

臺北市政府創意提案競賽提案表

提案類別	<input type="checkbox"/> 創新獎 <input checked="" type="checkbox"/> 精進獎 <input type="checkbox"/> 跨域合作獎
提案年度	112年度
提案名稱	打破桎梏，再創新猷-萬大線捷運工程車站結構施工
提案單位	臺北市政府捷運工程局第二區工程處材料試驗工務所
提案人員	<p>(請敘明主要提案人(限1名)及其他參與提案人(至多17人)，並分別標明貢獻度百分比)</p> <p>主要提案人： 余逢嶽(幫工程司) 貢獻度：20%</p> <p>參與提案人： 陳俊宏(處長) 貢獻度：20%</p> <p style="padding-left: 40px;">呂文儒(副總工程司) 貢獻度：20%</p> <p style="padding-left: 40px;">李建德(主任) 貢獻度：20%</p> <p style="padding-left: 40px;">紀志迪(規劃師) 貢獻度：10%</p> <p style="padding-left: 40px;">陳宗和(規劃師) 貢獻度：10%</p>
提案範圍	<p>符合「臺北市政府創意提案競賽要點」第三點所列提案受理範圍如下：</p> <p>(四)有關各機關業務推動方法、作業流程及執行技術之改進革新事項。</p> <p>(八)其他對促進機關行政革新有所助益之精進作為(節能減碳、開源節流)。</p>
成效屬性 (可複選)	<input type="checkbox"/> 全國首創、 <input checked="" type="checkbox"/> 導入精實管理手法、 <input type="checkbox"/> 小 e 化、 <input checked="" type="checkbox"/> 節省成本(時間、人力、經費)、 <input checked="" type="checkbox"/> 發表期刊論文或專書、 <input type="checkbox"/> 取得專利、 <input checked="" type="checkbox"/> 其他：(榮獲台灣混凝土學會之109年度非建築類特優獎)
提案緣起	<p>壹、提案背景說明</p> <p>捷運萬大線全長約9.5公里，共設9座地下車站及1座機廠，車站及潛盾隧道以鋼筋混凝土施作，數量龐大，雖捷運建設已有30年之經驗，然仍有精進之空間。</p> <p>貳、提案動機</p> <p>本路段位於臺北中正萬華區及新北市永和熱鬧區，交通流量大、不僅商店多、住家多，並鄰近多所學校。隨捷運工程興建，<u>交通與生活品質就成了首要衝突</u>，且本施工路段 <u>地下水位高</u> 若按以往施工方式將產生 <u>結構面滲漏水及表面裂紋</u>，徒增止漏水處裡困擾與成本，如附件1所示。更 <u>考量城市節能減碳、資源再利用之永續發展下</u>，需從工程施作規劃及施工技術尋求更精進作為，除了可 <u>減短工期、降低成本、提高施工品質</u> 外亦可減少對民眾交通及生活品質的衝突，達成「<u>以人為本、市民信賴</u>」目標。</p>

興建捷運車站結構工程，混凝土為最主要材料，從規劃、設計至施工，均影響混凝土施工成敗。原設計階段參考以往捷運工程，採傳統混凝土使用於站體結構，常因鋼筋太密影響混凝土流動性與間隙通過性，致造成搗實不良、蜂窩、漏水等缺失。本處鑑於此經通盤檢討而採用高流動高強度之自充填混凝土（Self-Compacting Concrete，以下簡稱 SCC），然自充填混凝土有別於傳統混凝土，在配比設計、預拌廠管理、材料管控、施工規劃、方式及養護等，均需制定妥善管理機制，才能發揮最高效益。施工前本處即針對以往車站結構工程施工瑕疵及顧客(市政府/捷運局/捷運公司/民眾等)要求中尋求更精進作為，冀能更高於契約規範及滿足顧客要求。以往施工問題如下：

