

混凝土結構物鑽心試體強度與試體尺寸之關係

林万傑^{1*}、盧俊愷²

¹國立屏東科技大學土木工程系研究生（屏東縣內埔鄉老埤村學府路 1 號）

²國立屏東科技大學土木工程系教授（屏東縣內埔鄉老埤村學府路 1 號）

* 聯絡人：[林万傑chieh5911@yahoo.com.tw](mailto:chieh5911@yahoo.com.tw)

摘要

混凝土強度關係著結構物使用安全性及壽命，為了確認混凝土達到設計強度，施工期間透過混凝土圓柱試體抗壓試驗法取得圓柱試體抗壓強度，完工後則由現場鑽心試體取得抗壓強度，以評估結構體實際強度。目前許多廠商取用之鑽心試體尺寸不盡相同，本文即針對不同鑽心尺寸與強度之關係進行探討。

本研究製作設計強度分別為 175kg/cm² 與 280 kg/cm²混凝土擋土牆各一座，於自然環境中暴露在未遮蔽環境下，經過一年期間，分別鑽心取樣直徑為 5.0 cm、7.5 cm、10.0 cm 及 15.0 cm 四種尺寸，長徑比 L/D 為 2 之鑽心混凝土試體，進行抗壓強度試驗及數值分析結果，以提供作為工程上評斷及審查混凝土結構物強度之參考。

關鍵字：混凝土強度、鑽心試驗、長徑比、鑽心試體尺寸

1、前言

近年來政府努力推行老舊校舍整建政策，自民國 98 年至 101 年間，在振興經濟擴大公共建設投資計畫中，由教育部針對加速國中小老舊校舍補強整建計畫編列約 260 億元，加速高中職老舊校舍補強整建計畫編列約 209 億元（行政院公共工程委員會全球資訊網網站，2008），期望在有限的預算下，加速進行國中小及高中職老舊校舍結構物有安全疑慮或補強不足部分進行改善，依據最新建築法規興建安全堅固之校舍供師生進行教學，並能提供堅固校舍，維護師生安全。

老舊校舍整建政策，除加強落實學校建築與校園整體規劃外，同時落實校舍耐震評估和強化校舍耐震設計，其執行內容包括辦理資料收集、現況調查、材料試驗、標的物結構電腦模型建立及分析、耐震能力詳細評估與分析後，進而修復補強方案初步規劃及經費概估等步驟，而其中材料試驗係依據抽樣試驗結果評估建築物材料現況作為評估之依據，一般非破壞性試驗法因只能顯示混凝土之相對品質，故僅能用在工地之試驗數據比較，供相對品質均勻性之評估，或配合鑽心試驗決定取樣位置之參考，其試驗結果不得單獨作為混凝土品質評估、認可或拒收之依據。有鑑於此，依內政部「結構混凝土施工規範」(內政部營建署編輯委員會，2002)第 18.4 節之規定進行結構體混凝土鑽心試體強度之檢驗，作為老舊校舍材料試驗評估之依據。由於結構體混凝土之強度與圓柱試體之強度不同，為對結構體之安全做評估，須以實際強度為依據，故需做結構體混凝土強度之評估。以現有技術而言，鑽心試驗之結果最能代表結構體混凝土之實際強度。

廠商在施工後所提出的鑽心試體強度，因結構物型態或取樣條件之限制，所鑽取試體尺寸從直徑 5 cm到 15 cm都有，所產生的混凝土強度差異性頗大，嚴重影響到整體結構物檢測評估之結果，本研究以尋求混凝土鑽心試體尺寸與真實強度間的差異性及代表性，透過數值分析並據以作為檢驗結構物及評估、查核項目參考。

2、文獻回顧

依據 CNS 1238（經濟部標準檢驗局，2011）及混凝土工程施工規範與解說(土木 402-94a) 第 17.5 節規定承載構件之抗壓強度試驗用鑽心試體的最小直徑為 94 mm。其鑽心試體直徑不宜低於標稱最大粒徑之 3 倍，且至少不低於標稱最大粒徑 2 倍。而在結構混凝土施工規範第 18.5 節(鑽心試驗)及混凝土工程施工規範與解說(土木 402-94a) 第 17.5 節規定，鑽心試體之直徑不得小於混凝土粗骨材標稱最大粒徑之 3 倍，且不小於 5 cm，其長度不得小於其直徑(最好為直徑之二倍)。

CNS1238 提到，標稱直徑 5cm 鑽心試體與標稱直徑 10cm 鑽心試體比較，其抗壓強度會較低，且變異性較大，直徑較小的試體其抗壓強度易受長徑比 L/D 的影響。

1999 年 Ahmed E.Ahmed (Ahmed E.Ahmed,1999) 研究提到，鑽心試體直徑愈大，其抗壓強度會較高。

國內外也有學者提出相反意見，從微觀角度來說，當試體變大時，也會因為涵蓋體積較大，而使缺陷分佈的差異變小，所試驗出來的結果將產生較小的變異性，這是由於混凝土泌水及析離現象發生時，聚集於粗、細骨材下方產生水袋或氣袋現象，而這些缺陷所連成的弱面，則是控制混凝土強度的因即「最弱環」理論，試體尺寸越大，在固定荷重作用下，較容易受到壓碎破壞，使強度變小，此即為控制混凝土強度的「最弱環」理論，使強度變小。如圖 2-1 試體 L/D 為 2 直徑與標準圓柱試體抗壓強度關係圖所示，標準圓柱試體長徑比 (L/D) 為 2.0，15 公分直徑圓柱試體相對強度為 100%，隨著圓柱試體直徑增加，相對強度有明顯減少趨勢，當直徑增加至 60 cm，相對強度僅占 15 ϕ \times 30 標準試體 85% (U.S. Bureau of Reclamation, 1975)，混凝土圓柱試體直徑越大，相對強度越低。

