

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

粒度，雜物含量，水泥混合量對剩餘土石方工程性質之影響

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92-2211-E-216-004-

執行期間：92年08月01日至93年07月31日

執行單位：中華大學土木工程學系

計畫主持人：楊朝平

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 8 月 21 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

粒度、雜物含量、水泥混含量對剩餘土石方工程性質之影響

The Influence of Gradation, Debris Content and Cement Content on the Engineering Properties of Excess Construction Soils

計畫編號：NSC 92-2211-E-216-004

執行期限：92 年 8 月 1 日至 93 年 7 月 31 日

主持人：楊朝平 副教授 中華大學土木系

摘要

本計劃使用分類自 921 震災營建副產物之剩餘土石方為試料，將其調製成五種雜物含量及六種粒度，分別觀察其工程性質。另以五種水泥含量固化剩餘土石方之細料，並施行抗壓試驗。根據試驗結果，於雜物含量大於 2.0% 之試料，方可觀察出其夯實最大乾單位重有降低情形，並參酌國內廠商之分類能力，建議雜物含量容許值為 1.5%。比較上，判定粗料含量 60%、細料含量 40% 之試料為最佳級配者；其破碎度為 15.12%，僅為 100% 粗料含量試料之一半；其最大乾單位重 18.6 kN/m^3 、加州承載比 78，於 6 種粒度試料裡最大。另一方面，土壤水泥試體之水泥含量超過 4% 時，改良效果佳，其無圍壓縮強度可達夯實試體之 25 倍。

關鍵詞：剩餘土石方、雜物含量、粒度、土壤水泥

Abstract

This project proposes to use excess construction soils reclaimed from the by-product materials of 921 Chi-chi earthquake's as testing materials. Set five types of debris content and six types of gradation for observing their engineering properties. The fine materials will be solidified with four types of cement contents and tested to observe their compression strength. According to the results of compaction tests, when the samples with debris content exceed 2.0%, their maximum dry unit weight start to decrease apparently. And consider the ability of reclamation of factories in Taiwan, set the value of allowable debris content as 1.5% is acceptable. Comparatively, it is preferable to mix the excess soils with a gradation of 60 percent coarse portion and 40 percent fine part, because the breakage yielded in this testing material after compacted was 15.12%, this value is just a half of that in testing material with 100% coarse portion. Moreover, above-mentioned testing material achieved 78% of *CBR* and 18.6 kN/m^3 of maximum dry unit weight, these properties are the most excellent one in six testing materials with different gradations. When the cement contents are larger than 4 percent in weight, the unconfined compression strengths of soil cement are increased apparently. The unconfined compression strengths of soil cement could become twenty five times of the one of the compacted soil.

Keywords: excess construction soils, debris content, gradation, soil cement

一、緣由與目的

台中地區營建副產物裡有八成 來自 921 地震之建築拆除物裡有九成是可再利用之剩餘土石方（混凝土塊、磚瓦、陶磁、土等）。而營建副產物必需被分類去除雜物，使成剩餘土石方，並將剩餘土石方破碎後，方能再利用於填方及路堤、堤防等構造物上。惟因剩餘土石方是特殊土料，其雜物含量及粒度等對工程性質（破碎度、夯實、加州承載比 CBR 等）之影響性仍有待調查。另一方面，一般使用者比較傾向再利用剩餘土石方之粗料而捨細料，惟細料約佔剩餘土石方的 20%~30%，應考慮予以適度處理（如土壤水泥技術等），以提昇其再利用性。

二、研究方法

1. 制式試驗法

粒徑分布(ASTM D-422)、修正夯實試驗(JIS-A-1210-2.5)、加州承載比試驗(ASTM D1883)、無圍壓縮試驗(ASTM D-2166)。

2. 不同雜物含量試料之調製

調製供夯實試驗及加州承載比試驗用試料之雜物含量分別取為 0.1%、0.5%、1.0%、2.0%。其調製方法為，於分類工程現地收集雜物，視五場剩餘土石方之原雜物含量，再依重量比加減其雜物以調製出雜物含量為 0.5%、1.0%、2.0% 之試料；而雜物含量為 0.1% 之試料，則是依撿拾浸水法去除雜物氣乾者。

3. 不同級配試料之調製

將取自五場的剩餘土石方均勻混合後，再分成粗料與細料，接著調製六種不同粗細料比例之試料，六種不同粗細料比例之代號以 C_xF_y 表示，其中 C_x 表粗料含量(10×x)%、 F_y 表細料含量(10×y)%，即粗細料比例為 100:0、80:20、60:40、40:60、20:80、0:100 之試料以 C10F0、C8F2、C6F4、C4F6、C2F8、C0F10 分別代表之。

