

捷運／輕軌車站防風雨設計及檢核

林逸羣* 陳滄江** 陳志銘*** 蘇啟鑫**** 蘇福來*****

摘要

本文彙整目前國內軌道系統常用的車站防風雨措施，並以安坑輕軌為例，說明輕軌候車站有關防風雨的特殊考量、設計及量化的檢核方式，並建議高架站可考量採遮簷延伸方式設計，以增加防風雨的效果；至平面候車站則因架空線限制，建議可降低遮簷高度以增加遮蔽率，並配合其他包含鋪面止滑、洩水坡度、月台外滴水線、月台端擋風設施及戶外型機電設備等措施，以降低飄雨對旅客服務、安全及營運管理/成本的風險及影響。此外，以 BIM 技術整合結構量體及風場資訊後進行風速變化的模擬，可用以評估站區受風影響及相關擋風設施的設置效益。

關鍵字：防風雨、BIM、安坑輕軌、捷運系統

一、前言

隨著臺北/高雄捷運路網的形成，國內捷運系統逐漸往都會區周邊或其他城市發展，除臺北、新北及高雄持續完善與優化其路網外，桃園、臺中亦正辦理捷運系統建設，未來新竹、臺南與基隆更可能加入成為國內捷運俱樂部的成員。以目前國內捷運建設的型式來看，除了位於市區段的路線因路幅狹窄或周邊發展密集採地下化方式建設，於郊區或路廊寬度足夠的區段，主要採高架方式興建，特別是近期的輕軌系統，更不乏有以平面路線推動的案例。相較於地下化工程的興建及營運維護成本昂貴，高架/平面結構更能有效的降低全生命周期建設/維管經費。

捷運系統以服務旅客為主要任務，捷運車站更是旅客接觸系統的主要區域及窗口。相較於地

下車站人行動線多位於地表下，除外露的出入口通道外，旅客於車站內候車或行動幾乎不受風雨影響。平面/高架站體則因完全曝露於大氣之中，不論是設施/設備及人行停等動線，均將受周邊氣候/環境的大幅干擾。特別是為降低成本、減少對環境的衝擊，與符合綠建築的要求，現行車站不僅盡可能減體減量，並多以「輕、簡、透」的理念，採通透性建築設計手法，藉由自然通風及採光，除必要的機電/營運設備設置遮蔽防水設施外，其餘多採開放式設計，以形成自然採光與通風的低能耗機制，達到建構舒適環境並降低能源依賴的目標。上述設計理念，雖有助於降低能源使用及成本，惟不可避免的，大面積通透外牆亦可能對旅客服務造成不利影響，最明顯的不外乎為對風雨的阻隔性不佳，地面潮濕亦可能衍生安全方面的疑慮。

* 新北市政府捷運工程局副總工程司
 ** 中興工程顧問公司軌道工程二部技術經理
 *** 十匯建築師事務所建築師
 **** 中興工程顧問公司軌道工程二部計畫經理
 ***** 中興工程顧問公司軌道工程二部資深協理

以機場捷運而言，路線於桃園段採高架開放式設計，於民國 104 年 8 月的蘇迪勒颱風侵襲下，造成車站屋頂鋁板掀翻、機房漏水、設備故障及月台積水等災損，改善措施包括於月台增設排水管路、改善落水頭洩水坡度、樓梯/電扶梯/電梯前加設截水溝、加設防飄雨設施、穿堂層封閉部分帷幕開口、補強填縫、機房百葉上方加設/加長雨遮，及於門縫下方加設阻水或設置擋水板等阻/導水補強措施。鑑於車站災損影響民眾安全，監察院啟動相關調查，認為「高架開放式車站採綠建築設計之立意尚佳，惟不應因此忽略基本的風雨防護及導排水設施，而導致滲漏水、積水，影響旅客安全，甚至造成設備損壞...」，顯見不管是基於旅客安全、設備保護及營運維護，防風雨措施已成為高架/平面車站設計的重要一環。

二、捷運系統防風雨相關規範／設施說明

為營造適宜的車站防風雨設施，捷運規劃手冊或各系統的設計規範內，均會訂定相關條款以做為設計依據（表 1）。考量兼具視野開放、穿透及自然通風、採光等建築造型與節能要求，同時達成免於風雨吹襲、遮陽等旅客安全與舒適度目標，目前有關防風雨的設計，一般都優先針對如月台、通廊及出入口等旅客通行或聚集處，採實體阻隔或加強遮蔽等方式防止雨水入侵，並搭配阻/導水避免地面積水，及地面防滑設計以確保旅客安全，對於電梯/電扶梯或相關機電設備，則採設施防水或戶外型方式設計，以提高設備的耐候性及可靠性。

