

I-589 新潟港沈埋トンネルの地震応答解析

運輸省 第一港湾建設局

運輸省 港湾技術研究所

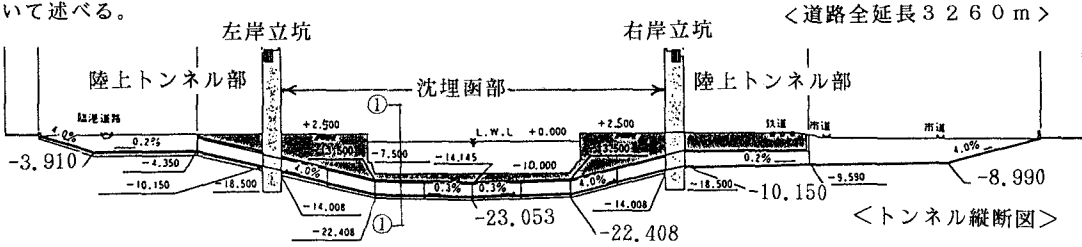
運輸省 第一港湾建設局

正会員 北島誠治

正会員 清宮 理

正会員 三宅光一

1. はじめに 新潟港沈埋トンネルは、これまで粘性土地盤に建設されてきたものと異なり、信濃川河口部の比較的緩い砂質地盤に建設される。図-1はトンネルの概略の形状を示したものであるが、信濃川兩岸に建つ立坑（換気塔）の間850mの区間が沈埋工法で実施される。一般に沈埋トンネルのような長大な管状地中構造物の地震時挙動は、周辺地盤の変形に影響を受けると考えられており、バネ-質点系でモデル化した時刻歴地震応答解析によって耐震設計が行われる例が多い。本報告では、本トンネルのような砂質地盤での沈埋トンネルがどのような挙動を示すか、地震応答解析を用いて感度分析を行った結果について述べる。



2. 解析モデルと入力条件

①解析モデル…解析に用いたモデルは、バネ-質点系モデルであり、地盤を1質点系の連続したモデルとして応答解析を行い、この地盤の変位応答を地盤バネを介し、弾性床上の梁としてモデル化したトンネルに時々刻々入力していく手法である。

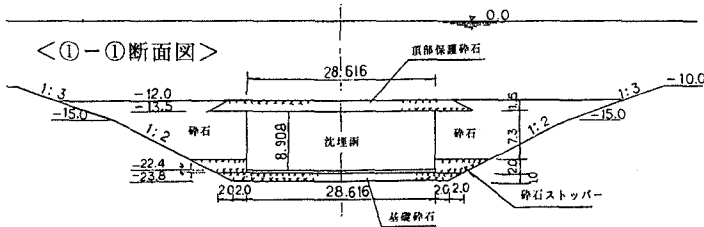


図-1 新潟港沈埋トンネルの形状

②地盤条件…初期せん断弾性係数については、深層ボーリング（約150m）を両立坑の位置及び河床部中央の3箇所で行い設定した。地盤の減衰定数は重複反射理論に基づくSHAKEにより、各土層の減衰定数をもとめ、層厚で加重平均して0.1とした。また、せん断波速度が300m/s以上、N値50以上等を満足する砂質土層を目安に、C.D.L.-128mを基盤面として設定した。（他の事例に比べかなり深いものとなっている。）

③地盤バネ…地盤質点と基盤を結ぶバネ（K3）、地盤質点どうしを結ぶバネ（K2）、地盤質点とトンネルを結ぶバネ（K1）はそれぞれ表-1に示すとおりである。

表-1 地盤バネ定数等一覧

		左岸陸上部	河床部	右岸陸上部
固有周期（秒）		2. 7	2. 3	2. 7
K ₁ (t/m ²)	軸直角方向	1.50×10 ⁴	1.12×10 ⁴	1.61×10 ⁴
	軸方向	7.05×10 ³	5.82×10 ³	7.21×10 ³
K ₂ (t)	軸直角方向	2.99×10 ⁸	2.47×10 ⁸	3.08×10 ⁸
	軸方向	8.90×10 ⁸	7.37×10 ⁸	9.19×10 ⁸
K ₃ (t/m ²)		5.94×10 ⁴	6.60×10 ⁴	5.73×10 ⁴

④地盤の固有周期…地盤の固有周期については、前述した深層ボーリング位置において、せん断柱の一次元固有値解析を行い、得られた固有周期をそれぞれの間で線形に変化させ設定した。また、図-2～4に示すようにトンネル縦断方向で2次元固有値解析を行った結果、各地盤要素は全て同じモード、即ち同じ固有周期をもって振動することが確認されたので、その代表的な1次モードの固有周期を

