

高付着型鋼管のトンネル補強工への適用に関する解析的評価

鹿島建設(株) 正会員 山本 拓治 横田 泰宏
(株)ケー・エフ・シー 正会員 ○岡部 正

1. はじめに

脆弱な地質条件における山岳トンネルの掘削工事を合理的かつ安全に進めるためには、長尺の鋼管や GFRP 管を用いたトンネル補助工法を採用する必要がある。近年、長尺先受け工や切羽補強工のメカニズムに関する研究は多く行われているが、補強部材の選定手法や作用機構の評価は明確にされていない部分も多い。本報告は、補強部材の引抜抵抗による作用効果に着目し、従来の表面が平滑である鋼管と、付着耐力向上を目的に開発した「縞付き鋼管」について、数値解析手法を用いた比較検討を行ったものである。これまでに実施した切羽補強部材としての報告は多く¹⁾、今回は先受け工や脚部補強工としての有効性に関する評価を行った。

2. 工法概要

長尺先受け工や脚部補強工は、補強部材が芯材として効果を期待する場合もあり、その際は軸方向部材として抵抗するため、補強部材の付着耐力が重要であると考えられる。縞付き鋼管は、通常長尺先受け工や脚部補強工に用いられる鋼管径 $\phi 114.3$ に対し、小口径（鋼管径 $\phi 101.6$ ）ではあるが、鋼管の表面を縞模様とすることにより、付着耐力（定着材はプレミックスモルタル）は通常鋼管のおよそ8倍程度となる。

3. 解析条件

対象とする補助工法パターンは坑口部等で多く用いられている「長尺先受け工」および「脚部補強工」とした。各工法の概要図について図-1に示す。解析モデルはトンネル掘削半径を6.2mとし土被りは1.5D（D：トンネル径）とした（図-2）。表-1、2に地山および補強部材の入力物性値について示す。

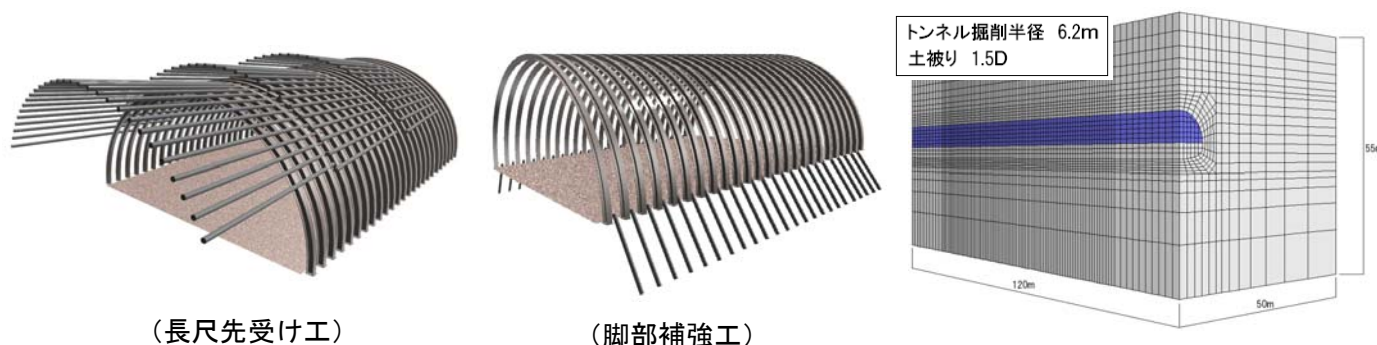


図-1 対策工概要図

図-2 解析モデル図

表-1 地山入力物性値

単位体積重量 (kN/m ³)	弾性係数 (MN/m ²)	ポアソン比	粘着力 (kN/m ²)	内部摩擦角 (°)
19	50	0.35	8 (≒0)	35

表-2 補強部材入力物性値

	概要図	断面積 (mm ²)	断面係数 (cm ²)	グラウト付着強度 (kN/m)	グラウト付着剛性 (kN/m/m)
鋼管(従来) $\phi 114.3(t=6.0)$		2,041	52.5	75	5×10^4
縞付き鋼管 $\phi 101.6(t=6.0)$		1,802	40.7	665	6×10^4

キーワード 補助工法, 長尺先受け工, 脚部補強工, 付着耐力

連絡先 〒135-0064 東京都江東区青海2丁目4番32号 (株)ケー・エフ・シー 技術部 TEL03-3570-5186

4. 長尺先受け工への適用検討

図-3 に長尺先受け工として配置した場合における各ケースの最大せん断ひずみ図を示す。天端部に着目すると、長尺先受け工無しに比較し、従来鋼管と1ランクサイズダウンした縞付き鋼管は同等のひずみ抑制効果があることが分かった。また、図-4 に長尺先受け工の軸力、曲げモーメント図を示す。縞付き鋼管に発生する曲げモーメントは従来鋼管に比較し小さいが、付着切れが生じないため軸力は大きく発生し、むしろ軸方向の抵抗力が高いことが分かった。

