

I - B 448

併設シールドトンネルの地震時応答特性について

西松建設(株)技術研究所 正会員 町田能章
東京都立大学 正会員 岩楯敏広

1. はじめに

シールド工法により地下鉄道や道路用のトンネルを構築する場合にはトンネルを併設して構築することが少なくない。また、従来円形の断面が多く採用されていたが、今後は断面の有効利用や立地条件などから断面形状も多様化することが予想される。このような場合の耐震設計を行う際に、地震時挙動が単設の場合とあまり変わらなければ、単設のトンネルとして検討を行えばよいが、大きく異なる場合には、荷重の割り増しや動的解析による耐震検討が必要になる。このような観点から円形、楕円形および矩形の断面形状を有するトンネルが併設された場合の地震時挙動について、二次元有限要素法による動的解析を実施しその基本的な動的応答特性を検討した。

今回は各断面形状ごとに離隔距離を $1D$ 、 $0.5D$ と変化させ、これを単設の場合と比較して併設の影響を検討した。

2. 対象とする地盤とトンネル

対象とする地盤は、 N 値が 50 以上の固い基盤上に堆積した N 値が 3 の軟弱な粘性土で、地表面から基盤までの深さは 40m とした。対象とする地盤の物性値を表 1 に示す。なお、せん断弾性波速度 V_{s0} は $V_{s0}=100N^{1/3}$ により算出した。基盤のせん断弾性波速度は 400m/s とした。

対象としたシールドトンネルの形状は円形、楕円形および矩形で、各形状ともコンクリートセグメントにより構築することを想定した。トンネルの直径（幅）は 10m とし、楕円形は高さ（短辺）が 8m 、矩形は 6m である。覆工厚は円形が 40cm 、楕円形が 60cm 、矩形が 100cm である。表 2 に対象とするシールドトンネルの物性値を示す。

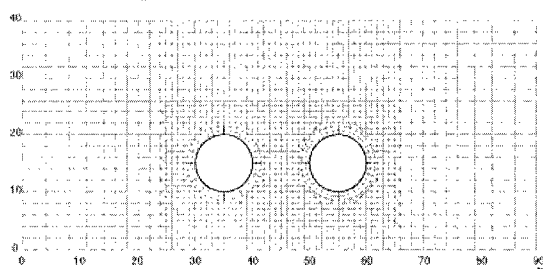


図1 メッシュ図（円形 1D）

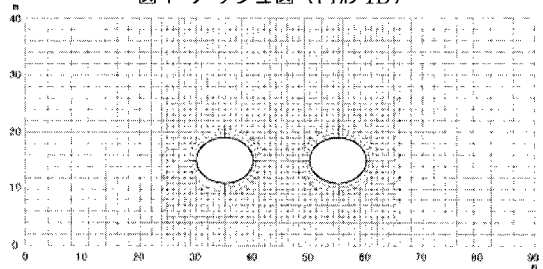


図2 メッシュ図（楕円形 1D）

表 1 対象とする地盤の物性値

	表層	基盤
N 値	3	---
単位体積重量 γ (tf/m ³)	1.6	2.0
ポアソン比 ν	0.48	0.48
せん断弾性波速度 V_{s0} (m/s)	144.2	400
せん断弾性係数 G (tf/m ²)	2130	32000
減衰定数 h	0.1	0.1
基盤までの深さ (m)	40	---

表 2 対象とするシールドトンネルの物性値

単位体積重量 γ (tf/m ³)	2.5
ポアソン比 ν	0.2
設計基準強度 (kgf/cm ²)	480
弾性係数 (tf/m ²)	3.9×10^5
減衰定数 h	0.05

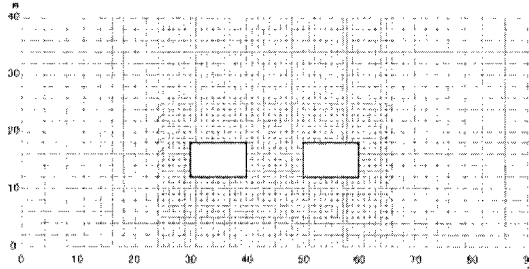


図3 メッシュ図（矩形 1D）

キーワード：シールドトンネル，併設，耐震

連絡先：〒242-8520 神奈川県大和市下鶴間 2570-4 TEL 0462-75-1135 FAX 0463-75-6796

3. 解析条件

地盤と覆工の線形性を仮定し、複素応答解析により解析を行った。地盤は平面ひずみ要素、覆工ははり要素でモデル化した。底面と側方は粘性境界とした。側方境界の位置はトンネルの側方から $3D=30\text{m}$ (D はトンネル直径) の位置に設定した。物性値は表 1 に示したものをを用いたが、せん断弾性波速度は地震時であることを考慮して V_{s0} を 80% にした値を用いた。解析では共振時（各ケースとも 0.68Hz）の挙動に着目し、入力波は振幅 100gal (2E) の正弦波とした。図 1 ～ 3 にメッシュ図の例として離隔距離が 1D の場合のものを示す。

