42 捷運工程多條隧道
鄰近堆疊施工實務

Taipei Rapid Transit Systems

ISBN 978-986-02-6794-5
9 789860 267945
GPN:1009905032

臺北市政府捷運工程局
DEPARTMENT OF RAPID TRANSIT SYSTEMS TCG.
臺北市中山北路二段48巷7號
電話：02-2521-5550
No. 7, Lane 48, Sec. 2, ZhongShan N. Rd.
Taipei, 104 Taiwan, R.O.C
網址：www.dorts.gov.tw

叢書 捷運

42

捷運工程多條隧道鄰近堆疊施工實務

臺北市政府捷運工程局

捷運工程叢書 42 土木系列

42 捷運工程多條隧道
鄰近堆疊施工實務

Taipei Rapid Transit Systems

目錄

第一章　緒論 1
第二章　工程內容 3
第三章　鄰近隧道堆疊設計分析 7
　第一節　規劃設計考量 7
　第二節　隧道線形配置 12
　第三節　四條交會段地盤改良沉陷分析 14
　第四節　地盤改良範圍 23
　第五節　四條交會段建物沉陷分析 35
第四章　鄰近隧道施工實務管理 57
　第一節　地盤改良 57
　第二節　潛盾出發與到達 67
　第三節　線形控制 93
　第四節　連絡通道 103
　第五節　仰拱與步道 111
　第六節　防止液化灌漿 122
第五章　結果與回饋 139
第六章　結語 141
附錄　台北都會區大眾捷運系統新莊線CK570H區段標潛盾隧道工程施工照片 143
參考文獻 191
編撰小組成員 193
誌謝 195

圖目錄

圖1-1 各式潛盾機照片.....1
圖1-2 CK570H區段標使用之泥土加壓潛盾機照片.....2
圖2-1 東門站O14剖面圖.....5
圖2-2 CK570H區段標工程範圍圖.....5
圖3-1-1 臺北捷運建設願景圖.....7
圖3-1-2 新莊線CK235施工標原規劃與調整後隧道線形方案平面圖.....8
圖3-3-1 四條隧道最接近處淨距示意圖.....19
圖3-3-2 潛盾隧道施工順序圖.....19
圖3-3-3 交叉區灌漿改良範圍示意圖.....20
圖3-3-4 潛盾隧道交叉段分析網格圖.....21
圖3-3-5 模式 (一) 四條潛盾隧道開挖後地表面沉陷圖.....21
圖3-3-6 模式 (一) 未地盤改良 A-A剖面地表沉陷凹槽圖.....22
圖3-3-7 模式 (二) 四條潛盾隧道開挖後地表面沉陷圖.....22
圖3-3-8 模式 (二) 地盤灌漿改良 A-A剖面地表沉陷凹槽圖.....23
圖3-4-1 四線交會段地盤改良地層剖面圖.....28
圖3-4-2 RJP地盤改良示意圖.....29
圖3-4-3 RJP灌漿管水刀與水泥漿噴射頭照片.....29
圖3-4-4 RJP地盤改良施工照片.....30
圖3-4-5 改良樁頭出露照片.....30
圖3-4-6 RJP施工配置示意圖.....31
圖3-4-7 RJP施工配置現場示意圖.....31
圖3-4-8 RJP工法施工順序示意圖.....32
圖3-4-9 RJP試驗樁施工配置圖.....32
圖3-4-10 RJP試樁土層分佈剖面圖.....33
圖3-4-11 鑽孔傾斜度測試照片.....33
圖3-4-12 四線交會段RJP鑽心取樣結果照片.....34
圖3-5-1 四線交會區鄰近建物與監測儀器配置位置圖.....47
圖3-5-2 地表沉陷槽之常態分佈曲線圖.....47
圖3-5-3 常態化隧道寬徑比 (i/R) 與深度比 (Z/2R) 之關係雙對數圖.....48
圖3-5-4 地表沉陷引致建物損壞之容許變形值定義圖.....48
圖3-5-5 四條堆疊隧道段建物沉陷分析圖 (建物E683~E686).....49

