

土留壁を本体利用した開削トンネルの地震時挙動について

鹿島 土木設計本部 正会員 塩崎 信久 正会員 砂坂 善雄 正会員 大野 晋也
 関西支店 正会員 齋藤 勲雄
 阪神高速道路公団 大阪建設局 正会員 西岡 勉 正会員 前川 和彦

1. はじめに

近年、都市高速道路は用地、環境上の制約からトンネルで計画される場合が増加している。開削トンネルを施工する場合に、仮設土留壁には工費、工期面で有利なソイルセメント柱列壁が採用されることが多い。ソイルセメント柱列壁の芯材にはH鋼等の鋼材が用いられるが一般に仮設時の設計で決まる芯材は応力的に余裕があり、また、完成後はその多くが埋殺しにされているのが現状である。この鋼材を開削トンネルの鉄筋コンクリート側壁と合成し、一体壁構造にすることが出来れば土留壁芯材を応力面から有効利用でき、また、同時に開削施工幅、掘削土量、鉄筋コンクリート量を削減できる。しかし、このような構造の設計手法は常時、地震時とも確立しておらず、現在、阪神高速道路公団において解析、実験の両面から検討が進められているところである。

本報告は土留壁を本体利用した開削トンネルの耐震性の把握を目的として地震時挙動について検討したものである。

2. 検討概要

土留壁を本体利用した開削トンネルは鋼材を開削トンネルの鉄筋コンクリート側壁と合成した一体壁構造である。構造概要を図 - 1 に示す。

本検討ではレベル2地震動を対象として、土留壁を本体利用した開削トンネル（以下、合成構造）と従来構造の開削トンネル（以下、従来構造）の2種類の構造形式（図2）に対して地震応答解析を実施し、地震時挙動の相違と合成構造の上下に張出した土留壁の影響を把握する。

3. 地震応答解析

(1) 解析内容

解析手法は平面ひずみモデルに対する2次元動的FEMによる等価線形解析（FLUSH）とする。地盤はソリッド要素、構造物はビーム要素にモデル化する。側方はエネルギー伝達境界、底面は粘性境界とする。解析モデルを図 - 3 に示す。

地盤の剛性と減衰定数についてはひずみ依存性を考慮する。トンネル本体についてはRC部、合成壁部の剛性を低減した解析も実施しているがここでは、全断面有効剛性を用いた解析について報告する。

解析は合成構造（CASE1）、従来構造（CASE2）、合成構造の上下に張出した土留壁の影響を確認するための解析（CASE3、CASE4）の4ケースとする。

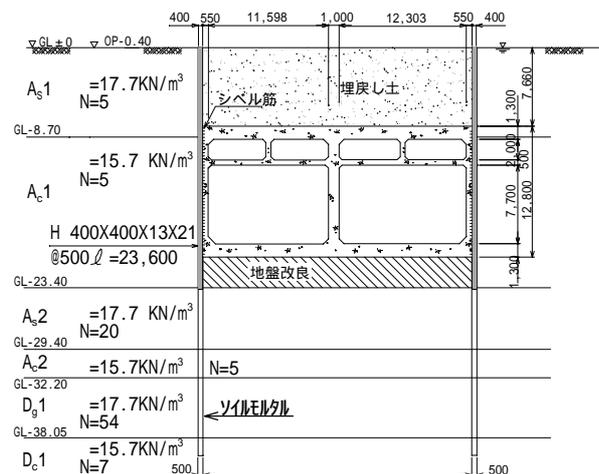


図 - 1 構造概要

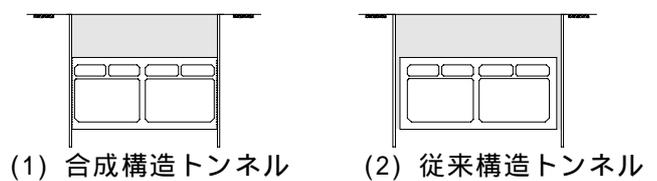


図 - 2 構造形式

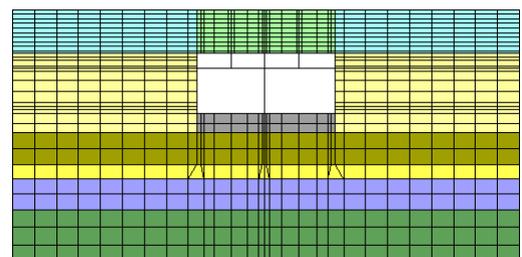


図 - 3 解析モデル

キーワード：開削トンネル、土留壁、合成構造、耐震設計、L2地震動

連絡先：住所：〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 Tel 03-5561-2158 Fax 03-5561-2152

(2) 入力地震動

入力地震動は開削トンネル耐震設計指針（案）¹⁾に示されているL2地震動とし、解析モデル下端から2E入力とする。L2地震動の加速度応答スペクトルと加速度波形を図-4、図-5に示す。

