

講授課程:控制性低強度材料CLSM施工與
品質管控

講授大綱

- 一. CLSM之簡介
- 二. CLSM之契約規定
- 三. CLSM施工與品質管控要領
- 四. 以鑽心強度作為CLSM品質判斷依據之合理性探討

一. CLSM之簡介

➤ 控制性低強度混凝土CLSM之回顧

● CLSM之定義:

1. ACI 229R-99 定義: CLSM (Controlled Low Strength

Material) 為一種具有自我充填主要取代夯實填方之膠結材料。以混凝土之觀點而言為28天抗壓強度不超過1200psi (約84kg/cm²) 之低強度水泥質材料。

2. 公共工程施工綱要規範定義: 控制性低強度回填材料係由

水泥、卜作嵐或無機礦物摻料、粒料及水按設定比例拌和而成，必要時得使用化學摻料〔公共工程委員會，2010〕。

- **CLSM之起源及發展：**

- 1. 國外：**約自1980年開始研究使用於管溝回填，美國各州以維吉尼亞州政府於1991年最早公佈相關規範，大量使用CLSM於相關**管溝開挖及孔洞回填工程**，以取代傳統回填料解決夯實問題。
- 2. 國內：**自2001年由台灣營建研究院與台北市政府合作選擇三處管線工程以CLSM回填管溝，效果良好，陸續推廣使用。

- **CLSM之材料組成**: 主要由水泥、卜作嵐或無機礦物摻料、粒料及水按設定比例拌和而成。對骨材之要求並無特殊限制，廢棄磚石、爐渣、鑄砂等再生骨材及管溝土方均可作為拌合材料。
- **CLSM之工程性質**: 在未硬固前之塑性狀態主要為流動性、泌水率及抗析離性。硬固後之工程性質主要為抗壓強度、沉陷性、滲透性及再開挖性等。

- CLSM在工程之應用:主要應用於擋土牆背側之回填、管線埋設之回填及路基回填等。
- CLSM及一般混凝土之相關試驗規範
- 圓柱試體抗壓強度規範:一般混凝土試驗規範為 CNS 1232 ; CLSM試驗規範為 ASTM D4832 。
- 鑽心試體抗壓強度規範:一般混凝土試驗規範為 CNS1238 ; CLSM目前則無適用規範，本公司工程契約規定比照一般混凝土鑽心試體試驗規範 CNS1238 ，但無法出具TAF實驗室認證報告。

各單位CLSM之施工檢驗規定

| 試驗項目 | | 單位 | 公共工程 委員會 (99年) | 台灣自來 水公司(99 年) | 台北自來水 事業處(99 年) | 台灣電力公 司(93年) | 中國石油 公司(98 年) |
|-------------------------|----------|--|---------------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------|
| 圓柱試 體28天 抗壓強 度 | 試驗 規範 | ASTM D4832-02 | ASTM D4832-02 | ASTM D4832-02 | ASTM D4832-02 | ASTM D4832-02 | ASTM D4832-02 |
| | 要求 標準 | 永久結構 回填 $\leq 90\text{kg}/\text{cm}^2$; 管溝 工程 $\leq 50\text{kg}/\text{cm}^2$ | 20~50kg/ cm^2 | 40~80kg/ cm^2 | $\leq 90\text{kg}/\text{cm}^2$ | 20~50kg/ cm^2 | |
| 鑽心試 體抗壓 強度 | 試驗 規範 | 未規定 | 比照 CNS1238 | 未規定 | 未規定 | 未規定 | |
| | 要求 標準 | 未規定 | 15~50kg/ cm^2 | 未規定 | 未規定 | 20~50kg/ cm^2 | |

二. CLSM契約之規定

➤ 控制性低強度回填材料施工說明書

1 通則

1.1 本章概要

1.1.1 控制性低強度回填材料，係由水泥、卜作嵐摻料或其他具膠結性質之水泥系材料、粒料及水等按設定比例拌和而成，必要時得摻用化學摻料或其他摻料。

1.1.2 本規範控制性低強度回填材料採責任施工，使用之粒料依公共工程委員會施工綱要規範規定，可為產製**混凝土用粒料**、**現場開挖土石方**或**再生粒料**。

1.2 相關準則

1.2.1 中華民國國家標準(CNS)

- (1) CNS 61 R2001 卜特蘭水泥
- (2) CNS 1237 A3050 混凝土拌和用水試驗法
- (3) **CNS 1238 A3051 混凝土鑽心試體及鋸切長條試體取樣法**
- (4) CNS 3036 A2040 混凝土用飛灰及天然或煨燒卜作嵐攪和物
- (5) **CNS 3090 A2042 預拌混凝土(氯離子含量)**
- (6) CNS 12283 A2219 混凝土用化學摻料
- (7) CNS 12549 A2233 混凝土及水泥壩料用水淬高爐爐渣粉
- (8) CNS 14842 A3400 高流動性混凝土坍流度試驗法

1.2.2 美國材料試驗學會 (ASTM)

- (1) **ASTM D 4832** Preparation and Testing of Controlled Low Strength Material (CLSM) Test Cylinder
- (2) ASTM D 5971 Sampling Freshly Mixed Controlled Low Strength Material
- (3) ASTM D 6024 Ball Drop on Controlled Low Strength Material (CLSM) to Determine Suitability for Load Application.
- (4) ASTM D 6103 Flow Consistency of Controlled Low Strength Material (CLSM)

1.3 資料送審

*1.3.1 配比設計

(1) 不論乙方計畫採就地自拌或預拌廠產製，應於施工前先選數處地點依規定挖取土樣(取土後挖探坑回填搗實並鋪設AC路面，其取樣、試拌、回填、鋪設AC路面等費用，包含於「管溝取樣試拌費」單價內)或採取預拌廠粒料，參考「配比設計參考表」作試拌，經檢測坍流度合格，**7天抗壓強度達 10kgf/cm^2 以上**，其提出之試拌報告送甲方備查後，始得進場施工並作為拌製控制性低強度回填材料配比依據，28天抗壓強度俟28天齡期試驗後補送結果。

配比設計參考表(單位:kg/m³)

| 材料名稱 | 卜特蘭 I型水 泥 | 爐石粉 | 飛灰 | 粗細骨材 (可利用道路挖 方) | 水 | 化學摻料 早強劑 | 配比重量 |
|------|-----------------------------|-------|------------|-----------------------|-----------|-----------------|------|
| | 使用量 (kg/m ³) | 40~60 | 60~ 120 | 0~ 40 | 1450~1800 | 180~ 250 | |

(2) 控制性低強度回填材料之**配比視現場土質之變化自行調整之**，並以試驗方式予以驗證品質，以確保可達到設計圖說之要求及施工需要，該配比及試驗結果應主動通報監造單位現場人員備查。

