

建築物機水電工程施工-常見缺失探討



陳 鴻 雄

正修科技大學機電工程研究所 副教授

摘 要

一般建築物機水電工程大致可分為五大系統，分別為：電力系統、弱電系統、給排水系統、空調系統與消防系統等，而其相關設施工程之執行可分為規劃、設計與施工等三個階段，整體工程品質的好壞與此三階段均有密切關係，其中規劃及設計階段屬於整體工程之先期書面作業階段，而施工是執行工程規劃設計的最後階段，因此各階段執行的好壞將直接影響整體工程的品質及成效。本文彙整統計並分析作者這幾年來參與公共工程設計審查及施工品質查核的結果與心得並參考施工品質相關文獻、講義及公共工程委員會提供之公共工程品管教育訓練教材，針對國內建築物機水電工程施工常見缺失進行探討與分析。文中對於「施工缺失」之彙整分析以施工階段為主，並輔於施工介面缺

失與規劃設計階段因果關係進行必要之探討，根據建築物機水電工程施工重點工項，透過表圖、施工照片說明方式彙整建築物機水電工程施工過程中常見缺失案例，探討其發生原因以及後續改善重點或施工中應注意與需協調配合等事項，以作為後續公共工程主辦單位、監造單位以及施工單位相關人員在工程施工缺失預防與工程施工品質提升上之參考。

關鍵詞：三級品管、機水電工程、品質查核、工程介面、施工缺失

一、前 言

傳統上公共工程建設在設計及監造過程中一般較偏重土木建築工程，但隨著建築工程機能的提升，使得機械、電氣、給排水及儀控等機水電設施在公共工程中亦扮演重要地位，因此完整的公共工程品質管理，除了

土建工程外，尚需包含上述機水電設施的施工管制與安裝檢驗。一般建築物之機水電設施，包含有電氣設備、弱電設備、給排水衛生設備、消防設備、空調設備以及電梯工程等，近年來由於建築物量體的高層化及龐大化，更需採用高科技自動化設施來提高管理效率，使得建築物機水電設施，其範圍除上述所提之外，依需求性尚包含網路設備、建築物安全自動設備以及垃圾自動處理系統等^[1]。

經工程會工程管理系统建制之各機關查核資料顯示，近年來公共工程仍不斷有重複性之工程缺失產生，施工品質的提升仍有改善空間。因此本文彙整統計並分析作者這幾年來參與公共工程設計審查及施工品質查核的結果與心得並參考施工品質相關文獻、林瑞德主任提供之施工照片與簡報資料^[2-4]以及公共工程委員會公共工程品管教育訓練教材^[5-10]，根據查核機制從工程施工品質之管理面以及執行面，針對國內建築物機水電工程施工常見或一再重複的缺失進行探討與分析，彙整並提出改善及預防建議，提供各界參考，以期能進一步提升並確保公共工程施工品質。

二、文獻回顧

詹慕祖(2000)針對機水電系統特性作深入探討，並將之分為：1.設備量體大且種類複雜、2.線型發展模式、3.構件(管路，線路，設備)集中設置、4.多數屬配合施工作業以及5.設備運轉測試時程集中在工程末期等五類特性。有關機水電工程之施工排序一般依大型設備、垂直管路、水平管路及小型設備分別進行規劃。其中垂直管路之施工順序依照：1.管件種類、2.法規規定、3.管徑尺寸材質、4.施作空間、5.維修動線、6.配件形式等做為排序依據。水平管路則依照：1.重力洩水坡度、2.管徑尺寸、3.管件材質、4.施作空

間、5.維修動線、6.配件形式、7.法規規定等做為排序依據。大型設備需依照設備尺寸、搬運維修動線及現場配置空間需求等而定；小型設備則由於大部分屬於點狀分配，因此較無明顯之排序需求^[11]。

建築物機水電工程施工時間，一般落後於建築主體工程，容易致使建築主體工程與機水電工程間介面協調整合不佳，影響整體建築物品質。而這些工程介面，有些屬於時間軸介面，有些則為空間軸介面。在介面品質管理上首先需就建築生產各階段完成確認(Validation)，而各階段均需有必要之圖書，以做為介面品質管理的依據^[12]。

