

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)

一側壁開口部上床版の二方向スラブ近似解法との比較一

中央復建コンサルタンツ(株) 正会員 ○坂田智基 室谷耕輔 松下恵梨
(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 仲山貴司 牛田貴士 焼田真司

1. はじめに

近年、鉄道既設地下駅などの地下空間のリニューアル等を目的に既設側壁の一部を開口する等の部分的な開口・拡幅工事が行われることが多い。その際の設計には、新設の設計に用いられる設計基準等¹⁾を適用しているが、既設構造物を改良するための標準的な設計手法は確立されていないのが現状である。また、側壁開口時における既設側壁開口部の上床版はトンネル縦断および横断方向の2方向スラブとしての挙動を考えると考えられるが、その挙動は明確ではない。そこで、本検討では3次元シェル要素解析により開削トンネル側壁開口時の挙動をシミュレーションし、側壁開口部の上床版を2方向スラブと仮定した近似解法値との比較を行い、スラブの挙動について評価する。

2. 解析条件

検討モデルと3次元解析モデルを Fig.1,2 に示す。

(1)構造物モデル: 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 に変化した開口を設ける。その際、開口によるスラブの挙動に着目するため、開口補強桁は設置しない。なお、中柱は B1 階が RC 柱、B2 階が CFT 柱である。

(2)地盤モデル: 地盤モデルは土被り 3.4m、N 値=8程度の砂質土および N 値=4程度の粘性土地盤とする。下床版には N 値=4の粘性土の地盤変形係数 $E_0 (=11,200\text{kN/m}^2)$ より算定した地盤ばねを鉛直およびせん断方向に設置する。

(3)部材モデル: 各部材は弾性モデルとし、床版、側壁および縦桁はシェル要素、中柱はビーム要素とする。なお、中柱と縦桁接合部は RC 柱を剛結合、CFT 柱をピン結合とする。

(4)荷重モデル: 考慮する荷重は、固定死荷重(自重)、鉛直土圧、水平土圧、水圧・揚圧力および地表面上の変動荷重による土圧(T-25)とし、荷重係数は 1.0 とする。

3. 3次元解析の検討ケース

検討ケース(3次元解析)を Table.1 に示す。検討は、開口高を 3.8m、開口スパンを 15.2m~1.9m(スパンと高さの比は 4~0.5)に変化した6ケースとする。

Table.1 検討ケース(3次元解析)

ケース	開口高 h(m)	開口スパン L(m)	L/h
Case1	3.8	15.200	4
Case2		7.600	2
Case3		3.800	1
Case4		3.167	0.83
Case5		2.533	0.67
Case6		1.900	0.50

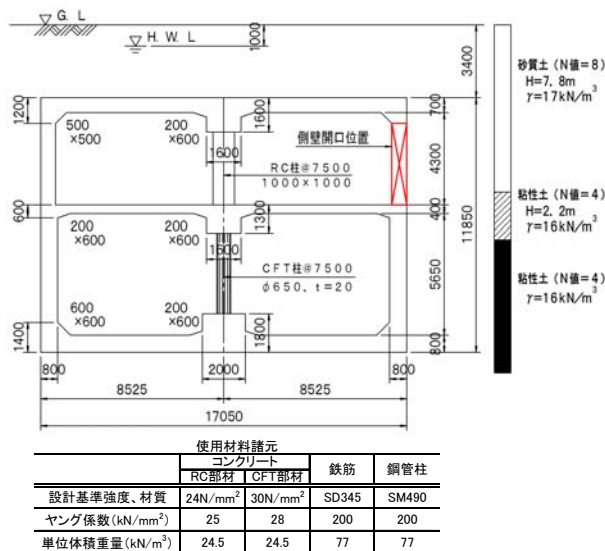


Fig.1 検討モデル

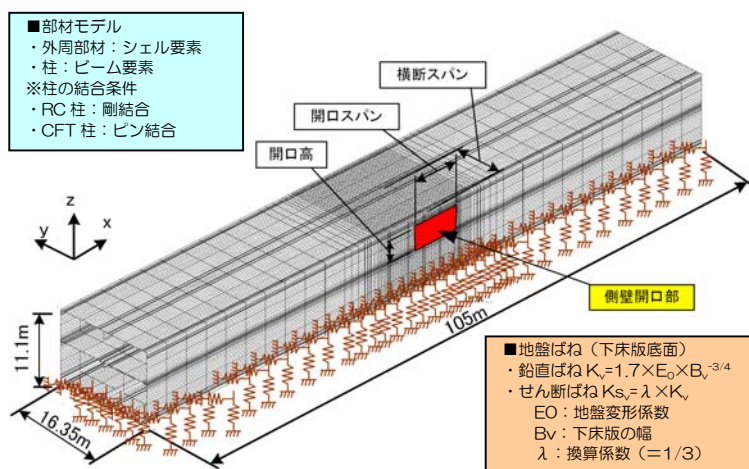


Fig.2 3次元解析モデル

キーワード: 開削トンネル、地下駅改造、既設側壁開口、3次元シェル要素解析、2方向スラブ近似解法

連絡先: 〒533-0033 大阪市東淀川区東中島 4-11-10 中央復建コンサルタンツ(株) TEL:06-6160-2212

4. 近似解法の検討ケース

側壁開口部の上床版に生じる曲げモーメントについて、①理論式、②Grashof-Rankine 法により算定する。荷重条件は、固定死荷重、鉛直土圧および地表面の変動荷重の合計値(93.75kN/m²)とし、スラブの固定条件は「1辺固定／2点単純支持／1辺自由」(以後、1辺固定とする)および「3辺固定／1辺自由」(以後、3辺固定とする)と仮定する。

