

開削トンネル隅角部周辺の地盤剛性がトンネルの応答に及ぼす影響

京都大学 正会員 ○川西 智浩
(財)鉄道総合技術研究所 正会員 室野 剛隆
(財)鉄道総合技術研究所 正会員 井澤 淳

1. はじめに

開削トンネルの耐震検討において部材の耐力が不足した場合には、耐震対策を実施する必要があるが生じるが、特に既設トンネルを対象とする場合には、中柱以外の部材を耐震補強することは施工性の面から容易ではない。そこで近年では、トンネルに作用する地震力を低減させる免震工法も検討されており、例えばポリマーを開削トンネルの両側に施工する免震工法¹⁾が実用化されている。一方、上下床版や側壁で耐力が不足するのは通常隅角部付近であることから、その周辺の地盤を改良するなどの対策により部材の断面力が低減し、所定の要求性能が確保できるケースもあると考えられる。そこで本検討では、開削トンネル隅角部周辺の地盤剛性やその改良範囲を変化させて応答解析を実施することにより、隅角部付近の地盤剛性がトンネル応答に及ぼす影響について基本的な検討を実施する。

2. 検討方法

本検討に用いる解析モデルを図1に、解析ケースを表1にそれぞれ示す。深さ17mの1層地盤(粘性土を想定)中に幅16.3m×高さ6.345m(軸線間の距離)の1層2径間の開削トンネルを設置する。地盤と構造物の初期剛性比が1:1となるように地盤剛性を設定し(V_s =約250m/s)、それぞれの改良範囲位置のみ地盤剛性を低減させて逐次非線形動的FEM解析を実施する。構造物は線形とし、地盤については修正GHEモデルを用いて非線形を考慮することとした。入力地震波として、鉄道耐震標準におけるL2地震動スペクトルⅡ(G1地盤用)²⁾を用い、解析プログラムには鉄道総研が開発したAFIMEX-JRを用いた。

そして、トンネル上下床版間に対応する深さにおける、自然地盤(トンネルから十分離れた地盤位置)の相対変位が最大となる時刻に着目し、その時刻におけるトンネルの応答値を比較することで、隅角部周辺の地盤剛性や改良範囲による影響を検討することとした。

3. 自然地盤の応答

着目時刻における自然地盤の変位分布を図2に示す。トンネル上下床版位置に対応する部分の相対変位は約3.1cmである。また、紙面の都合上図は省略するが、自然地盤のせん断ひずみは上床版位置で約 2.1×10^{-3} 、下床版位置で約 8.8×10^{-3} である。

4. 地盤剛性・改良範囲がトンネル応答に及ぼす影響

まず、着目時刻におけるトンネル変位量の比較結果を図3に示す。ただし、変位の地震時増分を100倍に拡大して表示している。まず、剛性の改良範囲を変えた結果(図3(a))に着目すると、ケース2(改良範囲1)では、元々のケース1で比較的大きな曲率が出ている部位付近に地盤剛性変化点を設定している状態になっており、この部分での変形が大きくなって折れ曲がるような変形モードとなることで、ケース1と比べて隅角部付近の鉛直方向への変形が増大している。一方、ケース4(改良範囲2)ではトンネル下部の改良範囲を広くしたため、ケース1でそれほど変形していなかった部分に地盤剛性変化点があるため、鉛直方向への変形はそれほど増大せず、水平方向への変形が卓越するモードになっている。また、剛性の変化量を変えた結果(図3(b))を見ると、ケース3とケース4でトンネル変形量がそれほど変化しておらず、改良部分の剛性のある程度剛性弱くしておけば、対策としては十

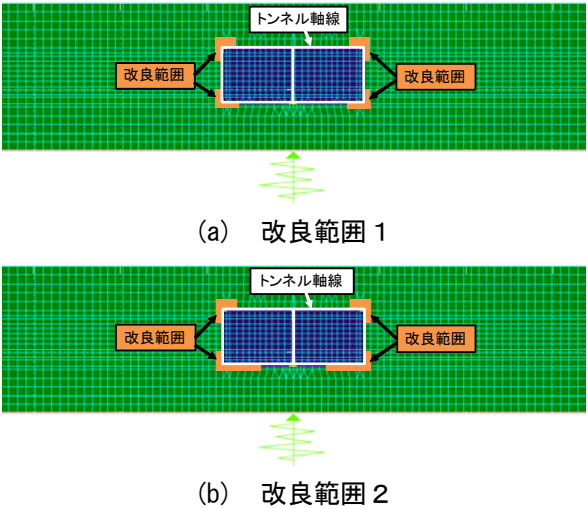


図1 解析モデル

表1 解析ケース

ケース No.	改良範囲	改良範囲のせん断剛性
ケース 1	なし	
ケース 2	改良範囲 1	周辺地盤の1/100
ケース 3	改良範囲 2	周辺地盤の1/10
ケース 4	改良範囲 2	周辺地盤の1/100

キーワード 開削トンネル, 隅角部, 地盤剛性

連絡先 〒615-8530 京都市西京区京都大学桂 船井交流センター TEL 075-383-7558 FAX 075-383-3410

分であることがわかる。

次に、着目時刻におけるトンネル部材のモーメント分布を図 4-1、図 4-2 に示す。ここでは紙面の都合上、下床版および左側壁のモーメント分布を示している。地盤剛性を低減させた箇所付近のモーメントは、ケース 1（改良なし）に比べて低減していることがわかる。また、改良範囲に応じてモーメントが低減する範囲も広がり、低減量も大きいことがわかる。ただし、トンネル下部の改良範囲をあまり広げすぎると安定性の問題が生じるため、注意が必要である。また、改良範囲の剛性を周辺地盤の 1/10 にすることで低減効果は十分得られることもわかる。

5. まとめ

開削トンネル隅角部付近の地盤剛性を周辺地盤より小さくし、ある程度の改良範囲を設けることで隅角部周辺の断面力が低減する効果があることが確認できた。

参考文献 1) 室野剛隆, 桐生郷史, 館山勝, 小林正介: ポリマー材を用いた開削トンネルの免震工法, 土木学会地震工学論文集, Vol.28. 2) (財)鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計, 1999.

