

## 旱溪樂成宮結構補強工程 施工計畫書

### 壹. 工程項目

#### 一. 工程概要

本項工程主要針對台中市三級古蹟旱溪樂成宮因為 921 集集大地震之影響而發生之結構破壞情況，所進行建築結構系統之補強。經過現場會勘的結果，本工程團隊擬定該修護工程之補強施作方式與建議。

#### 二. 工程內容

本項工程依據設計單位圖說標明之必需施作磚構造結構補強工程以及圓桁接頭部分補強之位置，預計工期為 60 個工作天。



照片 1 台中旱溪樂成宮

## 貳. 瑞客工程施工團隊組織

### 一. 組織系統

專案管理負責人：扶之善（聯絡電話：0935-968-260）

工地現場負責人：蔡樹松（聯絡電話：0933-223-375）

陳秋東（聯絡電話：0932-187-172）

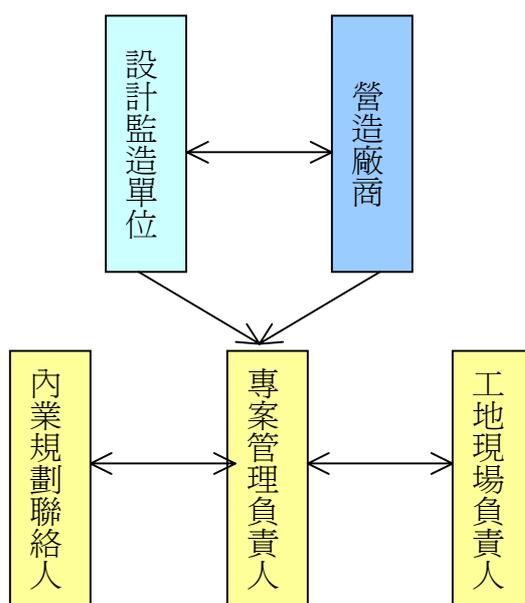
內業規劃聯絡人：林鴻緯（聯絡電話：0935-500-918）

各組織系統負責人	實際參與古蹟修復工程或調查研究經驗
扶之善	總統府、監察院、新竹車站、美國在台領事館、台中火車站、東湧燈塔等
蔡樹松	總統府、監察院、美國在台領事館、二林仁和宮、東湧燈塔等
陳秋東	美國在台領事館、二林仁和宮、東湧燈塔等
林鴻緯	總統府、台北賓館、監察院、美國在台領事館、二林仁和宮、東湧燈塔等

表格 1 瑞客工程團隊各組織系統

### 二. 執掌說明

1. 專案管理負責人：配合設計監造單位及營造廠商調配工程進度、進料時間協調、各平行廠商間之聯繫工作。
2. 工地現場負責人：配合本公司對進度之要求與相關動線之協調，以及現場施作之品質管制、相關機具維護管理等。
3. 內業規劃聯絡人：進行工程圖說設計及繪製與相關文件檔案之建檔。



圖示 1 瑞客工程團隊各組織系統與監造、營造單位關係

### 三.施工名冊

人員	年齡	身分證字號	經歷
扶之善	37	F121002671	從事建築材料及建築工程十五年、古蹟修復三年
蔡樹松	37	G121004167	從事建築材料及建築工程十五年、古蹟修復三年
陳秋東	31	A123982766	從事建築工程六年、古蹟修復二年
林鴻緯	26	F124029370	從事建築工程二年、古蹟修復四年
李添財	33	F121183484	從事建築工程十五年、古蹟修復四年
林樹叢	40	G120976404	從事建築工程二十年、古蹟修復四年
扶久揚	45	F121002662	從事建築工程十二年、古蹟修復三年
王華生	40	A129917138	從事建築工程十五年、古蹟修復兩年
馮 城	46	A130932767	從事建築工程十六年、古蹟修復兩年
陳春榮	37	G120995981	從事建築工程十三年、古蹟修復兩年

