

地層境界部におけるシールド横断方向の耐震検討

首都高速道路公団 正会員 鳥羽正樹・田嶋仁志・川田成彦
 (株)オリエンタルコンサルタンツ 正会員 橋 義規・林 家祥

1. はじめに

首都高速中央環状新宿線はシールド工法と開削工法の2つの工法でトンネルの建設が予定されている。このうち、総延長約7kmのシールドトンネルは、大半が良質な地盤中を掘進するが、一部の区間においてはトンネルが比較的軟弱な地層 ($V_{s0} = 180\text{m/s}$ 程度) を掘進している箇所も存在している。

一般にシールドトンネルの横断方向に関しては、図-1に示すように常時の土水圧と地震荷重による曲げモーメントの卓越方向が異なるため、矩形断面に比べると相対的に地震の影響が小さいと考えられる。しかしながら、図-3に示すようにトンネル断面内に地層境界がある場合や、地盤ひずみの大きい基盤近く、あるいは硬質地盤直上にトンネルが位置する場合等は耐震上の問題箇所になると考えられる。本検討は、このような地盤条件を対象に応答変位法によるトンネル横断方向の解析を行い、シールドトンネルの基本的な耐震性を調べるものである。

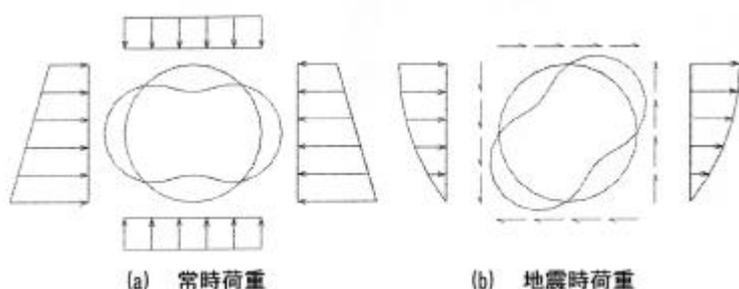


図-1 横断方向の曲げモーメント分布

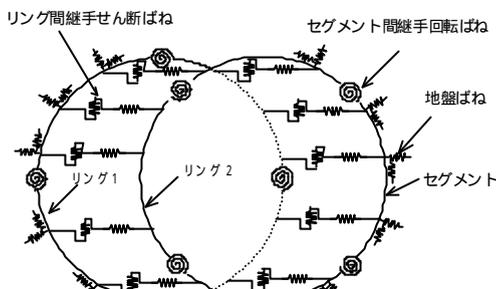
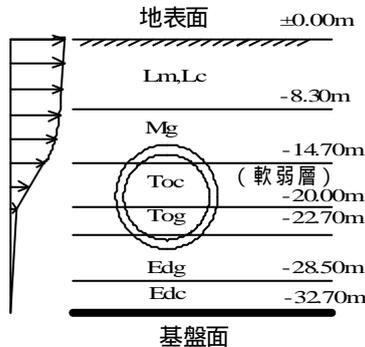


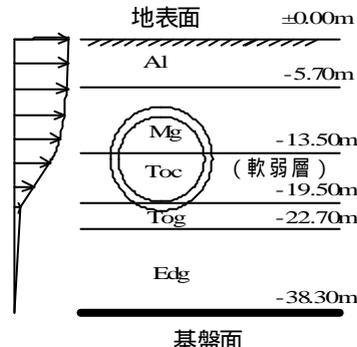
図-2 解析モデル

(a) 地盤定数

地層名	単体重量 (tf/m ³)	せん断波速度 V_{s0} (m/sec)
Al, Lm, Lc	1.40	110
Mg	2.00	440
Toc(軟弱層)	1.70	180
Tog	1.90	470
Edg	1.90	415
Ede	1.80	450
Ede(基盤)	1.90	415



(b) 地盤急変部(断面A)



(c) 硬質地盤直上(断面B)

図-3 検討対象地盤条件

2. 解析モデルと入力地震荷重

解析モデルとしては、セグメントは非線形特性 ($M \sim \theta$) を考慮した梁で、セグメント間継手の回転は継手の非線形特性を考慮したばねでモデル化した。また、隣接リング同士の千鳥効果を考慮した2リングでモデル化した。図-2に解析モデルを示す。同図において地盤ばねは線形とし、地震時地盤定数を用い静的 FEMモデル¹⁾により法線・接線方向のばね値を算定した。解析モデルに入力する地震荷重は、L2地震(図-4)による地盤変位と周面地盤から作用する地盤応力および躯体慣性力²⁾とし、地盤の応答解析に基づいて算定した。地盤変位は地盤ばねを介して入力し、その他の地震荷重はトンネルに直接入力と

キーワード シールドトンネル ほぞ付きセグメント 耐震設計 地震時地盤ひずみ

〒160-0023 東京都新宿区西新宿6-6-2

TEL 03-5320-1624 FAX 03-5320-1658

した。また、構造形式によるトンネルの耐震性の違いを調べるため、セグメント間継手を剛性の比較的小さいほぞ継手と剛性が大きい短ボルト継手とした場合の2ケースを例に検討した。

