

# 國立交通大學

工學院專班工程技術與管理學程

碩 士 論 文

道路工程級配回填之平板載重試驗與 DCP 試驗方式探討

(以高鐵 C220 標為例)

Research on the embankment filling for the method of

Plat load test and DCP test

(Case by the contract C220 of the Taiwan High Speed Railway engineering)

研 究 生： 褚 佳 宏

指 導 教 授： 洪 士 林 博 士

中 華 民 國 九 十 七 年 七 月

道路工程級配回填之平板載重試驗與 DCP 試驗方式探討  
(以高鐵 C220 標為例)

Research on the embankment filling for the method of  
Plat load test and DCP test

(Case by the contract C220 of the Taiwan High Speed Railway engineering)

研究生：褚佳宏

Student : Chia-Hung Chu

指導教授：洪士林 博士

Advisor : Shih-Lin Hung, Ph.D.

國立交通大學

工學院專班工程技術與管理學程



碩士論文

A Thesis

Master Degree Program of Engineering Technology and Management

College of Engineering

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Science

in

Program of Construction Technology and Management

July 2008

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十七年七月

# 道路工程級配回填之平板載重試驗與 DCP 試驗方式探討

(以高鐵 C220 標為例)

研究生：褚佳宏

指導教授：洪士林 博士

國立交通大學工學院碩士在職專班工程技術與管理學程

## 中文摘要

近年來國內陸續推動重大交通運輸建設，在各工程興建的過程中，如能選擇適當、省時、有效率且能達到品質檢驗目的的試驗方式，對工程進度來說有絕對正面的幫助，因此尋求加速施工檢驗的過程，在有限工期內如期如質完成一件工程，為本文主要研究之動機。

在案例中，級配回填完成後若直接進行平板載重試驗，其合格率偏低。經由加入自主的 DCP 試驗先行確認後再進行平板載重試驗，其合格率將大大提高，藉以加速檢驗流程進而節省時間及成本。

本文針對 DCP 試驗與平板載重試驗進行分析，得到 DCP 試驗的優點與適用之處，進而肯定 DCP 試驗工法，最後建議修訂各工程施工規範，將 DCP 試驗納入檢驗工法，提供給工程界另一項選擇。

關鍵詞：平板載重試驗、DCP 試驗

Research on the embankment filling for the method of  
Plat load test and DCP test  
(Case by the contract C220 of the Taiwan High Speed Railway engineering)

Student : Chia-Hung Chu

Advisor : Shih-Lin Hung, Ph.D.

Master Degree Program of Engineering Technology and Management  
College of Engineering  
National Chiao Tung University

Abstract

Recently, the domestic constructions have continuously promoted in Taiwan, especially in transportation constructions. During each engineering construction process, selecting an efficient and suitable testing method to maintain construction quality is essential and also provides positive assistance to the construction progress. Therefore, finding a way to speed up the test process and to achieve the project within the time schedule has become an important research topic as well as the aim of this study.

For instance, after the base grade has been backfilled and the plat load test has immediately carried out, the testing success rate is low. Herein, the DCP test is employed prior to the plate loading test. The statistic results revealed that the success rate has been drastically improved. Hence, with the DCP test prior to plate load test, the testing process of embankment filling of road construction will speed up and lead to time efficient and cost benefit.

This study aimed at the analysis of the time spend and cost saving for DCP test and Plate loading test. The study results reveal that the DCP test is cheaper and less testing time than the plate load test. Also, combining the DCP and plate load test may increase the testing success rate from 20% to 90%. Finally, it suggests accepting the engineering construction standard to include the DCP test as one of the embankment filling test methods.

Keyword: Plate loading test, DCP test

## 誌 謝

本文承蒙恩師洪士林博士，在課業上悉心指教對學生論文不厭其煩的詳加審閱並提供寶貴意見，方使本文更臻詳盡完善，並得以順利畢業，在此深表誠摯之謝意，永誌難忘。另感謝論文口試委員林昌佑博士及吳永照博士惠贈寶貴意見，提供精闢的建議，使學生論文得以更具價值，在此致上萬分感謝與敬意。

本論文得以寫作完成，特別感謝任職於高鐵 C220 標時張燈坤經理，在論文題目選擇時給我這麼好的一個建議，之後更針對我的問題提供寶貴經驗及意見，及我的好同事林博文先生，於案例分析及訪談過程中熱心提供資料並耐心答詢我各項疑問，有兩位的大力相助才能使文章內容上更加充實而使本論文能順利完成銘感於心。

最後謹以本論文獻給我最親愛家人以及關心我的好友、同事，共同分享這份喜悅。

褚佳宏

謹誌於國立交通大學工學院 2008.07.21

# 目 錄

中文摘要	.....	i
英文摘要	.....	ii
誌謝	.....	iii
目錄	.....	iv
圖目錄	.....	vi
表目錄	.....	vii
第一章	緒論	
1.1	研究動機	1
1.2	研究目的	1
1.3	研究範圍與內容	2
1.4	研究方法	2
1.5	研究流程	3
1.6	論文內容	5
第二章	文獻回顧	
2.1	夯實理論	6
2.2	動態圓錐貫入儀相關之研究	9
第三章	土方工程施工程序與檢驗	
3.1	準備工作	11
3.2	挖掘	12
3.3	裝載	12
3.4	搬運	12
3.5	填築	13
3.6	滾壓及夯實	15
3.7	施工檢驗	18
3.8	土方施工作業流程及檢驗作業流程圖	19
第四章	土方工程之試驗方式	
4.1	含水量試驗	22

4.2	土粒比重試驗	24
4.3	土壤夯實試驗	26
4.4	工地密度試驗	28
<b>第五章 案例探討</b>		
5.1	高鐵 C220 標簡介	31
5.2	PSG 填築作業及流程	33
5.3	BBL 填築作業及流程	36
5.4	平板載重試驗介紹	39
5.5	DCP 試驗簡介	49
<b>第六章 平板載重試驗與 DCP 試驗結果分析</b>		
6.1	最佳滾壓次數試驗	51
6.2	平板載重試驗成果	53
6.3	DCP 試驗與平板載重關係試驗	55
6.4	平板載重試驗成果 (加入 DCP 試驗後)	56
6.5	加入 DCP 試驗於本工程之效益	57
6.6	不合格之分析	60
<b>第七章 結論與建議</b>		
7.1	結論	61
7.2	建議與未來繼續研究方向	62
參考文獻		63
附錄一	PSG 之平板載重試驗成果	64
附錄二	BBL 之平板載重試驗成果(加入 DCP 試驗前)	68
附錄三	BBL 之平板載重試驗成果(加入 DCP 試驗後)	70

## 圖目錄

圖 1-1 研究流程圖	4
圖 3-1 一般路基土方作業流程圖	19
圖 3-2 土方工程施工與檢驗作業流程	20
圖 3-2 土方工程施工與檢驗作業流程(續)	21
圖 4-1 含水量試驗流程圖	23
圖 4-2 土粒比重試驗流程圖	25
圖 4-3 土壤夯實試驗流程	27
圖 4-4 工地密度試驗流程圖	30
圖 5-1 工程位置	31
圖 5-2 土方工程填築標準圖	32
圖 5-3 PSG 填築作業流程	35
圖 5-4 BBL 填築作業流程	39
圖 5-5 平板載重試驗狀況(一)	43
圖 5-6 平板載重試驗狀況(二)	43
圖 5-7 平板載重應力與沉陷量關係曲線	46
圖 5-8 PSG 粒徑分佈圖	47
圖 5-9 BBL 粒徑分佈圖	48
圖 5-10 DCP 試驗狀況(一)	50
圖 5-10 DCP 試驗狀況(二)	50
圖 6-1 滾壓趟數試驗位置圖	51
圖 6-2 滾壓次數與工地密度關係	53
圖 6-3 PSG 平板載重試驗合格率統計表	54
圖 6-4 BBL 平板載重試驗合格率統計表	54
圖 6-5 BBL 平板載重試驗合格率統計表 (加做 DCP 試驗後)	56
圖 6-6 未使用 DCP 試驗費用曲線圖	58
圖 6-7 使用 DCP 試驗費用曲線圖	59



## 表目錄

表 2-1 均勻係數與土壤分類之關係	7
表 3-1 土方滾壓機具選擇	16
表 3-2 最佳含水量關係表	16
表 3-3 土方工程施工檢驗項目表	18
表 5-1 各種材料之試驗種類、項目、方法與頻率	32
表 5-2 PSG 回填材料之粒徑一覽表	34
表 5-3 PSG 填築使用機具一覽表	36
表 5-4 PSG 填築使用人力一覽表	36
表 5-5 BBL 回填材料之粒徑一覽表	37
表 6-1 滾壓次數試驗數值	52
表 6-2 DCP 與平板載重關係試驗數值	56
表 6-3 平板載重與 DCP 試驗於成本及試驗時間之比較表	57
表 6-4 未使用 DCP 試驗費用一覽表	58
表 6-5 使用 DCP 試驗費用一覽表	59



# 第一章 緒論

## 1.1 研究動機

國內近十餘年來推動各項重大交通建設，在公路方面有新建第二高速公路、北宜高速公路、蘇花高速公路、國道六號高速公路、中山高速公路拓寬、十二條東西向快速道路、西濱快速道路，在鐵路方面有南北高速鐵路的興建及台鐵北迴線鐵路擴建雙軌、基隆(八堵)至台東間路線重軌化及號誌自動化，在大都會市區內還有台北捷運跟高雄捷運的建設等等，各項交通建設逐步完成，促使國內經濟發展更加繁榮，由於交通建設為國家發展之基礎除可以提高土地開發利用價值、縮短運輸時間及增加運輸能量等，並帶動社會經濟均衡發展，故而交通建設對國家政經發展有其不可取代的地位。

在各工程興建的過程中，進度、品質、成本及安全往往是各方考慮的重點，如何營造出一個成本如度、進度如期、品質安全如式的工程是大家一致追求的目標。尤其像是高速鐵路及高雄捷運等 BOT 工程在為了提早營運的前提下，進度的壓力更是營造單位注目的焦點，為了能儘早完工除了在施工時加開工作面增加人員機具、延長工作時間加班趕工外，若能選擇適當、省時又有效率且能達到品質檢驗目的的試驗方式來完成施工中各個檢驗點所應該做到的試驗，亦會對工程進度有正面的幫助。因此在不違反合約規範規定下尋求加速檢驗之流程及時間之方式，檢討優缺點與改進方向，為本文主要研究動機。

## 1.2 研究目的

道路工程中土方及級配回填是一項不可或缺的施工項目，其填築成果成敗在於滾壓夯實是否確實，其中影響的因素亦頗多，諸如：土壤本身之性質、級配以及天候造成之含水量等等，皆屬重要之因素，而合格與否皆由每個工程中規範所規定之試驗方式試驗得知。

高鐵 C220 標路工工程土方填方約 48 萬立方公尺，級配填方約 18 萬立方公尺，土方和級配填築在本工程中所佔比例不小，在緊絀的工期下，除了增加人員機具加緊趕工外，如何能做到加速檢驗流程，以期能在最少的時間及成本支出下驗證出施工是否達到應有品質，這對於公司內不管是設計部門或施工部門來說都是首先要面對的問題。

基本上，試驗方式的選擇須遵照合約的規定完成每一項規範上所要求的試驗，若施工過程中有工程上問題或有窒礙難行之要求時，亦須提出適合之解決方案，在

不違背合約及規範的前提下彈性修改試驗方式，或加做其他試驗等等，以達到所需的工程品質。

在案例探討中，依規範於級配回填完成面上須使用平板載重試驗，但在現場執行上，回填完成後若直接進行平板載重試驗時其合格率偏低，因此加以改良若能先以 DCP 試驗進行測試，在 DCP 試驗合格後再進行平板載重試驗，雖然規範中並無需進行 DCP 試驗的規定，但因試驗儀器價格便宜，又可快速得到現地土壤級配回彈模數值，且所收集的資料進行分析也是相當容易情況下，期望在先通過 DCP 試驗後再進行平板載重試驗以使一次合格率大大提高，如此不但可節省時間，又可以省下不少費用。本論文研究目的即在找出 DCP 試驗與平板載重試驗在工地密度上的關係，藉以求得 DCP 試驗在本案例中的合格的標準，並以成本與時間為考量依據，分析 DCP 試驗的加入對於本案例中工程之效益，與在平板載重前加入 DCP 試驗的適用性分析，最後再討論以簡易的 DCP 試驗取代平板載重試驗的可行性。

### 1.3 研究範圍與內容

參考學術期刊與會議論文集等有關土方回填試驗之研究包括路基試驗儀、動力平板試驗儀、動態原錐貫入儀、輕便型落錘式撓度儀及國內各重大公共工程規範中有關道路回填工程中相關規定之試驗方法如 DCP 試驗、平板載重試驗、載重車載重試驗、砂錐法等，比較各種試驗之方法與特點。

本工程由於在級配完成面上除作平板載重試驗外並加做 DCP 試驗。論文中以加入 DCP 試驗前，針對 DCP 試驗的研究分析，整理出 DCP 試驗與平板載重試驗在工地密度上的關係，藉以求得 DCP 試驗在本案例中的標準，其後應用於本工程之試驗上，發現 DCP 試驗之優點，進而肯定 DCP 試驗工法，最後探討以簡便的 DCP 試驗是否可取代平板載重試驗或其他種試驗方式的可能性，最後並建議用於其他路工工程，作為往後相關工程之參考。

### 1.4 研究方法

本論文以收集期刊論文集等有關路工回填試驗方式相關文獻及國內重大公共工程路工回填之規範及試驗方式與本標所做的試驗做一比較，並以高鐵 C220 標路工工程為案例，探討該工程中各種施工方式及試驗方式，及 DCP 試驗與平板載重試驗中各試驗數據所代表之意義及試驗方式與試驗流程，並將其結果做一統計分析作為研究方法。

## 1.5 研究流程

### (一) 研究方向確認

依據現行道路工程回填試驗方式相關規範及高鐵C220標路工工程土方及級配回填試驗之施工心得，選定研究主題及其研究方向與範圍。

### (二) 相關文獻蒐集研討

收集期刊論文集等有關路工回填試驗方式相關文獻及國內重大公共工程建設中有關路工回填試驗之相關規範規定資料，並研討及比較分析。

### (三) 現場資料收集及訪談

蒐集高鐵C220標路工工程土方及級配回填施工計畫書及DCP試驗及平板載重試驗報告、自主檢查表及相關資料，及訪談施工相關人員。

### (四) 歸納整理

歸納國內各重大公共工程路工回填試驗相關規範，整理出各種試驗之方法及特點。

### (五) 分析試驗結果

針對高鐵C220標路工工程土方及級配回填中DCP試驗及平板載重試驗報告及訪談現場施工人員，分析兩者相關性及以DCP試驗取代平板載重試驗的可能性。

### (六) 撰寫結論

將本論文之研究結果提出結論，並對日後研究方向作成建議。



## 研究流程圖



圖 1-1 研究流程圖

## 1.6 論文內容

本論文主要研究內容為道路工程回填試驗方式之探討，共分為七章如下：

### 第一章 緒論

就本文之研究背景、目的及方法內容作簡明之介紹。

### 第二章 文獻回顧

係針對與本論文相關之理論根據與研究作概略性陳述。

### 第三章 土方工程施工程序及檢驗

陳述一般道路回填工程之施工程序及施工方式。

### 第四章 路工回填各種試驗方式之探討

就國內重大公共工程路工回填一般常見試驗方式作一陳述。

### 第五章 案例探討

以本工程（高鐵 C220 標）做為研究案例，詳細探討施工過程中之施工方式及試驗方式。

### 第六章 平板載重與 DCP 試驗之結果分析

闡述本工程中平板載重試驗與 DCP 試驗之結果分析檢討。

### 第七章 結論與建議

針對本研究獲得知結果作綜合性的討論，並建議未來研究方向。



## 第二章 文獻回顧

土壤材料在道路結構中扮演主要角色，尤以基底層與路基土壤部分為主，一般基底層部分採用碎石級配或瀝青處理底層，路基則主要為舊有土壤，整體結構於乾燥狀態下保有相當的承載力，但若水份侵入道路基底層與路基土壤，將對鋪面結構強度有很大影響，路面承載力降低進而損壞皆是常見問題。

### 2.1 夯實理論

2.1.1 土壤性質通常以土粒之大小，依序分類如下：

- (1) 卵石 (Boulder)：停留於 76mm 方孔篩以上，稱為卵石。
- (2) 礫石 (Gravel)：通過 76mm 方孔篩而停留於 10 號篩以上者，稱為礫石。
- (3) 粗砂 (Coarse Sand)：通過 10 號篩而停留於 40 號篩以上者，稱為粗砂。
- (4) 細砂 (Fine Sand)：通過 40 號篩而停留於 200 號篩以上者，稱為細砂。
- (5) 粉泥與粘土混合物 (Combined Silt and Clay)：通過 200 號篩者，通稱之。

2.1.2 土壤含水量變化時，其物理性質亦隨之改變。土壤中含水量多時，土壤將成液體型態，具流動性。含水量少時，黏性增加而成為具有塑性之半固體。此種變化因土壤性質不同而有所不同，由阿太堡試驗可決定土壤含水量之限界，而由不同之限界，可比較不同之土壤性質。有關各種限界分述如下：

- (1) 液性限界 (Liquid Limit)：土壤內所含水量愈多，則其流動性愈大；所含水量愈少，則流動性愈小。若所含之水量逐漸減少，最後終至無流動性。故土壤中所含之水量，恰足以使土壤開始具有流動性者，稱之為液性限界，簡稱為 L.L.。
- (2) 塑性限界 (Plastic Limit)：土壤中如含水量逐漸減少至液性限界以下時，土壤即失去其流動性而改具塑性。若含水量再繼續減少時，則土壤由於失去水分而降低其塑性，終至完全不具塑性而成為易碎之固體。土壤之含水量逐漸減少至使土壤完全失去塑性時，該時之含水量即稱為塑性限界，簡稱為 P.L.。
- (3) 收縮限界 (Shrinkage Limit)：若土壤內含有多量之水分，當水分蒸發時，土壤之體積，即逐漸縮小，惟此體積之縮小並非無限，其縮小至某一程度時，雖然含水量繼續由蒸發而減少，其體積維持一定而不再縮小，則該限界即稱之為收縮限界，簡稱為 S.L.。是故土壤之收縮限界乃土壤體積縮至最小時，其所含水量。凡土壤之含水量低於收縮限界，其體積不再縮小，高於收縮限界時，其體積即膨脹。

- (4) 塑性指數 (Plastic Index)：土壤內所含水分過少，則成為粉狀，過多則成為流體，而在此限界內所含之水量，適足以維持土壤之塑性者，稱之為塑性指數，簡稱為 P. I.。簡言之，塑性指數即為液性限界與塑性限界之相差值。即  $P. I. = L. L. - P. L.$
- (5) 收縮指數 (Shrinkage Index)：收縮指數即為塑性限界與收縮限界之差值。即  $S. I. = P. L. - S. L.$ 。

2.1.3 土壤之粒徑即為土粒之大小及其於土壤中所佔之百分比。土壤之粒徑為判斷土壤性質之一重要因素。將土壤中不同大小顆粒加以區分，並求其所佔之百分比稱為粒徑分析。

土壤之粒徑經過分析後，以土粒直徑為橫座標，以每種土粒直徑以上之土壤顆粒所佔之重量百分比為縱座標，則可繪成土壤粒徑分佈曲限，由此曲線可知該種土壤中各種粒徑土粒分佈情形。除用土壤粒徑分佈曲線表示土壤各種粒徑分佈外，尚可用有效粒徑 (Effective size) 及均勻係數 (Uniformity Coefficient) 表示。有效粒徑指的是在粒徑分佈曲線中，縱座標上通過重量百分比為 10% 處相對之粒徑者，以  $D_{10}$  表示。均勻係數為在粒徑分佈曲線中通過重量百分比為 60% 之粒徑 (以  $D_{60}$  表示)，被有效粒徑所除而得之值。

$$\text{即 } C_u = D_{60} / D_{10} \quad \text{式中 } C_u \text{ 為均等係數}$$

有效粒徑小時，即表示該項土壤中細小之顆粒含量較少，反之則表示含有細小之顆粒較多。均勻係數愈大，則表示該項土壤中各種大小顆粒之分佈均勻。均勻係數愈小則表示顆粒粒徑變化小，若均勻係數為 1 時，則表示該項土壤幾乎為同一粒徑之顆粒所組成。故僅觀察有效粒徑即均勻係數，即可判別該項土壤顆粒粒徑分佈之情形，表 2-2 為均勻係數與土壤分類之關係

均勻係數( $C_u$ )	土壤分類
1~4	均勻土壤 (Uniform Soil)
5~8	級配好之土壤 (Graded Soil)
9 以上	級配良好之土壤 (Well-Graded)

表 2-1 均勻係數與土壤分類之關係



#### 2.1.4 土壤力學性質

(1) 土壤之凝聚力：土壤之凝聚力有二，即土壤之各分子間之真凝聚力及各分子間，因吸水量之毛細管壓力所發生之皮外摩擦之凝聚力二種。土壤之凝聚力與所受之外力並無關係，但各分子間之摩擦阻力與外力成正比。砂富摩擦力，但缺乏凝聚力，若於中央加以甚大之集中荷重，而四周加以均勻荷重時，則可增加砂之支持力。軟黏土則有較大的凝聚力，但無摩擦力，故於中央集中荷重外，增加四週之荷重並不能增強其支持力。土壤之凝聚力及內部摩擦阻力，不但隨土質而異，亦隨其含水量而變。普通情形若土質愈細，則含水量之變化，對土壤之凝聚力及其內部摩擦阻力之影響亦愈大。

(2) 土壤之壓縮性：土壤表面承受荷重後，即將下沉，此項下沉即為土壤之變形。土壤的變形有彈性變形，塑性變形及壓縮變形三種，分述如下：

(a) 彈性變形：彈性變形係當荷重作用時，發生下沉，除去荷重則回復原狀。

(b) 塑性變形：當荷重作用於某土壤上，則土壤被壓向兩側流動，雖除去荷重，但變形不能回復者，稱為塑性變形。

(c) 壓縮變形：壓縮變形係當荷重作用時，土壤中之空氣及水分受壓而逸出，土壤中之空氣減少，土壤被壓實而變形，發生下沉。此種變形多不能回復。

塑性土壤須經較長久之時間方能察覺其沉陷。砂之壓縮性極快，於短時間內，即可使土粒改變其位置重新排列，繼後所產生之壓縮現象及沉陷量極小，故稱為非壓縮性土壤。黏土之壓縮性及沉陷量與砂完全不同，壓縮緩慢，沉陷則大，稱為可壓縮性土壤。

#### 2.1.5 土壤之夯實

(1) 最佳含水量：1933年美國加州洛杉磯市工程師普羅克達式(R. Proctor)發表粒料含水量與密度相關之理論，即當乾燥土壤加水壓實時，所加之水分，使土壤每一顆粒間產生水膜而增加其凝聚力，但所加之水，若超過某一限度時，則將增加其顆粒間之水膜厚度，而減少其內摩擦力及凝聚力。因此當粒料之含水量，達到某一限度時，則密度也達到最大，此含水量稱為最佳含水量(Optimum Moisture Content)，簡稱O. M. C.。

(2) 最大乾密度：最佳含水量所相對之乾燥密度，稱為最大乾密度(Maximum Dry

Density)。

- (3) 無空氣孔隙曲線：以橫座標表示含水量，縱座標表示理論密度，所繪之曲線稱為無空氣孔隙曲線 (Zero air void curve)。
- (4) 最佳含水量，最大乾密度與無空氣孔隙曲線之關係：如壓時某一土壤時，增加其壓時能力，則其乾密度亦隨之增加。若固定壓實能力，而變化其含水量，則乾燥密度會增加或減少。若固定壓實能力，而變化含水量時，可得以最大乾密度與最佳含水量之曲線，最佳含水量對於壓實機械之選定，壓實次數之決定，與施工含水量之決定等，將有極重要之關係。
- (5) 壓實度：經滾壓後之土壤乾密度與實驗室中，以標準壓實法所得之最大乾密度之百分比，稱為工地土壤之壓實度。

## 2.2 動態圓錐貫入儀相關之研究

DCP (Dynamic Cone Penetrometer) 動態圓錐貫入儀，屬於較新式非破壞性橈度檢測儀器，為美國進二十年來廣為應用於各州交通機關，評估現地鋪面結構與路基土壤強度性質。於早期 1956 年 DCP 起初普遍用於凝聚土性土壤之量測，直至 1975 年由 Kleyn (1975) 將 DCP 儀器變更部分設計，廣為增加其使用範圍，從此 DCP 儀器被證明可有效地控制現地鋪面強度與結構層數之用。DCP 儀器標準規格由非洲特蘭斯瓦爾公路局所制定，由兩支直徑 16mm 桿件搭配圓盤組成，由圓盤分上下兩部份。下部棒狀體末端裝有錐頭，此錐頭是貫入之用，錐頭夾角 60 度，其長度為 4.45cm，直徑 2cm。上部棒狀體裝設一顆 8kg 的落錘，其固定落距 57.5cm，上部頂端含一把手。此儀器整體材質採用不鏽鋼以防止損壞，並附上一鋁製直尺，用於讀測貫入深度數據。整組儀器包含落錘約重 11.1kg，儀器本身可拆卸分開且攜帶方便，機動性佳。

