

台湾における地下鉄工事への取り組み

中 島 健 一

日台関係は日中国交が回復した1972年に公式外交を終了しているが、両国は地理的、歴史のおよび経済的關係など強い結びつきを実質的に維持してきた。その中、我々日系建設会社も様々な機会を通じ、台湾の社会資本整備に貢献してきた。歴史を遡れば1899年から台湾での建設事業第一歩を踏み出した弊社は、台湾地下鉄建設事業においても幾つかの設計・施工工事に係ってきた。以下本文では弊社が台湾で建設に携わった5工事の概要と、今後の台湾地下鉄事業の計画の紹介をしたい。

キーワード：台湾、地下鉄、シールド、トンネル、地下駅、操車場、連続壁

1. はじめに

1980年代、台湾がアジア四小龍（台湾、韓国、シンガポール、香港）の一角として家電産業、電子情報産業を中核に急速な経済成長を遂げ始めた時期、台湾地下鉄建設事業もその産声を上げた。台湾初の地下鉄建設は台湾北部の台北市内を走る内湖線で1988年から施工が開始され、現在まで台北市・新北市には総延長136 kmの地下鉄網が完成、建設中の区間を加えると167 kmに及んでいる。台湾南部の高雄市にも2路線総延長43 kmの地下鉄が開業しており、台中市、桃園県でも地下鉄（高架部）が建設中である。図—1に台湾の主要都市を示す。

台湾地下鉄工事の特徴は着工から竣工までの工期が

長い点だが、これは一工区の規模が大きいこと、工事契約に機電設備が一括で含まれることなどが原因となっている。弊社は、台湾地下鉄工事において次の5工区間の設計・施工に関ってきた：① 台北市・新北市 板南線 CP262 工区、② 高雄市 高雄地下鉄紅線 CR4 工区、③ 新北市 蘆洲線 CL700B 工区、④ 台北市・新北市 新莊 CK570C 工区、⑤ 新北市 新莊線 CK570E 工区である。図—2 台北市・新北市地下鉄各工区の路線位置を示す。



図—1 台湾地図と主要都市の位置



図—2 台北市・新北市地下鉄路線網

2. 板南線 CP262 工区の施工

本工事は台北市とそれを取り囲む新北市を跨って運行する地下鉄板南線の一部である。当工区は台北市南西部と新北市・板橋区の境界河川を横断する単線並列シールドトンネル工事（セグメント外径 6.1 m）で、掘削延長は上り 1,892 m、下り 1,906 m、およびクロスオーバー部 103 m と深度 36.5 m の換気立坑を含む。全体工期は着工 1992 年 7 月から竣工 1999 年 3 月で、**写真—1** に完成後の下り線シールドトンネル坑内の状況を示す。

同工区のルートが台北の大河・淡水河と支流・新店溪の合流付近における氾濫原に位置し、大量の流木が想定された。施工では土圧バランス式シールドマシンのカッターに先行ビットを取り付け、流木を切断してゲート内に取込むことが出来た。また最大土被り 27.3 m、最大地下水圧 2.4 kgf/cm^2 、更に土被りの浅い新店溪を横断するため、掘削排土バランス、漏水防止対策、裏込め注入対策等の管理に重点を置くとともに、異常出水に対してはスクリュゲートを二重、テールシールを三段にするなどの対策を取った。本工事は当時地下鉄トンネルとして台湾初の大河床下掘削の事例として注目を集めた。



写真—1 下り線シールドトンネル坑内

3. 高雄地下鉄紅線 CR4 工区の施工

本工事は台湾南部の高雄市における初めての地下鉄事業で、高雄市中心街を東西に走る紅線（レッドライン）と橘線（オレンジライン）の交差駅とトンネル区間である。当工区の交差円形地下駅は美麗島駅と呼ばれ、**写真—2** に示される様に内径 140 m、深さ 60 m、壁厚 1.8 m の円形連続壁の土留め工法が採用された。また当工区には紅線と橘線の単線並列シールドトンネ

ル（セグメント外径 6.1 m）4 本も含まれ、トンネル掘削延長は紅線計 450 m、橘線計 1,240 m、開削部計 943 m となっている。全体工期は着工 2001 年 11 月から竣工 2008 年 9 月である。**写真—3**、**4** に完成後の美麗島駅地上部と地下 1 階コンコースを示す。

当初地下駅は複雑な多角形、地下連続壁と切梁支保工による土留め構造として計画された。しかし、設計施工である本工事では周辺地盤の沈下抑制、交通維持の容易さ、工期短縮などの観点から無支保が可能とな



写真—2 円形地下鉄美麗島駅の構築状況



写真—3 美麗島駅の地上部完成状況



写真—4 美麗島駅地下1階コンコース

る円形連続壁工法を提案し、採用された。地質は粘着力を持たないシルト質細砂層と砂質粘土層が主体となっており、特に前者の地層では連続壁掘削及びシールドトンネル掘削時に細砂の噴出の危険性があり、慎重な施工が要求された。

