

E.6 AASHTO 設計法(1993 年版)

1994年瀝青混凝土路面及材料特性研討會專輯
中華民國八十三年五月十九、二十日 中壢市

1993年AASHTO柔性路面厚度設計

*曾家祥

**林志棟

摘要

一·前言

二·AASHTO設計法發展沿革

三·AASHTO 1993年柔性路面設計法

四·本省採用的柔性路面設計法

五·柔性路面設計法本土化之研擬

六·結論與建議

參考文獻

摘要

AASHTO柔性路面設計法是以試驗道路實際行車試驗結果為依據，該試驗規模龐大，其中包括兩百多種不同結構組合的柔性路面，分別施以不同的交通狀況進行測試。主要目的係根據試驗所得之資料進行統計與分析，建立車輪荷載與路面工作狀態的關係，並提出計算公式、圖表及制定設計方法，以供道路設計與評估之參考。其中提出了幾個重要觀念，對各國的路面設計產生很大的影響：

- 1) 對路面的使用狀況提出評估的標準(即服務指數PSI)。
- 2) 提出路面結構與重複交通荷載作用之關係。
- 3) 由路面狀況、交通荷載及其他影響因素間之關係，建立路面設計的基本方程式。
- 4) 由基本方程式導出車輛不同軸重間的等效當量值。

故現將就AASHTO最近提出的1993年版設計方法中有關柔性路面設計部份提出討論，期作為推動柔性路面設計法本土化之參考。

*曾家祥 國道新建工程局第二區工程處管工程司

**林志棟 國立中央大學土木研究所所長

一、前言

最早出現的柔性路面設計方法，應為1901年美國麻省道路委員會提出的以靜力平衡理論為基礎之設計法。其特點係將車輪荷載視為集中載重，並初步考慮了路面的強度，使載重呈一定形狀分佈於路基表面，然後依據力學平衡理論決定路面的厚度，此等設計方法稱為古典設計法。然古典設計法中對路面結構受力情形之考量較不符實際，同時亦未考慮路基承载力、重複載重作用等因素之影響，所以未能得到進一步的發展，於是路面設計就逐漸趨向依經驗判斷。

到了1940年左右，隨著土壤力學理論的發展，已能充份掌握路基土壤及路面材料之特性，故能將其於實驗室或現場所得之物理力學性質與實際路面的耐久性作比較，從而得出路面的經驗厚度值，這就是通常所稱的經驗法。一般經驗法之設計原則，即在一定強度之路基上，求得路面於使用年限內之交通量條件下，不致產生永久變形或破壞所需之厚度。它已考慮了路基土壤和路面材料的強度、交通量及車輪荷載之影響，較之古典法進步了許多。到了1960年代，隨著 AASHO大型試驗道路的鋪設及試驗結果的發表，使經驗法更趨完善，並得到廣泛的應用。

但隨著採用新型的路面結構或新材料、交通量增加、車輛載重變大、多層路面的應用等等，經驗法的使用將受到一定的限制，故需發展更合理的設計方法，於是遂有以多層彈性理論為基礎的理論法出現。理論法是運用結構分析原理，詳細計算路面結構中各層所承受由設計載重所生之應力、應變大小及位移量，然後依各層材料之容許強度及變形量來決定所需之厚度。

故柔性路面設計理論和方法基本上是依古典法、經驗法（或半經驗法）、理論法之順序發展起來的，目前各國所採用之設計方法大體為後面兩種。而目前因電腦之普遍使用，且能提供強大的計算功能，使理論法漸受到重視，故亦有發展以有限元素法、粘-彈性層狀理論、非線性層狀理論及斷裂力學等為基礎之設計方法，惟尚未見完備。本文將介紹經驗法中之 AASHTO 1993年版之設計方法，並討論柔性路面設計法本土化之可行性。

二、AASHTO 設計法發展沿革

AASHTO設計法是以AASHO 試驗道路(AASHO Test Road)行車試驗結果為依據，該試驗道路位於美國伊利諾州，於1956年開始施工，1958年秋天完成並進行行車試驗。試驗工作於1961年年底完成，1962年5月針對試驗結果發表剛性及柔性路面設計暫行準則(AASHTO Interim Guide for the Design of Rigid and Flexible Pavements)，並經1968年與1972年二次稍作修訂而成路面結構設計暫行準則(AASHTO Interim guide for Design of Pavement Structures)。後於1983年對該設計準則加以評估後，認為有修改之必要，遂組成路面研究小組及顧問小組加以研究修訂，而於1985年10月正式通過AASHTO路面結構設計準則(AASHTO Guide for Design of Pavement Structures)初稿，並於1986年4月正式頒行。1986年版之設計準則分為二冊，第一冊包含使用該準則之須知及各種路面之設計方法；第二冊則收錄有關第一冊內容之參考及佐證資料。而1993年版僅為一冊，取代1986年版之第一冊，其內容主要在路面加鋪設計方面有較大的變化，其餘部份則無太大改變。

