
新北市政府 **110** 年度自行研究報告

高架車站自然通風防飄雨之探討

(以三鶯線為例)

研究機關:新北市政府捷運工程局

研究人員:張壯習、張翠真、莊雅竹

研究期程:**110.1~110.12**

高架車站自然通風防飄雨之探討

摘要

捷運三鶯線高架車站以極簡交通機能盒子為設計主軸，外觀立面大多採用全面之擴張金屬網或沖孔烤漆鋁版包覆，透過擴張網半通透特性與不同透光率之應用，以達車站通風及採光功能，惟開口面積大可促進通風採光，反之對防風飄雨之防護較為不利，兩者設計概念相互抵觸，為取得兩者設計平衡並相得益彰，爰進行捷運三鶯線高架車站之自然通風與防風雨設計與驗證作探討。

目前國內各捷運系統設計規範針對車站防風飄雨規定較為籠統，多以頂蓋的遮蔽長度以及地坪洩水或截水溝、排水設施等作為要求重點，三鶯線設計規範參考國內各捷運系統設計規範，並針對車站防雨水入侵之設計增列飄雨線30度以上等之檢核項目，為確保達到保護乘客免於風雨吹襲並達到遮陽、視野通透及適度自然採光通風效果，考量實際區域氣候環境狀況，自然環境之風壓、雨滴傾斜角度等因素，提出其驗證與執行原則建議，加強論理分析及實測之數據，於細部設計審查時落實防風雨設計及驗證其效果，提供可量化的標準與共識，以期望能使本工程順利執行，並避免後續車站完工後，避免因為設計不周導致面臨風雨入侵時造成危害狀況，並將研析經驗的彙整，希望可供未來各捷運系統規劃時作為參考。

一、前言與背景說明

捷運三鶯線計畫(後續簡稱為本計畫)路線全長約14.29公里，共設置12座高架式車站(土城2站、三峽5站、鶯歌5站)及1座機廠。規劃路線自土城線頂埔站(LB01站)起，經三峽，續行西跨高速公路及大漢溪進入鶯歌，並沿鶯歌溪跨文化路及縱貫鐵路，經三號公園後，續沿鶯歌溪側向北，轉中山路北側跨中山高架橋及縱貫鐵路後經鶯桃路，再於鳳鳴國中轉福德一路設置端點站(LB12站)(如圖1-1)。



圖1-1 三鶯線整體路網路線示意圖

三鶯線全線屬高架車站，基於通風、採光、自然排煙等綠建築以及配合都市景觀等因素考量，以輕、簡、通、透為主要設計理念。且三鶯線車站周邊通常較為空曠且無阻擋之建築物，風場環境空氣對流強，需面對微氣候變化時產生的瞬時風雨侵入，而造成旅客進出及候車時的不便，甚至常常因為站區瞬間大量的雨水入侵或伴隨強風、陣風吹襲，導致地板濕滑或物件飛落，而產生安全虞慮。

104年蘇迪勒颱風侵襲時，造成機場捷運車站多數車站屋頂砸落並嚴重積水事件，並且於106年2月試營運期間，亦復相繼發生多起車站漏水事件而無法開放使用之狀況，影響旅客安全與民眾觀感。目前國內營運中高架捷運路線除文湖線、機場捷運線、環狀線、烏日文心北屯線，此外，本市興建中路線有安坑輕軌線及三鶯線亦為高架車站，未來同樣需面對極端氣候考驗，故倘能於車站設計階段即納入此等極端氣候的防範考量，可有效降低對車站構造、設備及機房功能等的損壞影響。

目前各捷運系統設計規範對於高架車站防風雨設計之考量較為籠統，在防風雨策略與綠建築或自然通風、排煙等設計概念上彼此相左。另規範常僅有概念性要求，但卻無實務上驗證準則，以致設計及執行無所依循、

難以落實之共通性困境。

故興建中之捷運三鶯線計畫統包工程，在細部設計階段初期，針對防風雨策略與綠建築或自然通風、排煙等設計提出建議，以期能使本工程順利執行，爰進行研究探討、制定相關審查執行原則，並據以執行。

二、高架車站防風雨規劃之設計考量與對策研析

(一) 捷運三鶯線全線車站風貌初期規畫構想

三鶯線車站造型以極簡、輕量化之交通機能的盒子為設計概念，配合沿線不同風貌特性，皆有不同表層之外觀變化設計。如土城段LB01車站融入土城區域科技產業，結合綠建築意象成為科技溫室BOX的概念，簡潔樣貌呼應周邊環境(如圖3-1、圖3-2)。