1.3.2 乙方得配合工地環境需求調整坍度，或預鑄控制性低強度回填材料方塊方式施工，惟**不得藉任何理由要求加價**或變更控制性低強度回填材料單價，仍依管溝設計體積，依合約單價計給，預鑄工法於施工前，須由乙方先提施工計畫書並經甲方核准辦理。

1.4 運送及儲存

1.4.1 水泥、卜作嵐摻料或其他具膠結性質水泥系材料之運送、儲存及處理已結塊，或監造單位現場人員認為已變質之水泥、卜作嵐摻料或其他具膠結性質水泥系材料不得用於本工程，並應立即整批運離工地。

1.4.2 化學摻料之儲存

裝液體化學摻料之儲槽或桶，應清楚標示其廠牌、型別及用途，並依製造廠商建議之方式儲存。

2 產品

2.1 材料

***2.1.1 控制性低強度回填材料規格，應符合下表之基本性質規定：**

| 項 目 | 試驗方法 | 要求 | 備 註 |
|--------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|----------------|
| 28天以上抗壓強度(kgf/cm²) | ASTM D4832 | [20-50] | 估驗或驗收計價用 |
| 坍流度(cm) | CNS 14842 A3400 | [40-60] | 試體製作時檢測 |
| 氯離子含量 | CNS 13465 | ≤0.3kg/m³ | 依本章3.2.7取樣基數檢測 |

註：抗壓強度期齡要求為28日「以上」，致不硬性規定應於第28天期齡辦理抗壓強度試驗，得集中於估驗或竣工時再行辦理。

2.1.3 粒料、土石方不得含有機質或腐蝕性物質。

2.1.4 控制性低強度回填材料用水

不論其為拌和或養護所用，均須潔淨，不含油、酸、鹽及有機雜物等有害物質。

*2.1.5 控制性低強度回填材料用化學摻料

化學摻料依設計圖說、施工規範與特定條款之規定使用，惟不得使用氯化鈣(CaCl_2)以防腐蝕鐵件。

2.2 設備

2.2.1 拌和設備

(1) 配料設備

A. 產製控制性低強度回填材料之配料應以容積或重量計量，且配料設備之型式應經監造單位現場人員核准。

B. 摻料得以容積或重量計量。

(2) 拌合設備

所有控制性低強度回填材料均應使用機械拌合，但若經監造單位現場人員核准，得使用其他方式拌合之。

*(3)運送設備

不論控制性低強度回填材料係預拌混凝土廠產製或現場產製，及其拌和地點距工地之遠近，為有效控制坍流度及施工品質，並避免卡車傾卸方式污染路面衍生環保及工安問題，**控制性低強度回填材料應以「預拌混凝土車」運送及澆置(修漏工程及用戶新裝工程除外)**，其「預拌混凝土車運送及澆置費」已攤列於控制性低強度回填材料單價中，如**路寬不足路段經甲方同意者**得以預拌車運送至路口處(以確保控制性低強度回填材料均勻性及流動性)，**再以小運搬機具以不落地方式澆置(以確保路面不受污染維護交通安全)**外，不得以其它方式替代。

2.3 品質管制

2.3.1 用於產製控制性低強度回填材料之所有材料試驗、圓柱試體抗壓試驗等，廠商應運送至監造單位現場人員核准之具有公信力之試驗機構進行試驗。

*2.3.2 以控制性低強度回填材料回填之工程除非經甲方同意，不應於例假日無法派員取樣及查驗時施工。

*2.3.3 「警示帶下層」(警示帶以下至管底)設計回填砂時應分層夯層，設計以控制性低強度回填材料回填時應防止管底蜂巢及空心結構形成導水管路，控制性低強度回填材料應除去5公分以上之粗粒料，待初凝後安置塑膠警示帶再澆置「警示帶上層」(警示帶以上)。

2.3.4 乙方得視實際需要自行調整配比，使用早強水泥、高爐水泥或添加早強劑使控制性低強度回填材料於**3.5~5小時內凝結**，以利當日完成鋪設AC路面，經監造單位現場人員認可後始可鋪設。

2.3.5 控制性低強度回填材料達凝固狀況時即可開始鋪設AC路面，於鋪設前應噴灑粘層於控制性低強度回填材料頂面及瀝青混凝土路面層之切割面，以增加異質材料之黏著。

3 施工

3.1 準備工作

- 3.1.1 控制性低強度回填材料澆置「警示帶下層」時，須將管溝內之水管，以合於規定強度預鑄之固定物妥為固定，以免澆置時造成水管浮動、彎曲等情事，如因施工不良造成水管損毀，乙方應拆除重設，損失部份乙方應自行負責。
- 3.1.2 封閉空間之回填應預設排氣孔，並應連續充填直至填充料自排氣孔溢出方可停止。
- *3.1.3 現場開挖土石混合料，拌合之前廠商應以快速測含水量法求含水量，用以調整拌合水量；**其土石混合料中大於5公分部份應篩除自行運棄，否則應打碎(其運棄及處理費已攤計於控制性低強度回填材料單價內不另計給)後利用。**

3.1.4 施工時應視當地交通狀況，於管溝兩側作妥交通安全維護措施，以維行車安全。另視當地需要，在AC路面鋪設前，必要時於管道上方覆設防滑蓋板以供人車通行。

3.2 澆置及取樣

3.2.1 控制性低強度回填材料回填**無須搗實**，若道路有縱坡度時，依現地坡度需要可調配較低坍度、低水膠比，之控制性低強度回填材料並依坡度的情況加設隔板，而以搗實方式施工。

3.2.2 所有埋設物應加以確認已按規定裝設完竣，並依管徑大小控制分層澆置之厚度及速度以防止管體上浮。

3.2.3 控制性低強度回填材料應以均勻(uniform)且左右平均的方式置入回填區，以避免對結構體產生偏壓現象。

*3.2.4 為確保運送及澆置係由「預拌混凝土車」完成（修漏工程及用戶新裝工程除外），控制性低強度回填材料「警示帶下層」或「警示帶上層」施工拍照時，務必連同澆置之「預拌混凝土車」拍攝，以確保拌和之品質及未污染路面。

***3.2.5**取樣通知：至遲應於施工前一日填送「控制性低強度回填材料機動取樣通知單」，通知甲方屆時派員機動取樣，原預定施工日若因事無法施工時，至遲應於當日上午九時前知會取消之。未按上述通知取樣或試體抗壓時未經監造單位現場人員會驗之施工段，應按**CNS 1238**方法鑽心取樣並做抗壓試驗，否則該未經查驗路段之控制性低強度回填材料應不予計價。

3.2.6 機動取樣：取樣時務採機動方式，並依照**ASTM D 5971**所規定之程序取樣。乙方應隨時備妥足夠之**15cm*30cm**試體製作模具，以待配合會同甲方人員無預警取樣，每組圓柱試體之製作及檢驗費用已編列於控制性低強度回填材料單價中，不另計價。

