

砂質地盤の地盤・杭基礎の地震相互作用に関する基礎的研究

環境防災研究室 修士2年 佐々木 彰平

指導教員 大塚 悟

1. はじめに

新潟県長岡市にある大河津分水旧可動堰は施設の老朽化により、新可動堰の建設と共に撤去工事が実施された。この際、旧可動堰底部に連続した空洞が発生していることが確認された。この空洞が生じた原因として、地下水による浸食と液状化による周辺地盤の沈下の2つが挙げられる。液状化によって基礎周辺地盤が沈下すると、たとえ杭基礎が健全であったとしても、堰直下に空洞が生じ、杭が突出した状態となり、水平耐力を損なう可能性がある。既往の研究ではゆるい地盤であれば振動台模型実験でも地震の沈下によって空洞化が発生することが確認できた。

本研究では、大河津分水旧可動堰のような中・大規模構造物が杭基礎で支持される構造物に着目しており、大河津分水旧可動堰での空洞化を例に、空洞化の発生条件を振動台模型実験によって検討する。その中で、砂質地盤の相対密度、杭の有無・杭本数、液状化対策工法による周辺地盤への挙動への影響を比較し、検討した。

2. 実験概要

液状化による堰直下の空洞化の発生条件の検討をするために、砂質地盤の目標相対密度を40%、50%、60%の地盤を作成し実験を実施した。また、液状化対策工法によって周辺地盤におよぼす影響について検討するために支持杭のほか摩擦杭、人工ドレーン材を設置したケースを比較した。詳しい実験ケースは表-1に示す。模型実験では図-1に示すような実験装置を用いて地盤内の過剰間隙水圧、応答加速度を測定した。また、堰の沈下量についても測定した。

3. 実験結果

3.1 過剰間隙水圧

図-2に150gal加振時の杭間での過剰間隙水圧のグラフを示す。CaseAでは杭を設置しているケースでは杭を設置していないケースより過剰間隙水圧を抑制できていることより杭の打設による過剰間隙水圧の上昇の

抑止効果が見られた。また、杭の打設本数による差もあることから杭の打設本数が多いほうが過剰間隙水圧の上昇の抑止効果が見られた。CaseBでは杭の打設効果は

表-1 実験ケース一覧

Case	目標相対密度(%)	杭の本数(本)	入力加速度(gal)	地下水位(mm)
CaseA-1	40	0	60/150/250/600	190
CaseA-2		26		
CaseA-3		52		
CaseB-1	50	0	60/150/250/600	190
CaseB-2		26		
CaseB-3		52		
CaseC-1	60	0	60/150/250/600	190
CaseC-2		26		
CaseC-3		52		

Case	工法	目標相対密度(%)	杭の本数(本)	入力加速度(gal)	地下水位(mm)
CaseD-1	摩擦杭	40	26	60/150/250/600	200
CaseD-2	人工ドレーン材	40	0	60/150/250/600	190

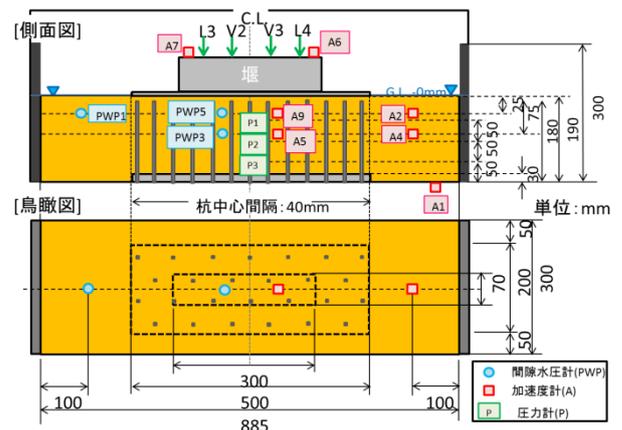


図-1 模型実験装置概略図

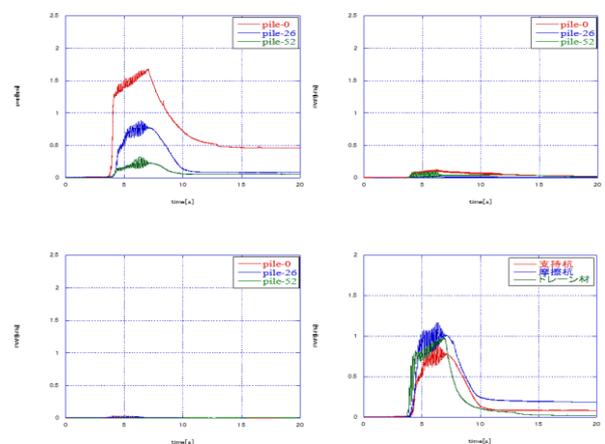


図-2 杭間での過剰間隙水圧

(左上: CaseA 右上: CaseB 左下: CaseC 右下: CaseD)