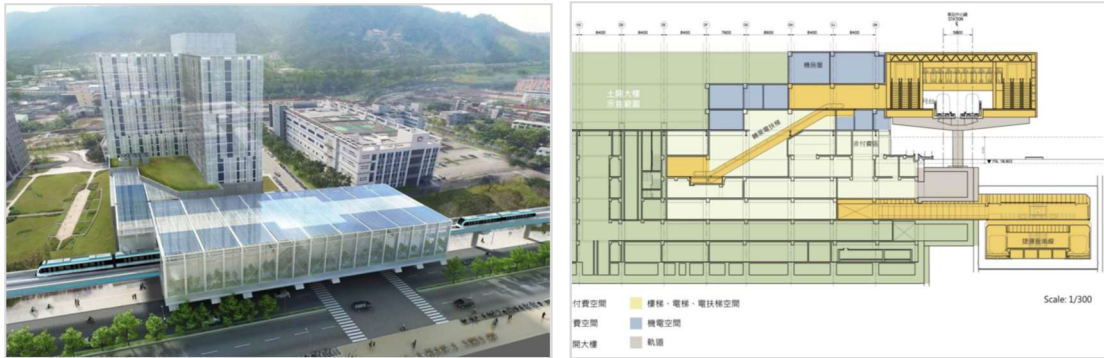


圖 3-1 LB01 車站外觀透視及剖面示意圖



圖 3-2 LB01 車站立面示意圖

LB01車站外觀立面大量使用擴張網作為表層型式，透過擴張網半通透特性與不同透光率之應用，兼具車站通風及採光功能。希望能讓車站量體在都市中成為一個輕量流動的樣貌與外界環境呼應(如圖3-3)。

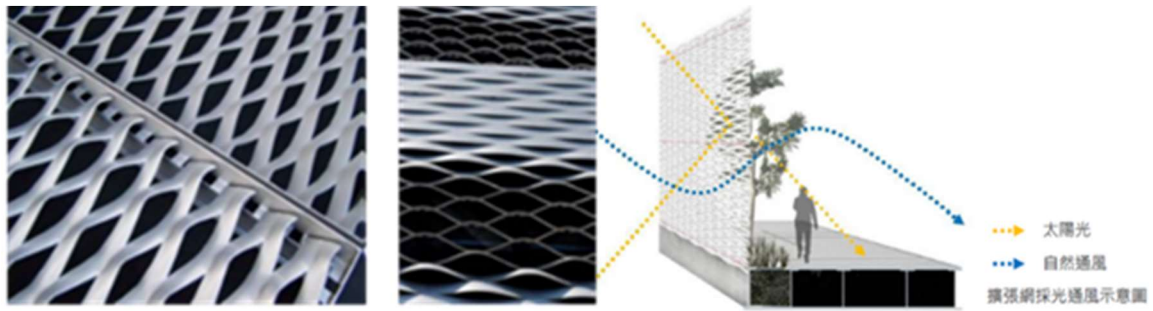


圖 3-3 擴張網及其通風採光功能示意圖

此外，LB01車站屬側式月台配置型式，路軌位在站體中央，月台配置於左右兩側，月台頂棚出簷通常挑出深度較大遮蔽性較佳，且自然通風效果也佳。但站體高度高且基地周邊空曠，需注意微氣候環境產生瞬時穿堂風之吹襲（如圖3-4）。

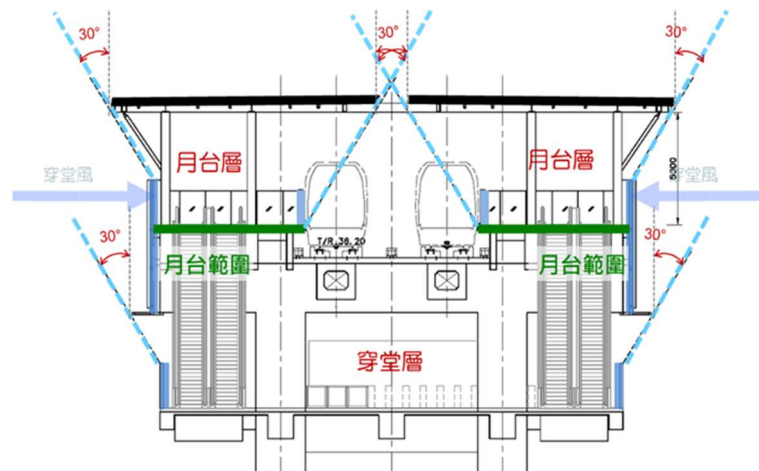


圖 3-4 三鶯線島式車站剖面示意圖

(二) 高架車站防雨水入侵設計相關審查執行面之爭議與議題探討

目前三鶯線捷運高架車站，以開放、穿透性之設計理念為方向，兼具降低車站量體及自然通風、排煙等之綠建築省能目標。但相對開放、穿透性設計無遮蔽性外牆設計，遇極端氣候來臨時，恐造成車站雨水入侵月台空間或設備空間造成損失。而上述兩者之設計方向，則是存在結構性之矛盾，該如何取得兩者間之平衡，實為設計實務上須克服之難題。