現有的理論強度皆以標準試體於實驗室中製作及養護，未考量結構物受現地環境氣候條件變化，無法充分進行養護之下，造成強度減弱等因素，本文即為模擬現地條件，結構物未特別進行養護下，進行試驗。

3、試驗步驟

為達成研究目的，本文設計 2 座不同強度之擋土牆，混凝土材料設計強度分別為 175 kg/cm²及 280 kg/cm²，靜置於空曠農地中試驗，一般露天結構物受氣候影響條件，歷經一年時間模擬，由 2 種不同強度擋土結構各取 41 顆鑽心試體，合計 82 顆，進行抗壓試驗。

在擋土牆結構物澆置同時，不同強度混凝土各做一組標準圓柱試體 15 ϕ \times 30 cm，分別檢驗 7 天及 28 天材齡抗壓強度，以作為後續鑽心試驗抗壓強度之參考，另為排除其他干擾條件，依據 CNS 3090 規定，新拌混凝土中最大水溶性氯離子含量，預力混凝土為 0.15 kg/m³，鋼筋混凝土為 0.3 kg/m³，經現地取

樣試驗結果，皆符合規範要求。

3.1 試驗擋土牆製作

本試驗計畫共製作 2 座重力式擋土牆，上底 25 cm，下底 40 cm，高度 180 cm，長度L為 6M，混凝土強度分別為 175 kg/cm²及 280 kg/cm²，入土深度為高度 1/3，以抵抗風力影響及試驗鑽孔期間衝擊力。為比較不同強度混凝土在鑽心尺寸變化情形下關係。

3.2 混凝土配比

本研究中，鑽心試體其最小直徑為 5 cm，最大直徑為 15 cm，為符合CNS 1238 之 6.1 規定，鑽心試體最小直徑不宜低於粗粒料標稱最大粒徑的 3 倍，且應至少不低於粗粒料標稱最大粒徑的 2 倍，選用骨材標稱最大粒徑為 2.0 cm、坍度為 15 cm、水灰（膠）比 280 kg/cm²為 0.44；175 kg/cm²為 0.67，砂細度模數F.M 為 2.84 等等之條件。而一般預拌混凝土廠為考量其新拌混凝土在運輸及現場澆置或程中強度損失，並為保證品質無虞，通常其混凝土目標強度會高於設計強度，在本文研究中，將以標準圓柱試體 28 天平均強度作為與各鑽心試體比較基準，並將 175 kg/cm²配比所得標準圓柱試體 28 天平均強度取為TYPE L型；280 kg/cm²配比所得標準圓柱試體 28 天平均強度取為TYPE H型，其各型混凝土配合設計計算詳如表 3-1 及 3-2 所示。

3.3 混凝土鑽心試體取樣

為長期觀察混凝土結構物暴露於自然無遮掩環境下之狀態，本研究將試驗用重力式擋土牆置於屏東市區某農地，時間經歷一年，於施工完成拆模後，如一般工程構造物情況，未進行特別養護，比較鑽心試體長徑比 L/D 為 2 時，分別探討混凝土強度分別為 TYPE L 型及 TYPE H 型時，鑽心尺寸與強度之影響。

本研究由2組不同強度重力式擋土牆中鑽心取樣，在長徑比固定為2，鑽心試體尺寸皆採設計直徑5 ϕ ×10cm、7.5 ϕ ×15cm、10 ϕ ×20cm及15 ϕ ×30cm製作。配合直徑為5cm、7.5cm、10cm、15cm之4種直徑之鑽心試體各9個，試體數量計72個。在鑽心過程中，須注意鑽頭與牆面保持垂直，以控制各試體取樣過程條件一致，經初步檢視結果，排除破損或歪斜情況。

3.4 鑽心試體抗壓

本研究為混凝土鑽心試驗，將場製重力式擋土牆做為試驗對象，分別製作強度 TYPE L 及 TYPE H 兩種組態，同時進行鑽心試體取樣及抗壓試驗，過程中並依據 CNS 規定完成混凝土材料之澆置、搗實、拆模、鑽心取樣及抗壓試驗。

第 4 章 試驗結果分析與討論

透過鑽心試體抗壓試驗取得數據，經統計分析，表現資料特性，並透過統計表、統計圖來顯示及描述統計資料的一般型態或變異的情形。

4.1 標準圓柱試體抗壓強度

在完成試驗擋土牆澆置時，對於混凝土強度而言，須檢驗是否達到設計強度，依據不同強度分別製作 7 天齡期 1 個及 28 天齡期 2 個標準圓柱試體，經試驗結果：原設計為 175 kg/cm²混凝土 7 天抗壓強度 177kgf/cm²，28 天抗壓強度各為 258 kgf/cm²、259 kgf/cm²，平均強度為 258.5 kgf/cm²，破壞形態皆為C型；原設計 280 kg/cm²混凝土 7 天抗壓強度 267kgf/cm²，破壞形態為A型，28 天抗壓強度各為 388 kgf/cm²、402 kgf/cm²，平均強度為 395kgf/cm²破壞形態為A及C型各一，試驗結果皆符合設計強度要求。

由實驗結果數據發現，一般預拌混凝土廠為保證產品品質合格，強度無虞，通常會將混凝土目標強度調整為大於設計強度，以達到工地品管要求。如本文設計為 175 kgf/cm²，28 天平均抗壓強度為 258.5 kgf/cm²，高於設計強度 47%；而 280 kgf/cm²混凝土則高於設計強度 41%，因為兩種混凝土目標強度皆高出配比強度甚多，故本研究採以 28 天圓柱試體平均抗壓強度作為與鑽心試體比較對象，較符合實際情況，以下各簡稱為TYPE L及TYPE H強度混凝土。

