

## 2021 TCI 水泥砂漿工作性能競賽規則 (20210728 V10 版)

<b>一、參賽資格</b>	<p>(1) 本次競賽分為大專院校組、高中職組及社會組。大專院校組及高中職組同一參賽隊伍必須由<u>同一學校</u>所屬學生組成，於比賽時須為在學註冊學生，大專院校組之隊伍成員須為大學部學生。社會組同一參賽隊伍必須由<u>同一機關/機構/人民團體</u>所屬成員組成。</p> <p>(2) 每一參賽隊伍成員限定 <b>2~8</b> 人，並允許 <u>1 位研究生</u> 擔任顧問。</p> <p>(3) 每一參賽隊伍必須有 <u>1 名指導老師(以指導 1 隊為限)</u>，以確保參賽隊伍符合競賽規則。</p> <p>(4) 由於本次賽事須在會場進行拌合及澆置，因此要求每隊<b>至少有 2 名隊員</b>出席競賽會場，以利進行競賽期間之拌合、澆置及清理作業。競賽當日鼓勵其他隊員參加，但為確保競賽區域的安全性，因此每隊<b>最多允許 4 名隊員</b>於競賽區域作業。 <b>(備註 1)</b></p> <p>(5) 請仔細閱讀競賽規則，特別注意允許使用之材料、粒料成分及含水量的要求。</p> <p><b>備註 1：因應疫情防疫措施，比賽方式(於台科大現場或遠距)將於 9 月底個別通知。</b></p>
<b>二、材料規定</b>	<p>(1) 水泥砂漿必須使用水泥質材料作為膠結材料，其中水泥必須符合 CNS 61 卜特蘭水泥之規定。</p> <p>(2) 輔助膠結材料(Supplementary Cementing Materials, SCM)最多佔<b>總膠結材重量的 30%</b>，包括符合 CNS 3036 之燃煤飛灰、符合 CNS 15648 之膠結混合料用矽灰或符合 CNS 12223 之水淬高爐爐渣粉。</p> <p>(3) 礦物填料(Mineral Fillers)，如窯渣粉與石灰石粉等，最多佔<b>卜特蘭水泥重量的 30%</b>。(礦物填料的定義為含有至少 64%且通過 75-<math>\mu</math>m (No. 200) 篩的細粉材料，參見 ACI CT-13 ACI Concrete Terminology - An ACI Standard)</p> <p>(4) 奈米材料基於安全理由，不得使用乾粉形式，只能使用水溶液形式。<b>水溶液總重量之 80%</b>計入配比拌合水。</p> <p>(5) <b>最大水膠比(水/(水泥質材料+輔助膠結材+礦物填料))為 0.5</b>。</p> <p>(6) 化學摻料須符合 CNS 12283。</p> <p>(7) 粒料應符合 CNS 1240 混凝土粒料規定，細粒料必須為非金屬粒料。此外，細粒料應 <b>100%通過 4 號篩(孔徑 4.75mm)</b>。砂漿配比中至少須含 <b>60%(以配比的總重量計算)的粒料</b>。CNS 1240 細粒料之粒徑要求詳表 1 所示。配比設計須於書面報告以<b>面乾內飽和(SSD)</b>狀態表示。</p> <p>(8) 粒料含水量於競賽時<b>須為 SSD 或低於 SSD 狀態</b>，現場不得添加任何水來調整粒料含水量。SSD 狀態可經由 CNS 487 在現場進行驗證。競賽現場將不考慮粒料含水量對總重量之影響。</p>

(9) 對於每種液態化學摻料，皆假設其固含量為 40%、其餘 60% 為水(依體積計)並加計於總用水量。因此，添加化學摻料同時影響水膠比(w/cm)及砂漿總重量計算，故配比設計須考量調整細粒料之相對用量以符合規定。

表 1. 細粒料粒徑標準(CNS 1240)

篩號尺寸		通過百分率(% passing)
4.75mm	No.4	95~100
2.36 mm	No.8	80~100
1.18 mm	No.16	50~85
600 μm	No.30	25~60
300 μm	No.50	5~30
150 μm	No.100	0~10

