

3次元 FEM 解析による既設開削トンネル側壁開口時の補強桁設置効果及び全体挙動の評価

中央復建コンサルタンツ(株) 正会員 ○坂田智基 室谷耕輔
(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 仲山貴司 西山和宜 津野究

1. はじめに

近年、都市圏の鉄道地下駅ではバリアフリー化や混雑緩和を目的として、ホーム・コンコースのリニューアルや出入口増設、線路増設等により、既設開削トンネル側壁の一部を開口して、新設トンネルと接続する改造工事が増加している¹⁾。この時、既設側壁の一部が撤去されることで、開口部分により負担されていた断面力(荷重)の3次元的な再配分が生じると考えられるが、一般的に設計で用いられる2次元フレーム解析ではその挙動を評価できないことから、開口部に剛性低下を考慮した仮想梁を設置した2次元フレーム解析を行い、開口部に作用する反力を負担する補強桁を設置して構造安全性を確保しているのが現状であり、開口時の3次元挙動を把握することが重要となる。

そこで、本検討では3次元 FEM 解析により既設開削トンネル側壁開口時の挙動をシミュレーションし、補強桁設置による全体挙動を評価するとともに、補強桁を設置しない場合の挙動との比較も行う。

2. 検討モデルおよび解析条件

検討モデルと3次元解析モデルを図-1、2に示す。2層2径間の開削トンネルを対象として、B1 階側壁に高さ 3.8m、スパンを 15.2m~1.9m に変化させた開口を設け、開口部には補強桁を設置する場合としない場合について検討する。その他の条件は、参考文献 2)に示す。

3. 検討ケース

検討ケースを表-1に示す。検討は、開口高を 3.8m、開口スパンを 15.2m~1.9m(スパンと高さの比 L/h は 4.00~0.50)に変化させた6ケースとし、補強桁諸元は2次元フレーム解析結果より得られた反力から設計したものを設定する。

4. 検討結果

(1)曲げモーメント分布: 図-3 に開口なし、開口あり(補強桁あり)および開口あり(補強桁なし)のトンネル横断面の曲げモーメント分布を示す。開口ありの場合でも、補強桁を設置することで、開口なしと同様の断面力分布を維持している。一方、補強桁を設置しない場合には、開口による荷重の再配分が生じ、開口側上床版隅角部の曲げモーメントが上側引張から下側引張に移行し、上床版の中柱側支承前面と径間中央の曲げモーメントが 25~28%増加する。また、開口部と反対側の B2 階側壁下端では、開口なしの場合よりも開口ありのほうが 5~6%増加する。

(2)上床版の曲げモーメント分布: 図-4 に開口なし、開口あり(補強桁あり)および開口あり(補強桁なし)のトンネル横断面における上床版の曲げモーメント分布を示す。開口なしではトンネル方向のどの位置においてもほぼ同様の断面力分布を示すのに対し、開口ありの場合では開口部周辺で断面力の変化がみられ、補強桁ありの場合はその程度が小さいのに対し、補強桁なしの場合には開口

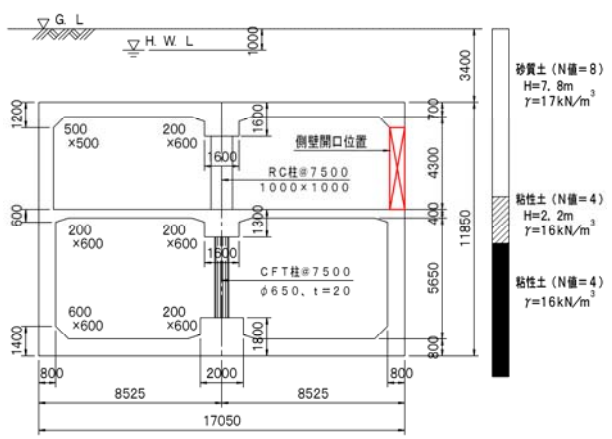


図-1 検討モデル

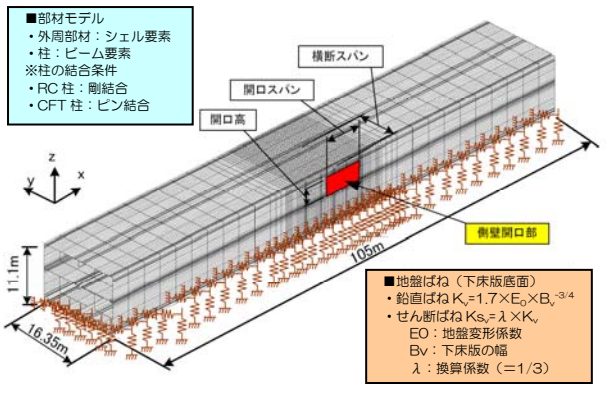


図-2 3次元解析モデル

表-1 検討ケース(側壁開口あり)

