

東京大学生産技術研究所 正員 ○加藤 勝行
 東京大学生産技術研究所 正員 田村 重四郎
 四国電力K.K. 正員 石井 光祐

1. まえがき

最近都市の地下部分の開発が進められ、地下交通路地下道、上下水道、エネルギー輸送路等の大規模な地下坑道の建設が普通に行われる様になった。一般に軟弱な沖積地盤が多く、かつ地震活動の盛んな本邦においては比等地下構造物の耐震性の検討は重要である。ここでは、シールドトンネルの地震時の挙動特に地震時に発生するトンネル内周方向の歪を、地震観測で調査して結果を報告する。

2. 地盤ならびに地震計

観測地は東京都江東区内にあって、地盤状態は所謂東京砂礫層にシルト質粘土(N値10)ならびに粘土質シルト(N値10前後)からなる厚さ50余mの沖積層が上置されたものである。トンネルはシルト質粘土層内にあり、RCセグメントで構成され、直径約6mで、双設型式になっている。

地震計は、トンネル床版上に設置された3成分の加速度計とトンネル軸方向及びトン

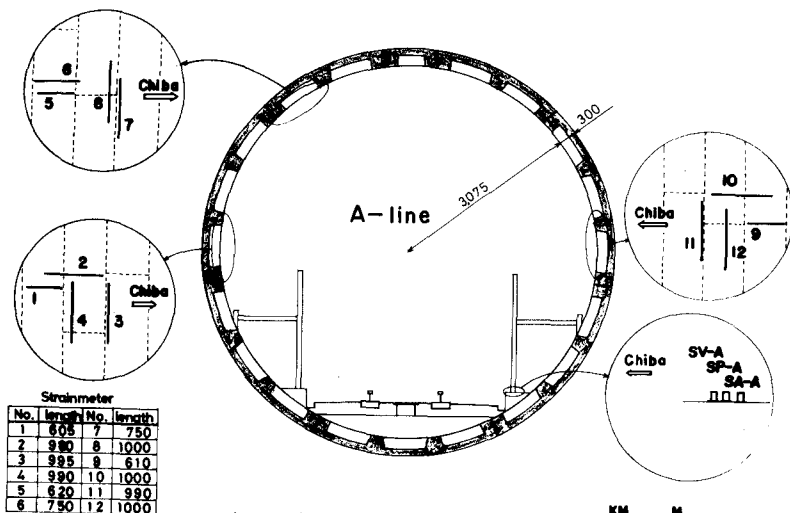
Location of instruments (point B 730^m)

図-1. 計測器配置図

ネル内周方向のトンネル壁の歪を測定するための12ヶの歪計で、図-1の様にトンネル壁に取り付けられている。円形断面で3ヶ所の測定が選ばれたのは、トンネル軸方向のみならず、断面の地震時の変形をも測定するためであり、1ヶ所ずつ4ヶの歪計が設置してあるのは、夫々の測定方向で、セグメントの歪とセグメント間の隙間の変化を測定するためである。加速度及び歪は差圧型のアスターの信号で、1枚のオシログラフの記録紙に記録されるようになっていた。

3. 地震記録

昭和51年12月に記録された地震は6ヶを表-1に示すところである。この内No.5は福島県沖合で発生したマグニチュード(M)6.2の地震で、No.6は群馬県東部で発生したM=5.8の地震であり、夫々最大加速度及び最大歪の値を記録している。特に後者は震源の深さが稍深い(140km; 気象庁)地震であって、加速度波形で数サイクル以上の振動成分が比較的少ないという特徴があり、従って加速度波形の振動数特性が、震源深さが数10kmの場合とは異なっている。図-2にNo.5の地震記録を示した。

表-1. 記録地震

Earth-quake No.	Date	Location of Origin		Depth (Km)	Epicentral Distance (Km)	Magnitude
		N	E			
1	May 14 1976	36°26'	140°38'	50	110	4.1
2	June 6 1976	36°03'	139°40'	70	50	4.8
3	June 16 1976	35°30'	139°00'	20	80	5.5
4	July 14 1976	36°12'	139°48'	40	62	5.0
5	Oct. 6 1976	37°06'	141°24'	40	215	6.2
6	Dec. 29 1976	36°48'	139°12'	140	140	5.8

