

日本鋼管株式会社 正員 蝦名淳一
 日本鋼管株式会社 正員 福屋智亘
 日本鋼管株式会社 正員 ○植松幹夫

1. まえがき 鋼管矢板井筒工法については今日では既にながりの普及を見、本工法が今後大スパン橋梁の基礎等に進んで使用されてゆく事は大いに考えられる事であるが、しかし設計、施工上で不明な点が多く残されている事もまた衆目の認める所である。例えば、継手処理、継手効率、杭とフーチングとの接合方法などの問題が挙げられ、更に地震時の井筒と周辺地盤との動的相互作用についても今後解決されなければならない点である。

当社においても既に福山製鉄所内の製造プラント基礎や中国電力側の送電鉄塔基礎等の施工例を有するが、今回当社扇島連絡橋の基礎に鋼管矢板井筒を施工したので、これを用いて強制振動試験を行い、基礎の応答特性および地盤との相互作用について検討を行った。ここにその概要を報告する。

2. 実験概要 扇島は神奈川県川崎市沖に位置する埋立地である。そこに架かる連絡橋の基礎に図-1の如き鋼管矢板井筒を採用した。井筒径は811mm、鋼管矢板φ812.8mm、 $t=12.7$ mm、 $l=30$ mを28本用いている。周辺地盤の上層約9mは山砂による埋立砂層である。振動実験は昭和49年3月、基礎が完成後直ちに行われた。橋脚はまだ立ち上がっていない状態である。起振機をフーチング上に設置して橋軸方向に加振した。

ところで上述した如く、井筒本体と井筒内外の土との動的相互作用については適切な解釈が未だなされていない。井筒内外の土を仮想質量と見なして計算する方法もあるが、その当否はともかくとして、周辺地盤をどの辺りまで考慮すべきかについても不明の点がある。そこで本実験では以下に述べる測定項目に沿って地表面下の井筒および地盤に加速度計、土圧計、間げき水圧計等を配置して振動測定を行った。

測定項目1 井筒基礎の固有周期および減衰定数の推定。

- 2 井筒と井筒内地盤の深さ方向の振動性状の検討。
- 3 井筒本体と井筒内外地盤との動的相互作用の検討。
- 4 周辺地盤の流動化問題についての検討。

図-2に各ピックアップの配置を示す。B1～B4は鋼管内に、A1～A4はフーチング上に、その他は地盤内に置かれたものである。それぞれの特性を表-1に示す。起振機は建研型不平衡重錘式のもので最大起振モーメント200Kg-m、最大起振力3トン、最大振動数20Hzである。

実験は周波数範囲2～8Hzで行い、ピックアップ23地点の同時測定を行った。起振力は全周波数にわたって3トンである。起振機には同期パルスを生じさせる電磁接

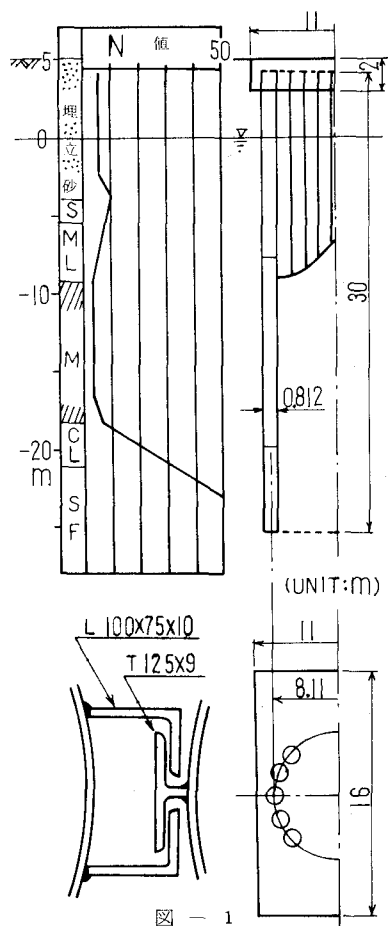


図-1

表-1

		型 名	仕 様	数
加 速 度 計	地中	東京測振機 VS-75	$f_0=7.5$ Hz $h=10$ 、比重2.7	12
	地上	国際機械振動研 VM-4122	$f_0=50$ Hz $h=0.5$	4
土 圧 計		坂田電機機 PD-150	最大2Kg/cm ² 差動トランス型	2
	間げき 水圧計	同 上	同 上	4

