

擁壁背後地盤の液状化による擁壁の破壊モードと破壊外力

広島大学工学部

正会員

佐々木 康

広島大学工学部

学生会員

岡田 拓也

1 研究目的

過去の地震に際し、護岸施設や港湾施設が背後地盤の液状化により被害を受けている。護岸の破壊や移動の原因は、地震動による慣性力と液状化により増大した土圧であると考えられるが、その割合は明らかでない。本研究は、逆T型擁壁の背後地盤が液状化したときの破壊モードを調べ、また液状化により増大した土圧が、擁壁の移動にどのような影響を与えているのかを検討するものである。

2 実験方法

図1の土槽に擁壁とひずみゲージを貼った杭を設置し、擁壁の背後に標準砂を水中落下法によって $Dr=40\%$ となるように緩く堆積させる。そして、ハンマーによって衝撃を与え擁壁背後地盤を液状化させる。そのときの背後地盤の過剰間隙水圧、土槽の加速度、背後地盤に設置した杭のひずみ、擁壁の変位を測定する。実験に用いた3タイプの擁壁 A・B・C とその底面地盤反力を図2に示す。また、背後地盤に設置した杭は、擁壁から 8cm、14cm、20cm のところに3本設置した。それぞれの杭には、等間隔に4枚のひずみゲージを貼りつけた。

実験は、まずBタイプの擁壁を用い、背後地盤に厚さ0.1、0.15、0.25mmの杭を設置してそれぞれ2ケース行った。次にA・B・Cタイプ擁壁を用いてそれぞれ3ケース行った。

なお、擁壁底面とフィルター材との摩擦係数を一面せん断試験により求めると0.4となり、実験に用いた擁壁の滑動に対する安全率 F_s を計算すると、 $F_s=1.75$ となった。

3 擁壁の破壊モード

後述するように、ハンマーを用いて与えた衝撃により、背後地盤はほぼ瞬時に液状化し、これにともない擁壁は前面に滑り出すとともに傾斜する。

擁壁タイプによる水平変位量、傾斜角を図3に示す。なお、傾斜角についてはつま先側に傾く値を正としている。図3より、背後地盤の液状化による擁壁変位モードの内、水平変位については擁壁3タイプともほぼ一定である。傾斜については、擁壁タイプにより差が生じた。傾斜角は、常時の底面地盤反力分布に対応する結果となり、底面地盤反力分布が等分布であるBタイプ擁壁が最も安定である。

4 擁壁変位と背後地盤の間隙水圧

図4に背後地盤内における間隙水圧の鉛直分布の等時曲線を示す。衝撃を与えると同時にほぼ間隙水圧は初期有効上載圧まで達し、すぐにその大きさは小さくなる。しかし、0.5秒後くらいに再度上昇した後、間隙水圧は深いところから消散しているのが分かる。よって、

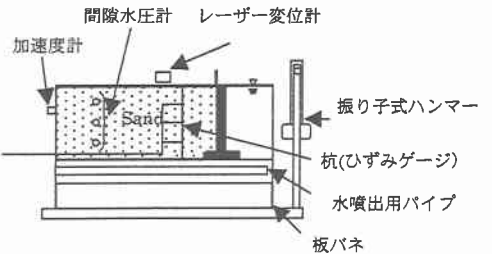


図1 液状化現象再現装置

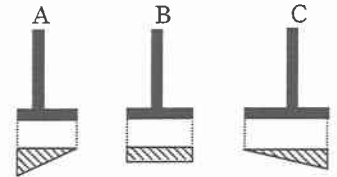


図2 擁壁タイプと底面地盤反力分布

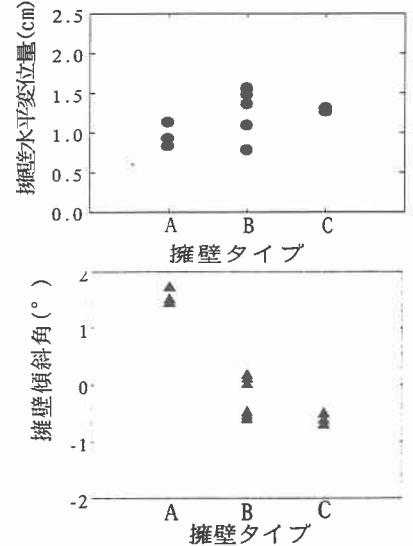


図3 擁壁タイプによる水平変位量、傾斜角

本実験は液状化現象を再現できていると思われる。擁壁の変位は図5に示すとおり加振後1秒ほどでほぼ終わっている。図5と図6に示す擁壁変位の終了する1秒程度までの挙動を拡大してみたのが図7と図8である。擁壁の変位速度の大きい0~0.1秒程度の間に間隙水圧が低下し、速度がやや遅くなる。0.1~0.2秒の間に間隙水圧は回復し、再び変位が進行する間の0.3秒付近で間隙水圧が低下する傾向がある。図5~8より縦軸に最大擁壁変位を1とし、横軸に過剰間隙水圧比が1となる水圧による合力を1として、擁壁の変位と水圧による合力との関係を図9に示す。図中にすべり安全率が1.0となる合力比を合わせて示す。図9より、過剰間隙水圧は擁壁が変位することによって一旦下がり、その後擁壁が止まると再び上昇するものと思われる。そして、擁壁の滑動に対する安全率が1を越えると擁壁は止まる。

