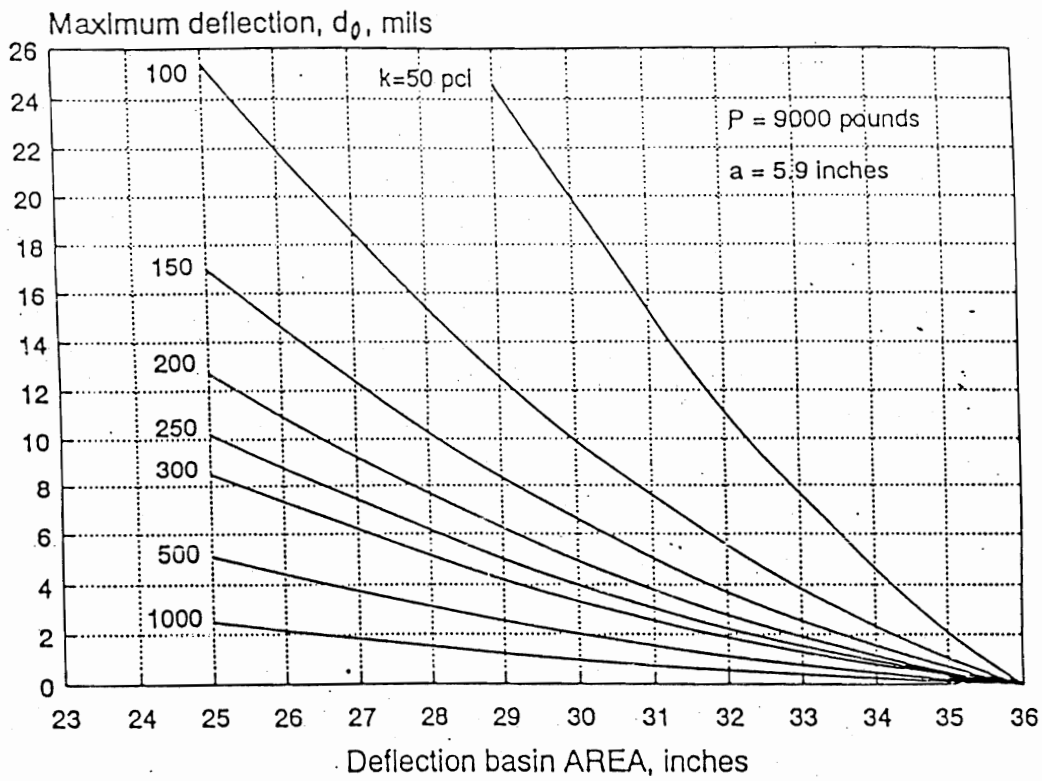
$$d_{0compress} = -0.0000328 + 121.5006 * \left( \frac{D_{ac}}{E_{ac}} \right)^{1.0798}$$