儀器操作上最好有三個人進行，一人扶持儀器，一人則提升落錘貫入土壤，再另一人則量測並記錄貫入深度，藉由貫入深度與打擊次數關係推估得貫入比率 PR (penetration ration, 單位為 mm/blow) 為重要指標，可研判土壤材料之軟硬與緊密程度，並透過關係式可估算現地加州承載比 CBR (California Bearing Ration) 與回彈模數 (Modulus, E) 之結果，現金採用 Webster et al. (1992) 與 Powell et al. (1984) 兩位學者建議之 CBR 與回彈模數關係式為常用公式，如下列所示。

$$CBR=292/PR^{1.12}$$

$$Mr (\text{psi}) = 2550 \times CBR^{0.64}$$

$$Mr (\text{MPa}) = 17.58 \times CBR^{0.64}$$

式中：CBR 為加州承載比

PR 為貫入比率 (mm/blow)

Mr 為回彈模數 (psi 或 MPa)

為一種普遍應用於美國公路管溝，量測路基土壤回彈模數 (Modulus) 之工具，且價格便宜，現場抽驗迅速，更具公信力，以三人一組每天可抽驗至少三十處之回填壓實度。



### 第三章 土方工程施工程序與檢驗

道路工程中，土方工程為基本工作，主要工作內容為挖土與填土；而全線道路之土方工程可區分為挖土區與填土區二大區域。但依其施工作業要領可分為準備工作、挖掘、裝載、搬運、填方、整修壓實等幾項工作，分述如下：

#### 3.1 準備工作

(一) 邊坡樁放樣：土方工程中，無論是挖方，填方或是半填半挖方，均須先行放樣，以決定坡腳位置，路堤高度等，以作為施工之依據。施工時只要依據所放樣之邊坡樁施工即可，但每填一層或每挖一層，邊坡樁遭破壞，隨時需予以補充，費時費工。為避免上面缺點，可將邊坡樁外移若干距離依地形而定。邊坡樁可用普通測量用之木樁。施工時只要保護邊坡樁及邊坡板樁，則隨時可做控制土方工程之準繩。

(二) 施工便道：土方用施工便道除土方用卡車行走之外，還有其他材料搬運車，交通車等車輛行駛，若只有單線車道，不但無法保持經濟行駛速度，也無法確保交通安全。因此最小應考慮二車道寬。且新設施工便道，應注意下列幾項：

- (1) 線形儘可能採用直線線行，若使用曲線，也該用半徑較大之曲線，並以單曲線為宜。蓋因S型曲線，或較複雜曲線，對土方重車之行駛，極為不便，成為肇事之因。
- (2) 一車道之最小路寬應保持3公尺。因傾卸卡車之車寬為2.0~2.5公尺，如一車道寬太窄，錯車時勢必減速以免危險。如此工作效率亦降低，故最小一車道之施工道路寬，以保持3公尺為宜。
- (3) 路床與路基應承受重車之行駛，故應使用礫石等良好級配料，不然無法承受載重之傾卸卡車繁複之行駛。若一旦路面遭破壞，補充一些路基材料，也無法改善路面，不但降低工作效率，反而不經濟。
- (4) 若搬運量很大之工程，可考慮鋪裝路面，可能較為經濟。因維護施工道路，需補充路基材料，使用平路機刮平，灑水車灑水等等。如施工道路被鋪裝後，維護與修補費可大減。又施工車輛行駛于鋪裝路面可提高速度，相對減低土方單價。故在擬定施工計畫之初，應做單價分析與經濟比較，如為鋪裝路面，所投入之費用及因鋪裝路面後，提高行車速度，而減少施工機具之費用予未鋪裝路面，則必須長年累月維護與補修費用做比較與檢討。

(三) 場地清理：在土方工程範圍內，包括鄰接道路，街道，匝道，水溝，渠道，路權範圍內之取土場，交流道與匝道所包圍之地區，在填方面積內，如填方高度超過 1.5 公尺以上時，所有樹木，殘樹，大樹根均應砍除至其不得超過地面高 30 公分。若填方高度小於 1.5 公尺者，則所有雜草，腐蝕性植物，樹木，殘枝，樹根均應完全清除。

### 3.2 挖掘

土方工程內之取土場或借土區之挖掘應注意排水，以避免因集水而無法施工。挖掘時應注意其含水量情況，由適合於滾壓之最佳含水量處先行開挖，待其他含水量較高之地區，減低含水量後才挖掘。

挖方工程中，邊坡面之整修，在全面採用機械化施工之今日，為最後的一環。使用平路機或推土機配以特殊的鏟刀，可作為坡面整修之用，但並未普及。通常以機械化挖掘 20~30 公分後，以繩子吊工人，靠人工整修。

挖方邊坡坡度之決定，不但靠土質與岩質，還要看地盤風化之程度，地層之走向，傾斜，地下水等複雜的因素。在設計圖上所表示的邊坡坡度並非一成不變，常因上述各種因素，被迫變更設計。如開挖一邊坡，當由上面往下一設計坡度開挖後，挖至下層，發現應為硬岩部分卻為軟岩，則硬岩之邊坡坡度，非變更至軟岩之邊坡坡度不可，如此被迫必由上面重新開挖，現因數量少，只好以人工開挖，極為不經濟。為避免此事之發生，應先以小斷面開挖，確定岩質或土壤後，才採用大規模機械化開挖。

### 3.3 裝載

- (一) 裝載機械如鏟土機，鋤式挖土機，扒土機及抓土機裝載時，因這些機具均能挖掘與裝載，故極為方便，但對較薄層之挖掘，如使用推土機配合作業，效果更佳。
- (二) 裝載機比鏟土機之挖掘能力小，但因其本身為牽引機，富於機動性，除可裝載一般性的土壤外，還可處理骨材，挖掘已遭破壞的鋪裝路面等多用途。
- (三) 推土機：使用推土機作為裝載之用時，必須設置斜槽或集土坑與控制閘門等之裝土設備。裝土設備應儘可能靠近開挖面，對於礫石，或含砂量多之土壤，效果較佳，但對於黏質土壤或黏土，因會黏于出口處，容易堵塞，故並非良好作業方式。

### 3.4 搬運

搬運時以傾卸卡車搬運在作業上應注意下列幾點：

- (一) 左右傾卸卡車作業能力最大者為施工道路，必須隨時維護施工道路於最佳情況。
- (二) 傾卸卡車也必須隨時維護，如時常故障，或爬坡能力下降時，將影響全體搬運效率。
- (三) 如取料場地或借土區為高含水量之黏質土壤時，可用扒土機或鋤是挖土機，開挖下面，傾卸卡車行走下面。採用此法時會降低挖掘效率，但會提高傾卸卡車行車效率。

### 3.5 填築

在路堤填築時，其所需土方來源，不外挖土區挖除之土方或借土區所借之土方。當土方來自挖土區時，路堤施工與土方開挖之組織即結為一體，亦即由挖土區挖出之土方，藉運土機具載運至填土區已填築路堤，卸載後空的運土裝備折返挖土區繼續擔任運土工作，來回循環工作，構成組織嚴密之施工體系。此一體系下挖土區與填土區之機具可發揮雙重功能。

當挖土區距填土區過遠而不宜使用挖土區之土方做為填築路堤之材料時，或挖土區所挖出之土方性質不宜作為填土材料時，或挖土區之土方數量不能滿足填土區之需要時，即需要另覓借土區。

#### 3.5.1 路堤填築之區域或填築方式可分為以下幾種：

- (一) 路堤填築：路堤填築前應依場地清理規定，完成清理工作。但路堤高度為 1 公尺或 1 公尺以下時，所有原地面上之雜草、腐蝕性植物或有機物，應全部清除，清除後原地面上層 15 公分。路堤基礎應儘可能避免受施工機具之擾亂，若在稻田或草地等較軟地層上填土時，事先在縱方向或橫方向應挖掘排水溝，保持其乾燥，並回填透水材料，如卵石、砂、礫石等，成為盲溝。
- (二) 土堤填築：土堤之填土材料需為合格材料，其施工常因現場之地質與環境而有所差別。且路堤之填築，視填土高度之不同，施工程序稍有出入。一高速公路規範規定，當路堤高度為一公尺或以下時，在完成清除後，在鑑定表面 15 公分之土壤，當材料不合要求時，應加以更換；如含水量過高則應翻曬，倘土質與含水量皆合標準，則將其壓實至規定密度。且須分層進行。而每層厚度端視所採用滾壓裝備之性能而定，以能達到規定密度為原則。

填土作業中，於每層土方壓實後，應進行密度試驗，以確定滾壓之程度是否合乎契約規範之要求。通過密度試驗後，方可進行下一層之填

土。在關鍵時刻，如有下雨顧慮，應加以掩蓋，以策安全。

於土堤填築完畢而達於規定高度時，在未修面及鋪築粒料基層前，應令其靜置一段時間，以達沉陷穩定。至於應靜置多久，則端視沉陷測量結果而定。高速公路規範規定，以 60 天期內沉陷不超過 1 公分者為合格，否則須經過 200 天之穩定期。

- (三) 石堤填築：石堤之主要材料為石料，其與土堤之區別在於材料及填築厚度之不同，然而施工程序與土堤填築相似。至於石堤所含之石料量，乃以停留粒徑 15 公分之篩上之材料重量比達 25% 以上者為標準。而在施工中應盡量使粒徑較大之礫石，堆填於每層之底部；至於礫石最大粒徑，以不大於填土層一層厚度之半為標準。

### 3.5.2 填土材料之含水量控制：

- (一) 翻曬：使用高含水量之黏質土與黏土作為填土材料時，在滾壓前應儘可能減低其含水量。在路堤填方處，使運來之填土材料長時間曝曬於太陽下，或使用推土機或平路機等翻曬，均為常見之法，但除非在高溫，乾燥而有風外，不能太期待其翻曬效果，反而常在翻曬過程中遇到一陣陣雨，因含水量大幅增加，被迫成為廢土，故應特別注意天氣之變化。
- (二) 洒水：使用低含水量土壤做為填土材料時，必須使其材料在最佳含水量附近的情況下滾壓，因此必須使用洒水車平均洒水。洒水時應控制其洒水量，應考慮當時的氣溫，溼度與土壤之含水量等，而慎重處理。
- (三) 覆蓋：推平填土材料後，應迅速予以滾壓，但在滾壓未完，而預測可能會下雨或降霜時，應儘速使用帆布或塑膠布予以覆蓋，以免含水量增加。

### 3.5.3 填方作業之注意點：

- (一) 施工中之排水：填方作業進行時，應保持良好之排水。如填土面之排水不佳，會有集水現象，則下雨後滲透水使土方軟化，尤其在黏性土壤，常因一陣雨，被迫停工數日。

普通在工地，填土之施工面雖然保持在 4% 以上之坡度，但如構造物基礎開挖之土堆集在填土面上，或填土材料部份未被滾壓而仍然堆集在一處，則無法期待有良好之排水。因此填方面必須保持清潔，運來之土壤必須推平滾壓，尤其在有可能下雨之慮時，因滾壓機具或載重車輛之車轍或凹凸不平之處，必須使壓路機予以壓平與壓實，避免集水。

- (二) 施工場所之區分：土方作業時卸土、推平及滾壓作業區域劃分若不明顯，其滾壓厚度難以控制，滾壓與否難以區分，故各分區必須以作業種類予

以分別，或在界線豎旗予以區分。

- (三) 作業場所保持清潔：一般工地常堆集構造物基礎開挖土方或模板雜木等，致使只有中間部分滾壓並通過密度試驗，而遺漏邊緣部份，當完成填方工程後，將引起不均勻沉陷。故作業場所必須保持清潔，使滾壓工作有系統的完成。
- (四) 挖方與填方之分界線：由推土機挖掘取料場之材料，推至填方處，雖在填方處分層滾壓，但在挖方與填方之分界線容易成為死角。為避免死角之產生在填方處，應準備一台推土機，將被推下之材料，隨時推平，並予以分層滾壓。
- (五) 路堤填築時不論土方來源為挖土區或借土區，其在路堤施工時，為配合排水涵管之施工，應區分為二個階段進行。第一階段填土工作應填築至高出管涵高程，亦即比埋設後涵管之頂端高出三十公分；當填土至此一高程後，即可進行管涵之施工，而第二階段土方工作之進行，須待所有填土區第一階段填土完畢後，且某些路段之管涵已經埋妥時，即可進行。土方工作需分層施工，及至設計高程為止。

### 3.6 滾壓及夯實

- (一) 土方滾壓機具選擇，應視回填土方所使用之土壤，地形，及滾壓作業之種類，如路堤本身，坡面或結構物回填而予以慎重選擇。由土壤與地形條件，可選擇滾壓機具，如下表所示：

	鐵輪壓路機	膠輪壓路機	羊腳滾	震動壓路機	震動壓板	夯壓機	推土機	濕地用推土機
岩塊卵石	A	B	C	A	B	B	A	C
礫石	A	A	C	A	A	A	A	C
砂	A	A	B	A	A	A	A	C
砂質土	A	A	B	A	A	A	A	C
黏土砂質土	B	A	B	C	C	B	B	B



礫石混粒土	B	A	B	B	B	B	B	B
軟黏土黏質土	C	C	C	C	C	C	C	A
硬黏土黏質土	C	B	A	C	C	B	B	C

備註：(1) A 表示最適合機具。

(2) B 表示如無其他適合機具，則勉強可用。

(3) C 表示不適合。

(4) 如使用推土機壓實邊坡，則邊坡坡度必須小於 1.8:1 較為有效。

(5) 震動壓板與夯壓機用在結構物回填。

表 3-1 土方滾壓機具選擇

(二) 路堤填築一般性要求：

- (1) 路堤填築應分層填築，分層滾壓。每層應與路床之最後完成高成面約略平行。
- (2) 路堤頂層 60 公分內，不得含有最大粒徑 10 公分以上之石塊，最好使用具有良好級配之材料。
- (3) 每層應以最佳含水量滾壓至規定壓實度，然一般土壤在滾壓時其含水量需較最佳含水量略高。惟膨脹性較強之粉砂或其他類似之土壤，則須較低。下表為各組土壤最大乾密度及最佳含水量之關係表。

土壤分類	最大乾密度(公斤/立方公吋)	最佳含水量(%)
A-1	1.84~2.26	7~15
A-2	1.76~2.15	9~18
A-3	1.76~1.48	9~15
A-4	1.52~2.08	10~20
A-5	1.36~1.60	20~35
A-6	1.52~1.92	10~30
A-7-5	1.36~1.60	20~35
A-7-6	1.44~1.84	15~30

表 3-2 最佳含水量關係表

- (4) 路堤每層之壓實度不應低於按照 AASHTO T-180 方法所測定，最大密度之 90%。
- (5) 路堤在路基下面 75 公分~100 公分以內者，其壓實度不應低於 95%。

- (6) 路堤須由外向內填築，不得先填路中央，而逐漸向路邊齊平。
- (7) 土方每層厚度之控制，可用小竹竿或木棒等，在填方前豎在前一層已完工之土方上，以布條或油漆，標明填方高度，竹竿或木棒之距離約在 20 ~ 30 公尺之間，可視實際情形而定。滾壓開始前以推土機推平至竹竿標明之預定高度即可。
- (8) 路堤達到設計高程後，在整修路基及鋪設基層或底層之前，路堤應擱置一段時間，以待其完全沉陷而穩定。
- (9) 路堤擱置時間，可從沉陷板之沉陷記錄求出，如 60 天擱置期內，沉限量少於 1 公分者為合格否則需經過 200 天之穩定期。此擱置期之目的，為使路面鋪築工作開始前，路堤本身能獲得最大沉陷之機會，俾可漸趨穩定。200 天擱置期完畢後，或 60 天內測得沉限量小於 1 公分時，路堤始可開始整修並再壓實，隨之鋪築基層或底層。

(三) 土堤填築一般性要求：

- (1) 土堤係指除石塊外使用其他材料填築而成之路堤。
- (2) 土堤應分層連續填築於其整個斷面寬度，其長度則應視所使用之洒水設備與壓實方法而定。
- (3) 如用膠輪壓路機滾壓時，壓實前每層厚度，不得超過 20 公分。
- (4) 如用其他認可之壓路機滾壓時，則每層厚度不得超過 30 公分。

(四) 石堤填築一般性要求：

- (1) 石堤係指以石塊為主要材料填築而成之路堤。
- (2) 石堤應分層連續填築其整個斷面寬度，每層填築厚度不得大於 75 公分。
- (3) 築堤石料之最大尺寸，不得大於每層厚度之半。因此每層填築厚度，如由石料來源需要較大厚度時，可增加至 1 公尺，但不得超過 1 公尺為宜。
- (4) 每層填築應自該段路堤之一端開始，將岩石傾倒於以完成之前一層上面，然後用經認可之推土機將岩石向前推動，使較大石塊堆置於每層填料下層，而間隙有獲得較小石料填充之機會。

### 3.7 施工檢驗

土方工程施工檢驗項目包含下表所示項目：

工作項目	施工檢驗項目	備註
土方	清除地表	
	土壤力學試驗 1. 比重試驗 2. 粗粒料吸水率試驗 3. 篩分析試驗 4. 液性與塑性限度試驗 5. AASHTO 分類法分類 6. 夯時試驗 7. 砂錐法工地密度試驗 8. 現地土壤含水量試驗	
	開挖前及填土前測量	
	沉陷版觀測及記錄	
	道路中心線測量	
路幅開挖 與 路堤填築	路幅與路堤開挖 坡頂與坡趾以邊坡樁檢測	
	填築用土方適用性檢驗	
	土堤分層夯實後夯實檢驗	
路基	路基土壤 CBR 試驗	
	路基面高程檢測	
	路基下 75cm 以內滾壓後 工地密度與含水量檢驗	

表 3-3 土方工程施工檢驗項目表

### 3.8 土方施工作業流程及檢驗作業流程圖

(一) 土方施工作業流程圖

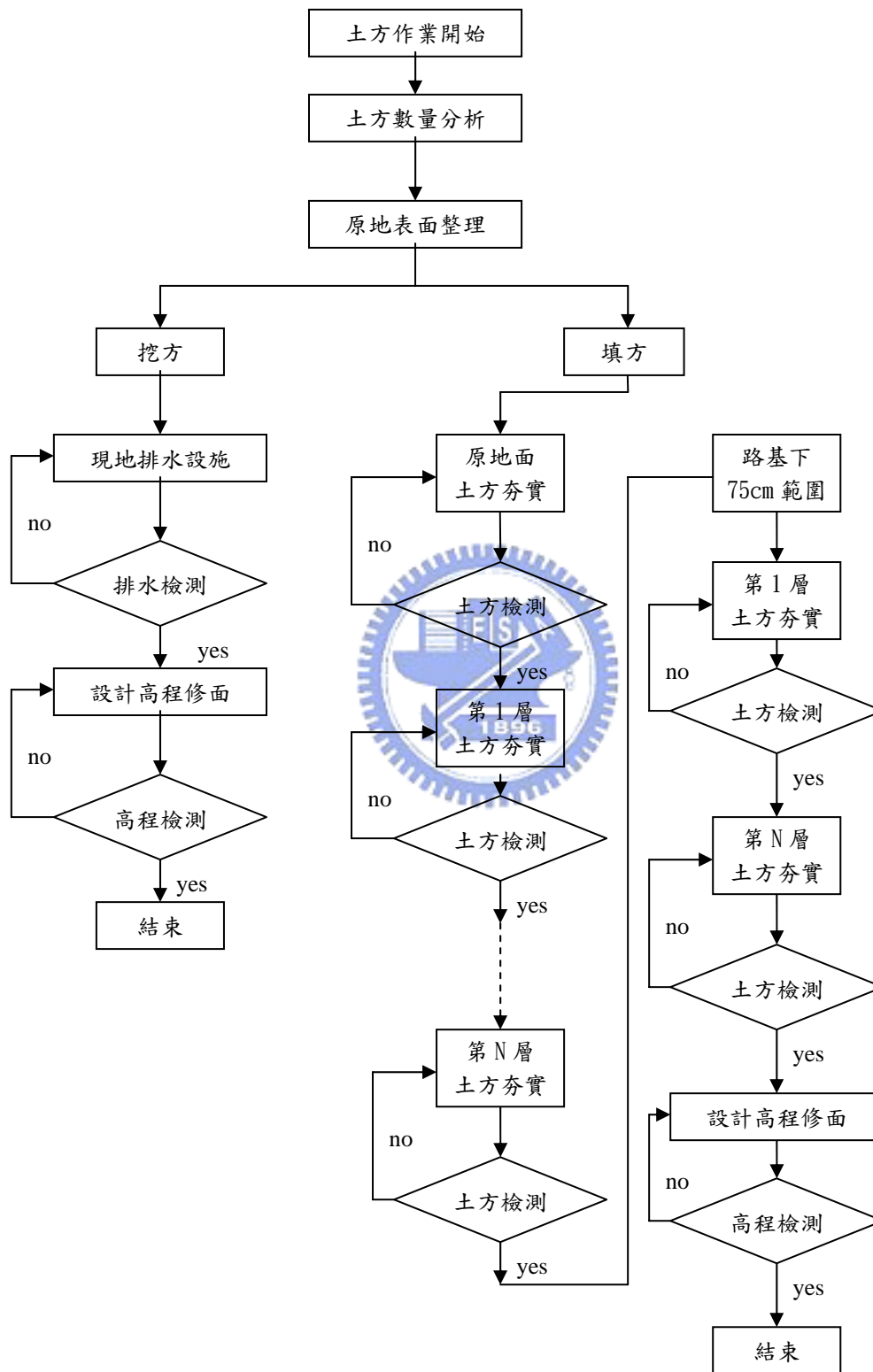


圖 3-1 一般路基土方作業流程圖

(二) 土方檢驗作業流程圖

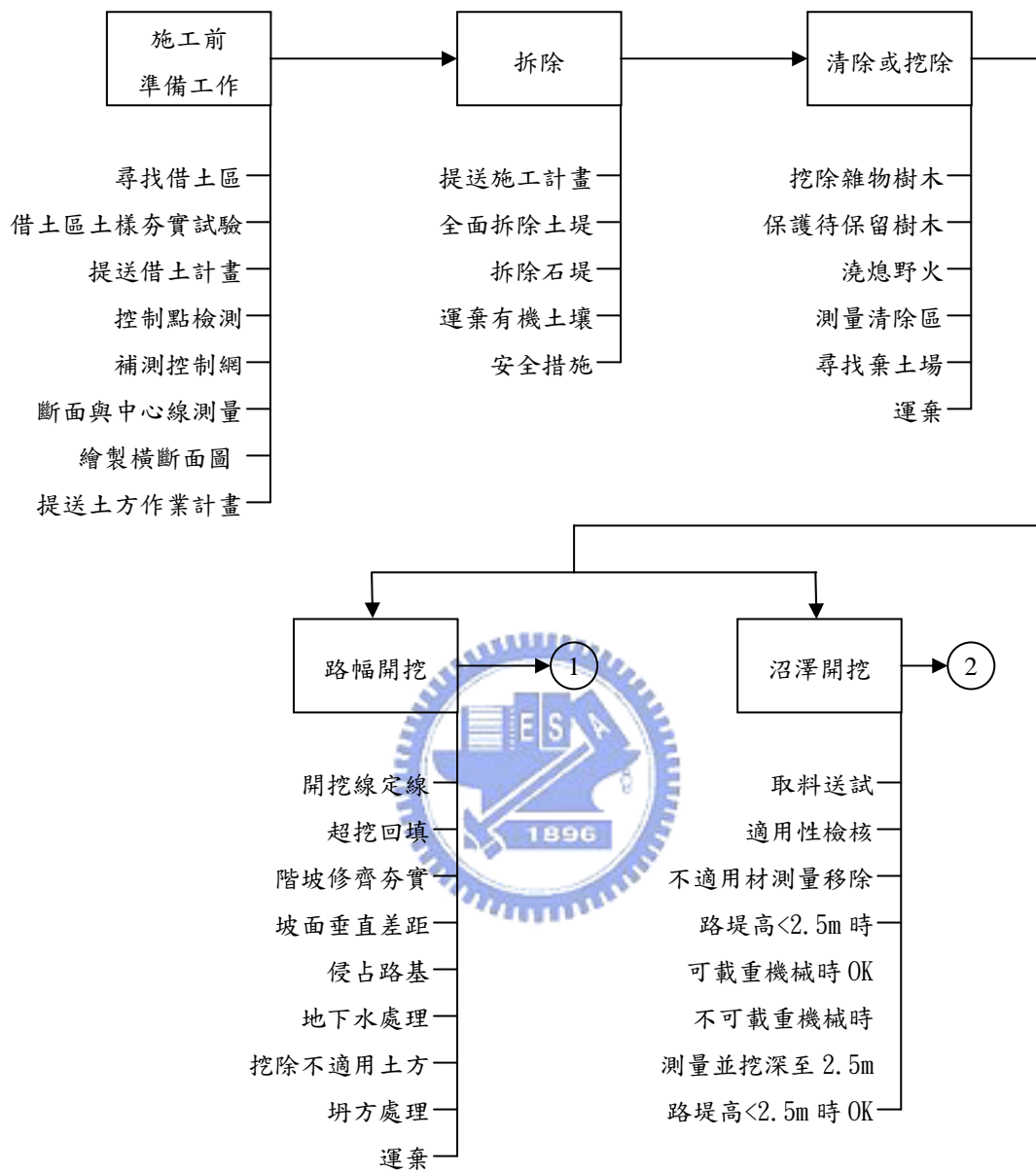


圖 3-2 土方工程施工與檢驗作業流程

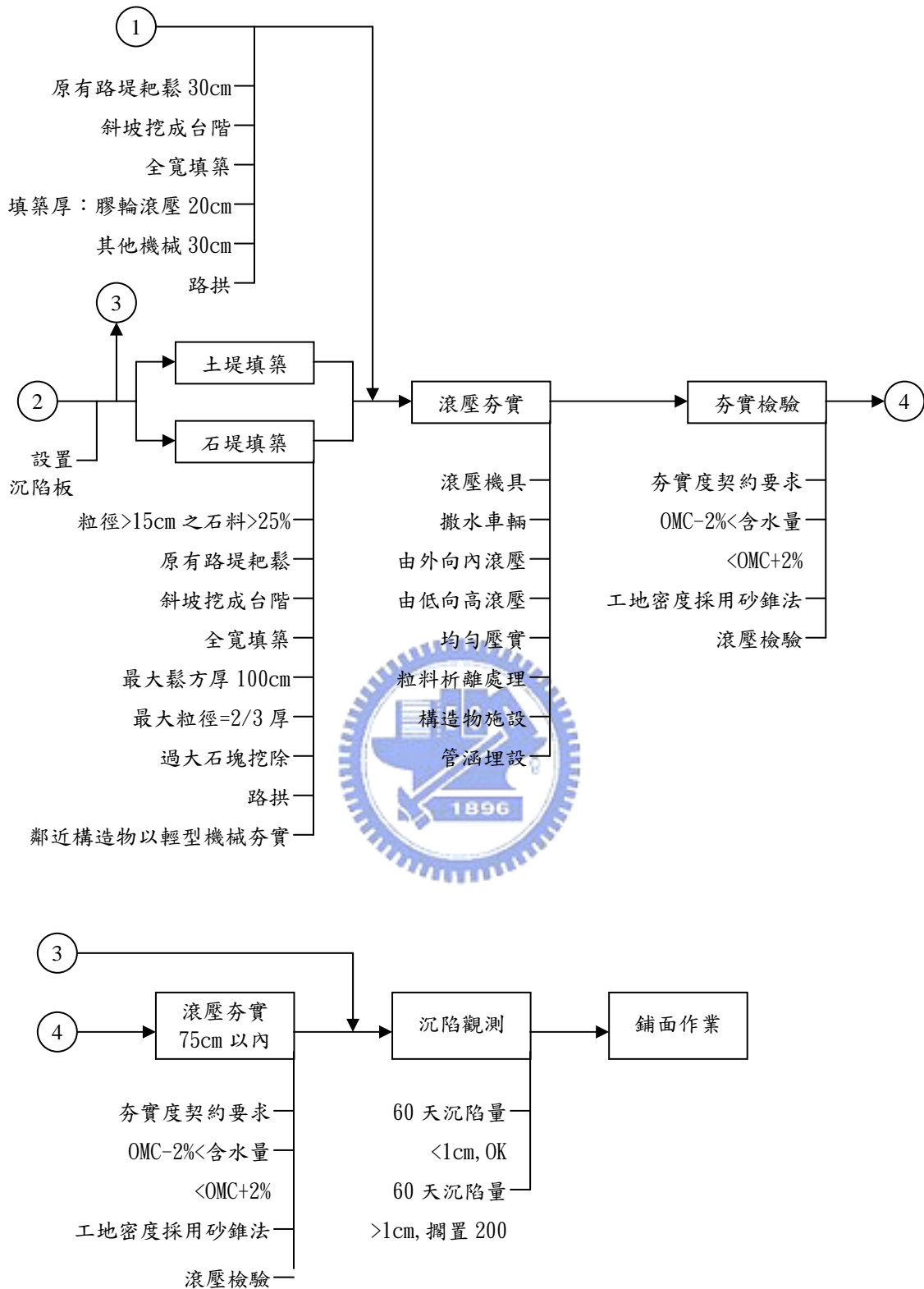


圖 3-2 土方工程施工與檢驗作業流程(續)