一、問題描述

1. 車站結構分割太多，衍生人/機/料增加且工期長而擾民
捷運工程多屬大斷面及大體積混凝土，凝固過程中體積變化較大，易發生潛變、乾縮、泌水、龜裂等缺點。若依以往契約規定分割寬度每單元15M，且要避開巨積混凝土相關溫差規定須分兩層澆置，重複施工次數除造成人力、機具、物料浪費耗損，工期拉長，施工期之噪音擾民次數增加。
2. 使用過多水泥，成本高，未能節能減碳、資源再利用
以往捷運車站底版使用巨積混凝土只添加飛灰取代少數部分水泥，側牆及頂版採用純水泥混凝土，而近年來水泥製造成本不段上揚，高水泥用量除了要面臨高水化熱溫度不易管控所產生裂紋外，亦無法節能減碳、環境永續。
3. 施工次數多，施工縫多衍生營運滲漏水風險
施工縫，是指在混凝土澆置過程中，因設計或施工需要分段構築，而在先、後澆築的混凝土之間所形成的接縫稱之。在混凝土分割單元多時是需要設置多項施工縫，但在施作不當及地下水位高時常造成結構滲漏水破口，而造成後續營運時止漏的困擾。
4. 施工管理與技術不妥，造成施工品質不良而增加處理成本
混凝土施作雖為極成熟工程，但施作成敗，在於材料選定、模板設置、鋼筋設置、防水膜鋪設、混凝土澆置工序、澆置方式、澆置功率及後續養護方式，最重要是混凝土澆置後養護溫度控制等，將使結構體是否產生裂紋影響密水性及耐久性而影響整體施工品質。以往捷運工程無一致性施工管理與機制，在結構工程完成後常需再辦理耗時耗成本的裂紋修飾及止滲漏水處理。

二、問題改善實施方式及投入成本

- 1、混凝土單元分割減少，縮短工期，減少民眾交通及生活衝擊
以本處所轄捷運萬大線第一期工程為例，CQ842標 LG02車站

底版結構長122.4M、寬18M、厚2.3M，及 CQ850標 LG05車站底版結構長150M、寬33.5M、厚3.0M，依契約規定分割寬度每單元為15M，若要避開巨積混凝土相關溫差規定則須分兩層澆置。經廠商專業技師檢核計算及考量混凝土潛變後，本處同意將分割單元長度、寬度及厚度加大並1層澆置之大分塊單元施作。加上調整混凝土配比，降低水化熱與搭配更精進保溫養護措施。故 LG02車站由原來9單元，× 2層共18單元減少為6單元；LG05車站由原來10單元，× 2層共20單元減少為10單元，施工期縮短而大幅減少民怨與衝擊，如附件2所示。

2、減少水泥量，節能減碳、資源再利用，環境永續

採用 SCC 自充填混凝土，混凝土配比之水泥、飛灰及爐石粉等膠結材總量控制在 450 kg/M^3 ，側牆、中版及頂版 SCC 水泥用量為 248 kg/M^3 ，底版巨積混凝土之水泥用量為 180 kg/M^3 ，如附件3所示。因 SCC 係使用卜作嵐材料，除減少水化熱、亦能減少溫度裂縫，而卜作嵐材料之飛灰、爐石粉乃為工業生產時所衍生之工業廢料，故可降低環境污染，符合環保需求。每立方混凝土減少200 kg 以上水泥用量，由於 SCC 較一般混凝土減少水泥用量超過一半，除能降低混凝土成本外，節能減碳下可有效減緩地球溫度上昇之「溫度效應」，確保生態環境。

3、結構分割最大化，施工縫少，減少滲漏水及止漏水處理費用

以萬大線 CQ842標工程為例，其車站底版混凝土結構單元原依契約規定分成9分塊，分塊之間設置施工縫，經分析檢討後分割為6分塊，及CQ850標則採一次澆置未分上下層分別施作，施工縫少，減少漏水機率，也大幅減少處理止漏的費用。

4、精進施工管理與技術，提升施工品質，讓民眾放心

為讓 施工更順利，工期更縮短，更不影響民眾考量下，本處不斷思考如何精進材料要求、創新工法，超越契約規範桎梏以求 創造高品質、低工期、低干擾的捷運工程，不只是一克服了施工障礙，亦提高施工順利度、品質度，讓民眾更放心、安心。精進作為如下：