見られたが杭の本数による打設効果の差がほぼ見られなかった。CaseCでは杭を設置しているケースでは杭を設置していないケースとの差がほぼ見られずどのケースも同じような結果となった。CaseDでは支持杭を設置したケースは他の液状化対策工法に比べて過剰間隙水圧の上昇を抑えることができていた。摩擦杭と人工ドレーン材を設置したケースではほぼ液状化対策効果がみられない結果となった。

3. 2 応答加速度

図-3に杭間での応答加速度倍率と入力地震動の関係を示す。過剰間隙水圧と同様にCaseAでは杭の打設によって応答加速度倍率の減衰を抑えることができた。また杭の本数による差も見られた。CaseBでは過剰間隙水圧では見られた杭の打設効果が見られず、杭を設置しているケースでは杭を設置していないケースとの差が見られなかった。CaseCではほぼCaseBの挙動と類似しており杭の打設効果が見られない結果となった。

このことより応答加速度倍率も過剰間隙水圧と同様に相対密度が高くなることで杭の打設効果が薄れていくことが分かった。CaseDでは、過剰間隙水圧の結果と同様に応答加速度倍率でも支持杭を設置したケースが一番減衰しておらず、最も液状化対策効果がみられた。

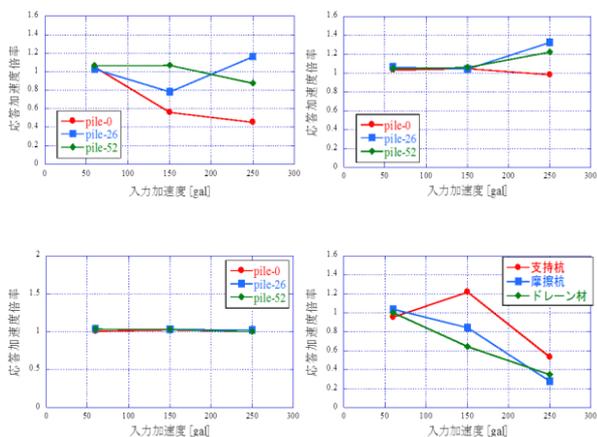


図-3 杭間での応答加速度倍率

(左上: CaseA 右上: CaseB 左下: CaseC 右下: CaseD)

3. 3 堰沈下量

図-4に入力加速度による堰の沈下量のグラフを示す。相対密度がどのケースの時も杭を打設したケースではCaseAでは150Gal, CaseBでは250Gal, CaseCでは600Gal加振時に杭の打設高さまでの沈下を起こした。これは堰が杭の上に接地しているため一定以上の沈下

を起こさない。CaseAでは杭頭までの沈下が発生した時、堰が杭に載っていて地盤と杭の間に写真-1(左)のような空洞化が見られたがCaseBとCaseCでは写真-1(右)のように堰だけが沈下し周辺地盤は沈下しないという現象が見られた。このことより目標相対密度50%以上であれば荷重の載っていない場所は液状化を起こさないのではないかと考える。

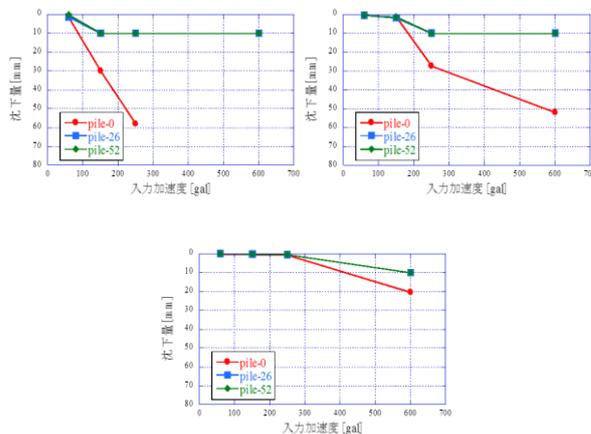


図-3 堰の沈下量

(左上: CaseA 右上: CaseB 下: CaseC)



写真-1 加振後の堰の様子

4. 結論

相対密度が大きくなるにつれて杭の打設効果が薄れていくことが分かった。CaseAでは150Gal加振時に空洞化が確認できた。CaseBとCaseCでは最大加振である600Gal加振時でも堰の沈下は確認できたが周辺地盤が沈下せず、空洞化は見られなかった。

中・大規模構造物がゆるい砂質地盤上に建設された場合、摩擦杭、人工ドレーン材を設置するケースでは液状化対策効果がほぼなく、支持杭を設置したケースが過剰間隙水圧の上昇を抑止でき、応答加速度倍率も減衰しないことから最も効果的な液状化対策工法であると考えられる。

摩擦杭を設置するケースではより密な地盤に設置したり、人工ドレーン材を設置するケースではもっと人工ドレーン材の本数を増やすことで液状化対策効果を発揮するのではないかと考える。