その為、円形連続壁施工では溝壁崩壊対策として、コンクリートカッティング工法(幅3.2mの146分割、1ガット1方式)を採用した。台湾初の施工であった為 EMX 掘削機2台の日本調達、機械操作・安定液製造管理・鉄筋組み立てなどに日本人オペレーター・スーパーバイザーを配置するなど、十分な施工体制をとった。また同円形連続壁はシールドトンネル工事の発進立坑として利用したが、安全性、防護用地盤改良時の道路占有、コストなどを勘案し、発進部の連続壁鏡部には鉄筋に替えて、直接シールドマシンで切削可能なガラス繊維素材による NEFMAC 工法を用いた。

4. 蘆洲線 CL700B 工区の施工

本工事は台北市北西に位置する新北市蘆洲区・三重区から台北市中心街に至る蘆洲線の内、終着駅である蘆洲駅と接続する蘆洲操車場、3駅(蘆洲駅、徐匯中学駅、三民高中駅)、単線並列シールドトンネル(セグメント外径6.1m)総延長4,261m、操車場への開削アプローチ部515mを含んだ全線4.6kmの広範囲な工区で、工期は着工2002年1月から竣工2012年7月である。

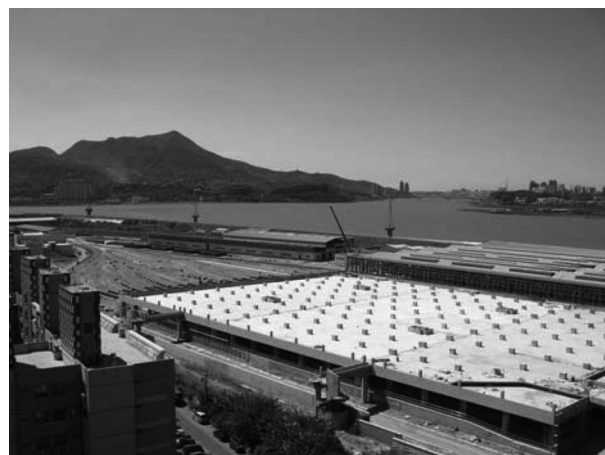
蘆洲区は近年まで湿地帯や水田が多く見受けられた台北大河である淡水河の軟弱堆積地盤上に形成された土地で、特に淡水河沿いの埋立地に計画された敷地16haの操車場と開削アプローチ部は軟弱地盤対策が必要となった。操車場は地盤改良としてプレローディング工法が採用され、20万 m^3 の良質土埋戻し、25m打設杭3,000本上にRCスラブ構築、建屋構築の施工手順となった。盛土や構築物の高さは洪水時検討から決定するとともに、操車場内では14箇所で沈下計測を実施し、動態観測結果をフィードバックしながらの施工となった。

一方、終点の蘆洲駅から操車場までのアプローチ部は堆積地盤のうちGL-3mからGL-20mに分布する砂質土層で地震時液状化による地中構造物の浮上がり問題となった。浮上がり防止対策工とし、操車場から蘆洲駅までの明かりトンネル部底版スラブ下には場所打ち杭、それに続く開削トンネル部側面には連続壁を施工、場所打ち杭と連続壁ともその下端はGL-30mとした。また開削トンネルに接続するシールドトンネ

ルの一部にはトンネル内部から液状化対策としてトンネル下半周に地盤改良を実施するとともに、無筋連続壁を施工して地盤を拘束する対策をとった。写真—5に駅舎に接続するクロスオーバー部、および写真—6に蘆洲操車場全景の航空写真を示す。



写真—5 クロスオーバー部の構造



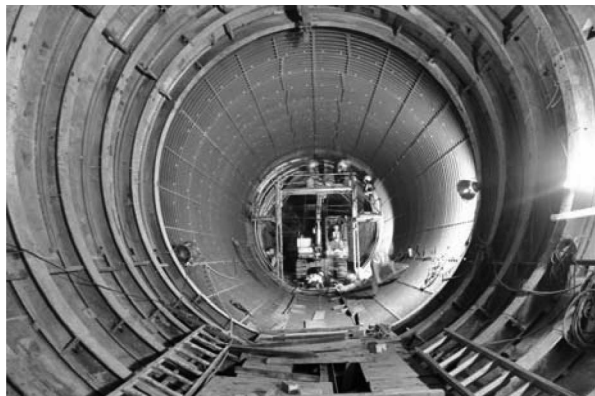
写真—6 蘆洲操車場の全景

5. 新莊線 CK570E 工区の施工

本工事は台北市とその西側に隣接する新北市新莊区・三重区を結ぶ新莊線の内、新北市側終着駅である廻龍駅、丹鳳駅、輔大駅の3駅、単線並列シールドトンネル(セグメント外径6.1m)総延長7,273mを含んだ全線4.3kmに跨る工区です。工期は着工2001年9月から竣工2013年12月である。新北市郊外に伸びる新莊線では地下鉄建設に伴い周辺都市開発も進んでいる。本工区ではトンネル掘削後に丹鳳駅と輔大駅の間地点で周辺ビル建設の土留め工事の影響で完成トンネルが変状する事例が発生した。