### 三、書面報告

- (1) 參賽隊伍應繳交符合以下規定之書面報告，以供評分。
- (2) 書面報告電子檔應為 PDF 格式，相關格式及內容請參考附件一。
- (3) 書面報告之電子檔須於 **2021 年 10 月 27 日(星期三)前** 繳交，書面報告紙本須於 **競賽當日報到時(2021 年 10 月 29 日(星期五))** 繳交，電子檔與紙本報告內容須一致，紙本報告並於競賽時展示。
- (4) 書面報告紙本應使用 A4 大小紙張並裝訂成冊，書面報告紙本未能準時繳交的參賽隊伍，報告成績列為 0 分，未在報名時繳交書面報告電子檔，將被視為放棄競賽。
- (5) 書面報告必須包括以下部分：封面、摘要、前言、試驗材料及配比、試驗步驟、試驗結果、結果討論，結論及參考文獻。
- (6) 報告評分介於 0~100 分之間，報告之評分權重如表 2.所示。

表 2. 報告評分權重

報告內容	配分
排版	3 分
封面	2 分
摘要	5 分
前言	15 分
試驗材料及配比	20 分
試驗步驟	10 分
試驗結果	15 分
結果討論	20 分
結論	5 分
參考文獻	5 分

#### 四、測試與成本評估

##### (1) 試樣準備

- (a) 參賽隊伍請準備 2 組原料(卜特蘭水泥、輔助膠結材料(若有使用)、礦物填料(若有使用)、細粒料、化學摻料)，2 組原料(重量及種類)應相同，且均應符合上述材料之要求，最終砂漿拌成物(體積)應介於 550-750 ml 之間。除水和化學摻料外，所有原料均須預先秤重，單獨裝袋並帶入競賽會場。化學摻料可以在競賽現場進行測量，化學摻料須由參賽隊伍自行準備。所有袋子應清楚標註隊名及材料類型。主辦單位將在現場提供磅秤。化學添加劑只能利用現場提供的容器進行測量(按體積計)。裁判將檢查 2 組原料，並確認是否符合規定，包括數量及粒徑分佈要求。
- (b) 裁判將隨機選擇 1 組原料給予參賽隊伍進行拌合。
- (c) 如有必要，裁判將依 CNS 487 驗證粒料之含水量。如果裁判認為粒料超過 SSD 狀態(粒料不會坍塌)，則該隊伍將被取消參賽資格。所有袋裝物在拌合前將由主辦單位秤重，袋裝材料須全數添加到拌合機中。換言之，每種材料在單獨的袋子中預先秤重，並且不能在現場對(固體)材料的數量進行調整。參賽隊伍應考量粒料的含水量在運輸過程中及現場發生的變化，並應確保粒料含水量。
- (d) 參賽隊伍有 5 分鐘 的時間在現場準備水和化學摻料。主辦單位於競賽現場提供拌合機(HOBART N50)，參賽隊員在現場負責自己的試體拌合，拌合順序可依 CNS 3655 或依各隊書面報告之拌合程序進行。不允許使用拌合機之最大拌合速度。當打開拌合機或將拌合水添加到攪拌筒時，開始計時，每隊最多只有 10 分鐘 的拌合時間，拌合完成後請將拌成物交付裁判。
- (e) 若參賽隊伍認為無法達到預期工作性時，容許調整配比設計中的 1 種化學摻料。相同的化學摻料可分次添加，但總拌合時間不得超過 10 分鐘。每次添加化學摻料時，應須告知裁判，若無告知裁判、拌合時間超過 10 分鐘、調整多種化學摻料用量、使用配比設計以外之化學摻料等，皆會被取消參賽資格。特別注意，化學摻料中 60% 體積將視為拌合水，此會影響粒料比例。此外，因添加額外的化學摻料用量，導致配比設計超過最大水膠比 0.5，即使報告中水膠比小於 0.5，亦會判定取消資格。因此，若配比設計已為最大水膠比 0.5，則不允許額外添加液體化學摻料。完成拌合後，秤其總重量，扣除攪拌筒重量後(競賽前測定)即為砂漿重量，砂漿重量除以密度或比重後(依報告書數據)後即可求得體積，體積若沒有在 550 ml-750 ml 範圍內，將被取消資格。
- (f) 拌合完成後，參賽隊員將砂漿拌成物依序倒入 2 個 標準的 250 mL 容器中(依序為編號 1 及編號 2)，每個容器中充滿 250±10 mL 的砂漿拌成物。編號 2 容器之砂漿拌成物將用於流動性測試，編號 1 容器之砂漿拌成物將用於穩定性測試。
- (g) 每個參賽團隊必須將多餘的拌成物存放到指定的清潔區域。參賽隊伍須負責攪拌筒、攪拌葉及其他工具的清潔工作。清理時間 10 分鐘。未能確實清