圖3-5-6 四條堆疊隧道段建物沉陷分析圖 (建物E687) 49
圖3-5-7 四條堆疊隧道段建物沉陷分析圖 (建物E689) 50
圖3-5-8 四條堆疊隧道段建物沉陷分析圖 (建物E707) 50
圖3-5-9 四條堆疊隧道段建物沉陷分析圖 (建物E709) 51
圖3-5-10 四條堆疊隧道段建物實際沉陷值分析圖 (建物E683~E686) 51
圖3-5-11 四條堆疊隧道段建物實際沉陷值分析圖 (建物E683~E686) 52
圖3-5-12 四條堆疊隧道段建物實際沉陷值分析圖 (建物E689) 52
圖3-5-13 四條堆疊隧道段建物實際沉陷值分析圖 (建物E707) 53
圖3-5-14 四條堆疊隧道段建物實際沉陷值分析圖 (建物E709) 53
圖3-5-15 信義下行線通過後沉陷值分析圖 54
圖3-5-16 信義上行線通過後沉陷值分析圖 54
圖3-5-17 新莊下行線通過後沉陷值分析圖 55
圖3-5-18 新莊上行線通過後沉陷值分析圖 55
圖4-1-1 四條隧道交會區位置示意圖 58
圖4-1-2 四條隧道剖面圖 59
圖4-1-3 CK570H區段標多條隧道施工順序示意圖 59
圖4-1-4 下行隧道支撐保護措施 60
圖4-1-5 RJP地盤改良示意圖 61
圖4-1-6 三重管構造圖 62
圖4-1-7 RJP地盤改良機具設置照片 62
圖4-1-8 RJP地盤改良施工照片 62
圖4-1-9 RJP地盤改良交維配置照片 62
圖4-1-10 四條隧道交會段地盤改良設施照片 62
圖4-1-11 四條隧道交會區地盤改良佈樁範圍示意圖 64
圖4-1-12 RJP高壓噴射工法施工順序示意圖 65
圖4-1-13 新莊線0+630 (上行) 橫斷面 66
圖4-1-14 四條隧道交會段之二次注入灌漿範圍示意圖 67
圖4-2-1 信義線土質示意圖 68
圖4-2-2 切刃盤輪輻型式調整圖 69
圖4-2-3 背填灌漿作業方式-新莊線下行施工照片 70
圖4-2-4 中折型式示意圖 70
圖4-2-5 Ｘ型中折固定方式示意圖 70
圖4-2-6 Ｖ型中折固定方式示意圖 71
圖4-2-7 中折千斤頂推力實績參考綜整圖 71
圖4-2-8 潛盾機中折千斤頂實際位置示意圖 72
圖4-2-9 潛盾機設計示意圖 72
圖4-2-10 潛盾機及後方工作台車全景照片 73
圖4-2-11 刀頭示意圖 73
圖4-2-12 潛盾機切刃盤與刀頭實際配置示意圖及照片 73
圖4-2-13 發進設施基地配置圖 74

