

大型開口を有する開削トンネルを対象とした2次元骨組み解析による基礎的検討

阪神高速道路（株） 正会員 ○中尾 誠希，八ツ元 仁，平野 翔也

1. はじめに

道路における開削トンネルは通常1層2径間等のシンプルな構造を採用するが、用地幅の制約や利用用途によっては、図-1で示すような内空空間を中壁や中床版で分割し、さらには側壁箱抜きと中床版の開口を組み合わせた大開口を設ける構造を採ることもある。箱抜きのような比較的小さな部材欠損に対しては、2次元解析による設計手法が確立されている¹⁾が、本検討で対象となる大きな開口に関する設計手法は確立されていない。このような複雑かつ大きな開口を設ける場合、3次元FEM解析を用いた設計を行わざるを得ないが、実務面では、汎用性が広く、扱い易い2次元解析を用いることが望ましい。筆者らは、このような大開口を有する構造に対しても2次元解析が活用できるようにすることを目的に検討を実施してきている。本稿では、その基礎的な検討として、前述のような大開口を有する開削トンネルを対象に、既存の開口に対する対応手法^{1),2)}を取り入れた2次元解析を実施し、その検討より得られた知見を報告する。

2. 数値解析の概要

本検討では、常時設計を対象とすることとし、対象となる構造の構造諸元は開口が無い状態での常時計算により決定した。各部材の壁厚は、底版で1100mm、左中床版及び左下空間補強隔壁（隔壁）で500mm、その他の部材は900mmとなる。左側壁の箱抜き部の壁厚は500mm、左中床版の開口は隔壁との節合部まで広がる状態を大開口がある状態としてモデル化を行った。大開口のモデル化は後述する既存の開口に対する対応手法を用いて、図-2、図-3に示す2種類のモデル化を行った。左側壁の箱抜きについては、駐車場設計・施工指針²⁾に示されている部材の断面厚に応じて部材剛性を低下させる手法を両モデルに使用した。一方、左中床版の開口については、両モデルで全く異なる考え方に基いたモデル化を行った。

