

ウォータービュー高速道路プロジェクト

佐藤 誠 治

ウォータービュー高速道路プロジェクトは、ニュージーランドの中心都市オークランドで長年未完成であった高速道路区間を延長 2,400 m のシールドトンネル（上下線 2 本）により接続する同国最大規模のインフラプロジェクトである。

日本からの技術移転により、ニュージーランド初となる大断面シールドトンネル（掘削径 14.5 m）を採用。幹線道路交差部での大がかりな迂回や工事のための開削、覆工といった周辺交通への影響を回避した。工期短縮、コスト削減に寄与しこのプロジェクトを実現したことが高い評価を受け JAPAN コンストラクション国際賞を受賞することとなった。本稿ではその概要を報告する。

キーワード：交通の円滑化、施工の合理化、トンネル、工期短縮、コスト縮減

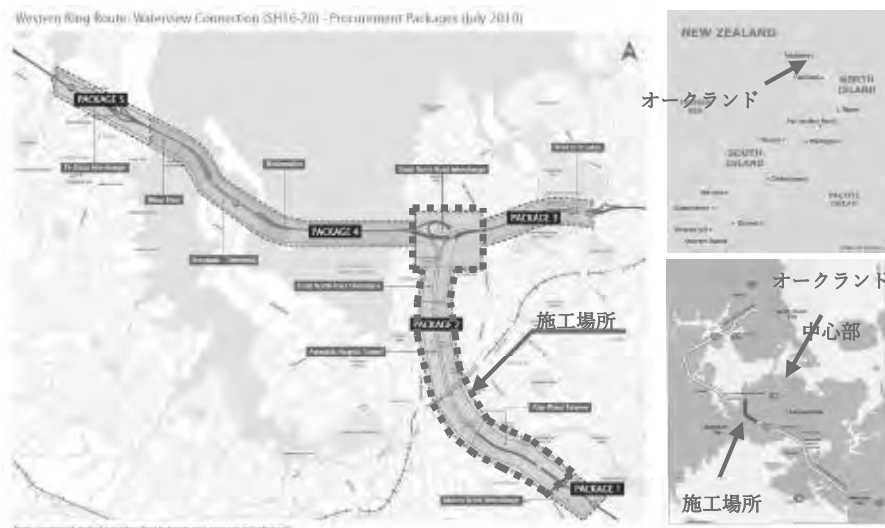
1. はじめに

ニュージーランドの北島北部に位置するオークランド市は、ニュージーランド最大の都市であり、総人口の約 3 分の 1 が集中する経済・商業の中心地である。しかし、都市部の交通渋滞は、悪化の一途をたどっており、その緩和が喫緊の政策課題となっていた。ニュージーランド政府は、経済成長支援のために欠かせない国道を 10 年計画で整備している。このプロジェクトは、この整備計画の一環で、途中まで建設が完了し供用されていた高速 20 号線を延伸し、既設の高速 16 号線に接続することで、オークランド市内を通過する高

速 1 号線の渋滞緩和と、西部地区の利便性向上を目的としたハイウェイネットワーク（図—1）を完成させる、ニュージーランド最大の道路プロジェクトである。本稿では、掘削外径 14.46 m の泥土圧シールドで 2.4 km の 3 車線双設道路トンネルを掘削し、プロジェクトの実現に至った成果を報告する。

2. トンネル工事概要

上下線各 2.4 km の道路トンネルを掘削外径 14.46 m の泥土圧シールド（気泡シールド）で掘削し、外径 14 m、内径 13.1 m、セグメント幅 2 m の SFRC セグ



図—1 施工場所

表一 トンネル工事概要

工事名称	Waterview Connection Tunnels and Great North Road Interchange (ウォータービュートンネルおよびグレートノースロードインターチェンジ建設工事)
発注者	The New Zealand Transport Agency (ニュージーランド交通局)
工事場所	ニュージーランド オークランド市
工期	2011年11月～2017年6月開通
工法	泥土圧(気泡)シールド
施工延長	往路:南行き線 2,406 m 復路:北行き線 2,422 m
掘削外径	Φ 14,460 mm
セグメント	SFRC, RC, スチール(一部) φ 14,000 mm (外径), φ 13,100 mm (内径) 幅 2,000 mm, 10 分割