縱觀AASHTO設計法之發展過程，有關柔性路面設計部份，於1986年版開始有較大的變化，與1972年版比較，其中主要修正為：

- 1) 路基土壤強度以回彈模數(Resilient Modulus) MR取代原來之土壤承載值(Soil Support Number) S。
- 2) 路面各層材料之層係數(Layer Coefficient) 亦以彈性模數來決定。
- 3) 以合理的方法修正設計中會影響材料特性之環境因素(如水、溫度、凍融及含水量之季節變化等)，以取代原來較主觀之區域因素(Regional Factor) R。
- 4) 對各類道路由於設計時交通量預估之偏差，允許設計者使用冒險性分析(Risk Analysis)，而提出可靠性(Reliability)之觀念。
- 5) 提出分期施工(Stage Construction)之觀念。

現將AASHTO 1972年版與1986年版之設計公式及因素概略比較如表一所示。

三· AASHTO 1993年柔性路面設計法：

3.1 路面設計因素

AASHTO 柔性路面設計法中，對新路面設計所需之因素可分為四大類，分別概述如后：

3.1.1 設計變數 (Design Variables)

3.1.1.1 時間條件 (Time Constraints)

1) 績效期間 (Performance Period)：係指初始路面需要修護前所持續的時間，亦或路面進行修護間之成效時間。廣義而言，績效期間相當於修護或重建或新路面由初始服務能力 P_0 至終止服務能力 P_t 所經過的時間。設計時必需考慮最小和最大績效期間，最小績效時間是維持既定績效水準的最短時間，它與大眾對於新路面維持多久的接受程度有關，亦受到生命週期成本及其他工程考量所控制。最大績效期間是在既定的績效水準，使用者能視為當然之最大適用時間。

2) 分析期間 (Analysis Period)：分析期間是路面分析或設計所涵蓋的時間，它類似設計年限 (Design Life)。由於考慮最大績效期間，可能需要且規劃分階段施工以達到所需要的分析期間，對於交通量較高的高速公路，AASHTO 建議分析期間為 20 至 50 年；對於都市高速公路，分析期間為 30 至 50 年。

3.1.1.2 交通量 (Traffic)

路面設計交通量是以分析期間內設計車道之累積 18 仟磅單軸荷重當量數 (18-kip ESAL) W_{18} 為準，其值為

$$W_{18} = DD * DL * w_{18}$$

其中 DD ：為方向分佈因素 (Directional Distribution Factor) 一般為 0.5，如重車數之分配在兩個方向不同時，可於 0.3 至 0.7 間適度取捨。

DL：為車道分佈因素(Lane Distribution Factor)。單方向車道數為1、2、3及4時，其值分別為1、0.8、0.6、0.8及0.5-0.75。

w18：為分析期間內兩方向之累積18-kip ESAL。

3.1.2.3 可靠性(Reliability)

在設計統計中考慮可靠性的觀念是因為交通量及路面績效的預測不易掌握，故須先設定適當的可靠性水準(Reliability Level)，以確定路面在遠分析期間時，仍能維持良好績效。AASHTO對不同類別之道路，其可靠性水準之建議值如表二所示，其中可靠性水準 R值愈高，所需路面結構愈強。同時對一給定之 R值而言，其為預測交通量與路面成效之總標準偏差(Overall Standard Deviation)So之函數，AASHTO建議柔性路面So值介於0.35至0.45。

3.1.1.4 環境影響(Environmental Effects)

此處的環境影響主要係指路基土壤受膨脹及冰凍之影響而造成路面服務指數之損失，對台灣而言這種現象幾無，故不予考慮。

3.1.2 績效準則(Performance Criteria)

績效準則係以路面之服務能力(Serviceability)為基礎，而服務能力則以現時服務指數(Present Serviceability Index) PSI來表示。其值最高為 5，表路況非常良好；最小為 0，表示路況極為惡劣。路面剛建好時服務指數最高，然後隨時間之經過、車輛之軸重重複作用次數增加，服務指數會因路面之損壞而逐漸降低。本設計所需之資料為績效期間內服務能力之損失 Δ PSI

$$\Delta\text{PSI}=\text{Po}-\text{Pt}$$

其中Po：為初始服務指數(Original or initial Serviceability Index)，係路面建好初期之服務指數，AASHTO 試驗道路中柔性路

面之 $P_o=4.2$ 。

P_t ：為終止服務指數(Terminal Serviceability Index)，係路面於翻修前所能容忍之最低服務指數，AASHTO建議重要道路 P_t 採2.5，次要道路 P_t 採2.0。

3.1.3材料性質(Material Properties for Structural Design)

3.1.3.1有效路基土壤回彈模數(Effective Roadbed Soil Resilient Modulus)

路基土壤回彈模數 MR ，可以AASHTO T274 試驗方法求得，因其值會隨季節不同而變化，故不能以全年 MR 平均值作為設計值，應以當地各季節之飽合度來決定各月份之 MR 值，並求出其相對之損壞值(Relative Damage Value) U_f ，再由全年平均 U_f 值反算設計之 MR 值。如圖一所示。

3.1.3.2路面各層材料之特性(Pavement Layer Materials Characterization)

利用AASHTO T274或ASTM D4123 之試驗方法求得路面各層材料之彈性模數，其中瀝青混凝土面層及底層、基層之彈性模數分別以 E_{ac} 、 E_{bs} 、 E_{sb} 表之。

3.1.3.3層係數(Layer Coefficient)

