

I-554

シールドトンネル直線部の動的挙動について

鹿島建設株式会社 正員 大保 直人

鹿島建設株式会社 正員 永井 文男

鹿島建設株式会社 正員 林 和生

1. まえがき シールドトンネルや沈埋トンネルのような地中線状構造物の地震時挙動に関する研究をもとに、構造物の軸方向に沿った地盤の相対変位から地震時の応力度を求める解析法が提案されている。しかしながら、地震時のシールドトンネルの挙動に関する実測例は数多いとはいえない。ここでは、シールドトンネルの三次元的挙動を解明するために、トンネル直線部の3地点に地震計を設置し、常時微動・人工地震及び自然地震観測を実施し、得られた観測結果について報告する。

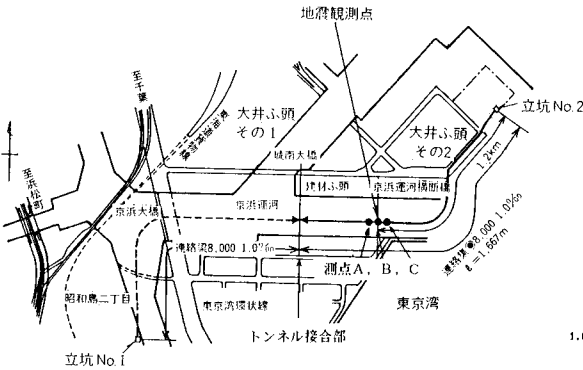
2. 観測の概要 森ヶ崎から京浜運河の下を通過し城南島に至るシールドトンネル（トンネル外径9.5m）の直線部に観測機器を設置した（図-1参照）。観測地点はトンネル地中接合地点から550m離れた地盤構造が一樣と考えられる地点（測点B、地震計2成分設置）を中心として西に50m（測点A、3成分設置）及び東に40m（測点C、3成分設置）離れた3地点に地震計を設置した。長周期成分の測定及び加速度及び変位波形を求める際に計算誤差が少ないと考えられる速度振幅波形の観測を実施した。

3. 観測結果 （1）常時微動観測結果 測点A B区間で観測したトンネル軸方向及び上下方向のそれぞれのフーリエ・スペクトルと2地点間の位相差を図-2に示す。トンネル軸方向の振動特性は同じで、しかも位相差が0度付近に集中している。これは50m区間で軸方向の動きが同じであることを示している。一方、上下方向は2点間の卓越振動数が異なると同時に位相差は振動数によって大きく変化し50m区間でのトンネルの動きは一樣でない結果を示している。（2）人工地震観測結果 東京都防災会議の主催で、1987年3月17日午前2時2分に夢の島でダイナマイト500kgを用いた人工地震爆破が実施された、これで発生した人工地震波を当トンネル内で観測した。観測波形に含まれる常時微動成分を除いた測点A Cの三成分（トンネル軸、軸直角及び上下方向）の波形を図-3に示す。これには基盤層及び中間層を通過した屈折P波及び表層を通過した直接P波が存在している1), 2)。これらの波がこの区間を伝播するときの時間差は0.02秒から0.06秒程度の範囲に分布するため、トンネルはほぼ同じ挙動を示す。一方、S波が表層を伝播した波の時間差は0.15秒となり有意な差が見られる。これらの結果は、人工地震波が地盤を伝播する性状と一致するため、トンネルが地盤と一体になって挙動していることを示す。（3）自然地震観測結果 当トンネル内で1987年4月に東京都で震度Ⅲ以上の地震を3つ収録した。得られた最大速度振幅及びこれを微・積分して得られた最大加速度及び最大変位振幅を表-1に示す。測点A Cで観測されたEvent No. 1及びNo. 2のトンネル軸、軸直角及び上下方向の波形を図-4、5にそれぞれ示す。これらの波形には、震央距離の近い地震は短周期成分が、遠い地震では長周期が卓越する震動性状が見られる。Event No. 1及びNo. 2の主要動部分のトンネル軸方向及び上下方向の測点A Bのフーリエ・スペクトル及び2点間の位相差をそれぞれ図-6、7に示す。トンネル軸方向は、震央距離及び地震の規模に関係なく2地点間のフーリエは同じで、しかも、位相差は0度に集中し2点間のトンネルの挙動は同じである。一方、短周期成分が卓越する地震での上下方向の振動特性及び位相差は常時微動と同じ傾向を示し、2地点間のトンネルの動きが一樣でない結果を示している。

