

# I-650 地盤と立坑の地震時挙動について

鹿島技術研究所 正員 大保直人  
 鹿島技術研究所 正員 ○鄭 京哲  
 鹿島技術研究所 正員 上野健治  
 日本下水道事業団 金子 謙

## 1. まえがき

大深度鉛直地下構造物の地震応答特性はまだよく把握されていないのが現状である。著者らは1990年末より深さ約100mまで連壁で構築されたシールドトンネルの発進立坑と周辺地盤の地震時挙動観測を実施しており、これまでに、地表の最大速度振幅値が0.1 Kine(cm/s)以上の地震が22個観測されている。本文は、立坑および周辺地盤における観測記録を用い、入力地震動の周波数特性が立坑と地盤の応答特性に与える影響を検討したものである。

## 2. 地震観測概要および観測記録

地震観測の概況を図-1に示す。観測の詳細については、文献1に譲る。1992年3月までに記録した地表の最大速度振幅値が0.1 Kine(cm/s)以上の地震の諸元を表-1に示した。

## 3. 立坑と地盤の地震時挙動

### 3.1 周辺地盤の固有振動数

地盤の震動性状を把握するため、地表と基盤(GL-99M)で観測された波形のフリーエスペクトルの比から地盤の固有振動数を求めた。地震によって、結果がわずかに異なるが、地盤の1次固有振動数は約0.9~1.2Hzの範囲内にあり、1次元弾性解析より求めた地盤の1次、2次と3次固有振動数はそれぞれ0.95, 2.43, 3.96Hzであり、計算した1次固有振動数は観測結果と一致している。

### 3.2 入力地震動の周波数特性が立坑と地盤の応答特性に与える影響

地震動の周波数の影響を検討するため、立坑と地盤の速度応答の非定常パワースペクトルを求めた。実体波が卓越する地震番号19(近い地震)と、表面波が卓越する地震番号13(遠い地震)のそれぞれの、地表面近くでの地盤と立坑の速度波形の非定常パワースペクトルを図-2に示す。地震番号19では、立坑と地盤のスペクトルは実体波の成分で1.2~2Hz程度で卓越しており、2~4Hz程度の成分では両者間に相違が見られる。地震番号13では、0.2~0.35Hzの成分が卓越し、しかも立坑と地盤の主要成分は非常に似ていることがわかる。各周波数における立坑と地盤の速度応答非定常パワースペクトルの時刻歴の相関係数を図-3、図-4に示す。地盤の1次固有振動数以下の範囲では、立坑と地盤の相関が高く、これより高

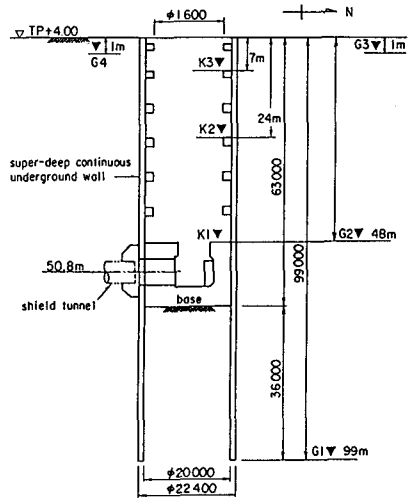
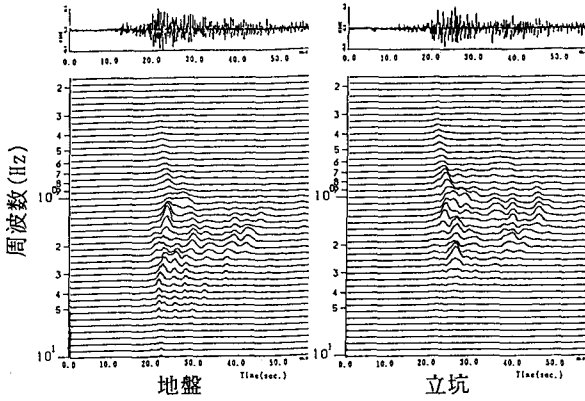