メント, RCセグメントにより構築されている。トンネルは, 1台のシールド機を使用し, 往路の南行き線を掘削, 北開部にて回転し, 復路の北行き線を掘削した。トンネル工事の概要を表一に, 図一に現場位置図を示す。

(1) トンネル線形

シールドは, 南開削部から土被り約 12 m, 下り勾配 5%で発進し, 土被り 7.72 m, 上り勾配 3.5%で北開削部に到達した。回転後に, 北開削部から再発進し, 同様の線形で南開削部に到達した。最大土被りは約 38 mであった (図一2)。

(2) 土質条件

土質構成は, 埋土(F), 玄武岩(B), 沖積粘性土(A), 風化軟岩(ER・EW), 一軸圧縮強度が約 5 MPaの軟

岩(EU1・EU2)および層内に局所的に存在する一軸圧縮強度が最大で 70 MPaの亀裂性中硬岩(EU3)からなる。シールドは地表面に存在する一軸圧縮強度の高い玄武岩(B)を避けるように縦断線形を計画し, 主に軟岩と亀裂性中硬岩を掘削した。

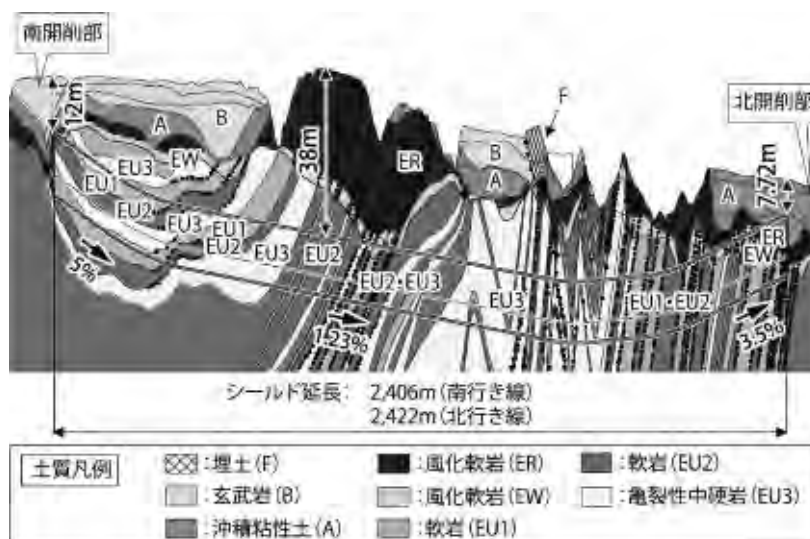
3. シールド施工

(1) シールド機

シールド機は, 岩盤の一軸圧縮強度が約 5 MPaの軟岩(EU1・EU2)が主体土層であるため, 密閉型シールドを採用した。ニュージーランドでは, シールド工事が少ないため, 泥水処理設備や防音ハウスの調達が困難であったこと, 発進基地が住宅密集地にあり, 泥水処理設備による騒音が懸念されたことから, 設備の調達, 騒音対策が容易な泥土圧シールドを採用した(写真一1, 図一3, 表一2)。カッタービットは, 軟岩および亀裂性中硬岩に対応するため, カッターヘッドのカッター装着部をハウジング構造(図一4)とし, 先