圖4-2-14 發進設施基地配置全景照片.....74
圖4-2-15 發進破鏡作業施工流程圖.....75
圖4-2-16 發進鏡面人工圓周鑿除示意圖.....76
圖4-2-17 發進鏡面機械鑿除示意圖.....76
圖4-2-18 發進鏡面機械鑿除照片.....77
圖4-2-19 發進鏡面止水鋼圈、潛盾機組裝示意圖.....77
圖4-2-20 發進鏡面止水鋼圈安裝、潛盾機組裝照片.....77
圖4-2-21 發進鏡面人工打除示意圖.....78
圖4-2-22 潛盾機進入鏡面示意圖.....78
圖4-2-23 潛盾機鑽掘推進示意圖.....79
圖4-2-24 潛盾機到達作業流程示意圖.....80
圖4-2-25 信義下行到達鏡面平面圖.....81
圖4-2-26 試水作業施工架配置平面圖.....81
圖4-2-27 灌漿、試水孔位配置示意圖.....81
圖4-2-28 混凝土到達艙平面圖.....82
圖4-2-29 到達艙坑口植筋A-A立面圖.....82
圖4-2-30 到達艙坑口植筋B-B立面圖.....82
圖4-2-31 到達混凝土隔艙箱體示意圖.....83
圖4-2-32 到達鏡面施工架搭設與人工打除圓周示意圖.....84
圖4-2-33 信義線下行潛盾機到達鏡面圓周人工打除示意圖.....84
圖4-2-34 信義線下行潛盾機到達鏡面機具打除示意圖.....84
圖4-2-35 到達隔艙施工平面示意圖.....85
圖4-2-36 底層施工 (t=40㎝、21N).....86
圖4-2-37 牆體下層施工 (t=150㎝、21N、3面).....86
圖4-2-38 牆體中層施工 (t=150㎝、21N、3面).....86
圖4-2-39 牆體上層施工 (t=150㎝、21N、2側).....86
圖4-2-40 第二階段鏡面剩餘壁體人工打除施工 (下層1/3約2.3m高).....87
圖4-2-41 到達艙內下層回填施工 (1/3約2.3m高、7N水泥砂漿).....87
圖4-2-42 第二階段鏡面剩餘壁體人工打除施工 (中段1/3約2.3m高).....87
圖4-2-43 到達艙內中層回填 (1/3約2.3m高、7N水泥砂漿).....88
圖4-2-44 到達艙端牆體上層施工 (t=150㎝、21N混凝土、1面).....88
圖4-2-45 第二階段鏡面剩餘壁體人工打除施工 (上層1/3約2.3m高).....88
圖4-2-46 到達艙內上層回填施工 (1/3約2.3m高、7N水泥砂漿).....89
圖4-2-47 頂層施工 (t=150㎝、21N混凝土) 到達艙完成.....89
圖4-2-48 混凝土到達隔艙施築、回填順序示意圖.....90
圖4-2-49 潛盾機進入地盤改良區示意圖.....91
圖4-2-50 潛盾機通過地盤改良區、進入連續壁體示意圖.....91
圖4-2-51 潛盾機進入混凝土隔艙體內示意圖.....91
圖4-2-52 潛盾機到達完成後敲除混凝土隔艙體示意圖.....92
圖4-2-53 混凝土到達隔艙施築、回填順序與潛盾機實際到達出坑照片.....93

圖4-3-1 新莊線上行隧道線形圖示 94
圖4-3-2 信義線上行隧道內 線形管控點設置預定....94
圖4-3-3 新莊線上行隧道內 線形管控點設置預定....95
圖4-3-4 平面控制點引測示意圖 96
圖4-3-5 平面控制點引測照片 96
圖4-3-6 高程控制點引測示意圖 97
圖4-3-7 Total Station資料處理流程概要圖....97
圖4-3-8 整合控制系統的自動追蹤測量示意圖 98
圖4-3-9 Total Station主畫面 98
圖4-3-10 位置解析畫面 99
圖4-3-11 自動測量畫面 100
圖4-3-12 手動測量畫面 100
圖4-3-13 新增測點登錄畫面 101
圖4-3-14 重定位登錄畫面....101
圖4-3-15 實際資料畫面 102
圖4-3-16 潛盾機相關各資訊圖表畫面....102
圖4-3-17 千斤頂衝程圖示畫面 102
圖4-3-18 實際鑽掘時潛盾機操控畫面....103
圖4-3-19 實際鑽掘時人工測量確認作業照片....103
圖4-4-1 CK570H區段標連絡通道平面位置示意圖....104
圖4-4-2 新莊線連絡通道縱斷面示意圖 104
圖4-4-3 信義線連絡通道縱斷面示意圖 105
圖4-4-4 連絡通道開挖前隧道鋼環撐補強照片 105
圖4-4-5 連絡通道開挖前鑽孔、試水孔照片....106
圖4-4-6 連絡通道開挖前安全門安裝完成照片 106
圖4-4-7 聯絡通道及集水井開挖施工步驟流程圖....107
圖4-4-8 聯絡通道開挖施工步驟流程圖 (A階段)....108
圖4-4-9 聯絡通道集水井開挖施工步驟流程圖 (B階段)....108
圖4-4-10 聯絡通道集水井開挖前設置集水井安全門照片....109
圖4-4-11 連絡通道一般示意圖 109
圖4-4-12 連絡通道構築流程圖 110
圖4-4-13 連絡通道隧道內監測點位配置示意圖 111
圖4-5-1 仰拱步道一般示意圖 115
圖4-5-2 仰拱施工照片 (一般道床處)....121
圖4-5-3 仰拱施工照片 (浮動式道床處)....121
圖4-5-4 步道施工照片 122
圖4-5-5 仰拱步道施作完成照片....122
圖4-6-1 防止液化灌漿施工組織圖 124
圖4-6-2 新莊線上行隧道防止液化灌漿範圍圖 125
圖4-6-3 防止液化灌漿範圍示意圖 125

