

I-B431 都市内高速開削トンネルの耐震設計

首都高速道路公団 正会員 田嶋 仁志・渡邊 健司
住友建設(株) 正会員 山地 齊・黒川 敏広
同上 中嶋 芳紀

1. はじめに

首都高速道路中央環状新宿線は、目黒区青葉台から板橋区熊野町に至る延長約11kmのトンネル路線として計画されている。本稿は、本線開削トンネルの耐震設計手法についての報告である。図1に示す検討フローにしたがい、地盤と部材の非線形性を考慮した応答変位法による耐震性照査を行った。また、地震応答解析は、等価線形化法で地盤の非線形性を考慮する1次元の重複反射理論により行った。

2. 検討断面および地盤条件

検討断面は、本線トンネルの代表断面である2層2中間壁断面とした。また、土質定数は中央環状新宿線工区内で行った土質試験から得られた値を用いた(図2参照)。

3. 地震応答解析

設計地震動として、兵庫県南部地震における基盤層での観測波形を、速度応答スペクトル調整した3波形を用いた。これらの設計地震動を基盤面にE+F規定した。

表1に地震応答解析により得られたToc層のせん断ひずみをまとめる。ここで、Toc層はトンネル深度のほぼ中心に存在する軟弱粘土層であり、その上下に存在する硬質砂層と比較し、地震時せん断ひずみが大きく発生する。

等価線形化法による地震応答解析では「地盤のせん断ひずみが数%以上となる場合には、土の破壊状態に近いと考えられるため、解析の評価には注意が必要である」とする文献¹⁾もある。地震動①を用いた解析では、Toc層の最大せん断ひずみが5%以上も発生するため、得られた地盤応答値は妥当性に欠けるものと考えられた。したがって、以降の解析では地震動②および③を用いた地盤応答の平均値を用いるものとした。

キーワード：開削トンネル、耐震設計、応答変位法、地震応答解析

〒151-0053 東京都渋谷区代々木2-1-1 首都高速道路公団 TEL 03-5352-8631 FAX 03-5352-8644

〒160-8577 東京都新宿区荒木町13-4 住友建設(株) TEL 03-3225-5133 FAX 03-3225-5317

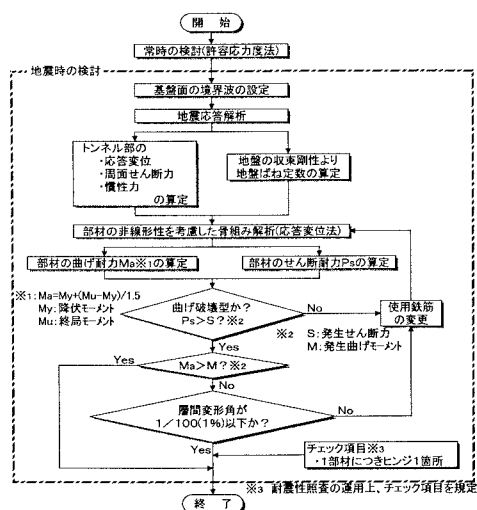


図1 検討フロー

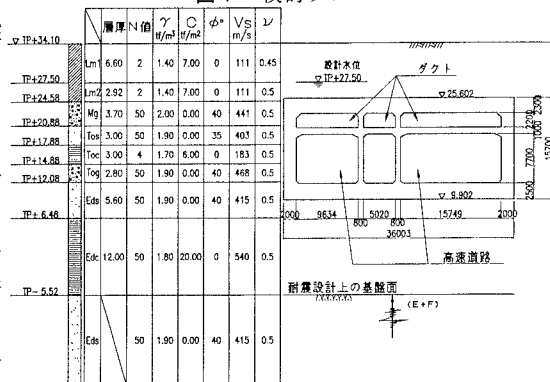


図2 検討断面および土層モデル

表1 Toc層のせん断ひずみ

地震動	$\gamma_{max}(\%)$	$\gamma_{eff}(\%)$ ※
① (ボートアイランド'-79mNS)	5.7	3.7
② (神戸大学NS)	3.4	2.2
③ (ボートアイランド'-79mEW)	1.6	1.0