(1). SCC 配比材料精進，嚴格限制水泥用量、單位用水量及增加 1” 粗粒料比例，讓工程永續

選用抗硫酸鹽侵蝕能力較佳的II型低溫低檢水泥，且同一單元均使用同一種廠牌之水泥。SCC 配比，其水泥、飛灰及爐石等膠結材總量控制在 450 kg/M^3 ，側牆、中版及頂版 SCC 水泥用量為 248 kg/M^3 ，底版巨積混凝土之水泥用量為 180 kg/M^3 ，混凝土單位用水量限制在 163 kg/M^3 以下，減少乾

縮、潛變之品質疑慮。最大粗粒料契約規定為II類材料粒徑3/4” (19mm)，以增加流動能力，本處配比審核時，嚴格要求底版配比增加15%的1” (25mm)粗粒料、其他(牆、版)配比增加10±3%的1” (25mm)粗粒料，如附件4所示。混凝土配比經調整後更可增加體積穩定性及長期耐久性，對捷運環境永續具有相當效益。

- (2). 執行更嚴格之混凝土到場允收內控標準，確保工程品質
捷運工程契約所規範的 SCC 混凝土充填性能在流動障礙 R2 等級時坍流度，V 型漏斗流下時間及箱型填充高度等試驗規範，係參考工程會契約製作綱要來訂定，其規範值範圍較大較寬，為使 SCC 混凝土能於捷運車站地下結構中發揮最大效能與品質，本處於施工前邀集處內相關單位、細部設計顧問及廠商根據以往捷運松山線、環狀線的施工經驗，在兼顧品質與施工性等原則下，共同研討訂定出 較契約嚴格之內控標準 做為工地現場控管執行，讓出料品質更穩定優良，如附件5所示。
- (3). 預留灌漿管深入開口之鋼筋綁紮措施、確保保護層均勻一致
結構版、牆鋼筋綁紮均預留灌漿管伸入空間，讓 SCC 澆置時灌漿管能伸入底部，不致產生粒料析離現象。另採用鋼製支撐架控制側牆鋼筋保護層，不僅使鋼筋排列整齊，間距一致，也確保鋼筋的混凝土保護層不因混凝土澆置時被擠壓變位，澆置管前緣加設一節鐵管，便於深入澆置孔及澆置面，減少氣泡產生。如附件6所示。
- (4). 採用更精進系統模板，結構牆面平整美觀
採 DOKA 及 SUCOOT 精進系統模板，結構側牆施作前經計算背撐材受混凝土上升壓力產生變形之預傾量，模板組裝時預先於頂部內縮6mm，混凝土澆置受壓力頂出即為平直之牆面，利用頭尾兩模拉起水線調整進出面。牆體先行單元之水平及垂直施工縫設置3公分× 3公分之角材，並預埋螺母於施工縫附近，使後行單元接合面 更為平整無落差。垂直模板封模前使用水性脫模劑塗佈，在澆置面上方設置臨時遮雨的帆布，設置後 可防止雨水流入澆置的 SCC 中造成浮水、水痕、起砂的結構瑕疵。如附件7所示。
- (5). 防水膜採橫向鋪貼，減少破口降低滲漏水
傳統防水膜施作方法為直向垂直鋪設，係利用移動式施工架及雙人施工，其作法簡單節省人工，但因直向垂直鋪設時，防水膜因自重下垂易產生皺摺不平整，無法緊貼壁體，若有破損更容易造成結構漏水破口。為讓防水膜鋪貼平順，本處經檢討後要求採橫向水平鋪設，雖須多花費施工架及人力成本，但卻提升結構工程整體的防水品質，省下了工程保固時