理的隊伍將被取消競賽資格。

## (2) 流動性測試

(a) 編號 2 容器之拌成物將用於流動性測試。

(b) 砂漿拌成物交付裁判 **3 分鐘**內，參賽隊員將利用末端開口約 12 mm 的漏斗將砂漿拌成物倒入 tci 模具中。砂漿拌成物倒入漏斗的過程中，請參賽隊員使用主辦單位提供之平板封住漏斗的末端開口，直到將所有拌成料倒入漏斗中為止。然後，參賽隊員將漏斗的末端開口放在模具字母“t”的上方開口，將砂漿拌成物僅在自重的作用下灌注於模具中。模具詳圖如附件二。本競賽將記錄砂漿拌成物填充模具的時間(即自砂漿拌成物倒入字母“t”的上方開口到砂漿拌成物從字母“i”的上方開口流出之時間)。灌注過程中不允許振動或搗實，砂漿拌成物在模具中由澆注開始最多流動時間為 3 分鐘。

(c) 如果砂漿拌成物沒有明顯持續流動時，將紀錄砂漿拌成物的填充程度。以模具 ci 底線為基準，量測砂漿最低水平高度，計算百分比，同時根據最終漿體填充所至之字母依比例折減(例如，到達 c 字母則該百分比再乘以 2/3)，最終計算百分比即為填充率(%)。

(d) 裁判將利用以下評分權重對流動性測試進行評分，包括：

(i) 模具填充時間佔 40%

(ii) 模具填充率佔 60%

注意：「模具填充時間」僅適用於砂漿拌成物完全填充 tci 模具的參賽團隊。換言之，若砂漿沒有完全填充模具，則填充時間為 0 分。

(e) 流動性測試的最終分數(F)計算為：

$$F = 0.6 \times F_p + 40 \times (30 - F_t) / 30$$

其中， $F_p$  = 填充率(%),  $F_t$  = 填充時間(s)。

填充時間大於 30 秒，填充時間得分為 0 分。填充時間沒有負分。

(f) 以上分數代表砂漿拌成物之工作性表現，而不是參賽團隊排名。例如：

(i) 第 1 小組在 6 秒鐘內 100%填充模具，總分數 =  $0.6 \times 100$  (完全填充) +  $40 (30 - 6) / 30 = 60 + 32 = 92$  分。

(ii) 第 2 小組在 24 秒內 100%填充模具，總分數 =  $0.6 \times 100 + 40 (30 - 24) / 30 = 60 + 8 = 68$  分。

(iii) 第 3 小組在 45 秒內 100%填充模具，總分 = 60，因為填充率為 100%，但是時間大於 30 s。

(iv) 第 4 小組將模具填充率為 75%，總分 =  $0.6 \times 75 + 0 = 45$  分。

### (3) 穩定性測試

- (a) 編號 1 容器之拌成物將用於穩定性測試。
- (b) 砂漿拌成物交付裁判後 3 分鐘 內，裁判將砂漿拌成物倒入 250 mL 量筒中。量筒的最小填充量為 230 mL，最大填充量為 250 mL。實際的體積（精確到 2 mL）將由現場裁判決定，並同時拍照。
- (c) 量筒靜置 30 分鐘後，裁判將讀取量筒中的固液分離線，精確至 2 mL。同時拍照。
- (d) 本測試將根據固液線相對於初始體積的比例( $R_s, \%$ )進行評分。本項測試將由 2 名裁判自(b)和(c)所拍攝的圖片中，以 3 個讀數平均值作為確定讀數。
- (e) 確定讀數用於計算穩定性得分(S)，該項測試分數計算為：

$$S = 4 \times (R_s - 75)$$

- (f) 穩定性分數不能為負。 $R_s$  值低於 75%，該項測試分數為 0。例如：
- (i) 第 1 組：初始填充高度= 250 mL，30 分鐘後未觀察到沉澱，則沉澱讀數=250 ml，則  $R_s=100\%$ ，穩定性分數為  $4 \times (100 - 75) = 100$  分。
- (ii) 第 2 組：初始填充高度= 250 mL，30 分鐘後，沉澱讀數=200 mL，則  $R_s=80\%$ ，穩定性分數為  $4 \times (80 - 75) = 20$  分。
- (iii) 第 3 組：初始填充高度= 250 mL，30 分鐘後，沉澱讀數=125 mL，則  $R_s=50\%$ ，穩定性分數為  $4 \times (50 - 75) < 0$ ，故穩定性分數 = 0 分。

