

清水建設(株) 土木技術部 正員○大 槻 明
 “ “ “ “ 高 崎 英邦

1. はじめに

近年市街地や既設構造物に近接して杭打設工事が行なわれるケースが少なくない。そのため杭打設工事にもなって発生する振動が大きな問題となることがある。従来からこの様な杭打設にともなう振動問題については、理論面からよりはむしろ計測による経験的アプローチが多く、しかも杭からある程度はなれた地点での地盤の振動性状についてであり、杭近傍における地盤や構造物についての検討は少ない様である。この報告は、地下埋設の構造物(コンクリート管)に至近距離(0.4m)で杭打設を行なった場合を例にとり、その計測結果から、杭近傍における地盤と構造物の基本的な振動性状や相互作用及び構造物に発生する応力等を検討しまとめたものである。

2. 施工概要

計測を実施した施工現場の土質柱状図及び杭打設位置、計測位置、コンクリート管の概要を図-1,2に示す。なお杭はPCφ300である。当現場は埋立地で、0~6m付近までは比較的軟弱な層で、ディーゼルハンマー(ラム重量2.5t)が連続的に発火せず自重で貫入する場合が多かった。なお設計支持層は、-5.9~-11.0mの細砂層である。

3. 計測結果と考察

図-3は、杭NO3が地表より3.75m貫入した時の4m離れた地点でのコンクリート管(B-1)及び地表(G-2)の鉛直方向同時変位波形とそのパワースペクトルである。図-4は、杭NO4が地表より3m, 8m貫入した時の6m離れた地点でのコンクリート管(B-1)及び地表(G-1)の水平方向同時変位波形とそのパワースペクトルである。図-3,4を見て解る様に振源距離、貫入深さに関係なくほぼ地盤とコンクリート管は水平及び鉛直方向ともに一体となって振動しており、コンクリート管の自己振動は認められない。これは地盤と構造物の変位波形及びパワースペクトルにおけるピークがほぼ一致していることから言える。

地盤と構造物間の増巾率は、表-1に示す様に支持層付近で両方向とも増巾率が大きくなっている。また絶対変位量も杭先が支持層に達したときの方が大きい場合が多かった。図-7は、コンクリート管までの距離0.4mの杭NO1が打設されたときのコンクリート管のパワースペクトルで、その際の運動軌跡を図-5に示す。また図-8は、それより遠い6.05m点の杭NO5が打設された時のコンクリート管のパ

図-1 土質柱状図

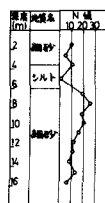


図-2 計測位置図

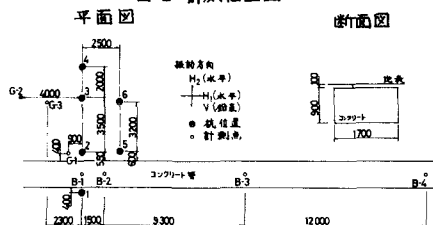
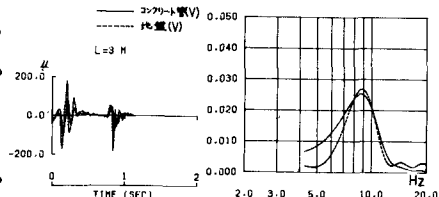


図-3 鉛直方向振動
振源距離 4m 杭先深度 3m



杭先深度 7.5m

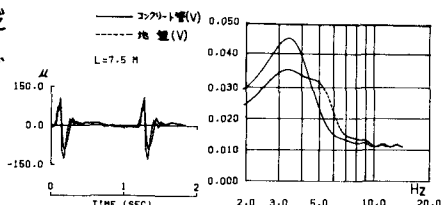
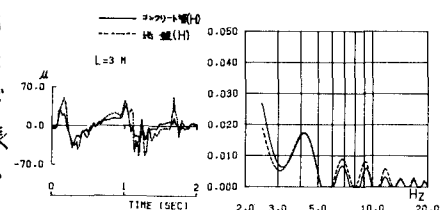
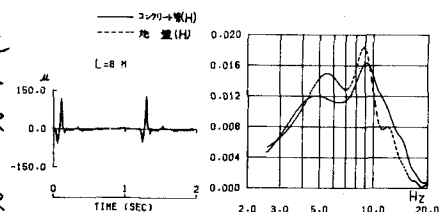