写真一1 シールド機



図一2 土質縦断図

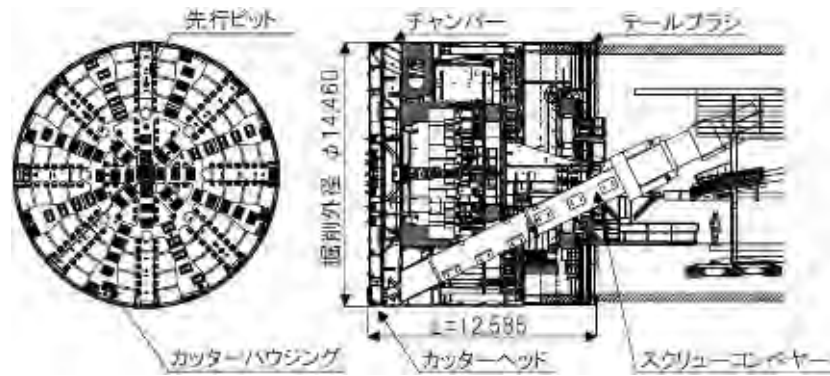


図-3 シールド機

表-2 シールド諸元

掘削形式	泥土圧（気泡）
推進速度	80 mm/分（全数作動時）
総推力	199,500 kN
中折れ	なし
シールドジャッキ	3,562.5 kN×3,000 mm×56 本
カッタートルク	68,220 kN・m（ a 値=22.5）
排土機構	軸付きスクリーンコンベヤー φ 1,400 mm

安全かつ安定した掘進が実現できる。当工事に採用した装置を写真-2 に示す。往路トンネル（南行き線）の初期掘進区間では、気泡混合率を気泡シールド技術資料（シールド工法技術協会）の算定式により計算し混合していたが、チャンバー内閉塞の傾向が見られた。これは、掘削により土砂状となった軟岩（砂岩）の粒径がシルトの粒径に近く、掘削土砂が粘性を呈したことで、気泡の性状の違いにより当初計画の気泡の混合率が低すぎたことが原因と考えられる。そこで、チャンバー内土砂流動管理システムの解析結果を運転席に設置したモニターで確認した結果、カッター中央部での閉塞が顕著であったため（図-5）、カッター中央部への気泡注入量を増やし、最適な塑性流動状態になるように調整しながら掘削を続けた。その結果、チャンバー内は、閉塞傾向から良好な塑性流動状態に移行し、その後も、閉塞や噴発の傾向をその都度確認しながら掘削することで、良好な塑性流動状態を最終到達まで維持できた。

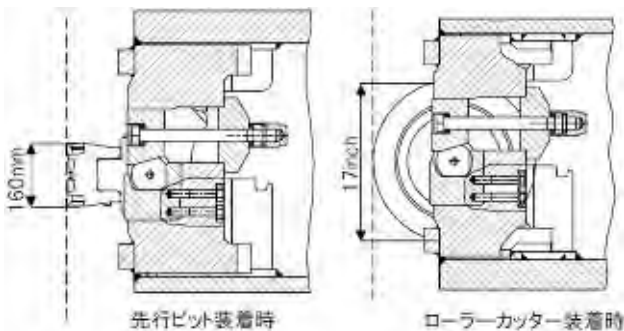


図-4 カッターハウジングの構造

行ビットとローラーカッターのいずれも装着できる構造とした。

(2) チャンバー内土砂流動性管理システム

通常、泥土圧シールドの掘進管理は、土砂の排土性状やカッタートルクなどを観察し、経験や定性的な判断によって行われ、入念な切羽管理により周辺地盤の変状を抑制することが重要である。

このプロジェクトでは土砂の塑性流動性をリアルタイムに管理する目的で、「チャンバー内土砂流動管理システム」を採用した。チャンバー内土砂流動管理技術は、泥土圧シールドの隔壁に設置したフラッパー（1基）を回転させ、フラッパーの回転トルク値から、チャンバー内の土砂の塑性流動状態を把握し、定量的な評価にもとづく掘進管理を実施することで、シールドの