表 1 捷運/輕軌高架/平面車站防風雨相關規設要求

臺北都會區大眾捷運系統土建水環固定設施需求規劃設計手冊	<ul style="list-style-type: none"> ● 高架車站設計上將盡可能富穿透性，特別是位於擁擠的市區或郊區者。這種作法將減輕車站量體感，且便於乘客於所在環境中，能迅速地判斷方向。 ● 月台雨遮之設置在型式上盡可能提供最大的頂蓋、遮蔭、自然光線與通風。雨遮將涵蓋月台全長，且於適當地點設置隔板，以保護乘客免於風雨吹襲，但又不致過度減少自然通風。 ● 高架站及地面站須提供遮風避雨設施。頂蓋架構長度須包括全部月台，且頂蓋架構須挑出月台邊緣至少 1,700mm。 ● 車站出入口之設計應包含防風雨之設施，以減少雨水侵入。如有可能，出入口前應附設遮棚區域以供旅客避雨之用。
臺北都會區大眾捷運系統中運量系統土建水環固定設施規劃手冊	<ul style="list-style-type: none"> ● 高架車站造型及量體之設計原則，除有特殊需求外，應予以輕量化並具視覺穿透性，以採自然通風換氣為原則。 ● 月台雨遮之設置在型式上盡可能提供最大的頂蓋、遮蔭、自然光線與通風。雨遮需涵蓋月台全長，且於乘客候車區適當地點設置隔屏，以保護乘客免於風雨吹襲，但又不致過度減少自然通風。 ● 月台須設橫向坡度，以策安全並利於排水。 ● 高架站及地面站須提供遮風避雨設施。頂蓋架構長度須包括全部月台，且頂蓋架構須挑出月台邊緣、側邊端點至少 1,700mm。 ● 車站出入口之設計應包含防風雨之設施，以減少雨水侵入，並適度考量維持自然通風。出入口應附設遮棚區域以供乘客避雨之用。 ● 供公眾使用之樓梯其踏面、凸緣及樓梯平台須具有止滑功能。
輕軌系統建設及車輛技術標準規範	<ul style="list-style-type: none"> ● 月台橫斷面應考慮橫向洩水坡度，並以 1% 為原則。 ● 月台鋪面應平整且防滑。 ● 月台宜設有座椅與遮雨棚，若因特殊狀況設置困難時，座椅得依照實際狀況調整之。 ● 候車站為提供旅客安全等候、天候防護、易於進出及具備無障礙設施之處所。 ● 候車站建築設計應簡潔、輕巧、穿透及易於維護，能展現城市特色。

(一) 實體阻隔

為避免旅客在車站內或出入口受風雨影響，一般在站內的行動空間均會採實體牆或玻璃帷幕等方式，將風雨隔離在空間之外(圖1)；出入口部分可另設遮棚區域供乘客避雨，或於二側設置玻璃等方式阻隔風雨(圖2)。月台上則不乏以藉調整上掀式推窗或玻璃百葉角度方式，兼達自然通風、採光及防風雨的效果(圖3)；而考量因應風城新竹強大的九降風吹襲，高鐵新竹站更於月台上設置合計12座「玻璃屋」，在兼顧美觀及通透的原則下，提供旅客避風雨使用(圖4)。

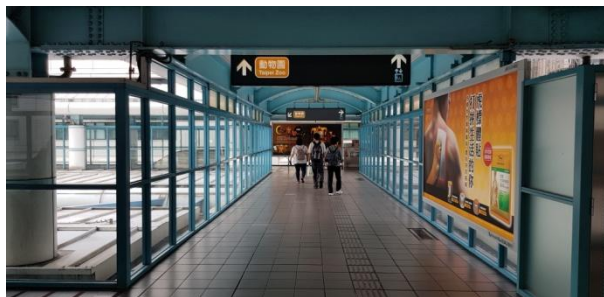


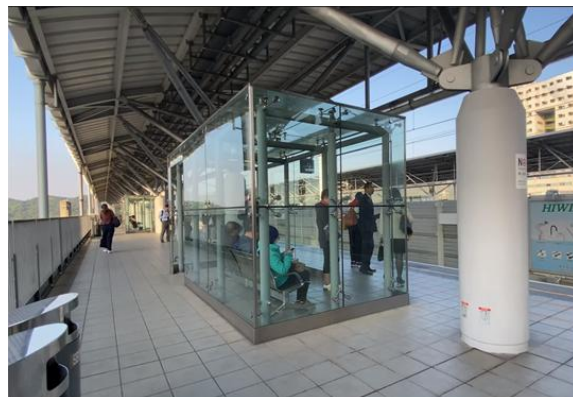
圖1 高架車站站內通廊玻璃牆阻隔避風雨



圖2 高架車站出入口設置遮棚區域、側邊設置圍絕阻隔避風雨



圖3 月台側玻璃百葉避雨及通風



(摘自 <https://www.youtube.com/watch?v=0a-97OfTj1A&list=ULH761XoCfdk&index=79125>)

圖4 高鐵新竹站月台防風雨玻璃屋

(二) 加強遮蔽

為加強風雨遮蔽，依規劃手冊，高架/平面車站頂蓋架構長度須包括全部月台，且頂蓋架構須挑出月台邊緣及側邊端點一定距離。現行設計一般多配合主體結構採近乎全包覆方式，將遮簷出挑至軌道上方，僅於中央留設部分空間以利通風及採光(圖5)，或採遮簷出挑月台邊緣至少1,700mm或至軌道中心外側200mm或500mm的範圍(視各系統規範而定)，以提供足夠的遮蔽區域(圖6)。



圖5 機場捷運側式月台站遮簷出挑防風雨



圖6 臺北捷運島式月台站遮簷出挑防風雨

除上述月台層出挑遮簷設計外，為減少風雨對旅客服務、安全及設備損傷的影響，於高架站出入口上、下樓梯/電扶梯，除可採玻璃帷幕隔絕，另可加長遮簷出挑至約 2m，以有效阻擋雨水入侵（圖 7）。



圖 7 出入口出挑加長遮簷

（三）阻/導水及防滑設計

為避免雨水飄入站體/月台及環境清潔後的積水，影響旅客行進安全與損傷設備，除月台面保持約 1% 的洩水坡度外，站體/月台地面，特別是電梯/電扶梯周邊均會設置落水頭、截水溝等固定設施收納地面水（圖 8），以保持地面乾燥與清潔。對於旅客可及範圍內的地面，其鋪面亦均要求須符合規定的止滑係數，樓梯踏面、凸緣及平台更須具有止滑功能，以避免潮濕時產生旅客滑倒的不安全情境（圖 9）。