而三鶯線車站設計規範已考量以假設車站有實牆阻隔情況，訂定採 30 度檢討線作為可量化檢討依據，但盒子造型其立面大多採用全面之擴張金屬網或沖孔烤漆鋁版包覆，相對實牆較無法完全阻絕雨水效果，不過理論上比完全透空之阻絕效果為佳(如圖 3-8)，故材料作 30 度防風雨線檢討，其穿透折減角度尚須經驗證數據驗證，才能據以作量化檢核與判斷。

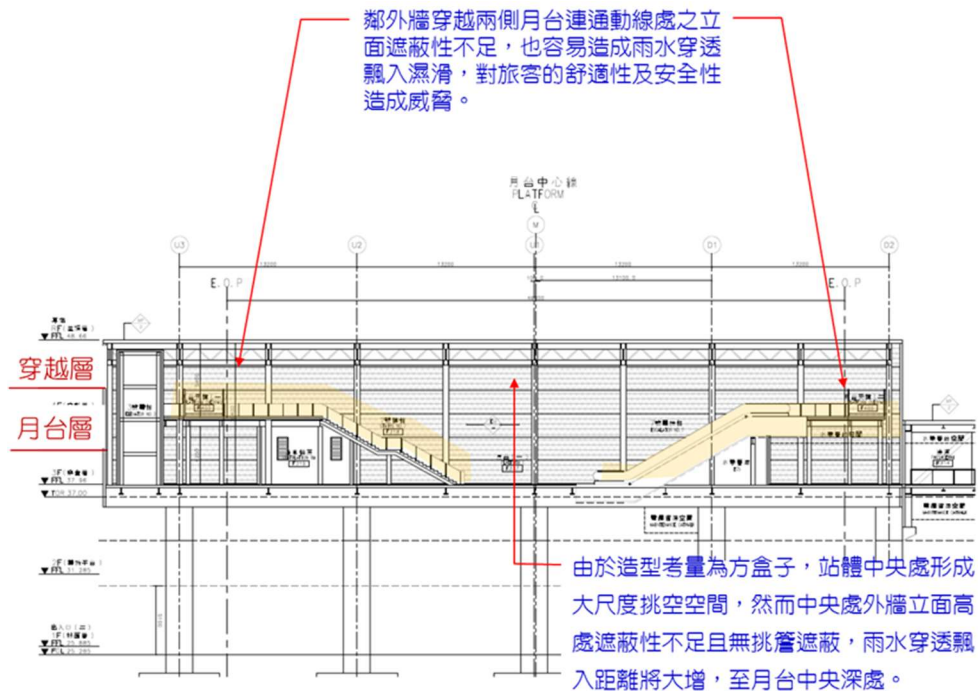


圖 3-8 三鶯線側式車站長向剖面示意圖

而三鶯線設計規範對於車站防雨水入侵之設計考量，包含兩項重點：一、旅客聚集處適當地點；二、月台全長/臨軌道側(候車區)。另針對防風雨議題的主要設計對策有二：「設置頂棚，頂棚儘可能採用斜面或特殊造型，頂棚之覆蓋範圍涵蓋月臺之全長。屋面自月臺兩側出挑至道床上方；出挑之距離應達軌道中心線外 200mm 處及飄雨線 30 度以上之檢核」及「適當地點/適當位置裝設隔屏」。實際上是否可確保達到保護乘客免於風雨吹襲並達到遮陽、視野通透及適度自然採光通風效果，仍然缺乏論理分析及實測之數據，為利審查執行及精進並進一步具體化落實原則。

三、高架車站防風雨相關審查執行原則之建議

(一) 旅客聚集處適當地點與臨軌道側(候車區)之範圍之定義建議：

旅客聚集處適當地點依捷運站使用功能特性，主要分為排隊等候空間及樓/電扶梯以及主要動線(定義為 2M 寬)；另外除了规范要求之臨軌道側(候車區)處外，重要車站設備/設施，亦建議為防風雨設計防護之重點區域。上述等區域之位置及範圍示意範例，請詳如圖 3-9~3-10。