#### ii. 若原 AC/PCC 路面為 UNBONDED

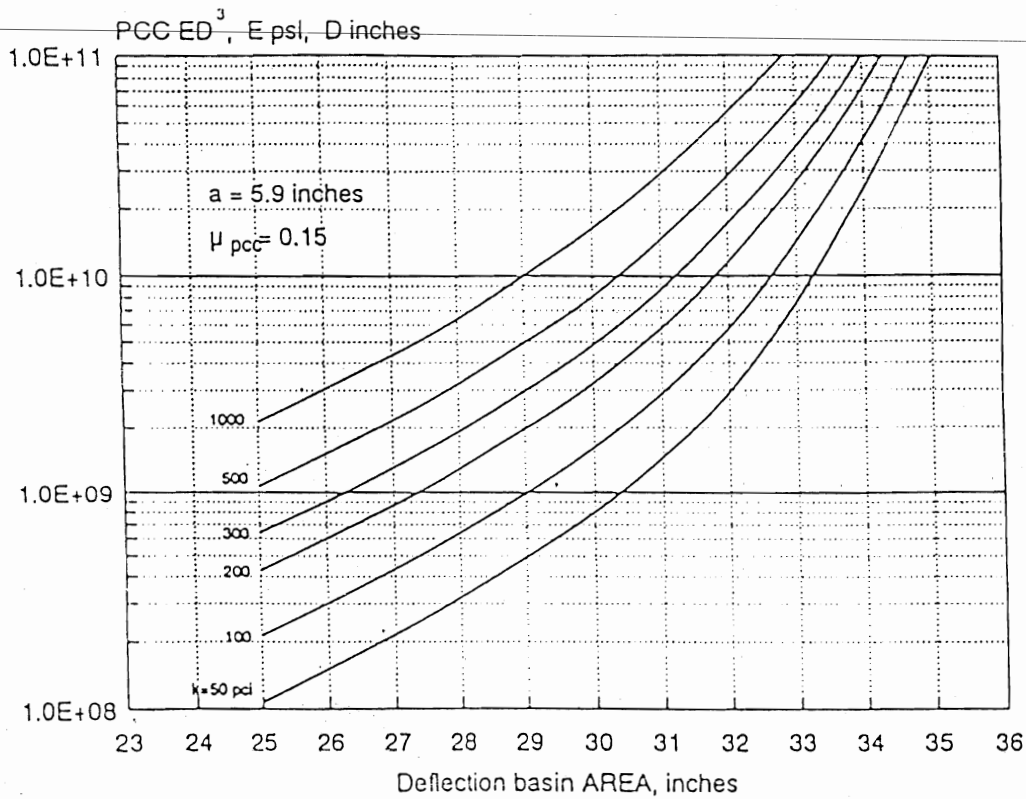
$$d_{0compress} = -0.00002133 + 38.6872 * \left( \frac{D_{ac}}{E_{ac}} \right)^{0.94551}$$



圖七 剛性路面厚度轉換柔性路面厚度之轉換係數 A 圖



圖八 撓度盤面積與動態路床反力模數  $k_{dynamic}$  關係圖



圖九 撓度盤面積與剛性路面模數值  $E$  關係圖

### 3. 混凝土楊氏模數 $E$

混凝土楊氏模數的求取除可利用鑽心取得之圓柱試體進行間接拉力試驗，進而推演混凝土楊氏模數外，亦可使用非破壞性撓度檢測法，將求得之  $AREA$  值配合路床有效反力模數值  $k$ ，查圖九即可得柏松比  $\nu = 0.15$  之混凝土  $E \times D^3$  值，再將現有路面厚度  $D$  帶入，即可得混凝土楊氏模數  $E$  值。

### 4. 混凝土破裂模數 $S'_c$

混凝土破裂模數  $S'_c$  之求取可分下列兩種

- (1) 取鑽心取得之 6 in 直徑圓柱試體進行間接拉力試驗，求得間接拉力強度  $IT$  後，帶入下式即可得混凝土破裂模數  $S'_c$ 。

$$S'_c = 210 + 1.021(IT)$$

(2)利用非破壞性撓度檢測法回算所得混凝土楊氏模數  $E$  值，帶入下式即可得混凝土破裂模數  $S'_c$ 。

$$S'_c = 43.5 \left( \frac{E}{10^6} \right) + 488.5$$

### 5. 荷重傳遞係數 $J$

為評估現有路面荷重傳遞係數  $J$  作為需求厚度設計之用，針對  $JPCP$  與  $JRCP$  路面時，建議在鋪面板接縫處利用落重撓度儀於接縫一邊施壓，量測施加荷重版接縫邊緣處下陷  $\Delta_{load}$  與未施加荷重版接縫邊緣處下陷  $\Delta_{unload}$ ，如圖十所示，並同時計算施壓側撓度  $d_0$  與未施壓側撓度  $d_{12}$  之比值  $B$  ( $B = d_0 / d_{12}$ )，帶入下式求取撓度荷重傳遞百分比 (deflection load transfer)

$$\Delta LT = 100 * \left( \frac{\Delta_{unload}}{\Delta_{load}} \right) * B$$

其中  $\Delta LT$  為撓度荷重傳遞百分比， $d_0$  為施壓側之撓度值， $d_{12}$  為未施壓側之撓度值， $B$  為於該版中央施測時荷重中心撓度值  $d_0$  / 距荷重中心  $12 \text{ in}$  之撓度值  $d_{12}$  之比值，一般約在  $1.05 \sim 1.15$  之間。