## 第四章 土方工程之試驗方式

土壤調查與試驗為一切土木工程施工的開端，調查與試驗的目的在獲得工程設計與施工所需的依據，其正確詳細與否影響工程的經費、安全與工期至鉅，故土壤調查與試驗必須謹慎進行。

土壤分類試驗：土壤單位重測定、含水量、阿太堡限度(液性限度、塑性限度、縮性限度)、土粒比重、粒徑分析(篩分析、比重計分析)、孔隙率、孔隙比等試驗。

土壤工程品質試驗：相對密度、夯實、工地密度、CBR、平板載重、貫入儀求含水量、核子密度試驗等試驗。

### 4.1 含水量試驗

#### (一) 目的

求得土壤含水量 $\omega$

#### (二) 前言

含水量，是土壤物理性質試驗最頻繁也是最簡單的試驗。一般土壤以烘乾方式求得含水量，但某些土壤如埃洛土、蒙脫土、石膏、高有機質土壤與可溶性材料等，則必須在真空乾燥器中以真空吸力求得其含水量。

在烘箱中以  $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$  的溫度烘乾土壤的時間，對砂土至少需要 4hr，對一般土壤亦要 16hr 以上，一般烘乾時間皆定為 24hr。而紅外線烘乾機則可快速烘乾土樣求得含水量，唯其使用的土壤較少溫度較高，容易將土樣內之有機質燃燒或改變礦物性質，紅外線烘乾機可在 5~10 分鐘內求得土壤含水量，但其所求得之含水量較烘乾測得的含水量約大 1~2%。

含水量試驗另有含水量快速測定儀，其簡便性甚為工程界稱讚，但使用前每部儀器必須與烘箱求得之含水量作一校正。現場亦有以放射線含水量測定儀測定含水量，但非經核子專業訓練合格之人員不得使用。

含水量 $\omega$  (%) (濕土重  $W_m$ -烘乾土重  $W_s$ ) / 烘乾土重  $W_s \times 100\%$ 。

#### (三) 儀器

- (1) 電烘箱，可設定溫度及時間。
- (2) 紅外線烘乾儀，附天秤。
- (3) 天秤或電子秤，精度至 0.01g。
- (4) 蒸發皿，不腐蝕不生銹之金屬或陶瓷容器。
- (5) 乾燥器，透明玻璃器具多孔隔層，隔層下方放置乾燥劑，帽蓋可接真空抽

器機。

- (6) 軟刀
- (7) 金屬箱
- (8) 石綿手套
- (9) 溫度計

(四) 步驟

含水量試驗步驟，如圖 4-1 流程圖所示，土壤要求烘乾至重量不變為原則。

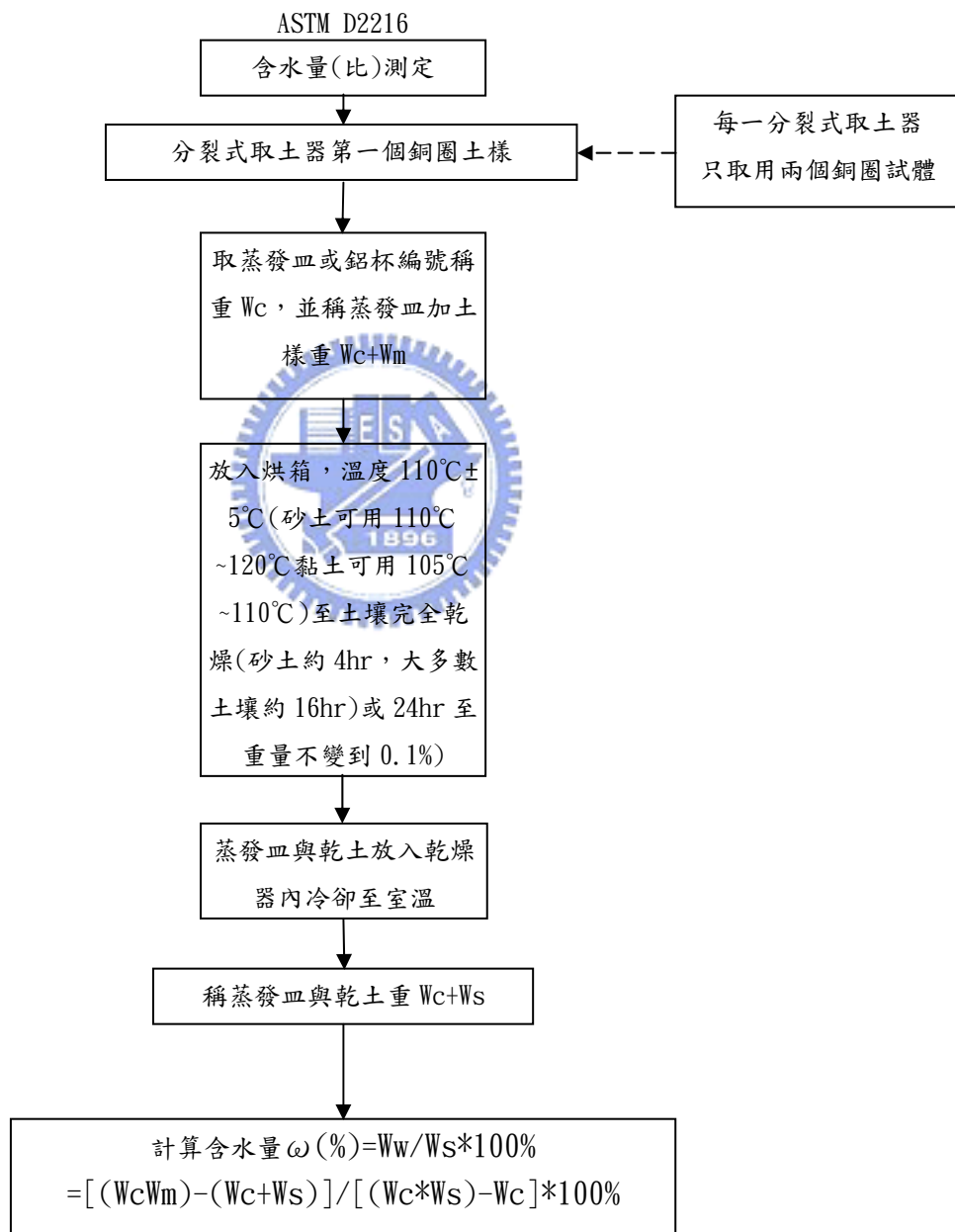


圖 4-1 含水量試驗流程圖



## 4.2 土粒比重試驗

### (一) 目的

求得土粒比重  $G_s$

### (二) 前言

土粒比重  $G_s$  定義為土粒單位重與  $4^\circ\text{C}$  純水單位重之比。即

$$G_s = r_s / r_w 4^\circ\text{C}$$

式中  $r_s = w_s / v_s =$  土粒單位重

$r_w 4^\circ\text{C} =$  純水在  $4^\circ\text{C}$  之單位重

土壤顆粒一般皆甚細小，礫石尺寸的下限為  $2\text{mm}$ ，故本試驗只對通過 #4 篩支土壤的土粒比重求法。一般土壤比重在  $2.6 \sim 2.8$  之間，黏土之比重約為  $2.7$ 。

### (三) 儀器

- (1) 比重瓶 3 個，容量為  $50\text{gm}$  或  $100\text{gm}$  張力士玻璃製成。
- (2) 酒精燈、三腳鐵架、石棉板一套。
- (3) 烘箱。
- (4) 含乾燥劑之乾燥器。
- (5) 天秤或電子秤，刻度到  $0.01\text{gm}$  以下。
- (6) 燒杯、吸管、蒸餾水。
- (7) 吸水布或吸水紙。
- (8) 研砵一套。
- (9) #4 篩。
- (10) 蒸發皿。
- (11) 小漏斗，可通土樣進比重瓶內。
- (12) 小匙或牛角匙。
- (13) 真空抽器機。
- (14) 溫度計  $0^\circ \sim 100^\circ\text{C}$ 。
- (15) 恆溫水槽。

### (四) 步驟

比重試驗的步驟如圖 4-2 流程圖所示。

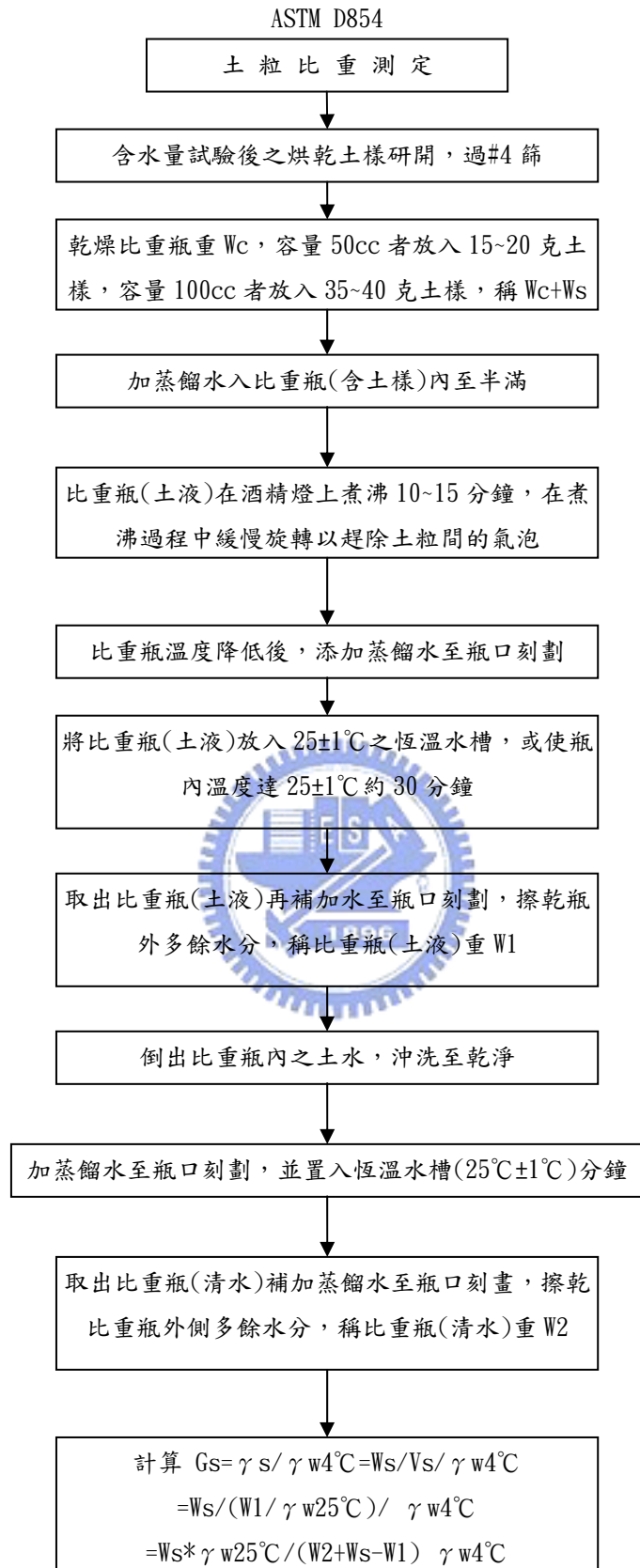


圖 4-2 土粒比重試驗流程圖

### 4.3 土壤夯實試驗

#### (一) 目的

求土壤在一定能量下夯實後的最大乾密度  $\gamma_{dmax}$  與最佳含水量 WOMC (optimum Moisture Content)。

#### (二) 前言

土壩、擋土牆、公路、機場的建築常需加以填土、夯實使土壤成堅實狀態，其至少有三個功用 (1) 減少未來的沉陷量。(2) 增大抗剪強度。(3) 減少透水性。其中水分對土壤密度大小扮演著重要的角色。尤其對細粒土壤的影響更是顯著。

夯實的對象為土壤材料或任何混合料，土壤材料包括粗、細級配土壤或混合的天然土壤或沉泥、礫石及碎岩的混合料。夯實的目的在求出土壤在一定的夯實能量下其含水量與土壤密度的關係。

夯實的規範有 ASTM D698、D1557 兩法、標準 proctor 試驗、改良 Proctor 試驗、標準 AASHTO 試驗、改良 AASHTO 試驗共六種。

夯實能量越大，其所得之  $\omega_{OMC}$  越小  $\gamma_{dmax}$  越大，同一種能量夯實土壤的效果，依土壤種類 (性質) 而有所不同。故一般試驗皆會限定以何種能量夯實，即限定工地填土其密度百分比是根據何種夯實規範。

道路完工後，經載重車輛長期輾壓，其填方土壤以由原  $\gamma_{dmax}$  變的很密實，故若再挖掘管路之回填土品質控制，則應以路基或基層埋管前之現地 CBR 貫入值，與埋管回填後之現地 CBR 貫入值相同來控制，而非以夯實之  $\gamma_{dmax}$  需求之 98%~95% 壓密度來控制埋管回填土之品質。

#### (三) 儀器

- (1) 篩包括 3/4"、#4。
- (2) 金屬夯錘，直徑 2" (5.1cm)，重 101b (4.54Kg)，錘外附套管，以控制落距 18" (45.72cm)。
- (3) 金屬模，4.6" x4" 直徑、4.6" x6" 直徑，附底板及 2" 高之延伸套筒
- (4) 天秤，容量 10Kg~15Kg，電子磅秤，可測至 0.01 克。
- (5) 含水量試驗設備及金屬盤，深 3cm、長 50cm、寬 30cm。
- (6) 攪拌機及電動夯實機。

(四) 步驟

土壤夯實試驗的步驟如圖 4-3 流程圖所示。

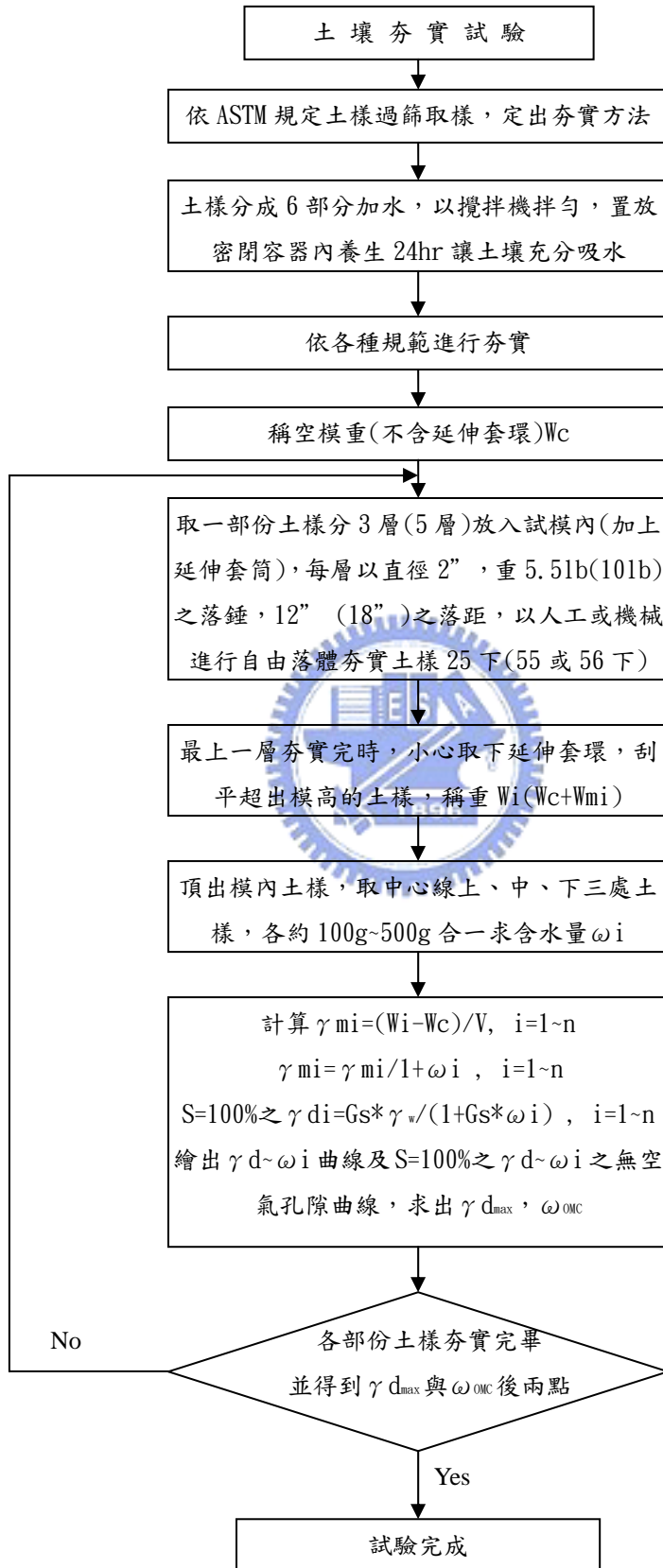


圖 4-3 土壤夯實試驗流程

## 4.4 工地密度試驗

### (一) 目的


求現場土壤的乾土單位重與含水量 $\omega$ ，及填土密度百分比。

### (二) 前言

工地填土或基層土壤壓密完成後，必須檢驗土壤之乾密度是否合乎施工規範要求。施工規範一般根據 ASTM 夯實試驗，CBR 載重試驗、改良或標準 Proctor 夯實試驗、改良或標準 AASHTO 夯實試驗等規範訂定，並且訂定了工地夯實乾密度達到試驗室最大夯實乾密度百分比。此工地夯實土壤的乾密度檢驗謂之工地密度試驗，即工地填土品質檢驗，此一要求夯實百分比謂之工地密度要求百分比。

一般工地密度試驗方法，有砂錐法與橡皮薄膜法兩種，因橡皮薄膜試驗時不論充氣或充水皆不方便，故少為使用，通常使用砂錐法，此法不僅廣泛用於檢驗土堤、土壩、路基與回填土層，填土後的密度與密度比亦可求得現場自然沉積土壤，砂石與土壤混合料或其他材料的密度。

### (三) 儀器

- 
- (1) 砂錐儀一組。
  - (2) 檢驗圓筒；檢驗試驗砂密度用。
  - (3) 玻璃板：50cm×50cm×5mm。
  - (4) 盛土容器：工地可用塑膠袋，但必須能夠防止水份散失。
  - (5) 挖土工具(鐵鎚、鑿子、杓子)。
  - (6) 具 $\phi=15\text{cm}$ 之中間開孔平板尺寸為30cm×30cm×5mm。四角具四個釘孔。
  - (7) 毛刷
  - (8) 磅秤
  - (9) 游標尺
  - (10) 標準砂
  - (11) 含水量試驗設備

### (四) 要求與限制

#### (1) 試驗現場的限制

- (a) 任何土壤或其他材料若能被手工具開挖即能被試驗，只要現場能提供孔洞可讓標準砂能自然充滿即可試驗出密度。
- (b) 現場被試驗的土壤或其他材料，必須具有足夠的凝聚力或顆粒間的吸力使得開挖的小孔洞能夠穩定的站立，其側壁不致因挖掘的小壓

力及放置砂錐儀時產生變形、崩落或泥濘。

- (c) 使用本法現制土壤為不飽和狀況，本法不推荐用在軟弱土壤、易碎土壤及時有水量滲入開挖孔洞之土壤。

(2) 現場試驗土壤的限制

- (a) 試驗土壤顆粒之最大尺寸為 2" ( 5.0cm)，試驗孔之體積為 0.1ft<sup>3</sup> ( 3000cm<sup>3</sup>)。若試驗土壤最大尺寸大於 2"，則試驗儀器及挖土體積相對要增大。

(3) 標準砂的限制

國內常使用美國渥太華海邊的白砂，稱為美國標準砂。標準砂只要能合乎下列要求，任何砂皆可使用。

- (a) 標準砂要求清潔、乾燥、均勻、耐久、不粘結、可自由滾動，且任何級配均可，但  $C_u = D_{60}/D_{10} \leq 2$  且最大粒徑  $\leq 2\text{mm}$  (#10 篩以下)，最小粒徑要求通過 #60 篩 ( 250  $\mu\text{m}$ ) 少於 3% 並且在使用或儲存時，防止顆粒分離。
- (b) 標準砂要求在日常大氣濕度改變下，其統體密度不會改變，但是大多數的砂，具有從大氣中吸水的傾向，一些非常少的吸水量即可改變砂的統體密度。在高濕度地區與時常改變濕度的地方，統體密度必須至少十四天量測一次。
- (c) 標準砂要求為耐久性的圓形或次圓形的組成。有稜角形的砂無法自由流動會影響試驗的密度。若使用有稜角形的砂，則必須在試驗前再校對砂的密度。
- (d) 取一處砂源做試驗用砂，必須做五次獨立的統體密度試驗，五次結果其兩次偏差及各次結果與平均值之差不得大於 1%，在砂試驗以前砂為氣乾狀態。
- (e) 標準砂若沒除去受污染的土壤時，則不能再重複使用。
- (f) 標準砂密度求出後超過十四天，再使用時必須重新求其統體密度。通常在大氣濕度明顯改變及試驗進行前和從砂源新取回來時，都必須再作砂的統體密度試驗。

