

中柱を有する大断面矩形シールドセグメントのレベル2耐震設計について

京 都 市 交 通 局 正会員 中村 浩 山崎糸治
中央復建コンサルタンツ株式会社 正会員 北嶋武彦 ○畔取良典

1. はじめに

京都市交通局東西線六地蔵～石田間において、大断面の矩形シールドを採用した。本報告は、大断面矩形シールドの設計の内、1層2径間断面の耐震設計について報告するものである。

2. 大断面矩形シールドの概要

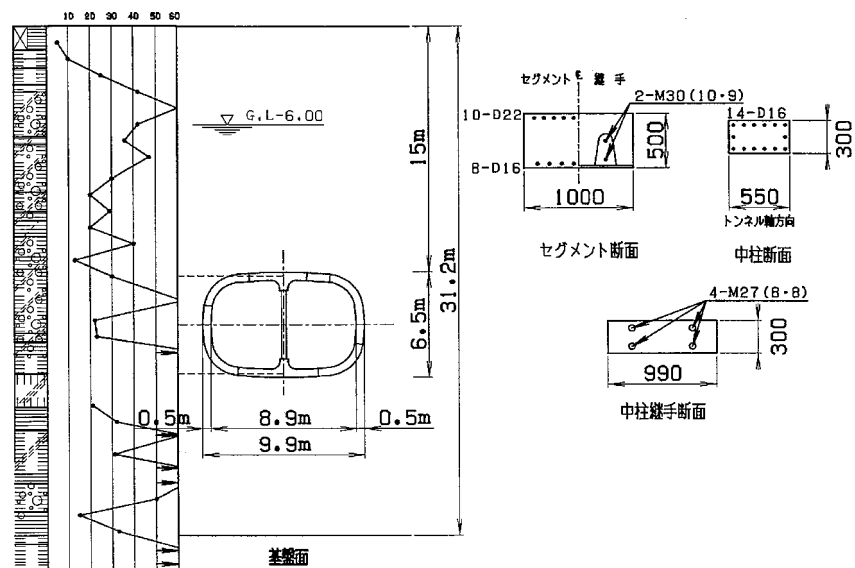
矩形シールド区間は、渡り線部（1層1径間）約60m、一般線路部（1層2径間）約700mであり、土被りは10m（渡り線部）～15m（一般線路部）であり、 $N=10\sim30$ の砂礫層を通過する。

常時設計¹⁾において、渡り線部ではサトイッチ型合成セグメント、一般線路部ではRC平板型セグメントを採用した。なお、継手の締結方式はすべてボルト方式である。一般線路部採用セグメントの概要を図－1に示す。

3. 一般線路部RCセグメントの耐震設計手法

(1)設計手法の概要

耐震設計は、鉄道シールド基準²⁾（以下、シールド標準）に示される応答変位法を用いて行った。同基準は地震時許容応力度を用いた照査となっているが、一般線路部のRCセグメントに対しては発生応力度が大きく、不経済な設計となる。そこで、セグメント・継手の非線形性を考慮した応答変位法による限界状態設計法を採用した。構造モデルは梁ばねモデルとし、荷重モデルは鉄道開削トンネル耐震基準³⁾（以下、耐震標準）を用いて算定した。設計地震動は、耐震標準に示されるレベル1地震動とレベル2地震動の2種を考慮した。設計法の概要を表－1に示す。



図－1 矩形シールド一般線路部の概要

表－1 一般線路部耐震設計手法の概要

項目		内容
地震時断面力の計算	構造モデル	梁ばねモデル
	荷重モデル	応答変位法
非線形特性	セグメントの非線形特性	トリニア型のM-φ関係（耐震標準による、図－2参照）
	継手の非線形特性	シールド標準から算定（図－2参照）
	中柱の結合条件	剛接合とピン接合の2種を考慮
レベル2地震時の照査	セグメント曲げ	セグメントの終局曲げモーメント
	セグメントせん断	セグメントのせん断耐力
	セグメント継手曲げモーメント	継手板の降伏モーメントと継手ボルト降伏モーメントの小さい方の値で照査
	セグメント継手せん断	ボルトのせん断耐力
	リング継手せん断	
	中柱の破壊モード	曲げ破壊先行モードとする
レベル1地震時の照査	セグメント曲げ	セグメントの降伏曲げモーメント

