



無線射頻辨識(RFID)技術應用於 混凝土試體送驗品質管理

報告單位：交通部公路局

113年4月12日

簡報大綱

- 一、緣由
- 二、無線射頻辨識 (RFID) - 原理與應用
- 三、RFID技術導入混凝土品質管理之評估
- 四、混凝土品質管理導入RFID技術作業規定說明

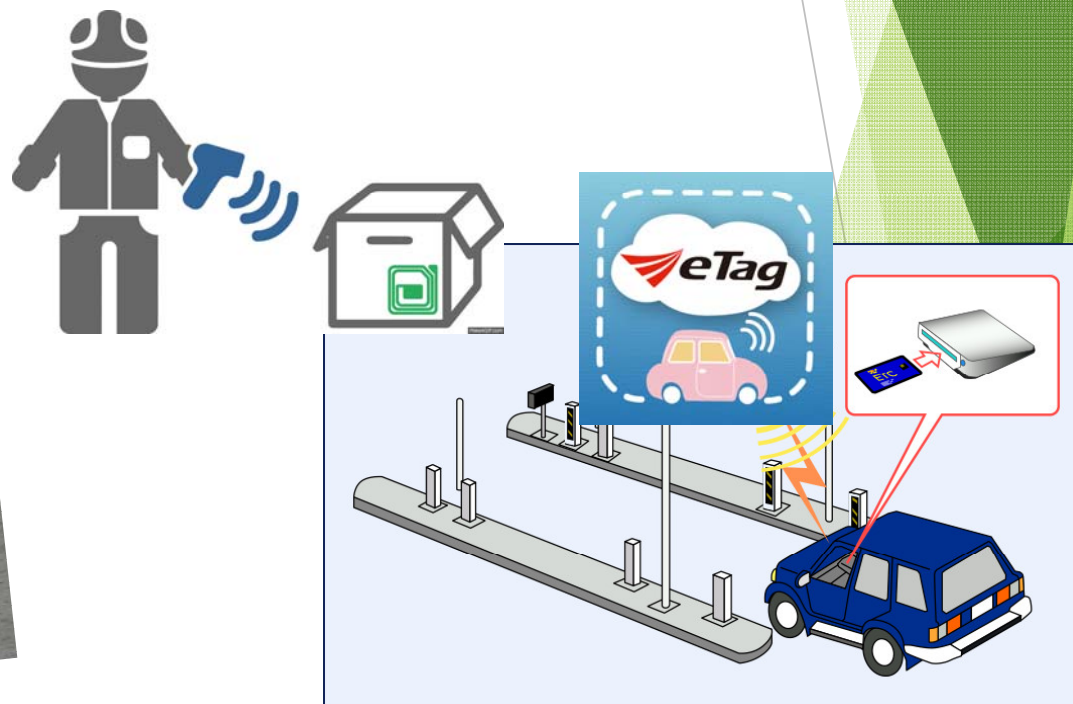


一、緣由

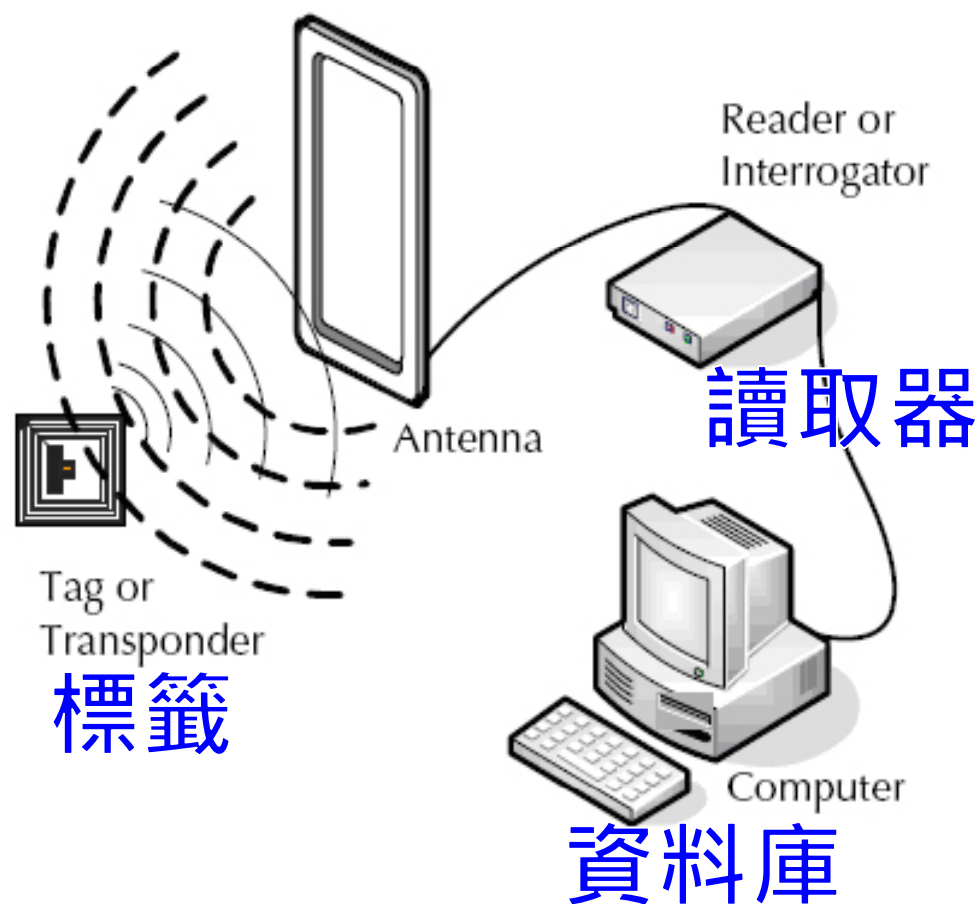
- 工程會「公共工程施工品質管理作業要點」，涉及契約約定之檢驗，無論是一級或二級抽驗，監造單位須會同廠商取樣及送驗，然而當工區偏遠或人力短缺時，送驗的人力時間耗費成了監造單位的一大難題。
- 公路局為降低工務段第一線監造同仁因會同取樣、送驗作業耗費過多時間及人力，責成局屬材試所研擬水泥混凝土圓柱試體採用晶片追蹤管理方式以改善此現象。

