

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効果 (その2)

鹿島建設(株) 正 ○大保直人

首都高速道路(株) 正 土橋浩

首都高速道路(株) 正 波津久毅彦

鹿島建設(株) 正 森口敏美

鹿島建設(株) 正 山田岳峰

鹿島建設(株) 正 伊丹洋人

東京工業大学 正 市村強

東京大学 正 堀宗朗

1. はじめに

筆者らは首都高速中央環状新宿線山手トンネルの西新宿南連絡路のセンターランプ式トンネルを対象に、三次元地震応答解析を実施し、大規模で複雑な構造を有するトンネルの耐震性能照査を目的とした検討を実施している^{1)~3)}。既報¹⁾では、トンネル長手方向に三次元的に複雑な応答を示すランプトンネルの一部区間に構造目地を配置したときの耐震効果を変形レベルで定性的に評価している。本稿では、さらに、応力レベルで構造目地の耐震効果(応力低減効果)について検討し、その有効性と今後の検討課題を考察する。

2. 解析条件

解析モデルを図-1に示す。構造物の基本的な応答特性に着目し、ランプトンネルを矩形断面(RC構造)、本線トンネルを円筒形(鋼製セグメント)によりモデル化する。地盤は、当該ランプトンネルが通過する地層構成を基準に2層水平成層構造とする。レベル1地震動(首都高L1-B-2地震波)を対象にSHAKEにより算出した等価剛性を地盤の材料定数に用いる(表-1参照)。解析モデルは、地盤の1次モードを対象として4Hzまで解析精度を保证する要素分割により離散化する。解析モデル底面位置での入力地震動を図-2に示す。地震動はトンネル軸方向入力とする。モデル並びに解析の詳細については、文献¹⁾を参照されたい。

解析対象とするランプトンネルでは、地層境界付近に構造目地が設置されている。これは、地層境界付近で発生する応力の集中を緩和することを目的に設置されたもので、図-3に示すように、施工目地材(厚さ $t=20\text{mm}$)をトンネル横断面全周に設置し、トンネル軸方向にはスリップバー(D25×1000)で連結する構造を有している。解析では、この実構造物と同様に地層境界直近位置(地層境界から+0.5m、図-4参照)に、0.5m幅のトンネル剛性低下部(以下、構造目地部と呼ぶ)を設定する。構造目地が無い場合では剛性を低下させないが、構造目地の効果を考慮する場合、当該剛性を元のトンネル剛性の1/100, 1/10000に低下させることでモデル化し、それぞれ解析を行う。

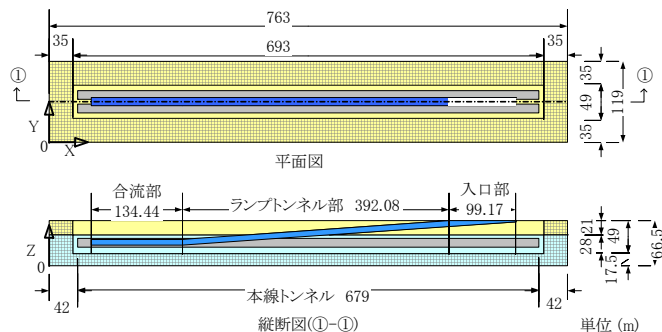


図-1 解析モデル

表-1 材料定数

	単位体積重量 ρ (kg/m ³)	せん断波速度 V_s (m/sec)	ポアソン比 ν (-)	減衰定数 α (1/sec)	備考
地盤第1層	1500	150	0.45	0.9	せん断弾性係数 $G=33.75\text{N/mm}^2$
地盤第2層	2000	450	0.45	0.9	
本線トンネル	609	3372	0.3	0.9	鋼製セグメント から換算
ランプトンネル	2500	2299	0.15	0.9	剛性低下1/100
		229.9			剛性低下1/10000
		22.99			