建築物機水電工程大致可分為五大系統，分別為：電力系統、弱電系統、給排水系統、空調系統與消防系統等，如圖1所示。由於機水電相關設施種類及相關連工項繁多，各種設施及其管線路佈設方式各有其獨特性且需符合相關標準規範，設置地點或位置遍及建築物各樓層相對複雜性高，若與土建工程或機水電工程彼此間未能做妥善整合，常會應工序配合或施工介面衝突等問題，導致工程變更設計、拆除重做、工期延宕以及施工品質不佳等狀況之發生。

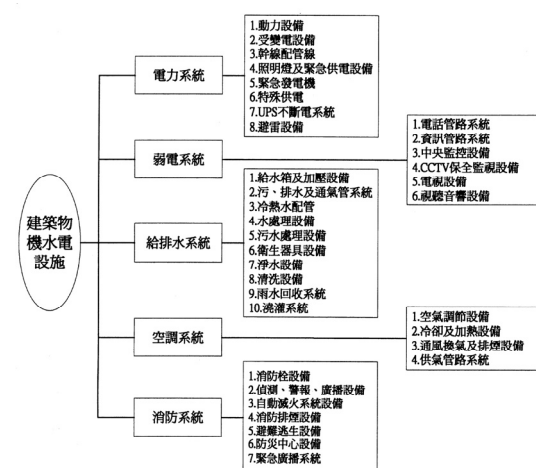


圖1 機水電設施分類圖示

以機水電各系統所需管路佈設為例，如圖2所示，係將一般建築物所需機水電配管依照水平及垂直管路方式區分，再將水平管路及垂直管路依預埋管與明管分類，由圖中可看出機水電設施管路配管佈設方式相當繁複，導致機水電設施各系統間以及與土木工程間之介面及整合工作有一定困難度，因此介面及整合工作執行的好壞，直接影響其施工品質。

陳曉晴(2004)利用工程各階段之「工作介面表」說明該階段介面問題之工作項目、發生地點、問題陳述，搭配簡易圖示與介面分類與責任分界，並說明該工項之前置與後續作業，透過該「工作介面表」幫助建立機水電系統施工作業排序邏輯網圖與介面管理方式^[13]。

建築物機水電工程系統，其各系統之組成方式與其空間分佈位置，需透過系統化分析各項設施之特性要素與建築物本體空間構成的可能合理關係；而在施工階段則有賴施工計畫的周詳擬定以及各系統施工圖之繪製與檢討到各系統及各工項間介面問題之確實檢核等，才能確定逐步完成各系統間整合工作，以確保建築物機水電工程之施工品質^[14]。

由文獻回顧了解建築物在施工建造階段，部份管路需埋設於結構體中，且多屬暗管、預埋套管、穿牆管等，若埋設位置錯誤或未埋設，將導致後續結構體的修改敲打，嚴重影響工程品質。機水電系統複雜且各系統所使用之管線材質、類別也不盡相同。一般施工單位所收到的設計圖資料通常不夠清楚