二、無線射頻辨識 (RFID) - 原理與應用

無線射頻辨識 (Radio Frequency Identification, **RFID**) 是一種無線通訊技術，可以通過無線電訊號識別特定目標並讀寫相關數據，而無需識別系統與特定目標之間建立機械或者光學接觸。



二、無線射頻辨識 (RFID) - 原理與應用



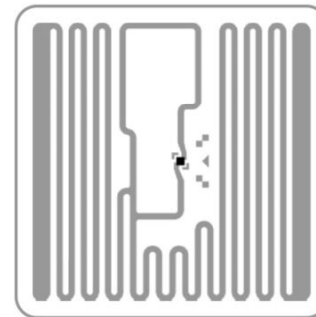
- ◆ 標籤進入磁場範圍
- ◆ 由讀取器發射特定工作頻率之無線訊號
- ◆ 被動式標籤，感應電流獲取能量，回送晶片中之資訊
- ◆ 主動式標籤，主動發送信號與資料
- ◆ 資料傳送至讀取器後，解碼處理完成鑑別

二、無線射頻辨識 (RFID) - 原理與應用

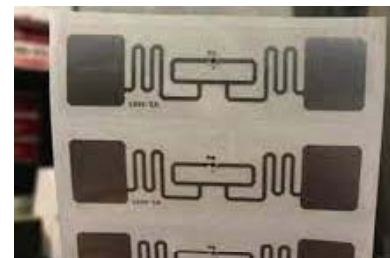
RFID 系統之優點：

1. 非接觸式技術
2. 資料讀寫與追蹤
3. 唯讀且**唯一標籤編碼 (TID)**
4. 耐環境性與**耐久性**
5. 穿透性
6. 資料儲存容量大
7. 安全性

超高頻晶片



5cm X 5cm薄片狀



動物晶片



約2.1mm X12mm



二、無線射頻辨識 (RFID) - 原理與應用

低頻LF(135KHz)寵物晶片：

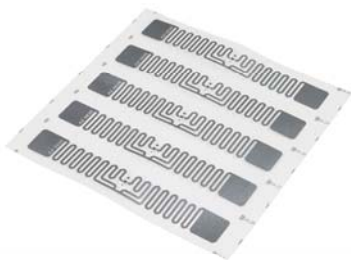
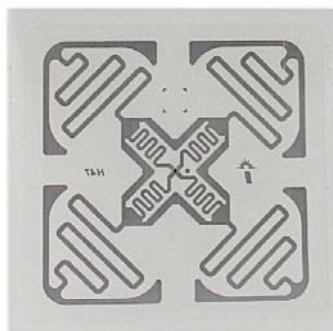
- Tag取得價格約每個30元 (依共同供應契約決標單價)
- 讀取器每台3,000~10,000元
- 15 位碼識別碼



二、無線射頻辨識 (RFID) - 原理與應用

超高頻UHF(860~960MHz)：

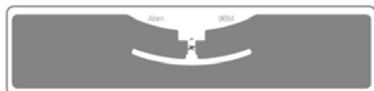
- Tag取得價格約每個10~25元 (價格取決於採購數量)
- 讀取器每台20,000~50,000元



尺寸: 188.75(L)x73(W)x18(H)mm



完整型



80 ~ 200元

簡易型



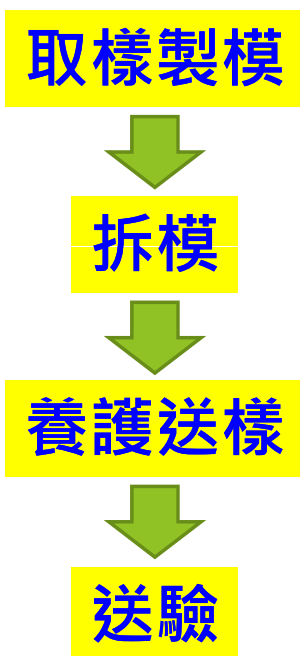
三、RFID技術導入混凝土品質管理之評估

- 公路局「工程施工品質管理作業規定」，廠商應依品質計畫，辦理相關材料設備之檢驗，由廠商自行取樣、送驗及判定檢驗結果；如**涉及契約約定之檢驗**，應由廠商會同監造單位**取樣、送驗**，並由廠商及監造單位依序判定檢驗結果，以作為估驗及驗收之依據。
- **其中會同送驗所花費時間更甚於取樣，當工區偏遠或人力短缺時，送驗的人力時間耗費成了監造單位的一大難題。**
- 公路局為提升品管作業效率、增進監造單位人力資源運用及確保取樣試體正確性，請本所將無線射頻辨識(RFID)技術導入混凝土試體管理方面，減輕監造單位之時間與人力。

三、RFID技術導入混凝土品質管理之評估

監造單位需會同
之4個時機

先前作法



- 以人力識別、紙本書寫管理混凝土試體
- 現場抽(取)樣後製作試體，利用簽名、記號或其他等方式驗證
- 拆模後的試體表面書寫編號，作為後續相關作業之識別、記錄及管理

三、RFID技術導入混凝土品質管理之評估

監造單位需會同 之4個時機

取樣製模



拆模



養護送樣



送驗

先前作法之潛在缺失

- 相關作業前過度仰賴人力辨識
- 會同辦理耗費大量人力
- 養護期間相關記號可能淡褪，致使無法識別
- 工程檢試樣數量多或複雜時，恐造成的人為缺忽及管理漏洞
- 驗證方式容易仿造，試體可能被掉換，影響工程品質

