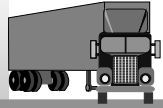


淡江大學土木工程研究所碩士論文

## 剛性鋪面回算程式之建立 —溫氏基礎模式

指導教授：李英豪 博士  
研究生：白建華



## 內容大綱

- 緒論
- 文獻回顧
- 回算流程之分析與印證
- 資料庫與預估模式模式建立
- 回算程式之驗證
- 結論與建議



## 緒論

- 研究緣起
- 研究目的
- 研究範圍及內容
- 研究方法



## 前言

- 研究緣起
  - 生活品質與時代之需求
  - 鋪面養護與管理
  - 量測鋪面結構強度



## 研究目的

- 針對緊密基礎模式(溫氏基礎)
- 改良傳統閉合解回算程式(AREA)
- 作理論性改進(不限FWD)
- 建立個人電腦程式(TKUBAK)



## 研究範圍與內容

- 剛性鋪面之分類
- 針對接縫式混凝土鋪面
- 改進撓度指標AREA所受到之限制
- 回算流程之分析與驗證
- 分析無限版、有限版與路肩之情況
- 建立改善之回算流程
- 建立電腦程式(TKUBAK)



## 研究方法

- 理論公式推導與驗證(IMSL)
- 傳統回算方式之回顧
- 使用有限元素程式分析與應用(ILLI-SLAB)
- 預估模式構建(S-PLUS統計軟體之應用)



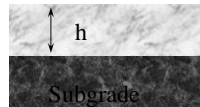
## 研究流程

- 準備工作
- 因次分析確定控制因子
- 建立撓度比資料庫
- 建立撓度比預估模式
- 彙整流程撰寫電腦程式
- 實例分析



## 文獻回顧

- 非破壞性試驗方式及儀器
- 剛性鋪面撓度之基本理論
- 剛性鋪面回算程式之基本理論
- 控制參數
- 回算程式之基本限制



## 剛性鋪面撓度之影響因子

- 載重因子
- 鋪面材料因子
- 氣候因子



## 非破壞性試驗方式及儀器

- 靜力撓度試驗(BENKELMEN BEAM)
- 穩定動力撓度試驗(Road Rater)
- 衝擊荷重變形試驗(FWD)
- 波傳遞試驗(正弦波)



## 剛性鋪面撓度之基本理論

- Westergaard剛性鋪面版理論解
- Losberg 剛性鋪面版理論解
  - ◻ Ioannides 撓度解參數



## 剛性鋪面回算程式之方法

- 反覆計算法(迭代法)
  - BISDEF ,BISER,ELSDEF
- 資料庫處理法
  - MODULUS ,COMDEF
- 版理論法(閉合解法)



## 控制參數

- 傳統控制參數

$$\frac{\delta k l^2}{P} = f\left(\frac{a}{l}, \frac{L}{l}, \frac{W}{l}\right)$$

$$\frac{\delta h}{l^2} = f\left(\alpha \Delta T, \frac{L}{l}, \frac{W}{l}, \frac{\gamma h^2}{k l^2}\right)$$



## 控制參數之驗證

c	E	k	h	P	ℓ	D	w	w*D(P*ℓ <sup>2</sup> )
in.	Mpsi	pci	in	lbs	in.	lbs*in.	in.	
10	1	100	57.5	10000	112.8	1.6E+10	0.00108	0.138
10	3	300	57.5	10000	112.8	4.9E+10	0.00036	0.138
5	5	500	22.8	2500	56.4	5.1E+09	0.00022	0.138
5	7	700	22.8	2500	56.4	7.1E+09	0.00015	0.137

(固定 a/ℓ=0.05, r/ℓ=0, L/ℓ=4, W/ℓ=7 驗證)



## 回算程式之基本限制

- 傳統回算流程(閉合解)
- 傳統回算流程之限制(FWD)
  - 載重盤半徑必須固定5.9 in.
  - 四個撓度感應器
  - 間距必須固定為12 in.
  - 單位為(in.)因次單位
  - 不同之四個撓度相同之彈性模數



