

センターランプ式トンネルの三次元地震時挙動における構造目地の耐震性能効果

鹿島建設(株) 正会員 ○大保直人, 山田岳峰, 伊丹洋人, 森口敏美
 首都高速道路(株) 正会員 土橋浩, 波津久毅彦
 東京工業大学 正会員 市村強, 山木洋平
 東京大学 正会員 堀宗朗

1. まえがき

筆者らは、大規模高速道路トンネルプロジェクトで整備が進められている実際のランプトンネルを対象として、実物大三次元モデルの大規模三次元地震応答解析を実施し、ランプトンネルの三次元地震時挙動に係わる諸検討を実施している^{1)~4)}。その結果、トンネルが周辺地盤の応答に追従しようとするため、軟質な地盤で地盤の応答が大きくなるほど、あるいは地盤構造の変化が大きくなるほど、トンネルに曲げや圧縮・伸張といった三次元的な挙動（三次元解析で定量評価が必要とされる挙動）が顕著になることをこれまでに確認している。トンネル長手方向の挙動が支配的な場合には、トンネル・地盤系を梁・ばね系に簡便化したモデルを用いた応答変位法による検討を行い、必要に応じ構造目地や可とう継手といった耐震対策が検討されることが多い。しかしながら、ランプトンネルなど大規模で複雑な地下構造物の場合には、三次元解析により細部の応力状態を精査することが望まれる。そこで、本報では、この種の検討の端緒として、前出の大規模三次元地震応答解析において、トンネル構造目地の剛性をパラメータとした解析を実施し、その耐震性の向上効果について検討する。

2. 大規模三次元地震応答解析の概要

解析モデルは、センターランプ式トンネルである首都高速中央環状新宿線の西新宿南連絡路トンネルを対象として、当該ランプトンネルの地震時挙動の特徴を、効果的かつ効率的に評価できるよう簡素化した大規模三次元モデル（図-1、表-1）である。当該モデルのうち、地盤構造が変化する地層境界から、地盤の応答が大きくなる表層第一層軟質地盤内にランプトンネルが抜け出た位置（ランプトンネル下端が地層境界から+0.5mとなる位置）に、構造目地として、トンネル軸方向に0.5m幅の構造可変部を設置した。本検討で用いた解析手法は、線形動弾性体・質量比例型減衰の三次元動的FEMである。解析は、構造可変部の剛性を元剛性から低減率1/100及び1/100000に低減させた大規模三次元モデルについて、設計用のL1地震波と等価な地震波（図-2）をモデル基盤にトンネル軸方向並びに軸直角方向にそれぞれ入力して実施した。その際、地盤応答の1次モードに着目して解析の保証精度の上限値を4Hzに設定している。

3. 解析結果

最大地盤応答変位発生時の、自由地盤の応答変位を図-3に、トンネルの応答変位を、目地無しの場合の結果とともに、図-4に示す。図に示されるように、地震波をトンネル軸方向に入力すると、周辺地盤の応答に追従してランプトンネルはトンネル軸方向に変形する（(a)～(c)図）。軸方向入力の場合、構造可変部の剛性を低減すると（(b)、(c)図）、目地無し結果（(a)図）に比べ、可変部で変位が吸収されるため目地を除くトンネル躯体ではトンネル軸方向の変位勾配が緩和される（即ち、軸ひずみ並びに軸力が減少する）傾向が確認できる。一方、トンネル軸直角方向に入力した場合（(d)、(e)図）には、同じ低減率1/100となる(d)図と(b)図の結果を比較すると、構造可変部の剛性低下の効果は、トンネル軸方向入力ほど明瞭とはならない。原因として、今回の解析条件（目地位置を含む）では、トンネル軸直角方向入力の場合、トンネルの変形がトンネル断面内の挙動が支配的なものに対して、軸方向入力の際には、トンネルの変形並びに構造可変部の効果ともに、トンネル軸方向の影響が卓越する結果と考えられる。以上から、構造目地を設置する場合には、目地の耐震性能、トンネルの変形モード並びに目地の設置位置に係わる検討が重要なことが確認される。

キーワード 大規模, 三次元, 地震応答解析, ランプトンネル, 目地, 耐震対策

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島技術研究所 大保 直人 TEL 042-489-7296

4. あとがき

大規模三次元モデルを用いた三次元地震応答解析の結果, ランプトンネルは, 複雑な三次元挙動を示すが, ランプトンネルに耐震目地を設置することでトンネルの応答を低減できることが分かった. 今後, 応力並びに設計断面力の評価も行い, 実際のランプトンネルを対象に, 構造目地の耐震性能を明らかにする予定である.

