

高付着型鋼管の盤ぶくれ対策工への適用とその効果に関する解析的検討

株式会社ケー・エフ・シー ○(正) 岡部正、(正) 松尾勉
 鹿島建設株式会社 (正) 山本拓治、(正) 伊達健介、(正) 横田泰弘

1. はじめに

近年、トンネルの経年劣化による補修・補強対策について課題となっているが、年代の新しい堆積岩等において長期的な地圧が作用する場合や、膨張性を呈する地質条件において、盤ぶくれ現象にともなう路盤の隆起等による建築限界への影響や走行の安全に支障を及ぼすことなどが問題となる。本報告では、掘削時の補助工法として用いられている「高付着型鋼管」を供用トンネルの盤ぶくれ対策として提案し、数値解析手法を用いて適用性に関する解析的検討を行った結果を報告する。また、インバートの設置や補強の際のインバート部の開削時における影響とその対策工についても解析により評価を行った。図-1 に盤ぶくれ対策工の、図-2 にインバート開削時における影響に関するイメージ図を示す。

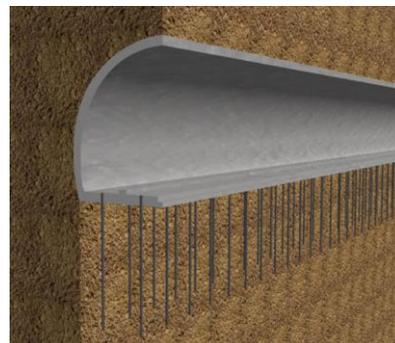


図-1 盤ぶくれ対策工のイメージ図

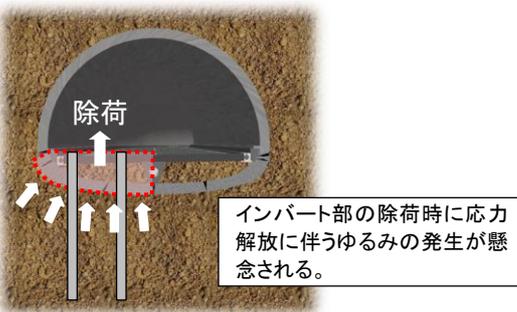


図-2 インバート部開削時の影響

2. 「高付着型鋼管」の概要¹⁾

「高付着型鋼管」は、鏡部の押し出し対策工として開発された小口径の補強工であり、付着耐力の向上を目的として表面に縞状の突起加工された特殊鋼管である。「高付着型鋼管」の外観を図-3 に、諸元を表-1 に示す。



図-3 高付着型鋼管

3. 解析モデル²⁾

供用中のトンネルの解析的評価を行う際は、時間依存性を考慮した地山の経年劣化をモデル化する必要がある。地山の経年劣化の手法については、野城らにより提案されている地山のせん断強度を低下させて周辺地山の変形を表現する「地山劣化モデル」²⁾を用いた。この手法は、内空変位や路盤鉛直変位等の実測値より強度劣化の速度係数 α を求めて行うものであるが、本報告では、速度係数は、凝灰岩を対象とした参考値²⁾を用いた。解析モデル図を図-4 に示す。また地山の入力物性値を表-2 に示す。強度を劣化させる範囲は、トンネルモデルの中間部 20m間とし、断面方向の範囲は天端より下の領域として粘着力を低減させる。なお、粘着力の劣化については、10 年後には 63kPa、20 年後には 20kPa となる。使用する解析コードは FLAC3D (有限差分法) とした。

表-1 高付着型鋼管の諸元

	従来鋼管	高付着型鋼管
管径(mm)	76.3	76.3
厚さ(mm)	4.2	4.5
付着強度(kN/m)	50	400

表-2 地山物性値

トンネル径: 6.2m 土被り: 55m	単位体積重量 (kN/m ³)	20
	変形係数(MPa)	100
	ポアソン比	0.35
	粘着力(kPa)	200
	内部摩擦角(°)	30
	強度低下速度係数(1/年)	0.115

図-4 解析モデル

4. 経年による盤膨れ対策工の検討

本検討は、トンネル供用後 10 年目に対策工を施工したものとし、20 年後のトンネル変状について解析的に評価を行う
 キーワード 盤ぶくれ対策、高付着型鋼管、数値解析

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設株式会社技術研究所 TEL 042-489-6668

う。比較ケースとして対策工なし、従来鋼管による対策工のケースについても評価する。対策工の鋼管長さは6m、打設間隔は1.5mとした。図-5に各ケースにおける路盤隆起の最大値を示す。また、図-6に各ケースにおける変位量分布図を示す。対策工なしの場合、路盤隆起量が経年とともに著しく増加する傾向がみられるが、対策工を施すことにより路盤隆起量を抑制することができる。また、とくに「高付着型鋼管」による対策工は、従来鋼管に比較し、路盤変状の増加をより効果的に抑制できることが解析的に示された。路盤変位の最大値は、脚部付近に集中しているが、これは側壁側から底盘部に回り込むような変形モードとなり、ひずみが脚部付近に集中しているためと考えられる。図-7に対策工である鋼管の軸力分布図を示す。「高付着型鋼管」による対策工は、付着切れの発生がみられず、従来鋼管に比較し、2倍程度の軸力が発生することが示された。