写真-2 チャンバー内土砂流動管理システム装置

リング番号	44リング掘削時	50リング掘削時
解析結果		
チャンバー内の状態	閉塞状態	良好な塑性流動状態

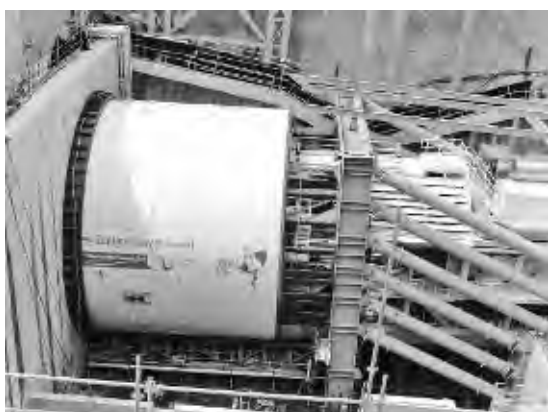
図-5 土砂流動管理システム解析結果



写真一三 南開削部発進部



写真一五 シールド機回転途中



写真一四 シールド機発進状況



写真一六 シールド機回転後

(3) シールド発進

シールドの発進部は、シールドの後方をセグメントと同じ半径のハーフパイプ状に掘削した(写真一三)。トレンチ内に後続台車を配置し、初期掘進時から後続台車を牽引しながらシールドの掘進を開始した。反力支保工には、鋼材量低減を目的として、斜材に水平方向、鉛直方向のどちらに対しても剛性が確保できる鋼管を使用した(写真一四)。

(4) シールド回転

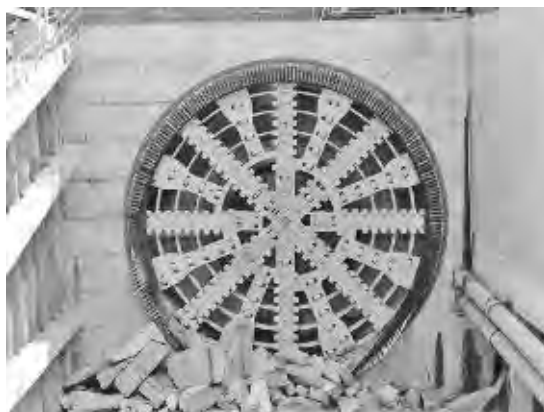
往路トンネルを掘削したのち、北開削部にてシールドの回転を行った。シールドの回転は、底盤コンクリートを鉄板にて養生した後、湿式摩擦低減材を塗布し、シールドを受台ごと回転させた(写真一五、六)。湿式摩擦低減材には環境への影響を配慮し、生分解性に優れたラノリンを主成分としたグリースを採用した。ラノリンは羊から採れる脂でニュージーランドでは馴染み深く、入手しやすかった。

鉄と鉄との摩擦係数を0.2とし、100t油圧ジャッキ8本で回転する計画としていたが、実際の施工では、100t油圧ジャッキ4本のみで回転させることができた。摩擦係数の実測値は平均で0.08であり、計

画時の摩擦係数0.2に比べ、40%程度であった。

(5) シールド到達

シールドは2014年の9月に北開削部に到達し、回転・再発進後、2015年の10月に南開削部に到達した(写真一七)。到達では、シールド通過部を無筋コンクリートとした妻壁を直接切削して到達させた。妻壁の背面に、無筋柱列杭をトンネル延長方向に8m施工し、到達防護工とした。本工事の開削部の土留め壁は排水構造であり、地下水位はトンネル下端以深であったため、



写真一七 南開削部への到達

到達防護は、止水目的ではなく、地盤の安定性確保のみを目的とした。シールドは開削部本体構造物へ到達させるため、妻壁に作用する推力を低減させる必要があった。そのため、到達防護工（無筋柱列杭）掘削中に切羽圧を徐々に低下させ、妻壁手前で切羽圧がゼロになるように掘削した。本工事のシールド機は、カッター交換時に地山に貫入しているカッターヘッドを後退させるため、油圧ジャッキによりカッターヘッドを前進・後退できる構造となっている。これにより、妻壁切削時には、シールド本体を停止させたままカッターヘッドだけを、5 mm/分で前進させて切削し、300 mm 掘削後、カッターの回転を停止し、ジャッキを引き込みながらシールド本体を前進させるサイクルを繰り返した。この結果、妻壁に作用する推力を低下でき、振動や衝撃による本体構造物への影響を低減した。

