

軟岩中のめがね型トンネルの耐震性に関する検討

パシフィックコンサルタンツ（株）

同 上
同 上
同 上

正会員 ○伊藤 雄二
正会員 山本 一敏
正会員 山本 秀樹
正会員 劉 如山

1. はじめに

従来、山岳トンネルを併設する場合には相互の影響を考慮し 1～2 D（D：掘削幅）程度の純離隔を確保して計画されることが多かったが、近年、用地制限などの理由から図-1 に示すようなめがね型トンネルが採用される事例が多くなっている。めがね型トンネルでは中壁は鉛直土圧を受ける重要な部材であるが、 $V_s=300\text{m/s}$ 以上の工学的基盤内に構築される場合、耐震設計がなされていないのが現状である。一方、中柱や中壁を有する開削トンネルでは、平成 7 年の兵庫県南部地震における地下鉄駅舎の被災経験を踏まえ、中柱、中壁が脆性的なせん断破壊を起こさないように横断方向の耐震設計を実施することが多くなっている。本検討では、軟岩中のめがね型トンネルの耐震性について、中壁のせん断に着目した検討を行った。

2. 検討条件

検討対象断面および地盤条件を図-1～2 に示す。断面は左右対称で中壁厚さは 1.5m、トンネル周囲の地盤は $V_s=350\text{m/s}$ の軟岩で、土被りは 15m である。なお、中壁の常時の軸圧縮応力は 2.40N/mm^2 程度である。

耐震検討では、中壁（主鉄筋：D19etc250）は M-φ 系の非線形梁部材、中壁以外の部材については降伏剛性を用いた線形梁部材でモデル化した 2 次元 FEM 動的解析を用いた。地盤は線形の平面ひずみ要素としたが、地盤剛性および減衰については等価線形化法による 1 次元動的解析により算出した収束剛性および減衰定数を用いた。入力地震動はレベル 2 タイプ II 地震動とし、兵庫県南部地震で観測された強震記録に基づいて設定された解放工学的基盤面における地震動の加速度応答スペクトル（図-3）に合致するように振幅調整した波形を用いた。前述の 1 次元動的解析では、図-2 の工学的基盤面に入力地震動を作用させ、2 次元 FEM 動的解析で用いる解析モデル上の基盤面の入力動を求めた。なお、軟岩のせん断ひずみは 0.05～0.80%、トンネル上下端の最大相対変位は 3.5cm 程度であった。

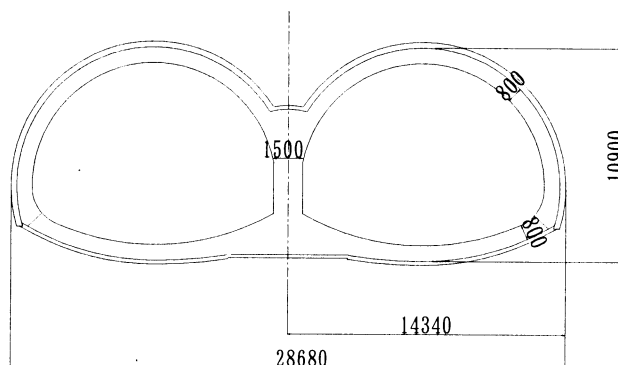


図-1 検討対象断面

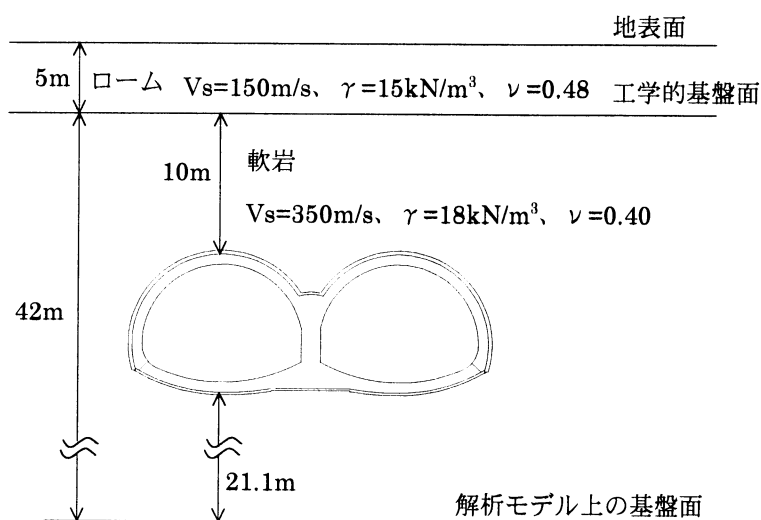


図-2 地盤条件

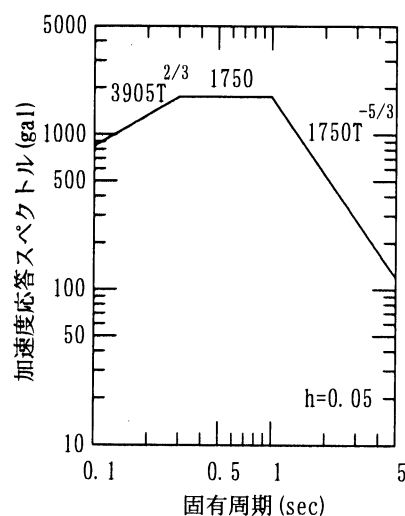


図-3 加速度応答スペクトル

キーワード：めがね型トンネル、耐震設計、せん断補強鉄筋、中壁

連絡先：TEL 03(3344)0326 FAX 03(3344)1365

変位 0 0.20 (m)