### (4) 砂漿拌成物成本分析

- (a) 最終成本係依據主辦單位提供之配比表及成本分析表，計算每單位體積中各種材料之成本總和後計分(C)。參賽隊伍有責任提供完整且精準之配比設計及成本計算。若未能提供相關資訊，成本計算此項將不予計分。
- (b) 參賽隊伍須在配比設計表中列出所有輔助膠結材料、化學摻料及填充材料的所有資訊。由於可能存在對化學添加劑的認知差異，裁判有最終權力決定化學摻料形式及所用材料的單位成本。額外添加化學摻料的成本亦必須計算在單位體積成本內。
- (c) 各種材料之成本計算標準請參閱附件三，配比設計及單位體積成本計算表請參閱附件四，單位體積成本及計分表請參閱表 3。

表 3. 單位體積成本及計分表

單位體積成本(元/m <sup>3</sup> )	計分
<2,250	100
2,249~2,999	87.5
3,000~3,749	75.0
3,750~4,499	62.5
4,450~5,249	50.0
5,250~5,999	37.5
6,000~6,749	25.0
6,750~7,499	12.5
>7,500	0

註：本表依 ACI 規則提供之單價乘以匯率 30 作為基準。

## 五、計分與獎項

### (1) 總體效率獎

**總體效率獎**得分將依下列所述進行計算，得分前 3 高者，將獲得總體效率獎前 3 名。若分數相同，以流動性測試得分高者獲勝，獎項如表 4 所示。

$$\text{總體效率得分} = (0.50) \times (F) + (0.20) \times (S) + (0.25) \times (R) + (0.05) \times (C)$$

其中，F 為流動性測試總得分、S 為穩定性測試總得分、R 為書面報告總得分、C 為成本分析總得分。

表 4. 總體效率獎獎項

	大專院校組	高中職組	社會組
第 1 名	獎狀+獎金 15,000 元	獎狀+獎金 10,000 元	獎狀
第 2 名	獎狀+獎金 10,000 元	獎狀+獎金 5,000 元	獎狀
第 3 名	獎狀+獎金 5,000 元	獎狀+獎金 3,000 元	獎狀

### (2) 經濟設計獎

**經濟設計獎**僅適用於模具填充率為 100%且穩定性值 (Rs) 至少為 95%的參賽隊伍。這些數據分別根據四、(2)和四、(3)結果決定。報告分數、模具填充時間並不在經濟設計獎中考量。參賽隊伍若因違反規定而被扣分、砂漿沒有完全填充模具、穩定性質低於 95%者，將無法參加經濟設計獎評比。參賽隊伍將依單位體積成本由低至高排序，拌成料單位體積成本最低的參賽隊伍將贏得經濟設計獎，依序為第 2、3 名，獎項如表 5 所示。

表 5. 經濟設計獎獎項

	大專院校組	高中職組	社會組
第 1 名	獎狀+獎金 5,000 元	獎狀+獎金 4,000 元	獎狀
第 2 名	獎狀+獎金 4,000 元	獎狀+獎金 3,000 元	獎狀
第 3 名	獎狀+獎金 3,000 元	獎狀+獎金 2,000 元	獎狀

**(3) 注意事項**

參賽團隊應了解規則的重要性。裁判將依規定對配比設計及材料進行 2 次審查，第 1 次是在競賽前的報告審查，第 2 次是在競賽中針對原料進行審查。請注意在報告中，砂的重量應以面乾內飽和狀態表示，且必須滿足 60% 的最低重量要求。參賽隊伍於競賽現場不得添加任何水改變粒料含水量。無論粒料的含水量狀況如何，現場所量測之粒料重量將用於評估砂土佔總重量之百分比。

**六、評判**

裁判由主辦單位統一規畫安排。

**七、報名與材料繳交**

- (1) 參賽隊伍應於 **2021 年 09 月 24 日(星期五)前** 線上報名。
- (2) 報告電子檔應於 **2021 年 10 月 27 日(星期三)前** 繳交於電子信箱 [ntustd109@gmail.com](mailto:ntustd109@gmail.com)
- (3) 紙本報告及原料須於競賽當日繳交。  
競賽將於 **2021 年 10 月 29 日(星期五)上午 10 點** 開始。

