

格子状改良による宅地の液状化対策でのせん断応力の扱い

東京電機大学 フェロー会員 ○安田 進
 (株)地盤ソフト工房 正会員 安達健司

1. はじめに

2011年東日本大震災では各地の住宅地において約27000棟に及ぶ戸建て住宅が被害を受け道路やライフラインも甚大な被害を受けたため、復興にあたって市街地液状化対策事業が創設され、被災した都市で道路と宅地一体型の液状化対策を施すことが検討されている。そして、各都市で地盤条件や住宅の配置などの条件を考慮して、地下水位低下と格子状改良工法の適用が検討されてきている。地下水位低下工法に関しては、対策効果や水位低下時の圧密沈下量・排水量などに関し、実証実験が各地で行われ、遠心載荷実験や各種解析も行われて、それをもとに実施に工事も始まっている。一方、格子状改良は遠心載荷実験や解析で効果が検討されているが、解析方法によって効果も異なるような結果も出ている。特に、全応力法による地震応答解析コード FLUSH を用いて解析を行って液状化判定を行う過程で、せん断応力のとり方の違いで結果が異なってくるので留意が必要と思われる、この点に関して検討を行ってみた。

2. 解析方法および解析対象モデル

市街地液状化対策事業で現在検討されている格子状改良は1軒宅地周囲を地中壁で囲む形状であり、平面的みて10m余りの四角形の配置になる。また、地中壁の深度は10m前後といった深さである。このように広い範囲で囲った場合の液状化対策効果を検討する方法として、遠心載荷実験による模型実験や有効応力法による地震応答解析を行うのが望ましいが、全応力法による地震応答解析による効果の評価も行われている。そこで、全応力法による地震応答解析コード FLUSH を用いて対策効果を評価する場合を想定してその場合の留意点に関して解析を行ってみた。

解析対象としたのは浦安市で開かれた検討委員会¹⁾で用いられた2次元断面モデルである。全体で10宅地を線対象な半分の宅地にモデル化し、図1に示すように宅地が5つと左側に道路が1本、そのさらに左に非改良地盤が設定され、それぞれの間に地中壁を設ける設定となっている。地層構成としてはGL0~2mまでは盛土層、GL2m~8mまで浚渫土層、GL8m~12mまで沖積砂層、GL12m~47mまで沖積粘性土層と続き、その下部に洪積砂層(工学的基盤)が想定されている。地下水位はGL-1mである。これらの層の地盤定数も報告書に載せられているので、それをもとに解析用地盤定数を設定した。入力波も同じように東日本大震災の際に夢の島で観測された波を用いた。

3. 解析結果と考察

全応力法による解析で液状化に対する安全率 F_L を求める場合、一般的に $F_L=R/L$ の式を用いる。このうち、 R も L もせん断

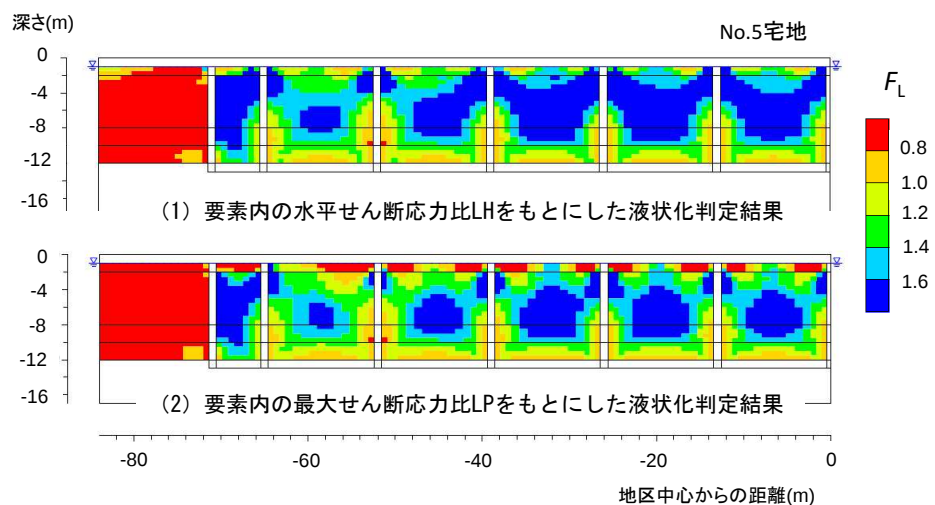


図1 解析モデルと2つの整理方法による解析結果の相違

キーワード 液状化対策, 解析, 砂地盤

連絡先 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 東京電機大学理工学部 TEL 049-296-5599

