

I-617 併設シールドトンネルの地震時断面力特性

清水建設(株)技術研究所 正会員 ○ 清水 勝美
 清水建設(株)大崎研究室 正会員 竹脇 尚信
 清水建設(株)大崎研究室 正会員 奥村 俊彦

1. 概 説

併設シールドトンネルの地震時挙動は、トンネル相互の動的干渉により単設トンネルとは異なる挙動を呈するが、トンネルの離間距離がどの程度で併設の影響が生じるかを把握することが重要である。本報は、2連のシールドトンネルの横断面方向に対して、トンネルの離間距離および地盤剛性をパラメータとした2次元有限要素法解析結果に基づき、覆工の地震時断面力(常時の断面力に地震時増分断面力を重ね合せたもの)に及ぼす併設の影響について検討したものである。

2. 解析条件

図1は検討の対象とした併設トンネルの概要および解析定数である。表層地盤厚は50m、トンネル中心深度は20m、トンネル外径は10mであり、覆工は1次覆工として既製RCセグメントを想定し、2次覆工は考慮していない。トンネルの離間距離 s と地盤のせん断波速度 V_s に関しては、それぞれ3ケース($s=5, 10, 20$ m)および2ケース($V_s=160, 300$ m/s)の定数を設定している。なお、トンネル周辺地盤の緩み領域については考慮していない。これより表層地盤の1次固有周期は、 V_s が160 m/sの場合は1.25秒、 V_s が300 m/sの場合は0.67秒となる。入力地震波については、1968年十勝沖地震八戸記録のNS成分を用い、基盤での最大加速度を150Galとした。

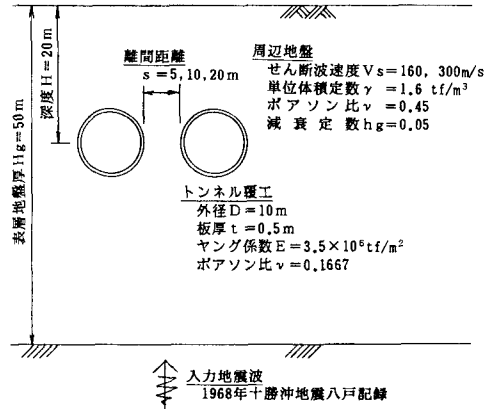


図1 検討の対象とした併設トンネルの概要

常時および地震時に対する有限要素法解析モデルは割愛するが、トンネル断面を正48角形とし、覆工をはり要素でモデル化した。基盤は完全固定として、側方境界については、常時の解析に対してはモデル中心から100mの地点を水平固定・鉛直自由、地震時の解析に対してはエネルギー伝達境界とした。

3. 解析結果および考察

図2は覆工の地震時断面力の最大値分布に関して併設(実線)と単設(破線)の比較を行ったものであり、併設の結果は離間距離が0.5Dと1Dに対する右側トンネルの結果である。なお、曲げモーメントおよびせん断力については正負の値をとるが、図は絶対値で示している。

表1は併設と単設の常時および地震時断面力の最大値、常時に対する地震時断面力の倍率 α 、ならびに単設に対する併設の地震時断面力の倍率 β を示したものである。 β は覆工の地震時断面力に及ぼす併設の影響を表す指標であり、 β の値が1を越えた場合、併設によって断面力が単設より増加したことを表している。図2および表1より、併設の影響に関して以下のことが分かる。

- ①離間距離が1D以上の場合、併設の影響は小さい。一方、0.5Dの場合、トンネル隣接側のせん断力と曲げモーメントに併設の影響が現れ、特にせん断力が大きな影響を受ける。また軸力については、離間距離の違いに拘らず併設の影響はほとんど受けない。
- ②地盤のせん断波速度 V_s が大きいほど併設の影響は大きくなるが、断面力の値自体は小さくなる。解析例では、離間距離が0.5Dの場合、併設のせん断力は単設と比較して、 V_s が160m/sでは1.06倍(16.0tf/15.1tf=1.06)であるのに対して、 V_s が300m/sでは1.32倍(7.9tf/6.0tf=1.32)となっている。
- ③常時断面力に対する地震時断面力の倍率 α は離間距離が短いほど大きく、地震時断面力に占める地震時増分断面力の割合は大きくなる。