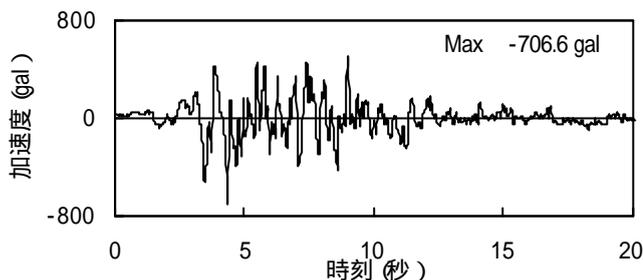


図 - 4 入力地震動 (L2・露頭基盤波)

表 - 1 セグメントの本体の照査

照査位置	曲げモーメント (tf・m)		せん断 (tf)		
	発生値	終局耐力	発生値	耐力	
ほぞ セグメント	-1	61.2	43.5	82.1	60.0
	-2	54.3	45.2	61.9	
短ボルト	-1	67.7	42.9	71.3	60.0
	-2	65.1	42.9	75.5	
	-3	58.9	45.2	62.3	
	-4	55.0	54.6	61.3	

注1) 照査位置はセグメント損傷図を参照。

注2) 曲げ終局耐力は地震時軸力を考慮したコンクリート終局時の曲げモーメント。

注3) せん断耐力は道示Vに従って算定した。

3. 解析結果と考察

応答変位法による解析結果を用いて常時荷重で設計されたトンネル各部を照査した。図 - 5 にセグメント本体および継手の損傷部位を示す。同図において曲げとせん断両方が耐力を超過した部位の照査結果を表 - 1 に示す。結果を以下に示す。

セグメント間継手をほぞとした場合、L2地震においてセグメント本体の曲げとせん断、継手部の支圧が一部耐力超過となった。セグメントの本体の損傷箇所は地盤急変部の方がやや多く、曲げ4ヶ所、せん断3ヶ所、せん断と曲げの両方1ヶ所であり、スプリングライン付近の5つのセグメントに集中している。また、継手の支圧の損傷箇所は7ヶ所程度であり、ほぼ軟弱層内に集中している(図 - 5)。セグメント間継手を短ボルトとした場合は、本体の曲げとせん断のみが一部耐力超過となった。損傷箇所は地盤急変部の方がやや多く、曲げ5ヶ所、せん断1ヶ所、せん断と曲げの両方2ヶ所程度であり、スプリングライン付近の6つのセグメントに集中している(図 - 5)。

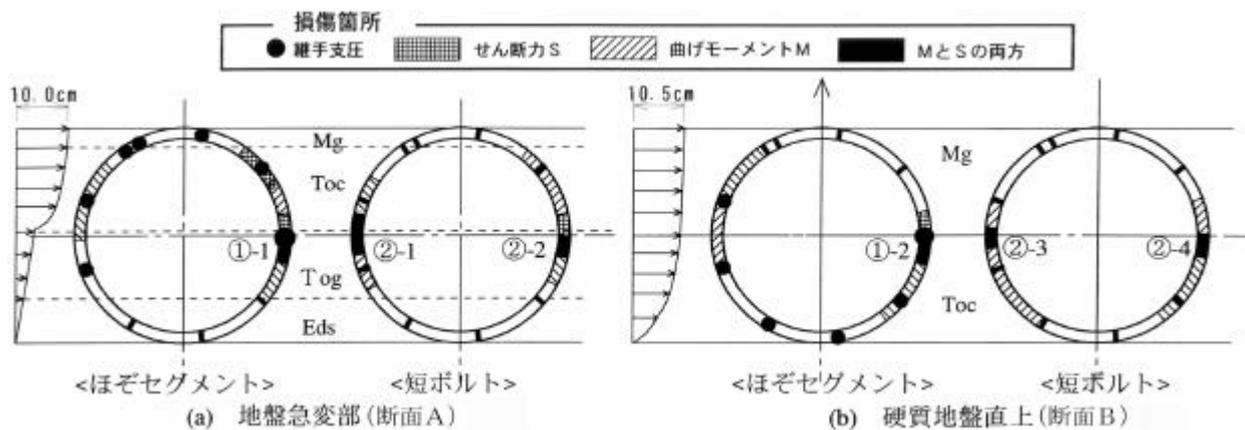


図 - 5 セグメントの損傷図

4. 今後の課題

L2地震時に対する設計を進めていく上では、せん断耐力が不足する箇所に対してはせん断補強による曲げ先行型破壊への移行、曲げ耐力が不足する箇所に関しては構造物が不安定とならないための塑性ヒンジ数の制限か、塑性ヒンジの回転角の上限値等について今後検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 日本道路協会：駐車場設計・施工指針 同解説,平成4年11月
- 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),平成4年3月