この事例では連続壁外面とシールド外側の最小離間距離は僅か3.02mで、ビル側連続壁の孔壁防護とし

て追加の CCP を施工中に連続壁の外側に地盤が押し出され、トンネルが最大で水平に 3.1 cm 変形した。事故発生後の検討では強制変形により設計で要求される安全係数をオーバーするセグメントが 24 リング確認された為、コンクリートクラックへの注入実施とともに、写真一七に示す 28.8 m 区間に鋼製補強リングを設置するとことで対応した。



写真一七 トンネル変状部の鋼製補強リング設置

6. 新莊線 CK570C 工区の施工

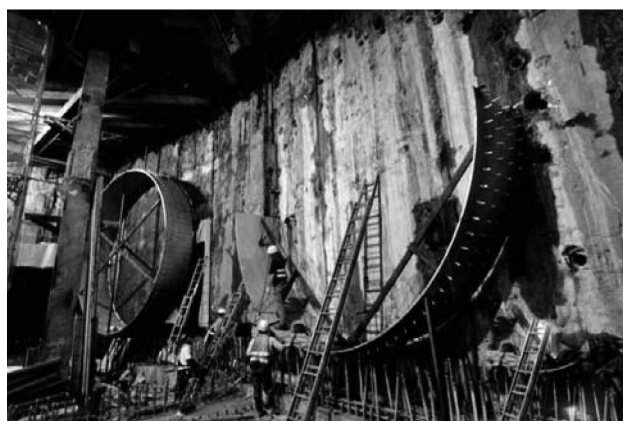
本工事は先述した新莊線のうち、3 駅（台北橋駅、葉寮駅、三重駅）、淡水河内に構築した分岐立坑 1 箇所、単線並列シールドトンネル（セグメント外径 6.1 m）総延長 4,728 m を含んだ全線 3.2 km に跨る工区で、工期は着工 2002 年 5 月から竣工 2014 年 3 月である。

本工事の特徴は何と言っても新莊線と先に紹介した蘆洲線を分岐させる為の施設である。特に分岐立坑は淡水河内構築であり、難工事として注目を集めた。シールドマシンの発進・到達基地ともなる分岐立坑は、写真一八に示すように台湾随一の大河である淡水河を部分的に埋め立てて構築した。築島時には河床保護として栗石敷工 21 万 m^3 、護岸ブロック工 8,500 個も同時に施工している。

本分岐立坑の床付け深度は 40 m で、連続壁掘削深度は 60 m、連続壁厚さは 2 m と台湾最大規模のものとなった。地質的には深度 60 m 付近に被圧滞水層である景美層と呼ばれる礫層が存在したため、地下水低下工法や連続壁下端付近の薬液注入による地盤改良を併用し、湧水対策を行いながら掘削を完了させた。写真一九に分岐立坑内のシールド発進（奥）、到達（手前）準備状況と、写真一〇に新莊線と蘆洲線の合流部を示す。



写真一八 淡水河埋立てと分岐立坑



写真一九 分岐立坑内のシールド発進、到達（手前）準備



写真一〇 新莊線と蘆洲線の合流部

7. 今後の台湾地下鉄建設計画

台湾地下鉄建設は今後も多くの路線が計画されている。2008 年以降台湾の政権を担当している国民党・馬英九政府が掲げる“愛台湾 12 建設”計画では地下鉄などの交通網整備が事業計画の一つの柱となっており、来年度以降も台北・新北市の萬大線一期、台北市の信義線延長線、桃園縣の桃園空港緑線一期の工事出

件が予定されている。将来的には台北市の環状線北側、環状線南側、南北線、台北市・新北市の萬大線二期、民生汐止線、安坑線、桃園縣の桃園空港緑線二期、紅線など総延長70 km以上の計画が進められている。台中市や高雄市でも共用中又は建設中以外の路線計画はあるが、台北・新北市の路線が台湾地下鉄事業の中心になると想定している。

昨今工事入手における台湾現地業者との競争は非常に激しくなっているが、大都市での路線が増加するにつれ大深度であったり、施工条件の厳しい工区が増え、これまでにない大断面、異形断面やその他の特殊シールド技術が要求されている。今後も技術的に我々日系業者の優位性を発揮できる工事で、台湾における地下鉄建設事業の一端を担っていければと思う。

8. おわりに

謝 辞

1992年以降、弊社は5地下鉄工事を継続しており、この間企業者など多くの関係者のご支援を得てきた。誌面をお借りしてお礼を申し上げます。また本文を作成するに当たり写真などを提供して頂いた各現場担当の皆さんに感謝の意を表す。

J C M A

【筆者紹介】

中島 健一（なかじま けんいち）
鹿島建設㈱ 海外土木支店
土木部長