4. 量化破碎度

即對各試料計算其夯實前、後於各篩網之停留率變化 ΔW_k ， ΔW_k 增加者記為(正)、減少者記為(負)，則破碎度 B_g 為正 ΔW_k 之總合($B_g = \sum + \Delta W_k$)。

5. 製作土壤水泥試體

分別將試料於最佳含水量下拌合水泥成土壤水泥混合料，混合料之水泥含量 $a_w=0\%$ 、4%、8%、12%、16% 五種。依夯實規範將混合料夯實成土壤水泥試體，並養護 7 天，供無圍壓縮強度試驗用。

三、試驗結果

3.1 雜物含量對剩餘土石方性質之影響

四種不同雜物含量試料之夯實曲線示於圖 1，其最佳狀態含水比 w_{opt} 於雜物含量為 0.1%、0.5%、1.0%、2.0% 之試料分別為 10.3%、10.9%、11.2%、12.0%，隨著雜物含量增加其 w_{opt} 亦增大。其最大乾單位重 $\gamma_{d(max)}$ 於雜物含量為 0.1%、0.5%、1.0%、2.0% 之試料分別為 19.6 kN/m^3 、 19.4 kN/m^3 、 18.8 kN/m^3 、 18.5 kN/m^3 ，隨著雜物含量增加其 $\gamma_{d(max)}$ 遞減。即隨著雜物含量的增加，其夯實曲線有明顯向右下方遷移之趨勢，於雜物含量 2.0% 之試料更明顯。另一方面，依雜物含量 0.1%、0.5%、1.0%、2.0% 之順序，各試料之 $CBR_{0.95}$ 為 22、26、24、27，無法觀察出雜物含量對 $CBR_{0.95}$ 值的明顯影響趨勢。

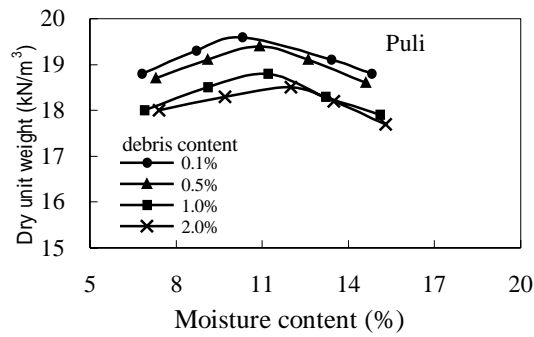


圖 1 剩餘土石方之夯實性質（不同雜物含量）

3.2 級配對剩餘土石方性質之影響

圖 2 為所調製 6 種不同級配試料在夯實前、後之粒徑分佈曲線，比較圖 2(a)、圖 2(b)，知曉如 C10F0 試料、C8F2 試料含較多粗料者，其因顆粒破碎細料化程度高，致夯實前、後的粒徑分佈曲線變化大。其 B_g 依 C0F10、C2F8、C4F6、C6F4、C8F2、C10F0 之試料順序分別為 8.61%、11.02%、13.35%、15.12%、21.69%、29.70%，隨著粗料含量增加其破碎度增加，尤其是當試料之粗料含量大於 60% 時 B_g 增加率明顯變大。故依顆粒破碎細料化現象，建議剩餘土石方之粗料含量不宜大於 60%。

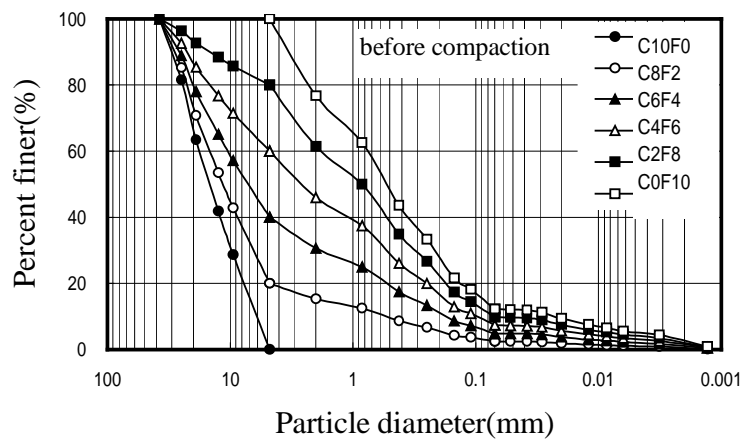
圖 3 為六種級配試料之夯實性質，其 $\gamma_{d(max)}$ 於 C10F0、C8F2、C6F4、C4F6、C2F8、C0F10 之試料分別為 16.8 kN/m^3 、 18.3 kN/m^3 、 18.6 kN/m^3 、 18.5 kN/m^3 、 17.9 kN/m^3 、 17.3 kN/m^3 ；若僅依夯實性質，比較上認為 C8F2、C6F4、C4F6 三試料為較佳級配者。