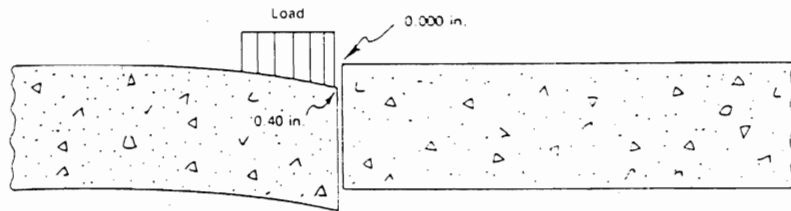
再求得為撓度荷重傳遞百分比後，參考表十二選擇適當之荷重傳遞係數  $J$ 。

表十二 荷重傳遞係數  $J$

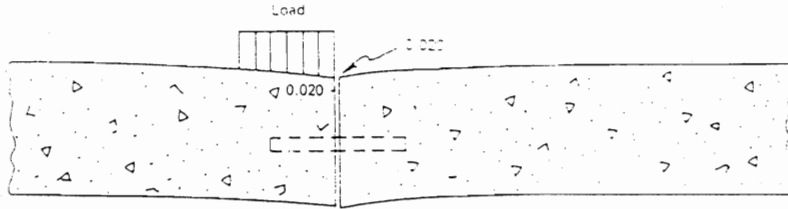
| 撓度荷重傳遞百分比 $\Delta LT$ | 荷重傳遞係數 $J$ |
|-----------------------|------------|
| > 70                  | 3.2        |
| 50~70                 | 3.5        |
| < 50                  | 4.0        |

對於  $CRCP$  路面，規範則建議於加鋪厚度設計時，荷重傳遞係數  $J$  應介於  $2.2 \sim 2.6$  之間。





$$\text{Poor Load Transfer} = \frac{0.000}{0.040} = 0$$



$$\text{Good Load Transfer} = \frac{0.020}{0.020} = 1.00$$

圖十 荷重傳遞施測示意圖

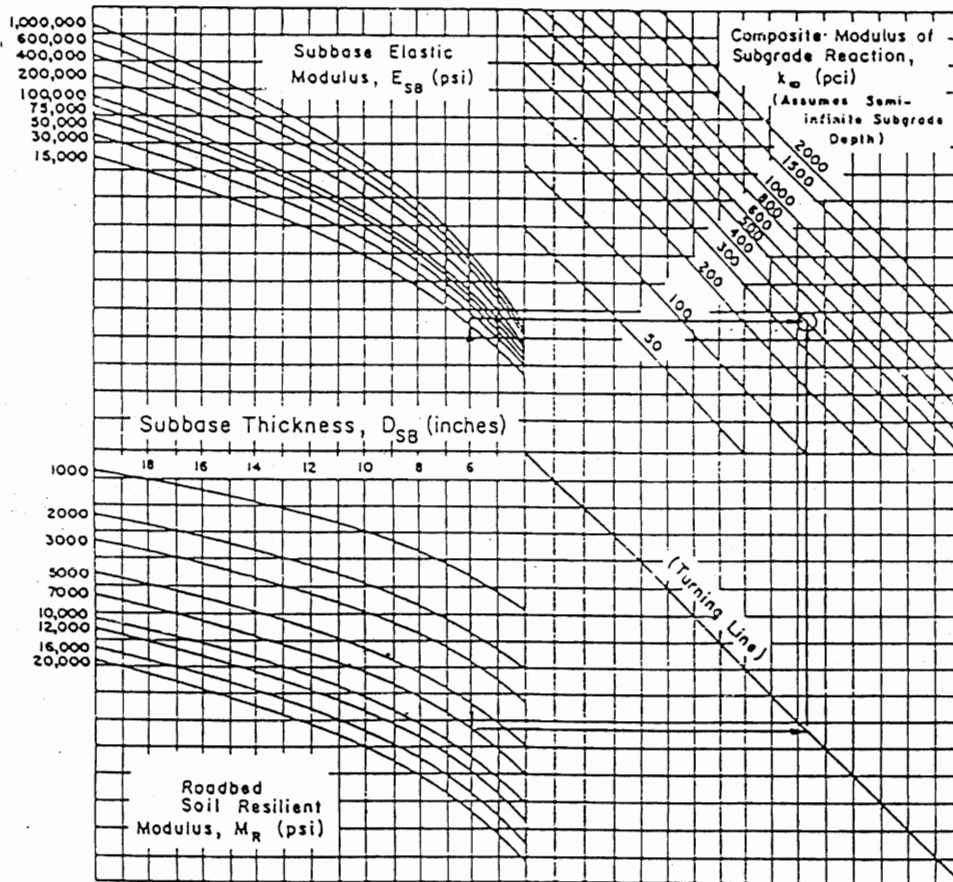
Example:

