

ロックボルトと内面補強工の併用工法に関する解析的検討

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、トンネルの経年劣化による補修・補強対策が課題となる中、各種の対策工が採用されているが、明確な設計手法が確立されていないのが現状である。特にトンネル周辺地山の劣化に伴う変状対策については、対策工の併用による補強パターンも考えられる。本報告では補強対策としてロックボルトと内面補強工の併用パターンに着目し、数値解析モデルにより効果の検証を行った。

2. 「ロックボルトと内面補強工の併用工法」の概要

ロックボルトは、「摩擦式膨張ボルト」を対象とした。「摩擦式膨張ボルト」は、交通規制等の施工時間の制約がある場合において、充填材を用いないため、安定した施工品質と施工速度の短縮に寄与するものと考えられる。内面補強工は、炭素繊維シートの厚みを大きくし強度を高め、帯状に設置する「炭素繊維帯板」とした。対策工の概要図を図-1に示す。

3. 解析モデル

供用中のトンネルの解析的評価を行う際は、地山の時間依存性を考慮した経年劣化を考慮する必要がある。地山の経年劣化については、嶋本らによる破壊接近度に応じて地山のせん断強度を低下させるモデル¹⁾を用いた。解析モデル図を図-2に示す。また地山の入力物性値を表-1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間とした。使用する解析コードはFLAC3D(有限差分法)とした。覆工コンクリート、各対策工の入力物性値を表-2に示す。「摩擦式膨張ボルト」はケーブル要素によりモデル化した。また、覆工の巻厚不足を想定したモデルケースについても解析を行った。巻厚不足のモデルは上半120°範囲の覆工厚さを200mmとした。覆工コンクリートは引張強度に達すると引張強度をゼロとするモデルとした。

3. 解析結果

解析結果として、図-3に40年経過後の覆工の変位量分布図を示す。対策工無しの場合に比較し、「摩擦式膨張ボルト+炭素繊維帯板」は覆工変位の抑制効果が見られる。

キーワード 変状対策、ロックボルト、内面補強工、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 TEL 03-6402-8257

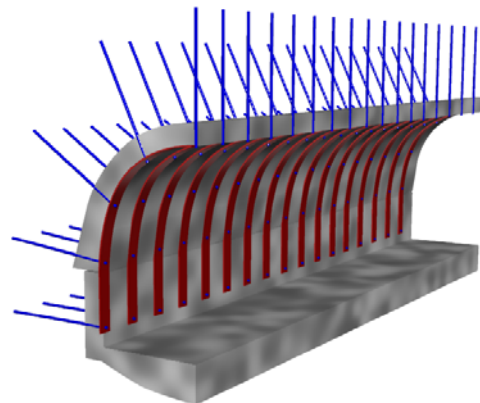


図-1 ロックボルトと内面補強工併用イメージ図

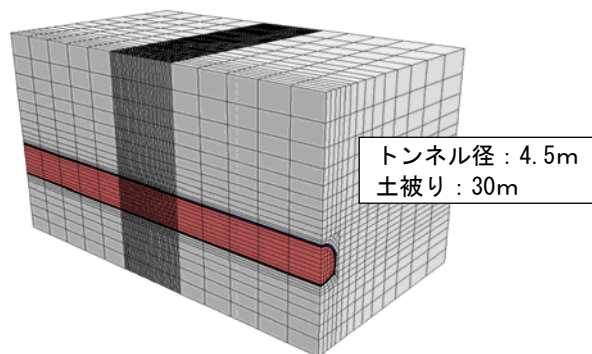


図-2 解析モデル図

表-1 地山の入力物性値

単位体積重量(kN/m ³)	変形係数(MPa)	ポアソン比	粘着力(kPa)	内部摩擦角
20	100	0.35	200	35

表-2 覆工・対策工の入力物性値

	覆工	摩擦式膨張ボルト	炭素繊維帯板
モデル	Solid	Cable	Shell
数量	—	6本×20	20基
変形係数(GPa)	20	210	245
断面積(mm ²)	—	420	2,800
厚さ(mm)	500	—	2.8
引張強度(kN)	2,000	180	—
付着強度(kN/m)	—	100	—

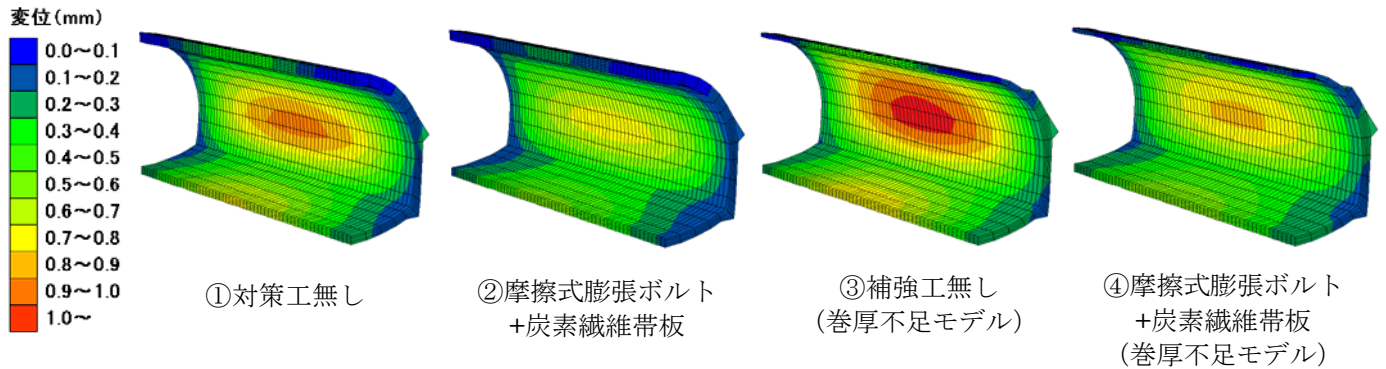


図-3 覆工変位量分布図 (40 年後)

