

飛島建設（株） 正会員 ○森 伸一郎
飛島建設（株） 増淵 孝二
飛島建設（株） 松島 健一

1. はじめに

深い基礎を有する構造物や地中構造物の耐震安全性を評価する際、周辺地盤との動的相互作用の影響は評価を大きく左右する。地中構造物の動的相互作用には、地盤と構造物の質量が連成系を形成する効果と、構造物が地盤を拘束し空間的地震動を総合して受ける効果とがある。後者は入力損失効果¹⁾や有効入力²⁾と言われ、地中構造物は見かけの密度が小さいので、特に後者の効果が重要となる。

この問題に対しこれまで常時微動測定による検討を行ってきた地中構造物^{3) 4)}において、定期間地震観測を実施している。1985年11月から1986年3月までの間に3つの地震が記録された。本論文では、地震観測記録から若干の考察を行うとともに、併せて常時微動測定、FEM解析の結果を比較検討した。

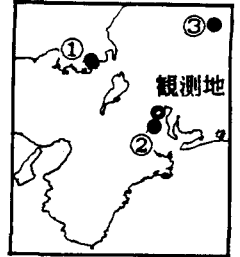


図-1 観測地と震央

2. 地震観測概要

地震観測は、三重県が伊勢湾北部臨海地帯の埋立地に建設中の下水処理場内のスクリーンポンプ棟ケーソンにおいて実施している。図-1

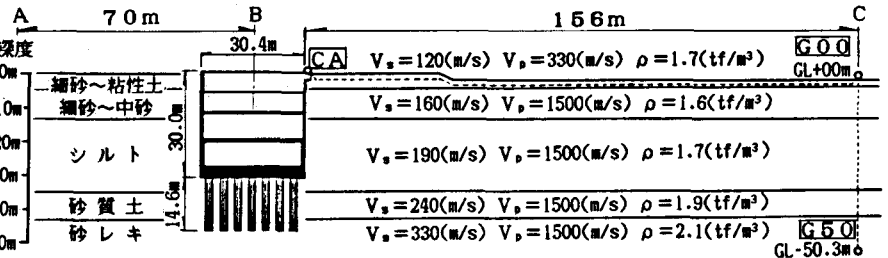


図-2 地震観測全体図

に観測地と観測地震の震央を示す。図-2に観測全体図を示す。ケーソンは、30.4m×47.5m×30.0mの直方体で、直径2.0m全長14.6mのベント杭77本で支持されている。杭を除く見かけの密度は約1.05 tf/m³である。図-3に地盤柱状図を示す。多数の地盤調査結果よりサイト内はほぼ成層とみなせる。上位から順に、緩い砂質土層、N値1程度の軟弱なシルト層、支持層である洪積砂質土層と続く。

地震計は東京測振製のSAMTAC-17Eで、3成分のサーボ型加速度計を備えた16ビットデジタル強震計であり、0.03~1000galのレンジと0.1~30Hzで平坦な周波数特性を有する。地震計はケーソン天端、地表、地中の3点に設置した。地表の地震計は構造物の影響のない約150m離れた自由地盤⁴⁾に、地中の地震計は直下の洪積層内に設置した。尚、3点とも水平2成分をケーソンの長辺方向（X：N12W）、短辺方向（Y：N78E）に合わせた。データは、0.005秒間隔で記録される。

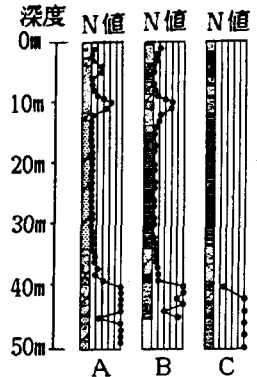


図-3 地盤柱状図

3. 観測された地震

観測結果の概要を表-

1に示す。水平最大加速度はケーソン天端が自由地盤の地表に比べ13~24%に過ぎない。図-4に1986.3.7の短辺方向成分の加速度波形を例示する。

表-1 最大加速度と最大加速度比

地震 番号	マグニチュード M	震央距離 Δ (km)	最大加速度 A _{max} (gal)						最大加速度比		
			地表 (GL-00m)			ケーソン天端 (CA)			ケーソン天端/地表		
			X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	5.2	110.0	6.956	5.412	2.002	0.930	1.069	1.664	0.134	0.198	0.831
2	4.3	18.8	8.427	5.911	1.337						
3	5.1	133.7	5.008	6.348	1.193	0.913	1.499	0.934	0.182	0.236	0.783

X：ケーソン長辺方向 (N12W：+)

Y：ケーソン短辺方向 (N78E：+)

Z：鉛直方向

ケーソン天端の波形は、地表に比べ高周波数成分が消え、低周波数成分の卓越する波形になっている。観測波形からでも、本ケーソンにはローパスフィルター効果のあることが認められる。