的修漏費用，如附件8所示。

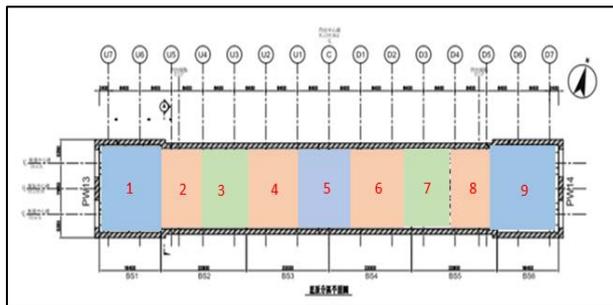
- (6). 混凝土澆置能量控制，縮短工時，避免結構冷縫發生
結構底版每單元澆置數量約800M³以上，而泵送車壓送能量約30~40 M³/ hr，為有效快速澆置減少混凝土面冷縫，決定配置2台泵送車，分由2家預拌廠同時供料，不僅節省一半的澆置時間，也省下超時加班費用，且避免施工冷縫的發生。而2家同時供料的預拌廠則要求使用同一廠牌水泥，以維持同一品質與外觀色澤。當澆置時遇上雨天則增設遮雨設備，避免雨水入侵而影響混凝土品質，如附件9所示。
- (7). 妥善灌漿管移管時機、減少側牆面氣孔並確保施工縫品質
為能使大單元澆置順利，並兼顧施工縫良好品質，灌漿管間隔 ≤ 45 分鐘，且每45公分分層移管澆置，如此不易形成冷縫發生。泵送車舉臂則以90度彎管連接灌漿管，防止垂直澆置造成粒料分離。結構側牆部分則以刮除氣泡工具，拉泡器乃為金屬拉桿或4分PVC管及外模振動器，以直上直下方式採均速拉泡及輕微振動模板木樑處去除氣泡。混凝土初凝至終凝前，以高壓水柱沖洗水平接合面泥漿至粗粒料外露，使新舊混凝土面緊密結合，克服泥膜衍生施工縫漏水難題，以上如附件10所示。
- (8). 混凝土澆置完成採更精進養護，增加品質及耐久性
如附件11所示
- A. 結構底版及頂版養護
混凝土採三階段養護，說明如下：
- 澆置完成初凝前採噴霧養護，減少塑性裂紋發生。
 - 採用不織布、至少2.5公分厚PS板及不透水帆布。三層保溫材保溫，減低溫度裂紋發生機率。
 - 自動澆灌灑水養護，養護時間由契約規定的7天延長至14天，大幅降低混凝土龜裂情形。
- B. 結構中版養護
混凝土初凝前採噴霧養護，減少塑性裂紋發生，24小時後採滯水法，並以角材圍邊用水泥砂漿築6公分的墩堤，及自動灑水養護系統，養護時間由契約規定的7天延長至14天。
- C. 結構側牆養護
隨著側牆寬度設計越來越厚，側牆更需施作保濕保溫養護措施。首先延緩拆模時間，由1天增加為4天(隨著寬度再增加可適量考慮加長時間)，隨即鋪上保溫材(不織布+8mm EVA發泡板(環保材料)+不透水帆布)，以表面溫度計量測面溫，直到與室溫相差10°C以內再以自動灑水系統進行養護。