層係數表示路面結構數(Structure Number)與各層厚度間之經驗關係，用以將各層厚度轉換成其所對應之結構數。路面結構數 SN 與各層層係數 a_i 及厚度 D_i 之關係為：

$$SN = \sum_{i=1}^m a_i D_i$$

路面各層層係數之求法如下：

1) 瀝青混凝土面層：

圖二係以密級配瀝青混凝土面層於 $20^{\circ}C$ 時之彈性模數 E_{ac} 來估計該層之層係數 a_1 。惟對 E_{ac} 超過 $450,000psi$ 時應注意由於瀝青混凝土之勁度

增加，將易產生溫度及疲勞裂縫。

2) 碎石料底層：

圖三係以CBR、R值、德州三軸試驗或彈性模數E_{bs}來估計碎石料底層之層係數a₂，亦可由下式得之。

$$a_2 = 0.249(\log E_{bs}) - 0.977$$

3) 碎石料基層：

圖四亦是以CBR、R值、德州三軸試驗或彈性模數E_{bs}來估計碎石料基層之層係數a₃，或可由下式得之。

$$a_3 = 0.227(\log E_{sb}) - 0.839$$

4) 水泥處理底層：

圖五係以彈性模數E_{bs}或七天抗壓強度估計水泥處理底層之層係數a₂。

5) 瀝青處理底層：

圖六係以彈性模數E_{bs}或馬歇爾穩定值估計瀝青處理底層之層係數a₂。

3.1.4 路面結構特性 (Pavement Structural Characteristics)

3.1.4.1 排水 (Drainage)

排水狀況對路面結構之影響，係在路面結構數SN方程式中考慮，惟僅考慮對碎石料底層及基層之影響，不考慮對瀝青混凝土面層及瀝青處理底層之影響。亦即

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

其中m₂及m₃為底層及基層之排水係數，其與各層之排水品質及全年處於幾近飽合狀態之時間百分率有關。其值如表三所示，其中排水品質之定義則如表四。

3.2 新路面設計程序

- 1) 估計績效期間之交通量W₁₈
- 2) 決定可靠性水準R及標準常態偏差Z_R

- 3) 決定總標準偏差 S_o
- 4) 計算有效路基土壤回彈模數 MR
- 5) 決定服務指數之損失 ΔPSI
- 6) 根據上述資料依圖七所示之設計公式或設計諾莫圖 (Nomograph) 求得路面所需之結構數 SN
- 7) 決定路面各層材料之彈性模數 E_{ac} 、 E_{bs} 及 E_{sb}
- 8) 決定路面各層材料之層係數 a_i 及排水係數 m_i
- 9) 以 E_{bs} 代替 MR 依步驟 6) 求出面層所需之結構數 SN_1
- 10) 同樣以 E_{sb} 代替 MR 依前項步驟求出底層以上路面所需之結構數 SN_2
- 11) 決定路面各層厚度 (如圖八)
 - a) 瀝青混凝土面層所需之厚度為 $D_1 = SN_1 / a_1$ ，但需考慮最小厚度限制 (如表五) 然後選擇適當值 $D_1' (> D_1)$ ，則此時實際面層所能提供之結構數為 $SN_1' = a_1 D_1'$
 - b) 同理可得底層所需厚度 $D_2 = (SN_2 - SN_1') / a_2 m_2$ ，同樣考慮最小厚度限制後取適當值 $D_2' (> D_2)$ ，則底層實際所能提供之結構數 $SN_2' = a_2 D_2' m_2$
 - c) 最後決定基層所需之厚度 $D_3' \geq [SN - (SN_1' - SN_2')] / a_3 m_3$

3.3 加鋪設計程序

AASHTO 加鋪設計之概念如圖九所示，原路面之初始結構能力 (Structural Capacity) SC_o 將隨交通量之增加而逐漸降低至欲進行加鋪時之有效結構能力 SC_{eff} ，而未來加鋪後之結構能力為 SC_f ，則 $SC_f - SC_{eff}$ 即表示加鋪作業所需增加的路面結構能力 SC_{ol} 。對柔性路面而言，路面之結構能力是以結構數 SN 表示，故加鋪厚度即與 SN_{ol} 有關。現將加鋪設計之程序概述如下：

- 1) 蒐集現有路面之原始設計資料，諸如路面結構各層之材料性質與厚度、路基土壤強度等等。
- 2) 交通量分析

計算路面開放通車到加鋪前設計車道之累積 18-kip ESAL (N_p) 及預測加鋪後於設計期間內設計車道所需負荷之 18-kip ESAL (N_f)。

3) 路面現況調查

調查現有路面之損壞類型及程度，並分別予以量化，以作為決定路面材料性質現況之依據。

4) 估計現有路基土壤（回彈模數）及路面各層材料（彈性模數、厚度、排水係數）之性質。

5) 以加鋪後所需負荷之交通量及現有路基土壤回彈模數，依據新路面設計程序，選擇適當的 ΔPSI 、 R 、 S_o 後，決定加鋪後所需之結構數 S_{Nf} 。

6) 決定現有路面之有效結構數 S_{Neff} 。 S_{Neff} 可利用下述方法求得：

a) 非破壞性撓度試驗 (Nondestructive Deflection Testing)

NDT

$$S_{Neff} = 0.045D(E_p)^{1/3}$$

其中 D ：為路面結構的總厚度

E_p ：為路面結構整體的有效彈性模數

b) 路況調查 (Condition Survey)