表格 2 瑞客工程團隊樂成宮施工名冊

### 四.工程實績

1. 參與古蹟修復工程或協助進行古蹟調查研究案例：

總統府、監察院、台北賓館、美國在台領事館、吳鸞旂墓園、二林仁和宮、東湧燈塔等。

2. 現代建築新建、修復工程：

楊梅職訓中心（世龍營造）、八德殘障教養院（光大營造）、六福村太平洋區遊樂設施（今日美術設計）、六福村阿拉伯區遊樂設施（大成建設）、龜山貿商一村（義峰營造）、二重國小（哲世法公司）、中壢大潤發量販（評輝營造）、成功高中體育場與游泳池（成功高中）、國民健康局（行政院衛生署）、新竹國賓飯店（清隆企業）、捷運 261 標（大陸工程）、捷運 252 標（榮工處）、捷運 257 標（泛亞營造）、捷運 254 標（新亞營造）、台灣省立醫院玉里分院（葉記營造）、宜蘭線瑞芳至候硯（登陽營造）、自強隧道（大龍營造）、麥帥國宅（宇展營造）、國泰荷蘭村（國泰建設）、天空之城（太平洋建設）、台中體院與新竹體育場（比爾斯蘭基）、東帝士花園廣場（東帝士）、聯電一廠（聯電半導體）、台泥石灰輸送帶通道（台灣士敏工程）等。

## 參. 現況說明

### 一. 承重山牆之破壞模式

#### 1. 承重山牆之水平側向應力破壞模式

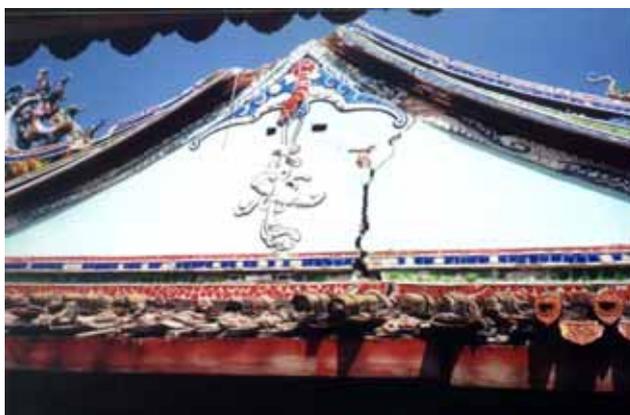
山牆頂端與桁檁的結合點附近有裂紋產生。究其主因，主要是桁檁受到屋頂的荷重，當地震來臨時震波會造成桁檁與山牆同時發生位移；但是山牆與擺動的幅度、頻率與桁檁、山牆皆不同，在此情況下桁檁與山牆的結合點便容易造成脫榫，進而造成應力集中現象，產生裂紋。



照片 2 樂成宮承重山牆與桁檁接合點應力破壞模式

#### 2. 不同結構體之分裂、破壞模式

不同的結構體同時受到地震波，由於搖擺幅度不同，因此構造上容易產生破壞。這些現象在山川殿與兩廊、正殿與拜殿、護龍與過廊之間特別明顯。



照片 3 樂成宮受到地震波之後的破壞

3. 水平力造成角隅開裂現象

地震所帶來的水平力直接落在山牆，山牆會有左右搖晃的狀況發生。但是山牆之構造為紅磚疊砌，結構本身並無抗拉能力；因此結構體在搖晃時，灰漿的黏著力極易被破壞，角隅便會發生開裂。目前此現象於樂成宮特別嚴重。



照片 4 樂成宮受到水平力影響導致角隅開裂現象

## 二.木構架位移現象

### 1. 柱體側向移動

樂成宮內產生移動之柱體，以木柱與石柱不同材質結合為主。由於為不同材質的組合形式，大多採用公母榫頭接合或平置無榫頭的模式組合；這樣的組合方式，在遭遇較大的側向力時，容易造成位移發生，進而會促使柱身傾斜以及整體構架歪斜。



照片 5 樂成宮內部柱體產生側向移動

### 2. 次間位置木構架與山牆接合部位

當柱體位移、柱身傾斜、整體構架歪斜時，木構架便容易與山牆產生脫離與位移。此現象為地震力對於傳統建築造成破壞的常見現象，亦為主要的因素；然而，這些狀況卻是造成頂部屋面塌陷的主因。



照片 6 樂成宮次間位置木構架與山牆接合部位

## 肆. 施工程序與方法

### 一. 使用材料說明 (英國 CINTEC 結構補強技術)

#### 1. 高強度不鏽鋼拉筋

高強度不鏽鋼拉筋係由高密度不鏽鋼纖維製成。本身除了具有超高的強度與耐震度之外，亦具有韌性與抗彎折能力；對於地震災害區域的磚構造建築結構補強需求有很大的助益。本材料測試規範與標準值如下：