*3.2.7取樣基數(頻率)：於管徑 $\phi 1000\text{mm}$ 以下之管線埋設，以不超過200公尺取樣1組；於管徑 $\phi 1000\text{mm}$ (含)以上之管線埋設，以不超過100公尺取樣1組，此其稱之為「取樣基數」。惟推進管間推進坑及到達坑則另需各取樣2組。

3.2.8 擋土措施拔除及處置：管溝若以鋼鈹(軌)樁作擋土支撐時，澆置控制性低強度回填材料至「警示帶上層回填前」，該鋼鈹(軌)樁拔除時後遺留之孔洞，務必以流動性較佳(強度必須符合契約規定)無粗骨材之控制性低強度回填材料灌填。

3.3 檢驗

- *3.3.1 試體製作：圓柱試體(15*30cm)應依照 ASTM D4832之規定製作及試驗，並去除1吋以上粗粒料，每組2顆作為達28天以上抗壓強度試驗。
- *3.3.2 抗壓強度試驗(含圓柱及鑽心試體；監造單位現場人員務必會同及處理)：其檢驗處理原則及減價收受依下列規定辦理。
 - (1).取樣試體所代表之控制性低強度回填材料數量，為[前次取樣位置]迄[本次取樣位置]間之施工段澆置量。
 - (2).控制性低強度回填材料28日以上齡期抗壓強度之判定接受辦法如下：

| 圓柱試體 強度(kg/cm ²) | 鑽心試體 強度(kg/cm ²) | 控制性低強度回填材料計價及處理方式 | |
|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|---|
| | | 獨立工項 | 以每公尺計價者 |
| 20(含)~ 50(含) | 15(含)~ 50(含) | 設計要求內不扣減 | |
| 15(含)~20 或50~60(含) | 11.25(含)~ 15 或50~60(含) | 扣減該樣品代表 施工數量之 40% | 以該單價分析之控制 性低強度回填材料單 價，扣減該樣品代表 施工數量價款之 40% |
| 10(含)~15 或60~70(含) | 7.5(含)~ 11.25 或60~70(含) | 扣減該樣品代表 施工數量之 70% | 以該單價分析之控制 性低強度回填材料單 價，扣減該樣品代表 施工數量價款之 70% |

| | | | |
|---------------|--------------------------|---|---|
| <p>>70</p> | <p>>70</p> | <p>扣減該樣品代表數量之100%</p> | <p>以該單價分析之控制性低強度回填材料單價，扣減該樣品代表數量價款之100%。</p> |
| <p><10</p> | <p><7.5 或無法鑽取</p> | <p>1.視為不合格，並處以甲類罰款。 2.依甲方之指示，決定該基數控制性低強度回填材料警示帶以上路面承載層應拆除改善之深度(至少30cm)，甲方指示改善部份視改善後品質依上列方式計價，未指示改善部份仍不計價處理，上述拆除重做所需工期並應照計。</p> | |

- *註：1. 甲方認為必要時，得對鑽心取樣之試體作抗壓試驗。
2. 控制性低強度回填材料回填後，須俟會壓**28天以上抗壓強度合格後，方得估驗或竣工**，期間若無其它未完工程及待處理事項時**得不計工期**。

*3.3.3 回填不實處理：控制性低強度回填材料澆置達**28天**(含)後，甲方得指定**任意回填深度**之強度試驗，乙方應負責按**CNS1238**方法鑽取該深度以下試體或開挖至該深度後鑽取試體(由乙方備妥鑽心機具，並無須經養護於當日立即進行抗壓試驗)，其試體強度容許以**3.3.2節(3)圓柱試體抗壓強度規定之75%折減**之，其長度不足以作為抗壓試體時(長度低於1倍直徑)，視為回填不實，得於**2公尺範圍**內另擇乙處鑽心取樣複核，當**2處鑽心取樣之長度均不足以作為抗壓試體時**，**不論其圓柱試體抗壓強度是否合格**，該基數之**控制性低強度回填材料應挖除重做或以不計價處理**(價款為每公尺計價者，以契約單價分析之控制性低強度回填材料單價，扣減該樣品代表施工數量價款)，**並應予甲類罰款之**。

3.3.4路權機關如另有規定或要求時，乙方須配合依其規定及要求辦理。

4 計量與計價

4.1 計量

4.1.1依不同規格，按完工後經驗收合格之數量，以[立方公尺]方式計算之。

4.2 計價

4.2.1控制性低強度回填材料品質之良窳以兩顆試體之28天以上抗壓強度平均值做為最終認定。

4.2.2 單價內編列之項目及數量僅供參考，不應視為廠商完成履約所須供應或施作之實際數量，不論採就地自拌或交預拌混凝土廠產製，乙方應視開挖土方性質，隨時專業判斷彈性調整所需拌合料配比成份。單價內編列「管溝土石方調整費」供作換填及補充，對挖方利用率與原設計有出入時，不足或超過部份乙方應自行運補或運棄，不得以原土性質為理由要求加價或做為品質不合格之藉口。其處理費用，並攤算於控制性低強度回填材料之單價內，不另給價。

4.2.3除不可抗拒之原因外，控制性低強度回填材料應依甲方所規定之斷面圖尺寸施工計價，增加之控制性低強度回填材料數量概由乙方自行負擔。

4.2.4 承商應負責控制控制性低強度回填材料施工長度於不超過「取樣基數」時先行知會甲方進行「機動取樣」。否則超出「取樣基數」部份應行鑽心取樣，無圓柱試體或鑽心試體「抗壓強度檢驗報告」佐證品質之施工段，不得計價。