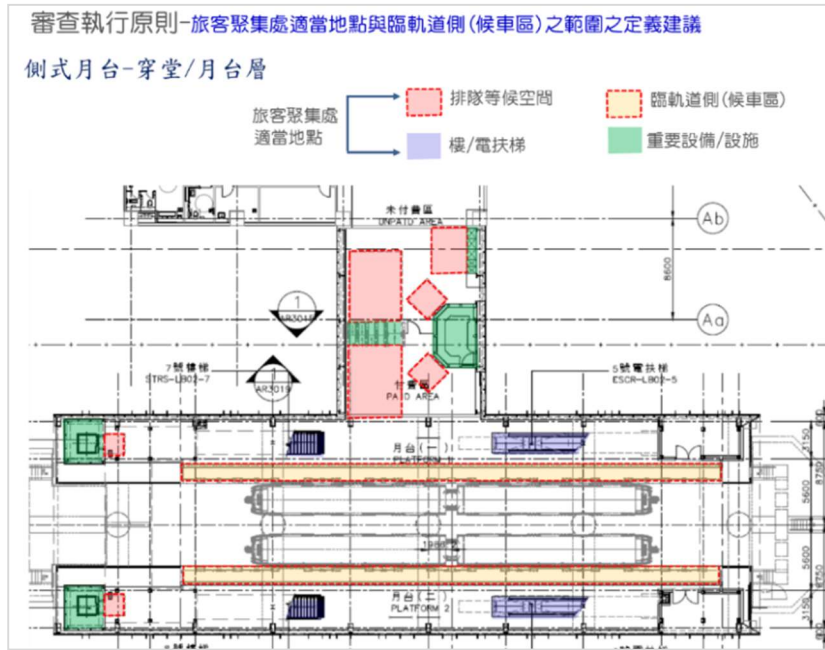


圖 3-9 示意範例圖 (一)

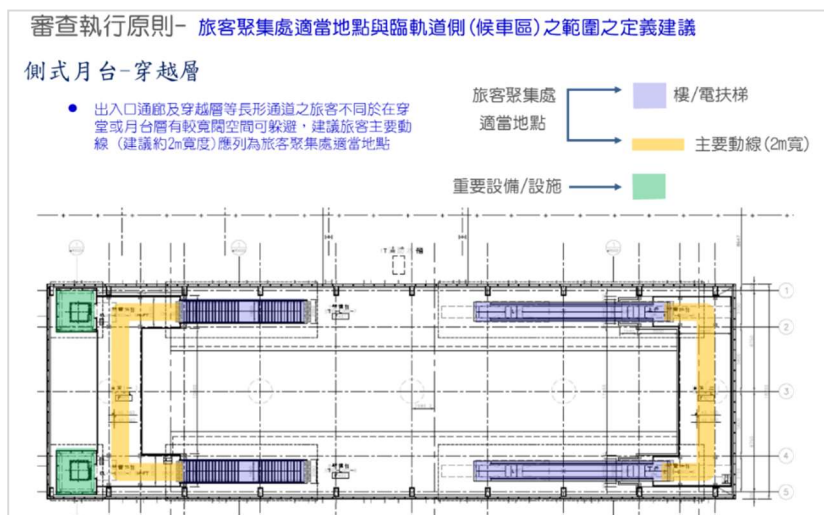


圖 3-10 示意範例圖 (二)

(二) 30度飄雨線及風速與降雨角度之影響探討：

透過實際蒐集中央氣象局相關三鶯線區域氣候資料作深入分析，作為研判各級防護標準與風速、雨量與角度測量間關係之依據，以訂出合理檢核方式與角度。

以臺北地區 105 年氣候資料年報(如圖 3-11)，作為研判各狀況下之防護標準，故以當年最大陣風風速 37.7m/s 及單日降水量 181.5 in/1 day (461.01 cm/ 1 day)=19.2 cm / 1 hr (avg.) (如圖 3-12)，作為一般檢核之標準。此外也考量到，如遇強烈颱風等極端氣候至一定等級時，列車將停駛車站也將封閉停止營運。故此種狀況時，因車站已停止營運，防護重點不在是提供旅客遮蔽或防護雨水入侵，而是應考量在難以避

免的雨水入侵狀況下，對於車站重要設備、設施之損壞如何降低作對策制定，並參考相關風速與降雨角度論文等文獻訂定各種級距風速下之降雨，其雨水可能入射角度關係(如圖 3-13)。

風速與降雨角度之影響探討- 105年氣候資料年報-臺北地區

資料來源-中央氣象局

Table 7. TAIPEI

[illegible]

依中央氣象局資料
臺北地區
105年最大陣風及單
日降水量發生於9月
27日
風速 37.7m/s
降水量 181.5 in/1 day
(461.01 cm / 1 day)
=19.2 cm / 1 hr (avg.)

風速雨降雨角度之影響探討

依法天然災害停止上班及上課作業辦法：為颱風暴風半徑於4小時內預期經過之地區，平均風力達七級以上或陣風達十級以上時，即可停班停課。

另外依106年7/28日北捷公司發佈新聞稿：北捷公司表示，颱風期間淡水信義線、松山新店線、中和新蘆線及板南線等各該線，當高潮及平面段實際瞬間風速達11級或以上，**或10分鐘內平均風速為10級以上**，將於依照標準作業程序暫停營運；至於地下段實際風速，並依入湖狀風彈性調整各站间距。**文湖線則是瞬間風力達10級風(24.5~28.4m/sec)，或10分鐘平均風力達6級風(10.8~13.8m/sec)暫停營運。**