<p>實際執行 (未來預期)成效</p>	<p>一、成本效益</p> <p>(一) 混凝土單元分割減少，採大分塊單元的施作，萬大線 LG02 車站由原來 9 單元，x 2 層共 18 單元減少為 6 單元，LG05 車站由原來 10 單元，x 2 層共 20 單元減少為 10 單元，<u>減少 50% 以上人力及機具使用，有效縮短工期約 5~6 個月及 200 天。</u></p> <p>(二) 減少水泥量，<u>每立方混凝土減少約 200 kg 水泥用量</u>，而生產 1 公斤水泥及排放 1 公斤 CO₂，結構混凝土總數皆為幾千立方亦可<u>減少產生幾千噸 CO₂ 排放量，有效節能減碳。</u></p> <p>(三) 結構分割單元長度、寬度與厚度極大化，<u>施工縫設置減少 40-50%</u>，大幅減少漏水機率風險及處理費用，提高對捷運品質之信心。</p> <p>(四) 混凝土澆置配置 2 台泵送車，分由 2 家預拌廠同時供料，<u>節省一半的澆置時間，省下超時加班費用。</u></p> <p>一、內部效益</p> <p>(一) 施工完成面品質更優化(如附件 12 所示) 結構版牆之混凝土完成面平整、美觀、無裂紋、無漏水。</p> <p>(二) 制定標準化檢核管控表，捷運線一致採用(如附件 13 所示) 以上 SCC 材料及施工品質精進作為，將施工前、中、後三階段施工控制重點予以標準化，並製作「捷運地下車站結構 SCC 施作注意事項檢核表」，提供各標案施作前逐項檢核簽核後施作，以提升一致性優良施工品質。</p> <p>(三) 精進作為經驗傳承 為讓優化有效精進作為能傳承，不藏私辦理教育訓練講習。</p> <p>二、外部效益(如附件 14 所示)</p> <p>(一) 成果發表並獲學術界肯定觀摩</p> <p>(二) 榮獲 109 年工程會金質優等獎及台灣混凝土學會特優獎</p> <p>(三) 獲 110 年 10 月台灣混凝土學會混凝土科技期刊榮刊登表</p>
<p>相關附件</p>	<p>附件 1：結構面滲漏水及表面裂紋。 附件 2：底版結構分割圖。 附件 3：SCC 混凝土配比表。 附件 4：粗粒料過篩要求。 附件 5：混凝土試驗內控標準。附件 6：預留灌漿管開口及配置。 附件 7：精進系統模板及配置。附件 8：防水膜橫向鋪設及成效。 附件 9：混凝土澆置措施與遮雨設備。 附件 10：灌漿管移管與澆置期間與澆置後精進措施。 附件 11：混凝土澆置完成後之養護精進優化措施。 附件 12：完成面平整美觀且無滲漏水。 附件 13：捷運地下車站結構 SCC 施作注意事項檢核表。 附件 14：成果發表及學術界觀摩與得獎刊登肯定。</p>
<p>聯絡窗口</p>	<p>姓名：余逢嶽 電話：25775900 轉 234 Email：17171@gov.taipei</p>

