

工程案例及徵詢潛盾機專業製造廠，目前潛盾機尚無法順利切削及排除類似本案例之鋼筋混凝土基樁，須於潛盾鑽掘施工時，須先以人工予以切除，以利潛盾機順利通過。因此，設計上除須仔細研擬基樁切除方案外，亦須針對停車場結構體於基樁切除後之安全性作審慎分析與評估。本文將針對此案例之大地工程規劃設計要點加以探討，內容包含地下停車場建物安全分析與評估、基樁障礙排除方案、自動化監測系統配置等，以供日後類似工程參考。

二、工程概述

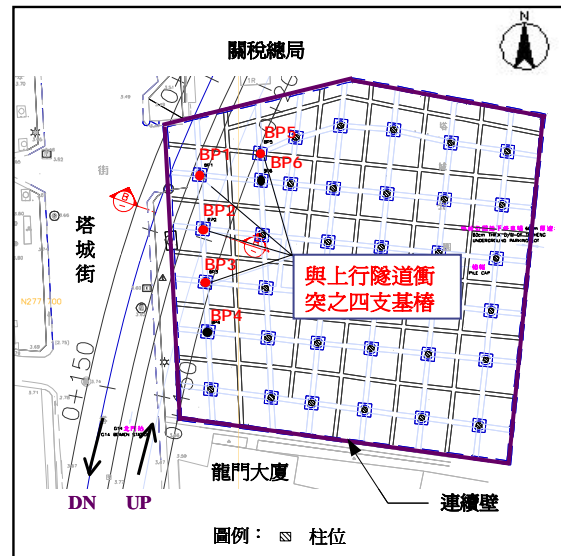
松山線CG291施工標路線係自塔城街、市民大道口之北門站北端起，經塔城公園、關稅總局下方，由天水路轉南京西路接中山站止(路線範圍如圖一所示)。上、下行兩條單孔圓形潛盾隧道之標稱內徑為5.6m，隧道覆土深度約在18至29.5m之間。自北門站起為平行排列向北行，經塔城街以曲率半徑約200公尺逐漸轉至東北方，穿越塔城公園地下停車場、關稅總局及數棟民房下方後，至天水路則採上、下行隧道堆疊排列，其中約378m長屬近接隧道(兩隧道淨間距小於3m)。



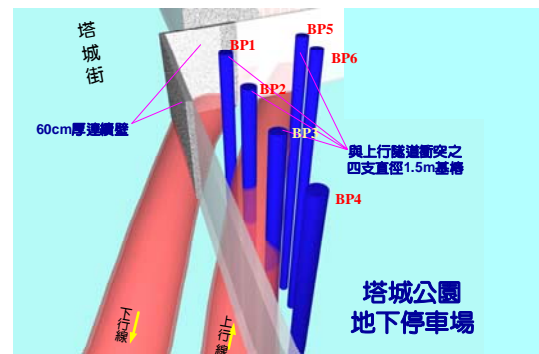
圖一 工程路線示意圖

塔城公園地下停車場為地下兩層之RC梁柱系統構造物，上方回填2.0 m之覆土，樓層高3.5m，樓版厚度15cm，周圍配置60cm厚、深度22.5m之連續壁兼作結構外牆；基礎為雙版地梁式筏基，筏基深度為10.7m，地梁尺寸75cm x 160cm，基礎底版厚度40cm，筏基空間內回填級配料以增加抗浮自重。另基礎配置之37支直徑1.5m、長42.3m之混凝土鑽掘樁，基樁上段(樁頂以下10.0m內)主筋配置32支D32，潛盾隧道所經

區域為下段主筋配置16支D32。由於停車場四周有擋土結構及開挖時所切除留置之中間柱，因而增加切除衝突基樁之施工困難度。本工程所選用之潛盾機應配備有可由機內朝前方進行探查及灌漿之設備、壓氣艙裝備及擋土遮簷設備，潛盾隧道及地下停車場樁基礎之平面及透視示意相關位置詳圖二及圖三所示。



