

せん断変形抑制型液状化対策の評価に関する予備的検討

佐藤工業 正会員 吉田望, 規矩大義

1. はじめに 地中連続壁や格子状地盤改良などのせん断変形抑制型の液状化対策工法は、改良体で囲まれた部分の地盤のせん断変形が小さくなることから液状化発生を抑制するのに効果があることは経験的に知られているが、対策工法としての設計法は確立されていない¹⁾。既往の解析的な事例では FLUSH などの全応力解析でその効果が評価されているようである。しかし、効果のメカニズムに対して不明な点があり、設計法の確率のためにはそれを明らかにすることが重要である。ここではそのための基本的な性質を検討する。

2. 問題とするメカニズム 液状化に関する振動台実験や遠心力載荷実験では、昔は剛体の土層が使われ、最近ではせん断土層も使われるようになってきている。ここで、せん断土層を使った実験では、下方で液状化が発生すると、その層から上に伝播する波動が極端に小さくなるため、上の方では液状化が発生しないという事例が多々見られるのに対し、剛土層の場合には液状化は全層で発生する。つまり、側壁を通じた波動の伝播があり、これが液状化を発生させていると考えられ、側方に剛な壁のあることが、必ずしも液状化発生を抑制しているとはいえないわけである。また、幅が数十 cm 程度の剛土層を用いた振動台実験でも液状化は発生している。このような現象に対し壁と地盤の平均的な剛性でせん断変形を評価すると、小さなせん断ひずみで、液状化が発生しないという結果になり、実現象と評価の間にギャップが生じることもある。

剛な壁が地盤の液状化を促進させる効果がある可能性もある。図-1は壁と隣接する地盤の応力の連続性を模式的に示したものである。一般に壁が地盤に対して剛であれば、そこには大きなせん断応力が作用する。せん断応力は壁と地盤で連続しているの、壁と隣接する地盤でも同じせん断応力が作用する。つまり、壁に大きなせん断応力が作用すると、壁に隣接する地盤は早く液状化すると考えられる。せん断応力が大きいと、当然せん断ひずみも大きくなるが、水平方向のせん断変形は壁で拘束されているので、図-1に示すように地盤では鉛直方向にせん断変形が起き、地盤は上下に振動することになる。このメカニズムは、サンドコンパクションのような地盤改良でも発生する。つまり、地盤内に強い所と弱いところがあった場合、弱いところは強い部分のせん断応力と同じせん断応力を受けるので、液状化しやすくなるわけである。

ここで挙げたようなメカニズムは、FLUSH のような全応力型の解析を行っていたのでは検証が困難である。そこで、有効応力解析によって、このようなメカニズムがどの程度全体挙動に影響を与えるのかを見ようとするのが本研究の目的である。本報では、予備的な検討として、簡単なモデルを用いた解析を行い、上記のメカニズムを表現するためのモデル化の方法について検討する。

3. 対象モデル N 値10程度の地盤を想定し、図-2の様に内法5m 間隔で RC 壁があるモデルを想定する。設定を非常に単純化するために、地下水は地表と一致しているとし、GL-5m までが検討対象層で、すぐ基盤があるとする。

RC 壁は弾性的に挙動し、厚さは30cm とするが、加振方向と平行する壁の効果も考慮し、剛性はコンクリートの100倍とする。また、壁の上部から作用するであろうせん断応力の代わりに単位体積重量を10倍とし、壁のせん断応力が大きくなるようにする。

土の力学モデルは、筆者らの提案する任意の骨格曲線と減衰特性が制御可能なモデル²⁾を単純二次元条件下で Ramberg-Osgood モデルに適用した。ダイレタンシーは福武ら³⁾のモデルを二次元状態に拡張して相当応力-相当ひずみ関係として考慮する。初期応