4. カルバートの同時施工

本工事では、工期短縮の目的で、シールド掘進と並行して本設の配管およびケーブル布設用のカルバートをトンネル内に設置し、カルバートの両側（一次）と上部（二次）を粒調砕石で埋め戻した。応札当初は、施工性および経済性から配管を路盤内に布設する計画であったが、発注者の要望により、メンテナンスの利便性を考慮したカルバート構造に変更した。カルバートの設置は、シールドとは別にシールドの後方で独立可動するカルバート設置台車により行った（写真—8）。シールドの掘進に影響がないように、設置台車の前方にスロープを設け、セグメント運搬台車がインバートにアクセスできる構造とした。カルバートの投入は、カルバート設置台車中央に設けたスライド式ゲートより行った。セグメント運搬台車がカルバート設置台車を通過し、切羽でのセグメントの荷卸し中に、ゲートを開放した。ゲート開放後、セグメントの



写真—8 カルバート設置台車



写真—9 カルバート設置状況

荷卸しが完了するまでにカルバートを2基投入し、その後ゲートを閉鎖してセグメント運搬台車の通過に備えた（写真—9）。

5. プロジェクトの受賞

国土交通省が主催する「第3回 JAPAN コンストラクション国際賞（国土交通大臣表彰）」の建設プロジェクト部門において、「ウォータービュー高速道路プロジェクト」が受賞した。

今回の受賞では、供用後維持管理も含めて日本の質の高いインフラを実現したこと、原住民であるマオリ族との交流により遺構の保存や芸術的要素を構造物へ



写真—10



写真—11

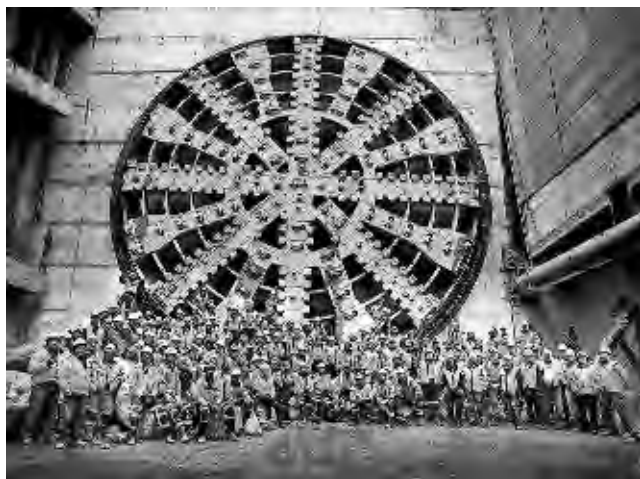


写真-12

反映したこと、さらに、一つのシールドマシンを1本目のトンネル完了時に解体、再組み立てせずにUターンさせて2本目のトンネルを掘削し、工期短縮、コスト削減を実現したことが高く評価された。

6. おわりに

2017年6月、高速道路の完成によりオークランド市中心へのアクセスや通過が飛躍的に向上し、一日6万台以上が利用するようになった。

本プロジェクトでは、日本の建設技術やノウハウをインフラ整備に活かし、安全で安心して暮らせる社会の実現に海外でも貢献できることを示すことができた。

今後のグローバルなインフラ整備プロジェクトの発展が期待される中、40以上の国籍の違う人々が集結したプロジェクトにおいて活躍できる事例として参考となれば幸いである。

JCMA

【筆者紹介】

佐藤 誠治 (さとう せいじ)
株式会社大林組
ロボティクス生産本部
課長