ケース	開口高 h(m)	開口スパン L(m)	L/h	補強桁諸元 B×H(m)
Case1	3.800	1.900	0.50	0.6×0.6
Case2		2.533	0.67	0.7×0.7
Case3		3.167	0.83	0.8×0.8
Case4		3.800	1.00	0.9×0.9
Case5		7.600	2.00	1.5×1.5
Case6		15.200	4.00	2.4×2.4

キーワード: 開削トンネル、既設側壁開口、開口補強桁、3次元 FEM 解析

連絡先: 〒102-0083 東京都千代田区麹町 2-10-13 中央復建コンサルタンツ(株) TEL: 03-3511-2006

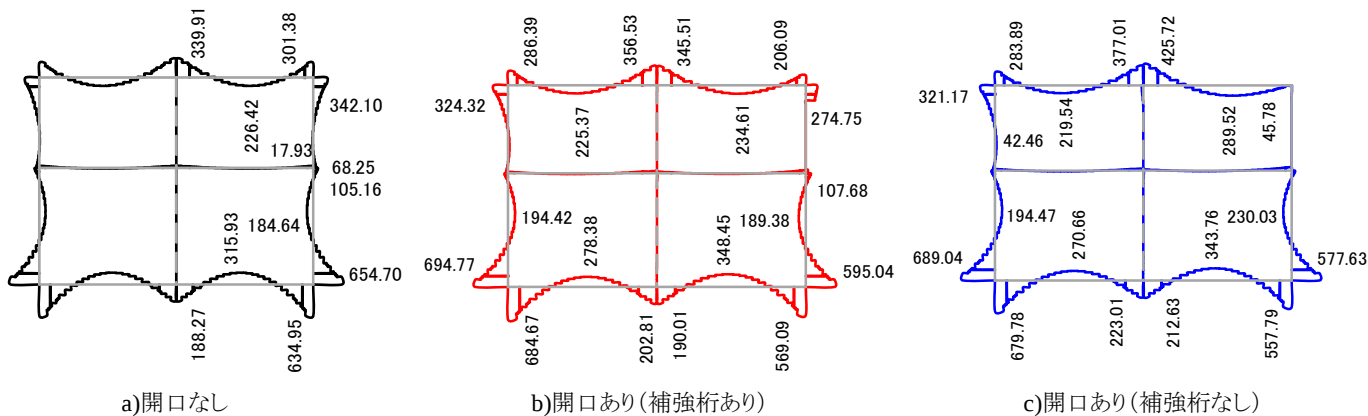


図-3 トンネル横断面の曲げモーメント分布 (Case5、開口スパン中央位置)

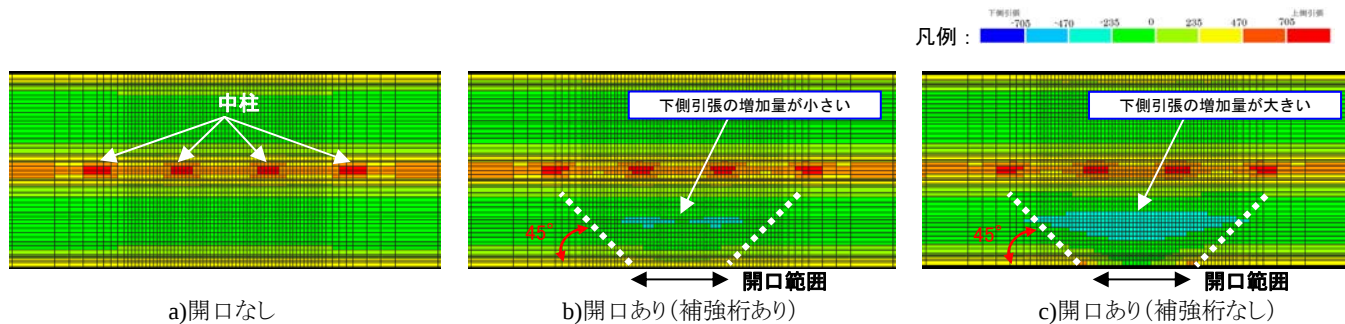


図-4 トンネル横断面 上床版の曲げモーメント分布コンター図 (Case5、開口スパン中央位置)