(五) 步驟

工地密度試驗的步驟如圖 4-4 流程圖所示。

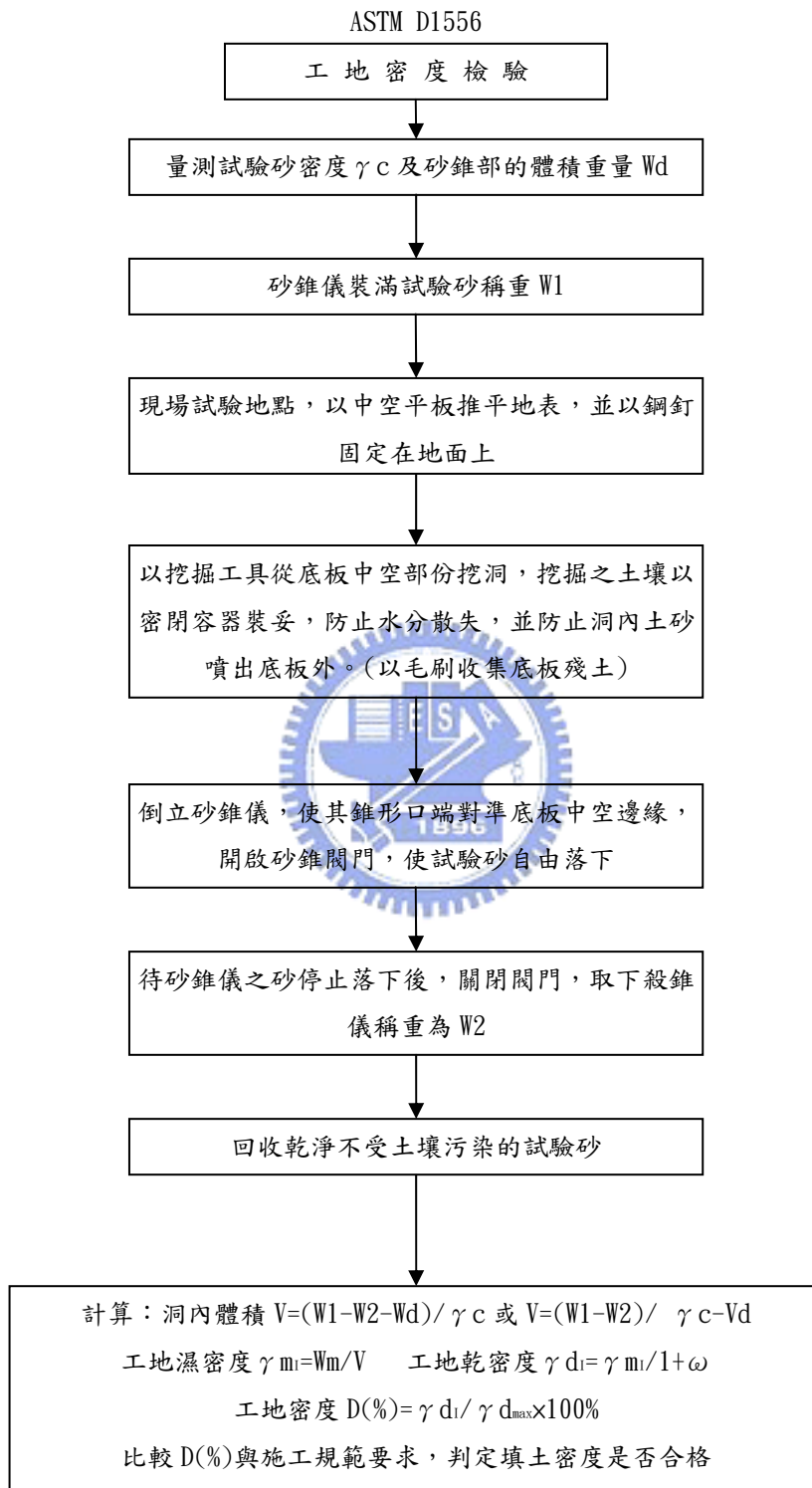


圖 4-4 工地密度試驗流程圖

## 第五章 案例探討

### 5.1 高鐵 C220 標簡介

高鐵 C220 標由北而南，經過新竹縣新埔鎮、竹北市、竹東鎮、新竹市及寶山鄉，主線里程由 68K+540~86K+320，全長 17.78 公里。包含路工工程 4.70Km (26%)、橋樑工程 9.07Km (51%) 及隧道工程 4.01Km (23%)。

路工工程可區分為 DU901~DU929 共 29 個設計單元，DU901~DU928 位於主線上，其中最長 DU921 為 742 公尺，DU929 位於往六家基地之支線上長度為 90 公尺。

其地理位置圖如下：

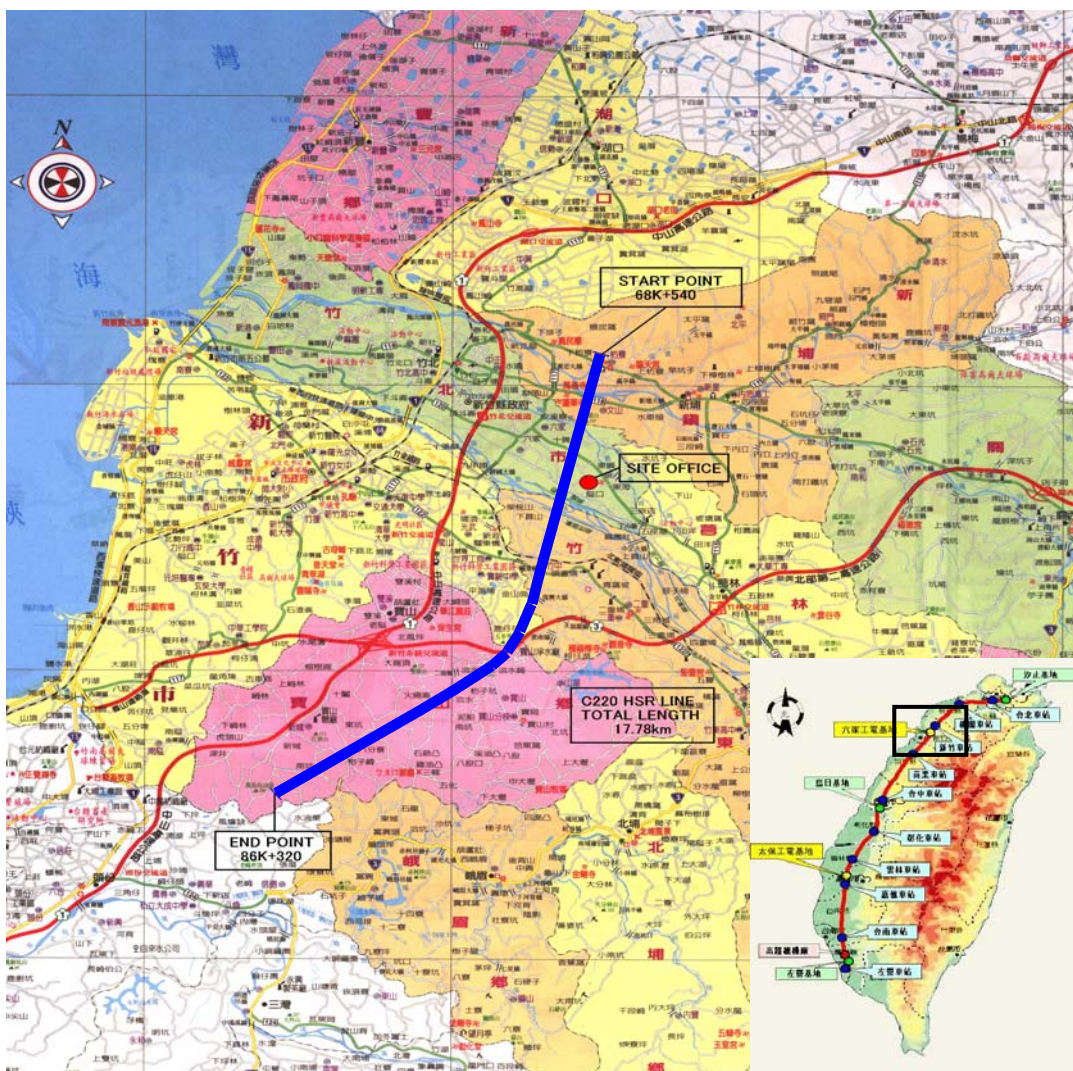


圖 5-1 工程位置

路工工程依工程施工方式可分為挖方及填方、其中填方土壤的性質又可分為 Type I 一般回填、Type III 結構回填、Type V 技術回填，Prepared Subgrade (PSG) 道碴基層填築、Bearing Base layer (BBL) 道版基層填築等，而本文探討之回填方式及數



量為級配回填約 18 萬立方公尺，其中 PSG 填築約 14.3 萬立方公尺及 BBL 填築約 3.7 萬立方公尺。

各材料之回填相關位置如下圖：

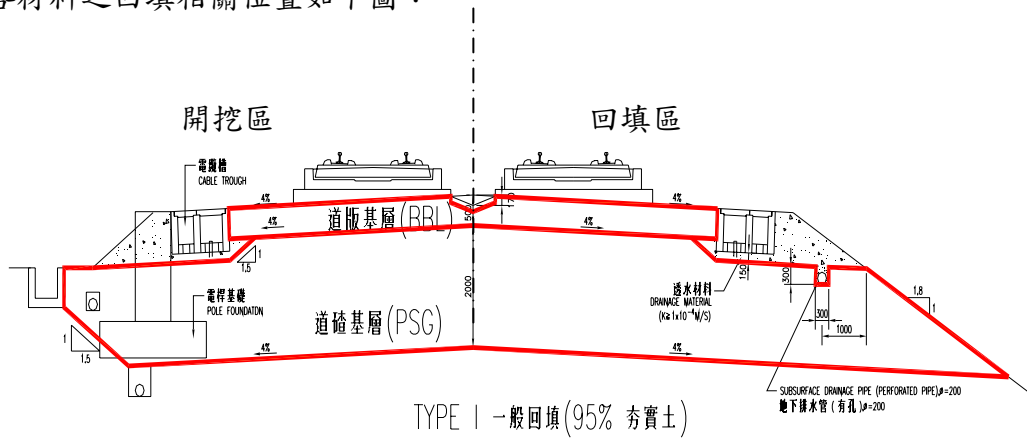


圖 5-2 土方工程填築標準圖

在材料準備上每種材料依規範規定有不同之試驗方式，PSG 與 BBL 材料試驗種類、試驗項目、試驗方法及試驗頻率如下表所示：

使用材料	試驗種類	試驗項目	試驗方法	試驗頻率
Prepared Subgrade (PSG)	料源試驗	粒徑分析	ASTM D422	每一處新料源
		改良式夯實試驗	AASHTO T180	每一處新料源
		硬度試驗(洛杉磯試驗)	ASTM C131(小粒徑)	每一處新料源
		扁平率試驗	DIN English 52114	每一處新料源
		潔淨度試驗	ASTM D2419	每一處新料源
	工地夯實試驗	含水量試驗	AASHTO T239 或 ASTM D2216	每 1,000m <sup>2</sup> 一處
		工地密度試驗	AASHTO T191, T205 或 T238	每 1,000m <sup>2</sup> 一處
平板載重試驗		DIN English 18134	回填第 5 層 回填完成面	
Bearing Base Layer (BBL)	料源試驗	粒徑分析及阿太堡試驗	ASTM C136, D4318	每一處新料源 每 50 次工地密度一處
		改良式夯實試驗	AASHTO T180	每一處新料源 每 50 次工地密度一處

		含砂當量試驗	ASTM D2419	每一處新料源
		硬度試驗(洛杉磯試驗)	ASTM C131(小粒徑)	每一處新料源
		CBR 試驗	AASHTO T193	每一處新料源
	工地夯實試驗	含水量試驗	AASHTO T239 或 ASTM D2216	每 1,000m <sup>2</sup> 一處
		工地密度試驗	AASHTO T191, T205 或 T238	每 1,000m <sup>2</sup> 一處
		平板載重試驗	DIN English 18134	回填完成面

表 5-1 各種材料之試驗種類、項目、方法與頻率

## 5.2 PSG 填築作業及流程

### 5.2.1 施工及工作流程

#### 5.2.1.1 回填前準備

- (1) PSG 施工範圍如圖 5-2 土方工程填築標準圖所示。
- (2) PSG 填築的用意在於避免路基腐蝕、陷落。
- (3) 在回填材料較乾的情況下施工時，必須加適量的水再進行回填作業。
- (4) 回填作業前需放樣回填位置包括回填範圍及回填高程。

#### 5.2.1.2 回填材料

- (1) 回填材料於規範所指定如下表之材料。

粒徑尺寸( mm )	過篩百分率
P ( 2D )	100
P ( Dmax )	100-99
P ( D )	99-85
P ( D/2 )	84-55
P ( D/5 )	60-31
P ( D/10 )	49-23
P ( D/20 )	40-17
P ( D/50 )	30-11
P ( D/100 )	22-8
P ( D/200 )	16-6
P ( D/500 )	9-3

P ( D/1000 )	6-2
--------------	-----

D 為標準粒徑且  $20\text{mm} < D < 125\text{mm}$

假如  $D \geq 50\text{mm}$  則  $D_{\text{max}} = 1.25D$ ， $D < 50\text{mm}$  則  $D_{\text{max}} = 1.58D$

表 5-2 PSG 回填材料之粒徑一覽表

(2) 材料特性

硬度要求  $R = LA + MDH \leq 60$

LA 為洛杉磯磨損試驗

MDH 為 Micro Deval Humid Test

Flakiness (細度):  $A \leq 25$

Sand Equivalent (含砂當量)  $\geq 35$  (ASTM D2419)

5.2.1.3 回填

- (1) 回填材料運抵工區後因級配材料可能粒料分離，因此需作一適當的拌和動作再進行回填作業，回填時每層之填築厚度以於壓實後不大於 20 公分為標準。
- (2) 填築時級配材料被污染時，材料應作一適當的替換。
- (3) 為避免級配粒料分離，運輸級配時需使用太空包之袋子裝填級配。
- (4) 回填時每一層及最終層皆需回填一 4% 之洩水坡度以利排水。
- (5) 回填時若無法一次填到預定之寬度或長度而與第二次填築有交界面產生時，交界面需再向下挖 60 公分深度並形成一砌狀再進行填築。

5.2.1.4 夯實

- (1) PSG 回填後每一層皆需作工地密度試驗，且其壓實度不低於按照 AASHTO T180 試驗所求得最大乾密度之 95%，並且在第五層及第十層回填後需加做平板載重試驗，試驗其土壤之承载力，合格標準為  $E_{v2} \geq 80 \text{ Mpa}$  且  $E_{v2}/E_{v1} < 2.3$ 。
- (2) 平板載重試驗前需於所有設計單元中選一地點作平板載重試驗之測試。

5.2.1.5 回填時之相關規定及注意事項

- (1) 回填完成後，完成面任何一點高程不應超過設計完成高程大於 2 公分。
- (2) 回填完成面以 3 公尺直規測試後，其高差不得高於 10mm。
- (3) 於開挖區回填 PSG 前需先作 DCP 試驗。
  - (a) 第一個 DCP 試驗於回填表面之中線每隔 20 公尺處。
  - (b) 再測試 2 個 DCP 試驗點分別於中線左右兩側距中線 7.2 公尺處。
- (4) 在 PSG 完成面表面的寬度從中心線到每一邊的寬度必須不小於設計值

且最大值亦不超過設計值 50mm，完成之邊坡同樣不得小於設計值，最大容許值在少於設計值每公尺 10mm。

- (5) 厚度測試的地點為隨機選擇可代表性地點，且每公里最少需選擇 15 個測試地點，每個測試點必須不小於設計值之 20mm，在每 1200 平方公尺不合格率不得超過 20%。
- (6) 在 PSG 第五層及完成面（第十層）上需以 DIN 18134 的規範測試平板載重試驗，平板載重測試的頻率為每 150 公尺x20 公尺平方的範圍內需測試一點。

### 5.2.2 PSG 填築作業流程

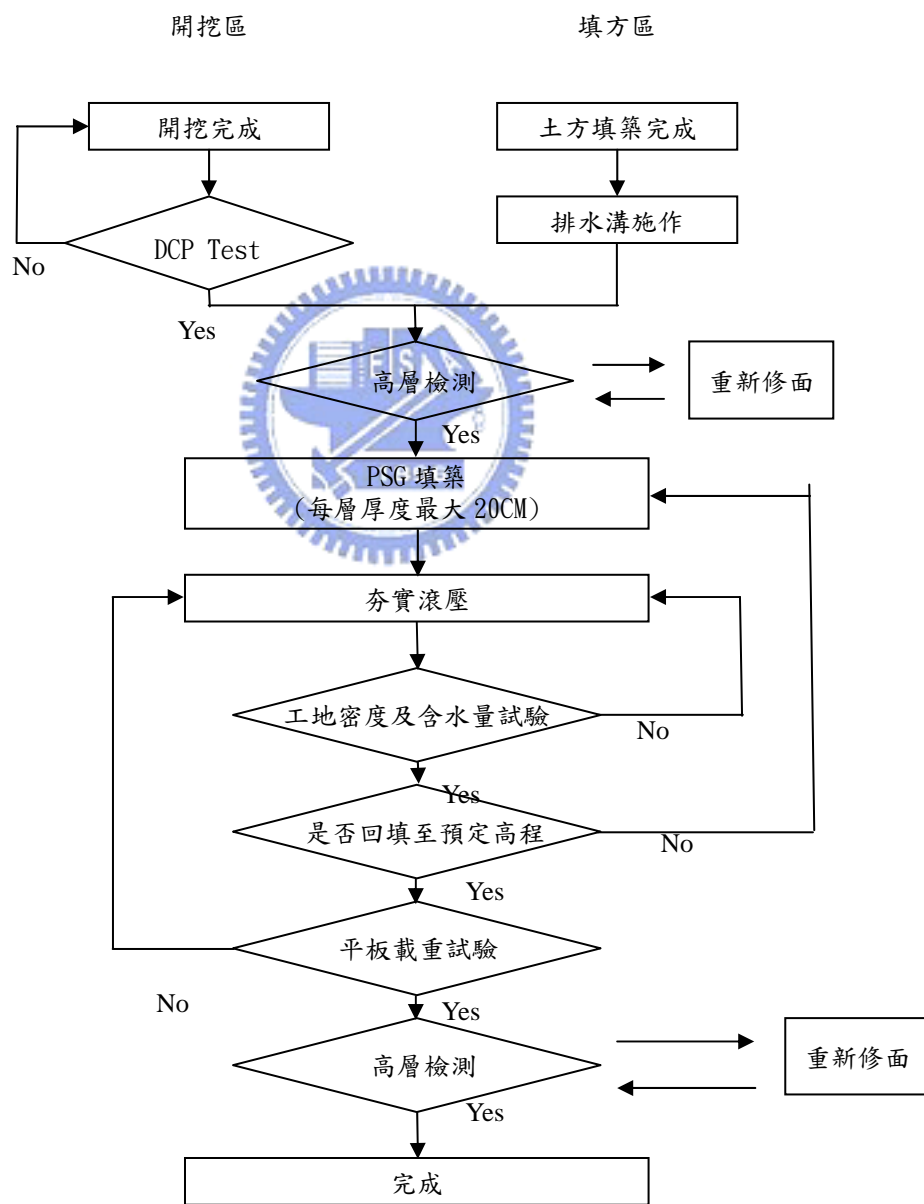


圖 5-3 PSG 填築作業流程圖

### 5.2.3 機具及人力

#### (一) 機具

編號	機具名稱	型號	單位	數量	備註
1	挖土機	0.7 m <sup>3</sup> PC-200	台	2	
2	卡車	21 MT	台	20	
3	水車	14000 L	台	1	
4	壓路機	CA251 9.5T	台	2	或其他形式
5	刮路機	CAT D5 class	台	2	或其他形式

表 5-3 PSG 填築使用機具一覽表

#### (二) 人力

工作性質	人員數量	備註
領班	1 人	
操作員	6 人	
非技術工	2 人	

表 5-4 PSG 填築使用人力一覽表

## 5.3 BBL 填築作業及流程

### 5.3.1 施工及工作流程

#### 5.3.1.1 回填前準備

- (1) 依據規範 02721 章節 PSG 填築完成後，其上在填築 BBL 層。
- (2) BBL 填築時，PSG 層表面不得積水或泥濘。
- (3) BBL 的填築應該是在這區域所有工程完成後，像是排水工程或是其他交控工程完成後始進行填築，為了使 BBL 填築層完成後表面不受到污染，像是邊坡植草材料，預鑄水溝材料或交控材料等等，於 BBL 填築前需先清除乾淨。

#### 5.3.1.2 回填材料

- (1) BBL 材料需使用好的等級由岩石破碎後之粒料其等級在 0/31.5 等級，並且有下列要求：

(a) 材料粒徑需符合下表所示：

材料粒徑	材料過篩百分率
P ( 2D )	100
P ( 1.58D )	100-95

P (D)(D=31.5mm)	99-85
P ( D/2 )	90-72
P ( D/5 )	80-57
P ( D/10 )	72-46
P ( D/20 )	65-37
P ( D/50 )	54-26
P ( D/100 )	45-18
P ( D/200 )	36-10
P ( D/500 )	19-0
P ( D/1000 )	7-0
P ( D/2000 )	2-0

表 5-5 BBL 回填材料之粒徑一覽表

(b) 材料特性需符合以下要求

$$\text{硬度：} R = LA + MDH \leq 40$$

LA = 洛杉磯磨損試驗

MDH = Micro Deval Humid Test

$$\text{Flakiness：} A \leq 25$$

$$\text{Sand Equivalent} \geq 40$$

(c) BBL 填築完成後其材料需保持一低的滲透性(其參考值為  $\leq 10^{-6} \text{m/s}$ )。

(d) BBL 填築之材料需達到下列試驗之規定。

1. 修正後之 Proctor Test :  $\rho_d \geq 100\% \text{ MPD}$

2. 平板載重測試  $Ev_2 \geq 120 \text{ MPa}$  and  $Ev_2/Ev_1 < 2.3$

$\rho_d$  為密度試驗之值

MPD 為最大乾密度

$Ev_1$  = Deformation modulus of first loading

$Ev_2$  = Deformation modulus of second loading

(e) BBL 材料在必要時每立方米 BBL 可添加 30 公斤水泥加以改良其材料特性。

### 5.3.1.3 回填

- (1) BBL 層最小厚度為 50 公分，且其填築時需分兩次或更多次的方式進行填築，且每次填築高度以不超過 20 公分為限。
- (2) 在填築 BBL 最上層時必須混和水泥再進行填築，且以每 1 立方公尺 BBL 材料添加 30 公斤水泥的方式進行混和。
- (3) 以卡車等運輸工具將混和後之 BBL 材料運至工地並以挖土機或刮路機等機具進行鋪築。
- (4) 以振動壓路機進行滾壓夯實。
- (5) 滾壓次數每層至少為 3 次，滾壓厚度大約 15 公分。

### 5.3.1.4 整形及夯實

- (1) 在完成最後一層夯實前需先整形完畢。
- (2) 每層 BBL 填築及夯實後需先進行工地密度試驗，且試驗值不低於按照 AASHTO T180 試驗所求得最大乾密度之 100%，在 BBL 填築完成且工地密度試驗合格後再進行平板載重試驗，其試驗頻率為每設計單元及每 50 公尺需試驗中心線左右各一點，且其試驗合格為  $E_{v2} \geq 120\text{MPa}$  且  $E_{v2}/E_{v1} < 2.3$ 。
- (3) 振動壓路機或滾輪壓路機需提供一致性的土方壓實以達到每一層填築皆能達到設計所需之壓實度。當土方過於乾燥時可用水車噴水維持土方溼潤，最後一層填築完成後必須經過滾壓試驗，採用滾壓檢驗(Proof Rolling)時，應以認可之重卡車，行駛整個路基面至少三次（一往返為一次）不產生移動或裂痕凹陷者方為合格。滾壓檢驗所用重車，須為後軸雙輪，其後軸載重在 16 公噸以上，輪胎壓力為  $7\text{kgf}/\text{cm}^2$ 。
- (4) BBL 完成面需有一不低於 4%之洩水坡度。
- (5) BBL 填築完成後，不得有植物草種等，生長於完成面或邊坡上。