*4.2.5經拌和之控制性低強度回填材料應以
「預拌混凝土車」運送及澆置，其「拌
和運送及澆置費」已攤列於控制性低強
度回填材料單價中，不另計給。

<本章結束>

三. CLSM施工與品質管控要點

➤ CLSM施工前管控要點

1. 審查承商提送之CLSM配比設計書

A. 預拌場資料審查:工廠登記證、營利事業登記證、台灣區預拌混凝土同業公會會員證書、固定汙染源操作許可證、經濟部標準檢驗局度量衡器檢定(合格)通知書、新拌混凝土中氯離子含量檢測訓練班結業証書。

B. CLSM 配比計算表： 設計強度(20~50 kg/cm²)、
最大粒徑<5 cm、設計坍流度40~60 cm、圓
柱試體7天抗壓強度>10 kg/cm²、28天抗壓強
度20~50 kg/cm²。

2. 監造人員會同承商進行CLSM試拌、取樣及測試
7天與28天圓柱試體抗壓強度

監造單位會同承商進行 CLSM試拌



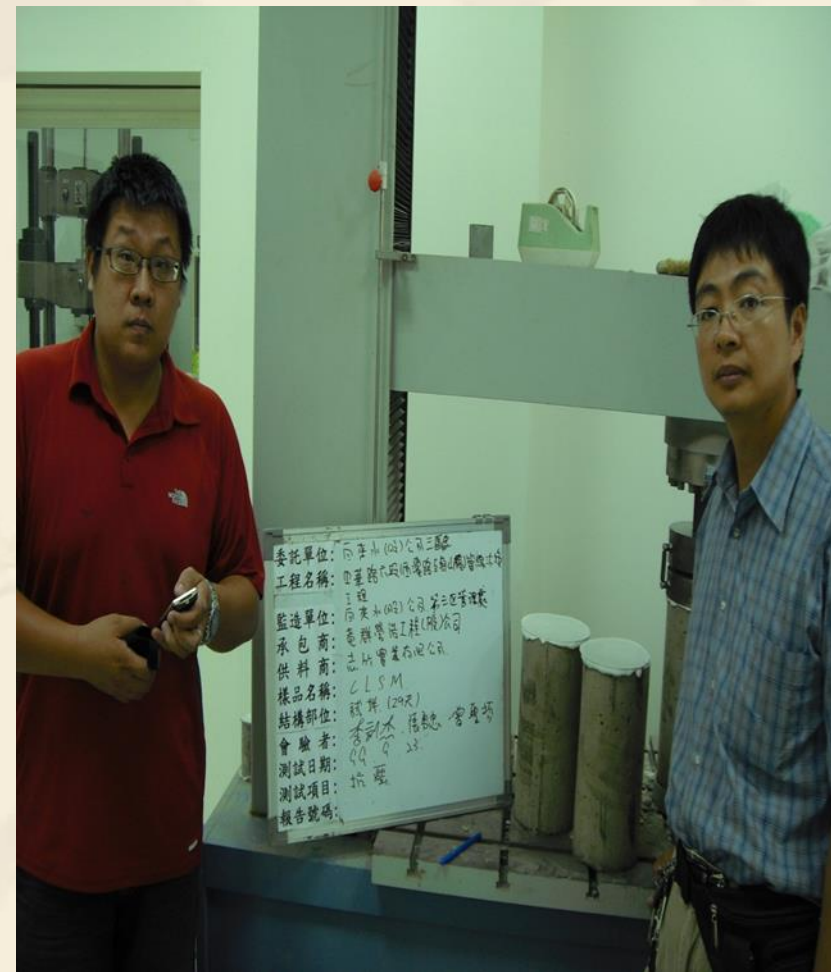
CLSM坍流度量測:標準值 40~60CM



CLSM圓柱試體取樣1組4顆(2顆測試7天強度，2顆測試28天強度)



監造單位與承商會同至TAF試驗室測試圓柱試體7天抗壓強度



確認試體是否為試拌取
樣試體



確認為監工之簽名



➤ CLSM施工中管控要點

1. 直管或另件安裝與設計圖說是否相符

A. 檢查管溝開挖深度是否正確。

B. 檢查管溝內雜物石塊是否清除乾淨。

C. 直管或另件安裝及固定是否妥當。

D. 查驗預拌車出料單及是否為核定之預拌廠？

E. 自預拌車卸料，檢測**氯離子含量($<0.3\text{kg/m}^3$)**、
坍流度(40~60cm)。

F.依規定之取樣基數取樣，製作 $\phi 15*30\text{cm}$ 圓柱試體2顆，以宣紙註明取樣日期、取樣位置及取樣者，放入圓柱試體內，置放於工地現地之儲存箱中4天，儲存箱應維持 $16\sim 27^{\circ}\text{C}$ 的溫度，待第四天時以適宜之運送箱將試體運至室內儲存環境養護，俟達28天以上齡期時，會同承商送至TAF實驗室測試抗壓強度，並拍照存證。

G.管溝澆置CLSM應分二次澆置，第一次澆置厚度約為管頂40cm，鋪設警示帶，第二次澆置至AC底層，須注意預留AC設計厚度+1CM，避免鑽心厚度不足。

監造人員量測管溝開挖深度



監造人員量測警示帶位置 (管頂40~60CM)



監造人員量測CLSM坍流度(40~60CM)



CLSM 氯離子含量檢測(<math><0.3\text{kg/m}^3</math>)



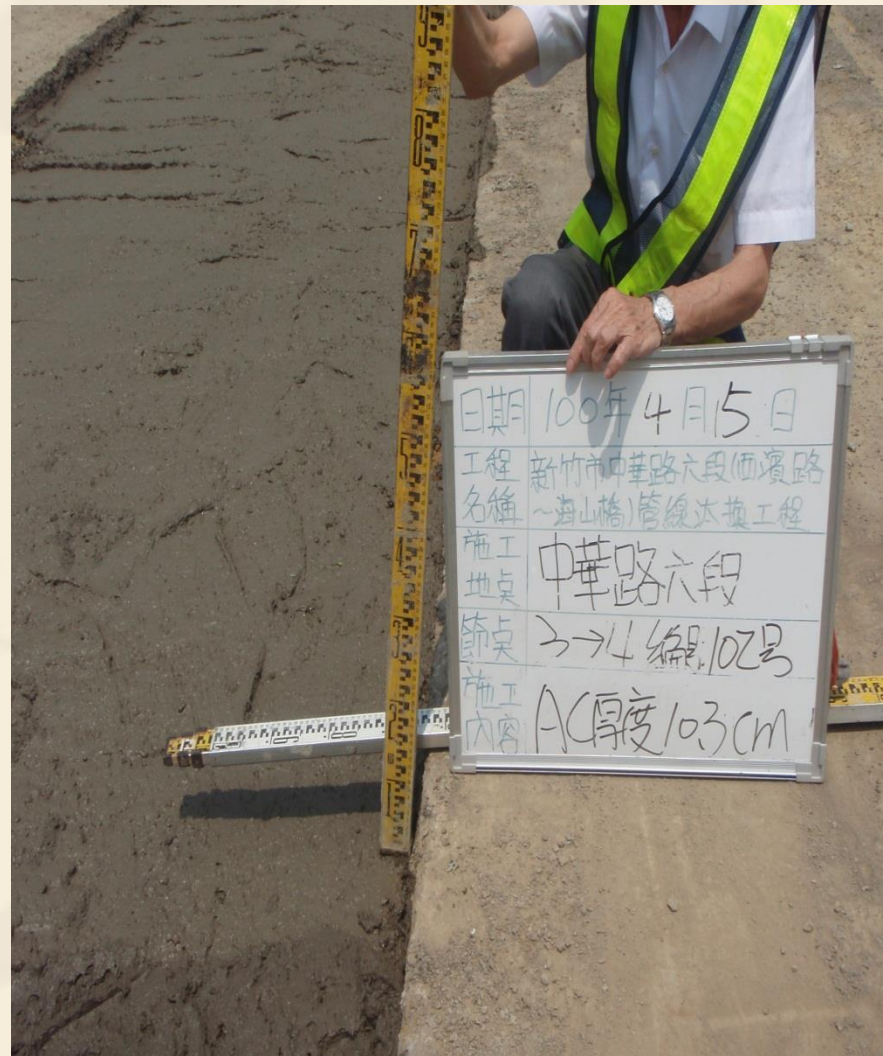
監造人員圓柱試體取樣(每組2顆)