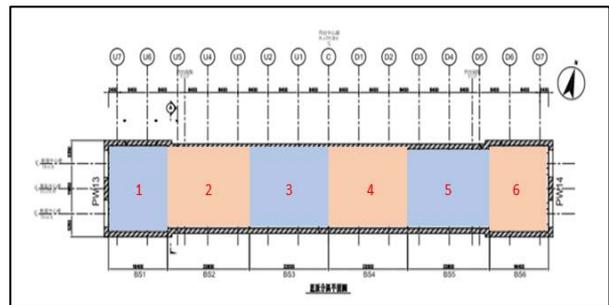
附件1：結構面滲漏水及表面裂紋



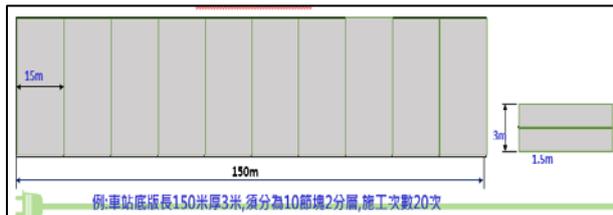
附件2：底版結構分割圖



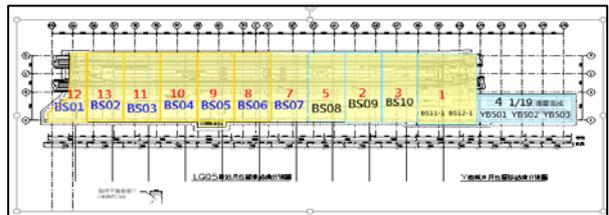
CQ840標原契約分割9分塊



CQ840標調整後分割成6分塊



CQ850標原契約分割10分塊2層



CQ850調整後原契約分割12分塊1層

附件3：SCC 混凝土配比表

廠商	配比編號	配區分	設計強度 kg/cm ²	坍落度 cm	最大粒徑 mm	水泥型號	水泥用量				粗粒料 Kg		細粒料 Kg		水 Kg	添加劑 Kg	備註	
							Kg	Kg	Kg	Kg	25mm (1")	19mm (¾")	合計	合計				粗砂 (台灣)
松達	H82817	R2	280	60-70	25	信大II	200	112	138	810	122	688	913	548	365	158	7	底版(巨積)
信一	2878	R2	280	60-70	25	信大II	180	112	158	777	116	661	906	--	906	163	6.50	
松達	H82814	R2	280	60-70	25	信大II	247	45	158	810	162	648	940	470	470	160	5.4	側牆、中板 (CQ842)
裕成	2892H	R2	280	60-70	25	信大II	248	45	157	791	79	712	915	549	366	169	5.04	
榮實	Y40971	R2	280	60-70	25	信大II	225	90	135	797	80	717	919	735	184	169	4.50	側牆、中板 (CQ850)

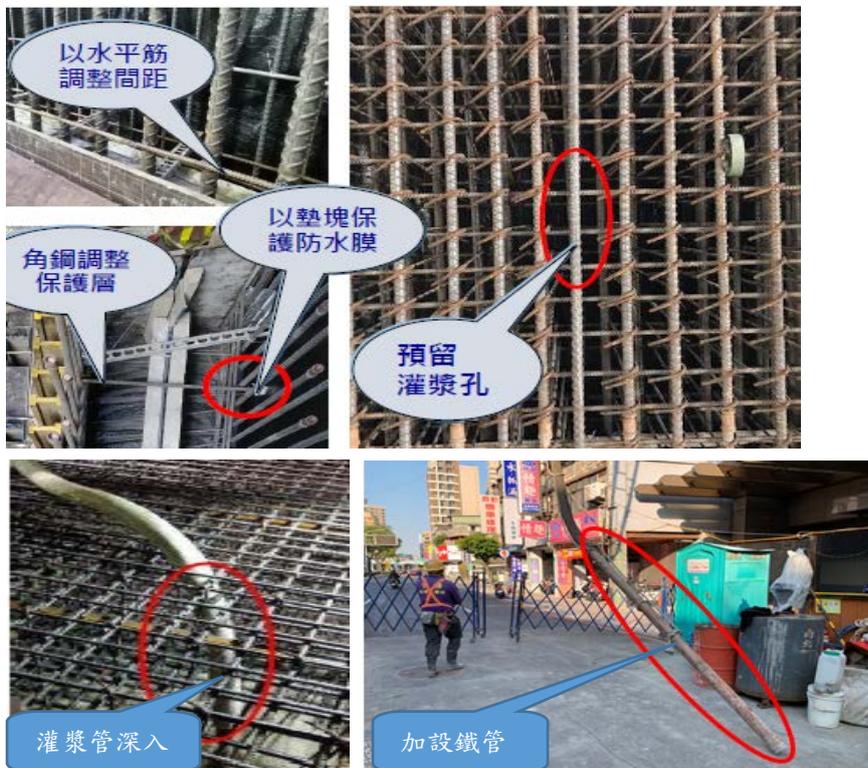
附件4：粗粒料過篩百分比要求

篩尺寸 (mm)	過篩重量百分比		
	第一類粒料	第二類粒料	建議值
37.5(1 1/2")	100	--	100
25(1")	95-100	100	95-100
19(3/4")	--	90-100	86-94
12.5(1/2")	25-60	--	25-60
9.5(3/8")	--	20-55	--
4.75(No.4)	0-10	0-10	0-10
2.36(No.8)	0-5	0-5	0-5

附件5：SCC 混凝土試驗內控標準

	試驗項目	契約規定標準	本處內控標準	備 註
SCC	坍流度 (mm)	600~700	640~680	觀察料相，粗粒料應流至邊緣
	V型漏斗 (秒)	7~20	9~12	
	箱形試驗 (mm)	300以上	320以上	觀察料相，粗粒料須帶上不可泌水

