

1) まえがき

軟弱地盤内にある構造物基礎の耐震性に関する基礎的資料をうるために土性のよく知られている地盤中に直接地震計を埋設しさらにこの地盤中に地震計をとりつけた鋼管を埋設して地震観測を行っている。これらの地震観測結果はすでに報告⁽¹⁾⁽²⁾しているが、本報告ではさらにこの地盤の常時微動特性を求め、また地盤内S波速度を実測して重複反射理論により地盤内の地震応答を求めた。さらに鋼管については地震時性状と起振機による強制振動試験から求めた鋼管の振動性状について比較検討を行なった。

2) 測定方法

(i) 地震動観測：地震計を埋設した軟弱地盤の構成は図-1に示すように三層に分けられる。地表から約5mの深さまではレキ混り土があり、その下に約5mのゆるい砂層があり、さらにその下に約12mの海成粘土からなる軟弱層があり、基盤は頁岩である。地震計は下端を基盤に固定した直径300mmの鋼管の内壁に深さ-0.10、-12.00および-21.60mの位置にとりつけ、さらに鋼管から約25mはなれた地盤内にも深さ-0.50および-13.20mの位置に直接地震計を埋設した。

(ii) S波速度の測定：いわゆる板た、き法により、図-2に示すように地震計間隔を2mおきに15点測定した。測定方向は岸壁直角および平行であり、S

波速度と同時にP波速度をも測定した。使用した地震計は固有周波数3%の加速度計である。

(iii) 常時微動測定：常時微動の測定には電磁式微動計($f_0=19s$)を用い地動の微動を電気信号にかえ、この信号を増巾してす、書き記録を行なった。測定は地表面で行い、方向はすべて岸壁直角方向である。

(iv) 起振機による鋼管の強制振動試験：杭頭に約1.5tonの載荷重をおき 1/s ~ 1/sの回転数範囲内で無段変速を与え、岸壁直角方向に水平加震した。強制振動による鋼管の加速度は鋼管内壁にとりつけた地震計により、また動タワミは鋼管内にはりつけたペーパーゲージにより測定した。

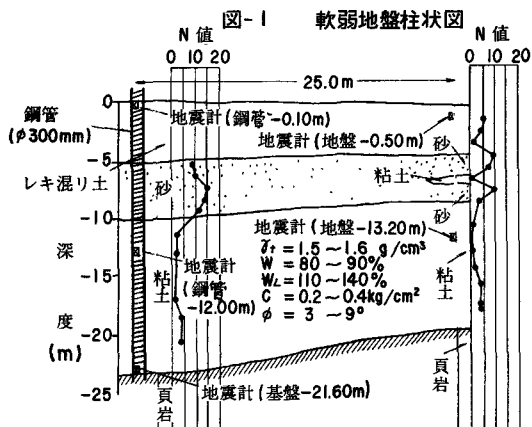
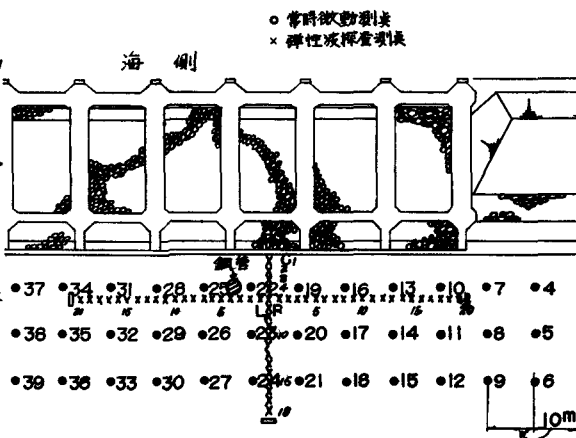


図-2 常時微動および弾性波探査機配置図



3) 測定結果および考察

i) 地盤の振動性状について

地震観測結果によると、図-3に示すように地盤の固有振動周期は0.7sec附近にあるが常時微動測定によると、図-4に示すように地盤の卓越周期は0.6sec附近になり地震時の周期より僅かに短い、この差は地震動と常時微動の振動エネルギーに起因するものと考えられる。