$$D_{SB} = 6 \text{ inches}$$

$$E_{SB} = 20,000 \text{ psi}$$

$$M_R = 7,000 \text{ psi}$$

$$\text{Solution: } k_u = 400 \text{ pci}$$



圖十一 路床反力模數與路床回彈模數值、基層楊氏模數值關係圖

### 5-3 剛性鋪面設計法(*UnBound*)

*PCC* 加鋪於 *Unbound PCC* 路面與 *PCC* 加鋪於 *AC* 路面，均屬於視原路面為路基承載層因此於設計加鋪需求結構時，除應考慮現有鋪面所提供之路基承載力外，其餘設計步驟與相關參數之使用均比照全新路面厚度設計。

對於 *PCC* 加鋪於 *AC* 路面，路基承載力評估除可利用鑽心試驗而得，亦可參考 3-1-1 節所述，利用非破壞性撓度檢測法，求得 *AC* 路面楊氏模數值與路床土壤值後，查圖十一求取路床反力模數值  $k$ 。而 *PCC* 加鋪於 *Unbound PCC* 路面可參照 4-2 節所述，運用非破壞性撓度檢測法求取路床反力模數值  $k$ 。

## 第六節 實例應用

公路主管機關之鋪面維修程序，乃於例行性的鋪面調查資料中確認現有鋪面有不符需求時，經相關資料的蒐集配合成本分析與非經濟因素分析等最佳化(*Optimization*)分析技術訂定出維修方案，並開始著手細部設計。

本節即以 *AC* 加鋪於 *AC* 路面與 *PCC* 加鋪於 *PCC* 路面為例，進行加鋪厚度設計演算，並對於加鋪設計給予適當建議。

### 6-1 *AC* 加鋪於 *AC* 路面

某路段 *AC* 路面之相關資訊與現存結構強度、*NDT* 檢測資料、目測調查資料等，如表十三所示，今考慮於加鋪後提供 2,400,000(*Flexible ESAL*)交通量，請依據 1993 年 *AASHTO* 加鋪設計

法設計加鋪厚度。

表十三 現存 AC 路面之相關資訊

現存現存 AC 路面結構與交通資料

| 鋪面層材料      | 新建時層係數 | 鋪面厚度(in) |
|------------|--------|----------|
| AC SURFACE | 0.44   | 4.25     |
| GRAN BASE  | 0.14   | 8.00     |

SN<sub>0</sub>=2.99 總鋪面厚度：12.25 in

N<sub>1.5</sub> = 1,140,161 ESAL N<sub>p</sub> = 400,000 ESAL

NDT 檢測資料

| 荷重(lbs) | 荷重半徑 a (in) | 溫度校正 d <sub>0</sub> (mils) | 溫度校正 d <sub>r</sub> (mils) |
|---------|-------------|----------------------------|----------------------------|
| 9000    | 5.9         | 12.80                      | 3.55                       |

r = 36 inches

目測調查資料

| 鋪面層材料      | 評估層係數(考參表七) | 排水係數 m | SN <sub>eff</sub> |
|------------|-------------|--------|-------------------|
| AC SURFACE | 0.35        | 1.00   | 1.49              |
| GRAN BASE  | 0.14        | 1.00   | 1.12              |

總 SN<sub>eff</sub> = 2.61

### 6-1-1 非破壞性撓度檢測法

1. 求取路床回彈模數值 M<sub>R</sub>

$$M_R = \left( \frac{0.24 * 9000}{0.00355 * 36} \right) = 16,901 \text{ psi}$$

2. 求取路床以上鋪面有效回彈模數值 E<sub>p</sub>

已知得路床回彈模數值 M<sub>R</sub> = 16901 psi 並已知鋪面各層總厚度 D = 12.25 in，施加荷重 P = 9000 lb 及荷重中心之撓度值 d<sub>0</sub> = 12.80 mils，撓度值 d<sub>r</sub> = 3.55 mils，查圖四可得 E<sub>p</sub> / M<sub>R</sub> = 8.45，則求得路床以上鋪面有效回彈模數值 E<sub>p</sub> = 142,817 psi