附件6：預留灌漿管開口及配置



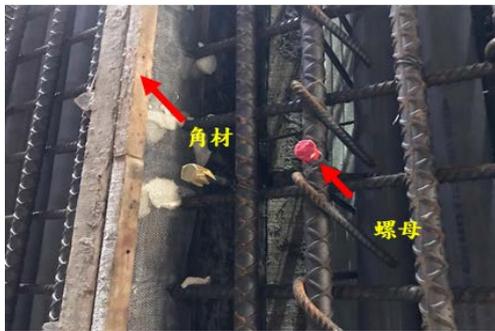
附件7：精進系統模板及配置



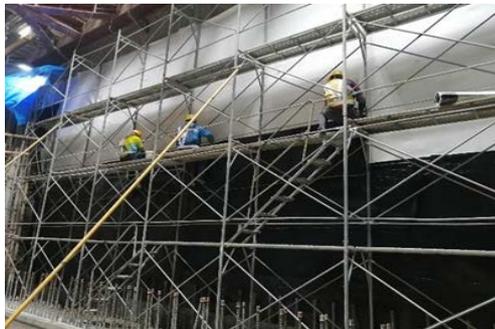
DOKA 系統模板



SUCOOT 系統模板



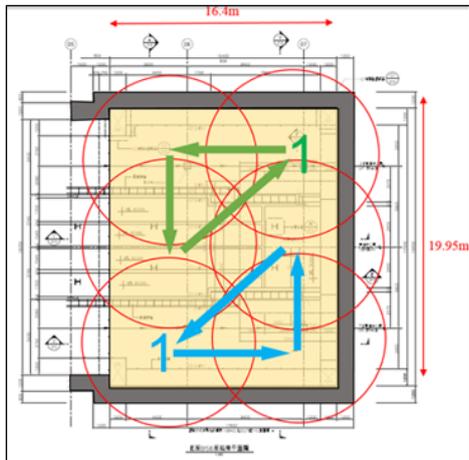
附件8：防水膜橫向鋪設及成效



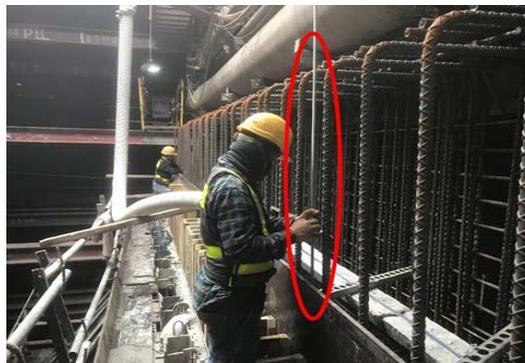
附件9：混凝土澆置措施與遮雨設備



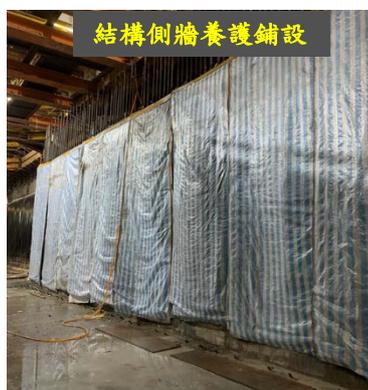
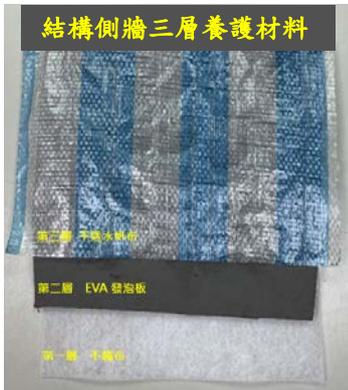
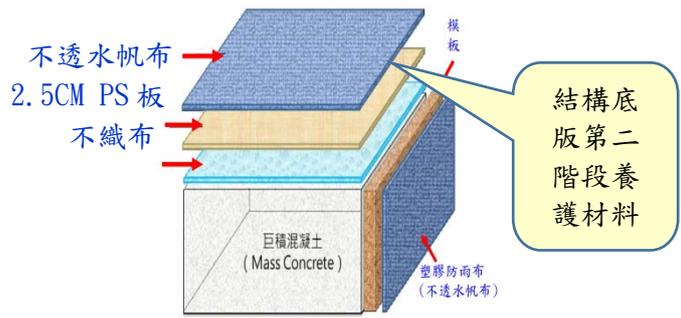
附件10：灌漿管移管與澆置期間與澆置後精進措施