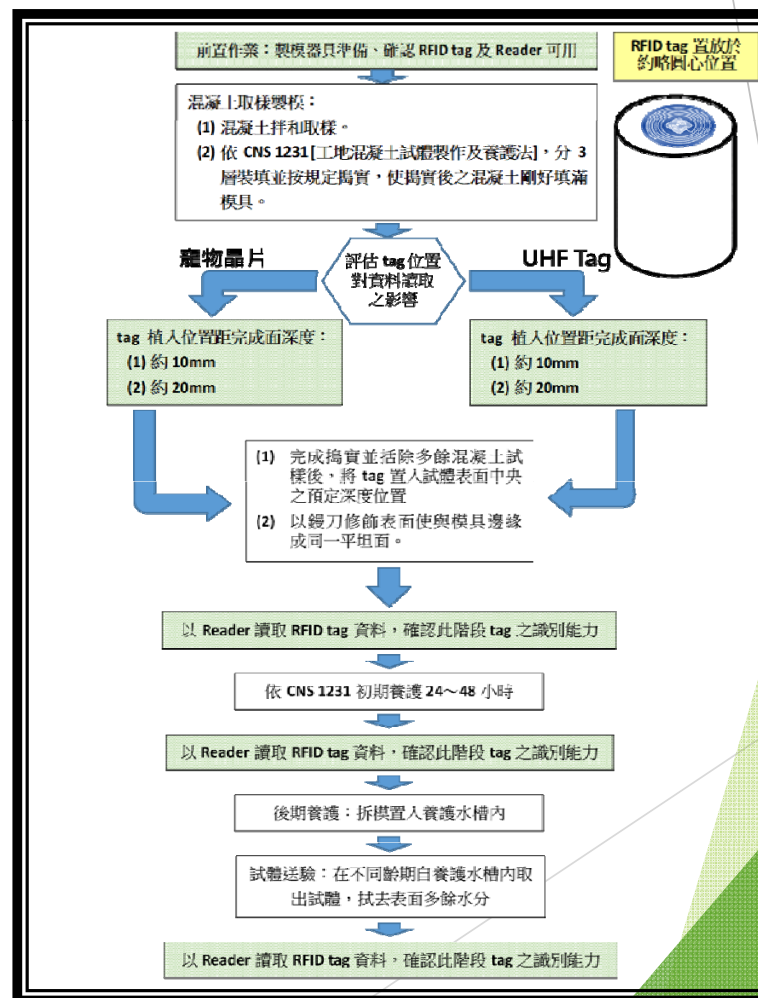
先前作法缺點

- 監造人員於取樣、製模、拆模、養護及送驗過程均須到場
- 工地與檢驗實驗室距離遠時，會同送驗過程耗費監造人員過多時間。

三、RFID技術導入混凝土品質管理之評估

評估面向：

- 晶片種類
- 植入深度與讀取性
- 耐久性
- 抗壓強度影響



三、RFID技術導入混凝土品質管理之評估

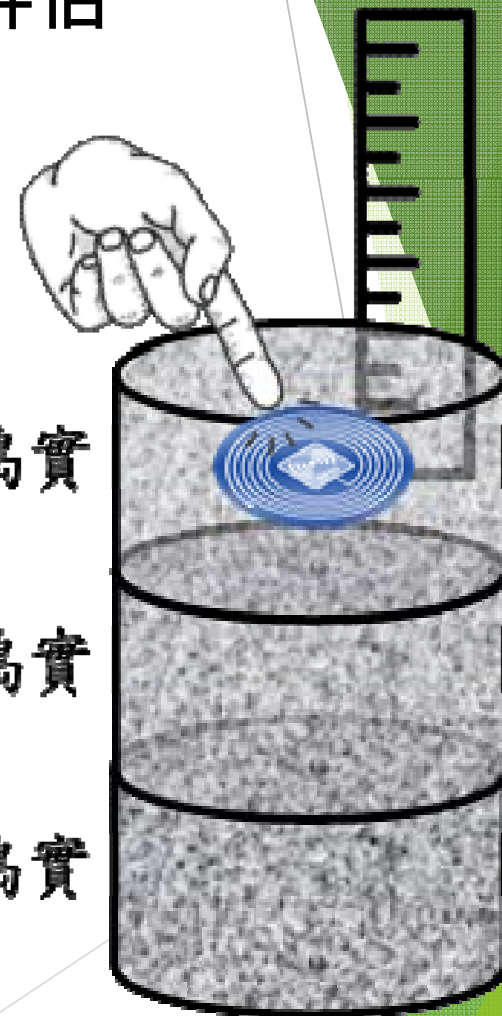
晶片植入步驟

- (1)完成第三層搗實後，以鋤刀括除多餘試樣並抹平
- (2)於表面中央區域以手持RFID Tag搭配直尺刻度，將RFID Tag水平植入設定深度位置。
- (3)再以鋤刀抹平試體表面
- (4)覆蓋宣紙

第三層搗實

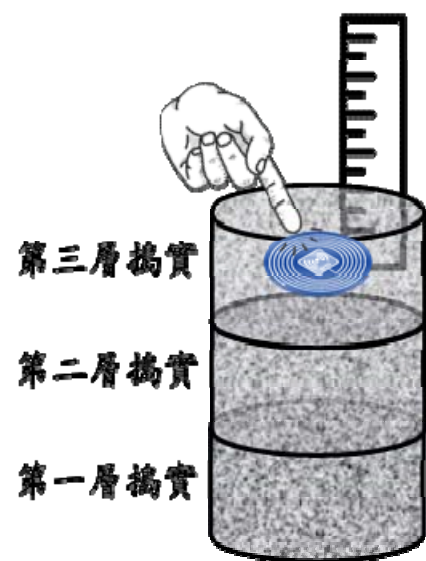
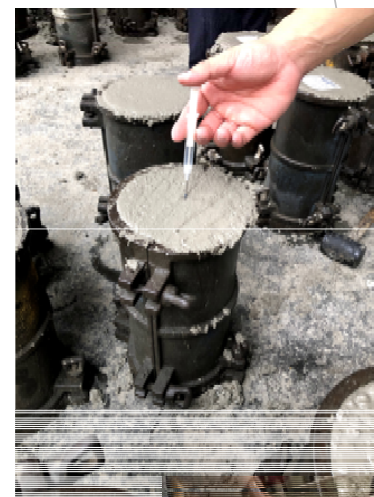
第二層搗實

