

米国における湖中取水立坑と取水トンネルの湖底結合施工 (LAKE TAP)

(株)大林組 正会員 ○三野 秀作

(株)大林組 正会員 赤井 知司

1. はじめに

米国テキサス州オースティンにおいて、人口増加に伴う水需要増に対応する新設浄水場（Water Treatment Plant No. 4: WTP4）への送水を目的とした立坑とトンネルを施工した。本稿では、湖中に構築した取水立坑と取水トンネルの湖底接合、いわゆる“LAKE TAP”施工の具体的事例について述べる。

2. 工事概要

図-1 に工事位置を、図-2 に工事全体を、各立坑とトンネルの仕様を表-1に示す。掘削対象となる地質はテキサス州に広く分布する石灰岩であり、平均一軸圧縮強度 14.5Mpa、平均 RQD 96%、平均透水係数 1.2×10^{-6} cm/sec と透水性の低い均質な軟岩地山であった。しかし石灰岩が広く分布する地山では、鍾乳洞で知られるように地下水で侵食された空洞や溜り水に遭遇する可能性があった。トンネル掘削はロードヘッダーで行い、立坑はそれぞれの仕様に応じてロードヘッダー、レイズボーリング、オーガー削孔の3つの工法で掘削を行った。



図-1 工事場所

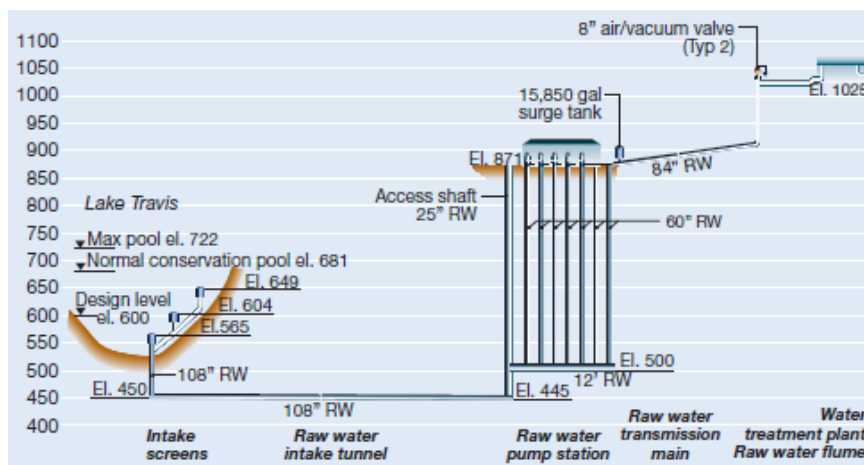


図-2 施工全体図

送水トンネル	延長 1,316m、仕上り径 2.7m、コンクリート覆工
取水トンネル	延長 1,162m、仕上り径 2.1m、鋼管敷設
ポンプ横坑	延長 30m、馬蹄形 15m ² 、コンクリート覆工
アクセス立坑	深さ 130m、仕上り径 7.65m、コンクリート覆工
プラント立坑	深さ 34m、仕上り径 2.1m、鋼管建込み
ポンプ立坑	深さ 108m x 5 本、仕上り径 1.5m、鋼管建込み
取水立坑	深さ 24m (湖底より)、仕上り径 2.7m、鋼管建込み

表-1 立坑とトンネルの仕様

2. 湖底接合 (LAKE TAP) について

湖に施工した取水立坑と送水トンネルを地中接合する“LAKE TAP”工事の技術的課題は、止水性と作業性の2つに集約される。止水性が確保できなければ、湖とトンネル切羽が通水、掘削停止、トンネル水没といった事態を引き起こす。また送水トンネルは小断面であり大型機械が使用できず、多くの作業が手作業となり、作業性を改善することが工期短縮と安全性向上につながる。以下に技術的課題と解決方法を示した。

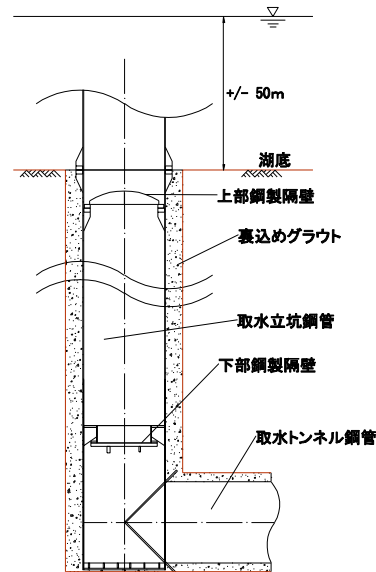


図-3 LAKE TAP 構造図

キーワード 湖底接合、ロードヘッダー、止水グラウト

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南2丁目15番2号 株式会社 大林組 TEL 03-5769-1318