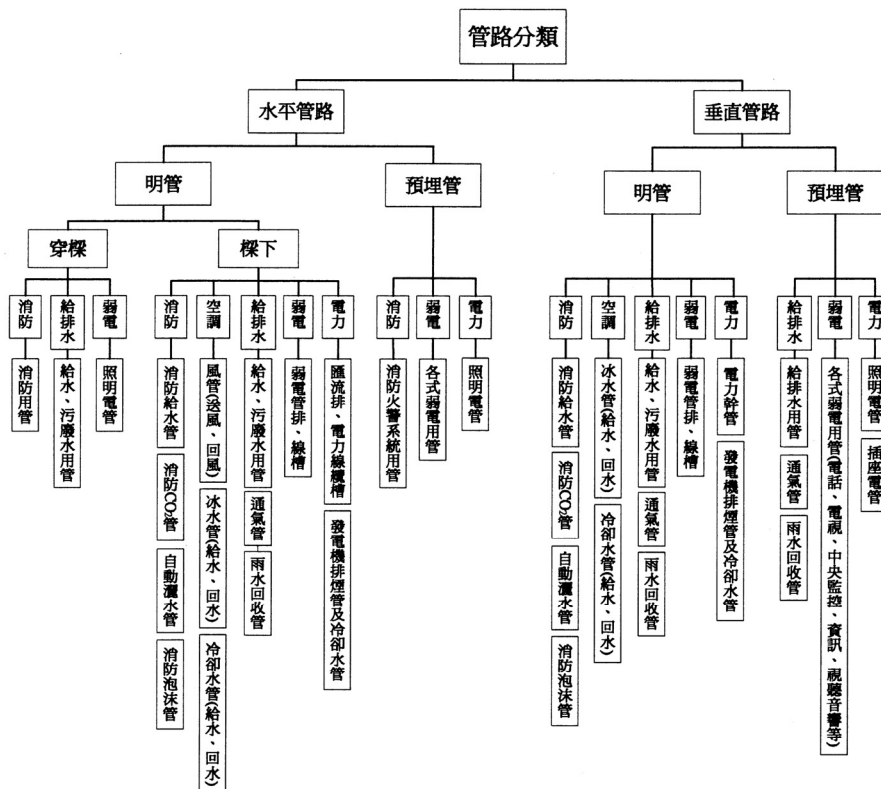


圖2 機水電設施管路佈設分類圖示

，圖上表達的配管資訊往往過於簡易，只標示出起始點和結束點，中間管線路徑如何安排，並未清楚表達，以至於在施工現場，施工人員只能根據現場情況和經驗去配置管線，導致施工排程延後、管線衝突等問題發生。所以機水電設施於施工前，最重要的工作便是圖說介面檢討與施工圖套繪。

三、機水電工程施工常見缺失與改善預防方式

本文根據工程會提供之「主辦機關工程管理自主評量表」(990301版)以及「工程施工查核小組查和品質缺失扣點紀錄表」(990301版)中之缺失代碼，將建築物機水電工程施工常見缺失以及後續缺失改善及預防建議，彙整如下：

1. 電氣、弱電施工、號誌施工常見缺失 (5.07.04)

(1) 缺失代碼：5.07.04.02

a. 缺失內容

- (a) 樓版配管未注意管路間距，過於密集交叉重疊影響混凝土澆築(容易造成粒料分離)。
- (b) 管道間樓板各式配管密度過高，且配管排列凌亂，如圖3所示。

b. 改善及預防方式

- (a) 檢討施作方式，管路配置作適當分

散或配合天花板以吊(明)管方式配置。

- (b) 管道、管線或套管埋置(非穿越構材)於混凝土中時，管內徑不大於版牆或樑之1/3 且不大於50mm，中心間距不得小於3 倍管徑，如圖4所示。

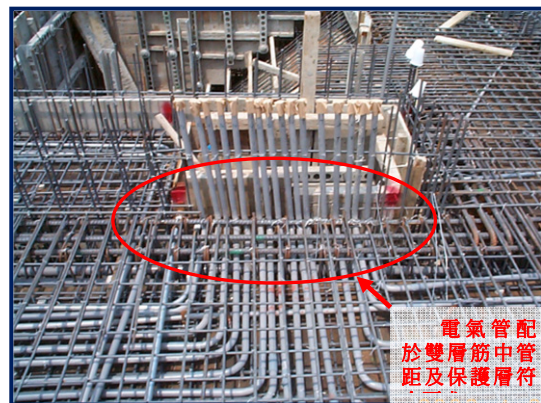


圖4 樓版電氣配管排置正確案例

(2) 缺失代碼：5.07.04.03

a. 缺失內容

- (a) 電氣管路配設於柱箍筋外，保護層不足，水電管路引下牆面勿緊貼模板，應保留足夠保護層，且管路應置於雙層筋內，如圖5所示。
- (b) 水電管線出口未作管帽保護，或以瓦斯槍熱融合方式封管，易造成管身碳化，如圖6所示。



圖3 樓版電氣配管排置過密缺失案例



圖5 電氣管路配設缺失案例



圖6 水電管路出口未作管帽保護缺失案例

b.改善及預防方式

- (a)檢討施作方式，管路口應以管帽保護，以避免雜物侵入，影響佈線作業。
- (b)管道、管線或套管埋置(非穿越構材)於混凝土中，管內徑不得大於版、牆或樑之1/3且不大於50mm，柱內管路不可超過柱強度計算斷面積

