

水平長尺コントロールボーリングと三次元位置計測システムについて

鉄 建 建 設	* 1	正 員	○宮崎 亮司	上村 隆三	灰田 将次郎
日本鉄道建設公団	* 2		小幡 芳文		
住鉱コンサルタント	* 3		川西 繁		
ケミカルグラウト	* 4		佐藤 知則		

1. はじめに

近年のトンネル工事は、路線線形等が優先されて計画される傾向にあり、不利な地形・地質条件の中で施工しなければならないことが多いのが現状である。その際、多量の湧水が予想される場合には、トンネル予定路線の帯水状況を正確に把握した後、施工を行う必要があるといえる。そのため、事前にボーリング調査を行い、調査結果をもとに水抜きボーリングを先行して実施することが非常に重要となる。しかしながら、多量の湧水を伴う複雑な地質環境においては、工法上の制約による技術的問題点が多く、既存技術のみでは施工が困難であるのが現状である。本文では、北陸新幹線飯山トンネル上倉工区において施工中の水平長尺コントロールボーリングについて、中間段階ではあるが、その施工実績データが得られたので報告する。

2. 水平長尺コントロールボーリング

(1) 概要

当該工事は、トンネル施工区間における水抜きを目的とした掘削長 1000m 以上の水平長尺コントロールボーリング工事であり、帯水状況、地質状況を把握することを目的とする。本ボーリングは、本坑センターより左 14.5m の坑外より施工している。トンネルに対する水抜き効果を高めるために、300～1000m 以上の区間については、本坑センターに対して左 20m 以内、右 5m 以内、本坑掘削基準面より -15m 以内の範囲を設け、この範囲内にボーリング孔を収めることとしている（図-1）。そのため、任意位置へのコントロール掘削の実施と、位置計測システムの導入によるリアルタイムの孔芯位置管理が必要となる。

(2) 長尺ボーリング掘削システム

掘削は、0～300m 間は空気圧を利用した打撃力により掘進する二重管エアハンマー掘削工法を用いた。また、300～1000m 以上は、水平長尺ハイブリットシステムを用いて外管（ケーシング）先端から突出した位置で拡張する拡張装置（図-2）を装着した掘削機構を有し、特殊キー構造により掘削と同時にケーシングの追従を容易にしたシステムを用いた。

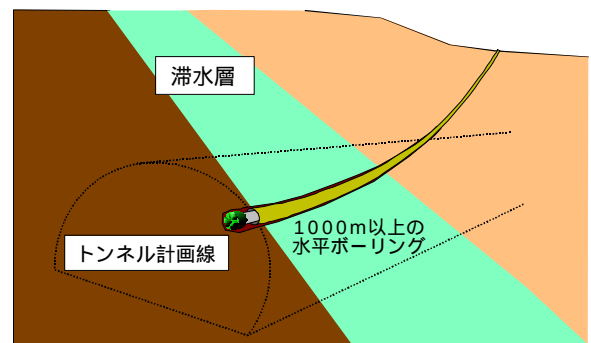


図 - 1 概念図

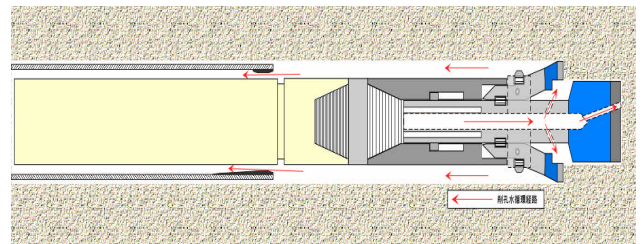


図 - 2 拡張装置

キーワード：コントロールボーリング、三次元位置計測、水抜き

連絡先 * 1	〒389-2253	飯山市大字飯山字元宮 1875-1	TEL 0269-62-2550	FAX 0269-62-3573
* 2	〒380-0936	長野市大字中御所字岡田 45-1	TEL 026-223-9638	FAX 026-223-9681
* 3	〒160-0021	東京都新宿区歌舞伎町 2-16-9	TEL 03-3205-6031	FAX 03-3205-6034
* 4	〒107-8309	東京都港区元赤坂 1-6-4	TEL 03-3475-0201	FAX 03-3475-1545

長尺ボーリングの方向制御に関しては、先端にダウンホールモーターを装着することにより、計画位置を逸脱した場合の孔芯修正掘削が可能である。ダウンホールモーターは循環流体を原動力とし、孔内にて回転するモーターでビットを回転させる先端駆動型掘削システムであり、ロッドを回転させることなく掘削することが可能であることから、任意方向への偏向を行う偏芯サブを取り付けて方向制御を行うことができる。