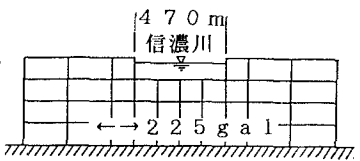


図-2 トンネル縦断方向
2次元固有値解析概念図

縦断方向に一様に設定した場合についても検討した。

⑤入力地震動…地震波としてはこれまでよく使われている八戸波（十勝沖地震）のほか、地理的条件の類似から秋田波（日本海中部地震）も併せて使用した。露頭基盤加速度としては、新潟地震において発生したと想定される 2.25 gal を用いた。また地震波の位相差伝播速度としては、解析が実体波に着目したものであることから、周辺で観測されている表層（ $4\sim 5\text{ km}$ ）のせん断波速度、及び想定される地震震源の位置・深さを考慮して、 $2000\text{ m/s}\sim\infty$ （位相差無）としてその影響を検討した。

⑥沈埋函の継手パネ…また沈埋函どうしは可とう性の継手パネで連結されており、設定したパネ定数は表-2に示すとおりである。

4. 解析結果 上記で設定した入力条件に対して感度分析を行った結果を表-3に示す。今回、建設地周辺の地盤の固有周期が入力地震波の卓越周期にほぼ一致しており、比較的大きな断面力が発生する結果となった。

5. 考察 今回の地震応答解析結果より、次のようなことが確認できた。

①地盤の固有周期の設定方法の違いはトンネル発生断面力に大きく影響する。

②地震波の違いによって、発生断面力に顕著な差は生じなかったが、位相差伝播速度が大きな影響を与える。従って、その設定にあたっては建設地周辺の地盤状況を詳細に検討する必要がある。

③継手パネ定数を大きくしていくと、発生断面力は増加するが、同時に継手の耐力を増加させることも可能である。従って最適な継手構造の設計にあたっては十分慎重に継手パネの検討を行う必要がある。

6. おわりに 今回報告した検討結果については、さらに詳細な検討を加えながら、新潟港沈埋トンネルに係る十分な耐震設計を行っていきたいと考えている。

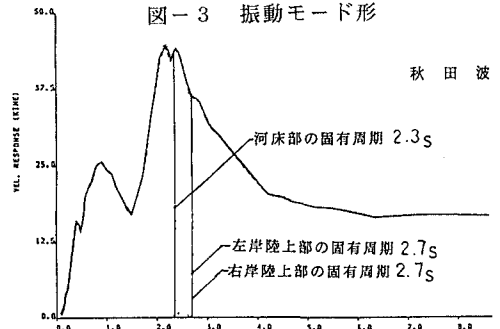
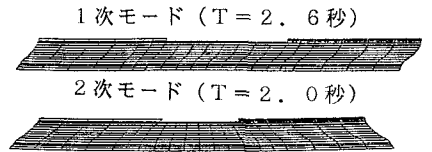


図-4 速度応答スペクトル

表-2 継手（可とう性）のパネ定数一覧

	函～函間		函～立坑間
	河床部	斜函部	
圧縮・引張(t/m)	4.20×10^5	4.20×10^5	4.20×10^5
水平面内曲げ(tm/rad)	2.96×10^7	2.60×10^7	2.39×10^7
水平面内せん断(t/m)	2.82×10^5	2.82×10^5	2.82×10^5

表-3 入力条件の違いによる地震応答解析の感度分析結果

感度分析項目		固有周期及び位相差伝播速度			地震波		継手パネ定数（圧縮・引張）	
入力地震動	入力地震波	秋田波	秋田波	秋田波	秋田波	八戸波	秋田波	秋田波
	位相差伝播速度	2 k/m	2 k/m	∞ /位相差無	2 k/m	2 k/m	2 k/m	2 k/m
地盤条件	地盤の固有周期	左岸部	2.6 秒 (一定)	2.7 秒	2.7 秒	2.7 秒	2.7 秒	2.7 秒
		河床部		2.3 秒	2.3 秒	2.3 秒	2.3 秒	2.3 秒
		右岸部		2.7 秒	2.7 秒	2.7 秒	2.7 秒	2.7 秒
継手パネ（圧縮・引張）	立坑～函	$3.1 \times 10^5\text{ t/m}$	$3.1 \times 10^5\text{ t/m}$	$3.1 \times 10^5\text{ t/m}$	$4.2 \times 10^5\text{ t/m}$	$4.2 \times 10^5\text{ t/m}$	$3.1 \times 10^5\text{ t/m}$	$6.2 \times 10^5\text{ t/m}$
	函～函	$3.1 \times 10^5\text{ t/m}$	$3.1 \times 10^5\text{ t/m}$	$3.1 \times 10^5\text{ t/m}$	$4.2 \times 10^5\text{ t/m}$	$4.2 \times 10^5\text{ t/m}$	$6.2 \times 10^5\text{ t/m}$	$6.2 \times 10^5\text{ t/m}$
継手部発生断面力（軸力）	立坑～函	11300t	8100t	9300t	20900t	19500t	12400t	16600t
	斜函部	13600t	6200t	9300t	17600t	17800t	21200t	22300t
	河床部	16400t	6600t	10500t	14600t	14600t	26400t	26500t

*：温度変化等地震以外の要因による許容耐力の減を見込んだ値。