由程序 4) 所得現有路面各層材料之性質依結構數方程式直接求得：

$$S_{Neff} = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$

其中 a_1, a_2, a_3 ：為現有路面各層材料之層係數

D_1, D_2, D_3 ：為現有路面各層之厚度

m_2, m_3 ：為現有路面底層與基層之排水係數

c) 利用現有路面之剩餘壽命 (Remaining Life) RL 求得

現有路面之剩餘壽命 RL 可依下列公式計算：

$$RL = 100 [1 - (N_p / N_{1.5})]$$

其中 N_p ：為原有路面至加鋪時之交通量，ESAL

$N_{1.5}$ ：為原有路面不考慮加鋪達破壞時 (AASHO 道路試驗係指 $P_t = 1.5$ 、 $R = 50\%$ 時) 之交通量，ESAL

$$\text{則 } S_{Neff} = CF * S_{No}$$

其中 CF ：為狀況因素 (Condition Factor)，可利用圖十得之

S_{No} ：為原有路面之初始結構數

7) 決定加鋪厚度Dol

$$Dol = SNol / aol = (SNf - SNeff) / aol$$

其中 Dol : 為加鋪厚度

aol : 為加鋪層之層係數

SNol : 為所需加鋪之結構數

SNf : 為加鋪後所需之結構數

SNeff : 為現有路面之有效結構數

四、本省採用的柔性路面設計法

1) 台灣省公路局

台灣省公路路面之設計於光復初期係依單純的工作經驗處理，並無嚴格的設計理論為依據，而後經逐步參考美國資料依序採用：

a) 土壤分類指數(GI)法

b) 加州載重比(CBR)法

c) 加州路基土壤阻力(R)值法

2) 台北市工務局新建工程處

該處多年來以設計台北地區市街道路為主，而美國瀝青協會早期的設計方法亦強調瀝青混凝土市街道路設計(Thickness Design-Asphalt Pavements for Highways and Streets)，故一直沿用美國瀝青協會(AI)設計法。

3) 台灣省住宅及都市發展局

住都局以從事本省各縣市都市道路建設為主要任務，故亦採用美國瀝青協會(AI)設計法。

4) 國道高速公路局

中山高速公路於民國58年至64年規劃、設計階段，其柔性路面之設計大部份採用：

a) 加州路基土壤阻力(R)值法

b) 美國瀝青協會(AI)設計法

5) 國道新建工程局

北二高及北宜高速公路等，則採下列之設計方法：

- a) 加州路基土壤阻力 (R) 值法
- b) 美國瀝青協會 (AI) 設計法
- c) 美國州公路及運輸官員司 (AASHTO) 設計法

五·柔性路面設計法本土化之研擬

由前節可知目前國內並無統一適用的柔性路面設計方法，由於以公路工程為主的交通建設，在台灣地區經濟發展的過程中曾扮演著重要的角色，近年來更因國民所得的大幅提高，更可預見公路工程亦將主導日後的經濟發展趨勢，故台灣地區實有必要研擬一套適合本土區域特性的柔性路面設計方法。故基於此項原因，國道新建工程局遂與國立中央大學土木工程研究所著手合作「台灣地區柔性路面厚度設計手冊研擬」之研究。本研究計劃初期將針對影響柔性路面設計的各项因子，進行資料蒐集與評估，其主要工作如下：

1) 路基承载力測定

充份蒐集國內有關路基土壤的研究成果，並針對現行之 CBR、R 值及回彈模數 MR 等路基承载力測定方法進行評估，然後選定適合台灣現況之路基土壤承载力評估法。

2) 交通因子釐訂

依據國道、省道之服務累積軸重分析及交通量趨勢之調查整理，並配合理論分析，選定標準軸重，訂定軸重當量因子，並建議設計車道交通量因子。

3) 環境因子釐訂

依據台灣地區之氣象、水文及地理資料，選定影響國內柔性路面厚度之相關環境因子，並依各因子之重要性訂定權重，以為校正不同環境下柔性路面厚度之標準。

4) 材料因子建議

針對國內現行使用之各種基層、底層及面層材料特性，建議以材料基本性質為依據之等值因子，如各層層係數或卵石當量，以決定柔性路面之結構強度。

六·結論與建議

台灣地區柔性路面設計方法雖因各道路主管單位不同而異，惟幾乎皆參考或沿襲美國各州公路局或各協會之設計法。但國外所使用的設計法各有其發展背景及使用上的限制，雖然於國內引用時，多半會考量區域因素予以適當的修正，但是如此是否即可全盤適用於國內，仍不無可議。故希望藉由國道新建工程局與國立中央大學土木研究所合作之「台灣地區柔性路面厚度設計手冊研擬」之研究計劃的進行，能充份蒐集台灣地區近四十年來公路工程中有關路面設計之各項影響因子，諸如交通、環境、土壤承载力、材料性質、施工方法等資料，並進行各項統計分析及力學印證，以祈建立一套適合台灣地區之柔性路面厚度設計方法。更希望公路工程界的先進，能不吝賜教並提供寶貴的建議，使本計劃更具完備。

參考文獻

(1)書籍

- "AASHTO Guide for Design of Pavement structures.", AASHTO(1993)。
- "AASHTO Guide for Design of Pavement structures.", AASHTO(1986)。
- 朱照宏、許志鴻，"柔性路面設計理論和方法"，同濟大學出版社(1987)。
- 葉桑，"瀝青路面工程手冊"，台灣省公路局，第175-195頁(1974)。