5. 脚部補強工への適用検討

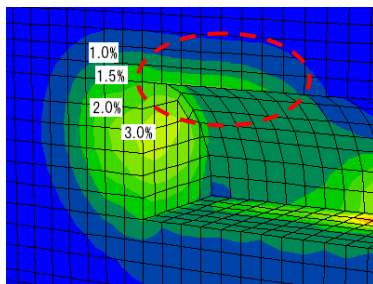
図-5 に脚部補強工として配置した場合における最大せん断ひずみ図を示す。脚部補強工無しの場合は、上半脚部より地表に向かってすべり線が発生する分布モードがみられるが、縞付き鋼管による脚部補強工は従来鋼管に比較し、孔径が小さいにもかかわらずひずみの発生を抑制する効果が高いことが分かった。

6. まとめ

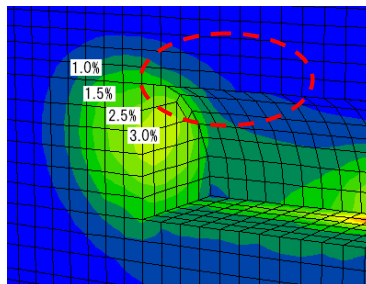
今回開発した「縞付き鋼管 (φ101.6)」は、従来の鋼管 (φ114.3) に比較し、断面係数が小さいにもかかわらず、軸方向の付着力向上に伴う摩擦抵抗により、長尺先受け工としての適用時にはφ114.3 と同等の効果が期待できることを確認した。また、脚部補強工としての適用時には、従来鋼管を上回る効果が解析的に確認された。今後は他の地質条件での追加解析や実現場への適用性について検討していく予定である。

参考文献

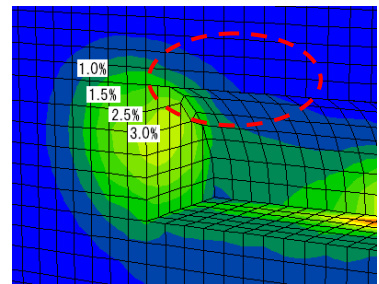
- 1) 横田泰宏, 伊達健介, 山本拓治, 辻孝志, 岡部正: 縞付き鋼管による切羽補強工法の開発, トンネル工学報告集第20巻, pp. 175-181, 2010.



(長尺先受け工無し)

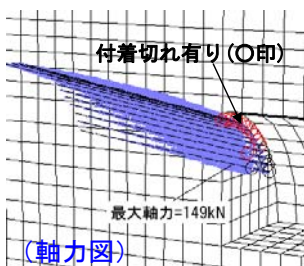


(長尺先受け工：従来鋼管)

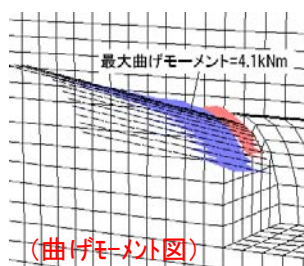


(長尺先受け工：縞付き鋼管)

図-3 最大せん断ひずみ分布図 (長尺先受け工比較)

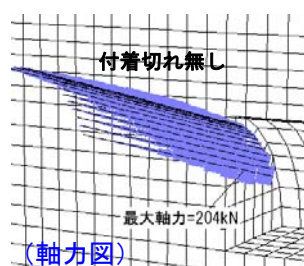


(軸力図)

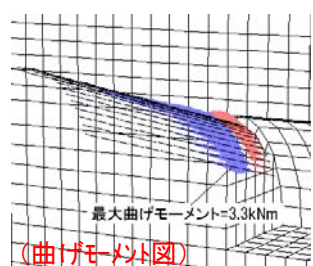


(曲げモーメント図)

従来鋼管 (φ114.3)



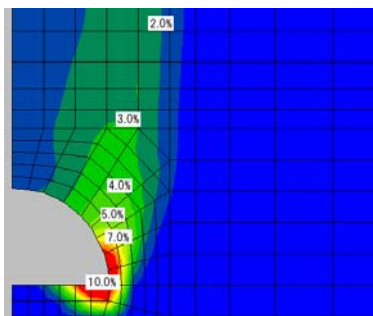
(軸力図)



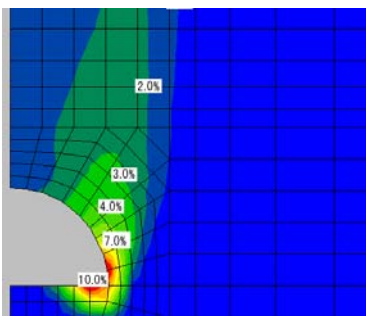
(曲げモーメント図)

縞付き鋼管 (φ101.6)

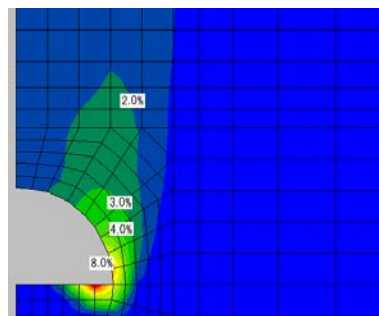
図-4 長尺先受け工部材力図



(脚部補強工無し)



(脚部補強工：従来鋼管)



(脚部補強工：縞付き鋼管)

図-5 最大せん断ひずみ分布図 (脚部補強工比較)