

捷運工程全方位材料品質防線與成效

文圖/莊文楓

捷運工程金額龐大，施工項目及使用材料龐雜，更同時承受工程品質與趕工時程壓力，若無完善的管理制度，不僅無法維持良好工程品質，甚至可能衍生弊端。為確保本局工程材料品質，本局材試課參考河川整治，從源頭製造至工地使用端之上、中、下游各階段皆層層把關，建構綿密的材料品質防線（圖1），其措施包含：



圖1 捷運工程全方位材料品質防線架構與特色

一.採取「追本溯源、源頭管制」策略，首創「品質評鑑制度」，自上游之供料商加強管控

首創大宗/重要材料供料商「品質評鑑制度」，將品管範圍向上延伸至供應鏈上游，於製造端即管控不良材料產出，減少後續問題衍生，具體措施包含：

(一)創立供料商品質評鑑制度

自82年起定期辦理鋼筋、混凝土、鋼筋續接器及潛盾隧道預鑄環片等大宗材料供應商之品質評鑑，透過「設備檢查」、「原料管制」及「品質管理系統」等三大面向，評估各供料商之品控能力並要求落實生產管控，汰弱留強，提升供料品質。

(二)首創供料不合格扣點機制，避免品質不良廠商持續供料

參照交通違規裁罰機制，建立材料抽驗不合格之「供料商累計扣點及暫停供料辦法」；當發現廠商供料不合格時，除通報各單位避免誤用，更依此進行扣點警示。若半年內單一供料商累計扣點達6點時，將對於該供料予以全面暫停供料，不僅降低工地進料品質風險，並驅策供應商做好自主管理，維持良好供料品質（圖2）。

捷運工程供料廠商品質管理方案及扣點表



圖2 捷運工程供料廠商品質管理方案及扣點機制

(三)要求供料商提升製程品管，制訂較國家標準嚴格之出廠檢驗標準

- 1.要求鋼筋廠提高製程管控之允收標準，使降伏點、抗拉強度、伸長率等出廠數值平均 ± 3 個標準差，仍能符合CNS 560試驗規範之上、下限，以降低產品潛在不合格率及品質風險。
- 2.要求混凝土預拌廠需參照ACI（美國混凝土學會）214規範執行品質管控，據此進行統計分析及判定品管等級，以維持凝土供料品質穩定，並能分析製程管制盲點。

(四)中游階段建構完整的材料進場一、二級品管檢/抽驗查證制度

「查證作業」係透過材料抽驗與調閱一級品管文件，來確認工地用料品質符合契約要求。本局建立「材料查證作業資訊管理系統」，將材料查證各階段執行工作，包括每月之作業規劃、執行內容、結果及判定等資訊，均納入系統管理；此外，對於不合格案件將予公告避免誤用，並進行後續追蹤管制，避免隱匿、吃案等狀況發生；不僅建立品管作業標準化制度、強化作業流程及管理效能，更長期累積各施工標品管紀錄、建立統計分析資訊並掌握品質變化趨勢（圖3）。



圖3 材料查證作業資訊管理系統」畫面

二.下游階段則發展自主檢測能力，成立專業且具公信之認證實驗室，奠立材料品管之基石

為確保捷運工程材料品質、落實監督廠商一級品管作業，本局材料實驗室自82年即主動申請，成為國內首家通過國際標準認證之土木實驗室，目前通過TAF（全國認證基金會）認證之試驗項目達41項，跨土木、機械及化學領域。透過第三者認證方式，驗證實驗室技術能力及報告公信力，不僅減少廠商對抽驗結果之疑慮及爭議，更即時掌握第一手材料資訊，達到自主品管及防弊能效。

鑑於每份試驗報告背後，都代表著龐大工程材料品質之良窳，絕不容許出錯，因此材試課自93年即由同仁自行研究並開發程式，陸續建構實驗室e化管理與自動化量測系統，來確保試驗報告正確性及效率之提升。此系統包含「資訊整合自動化」與「量測作業自動化」二大核心（圖4）：