図-1 地震観測の概要

表-1 観測された地震

地震番号	発生時間	M	震源深さ(km)	震央距離(km)	最大値		震度
					Acc(gal)	Vel(kine)	
1	90:12:16	4.2	81	58	13.4	0.47	I
2	90:12:31	5.2	49	89	3.2	0.19	I
3	91:03:01	3.8	35	15	29.6	0.93	II
4	91:03:15	4.6	80	33	8.1	0.57	II
5	91:04:25	4.9	32	152	2.9	0.16	I
6	91:05:03	6.8	482	842	2.9	0.17	II
7	91:05:10	4.7	97	83	4.4	0.23	I
8	91:06:25	5.4	40	148	3.5	0.26	II
9	91:06:28	4.6	68	14	14.9	0.44	I
10	91:07:14	5.2	190	146	11.5	0.67	III
11	91:08:06	5.9	45	122	9.7	0.52	II
12	91:08:11	4.0	64	32	6.7	0.25	III
13	91:09:03	6.3	33	881	1.9	0.67	I
14	91:09:29	4.9	80	37	9.7	0.83	II
15	91:09:29	4.2	82	41	8.4	0.35	I
16	91:09:29	4.3	81	40	13.8	0.70	II
17	91:10:19	4.0	59	59	6.0	0.26	II
18	92:01:05	4.3	81	30	4.4	0.24	II
19	92:01:17	4.1	57	56	2.6	0.12	I
20	92:01:20	6.9	513	856	1.4	0.11	I
21	92:02:02	5.9	93	37	186.1	9.76	V
22	92:02:03	4.1	93	39	18.5	0.53	II

い振動数領域においては、両者の相関が低い。また、深さ 48M おける立坑と地盤の応答は近い地震、遠い地震のいずれの場合も相関が高いことがわかる。他の観測された地震波形でも、立坑と地盤の非正常パワースペクトルの相関係数の分布が似ていることがわかった。従って、入力地震動の卓越振動数が立坑周辺地盤の1次固有振動数以下の領域にある場合、立坑は地盤の動きに追隨して応答し、入力地震動の卓越振動数が周辺地盤の2次固有振動数程度またはそれより高い場合には、立坑の応答が地盤の震動と異なる性状を示す。



(a)地震番号19の場合(地表NS方向)

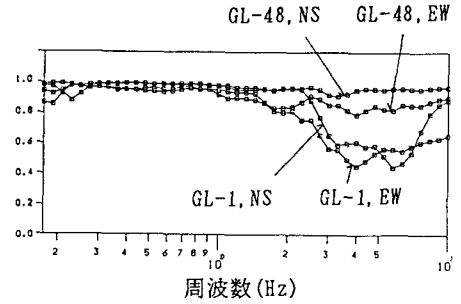
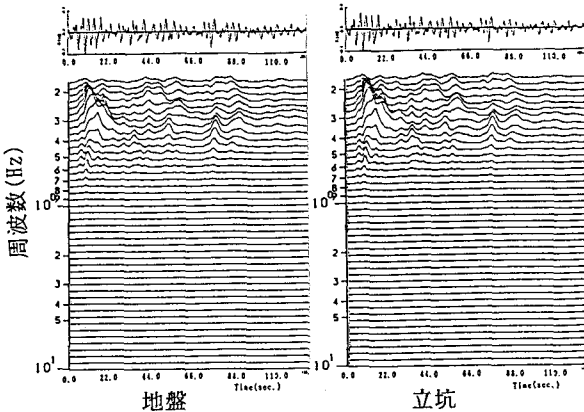


図-3 立坑と地盤の非正常パワースペクトルの相関係数  
(地震番号19の場合)



(b)地震番号13の場合(地表NS方向)

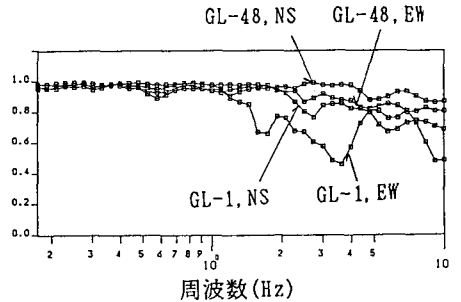


図-4 立坑と地盤の非正常パワースペクトルの相関係数  
(地震番号13の場合)

図-2 速度波形の非正常パワースペクトル

#### 4. あとがき

地盤と立坑における実測地震記録を検討した結果、地盤と立坑の応答特性は入力地震動の周波数特性に強く影響され、入力地震動の卓越振動数が地盤の1次固有振動数に近い、またはこれより低い場合、立坑は地盤の動きに追隨して応答し、入力卓越振動数が地盤の高次固有振動数含む時には、立坑の応答は地盤の震動と相違することがわかった。

参考文献:

1. 加藤, 大保, 林, 上野, 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