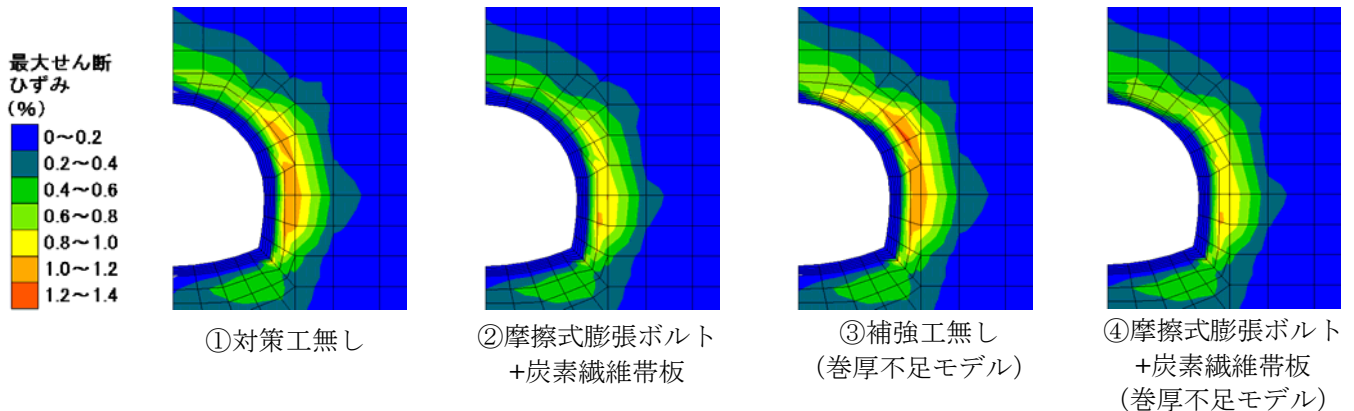


図-4 最大せん断ひずみ量分布図 (40 年後)

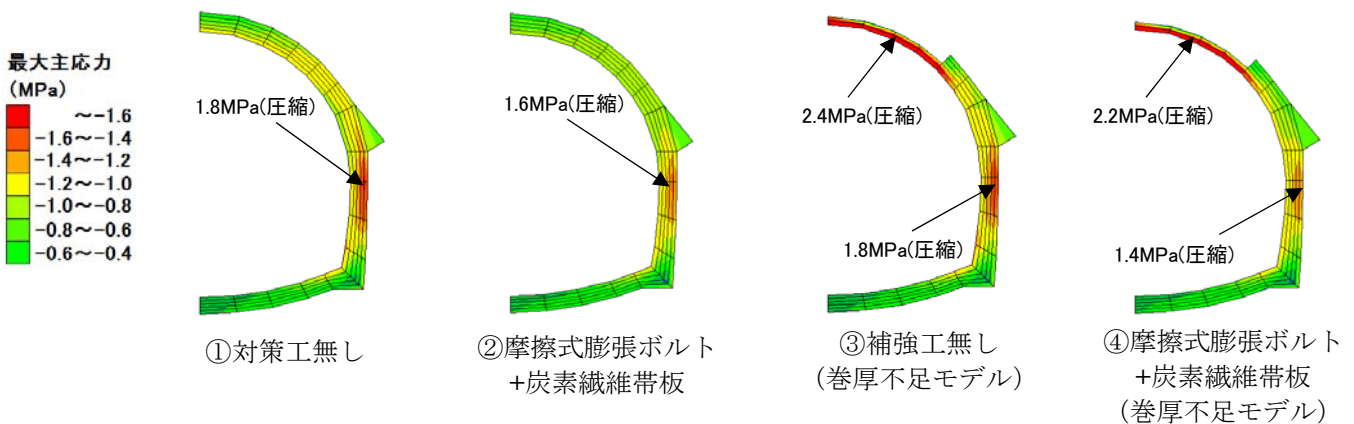


図-5 覆工最大主応力分布図 (40 年後)

また、上半 120°範囲に巻厚不足を想定したモデルにおいては、覆工に発生する変位はより大きくなり、最大値は巻厚が健全な場合と同様に側壁部に発生している。図-4 に最大せん断ひずみ量分布図を示す。図-4 では覆工の変位分布図と同様にトンネル肩部より下の側壁部にひずみが集中するような分布状況となっている。また、摩擦式膨張ボルトの地山補強効果により、最大ひずみ量の抑制が示されているものと思われる。図-5 に覆工の最大主応力分布図を示す。地山のひずみが集中した側壁部に圧縮応力が発生している。巻厚不足を想定したモデルでは巻厚不足部（上半 120°範囲）に最大応力が発生している。本条件では覆工の引張破壊まで至らない結果となったが、破壊が起こるような場合は、内面補強工（炭素繊維帯板）の効果がより発揮されるものと考えられる。今後は、部材応力や覆工応力等を更に精査し、対策工の効果発現のメカニズムを解明していくこととする。

参考文献

1) 嶋本敬介、野城一栄、小島芳之、塚田和彦、朝倉俊弘：建設時の影響を考慮した山岳トンネルの路盤隆起現象とその対策工に関する研究、土木学会論文集 F1(トンネル工学)、Vol.69、No.2、pp.105-120、2013