3. 檢查 r 是否 ≥ 0.7a<sub>e</sub>

$$a_e = \sqrt{\left[ 5.9^2 + \left( 12.25 * \sqrt[3]{(142817/16901)} \right)^2 \right]} = 17.95 \text{ in}$$

$$= 36 \text{ in} \geq 0.7(17.95) = 12.565 \quad \text{OK!}$$

#### 4. 求取 $SN_{eff}$ 值

$$SN_{eff} = 0.0045(12.25) \sqrt[3]{142817} \\ = 2.88$$

#### 6-1-1 現地目測調查評估法

由先前目測調查所得資料配合鋪面結構數公式  $SN_{eff} = 0.35*4.25 + 0.14*8.00*1$ ，即可評估路面現存有結構數  $SN_{eff} = 2.61$ 。

#### 6-1-3 現存鋪面殘餘壽年法

根據資料已知新建路面的設計交通量  $N_{1.5} = 1,140,161$  ESAL，現有累計交通量  $N_p = 400,000$  ESAL，則

##### 1. 求為鋪面殘餘壽年百分比 $RL$

$$RL = 100 \left[ 1 - \left( \frac{400,000}{1,140,161} \right) \right] = 0.65\%$$

##### 2. 求取鋪面狀況因子 $CF$

$$CF = 1 - 0.7 \times e^{-(0.65+0.85)^2} = 0.93$$

##### 3. 計算鋪面現存有效結構數 $SN_{eff} = CF \times SN_o$ 。

$$SN_{eff} = CF \times SN_o = 0.93 * 2.99 = 2.78$$

#### 6-1-4 求取加鋪需求結構數 $SN_f$

依據現地  $NDT$  所得之路床回彈模數值  $M_R$ ，乘上 0.33 折減值，得設計路床回彈模數值  $M_R = 5577$  psi，配合 Flexible ESAL = 2,400,000、信賴度  $R=95$ 、 $S_o=0.45$ 、 $m=1$  與  $\Delta PSI=2.7$ ，等設計參數，依 AASHTO 新建路面設計步驟，求得  $SN_f=4.69$

完成上述 6-1-1~6-1-4 求取  $SN_{eff}$  與  $SN_f$  值，若加鋪 AC 材料層係數  $a=0.44$ ，則各分析方法所求得之加鋪厚度如表十三所示，根據

此原則，工程師可於分析路段中選取適當分析點，進行加鋪厚度評估與設計，選定最佳之加鋪厚度。

表十三 各類評估法求得之加鋪厚度表

| 評估方法      | 評估 $SN_{eff}$ | 需求 $SN_{ol}$ | 加鋪厚度(in) |
|-----------|---------------|--------------|----------|
| 非破壞性撓度檢測法 | 2.88          | 1.81         | 4.11     |
| 現地目測調查評估法 | 2.61          | 2.08         | 4.73     |
| 現存鋪面殘餘壽年法 | 2.78          | 1.91         | 4.34     |

at  $R=0.95$

## 6-2 PCC 加鋪於 PCC 路面(Bound)

某路段 PCC 路面之現存結構資料與 NDT 檢測資料等，如表十四所示，今考慮於加鋪後提供 11,000,000(REGID ESAL)交通量，請依據 1993 年 AASHTO 加鋪設計法設計加鋪厚度。

表十四 PCC 路面之相關資訊

### JPCP 路面之相關資訊

鋪面厚度=9 in

$N_{1.5} = 42,500,500$  ESAL

$N_p = 2,500,000$  ESAL

### NDT 檢測資料

| 荷重(lbs) | d0(mils) | d12(mils) | d24(mils) | d36(mils) | AREA  |
|---------|----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| 9000    | 5.02     | 4.59      | 3.89      | 3.25      | 30.16 |

撓度荷重傳遞百分比  $\Delta IT=0.65$

### 目測調查資料

$F_{jc}=1.0$  (經加鋪前修復)

