

大和川線シールドトンネル部における縦断耐震検討

阪神高速道路株式会社	正会員	○八ツ元 仁
阪神高速道路株式会社	正会員	志村 敦
鹿島建設株式会社	正会員	玉田 康一
鹿島建設株式会社	正会員	牛垣 勝

1. はじめに トンネルなど地中内の線状構造物の耐震性能を評価するにあたり、地震により発生するトンネル軸線上の相対変位を縦断方向の耐震性能照査の外力として取り扱う必要がある。この相対変位は地盤の不均質性による応答の違いや、入力地震動の伝搬の差により生じる位相差などに起因して発生する。このような相対変位が問題となるような構造物の耐震設計においては、設計対象地盤の特性を考慮した地盤の変位(振幅)と位相速度(波長)を設定し、正弦波により変位分布を与える手法を用いることが多い。本検討対象である阪神高速道路大和川線は、上町断層と交差しており、地震動伝搬、地盤不均質性による相対変位をより詳細に把握するため、地震動の位相差入力を考慮した大和川線全体のFEM動的解析を実施した。本検討では、過年度検討¹⁾と同様にトンネル縦断方向の位相差影響を反映した地盤応答変位を用いて、シールドトンネル部における地震時の縦断方向検討を行ったものである。

2. 解析手法

2.1 地盤応答解析¹⁾ 入力地震動は、道路橋示方書V編に示すレベル1、レベル2地震動および大和川線直下に存在する上町断層の破壊を想定した最大級シナリオ地震動(以降、シナリオ地震)を用いた。地震応答解析は、図1に示すように、鉛直2次元断面メッシュに単位奥行き幅の要素を考慮した3次元モデルにおいて工学的基盤より上層はDrucker-Pragerの降伏基準による弾塑性体として取り扱い、他は弾性体としてFEM応答解析を行った。耐震基盤面については、せん断弾性波速度550m/sであるGL-200m面とした。図2にトンネル縦断位置における地盤応答結果を示す。縦断方向に沿って応答変位分布の違いが出ていることから、縦断方向の地盤変化による影響を受けていることがわかる。シナリオ地震時の地盤応答は、レベル2地震時に比べて1オーダー大きい。

2.2 構造解析 シールドトンネル部の構造解析は線形解析を行うものとし、リング継手を考慮した等価剛性²⁾の直線梁としてモデル化を行った。セグメントについては、非常駐車帯部や曲線部での視認性確保の観点から合成セグメントとコンクリート系セグメントの2種類を採用しており、各々の部材特性をモデル化の際に反映させた。立坑接続部については、図3に示すように立坑躯体とトンネルを一体化せず、軸方向は充填材の付着による拘束を考慮したスライド結合、軸直角方向は剛結合、回転は自由としたピン結合としてモデル化を行った。地盤バネについては、周辺地盤とシールドトンネルをモデル化した静的なFEM解析により算出した。表1に、今回の解析照査条件となる耐震要求性能を示す。