(2)期刊

- 吳鳳儀，"由美國、日本之瀝青路面設計方法探討本局路面設計法(一)"，公路工程月刊。

(3)研討會

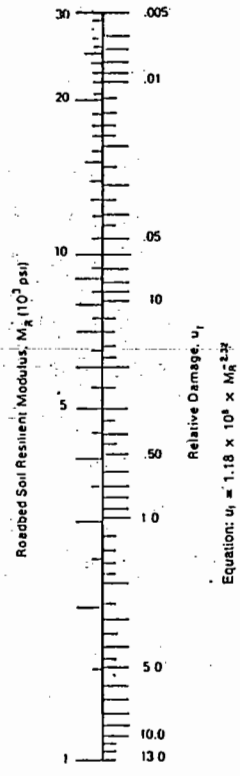
- 王振芳、李森明，"高速公路路面工程之研討"，第二屆路面工程學術研討會論文專集，第27-41頁(1987)。
- 洪黎明、陳偉全，"瀝青混凝土鋪面之設計及施工與養護管理"，第五屆路面工程學術研討會論文集，第69-80頁(1991)。

張達德、吳學禮、張俊陽、彭智宏，"各種柔性路面設計方法比較"，第五屆路面工程學術研討會論文集，第321-333頁(1991)。

(4) 研究報告

賴森榮、侯昇、林炳森、褚炳麟，"台灣地區高速公路路面養護管理系統期終報告"，財團法人台灣營建研究中心(1988)。

Month	Roadbed Soil Modulus, M_R (psi)	Relative Damage, u_i
Jan.	20,000	0.01
Feb.	20,000	0.01
Mar.	2,500	1.51
Apr.	4,000	0.51
May	4,000	0.51
June	7,000	0.13
July	7,000	0.13
Aug.	7,000	0.13
Sept.	7,000	0.13
Oct.	7,000	0.13
Nov.	4,000	0.51
Dec.	20,000	0.01
Summation: $\sum u_i =$		3.72



Average: $u_i = \frac{\sum u_i}{n} = \frac{3.72}{12} = 0.31$

Effective Roadbed Soil Resilient Modulus, M_R (psi) = 5,000 (corresponds to \bar{u}_i)

Chart for Estimating Effective Roadbed Soil Resilient Modulus for Flexible Pavements Designed Using the Serviceability Criteria

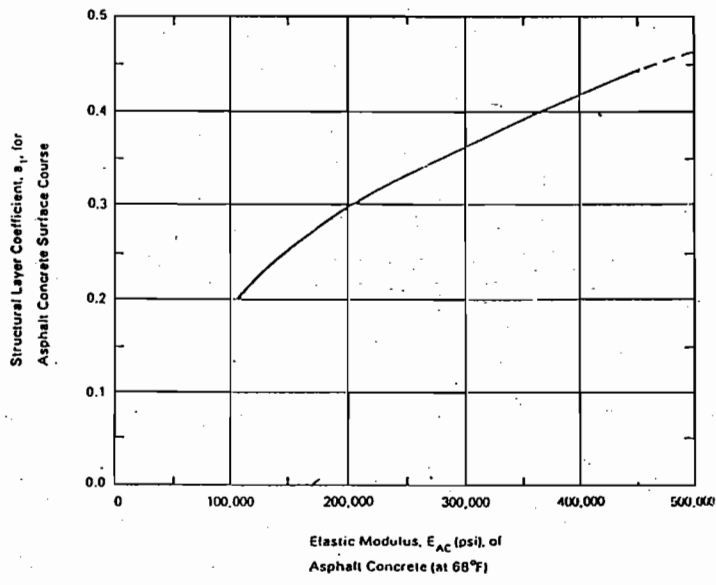
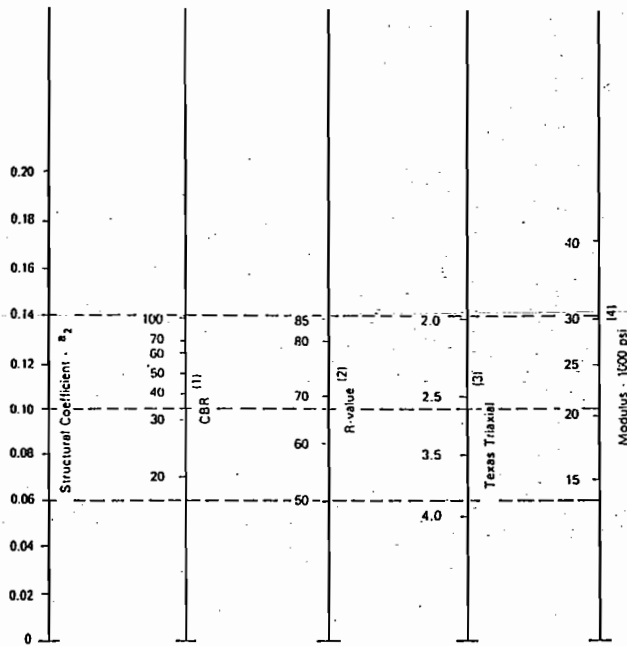
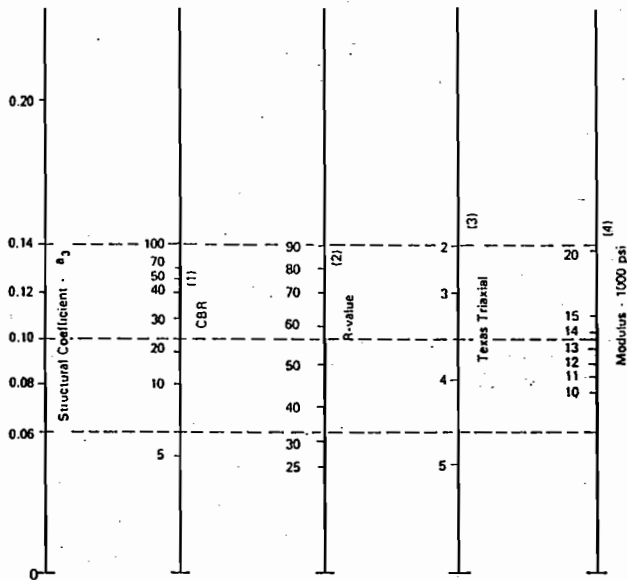