4%。

(3)缺失代碼：5.07.04.04

a.缺失內容

- (a)配電盤預留PVC電氣管口未施作喇叭口，如圖7所示。

b.改善及預防方式

- (a)與出線匣、配電箱各式管路管口應施設喇叭口或管套，避免管口銳邊



圖7 配電盤及PVC電氣管口施作案例

傷及電線絕緣披覆。

- (b)配電盤配管接續孔避免任意切割，配管後之開孔或孔隙應密封，避免小動物侵入內部破壞電氣纜線，如圖7所示。

(4)缺失代碼：5.07.04.06

a.缺失內容

- (a)發電機室出風口及進氣口設計過於接近，排氣管與進氣口位置設計於同面牆，容易造成短回風或通風不良現象，影響發電機性能，如圖8及圖9所示。



圖8 發電機出風口及進氣百葉窗施作缺失案例



圖9 發電機排煙管與進氣百葉窗位於同一牆面，通風不良

b.改善及預防方式

- (a)發電機室應注意散熱及空間規劃，排煙管應防止廢氣回流至機房。施工套圖階段，應針對此一施工介面提早作功能性確認，並做必要之修正，以避免爾後工程之修改。

(5)缺失代碼：5.07.04.08

a.缺失內容

- (a)配管吊掛間距及吊桿規格未符合規定，轉彎處未加強吊掛。

b.改善及預防方式

- (a)各式橫向管路吊掛須配置整齊、注意吊掛間距與吊桿規格。且各式橫向管路於轉彎處應加強固定。如圖10所示。



圖10 配管吊掛案例

(6)缺失代碼：5.07.04.09

a.缺失內容

- (a)管路穿越外牆未依規定施作過牆管止水環，導致管路周邊滲水，如圖11所示。



圖11 管路穿越外牆處有滲漏水現象

b.改善及預防方式

- (a)穿越外牆管路，應施作過牆管止水環，設計圖說應提供止水環施工大樣圖及必要之止水環型式，如圖12所示。

(7)缺失代碼：5.07.04.13

a.缺失內容

- (a)穿越結構伸縮縫管線，未以撓性管路施作，如圖13所示

b.改善及預防方式

- (a)穿越結構伸縮縫各式管線，應以撓性管路施作並注意管路防震處理，如圖14所示，一般撓性管路應為防水型金屬軟管。

(8)缺失代碼：5.07.04.15

a.缺失內容

- (a)牆面未預留穿牆管路或線槽開口，導致需臨時打鑿修補，如圖15所示。

b.改善及預防方式

- (a)各式穿牆管路及線槽開口應規劃設

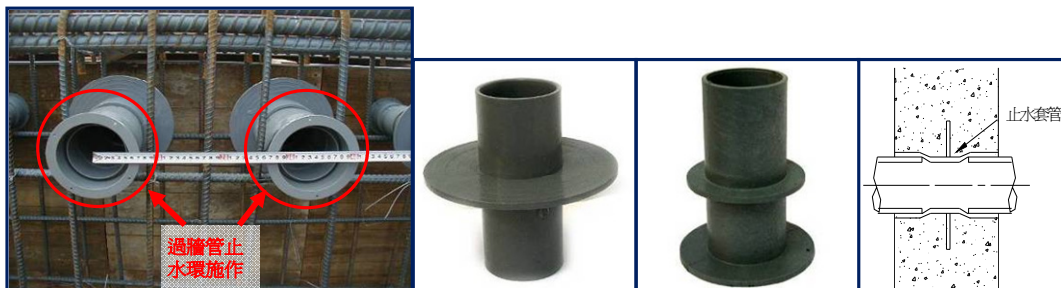


圖12 過牆管止水環施作案例及過牆管止水環實體及設計大樣圖示



圖13 穿越伸縮縫管線未使用金屬軟管連接缺失案例

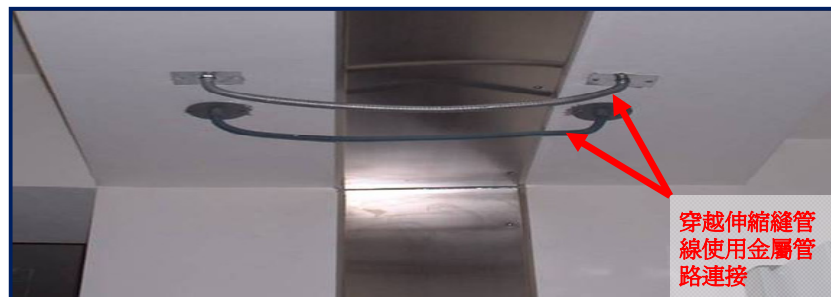