図-2に示すCase-1では、中床版開口部を欠損部として部材を考慮せず、開口部のみに設置される左中床

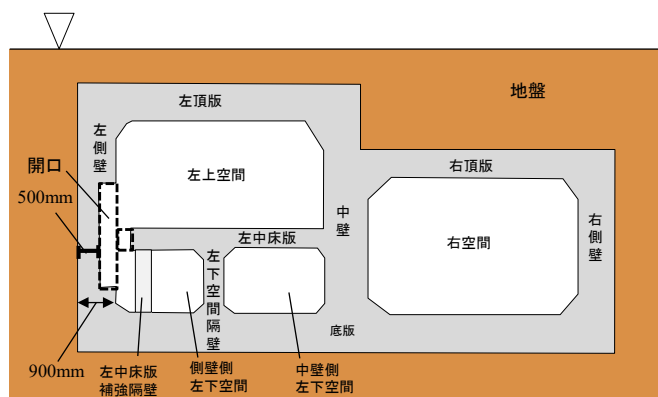


図-1 大型開口を有する構造のイメージ

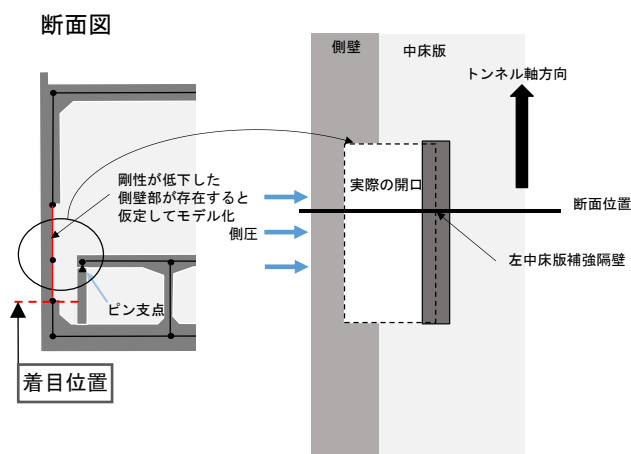


図-2 Case-1 おけるモデル化のイメージ
平面図

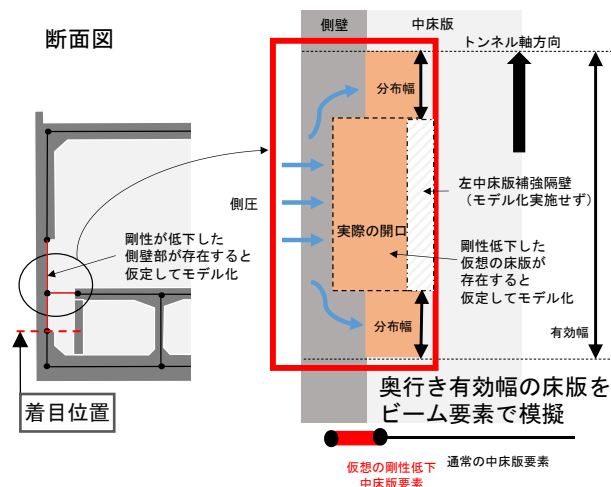


図-3 Case-2 おけるモデル化のイメージ

キーワード 開削トンネル，2次元骨組み解析，簡易な設計手法，箱抜き，大型開口

連絡先 〒553-0003 大阪府大阪市福島区福島 7-15-26

阪神高速道路(株) 大阪建設部 TEL06-6136-6531

版補強隔壁と中床版の結合部をピン支点としてモデル化を実施した。図-3 に示す Case-2 では、開口部の範囲が縦断方向に限定的であることから、コンクリート標準示方書³⁾の考え方を参考に、開口部を含む一定の範囲で剛性の低下した仮想の中床版（以降、仮想中床版と呼ぶ）を設定した。ここに示す一定の範囲とは、開口幅に中床版の厚さの2倍を加えた範囲であり、仮想中床版の剛性は、元々の床版の剛性を有効幅に対する開口幅の割合で低減したものである。Case-2 ではこの一定の範囲を奥行きとした2次元骨組みモデルを考えているため、実際に設置される隔壁も考慮すべきであるが、図-3 に示すように一定の範囲全てに隔壁を設けるわけではなく、部分的な範囲での設置となり複雑な構造であるため2次元モデルにすることも簡単ではない。本検討では、このモデル化の精度の議論を避けるため、隔壁を考慮しないモデル化を行った。

3. 解析結果

Case-1, Case-2 の箱抜き部での発生断面力について、開口が無い状態での同箇所における発生断面力からの変化が著しく大きかったため、ここからは箱抜きと開口がある左側壁、そしてそこに接続する左中床版に焦点を当てて、結果を述べる。

表-1、表-2 に各ケースにおける着目した位置での曲げモーメント、軸力の最大値とコンクリート及び鉄筋に生じる応力度について示す。表-1 に示すように、Case-1 ではコンクリートの圧縮応力度が許容値を超過している。500mm の部材厚の時の断面力を作作用させると部材厚を100mm 増加させれば許容値を満足することを応力度計算により確認した。一方、

Case-2 では、表-2 に示すように着目位置に発生するコンクリートの圧縮応力度は許容値内に収まることを確認した。なお、主鉄筋については、開口が無い状態において圧縮側でD19、引張側でD16 という配筋状態であるため、Case-1 では圧縮側、Case-2 では圧縮・引張の両側でのランクアップが生じている。

箱抜きと開口が合わさった大開口に対して、2次元骨組み解析を用いてその開口を考慮した2モデルでの計算を行ったが、その部位で応力度の差はそれ程大きいものでなく、応力度が大きめに生じるCase-1 であっても、部材厚では100mm しか差が生じず、モデル化が構造計算結果に与える影響がそれ程大きくないことを把握することができた。

4. まとめ

大きな開口を有する開削トンネルを対象に、2次元骨組み計算を行った。既往の手法を参考に開口を考慮したモデル間での解析結果に与える影響はそれ程大きくないことを確認した。今後、3次元FEM解析を行うなどして開口の影響を考慮した2次元骨組み解析の妥当性を検証し、大きな開口を有する開削トンネルへの2次元骨組み解析の適用性などについて検証していきたい。

参考文献

- 1) 首都高速道路株式会社：トンネル構造物設計要領（開削工法編），2019.3
- 2) 日本道路協会：駐車場設計・施工指針 同解説，1992.11
- 3) 土木学会：コンクリート標準示方書〔設計編〕，2017.3

表-1 Case-1 における着目位置での検討結果

着目位置側壁部材厚 (mm)	曲げモーメント M(kN/m)	軸力 N(kN)	鉄筋量		コンクリート圧縮応力度 σ_c N/mm ²	鉄筋引張応力度 σ_s N/mm ²
			引張側	圧縮側		
500	-418.173	390.36	8-D35	8-D16	13.4 > 10.0	153.6 ≤ 180.0

表-2 Case-2 における着目位置での検討結果

着目位置側壁部材厚 (mm)	曲げモーメント M(kN/m)	軸力 N(kN)	鉄筋量		コンクリート圧縮応力度 σ_c N/mm ²	鉄筋引張応力度 σ_s N/mm ²
			引張側	圧縮側		
500	-264.821	379.98	8-D25	8-D22	9.5 ≤ 10.0	158.3 ≤ 180.0