

台湾における泥濃式推進工法の施工事例報告

酒井 栄治

SAKAI Eiji

(株)アルファシビルエンジニアリング
開発部門



松元 文彦

MATSUMOTO Fumihiko

(株)アルファシビルエンジニアリング
技術部門



1. 海外における泥濃式推進工法の展開

泥濃式推進工法が海外に紹介されたきっかけは、まさしくISTT（国際非開削技術協会）が毎年主催し、その中心的な役割を担っているJSTT（日本非開削技術協会）が参加して開催されている国際非開削技術研究発表会及び展示会の場であったと思われる。

写真-1及び写真-2に示すように、台湾においては1997年に“NO-DIG 1997 in TAIPEI”が開催された。その時に、泥濃式推進工法として高濃度泥水加压推進工法と超流バランスセミシールド工法の二工法が論文発表を行い、同時に開催されていた非開削技術の国際展示会へ出展していた。その時から既に10年が経過しようとしている。

本工法はその出展がきっかけで、ベルギーのスメットトンネリング社に対してテールボイド安定装置等の提供を行った。その対象はアントワープコンテナ基地内において、当時としては超長距離となるφ2500mm、1スパン推進延長1,205m（中押装置併

用）の高圧電力管路推進工事に対する技術協力であった。それまでのヨーロッパ内での推進工法に対する基本的な考え方は、連続稼働が中心であり、三交替制で掘進機を停止させることなく推進を行う事が“推進力の上昇を防止する一番の近道”との認識であった。その結果、過剰な人件費等の増加や掘進機・推進設備のメンテナンス費用の高騰で経済性の悪化を招き、その当時の長距離推進工法は解決しなければならない多くの問題を抱えていた。

この台北での展示会がきっかけで、スメット社と弊社は日本とベルギー間での技術交流が開始され、スメット社側に“泥濃式推進工法の特徴であるテールボイド安定システムは管外周面抵抗値の低減に効果的である”と認知されて、そのテールボイド技術が初めて海外へ提供されたと施工現場となった。

台湾においては1997年以降、毎年数回の技術発表会や個別の説明会を行ってきたが、その後の八年間は泥濃式推進工法を市場に提供する機会には恵まれなかった。2003年以降、日本の下水道展等を通じて台



写真-1



写真-2

湾側の依頼により日本における現場見学会が増加し、事業主体である台湾電力公司の高圧電力線地中線化工事や各自治体及びBOT主体の下水道工事等で、曲線推進技術への期待が高まってきた。そのような経過をたどり、超流バランスセミシールド工法の市場参画は2005年3月から実施されている。その後、各地方自治体の下水道管路建設のための長距離・曲線推進工事が計画され、現在は台湾北部の三現場に施工技術協力と掘進機や推進設備の提供を行っている。

2. 台湾国内における泥濃式推進工法の施工事例

超流セミシールド工法が最初に台湾国内で採用されたのは2005年3月である。当工法としては、現在まで稼働中を含め5現場が施工されている。特に、日本での曲線推進や長距離推進の実績とその安定性から本工法の採用に至っている。今までの台湾電力公司の急曲線施工実績としては、写真-4に示すように玉石混じり粘土層でのφ1800mm推進工事で、立坑で確認された最大玉石長径は600mm、曲線半径は36mで交角は約81度であった。