第一層搗實



三、RFID技術導入混凝土品質管理之評估

試體澆置完成，
進行晶片掃描。



三、RFID技術導入混凝土品質管理之評估



養護前，進行晶片掃描



置入養治池養護



養護完畢，進
行晶片掃描



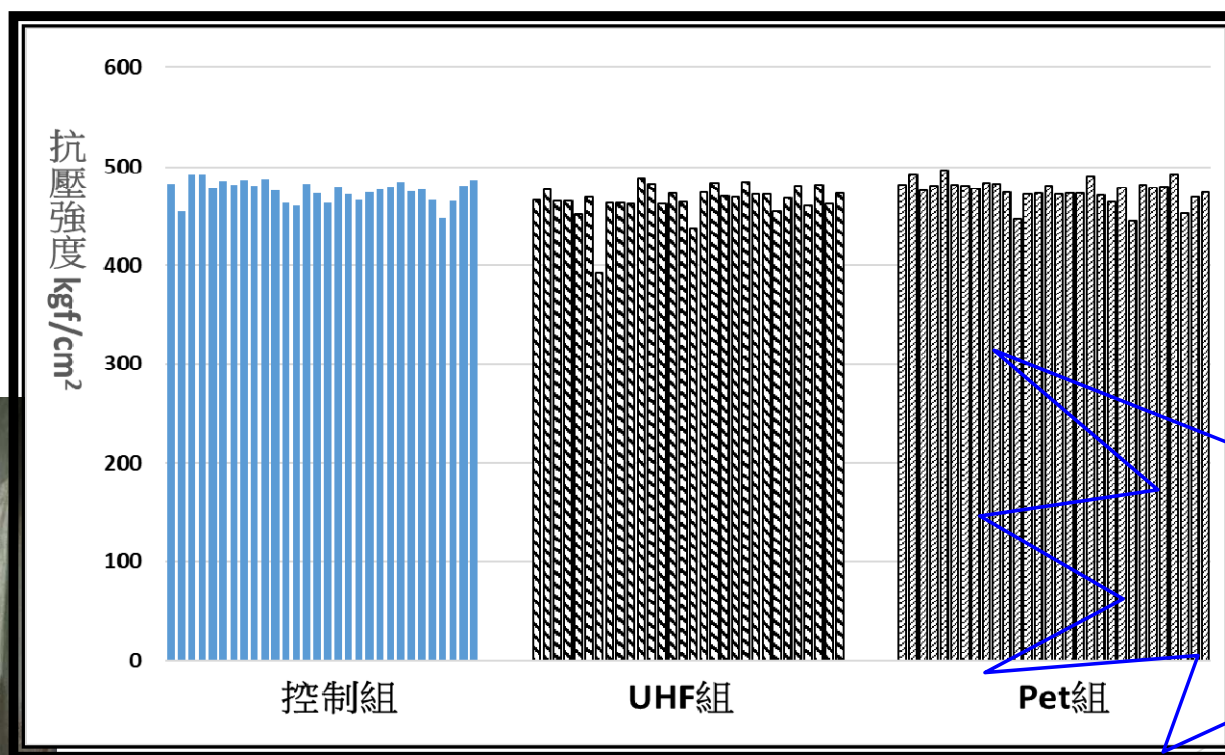
執行抗壓試驗

三、RFID技術導入混凝土品質管理之評估

不同階段下RFID標籤之辨識確認成果表

RFID晶片		寵物晶片		UHF標籤	
晶片植入深度		約1cm	約2cm	約1cm	約2cm
RFID Tag植入確認	製 模	OK	OK	OK	OK
	拆模入池	OK	OK	OK	OK
	齡期22天	OK	OK	OK	OK
	齡期28天	OK	OK	OK	OK

三、RFID技術導入混凝土品質管理之評估



未發現植入之
RFID標籤位
於破壞面上

三、RFID技術導入混凝土品質管理之評估

圓柱試體抗壓強度試驗結果表

組別	個數 (n)	平均值	標準 差	變異 係數	最大 值	最小 值	全 距
控制 組	30	475.8	10.68	2.2%	491.9	448.5	43.4
UHF 組	29	469.0	10.80	2.3%	488.3	437.4	50.9
Pet組	30	476.0	11.87	2.5%	497.2	445.3	51.9

ACI 214表4.4

Overall variation					
Class of operation	Coefficient of variation for different control standards, %				
	Excellent	Very good	Good	Fair	Poor
General construction testing	Below 7.0	7.0 to 9.0	9.0 to 11.0	11.0 to 14.0	Above 14.0
Laboratory trial batches	Below 3.5	3.5 to 4.5	4.5 to 5.0	5.0 to 7.0	Above 7.0
Within-batch variation					
Class of operation	Coefficient of variation for different control standards, %				
	Excellent	Very good	Good	Fair	Poor
Field control testing	Below 3.0	3.0 to 4.0	4.0 to 5.0	5.0 to 6.0	Above 6.0
Laboratory trial batches	Below 2.0	2.0 to 3.0	3.0 to 4.0	4.0 to 5.0	Above 5.0

各組抗壓強度之變異係數均在3.5%以下，屬最佳(Excellent)等級

三、RFID技術導入混凝土品質管理之評估

➤ 應用假設檢定方法，分析RFID標籤對抗壓強度影響

標籤 類型	觀 測 數 n_i	平 均 數 $\bar{X}_i$	標 準 差 S_i	F檢定			T檢定		
				F值	$F_{\alpha}(n_1-1, n_2-1)$	σ_1^2 與 σ_2^2 是否相等	T值	$t_{\alpha/2}$ 或 $-t_{\alpha/2}$	是否 拒絕 H_0
控制組	30	475.8	10.68	—	—	—	—	—	—
UHF組	29	469.0	10.80	0.978	1.875	$\sigma_1^2 = \sigma_2^2$	2.431	2.66	否
UHF(1cm)	15	470.1	10.26	1.084	2.314	$\sigma_1^2 = \sigma_2^2$	1.709	2.70	否
UHF(2cm)	14	467.9	11.63	0.843	2.386	$\sigma_1^2 = \sigma_2^2$	2.222	2.70	否
Pet組	30	476.0	11.87	0.810	1.861	$\sigma_1^2 = \sigma_2^2$	-0.069	-2.66	否
Pet(1cm)	15	474.9	14.05	0.578	2.314	$\sigma_1^2 = \sigma_2^2$	0.240	2.70	否
Pet(2cm)	15	477.1	9.58	1.243	2.314	$\sigma_1^2 = \sigma_2^2$	-0.398	-2.70	否