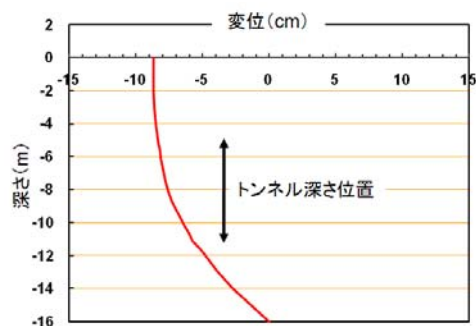
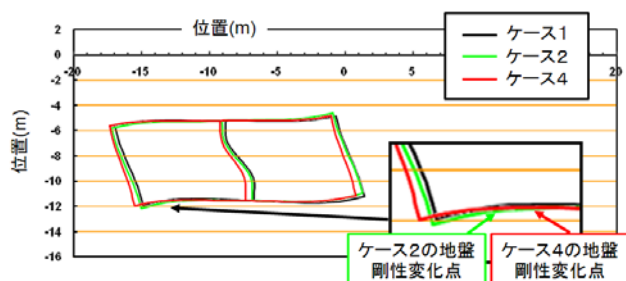
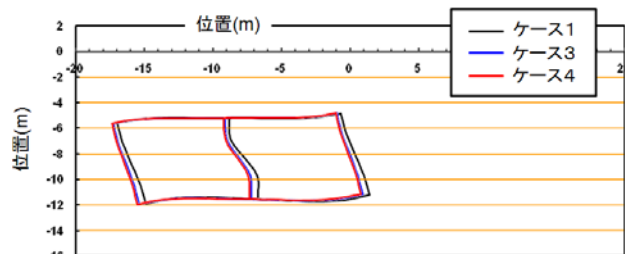


図 2 自然地盤の変位分布（着目時刻）

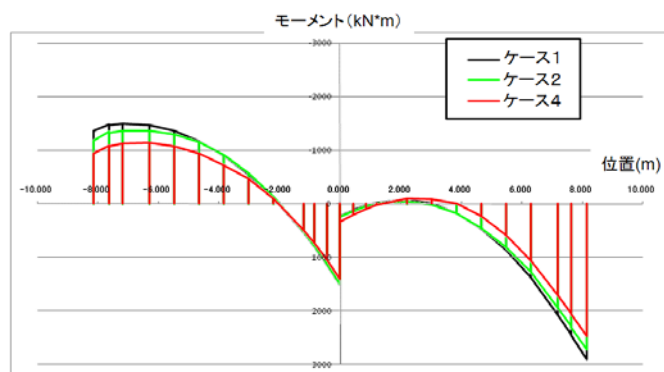


(a) 剛性の改良範囲による影響

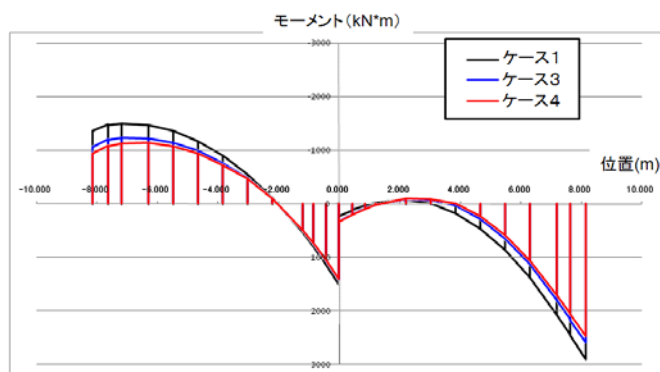


(b) 剛性変化量による影響

図 3 トンネル変位分布の比較<地震時増分変位は 100 倍に拡大>

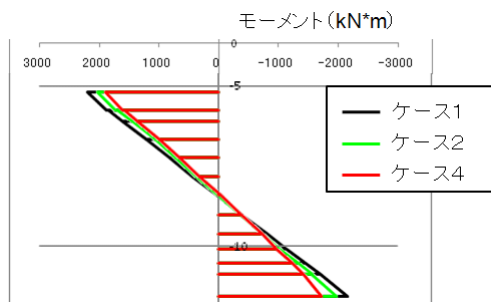


(a) 剛性の改良範囲による影響

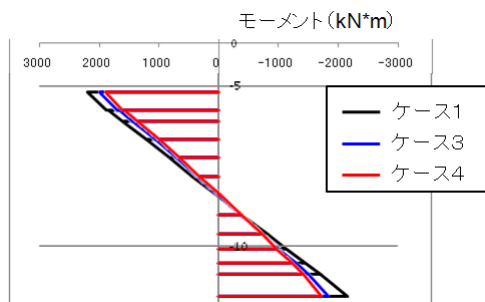


(b) 剛性変化量による影響

図 4-1 下床版のモーメント分布



(a) 剛性の改良範囲による影響



(b) 剛性変化量による影響

図 4-2 左側壁のモーメント分布