檢討閃速		陸上應用之遙信區組表		
隊別編號	區之種類	一般距離	公共閃速km/h	遙信閃速km/h
0	閃速 radio	環線式	平均3.3	
1	閃速 light or radio	雙燈式或手旗式，即下註之遙信式。	6.3-6.5	1.8
2	閃速 light beam	即燈式手旗或手旗式，或手旗式。	16-3.3	6.7
3	閃速 radio beam	即燈式手旗或手旗式，或手旗式。	14-5.4	8.2
4	閃速 radio beam	燈上或手旗式或手旗式，或手旗式。	15-7.0	13.6
5	遙信 radio beam	有燈式手旗或手旗式。	10-40.7	17.21
6	閃速 strong beam	燈式或手旗式，雙燈式或手旗式或手旗式，或手旗式。	10.8-13.8	22.27
7	閃速 之閃速 radio	雙燈式或手旗式，或手旗式。	13.9-17.1	28.33
8	閃速 strong beam	雙燈式或手旗式，或手旗式。	17.2-20.7	34.40
9	閃速 strong beam	雙燈式或手旗式，或手旗式。	26.8-34.4	41.47
10	閃速 strong beam	雙燈式或手旗式，或手旗式。	24.5-34.4	40.15
11	遙信	雙燈式，或手旗式或手旗式。	28.5-36.6	56.6

15 m/s (接近輕度颱風等級)

圖 3-11、3-12 示意範例圖 (一)、(二)

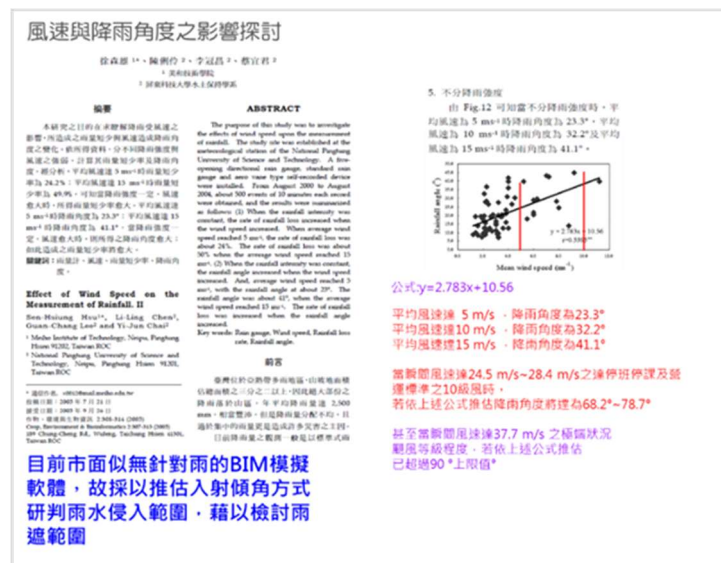


圖 3-13 雨水入射角度關係

綜合以上(一)、(二)兩點研析結果，並依實際合理營運有乘客使用之狀況評估後，建議如出入口旅客聚集處適當地點之範圍，應以對映至達停班停課標準之平均風速七級風(10M/S)下之飄雨線(約 30 度)作檢核模擬，並且該等地點模擬後應保持 100%遮蔽率。而在平均風速達 15m/s(飄雨線約 41 度)以上之颱風等級時，此時防護重點應為電扶梯/電梯、機房及重要設備/設施，我們建議此時此等重要設備/設施檢核模擬結果，仍應保持 100%遮蔽率。其餘區域則仍應保持 50%以上之遮蔽率。綜整以上檢討防護區域定義以及驗證方法後，亦提出三鶯線高架車站審查時之執行原則主要建議重點，歸納如表 3-2。

表 3-2 三鶯線高架車站相關防風雨審查執行原則之建議

1	有關擴張網或沖孔版等材料是否具隔屏之遮蔽效果或其遮擋率、雨水入射折減角度等，需經公正單位實際驗證(如風雨試驗)，並以測得之數據模擬驗證各站之設計成果。
2	除依規範 30 度飄雨線檢討，另外請統包商採風速 15m/s 之狀況 41 度飄雨線進行模擬檢討。模擬風速逼近相當於七級風時之瞬間最大陣風狀況。
3	旅客聚集處適當地點與臨軌道側(候車區) 範圍，建議在 30 度飄雨線檢討下，應保持 100%遮蔽率。
4	在風速 15m/s 飄雨線 41 度下模擬檢討，電扶梯/電梯、機房及重要設備/設施則應仍可保持 100%遮蔽率。其餘區域則仍應保持 50%以上之遮蔽率。(備註:遮蔽率定義=(區域面積-雨水侵入範圍面積)/區域面積)。
5	建議在超過前述中央氣象局 105 年台北地區氣象資料所測最大風速 37.7m/s 降水量 181.5 in/1 day 狀況條件下，檢討車站相關導水、排水及屋頂外牆等固定結構細部設計，以確保機房及重要設備區於營運時無阻水、積水、漏水及溢流滴水…等現象。