三、RFID技術導入混凝土品質管理之評估

- RFID標籤內嵌晶片之UID(Unique ID)碼，出廠時就寫入每顆IC裡。每顆IC號碼都不相同，讀取器可以讀取UID但無法重寫，**可做為試體身分識別之用。**
- 應用統計檢定方法評估晶片植入試體內對抗壓強度影響，結果顯示無論植入UHF標籤或寵物晶片標籤，也無論植入深度為1cm或2cm對試體抗壓強度無明顯影響。
- UHF標籤樣式多變、規格及尺寸不一，建議使用單位採購前應就UHF標籤規格、防水等級與辨識距離等性能評估。
- 依文獻資料與本次研究實驗結果，將RFID技術導入水泥混凝土圓柱試體追蹤管理為可行方案。

四、混凝土品質管理導入無線射頻辨識(RFID)技術作業規定說明

□定義

- RFID標籤：係指「**低頻射頻微晶片**」或「**超高頻UHF(Ultra High Frequency)晶片**」。
- 唯一識別碼：係指「低頻射頻微晶片」之**UID (Unique ID)**或「超高頻UHF晶片」之**TID (Tag ID)**碼。
- **易水解墊紙**：係指短纖維、抗拉強度低、吸水力強且吸水後容易分解碎裂之紙張，未吸水時監造單位應作簽認識別。
- 簽認條：係指登載混凝土試體取樣日期、地點及強度等相關資訊，拆模後得以有效識別之紙張。

四、混凝土品質管理導入無線射頻辨識(RFID)技術作業規定說明

□ 水泥混凝土圓柱試體

(1)廠商須依混凝土澆置計畫預估取樣數量，**由甲方備妥所需RFID標籤、讀取器、易水解墊紙及試體簽認條**；廠商備妥取樣設備(模具、鐵鏟、搗棒、木槌及鏟刀)及取樣紀錄表。

混凝土圓柱試體取樣紀錄表			附表
取樣日期時間：_____			表單編號：_____
工程名稱：_____			
承 包 商：_____			
供料預拌混凝土廠：_____			
結構部位：_____			
設計強度：_____			取樣數量：_____
廠商取樣人員簽名：_____			
聯絡電話：_____			電子信箱：_____
監造單位人員簽名：_____			
聯絡電話：_____			電子信箱：_____
試體製作人員簽名：_____			
序號	廠商資訊		備註
	試體編號	RFID 標籤唯一識別碼	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