圖二 潛盾隧道與基樁衝突平面圖



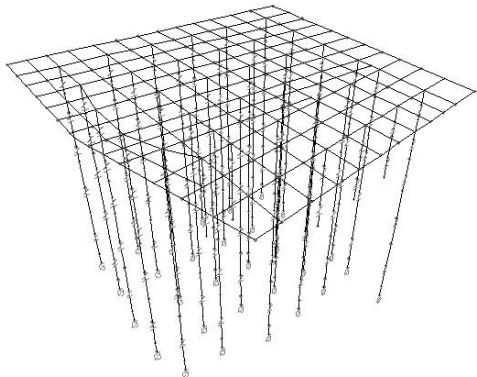
圖三 基樁衝突透視示意圖

三、地質及地下水概況

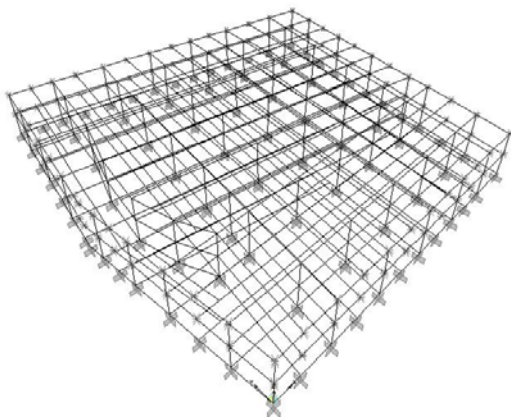
補充地質鑽探成果(亞新/泰興, 2004)顯示本工址地層分佈呈典型之台北盆地地層，依「台北市地層大地工程性質分析研究」(亞新, 1987)，潛盾隧道通過地層分區為T2區(淡水河二區)地層，具較完整之六個次層，各層次之土壤分佈狀況及描述詳如表一所示，地下水位約在GL-2.7~ -3.5m，如圖四。地下水位偏高，將增加切除基樁之施工風險。

適當載重組合後求得停車場結構體各構件之應力分佈情形，藉以評估構件強度是否需進行補強。由分析結果可得，基樁被切除後整體結構系統因支承條件改變而產生之額外應力，大部分將由勁度較大地梁所吸收，因此在基礎版上方之各樓層梁、柱、版等構件之內應力變化不大，原結構強度尚可符合需求。在檢核前述相對變位之載重組合情況下，原結構地梁之設計容量仍具足夠之安全係數以滿足地梁變形後之應力需求，另檢核得BP5、BP6與相鄰各柱相對變位1.5mm時，而其餘各柱間相對變位達2.2mm時，將達地梁之彎矩容量。

綜合上述分析結果，基樁切除後雖無須再進行結構補強，惟基於施工之不確定風險，為避免柱間相對變位過大損害結構安全，設計階段仍應考量安裝相關自動化監測儀器，嚴密監控結構體相對變位，設定以BP5、BP6與相鄰各柱達1.5mm，其餘柱位以2.2mm為管理值，並須擬定緊急應變及補強計畫。



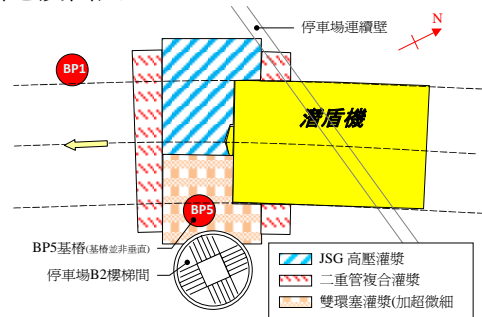
圖五 塔城公園地下停車場基礎結構分析模型(基樁切除後)