$F_{int}=0.99$

$F_{dur}=1.00$

## 6-2-1 現地目測調查評估法

1. 接縫與裂縫折減係數  $F_{jc}=1.00$

2. 耐久性折減係數  $F_{dur}=0.99$

### 3. 疲勞破壞折減係數 $F_{fa}=1.00$

根據目測調查所得三項折減係數，可計算求取剛性路面現存有效厚度  $D_{eff}$ 。

$$\begin{aligned} D_{eff} &= F_{jc} \times F_{dur} \times F_{fat} \times D \\ &= 1.00 \times 0.99 \times 1.00 \times 9.0 = 8.91 \end{aligned}$$

## 6-2-2 現存鋪面殘餘壽年法

### 1. 求為鋪面殘餘壽年百分比 $RL$

$$RL = 100 \left[ 1 - \left( \frac{2,500,000}{4,250,000} \right) \right] = 0.41\%$$

### 2. 求取鋪面狀況因子 $CF$

$$CF = 1 - 0.7 \times e^{-(0.41+0.85)^2} = 0.86$$

### 3. 計算鋪面現存有效厚度 $D_{eff} = CF \times D_o$ 。

$$D_{eff} = CF \times D_o = 9.00 \times 0.86 = 7.71$$

## 6-2-3 求取加鋪需求厚度 $D_f$

### 1. 加鋪後預期交通量

選擇剛性路面之等值軸重因子( $EALF$ )，估計 18-kip 等值單軸重  $EASL=16,000,000$ 。

### 2. 路床有效反力模數值 $k$

已知半徑  $a=5.9in$  荷重盤施予 9000 lb 荷重， $AREA$  值可由  $NDT$  施測資料帶入下式求得。

$$AREA = 6 * \left[ 1 + 2 \left( \frac{4.59}{5.02} \right) + 2 \left( \frac{3.89}{5.02} \right) + \left( \frac{3.25}{5.02} \right) \right] = 30.16$$

由  $AREA$  值配合荷重中心 0 in 處之撓度值  $d_o=5.02mils$ ，查圖八即可求得動態路床有效反力模數值  $k_{dynamic}=260$ ，則路床有效反力模數值  $k=260/2=130psi/in$  即可得。

### 3. 混凝土楊氏模數 $E$

使用非破壞性撓度檢測法，將求得之  $AREA=30.16$  值配合路床有效反力模數值  $k=130$ ，查圖九即可得柏松比  $\nu=0.15$  之混凝土  $E \times D^3=4.4 \times 10^9$ ，又路面厚度  $D=9in$ ，即可得混凝土楊氏模數  $E=5900000 psi$ 。

### 4. 混凝土破裂模數 $S'_c$

混凝土破裂模數  $S'_c$  之求取可分取鑽心取得與利用非破壞性撓度檢測法回算兩種，非破壞性撓度檢測法主要將所得混凝土楊氏模數  $E$  值，帶入下式即可得混凝土破裂模數  $S'_c$ 。

$$S'_c = 43.5 \left( \frac{5900000}{10^5} \right) + 488.5 = 745 psi$$

### 5. 荷重傳遞係數 $J$

根據  $NDT$  施測得撓度荷重傳遞百分比  $\Delta LT=0.65$ ，參考表十二選擇適當之荷重傳遞係數  $J=3.5$ 。

依上述求得設計參數，配合  $R=0.95$ 、 $S_o=0.35$ 、 $m=1$  與  $\Delta PSI=2$ ，參考  $AASHTO$  新建剛性路面路面設計步驟，即可求得加鋪需求厚度  $D_f=10.80$ 。

求取  $D_{eff}$  與  $D_f$  值，則各分析方法所求得之加鋪厚度如表十五所示，同樣的，工程師亦可於分析路段中選取適當分析點，進行加鋪厚度評估與設計，選定最佳之加鋪厚度。

