鏡補強を兼用した小口径長尺フォアパイリングの効果に関する解析的検証

株式会社ケー・エフ・シー　（正）○岡部　正
株式会社ケー・エフ・シー　（正）松尾　勉

１．はじめに

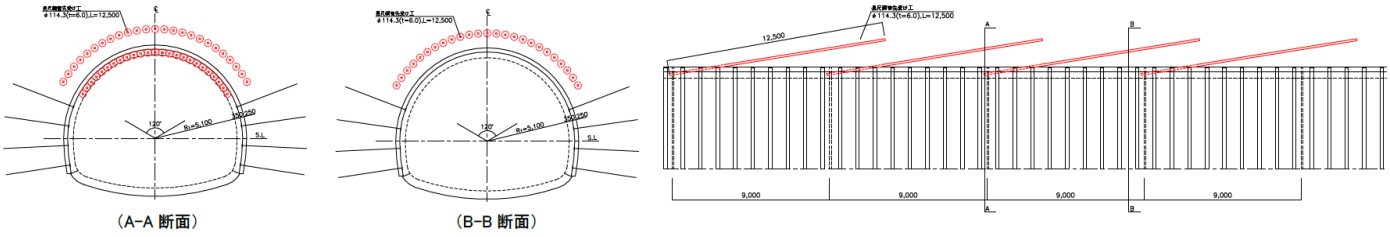
近年における山岳トンネルの補助工法は、切羽安定化対策工として「長尺フォアパイリング」、「長尺鏡補強工」等の長尺の切羽補強工が採用される機会が増えている．特に地山状況が脆弱な場合や、周辺環境への影響が懸念される場合には、長尺フォアパイリングと長尺鏡補強工を併用したパターンも効果的であることが確認されており、鏡面の補強効果についても切羽安定化、先行ゆるみ抑制のための重要なファクターとなっている．設計段階においては、長尺フォアパイリング単体で一般的に計画されることが多いが、施工段階において、想定よりも地質状況が悪いと評価される場合には切羽前方鏡部の不安定現象が生じるリスクを伴っている場合もある．本検討は、そのようなリスクを低減することを目的とした配置パターンについて提案を行う．

２．工法概要

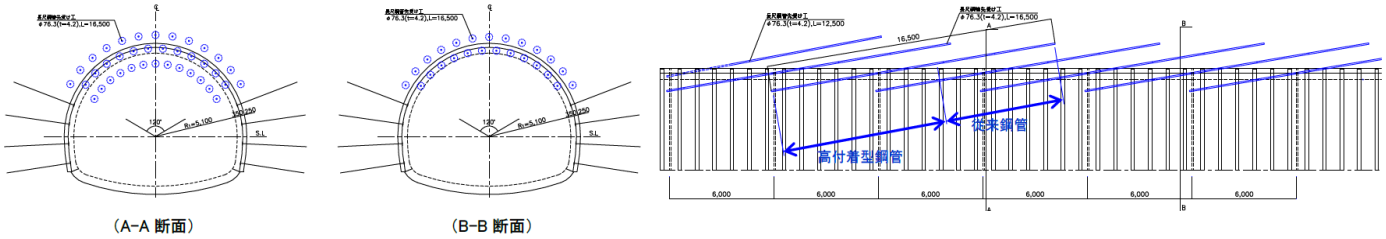
提案する工法は 16.5m 程度の小口径鋼管を鏡部上部より天端に向かって打設配置することにより、従来のフォアパイリングで補強される「天端部」とともに崩壊リスクの高い「鏡部の上部地山」の補強を行うことができ、より高い周辺地山の塑性化抑制効果が期待できる．また、鏡部に配置される鋼管については、押出し挙動に抵抗するため鋼管表面に溝等を加工した「高付着型鋼管」を配置する．　**図-1** に従来の長尺フォアパイリングと提案する本工法の配置概要図を示す．

３．数値解析による比較検証

本工法の効果を検証するため、3 次元数値解析モデルによる従来の長尺フォアパイリングとの比較検証を行う．尚、使用する解析コードは FLAC3D（Itasca 社製）である．解析モデル図を**図-2** に示す．また、**表-1** に解析で用いた地山の入力物性値を示す（未固結な砂礫土を想定）．



（長尺フォアパイリング、φ114.3mm、L=12.5m、1 シフト長 9m、@45cm）



（鏡補強兼用型長尺フォアパイリング、φ76.3mm L=16.5m、1 シフト長 6m、@90cm 千鳥配置）

図-1　工法概要図

キーワード　長尺フォアパイリング、鏡補強兼用、数値解析
連絡先　〒105-0011　東京都港区芝公園 2-4-1 芝パークビル B 館 11F　株式会社ケー・エフ・シー　ＴＥＬ03-6402-8257