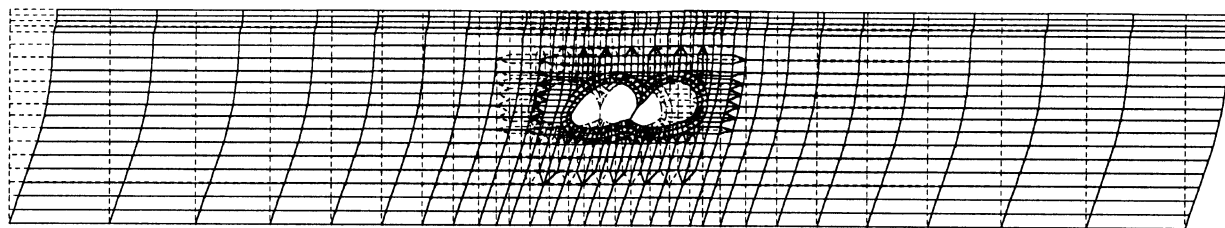


図-4 変形図

せん断力 0 5000 (kN)

曲げモーメント 0 5000 (kN・m)

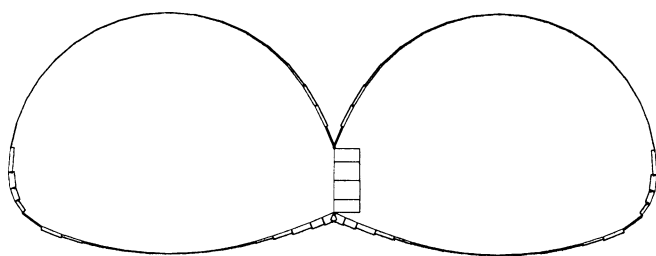


図-5 せん断力図

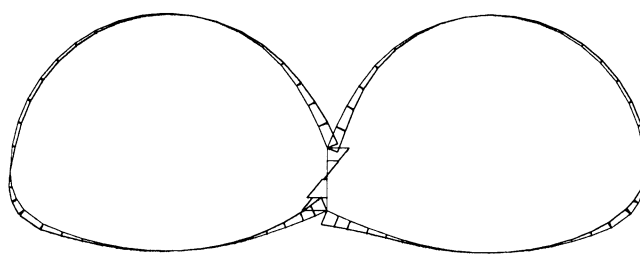


図-6 曲げモーメント図

3. 検討結果

中壁の発生せん断力が最大となる時刻の変形図、奥行き 1m 当たりのせん断力および曲げモーメントを図-4～6 に示す。地盤の変形に伴いトンネル全体が水平方向にせん断され、中壁に断面力が集中していることがわかる。中壁に発生するせん断力は 2550kN、曲げモーメントは 2670kNm であった。なお、中壁の降伏曲げモーメントは 2520kNm で降伏に至っている。

表-1 に中壁のせん断に対する照査結果を示す。せん断耐力は「コンクリート標準示方書 設計編（平成 8 年制定）」の棒部材の設計せん断耐力式を用いて算出し、せん断補強筋を以下の 3 ケースとした場合のせん断耐力を算出している。

CASE1：せん断補強鉄筋を用いない場合

CASE2：一般的に配筋する最小鉄筋量をせん断補強鉄筋とした場合

CASE3：せん断耐力が発生せん断力を上回るために必要な鉄筋量をせん断補強鉄筋とした場合

表-1 より CASE1 および CASE2 では発生せん断力がせん断耐力を超えており、破壊形態もせん断破壊型となっている。必要なせん断耐力を確保するには、CASE3 のように最小鉄筋量の 6 倍程度のせん断補強鉄筋を配筋する必要がある。

表-1 中壁のせん断照査

CASE No.		CASE1	CASE2	CASE3
せん断補強筋		なし	最小鉄筋 (4D13@300)	必要鉄筋 (4D22@150)
設計せん断 耐力 (kN)	コンクリート分	319	319	319
	鉄筋分	0	536	3278
設計せん断耐力 (kN) : V _{yd}		319	855	3597
発生せん断力 (kN) : V _d		2550	2550	2550
$\gamma_i \cdot V_d / V_{yd}$ ($\gamma_i = 1.15$)		9.17	3.42	0.81

4. まとめ

中壁のせん断に着目して $V_s=350\text{m/s}$ の軟岩中のめがね型トンネルを対象に耐震検討を実施した結果、常時設計で決定した配筋ではせん断耐力が不足する場合があることがわかった。このため、めがね型トンネルでは工学的基盤内であっても耐震設計を行い、安全性の確認が必要である場合もある。