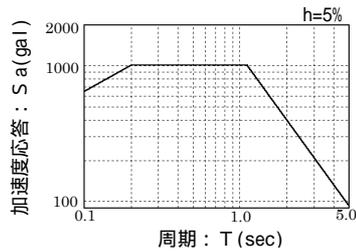


図-4 L2地震動の加速度応答スペクトル

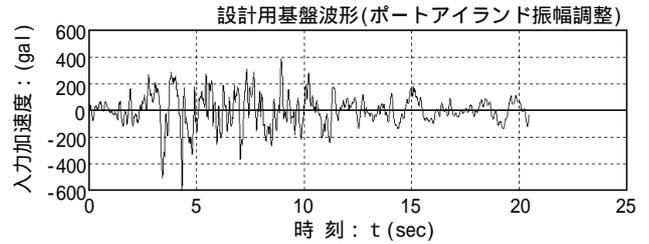
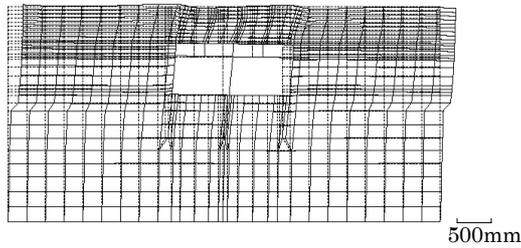


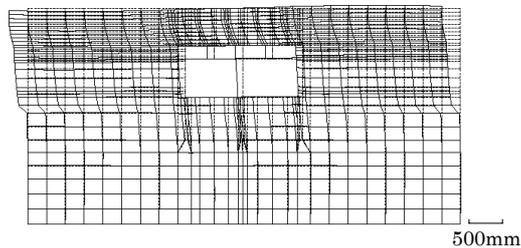
図-5 L2地震動の加速度波形

4. 解析結果

合成構造（CASE1）と従来構造（CASE2）の地震時の変形と曲げモーメント増分を図-6、図-7に示す。いずれもトンネル頂底版間の相対変位が最大となる時刻における応答値である。従来構造の場合はトンネル上の表層地盤が全体的に一樣に変形している（図-6(2)）。これに対して合成構造の場合、上側に張出した土留壁周辺の地盤の変形は一樣ではなくなり、土留壁は地盤変位に追従して変形している（図-6(1)）。この影響で合成構造の曲げモーメントは従来構造のものと異なっている（図-7）。

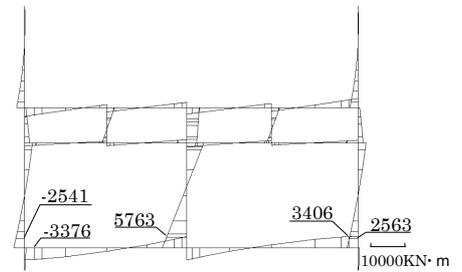


(1) 合成構造

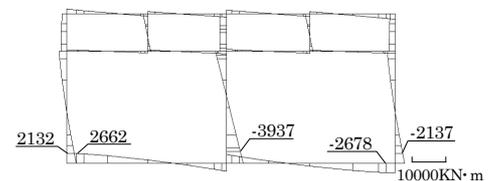


(2) 従来構造

図-6 変形



(1) 合成構造



(2) 従来構造

図-7 曲げモーメント増分

表-1 地震時増分断面力

各ケースの主要な部材の地震時増分断面力を表-1に示す。合成構造（CASE1）の断面力は従来構造（CASE2）のものに対して概ね大きい。合成構造の上下張出部が無い場合（CASE3）、上側張出部のみが無い場合（CASE4）はいずれも曲げモーメントはCASE1と比較して2割程度小さい。また、CASE3とCASE4の断面力は同程度であることから、上下張出部のうち特に上側張出部の影響が大きいことが確認できる。しかし、上側に張出した土留壁の曲げモーメントは降伏曲げモーメントを超えており、非線形解析を実施すれば土留壁による影響は小さくなると考えられる。

5. まとめ

2次元動的FEM解析により合成構造と従来構造の地震時の基本的な挙動を把握できた。今後、RC部材、合成構造部材及び土留壁の非線形特性を考慮したより詳細な耐震解析を実施し、合成土留壁の地震時の設計手法を確立していく予定である。

参考文献 1) 阪神高速道路公団：開削トンネル耐震設計指針（案）、1999.12.

		CASE1	CASE2	CASE3	CASE4
構造形式		合成構造	従来構造	合成構造	
上下に張出した土留壁		有	—	上下無し	上側無し
側壁	曲げモーメント (kN·m)	-2563	2137	2031	2047
	せん断力 (kN)	776	-723	-647	-639
	軸力 (kN)	-441	298	363	301
下床版	曲げモーメント (kN·m)	-3406	2678	2541	2730
	せん断力 (kN)	-206	115	91	214
	軸力 (kN)	844	-946	-911	691
隔壁	曲げモーメント (kN·m)	-5763	3937	4405	4422
	せん断力 (kN)	1387	-937	-1067	-1076
	軸力 (kN)	1	-8	-8	-7