

I-522 地盤の上下動にともなうシールド洞道の断面変形について

東京電力株式会社 正員 竹内 信次
 (株)熊谷組技術研究所 正員 鈴木 猛康
 東京大学生産技術研究所 正員 田村 重四郎

1. はじめに

シールド洞道の地震時における挙動のメカニズムを明らかにするため、横浜市内に建設された地中送電用シールド洞道(内径4550mm, RCセグメント)において、地震観測を行ない観測記録の蓄積を図っている。ここでは、シールド洞道の円周方向弦部ひずみに注目し、地盤の挙動との関係について検討したので報告する。

2. 地震観測の概要

図-1は、観測地付近の平面図で、地形は溺れ谷となっており、洞道はこの地形を斜めに横断している。図-2は、シールド洞道の軸線に沿う縦断面図で、表層は厚さ約20m N値0-2の比較的均一な沖積粘性土層、その下はN値50以上の土層層である。

洞道の測定断面は、A~Eの5断面で各断面には、鉛直(0°)、水平(90°)及び斜め(45°)の位置(C断面には-45°にも)に、断面に沿ってひずみ計が設置されている。地盤中には、新たに溺れ谷中央(G.L.-5m)に設置したものを含め、4地点に3成分加速度計を設置している。

3. 洞道の円周方向弦部ひずみ

表-1は、昭和59年3月6日鳥島近海地震(M7.9、当観測地点地表最大加速度約38gal)、昭和59年9月14日長野県西部地震(M6.8、同約12gal)、昭和60年10月4日千葉・茨城県境地震(M5.2、同約53gal)における各断面の円周方向弦部ひずみの最大値(絶対値)である。

D断面以外の断面の円周方向弦部ひずみは、-45°、+45°方向が0°、+90°方向よりも大きくなっている。また、最大値は実体波主要動部で発生しており、円周方向弦部ひずみの卓越振動数は、表層地盤の卓越振動数にほぼ一致していることがわかっている。これらより、地盤の一次固有振動数に起因して、シールド洞道断面がせん断変形しているものと考えられる。

ところが、D断面については、0°、+90°方向ひずみが+45°方向よりも大きく、上述のようなトンネル断面の地震時せん断変形挙動では説明できない。

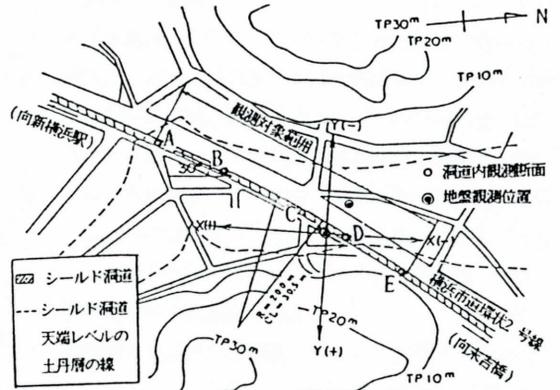


図-1 平面図

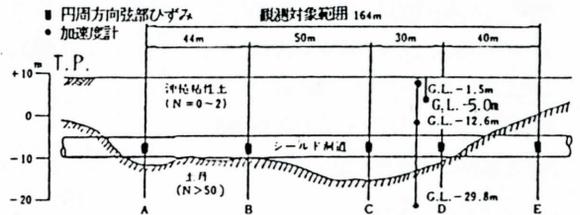


図-2 縦断面図

表-1 シールド断面A~Eに 向かっての計測位置 円周方向弦部ひずみの最大値(単位: micro)

地震断面	鳥島近海				長野県西部				千葉・茨城県境			
	-45°	0°	+45°	+90°	-45°	0°	+45°	+90°	-45°	0°	+45°	+90°
A	2.27	5.75	5.02	1.66	11.3	2.59	2.41	11.4	2.64			
B	5.01	11.3	6.00	5.27	9.50	4.55	6.24	12.1	6.35			
C	20.2	13.6	16.1	8.73	8.30	7.31	9.87	5.32	21.7	12.8	20.6	9.33
D	28.7	18.6	20.0	11.1	8.64	8.87	17.7	—	13.9			
E	4.42	6.69	3.76	4.44	3.86	2.69	3.73	6.89	3.09			