圖 8 電梯周邊設置截水溝排水



圖 9 樓梯踏面、凸緣止滑

（四）設施防水

雨水入侵不僅影響旅客搭乘捷運系統的方便性、舒適性及安全性，更對系統機電/與機械設備造成危害，惟除非採完全阻隔，高架/平面車站將無法避免風雨飄入站體及月台，特別是在如颱風或極端氣候下的大風雨時，置於月台上的機電設備或出入口電梯/電扶梯，將很難保持乾燥。因此，為盡量降低風雨對設備的影響，除前述於設備前後設置集/排水設施外，亦可強化設備本身防水性，採戶外開放式耐候型設計（圖 10），機場捷運亦在電扶梯等設備上方直接規設保護罩來避免雨水入侵，於保護電扶梯的同時也進一步維護旅客的安全及便利（圖 11）。



（摘自 <https://www.youtube.com/watch?v=0a-97OfTj1A&list=ULH761XoCftdk&index=79125>）

圖 10 高雄捷運耐候型電扶梯



圖 11 機場捷運月台層電扶梯防風雨保護

三、輕軌系統候車站防風雨考量

相較於前述有關中/高運量捷運系統的車站防風雨措施，輕軌運輸因考量建設成本、系統與當地環境融合度及架空線供電等系統特性，除前述所提及的措施外，對防風雨設計亦有另外的考量說明如下。

(一) 輕量化站體、與環境融合

目前國內所有的中/高運量捷運系統，均採用第三軌供電，藉由設置於軌床上/鋼軌旁的導電軌提供列車運轉所須的動力。在此條件下，系統(列車)動態包絡線被局限在軌面上約 3.8m(高運量)~4.0m(中運量)的高度範圍內，因此不論是側式或島式月台車站，遮簷結構均可在一相對較低矮的高度下橫越列車上方，故遮簷出挑可在不增加車站量體的狀況下，輕易的橫跨軌道，得以滿足規劃手冊中有關「頂蓋架構長度須包括全部月台，且頂蓋架構須挑出月台邊緣至少 1,700mm」，或部分系統設計規範中有關「至軌道中心外側 200(或 500)mm」的規定。

輕軌系統則不同，目前國內除高雄輕軌採用超級電容供電，無須考量列車上方集電弓操作空間與架空線高度外，其餘不論是已通車營運的淡海輕軌、正興建中的安坑輕軌，及未來新北市境內包含八里、三芝、深坑、五泰及泰板等輕軌系統，均採用類似高鐵或臺鐵的架空線供電系統。且因平面輕軌路線多行經一般道路，為避免橫交路口通行車輛損及架空線，故架空線下方須保留一定淨空(依內政部頒布「市區道路及附屬工程設計規範」規定至少為 4.6m；臺北捷運規定為 5.0m；淡海/安坑輕軌設計規範則規定為 5.1m)，另為便利旅客進出、減少列車停等優化營運，及降低對平面交通的影響，輕軌候車站多設置在鄰橫交道路路口，亦無法藉遠離橫交路口來大幅降低架空線高度。在此限高規定下，評估於候車站

內遮簷外側高度(含結構柱)至少須達約 7.5m 以上，方有可能在不觸及主吊線的狀況下出挑至軌道上方(圖 12)，故若採跨站式的遮簷設計，勢必增加車站結構量體，亦將衍生景觀衝擊、成本增加等問題。

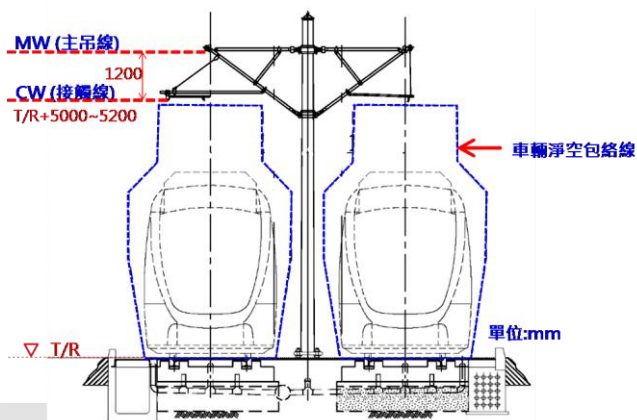


圖 12 輕軌車輛及機電系統淨空剖面圖

此外，為降低建設及用地取得經費，國內輕軌系統多行經既有道路上方，很大一部分的路線更是採共用路權方式與一般道路併行。以安坑輕軌而言，平面段路線於安一路中間約 12m 的輕軌廊帶上建設軌道及候車站，也因此，候車站的空間受限於用地範圍，僅剛好滿足站體結構及營運(含旅客服務)的空間需求(部分月台寬度約 2.75m)，跨站式的遮簷設計，因量體增加將導致結構柱尺寸由原設計的 0.25m 增加至 0.35m，進而占據月台空間，而無法滿足旅客服務的需求。

相較於完全獨立路權的中/高運量捷運系統，輕軌系統因其與城市親和及兼容的特性，在空間、量體及設計上也將衍生諸多的限制，前節捷運規劃手冊中對於車站防風雨有諸多的規定，但「輕軌系統建設及車輛技術標準規範」則是開放給各系統在進行設計時，完整考量系統特性及與環境的融合，並未有關於遮簷出挑距離的硬性規定。