圖4 本局中央實驗室 e 化管理與量測作業自動化

(一)資訊整合自動化

透過資料庫及網站，將試驗過程之申請、分派、執行、計算、審核、報告與顧客服務等過程均納入資訊化管理。另實驗室使用數以百計之試驗、查證、不確定評估程序及表單等各類文件，其各版本之管制、發佈均透過網頁完成以避免誤用。此外，系統亦管理實驗室近400項儀器設備相關之校正、查證及保養維護等作業，以維持其精密與準確度，確保量測結果之正確性。

(二)量測作業自動化

將儀器或量具與電腦連線，於量測時自動擷取數值並輸入資料庫，俟各階段量測完成即自動計算並產出報告。其取代傳統人工抄寫計算方式，不僅使量測作業標準化、更大幅提高報告正確性及試驗效率。

(三)全國首購照妖鏡，魚目混珠必現形

鑑於市售不銹鋼規格種類繁多，供料廠商可能心存僥倖或低規高用（如以較廉價的工業級200系混充304型不銹鋼），除有明顯價格差異之外，更影響其防蝕效果及設備耐用年限。因此於103年本局創國內工程機關首例，購置「手持式金屬成分分析儀」，其利用X光螢光放射原理，能以非破壞檢測方式，迅速鑑別工地現場不銹鋼、鋁合金等各類金屬材料種類及成份，不僅可於工地現場篩檢各構件材料成份，確保其符合契約規格品質，更可發揮嚇阻效果，防止廠商交貨不實或規格誤用，防範弊端於未然（圖5）。



圖5 手持式金屬分析儀於工地現場執行不銹鋼材料檢測

(四)大數據技術運用，精進品管專業，發掘品控盲點

藉由前述實驗室e化系統及資料庫功能，能長期收集海量試驗數據，再透過與供料商評鑑等相關資料交叉分析，除能研析材料品質趨勢，更能協助供料商發掘品控盲點及改善問題。以混凝土材料為例，經交叉分析北、中捷運工程數萬筆試體強度數據、抽驗不合格案例及其生產報表結果，研究發現供料品質穩定性之關鍵，乃在於拌和用水量及坍度損失控制，遂據此要求供料商改進，大幅提昇混凝土供料品質之穩定性（圖6）。



圖6 大數據技術運用研析品控盲點，大幅降低不合格率

本局工管處材試課長期致力材料品驗專業，深耕結果成效卓著，不僅提升捷運工程品質及效益，精進成果亦倍獲外界肯定，相關效益分析說明如下：

一.量化效益

(一)大數據分析應用，大幅降低不合格率，節省退貨成本逾億元

統計104至113年間，臺北及臺中捷運共使用鋼筋約56萬噸（相當於80座巴黎鐵塔用鋼量），混凝土約322萬立方公尺（相當於16座101大樓用量）。若以鋼筋0.5%及混凝土1%之潛在不合格率評估計算，可節省鋼筋退貨成本逾5,000萬、混凝土逾7,000萬，共計節省超過1億2千萬元。

(二)自行開發實驗室自動化與e化系統，節省公帑，大幅提升作業效率並有效節能減碳

1. 自動化系統導入後，經統計平均每筆試驗從顧客委託送驗至報告簽發結案天數可縮短約 47 %。
2. 以實驗室年均約1,500份報告計算，自動化系統導入能將每份報告繕打作業由原來人工作業需時30分鐘降低至10分鐘，每年至少可節省500餘工時，並大幅提高報告正確性。
3. 以鋼筋外觀尺度量測、計算及複核作業為例（年平均約250支），自動化量測可由原本每支需2人協同耗時1小時作業時間，改善為1人於10分鐘內完成，每年可節省近460個工時。
4. 自行開發資訊系統，節省公帑逾360萬元（委外辦理經廠商估價金額為368萬元，且每年維護費用另計）。
5. 實驗室發行之電子報告服務能減少顧客往返時間及油耗，若以領取每份報告平均車行40公里及產生8公斤碳排放量計算，可節能減碳年約5,000公斤！

二.內部效益

(一)超前部署，避免本局工程捲入爐碴及海砂風暴

本局長期執行供料商品質評鑑及不合格扣點機制，嚴格管控不合格材料及不良供應商。於105年間臺北文創大樓爆發之「爐碴屋事件」，以及彰化地檢署查獲中部不肖砂石商供料預拌廠摻雜海砂弊案，相關預拌廠之汐止與臺中廠分別於100及104年，即因未通過本局評鑑而遭取消供料資格，故本局北、中捷運工程均避免遭上述弊案風暴波及，亦印證供料商評鑑與源頭管理之重要性（圖7）。