4.2 鑽心試體抗壓強度

為探討混凝土材料鑽心尺寸對強度之影響，特別設計結構擋土牆，以製作不同直徑之鑽心試體，並針對 TYPE L 及 TYPE H 兩種混凝土分別試驗及比較結果如下：

鑽取TYPE L擋土牆，取長徑比L/D為 2 等比例，鑽心試體直徑為 5.0 cm、7.5 cm、10.0 cm及 15.0 cm等 4 種尺寸各 9 個，合計 36 個，試體編號方式為【混凝土強度-試體直徑-編號號碼】，例如混凝土設計強度 175 kg/cm²，取樣D為 5 cm的第一顆試體，其試體編號即為 175-5-1。經鑽心後抗壓試驗結果：5 ϕ ×10 cm鑽心試體 175-5-1~175-5-9，試體平均強度為 357.04kgf/cm²；7.5 ϕ ×15 cm鑽心試體 175-7.5-1 至 175-7.5-9，其試體平均強度為 361.56kgf/cm²；10 ϕ ×20 cm鑽心試體 175-10-1~175-10-9，試體平均強度為 291.76kgf/cm²；15 ϕ ×30 cm鑽心試體 175-15-1~175-15-9，試體平均強度為 288.75kgf/cm²。試驗結果彙整如表 4-1 TYPE L擋土牆鑽心試體抗壓強度表，並繪製如圖 4-1 TYPE L擋土牆鑽心試體抗壓強度分佈圖及 4-2 TYPE L擋土牆各組鑽心試體強度分佈圖所示。

鑽取TYPE H擋土牆，長徑比L/D為 2，鑽心試體直徑為 5 cm、7.5 cm、10.0 cm及 15 cm等 4 種尺寸各 9 個，合計 36 個，試體編號方式為【混凝土強度-試體直徑-編號號碼】，例如混凝土設計強度 280 kg/cm²取樣D為 10 cm的第一顆試體，其試體編號即為 280-10-1。經鑽心試驗結果：5 ϕ ×10 cm鑽心試體 280-5-1~280-5-9，試體平均強度為 500.22kgf/cm²；7.5 ϕ ×15 cm鑽心試體 280-7.5-1~280-7.5-9，試體平均強度為 521.98kgf/cm²；10 ϕ ×20 cm鑽心試體 280-10-1~280-10-9，其試體平均強度為 439.73kgf/cm²；15 ϕ ×30 cm鑽心試體 280-15-1~280-15-9，試體平均強度為 451.30kgf/cm²。試驗結果彙整如表 4-2 TYPE H擋土牆鑽心試體抗壓強度表，並繪製如圖 4-3 TYPE H擋土牆鑽心試體抗壓強度分佈圖及 4-4 TYPE H擋土牆各組鑽心試體強度分佈圖所示。

4.3 TYPE L 擋土牆鑽心試體強度分析

透過統計方式，本節將比較在設計強度相同混凝土，在鑽心試體長徑比相同及不同時，各不同直徑試體間的差異性，藉由數值比較及統計圖表的呈現，反應試驗結果及其代表性。

統計計算結果，在四組不同直徑尺寸中，以 7.5 ϕ ×15 cm這組數據平均值 361.56 kgf/cm²為最高，表示

具有最高中心位置或中央趨勢。而其次為 5 ϕ × 10 cm 數據平均值 357.04 kgf/cm² 為次高；再其次為 10 ϕ × 20 cm 數據平均值 291.76 kgf/cm²；以 15 ϕ × 30 cm 這組數據平均值 288.75 kgf/cm² 為最低，各組鑽心試體長期平均強度之高低排列順序，依序為：7.5 ϕ × 15 cm > 5 ϕ × 10 cm > 10 ϕ × 20 cm > 15 ϕ × 30 cm。

透過計算各分組數值之標準差S、變異數S²及變異係數CV，計算結果如下：

以 7.5 ϕ × 15 cm 標準差為 ±22.64、變異數S²為 512.56、變異係數CV為 6.26% 最小，表示試驗結果精度較高，數值分散程度最小；以 15 ϕ × 30 cm 標準差為 ±26.05、變異數S²為 678.68、變異係數CV為 9.02% 次之；以 5 ϕ × 10 cm 標準差為 ±36.14、變異數S²為 1306.02、變異係數CV為 10.12% 再次之；而以 10 ϕ × 20 cm 標準差為 ±43.98、變異數S²為 1934.27、變異係數CV為 15.07% 居末，由於標準差、變異數及變異係數均與試驗值與平均值差值的平方根有關，當差值被平方根放大後，各組資料成果值好壞便很明顯被判斷出來，而成果優劣順序依序為：7.5 ϕ × 15 cm > 15 ϕ × 30 cm > 5 ϕ × 10 cm > 10 ϕ × 20 cm，內容詳列如表 4-3 TYPE L 擋土牆L/D 為 2 鑽心試體抗壓強度統計表。

4.4 TYPE H 擋土牆鑽心試體強度分析

由四組不同直徑尺寸中，如同TYPE L 擋土牆鑽心試體強度一樣以 7.5 ϕ × 15 cm 這組數據平均值 521.98 kgf/cm² 為最高，表示具有最高中心位置或中央趨勢。而其次一樣為 5 ϕ × 10 cm 數據平均值 500.22 kgf/cm² 為次高；再其次為 15 ϕ × 30 cm 數據平均值 451.30 kgf/cm²；以 10 ϕ × 20 cm 這組數據平均值 439.73 kgf/cm² 為最低，各組鑽心試體長期平均強度之高低排列順序，依序為：7.5 ϕ × 15 cm > 5 ϕ × 10 cm > 15 ϕ × 30 cm > 10 ϕ × 20 cm。