(二) 區域積水及防洪

民國 107 年 8 月 23 日由於熱帶性低氣壓挾帶暴雨狂襲南臺灣，致使高雄輕軌平面軌道及候車站內積水。在捷運系統設計中，防洪檢討與因應為一重要課題，透過對防洪高程的分析，適度增加結構（如出入口）的設計高程（如採 200 年頻率洪水位+1.1m），或採設置防洪門等方式均可有效避免洪災或區域積水的影響。但輕軌系統較為特殊，平面輕軌路線及候車站均設置在既有一般道路上，於交會路口，軌面高程更與平面道路相同，加以輕軌列車均採全低底盤設計，故設置在鄰路口候車站的月台高度亦受限（安坑輕軌軌面至月台面約 0.32m），無法採加高月台面方式規避洪災，故設置於月台上如刷卡機/售票機等服務設施，除需考量採防風雨的戶外型設計外，亦需考量「墊高」內部需避水的組件（安坑輕軌無障礙型售票機其避水高度約 0.485m），避免萬一站區積水時，高漲的水位將損壞機電設備。

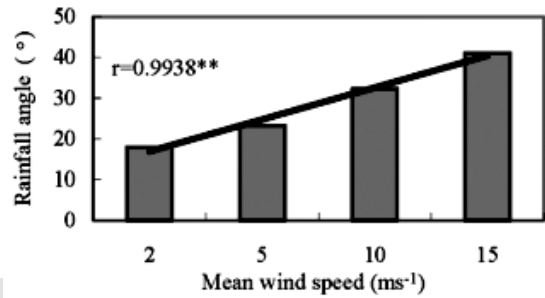
四、安坑輕軌候車站防風雨設計及檢核

安坑輕軌全長 7.5km，設置包含 K1、K3、K4 及 K5 等 4 座平面候車站，及 K2、K6~K9 等 5 座高架候車站。其中，平面候車站及 K7、K8 站為側式月台站，K2 及 K9 為島式月台站，K6 則為 1 島 1 側混合月台候車站。相較於一般捷運車站，輕軌候車站相對簡易，惟設施雖然簡單，但同樣須滿足防風雨的旅客服務要求。安坑輕軌考量高架及平面候車站在車站建築與用地/空間限制的不同，於候車站的防風雨設計上，結合區域風場條件假設飄雨狀況，並採 BIM 技術進行風速變化的模擬以評估風雨影響，說明如下。

(一) 風雨模擬

經蒐集中央氣象局離工址最近約 5km 的屈尺及中和觀測站，2010 年~2018 年的平均最大陣風觀測資料，並參考徐森雄等（2005）有關風速與

飄雨角度的研究成果（圖 13），以模擬天候狀況進行分析（不考慮紊流等微氣候狀況），所有候車站除以 30 度飄雨線（風速預估為 8.75m/s，五級風）進行檢核外，並綜合考量「天然災害停止上班及上課作業辦法」中有關平均風力達七級（13.9~17.1m/s）以上時即停班停課的規定，另針對高架候車站以 15m/s 的風速（41 度飄雨線），進行檢討分析。



（徐森雄等，2005）

圖 13 平均風速與降雨角度關係

(二) 平面候車站防風雨檢核

安坑輕軌典型的平面候車站月台長度約 39m，寬度約 2.75m，原候車站設計規範因考量月台上懸掛物（如旅客資訊系統 PIDS 等）2.5m 的最小淨高，規定遮簷淨高至少須 4.0m，於計入支撐結構後，在不侵入列車包絡線範圍下，高度 4.9m 的遮簷僅略微挑出月台邊緣，無法延伸至軌道中心外側 500mm 區域，以 30 度飄雨線進行檢核後，僅有在近月台內側約 0.5m 區域不受飄雨影響，遮蔽率（不受飄雨影響區域的面積比例）僅約 18%（圖 14），旅客在雨天月台候車時將「難有立足之地」。

經檢討，月台飄雨遮蔽率可藉由在不觸及包絡線，並滿足懸掛物淨空規定下，以降低遮簷縮減曝雨範圍方式提高。以平面站而言，在維持與旅客安全相關的懸掛物淨高不變，及施工所需空間狀況下，遮簷高度由 4.0m 降低至 3.5m 後，遮蔽範圍將可提高至約 0.8m，遮蔽率增加至 29%，雖無法大幅提升，但相較於市區長廊式公車站約

20%的比例，並考量平面站的運量需求，於一般降雨天候下，仍可服務旅客於月台內側候車時不受飄雨影響。

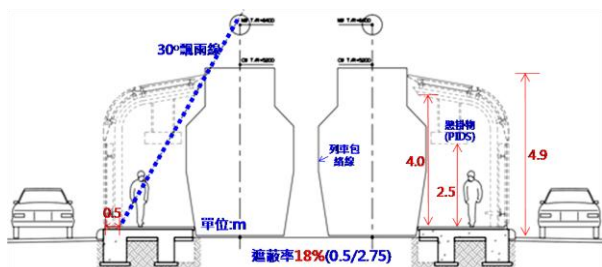


圖 14 平面候車站防風雨檢核

再者，於高度不變狀況下（即不增加曝雨範圍），延伸遮簷長度可提高遮蔽率，但此將因侵入包絡線範圍而不可行。此外，採跨站方式提升遮簷高度橫越包絡線，亦可提升遮蔽率，惟如前所述，考量通風及採光，跨站式設計並非全包覆，遮簷僅出挑至軌道中心外側約 200mm 或 500mm（視各系統規定而異），遮簷長度增加雖可提高遮蔽率，但在飄雨仍可自露空處進入的狀況下，遮簷提升也將造成曝雨範圍增加，而降低遮蔽率，增減之後其遮雨效果不見得可以大幅提升。以安坑輕軌而言，受限於架空線，跨站式設計遮簷高度將由原 4.9m 提升至 7.5m，但遮蔽率僅由 18% 增加至 22%（圖 15），除收效甚微外，站體