３．解析結果

図-3､4 に各ケースにおけるせん断ひずみ量分布図および塑性領域図を示す．評価を行う切羽位置は、次のシフトを打設する一基手前（鋼管と掘削壁面の離れが最も最大の位置）である．解析結果より、鏡補強兼用型長尺フォアパイリングは、従来の長尺フォアパイリング工よりも鋼管剛性が小さいにもかかわらず、切羽周辺地山に発生するひずみ量、塑性領域の抑制効果が高いことが解析的に示された．特に従来の長尺フォアパイリングの場合、次シフト打設前の断面においては鋼管と掘削壁面の離れも大きくなっていることから、周辺地山に発生する塑性領域は大きいことが確認された．鏡補強兼用型長尺フォアパイリングは次シフト打設前においても鏡部の外周部が補強されていることから、トンネル掘削解放断面を小さくしながら掘削する効果が期待できる．

また、表-2 に各種部材の軸力、曲げモーメントの分布図を示す．従来の長尺フォアパイリングに比較し鏡補強兼用型長尺フォアパイリングは、発生する曲げモーメントは小さくなるが、軸力が大きく発生し、引張抵抗による作用機構がみられる．このことから本工法の配置においては鋼管の曲げ剛性よりも引張剛性が重要となる．

４．考察

本検討より、提案する鏡補強兼用型長尺フォアパイリングは従来工法よりも同等以上の効果が期待できることが解析的に示された．今後は他の地山条件での解析及び実施工による検証を進めていく次第である．

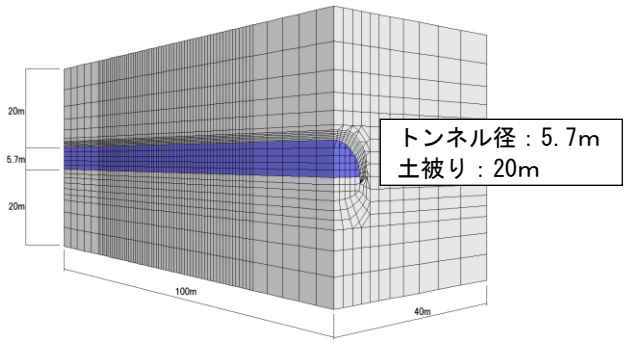
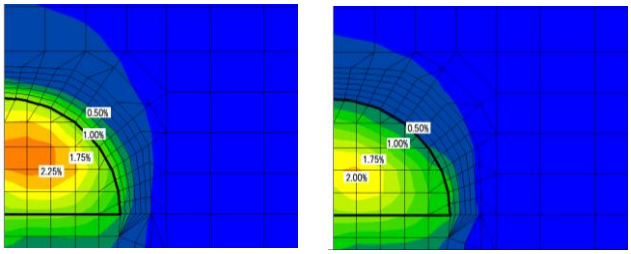


図-2　解析モデル図

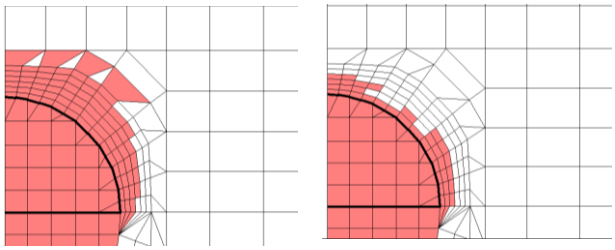
表-1　地山入力物性値

単位体積重量(kN/m³)	変形係数(MPa)	ポアソン比	粘着力(kPa)	内部摩擦角
19	50	0.35	10	35



（長尺フォアパイリング）　（鏡補強兼用型長尺フォアパイリング）

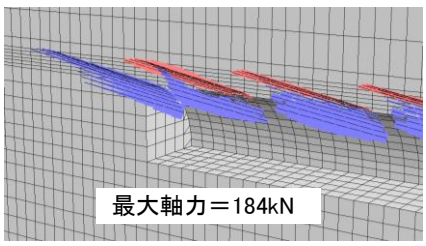
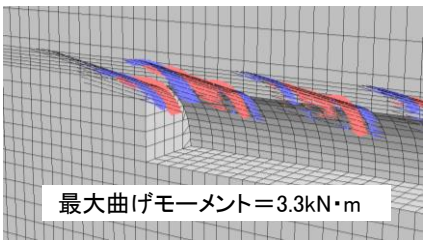
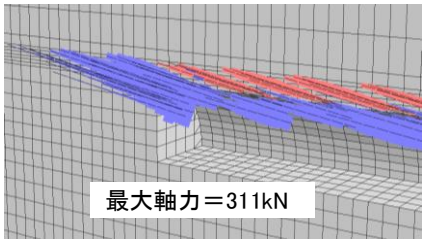
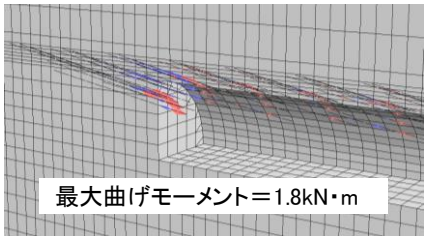
図-3　せん断ひずみ量分布図



（長尺フォアパイリング）　（鏡補強兼用型長尺フォアパイリング）

図-4　塑性領域分布図

表-2　部材力分布図（軸力・曲げモーメント）

	軸力分布図	曲げモーメント分布図
従来長尺フォアパイリング		
鏡補強兼用型長尺フォアパイリング