尺寸	測試標準	等級	斷面 0.2% 耐久度 (N/mm <sup>2</sup> )	最大抗拉強度
M 16	BS 6105	A2	210	500

表格 3 高強度不鏽鋼拉筋規格表

#### 2. Polyester 複合膨脹織布

Polyester 複合膨脹織布為英國 CINTEC 結構補強技術的專利補強材料，是由高分子纖維組織而成的膨脹織布。其主要功能是與高強度不鏽鋼拉筋結合並穩穩固定於磚構造建築結構體內部，以達結構補強之目的。

#### 3. 高強度複合黏著劑

高強度複合黏著劑是以高分子樹脂與特殊複合劑構成，主要功能在於將高強度不鏽鋼拉筋與 Polyester 複合膨脹織布相結合，是兩種結構補強材料之監的黏著劑。其強度與黏度極高，有助於磚構造與補強材料之間的結合性，能夠提升補強之後磚構造體的強度與耐震能力。

試驗天數	測試標準	測試值
張力試驗		
3 天	DIN 1045、DIN18156	2.5 N/mm <sup>2</sup>
7 天	DIN 1045、DIN18156	3.5 N/mm <sup>2</sup>
28 天	DIN 1045、DIN18156	4.5 N/mm <sup>2</sup>
壓力試驗		
3 天	DIN 18200、DIN 18555	21.2 N/mm <sup>2</sup>
7 天	DIN 18200、DIN 18555	37.2 N/mm <sup>2</sup>
28 天	DIN 18200、DIN 18555	51.5 N/mm <sup>2</sup>

表格 4 高強度複合黏著劑規格一欄表

#### 4. Injectiontech IT800 Non-shrink grout 無收縮灰泥

Injectiontech IT800 Non-shrink grout 無收縮灰泥是由細砂、特殊灰泥母料、高強度纖維以及特殊添加劑研製，硬化之後不會有任何收縮現象；利用調色劑，搭配原有壁體之顏色外觀，可以與原結構體緊密結合。同時，它還具有提高結構強度的特性。

試驗性質	測試標準	測試值
抗壓強度	ASTM C109	三天 538 kgf / cm <sup>2</sup>
		七天 712 kgf / cm <sup>2</sup>
膨脹率	ASTM C827	0.35 %
泌水率	ASTM C940	0 %
流動值	ASTM C230	245 mm