Chart for Estimating Structural Layer Coefficient of Dense-Graded Asphalt Concrete Based on the Elastic (Resilient) Modulus (E)



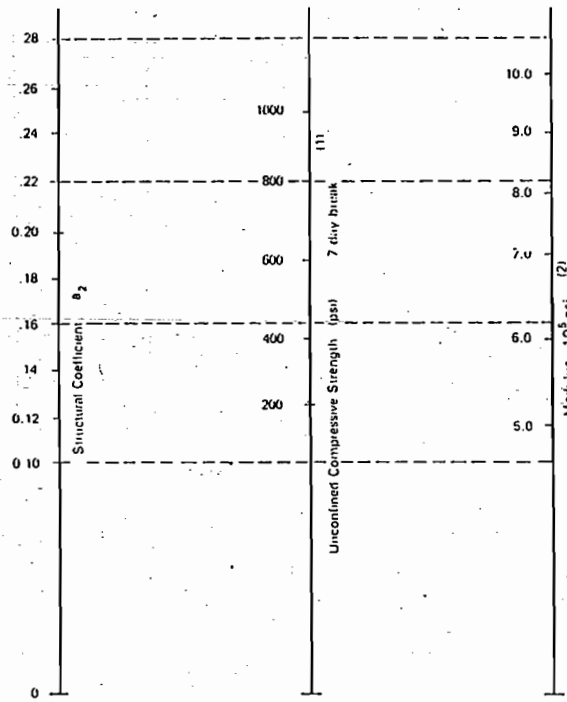
- (1) Scale derived by averaging correlations obtained from Illinois.
- (2) Scale derived by averaging correlations obtained from California, New Mexico and Wyoming.
- (3) Scale derived by averaging correlations obtained from Texas
- (4) Scale derived on NCHRP project (3).

图三 : Variation in Granular Base Layer Coefficient (a_2) with Various Base Strength Parameters (3)



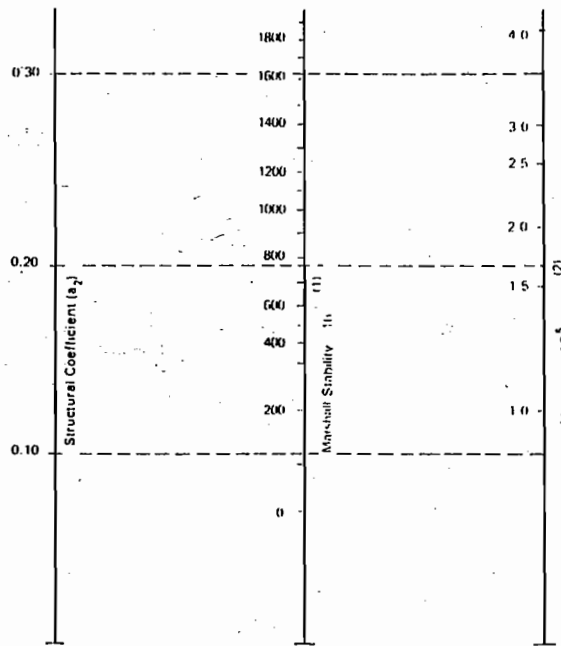
- (1) Scale derived from correlations from Illinois.
- (2) Scale derived from correlations obtained from The Asphalt Institute, California, New Mexico and Wyoming.
- (3) Scale derived from correlations obtained from Texas.
- (4) Scale derived on NCHRP project (3).