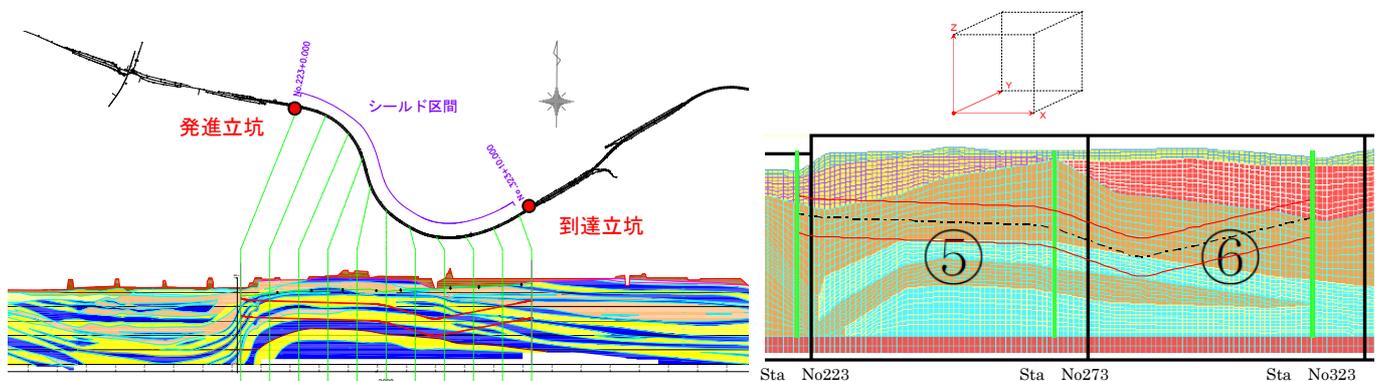


図1 大和川線平面線形とFEM解析メッシュ(表層部)

Key word: シールドトンネル、最大級シナリオ地震、応答変位法、梁モデル

〒590-0075 堺市堺区南花田口町 2-3-20 住友生命堺東ビル 5F 阪神高速道路株式会社 堺建設部 TEL072-226-4713

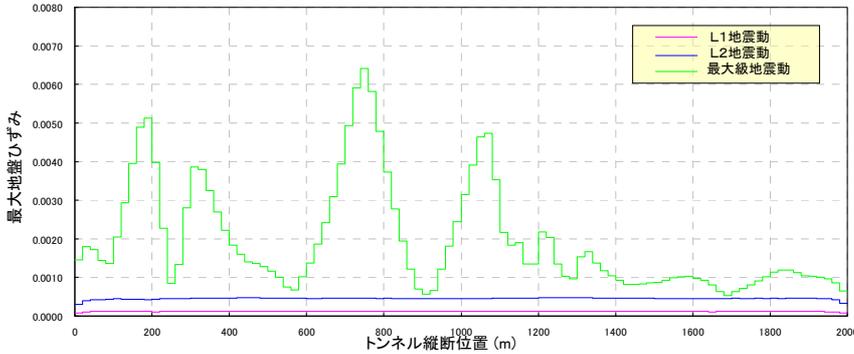


図2 トンネル縦断位置における最大地盤ひずみ分布

表1 求める要求性能

地震レベル	対象地震動	目標とする耐震性能			許容値
		安全性	機能性	復旧性	
L ₁ レベル	道路橋示方書1種地盤のスペクトル特性を有する地震動	地震時の利用者に対する安全性を確保	地震直後にも一般車両の通行が可能	通行止めを伴う補修・補強不要	短期許容応力度 (線形解析)
L ₂ レベル	兵庫県南部地震における強震動記録より、基盤での平均的なスペクトル特性を有する地震動	地震時の利用者に対する安全性を確保	地震直後にも緊急車両が通行可能・建築限界確保	補修・補強により当初の機能回復が可能	終局耐力 (線形解析)
最大級シナリオ地震動	上町断層を震源とするシナリオ地震動	トンネルが崩壊し、人命が失われない	-	-	終局ひずみ (非線形解析)

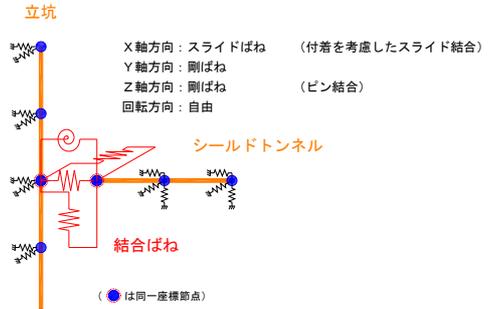


図3 立坑接続部解析モデル図

表2 照査結果整理表

入力地震動		L ₁ レベル		L ₂ レベル		シナリオ地震動		
セグメントタイプ		NM	RC	NM	RC	NM	RC	
本体部	軸圧縮応力度	N/mm ²	5	6	19	22	89	172
	許容値	N/mm ²	24	30	42	54	42	54
継手部	引張力	kN	20	76	80	168	470	1960
	許容値	kN	252	197	382	308	382	308
	目開き量	mm	0.3	0.6	1.2	1.4	7.1	16.3
	許容値	mm	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