備註：廠商資訊(試體編號及 RFID 標籤唯一識別碼)，交由監造單位備份。

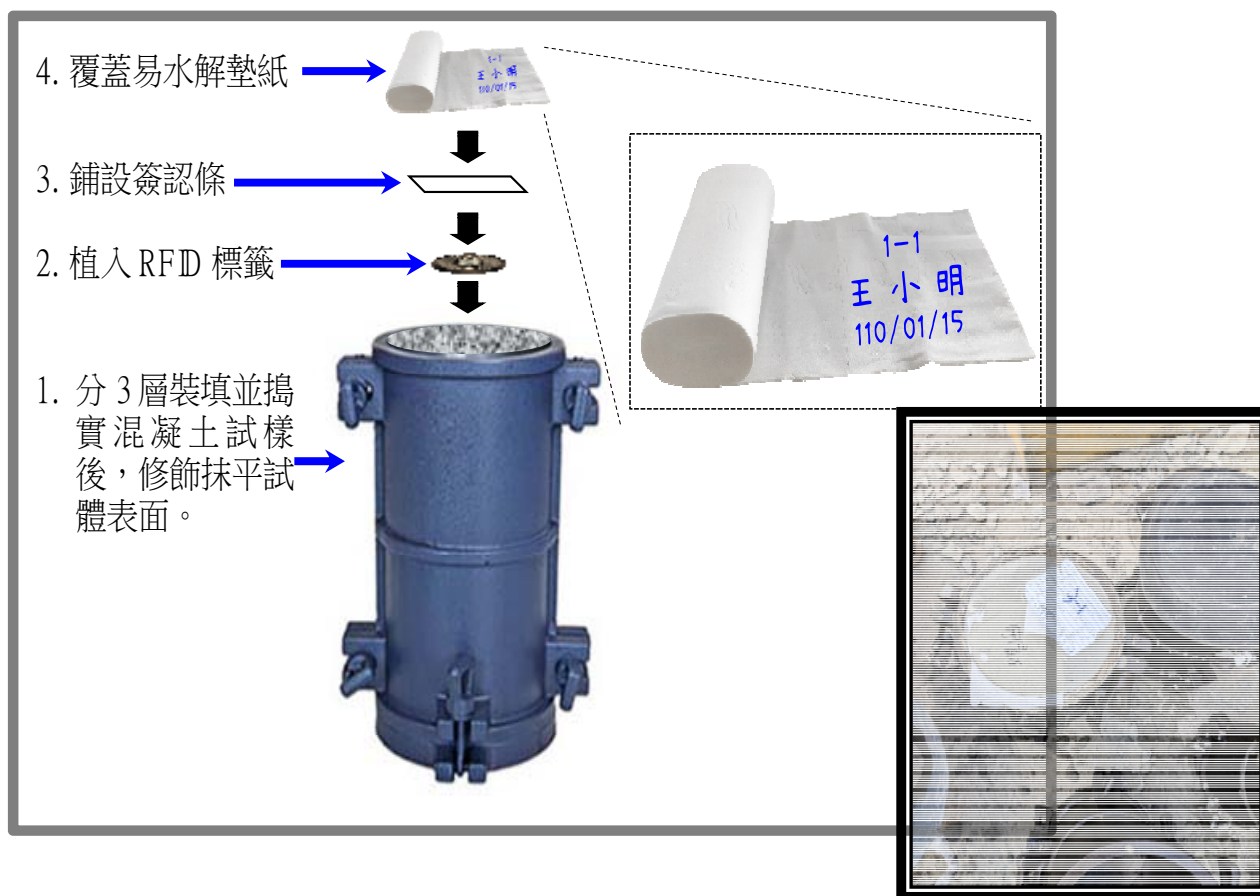
四、混凝土品質管理導入無線射頻辨識(RFID)技術作業規定說明

(2)廠商會同監造單位現地取樣，混凝土圓柱試體製模並植入RFID標籤

- 廠商製作混凝土圓柱試體。
- 廠商將RFID標籤植入已製作完成混凝土試體頂面約1~2公分深，整平試體表面。
- 依序鋪設簽認條及易水解墊紙。



四、混凝土品質管理導入無線射頻辨識(RFID)技術作業規定說明



易水解墊紙：係指短纖維、抗拉強度低、吸水力強且吸水後容易分解碎裂之紙張，未吸水時監造單位應作簽認識別。

簽認條：係指登載混凝土試體取樣日期、地點及強度等相關資訊，拆模後得以有效識別之紙張。

四、混凝土品質管理導入無線射頻辨識(RFID)技術作業規定說明

(三)廠商讀取及登載RFID標籤唯一識別碼並由監造單位校核

- 廠商以讀取器掃描RFID標籤，將唯一識別碼及試體編號登載於取樣紀錄表，**交由監造單位攜回**。



將掃描結果登載
於取樣紀錄表

混凝土圓柱試體取樣紀錄表			附表
取樣日期時間：_____			表單編號：_____
工程名稱：_____			
承造商：_____			
供料預拌混凝土廠：_____			
取樣部位：_____			
取樣深度：_____		取樣數量：_____	
廠商取樣人員簽名：_____			
聯絡電話：_____		電子信箱：_____	
監造單位人員簽名：_____			
聯絡電話：_____		電子信箱：_____	
試體製作人員簽名：_____			
序號	廠商資訊		備註
	試體編號	RFID標籤唯一識別碼	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

備註：廠商登載試體編號及RFID標籤唯一識別碼後，交由監造單位攜回。

四、混凝土品質管理導入無線射頻辨識(RFID)技術作業規定說明

- 若無法讀取時，該組試體廢棄，重新取樣、製模及植入RFID標籤。



- 廠商第一次拍照存檔(照片應能清楚辨識試體資訊)，並傳送監造單位。



監造單位

四、混凝土品質管理導入無線射頻辨識(RFID)技術作業規定說明

(四)辦理混凝土圓柱試體初期養護。

(五)混凝土圓柱試體拆模，進行養護作業：

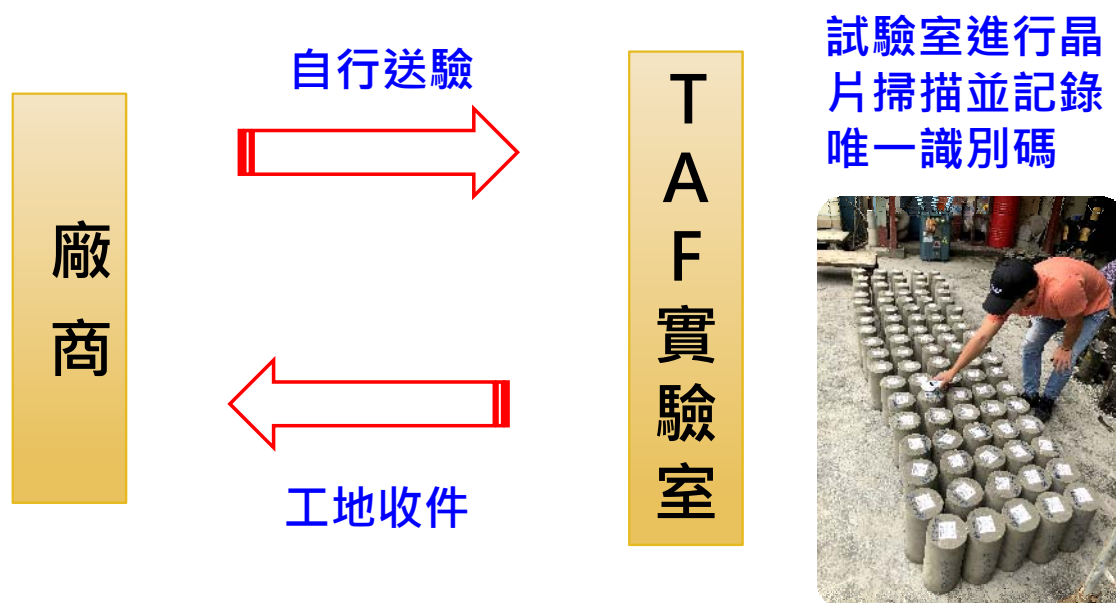
- 廠商於試體拆模前**第二次拍照存檔**(照片應能清楚辨識試體資訊)，並傳送監造單位。
- 監造單位比對二次**照片正確性及易水解墊紙完整性**。
- 拆模後試體依規定進行養護作業。

四、混凝土品質管理導入無線射頻辨識(RFID)技術作業規定說明



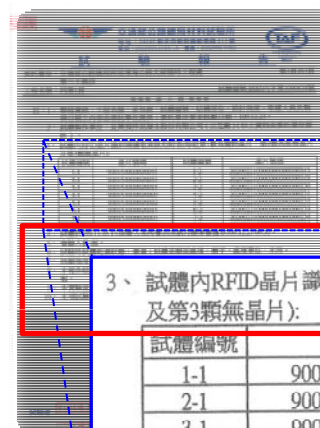
四、混凝土品質管理導入無線射頻辨識(RFID)技術作業規定說明

(六)混凝土圓柱試體由廠商自行送驗或委託TAF實驗室至工地收件



四、混凝土品質管理導入無線射頻辨識(RFID)技術作業規定說明

(七)TAF實驗室辦理混凝土圓柱試體抗壓強度試驗，試驗報告備註欄登載試體編號及RFID標籤唯一識別碼。



3、試體內RFID晶片識別碼讀取資訊如附表(每組第1顆為寵物晶片、第2顆為高頻晶片及第3顆無晶片):