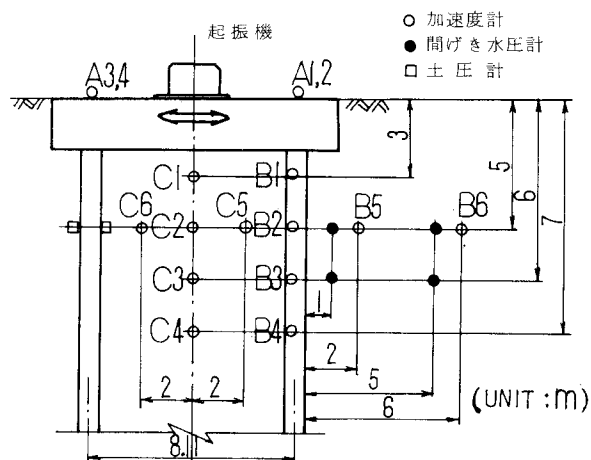


図 - 2

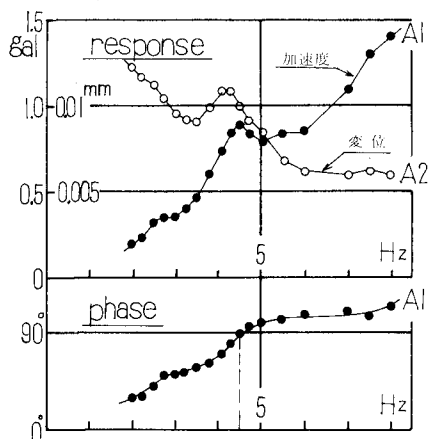


図 - 3

点を取付け、起振力と応答との位相差を測定した。

3. 実験結果と考察

a) フーチングの応答曲線を

図-3に示す。変位、加速度応答とも目立った共振点は見られない。しかし、起振力と応答との位相差は4.5Hz時に90°の遅れが生じており、ここが基礎の共振点と思われる。本基礎のフーチングをマスとする1質点系に置換し振動方程式中のバネ定数を一定(2Hz時の応答量を静的の場合と同じと想定)とすると、応答結果から付加質量および減衰定数を算出する事が出来る。図-3より付加質量を試算すると共振時に最大となりフーチング重量の2倍強の値を示す。一方減衰定数も振動数により変化するが、1(臨界減衰)以上の値を示した。この様に減衰定数が大きいのは、フーチング周辺の砂が影響していると思われる。

b) 図-4、5、6にそれぞれ井筒本体、井筒内部の土および井筒周辺地盤の応答と位相の結果を示す。全般的に起振点からの距離が(水平、鉛直とも)増大するにつれて応答量は減少するが、一部その傾向が逆転する所も見られる。また、地中部で位相の遅れが大きく生じていることが分かる。

c) 地中部の応答は井筒本体、地盤とも深さとともに起振力との位相遅れが増大する。フーチング自体は剛体として振動しているとするれば、特にフーチング下面と地盤間で遅れが大きい。今、共振時4.5Hzを代表させて井筒全体の振動性状をまとめると図-7のようになる。井筒内部の土は井筒本体と比べて応答量は大きく、かつ位相は10°~30°程度の遅れを生じている。しかし、両者の位相差は深さとともに小さくなっており、井筒と土が同位相になる傾向を示す。また、地中内部の応答に深さ方向の位相遅れが生じる事により、基礎および地盤はモードで振動していると言うより波動による応答を示している様である。これは地盤と井筒間の減衰性が大きいことによるものであろう。位相遅れから地盤のせん断波速度を概算すると約250 m/secとなる(4.5Hz時)。同敷地内で弾性波試験により求めたせん断波速度は約130 m/secであるので、矢板打込みにより、周辺地盤が締め固められたことも考えられる。

d) 井筒本体と井筒内外の地盤の水平方向の位相差は(図-6、7)周波数によっても変化するが、井筒周辺

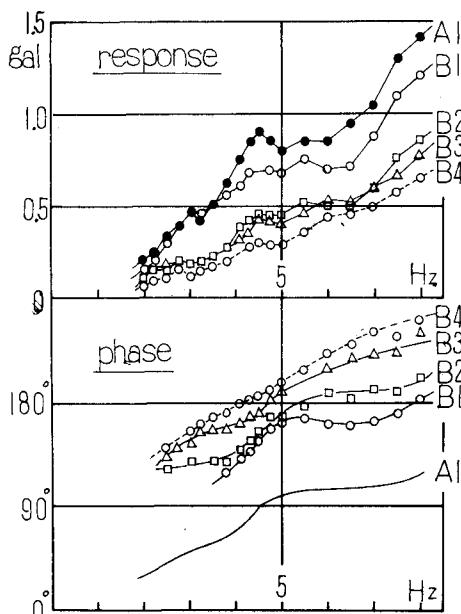


図 - 4

2 m 以内 (B 5 の地点) なら全周波数にわたって $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 程度の差で動いている。更に共振時は井筒周辺 6 m (B 6 の地点) までの地盤がほぼ 20° 程度の位相遅れを持って振動していることが分かる。