○ SCC坍流範圍 ➡ 泵送車澆置順序
 澆置區域



附件11：混凝土澆置完成後之養護精進優化措施



附件12：完成面平整美觀且無滲漏水



附件13：捷運地下車站結構 SCC 施作注意事項檢核表

臺北市政府捷運工程局二級工程處 地下車站結構混凝土施工品質注意事項檢核表				臺北市政府捷運工程局二級工程處 地下車站結構混凝土施工品質注意事項檢核表				臺北市政府捷運工程局二級工程處 地下車站結構混凝土施工品質注意事項檢核表			
項目	注意事項	施工檢查項目	檢查標準 (含檢核表)	項目	注意事項	施工檢查項目	檢查標準 (含檢核表)	項目	注意事項	施工檢查項目	檢查標準 (含檢核表)
一、鋼筋工程	鋼筋綁紮	1. 鋼筋綁紮應符合設計圖說及相關規範規定	RF1	二、模板工程	模板拆除	1. 模板拆除應符合設計圖說及相關規範規定	RF1	三、澆置工程	澆置	1. 澆置前應進行澆置許可證申請	RF1
	鋼筋綁紮	2. 鋼筋綁紮應符合設計圖說及相關規範規定	RF2		模板拆除	2. 模板拆除應符合設計圖說及相關規範規定	RF2		澆置	2. 澆置前應進行澆置許可證申請	RF2
	鋼筋綁紮	3. 鋼筋綁紮應符合設計圖說及相關規範規定	RF3		模板拆除	3. 模板拆除應符合設計圖說及相關規範規定	RF3		澆置	3. 澆置前應進行澆置許可證申請	RF3
	鋼筋綁紮	4. 鋼筋綁紮應符合設計圖說及相關規範規定	RF4		模板拆除	4. 模板拆除應符合設計圖說及相關規範規定	RF4		澆置	4. 澆置前應進行澆置許可證申請	RF4
	鋼筋綁紮	5. 鋼筋綁紮應符合設計圖說及相關規範規定	RF5		模板拆除	5. 模板拆除應符合設計圖說及相關規範規定	RF5		澆置	5. 澆置前應進行澆置許可證申請	RF5
	鋼筋綁紮	6. 鋼筋綁紮應符合設計圖說及相關規範規定	RF6		模板拆除	6. 模板拆除應符合設計圖說及相關規範規定	RF6		澆置	6. 澆置前應進行澆置許可證申請	RF6
	鋼筋綁紮	7. 鋼筋綁紮應符合設計圖說及相關規範規定	RF7		模板拆除	7. 模板拆除應符合設計圖說及相關規範規定	RF7		澆置	7. 澆置前應進行澆置許可證申請	RF7
	鋼筋綁紮	8. 鋼筋綁紮應符合設計圖說及相關規範規定	RF8		模板拆除	8. 模板拆除應符合設計圖說及相關規範規定	RF8		澆置	8. 澆置前應進行澆置許可證申請	RF8
	鋼筋綁紮	9. 鋼筋綁紮應符合設計圖說及相關規範規定	RF9		模板拆除	9. 模板拆除應符合設計圖說及相關規範規定	RF9		澆置	9. 澆置前應進行澆置許可證申請	RF9
	鋼筋綁紮	10. 鋼筋綁紮應符合設計圖說及相關規範規定	RF10		模板拆除	10. 模板拆除應符合設計圖說及相關規範規定	RF10		澆置	10. 澆置前應進行澆置許可證申請	RF10

附件14：成果發表及學術界觀摩與得獎刊登肯定