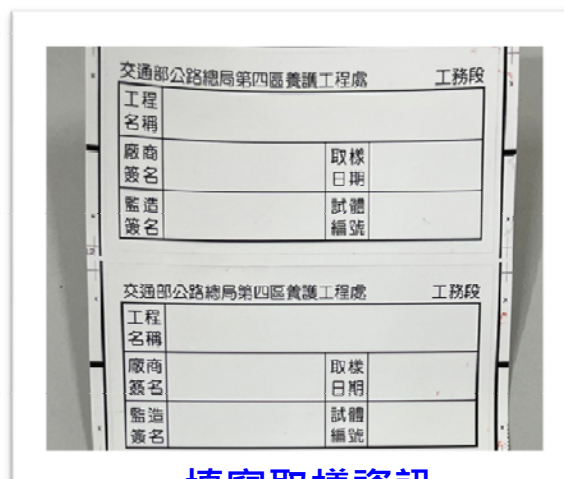
試體編號	晶片號碼	試體編號	晶片號碼
1-1	900154000026045	1-2	202002210000000000000245
2-1	900154000026033	2-2	202002210000000000000249
3-1	900154000026014	3-2	202002210000000000000250
4-1	900154000026009	4-2	202002210000000000000251
5-1	900154000026022	5-2	202002210000000000000252
6-1	900154000026015	6-2	202002210000000000000253
7-1	900154000026003	7-2	202002210000000000000254
8-1	900154000026043	8-2	202002210000000000000255

四、混凝土品質管理導入無線射頻辨識(RFID)技術作業規定說明

□ 水泥混凝土鑽心試體

(一)廠商須依混凝土鑽心試體取樣數量，由甲方備妥所需RFID標籤、讀取器及**易碎貼紙**；廠商備妥取樣設備(鑽心機具)、膠帶、剪刀、油性筆及取樣紀錄表

易碎貼紙：係指易破碎標籤材質，材質本身易碎，黏貼後無法完整撕起，貼紙可用筆簽名後，黏貼於試體上。

填寫取樣資訊

混凝土試體取樣紀錄表 附表

取樣日期時間：_____ 表單編號：_____

取樣試體型式：☐混凝土圓柱試體 ☐混凝土鑽心試體

工程名稱：_____

承 包 商：_____

供料預拌混凝土廠：_____

結構部位：_____

設計強度：_____ 取樣數量：_____

廠商取樣人員簽名：_____

聯絡電話：_____ 電子信箱：_____

監造單位人員簽名：_____

聯絡電話：_____ 電子信箱：_____

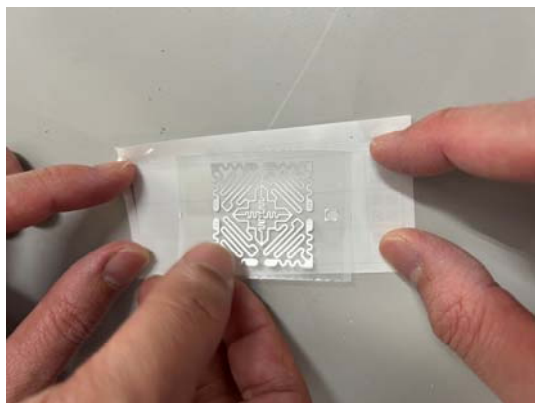
試體製作人員簽名：_____

序號	廠商登載		備註
	試體編號	RFID 標籤唯一識別碼	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

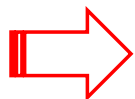
備註：廠商登載試體編號及 RFID 標籤唯一識別碼後，交由監造單位攝回。

四、混凝土品質管理導入無線射頻辨識(RFID)技術作業規定說明

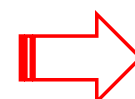
(二)廠商會同監造單位現地取樣，混凝土圓柱試體製模並植入廠商會同監造單位辦理混凝土鑽心試體取樣，廠商黏貼RFID標籤、易碎貼紙及膠帶