スパンより広い範囲(開口端から約 45°)にその影響が及んでいる。

(3)開口スパンの影響: 図-5 に開口スパンの影響による挙動の変化について示す。補強桁ありの場合、開口スパンによる影響が小さく、開口なしと同様の断面力を維持している。これは、補強桁設置により開口部の剛性が維持され、断面力再配分の程度が小さいためと考える。

また、開口側上床版(右支承前面)について、補強桁なしの場合には開口スパン 7.6m 以上 (Case5、6) では下側引張となるのに対し、補強桁ありの場合では開口なしと同様の断面力を維持している。この断面力は補強桁剛性により影響を受けると考えるが、今回設定した補強桁諸元では大きな差はみられなかった。さらに、開口側上床版(左支承前面)では、補強桁設置効果が大きく、補強桁なしの場合、曲げモーメントが 23~91%大きくなる。

5. まとめ

3次元 FEM 解析により既設開削トンネル側壁開口時の挙動をシミュレーションし、補強桁設置による全体挙動を評価するとともに、補強桁を設置しない場合の挙動と比較した。その結果、補強桁を設置することで開口前とほぼ同様のトンネル挙動を維持できること、開口スパンが大きい場合でも必要に応じた補強桁を設置することで断面力の増加を抑制できることを確認した。なお、本研究の一部は鉄道総合技術研究所が平成 23 年度国交省の鉄道技術補助金を受けて行った。参考文献: 1) 仲山貴司、焼田真司: 地下駅をリニューアルする、RRR Vol.73 No.1 pp.20~23、2016.1. 2) 坂田智基、室谷耕輔、仲山貴司、牛田貴士、焼田真司: 3次元シェル要素解析による開削トンネル側壁開口時の挙動に対する一考察(その2) -側壁開口部上床版の二方向スラブ近似解法との比較-、2012.9.

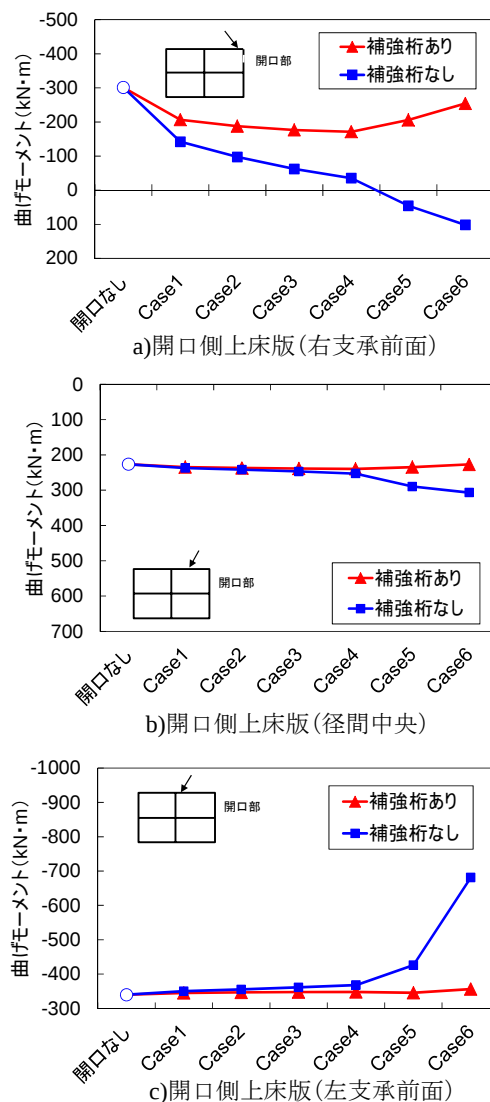


図-5 開口スパンの影響による挙動の変化