透過計算各分組數值之標準差S、變異數S²及變異係數CV計算結果如下：

以 10 ϕ × 20 cm 標準差為 ±17.96、變異數S²為 322.73、變異係數CV為 4.08% 最小，表示試驗結果精度較高，數值分散程度最小；以 15 ϕ × 30 cm 標準差為 ±27.88、變異數S²為 777.40、變異係數CV為 6.18% 次之；以 7.5 ϕ × 15 cm 標準差為 ±30.25、變異數S²為 915.09、變異係數CV為 5.80% 再次之；而以 5 ϕ × 10 cm 標準差為 ±43.51、變異數S²為 1893.56、變異係數CV為 8.70% 居末，由於標準差、變異數及變異係數均與試驗值與平均值差值的平方根有關，當差值被平方根放大後，各組資料成果值好壞便很明顯被判斷出來，而成果優劣順序依序為：10 ϕ × 20 cm > 15 ϕ × 30 cm > 7.5 ϕ × 15 cm > 5 ϕ × 10 cm，內容詳列如表 4-4 TYPE H 擋土牆鑽心試體抗壓強度統計表。

4.5 鑽心試體平均強度與標準圓柱試體 28 天平均強度比較

由 TYPE L 擋土牆長期強度，材齡為靜置 365 天，取不同尺寸鑽心試體進行抗壓試驗結果，取樣試體在長徑比固定為 2 時，以 7.5 ϕ × 15 cm 及 5 ϕ × 10 cm 兩者都接近 1.38 為最高，其次 15 ϕ × 30 cm 為 1.17；以 10 ϕ × 20 cm 為 1.13 為最低。統計結果其強度除甚高於設計強度外，與標準圓柱試體抗壓強度之比值皆介於 1.13~1.38 之間。

由 TYPE H 擋土牆在同樣條件下，鑽心試體強度與 28 天圓柱試體強度比值以 7.5 ϕ × 15 cm 為 1.32 為最高；5 ϕ × 10 cm 為 1.27 次之；再其次 15 ϕ × 30 cm 為 1.13；以 10 ϕ × 20 cm 為 1.09 為最低。統計結果其強度除甚高於設計強度外，與標準圓柱試體抗壓強度之比值皆介於 1.09~1.32 之間，與張世杰在未養護靜置 76

天後取樣牆比值介於 0.51~0.63 間、取樣版介於 0.46~0.58 間試驗結果比較，已有 2 倍以上之差距。

4.6 綜合討論

將 TYPE L 與 TYPE H 擋土牆之各組鑽心試體平均抗壓強度，彙整如圖 4-5 TYPE L 與 TYPE H 擋土牆之各組鑽心試體平均抗壓強度比較圖時，發現二組試體強度線型上有共通點，直徑 5 cm 及 7.5 cm 試體強度相差不大，直徑 10 cm 及 15 cm 試體強度相差也不明顯，線形起伏斜率不大，而在直徑 7.5 cm 與 10 cm 之間則出現陡峭的斜率。就前節依據統計數據分析結果，直徑 5 cm 試體存在著高標準差、高變異數及資料分散等風險，故成果精度較差，直徑 7.5 cm 與 10 cm 之間則有陡峭的斜率，變異性大，故就圖形初步評估，應以直徑 10 cm 直 15 cm 鑽心試體強度較具代表性。

第 5 章 結論

經由各分組資料試驗數據統計分析，綜合討論結果可歸納結論如下：

- 1、 由本研究可知，不管是 TYPE L 或 TYPE H 兩種不同強度混凝土中，以 15 ϕ \times 30 cm 之鑽心試體其實驗數據較為穩定，與其他尺寸試體比較其標準差及變異係數皆為最小，表示成果精度較佳，誤差範圍小，可見以此種鑽心尺寸之鑽心試體較具代表性，所得的研究結果與張世杰（混凝土鑽心試體尺寸與強度關係之探討，2011）之結果相同。
- 2、 在兩組不同強度混凝土鑽心試驗中，經比較結果，明顯以 TYPE H 混凝土所得的標準差值平均較小，取樣直徑越大，標準差及變異係數越小，所得結果呈現反比關係，顯示混凝土強度較高者，對於鑽心試體抗壓試驗成果越準確。
- 3、 對於不同強度混凝土擋土牆鑽心試驗結果，5 ϕ \times 10 cm 之鑽心試體標準差介於 ± 36.14 至 ± 43.51 之間，變異係數介於 8.70% 至 10.12%，誤差過大，所得成果較不具有代表性。而所得的研究結果與張世杰（2011）之結果相同，鑽心試體強度 5 ϕ \times 10 cm 之鑽心試體變異係數，較其他三組鑽心直徑試體大，故較不適合當作鑽心試體用。
- 4、 將 TYPE L 與 TYPE H 擋土牆之各組鑽心試體平均抗壓強度作一比較，發現二組試體強度線型上有共通點，直徑 5 cm 及 7.5 cm 試體強度彼此間起伏不大，直徑 10 cm 及 15 cm 試體強度相差也不明顯，線形起伏斜率不大，而在直徑 7.5 cm 與 10 cm 之間則出現陡峭的斜率，顯示其間變異性大，應以直徑 10 cm 至 15 cm 鑽心試體強度試驗值差異性小，較具代表性。
- 5、 就研究成果顯示，在 TYPE L 混凝土中，7.5 ϕ \times 15 cm 及 5 ϕ \times 10 cm 抗壓強度為 361.56~357.04 kgf/cm² > 10 ϕ \times 20 cm 值 291.76 kgf/cm² > 15 ϕ \times 30 cm 值 288.75 kgf/cm²；同樣地，在 TYPE H 混凝土中，7.5 ϕ \times 15 cm 及 5 ϕ \times 10 cm 也大於 10 ϕ \times 20 cm 及 15 ϕ \times 30 cm 值，與圖 2-1 所得結論相同，試體直徑越大，所得強度越低。