**八、聯絡方式**

聯絡人：陳璽安 先生

地址：106335 臺北市大安區基隆路 4 段 43 號 國立台灣科技大學營建工程系

電話：0911-884316

電子郵件：[ntustd109@gmail.com](mailto:ntustd109@gmail.com)

# 附件一 報告撰寫準則

- 1. 排版** 報告以單行行距、12 點字體大小。中文標楷體，英文以 Times New Roman 表示。圖表中的標題和字體也為 12 點。邊距：2.54 公分。除封面(報告的第一頁)以外皆須編碼。封面後的頁面應編號為「1」，其餘頁面必須按順序編號。圖說及編碼置於圖的下方，表格說明及編碼置於表格上方。

**含封面總頁數最多 15 頁**

- 2. 封面**
- (1) 學校名稱及系所(機關/機構/人民團體名稱)；
  - (2) 參賽隊伍隊員及指導老師姓名；
  - (3) 參賽隊伍隊名。

- 3. 摘要** 摘要不得超過 300 字。摘要主要簡述：

- (1) 競賽目標及限制條件；
- (2) 簡述最終達成競賽目標所採用之砂漿材料及配比設計；
- (3) 拌成物的成本也必須在摘要中說明。

- 4. 前言** 前言最多 1 頁。前言的目的主要提供讀者了解混凝土的工作性，及本次競賽對混凝土產業之重要性。本章節必須包含以下項目：

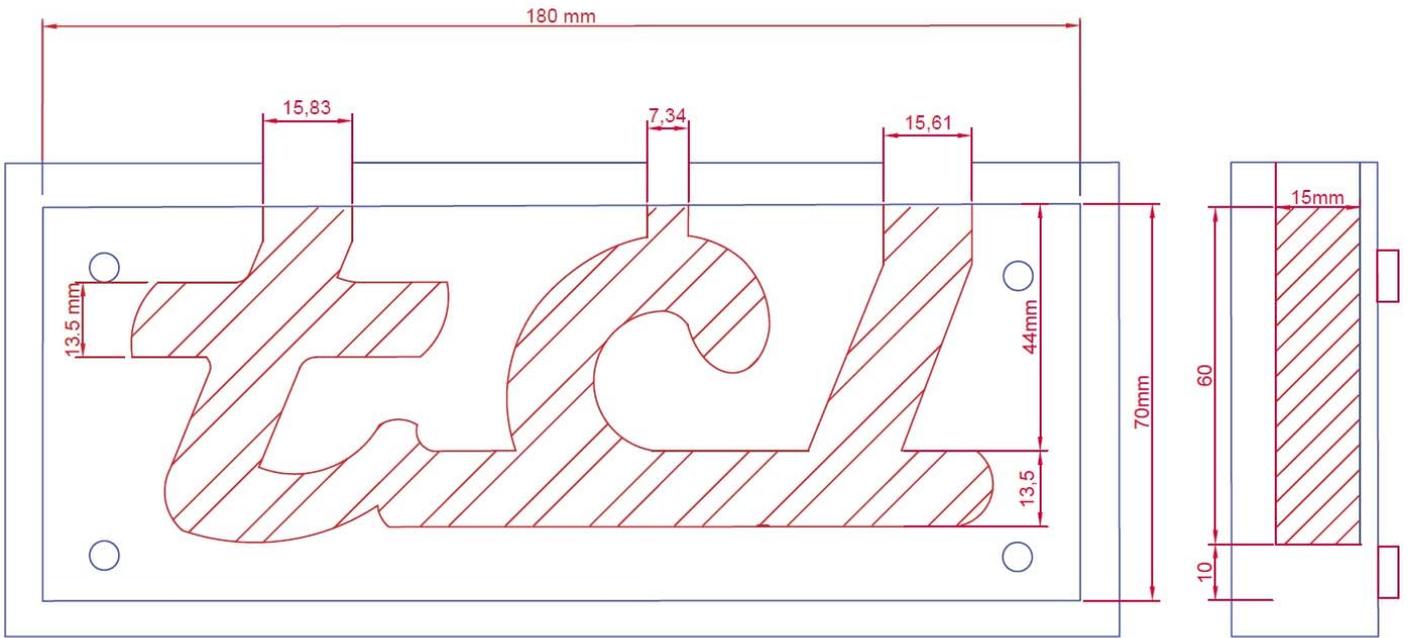
- (1) 明確定義混凝土的工作性和流變性；
- (2) 簡單概述影響混凝土新拌性質的因素，即水泥、水泥質材料、水量、粒料、化學摻料、拌合順序、溫度及時間對混凝土工作性之影響；
- (3) 簡要描述施工過程中混凝土工作性的重要性，意即混凝土工作性如何影響施工性？
- (4) 簡單描述在混凝土施工中流變量測所面臨的主要挑戰為何（請注意，可能有數個挑戰因素，但參賽隊員只須討論一種）。