廠商先將易碎貼紙黏貼於
RFID標籤



將易碎貼紙及RFID標籤一併
黏貼至混凝土鑽心試體側面

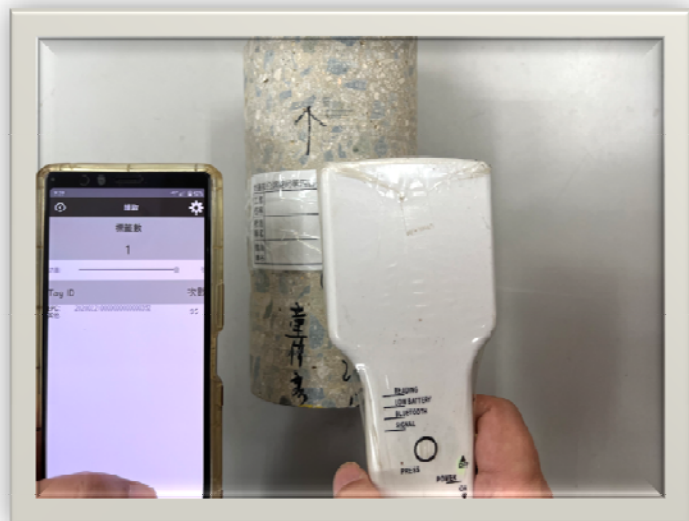


貼附膠帶於易碎貼紙上

四、混凝土品質管理導入無線射頻辨識(RFID)技術作業規定說明

(三)廠商讀取及登載RFID標籤唯一識別碼並由監造單位校核：

- 廠商以讀取器掃描RFID標籤，將唯一識別碼及試體編號登載於取樣紀錄表，**交由監造單位攜回**。



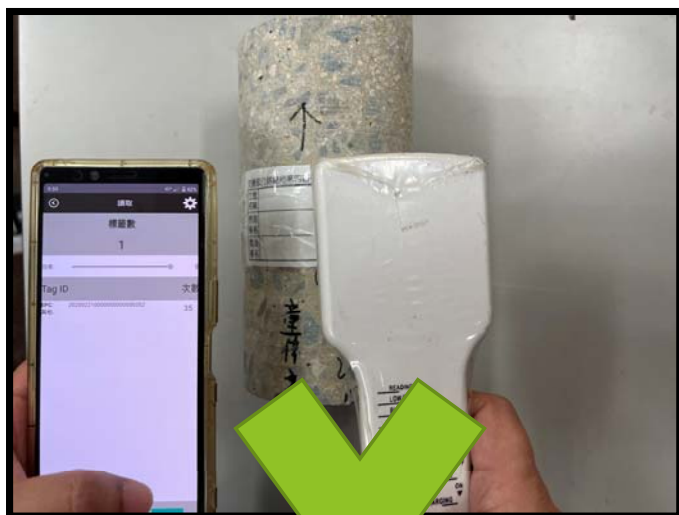
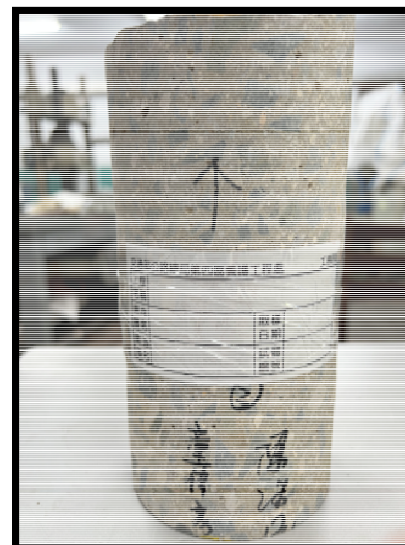
將掃描結果登載
於取樣紀錄表

混凝土試體取樣紀錄表			附表
取樣日期時間：_____ 表單編號：_____			
取樣試體型式： ☐ 混凝土圓柱試體 ☐ 混凝土鑽心試體			
工程名稱：_____			
承 包 商：_____			
供料預拌混凝土廠：_____			
結構部位：_____			
設計強度：_____ 取樣數量：_____			
廠商取樣人員簽名：_____			
聯絡電話：_____ 電子信箱：_____			
監造單位人員簽名：_____			
聯絡電話：_____ 電子信箱：_____			
試體製作人員簽名：_____			
序號	廠商登載		備註
	試體編號	RFID 標籤唯一識別碼	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

備註：廠商登載試體編號及 RFID 標籤唯一識別碼後，交由監造單位攜回。

四、混凝土品質管理導入無線射頻辨識(RFID)技術作業規定說明

- 若無法讀取時，該組RFID標籤廢棄，更換RFID標籤並重新黏貼之。
- 廠商對已包覆完成混凝土鑽心試體第一次拍照存檔(照片務必包括RFID標籤及易碎貼紙，且應能清楚辨識試體資訊)，並傳送監造單位。



監造單位

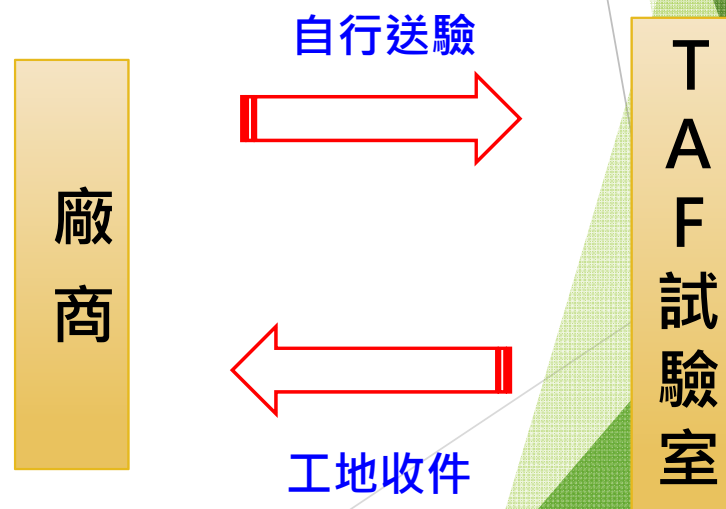
四、混凝土品質管理導入無線射頻辨識(RFID)技術作業規定說明

(四)外層包覆緩衝包裝，避免RFID標籤於運送過程中碰撞破壞。

(五) 混凝土鑽心試體由廠商自行送驗或委託TAF實驗室至工地收件



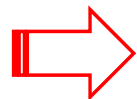
包覆緩衝包裝



四、混凝土品質管理導入無線射頻辨識(RFID)技術作業規定說明

(六) TAF實驗室辦理相關試驗，試驗報告備註欄登載試體編號及RFID標籤唯一識別碼

實驗室進行晶片掃描
並記錄唯一識別碼



廠商將照片
回傳監造單位



四、混凝土品質管理導入無線射頻辨識(RFID)技術作業規定說明

(六) TAF實驗室辦理相關試驗，試驗報告備註欄登載試體編號及RFID標籤唯一識別碼



3、試體內RFID晶片識別碼讀取資訊如附表(每組第1顆為寵物晶片、第2顆為高頻晶片及第3顆無晶片):

試體編號	晶片號碼	試體編號	晶片號碼
1-1	900154000026045	1-2	202002210000000000000245
2-1	900154000026033	2-2	202002210000000000000249
3-1	900154000026014	3-2	202002210000000000000250
4-1	900154000026009	4-2	202002210000000000000251
5-1	900154000026022	5-2	202002210000000000000252
6-1	900154000026015	6-2	202002210000000000000253
7-1	900154000026003	7-2	202002210000000000000254
8-1	900154000026043	8-2	202002210000000000000255

簡報完畢

敬請指教