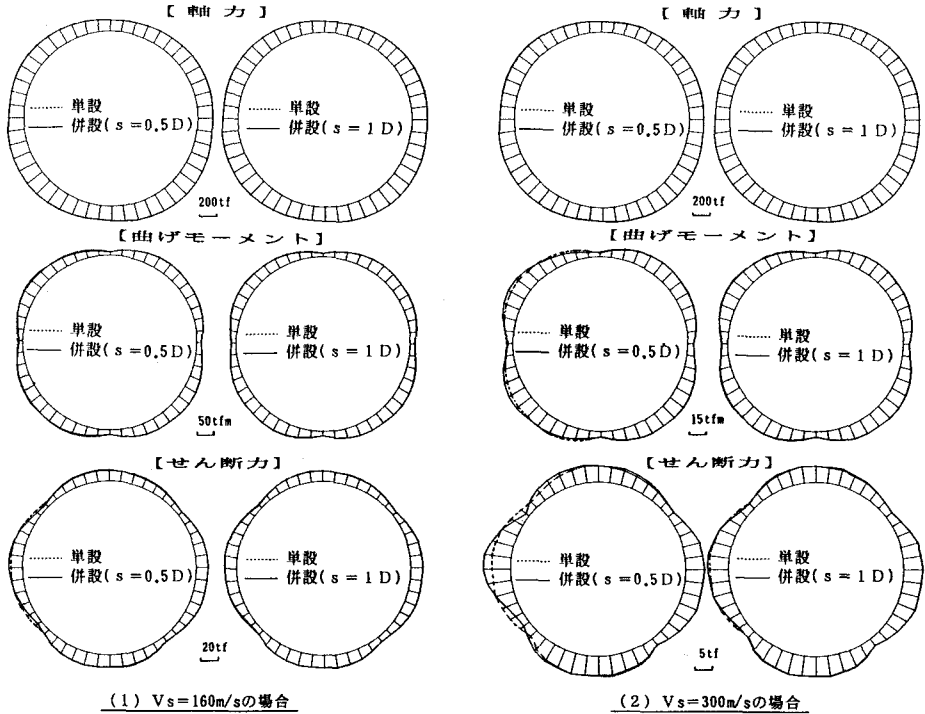


図2 併設および単設トンネルの覆工の地震時断面力の最大値分布

表1 併設および単設トンネルの覆工の常時断面力と地震時断面力

地震のせん断波速度 Vs (m/s)	トンネルの 離間距離 s (m)	常時 地震時*	軸 力			曲げモーメント			せん断力		
			Nmax (tf)	α^*	β^*	Mmax (tfm)	α^*	β^*	Qmax (tf)	α^*	β^*
160	(単設)	常時	174.9	1.28	—	13.0	2.93	—	5.4	2.80	—
		地震時	223.2			38.1			15.1		
	0.5D=5m	常時	172.5	1.29	1.00	11.3	3.35	0.99	4.9	3.27	1.06
		地震時	222.9			37.9			16.0		
	1D=10m	常時	173.2	1.29	1.00	11.9	3.15	0.98	5.1	2.98	1.01
		地震時	222.6			37.5			15.2		
	2D=20m	常時	174.1	1.28	1.00	12.7	2.97	0.98	5.3	2.87	1.01
		地震時	222.9			37.7			15.2		
300	(単設)	常時	164.5	1.31	—	4.5	3.31	—	1.9	3.16	—
		地震時	215.8			14.9			6.0		
	0.5D=5m	常時	162.9	1.34	1.01	4.1	3.93	1.08	1.9	4.16	1.32
		地震時	218.2			16.1			7.9		
	1D=10m	常時	163.3	1.33	1.01	4.2	3.50	0.99	1.9	3.21	1.02
		地震時	217.2			14.7			6.1		
	2D=10m	常時	163.9	1.32	1.00	4.4	3.34	0.99	1.9	3.21	1.02
		地震時	216.8			14.7			6.1		

地震時：常時+地震時増分断面力、 α^* ：地震時断面力/常時断面力、 β^* ：併設の地震時断面力/単設の地震時断面力

4. あとがき

トンネルの併設の影響は、離間距離、地盤条件、トンネル径、トンネルの深度などに大きく依存する。ここで示した2連の併設シールドトンネルに対する試算の結果、離間距離が1D以上では併設の影響が小さいこと、また0.5Dの場合においては、断面力の値自体は小さいが併設の影響度は大きくなることが分かった。なお、本研究は建設省総合プロジェクト「地下空間の建設技術の開発(地下構造物の耐震設計技術の開発)」に関する共同研究の一環として実施したものである。