3. 解析結果

表2に、解析値に対する照査結果、

図4にトンネル発生断面力の結果を示す。発生断面力の分布は、図2に示す最大地盤ひずみ分布とほぼ一致しており、地盤応答が大きい箇所、発生断面力が大きくなるのがわかる。立坑接続位置においては、トンネルが軸方向にスライドすることで、変位を吸収するため、発生断面力が軽減されている。表2に示すとおり、シナリオ地震時には耐震性能を満足しないため、構造部材および地盤バネに非線形性を考慮したモデルを用いて解析を行った。図5に非線形解析結果を示す。引張力については非線形モデルの効果が現れなかった。一方、圧縮力は低減されたが、一部の断面において終局ひずみ0.0035を上回る結果となった。リング継手の目開き量は、非線形性を考慮しても許容値を満足しない結果となったが、シナリオ地震動に対する要求性能から、構造物全体の安全性については影響しないと判断した。

4. まとめ

シナリオ地震時では、一部の断面において、耐震性能を満足しないことがわかった。今後の予定として、可とう継手により発生断面力を軽減させる対策検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 八ツ元仁, 志村敦, 李圭太, 岡嶋義行: 阪神高速大和川線開削トンネル部における縦断耐震検討, 第13回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, 2010
- 2) 建設省土木研究所, 大規模地下構造物の耐震設計法・ガイドライン(案), 1992

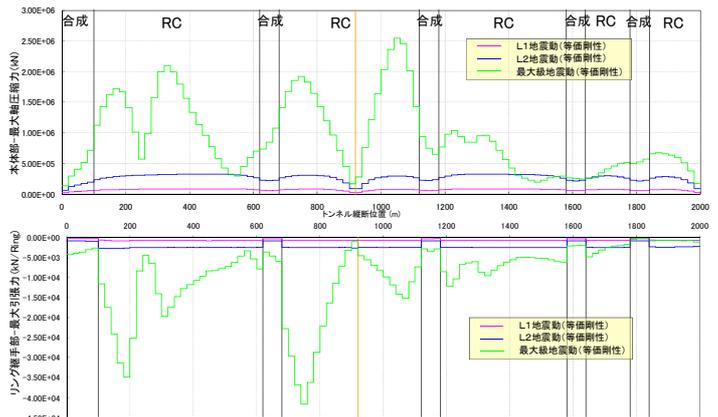


図4 発生断面力結果 (線形解析)

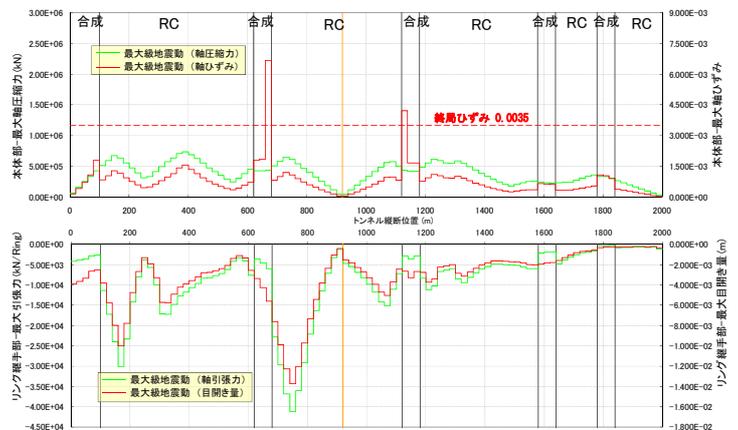


図5 非線形解析による発生断面力結果 (比較)