

十二、柔性路面厚度設計(土壤分類指數法、加州載重比法、加州土壤阻力值法)

參考資料：蔡攀鰲，「公路工程」，第 16.5 - 16.8 節

◎柔性鋪面厚度設計法簡介

※柔性鋪面設計法之演進

1. 靜力平衡理論(1901年美國麻省道路委員會)(古典設計法)
2. 土壤力學理論(1940年，經驗法)
3. 半經驗法或統計法(AASHO Road Test, 1960年)
4. 理論法

※Yoder & Witczak(1975): 設計法

1. AASHO Interim Design Guide
2. 多層彈性分析法(Kentucky)
3. 美國瀝青協會(Asphalt Institute Method)
4. 國家碎石協會設計法(National Crushed Stone Association Method)
5. 加州設計法(California)

※Highway Research Board (1970):設計法分類 (Transportation Research Board)

1. 彈性原理法
2. 極限強度原理法
3. 半經驗法或統計法
4. 經驗及環境法

※柔性路面設計原理：(設計內容)

1. 路面型態及結構之選擇
2. 瀝青混合料配合設計
3. 路面結構設計
4. 經濟分析

※柔性路面設計程序：

1. 蒐集資料
2. 路面結構初擬
3. 路面材料配合設計及力學性質試驗
4. 確定相關設計參數
5. 進行結構分析
6. 各方案生命週期成本分析
7. 選擇較佳方案

※國內常用之柔性鋪面設計法：

1. 土壤分組指數法(GI)：
2. CBR設計法
3. R值設計法
4. 美國瀝青協會設計法(AI)
5. 美國州公路及運輸官員協會設計法(AASHTO)

[省公路局、台北市工務局新建工程處、台灣省住宅及都市發展局、國道高速公路局、國道新建工程局]

※柔性路面厚度設計法之比較：

1. 土壤分組指數法(GI)：應用最早、設備簡單、試驗快速
2. 加州承載比率法(CBR)：適用於細粒土壤、需時甚久
3. 土壤阻力值法(R)：威式穩定儀，用途廣泛、設備昂貴
4. 美國瀝青協會設計法(AI)：加入交通量分析、材料強度分析、全厚度瀝青混凝土
5. 美國州公路及運輸官員協會設計法(AASHTO)：1960年道路試驗(1993年新版，國內二高採用)

◎土壤分組指數法(GI)

1. 由篩分析、液性限度、塑性指數等試驗判定土壤之類別(A-1 ~ A-7)(GI愈低，承載力愈高)
2. 再依交通量(分輕、中、重三級)、路面厚度、與GI之關係，決定路面厚度(圖16-2)
3. 此法國內縣市政府、住都局、及公路局均曾使用過，唯最近工程設計單位已不再使用。

※美國瀝青柔性路面研究委員會建議(1949)

- a. 土壤分類確定後，另依車輛重量、交通量大小、地下水情形、氣候狀況、及其他因素選擇適當厚度(表16-1 ~ 16-4)(4080 kg輪荷重)

- b. 不同輪荷重下，以等比例調整所須厚度

$$T_2 = \frac{W_2}{W_1} T_1$$

※台灣省公路局之GI厚度設計法(表16-5)

- a. 依交通量之大小、地下水位情形、底層及路基之壓實度、路基土壤之分類、液性限度、塑性指數、分組指數、粒料品質及級配種類，決定面層及底層之厚度
- b. 交通量以2250kg輪荷重當量為單位：

2,025~2,475 LEF=1

2,475~2,925 LEF=2

2,925~3,375 LEF=4

3,375~3,600 LEF=8

※設計實例(例題16~3)

◎加州承載比率法(CBR)

1. CBR = 路基土壤或路面粒料與標準優良級配碎石承載力之百分比
2. CBR試驗：
 - a. 試樣準備：圓筒高與直徑均為6 in. (15.24 cm)，土體以最佳含水量壓實至高4 in.，置於水中浸至不再上漲為止(約需4天)
 - b. 以直徑1.7 in.鋼軸加壓，貫入速率1.3 mm/min，通常以貫入深度0.1 in.時之單位載重為標準