圖4-6-4　新莊線上行液化灌漿區土層示意圖 126
圖4-6-5　環片收斂三角點安裝示意圖 127
圖4-6-6　灌漿機具設備配置示意圖 128
圖4-6-7　灌漿機具設備配置平、立面圖 128
圖4-6-8　隔環灌注超微細水泥示意圖 131
圖4-6-9　隔每環灌注超微細水泥示意圖 131
圖4-6-10　與連絡通道地盤改良區重疊時之施作示意圖 132
圖4-6-11　與側邊集水井地盤改良區重疊時之施作示意圖 132
圖4-6-12　各環灌漿鑽孔長度修正示意圖 133
圖4-6-13　灌漿範圍鑽孔長度示意圖 134
圖4-6-14　液化防止灌漿施工流程示意圖 135

表目錄

表2-1 隧道施工時程表....4
表3-1-1 原案與建議案之綜合評估表....10
表3-1-2 CK235施工標四條潛盾隧道線形修正建議案與原規劃案直接工程費增減一覽表....11
表3-3-1 近接隧道荷重酌增係數表....14
表3-3-2 四線交會段土層分佈表....15
表3-3-3 土層及環片參數綜合表....16
表3-3-4 FLAC預估分析隧道變位與地表沉陷值....17
表3-3-5 FLAC預估分析交叉段信義線下行線支撐環片應力值....18
表3-4-1 RJP地盤改良工法評估表....24
表3-4-2 RJP工法施工流程與相關參數表....25
表3-4-3 RJP與JSG工法概要與示意表....25
表3-4-4 RJP與JSG工法比較表....26
表3-4-5 RJP與JSG灌漿工法參數比較表....26
表3-4-6 RJP試驗樁施工參數表....27
表3-5-1 CK235標上行隧道施工總地表漏失率預估值 (新莊線) 一覽表....37
表3-5-2 CK235標下行隧道施工總地表漏失率預估值 (新莊線) 一覽表....38
表3-5-3 CK235標上行隧道施工總地表漏失率預估值 (信義線) 一覽表....39
表3-5-4 CK235標下行隧道施工總地表漏失率預估值 (信義線) 一覽表....40
表3-5-5 潛盾隧道施工引致之地表沉陷槽參數n值一覽表....43
表3-5-6 地層沉陷引致建物潛在破壞準則摘要表....44
表3-5-7 CK235施工標四隧道鄰近建物資料摘要表....44
表3-5-8 CK235施工標四隧道鄰近建物保護分析結果表....45
表4-1-1 地盤改良工法評估表....63
表4-1-2 RJP地盤改良配比及取樣位置區分表....64
表4-2-1 潛盾機背填方式比較表....69
表4-4-1 連絡通道開挖時之監測頻率表....110
表4-4-2 連絡通道開挖時之監測儀器設置....111
表4-5-1 浮動式道床仰拱里程統計表....116
表4-5-2 仰拱施工 信義下行線區塊單元表....117
表4-5-3 仰拱施工 信義上行線區塊單元表....117
表4-5-4 仰拱施工 新莊下行線區塊單元表....118

表4-5-5 仰拱施工 新莊上行線區塊單元表 118
表4-5-6 機具需求預定表.....119
表4-5-7 施工人員組織表.....120
表4-5-8 施工人力需求預定表 120
表4-5-9 施工材料需求預定表 121
表4-6-1 灌漿人力需求表.....127
表4-6-2 隧道試灌主要施工機具表 129
表4-6-3 超微細水泥灌漿配比表.....129
表4-6-4 隧道防止液化灌漿材料工程品質管制表 (QC工程表).....130
表4-6-5 新莊上行線液化防止施工範圍表 131
表4-6-6 灌漿鑽孔之長度修正表.....133
表4-6-7 隧道灌漿每孔注漿量表.....134
表4-6-8 超微細水泥灌漿相關施工紀錄表 137
表4-6-9 新莊線上行液化灌漿追加收斂三角點位置表 139