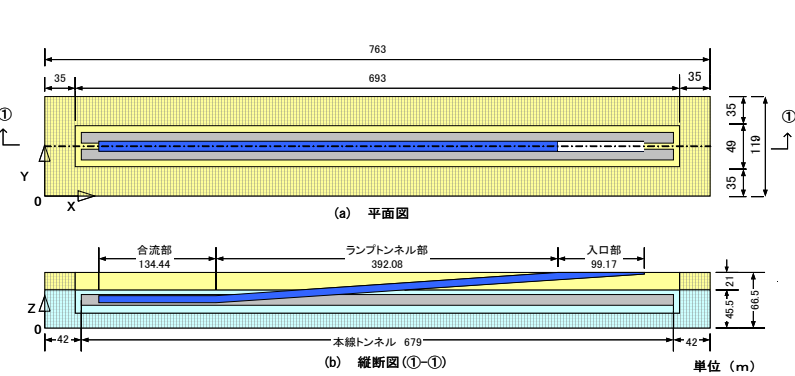


図-1 センターランプ式トンネルの三次元解析モデル

表-1 材料定数

	単位体積重量 ρ (t/m ³)	せん断波速度 V_s (m/sec)	ポアソン比 ν (-)	減衰定数 α	備考
本線トンネル	0.609	3372	0.3	0.9	鋼製セグメント から換算
ランプトンネル	2.500	2230	0.15	0.9	RC構造
地盤第1層	1.500	150	0.45	0.9	せん断弾性係数 $G = 33.75 \text{ N/mm}^2$
地盤第2層	2.000	450	0.45	0.9	

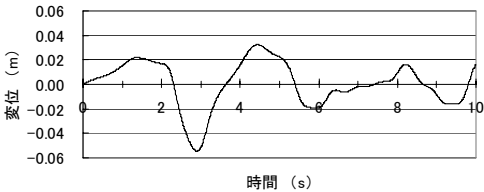


図-2 入力地震動 (L1 地震動)

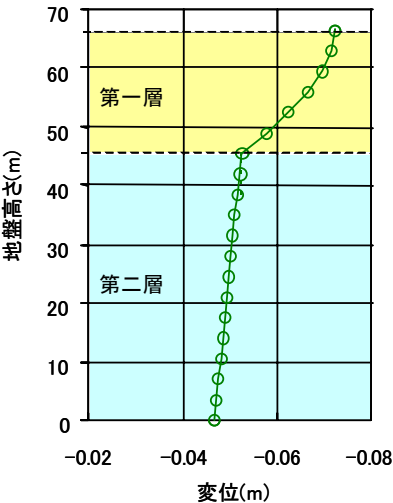


図-3 最大地盤応答変位発生時の
地盤応答変位深度分布

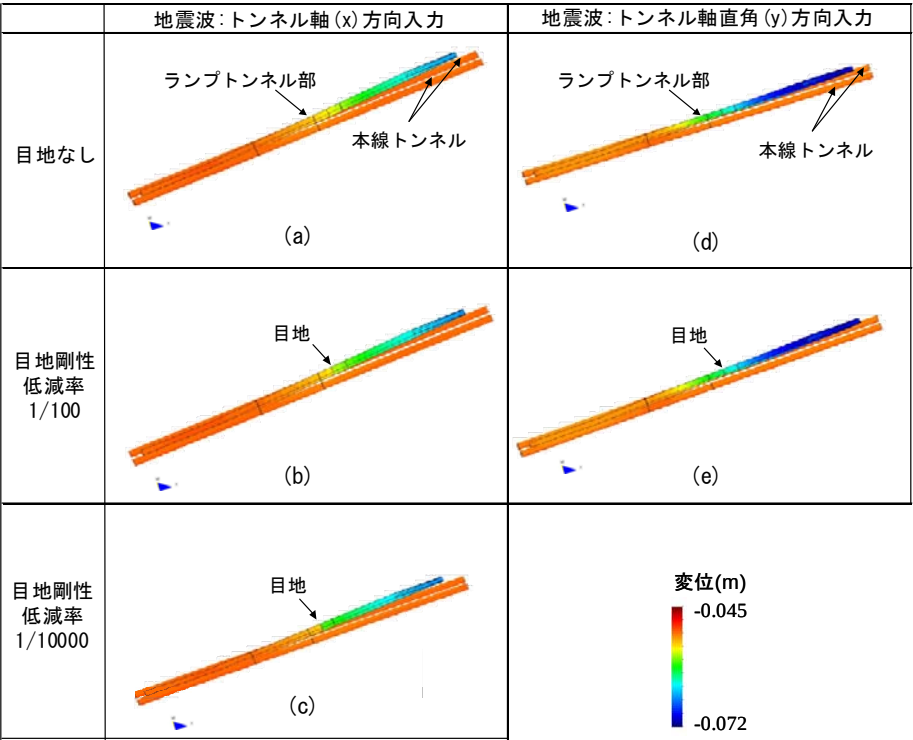


図-4 最大地盤応答変位発生時のトンネルの応答変位

参考文献

1) 山田岳峰, 市村強, 大保直人, 佐茂隆洋, 堀宗朗, 池田清宏, トンネルランプ構造部の地震応答特性と耐震対策工, 構造工学論文集, JSCE, Vol. 51A, pp. 561-568, 2005.

2) 市村強, 土橋浩, 落合栄司, 山田岳峰, 伊丹洋人, 大保直人, 森口敏美, 堀宗朗, センターランプ式トンネルを対象とした三次元地震時挙動の検討概要と解析手法の開発, 第 42 回地盤工学研究発表会, 2007 (投稿中)

3) 土橋浩, 落合栄司, 市村強, 山田岳峰, 伊丹洋人, 大保直人, 森口敏美, 堀宗朗, センターランプ式トンネルを対象とした三次元地震応答解析のための解析領域の検討, 第 42 回地盤工学研究発表会, 2007 (投稿中)

4) 山田岳峰, 土橋浩, 落合栄司, 市村強, 伊丹洋人, 大保直人, 森口敏美, 堀宗朗, センターランプ式トンネルを対象とした三次元地震時挙動の評価, 第 42 回地盤工学研究発表会, 2007 (投稿中)