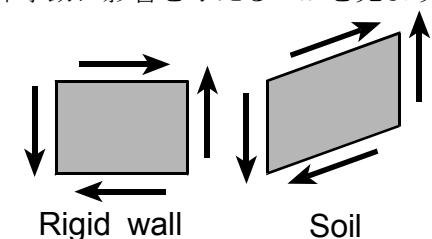


図-1 剛壁に隣接する土要素の挙動

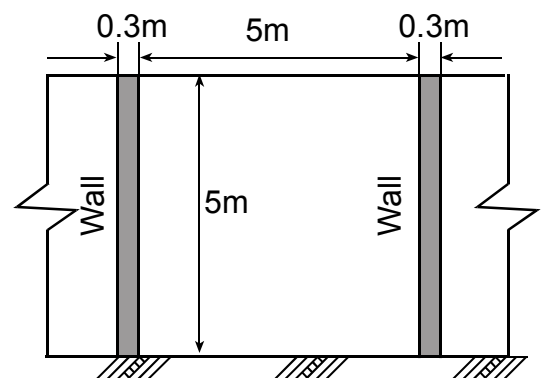


図-2 解析モデル

力状態は等方応力状態としその大きさは水平成層状態の有効上載圧と同じとした。図-3に液状化強度を解析の際得られた応力-ひずみ関係、応力経路の例を示す。

解析では、壁の左端と内部の地盤の右端の変位を拘束し、繰返し境界とした。地震波は、El Centro NS 波の1/2を複合波として作用させた。

4. 解析結果と考察 図-4は地盤のみの1次元解析の過剰間隙水圧時刻歴であるが、地表から順番に第7層までで液状化が発生している。このため、はじめに述べた最初の事項は検証できない。

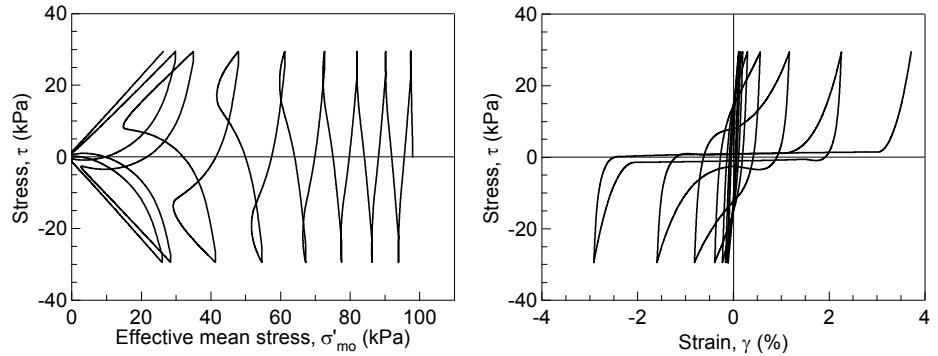


図-3 要素試験の際の応力-ひずみと応力経路の例

図-6に最大変位を一次元解析と比較するが、壁があると水平変位は小さいが鉛直変位がかなり発生し、壁近くでは上下方向のせん断変形が大きく発生していることがわかる。図-7は過剰間隙水圧（初期水圧からのずれ）で、液状化の発生した二つの深さの壁横の要素（Side）と中央部の要素（Center），一次元解析を比較しているが、壁横の要素では振幅が激しく、上下方向の振動が起きているのに対し、中央ではこのような振動はほとんどみられない。また、一次元と比較すると、過剰間隙水圧はほぼ同じかやや少な目であり、中央部では壁の効果は少しはある。図-8は最大および解析終了時の過剰間隙水圧分布であるが、壁の近くでは最大値が大きくなっていること、下方では一次元解析より多くの過剰間隙水圧が発生しているがわかる。