高度大幅增加不僅增加工程經費，衝擊景觀市容亦不符「輕、簡、透」的建築設計原則，特別是結構自重及承受風壓增加後，結構柱的尺寸亦由原 0.25m 增加至 0.35m，對原已狹小且用地受限的月台旅客服務空間而言，更是雪上加霜。

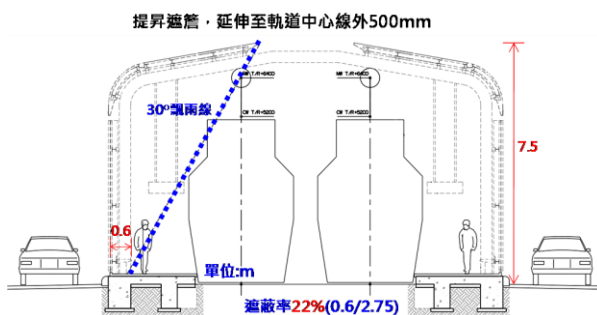


圖 15 採跨站式設計遮蔽率評估

架空線為影響跨站式結構量體及遮蔽率的重要因素，若能降低其高度，將可大幅提升風雨遮蔽效果。考量平面候車站距路口約 8m，依 EN50119 有關列車速度在 50km/h 條件下，架空線可採 1:40 坡度調降的規定，透過調整懸臂組，架空線高度可調降 0.2m（8m/40）。另亦可藉由取消主吊線改採雙接觸線方式，將架空線高度降低 1.4m。於此情境下，評估遮簷高度將可由 7.5m 分別調降為 7.3m 及 6.1m；遮蔽率亦可由 22% 提升至 25% 及 51%。

表 2 安坑輕軌平面候車站防風雨遮蔽率評估及檢討

遮簷型式		單側式 遮簷緊鄰包絡線		跨站式 遮簷延伸至軌道中心外側 500mm		
土建 工程	結構柱尺寸 (Φmm)	250		350		
	遮簷高度 (m)	4.9	4.4	7.5	7.3	6.1
	淨高(4m)需求	○	×(約 3.5)	○		
機電 系統	主吊線高程 (mm)	T/R+6400	T/R+6400	T/R+6400	T/R+6200	-
	接觸線高程 (mm)	T/R+5200	T/R+5200	T/R+5200	T/R+5000	T/R+5000
	備註	-	-	-	懸臂組調降 200mm	取消主吊線、改 雙接觸線，主結 構增加吊點
30度飄雨線 遮蔽率 (%) 檢核		18	29	22	25	51

有關安坑輕軌平面候車站防風雨遮蔽率檢討結果彙整如表 2。評估顯示，在有架空線的情境下，雖另已綜合檢討土建及機電等各方面的設計，惟仍須增加結構高度方能延伸遮簷範圍，而受限月台空間及景觀衝擊，此方式並無法提供經濟有效的解決方案，且不見得對遮蔽率有明顯助益。另一方面，遮簷雖不能侵入包絡線範圍，但可盡量延伸貼近包絡線，使降雨時的滴雨線直接落於軌道區內（圖 16），或滴落在列車上再透過列車上方預留管路排水，均可減少滴雨的影響。故在另考量結構量體、外觀風格等因素，並避免大幅影響期間正在進行的都市設計審議及設計進度後，評估採調降站體 0.5m，並配合其他包含背牆無縫連接月台面，避免雨水進入、鋪面止滑（係數 0.55 以上）提升安全、洩水坡度（1%）避免積水、月台端擋風設施（圖 17）及戶外型機電設備等措施，以降低飄雨對旅客服務、安全及營運管理/成本的風險及影響，後續更據此辦理設計規範中有關遮簷淨高規定的調整。

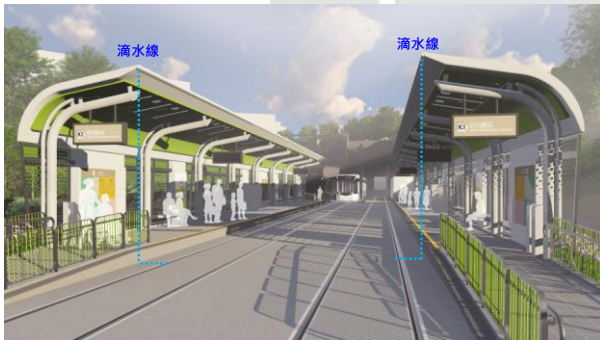


圖 16 平面車站遮簷滴雨線設計

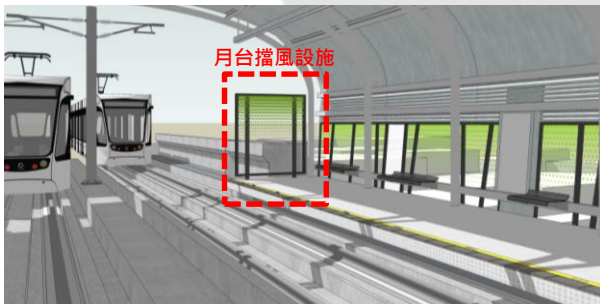


圖 17 月台端末擋風設施

（三）高架候車站防風雨檢核

除前述 30 度飄雨線檢核外，安坑輕軌高架候車站另採風速 15m/s（41 度飄雨線）進行月台面防風雨檢核。以 K6、K7 及 K8 等側式月台站為例，遮簷採跨站式出挑至軌道中心外側 1,000mm 設計後，30 度及 41 度飄雨線下的候車區遮蔽率分別可達到 93% 及 43%，再加計採玻璃帷幕 100% 阻隔雨水的通廊區，整體遮蔽率分別可達 95% 及 58%（圖 18）。至島式月台站則藉由遮簷及玻璃帷幕立面（圖 19）阻隔與遮蔽，評估遮蔽率亦可達到 50%~100%（表 3）。