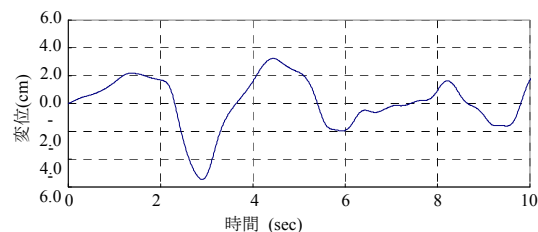


図-2 入力地震動

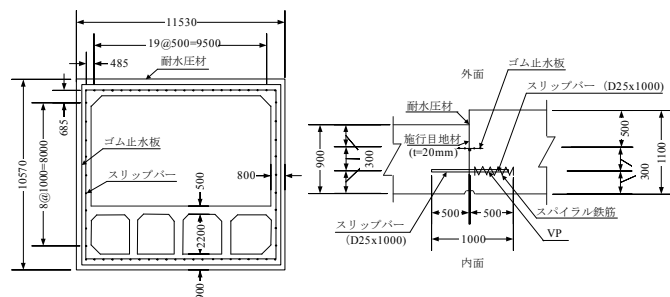


図-3 構造目地の概要

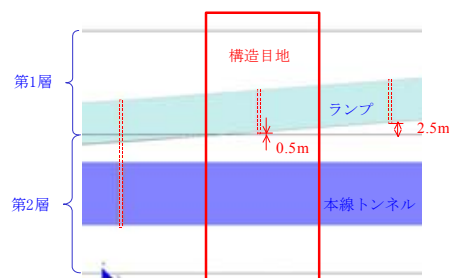


図-4 構造目地の位置

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 鹿島建設技術研究所 大保直人 TEL:042-489-7296

3. 解析結果

地盤第 1 層の地表面と地層境界間の相対変位最大時(時刻 $t=2.69\text{sec}$)におけるランプトンネルの軸方向変位分布を図-5 に示す。構造目地部の剛性低下に伴い、構造目地部に変形が集中することが分かる。また、ランプトンネル両端間でいずれの場合でも 1.4cm 程度の相対変位が発生しているものの、構造目地部の剛性が低い場合ほど、構造目地部で応答変位が大きく発生している(剛性低下 1/10000 の場合で構造目地部に相対変位 0.36cm, ランプトンネル全体の相対変位の 24.4%)。同時刻における構造物の軸方向応力分布を図-6 に示す。いずれの場合でも、ランプトンネルの地層境界付近から地表面にかけて軸方向応力が大きく発生している。ただし、構造目地部を剛性低下した場合に、この発生応力は構造目地部周辺において低減されている。構造目地が無い場合を基準とした、ランプトンネルに発生する軸方向応力の差分を図-7 に示す。同図より、構造目地部を中心に応力の低減が見られる。特に構造目地部の剛性が小さくなると発生応力の低減量も大きいことが分かる。図-8 にトンネル軸方向座標に沿ってランプトンネルの各要素での軸方向応力分布を示す。この図より、構造目地部の剛性低下によって、構造目地近傍だけでなくランプトンネルの層境通過部から地表面の U 字擁壁部にかけての地盤第 1 層の比較的広い範囲に渡って、発生応力が低減していることが分かる。

4. まとめ

センターランプ式トンネルを対象に大規模三次元解析を実施し、ランプトンネルの応力分布を構造目地の有無で比較した。その結果、トンネル軸方向に地震動が入射する場合に、構造目地の剛性低下率が大きいほどランプトンネルに発生する応力の低減効果は大きく、その効果は地盤第 1 層の比較的広範囲に及ぶことが確認出来た。今後は、構造目地の詳細なモデル化の方法やトンネル軸直角方向に対する検討、さらにレベル 2 地震動に対する検討を進める予定である。

参考文献

- 1) 大保直人 他: 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, 土木学会第 62 回年次学術講演会, I-529, pp. 1075-1076, 2007.
- 2) 市村強 他: 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, 811, pp. 1615-1616, 2007.
- 3) 波津久毅彦 他: 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—様々な入力地震動に対するトンネルの応答評価—, 第 43 回地盤工学研究発表会 2007 (投稿中).

