

ダンピングリングトンネルの縦断方向耐震設計

株式会社オリエンタルコンサルタンツ
株式会社オリエンタルコンサルタンツ
大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構
大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構

正会員 ○久木留貴裕
正会員 大竹 省吾
若林 賢一
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縦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、楕円構造内では構造目地を排除し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。

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、出射路である。ダンピングリングトンネルと入出射路及び入出射路と既存第2ビームスイッチャード間には可とう継手を設置した。継手の開き量を評価するため、隣接する既設構造もモデル化した。対象構造物の標準断面図を図-2に示す。

3. 解析条件

トンネル軸線位置の地盤変位を地盤ばねを介して梁ばねモデルに作用させる応答変位法を使用した。水平成層地盤であることから地盤変位は、地盤の一次元地震応答解析(SHAKE)の基盤に対する軸線位置での相対変位を、位相差(1km/s)を考慮して作用させた。ここで、解析にはTDAP3を用いた。構造物のモデル化は、躯体を非線形梁要素、継手を非線形ばね要素(図-3)、地盤を線形ばね要素(図-4)とした。地盤ばねは二次元静的FEMにより算出した。

4. 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。

キーワード トンネル縦断耐震、位相差、応答変位法

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

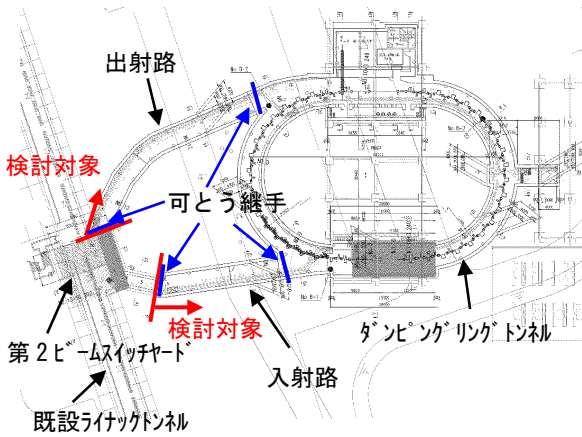


図-1 平面図

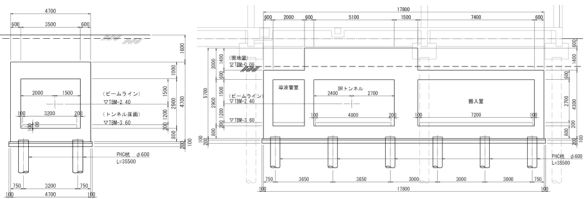


図-2 断面図

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

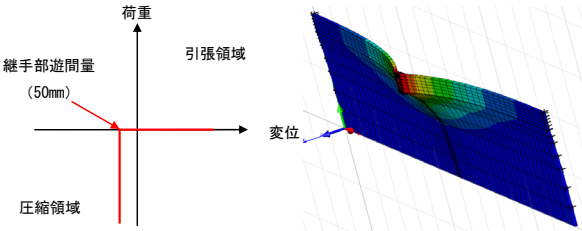


図-3 継手の非線形特性 図-4 地盤ばねの算出

表-2 照査項目

照査項目	判定基準	
	L1	L2
軸圧縮、曲げ圧縮	軸圧縮応力+曲げ圧縮応力 $\leq f_c$	
軸引張、曲げ引張	軸引張応力+曲げ引張応力 $\leq f_c^{2/3}$	
せん断	せん断応力 $\leq \tau_{a1} \times 1.5$	

※ τ_{a1} :コンクリートのみでせん断力を負担する場合の許容せん断応力度

(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合させた2波形

(2)L2 地震動：コンクリート標準示方書²⁾の4波形

対象構造は楕円形状を含むため、加振方向は楕円の長辺方向、短辺方向、45°方向、135°方向とした。

5. 耐震検討結果

耐震照査項目を表-2に示す。検討結果については、最も厳しい結果となったT2-2地震動、45°方向加振の結果を図-5、図-6に示す。位相差入力の方は長辺及び短辺の各2方向をそれぞれ平均した。以下に示すように、引張応力度に対しては、位相差長辺方向のケースのほうが短辺方向のケースよりも厳しい値が発生していることが分かる。特に、図中の斜線部で大きな値が発生した。しかし、両ケースともに許容値以下である。圧縮応力度に対しては、両ケースともに許容値に対して余裕があることが分かる。また、せん断応力度に対しても、両ケースともに許容値以下であることが分かった。他のケースについても全て許容値を満たす結果となった。

可とう継手の軸方向開き量については、全解析ケースにおける最大値は70mm程度であり、せん断ずれ量は40mm程度であった。このため、最大で許容開き量が100mmの可とう継手を用いることとした。

6. まとめ

本設計により、楕円形のダンピングリングトンネルに対して、耐震設計を適用し、円形の平面線形を有するトンネルの縦断方向の地震時挙動の把握ができた。また、楕円構造内では構造目地を排除した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.