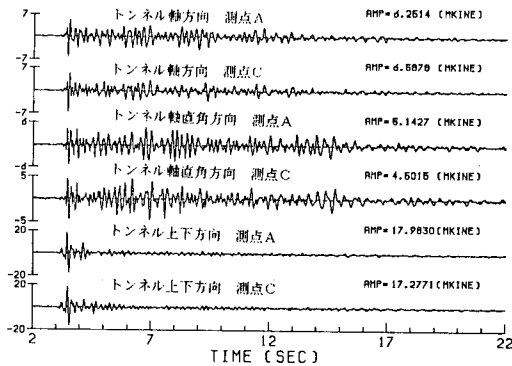
4. あとがき シールドトンネル直線部の3地点での観測から以下の結果が得られた。1) トンネル軸方向は振動レベルの大きさに関係なくほぼ一樣に挙動する。2) トンネル上下方向はトンネルに入力する波の入射方向・振動数に関係すると考えられ、特に短周期成分の卓越する地震では50m区間でも異なった挙動をする。最後に、シールドトンネル内での地震観測に便宜を計って戴いた関係諸機関及び人工地震観測では首都圏基盤構造研究グループの皆様へ情報を提供して戴いた。記して深甚なる謝意を表する。

表－1 観測された地震

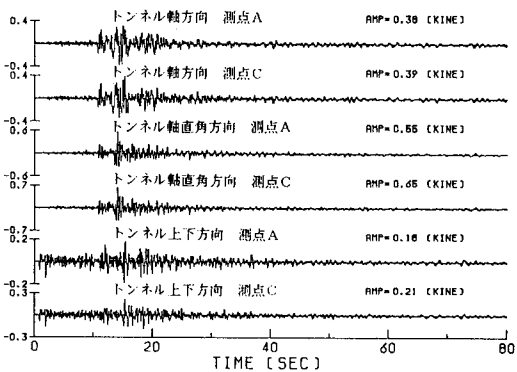
Event No.	Date	M	I	Focal Depth (km)	Epicentral Distance (km)	M a x		
						A C C (gal)	V e l (kine)	D i s (cm)
1	1987.4.07	6.9	4	10	210	7.1	1.01	0.17
2	1987.4.10	5.1	3	57	45	11.3	0.65	0.05
3	1987.4.17	6.2	3	50	210	1.8	0.32	0.08



図－1 観測地点の概要

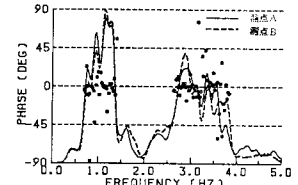


図－3 人工地震で得られた速度振幅波形

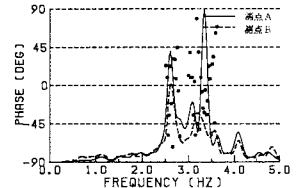


図－5 速度振幅波形(Event No.2)

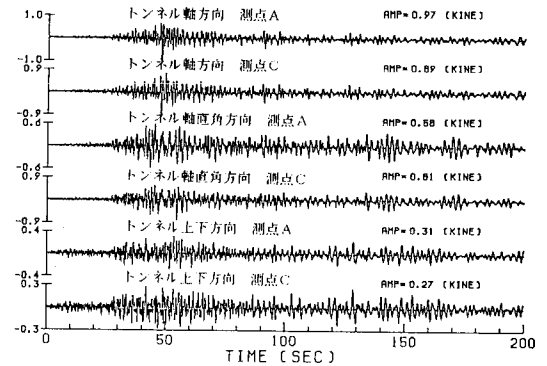
（参考文献）1）大保他：人工地震観測に見られるシールドトンネルの挙動、第20回地震工学研究発表会、pp.497-500、2）嶋他：東京の基盤構造、地震研究所彙報、Vol.51, pp.1-11



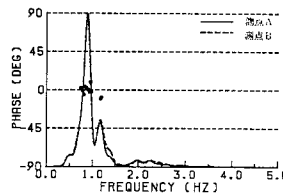
トンネル軸方向



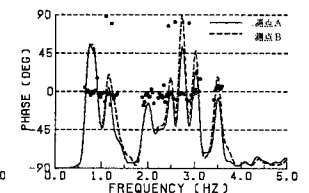
トンネル上下方向

図－2 測点ABの振動特性
（常時微動）


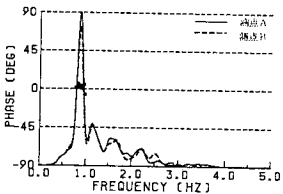
図－4 速度振幅波形(Event No.1)



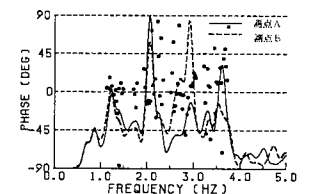
トンネル軸方向



トンネル軸方向



トンネル上下方向



トンネル上下方向

図－6 測点ABの振動特性
（Event No.1）
図－7 測点ABの振動特性
（Event No.2）