## 回算流程之分析與應用

- 無限版長理論之驗證(IMSL)
- 撓度比分析  
建議回算之流程



## 無限版長之撓度理論驗證

- Ioannides 撓度公式參數驗證過程
- Losberg撓度公式之驗證過程
- ILLI-SLAB有限元素程式驗證理論解過程



## 理論解不唯一性

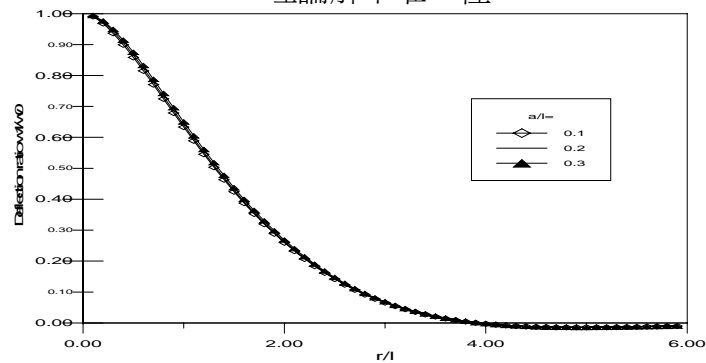


圖 3-11 losberg理論撓度比解圖

## 撓度比分析之應用

- 使用目的在於取代閉合解AREA之觀念
- 撓度比公式
- 改善優點



## 模式建立與應用

- 撓度比資料庫之建立
- 撓度比預估模式之建立
- 調整因子之建立
- 建議回算之流程
- TKUBAK程式之建立



## 撓度比資料庫之建立(一)

- QBASIC之使用
- ILLI-SLAB程式執行
- MS-EXCEL資料處理
- 中央載重
- 邊緣載重
- 角隅載重



## 撓度比資料庫之建立(二)

- 無限版( $L/l=W/l=14$ )
- 有限版( $L/l=W/l=2\sim 7$ ;  $L/l>W/l$ )
- 路肩( $L/l=W/l=13$ ;  $agg/kl=0\sim 50000$ )
- $a/l=0.05\sim 0.3$
- $E=6\sim 1\text{Mpsi}$ ,  $k=100\sim 600\text{psi}$
- $P=10000\text{lbs}$ ,  $p=100\text{psi}$   
 $\mu = 0.15$



## 預測模式之建立

- 投影追逐迴歸分析法(PPR)
- 根據無因次力學變數
- 根據因子建立資料庫
- 兩階段預估模式  
(投影加上線性迴歸)



## 撓度比預估模式之建立(一)

- 中央載重
- 邊緣載重
- 角隅載重



## 撓度比預估模式之建立(二)

- 無限版  $R_{\infty} = \frac{w}{w_0} = f\left(\frac{a}{l}, \frac{r}{l}\right)$
- 有限版  $R_L = \frac{w}{w_0} = f\left(\frac{a}{l}, \frac{L}{l}, \frac{W}{l}, \frac{r}{l}\right)$
- 路肩  $R_s = \frac{w}{w_0} = f\left(\frac{a}{l}, \frac{agg}{kl}, \frac{r}{l}\right)$



## 調整因子之建立

$$R = R_L * R_S * R_T \quad R = R_L * R_S$$

$$R_L = \frac{R_l}{R_{\infty}}, R_S = \frac{R_s}{R_{\infty}}$$

R = 綜合調整因子

R<sub>l</sub> = 有限版尺寸撓度比

R<sub>s</sub> = 路肩考慮撓度比

R<sub>LF</sub> = 有限版最大撓度修正因



## 建議回算之流程

- NDT量測撓度比
- 假設相對勁度半徑
- 利用預估模式求出綜合修正因子
- 與現地量測作比較以迭代出相對勁度半徑
- 求出Westergaard最大撓度
- 有限版量測到之最大撓度\*R<sub>LF</sub>
- 回算k、E

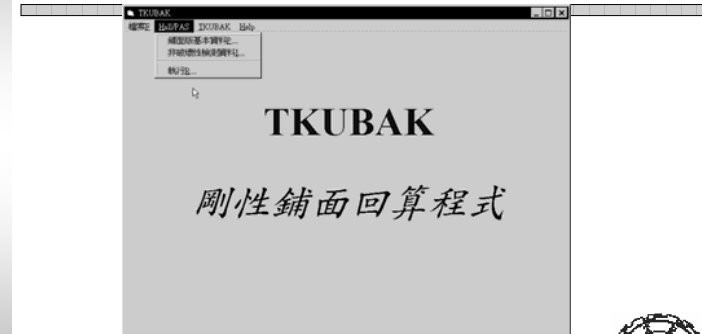


## TKUBAK回算程式之建立

- 主要功能
- K. T. Hall閉合解
- TKUBAK回算
- 無因次(公、英制皆可)
- 感謝 李朝聰 同學



## TKUBAK回算程式



## TKUBAK回算程式

鋪面版基本資料

路基基礎模式  
 道式基礎模式  
 彈性圓盤基礎模式

載重位置  
 中央載重  
 邊緣載重  
 角隅載重

鋪面版厚度,  $h$ (in.)  鋪面版波生比,  $\mu$

鋪面版版寬,  $W$ (in.)