圖7 供料商品質評鑑使本局工程免遭爐碴、海砂等弊端風暴波及

(二)品管水準提升，創造廠商與業主雙贏，達成品質與工進目標

品質的追求與進度推展常為工程執行的兩難，品管抽驗材料不合格將導致退料、拆除、重驗等問題並影響工進。大數據分析技術運用能有效預防問題發生，避免衍生進料不合格而導致工進延誤，廠商及業主均能共襄其益，創造品質與進度雙贏。

(三)自動化系統大幅提高試驗效率與報告正確性，為捷運工程材料品質嚴格把關

鑑於每份報告均代表龐大數量之材料品質，自動化系統導入能大幅提昇檢測效能及報告正確性，並可避免人為不當修改，達到嚴格把關及防弊能效。

三. 外部效益

(一)供料商評鑑執行成效卓著，積極推廣成功經驗（圖8）

本局長期執行供料商品質評鑑成效卓著，故包括行政院工程會工程查核之「混凝土廠驗」機制，以及臺灣營建研究院之「混凝土優標章」評鑑標準，均參考本局評鑑標準制定，成功經驗推廣全國，對於提昇國內預拌混凝土供料品質及水準，卓有貢獻。

(二)實驗室優良表現頗受好評，常為機關團體參訪對象

本局材試課長期致力材料品管及試驗專業，聲譽卓著，常為他機關訓練課程指定觀摩地點，如法務部廉政署、行政院工程會、各大專院校及全國認證基金會（TAF）等，不僅能使民眾、學界瞭解捷運工程品管之嚴謹作為，更展現本局廉能形象。

(三)實驗室 e 化管理及大數據分析發表於技術期刊及研討會，提昇國內工程材料品管水準

材試課不僅致力品質精進，且樂於分享，將實驗室自行研發自動化系統及材料品管之大數據分析成果陸續於期刊及研討會發表（中華道路季刊、捷運技術期刊及營建工程與管理學術研討會等），協助提升國內營建工程材料品管之技術與水準。

四.獲獎紀錄

材試課以材料品質管理相關議題，代表本局參加市府各項競賽並屢屢獲獎，顯示品管推行成效卓越，精進成果備受肯定（圖8）：

(一)113年首屆「誠就永續獎」－本局獲評廉能政府「特優機關」

本局以「廉政平臺」、「E化管理」及「風險防制」等各項廉能措施，113年參加本府首屆「誠就永續獎」，其中材料品管措施為業務亮點之一，於參賽過程展示手持式金屬分析儀之操作亦獲評審多所肯定，促使本局於本次參賽榮獲廉能政府「特優機關」殊榮。

(二)110年「創意提案競賽」－冠軍

110年以「超前部署、精益求精－捷運工程全方位材料品控新標竿」榮獲本府「創意提案競賽」精進獎冠軍。

(三)109年「第八屆廉能透明獎」－優選

109年以「追本溯源、超前部署、大數據分析－捷運工程全方位材料品控創舉」榮獲本府第八屆「廉能透明獎」優選。

(四)99年「第二屆行政透明獎」－優選

99年以「實驗室全面 e 化、工程材料品質透明化－捷運工程材料實驗室 e 化管理與防弊措施」榮獲本府第二屆「行政透明獎」優選。

品管業務推動有成，分享成功經驗



圖8 材試課長期深耕材料品管業務，精進成果倍獲肯定

Comprehensive MRT Construction Material Quality Control and Effectiveness

The scope of MRT construction is vast, and a wide variety of materials are utilized. In order to ensure the quality of construction materials, DORTS has adopted the innovative strategy of “advanced deployment and border control” and constructed a comprehensive quality control of engineering materials through technologies and measures such as “supplier quality evaluations,” “point deduction mechanism for failed sampling tests,” “laboratory e-management and automation,” and “big data analysis.” This long-term cultivation has produced outstanding results which have not only improved construction quality and efficiency but yielded achievements recognized by the outside world. Through the publication of evaluation systems, interviews, and journals, successful experiences are shared and promoted, spreading benefits throughout Taiwan. As the winner of numerous awards in various government competitions, the outstanding results of these efforts have gained wide recognition.