

ダンピングリングトンネルの横断方向耐震設計

株式会社オリエンタルコンサルタンツ 正会員 ○福間 雅俊
 株式会社オリエンタルコンサルタンツ 正会員 梅林 福太郎
 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 若林 賢一
 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 山内 真也

1. 目的

本報告は、高エネルギー加速機器施設内にあるダンピングリングトンネルに対する横断方向の耐震設計内容とその結果を報告するものである。ダンピングリングトンネルとは、入射路より入射された電子あるいは陽電子ビームを秩序の整った高品質のビームに高めるための楕円形のリングと格納トンネルである。ビームが放射線物質であること、リングが精密機器であること等から、トンネルには高い遮蔽性能、安定性能、水密性が要求される。また、耐震性能として、L1地震では有害な損傷が生じないこと、L2地震では損傷を受けたとしても内部からの補修により施設の機能を回復できることが要求されている。このため、本設計では、完成後の不同沈下や地震後の液状化層の沈下等にそなえた支持杭に支持された構造を採用することとし、同構造に対する耐震設計を施した。

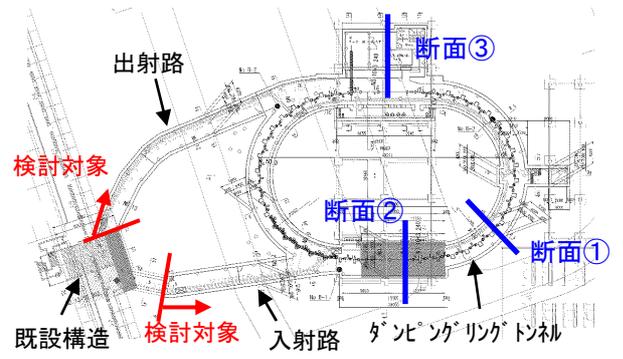


図-1 平面図

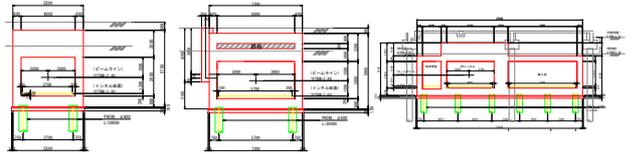


図-2 断面図

2. 対象構造

対象構造物を図-1に示す。対象構造物はダンピングリングトンネル、入射路、出射路から成る高エネルギー加速器施設である。耐震設計断面は図-2に示す3断面とした。構造条件を表-1に示す。

表-1 構造条件

コンクリート	設計基準強度 f_c	(N/mm^2)	24.0
	引張強度 f_t	(N/mm^2)	1.9
	ヤング係数 E_c	(N/mm^2)	25000
	単位体積重量 γ_c (普通コンクリート)	(kN/m^3)	24.5
	単位体積重量 γ_c (重量コンクリート)	(kN/m^3)	34.3
鉄筋	降伏強度 f_y	(N/mm^2)	345
	ヤング係数 E_s	(N/mm^2)	200000
	単位体積重量 γ_s	(kN/m^3)	77.0

3. 解析条件

解析手法は応答震度法とした。構造物を非線形梁要素、地盤を平面ひずみ要素でモデル化した。モデル化範囲は、鉛直方向については基盤までを、側方は表層の3倍程度をモデル化した。境界条件は底面固定、側方水平フリーとした。解析モデルを図-3に示す。解析ケースは、地震時の地盤沈下を想定し、杭基礎構造のため、杭のみで支持する構造と、地盤と杭が支持する構造の2ケースで解析を行った。また、杭頭部の結合条件は、杭の発生断面力低減のため、ピン結合とした。

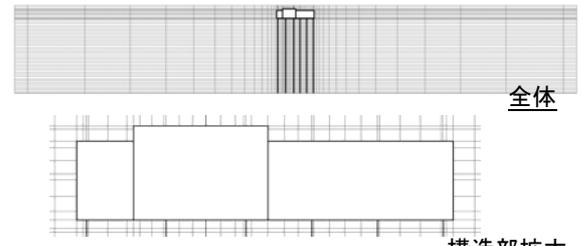


図-3 解析モデル

表-2 地盤条件

主な土質名	地層記号	代表N値(回)	単位体積重量 γ_t (kN/m^3)	粘着力C (kN/m^2)	せん断抵抗角 ϕ ($^\circ$)	変形係数 (MN/m^2)
粘性土	B	4	16.0	25	0	2.8
凝灰質粘土	Jc	3	16.4	35	0	2.1
シルト混り細砂	Js	6	17.0	0	26	7.4
シルト混り細砂	Kis	9	18.0	0	28	14.4
シルト質細砂	Kac	7	16.5	130	0	4.9
シルト混り細砂	Kms	44	19.0	0	45	30.8
砂礫	kmg	54	20.0	0	45	37.8
シルト質細砂	Ybs	48	19.0	0	45	33.6
砂質シルト	Ybc	22	18.0	130	0	15.4

4. 地盤条件

地盤定数を表-2に示す。地震時のせん断剛性の低下を考慮するため、地盤の一次元地震応答解析(SHAKE)を行い、収束剛性を算出した。ここで、ひずみ依存特性については、土木研究所資料の特性を使用した。