圖14 伸縮縫管線使用金屬軟管連接正確案例



圖15 牆面未預留穿牆管路或線槽開口缺失案例

計預留，以避免臨時打鑿修補之二次施作，若需打鑿亦應確實填實修補。施工套圖階段，應針對施工介面檢查確認，並做必要修正，避免爾後不必要打鑿修補，影響結構強度。

(9)缺失代碼：5.07.04.99

a.缺失內容

- (a)出線盒未加裝塑膠保護盒，導致水泥砂漿侵入；粉刷時未避免將保護盒打落，導致出線盒四周混凝土缺口，如圖16所示。



圖16 出線盒施作缺失案例

- (b)路燈設備未接地，所使用之室外接線未以防水膠帶確實包紮，容易造成感電意外，如圖17所示。

b.改善及預防方式



圖17 路燈接線案例

- (a)出線盒粉刷前，應加裝保護盒以免遭泥作之水泥砂漿掩埋或侵入，並可減少四周混凝土缺口；粉刷時應進行工程介面協調以避免泥作將保護盒打落。
- (b)路燈應設備接地，其配線應以電纜為主，並應加裝漏電斷路器，室外接線需以防水膠帶確實包紮。

2.給排水、污水施工常見缺失 (5.07.05)

(1)缺失代碼：5.07.05.03

a.缺失內容

- (a)管路穿樑施作管路間距不足或位置不當，影響樑補筋及結構強度，如圖18所示。

b.改善及預防方式

- (a)一般管路以不穿樑為原則，若需穿

樑時則應依可穿孔位置區域及管徑限制相關規定施作，開孔周圍需以鋼筋補強。施工套圖階段，應針對此一施工介面檢查確認並經結構技師簽證。

(2)缺失代碼：5.07.05.06

a.缺失內容

(a)管路行進方向改變未使用順水T或雙45度彎頭銜接，如圖19所示。

b.改善及預防方式

(a)給排水管或污水管路等行進方向改

變應使用順水T或雙45度彎頭銜接，如圖19所示，施工套圖應針對施工需求檢討天花板高度，避免空間不足而無法施作。

(3)缺失代碼：5.07.05.10

a.缺失內容

(a)污排水管開口施工中未保護或以膠帶封口，雜物泥漿容易流入，如圖20所示。

b.改善及預防方式

(a)污排水管開口施工中應隨時以帽蓋

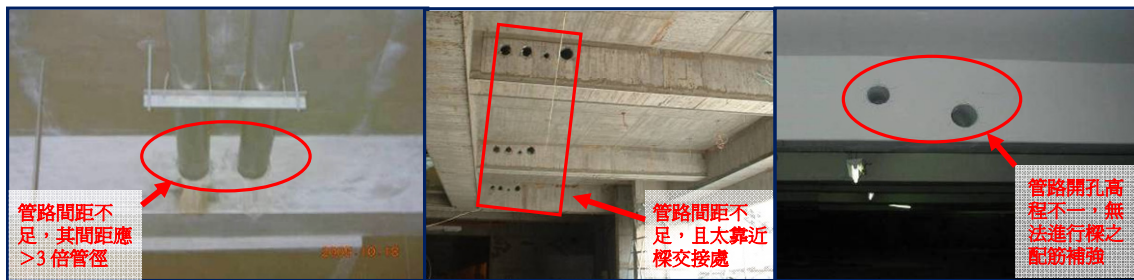


圖18 管路穿樑施作缺失案例

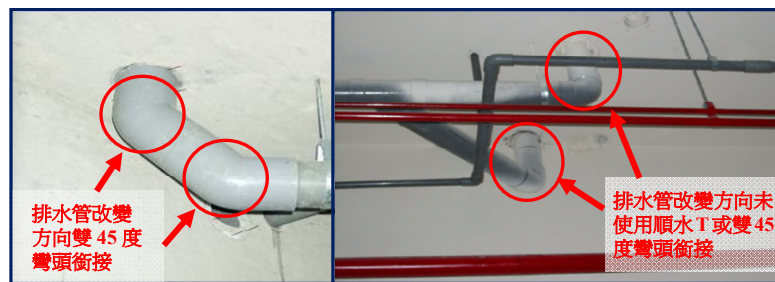


圖19 管路改變行進方向彎管配設案例



圖20 污排水管路開口施工缺失案例

封端保護。屋頂落水頭應配合防水層施作，於管口及落水頭周圍進行防護，避免泥漿或雜物等流入造成排水管阻塞。

3. 接地工程施工常見缺失 (5.07.06)