この実験では、擁壁に作用する慣性力は $t=0$ における衝撃的なものであり、変位をもたらす破壊外力の大部分は背後地盤に発生した間隙水圧である。しかし、発生した間隙水圧は擁壁変位により低下することが明らかとなった。

5 背後地盤の動きについて

図10に、杭に貼ったひずみゲージのひずみ停止時刻を示す。なお、杭ナンバーは擁壁に近い方からNo1、No2、No3とする。杭の変形は、杭の深い方から止まっていく。これは、間隙水圧が深い方から消散し、有効応力が回復してくることからも説明できる。また、擁壁から遠い方から地盤の動きが停まっていくことが分かる。

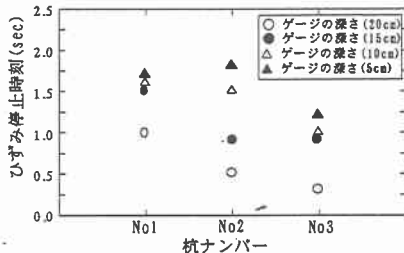


図10 杭ナンバーとひずみ停止時刻

4 結論

(1)背後地盤の液状化による擁壁の破壊モードは、水平変位については擁壁3タイプとも同程度であるが、傾斜については、擁壁タイプにより差が生じた。傾斜角は、常時の底面地盤反力分布に対応する結果となり、底面地盤反力が等分布であるBタイプ擁壁が最も安定である。

(2)本研究では、慣性力は衝撃的なものであり、擁壁変位に及ぼす影響は少なく、擁壁の移動の主原因は、背後地盤の液状化による間隙水圧の増大である。しかし、発生した間隙水圧は擁壁変位のため一度低下する。

(3)背後地盤には、擁壁の変位と間隙水圧の消散に伴って、流動領域が発生していると思われる。

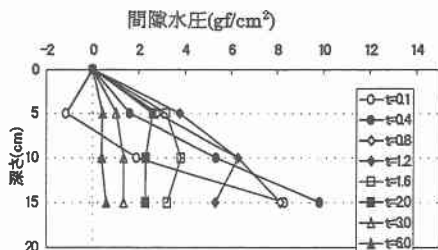


図4 間隙水圧の鉛直分布(ケース No2)

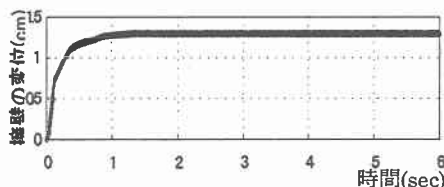


図5 擁壁変位の時刻歴(ケース No2)

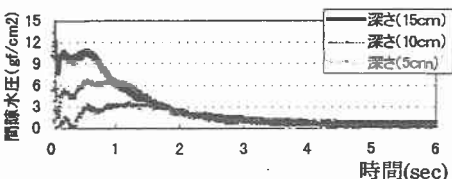


図6 間隙水圧の時刻歴(ケース No2)

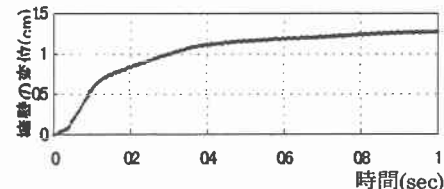


図7 擁壁変位の時刻歴(ケース No2)

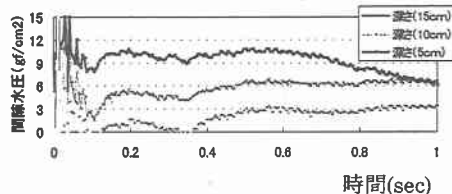
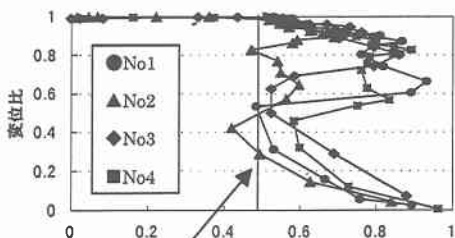


図8 間隙水圧の時刻歴(ケース No2)



すべり安全率1.0の合力比 合力比
図9 合力比と変位比との関係