キーワード トンネル横断耐震, 応答震度法, 杭基礎

連絡先 〒151-0071 東京都渋谷区本町 3-12-1 株式会社オリエンタルコンサルタンツ TEL.03-6311-7861

5. 設計地震動

検討に用いた地震動は、地中構造物用に設定されている次の地震動を用いた。

- (1)L1 地震動：駐車場設計施工指針¹⁾の設計スペクトルに適した波形
- (2)L2 地震動：コンクリート標準示方書²⁾の4波形

断面①及び断面②は左右対称構造のため、加振は一方向加振のみとし、断面③については左右非対称構造のため加振方向は左から右、右から左の2方向とした。

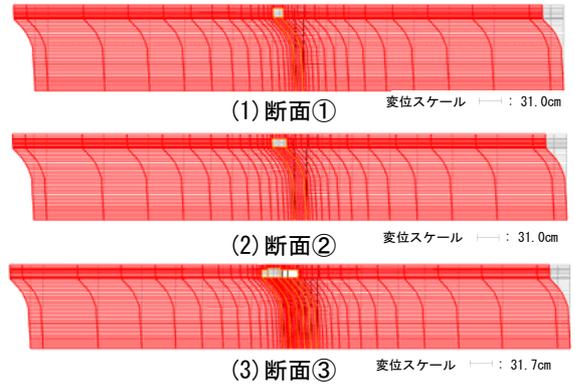


図-4 変形図(T2-1)

6. 耐震性能の照査方法

L1, L2 地震動それぞれに対して曲げ及びせん断に対する照査を行った。杭に対する L2 地震動の照査には、地盤変位が作用し、塑性化を回避することが困難なことから、許容塑性率(降伏変位の4倍以下)以下であることを照査した。

7. 照査結果

代表して T2-1 地震時の変形図及び断面力図を図-4、図-5に示す。杭単独支持のほうが構造物にとって危険側となることが分かった。

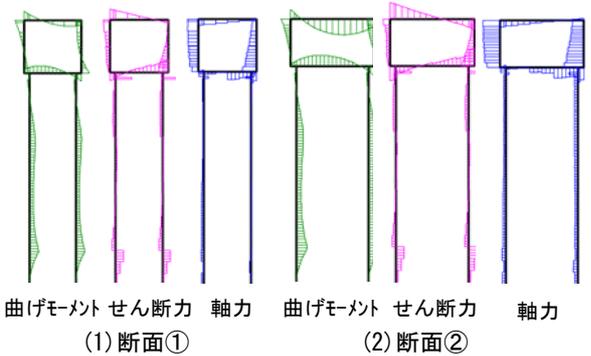


図-5 断面力図(T2-1)

常時設計で決定した断面に対する照査結果を図-6、図-7に示す。

(1) 躯体に対する照査結果

断面①については、側壁及び床版において、曲げの照査で NG となり、床版においてせん断が NG となったため、主鉄筋及びせん断鉄筋をランクアップした。断面②については床版において曲げで NG となり、頂版及び床版でせん断が NG となったため、主鉄筋及びせん断鉄筋をランクアップした。断面③については、中壁で曲げが NG となり、中壁及び床版でせん断が NG となったため、主鉄筋及びせん断鉄筋をランクアップした。

(2) 杭基礎に対する照査結果

杭基礎については、杭頭のせん断のチェック、杭体の曲げ、せん断の照査を行い、照査基準値を満足した。

8. まとめ

本設計により、杭支持されたダンピングリングトンネルに対して、耐震設計を適用し、本体と基礎杭の横断方向の地震時挙動の把握ができた。また、適切な躯体構造と杭配置・構造を採用することで、高い遮蔽性能、安定性能、水密性と、必要な耐震性能を確保した設計が行えた。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：駐車場設計・施工指針 同解説, 1992.11.
- 2) (社)土木学会：コンクリート標準示方書, 2007.

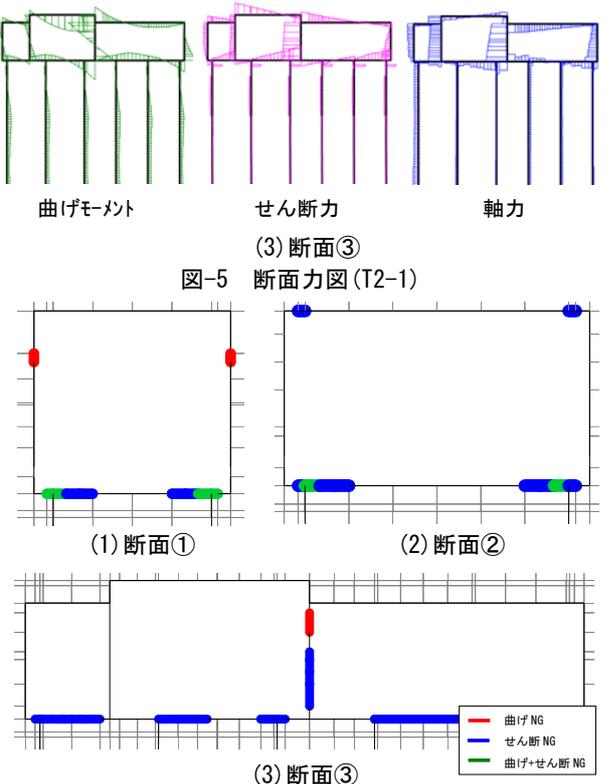


図-6 構造躯体照査結果

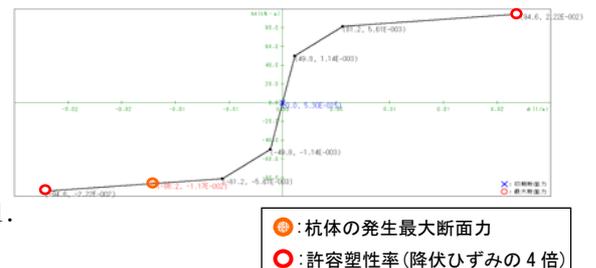


図-7 杭体の許容塑性率の照査結果(断面①)