CLSM第一層澆置至警示帶位置(約管40~60cm)



CLSM第二層澆置至AC底層(量測AC預留厚度)



➤ CLSM施工後管控要點

1. 檢查管溝CLSM澆置完成面是否平整及預留之AC鋪設厚度是否足夠。(斜坡路段應請承商加強檢查預留厚度)
2. 預拌車卸完料後，禁止將預拌車洗桶水排至管溝內，以免影響CLSM強度。
3. 管溝週邊CLSM殘渣清掃乾淨，鋪設防滑鋼板，並檢查鋼板之平整性，以維行車安全。

CLSM澆置完成後鋪設止滑鋼板(檢查是否平整)



附表：管線工程現場抽挖(驗)取樣基數(頻率)、認定及處理原則

| 抽挖項目 | 檢驗項目 | 抽挖取樣基數 | | 規範值 | 許可差 | 實測量 | 扣減比率 |
|--------------------|--------------------------------------|------------------------|---------------------------|-----------------|-----------|--------------------------------|-------|
| | | $\phi < 1000\text{mm}$ | $\phi \geq 1000\text{mm}$ | | | | |
| 管頂深 | 深度 H | $\leq 200\text{M}$ | $\leq 100\text{M}$ | $\geq H$ | 下限 5cm | (H-5) (含)~H | -50% |
| | | | | | | <(H-5) cm | 不合格 |
| 控制性低 強度回填 材料 | ◎鑽心強度 (kg/cm^2) | $\leq 200\text{M}$ | $\leq 100\text{M}$ | 15(含)~ 50(含) | 下限 7.5 | 11.25(含)~15 50~60(含) | -40% |
| | | | | | | 7.5(含)~11.25 60~70(含) | -70% |
| | | | | | | $> 70 \text{ kg}/\text{cm}^2$ | -100% |
| | | | | | | $< 7.5 \text{ kg}/\text{cm}^2$ | 不合格 |

| | | | | | | | |
|---------|---|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|------|
| 臨時性路面修復 | 厚度 h | $\leq 200M$ | $\leq 100M$ | $\geq h$ | 下限 10%(h) | 90(含)~100% | -30% |
| | | | | | | <90%(h) | 不合格 |
| | 壓實度 | $\leq 200M$ | $\leq 100M$ | $\geq 92\%$ | 下限 2% | 90(含)~92% | -30% |
| | | | | | | <90% | 不合格 |
| | 瀝青含量 | $\leq 1000M$ | $\leq 500M$ | 4.5~6.5% | 上下限 0.3% | 4.2(含)~4.5% | -30% |
| | | | | | | 6.5~6.8(含)% | |
| | ◎平整度 (標準差) | $\leq 200M$ | $\leq 200M$ | $\leq 4mm$ | 上限 0.5mm | 4~4.5(含)mm | -30% |
| | | | | | | >4.5mm | 不合格 |
| | 閘栓盒、人孔蓋或工區分散且每一施作管路長度低於 200 公尺者之平整度 (單點高低差) | | | $\leq 12mm$ | 上限 1.5mm | 12~13.5(含)mm | -30% |
| | | | | | | >13.5mm | 不合格 |

- 註：1.表內不合格基數得拆除改善，且除平整度檢驗項外，均應另處以甲類罰款 10,000 元。
- 2.除本要點第九點規定外，抽驗項目前標註◎記號者，委由實驗室檢驗時，符合「規範值」者由甲方付費，未符「規範值」者仍由乙方付費。
- 3.扣減比率欄內之扣減百分比，係指佔該基數範圍內該抽挖項目之設計數量百分比，惟管頂深查驗項，則為該基數範圍直管理設費百分比。
- 4.各檢驗項詳細完整之認定及處理原則，依各章節規定辦理，各章節未規定部分依本表規定辦理。

四.以鑽心強度作為CLSM品質判斷依據 之合理性探討

- 1.緒論:研究動機、研究目的、研究範圍、研究限制、
研究流程與方法
- 2.現況問題探討:國內CLSM工程契約施工檢驗規定
問題探討、CLSM 試體尺寸規定問題探討、
影響CLSM抗壓強度不易量化變數問題探討
- 3.試驗方法及結果
- 4.結論與建議

1. 緒論

➤ 研究動機

- 目前國內外對CLSM鑽心試體抗壓強度尚無標準試驗規範。
- 控制性低強度材料CLSM已普遍取代傳統砂石回填料成為管線單位之管溝回填料，但鑽心試體檢驗方式及抗壓強度合格標準規定未明確。
- CLSM低強度特性($90\text{kg}/\text{cm}^2$ 以下)，鑽心試體抗壓強度比照一般混凝土鑽心抗壓強度，以設計強度之85%作為品質合格判斷依據，已衍生爭議。

➤ 研究目的

- 探討目前管線單位工程契約CLSM施工檢驗規定之合理性。
- 探討CLSM受外力及未受外力下，鑽心試體及圓柱試體抗壓強度之比率，以瞭解鑽心試體抗壓強度折減情形。
- 探討不同試驗規範及不同尺寸對CLSM 鑽心及圓柱試體強度之差異情形。

- 經由試驗結果分析CLSM鑽心試體與圓柱試體抗壓強度比差異情形，提供主管機關未來制定CLSM鑽心試體試驗規範或管線單位修訂工程契約之參考，以減少工程執行爭議，加速公共工程之推動。

➤ 研究範圍

- 僅以台灣自來水公司第三區管理處轄區之管線工程回填CLSM作實驗分析。
- 只針對可量化部份，如抗壓強度、鑽心尺寸、試驗規範等作比較分析。

➤ 研究限制

- 未對其他管線單位使用之CLSM作取樣分析。
- 對不可量化部份如鑽心機之出水量大小、試體含水量及CLSM初凝後之滾壓鋪設AC、開放通車之車輛載重等對CLSM強度之影響則僅予列述。

➤ 研究流程與方法

- 蒐集CLSM相關文獻資料及抗壓強度試驗規範。
- 調查各管線單位工程契約CLSM施工檢驗規定及執行現況。
- 規劃試驗方法，分預拌實驗(對照組)及現場實驗(實驗組)作比對。
- 依據試驗結果分析CLSM鑽心強度折減情形及探討各管線單位工程契約CLSM施工檢驗方式之合理性並提出結論及建議。