四、高架車站防風雨設計後續審查與驗證執行之應用

(一) 多孔隙牆板風雨試驗：

參照上述表 3-2 之建議及依據查核表一般性之要求，提送國內實驗室進行多孔隙牆板風雨試驗取得公正之測試取得數據資料，並據以推算外牆設計之防風雨效果。

車站外牆採多孔隙牆板非完全封閉的構造斷面，雖可通過靜態圖面檢討的 30 度角飄雨線，但考量自然環境之風壓、雨滴傾斜角度等因素，實際上仍有穿透機會，造成風雨侵入之狀況，多孔隙牆板風雨試驗之概念示意圖，如附圖 4-1。

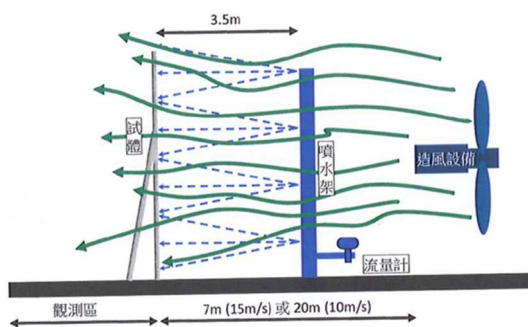


圖 4-1、4-2 多孔隙牆板風雨試驗之概念示意圖及現場實驗照片

(二) 多孔隙牆板風雨試驗後續之檢核應用：

在取得各立面使用材料之多孔隙牆板風雨試驗數據後，落實設計檢核之方法採用反推法，將車站各處依檢核原則所訂之允許雨水滲入範圍之距離，代入各種透空率材料經試驗得知之各材料在各風速與雨量下之侵入角度數據（內側滲雨最遠距離與入射高度比值），如附圖4-3。

初步得知此等角度數據後，再來依平面之配置佈設檢討出各雨水允許侵入範圍(或不允許侵入範圍)。此處舉LB01站為例，北側外牆界面處之相同滲雨允許範圍為2.65M，如附圖4-4，據以此相同滲雨允許範圍為2.65M，反推出在該等允許距離下於立面上該材料可設置之最大高度分佈範圍，並作為其外牆立面材料使用計畫之依據，如附圖4-5。

試驗結果整合表：

多孔隙牆板（單層/雙層）	試體尺寸	降雨強度	測試時間	透空率	紗網孔目
詳下表	7000 mm*6000 mm	120 mm/hr	10 分鐘	詳下表	24 目以上

實驗設定值（組）				實驗結果	
試體	組別	設定風速 m/s	透空率%	內側滲雨最遠距離 m	
雙層擴張網 (32 目紗網)	組別 1	10	7.4	0.3	
			14.7	1.5	
			11.8	1.5	
	組別 2	15	7.4	2	
			14.7	3	
			11.8	3	
單層擴張網 (32 目紗網)	組別 4	10	20.33	2	
			39.68	3.5	
			31.26	3.5	
	組別 3	15	20.33	4	
			39.68	5	
			31.26	4	
沖孔鋁板 (32 目紗網)	組別 5	10	13	1	
	組別 6	15	13	1.5	

