

I-592 併設トンネルの共振時応答特性

磯奥村組 竹内幹雄 ○坂上 明
 東京湾横断道路㈱ 水谷善行^{*)}
 埼玉大学 渡辺啓行

1. はじめに

著者らは、併設トンネルの地震時挙動に関する解析的研究、実験的研究を行ってきた¹⁾。ここでは、一様な自由地盤中にトンネルが併設された場合の地盤とトンネルの基本応答特性を把握するために行ったパラメトリックな数値解析について報告する。

2. 検討対象・条件

解析対象は、層厚50m・幅200mの一様地盤中に、約13mの径を有するトンネルが土被り約15mで併設された場合の横断面とした。図-1に3本併設時の解析モデルを、表-1に解析に用いた物性値を示す。地盤は等方等質な線形弾性体からなる平面歪要素で、トンネルははり要素で離散化した。

基本パラメータはトンネルの剛性・質量・併設数・併設間隔の4つとし、解析ケースは表-2に示すように自由地盤の解析も含め合計12ケースとした。これらの地震時挙動は、対象地盤の一次モードが支配要因の一つと考えられるため、併設トンネルを含む地盤の一次の共振時応答に着目した解析を行った。

3. 数値解析結果

図-2に示すように中央トンネル上下端の加速度応答はトンネル剛性の大きさに依存して変動し、トンネル剛性を E 。値の $1/10$ 倍程度を仮定した場合に自由地盤の応答値にほぼ一致し、この剛性を境に上下端の応答値は反転する。この傾向は図-3に示す変位応答に対しても同様であり、トンネル変位と自由地盤の変位との相対変位の位相はこの剛性を境に反転している。そして、トンネルに作用する動土圧は図-4に示すように上述の相対変位の反転に連動して圧縮と引張りが逆転している。このように、動土圧はトンネルと自由地盤の相対変位に相関がある。なお、トンネル変位はトンネル剛性が上記剛性より小さい場合には中央トンネルの方が、上記剛性より大きい場合には外側トンネルの方が大きくなる傾向にある。

トンネル周辺地盤のせん断変形はトンネル剛性の大きさに依存しトンネル剛性が低下すると増大する。このため、併設トンネル間の地盤のせん断応力応答は図-5に示すようにトンネル剛性の低下に伴って急増する。この部位のせん断応力は標準的なトンネル剛性を有する場合に自由地盤の結果より小さいが、この状態で併設間隔を $1.0D$ から $0.2D$ に狭めると図-6に示すように急激に増大する。このように、周辺地盤のせん断応力応答はトンネル剛性と併設間隔の影響を強く受ける。

トンネルに発生する曲げモーメントは図-7に示すように中央トンネル・外側トンネルともにトンネル剛性の増加に伴い増大する傾向を示すが、分布形状は一致する。これらの分布形状は水平軸から45度傾いた方向を長軸とする瓢箪形の分布形状を示している。この結果は側方に有限な境界を有する地盤内の併設トンネルの挙動¹⁾とは異なる。

4. まとめ

- (1) トンネル剛性の増大に伴ってトンネルおよび周辺地盤のせん断変形は抑止される。このため、トンネル剛性の増減に対応してトンネルと自由地盤との相対変位の位相は反転する。そして、トンネルに作用する動土圧はこの相対変位と相関があり、相対変位の符号に連動して圧縮と引張りが逆転する。
- (2) 併設トンネルの間の地盤に発生するせん断応力は上記(1)と連動する。そして、トンネル剛性が小さくなる程急増する傾向にあり、更に、併設間距離を狭めると急激に増大する傾向にある。トンネルが近接施工される場合にはトンネル剛性・併設間距離について詳細な検討を行う必要がある。
- (3) 通常の剛性を有する併設トンネルの挙動はトンネル設置位置の違いによって明確な変化は見られない。曲げモーメント分布はトンネルが水平荷重とせん断荷重を同時に受けた場合の分布形状を示す。

^{*)}元磯奥村組、現在東京湾横断道路㈱出向中

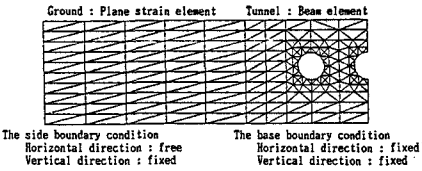


Fig. 1 Model of Finite Element Method

Table 1 Material properties

Ground	Unit weight	γ	1.8	gf/cm ³
	Poisson's ratio	ν	0.45	
	Shear modulus	G	413	kgf/cm ²
	Damping constant	h	0.05	
	Unit weight	γ	2.5	gf/cm ³
Tunnel	Sectional area	A	105	cm ²
	Young's Modulus	E	3.44×10^9	kgf/cm ²
	Moment of inertia of a cross section	I	9.65×10^4	cm ⁴ /cm
	Damping constant	h	0.05	