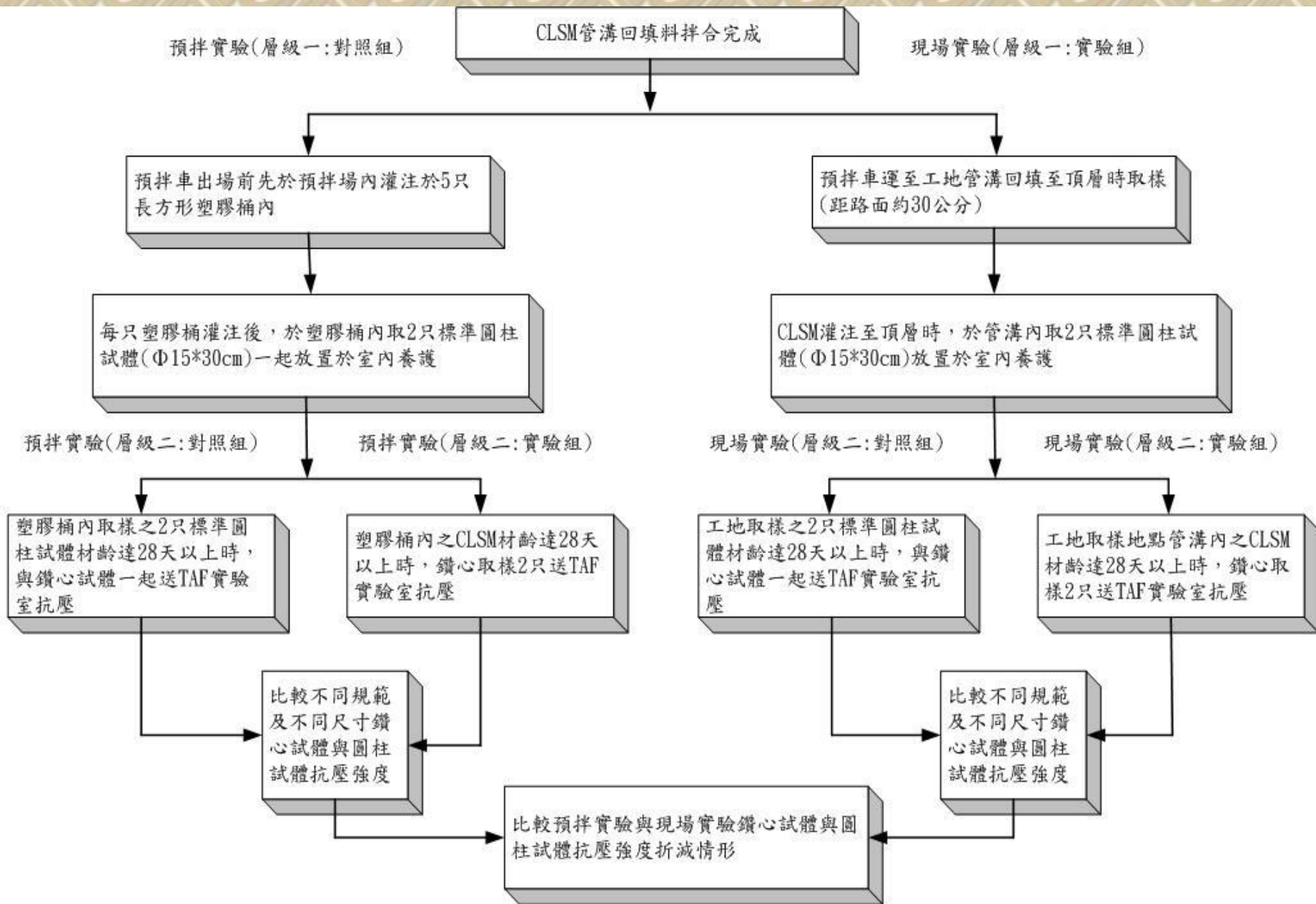


圖4-1CLSM抗壓強度試驗流程圖

2. 現況問題探討

- 國內CLSM工程契約施工檢驗規定問題探討
 - 現行各管線單位CLSM之契約規定，雖屬同性質埋設於道路之管線工程，但各單位規定都不同。
 - 圓柱試體28天抗壓強度部分，工程會及四家公營管線單位均採正式認可之ASTM D4832-02規範，亦無爭議，但強度要求標準卻有四種不同規定。
 - 鑽心試體抗壓強度試驗部份除台灣自來水公司契約規定比照一般混凝土之CNS1238規範外，其餘四個單位均未規定試驗規範。抗壓強度要求標準則各不相同。

➤ CLSM 試體尺寸規定問題探討

| 單位 試體 | 公共工程委員會 (99年) | 台灣自來水公司 (99年) | 台北自來水事業處 (99年) | 台灣電力公司 (93年) | 中國石油公司 (98年) |
|----------|------------------|------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| 圓柱試體尺寸 | 未規定 | φ 15*30 cm | 未規定 | φ 12*24 cm | φ 15*30 cm |
| 鑽心試體尺寸 | 未規定 | 未規定 | 未規定 | 未規定 | 未規定 |

- 影響CLSM抗壓強度不易量化變數問題探討
- 土壤土質變數掌控不易
 - 施工環境變數影響養護
 - 道路車流量載重及滾壓夯實等外力變數
 - 鑽心過程變數

3. 試驗方法及結果

➤ 試驗方法

- 分為未受外力之預拌場實驗(對照組)及受車輛外力載重之工地現場實驗(實驗組)兩部份。
- 預拌場實驗:選定三家CLSM預拌混凝土場進行相關試體製作，並就不同試驗規範、不同鑽心尺寸分別比較所得之抗壓強度。
- 現場實驗部份:選定台灣自來水公司之三件管線工程，於工地現場取樣進行相關試體製作並就不同試驗規範、不同鑽心尺寸分別比較所得之抗壓強度。

➤ 試驗結果(1):預拌實驗

預拌實驗CLSM圓柱試體以ASTM D4832-02規範測試，鑽心試體以CNS 1238規範測試抗壓強度比較

| 預拌場名稱 | | 圓柱試體 Φ15*30cm(AS TM D4832-02) | | 鑽心試體 Φ10*Lcm(CNS 1238) | | 鑽心試體 與圓 柱試 體抗 壓強 度比% |
|-----------------------|------|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| | | 顆數 | 平均強 度 (kg/ cm ²) | 顆數 | 平均強 度 (kg/ cm ²) | |
| 預拌實 驗(對照 組) | A預拌場 | 9 | 45.91 | 9 | 38.44 | 83.74% |
| | B預拌場 | 8 | 29.79 | 8 | 19.88 | 66.72% |
| | C預拌場 | 8 | 30.18 | 8 | 24.63 | 81.61% |
| 平均抗壓強度比 | | | | | | 77.36% |

試驗結果(2):現場實驗

現場實驗CLSM圓柱試體以ASTM D4832-02規範測試，鑽心試體以CNS 1238規範測試抗壓強度比較

| 工程名稱 | | 圓柱試體 Φ 15*30cm(ASTM D4832-02) | | 鑽心試體 Φ 10*Lcm(CNS1238) | | 鑽心試體 與圓柱試 體抗壓強 度比% |
|-------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| | | 顆數 | 平均強度 (kg/cm ²) | 顆數 | 平均強度 (kg/cm ²) | |
| 現場實 驗(實驗 組) | 新竹給水廠 Φ 1000mm管線汰 換工程 | 8 | 35.09 | 8 | 24.50 | 69.83% |
| | 竹北市中正西路(溪洲路~港安街)管線汰換工程 | 15 | 31.87 | 15 | 23.13 | 72.59% |
| | 芎林竹120線 8K+000~14K+500 管線工程(二) | 18 | 28.43 | 18 | 22.78 | 80.11% |
| 平均抗壓強度比 | | | | | | 74.18% |