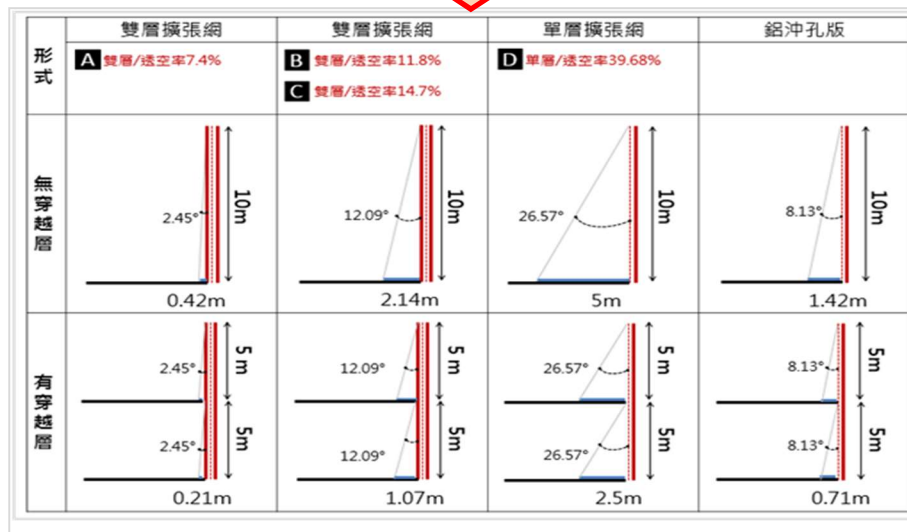


圖 4-3 多孔隙牆板之初步檢核概念示意圖

LB01 月台層空間分區

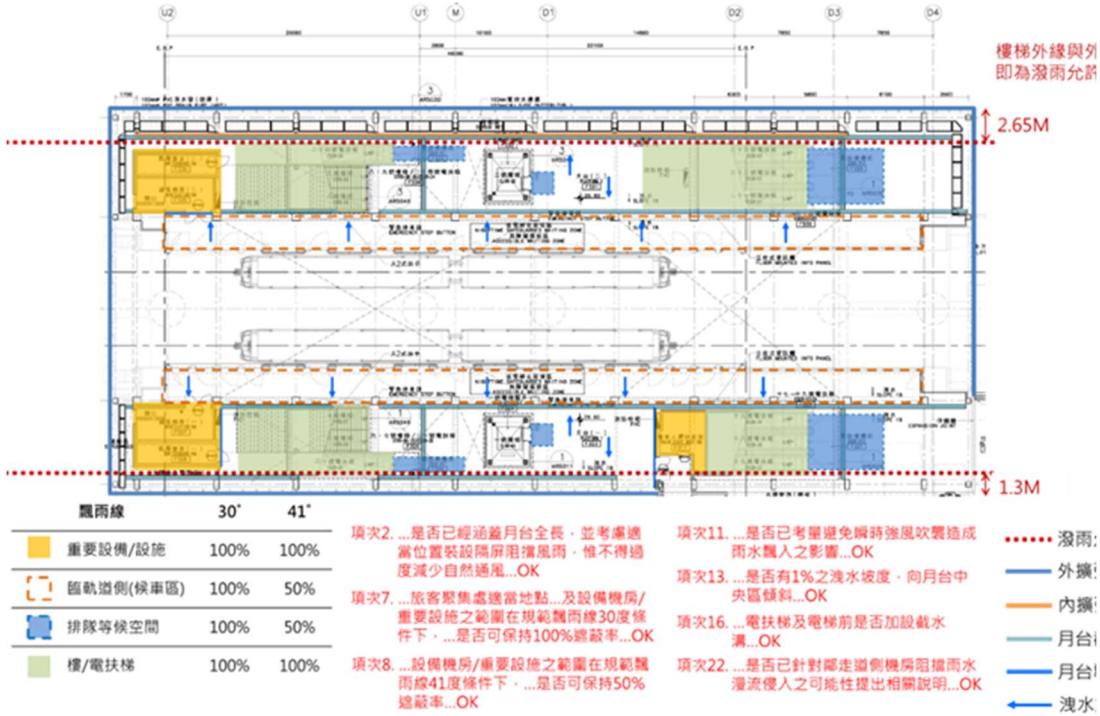


圖 4-4 LB01 站之平面檢核應用概念示意圖

LB01 立面形式分析

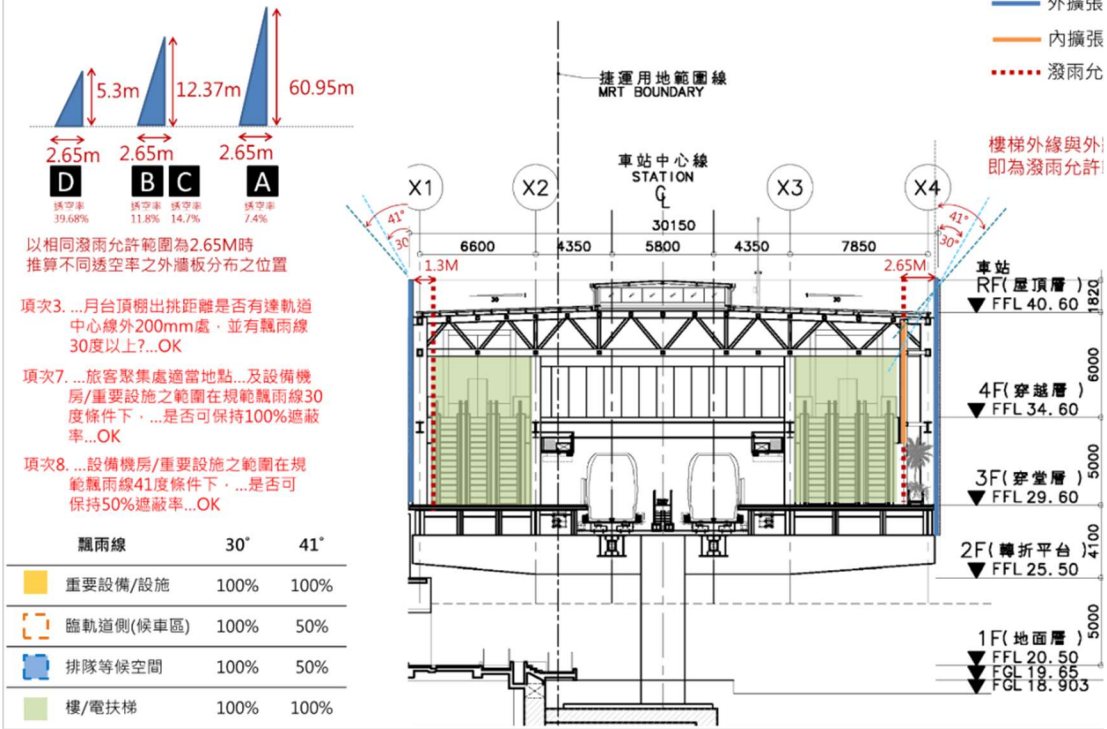


圖 4-5 LB01 站之剖面檢核應用概念示意圖

透過推算及分析可得知立面越高處，其所使用材料之透空率則需要越小，意即在立面越高處，越需要封閉性較佳之材料。例如附圖4-6，整個方盒子造型車站之外牆立面，經由平面各允許潑雨範圍之反推結果，可訂出分別由A、B、C、D從高至低四種不同透空率材料組成的立面計畫，反映於實際立面設計之開口位置及材料透空率，完成實質之立面細部設計。

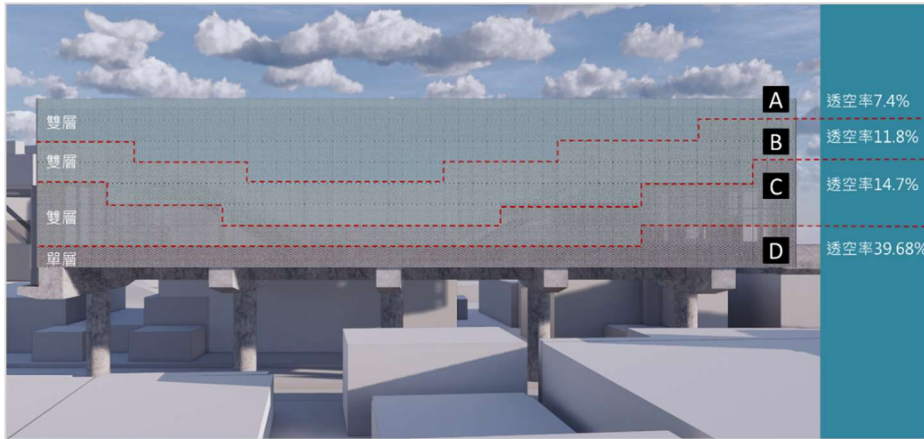


圖 4-6 立面檢核應用概念示意圖

七、結論及建議

環保永續之綠建築概念為目前產官學界所重視及共同朝向之設計目標，然因造型為求量體輕、簡、通、透，增加通透性也必須在防風雨設計上兼顧考量。尤其，在設計規範條文內容制訂考量不足或定義不明確下，業主、專管顧問與統包廠商三者之間的認知與期望，往往並不相同，並缺乏量化的檢核過程。故整合並制定一套較科學量化及周延之執行原則，並兼顧合情、合理與其它各種設計目標，對車站工程品質影響巨大。