(1) 缺失代碼：5.07.06.02

a. 缺失內容

(a) 接地引上線未設止水措施(裝置)，導致地下水藉由毛細作用滲出至接地箱內，如圖21所示。

b. 改善及預防方式

(a) 接地引上線與接地箱間應設置止水措施(裝置)，以阻絕地下水藉由毛細作用往上滲出，接地線若為裸線則應套入PVC管內避免與鋼筋接觸，如圖21所示。

(2) 缺失代碼：5.07.06.06

a. 缺失內容

(a) 高低壓電氣設備非帶電金屬部分(外殼) 或各式配電盤面未接地，如圖22所示。

b. 改善及預防方式

(a) 高低壓電氣設備非帶電金屬部分(外殼) 或各式配電盤盤面，須以導線(綠色)接地確保使用安全。

4. 消防工程施工常見缺失 (5.07.07)

(1) 缺失代碼：5.07.07.01

a. 缺失內容

(a) 消防管路焊接，未及時進行必要之除渣防銹處理，如圖23所示。

b. 改善及預防方式

(a) 消防管路焊接處，於焊接完成後應及時進行必要之除渣防銹處理。

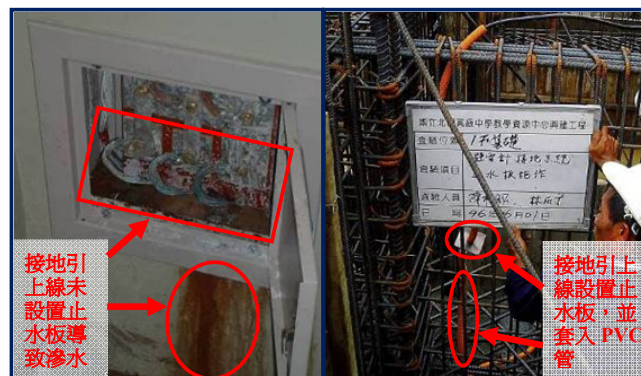


圖21 接地引上線設置案例



圖22 高低壓電氣設備接地缺失案例



圖23 消防管路焊接處缺失案例

(2)缺失代碼：5.07.07.07

a.缺失內容

(a)消防管路配管吊桿施作不良吊環未與管身確實接觸，轉彎處未特別加強。消防配管未於樑下加裝固定架，閥件兩側未加裝固定架，如圖24所示。

b.改善及預防方式

(a)消防管路配管應根據施工大樣圖及規定間距施作，並注意吊桿架規格，轉彎處應特別加強。消防配管於樑下及閥件兩側應加裝固定架。

5.空調施工常見缺失 (5.07.08)

(1)缺失代碼：5.07.08.01

a.缺失內容

(a)室內送風機之吊掛未依規定安裝防

震器。

(b)空調冷卻水塔底座未依設計圖說規定組裝基礎腳架減震器，如圖25所示。



圖25 空調冷卻水塔底座避震器缺失案例



圖24 消防配管閥件吊掛支撐施作缺失案例

b.改善及預防方式

- (a)空調設備吊掛，應根據設計圖說及施工大樣圖相關規定裝設必要防震器或避震裝置，如圖26所示。

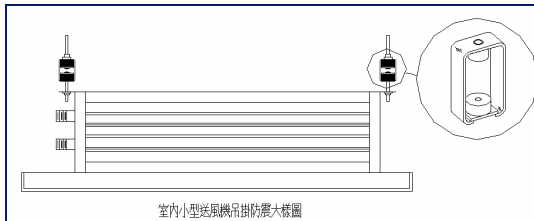


圖26 室內送風機吊掛防震設計大樣圖示

- (2)缺失代碼：5.07.08.03

a.缺失內容

- (a)室外冰水管保溫套管僅以膠帶包覆，未施作不鏽鋼或鋁皮披覆保護，



圖27 室外冰水管保溫套管施作案例



圖28 樑柱、樓版預埋管介面施作案例

如圖27所示。

b.改善及預防方式

- (a)室外冰水管保溫套管除了保溫膠帶包覆外，外層應以不鏽鋼或鋁皮披覆保護，避免長久日照後保溫膠帶破損，如圖27所示。

6.工地管理(介面)常見缺失 (5.09)