图四 : Variation in Granular Subbase Layer Coefficient (a_3) with Various Subbase Strength Parameters (3)



(1) Scale derived by averaging correlations from Illinois, Louisiana and Texas.
 (2) Scale derived on NCHRP project (3)

圖五： Variation in a_2 for Cement-Treated Bases with Base Strength Parameter (3)

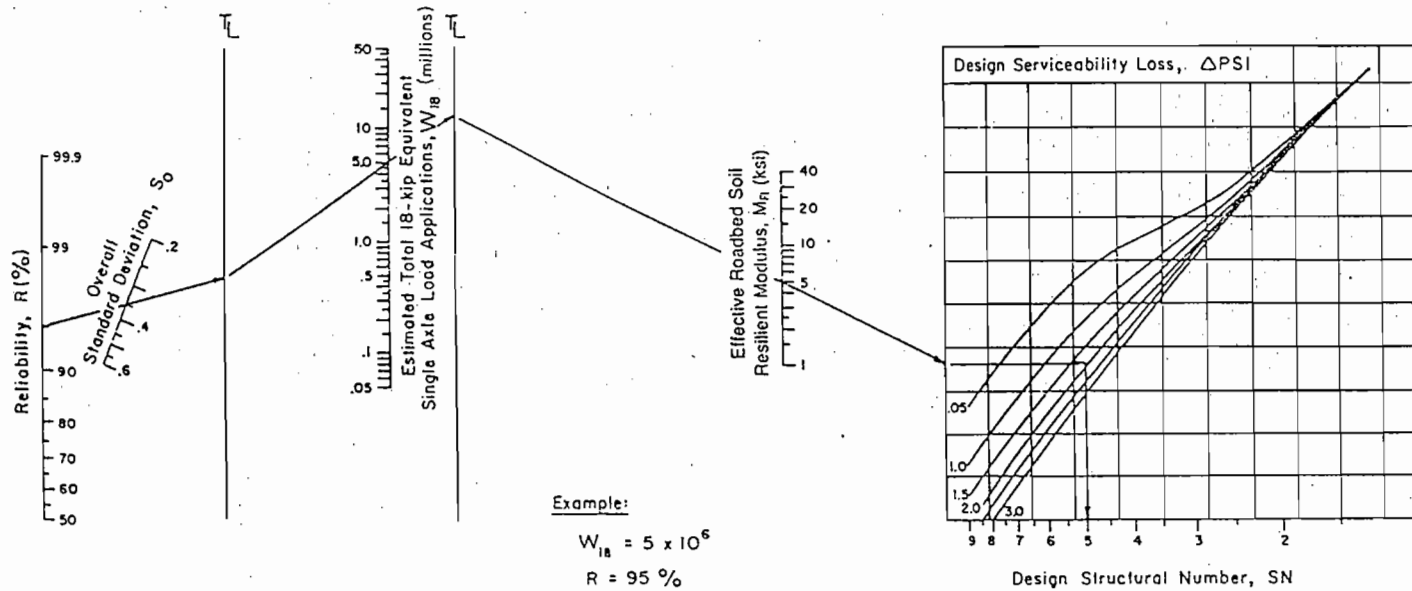


(1) Scale derived by correlation obtained from Illinois
 (2) Scale derived on NCHRP project (3)

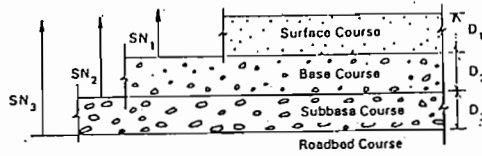
圖六： Variation in a_2 for Bituminous-Treated Bases with Base Strength Parameter (3)

NOMOGRAPH SOLVES:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$



图七：AASHTO Flexible Pavement Thickness Design Nomograph



$$D^*_1 \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN^*_1 = a_1 D^*_1 \geq SN_1$$

$$D^*_2 \geq \frac{SN_2 - SN^*_1}{a_2 m_2}$$

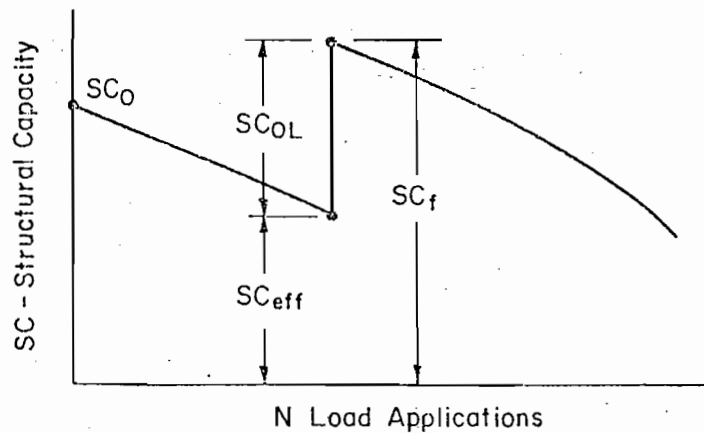
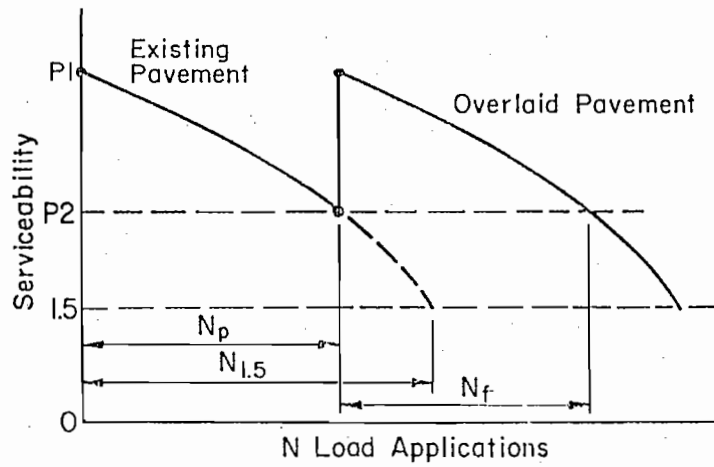
$$SN^*_1 + SN^*_2 \geq SN_2$$