➤ 試驗結果(3):同組試體差異率

預拌實驗及現場實驗CLSM同組圓柱試體或同組鑽心試體抗壓強度差異率比較表

| 預拌場或工程名稱 | | 圓柱試體 $\Phi 15*30\text{cm}$ (ASTM D4832-02) | | 鑽心試體 $\Phi 10*L\text{cm}$ (CNS1238) | |
|---------------|--|--|------------|-------------------------------------|------------|
| | | 組數(每組2顆) | 平均抗壓強度差異率% | 組數(每組2顆) | 平均抗壓強度差異率% |
| 預拌實驗 (對照組) | A預拌場 | 5 | 5.50% | 5 | 6.16% |
| 現場實驗 (實驗組) | 新竹給水廠 $\phi 1000\text{mm}$ 管線 汰換工程 | 4 | 4.53% | 3 | 9.85% |
| | 芎林竹120線 8K+000~14K+500 管線工程(二) | 10 | 2.73% | 10 | 10.82% |

➤ 試驗結果(4) :ASTM D4832-02規範與CNS1238規範

預拌實驗CLSM圓柱或鑽心試體以ASTM D4832-02規範測試與以CNS 1238規範
測試抗壓強度比較

| 預拌場名稱 | | 圓柱試體 $\Phi 15*30\text{cm}$ | | 鑽心試體 $\Phi 10*\text{Lcm}$ 或 $\Phi 8*\text{Lcm}$ | |
|---------------|------|----------------------------|------------------------------------|---|------------------------------------|
| | | 顆數 | ASTM D4832-02規範與CNS1238規範測試抗壓強度比率% | 顆數 | ASTM D4832-02規範與CNS1238規範測試抗壓強度比率% |
| 預拌實驗 (對照組) | B預拌場 | - | - | ($\Phi 8*\text{Lcm}$) 14 | 87.01% |
| | B預拌場 | - | - | ($\Phi 10*\text{Lcm}$) 14 | 86.19% |
| | C預拌場 | 20 | 90.09% | - | - |

4. 結論與建議

➤ 結論與建議

一、各管線單位均係於道路埋設管線，且管溝回填材料均為CLSM，契約規定之品質判定標準及試驗規範應一致，以減少爭議。

建議：CLSM目前尚無CNS國家標準規範，主管機關應儘速制定統一遵循之試驗規範及要求強度，以作為品質判定依據，避免各單位規定不一衍生爭議。

- 二、預拌場預拌實驗未受外力作用之CLSM，鑽心試體與圓柱試體抗壓強度比率較工地實際之現場試驗所得結果為高，顯示工地現場管溝受外力載重，對CLSM強度發展將有不良影響，**工地鑽心試體抗壓強度折損較大。**
- 三、CLSM初凝後受鋪設AC機具滾壓夯實及開放通車等外力載重及鑽心取樣過程均將造成抗壓強度折損，**CLSM鑽心強度與設計強度比應較一般混凝土未受外力載重規定之85%為低，較為合理，部分單位契約規定鑽心試體強度無折減，未符實際現況。**

建議:CLSM鑽心試體抗壓強度合格之標準，為鑽取三個試體試驗強度平均值不小於最低設計強度之70%，個別試體最低強度值不小於最低設計強度之60%。

四、CLSM多應用於非屬結構安全之工程，且考量棄土及資源再生利用，所用管溝開挖之土方作為拌合材料，骨材變異性大，配比設計強度不易控制。

建議:管線工程放寬CLSM設計強度為20~60 kg/cm²，並訂定圓柱試體抗壓強度容許差為設計強度之5%。

- 五、CLSM不論圓柱試體或鑽心試體以ASTM D4832-02規範測試抗壓強度均較以CNS 1232規範測試所得抗壓強度為低，故CLSM抗壓強度與抗壓機加壓速度有關，CNS 1232規範加壓速度較ASTM D4832-02規範快，相對所得抗壓強度亦較高。
- 六、管線施工地點重車及車流量越多，對管溝內CLSM之強度發展越不利其鑽心試體與圓柱試體抗壓強度比越低。
- 七、CLSM鑽心試體與圓柱試體抗壓強度比初步判斷應與配比設計有關，配比設計強度越高，鑽心試體與圓柱試體之抗壓強度比率亦有趨高現象。

八、部分單位契約規定CLSM鑽心試體依照CNS1238規範鑽取後依CNS1232規定測試抗壓強度之報告均無TAF認可標誌，故報告均僅能作為參考，如作為品質合格判斷依據，當發生履約爭議時恐有適法性疑慮。

建議：各管線單位契約CLSM品質判斷標準仍應以圓柱試體抗壓強度作為合格判定依據較為客觀公平，如因其他因素對品質有疑義時，再以現場鑽心取樣測試抗壓強度及路面平整度兩項數據作為品質合格判斷依據。

九、一般混凝土CNS 1232規範，若試體高度/直徑比小於1.8時，需乘以抗壓強度修正係數，但修正係數適用抗壓強度為140 ~420 kg/cm²，對抗壓強度小於90kg/cm²之CLSM而言，鑽心試體高度直徑比小於1.8時，其修正係數仍參照引用，與規範規定不符。

建議:CLSM鑽心試體未制定正式規範前，如欲比照CNS 1238規範取樣後以CNS 1232規定測試抗壓強度時，取樣之鑽心試體高度直徑比需大於1.8，則可避免修正係數適用問題。

5. 後續研究

➤ 後續研究

- 一、本研究CLSM鑽心試體與標準圓柱試體抗壓強度比率有隨配比設計強度趨高現象，惟三家預拌場，因CLSM係由不同工地之管溝開挖土方拌製而成，非屬相同土壤材料，建議後續研究如能以相同土壤材料、多種不同配比設計強度做試驗驗證。