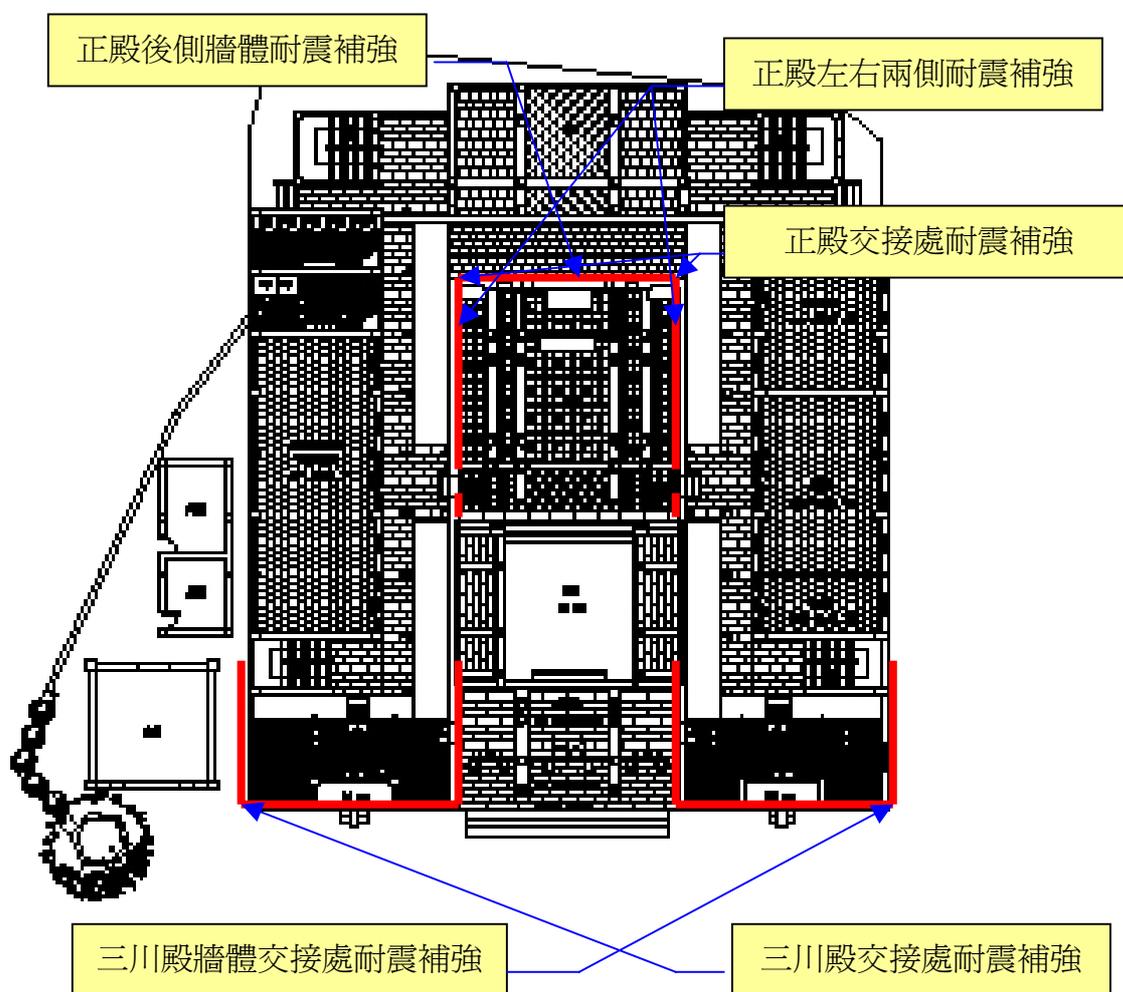
表格 5 磚構造表面填補專用無收縮灰泥規格一欄表

## 二. 使用機具、機械

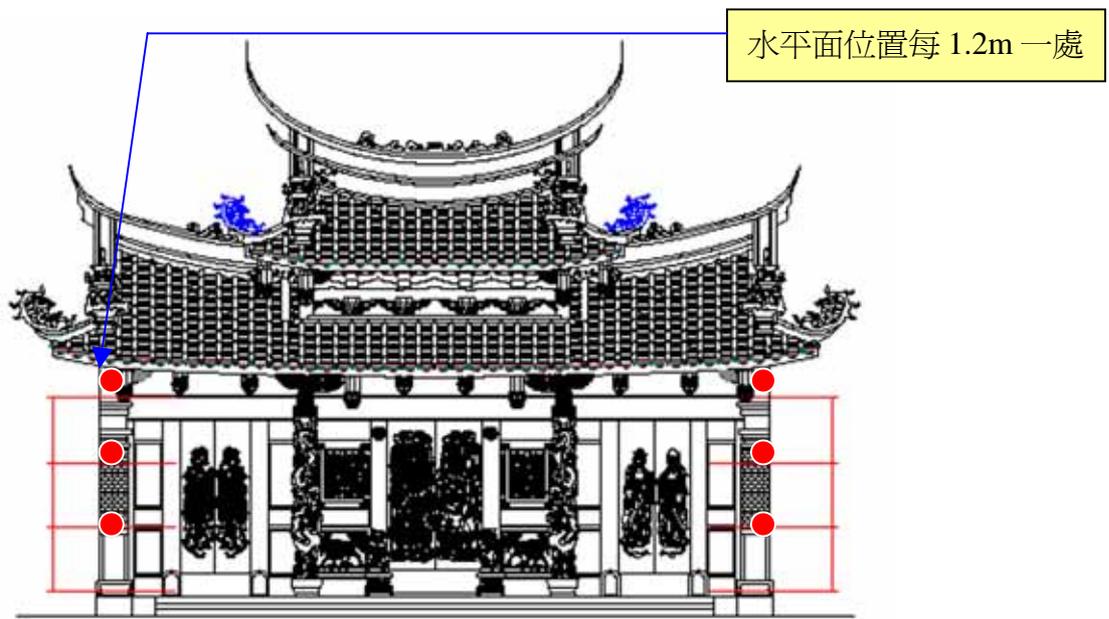
1. 鑽探機
2. 光學測距儀