5. インバート部開削時の影響

図-8に、供用後10年経過時において、インバートの設置や改築を想定して、インバート部を開削した際の変位量分布図を示す。インバート部の開削により、荷重が除荷され、トンネル下部地山の隆起現象が発生している。対策工なしの場合には、86mmの最大変位量が確認されるが、「高付着型鋼管」により半分程度(48mm)まで変位を抑制する効果が示された。

6. おわりに

本報告では、特定の地山条件内ではあるが、提案する「高付着型鋼管」による対策工は、盤ぶくれ対策として有用であることが示された。特にインバートが無く比較的路盤変状が大きい条件ではより効果的である。今後は、ロックボルト、マイクロパイル等の従来工法との比較や、効率的な施工方法について検討していく予定である。

参考文献

1) 岡部正、井本厚、横田康宏、伊達健介、山本拓治：高付着鋼管による切羽補強工の効果に関する施工実績と解析的評価、トンネル工学報告集第21巻、2011年

2) 野城一栄、嶋本敬介、中西祐介、小島芳之：山岳トンネルの路盤隆起補強工の効果とその設計手法、鉄道総研報告書、Vol.26、No.4、2012年

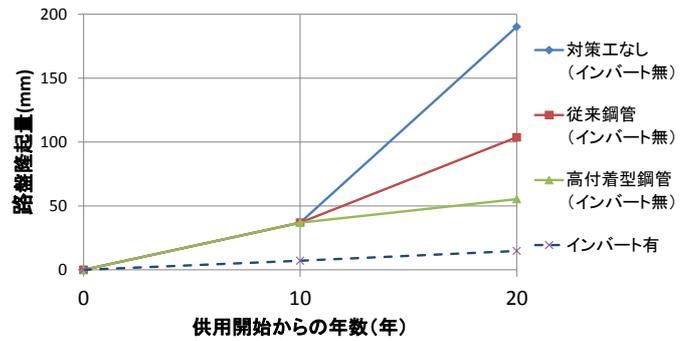


図-5 路盤隆起最大値の経時変化

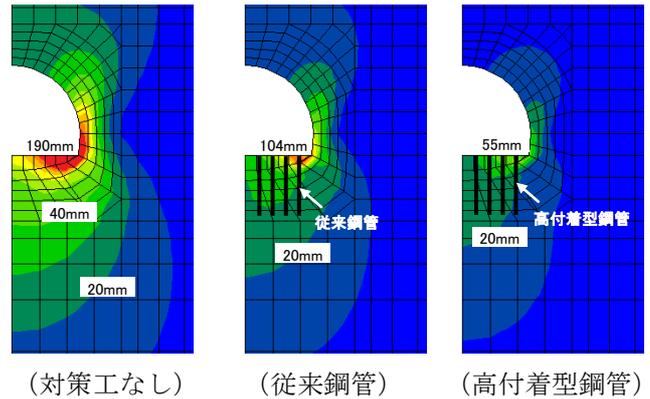


図-6 変位量分布図(供用開始後20年)

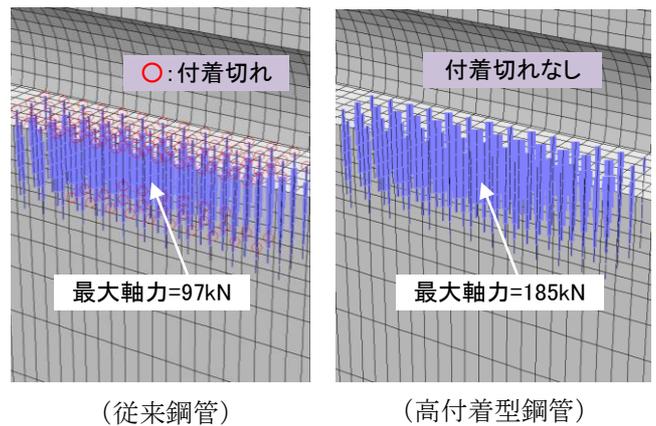


図-7 対策工の軸力分布図

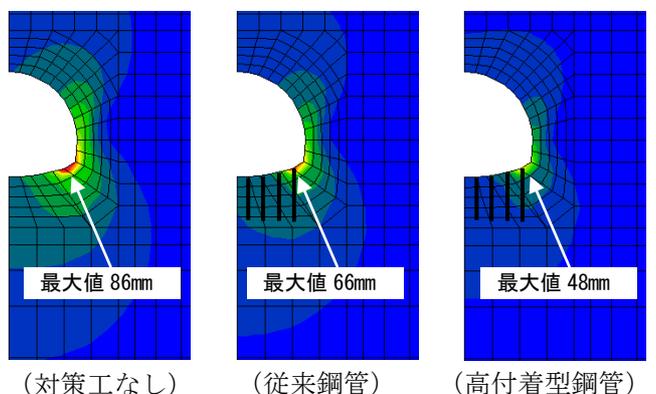


図-8 変位量分布図(インバート部開削時)