

埼玉大学 小牧昭三 学○門司隆明
 鹿島 正 大保直人 正 上野健治
 日本下水道事業団 金子 譲

1. まえがき 近年、大深度地下空間の利用を初めとして、大規模橋梁構造物やシールドトンネルの建設に伴って大深度の基礎構造物や発進立坑が構築されつつあり、今後これらの構造物の耐震性を考える上で地震時の挙動を解明することは必要不可欠である。シールドトンネルの立坑接合部に於ける地震応答特性を解明するために、これまでの地震観測システム¹⁾に地盤に1点及びシールドトンネル内に4点地震計を増設した。ここでは、観測で得られた立坑近傍でシールドトンネルの地震時挙動について紹介する。

2. 地震観測概要 地震観測は、深さ99mまで地中連続壁工法で構築されたシールドトンネルの発進立坑と、深さ約50mに位置する直径4mのシールドトンネルで実施している。地震計は立坑内3箇所(K07, K24, K48)トンネル内4箇所(T30, T50, T100, T200)、周辺地盤4箇所(G00, G24, G48, G99)に設置した(図-1参照)。測定成分は、長周期成分での測定精度が確保できる速度サーボ地震計を用い合計32成分の同時観測を実施している。地震観測システムの増設が1992年8月に完成し、1993年2月までに9個の地震が観測された。表-1には、観測された地震諸元と最大速度振幅値を示す。

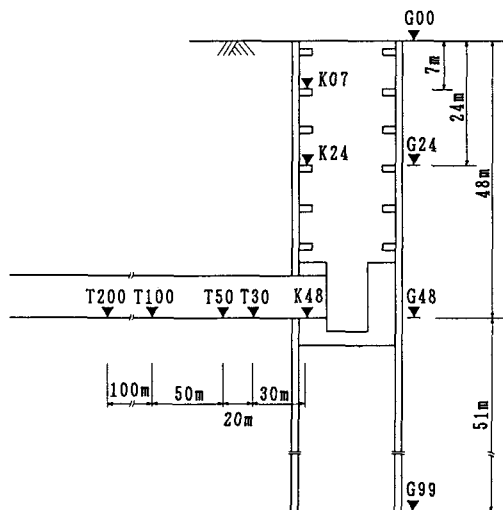


図-1 地震計配置図

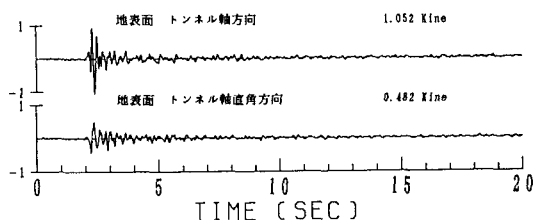
表-1 観測された地震一覧

3. 観測結果 図-2には、震央距離の異なる地震で代表的な地震番号3と8の地表で観測された主要動成分の速度振幅波形を示す。最大速度振幅は、同じであるが継続時間が大きく異なっている。しかも地震番号8では、表面波の存在が見られている。

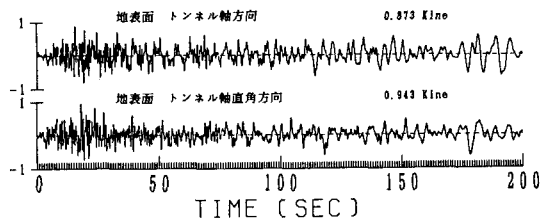
図-3には、地震番号3と8の地表で観測されたトンネル軸方向のフーリエスペクトルを示す。地震番号3は、4 Hz付近、8は1 Hz付近が卓越している。

当該地盤の応答特性を調べるために基盤(G99)と地表で観測された9個の地震のトンネル軸方向

地震番号	地震発生地点	観測時刻	地震規模	震源深さ	最大値(Kine)
1	茨城県南西部	92:08:27:13:09	4.7	57	0.378
2	東海道はるか沖	92:08:30:04:19	6.6	325	0.524
3	東京湾	92:10:14:14:36	4.1	63	1.051
4	鳥島近海	92:10:30:11:49	6.8	412	0.234
5	神奈川県東部	92:11:19:17:48	3.9	39	0.743
6	茨城県南西部	92:11:28:09:47	4.7	60	0.334
7	神奈川県東部	92:12:27:07:13	4.0	37	0.234
8	釧路沖	93:01:15:20:08	7.8	107	0.875
9	日本海中部	93:01:19:23:42	6.9	489	0.161



(a) 地震番号3



(b) 地震番号8

図-2 地表で観測されたトンネル軸、軸直角方向地震波形状

成分の平均的な伝達関数を図-4

に示した。地震観測から得られたこの4つのピークは、当該地点の地盤構造から求めた応答特性とよく一致している。この伝達関数及び地盤の応答解析で得られた各次数の振動成分における立坑・トンネルのトンネル軸方向の応答性状が立坑からの