Table 2 Analytical case

Space between tunnels	Weight	Young's modulus	Number of tunnels		
			1	2	3
1.0=D ₀	1.0=W ₀	0.001=E ₀	CASE-1	CASE-2	CASE-3
		0.1=E ₀			CASE-4
		1.0=E ₀			CASE-5
		10.0=E ₀			CASE-6
		100.0=E ₀			CASE-7
		1.0=E ₀			CASE-8
		10.0=W ₀			CASE-9
	0.2=D ₀	1.0=E ₀			CASE-10
	0.5=D ₀	1.0=E ₀			CASE-11
	only ground (no tunnel)				CASE-12

Note : D₀ =13.0 m W₀ =2.5 gf/cm³ E₀ =3.44×10⁹ kgf/cm²

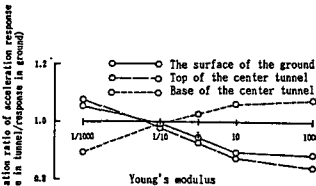


Fig. 2 Relation between Young's modulus of tunnel lining and magnification ratio of acceleration response

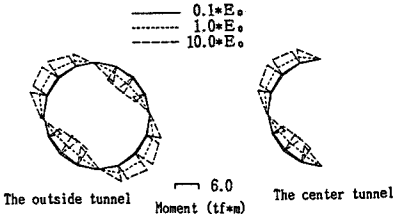


Fig. 7 Distribution of maximum sectional force in tunnel (Relation between sectional force and Young's modulus)

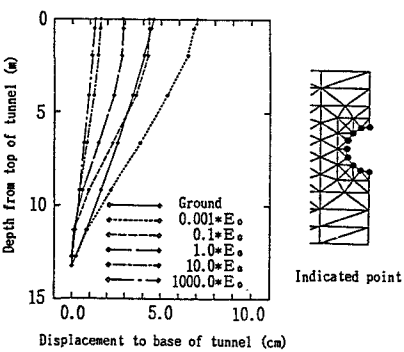


Fig. 3 Relation between tunnel displacement in horizontal direction and Young's modulus of tunnel lining

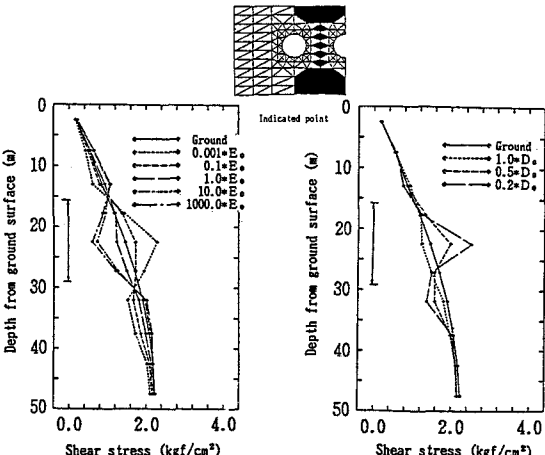
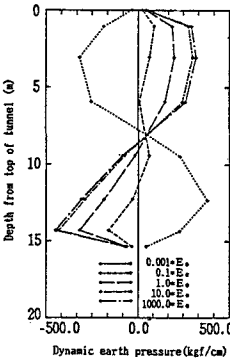


Fig. 5 Distribution of maximum shear stress in ground surrounding tunnel (The effect of Young's modulus of tunnel lining)

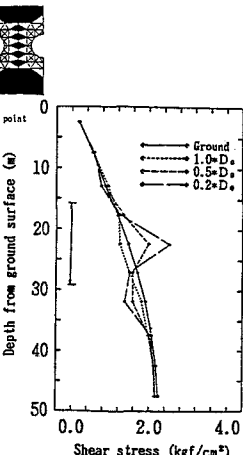


Fig. 6 Distribution of maximum shear stress in ground surrounding tunnel (The effect of spaces between of tunnel)

最後に、本報告に当たり、種々のご指導を頂いた東海大学久保慶三郎教授に心から感謝の意を表します。

参考文献

1) 竹内, 坂上, 水谷, 渡辺: トンネルを有する水中盛土の動的挙動 — 模型振動実験と数値解 —, 第20回地震工学研究発表会講演概要, pp.341~344