除月台與通廊外，樓梯及電梯/電扶梯因是旅客上、下候車站的必經通路，涉及動線的便利與安全性，亦是防風雨檢討的重點。安坑輕軌高架站樓梯踏面、凸緣均採用止滑鋪面，電梯前亦設置截水溝避免積水，同時藉由樓梯側遮簷出挑 2.0m，及電扶梯側採上方鏤空的玻璃立牆阻隔方式有效防止雨水入侵（圖 20）。

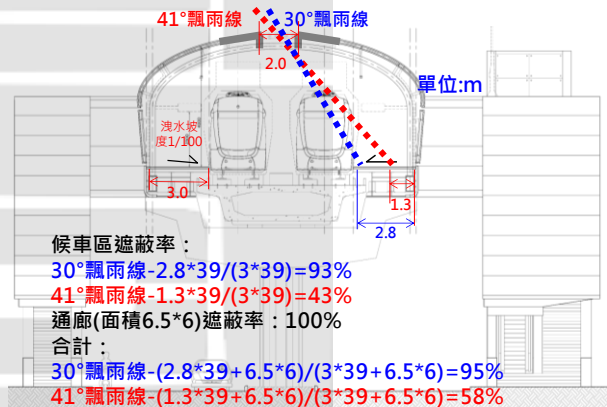


圖 18 K7/K8 側式月台站遮蔽率檢核



圖 19 K2 站島式月台通廊區玻璃帷幕立面

表 3 安坑輕軌高架候車站防風雨遮蔽率
評估及檢討

站別	飄雨線 (度)	整體遮蔽率 (%)	
		島式月台區	側式月台區
K2	30	74	-
	41	55	-
K6	30	88	95
	41	50	58
K7/K8	30	-	95
	41	-	58
K9	30	100	-
	41	100	-

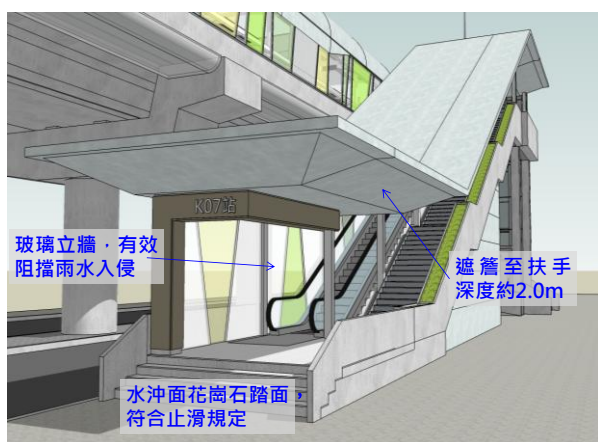


圖 20 高架站樓梯/電扶梯防風雨措施

(四) 候車站區風場檢核

安坑輕軌參考中央氣象局大範圍風場統計資料 (風玫瑰圖, 圖 21), 選取工址最常發生的東北風及西風, 並考量車站結構及周邊環境後, 以 BIM 的技術模擬各候車站所在區位的風場, 在 6m/s 風速的假設條件下, 分析各候車站月台層的風速變化, 以評估於月台端點設置擋風設施的效益。

以東西向的 K4 平面站為例, 在 6m/s 東北風的吹拂下, 整體而言約有 50% 的區域其風速小於 1m/s, 分析顯示下行線月台受背牆結構的阻隔, 風速平緩介於 0~2m/s, 但上行線月台則因背牆位於南側, 月台前無遮擋設施 (如月台門), 無法阻止東北風長驅直入月台內, 分析風速將達 5~

6m/s, 與大區域風場近似, 顯見 K4 站因考量平面交通需求採交錯式月台設計, 錯開的月台無法互相遮掩, 造成上行線月台直接曝露在東北風吹襲的狀況 (圖 22 (a))。

另一方面, 若考量西風吹襲, 分析結果顯示下行月台側因有設置避風擋板, 故月台區風速可降至約 0~2m/s; 上行月台區則因避風擋板受限於人行動線, 只能設置於月台東側端點, 分析顯示月台區風速仍達 5~6m/s, 顯見其遮擋西風的效果不佳 (圖 22 (b))。

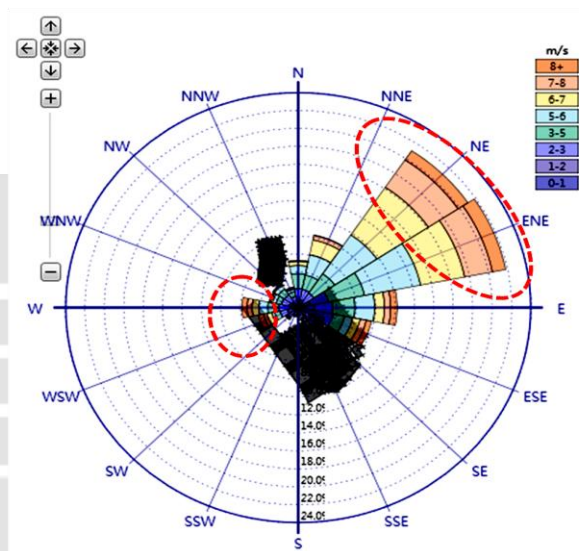
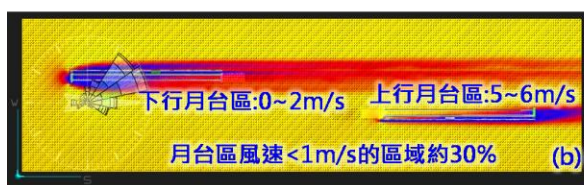