4. 地中構造物の周波数伝達関数

図-5に地表を基準にした地中構造物の水平成分の伝達関数を示す。この図には2地震の水平2成分、計4成分の伝達関数を重ねて示した。4つの伝達関数はほぼ同じ形状をしており、0.5Hz以下で約1、0.5~2.5Hzで漸減し、2.5Hz以上では概ね0.4以下であると言える。即ち、この伝達関数がここで言うローパスフィルターであり、高周波数域では地表の地動が概ね40%以下に低減されていると見ることができる。

また、図-6に、地震時の伝達関数に常時微動時の伝達関数とFEM解析から得た伝達関数を重ねて示す。常時微動は、長周期微動計($T_0=10$ 秒)で同時測定(1985.10.)したものである。FEM解析は当社で開発したTFLUSHによった。地震観測で見られたローパスフィルター効果は、常時微動でも類似の効果として捉えられる。FEM解析結果は形状の詳細は異なるものの、ローパスフィルター効果としての全体的な傾向は表現できている。なお、伝達関数(実測)はバンド幅0.1,0.2HzのParzenウィンドウで平滑化した。

5. 結 論

観測された地震は小地震ではあるが、得られた知見はつぎのとおりである。

① 水平最大加速度は、ケーソン天端では自由地盤の地表に比べ13~24%に過ぎなかった。

② 本ケーソンには地震時にローパスフィルター効果のあることが認められた。

③ 地震時のローパスフィルター効果は、常時微動でも類似の効果として捉えられた。

④ 地震時のローパスフィルター効果の傾向は、FEM解析によっておおよそ表現できた。

今後は、観測を続けデータの蓄積を計るとともに、詳細な検討を行う予定である。

最後に、観測地震波の解析は当社で開発した汎用波形解析システムSWAY-1によったことを付記する。

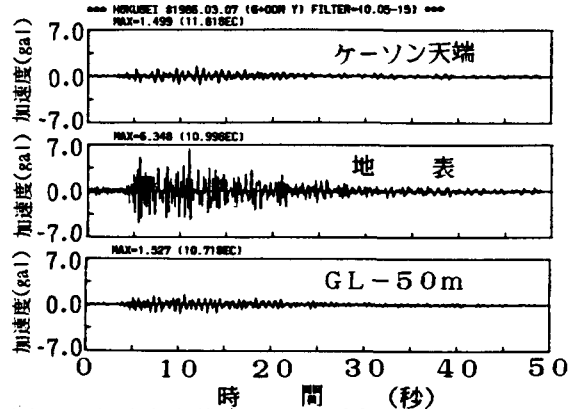


図-4 加速度波形(1986.3.7 短辺方向成分)

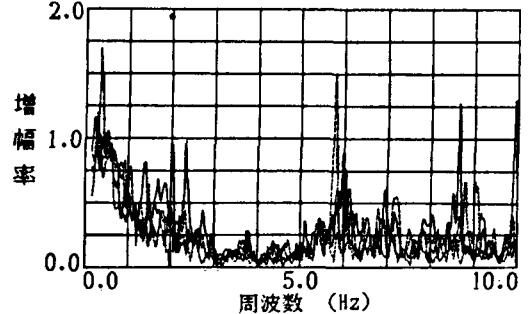


図-5 地震記録の伝達関数(ケーソン/地表)

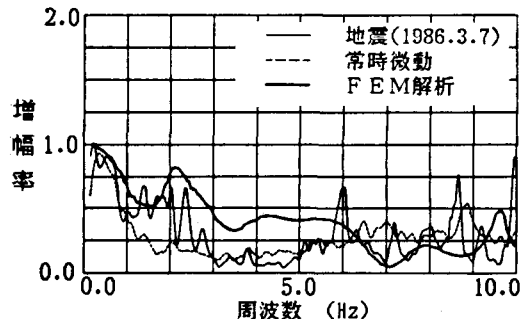


図-6 伝達関数(ケーソン/地表)の比較

謝 辞 : 最後になりましたが、地震観測の御許可を下さいました三重県北勢沿岸流域下水道建設事務所の皆様、観測に多大なる御協力を頂いています飛島建設備名古屋支店の細見孝治氏に深謝の意を表します。

参考文献

- 1) 山原 浩: 地震時の地動と地震波の入力損失, 日本建築学会論文報告集, No.165, 1969.11
- 2) 原田隆典, 久保慶三郎, 片山恒雄: 地震波の有効入力のかえ方と実測例による検討, 土木学会第15回地震工学研究発表会講演集, 1979
- 3) 森伸一郎, 滝本幸夫, 武藤正人, 谷浩一郎: 地中構造物の常時微動特性の時間的変動, 第21回土質工学研究発表会発表講演集, 1986.6
- 4) 三輪 滋, 森伸一郎, 滝本幸夫: 常時微動測定による地中構造物の周辺地盤拘束効果の検討, 第41回土木学会年次学術講演会講演概要集, 1986.11