写真-3 φ1800mm泥濃式掘進機



写真-4 土質状況



写真-5 推進設備全景

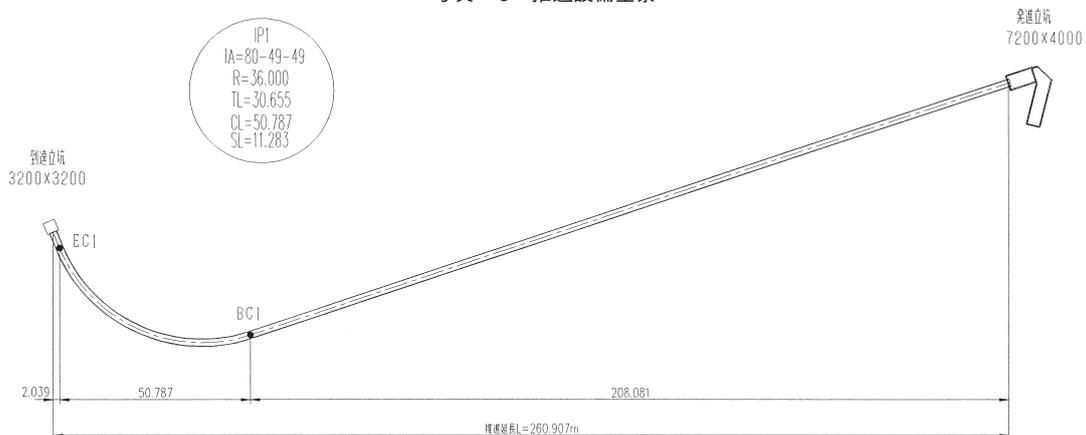


図-1 台湾電力公司：φ1800mm推進工事（路線図）



図-2 台湾電力公司：φ 2400mm急曲線推進工事

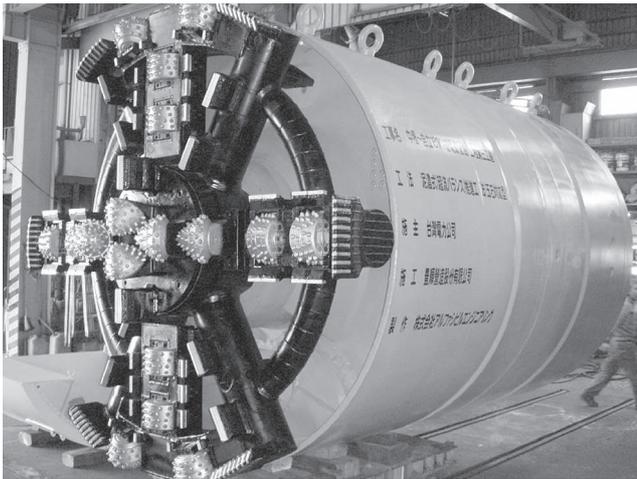


写真-6 玉石対応型掘進機

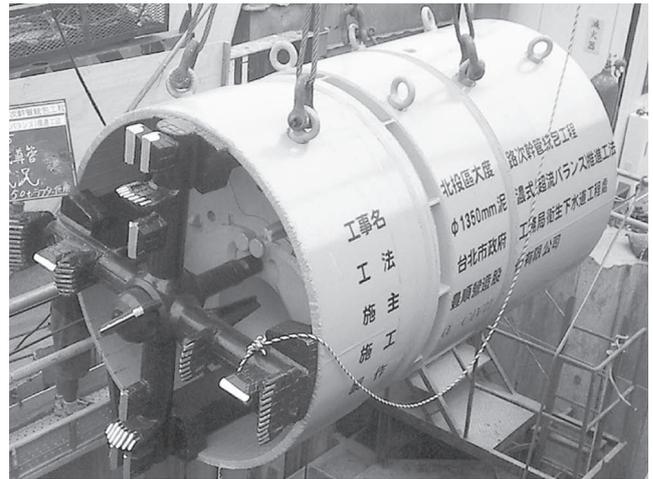


写真-7 φ 1350mm泥濃式掘進機

施工主体は、豊順營造股份有限公司，株式会社トーエネックの共同企業体であった。

今後予定されている急曲線工事としては、図-2に示すような台湾電力公司北部地区のφ 2400mm玉石混じり砂礫層における急曲線推進工事がある。ここは玉石混じり（最大玉石長径φ 800mm程度）砂礫地盤のために進捗低下を防止する意味で、写真-6に示すように掘進機カッターフェイスに様々な改良が加えられている。

3. 長距離曲線推進工事実施例 【φ1350mm L=527.6m R=190m 河川横断】

3-1 工事内容

- 発注者：台北市政府工務局
- 施工者：豊順營造股份有限公司
- 管径：φ 1350mm
- 推進延長：L = 527.6m
- 曲線半径：R = 190m
- 土質：粘土層 + 軟弱シルト層
- N値：2程度（障害物場所打杭）
- 土被り：6.44～9.89m

3-2 施工概要

本現場で採用された泥濃式掘進機を写真-7に示す。この推進工事の全施工延長は3,000mを超えており、各スパンの平均推進延長が450～600mで6スパンでの計画を行った。台湾の建設コンサルタントと共同で設計を行い、発進立坑は3箇所を検討して台湾国内での最初の泥濃式推進工法による設計・施工が行われた長距離推進工事と考えられる。