圖 21 工址區域風玫瑰圖



((a) : 東北風; (b) : 西風)

圖 22 K4 候車站風速影響分析

捷運車站受路廊及線形影響，調整設站方向及區位的彈性不大，特別是輕軌平面候車站，更因係沿既有平面道路設置，方向調整更加困難，且因須考量平面交通及旅客出入動線，加上設備較為簡易，不若高架車站可藉由立牆圍阻或出入動線的調整，來改變站區內的環境條件，僅能藉由站體背板、遮簷及避風擋板的設計，作為降低站內風速、提供舒適服務的主要方向。BIM 整合結構量體及風場資訊後，可提供小範圍站體內的風場模擬，透過分析站區風速的變化，有利於評估相關設施的設置效益。

(五) 防風雨設計成果檢核

安坑輕軌為統包工程，以基本設計招標，決標後即由統包廠商自行負責設計與施工。考量基本設計階段對環境資料的掌握及設計細緻程度相對較低，而統包廠商一般均以較低標準滿足契約規定，故如何透過設計規範的研擬及設計審查制度，確實要求統包廠商完善防風雨設計與施工至為重要。

民國 104 年編製的安坑輕軌設計規範中，已要求統包廠商須辦理各項防風雨設計，以提供旅客遮風避雨的場所、舒適環境及避免損害設備，亦規定月台面 1% 的洩水坡度避免積水，及地表鋪面採防滑材料以確保旅客安全。為規範統包廠商完善設計，並考量民國 106 年監察院有關機場捷運高架車站災損調查報告中要求針對「飄雨阻擋率」訂定具體規定，於後續的設計審查階段除彙整設計規範中的相關規定作為設計檢核表單外，特別是針對高架候車站，亦納入「旅客聚集處適當地點與臨軌道側(候車區)之範圍，在 15m/s 風速條件(41 度飄雨線)下，模擬後應仍可保持 100% 遮蔽率」，及「其餘區域，在風速 15m/s(41 度飄雨線)條件下模擬檢討，應仍可保持 50% 以上之遮蔽率」等具體且量化的規定，藉由查核表單的逐項列舉檢討，確認統包廠商的設計符合規範及需求。

(六) 小結

建置/維管成本低、工期短、系統設置彈性大、可因地制宜，充分適應都會環境、利於與既有空間使用整合及高親和性等都是輕軌系統的特點，特別是平面候車站更須與周邊環境相容，並與既有道路平面交通整合。受限於用地、架空線供電系統及列車包絡線等因素，雖經整合土建及機電設計降低架空線高度，惟評估仍須增加遮簷高度，因此，平面候車站較無法以延伸遮簷方式來提高遮蔽率，但仍可透過包含背牆無縫連接月台面、設置月台末端擋風設施及月台外滴雨線設計等方式，強化防風雨的旅客服務。於高架候車站部分，人行通廊及出入口可藉玻璃帷幕立牆、百葉及加長遮簷出挑等方式達到遮蔽風雨，且因用地及量體彈性較大，故可考量採屋頂遮簷延伸方式，以增加月台的防風雨效果(圖 23)，亦可藉由立牆圍阻或出入動線的調整，來改變站區內的環境條件，相較於平面站，高架候車站有更多的彈性及設計手法可提供更優質的候車空間，及對旅客安全/設備保護的有效作為。



圖 23 淡海輕軌跨站式遮簷設計

五、結論與建議

(一) 結論

一般而言，對於車站防風雨的設計，都優先針對如月台、通廊及出入口等旅客通行或聚集處，採實體阻隔或加強遮蔽等方式防止雨水入

侵，並搭配阻/導水避免地面積水，及地面防滑設計以確保旅客安全；對於電梯/電扶梯或相關機電設備，則採設施防水或戶外型方式設計，以提高設備的耐候性及可靠度。但對輕軌系統而言，車站或設備的防風、防雨及防洪均需另特別考量包含建設成本、系統與當地環境融合度、供電方式及平面站區須配合工址地形高程等系統特性，特別是平面候車站，更將因設備較為簡易，而不易改善站區內的環境條件。

依安坑輕軌設計經驗，高架候車站在人行通廊及出入口部分可藉玻璃帷幕立牆、百葉及加長遮簷出挑等方式達到遮蔽風雨的目標；月台部分則因站體用地及量體彈性較大，可考量採屋頂遮簷延伸方式，以增加防風雨效果。對平面站而言，雖經整合土建及機電設計降低架空線高度，惟仍無法以延伸遮簷方式來提高遮蔽率，但可透過背牆無縫連接月台面、設置月台端末擋風設施及月台外滴雨線設計等方式，獲得不錯的防風雨效果。

（二）建議

高架/平面車站防風雨已是捷運系統設計不可或缺的一環，以往的軌道系統均不乏相關設施，惟均少見量化的檢核過程。安坑輕軌執行防風雨設計，優先依據使用需求，訂定各不同類型車站或場域適當的風雨遮蔽率，再藉工址風速及飄雨線檢討後設計相關設施達成要求，最後再輔以風場模擬的結果，來確認部分防風雨設施的效益，相關設計執行經驗，可提供予未來車站在防風雨定性及定量設計上的參考。