鋪面版版長,  $L$ (in.)

確定 取消

非破壞性檢測資料, FWD

載重, $P$ (lb)	<input type="text" value="12823.48"/>		
載重輪中徑, $a$ (in.)	<input type="text" value="5.9"/>		
距離載重中心點(in.)	<input type="text" value="0"/>	換算值(in.)	<input type="text" value="0.009825"/>
距離載重中心點(in.)	<input type="text" value="12"/>	換算值(in.)	<input type="text" value="0.009425"/>
距離載重中心點(in.)	<input type="text" value="24"/>	換算值(in.)	<input type="text" value="0.008657"/>
距離載重中心點(in.)	<input type="text" value="36"/>	換算值(in.)	<input type="text" value="0.007753"/>

確定 取消



## 模式之驗證與應用

- 回算實例之驗證
- 回算程式之應用





## 回算實例之驗證(一)

### 中央載重

	假設 $\ell$	TKUBAK- $\ell$	close- $\ell$	假設k	TKUBAK-k	close-k	假設E	TKUBAK-E	close-E
實例1	39.3	39.8	39.1	300	295.7	306.3	4.0 E+06	4.14E+06	4.00E+06
實例2	29.5	29.6	29.3	400	401.1	410.0	3.0 E+06	3.05E+06	2.98E+06
實例3	23.6	23.6	23.5	500	503.0	509.3	2.0 E+06	2.02E+06	2.00E+06

	假設 $\ell$	平均 $\ell$	假設k	TKUBAK-k	假設E	tku-E
實例1	59.0	55.1	300	333	5.0E+06	5.03E+06
實例2	59.0	56.6	300	296	5.0E+06	5.00E+06
實例3	59.0	56.4	300	306	5.0E+06	5.10E+06



## 回算實例之驗證(二)

### 邊緣載重

	TKUBAK- $\ell$	假設- $\ell$	TKUBAK-k	假設-k	TKUBAK-E	假設-E
實例1	38.8	39.3	304	300	4.59E+06	4.0E+06
實例2	29.3	29.5	409	400	3.55E+06	3.0E+06
實例3	23.1	23.6	531	500	2.33E+06	2.0E+06

	假設 $\ell$	平均 $\ell$	假設k	tku-k	假設E	tku-E
實例1	59.0	57.1	300	318	5.0E+06	5.55E+06
實例2	59.0	55.4	300	328	5.0E+06	5.10E+06
實例3	59.0	56.9	300	326	5.0E+06	5.61E+06



## 回算實例之驗證(三)

### 角隅載重

	TKUBAK- $\ell$	假設- $\ell$	TKUBAK-k	假設-k	TKUBAK-E	假設-E
實例1	36.7	39.3	532	500	2.91E+06	3.0E+06
實例2	27.3	29.5	555	500	2.91E+06	3.0E+06
實例3	22.0	23.6	778	700	1.01E+06	1.0E+06

	假設 $\ell$	平均 $\ell$	假設k	tku-k	假設E	tku-E
實例1	59.0	56.9	300	328	5.0E+06	5.66E+06
實例2	59.0	54.9	300	341	5.0E+06	5.10E+06
實例3	59.0	53.1	300	348	5.0E+06	4.54E+06



## 路基反力模數之修正

- 回算得動態路床有效反力模數值  $k_{dynamic}$
- 路床有效反力模數值  $k = k_{dynamic} / 2$



## 其他回算方式之適用性

- FWD 8000
- Road Rater 2000



## 結論(一)

- 應用撓度比改進現有閉合解(AREA)
- 增加應用範圍(無限版、有限版、a、r)
- Ioannides撓度解參數有問題
- 回算時有不唯一解
- TKUBAK回算程式功能
  - Hall/PAS
  - TKUBAK
  - ILLIBAK
  - 無因次



## 結論(二)

- 待完成工作
  - ▾ 加入ILLIBAK主程式(Losberg)



## 建議

- 加入ILLIBAK主程式(Losberg)
- 精度尚有加強空間
- agg/kl尚研究中
- 溫差考量
- 資料庫解法



## 致謝

本計畫承蒙國科會  
NSC85-2211-E032-010  
之經費贊助，特此致謝。



## THANKS FOR YOUR ATTENTION!

敬請指教！

淡江大學 土木研究所  
研究生 白建華

THANKS FOR YOUR ATTENTION