当初の概要計画の段階では、流入等の用途目的のない立坑が数多く計画され、交通環境や周辺近接構造物への影響も度外視され、許容推進延長（150m程度）から立坑の必要性が優先されていた。このような設計は、非開削工法の特徴である路上環境への配慮や周辺構造物への影響防止が図られにくいため、実施設計時から日本での実績を参考に計画を行い、周辺環境への配慮や経済性の優れた計画となった。施工環境や路線状況を写真-8に示す。

3-3 施工経過

推進施工中の数値実績としては以下の通りである。

- ①平均掘進速度：S = 50～80mm/分

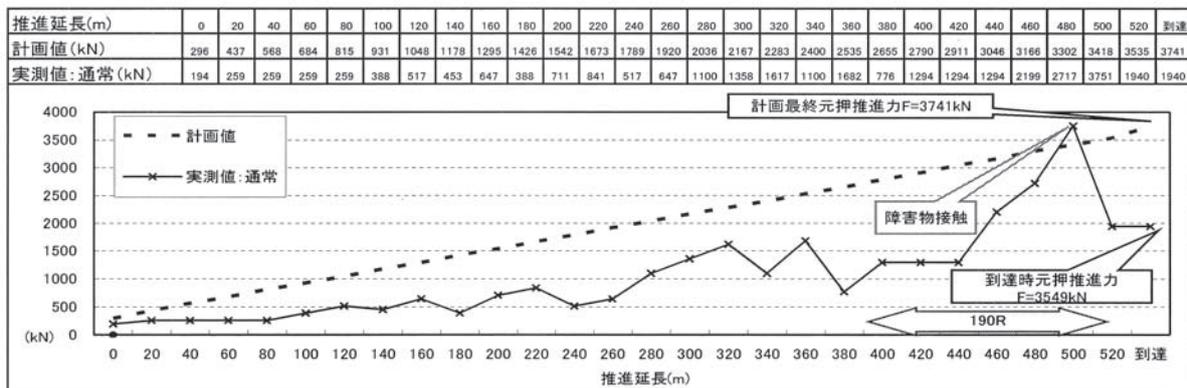


図-5 元押推進力成果図 (L=527.6m)

2倍程度に上昇する傾向があった。図-5に元押推進力図を示す。地盤沈下に関しては計測誤差の範囲で収束し、路上への影響は推進完了後3ヶ月以上経過した現在においても確認されていない。

2月末現在において3スパン合計L = 1,494mの推進を完了し、4スパン目(推進延長L = 600m)のL = 240m付近を推進中である。

4. 安山岩地盤多曲線推進施工例 【φ1000mm L=475.0m 多曲線推進 安山岩】

4-1 工事内容

- 発注者：台北市政府工務局
- 施工者：翔益營造有限公司
- 管径：φ1000mm
- 推進延長：L = 475.0m
- 曲線半径：R = 180 + 180 + 150 + 100m
- 土質：玉石混じり安山岩層
- N 値：50以上
- 一軸圧縮強度：qu = 80 ~ 200MPa
- 土被り：6.5m ~ 9.5m

4-2 施工概要

本工事に使用したφ1000mm 破碎型泥濃式掘進機を写真-10に示す。この工事が抱える課題としては、①安山岩の一軸圧縮強度とその掘進速度、②多曲線推進精度管理、③曲線推進力管理、④狭所道路内での施工管理、⑤工程管理等が挙げられた。

特に、掘進速度は安山岩の一軸圧縮強度に左右され、進捗にも大きく影響を

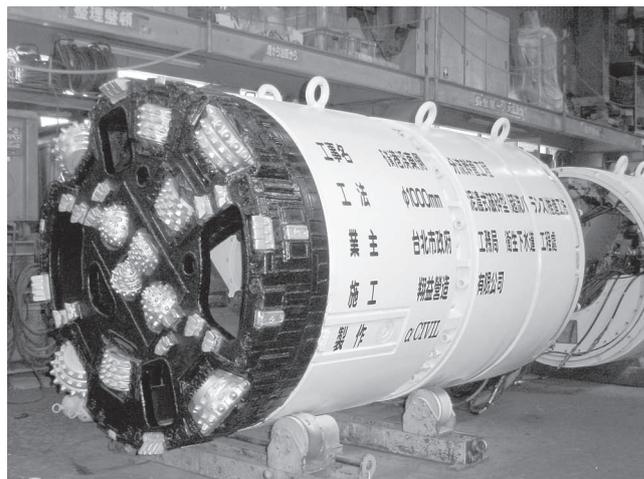


写真-10 泥濃式破碎型掘進機

与える。そのため立坑掘削時に安山岩の一軸圧縮強度の事前調査を行った。その状況を写真-11に示す。また、狭い道路内の施工のため、発進立坑からの直線基線は30m程度しか確保されず、曲線始点が早い地点での設置となるために、推進力管理が最重要課題と考えられた。