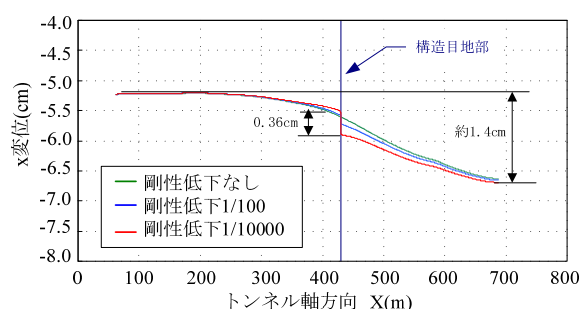


図-5 ランプトンネルの軸方向変位分布

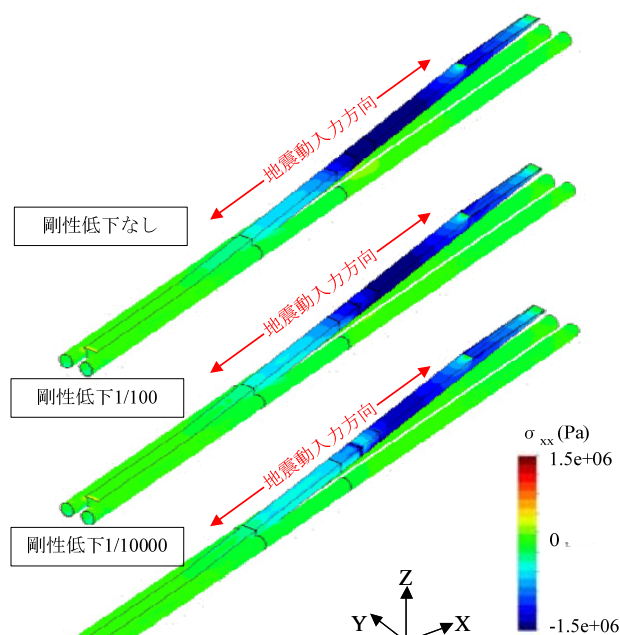


図-6 構造物の軸方向応力分布

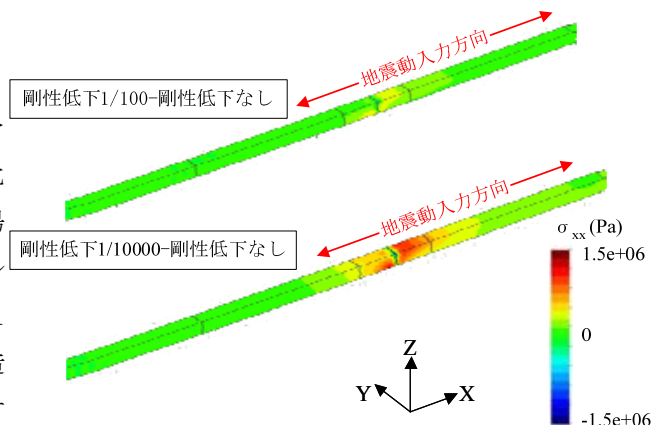


図-7 ランプトンネルの軸方向応力の差分

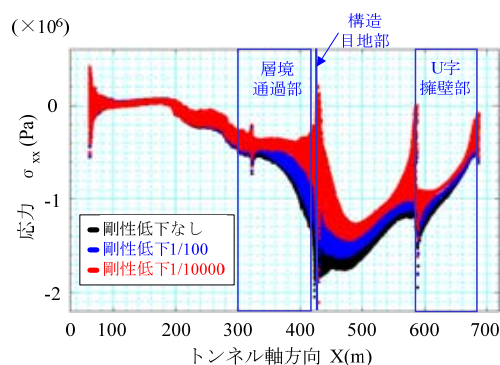


図-8 ランプトンネルの軸方向応力の分布