3. 矯正儀
4. 孔洞探測器

### 三.施工項目

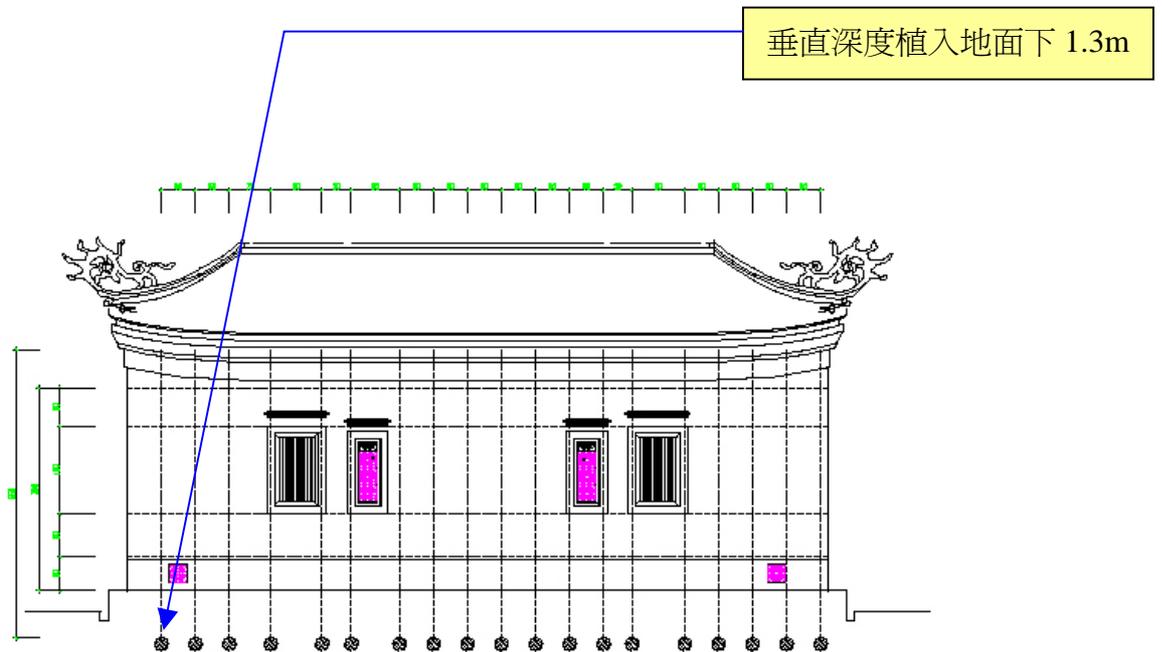
- a. 桁檁與山牆接頭部位：34 處
- b. 磚構造水平部分：243m
- c. 磚構造垂直部分：543m
- d. 總計：786m