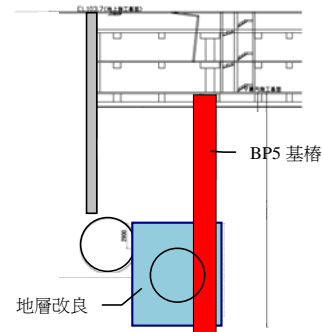
圖六 塔城公園地下停車場整體結構分析模型

五、基樁切除工序

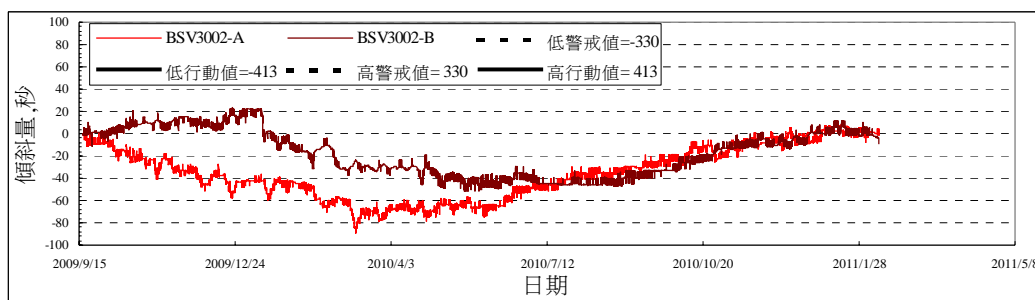
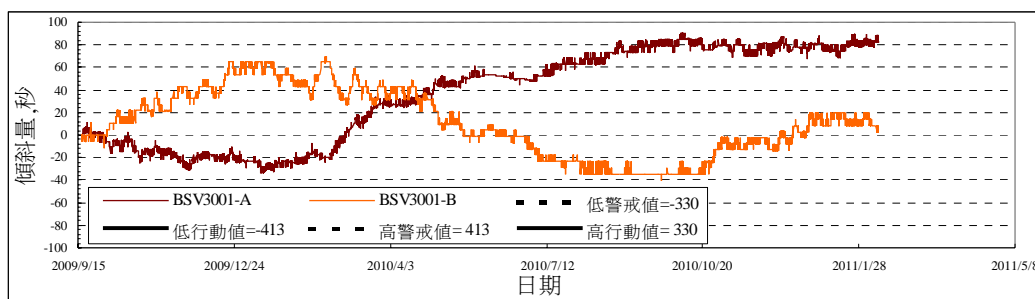
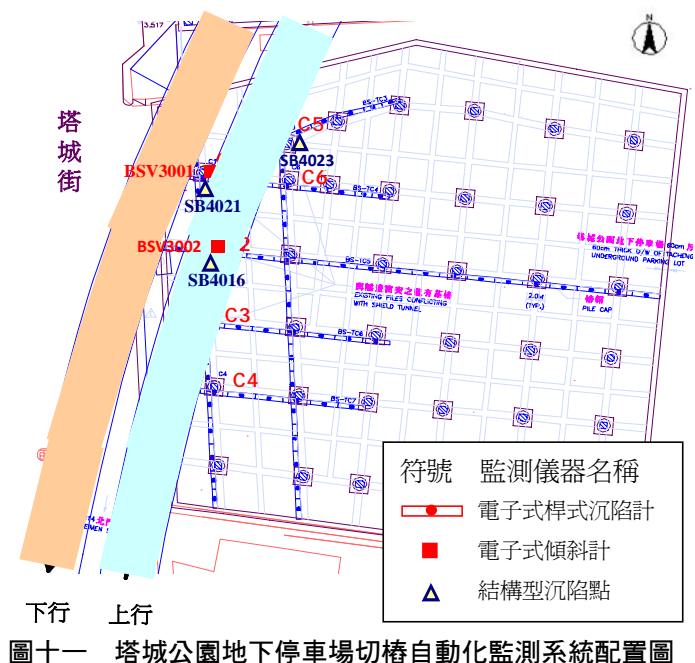
潛盾機切刃盤無法直接切削鋼筋混凝土障礙物，因此基樁必須於潛盾機到達前先行切除，使潛盾機能順利掘進。基樁障礙物排除方案，須兼顧施工安全及工期掌控等多重條件下，進行妥善規劃。由於所經地層主要為高水壓之非塑性松三層砂質粉土及粉質細砂，自立性不佳且透水性高，考量在潛盾機內向前施作盾首灌漿時，基樁後方無法有效滿足灌漿需求，經綜合評估後，本工程作業方式為於潛盾施工前，先行於停車場內部施灌衝突基樁周圍及後方區域地層改良，潛盾機於到達預定之基樁位置前停機，必要時由盾首或地下室進行補充灌漿，確認止水性、探查基樁之確實位置後，伸出潛盾機頂部之遮簷板保護並打開潛盾機切刃盤，由盾首以人工洗孔切除基樁。編號BP5又因停車場樓梯下方淨高不足及既有設施限制，無法全面採垂直方式向下施灌，故以雙環塞工法並追加超微細恆久型灌漿材以提高地層強度並降低透水性，低壓止水則以二重管複合灌漿施作，其施作之地層改良計約80處，如圖七及圖八。



圖七 塔城公園地下停車場(BP5基樁)地層改良灌漿平面示意圖



圖八 塔城公園地下停車場切樁地層改良灌漿剖面示意圖



圖十二 塔城公園地下停車場電子式傾斜計監測結果