3．三次元位置計測システム

(1)計測システムの概要

水平長尺ボーリングにおける課題の一つに掘削精度の確保が挙げられる。通常、掘削距離が伸びるほどその精度確保は難しいのが現状である。本システムは内管先端のロッドと削孔システム（ダウンホールモーター等）の間に特殊な計測ユニットを搭載し、掘削中の先端位置を高精度かつリアルタイムに把握できるものである。このシステムは従来の挿入式のものと比較して、高精度で、かつリアルタイムに位置検知が可能であり、オペレーターが必要に応じて軌道を修正できることから掘削精度が格段に向上するものである。

(2)計測システムの構成

本システムは先端掘削部側でダンパー構造とクラッチ機構（図 - 3）をもった計測ユニットと穿孔機側のリモート制御盤および中央制御盤にて構成されている。

計測原理は、計測ユニットに搭載した特殊ジャイロユニットで姿勢角を検出し、穿孔機の挿入距離と演算することで、リアルタイムに3次元の座標（図 - 4、図 - 5）が得られる機構となっている。

本システムに搭載している特殊ジャイロユニットは、掘削中に一定時間ごとの補正演算（1分間）を行うことで従来のジャイロにはない高精度計測を可能にしている。

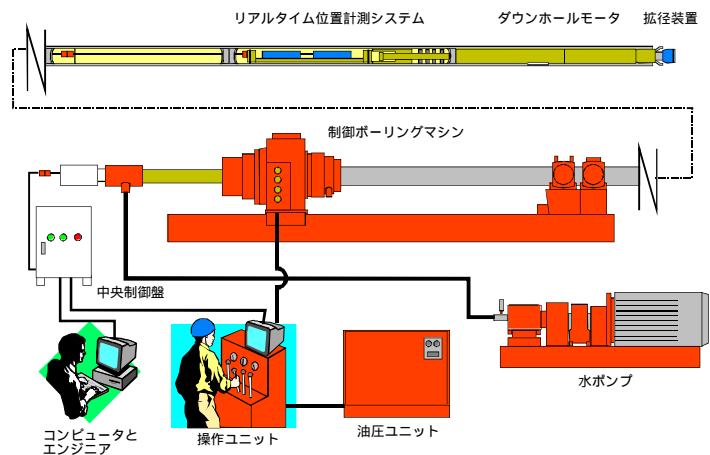


図 - 3 水平長尺コントロールボーリングシステム

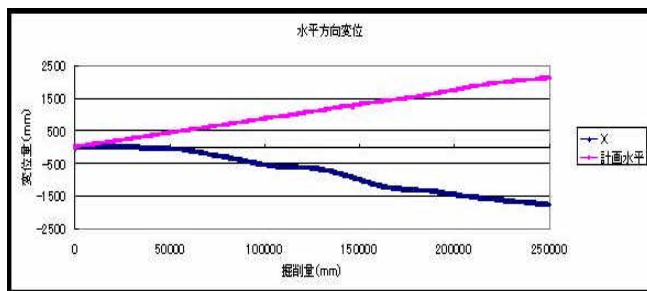


図 - 4 水平方向変位

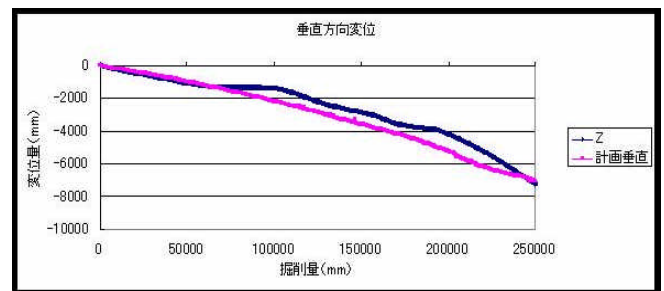


図 - 5 垂直方向変位

（掘削深度 250m までの掘削計画位置と実測値との比較）

4．おわりに

本施工の結果から、山岳トンネルの水抜きのための長尺（1000m 級）コントロールボーリング工法の施工の可能性が確認できた。今後は、実際のボーリング位置をトンネル基線付近に正確に沿わせることと、合理的に水位低下を図るための改良、特に孔壁保護対策（ケーシング追従工法の効果的な採用）および工期短縮におけるコスト縮減も含めた研究開発が必要となる。なお、本文作成にあたって、日本鉄道建設公団北陸新幹線局のご指導いただきました。ここに謝意を表します。