1. 量化的遮蔽率訂定：對高架車站而言，因空間彈性較大，較有機會以建築手法阻絕風雨，如人行通道或上、下樓梯/電扶梯或出入口等，建議可採較高的遮蔽率（如安坑輕軌的 100%）來提供最好的風雨防護；於月台部分，因無法全封閉，故可先依需求檢討後訂定適宜的遮蔽率（如 50%），後續則配合屋頂遮簷出挑長度或設置其他防風雨設施方式達成目標。

2. 風雨影響的模擬：針對車站所在區位，參考長期氣象觀測資料研判後選擇評估風速，以相對應的飄雨線（如 30 度或 41 度等）進行遮蔽率的檢核。後續亦可採 BIM 或其他合宜的模擬方式，分析阻風設施設置前後的站區風速變化，以評估設置效益。
3. 對平面車站而言，應考量站體及系統特性，評估採延伸或降低遮簷方式的可能性，盡可能提升遮蔽率。特別是月台背牆建議應完整隔絕風雨，防止形成雨瀑，同時應密接月台面，避免風帶雨水自下緣開口進入月台。
4. 其他配合措施：對於遮蔽率較高的區域，在確保防風雨的同時亦應兼顧自然通風，可考量採可調式百葉，或於立牆上緣搭配加長的出挑遮簷，留設通風開口；電梯及樓梯/電扶梯附近則應設置截水溝以利排水。而在月台等不易隔絕風雨處所，除應訂定適當的洩水坡度（目前為 1%，可考慮酌予增加至 2~2.5%）避免積水，並設置落水頭或截水溝以利排水外，亦應採月台外滴雨線的設計，減少雨水進入。此外，旅客可及範圍（含樓梯等）其鋪面均應採防滑設計，並訂定防滑係數（如 0.55），確保旅客安全。
5. 設計成果查核：除於設計初期優先訂定遮蔽率外，與防風雨有關的相關規定（如遮蔽率、遮簷、洩水坡度、防滑鋪面、截水溝、雨瀑防止等），均應採查對表方式，逐一表列逐項檢核，以確保完整設計及落實。

六、誌謝

本文得以順利完成，須感謝新北市政府捷運工程局朱芸萱小姐、台灣世曦工程顧問股份有限公司任萬山經理及中興工程顧問股份有限公司孟祥麟經理於研析期間所提供的意見及協助，亦特別感謝台賓科技有限公司吳崇弘博士有關 BIM 模擬技術的諮詢及資料的檢核與提供。

參考文獻

EN50119 (2009) Railway Applications-Fixed Installations-Electric Traction Overhead Contact Lines, BSI Standards Publication

徐森雄、陳俐伶、李冠昌、蔡宜君 (2005) 風速對雨量量測之影響(二), Crop, Environment & Bioinformatics 2, pp.307-313

臺北市政府捷運工程局 (2014) 臺北都會區大眾捷運系統中運量系統土建水環固定設施規劃設計手冊

新北市政府捷運工程局 (2015) 安坑輕軌運輸系統計畫土建、車站及機廠設計規範

監察院 (2017) 機場捷運高架車站漏水事件調查報告

交通部 (2018) 輕軌系統建設及車輛技術標準規範

新北市政府捷運工程局 (2018) 三鶯線高架車站通風及防雨水入侵設計審查原則簡報

新北市政府捷運工程局 (2018) 安坑輕軌平面及高架候車站防風雨設計說明

臺北市政府捷運工程局 (2019) 臺北都會區大眾捷運系統土建水環固定設施需求規劃設計手冊



財團法人中興工程顧問社已獲得專利如下，若有需要，歡迎洽詢。

聯絡電話：(02) 8791-9198 轉 467 陳小姐

E-MAIL：louise@sinotech.org.tw

網址：http://www.sinotech.org.tw

序號	專利名稱	發明字號	種類
1	雙封塞水力試驗測量裝置	新型第 M 418283 號	新型
2	岩盤入滲量量測裝置	新型第 M 418937 號	新型
3	自動化地表滲水量測裝置	新型第 M 420684 號	新型
4	消能型金屬接合板消能機構	發明第 I 449832 號	發明
5	氣體採樣裝置與氣體採樣方法	發明第 I 522605 號	發明
6	高濃度藻類的污水培養裝置與方法	發明第 I 534103 號	發明
7	感測裝置及土石流監測系統	新型第 M 550399 號	新型
8	災害指示裝置以及災害應變系統	新型第 M 551733 號	新型
9	多功能熱反應裝置	發明第 I 617357 號	發明
10	邊坡感測裝置	新型第 M 561293 號	新型
11	山區部落智能供水與坡地安全防護系統	新型第 M 561200 號	新型
12	現地表層沖刷無線監測系統	新型第 M 561201 號	新型
13	井下岩層特徵立體成像的系統及方法	發明第 I 626622 號	發明
14	地層氣體紅外線光譜檢測系統	新型第 M 563548 號	新型
15	高性能等時太陽能地層洩氣系統	新型第 M 565237 號	新型
16	高精度無線節能傾斜感測系統	新型第 M 569420 號	新型
17	監測框架	設計第 D 193440 號	設計
18	水流分離裝置及包含其之水流量測系統	新型第 M 581200 號	新型
19	用來提升點雲精度之方法與裝置	發明第 I 676151 號	發明