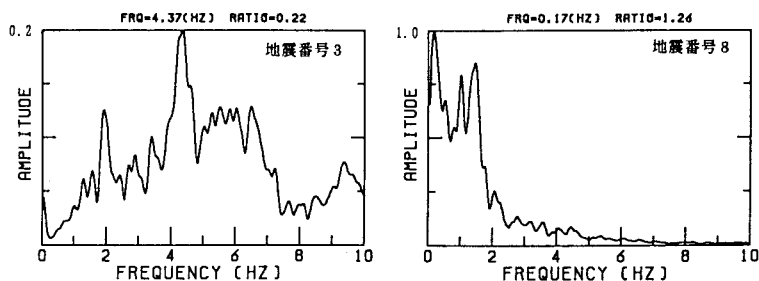


図-3 地震番号3と8の地表でのフーリエスペクトル

距離によってどのように変化するかを図-5に示した。これは、図-2に示した地震番号3と8で得られた立坑・トンネル系での基盤（G99）に対するトンネル内の観測地点の伝達関数の各振動成分（1次:0.9Hz、2次:2.3Hz、3次:4.4Hz、4次:6.3Hz）の振幅値の変化を示したものである。1次の固有振動数では、立坑・トンネルは一体になって応答しているが、振動数が高くなると立坑・トンネルは、大きく変化していることがわかる。高次の振動モードで立坑・トンネルで応答が異なることは、高い振動数に対しては、立坑が周辺地盤の動きを拘束するため接合部付近で異なった挙動を示すものと考えられる。

図-6には、地震番号3で得られた観測波形を用いてトンネル軸直角方向の立坑・トンネルの応答性状が立坑から離れるに従ってどのように変化するかを図-5と同様に示したものである。この方向は、振動数に関係なく一様に動いている。

3. まとめ

これまでの観測された地震観測波形得られた立坑・トンネル系の応答性状について紹介した。得られた結果をまとめるとトンネル軸方向は、地盤の一次固有振動数では、立坑・トンネルは一体となって挙動するが、高次の振動数に対しては立坑接合部付近では異なった挙動を示す。一方、トンネル軸直角方向は、振動数に関わらず立坑・トンネルは一体となって挙動している。今後、さらに観測を継続し、立坑・トンネル接合部の挙動の定量的な評価、解析的な検討を実施したい。なお、本解析を実施するにあたって元埼玉大学学生金田智之氏（佐藤工業㈱）に多大な協力を頂いた、ここに記して謝意を表します。

（参考文献）1）加藤他、地盤と立坑の地震時挙動観測、土木学会第46回年次学術講演会、1991年9月

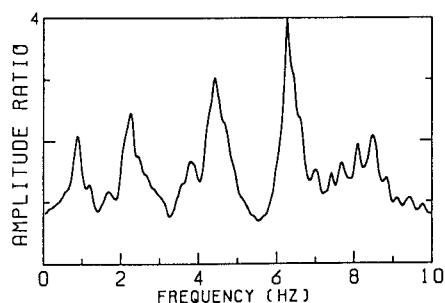
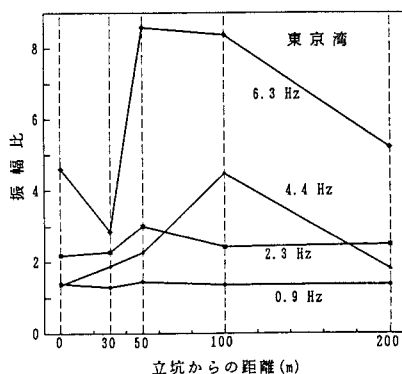
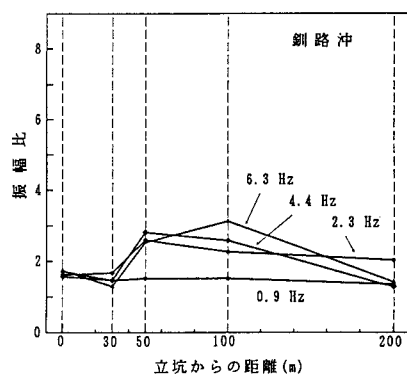


図-4 基盤に対する地表の伝達関数



(a) 地震番号3



(b) 地震番号8

図-5 各卓越振動数に対するトンネル軸方向の振幅変化

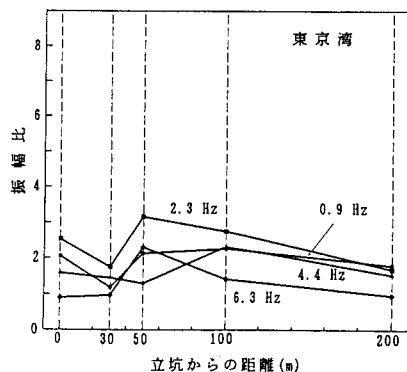


図-6 各卓越振動数に対するトンネル軸直角方向の振幅変化