4. 地震記録の考察

6.1の地震記録は、10-スパートの密度が計算され、振動数特性と共に振りが同一地点における各測定点および地震間で比較された。その結果、次の事柄が認められる。

- 1) 加速度の最大値を方向別にみると、トンネル軸直交方向が最も大きく、ついでトンネル軸方向、上下方向の順になっている。著者等が行った模型振動実験の結果と対照すると、これはトンネル自体の軸方向の変形性と軸直交方向の可撓性および地震動の性質によるものと考えられる。
- 2) 加速度波形と歪波形を対応させてみると、加速度波形の最大値の部分と歪振りの最大値の部分は時間的にずれる。
- 3) 加速度及び歪の天々の波形のパワー・スペクトルの形状を比較すると、同じ振動数でピークを示すことがあるが最も卓越する振動の振動数については、一致しない場合が多い。図-3、4は夫々No.5地震におけるトンネル軸直交方向の加速度のスペクトルおよび歪計No.8のスペクトルである。前者では4.5Hz付近で著しく卓越したピーク値があるのと比べて、後者は1.1Hzで卓越している。また、歪波形で卓越する振動は殆どすべての記録で1Hz付近のものである。これは当該地盤の卓越振動数に対応していると考えられる。

- 4) トンネルは軸方向については、軸方向変形及び曲が変形している、前者の方が大きい値になっている。
- 5) トンネル円周方向の歪の最大値を示す測点はNo.7及び8である。その値は他の円周方向の歪の3~4倍である。1秒の周期の振動成分について、軸直交方向の加速度から換算した変位振幅とNo.7の歪の振りの関係はNo.6地震について求めると、 $1\mu m$ の変位に対し $5 \sim 6 \times 10^6$ の歪となっている。また円周方向の歪の大きさは、軸方向の歪に比して何程度かは大きな値を示している。
- 6) トンネル円周方向の歪について、セグメントの継目の影響は示されない。
5. まとめ

以上の結果は、記録された地震動が何れも強いものではないにせよ前提として評価する必要があるが、シールドトンネルにおいては、トンネルの断面の変形も耐震性の検討の対象となることを示している。

【関連文献】「地震時におけるシールドトンネル体の歪について」石井・田村・渡辺、第32回年次講演要集

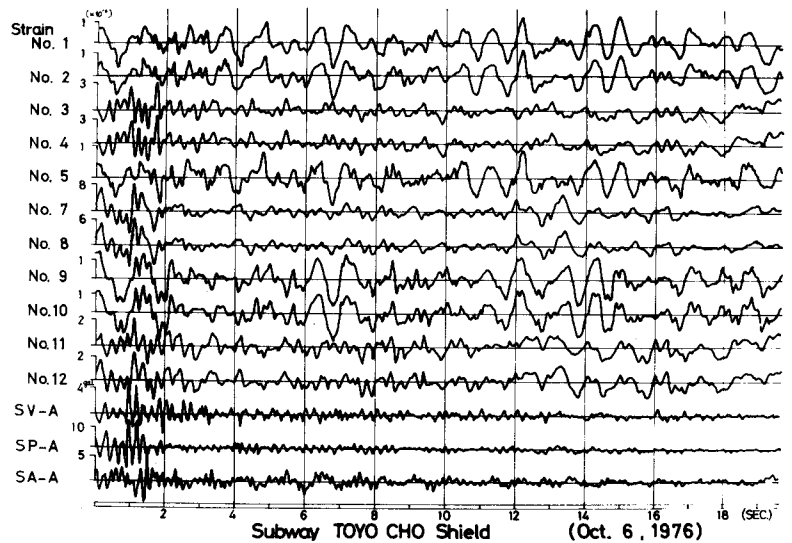


図-2. NO.5 地震記録

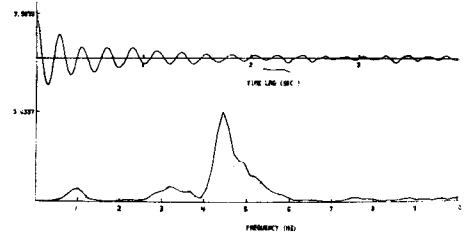


図-3. 加速度スペクトル

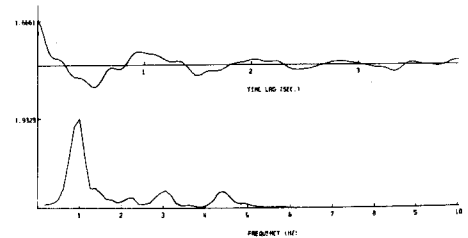


図-4. 歪スペクトル