また、測量管理時間は管内に設置される測点数に左右されるが、本路線の反交点は16箇所程度になり、測量時間の短縮が工程管理の課題となった。路線状況を写真-12に示す。



①(シュミットハンマー調査qu: 150MPa程度以下)



②ハンマー打撃テスト

写真-11 着手前の安山岩一軸圧縮強度調査

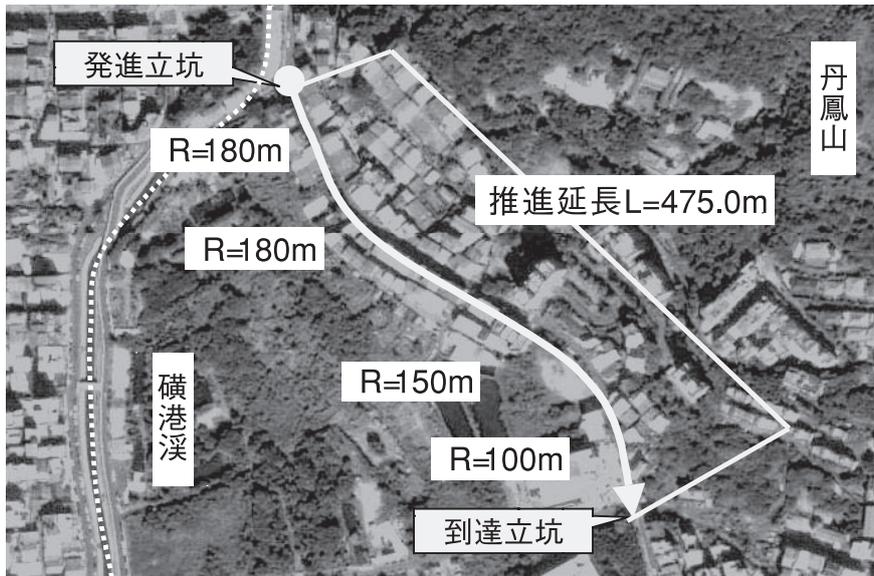


写真-12 φ1000mm多曲線安山岩地盤推進工事（路線図）

4-3 施工経過

推進施工中の数値実績としては以下の通りである。

- ①平均掘進速度：S = 10～70mm/分
- ②切羽管理圧力：40～60kPa
- ③固結型滑材注入量：25～85L/m
- ④切羽高濃度泥水注入量：850～2,100L/m
- ⑤施工時間帯：10h/day
- ⑥管外周面抵抗値：1.80kN/m²
- ⑦掘進機前面抵抗力：100～400kN

4-4 施工結果

安山岩の掘進速度は計画時より良好であったと推測される。安山岩が確認できない状況下の掘進速度は毎分60mm程度が確保され、岩が掘進機前面に存在する場合は毎分10mm程度の進捗となった。但し、経済性への配慮からトータルステーションシステムを使用していなかった。そのため管内測量に要した時間

は想像以上となり、推進延長100m程度までの測量に費やす時間は施工時間帯の15%程度、250m付近では25%程度、400m地点では35%程度、到達地点475m付近は光波測距儀設置個所が16箇所となり、施工時間帯の50%が計測時間として費やされた。トータルステーションシステムを採用した場合は、チェックのための再測も含めた測量時間は全工程平均の20%と考えられ、今後は台湾国内でも自動測量追尾システムの導入が検討されている。

推進力に関しては、岩盤の掘進に伴って破砕片のテールボイド内への侵入による周辺摩擦力の上昇が懸念されたが、丁寧な掘進管理やカッタートルク管理から極端な現象は見られなかった。但し、使用した推進管端部の出来型、特にコンクリート打設時の空隙が多い管が支給された事で、養生時間不足や品質管理不足から返品や現場搬入後の補修が目立った。図-6に推力管理図を示す。