3. CBR厚度設計曲線(圖16-5)

由CBR值與輪荷重之大小決定各層之厚度

※Wyoming修正之CBR設計曲線

- a. 依以往經驗、全年雨量、地下水位深度、冰凍情形、路線環境、以及交通量大將CBR法修正
- b. 按路線之實際情形選取適當之指定值(表16-6)，交通量以2270kg當量輪荷重在未來若干年內單方向出現之總次數計算(表16-8)
- c. 計算指定值之總和，查得所用曲線號數(表16-7)
- d. 由CBR值與曲線號數查得各層設計厚度(圖16-7)

※設計實例(例題16-5)

※台灣省翻修公路設計曲線

- a. 省公路局於民國54年依本省土質、氣候、地理環境等制定CBR設計法
- b. 按全年雨量與交通量選取適當之指定值(表16-9)
- c. 交通量以2270kg當量輪荷重在20年內單方向每日平均每車道之交通當量(非設計車道???)

- 大型車(二軸及三軸單輛貨車)LEF=5
- 混合車(半聯結及全聯結車)LEF=24
- d. 由指定值總和查得曲線號數(表16-10)
- e. 由CBR值與曲線號數查得所需之「卵石當量厚度」(圖16-8)

※CBR值法之發展過程與討論：

- a. 美國加州公路局於1920年首先發展
- b. 屬經驗法，調查路面主要破壞類型為：土壤側移、不均勻沉陷及永久變形，因此其設計標準應為路基之永久變形
- c. 無法全面考量環境因素之影響
- d. CBR試樣必須浸水4天，對乾燥地區路基土壤並不合理
- e. 設計曲線實際已考慮重複載重之作用，惟不夠理想

◎土壤阻力值法(R值法)

- 1. 1948年威氏(Hveem)發表土壤阻力值=土壤中抵抗車輪輾擠作用之能力
- 2. 柔性路面厚度設計考慮因素：
 - a. 鋪裝材料之凝聚值
 - b. 交通量指數
 - c. 路基土壤之阻力值

※鋪裝材料之凝聚值(表16-13)

$$g.e. = \sqrt[5]{\frac{C}{100} \cdot t}$$

$$C = 100 \left(\frac{G.E.}{T} \right)^5$$

g.e. = 某層之卵石當量厚度(cm)

t = 某層之實際厚度(cm)

G.E.= 各層卵石當量厚度之總和(cm)

T = 各層實際厚度之總和(cm)

[例題16-8]

※交通量指數(T.I.)

- a. 將各種車輛之輪荷重換算成2,270kg (5,000lbs)輪重當量(表16-14, 16-15)
- b. 交通量以單方向計，不計算小客車與小貨車，並以下列公式計算交通量指數

$$T.I. = 1.35(EWL)^{0.11}$$

[例題16-9]

※路基土壤之阻力值

- a. 利用穩定儀來測定因垂直壓力產生之側壓力
- b. 一般而言，側壓力與阻力值成反比，如水之R=0、鋼鐵之R=100，含水量愈大，則其阻力值愈小
- c. 樣品之準備、夯壓試驗、擠水壓力試驗

- d. 膨脹壓力試驗：以面層及基底層之重量平衡此膨脹壓力

$$p = \gamma h \approx \frac{2100}{100} h$$

$$h(\text{cm}) = 0.048p(\text{kg} / \text{m}^2)$$

- e. 土壤阻力值(R)試驗

$$R = 100 - \frac{100}{\frac{2.5}{D} \left(\frac{P_v}{P_h} - 1 \right) + 1}$$

R = 採300psi (21kg/cm²)擠水壓力之R值為設計值

P_v = 垂直壓力(11.2 kg/cm²)(160psi)