3. トンネルと立坑接合部での止水性確保

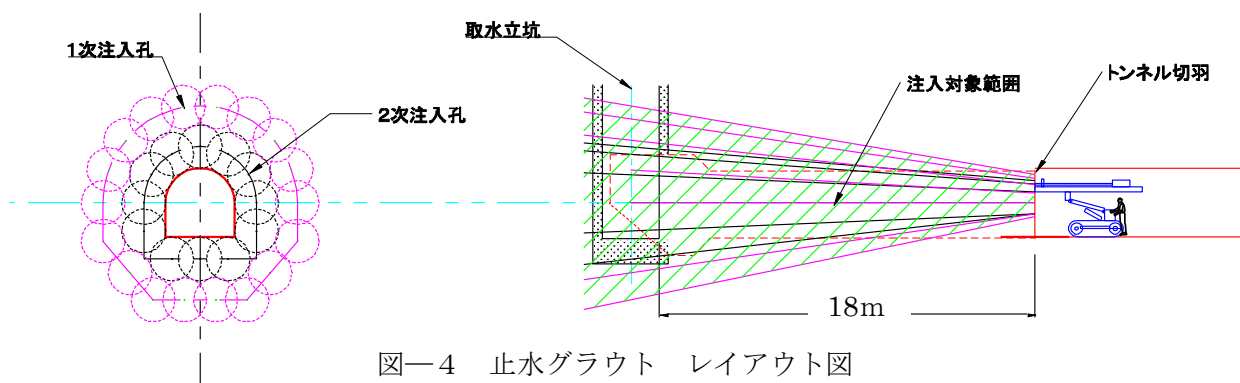
(1) 止水グラウトの配合選定

取水立坑手前約 18mでトンネル掘削を中断し、切羽からの止水グラウトを実施した。当初設計では、超微粒子セメントを使用した高い浸透性と、高い初期強度による瞬結性との、相反する性状がグラウト材料に求められていた。しかし、このようなグラウト材料では、湖底岩盤や立坑裏込めグラウトの亀裂に止水グラウトが圧入できず止水性向上が期待できない。そこで、表—2 に示す目的別に 3 種類の止水グラウト配合を発注者に提案し了承を得た。

表—2 各種グラウト配合

	当初設計	配合①	配合②	配合③
目 的		岩盤の亀裂を止水	比較的大きな空洞の充填	ボーリング削孔時の突発湧水を止水
硬化材	超微粒子セメント : W/C = 100%	超微粒子セメント : W/C = 100%	普通セメント W/C = 100%	超微粒子セメント W/C = 89% + 水ガラス
混和剤	ブリーディング < 5%	減水剤&ブリーディング抑制剤	減水剤&ブリーディング抑制剤	減水剤
強 度	初期凝結 : 2 時間以下 4 時間 : 0.7 MPa 8 時間 : 1.4 MPa	2 日 : 3.2 MPa 3 日 : 5.8 MPa	2 日 : 8.9 MPa 3 日 : 9.3 MPa	初期凝結 : 45 分 4 時間 : 0.7 MPa 8 時間 : 3.9 MPa

注入範囲は、トンネル掘削断面と取水立坑鋼管接続部の止水確認とグラウトを同時に施工できるように、ボーリング孔を放射状に配置した (図—4)。さらに、ボーリング孔は、止水性を高めるため外側に 1 次注入孔、内側に 2 次注入孔を配置した。また、グラウト注入は、湖の水頭 50 m (0.5 MPa) より若干高い 0.6 MPa を上限注入圧力とする圧力管理によって施工した。



図—4 止水グラウト レイアウト図

(2) 取水立坑鋼管の設計変更

立坑とトンネルの接合部は 2 つの鋼管が交差し応力集中を起こすため、クローチプレートが設計で指定されていた (写真—1)。しかし、重量のあるクローチプレート (板厚 50 mm) を狭隘なトンネル坑内で設置することは困難であったため、応力集中に対応できるように鋼管厚を厚くすることでクローチプレートが省略できると提案した。その結果、応力集中部の取水立坑鋼管とトンネル鋼管の鋼管厚を 15 mm から 31 mm にすることで設計変更は認められ、クローチプレートを省略し作業の施工性と安全性を向上することができた。



写真—1 クローチプレート (例)

4. おわりに

本工事の Lake Tap は、地山の不透水性、裏込めグラウトの止水性の良さにより大きな問題なく工事を終えることができた。ここに記載した Lake Tap 施工はどのような地山条件にも参考になると考える。この実績を参考に様々な工事条件に合わせて活用していただければ幸いである。