### 5.3.2 BBL 填築作業流程

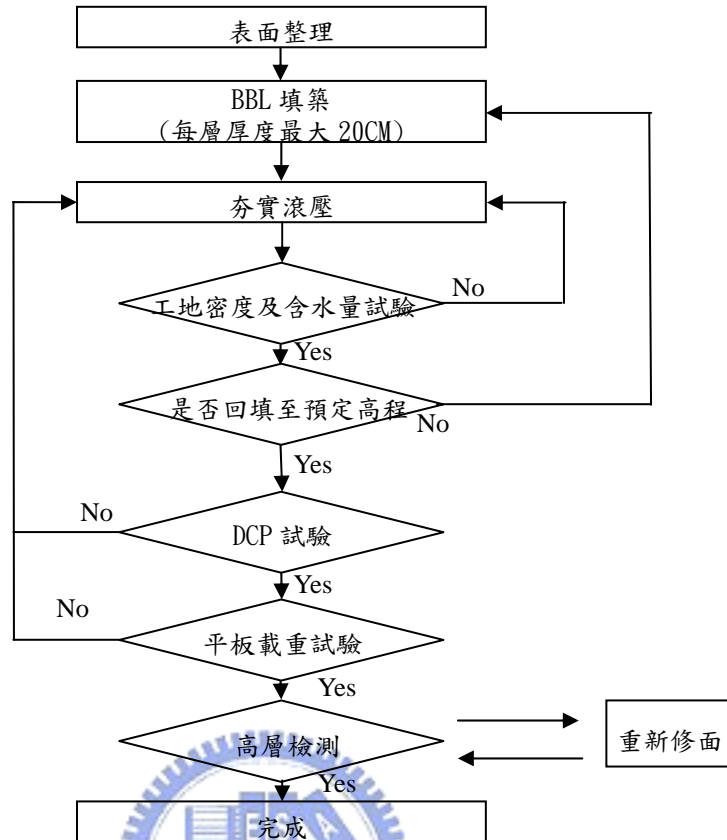


圖 5-4 BBL 填築作業流程圖

### 5.4 平板載重試驗介紹

在 PSG 第五層、第十層及 BBL 完成面填築完成後，皆需進行平板載重試驗。

#### 5.4.1 目的

平板載重的目的是藉由土壤平板載重試驗得到土壤應力和應變以判斷土壤之承载力是否合乎規範要求。

使用一圓形平版及載重設備，以階層漸進增壓減壓方式，得到平版下垂直應力  $\sigma_0$  對沉陷量  $s$  之曲線圖。

#### 5.4.2 適用範圍

平板載重試驗適用於路工及基礎工程，這規範特別指定一個方式，量測土壤載重與土壤沉陷量關係曲線，最後可得到土壤應力模數與路基彈性模數。

#### 5.4.3 說明

##### (一) 平板載重測試

對於所準備測試的土壤樣本使用圓形平板並在其上加載測其沉陷量，並且重複以上步驟，量測平板所加載重之應力及土壤之沉陷量，最後可得載重與沉陷量關係曲線。



(二) 應力模數

應力模數 EV 是代表土壤受載重後反應出之特性，並且是由第一次加載與第二次加載之間所測得之土壤沉陷量計算而得。

(三) 路基之彈性模數

路基彈性模數 KS 是指土壤在表面加載下土壤之彈性反應，他是由加載與土壤沉陷曲線之第一週期所計算所得。

5.4.4 設備

(一) 反力載重系統：怪手、卡車、型鋼等適合之重機具或設備。

(二) 千斤頂，荷重元或油壓表，幫浦。

荷重元或油壓表之精度應符合以下要求：

使用  $\phi=300\text{mm}$  之平版時，精度至少為 7.06kgf

使用  $\phi=600\text{mm}$  之平版時，精度至少為 2.83kgf

使用  $\phi=762\text{mm}$  之平版時，精度至少為 4.56kgf

(三) 沉陷量測儀器：變位計或其他適合之儀器。

(四) 標準砂

(五) 參考樑

(六) 接觸樑：接觸樑之支撐與平版中心點之距離應至少為 1500mm，且  $h_P/h_M$  不得大於 2。



5.4.5 試驗步驟

(一) 測試區域準備

為了能讓平板載重系統能順利進行，工作測試區域需有足夠空間容納各種適當的工具或平板的反覆加載或卸載，當試驗期間有任何鬆散的土壤產生時，則需馬上移除。

(二) 平板載重設備的安置

視實際需要，依所需之載重安置挖土機等機具。平版須與試驗區域平面直接接觸，若現地不夠平整，可在平版下鋪一薄層之標準砂整平。平版安置需使用水準器確保水平。平版與反力載重設備之最小淨距如下：

使用  $\phi=300\text{mm}$  之平版時為 0.75 公尺

使用  $\phi=600\text{mm}$  之平版時為 1.10 公尺

使用  $\phi=762\text{mm}$  之平版時為 1.30 公尺。

(三) 沉陷量測儀器安置：須確保位移計垂直安置。

(四) 加壓和減壓

### (1) 決定張力模數

為決定應力模數  $E_v$ ，視目的決定最大載重及最大沉陷量。載重加壓階層數應施以大約相等之加壓荷重值且不超過 6 階，每次增壓應在 1 分鐘內完成。當試驗區為土壤時，增壓後待沉陷量穩定 2 分鐘即可進行下一階增壓；當試驗區為底層級配時，穩定後 1 分鐘已足夠，可進行下一階段增壓。減壓應分 3 階段進行，先減為最大載重之 50%，而後 25%，最後完全釋放壓力到 0 為止，接著繼續進行第 2 輪增壓，依第 1 輪之增壓方式進行但只增壓到第 1 輪之倒數第 2 階為止，每階段的讀數都需詳細紀錄。

決定大地及道路構築之應變模數 (Strain Modulus,  $E_v$ ) 時當使用直徑 300mm 平版時須達到 5mm 之沉陷量或垂直應力  $0.5\text{MN/m}^2$ 。

當使用直徑 600mm 平版時須達到 7mm 之沉陷量或垂直應力  $0.25\text{MN/m}^2$ 。

當使用直徑 762mm 平版時須達到 13mm 之沉陷量或垂直應力  $0.20\text{MN/m}^2$ 。

### (2) 確定路基反應模數

決定道路設計及機場鋪面底層之級配反力模數 (Modulus of Subgrade Reaction,  $K_s$ ) 時，須使用直徑 762mm 之平版，預壓  $0.01\text{MN/m}^2$  至沉陷速率小於  $0.02\text{mm/min}$ 。對平版施加  $0.04$ 、 $0.08$ 、 $0.14$  及  $0.2\text{MN/m}^2$  之應力荷重(註：當沉陷速率小於  $0.02\text{mm/min}$  後方可進行下一階加壓)。

## 5.4.6 試驗結果的判斷與表示

### (一) 載重與沉陷曲線

在載重增加時，平均標準應力  $\sigma_0$  跟同時產生的沉陷量  $M$  需一併讀取並紀錄，在某些時候  $M$  將被當作是平板中心的沉陷量  $S$ ， $S$  需經由  $S$  與  $M$  的乘積並透過因子  $h_p/h_m$  的等式中獲得，其等式如下：

$$S = SM * h_p / h_m$$

應力將會經由平板沉陷而反應出來，一條光滑曲線透過測量而定出來並且通過各階段所測量到的數字點位，載重與卸載週期亦經由箭頭指示而確認，試驗報告需包括下列資訊：

- (1) 試驗位置
- (2) 測試平板直徑
- (3) 測量沉陷儀器的類型包括  $h_p/h_m$  之比率

- (4) 土壤類型
- (5) 在平板下方材料之類型
- (6) 天氣狀況
- (7) 試驗日期與時間
- (8) 開始時間與完成時間
- (9) 在試驗期間是否有異常狀況
- (10) 測量儀器與標準應力
- (11) 載重與沉陷曲線
- (12) 描述平板下方土壤之狀況在試驗之後

(2) 計算應變模數 (Strain Modulus,  $E_v$ )

以載重與沉陷曲線來計算第一循環和第二循環的應力模數，經由計算平板中心的沉陷量  $S$  來表示並使用下列等式：

$$s = a_0 + a_1 \times \sigma_0 + a_2 \times \sigma_0^2$$

式中

$\sigma_0$  是平板下方的平均應力，單位為  $MN/m^2$ 。

$a_0$ 、 $a_1$  及  $a_2$  皆為係數，單位為  $mm/MN^2/m^4$ 。

可依以下聯立方程式解出

$$a_0 \times n + a_1 \times \sum \sigma_0 + a_2 \times \sum \sigma_0^2 = \sum s$$

$$a_0 \times \sum \sigma_0 + a_1 \times \sum \sigma_0^2 + a_2 \times \sum \sigma_0^3 = \sum s \times \sigma_0$$

$$a_0 \times \sum \sigma_0^2 + a_1 \times \sum \sigma_0^3 + a_2 \times \sum \sigma_0^4 = \sum s \times \sigma_0^2$$

應力模數  $E_v$ ，單位為  $MN/m^2$ ，可經由下列等式計算所得：

$$E_v = 1.5 \times r^3 / (a_1 + a_2 \times \sigma_{0max})$$

式中

$r$  是載重平板的半徑，單位為  $mm$ 。

$\sigma_{0max}$  為最大平均垂直應力，單位為  $MN/m^2$ 。

等式中下標 1 使用於第一載重循環，下標 2 使用於第二載重循環。

(3) 級配反力模數 (Modulus of Subgrade Reaction,  $K_s$ )

決定道路設計及機場鋪面底層時，路基反應模數  $K_s$  單位為  $MN/m^3$ ，計算時使用下列等式：

$$K_s = \sigma_0 / s \quad \text{式中}$$

$\sigma_{0max}$  為平均最大應力，單位為  $MN/m^2$ 。

$S$  為平板之沉陷量，單位為  $m$ 。

(4) 決定應變模數(Strain Modulus,  $E_v$ )時，可將現地記錄之數據輸入已設定好之試算檔案以計算結果值及自動繪製曲線圖。



圖 5-5 平板載重試驗狀況（一）



圖 5-6 平板載重試驗狀況（二）

#### 5.4.7 計算範例

以 DU925 里程 85K+430RT2.5m 處之 PSG 級配第十層平板載重試驗為例，執行平版載重試驗得到之第一循環結果如下：

編號	載重 (KN)	應力 $\sigma$ , (MN/m <sup>2</sup> )	平板 沉陷量	備註
0	0.00	0.000	0.000	
1	5.65	0.080	0.183	
2	11.31	0.160	0.403	
3	16.96	0.240	0.610	
4	22.62	0.320	0.789	
5	28.27	0.400	0.937	
6	31.81	0.450	1.044	
7	35.34	0.500	1.123	
8	17.67	0.250	1.046	
9	8.48	0.120	0.908	
10	0.00	0.000	0.445	

$$H_p=1.26 ; h_M=0.945 ; h_b/h_M=1.333$$

計算  $\Sigma \sigma_0$ 、 $\Sigma \sigma_0^2$ 、 $\Sigma \sigma_0^3$ 、 $\Sigma \sigma_0^4$ 、 $\Sigma s \times \sigma_0$ 、 $\Sigma s \times \sigma_0^2$

	$\sigma_0$	$\sigma_0^2$	$\sigma_0^3$	$\sigma_0^4$	s	$s \times \sigma_0$	$s \times \sigma_0^2$
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	0.080	0.006	0.001	0.000	0.183	0.015	0.001
2	0.160	0.026	0.004	0.001	0.403	0.064	0.010
3	0.240	0.058	0.014	0.003	0.610	0.146	0.035
4	0.320	0.102	0.033	0.010	0.789	0.252	0.081
5	0.400	0.160	0.064	0.026	0.937	0.375	0.150
6	0.450	0.203	0.091	0.041	1.044	0.470	0.211
7	0.500	0.250	0.125	0.062	1.123	0.561	0.281

計算得其個別之總和如下：

$\Sigma \sigma_0$	$\Sigma \sigma_0^2$	$\Sigma \sigma_0^3$	$\Sigma \sigma_0^4$	$\Sigma s$	$\Sigma s \times \sigma_0$	$\Sigma s \times \sigma_0^2$
2.150	0.804	0.331	0.144	5.089	1.884	0.769

代入解  $a_0$ 、 $a_1$ 、 $a_2$  聯立方程式

$$7a_0 + 2.15a_1 + 0.804a_2 = 5.089$$

$$2.15a_0 + 0.804a_1 + 0.331a_2 = 1.884$$

$$0.804a_0 + 0.331a_1 + 0.144a_2 = 0.769$$

得  $a_0 = -0.057$

$a_1 = 3.128$

$a_2 = -1.543$

代入應變模數公式

$$E_{v1} = 1.5 \times r \times l / (a_1 + a_2 \times \sigma_{1\max}) = 1.5 \times 150 \times 1 / (3.128 + (-1.543 \times 0.50)) = 95.454$$

執行平板載重試驗得到之第二循環結果如下：

編號	載重 (KN)	應力 $\sigma$ , (MN/m <sup>2</sup> )	平板 沉陷量	備註
10	0.00	0.000	0.445	
11	5.65	0.080	0.616	
12	11.31	0.160	0.771	
13	16.96	0.240	0.887	
14	22.62	0.320	0.988	
15	28.27	0.400	1.080	
16	31.81	0.450	1.140	

$H_p = 1.26$  ;  $h_M = 0.945$  ;  $h_p/h_M = 1.333$

計算  $\sum \sigma_0$ 、 $\sum \sigma_0^2$ 、 $\sum \sigma_0^3$ 、 $\sum \sigma_0^4$ 、 $\sum s \times \sigma_0$ 、 $\sum s \times \sigma_0^2$

	$\sigma_0$	$\sigma_0^2$	$\sigma_0^3$	$\sigma_0^4$	s	$s \times \sigma_0$	$s \times \sigma_0^2$
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.445	0.000	0.000
11	0.080	0.006	0.001	0.000	0.616	0.049	0.004
12	0.160	0.026	0.004	0.001	0.771	0.123	0.020
13	0.240	0.058	0.014	0.003	0.887	0.213	0.051
14	0.320	0.102	0.033	0.010	0.988	0.316	0.101
15	0.400	0.160	0.064	0.026	1.080	0.432	0.173
16	0.450	0.203	0.091	0.041	1.140	0.513	0.231

計算得其個別之總和如下：

$\sum \sigma_0$	$\sum \sigma_0^2$	$\sum \sigma_0^3$	$\sum \sigma_0^4$	$\sum s$	$\sum s \times \sigma_0$	$\sum s \times \sigma_0^2$
1.650	0.554	0.206	0.081	5.927	1.647	0.580

代入解  $a_0$ 、 $a_1$ 、 $a_2$  聯立方程式

$$7a_0 + 1.65a_1 + 0.554a_2 = 5.927$$

$$1.65a_0 + 0.554a_1 + 0.206a_2 = 1.647$$

$$0.554a_0 + 0.206a_1 + 0.081a_2 = 0.580$$

得  $a_0 = 0.449$

$$a_1 = 2.184$$

$$a_2 = -1.480$$

代入應變模數公式

$$E_{V_2} = 1.5 \times r \times l / (a_1 + a_2 \times \sigma_{1\max}) = 1.5 \times 150 \times 1 / (2.184 + (-1.480 \times 0.45)) = 148.280$$

計算  $E_{V_2} / E_{V_1}$

$$E_{V_2} / E_{V_1} = 148.280 / 95.454 = 1.5534$$

圖形繪製

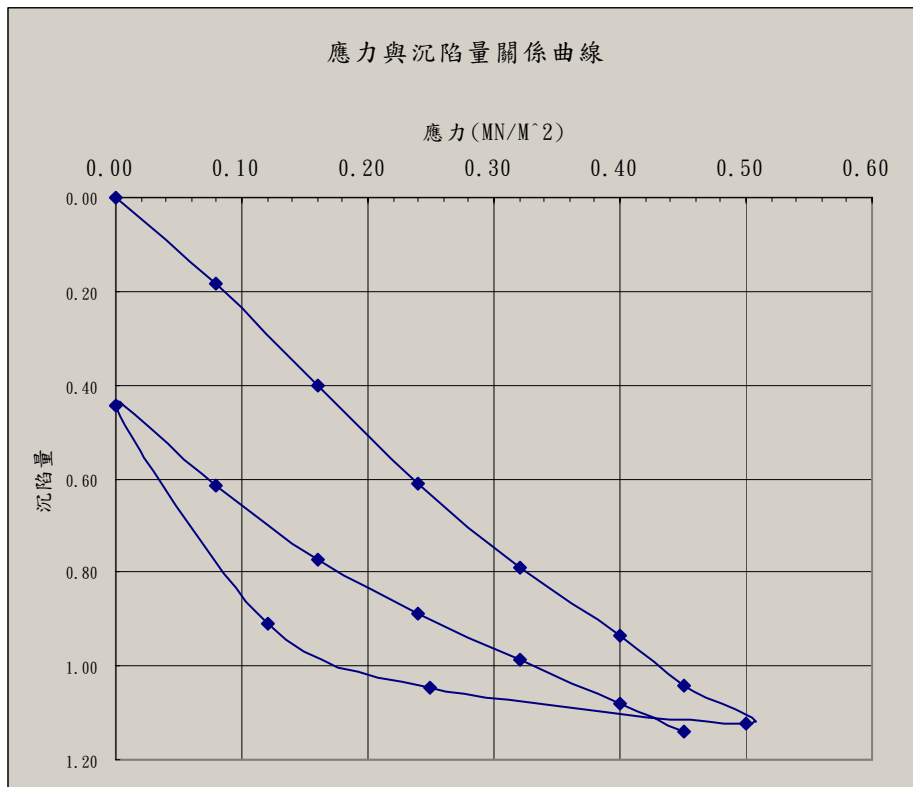


圖 5-7 平板載重應力與沉陷量關係曲線

#### 5.4.8 平板載重合格率判定

在試驗完成並計算後即可進行試驗合格與否之判斷，判斷時以下列式子作為合格之標準：

$$\text{PSG: } E_{V_2} \geq 80\text{Mpa} \text{ 且 } E_{V_2}/E_{V_1} < 2.3 \text{ 為合格}$$

$$\text{BBL: } E_{V_2} \geq 120\text{Mpa} \text{ 且 } E_{V_2}/E_{V_1} < 2.3 \text{ 為合格}$$

#### 5.4.9 PSG 與 BBL 之比較

由於 PSG 與 BBL 同屬級配層但合格與否之判斷並不相同，因此針對兩者粒徑範圍作一比較如下：

PSG 之粒徑範圍如下表所示：

Grain size D (mm)	Percentage Passing
P(2D)	100
P(Dmax)	100-99
P(D)	99-85
P(D/2)	84-55
P(D/5)	60-31
P(D/10)	49-23
P(D/20)	40-17
P(D/50)	30-11
P(D/100)	22-8
P(D/200)	16-6
P(D/500)	9-3
P(D/1000)	6-2

假如  $D \geq 50\text{mm}$ ,  $D_{\text{max}} = 1.25D$ ;  $D < 50\text{mm}$ ,  $D_{\text{max}} = 1.58D$

D 為一般尺寸,  $20\text{mm} < D < 125\text{mm}$

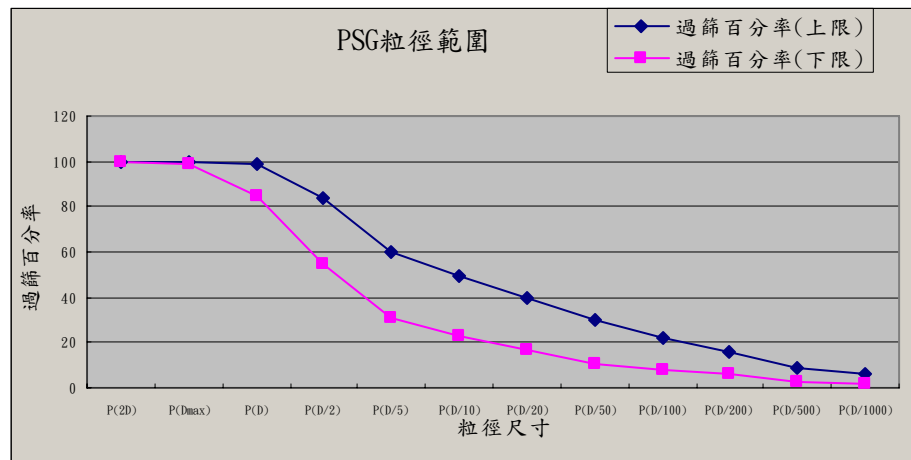


圖 5-8 PSG 粒徑分佈圖



BBL 之粒徑範圍如下表所示：

Sieve Size	Percentage Passing
P(2D)	100
P(1.58D)	100-95
P(D)(D=31.5mm)	99-85
P(D/2)	90-72
P(D/5)	80-57
P(D/10)	72-46
P(D/20)	65-37
P(D/50)	54-26
P(D/100)	45-18
P(D/200)	36-10
P(D/500)	19-0
P(D/1000)	7-0
P(D/2000)	2-0

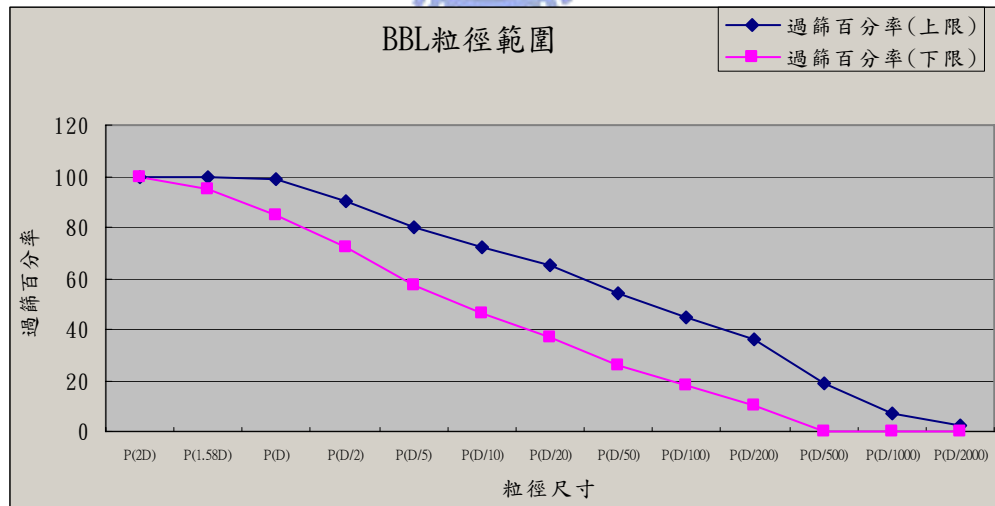


圖 5-9 BBL 粒徑分布圖

由 PSG 跟 BBL 之粒徑分佈圖可知，因 BBL 級配之粒料與 PSG 級配粒料比較下相對較細，但規範要求中 BBL 之  $Ev_2$  大於 PSG 之  $Ev_2$ ，即較細粒徑卻需有較大承載力，造成 BBL 在同樣填築作業下，執行平板載重試驗時相對合格率偏低，

改良方式以在 BBL 完成時先以簡易的 DCP 試驗檢查是否合格後再進行平板載重試驗，期望引進 DCP 試驗後能提高平板載重試驗之合格率，避免需重試驗造成時間及成本之浪費。

## 5.5 DCP (Dynamic Cone Penetrometer 動態圓錐貫入儀) 試驗簡介

DCP 儀器標準規格由非洲特蘭斯瓦爾公路局所制定。DCP 儀器由兩支直徑 16mm 棒狀體搭配圓盤組成，由圓盤分成上下兩部份。下部棒狀體末端裝有錐頭，此錐頭是貫入之用，錐頭夾角 60 度其長度為 4.45cm，直徑 2cm。上部棒狀體裝設一顆 8kg 的落錘，其固定落距為 57.5cm，上部頂端含一把手。此儀器整體材質採用不鏽鋼以防止損害，並附上一鋁製直尺，用於讀測 DCP 貫入深度數據。整組儀器包含落錘約重 11.1kg，儀器本身可拆卸分開且攜帶方便，機動性佳，適合現地試驗之用。

於本工程 DCP 試驗應用是在平板試驗前先行測試土壤之壓密度，於 DCP 試驗合格後再行平板載重試驗，如此可增加平板載重試驗時一次合格率，以節省其路堤填築試驗時間及成本，進而減少整個路堤填築作業時間。

DCP 儀器試驗操作過程如下：

- (1) 將各種 DCP 組件進行組裝，利用螺絲拴緊各項要件。
- (2) DCP 儀器並不適用於含有大石塊之土壤，因此需試驗地點需選擇無大石塊之位置，若試驗時遇有大石塊而使 DCP 工具無法穿越而貫入停頓時，應將 DCP 桿拔出重新選擇地點並重新試驗。
- (3) 準備 DCP 記錄用紙於試驗中使用。
- (4) 將 DCP 置於欲測試土壤之上方，持穩儀器並避免傾斜，否則於試驗過程中將影響試驗數據。
- (5) 一手握住上部末端把手，另一手提起落錘達一高度自由落下，使下部末端錐頭貫入土壤表面以下，此時不需記錄讀數。
- (6) 試驗最初開始時，打擊次數計為零，接著提起落錘達到頂端極限後，讓落錘自由落下撞擊圓盤使錐頭貫入土層中。小心不可對落錘施加力量使其落下。
- (7) 記錄下打擊次數並利用鋁製直尺讀取貫入深度，則此為第一個數據。
- (8) 重複 6、7 步驟，使儀器錐頭貫入相當深度或者貫入比率已小於 3mm，或達到所需深度即可停止。
- (9) 試驗後 DCP 由孔洞抽出，可利用 DCP 專用之起升架小心取出。錐頭若有變形損壞則取下更換。

(10) 填埋試驗孔洞並壓實。



圖 5-10 DCP 試驗狀況 (一)



圖 5-11 DCP 試驗狀況 (二)

## 第六章 平板載重試驗與 DCP 試驗結果分析

### 6.1 最佳滾壓次數試驗

在進行一般土方回填或是級配回填前，首先需作滾壓次數試驗，其目的在於決定土方填築時之最佳滾壓次數，避免重複滾壓造成土壤結構破壞。

以 PSG 填築為例，選擇一試驗地點，長 60 公尺，寬 14.4 公尺以上，試驗位置如圖 6-1 所示，首先以挖土機及刮路機填築土方後，在尚未滾壓前先測量每個試驗點高程，高程測量後再以壓路機滾壓，來回一次以一趟計，滾壓一趟後測量高程時並以傳統砂錐法試驗最大乾密度，紀錄每個試驗位置之沉陷量及最大乾密度，同上步驟再進行第二次~第四次滾壓，並於每層滾壓後於每個試驗位置測其沉陷量及工地密度並記入於下表 6-1。