表 3-1 TYPE L 型混凝土配合設計計算表

1	設計強度(kg/cm ²)	175	12	每方細骨材所佔體積(L)	339.56
2	目標強度(kg/cm ²)		13	每方粗骨材所佔體積(L)	333.51
3	最大粒徑(cm)	2.0	14	每方空氣含量體積(L)	10
4	坍度(cm)	15	15	砂石來源	里 港
5	水灰(膠)比	0.67	16	水泥廠牌	台灣水泥
6	砂細度	2.84	17	水泥比重	3.15
7	細骨材比重	2.61	18	每方淨用水(kg)	215
8	粗骨材比重	2.66	19	每方水泥用量(kg)	321
9	砂佔粒料百分比	50.45	20	每方細骨材所佔用量(kg)	886
10	每方水泥體積(L)	101.89	21	每方粗骨材所佔用量(kg)	887
11	粒料所佔體積(L)	673.07	22	每方空氣含量 %	1.0 %
			每立方總重: 2309 kg		

表 3-2 TYPE H 型混凝土配合設計計算表

1	設計強度(kg/cm ²)	280	12	每方細骨材所佔體積(L)	284.18
2	目標強度(kg/cm ²)		13	每方粗骨材所佔體積(L)	335.63
3	最大粒徑(cm)	2.0	14	每方空氣含量體積(L)	10
4	坍度(cm)	15	15	砂石來源	里 港
5	水灰(膠)比	0.44	16	水泥廠牌	台灣水泥
6	砂細度	2.84	17	水泥比重	3.15
7	細骨材比重	2.61	18	每方淨用水(kg)	215
8	粗骨材比重	2.66	19	每方水泥用量(kg)	489
9	砂佔粒料百分比	45.85	20	每方細骨材所佔用量(kg)	742
10	每方水泥體積(L)	155.15	21	每方粗骨材所佔用量(kg)	893
11	粒料所佔體積(L)	619.81	22	每方空氣含量 %	1.0 %
			每立方總重: 2338 kg		

表 4-1 TYPE L 擋土牆鑽心試體抗壓強度表

單位：kgf/cm²

編號	15 ϕ ×30 cm抗壓 強度	編號	10 ϕ ×20 cm抗壓 強度	編號	7.5 ϕ ×15 cm抗壓 強度	編號	5 ϕ ×10 cm抗壓 強度
175-15-1	246.59	175-10-1	249.33	175-7.5-1	352.74	175-5-1	392.00
175-15-2	305.09	175-10-2	244.69	175-7.5-2	371.05	175-5-2	397.82
175-15-3	304.98	175-10-3	334.72	175-7.5-3	353.79	175-5-3	392.28
175-15-4	310.83	175-10-4	324.27	175-7.5-4	368.22	175-5-4	350.91
175-15-5	299.51	175-10-5	232.88	175-7.5-5	401.72	175-5-5	358.18
175-15-6	243.30	175-10-6	276.97	175-7.5-6	330.12	175-5-6	281.72
175-15-7	288.65	175-10-7	282.01	175-7.5-7	337.19	175-5-7	334.27
175-15-8	310.00	175-10-8	337.04	175-7.5-8	353.75	175-5-8	347.64
175-15-9	289.76	175-10-9	343.96	175-7.5-9	385.47	175-5-9	358.55
平均	288.75		291.76		361.56		357.04

表 4-2 TYPE H 擋土牆鑽心試體抗壓強度表

單位：kgf/cm²

編號	15 ϕ ×30 cm抗壓 強度	編號	10 ϕ ×20 cm抗壓 強度	編號	7.5 ϕ ×15 cm抗壓 強度	編號	5 ϕ ×10 cm抗壓 強度
280-15-1	514.84	280-10-1	459.75	280-7.5-1	547.88	280-5-1	416.10
280-15-2	452.72	280-10-2	426.50	280-7.5-2	530.80	280-5-2	462.65
280-15-3	446.73	280-10-3	478.46	280-7.5-3	527.51	280-5-3	550.65
280-15-4	451.74	280-10-4	431.43	280-7.5-4	506.62	280-5-4	523.56
280-15-5	427.98	280-10-5	428.76	280-7.5-5	481.23	280-5-5	477.83
280-15-6	414.14	280-10-6	441.91	280-7.5-6	496.53	280-5-6	540.20
280-15-7	443.10	280-10-7	433.60	280-7.5-7	535.55	280-5-7	497.10
280-15-8	446.95	280-10-8	424.98	280-7.5-8	494.42	280-5-8	538.20
280-15-9	463.47	280-10-9	432.19	280-7.5-9	577.24	280-5-9	495.65
平均	451.30		439.73		521.98		500.22

4-3 TYPE L 擋土牆鑽心試體抗壓強度統計表

統計項目	試體尺寸 (cm)			
	15 ϕ \times 30	10 ϕ \times 20	7.5 ϕ \times 15	5 ϕ \times 10
平均數 (kgf/cm ²)	288.75	291.76	361.56	357.04
標準差S (kgf/cm ²)	\pm 26.05	\pm 43.98	\pm 22.64	\pm 36.14
變異數S ²	678.68	1934.27	512.56	1306.02
變異係數CV (%)	9.02	15.07	6.26	10.12
最大值Vmax (kgf/cm ²)	310.83	343.96	401.72	397.82
最小值Vmin (kgf/cm ²)	243.30	232.88	330.12	281.72
全距R (kgf/cm ²)	67.53	111.08	71.60	116.10