※ $\gamma_{eff}=0.65 \gamma_{max}$

4. 応答変位法解析モデル

応答変位法では、構造物周面に地盤ばねを配した非線形骨組みモデルを用いた。参考文献²⁾に基づき、ひび割れ－降伏－終局をモデル化したトリリニア型の曲げモーメント（M）～曲率（ ϕ ）関係によりRC部材の非線形性を考慮した。M～ ϕ 関係は常時荷重状態での部材軸力により算出し、地震時における軸力の変動は考慮しないものとした。

骨組みモデルに作用させる荷重は、常時荷重（躯体自重、土被り荷重、土圧・水圧、浮力）および、地震の影響として地震応答解析により得られた地盤変位、周面せん断力、躯体慣性力とした。検討断面が非対称断面であるため、地震の影響を作用させる方向は正負（左右）2ケースとした。

5. 解析結果

地震時の影響を正（左→右）方向に作用させた場合の変形図を図4に示す。図中の○印は曲げ耐力が、×印はせん断耐力が不足する箇所である。

常時の設計（許容応力度法）で決定した配筋（以下、常時配筋）では、曲げ、せん断ともに耐震性を満足することができなかった。したがって、曲げ耐力が不足する部材は主鉄筋量を、せん断耐力が不足する部材はスターラップ量を増加することとした。ここでは、常時配筋を用いた解析（応答変位法）により算出された断面力よりも、部材の曲げおよびせん断耐力が大きくなるように、増加鉄筋量を決定した。

鉄筋量増加後では、せん断に対する耐震性は満足したが、曲げ耐力が不足する箇所が存在するため層間変形角による照査を行うこととした。表3に鉛直部材（側壁、中壁）の最大層間変形角を示す。鉛直部材の層間変形角は1/100以下となり、かつ、曲げ耐力が不足する（ヒンジ）箇所は1部材につき1箇所以下となるため、構造系全体の崩壊には至らないものと判断した。

6. おわりに

今回の設計で用いた「地震応答解析」や「非線形骨組みモデルを用いた応答変位法」については手法が確立されておらず、条件の設定や設計者の判断により結果がばらつくものと考えられる。今後は、同様の解析結果を取りまとめ、応答変位法による地中構造物の耐震設計手法の確立を進めていく必要があると考える。

- 参考文献 1) 「埋立地の液状化対策ハンドブック（改訂版）」平成9年8月 沿岸開発技術研究センター
2) 「道路橋示方書・同解説V耐震設計編」平成8年12月 日本道路協会

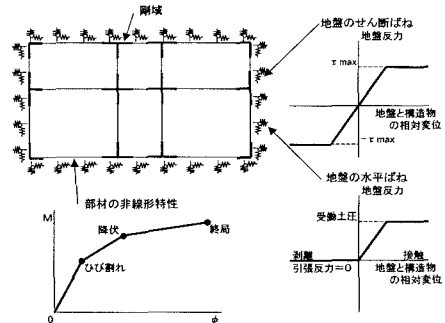


図3 応答変位法解析モデル概念図

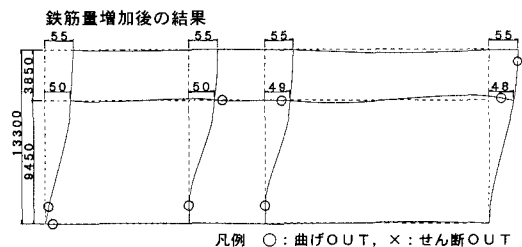
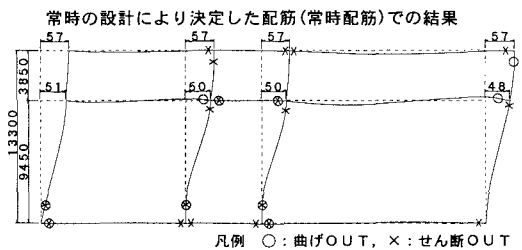


図4 変形図(地震時荷重正方向)

表3 鉛直部材の層間変形角(地震時荷重正方向)

		ダクト階(上層)	高速階(下層)
常時配筋による結果	左側壁	1/642	1/185
	左中壁	1/550	1/189
	右中壁	1/550	1/189
	左側壁	1/428	1/197
鉄筋量増加後の結果	左側壁	1/770	1/189
	左中壁	1/770	1/189
	右中壁	1/642	1/193
	左側壁	1/550	1/197
地盤		1/33473	1/188