表十五 各類評估法求得之加鋪厚度表

| 評估方法      | 評估 $D_{eff}$ | 需求加鋪厚度 $D_{oi}(in)$                            |
|-----------|--------------|--|
| 現地目測調查評估法 | 8.91         | $D_{oi} = D_f - D_{eff} = 10.68 - 8.91 = 1.77$ |
| 現存鋪面殘餘壽年法 | 7.71         | $D_{oi} = D_f - D_{eff} = 10.68 - 7.71 = 2.97$ |

at  $R=0.95$

## 6-3 加鋪設計討論與建議

經由研讀 1995 年 AASHTO 加鋪設計規範，並參考附錄中的實例分析結果，列出下述事項，提供加鋪設計時之參考。

### 1. 現況分析設計方法的選擇

面對一條欲進行加鋪維修區域，一般執行加鋪設計分析的方法可分為路段平均分析設計法(*Uniform Section Approach*)與各點分析設計法(*Point-by-Point Approach*)兩種，兩種設計方式各有其優缺點，分述如下：

#### i. 路段平均分析設計法(*Uniform Section Approach*)

將欲維修區域區分成若干路段，於各路段內分別求取或分析鋪面厚度、破壞狀況與路床模數值等加鋪設計所需之參數，再將區域所得之設計參數平均，作為設計加鋪厚度之用。利用此設計法之優點為只需計算加鋪厚度一次，但設計時信賴度的求取必須有適當的考量。

#### ii. 各點分析設計法(*Point-by-Point Approach*)

此設計法為將欲維修區域內每一固定距離取一分析點，針對各分析點取得之參數個別進行加鋪厚度設計，如此即可得到各分析點所需求的加鋪厚度，並取其中的最大需求加鋪厚度，作為此維修區域的設計加鋪厚度。此方法取各分析點中的最大值為設計加鋪厚度，因此信賴度高為其優點，而其需要大量的個別運算的缺點，也經由電腦的輔助運算而迎刃而解。

經由上述比較，工程師面對加鋪計畫時需根據現地資料的完備性與當時之需要，選取最恰當且信賴度高的設計分析方式。



## 2. 現有路面結構評估方法建議

1995 年 AASHTO 加鋪設計規範建議對於現有路面結構評估方式可分非破壞性撓度檢測法、現地目測調查評估法與現存鋪面殘餘壽年法三種，根據實例分析結果，三種分析方式所得加鋪設計厚度均有相近的趨勢，尤以非破壞性撓度檢測法為佳，現地目測調查評估法與現存鋪面殘餘壽年法次之，因此，AASHTO 設計規範極力推薦使用非破壞性撓度檢測法進行加鋪設計，但若礙於現實環境考量而必須以現地目測調查評估法與現存鋪面殘餘壽年法進行評估時，規範則建議配合材料鑽心試驗，以確保分析的正確性與穩定性。

## 3. 需求強度設計因子對加鋪厚度的影響

加鋪設計於計算  $SN_f$  與  $D_f$  時，除文中敘述應視現地狀況於以評估之設計因子應謹慎選擇之外，根據實例分析結果發現，信賴度的選擇對加鋪設計厚度結果的變動影響極大，因此建議工程師於同一路段設計時進行信賴度對加鋪厚度的敏感度分析，以選擇最適當且最經濟的加鋪厚度。另外，不分實例分析亦發現若未來設計需求  $ESAL$  值大於 25 million，則可能超越加鋪設計之極限，造成不恰當設計結果的發生。

## 4. 環境因子與地理特性對加鋪設計之影響

由於規範的訂定主要以適用的普及性為考量，因此，各個公路主管機構應在依循規範的準則下，考量當地環境因子與地理特性，適時調整相關設計因子，如信賴度、標準偏差、路床回彈模數值與材料特性等，並長期追蹤其服務績效，於以適當的調整，使加鋪設計結果處於最佳化狀態。

## 第七節 結論

鋪面的加鋪設計包含了因應未來交通量需求的需求強度設計與評估路面現存服務能力的分析技術，可說是一門工程藝術(state of art)，若有任何考量的疏失或不周全，均會造成未來加鋪路面的服務績效不如預期，甚至造成加鋪工程的失敗，因此，世界各大鋪面設計規範亦不斷採用不同的理念，試圖找出最有效的評估與設計準則，做為工程師設計參考之用。

1995年 AASHTO 加鋪設計規範大幅修正了舊版的設計評估理念，充分利用非破壞性檢測觀念作為評估的準則，且經實例分析與現實情況均相當符合，可說提供了工程師一信賴度高的準則，故期待國內工程師亦能以此規範作為加鋪設計之參考基準，並針對國內地理因素給於適當修正，使國內加鋪維修作業能以最適切的成本而發揮最高之績效。