回顧過去捷運系統防風雨設計規範探討以及參考目前各實際完工營運系統高架車站的缺失與經驗，三鶯線在細部設計階段已先針對三鶯線規範中未盡周延或規則定義不甚明確之處，作出相關合理之審查執行原則。並落實於細部設計討論，業主、專管顧問與統包廠商(設計單位)在綠建築及造型風貌設計的理念下充分溝通折衝，最終找到能達成綠建築與防風雨設計兩者間平衡之設計方案。

依據本次研析與探討，歸納以下重點結論與建議：1.規範之檢核條件制定，應基於實際區域氣候環境狀況，並對於檢核條件之訂定，應有更嚴謹論理或實測數據支持。2.對於車站各區域空間之遮蔽率，應基於營運之合理使用狀況，對於最重要防護區域及次要區域，作出嚴謹定義及量化可量測之標準。3.對於高架車站而言，在如颱風侵襲等極端氣候下要求完全遮蔽使強風及雨水無法入侵是不切實際的想法，但此時應將重點放在各種

排水、落水配合措施之完善度提高，而透過各種事先可預想之設計檢核重點查核表，例如洩水坡度、防滑措施、截水、漏水頭…等之檢核，將可使各種疏漏狀況減少到最小狀況。

透過回顧過去實際經驗發現問題與缺失，希望本次研究結論與建議，能回饋後續各捷運系統高架車站設計者或審查者當面臨車站防飄雨課題、避免因為設計不周導致面臨風雨入侵時造成危害狀況，提供定性及定量的參考數據資料，可供未來各捷運系統規劃設計及審查時作為參考，並冀望未來高架車站設計能同時兼具環保永續之綠建築建物，亦能在防風飄雨設計兼顧，共創優質捷運車站設計與旅客服務空間品質。