

Ⅲ-A161

地盤の流動化により基礎構造物に作用する流動圧の遠心振動実験

首都高速道路公社 正会員 小笠原政文
 (株)建設技術研究所 正会員 谷 和弘
 清水建設(株) 正会員 ○佐藤 正義 正会員 宮田 和

1. まえがき

液状化に伴う流動化が矢板護岸近傍における杭基礎の変状のメカニズムを把握することが、基礎の流動化に対する設計を考える上で重要である。ここでは、流動化により基礎構造物に作用する流動圧と基礎変位の関係を把握するため、矢板護岸とその近傍の基礎構造物をモデル化して遠心振動液状化実験を実施した。

2. 遠心振動実験の概要

実験に使用したせん断土槽の内寸法は、長さ80cm(加振方向)、幅47.5cm、深さ31.5cmである。図1に試験体を示す。実物との縮尺比は1/30にした。地層構成は、最上層は非液状化層であり、地下水位以上にするにより不飽和の珪砂8号で作成した。その下層を液状化層として珪砂8号(D_r=50%)で作成した。下層の液状化強度の大きい地盤を豊浦砂(D_r=90%)で作成した。液状化後にも地盤が側方流動によりゆっくりと変形する現象を再現するという観点から、液状化層には実地盤に近い透水係数になるようにできるだけ平均粒径が小さい珪砂8号(D₅₀=0.09mm)を採用した。間隙流体には、水の30倍の粘性を持つシリコンオイルを使用した。

矢板護岸模型は、肉厚3.4mmのアルミニウム板で想定した護岸は自立式の矢板であり、その高さは、実物換算で高さ3.6mになる。矢板護岸の模型は、一枚の矢板幅を1cmに分割し、それをビニールテープで接続し、矢板護岸の頭部にはアルミニウムのコーピングを設置した。

基礎の模型杭は7mm x 10mm(護岸法線方向)の矩形の中実アルミニウム棒である。模型杭を矩形としたのは、杭に作用する流動圧測定用の圧力計を設置するためである。模型杭の曲げ剛性E・Iは相似則によると実物の鋼管杭で直径30cm、厚さ8mmのものに相当する。杭配置は8本(4x2)の群杭で、護岸法線方向のピッチは2.5D(Dは杭外径)である。杭頭はフーチングに剛結し、杭下端は土槽底面に固定している。この実験では、側方流動の影響のみを把握するという観点から、上部構造物の慣性力に影響されないように、模型は上部構造物はモデル化せずフーチングのみとした。

計測計器は、地盤内に加速度計と間隙水圧計を埋設した。フーチングおよび杭には土圧計を設置して、流動圧を測定することを試みた。土圧計の測定結果との対比のため、杭および対策工矢板にはひずみゲージを貼った。矢板護岸頭部および矢板から離れた地盤の水平変位を測定するためレーザー変位計を設置した。加振は、遠心加速度30gにおいて繰り返し回数10回のサイン波を実地盤換算2Hzで行った。目標とした入力加速度は150galであるが、Fig.2に示すように地盤が液状化するとともに加速度が大きくなった。

3. 実験結果

図2にフーチング、護岸から離れた地盤、基盤入力加速度時刻歴を示す。なお、以後に示す図は相似則にそって、対応する実物に換算して示している。杭基礎のフーチング(A-Footing)の加速度応答は、杭を伝って震動が伝達されるため応答しているが、上層の不飽和層の加速度応答(A-G1)は、その下層が液状化したため、地盤の震動が伝達されなくなり、応答がなくなっている。

図3に護岸矢板およびフーチングの水平変位の時刻歴を示す。なお、時刻歴において加振時間は約2～10秒であり、加振中と加振後の変化がわかるように時間軸を対数で表示している。護岸矢板の水平変位(Disp.-1)は、加振後にも液状化による流

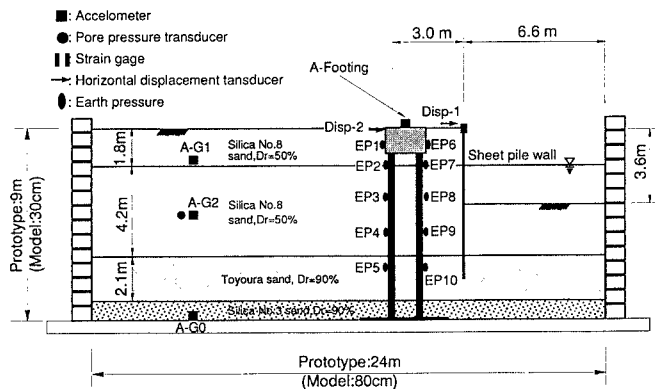


図1 矢板護岸近傍における杭基礎の試験体および計器配置

矢板護岸、杭基礎、液状化、流動化、遠心実験、振動台実験、せん断土槽
 〒135-8530 東京都江東区越中島3-4-17 TEL & FAX 03-3820-5406

動化で変位が発生しており、本実験で地震後にも地盤がゆっくりと流動するという実際の現象を定性的に再現できている。護岸矢板の水平変位(Disp.-1)は、加振中の約2～10秒に約500mm、加振後の10～500秒には約700mmと加振後のほうが大きくなっている。一方、フーチングの水平変位(Disp.-2)は、加振中に約50mm、加振後には約25mmと加振中のほうが大きい。このことは、杭基礎の変形については地震時の地盤変形やフーチング慣性力の影響が大きく、加振後の流動化による地盤変形を考慮するだけでは十分ではない事を示唆している。