Key-Words：シールドトンネル、矩形断面、耐震設計、限界状態設計法、梁ばねモデル

連絡先：大阪市淀川区西宮原 1-8-29 TEL 06-6393-1106 FAX 06-6393-7527

(2)考慮する地震動

本設計に用いたレベル2設計地震動を図-3に示す。レベル2地震動は、直下型の地震動である。

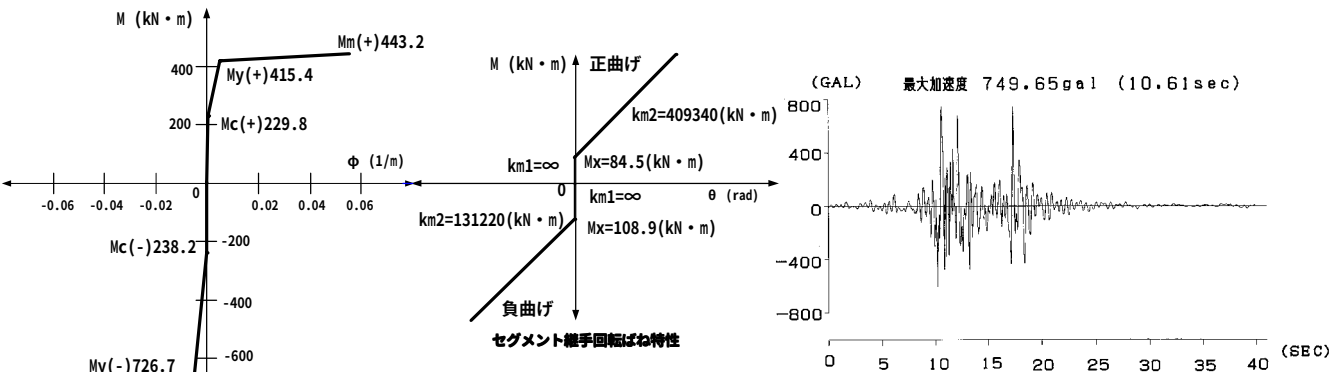


図-2 セグメント・継手の非線形特性

(4) 表層地盤2耐震設計の結果

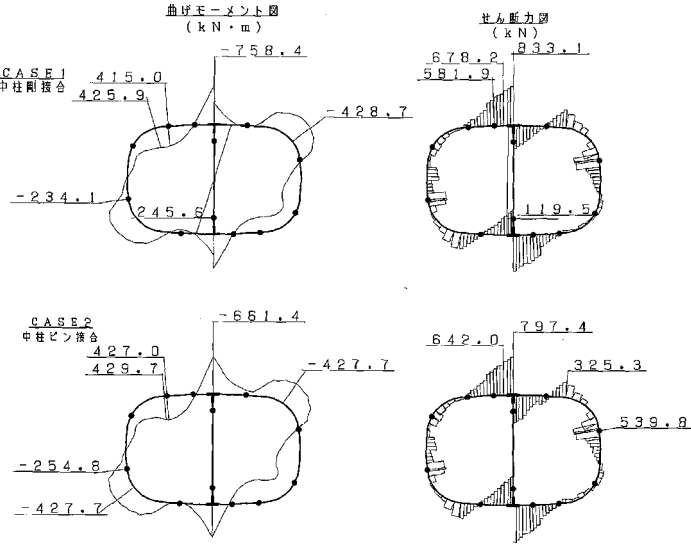


図-4 地震時荷重と発生断面力

		M(kN・m)	N(kN)	耐力 (kN・m,kN)	判定	柱の 結合
セグ メン ト	正曲げ	429.7	858.9	443.2	O.K.	ピン
	負曲げ	-428.7	1968.2	781.3	O.K.	剛
	せん断力(kN)	678.2		970.3	O.K.	剛
中柱 本体	曲げ	245.6	1400.1	246.4	O.K.	剛
	せん断力	119.5		294.6	O.K.	剛
中柱 継手	曲げ	245.6	1400.1	417.9	O.K.	剛
	せん断力	119.5		700.2	O.K.	剛
セグメ ント継 手	正曲げ	427.0	856.1	428.2	O.K.	ピン
	負曲げ	-254.8	1357.1	476.3	O.K.	ピン
	せん断力(kN)	581.9		1191.1	O.K.	剛
リング 継手	せん断力(kN)	112.8		213.6	O.K.	ピン

表-2 レベル2照査結果

図-3 設計入力地震動

表層地盤の応答解析は重複反射理論を用いた1次元地盤応答解析(SHAKE)により行った。地盤の地震時剛性低下は建設省土木研究所資料を用いた。その結果、構造物上下位置での最大相対変位は6.0cmとなり、このときの地盤応答値を用いて地震時の荷重を計算した。荷重モデルについては耐震標準に準拠した。

(2)地震時断面力の計算と部材照査

地震時断面力を図-4に示す。なお、同図の断面力は常時断面力も含まれている。照査結果を表-2に示すが、いずれも許容値以内となった。また、中柱セグメントの破壊モードも曲げ破壊先行モードとなっていることがわかる。

5. おわりに

本シールドは大断面の矩形シールドとしては日本初であり、設計荷重、セグメントの力学的挙動、施工時荷重等不明な点が多く、採用セグメント・継手方式等現時点においても検討中である。セグメントの力学的挙動についてはリング載荷試験を予定しており、この結果を反映した設計としていく必要がある。また、設計荷重、施工時荷重については、今後の現場計測管理において重要な問題であると考えている。

最後に、本設計を遂行する上でご指導いただいた京都市交通局東西線建設技術委員会と矩形シールド検討WG委員の先生方に謝意を表します。

参考文献 1) 中村浩他：大断面矩形シールドセグメントの設計について；第55回年次学術講演会；2000年9月
2) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 シールドトンネル；1997年7月
3) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計；1999年10月