表 4-4 TYPE H 擋土牆鑽心試體抗壓強度統計表

統計項目	試體尺寸 (cm)			
	15 ϕ \times 30	10 ϕ \times 20	7.5 ϕ \times 15	5 ϕ \times 10
平均數 (kgf/cm ²)	451.30	439.73	521.98	500.22
標準差S (kgf/cm ²)	\pm 27.88	\pm 17.96	\pm 30.25	\pm 43.51
變異數S ²	777.40	322.73	915.09	1893.56
變異係數CV (%)	6.18	4.08	5.80	8.70
最大值Vmax (kgf/cm ²)	514.84	478.46	577.24	550.65
最小值Vmin (kgf/cm ²)	414.14	424.98	481.23	416.10
全距R (kgf/cm ²)	100.70	53.48	96.01	134.55

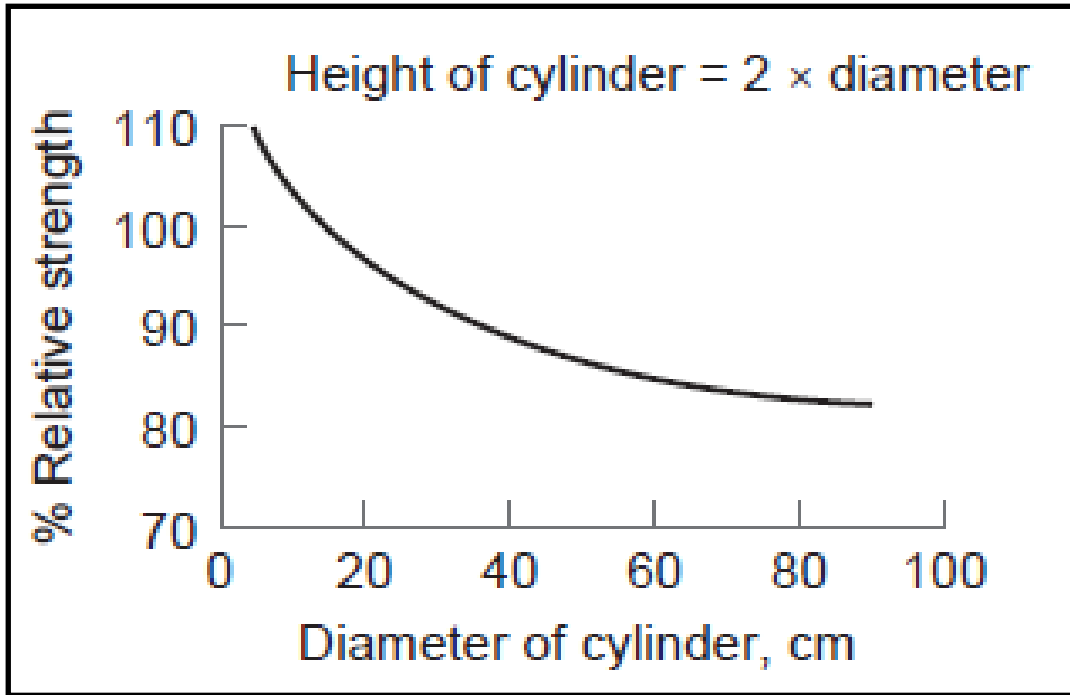


圖 2-1 試體 L/D 為 2 直徑與標準圓柱試體抗壓強度關係圖 (U.S. Bureau of Reclamation, 1975)