図4に杭頭と杭下端の曲げひずみの時刻歴を示す。なお、杭および対策工の曲げひずみが正の場合は、河川側に凸の曲げモーメントが発生している状態である。加振中の1～10秒の振動成分において、杭の曲げひずみは大きく、上部構造物がなくても地盤震動により、杭に大きな曲げひずみが発生している。加振中と加振後の杭頭における曲げひずみ時刻歴の形状は、フーチングの水平変位のものに対応している。

図5に杭基礎作用する流動圧の時刻歴を示す。図に示した圧力は静止状態をゼロとし、地震による土圧と水圧の増加分の測定値であり、背後地盤側と護岸側の差分をとったものである。ただし、土圧の測定は非常に困難であり、差分をとったものであるため、結果の評価はかなり定性的な傾向をとらえたものと考えるべきである。フーチングに作用している非液化化層の流動圧(EP1)-(EP6)は、受働土圧の計算値53kPaよりもかなり小さい値となっている。杭に作用している流動圧(EP2)-(EP7)と(EP3)-(EP8)は、加振中に振動成分が大きい。加振後の100秒以後に増加する傾向をみせているが、フーチングの変位は増加していない。杭下部に作用している流動圧(EP4)-(EP9)と(EP5)-(EP10)において、加振中と加振後の時刻歴の形状がフーチングの水平変位のものに対応しており、加振中に作用した流動圧がフーチングの残留変位である可能性が指摘できる。杭下部に流動圧が作用するのは、この部分まで護岸矢板が根入れされておりこの部分も流動によって変位するためである。

4. まとめ

流動化により基礎構造物に作用する流動圧と基礎変位の関係を把握するため、矢板護岸とその近傍の基礎構造物をモデル化して遠心振動液化実験を実施した。実験により、加振中に作用した杭下部に作用している流動圧がフーチングの残留変位を発生させた原因である可能性が示唆された。

本検討にあたって御指導を頂きました「地盤流動に伴う高架橋への影響に関する調査研究」委員会(委員長 八戸工業大学 塩井幸武教授)の委員の方々および関係者の皆様に深謝の意を表します。

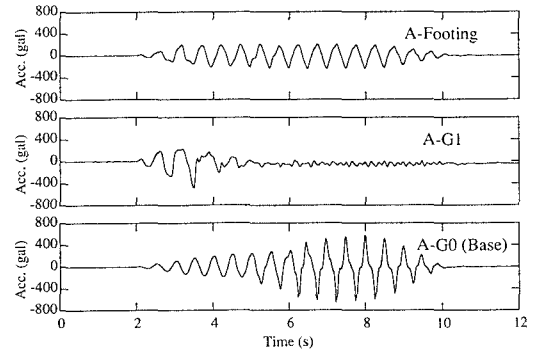


図2 フーチング、地盤、基盤入力の加速度時刻歴

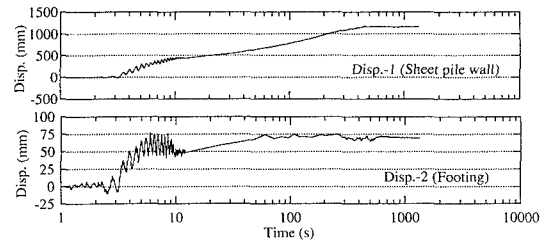


図3 護岸矢板およびフーチングの水平変位の時刻歴

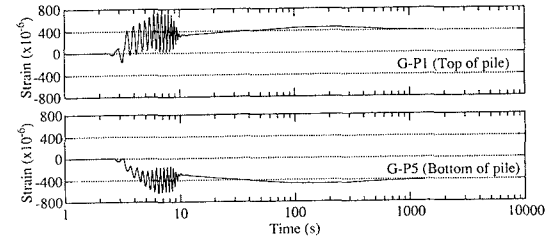


図4 杭頭と杭下端の曲げひずみの時刻歴

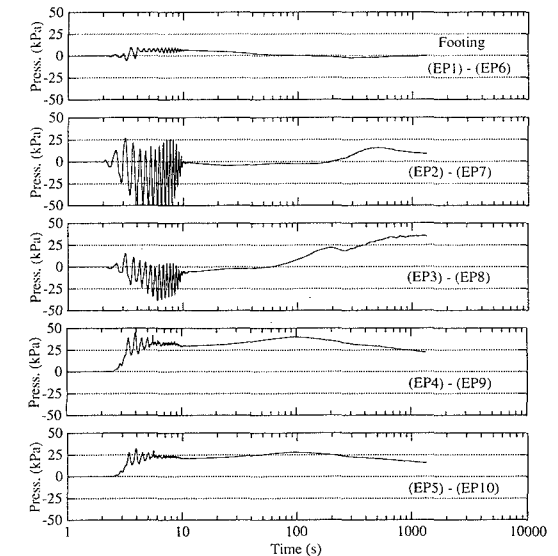


図5 フーチングと杭に作用する流動圧の時刻歴