検討ケース(近似解法)を Table.2 に示す。

5. 検討結果

(1)縦断方向: Fig.3 に各開口スパンに対する曲げモーメント比較図(開口端部、開口スパン中央)を示す。3次元解析における開口端部では、開口スパンに応じて値が変化するものの、曲げモーメントが発生している。これに対して、1辺固定の方法では単純支持(ピン支持)となるため、曲げモーメントが0となることから、単純支持の固定条件では開口端部の曲げモーメントを評価できないことが分かる。一方、3辺固定の方法では、開口スパンに関わらず Grashof-Rankine 法より理論式の方が3次元解析とよく一致している。また、開口スパン中央部では、開口スパン 15.2m (Case1)を除いて、1辺固定の方法が3次元解析とよく一致している。開口スパン 15.2m (Case1)では3次元解析の方が大きく、近似解法の約2倍であり、開口スパンが大きくなると近似解法では曲げモーメントを過小評価する可能性があることが分かる。

(2)横断方向: Fig.4 に開口スパンに対する曲げモーメント比較図(開口スパン中央部の中柱支承前面位置)を示す。開口スパンが7.6mより小さい場合(Case3～6)では3次元解析の方が大きく、近似解法の約2～8倍となる。開口スパン 15.2m (Case1)では3次元解析の方が小さく、近似解法の約 1/3～1/2 倍となる。また、開口スパン 7.6m (Case2)では1辺固定に対して約 1/2、3辺固定に対して約2～4倍となる。以上のように、横断方向の近似解法による曲げモーメントは、3次元解析結果に対してバラツキが大きくなることが分かる。

6. まとめ

本検討では3次元シェル要素解析により開削トンネル側壁開口時の挙動をシミュレーションし、側壁開口部の上床版を2方向スラブと仮定して、近似解法値との比較を行った。縦断方向については、開口スパンに関わらず開口端部および開口中央部において3次元解析と近似解法の計算値がよく一致することから、近似解法による計算によりスラブの挙動を評価できると考えられる。ただし、開口スパンが大きくなる場合には過小評価する可能性がある。横断方向については、3次元解析と近似解法の計算値の乖離が大きく、境界条件や曲げモーメント算定時に適用するスパンの設定等、今後挙動を評価できる条件を検討する必要があると考えられる。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)鉄道構造物等設計標準・同解説 開削トンネル 財団法人鉄道総合技術研究所、2001.3

Table.2 検討ケース(近似解法)

ケース	開口スパン	横断スパン	Lx/Ly (Ly/Lx)	備考
	Lx (m)	Ly (m)		
Case1	15.200	8.525	0.56	2方向スラブ (>0.4)
Case2	7.600	8.525	0.89	
Case3	3.800	8.525	0.45	
Case4	3.167	8.525	0.37	
Case5	2.533	8.525	0.30	
Case6	1.900	8.525	0.22	

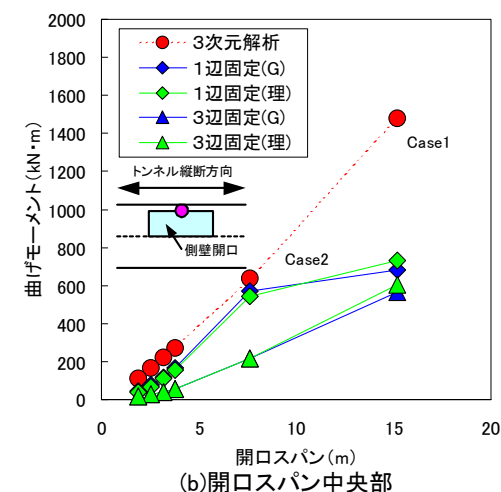
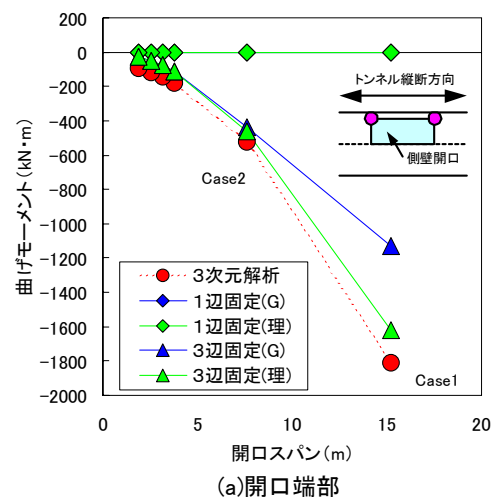


Fig.3 曲げモーメント比較(縦断方向)

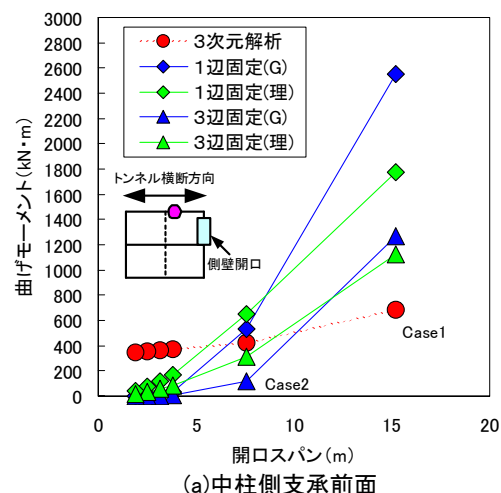


Fig.4 曲げモーメント比較(横断方向)