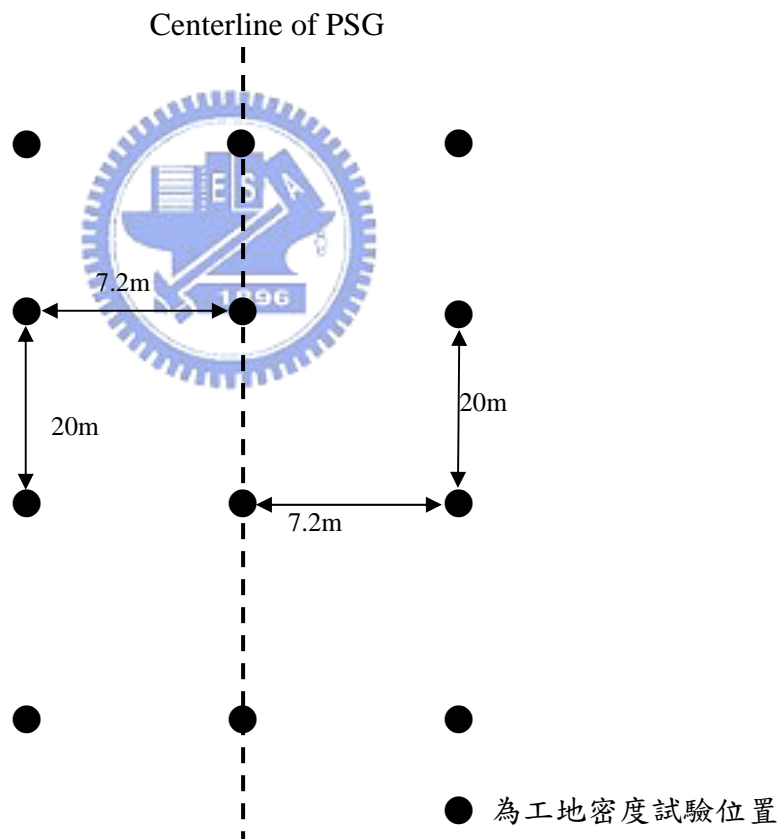


圖 6-1 滾壓趟數試驗位置圖

		滾壓次數(來回)			
		1	2	3	4
NO. 1	沉陷量(cm)	1.13	0.57	0.20	0.09
	工地密度(%)	82.3	91.2	97.3	93.2
NO. 2	沉陷量(cm)	1.21	0.63	0.18	0.08
	工地密度(%)	80.1	90.6	98.7	94.3
NO. 3	沉陷量(cm)	1.15	0.67	0.19	0.07
	工地密度(%)	83.5	92.4	99.6	97.4
NO. 4	沉陷量(cm)	1.18	0.55	0.22	0.09
	工地密度(%)	84.3	93.5	97.5	95.4
NO. 5	沉陷量(cm)	1.22	0.75	0.19	0.10
	工地密度(%)	82.2	94.9	98.8	96.3
NO. 6	沉陷量(cm)	1.10	0.72	0.23	0.11
	工地密度(%)	83.4	91.7	97.4	97.2
NO. 7	沉陷量(cm)	1.16	0.70	0.17	0.07
	工地密度(%)	84.6	93.5	98.0	97.3
NO. 8	沉陷量(cm)	1.23	0.64	0.17	0.08
	工地密度(%)	83.2	94.6	98.7	95.4
NO. 9	沉陷量(cm)	1.28	0.68	0.20	0.08
	工地密度(%)	84.9	95.3	99.0	97.8
NO. 10	沉陷量(cm)	1.09	0.68	0.18	0.09
	工地密度(%)	82.8	92.1	96.7	96.6
NO. 11	沉陷量(cm)	1.22	0.70	0.19	0.07
	工地密度(%)	83.8	91.4	97.8	97.9
NO. 12	沉陷量(cm)	1.20	0.64	0.17	0.09
	工地密度(%)	85.0	93.2	98.1	97.9
平均	沉陷量(cm)	1.18	0.66	0.19	0.09
	工地密度(%)	83.3	92.9	98.1	96.4

表 6-1 滾壓次數試驗數值

由 12 個試驗點位之數據平均可得平均之沉陷量及平均之工地密度試驗值，並可繪製滾壓次數與工地密度關係曲線，進而得到最佳滾壓次數，其關係曲線如圖 6-2 所示。

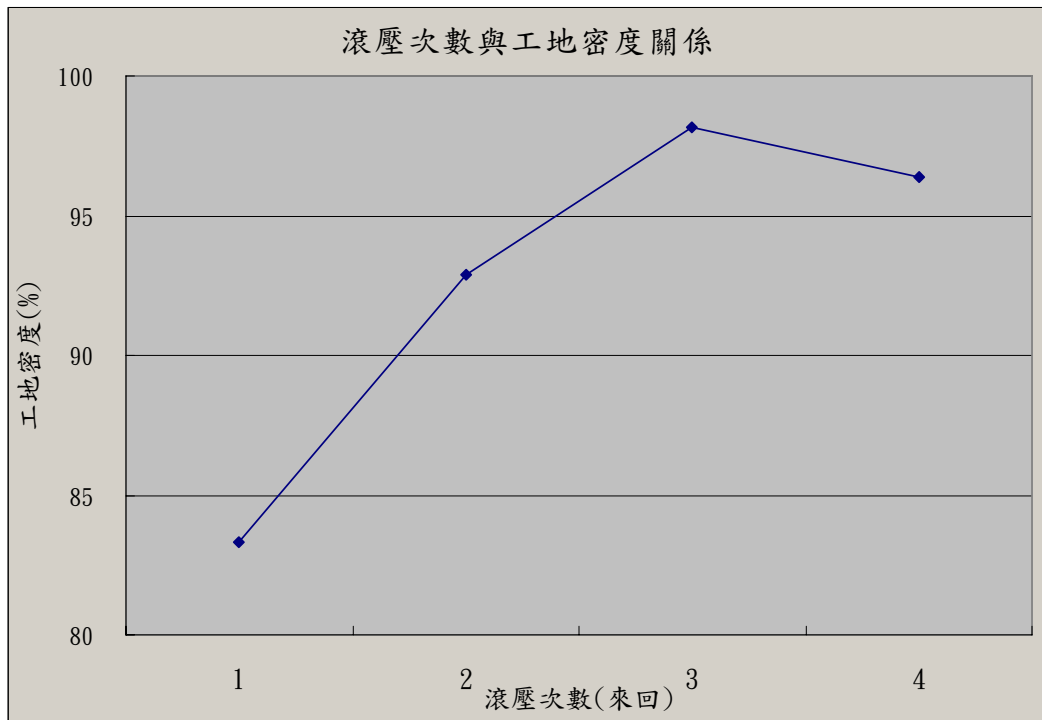


圖 6-2 滾壓次數與工地密度關係

由上列最佳滾壓次數曲線可得 PSG 最佳滾壓次數為 3 趟。

其 BBL 填築最佳滾壓次數試驗方式亦與一般土方回填試驗方式一樣，最後可得最佳滾壓次數為 4 趟。不同在於土方回填及 PSG 回填規範規定之工地密度需達最大乾密度之 95%，而 BBL 填築依規範規定工地密度需達最大乾密度之 100%。

## 6.2 平版載重試驗成果

由於台灣高速鐵路施工技術規範規定，於 PSG 填築時在第 5 層及第 10 層完成面上需以 DIN 18134 的規範測試平板載重試驗，且其測試的頻率為每 150 公尺\*20 公尺平方的範圍內需測試一點，且其試驗合格與否之判斷為  $Ev_2 \geq 80\text{MPa}$  且  $Ev_2/Ev_1 < 2.3$ 。

本工程 PSG 試驗結果如附錄一所示。

經統計後，本工程 PSG 測試次數 85 次，其中不合格 5 次，故有 80 次為規範所規定需試驗次數，80 次中有 5 次是經由複驗後合格，故其中 75 次為一次合格次數，一次合格率为 93.75%。

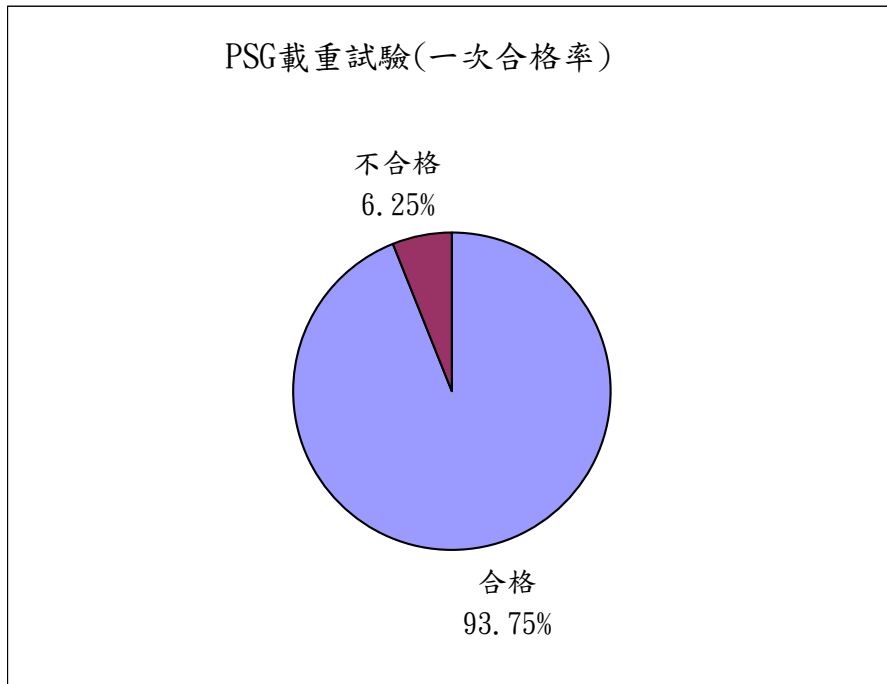


圖 6-3 PSG 平板載重試驗合格率統計表

在 BBL 填築時，依台灣高速鐵路施工技術規範規定，填築完成且工地密度試驗合格後需進行平板載重試驗，其試驗頻率為每設計單元及每 50 公尺需試驗中心線左右各一點，且其試驗合格與否之判斷為  $E_{v2} \geq 120\text{MPa}$  且  $E_{v2}/E_{v1} < 2.3$ 。

本工程 BBL 試驗結果如附錄二所示。

經統計後，本工程 BBL 初期測試次數 10 次，合格次數 2 次，不合格次數 8 次，一次合格率为 20%。

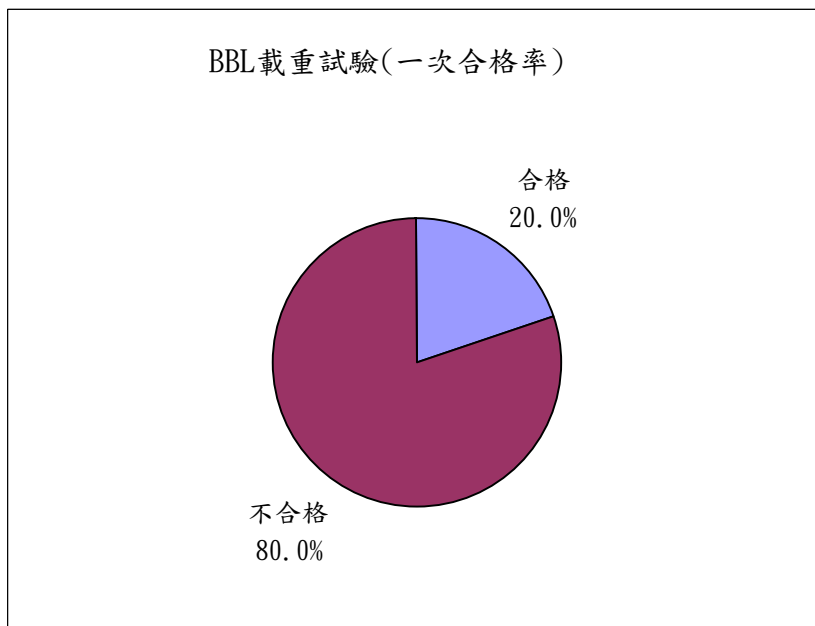


圖 6-4 BBL 平板載重試驗合格率統計表

比較 PSG 之平板載重試驗與 BBL 之平板載重試驗之合格率，因 BBL 之平板載重

試驗合格率偏低，亦即表示需重新試驗次數增多，且平板載重試驗所需成本及時間相當高，在工程後期趕工階段，無疑對工程趕工是一項極大挑戰，因此本工程特別於規範外加入自主的 DCP 試驗，期望以操作簡單、迅速的試驗方式先行試驗，若能發現不合格時即進行重新填築，避免直接進行複雜且浪費時間金錢之平板載重試驗，其用意是在希望 DCP 試驗合格後再進行平板載重時即能一次合格，藉以減少試驗之成本及時間之浪費。

### 6.3 DCP 試驗與平板載重關係試驗

由於 DCP 試驗在本工程中無相關規範規定，因此需先行作試驗，以取得 DCP 試驗合格標準。

於本工程中 DCP 試驗是在平板載重之前先行測試土方回填壓實度的方式，理論上需作 DCP 試驗與平板載重試驗之關係以取得 DCP 試驗合格之標準，但由於平板載重較費時間及成本，因此本工程改變一方式，以試驗工地密度與 DCP 打擊穿透級配層 30 公分的次數之關係以取得 DCP 試驗合格之標準。

試驗位置同土方回填趟數試驗方式，得到下列結果：

		滾壓次數(來回)				
		1	2	3	4	5
NO. 1	工地密度(%)	85.6	93.7	99.8	102.5	100.4
	穿透級配層 30 公分 DCP 次數	20	24	27	31	30
NO. 2	工地密度(%)	86.8	94.6	100.8	103.7	102.8
	穿透級配層 30 公分 DCP 次數	21	25	28	32	31
NO. 3	工地密度(%)	87.8	95.4	102.2	101.8	100.1
	穿透級配層 30 公分 DCP 次數	22	25	30	30	30
NO. 4	工地密度(%)	86.2	94.5	99.6	101.5	101.9
	穿透級配層 30 公分 DCP 次數	22	24	28	30	29
NO. 5	工地密度(%)	85.4	93.8	101.5	104.3	102.8
	穿透級配層 30 公分 DCP 次數	23	23	29	32	31
NO. 6	工地密度(%)	88.5	96.4	103.2	102.9	99.4
	穿透級配層 30 公分 DCP 次數	22	25	31	31	30
NO. 7	工地密度(%)	85.2	94.6	99.7	102.4	102.5
	穿透級配層 30 公分 DCP 次數	22	24	27	31	31
NO. 8	工地密度(%)	86.3	96.5	102.2	103.1	99.8
	穿透級配層 30 公分 DCP 次數	23	25	30	31	29
NO. 9	工地密度(%)	85.7	94.5	99.4	103.4	103.4
	穿透級配層 30 公分 DCP 次數	21	23	28	30	31



NO. 10	工地密度(%)	83.7	94.2	98.7	102.1	102.6
	穿透級配層 30 公分 DCP 次數	20	24	27	30	30
NO. 11	工地密度(%)	88.7	95.8	99.7	104.2	103.4
	穿透級配層 30 公分 DCP 次數	23	25	28	31	30
NO. 12	工地密度(%)	85.8	97.5	101.4	103.8	101.7
	穿透級配層 30 公分 DCP 次數	22	25	29	30	29
工地密度(%)平均值		86.3	95.1	100.7	103.0	101.7
穿透級配層 30 公分 DCP 次數取最大值		23	25	31	32	31

表 6-2 DCP 與平板載重關係試驗數值

為確保 DCP 試驗合格後平板載重試驗即能合格，所以訂定 DCP 標準時取穿透級配層 30 公分次數之最大值 32 次，且此時工地密度已達 103% 亦超過最大乾密度標準，故以 32 次為合格之標準，亦即以 DCP 試驗打擊穿透級配層 30 公分，若次數超過 32 次即判為合格，即可繼續平板載重試驗。

#### 6.4 平板載重試驗成果（加入 DCP 試驗後）

BBL 試驗結果（加入 DCP 試驗後）如附錄三所示。

統計後，在平板載重前加入 DCP 試驗之總次數為 205 次，扣除 8 次為前次不合格導致需複驗次數後，剩餘 197 次為平板載重前加入 DCP 試驗之次數。

其中不合格 18 次，故有 179 次為規範所規定需試驗次數，179 次中含 18 次是經由複驗後合格，故其中 161 次為一次合格次數，故一次合格率为 89.94% 約等於 90%。

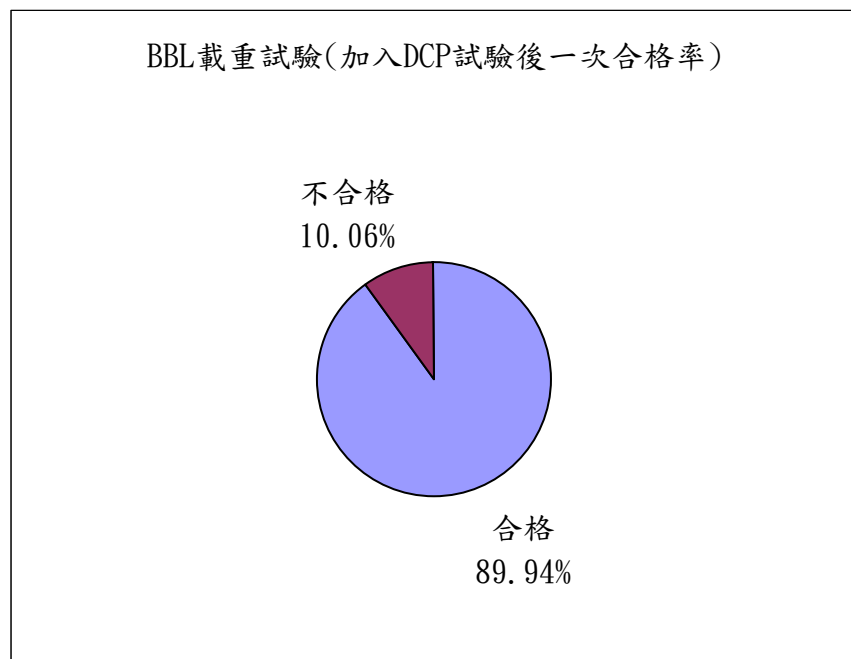


圖 6-5 BBL 平板載重試驗合格率統計表（加做 DCP 試驗後）

## 6.5 加入 DCP 試驗於本工程之效益

### 6.5.1 平板載重與 DCP 試驗於成本及時間上之比較

	平板載重試驗	DCP 試驗
試驗施作單位或人員	須委外試驗室進行試驗	由公司本身試驗室或施工人員自行操作試驗
特色	試驗費時費工	儀器簡單操作及攜帶方便
試驗能量(次數)	工作能量約 7~8 次/日	工作能量 80~100 次/日
試驗所需費用	委外試驗費用及配合之人力機具費用	僅需公司人員費用

表 6-3 平板載重與 DCP 試驗於成本及試驗時間之比較表

### 6.5.2 成本效益分析

#### 6.5.2.1 費用節省分析

- (1) 本工程加入 DCP 試驗後其後續尚須試驗 179 次，因此針對後續 179 次試驗進行討論。
- (2) 加入 DCP 試驗後，平板載重試驗一次合格率，由 20% 提高至 90%。  
 $179 \text{ 次} \times 90\% = 161 \text{ 次}$  即加入 DCP 試驗後一次合格次數  
 $179 \text{ 次} \times 20\% = 36 \text{ 次}$  即未加入 DCP 試驗的一次合格次數  
故加入 DCP 試驗後可避免 125 次平板載重試驗失敗次數
- (3) 平板載重一次所需費用需包含配合之人力及機具以 2 萬元/次計算。  
DCP 試驗以一組四人，每人每天費用需 3000 元/日，每日平均可試驗 100 次，若以每次平板載重試驗前需作 10 次 DCP 試驗以判定是否合格計算，因此所需費用為  $4 \text{ 人} \times 3000 \text{ 元/日} \div 100 \text{ 次/日} \times 10 \text{ 次} = 1200 \text{ 元/試驗次數}$ 。
- (4) 因此直接費用可省下  $125 \text{ 次} \times 2 \text{ 萬元/次} - 179 \text{ 次} \times 0.12 \text{ 萬元/次} = 228.52 \text{ 萬元}$  以上。

#### 6.5.2.2 DCP 試驗適用性分析

##### (1) DCP 試驗適用之狀況

(a) 計算加入 DCP 試驗後整體所需費用如下：

因加入 DCP 試驗後合格率由 20% 提高至 90%，因此於加入 DCP 試驗後尚有 10% 之試驗不合格需複驗狀況，故加入 DCP 試驗後整體

所需費用為 179 次×(2 萬元/次+0.12 萬元/次) +18 次×(2 萬元/次+0.12 萬元/次) =417.64 萬元

(b) 計算不使用 DCP 試驗時所需之費用：

當不使用 DCP 試驗，並於不同合格率下，計算平板載重所需費用，可由試驗 179 次每次 2 萬元與不合格需複驗次數亦每次 2 萬元合計，計算後如下表所示：

合格率	合格次數	不合格次數	所需費用(萬元)
10%	18	161	680
20%	36	143	644
30%	54	125	608
40%	72	107	572
50%	90	89	536
60%	107	72	502
70%	125	54	466
80%	143	36	430
83.5%	149	30	417.64
90%	161	18	394
100%	179	0	358

表 6-4 未使用 DCP 試驗費用一覽表

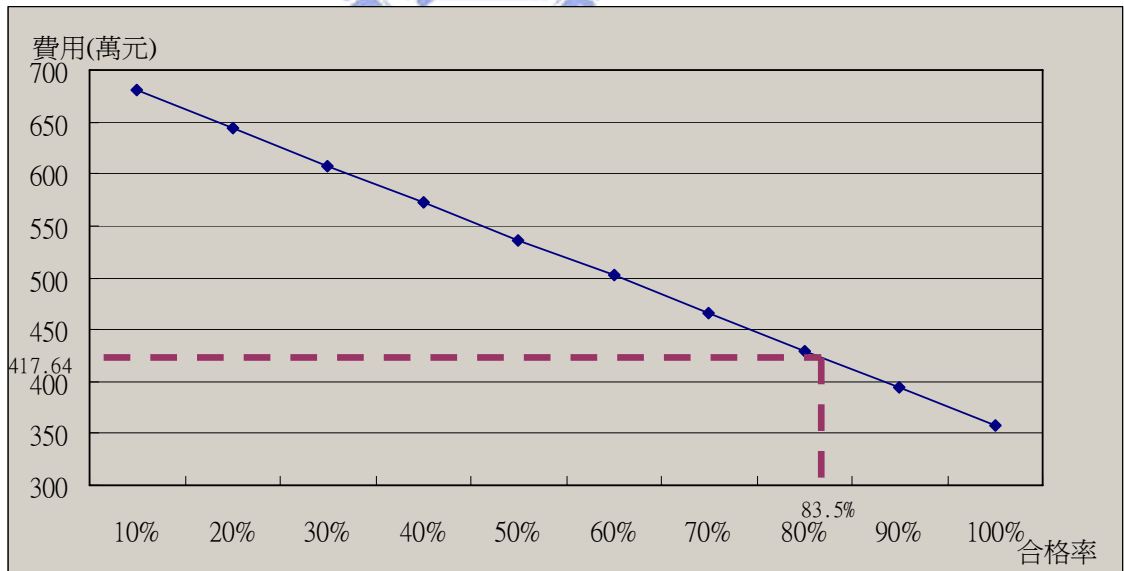


圖 6-6 未使用 DCP 試驗費用曲線圖

由上圖表可知當平板載重試驗合格率低於 83.5%時，可考慮加入 DCP 試驗。

(2) DCP 試驗不適用之狀況

(a) 計算不加入 DCP 試驗後整體所需費用如下：

因不加入 DCP 試驗時合格率为 20%，因此有 80% 即 143 次之試驗不合格需複驗狀況，故整體所需費用為 179 次×2 萬元/次+143 次×2 萬元/次=644 萬元。

(b) 計算使用 DCP 試驗時所需之費用：

當使用 DCP 試驗，並於不同合格率下，計算整體所需費用，可由試驗 179 次每次 2 萬元加 DCP 費用 0.12 萬元與不合格需複驗次數亦每次 2 萬元加 DCP 費用 0.12 萬元合計，計算後如下表所示：

合格率	合格次數	不合格次數	所需費用 (萬元)
10%	18	161	720.8
20%	36	143	682.64
30%	54	125	644.48
30.2%	54	125	644.48
40%	72	107	606.32
50%	90	89	568.16
60%	107	72	532.12
70%	125	54	493.96
80%	143	36	455.8
90%	161	18	417.64
100%	179	0	379.48