- (1)缺失代碼：5.09.06

a.缺失內容

- (a)樑柱預埋管路位置未與砌磚牆面配合，樓版預埋管路放樣及位置錯誤或漏配，造成打鑿重新配管破壞結構，如圖28所示。
(b)配電人、手孔蓋完成面未與周邊及介面高度配合，導致施作不良，如圖29所示。

- (c)出線盒安裝高度，未配合高架地板高度預埋留設；粉刷後出線盒再清找打鑿或調整高度，施工介面配合不良，如圖30所示。
- (d)牆面粉刷與管路施作順序倒置，導致管路表面塗層受污損，如圖31所示。

示。

- (e)各型浴廁間衛生設備位置未配合隔間規劃導致衝突，如圖32所示。
- (f)機水電設施與裝修面套圖及施工介面協調不足導致施工不良，如圖33~34所示。



圖29 配電用人手孔蓋施作介面缺失案例



圖30 出線盒安裝施工介面配合不良案例



圖31 牆面粉刷與管路施作順序倒置，施作介面缺失案例



圖32 浴廁間衛生設備未配合隔間規劃介面缺失案例



圖33 燈具開口位置與天花板骨架抵觸施作介面缺失案例



圖34 插座、地燈與塑膠地板及地磚等介面配合施作不良案例

b.改善及預防方式

- 各單位對於機水電各系統之配管線套圖整合應確實詳盡。
- 各機水電設施應繪製施工大樣圖，檢討實際空間與隔間規劃以及與其他工項介面可能衝突點，並做必要之施工協調或修正。
- 監造單位對於施工單位提送之地下

室及各樓層水電、消防、風管等配置檢討施工圖應確實審查。施工前承商應召集各工項負責人進行介面協調會議確認施工順序，地下室天花板內各類管線，應配合高程施作，檢討各管路交錯配置空間及室內淨高，依各系統管路特性調整施工高程，檢討最低點高程須大於210

公分，若需配合工進需求，部份施工順序需倒置時，應將相關介面已施作各式管路確實保護防止污損。

- (d)浴廁間衛生設備、給排水配置及空間規劃與淨高檢討施工圖，出水口位置須與建築圖核對位置放樣，檢討建築工程實際空間隔間規劃設備位置，給排水出口位置應正確，以增加整體美觀，例如：圖35所示。

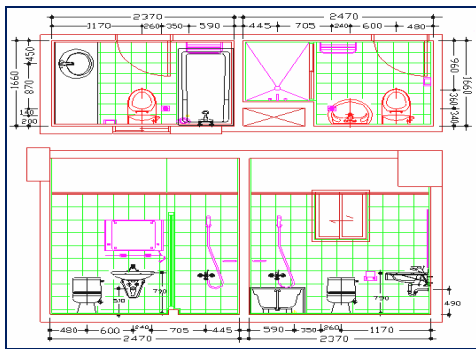


圖35 浴廁間衛生設備、給排水配置及空間規劃大樣圖示

- (e)天花板上方各類管路，應檢討各管路交錯配置空間及室內淨高，配合天花板施作時程，先行施作並試水完成，以免影響工進，管路複雜時，承商應提出各樓層室內天花板管路配置檢討施工圖，如圖36所示。