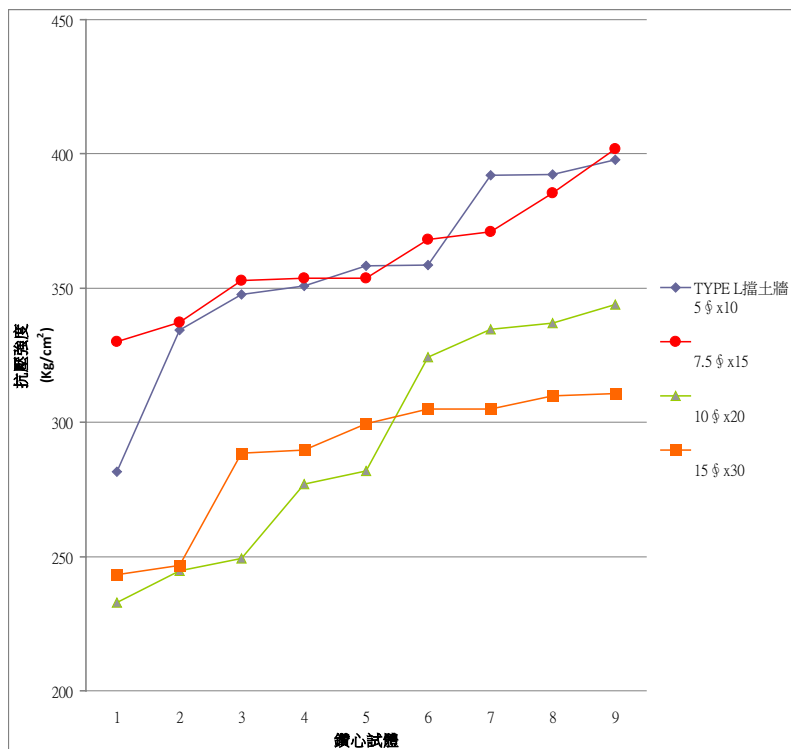


圖 4-1 TYPE L 擋土牆鑽心試體抗壓強度分佈圖

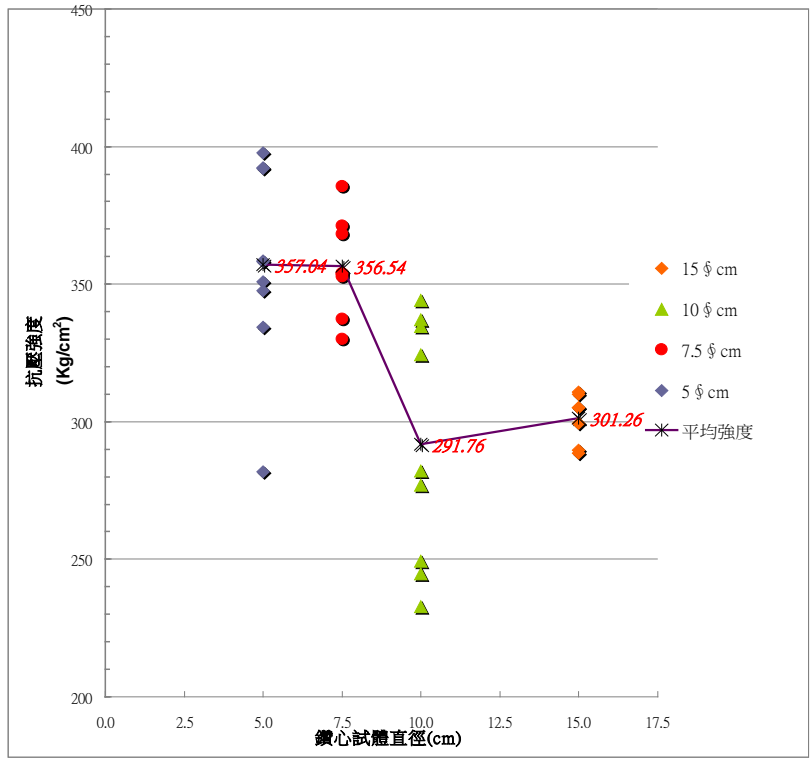


圖 4-2 TYPE L 擋土牆各組鑽心試體強度分佈圖

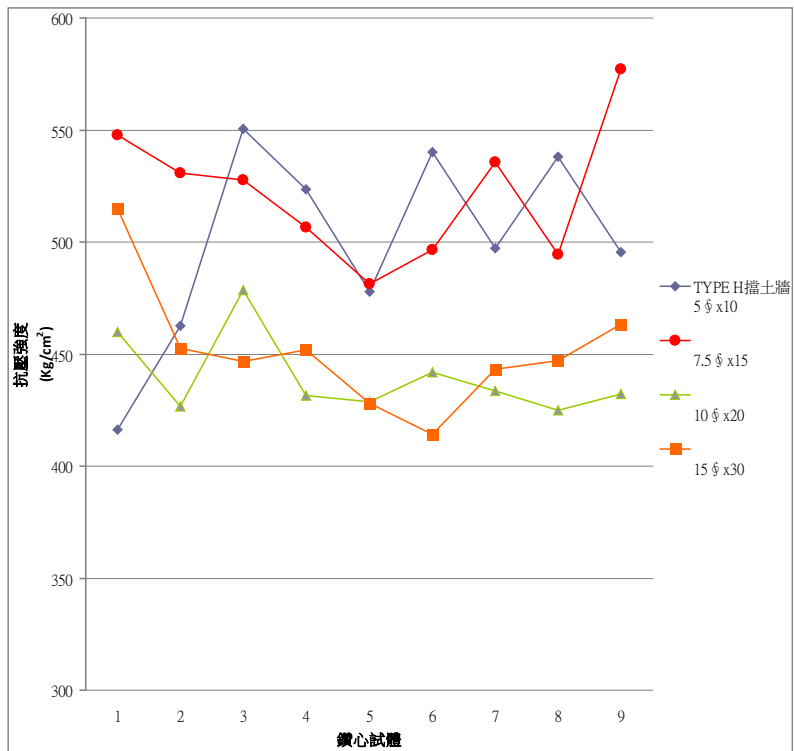


圖 4-3 TYPE H 擋土牆鑽心試體抗壓強度分佈圖

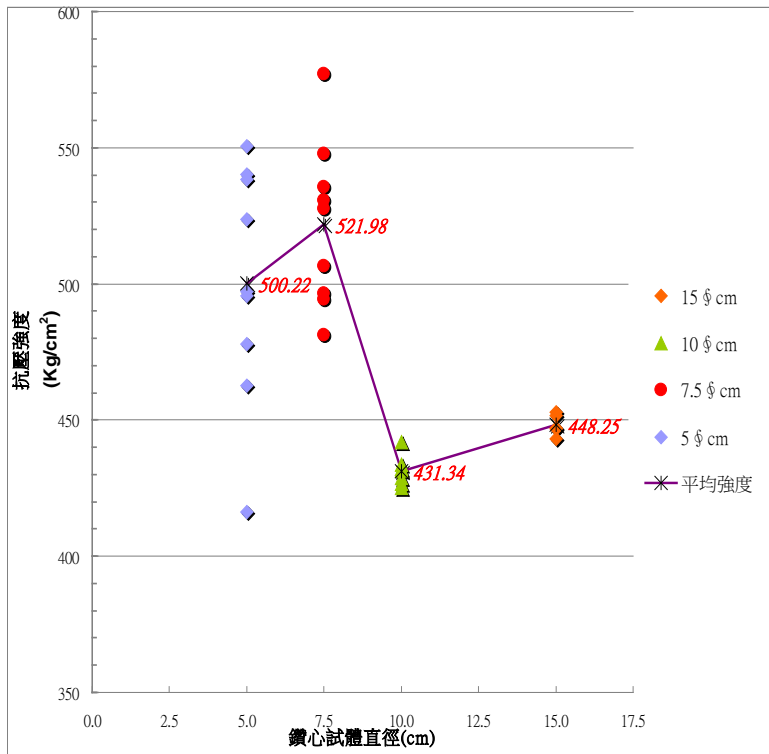


圖 4-4 TYPE H 擋土牆各組鑽心試體強度分佈圖

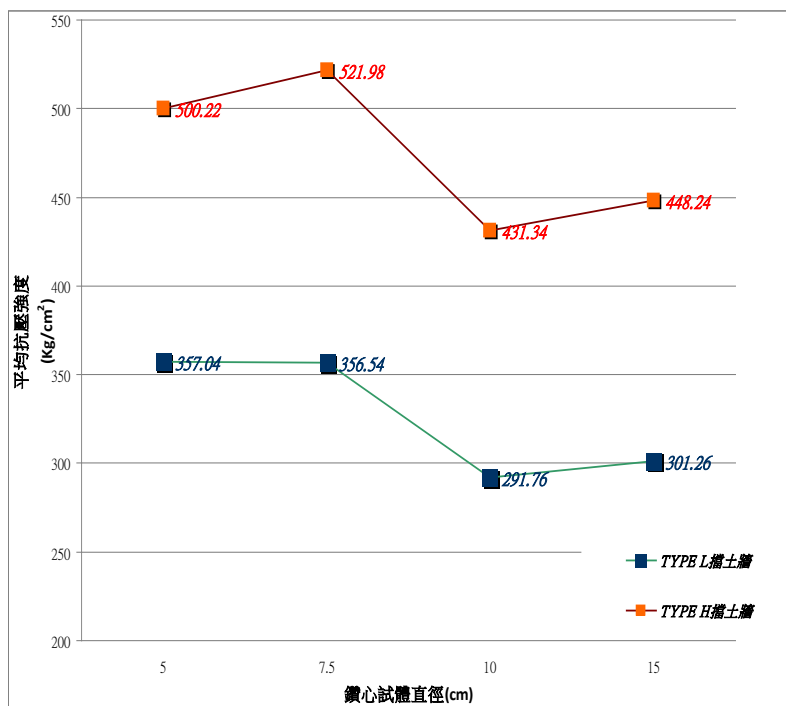


圖 4-5 TYPE L 與 TYPE H 擋土牆之各組鑽心試體平均抗壓強度比較圖

參考文獻

- 中國土木水利工程學會，2007，混凝土工程施工規範與解說（土木 402-94a），科技圖書公司，台北。
- 內政部營建署編輯委員會，2002，結構混凝土施工規範，內政部營建署營建雜誌，台北。
- 內政部營建署，2011，最新建築技術規則，內政部營建署，詹氏書局印，台北。
- 行政院公共工程委員會全球資訊網網站，2008，“振興經濟擴大公共建設投資計畫執行情形”， Available at: www.pcc.gov.tw，2012。
- 李德治、童惠玲，2006，應用統計學，博碩文化股份有限公司，台北。
- 林惠玲、陳正倉，2006，應用統計學，雙葉書廊有限公司，台北。
- 林真真，2002，實用統計學，東華書局，台北。
- 黃兆龍，2007，混凝土性質及行為，詹氏書局，台北。
- 張世杰，2011，混凝土鑽心試體尺寸與強度關係之探討，碩士論文，國立屏東科技大學，土木工程學系研究所，屏東。
- 楊世瑩，2009，Excel 統計分析實務—市場調查與資料分析，基峰資訊股份有限公司，台北。
- 陳式毅，2001，混凝土配比資料庫應用，台灣營建研究院叢書，台北。
- 經濟部標準檢驗局，2011，中國國家標準 CNS，經濟部標準檢驗局，台北。
- 謝明華，2008，統計學，新陸書局，台北。
- Ahmed E. Ahmed, 1999, "Does Core Size Affect Strength Testing", Concrete International, Vol. 21, No. 8
- ASTM C 39, 1996, "Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens", Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, USA.
- AASHTO T24, 2005, "Standard Method of Test for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete", American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington D.C.
- AASHTO R39, 2005, "Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory", American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington D.C.