図-4 水平方向振動

振源距離 6m 杭先深度 3m



杭先深度 8m



フースペクトルで、図-6がその際の運動軌跡である。図-7,8を見て解る様に杭貫入が、7,8^m付近になると振源距離に関係なくほぼ同波数成分が一定になっている。また支持層貫入時の4~5Hz付近の同波数が鉛直、水平方向でほぼ一致していること、及び運動軌跡(図-5,6)も考慮に入れるとこれはレーリイ波の成分でないかと推測される。杭からの距離が0.4mでは(図-7)、レーリイ波成分と思われる4~5Hz付近の同波数の他に9,12Hz付近の同波数成分もかなりあるのに対し、杭からの距離6mでは(図-8)、4,5Hz付近の同波数が卓越しているようである。これに対応する運動軌跡は、距離0.4m(図-5)では逆回転を含む複雑な動きをしており、距離6m(図-6)では逆回転運動が顕著に表われている。これらのことからレーリイ波成分としては、4~5Hz付近のものが、また9~12Hzの成分はその他の波動(P,S波など)と思われる、以上から杭近傍においてはレーリイ波、P波、S波などが生じ、杭からある程度は離れた所ではレーリイ波が卓越しているのではないかとと思われる。

図-5

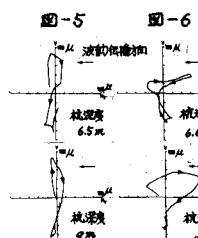


図-6

表-1

杭深	水平方向 D/D'	鉛直方向 D/D'
3m	0.62	0.54
6m	0.69	0.75
8m	0.67	0.73

D: コンクリート管の最大変位振幅
D': 地盤の最大変位振幅

図-7 コンクリート管の振動
振源距離0.4m

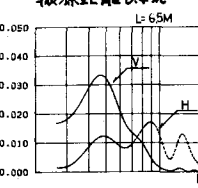


図-8 コンクリート管の振動
振源距離6.05m

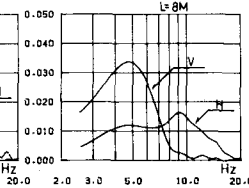
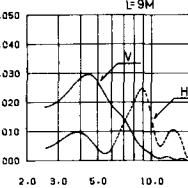
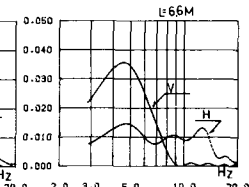
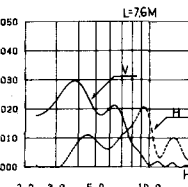
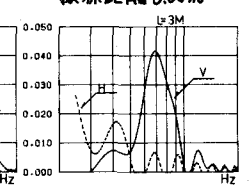


図-9 距離減衰曲線(コンクリート管の振動)

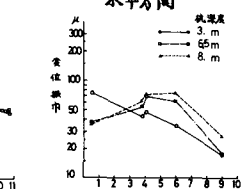
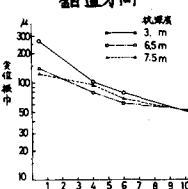


図-9は、コンクリート管に発生する鉛直方向及び水平方向の最大変位を杭貫入量(3, 6.6, 7.5^m)をパラメータにして求めた減衰曲線である。鉛直方向の場合、振源からの距離が増すごとに変位が減衰しており、至近距離では杭先が表層付近を貫入しているときの方が変位は大きい、それ以外ではほぼ同程度の値となっている。これに対して水平方向の場合、支持層付近を貫入するときの変位は、杭近傍では表層貫入時のそれよりも小さいが、距離4m以遠では支持層貫入時の方が大きくなっている。これらの傾向は表層の締り方や支持層の深さなどが大きく影響してくるものと推定される。次に至近距離(0.5m)で杭打ち(杭No.2,5)が行なわれた場合のコンクリート管に発生する応力を同時刻における変形分布から推定した。その結果、水平振動による増加応力は、 $\sigma = \pm 1.5\%$ で、鉛直振動による増加応力は $\sigma = \pm 2.6\%$ であり、杭打ち振動による増加応力は小さかった。しかし構造物の剛性によっては、コンクリートの許容引張応力を越えることも考えられるので注意を要する。なおここでは、杭打設にともなう地盤の水平方向への押圧については考慮に入れていないが、至近距離では押圧による増加応力の方が重要となることも考えられる。

4. まとめ

以上の結果をまとめると次の様になる。(1)地盤とコンクリート管は、ほぼ一体となって振動しコンクリート管の自己振動は認められない。(2)杭近傍の振動は、レーリイ波、P波、S波などが混在し、ある程度(4~6m)振源から離れるとレーリイ波が顕著になる。(3)支持層に杭が貫入すると水平方向の振動は大きくなる傾向がある。(振源より4m以遠にて)(4)至近距離では表層付近を貫入しているときが振りは大きく、ある程度離れると支持層打撃時の方が大きかった。(5)至近距離の杭打ち振動によって発生するコンクリート管の増加応力は、小さいと推定される。ここで得られた結論は、一事例のみの定性的な価値に止まるが、今後の事例の蓄積により一般的な定量的予測検討方法を見出す必要がある。