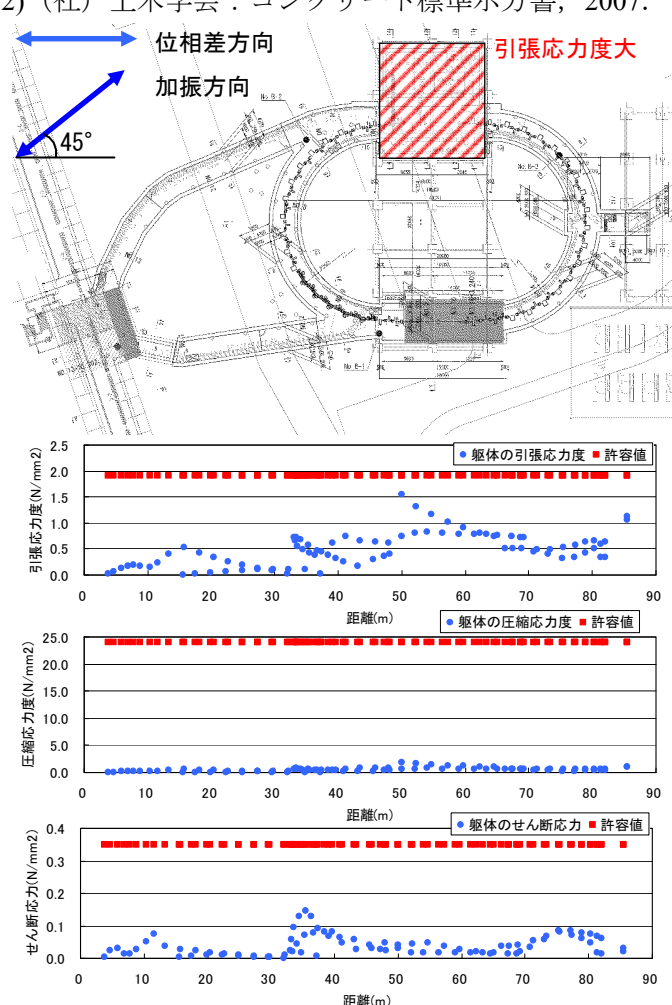


図-5 T2-2-45° 方向加振(位相差：長辺の平均)

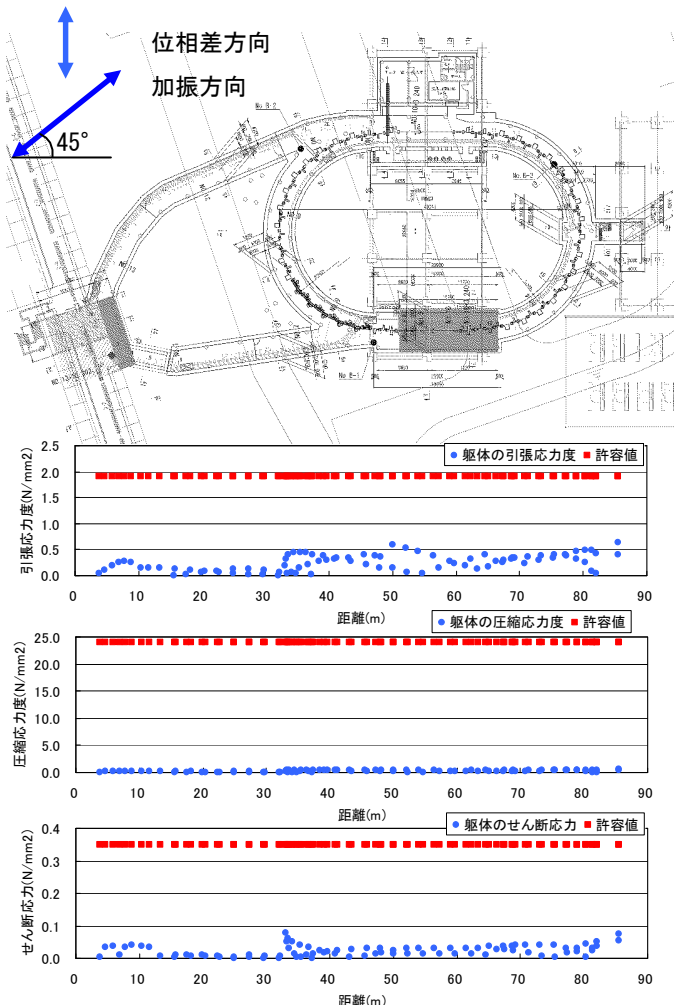


図-6 T2-2-45° 方向加振(位相差：短辺の平均)