- 5. 試驗材料及配比** (1) 提供競賽所使用之配比設計（以面乾內飽和 (SSD) 重量表示）及計算競賽所使用之砂漿拌成物單位重(所有單位均為  $\text{kg/m}^3$ )；

- (2) 提供拌成料中使用之各種材料之密度（比重）。沒有提供者將依規定取消參賽資格；
- (3) 確認配比設計中之水泥質材料及化學摻料並確認其名稱及類型；
- (4) 確認配比設計中所使用之粒料，包括粒徑分佈曲線及吸水率；
- (5) 配比設計之成本計算請在此章節說明。

- 6.試驗步驟** 試驗步驟部分最多 2 頁。本節必須包括以下內容：
- (1)編號依序描述拌合過程，包括試拌過程中所使用之拌合型式(手或機械拌合等，若為機械拌合，請說明拌合機型號及製造商)、拌合時間、拌合順序及其他控制砂漿拌成物品質之措施。
  - (2)請描述流動性及穩定性之試驗方法。
- 7.試驗結果** 試驗結果部分最多 3 頁。參賽隊伍應以圖、表來表示參賽配比之工作性及穩定性，並說明如何以前導試驗之結果決定參賽配比。
- 8.結果討論** 結果討論部分最多 3 頁。參賽隊員必須討論他們對本計畫之決策過程與方法。例如，團隊是先考量流動性再考慮穩定性，亦或是先考量穩定性再考慮流動性？此外，亦可討論配比設計中，調整某一種材料用量或利用特殊之拌合方法，來達到最佳之流動性及穩定性之理由。請各隊自由發揮，可利用圖表、流程圖來說明團隊如何決定參賽配比之決策過程，包括試拌配比，及如何修正配比來達成預期成果；
- 報告的此節著重在於以下各點：
- (1)討論完成本次計畫所面臨之重要挑戰；
  - (2)討論參賽之配比設計對永續性的具體貢獻為何。
  - (3)針對最終拌成料之組成及成本分析進行討論。
- 9.結論** 結論部分最多 1 頁。結論主要總結參賽隊員為達到競賽目標而尋找之最佳方法為何?(可由材料、拌成料性質、成本分析等方向思考)。此外，參賽隊員應說明參賽所學習之心得。
- 10.參考文獻** 參考文獻依 TCI 混凝土科技期刊格式撰寫。如果未引用任何文獻，請在本節中註明“無”。

# 附件二 模具尺寸圖



### 附件三 單價分析標準

#### A. 材料之單價分析標準

材料	元/公噸
天然細粒料	300
人工細粒料	900
水	75
卜特蘭水泥	3,150
飛灰	1,500
水淬高爐爐渣粉	3,150
矽灰	18,000
偏高嶺土	9,000
石灰石粉	1,200
玻璃粉	9,000
奈米材料	27,000

註：本表依 ACI 規則提供之單價乘以匯率 30 作為基準。

#### B. 化學摻料之單價分析標準

材料	元/公升
輸氣劑	30
減水劑	33
中性能減水劑	59
高性能減水劑(非羧酸系)	65
高性能減水劑(羧酸系)	113
增稠劑	75
緩凝劑	63
速凝劑	59

註：本表依 ACI 規則提供之單價乘以匯率 30 作為基準。

## 附件四 配比設計及成本估計表

組成材料	重量 (kg/m <sup>3</sup> )	佔總重 (%)	單價 (元/公噸) (元/公升)	小計 (元)	材料性質
水					
卜特蘭水泥	材料 1				比重：
	材料 2				比重：
輔助膠結材料	材料 1				比重：
	材料 2				比重：
礦物填料	材料 1				比重：
	材料 2				比重：
細粒料	材料 1				比重：
	材料 2				比重：
化學摻料	材料 1				品牌/型號： 比重：
	材料 2				品牌/型號： 比重：
<b>總計</b>		<b>100%</b>		—	
<b>單位體積成本 (元/m<sup>3</sup>)</b>					

註:表格不足請自行增減，單位體積成本計算單價請參閱附件三