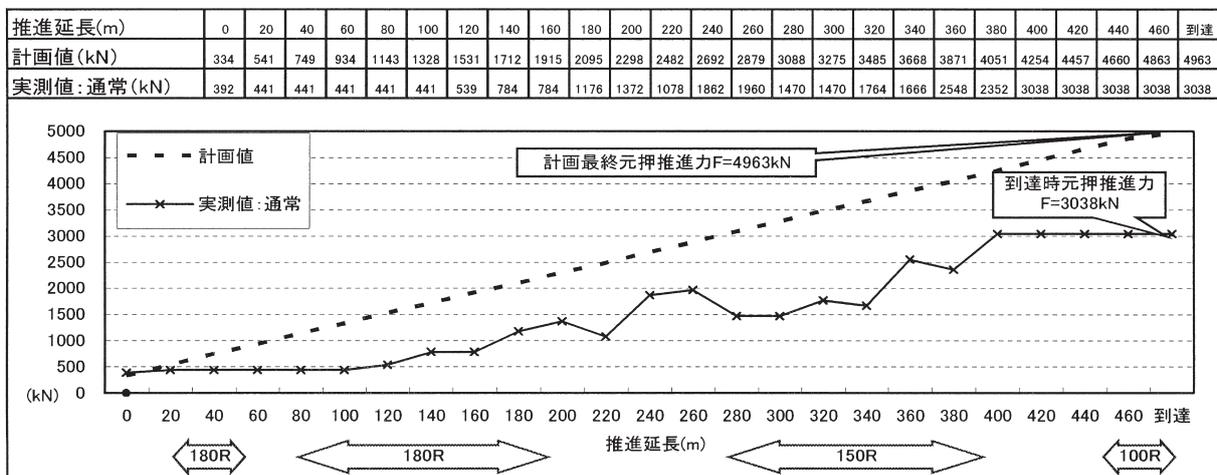


図-6 元押推進力成果図 (L = 480.0m)

5. 今後の課題

台湾における推進工事は今後益々増加する傾向にある。台湾電力公司が行う地中線化工事や下水道工事及び地下鉄工事に伴う管路の切り替え工事等、その内容は雑多複雑である。特に活動人口が450万人とも言われている台北市は、慢性的な駐車場不足による不法駐車が増え、極端な車社会とバイクや自転車の混在した都市形成が進行している。そのような背景から、今後のインフラ整備には非開削技術が益々求められると確信する。

しかしながら、道路占用条件が厳しく、空き地の確保が困難な都市中心部の施工においては住民の理解も得にくく、従来の一般的な坑外推進設備での施工は困難を極めることも予測され、大中口径管の施工であってもさらなる設備スペースの縮小化を図る必要がある。

また、掘進対象地盤に関しては、台北市内や高雄市内は従来の掘進機にて対応が可能と考えられるが、その他の地区では玉石砂礫層や岩盤等が中心となり、単なる破碎型掘進機の提供のみならず、掘進中の切羽管理やローラビット等の許容推進延長の検討及びそのメンテナンス、その他、送泥水や掘削添加剤等の切羽に注入される材料の効果等に関し、十分な説明や指導教育が重要になると考えられる。さらに、土質の詳細な事前調査の必要性を十分に認識させる課題も今後益々重要な要素となっている。

6. おわりに

台湾の産業は全てにおいて経済性が中心で判断されている。その背景から推進工事といえども例外の域には達していない。特に、土質調査不足による掘進機や工法選定ミスから、掘進不能となるケースも数多く存在している。今後そのような状況から脱却するためには、まだまだ多大な時間と無駄な原価が必要となるであろう。そのような諸問題の回避のためには、基本に立ち返った推進技術の地道な展開をねばり強く行ってゆく必要がある。

そのような中で、台湾のインフラ整備に対しては台湾国内の直接施工者との融和と相互理解を図りつつ、日本からの技術指導員を工事の最終段階まで常駐させる必要もあり、ささやかな技術協力を根気強く継続させてゆく努力と勇気が日本の専門業者に求められている。

◆お問い合わせ先◆

超流セミシールド協会

〒812-0015 福岡市博多区山王1-1-18

Tel.092-482-1711 Fax.092-482-6363