4. 解析結果

表 3 に各解析ケースごとの地表面とトンネル位置（深さ 25m）における、相対変位応答倍率（cm/入力加速度 (m/s^2 ））を示す。これらは、トンネルから 2m 側方のもの（併設の場合はトンネル間）である。共振振動数はどのケースも 0.68Hz であった。単設の場合と比べて、併設すると応答値が小さくなる傾向がある。

図 4 は深さ 25m におけるせん断応力の分布である。各断面形状とも単設の場合と併設の場合で分布形状、大きさとも違いはあまり見られない。

表 4 に離隔距離を変化させたときの断面力の最大値を、単設の場合の断面力を 1 として表したものである。円形の場合、離隔距離が小さくなるにつれて断面力が増加するが、その差はわずかである。ただし、離隔距離が 0.5D の場合のせん断力に限っては 10% 程度増加した。矩形で離隔距離が 0.5D の倍に、各断面力が単設の場合と比べ、6～7% の違いが生じた。

今回は左右のトンネルの振動特性が同じであるために、単設の場合と比較しても大きな変化が出なかったものと思われるが、離隔距離が 0.5D 程度になると断面力に数% の際が生じるため、注意が必要である。

5. おわりに

今後、様々な条件で検討を行い、併設の影響についてさらに検討を行う予定である。

表 3 共振点における相対変位応答倍率

(cm/入力加速度 (m/s^2))

		地表面	トンネル位置 (-25m)
自由地盤		12.99	7.72
円形	単設	13.17	7.86
	併設 1D	13.14	7.83
	併設 0.5D	13.09	7.78
楕円形	単設	12.97	7.49
	併設 1D	12.81	7.31
	併設 0.5D	12.88	7.30
矩形	単設	12.95	7.43
	併設 1D	12.69	7.25
	併設 0.5D	12.81	7.27

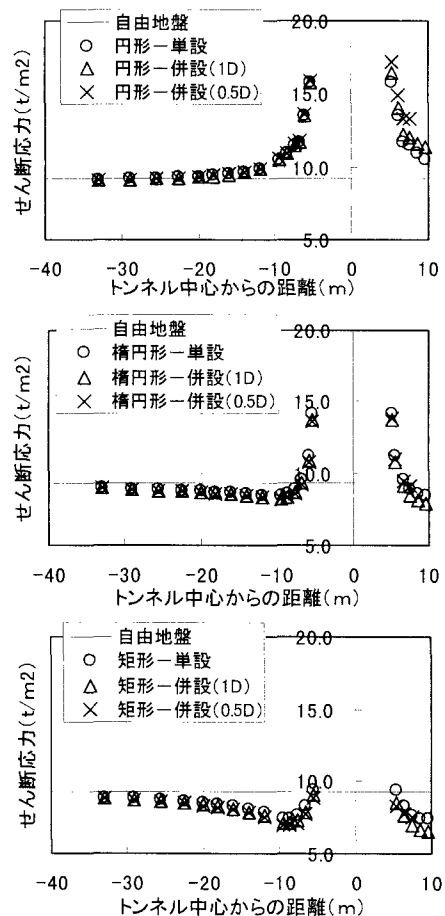


図 4 地中（深さ 25m）のせん断応力分布

表 4 離隔距離を変化させたときの断面力の変化

	曲げモーメント			軸力			せん断力		
	単設	併設 1D	併設 0.5D	単設	併設 1D	併設 0.5D	単設	併設 1D	併設 0.5D
円形	1.00	1.01	1.03	1.00	1.01	1.02	1.00	1.02	1.10
楕円形	1.00	0.97	0.96	1.00	0.97	0.97	1.00	0.98	0.98
矩形	1.00	0.96	0.94	1.00	0.99	1.07	1.00	0.95	0.93

参考文献：

トンネルライブラリー 9 開削トンネルの耐震設計