表 6-5 使用 DCP 試驗費用一覽表

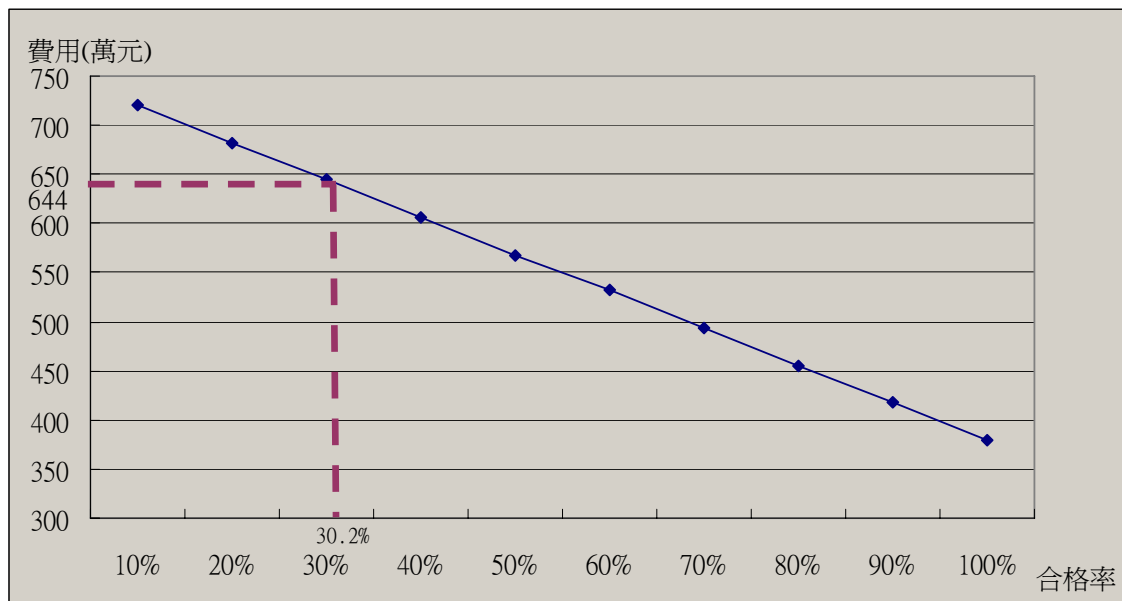


圖 6-7 使用 DCP 試驗費用曲線圖

由上圖表可知當加入 DCP 試驗後其合格率低於 30.2% 時，即不應使用 DCP 試驗。

### 6.5.3 時間效益分析

- (1) 加入 DCP 試驗後，平板載重試驗一次合格率，由 20% 提高至 90%，可直接避免 125 次平板載重試驗失敗次數，亦即減少因複驗所需時間，若以每日可施作平板載重次數 8 次計算，即至少減少  $125 \text{ 次} \div 8 \text{ 次/天} \approx 15 \text{ 天}$  工期。
- (2) 加入 DCP 試驗後，平板載重合格率提高後，相對在工作的安排較易掌握，且施工進度較易控制，間接省下的時間成本不是 15 天所能計算。
- (3) BBL 填築時程是在工程末期即趕工階段時候，由於 DCP 試驗的加入使合格率提高，減少複驗次數，因此 BBL 填築及試驗僅使用兩個月時間，工程得於工期內完成，若依原設計方式不加入 DCP 試驗，勢必無法如期完工，以金額約 120 億工程逾期一日罰款千分之一計算，其後果不堪想像。
- (4) 其他在施工人員心理因素方面，若一再試驗不合格需重新施工，勢必影響施工人員情緒及效率，其損失更是難以估計。

### 6.6 不合格之分析

對於 DCP 試驗合格後平板載重試驗尚有 10% 不合格之現象進行分析，比對附錄三試驗成果表後發現 18 次試驗不合格中有 7 次皆來自 2004 年 2 月 11 日於 DU907 所進行之 BBL 完成面試驗發生，因為連續發生屬不正常現象，可能原因如下：

- (1) 未作 DCP 試驗
- (2) DCP 試驗未合格但直接進行平板載重試驗

由於 DCP 試驗屬自主試驗性質，即使無施作 DCP 試驗或是試驗不合格皆可進行平板載重試驗，施工人員可能考慮到工區天候或機具調度等狀況需立即進行平板載重試驗，冒著姑且一試的心理，造成連續性平板載重試驗不合格狀況。

基於連續發生屬不正常之狀況，因此將 7 次不合格紀錄刪除，刪除後試驗 172 次，合格 161 次，其合格率为  $93.6\% \approx 94\%$ 。

再分析其餘不合格狀況數據，發現雖不合格但其數據結果亦相當接近合格之標準，因此若提高 DCP 試驗的標準，可推估 DCP 試驗合格後，平板載重試驗亦合格狀況將可達 100%。亦即若在不求得土壤承载力值僅檢驗土壤承载力是否合乎要求時，DCP 試驗是可以取代平板載重試驗。

## 第七章 結論與建議

### 7.1 結論

- (1) 依規範規定級配完成面上需以平板載重試驗進行檢驗，填築完成後直接進行平板載重試驗時其合格率只有 20%，若先以 DCP 試驗測試合格後再進行平板載重試驗其合格率提高至 90%，加入 DCP 試驗改良試驗方式後確實能提高平板載重試驗的合格率，如此不但可節省時間，且可以省下相當可觀費用。
- (2) 平板載重試驗使用圓形平版及載重設備，以階層漸進增壓減壓方式，量測土壤載重與土壤沉陷量關係曲線，最後可得到土壤應力模數與路基彈性模數以判斷土壤之承载力，這試驗特別適用於路工及基礎工程，且因有固定標準作業程序、儀器量測之數據及複雜之算試作為支撐，因此本工程規範特別指定使用此試驗，但複雜的試驗方式及需多種機具及耗時是其最大缺點。
- (3) DCP 試驗因試驗簡便且其結果有其參考性，並且可靈活運用於作為局部測試使用，針對可能土壤承载力不足之位置，測試後標示出範圍，經局部加強滾壓再進行平板載重試驗，以減少平板試驗不合格後需全面加強滾壓之機率，進而減少時間及成本，於規範規定外引進本試驗對於本工程有絕對正面的幫助。
- (4) 簡易的 DCP 試驗不僅是針對最後填築的表層土壤進行測試，在穿透最後填築的表層土壤後，對於之前填築完成的部份亦可再試驗一次，這是一般傳統砂錐法無法做到的。且經本案例試驗結果分析是可取代土方或級配回填時之工地密度試驗或平板載重試驗等，不過 DCP 試驗目前沒有標準規範，因此需依照各工程狀況作一完整的 DCP 與其他試驗互相比較之數據去參酌比對，因此適合較大之工程使用。

## 7.2 建議與未來繼續研究方向

- (1) DCP 試驗結果能呈現土方填築各層位置及材料性質、攜帶方便、拆卸與操作容易且價格便宜，並能快速求得土方回填壓實狀況是其特點所在，對於未來現地基底層施工品質控制及舊有道路基底層量測，提供一良好之設備，因此 DCP 可提供給工程界另一項選擇。
- (2) 適度引進 DCP 試驗工具及方式，推廣應用於土方填築路基壓實度之測定，取代傳統砂錐法，作為土方回填或管溝回填壓實度之檢驗。
- (3) 由於 DCP 試驗工法國內並不多見且無規範標準，為使 DCP 試驗工法能公平、公正之執行抽驗，增加大家的認同，需規劃標準工法初步作業流程，以使試驗方式更具公信力。
- (4) 建議修訂各工程之施工規範，將 DCP 工法納入檢驗工法。



## 參考文獻

- ◎ 許澤善，2005 年 6 月，道路工程，逢甲大學品管回訓班教材
- ◎ 廖啟州，2004 年 6 月，輕便型落錘式撓度儀量測鋪面回彈模數之研究，高雄應用科技大學土木工程與防災科技研究所碩士論文
- ◎ 張春和，2004 年 6 月，DCP 應用於檢測道路基底層壓實度之研究，義守大學材料科學與工程學系碩士論文
- ◎ 王聰田，2004 年 6 月，DCP 工法應用於道路開挖管溝回填壓實度測定之研究，義守大學材料科學與工程學系碩士論文
- ◎ 林登峰、廖啟州、陳四川，2002 年 12 月，DCP 量測現地道路土壤回彈模數之研究，台灣公路工程 第二十九卷 第六期
- ◎ 張春和，2004 年 6 月，DCP 應用於檢測道路基底層壓實度之研究，義守大學材料科學與工程學系碩士論文
- ◎ 楊朝平、鄭郁志，2004 年 8 月，路基土層性質之簡易調查法－動態圓錐貫入儀，台灣公路工程 第三十一卷 第二期
- ◎ 胡寶麟、林佳躍，1999 年 8 月，現地圓錐貫入試驗與土壤性質之研究，第八屆大地工程與學術研究討論會論文集
- ◎ 溫宏政，2005 年 4 月，公路工程，大中國圖書公司
- ◎ 2003 年 12 月，國道新建工程局施工技術規範
- ◎ 2000 年 1 月，台灣南北高速鐵路施工規範
- ◎ 沈茂松，2001 年 4 月，實用土壤力學試驗，文笙書局



# 附錄一

## PSG 之平板載重試驗成果



設計 單元	里程		試驗				計算值			試驗 結果
	起點	終點	日期	里程	位置	代表里程	EV <sub>1</sub>	EV <sub>2</sub>	EV <sub>2</sub> /EV <sub>1</sub>	
DU928	86234	86320	2003/5/2	86+250 RT2.3	PSG 5th	86+234~86+320	140.218	169.354	1.208	合格
DU905	76815	77125	2003/5/23	76+840 RT7.8	PSG 5th	76+815~76+880	168.016	182.619	1.087	合格
DU928	86234	86320	2003/5/25	86+280 LT1.5	PSG 10th	86+234~86+320	133.258	170.251	1.278	合格
DU905	76815	77125	2003/5/26	77+085 LT8.4	PSG 5th	77+040~77+125	170.184	201.467	1.184	合格
DU905	76815	77125	2003/5/29	76+960 RT8.8	PSG 5th	76+880~76+960	130.076	153.222	1.178	合格
DU905	76815	77125	2003/6/10	77+040 LT2.0	PSG 5th	76+960~77+040	98.252	152.102	1.548	合格
DU918	81880	81990	2003/8/21	81+950 LT3.0	PSG 5th	81+880~81+990	79.622	154.807	1.944	合格
DU920	82248	82822	2003/8/21	82+620 RT1.0	PSG 5th	82+540~82+685	108.297	175.587	1.621	合格
DU920	82248	82822	2003/8/21	82+750 RT1.0	PSG 5th	82+685~82+822	130.526	189.476	1.452	合格
DU902	70050	70135	2003/9/5	70+090 LT2.0	PSG 5th	70+050~70+135	120.568	185.632	1.540	合格
DU923	84521	84842	2003/9/13	84+588 RT2.0	PSG 5th	84+521~84+600	105.772	147.035	1.390	合格
DU924	85075	85205	2003/10/1	85+150 CL	PSG 5th	85+075~85+205	88.045	150.507	1.709	合格
DU920	82248	82822	2003/10/14	82+350 RT3.0	PSG 5th	82+248~82+395	107.880	157.490	1.460	合格
DU920	82248	82822	2003/10/14	82+463 RT2.0	PSG 5th	82+395~82+540	85.985	127.535	1.483	合格
DU921	83158	83900	2003/10/14	83+400 CL	PSG 5th	83+300~83+450	115.479	169.067	1.464	合格
DU921	83158	83900	2003/10/14	83+575 LT2.0	PSG 5th	83+450~83+600	138.989	194.003	1.396	合格
DU901	68540	68565	2003/10/15	68+550 LT3.5	PSG 5th	68+540~68+565	98.562	150.231	1.524	合格
DU907	77360	77700	2003/10/17	77+424 RT3.0	PSG 5th	77+360~77+470	62.423	137.676	2.206	合格
DU907	77360	77700	2003/10/17	77+533 LT2.0	PSG 5th	77+470~77+590	56.538	125.947	2.228	合格
DU907	77360	77700	2003/10/17	77+620 CL	PSG 5th	77+590~77+700	59.631	119.990	2.012	合格
DU908	78530	78770	2003/10/20	78+650 RT3.5	PSG 5th	78+530~78+650	114.751	131.242	1.144	合格
DU902	70050	70135	2003/10/21	70+090 LT2.0	PSG 10th	70+050~70+135	302.466	312.233	1.032	合格
DU903	75913	76056	2003/10/21	75+988 CL	PSG 5th	75+913~76+056	89.695	201.710	2.249	合格
DU929	0	90	2003/10/21	0+045 RT2.5	PSG 5th	0+000~0+090	110.569	178.541	1.615	合格
DU908	78530	78770	2003/10/24	78+617 LT1.0	PSG 5th	78+650~78+770	52.370	127.315	2.431	不合格
DU921	83158	83900	2003/10/24	83+280 LT4.0	PSG 5th	83+158~83+300	71.529	126.946	1.775	合格
DU908	78530	78770	2003/10/25	78+615 LT2.0	PSG 5th Re	78+650~78+770	162.554	257.286	1.583	合格
DU905	76815	77125	2003/10/27	76+927 RT3.0	PSG 10th	76+815~76+960	176.610	266.025	1.506	合格
DU909	78945	79200	2003/10/27	79+106 LT1.0	PSG 5th	79+070~79+200	63.008	156.499	2.484	不合格
DU910	79700	79875	2003/10/29	79+792 CL	PSG 5th	79+700~79+875	70.318	131.746	1.874	合格
DU921	83158	83900	2003/10/29	83+680 CL	PSG 5th	83+600~83+750	73.845	119.594	1.620	合格
DU914	81055	81169	2003/10/31	81+100 RT2.5	PSG 5th	81+055~81+169	59.382	131.951	2.222	合格
DU929	0	90	2003/10/31	0+055 LT1.0	PSG 10th	0+000~0+090	138.052	191.284	1.386	合格
DU909	78945	79200	2003/11/4	79+060 RT0.5	PSG 5th Re	79+070~79+200	93.366	152.587	1.634	合格

DU904	76358	76435	2003/11/10	76+395 LT1.0	PSG 5th	76+358~76+435	66.280	172.936	2.609	不合格
DU909	78945	79200	2003/11/10	79+141 RT1.5	PSG 5th	78+945~79+070	159.516	241.460	1.514	合格
DU923	84521	84842	2003/11/10	84+694 RT5.0	PSG 5th	84+600~84+720	71.179	129.100	1.814	合格
DU923	84521	84842	2003/11/10	84+776 CL	PSG 5th	84+720~84+842	48.919	106.090	2.169	合格
DU905	76815	77125	2003/11/12	77+055 RT2.5	PSG 10th	76+960~77+125	69.540	138.284	1.989	合格
DU904	76358	76435	2003/11/13	76+380 LT4.0	PSG 5th Re	76+358~76+435	71.498	144.621	2.023	合格
DU921	83158	83900	2003/11/13	83+810 RT3.0	PSG 5th	83+750~83+900	57.769	128.109	2.218	合格
DU901	68540	68565	2003/11/20	68+555 RT2.5	PSG 10th	68+540~68+565	97.564	148.569	1.523	合格
DU906	77235	77300	2003/12/2	77+266	PSG 5th	77+235~77+300	59.652	123.093	2.064	合格
DU917	81538	81670	2003/12/11	81+590 LT1.0	PSG 5th	81+538~81+670	102.038	151.829	1.488	合格
DU925	85385	85460	2003/12/11	85+435 RT4.0	PSG 5th	85+400~460	62.810	107.433	1.710	合格
DU906	77235	77300	2003/12/15	77+272 R3.0	PSG 10th	77+235~77+300	76.661	132.456	1.728	合格
DU912	80131	80325	2003/12/15	80+280 LT1.5	PSG 5th	80+131~80+230	73.858	120.057	1.626	合格
DU912	80131	80325	2003/12/15	80+200 RT1.5	PSG 5th	80+230~80+325	62.571	111.357	1.780	合格
DU927	85850	85940	2003/12/15	85+900 CL	PSG 5th	85+850~85+940	71.030	121.157	1.706	合格
DU920	82248	82822	2003/12/17	82+330 LT2.5	PSG 10th	82+248~82+395	100.448	147.639	1.470	合格
DU920	82248	82822	2003/12/17	82+450 RT2.0	PSG 10th	82+395~82+540	75.184	112.933	1.502	合格
DU921	83158	83900	2003/12/17	83+265 RT2.0	PSG 10th	83+158~83+300	70.684	124.163	1.757	合格
DU921	83158	83900	2003/12/17	83+435 LT2.0	PSG 10th	83+300~83+450	66.629	114.789	1.723	合格
DU914	81055	81169	2003/12/18	81+135 RT2.0	PSG 10th	81+055~81+169	78.305	147.889	1.889	合格
DU921	83158	83900	2003/12/18	83+542 LT1.5	PSG 10th	83+450~83+600	72.678	132.204	1.819	合格
DU917	81538	81670	2003/12/19	81+635 RT1.0	PSG 10th	81+538~81+670	88.989	119.442	1.342	合格
DU920	82248	82822	2003/12/19	82+620 LT2.0	PSG 10th	82+540~82+685	126.833	184.203	1.452	合格
DU912	80131	80325	2003/12/22	80+230 LT1.0	PSG 10th	80+131~80+230	117.747	185.889	1.579	合格
DU912	80131	80325	2003/12/22	80+160 RT2.0	PSG 10th	80+230~80+325	52.934	86.783	1.639	合格
DU926	85670	85730	2003/12/22	85+690 RT5.0	PSG 5th	85+670~85+730	60.762	109.328	1.799	合格
DU908	78530	78770	2003/12/23	78+587 LT4.0	PSG 10th	78+531~750	75.190	147.348	1.960	合格
DU908	78530	78770	2003/12/23	78+695 RT1.5	PSG 10th	78+531~750	46.842	110.802	2.365	不合格
DU921	83158	83900	2003/12/23	83+685 RT2.0	PSG 10th	83+600~83+750	66.905	139.842	2.090	合格
DU921	83158	83900	2003/12/23	83+831 LT3.0	PSG 10th	83+750~83+900	45.780	94.002	2.053	合格
DU922	84115	84277	2003/12/25	84+230 LT2.0	PSG 5th	84+115~84+277	65.236	120.568	1.848	合格
DU920	82248	82822	2003/12/26	82+750 RT3.0	PSG 10th	82+685~82+822	55.052	113.182	2.056	合格
DU923	84521	84842	2003/12/26	84+595 RT2.0	PSG 10th	84+521~84+600	66.517	126.978	1.909	合格
DU923	84521	84842	2003/12/26	84+642 LT4.0	PSG 10th	84+600~84+720	103.518	173.773	1.679	合格
DU907	77360	77700	2003/12/31	77+548 LT2.5	PSG 10th	77+470~77+590	48.090	106.494	2.214	合格
DU907	77360	77700	2003/12/31	77+439 RT1.0	PSG 10th	77+360~77+470	79.194	136.313	1.721	合格
DU908	78530	78770	2003/12/31	78+695 RT2.0	PSG 10th Re	78+531~750	114.800	149.870	1.305	合格
DU923	84521	84842	2003/12/31	84+790 RT4.0	PSG 10th	84+720~84+842	70.294	113.379	1.613	合格

DU918	81880	81990	2004/1/5	81+926 RT3.0	PSG 10th	81+880~81+990	113.304	174.712	1.542	合格
DU922	84115	84277	2004/1/5	84+190 RT2.0	PSG 10th	84+115~84+277	49.840	160.673	3.224	不合格
DU922	84115	84277	2004/1/6	84+232 RT2.0	PSG 10th Re	84+115~84+277	83.270	136.801	1.643	合格
DU904	76358	76435	2004/1/8	76+381 RT2.5	PSG 10th	76+358~76+435	53.005	113.210	2.136	合格
DU907	77360	77700	2004/1/8	77+625 RT2.0	PSG 10th	77+590~77+700	70.383	123.933	1.761	合格
DU924	85075	85205	2004/1/8	85+167 RT3.0	PSG 10th	85+075~85+205	89.791	121.996	1.359	合格
DU903	75913	76056	2004/1/10	75+990 RT2.0	PSG 10th	75+913~76+056	72.525	149.768	2.065	合格
DU925	85385	85460	2004/1/10	85+430 RT2.5	PSG 10th	85+395~460	95.439	148.273	1.554	合格
DU909	78945	79200	2004/1/13	79+020 LT3.0	PSG 10th	78+945~79+070	93.110	153.265	1.646	合格
DU909	78945	79200	2004/1/13	79+110 RT2.5	PSG 10th	79+070~79+200	93.926	133.250	1.419	合格
DU910	79700	79875	2004/1/13	79+790 RT2.5	PSG 10th	79+700~79+875	59.610	103.308	1.733	合格
DU926	85670	85730	2004/1/17	85+695 RT2.0	PSG 10th	85+670~85+730	83.755	124.442	1.486	合格
DU927	85850	85940	2004/1/17	85+885 RT2.0	PSG 10th	85+850~85+940	66.283	112.735	1.701	合格



# 附錄二

BBL 之平板載重試驗成果

(加入 DCP 試驗前)



設計 單元	里程		試驗				計算值			試驗
	起點	終點	日期	里程	位置	代表里程	EV <sub>1</sub>	EV <sub>2</sub>	EV <sub>2</sub> /EV <sub>1</sub>	結果
DU928	86234	86320	2003/11/10	86+285 RT3.5	BBL 完成面	86+280~86+320	77.748	118.678	1.526	不合格
DU928	86234	86320	2003/11/10	86+306 LT3.0	BBL 完成面	86+280~86+320	79.478	115.833	1.457	不合格
DU929	0	90	2003/11/18	0+025 LT1.0	BBL 完成面	0+000~0+045	72.079	142.803	1.981	合格
DU929	0	90	2003/11/18	0+065 LT1.0	BBL 完成面	0+045~0+090	89.074	164.638	1.848	合格
DU905	76815	77125	2003/12/15	77+095 LT2.0	BBL 完成面	77+070~77+125	66.402	115.856	1.745	不合格
DU905	76815	77125	2003/12/15	77+028 RT2.0	BBL 完成面	77+015~77+070	62.878	115.539	1.838	不合格
DU905	76815	77125	2003/12/15	76+979 RT3.0	BBL 完成面	76+965~77+015	63.326	107.752	1.702	不合格
DU921	83158	83900	2003/12/18	83+230 LT2.0	BBL 完成面	83+200~83+250	77.954	106.340	1.364	不合格
DU921	83158	83900	2003/12/18	83+290 LT2.5	BBL 完成面	83+250~83+300	85.674	110.235	1.287	不合格
DU921	83158	83900	2003/12/20	83+350 LT3.0	BBL 完成面	83+300~83+350	67.290	116.375	1.729	不合格



# 附錄三

BBL 之平板載重試驗成果

(加入 DCP 試驗後)



設計 單元	里程		試驗				試驗值			試驗 結果
	起點	終點	日期	里程	位置	代表里程	EV <sub>1</sub>	EV <sub>2</sub>	EV <sub>2</sub> /EV <sub>1</sub>	
DU905	76815	77125	2004/1/4	77+085 LT2.5	BBL 完成面 Re	77+070~77+125	68.448	150.338	2.196	合格
DU905	76815	77125	2004/1/4	77+030 RT1.0	BBL 完成面 Re	77+015~77+070	70.592	160.240	2.270	合格
DU905	76815	77125	2004/1/4	76+985 RT3.5	BBL 完成面 Re	76+965~77+015	74.559	155.442	2.085	合格
DU905	76815	77125	2004/1/7	76+929 RT1.5	BBL 完成面	76+915~76+965	77.543	164.855	2.126	合格
DU905	76815	77125	2004/1/7	76+885 LT2.5	BBL 完成面	76+865~76+915	70.223	144.993	2.065	合格
DU905	76815	77125	2004/1/7	76+852 RT1.5	BBL 完成面	76+815~76+865	66.186	123.689	1.869	合格
DU921	83158	83900	2004/1/8	83+235 LT1.5	BBL 完成面 Re	83+200~83+250	130.349	169.249	1.298	合格
DU921	83158	83900	2004/1/8	83+280 LT0.5	BBL 完成面 Re	83+250~83+300	136.583	177.386	1.299	合格
DU921	83158	83900	2004/1/8	83+340 LT3.0	BBL 完成面 Re	83+300~83+350	145.762	162.884	1.117	合格
DU921	83158	83900	2004/1/8	83+330 RT2.5	BBL 完成面	83+300~83+350	61.735	120.825	1.957	合格
DU921	83158	83900	2004/1/9	83+190 LT1.5	BBL 完成面	83+158~83+200	110.384	152.493	1.381	合格
DU921	83158	83900	2004/1/9	83+195 RT2.4	BBL 完成面	83+158~83+200	119.392	167.305	1.401	合格
DU921	83158	83900	2004/1/9	83+220 RT2.5	BBL 完成面	83+200~83+250	130.582	183.596	1.406	合格
DU921	83158	83900	2004/1/9	83+275 RT1.5	BBL 完成面	83+250~83+300	111.205	110.450	0.993	不合格
DU921	83158	83900	2004/1/10	83+275 RT1.2	BBL 完成面 Re	83+250~83+300	130.459	159.236	1.221	合格
DU921	83158	83900	2004/1/10	83+750 RT2.0	BBL 完成面	83+700~83+750	63.964	121.177	1.894	合格
DU921	83158	83900	2004/1/10	83+710 LT2.5	BBL 完成面	83+700~83+750	88.302	144.205	1.633	合格
DU921	83158	83900	2004/1/10	83+770 LT1.5	BBL 完成面	83+750~83+800	80.829	151.395	1.873	合格
DU921	83158	83900	2004/1/10	83+780 RT3.0	BBL 完成面	83+750~83+800	93.594	139.550	1.491	合格
DU929	0	90	2004/1/10	0+030 RT0.5	BBL 完成面	0+000~0+045	111.589	155.419	1.393	合格
DU929	0	90	2004/1/10	0+030 RT2.5	BBL 完成面	0+045~0+090	120.158	148.452	1.235	合格
DU921	83158	83900	2004/1/11	83+820 LT3.0	BBL 完成面	83+800~83+850	71.671	122.642	1.711	合格
DU921	83158	83900	2004/1/11	83+825 RT1.8	BBL 完成面	83+800~83+850	92.394	130.558	1.413	合格
DU921	83158	83900	2004/1/11	83+880 LT2.5	BBL 完成面	83+850~83+900	86.358	149.446	1.731	合格
DU921	83158	83900	2004/1/11	83+880 RT1.0	BBL 完成面	83+850~83+900	99.247	115.340	1.162	不合格
DU921	83158	83900	2004/1/12	83+885 RT1.5	BBL 完成面 Re	83+850~83+900	128.349	169.220	1.318	合格
DU920	82248	82822	2004/1/14	82+370 LT3.0	BBL 完成面	82+350~82+400	109.322	152.119	1.391	合格
DU920	82248	82822	2004/1/14	82+375 RT3.5	BBL 完成面	82+350~82+400	120.395	130.553	1.084	合格
DU920	82248	82822	2004/1/14	82+430 LT3.0	BBL 完成面	82+400~82+450	110.648	170.888	1.544	合格
DU920	82248	82822	2004/1/14	82+440 RT2.2	BBL 完成面	82+400~82+450	122.783	169.350	1.379	合格
DU928	86234	86320	2004/1/14	86+285 RT3.0	BBL 完成面 Re	86+280~86+320	93.336	142.222	1.524	合格
DU928	86234	86320	2004/1/14	86+290 LT1.5	BBL 完成面 Re	86+280~86+320	100.568	150.697	1.498	合格
DU928	86234	86320	2004/1/14	86+250 RT1.8	BBL 完成面	86+234~86+280	111.589	155.419	1.393	合格
DU928	86234	86320	2004/1/14	86+255 LT3.0	BBL 完成面	86+234~86+280	120.158	148.452	1.235	合格