e) 井筒本体の内外壁にひとつずつの土圧計を埋込んだが、発生した動土圧は比較的井筒外壁の値の方が大きい傾向を示すものの、値自体は計測器の測定誤差範囲に入る微量量であって、地盤と井筒の相互作用による土圧の発生を検討することは出来なかった。しかし、発生土圧が小さいと言うことは起振力が不足していることの他に、地盤と井筒の位相が近接しているための影響も考えられる。

f) 井筒周辺地盤に間げき水圧計を埋め込んだが、砂地盤の流動化現象は見られなかった。

4. 結 論

振動実験により種々興味深い結果が得られたが、ここに概略まとめると

- 1) 共振点は 4.5 Hz 、減衰定数は 1 以上。
- 2) 地表面下の井筒および地盤の応答は起振点からの距離が増大するにつれて減少するが、一部その傾向が逆転する所も見られる。
- 3) 井筒および地盤ともに深さ方向には位相遅れが生じ、波動論的取扱いの必要性が示唆される。
- 4) 井筒と井筒内外の地盤の動きは、井筒周辺 2 m 近辺まではほぼ井筒と同位相の動きをしている傾向がある。更に 4.5 Hz の共振時には井筒周辺 6 m 近くまでが、同位相の動きを示している。
- 5) 本実験の範囲では流動化現象は認められなかった。

尚、本実験にあたって御助言を頂いた東大地震研伯野元彦助教授ならびに、起振機を借用させて頂いた大成建設株式会社殿に対しましては、心からの謝意を表します。

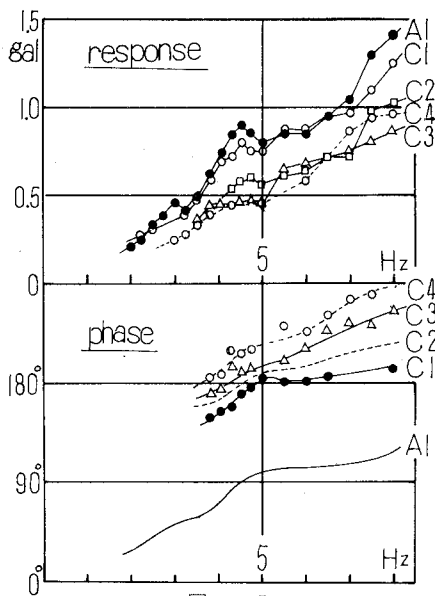
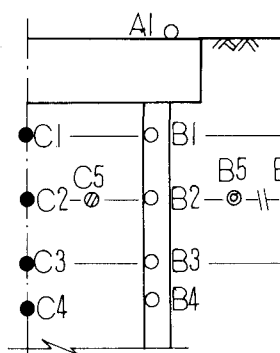


図 - 5

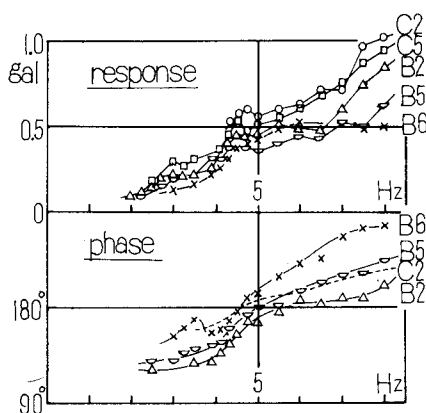


図 - 6

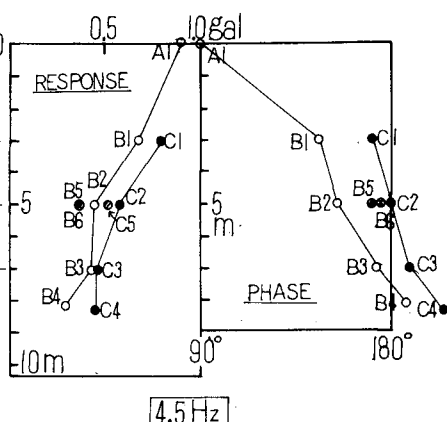


図 - 7