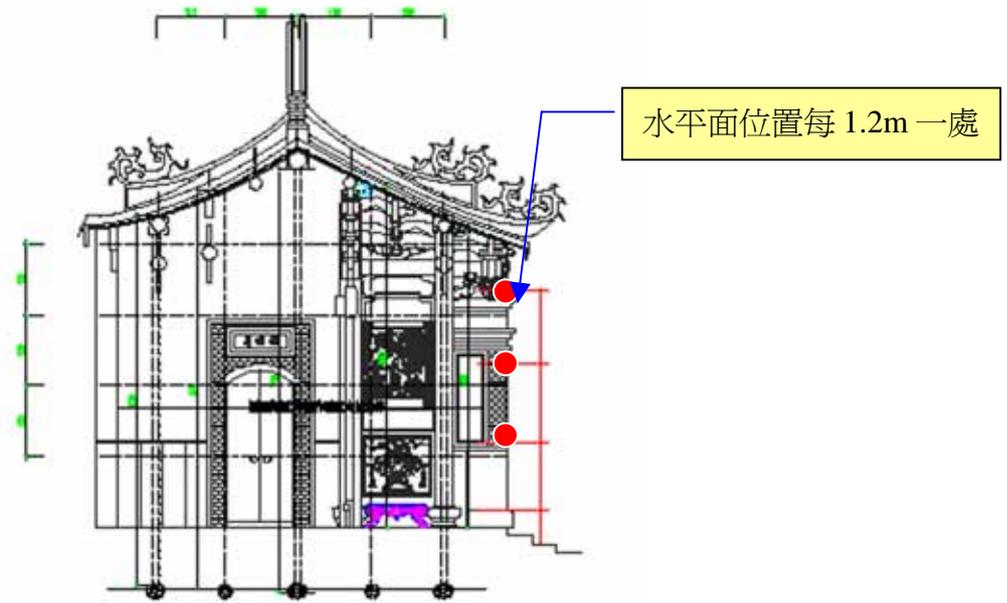
圖示 2 樂成宮各部位補強示意圖



圖示 3 正立面補強位置



圖示 4 正殿背牆面補強位置



圖示 5 三川殿補強位置

## 四.施工說明

### 1. 準備工作

- a. 會同建築師、營造廠，勘查建築物結構體與其地基、地質之狀況，確認結構體破壞或需補強之強度；經計算確定該結構體所需植筋之數量、孔洞寬度、位置、間距、尺寸及結合材料之膨脹係數。
- b. 利用光學測距儀與校正儀，確定鑽孔之角度與深度。
- c. 施作孔徑參照下表（表格 6）。
- d. 鑽孔時必須特別注意角度、位置是否有發生任何誤差，並隨時觀察鑽孔過程中是否有傷及結構體或受損之情形。
- e. 利用孔洞探測器獲得孔洞內壁體狀況，以確認植筋後須膨脹結合之處。

高強度不鏽鋼拉筋型號	孔徑
M 16	60 mm

表格 6 高強度不鏽鋼拉筋型號、尺寸及其對應施工孔徑對照表

### 2. 施作方式

- a. 經由準備工作中之測試、勘查數據，製作適用於該結構體之高強度不鏽鋼拉筋以及 Polyester 複合膨脹織布。
- b. 將預鑄之高強度不鏽鋼拉筋緩緩插入結構壁體之孔洞，並隨時注意壁體是否有異狀發生。
- c. 固定高強度不鏽鋼拉筋後，灌注高強度複合黏著劑。必須特別注意灌注之壓力，其極限值為  $3 \text{ kg/m}^2$ 。
- d. 高強度不鏽鋼拉筋與高強度複合黏著劑作用後，會發生溢出之現象。待其溢出孔洞後，降低灌注壓力至完全飽和為止，方可結束灌漿工程。
- e. 植筋過程中需特別注意結構壁體之狀況，並適當降低灌注之壓力。

### 3. 表面處理

- a. 使用 Injectiontech IT800 Non-shrink grout 無收縮灰泥調和成樂成宮外觀顏色。
- b. 進行孔洞的修補。

## 五.其餘注意事項

為維護施工品質與古蹟周圍安全的顧慮，本施工團隊於施作期間，可依據現場狀況進行下列措施事項：

1. 本施工團隊進駐樂成宮施作時，為維護施工品質與古蹟周圍安全，有排除其餘閒雜人等之後再行施作之權利。
2. 為保護施作之材料與機具之安全，營造廠商有責任維護工地之安全，並嚴加控管工地進出口。

伍.預定工期

時間 工作項目	第 1 至第 5 個工作天	第 6 至第 10 個工作天	第 11 至第 15 個工作天	第 16 至第 20 個工作天	第 21 至第 25 個工作天	第 26 至第 30 個工作天	第 31 至第 35 個工作天	第 36 至第 40 個工作天	第 41 至第 45 個工作天	第 46 至第 50 個工作天	第 51 至第 55 個工作天	第 56 至第 60 個工作天
<b>1.補強工法設計之確認</b>	■ ■	■ ■	■ ■									
1a.進場位置確認	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>										
1b.數量確認		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>									
1c.施工與材料準備	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>									
<b>2.先前工作進度</b>				■ ■	■ ■	■ ■						
2a.施作點標示、放樣				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
2b.測距與量測					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
2c.鑽孔					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
2d.材料組合						<input type="checkbox"/>						
<b>3.實質補強工作</b>							■ ■	■ ■	■ ■	■ ■	■ ■	■ ■
3a.植入高強度不銹鋼拉筋							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
3b.灌注高強度複合黏著劑								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3c.養護										<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3d.封口											<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>4.驗收</b>												■ ■
4a.初驗與退場												<input type="checkbox"/>
4b.正式驗收												<input type="checkbox"/>

表格 7 樂成宮結構補強工程預定工期表

陸.專業廠商資料