DU902	70050	70135	2004/1/15	70+075 LT2.5	BBL 完成面	70+050~70+095	211.070	276.734	1.311	合格
DU902	70050	70135	2004/1/15	70+080 RT3.0	BBL 完成面	70+050~70+095	108.433	219.062	2.020	合格
DU920	82248	82822	2004/1/15	82+540 RT2.5	BBL 完成面	82+500~82+550	138.578	193.268	1.395	合格
DU920	82248	82822	2004/1/15	82+520 LT3.2	BBL 完成面	82+500~82+550	130.825	188.284	1.439	合格
DU920	82248	82822	2004/1/15	82+570 RT3.0	BBL 完成面	82+550~82+600	145.669	190.198	1.306	合格
DU920	82248	82822	2004/1/15	82+580 LT1.6	BBL 完成面	82+550~82+600	160.304	178.550	1.114	合格
DU921	83158	83900	2004/1/15	83+360 RT2.5	BBL 完成面	83+350~83+400	80.482	136.674	1.698	合格
DU921	83158	83900	2004/1/15	83+370 LT1.5	BBL 完成面	83+350~83+400	92.593	159.392	1.721	合格
DU921	83158	83900	2004/1/15	83+440 RT2.3	BBL 完成面	83+400~83+450	99.173	147.305	1.485	合格
DU921	83158	83900	2004/1/15	83+430 LT2.5	BBL 完成面	83+400~83+450	70.703	133.679	1.891	合格
DU920	82248	82822	2004/1/16	82+610 RT2.0	BBL 完成面	82+600~82+650	144.651	189.827	1.312	合格
DU920	82248	82822	2004/1/16	82+630 LT2.5	BBL 完成面	82+600~82+650	135.450	190.350	1.405	合格
DU920	82248	82822	2004/1/16	82+490 RT2.0	BBL 完成面	82+450~82+500	135.830	187.123	1.378	合格
DU920	82248	82822	2004/1/16	82+470 LT1.5	BBL 完成面	82+450~82+500	128.435	199.325	1.552	合格
DU921	83158	83900	2004/1/16	83+470 RT2.0	BBL 完成面	83+450~83+500	84.869	134.380	1.583	合格
DU921	83158	83900	2004/1/16	83+475 LT2.5	BBL 完成面	83+450~83+500	86.392	144.395	1.671	合格
DU921	83158	83900	2004/1/16	83+520 LT3.5	BBL 完成面	83+500~83+550	77.177	126.691	1.642	合格
DU921	83158	83900	2004/1/16	83+530 RT1.2	BBL 完成面	83+500~83+550	88.285	135.597	1.536	合格
DU920	82248	82822	2004/1/17	82+658 LT2.5	BBL 完成面	82+650~82+700	115.968	167.398	1.443	合格
DU920	82248	82822	2004/1/17	82+680 RT1.2	BBL 完成面	82+650~82+700	121.248	166.770	1.375	合格
DU920	82248	82822	2004/1/17	82+720 RT3.0	BBL 完成面	82+700~82+760	102.841	151.110	1.469	合格
DU920	82248	82822	2004/1/17	82+725 LT3.5	BBL 完成面	82+700~82+760	149.246	155.305	1.041	合格
DU902	70050	70135	2004/1/18	70+110 LT2.5	BBL 完成面	70+095~70+135	150.235	180.561	1.202	合格
DU902	70050	70135	2004/1/18	70+115 RT3.0	BBL 完成面	70+095~70+135	160.458	200.458	1.249	合格
DU920	82248	82822	2004/1/18	82+780 LT3.0	BBL 完成面	82+760~82+822	114.461	161.804	1.414	合格
DU920	82248	82822	2004/1/18	82+810 RT2.5	BBL 完成面	82+760~82+822	78.510	142.079	1.810	合格
DU921	83158	83900	2004/1/18	83+570 RT2.5	BBL 完成面	83+550~83+600	79.838	139.424	1.746	合格
DU921	83158	83900	2004/1/18	83+580 LT3.2	BBL 完成面	83+550~83+600	83.583	149.537	1.789	合格
DU921	83158	83900	2004/1/18	83+610 LT3.0	BBL 完成面	83+600~83+650	91.148	141.959	1.557	合格
DU921	83158	83900	2004/1/18	83+615 RT2.3	BBL 完成面	83+600~83+650	98.140	188.347	1.919	合格
DU921	83158	83900	2004/1/18	83+670 RT3.0	BBL 完成面	83+650~83+700	54.044	116.523	2.156	不合格
DU921	83158	83900	2004/1/18	83+675 LT2.0	BBL 完成面	83+650~83+700	66.204	129.330	1.954	合格
DU921	83158	83900	2004/1/20	83+670 RT2.5	BBL 完成面 Re	83+650~83+700	72.787	124.456	1.710	合格
DU907	77360	77700	2004/2/11	77+390 LT2.0	BBL 完成面	77+360~77+410	54.359	110.230	2.028	不合格
DU907	77360	77700	2004/2/11	77+450 LT2.5	BBL 完成面	77+410~77+460	65.873	115.567	1.754	不合格
DU907	77360	77700	2004/2/11	77+485 LT2.0	BBL 完成面	77+460~77+510	65.040	111.444	1.713	不合格
DU907	77360	77700	2004/2/11	77+525 LT1.0	BBL 完成面	77+510~77+560	70.523	112.903	1.601	不合格
DU907	77360	77700	2004/2/11	77+575 LT2.5	BBL 完成面	77+560~77+610	62.849	114.872	1.828	不合格

DU907	77360	77700	2004/2/11	77+620 LT2.5	BBL 完成面	77+610~77+660	62.589	109.560	1.750	不合格
DU907	77360	77700	2004/2/11	77+680 LT3.0	BBL 完成面	77+660~77+700	70.593	112.897	1.599	不合格
DU920	82248	82822	2004/2/12	82+330 LT2.0	BBL 完成面	82+300~82+350	83.388	117.349	1.407	不合格
DU920	82248	82822	2004/2/12	82+335 RT3.5	BBL 完成面	82+300~82+350	100.346	133.550	1.331	合格
DU905	76815	77125	2004/2/13	76+950 LT3.0	BBL 完成面	76+915~76+965	78.103	132.070	1.691	合格
DU905	76815	77125	2004/2/13	76+905 RT2.0	BBL 完成面	76+865~76+915	71.494	129.526	1.812	合格
DU905	76815	77125	2004/2/13	77+010 LT2.0	BBL 完成面	76+965~77+015	64.489	122.152	1.894	合格
DU905	76815	77125	2004/2/13	77+049 LT2.0	BBL 完成面	77+015~77+070	88.249	186.257	2.111	合格
DU908	78530	78770	2004/2/14	78+540 LT2.5	BBL 完成面	78+530~78+580	68.541	115.637	1.687	不合格
DU908	78530	78770	2004/2/14	78+580 LT2.0	BBL 完成面	78+580~78+630	64.602	125.197	1.938	合格
DU908	78530	78770	2004/2/14	78+630 LT3.0	BBL 完成面	78+630~78+680	79.428	128.842	1.622	合格
DU908	78530	78770	2004/2/15	78+685 LT2.5	BBL 完成面	78+680~78+730	88.760	145.179	1.636	合格
DU908	78530	78770	2004/2/15	78+735 LT2.0	BBL 完成面	78+730~78+770	86.877	134.657	1.550	合格
DU905	76815	77125	2004/2/16	76+855 LT3.0	BBL 完成面	76+815~76+865	151.080	239.313	1.584	合格
DU905	76815	77125	2004/2/16	77+095 RT2.0	BBL 完成面	77+070~77+125	129.211	229.241	1.774	合格
DU906	77235	77300	2004/2/16	77+265 RT2.5	BBL 完成面	77+235~77+300	122.362	261.558	2.138	合格
DU906	77235	77300	2004/2/16	77+265 LT2.0	BBL 完成面	77+235~77+300	125.680	233.370	1.857	合格
DU908	78530	78770	2004/2/16	78+540 LT2.0	BBL 完成面 Re	78+530~78+580	146.992	280.145	1.906	合格
DU907	77360	77700	2004/2/17	77+390 LT3.0	BBL 完成面 Re	77+360~77+410	84.972	140.449	1.653	合格
DU907	77360	77700	2004/2/17	77+431 LT2.5	BBL 完成面 Re	77+410~77+460	90.951	134.957	1.484	合格
DU907	77360	77700	2004/2/17	77+488 LT2.5	BBL 完成面 Re	77+460~77+510	78.265	129.788	1.658	合格
DU907	77360	77700	2004/2/18	77+525 LT2.5	BBL 完成面 Re	77+510~77+560	97.567	142.750	1.463	合格
DU907	77360	77700	2004/2/18	77+578 LT3.0	BBL 完成面 Re	77+560~77+610	84.451	128.152	1.517	合格
DU907	77360	77700	2004/2/18	77+615 LT2.0	BBL 完成面 Re	77+610~77+660	100.306	151.545	1.511	合格
DU907	77360	77700	2004/2/18	77+680 LT3.0	BBL 完成面 Re	77+660~77+700	79.512	121.084	1.523	合格
DU910	79700	79875	2004/2/18	79+750 RT2.5	BBL 完成面	79+700~79+750	87.221	134.790	1.545	合格
DU910	79700	79875	2004/2/18	79+800 RT1.5	BBL 完成面	79+750~79+800	90.561	137.343	1.517	合格
DU910	79700	79875	2004/2/18	79+850 RT2.5	BBL 完成面	79+800~79+850	80.373	111.510	1.387	不合格
DU910	79700	79875	2004/2/18	79+865 RT2.0	BBL 完成面	79+850~79+875	88.120	130.284	1.478	合格
DU914	81055	81169	2004/2/18	81+100 LT3.0	BBL 完成面	81+055~81+105	79.911	120.226	1.504	合格
DU914	81055	81169	2004/2/18	81+090 LT3.0	BBL 完成面	81+105~81+169	88.235	127.395	1.444	合格
DU914	81055	81169	2004/2/18	81+070 RT2.0	BBL 完成面	81+055~81+105	90.268	140.257	1.554	合格
DU914	81055	81169	2004/2/18	81+145 RT1.0	BBL 完成面	81+105~81+169	95.129	152.986	1.608	合格
DU923	84521	84842	2004/2/19	84+650 RT2.5	BBL 完成面	84+620~84+670	89.890	132.760	1.477	合格
DU923	84521	84842	2004/2/19	84+700 RT2.0	BBL 完成面	84+670~84+710	82.372	120.566	1.464	合格
DU923	84521	84842	2004/2/19	84+750 RT3.0	BBL 完成面	84+710~84+750	67.812	109.811	1.619	不合格
DU909	78945	79200	2004/2/19	78+980 RT2.0	BBL 完成面	78+945~79+000	60.876	122.569	2.013	合格
DU909	78945	79200	2004/2/19	78+985 LT1.5	BBL 完成面	78+945~79+000	80.349	130.340	1.622	合格

DU909	78945	79200	2004/2/19	79+030 LT3.0	BBL 完成面	79+000~79+050	101.685	150.704	1.482	合格
DU909	78945	79200	2004/2/19	79+040 RT2.5	BBL 完成面	79+000~79+050	88.294	148.394	1.681	合格
DU910	79700	79875	2004/2/19	79+850 RT2.5	BBL 完成面 Re	79+800~79+850	96.518	159.880	1.656	合格
DU903	75913	76056	2004/2/20	75+940 RT3.0	BBL 完成面	75+913~75+963	76.282	140.973	1.848	合格
DU903	75913	76056	2004/2/20	75+945 LT2.0	BBL 完成面	75+913~75+963	66.587	130.897	1.966	合格
DU907	77360	77700	2004/2/20	77+365 RT1.5	BBL 完成面	77+360~77+410	85.447	130.379	1.526	合格
DU907	77360	77700	2004/2/20	77+440 RT1.0	BBL 完成面	77+410~77+460	90.118	145.628	1.616	合格
DU909	78945	79200	2004/2/20	79+080 RT3.0	BBL 完成面	79+050~79+100	99.124	163.016	1.645	合格
DU909	78945	79200	2004/2/20	79+060 LT1.0	BBL 完成面	79+050~79+100	86.552	158.358	1.830	合格
DU909	78945	79200	2004/2/20	79+130 LT2.5	BBL 完成面	79+100~79+150	72.832	115.236	1.582	不合格
DU909	78945	79200	2004/2/20	79+140 RT2.5	BBL 完成面	79+100~79+150	96.230	145.225	1.509	合格
DU920	82248	82822	2004/2/20	82+290 LT3.0	BBL 完成面	82+248~82+300	83.025	138.958	1.674	合格
DU920	82248	82822	2004/2/20	82+295 RT2.4	BBL 完成面	82+248~82+300	99.570	149.337	1.500	合格
DU920	82248	82822	2004/2/20	82+330 LT2.5	BBL 完成面 Re	82+258~812	109.975	188.610	1.715	合格
DU903	75913	76056	2004/2/21	75+985 LT2.5	BBL 完成面	75+963~76+011	66.364	139.014	2.095	合格
DU903	75913	76056	2004/2/21	75+995 RT2.5	BBL 完成面	75+963~76+011	52.089	111.835	2.147	不合格
DU909	78945	79200	2004/2/21	79+170 RT3.0	BBL 完成面	79+150~79+200	93.191	145.289	1.559	合格
DU909	78945	79200	2004/2/21	79+175 LT0.5	BBL 完成面	79+150~79+200	85.993	160.349	1.865	合格
DU909	78945	79200	2004/2/21	79+135 LT2.5	BBL 完成面 Re	79+100~79+150	72.832	129.725	1.781	合格
DU923	84521	84842	2004/2/21	84+750 RT2.5	BBL 完成面 Re	84+710~84+750	91.204	144.002	1.579	合格
DU923	84521	84842	2004/2/21	84+560 LT2.5	BBL 完成面	84+521~84+570	105.778	138.781	1.312	合格
DU923	84521	84842	2004/2/21	84+600 LT3.0	BBL 完成面	84+570~84+620	112.676	157.127	1.395	合格
DU924	85075	85205	2004/2/21	85+100 RT2.0	BBL 完成面	85+075~85+120	116.436	191.732	1.647	合格
DU924	85075	85205	2004/2/21	85+150 RT3.0	BBL 完成面	85+120~85+165	100.679	156.659	1.556	合格
DU924	85075	85205	2004/2/21	85+195 RT2.5	BBL 完成面	85+165~85+205	99.256	150.748	1.519	合格
DU924	85075	85205	2004/2/21	85+095 LT1.5	BBL 完成面	85+075~85+120	105.578	165.489	1.567	合格
DU924	85075	85205	2004/2/21	85+125 LT1.0	BBL 完成面	85+120~85+165	103.858	132.188	1.273	合格
DU924	85075	85205	2004/2/21	85+175 LT2.0	BBL 完成面	85+165~85+205	116.589	155.287	1.332	合格
DU927	85850	85940	2004/2/22	85+880 RT2.0	BBL 完成面	85+850~85+895	63.208	130.156	2.059	合格
DU927	85850	85940	2004/2/22	85+865 LT1.5	BBL 完成面	85+850~85+895	70.587	140.597	1.992	合格
DU927	85850	85940	2004/2/22	85+905 LT2.0	BBL 完成面	85+895~85+940	65.209	119.223	1.828	不合格
DU927	85850	85940	2004/2/22	85+910 RT1.5	BBL 完成面	85+895~85+940	80.512	133.257	1.655	合格
DU907	77360	77700	2004/2/22	77+505 RT2.0	BBL 完成面	77+460~77+510	89.593	147.295	1.644	合格
DU907	77360	77700	2004/2/22	77+555 RT1.5	BBL 完成面	77+510~77+560	93.582	128.550	1.374	合格
DU923	84521	84842	2004/2/22	84+655 LT2.5	BBL 完成面	84+620~84+670	99.235	145.657	1.468	合格
DU923	84521	84842	2004/2/22	84+705 LT1.0	BBL 完成面	84+670~84+710	105.654	158.231	1.498	合格
DU923	84521	84842	2004/2/22	84+730 LT3.0	BBL 完成面	84+710~84+750	98.031	164.953	1.683	合格
DU907	77360	77700	2004/2/23	77+580 RT2.5	BBL 完成面	77+560~77+610	95.029	149.294	1.571	合格

DU907	77360	77700	2004/2/23	77+625 RT1.0	BBL 完成面	77+610~77+660	99.220	150.365	1.515	合格
DU907	77360	77700	2004/2/23	77+685 RT2.0	BBL 完成面	77+660~77+700	83.457	128.337	1.538	合格
DU922	84115	84277	2004/2/23	84+165 LT2.0	BBL 完成面	84+115~84+169	73.648	133.851	1.817	合格
DU922	84115	84277	2004/2/23	84+210 LT2.5	BBL 完成面	84+169~84+223	97.536	144.601	1.483	合格
DU922	84115	84277	2004/2/23	84+260 LT2.5	BBL 完成面	84+223~84+277	91.574	152.585	1.666	合格
DU923	84521	84842	2004/2/23	84+800 LT2.5	BBL 完成面	84+750~84+800	112.050	207.398	1.851	合格
DU923	84521	84842	2004/2/23	84+810 LT2.5	BBL 完成面	84+800~84+842	115.456	188.547	1.633	合格
DU923	84521	84842	2004/2/23	84+775 RT2.5	BBL 完成面	84+750~84+800	110.952	156.984	1.415	合格
DU923	84521	84842	2004/2/23	84+825 RT1.8	BBL 完成面	84+800~84+842	125.687	176.228	1.402	合格
DU925	85385	85460	2004/2/23	85+400 LT2.5	BBL 完成面	85+385~85+425	98.562	155.654	1.579	合格
DU925	85385	85460	2004/2/23	85+445 LT2.5	BBL 完成面	85+425~85+460	92.971	154.605	1.663	合格
DU925	85385	85460	2004/2/23	85+425 RT2.5	BBL 完成面	85+385~85+425	153.270	230.656	1.505	合格
DU925	85385	85460	2004/2/23	85+450 RT1.0	BBL 完成面	85+425~85+460	120.541	187.211	1.553	合格
DU926	85670	85730	2004/2/23	85+700 LT2.5	BBL 完成面	85+670~85+730	193.705	251.433	1.298	合格
DU926	85670	85730	2004/2/23	85+688 RT2.5	BBL 完成面	85+670~85+730	252.658	262.177	1.038	合格
DU903	75913	76056	2004/2/24	75+990 RT3.0	BBL 完成面 Re	75+963~76+011	71.704	145.869	2.034	合格
DU904	76358	76435	2004/2/24	76+370 LT2.5	BBL 完成面	76+358~76+400	82.274	163.671	1.989	合格
DU904	76358	76435	2004/2/24	76+380 RT2.5	BBL 完成面	76+358~76+400	100.625	153.598	1.526	合格
DU904	76358	76435	2004/2/24	76+410 LT2.5	BBL 完成面	76+400~76+435	102.568	163.671	1.596	合格
DU904	76358	76435	2004/2/24	76+420 RT2.5	BBL 完成面	76+400~76+435	120.569	153.598	1.274	合格
DU917	81538	81670	2004/2/24	81+550 RT1.0	BBL 完成面	81+538~81+570	120.268	221.384	1.841	合格
DU917	81538	81670	2004/2/24	81+600 RT2.5	BBL 完成面	81+570~81+620	76.603	250.269	3.267	不合格
DU917	81538	81670	2004/2/24	81+640 RT3.0	BBL 完成面	81+620~81+670	114.347	197.060	1.723	合格
DU918	81880	81990	2004/2/24	81+885 RT2.5	BBL 完成面	81+880~81+935	119.581	220.173	1.841	合格
DU918	81880	81990	2004/2/24	81+890 LT1.2	BBL 完成面	81+880~81+935	120.583	160.358	1.330	合格
DU918	81880	81990	2004/2/24	81+910 LT2.5	BBL 完成面	81+935~81+990	151.115	259.901	1.720	合格
DU918	81880	81990	2004/2/24	81+920 RT1.8	BBL 完成面	81+935~81+990	146.295	180.398	1.233	合格
DU923	84521	84842	2004/2/24	84+555 RT2.3	BBL 完成面	84+521~84+570	98.557	149.687	1.519	合格
DU923	84521	84842	2004/2/24	84+600 RT3.5	BBL 完成面	84+570~84+620	103.274	151.269	1.465	合格
DU908	78530	78770	2004/2/25	78+550 RT2.5	BBL 完成面	78+530~78+580	99.238	189.342	1.908	合格
DU908	78530	78770	2004/2/25	78+625 RT1.5	BBL 完成面	78+580~78+630	89.340	178.356	1.996	合格
DU908	78530	78770	2004/2/25	78+660 RT2.0	BBL 完成面	78+630~78+680	87.206	166.340	1.907	合格
DU912	80131	80325	2004/2/25	80+155 LT3.0	BBL 完成面	80+130~80+180	151.490	247.643	1.635	合格
DU912	80131	80325	2004/2/25	80+160 RT2.5	BBL 完成面	80+130~80+180	120.440	178.239	1.480	合格
DU912	80131	80325	2004/2/25	80+200 RT2.5	BBL 完成面	80+180~80+230	109.020	182.215	1.671	合格
DU912	80131	80325	2004/2/25	80+210 LT1.5	BBL 完成面	80+180~80+230	120.238	150.573	1.252	合格
DU912	80131	80325	2004/2/25	80+250 LT2.5	BBL 完成面	80+230~80+280	112.143	188.317	1.679	合格
DU912	80131	80325	2004/2/25	80+250 RT1.0	BBL 完成面	80+230~80+280	113.349	179.347	1.582	合格

DU912	80131	80325	2004/2/25	80+295 RT2.5	BBL 完成面	80+280~80+330	132.380	234.833	1.774	合格
DU912	80131	80325	2004/2/25	80+320 LT1.0	BBL 完成面	80+280~80+330	140.294	185.392	1.321	合格
DU917	81538	81670	2004/2/25	81+600 RT2.5	BBL 完成面 Re	81+570~81+620	126.414	266.253	2.106	合格
DU908	78530	78770	2004/2/26	78+720 RT1.0	BBL 完成面	78+680~78+730	91.362	173.402	1.898	合格
DU908	78530	78770	2004/2/26	78+745 RT1.5	BBL 完成面	78+730~78+770	95.379	181.228	1.900	合格
DU903	75913	76056	2004/2/27	76+045 RT2.5	BBL 完成面	76+011~76+056	101.256	140.569	1.388	合格
DU903	75913	76056	2004/2/27	76+050 RT1.0	BBL 完成面	76+011~76+056	98.563	154.221	1.565	合格
DU917	81538	81670	2004/2/27	81+555 LT1.2	BBL 完成面	81+538~81+570	118.392	165.493	1.398	合格
DU917	81538	81670	2004/2/27	81+600 LT1.5	BBL 完成面	81+570~81+620	110.684	159.309	1.439	合格
DU917	81538	81670	2004/2/27	81+645 LT2.3	BBL 完成面	81+620~81+670	119.395	166.294	1.393	合格
DU922	84115	84277	2004/2/28	84+155 RT1.5	BBL 完成面	84+115~84+169	105.589	169.541	1.606	合格
DU922	84115	84277	2004/2/28	84+205 RT2.5	BBL 完成面	84+169~84+223	100.256	178.546	1.781	合格
DU922	84115	84277	2004/2/28	84+233 RT2.5	BBL 完成面	84+223~84+277	97.507	146.922	1.507	合格
DU910	79700	79875	2004/3/5	79+745 LT1.0	BBL 完成面	79+700~79+750	98.340	128.395	1.306	合格
DU910	79700	79875	2004/3/5	79+760 LT2.5	BBL 完成面	79+750~79+800	86.239	145.295	1.685	合格
DU910	79700	79875	2004/3/5	79+820 LT1.5	BBL 完成面	79+800~79+850	82.342	159.338	1.935	合格
DU910	79700	79875	2004/3/5	79+855 LT2.5	BBL 完成面	79+850~79+875	86.589	138.296	1.597	合格
DU901	68540	68565	2004/3/20	68+560 LT1.0	BBL 完成面	68+540~68+565	120.981	165.332	1.367	合格
DU901	68540	68565	2004/3/20	68+545 RT1.5	BBL 完成面	68+540~68+565	125.963	175.486	1.393	合格