$$D^*_3 \geq \frac{SN_3 - (SN^*_1 + SN^*_2)}{a_3 m_3}$$

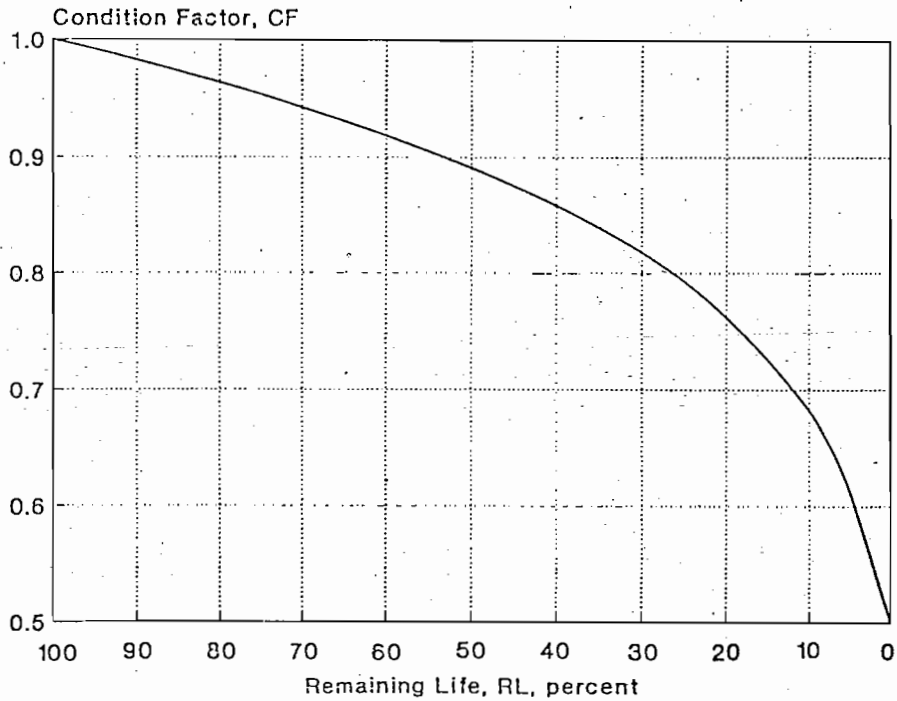
1) a , D , m and SN are as defined in the text and are minimum required values.

2) An asterisk with D or SN indicates that it represents the value actually used, which must be equal to or greater than the required value.

圖八： Procedure for Determining Thicknesses of Layers Using a Layered Analysis Approach



圖九： Illustration of Structural Capacity Loss Over Time and with Traffic



圖十：Relationship Between Condition Factor and Remaining Life

表一：AASHTO柔性路面設計法1972年與1986年版設計因素之比較

AASHTO 柔性路面設計 1972 年版				
設計公式	$\log W = 9.36 \log(SN+1) - 0.2 + \frac{\log \frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}}{1094} + \log \frac{1}{R} + 0.372(S-3)$ $0.4 + \frac{1}{(SN+1)^{5.19}}$			
設計因素	交通量	環境因素	SN 方程式	路基土壤強度
	設計年限 (Design Life)	區域性因素 (Regional Factor): R	$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$	土壤承載值 (Soil Support Value): S
AASHTO 柔性路面設計 1986 年版				
設計公式	$\log W = ZR * So + 9.36 \log(SN+1) - 0.2 + \frac{\log \frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}}{1094} + 2.32 \log(MR) - 8.07$ $0.4 + \frac{1}{(SN+1)^{5.19}}$			
設計因素	交通量	環境因素	SN 方程式	路基土壤強度
	分析期間及績效期間 (Analysis and Performance Period) 後者考慮分期施工	1. 可靠性水準: R 2. 標準常態偏差: ZR 3. 總標準偏差: So 4. 排水係數: m	$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$	回彈模數 (Resilient Modulus): MR

表二： Suggested Levels of Reliability for Various Functional Classifications

Functional Classification	Recommended Level of Reliability	
	Urban	Rural
Interstate and Other Freeways	85-99.9	80-99.9
Principal Arterials	80-99	75-95
Collectors	80-95	75-95
Local	50-80	50-80

NOTE: Results based on a survey of the AASHTO Pavement Design Task Force.

表三： Recommended m_i Values for Modifying Structural Layer Coefficients of Untreated Base and Subbase Materials in Flexible Pavements

Quality of Drainage	Percent of Time Pavement Structure is Exposed to Moisture Levels Approaching Saturation			
	Less Than 1%	1-5%	5-25%	Greater Than 25%
Excellent	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Good	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Fair	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Poor	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Very poor	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

表四： The Min. Thickness Limit of Surface and Base

Traffic, ESALs	Minimum Thickness (inches)	
	Asphalt Concrete	Aggregate Base
Less than 50,000	1.0 (or surface treatment)	4
50,001-150,000	2.0	4
150,001-500,000	2.5	4
500,001-2,000,000	3.0	6
2,000,001-7,000,000	3.5	6
Greater than 7,000,000	4.0	6