二、本研究於其他標案工程發現，當管溝泥質土含量多時，CLSM鑽心試體與圓柱試體抗壓強度比有較低現象，是否於鑽心過程加水致強度折損較大之因素，建議後續研究探討。

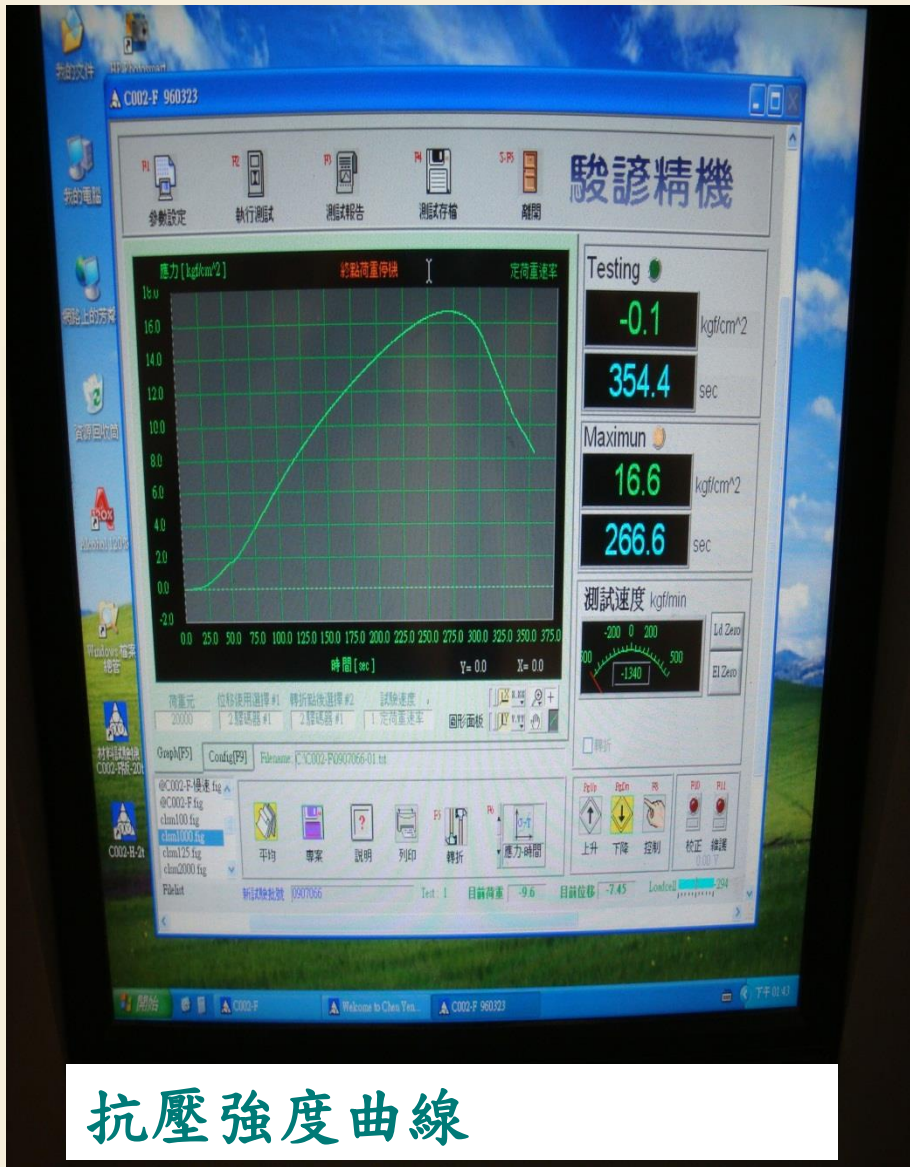
三、工程主管機關如決定CLSM鑽心試體統一採用CNS 1238規範，建議應對試體高度/直徑比小於1.8時，重新研究訂定符合CLSM低強度需求之修正係數。

A預拌場預拌試驗(對照組) CLSM鑽心取樣





**A 預拌場預拌試驗(對照組)
CLSM 圓柱試體及鑽心試體**



抗壓強度曲線

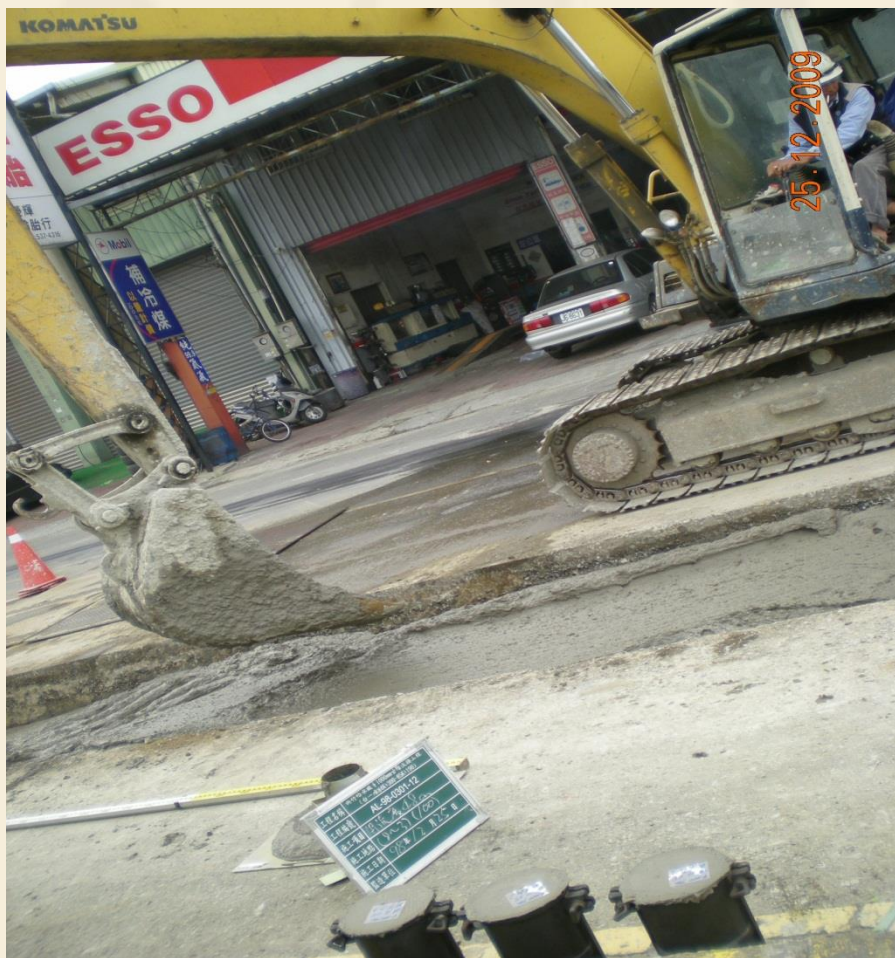


B預拌場預拌試驗(對照組)
CLSM圓柱試體

B預拌場預拌試驗(對照組)CLSM鑽心取樣



新竹給水廠中華路 $\Phi 1000\text{mm}$ 管線汰換工程 同一位置管溝上層CLSM圓柱試體取樣與鑽心試體取樣(1)



新竹給水廠中華路Φ1000mm管線汰換工程 同一位置管溝上層CLSM圓柱試體取樣與鑽心試體取樣(2)



新竹給水廠中華路 $\Phi 1000\text{mm}$ 管線汰換工程 同一位置管溝上層CLSM圓柱試體取樣與鑽心試體取樣(3)



圓柱及鑽心試體抗壓破壞情形



現場實驗(實驗組)芎林竹120線 管線工程 管溝回填CLSM圓柱試體取樣



現場試驗(實驗組)芎林竹120 線管線工程 管溝CLSM鑽心試體取樣