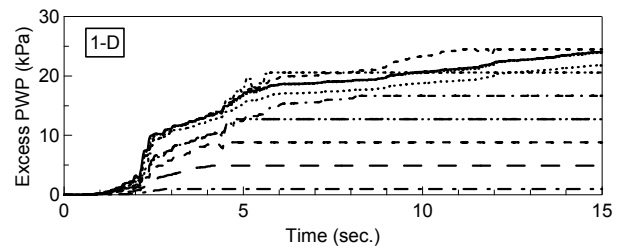


図-4 過剰間隙水圧時刻歴（一次元）

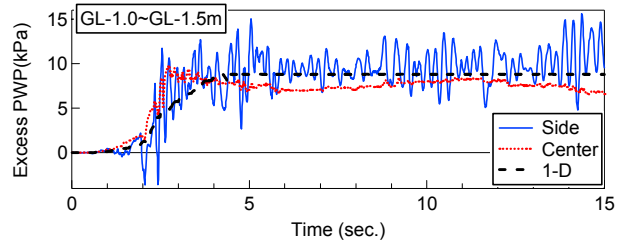
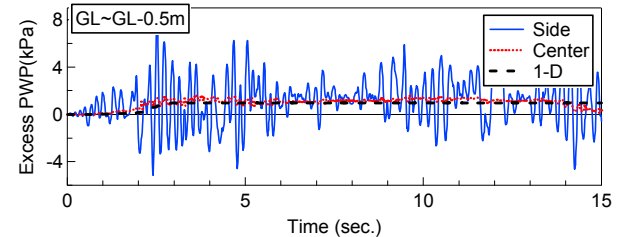


図-6 過剰間隙水圧の比較

これらから、剛性の高い壁の存在が常に液状化の発生を抑制しているわけではないことがわかる。各種の影響については今後詳細に検討したい。

参考文献 1)土質工学会 (1993) : 液状化対策の調査・設計から施工まで 2)吉田ら (1993) : 多次元解析に用いる簡易な構成則, 第28回土質工学研究発表会, pp. 1221-1224 3)福武ら (1993) : ALISSによる解析, 地盤の液状化対策に関するシンポジウム, 土質工学会, pp. 125-134

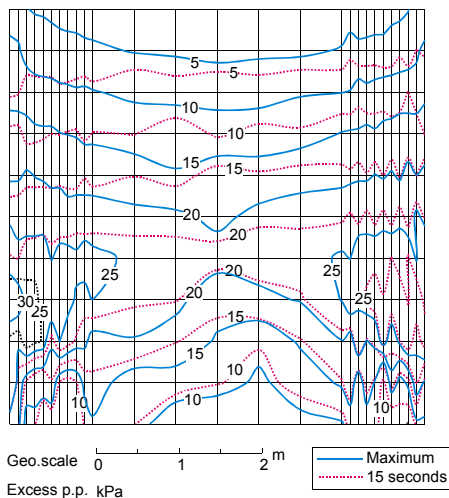


図-5 最大変位分布

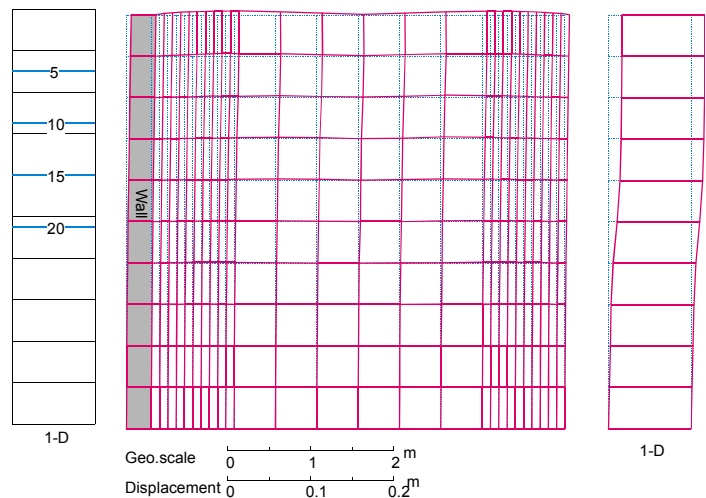


図-7 過剰間隙水圧等高線