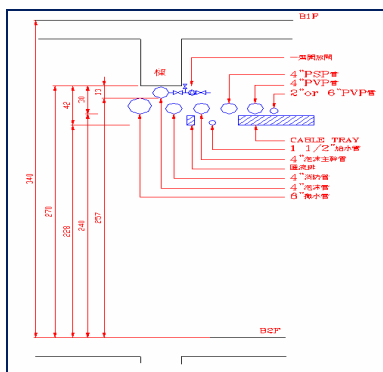


圖36 地下室各式配管高程套圖整合圖示

四、結論與建議

本文經由統計分析建築物機水電工程施工上常見之缺失，探討缺失發生原因，並針對相關缺失提出改善預防對應方式，可獲致如下的結論與建議：

- 1.「品質管理制度」方面，彙整分析相關缺失，發現制度面上還是以「承攬廠商」及「監造單位」相關缺失項比例最高，顯見一、二級品管仍是機水電工程施工品質最重要一環。一、二級品管制度的落實與加強，是進一步提升機水電工程施工品質的重要關鍵。
- 2.「施工品質」方面則以「施工介面」相關缺失項比例最高，顯示品質與施工介面存有緊密關連；從實際案例缺失蒐集，「公共使用空間」是最易產生建築與機水電施工介面問題的位置，大部分集中在「天花板上方」、「樓梯間」、「地下B1層」以及「管道間」等公共空間，究其原因，公共使用空間區域多屬管線密集交會處，又設計者多採法令規範之最小尺寸或淨高進行設計，因而導致施工過程中，常有設備安裝空間不足等相互衝突之介面問題產生，因此機水電相關設施於施工前，最重要的工作便是圖說介面檢討與施工圖套繪的確實落實。
- 3.經由本文分析結果，亦可發現「相關人員」是影響機水電工程施工品質良窳的關鍵因素，而「相關人員」包括：人員、設計監造單位人員以及承攬廠商人員。主辦單位導致人員缺失主要原因為：單位內工程人員不足、品管教育訓練不足、相關人員專業技能不足等；其改善對策建議有：強化工程專責單位之委辦機制、強化品管教育訓練、外聘專家學者協助審查督導等。設計監造單位人員缺失主要原因為：工程

專業人員不足、具備品管資格人員不足、現場監造未落實等；其改善對策建議有：技術服務(監造)委託招標機制對於人員要求之調整、監造費率配合用人成本做必要調整、監造人員聘用需嚴謹、強化技術服務(監造)契約之罰則內容並落實罰則執行。承攬廠商人員缺失主要原因為：品管教育訓練不足、具備品管資格人員不足、分包商配合不佳、施工品質自主檢查未落實等；其改善對策建議有：配合工程分包事實建立「聯合施工督導機制」並落實執行、強化品管教育訓練、強化並落實「施工前品質管理協調會」以及「施工前品質管理說明會」功能、針對重要工項推動「示範工序」觀摩、落實品質稽核(內、外稽核)及相關督導、執行施工績效考核(包括分包商)等。

4. 本文對於建築物機水電設施工程施工常見缺失，提供相關改善及預防方式與建議，藉由這些預防改善對策應可進一步提升公共工程機水電設施工程的施工品質。

伍、參考文獻

1. 行政院公共工程委員會，「機電設備工程品質管理實務教材」，公共工程品管教育訓練教材，2004/6月。
2. 林瑞德，「機水電施工查核重要缺失案例探討」，文建會99年度公共工程施工品質管理及施工查核業務講習簡報資料，2010/8月。
3. 林瑞德，「機水電施工常見缺失實例探討」，司法院99年司法特考司法事務官訓練班簡報資料，2010/8月。
4. 林瑞德，「建築及機水電工程介面缺失實例探討」，司法院99年司法特考司法事務官訓練班簡報資料，2010/8月。
5. 行政院公共工程委員會，「工程品質常見缺失案例」，公共工程品管教育訓練教材，2003/7月。
6. 行政院公共工程委員會，「提升公有建築物工程品質」，公共工程品管教育訓練教材，2006/5月。
7. 行政院公共工程委員會，「機電設備工程品管實務」，公共工程品管教育訓練教材，2008/10。
8. 行政院公共工程委員會，「工程品質管理案例研討(機水電)」，公共工程品管教育訓練教材，2009/6月。
9. 行政院公共工程委員會，「建築物機水電施工及檢驗基準」，公共工程品管教育訓練教材，2009/6月。
10. 行政院公共工程委員會，「建築物機水電工程監工實務」，公共工程品管教育訓練教材，2010/5月。
11. 詹慕祖，「機電工程變更設計對工期的影響」，國立臺灣大學土木工程學研究所，碩士論文，2000。
12. 賴銘利，「界面作業群組化管理之實務運用」，國立交通大學土木工程學研究所，碩士論文，2005。
13. 郭斯傑、陳曉晴、詹慕祖，「建築工程中機電設備施工排序之研究」，建築學報，第45期：121-141，中華民國建築學會，2004。
14. 楊宗穎，「建築與水電工程施工階段介面管理之探討」，中華大學營建管理研究所，碩士論文，2008。