- ACI 301, 2005, "Specifications for structural concrete for buildings", American Concrete Institute, Detroit, MI.
- Price, W. H., 1951, "Factors Influencing Concrete Strength", Journal of the American Concrete Institute, Vol. 47, No. 6, pp. 417-425.
- Sener, Si, 1997, "Size Effect Tests of High Strength Concrete", Journal of Materials in Civil Engineering, Vol. 9 (1), pp.46-48.
- U.S. Bureau of Reclamation, 1975, Concrete Manual, U.S. Bureau of Reclamation, pp. 574-575.

The compressive strength of the concrete structure by using the test of drilled cores with respect of different core sizes

Wan-chieh Lin^{1} Jun-Kai Lu²*

¹ Graduate student, Dept. of Civil Engineering, NPUST

² Professor, Dept. of Civil Engineering, NPUST

* chieh5911@yahoo.com.tw

ABSTRACT

In this paper, the compressive strength of the concrete of complete structure by using the test of drilled cores with respect of different core sizes has been investigated. Two concrete retaining walls were placed on-site. The strengths of the concrete used for retaining walls are 175kg/cm² and 280 kg/cm². The cores were drilled with four different diameters and test after one year. The four diameters used are 5.0cm, 7.5cm, 10.0cm and 15.0cm. The L/D ratio of cores is 2. Based on the test results, the relationship between the core size and the strength of the concrete of complete structure are discussed. The proper drilled core size for the on-site drilled cores has been suggested for practical engineering.

Keywords : strength of concrete, test of drilled cores, L / D ratio, core size