次に地盤内S波速度の測定結果から走時曲線をかくと、図-5に示すように、表層から500, 360, 210 および 280 m/s の速度が求まる。すなわち軟弱粘土層内のS波速度は210 m/s となる。

しにかってこのS波速度の値を用いて重複反射理論により地盤内の地震応答を求める。才2報⁽²⁾においてすでに述べたように、震度Ⅲ以上の地盤上層の砂層がせん断強さを越えるような大きな地震外力を受けると砂層は降伏して流動するため粘土層と同じような運動するという事実から、大きい地震に対しては地盤は軟弱粘土層一層からなると仮定できるので、S波速度210 m/secの地盤に重複反射理論を適用して、地表近くで測定した記録から基盤における記録を求めると、図-6に示すように、実測値と計算値とは比較的よく一致する。しかし実際の地盤は図-1に示したように三層からなっているので、前記した各層のS波速度を適用して、求めた三層内の地震応答については当日発表する。

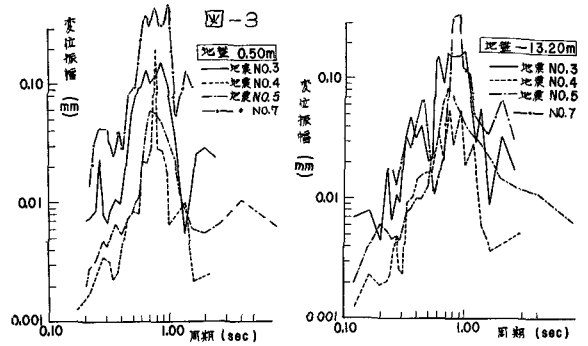


図-4 常時微動の周期-振幅曲線

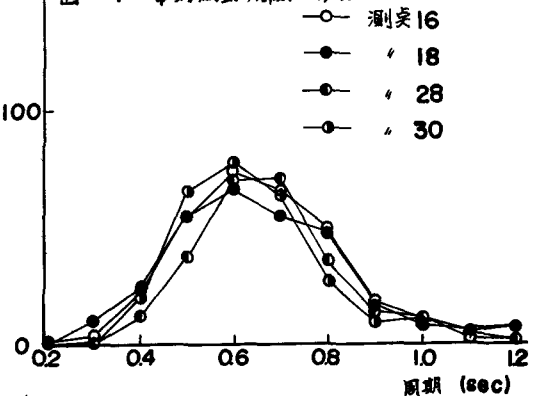


図-5 S波の走時曲線

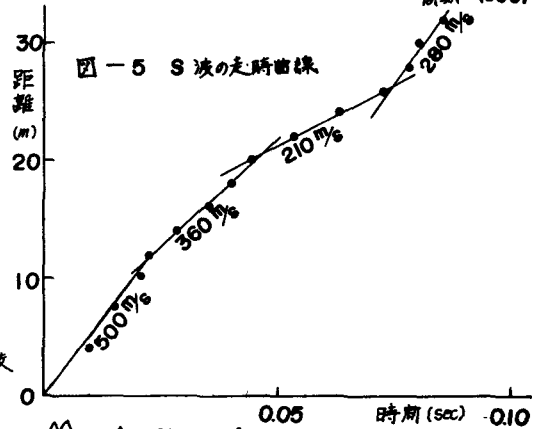
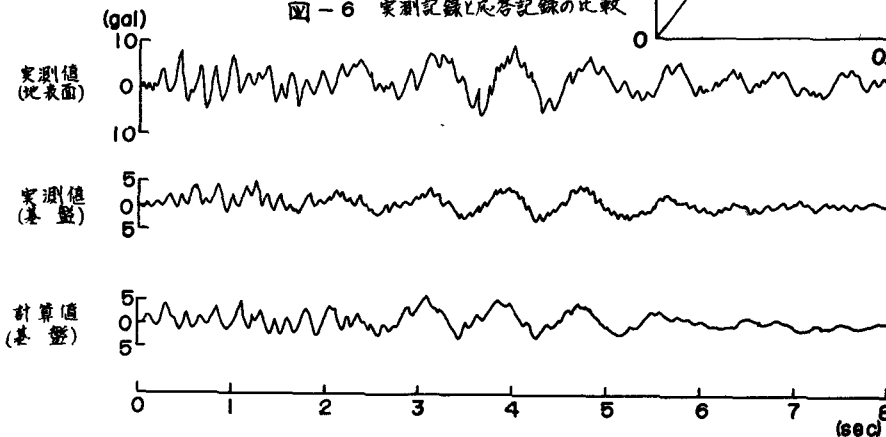