P_h = 當垂直壓力=11.2 kg/cm²時之水平壓力

D = 威氏穩定儀水平壓力由5psi (0.35kg/cm²)增至100psi (7kg/cm²)時測微表之轉數或變位數

- f. 面層與基底層之設計總厚度

$$T = \frac{0.095(T.I.)(90 - R)}{\sqrt[5]{c}} \quad (\text{威氏})$$

$$T = \frac{0.07(T.I.)(100 - R)}{\sqrt[5]{c}} \quad (\text{省公路局})$$

T = 設計總厚度(in.)

c = 上層土壤之凝聚值(基層碎石級配料爲100)

※美國加州設計法

- a. 加州公路局持續修正Hveem(1948)之土壤阻力值法
- b. 本法依Brighton及Stockton試驗道路實測結果經統計分析而得，並經AASHO試驗道路及許多路面實際成效觀測資料作多次修正
- c. 設計因素：
 - (1)設計年限：主要道路20年、次要道路10年
 - (2)路基土壤強度：R值試驗法(詳細步驟請自行參閱講義)
 - (3)交通量分析：

$$\begin{aligned} TI &= 1.3 \left[\left(\frac{W}{5} \right)^{4.2} (\text{repetitions}) \right]^{0.119} \\ &= 1.3 (EWL)^{0.119} \\ &= 6.7 \left(\frac{EWL}{10^6} \right)^{0.119} \\ TI &= 9.0 \left(\frac{ESAL}{10^6} \right)^{0.119} \end{aligned}$$

ESAL=設計年限設計車道內之累積18-kip單軸荷重當量數

EWL=設計年限設計車道內之累積5000磅車輪荷重當量數

W=車輪重

repetitions =車輪作用次數

(4)路面材料：

AC, CTB, ATB, LTB, CS, ATPM, LCB, AB, ASB (表3.2.1)

(5)設計厚度：

$$T(in.) = \frac{0.07(TI)(100 - R)}{\sqrt[5]{c}}$$

$$GE(ft) = 0.0032(TI)(100 - R)$$

$$GE(cm) = 0.0975(TI)(100 - R)$$

T = 設計總厚度(in.)

c = 路面材料之凝聚值(基層碎石級配料為20)

(a)R值所需厚度：依交通量、土壤R值、路面材料、地區因素決定(圖3.2.1右側)(擠水壓力指定值於1962年修正為300psi)

(b)膨脹壓力所需厚度：將膨脹壓力除以路面材料單位重(圖3.2.1左側)

(c)取兩厚度中較大者為設計厚度

d. 路面厚度設計(圖3.2.2)

※例題16-10：(圖十六~18)

※例題16-12：(圖十六~19, 表十六~19)

1.多車道公路之車道分佈因素(表十六~17)

2.卵石當量因素($G_f = GE / T$)

※中山高興建時期之柔性路面厚度設計法

參考資料：陳偉全，「台灣區國道高速公路柔性路面設計系統之探討」，高速公路工程與管理研討會，民國八十四年五月。

1.以美國加州設計法及AI之MS-1為主

2.交通量5000磅輪重當量(EWL)，設計20年

3.交通量(TI)：

$$TI = 1.3(EWL)^{0.119}$$

4.土壤阻力值R

$$R = 100 - \frac{100}{\frac{2.5}{D} \left(\frac{P_v}{P_h} - 1 \right) + 1}$$

R = 採300psi (21kg/cm²)擠水壓力之R
值為設計值

5.卵石當量厚度

$$GE(ft) = 0.0032(TI)(100 - R)$$

$$GE(in.) = 0.0384(TI)(100 - R)$$

$$GE(cm) = 0.0975(TI)(100 - R)$$

6.厚度折算

1 cm密級配AC = 2 cm GE(卵石當量)

1 cm瀝青處理底層BTB= 1.7 cm GE

1 cm碎石級配粒料 = 1.2 cm GE

【例題】

- 一、試簡述現行柔性路面厚度設計法中：加州承載比率（CBR）法，土壤阻力值（R值）法，美國瀝青學會（AI）之全厚度瀝青混凝土鋪面厚度設計法之基本設計理念(含其演進過程)、與優缺點比較。又AI法中之設計交通當量代表之意義為何？