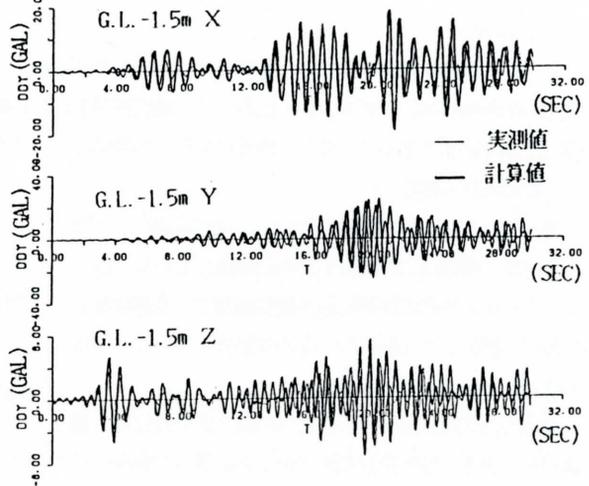
4、地盤の挙動

表一 地盤の加速度 (1.0~2.0Hz フィルター処理)(単位: gal)

位置・方向	G.L.-1.5m			G.L.-12.6m		
	X	Y	Z	X	Y	Z
鳥島近海	19.98	16.70	7.83	5.12	2.46	2.59
長野県西部	9.69	5.47	2.23	3.00	1.02	1.43
千葉・茨城県境	18.83	22.92	7.28	5.83	4.34	3.29

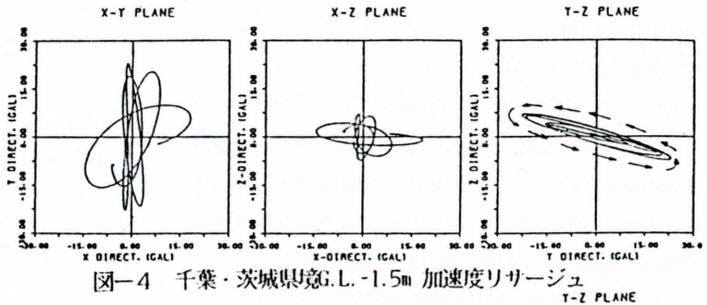
表一は、G.L.-1.5m、-12.6mにおける1.0~2.0Hz成分の最大加速度をまとめたものである。G.L.-1.5mにおけるX、Y方向の加速度は、Z方向の2倍以上であるのに対してG.L.-12.6mにおいては、Z方向とX、Y方向との差があまりなく、鳥島近海、長野県西部地震においては、Y方向よりもZ方向の方が大きくなっている。

図一は、G.L.-1.5mにおける加速度の実測値と、地盤を多層地盤と仮定した一次元多質点系モデルを用いた時刻応答解析結果とを、1.0~2.0Hzのバンドパスフィルターで処理したものである。解析は、表層を8質点のVoigtモデルでモデル化し、PS検層で得られた V_p 、 V_s 及び土質試験で得られた ρ を用い、減衰率を各層 $h_i=0.2$ として直接積分により求めた。なお、入力波形は、土丹層中のG.L.-29.8mで得られた加速度を用いた。実測値と解析結果を比較すると、谷軸方向であるX方向についてはほぼ一致するが、谷軸直角方向であるY方向は一致しない。また、Z方向については、一部分一致するところがみられる程度である。



図一 千葉・茨城県境G.L.-1.5m 加速度の実測値と計算値

図一は、G.L.-1.5mにおける加速度を卓越振動数付近の狭い範囲でフィルター処理した後に、主要動部5秒間について描いたリサージュである。これによると、Y-Z planeのみは規則正しい楕円軌跡を描き、前述の3種の波で傾きと回転方向がほぼ等しい。これに対して図一は、溺れ谷中央部に設置したG.L.-5.0mにおける加速度のY-Z plane上リサージュであるが、ほぼ水平を示している。



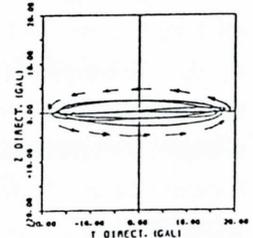
図一 千葉・茨城県境G.L.-1.5m 加速度リサージュ

以上の結果よりD断面付近については、土丹層による拘束によって土粒子が比較的上下動の大きな楕円運動をし、その結果水平変位によるせん断変形と上下動による変形が重なって、円周方向ひずみが相対的に 45° ひずみよりも優勢になったものと思われる。

5、まとめ

- (1) D断面以外のシールド洞道計測断面においては、地盤の一次固有振動数に起因したせん断変形をしている。
- (2) 土丹層と表層の境界の傾斜がシャープになっているD断面については、地形的影響に基づく上下動の変形が加わっていると考えられる。

〈参考文献〉 1). 田村、前田、田部井、鈴木: トンネル内の地震記録から求めた伝達特性の例、土木学会第40回年次学術講演会 第1部、pp.407~408. 1985年 2). 桑原、鈴木、田村: 鳥島近海地震におけるシールド洞道の軸方向分布、土木学会第41回年次学術講演会 第1部、pp.1067~1068. 1986年 3). 2)と筆者が同じ pp.1069~1070. 1986年



図一 千葉・茨城県境 G.L.-5.0m 加速度リサージュ