另一方面，於 C10F0、C8F2、C6F4、C4F6、C2F8、C0F10 之試料，其 $CBR_{0.95}$ 分別為 66、70、78、57、40、39， $CBR_{0.95}$ 值由 C10F0 試料之 66 漸增至 C6F4 試料之 78 達最大後，漸減至 C0F10 試料之 39。因為可被接受為路堤底層材之 CBR 需大於 35、路基材之 CBR 須大於 15，故知曉 6 種級配之剩餘土石方皆可再利用。

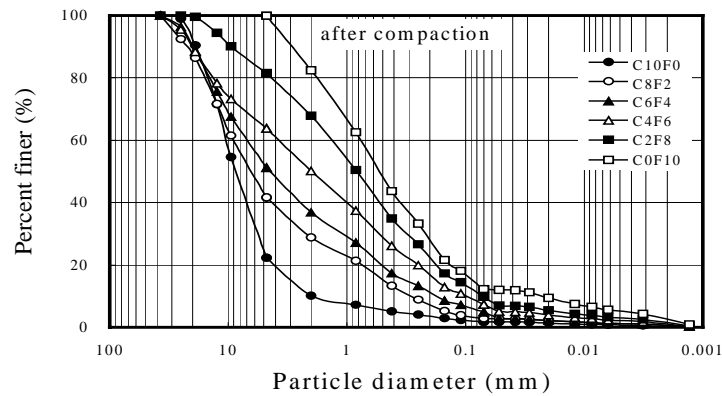
為路堤材料。

3.3 土壤水泥之強度

剩餘土石方細料經土壤水泥技術處理後之強度變化情形示於表 1，知曉土壤水泥試體之水泥含量在 4% 以下時，無圍壓縮強度 q_u 增加速度緩慢，超過 4% 時其 q_u 值明顯倍增；唯水泥含量增至 12% 後，其 q_u 值增加率趨緩和。土壤水泥試體之彈性模數 E_{30} 亦示於表 1，其與水泥含量間之變化趨勢同無圍壓縮強度者。



(a) 夯實前



(b) 夯實後

圖 2 不同級配試料夯實前、後之粒徑分佈變化

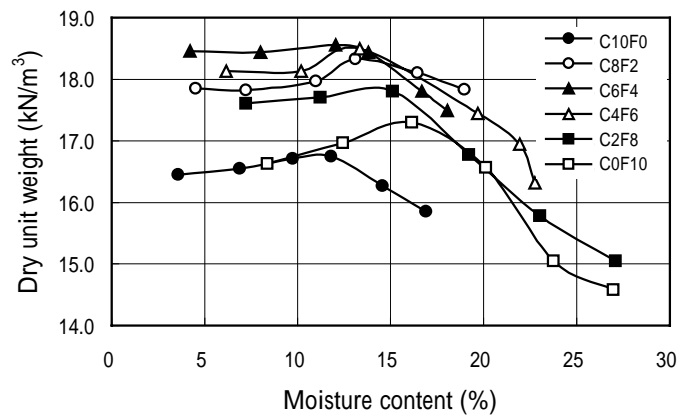


圖 3 不同級配試料之夯實性質

表 1 土壤水泥試體之無圍壓縮強度

水泥含量 (%)	含水量 (%)	無圍壓縮強度 q_u (kPa)	彈性模數 E_{50} (MPa)
0	11.75	210.7	15.3
4	13.20	2294.3	143.4
8	13.52	3724.5	209.2
12	12.71	4746.1	230.4
16	12.85	5378.2	231.8

四、結論

1. 根據試驗結果，於雜物含量大於 2.0% 之試料，方可觀察出其夯實最大乾單位重有降低情形，並參酌國內廠商之分類能力，建議雜物含量容許值為 1.5%。
2. 比較上，判定粗料含量 60%、細料含量 40% 之試料為最佳級配者；其破碎度為 15.12%，僅為 100% 粗料含量試料之一半；其最大乾單位重 18.6 kN/m^3 、加州承載比 78，於 6 種粒度試料裡最大。
3. 土壤水泥試體之水泥含量超過 4% 時，改良效果佳，其無圍壓縮強度強度可達夯實試體之 25 倍。