図-6 実測記録と応答記録の比較



(ii) 鋼管の振動性状について

鋼管による地震観測の最初の目的は地盤に直接地震計を埋設して地震観測をつづけることが技術的に可能かどうか疑問であったので、鋼管に地震計をとりつけ地盤の地震観測を行おうということであった。しかし鋼管自身の振動の影響が考えられるので、過去1年半にわたって直接地盤内に埋設した地震計による記録と鋼管にとりつけた地震計による記録を比較検討してきた。その結果、図-3に示した地盤のスペクトルと図-7に示す鋼管のスペクトルから、地盤においても鋼管においても、少くとも1次の固有振動周期は0.7 sec 附近に存在する。

しかるに、地盤および鋼管の基盤に対する振巾比を求めると図-8に示すように、鋼管の振動形と地盤の振動形は異なる。すなわち鋼管と地盤の周期は一致するが、鋼管と地盤の間には相対的な変位を生じる。

したがって地盤の周期のみを問題にするならは地震計を鋼管にとりつけて観測しても地盤の周期は求めるか変位を求める必要がある場合には鋼管を用いて地震を観測することはできない。

次にこの鋼管の頭に荷重をのせていわゆる基礎杭の地震時挙動を調べた。杭頭に載荷重がない場合の鋼管の固有振動周期は0.7 secであったが、杭頭に約1.5^tの載荷重をおくと周期は約0.8 sec となり長くなる。また振巾比をとってみると(図-7)、載荷重がない場合には上層(砂層)では振巾増大は小さいが、載荷重をおくと、上層において振巾増大の割合が大きくなる。

一方同じ載荷重条件において起振機による強制振動を行い、共振曲線を求めると、図-9に示すように共振長は0.5~0.6 sec 附近に存在する。強制振動試験の詳細についてはなお当日報告する。

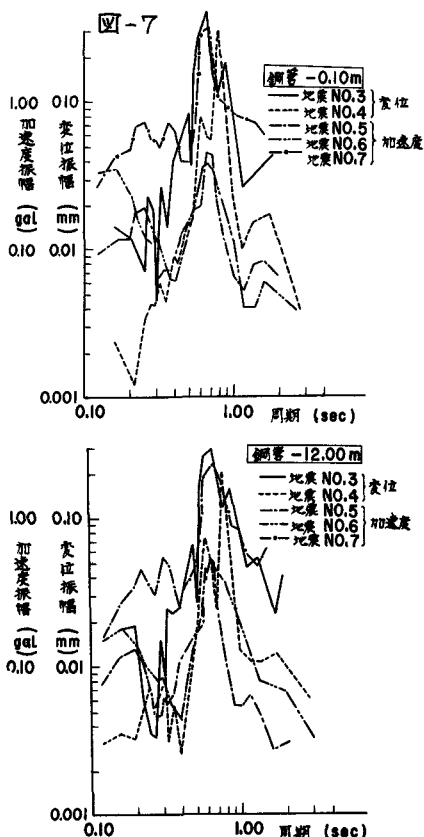
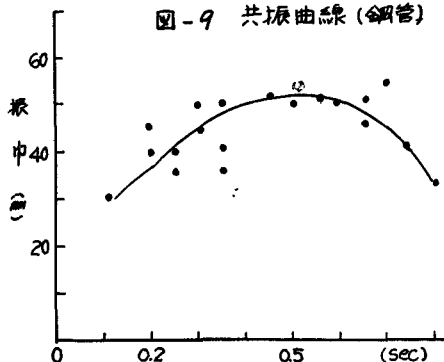


図-9 共振曲線(鋼管)



- (1) 河上, 浅田, 柳沢: 地震時における軟弱地盤の振動性状について, 才3回災害科学シンポジウム
- (2) 浅田, 柳沢: 地震時における軟弱地盤の性状について, 才22回年次学術講演会

図-8 地盤および鋼管の振巾比