応力を拘束圧で割った値であるが、設計基準類によって拘束圧として平均有効主応力 σ_m' を用いる場合と有効上載圧 σ_z' を用いる場合がある。その間の補正係数は $\sigma_m' = \sigma_z' \times (1+2K_0)/3$ のため、 $C_1 = (1+2K_0)/3$ を用いている。また、せん断力を正弦波荷重と地震波荷重で表す場合があり、その間の補正係数として道路橋示方書では $C_2 = (1/0.5 \sim 1/0.7)$ 、建築基礎構造設計指針では $\gamma_n = 0.1 \times (M-1)$ を用いており、これらの補正係数を用いる必要がある。浦安市の委員会で解析された時には、建築基礎構造設計指針と同じようには正弦波荷重のせん断力を用い、拘束圧には有効上載圧を σ_z' 用いて、結局 $L = \tau_{xy} \times \gamma_n / \sigma_z' = \tau_{eff} / \sigma_z'$ としてせん断応力比を求めている。これを LH1 としておく。ただし τ_{xy} は要素内水平面でのピーク（継続時間中の最大値）せん断応力である。

さて格子で区切った地盤は、水平地盤と言えども両側に壁があって動きを拘束される。したがって、基盤に水平に地震波を入力した場合に格子内の中央部では水平方向に揺れるのに対し、地中壁の近くでは図2に示すように水平方向の動きを止められて土が乗り上がる動きにならざるを得ない。したがって、壁の近くの表層では水平方向のせん断力は小さく抑えられて、斜めのせん断力が卓越してくる。そこで、有限要素の各メッシュ内で任意の角度に生じる継続時間中の最大のせん断応力を τ_{max} とし、これを平均有効主応力で除したせん断応力比を LP1 としておく。これと LH1 を比較するには LH1 の拘束圧を平均主応力に換算し、LP1 のせん断応力を正弦波荷重に換算しなければならない。そこで、 $LH = (1/C_1) \times LH1$ 、 $LP = \gamma_n \times LP1$ と換算してみる。

このようにして LH と LP を求め、地区内の中心部の No.5 宅地における GL-1.25m での比較をしてみると図3となった。水平せん断力のみを考えた LH では地中壁の近傍で水平方向の動きを拘束されて中心部に比べて小さな値となっているのに対し、最大値をとった LP の方では地中壁の近傍で逆に中心部よりかなり大きな値となっている。なお、最も地中壁に近い要素は解析上格子と接点を同じにしてあるので LP も少し小さくなっているが、実際の地盤では地中壁との境界で鉛直方向にズレが発生してせん断力が少し大きくなるかもしれない。

図1に戻って、(1) は LH によって液状化に対する安全率 F_L を求めた場合で、(2) は LP によるものである。図3のように地中壁近傍だと LH に比べて LP が大きくなるため、 F_L は小さくなり液状化の判定結果も異なってくる。特に表層の方が異なるようである。

なお、本解析は浦安市の報告書を見て条件を決めて解析したが、細かい設定は報告書と少し違ったりしている可能性はあり、解析結果も少し異なっている可能性もあることをお断りしたい。

4. まとめ

格子で囲った地盤に対し、全応力法による地震応答解析を行って液状化判定を行う場合に、地中壁近くでは斜め方向のせん断力が卓越するので、これを考慮した整理をしないと危険側の判断になることに留意が必要である。なお、小さい金魚鉢程度の土槽を揺すっても液状化するのは、このような斜めのせん断力の影響が大きく、例えば、蓋をすると液状化し難くなるのもこの効果と考えられる。

参考文献：

- 1) 浦安市・ベターリビング：平成24年度市街地液状化対策実現可能性検討調査報告書、2012。

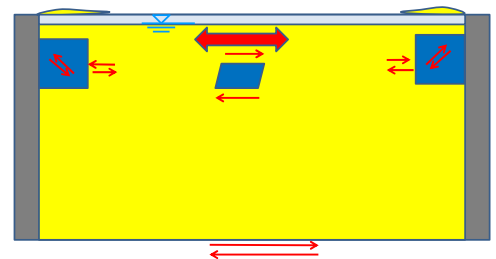


図2 中心部と地中壁近傍の動きの違い

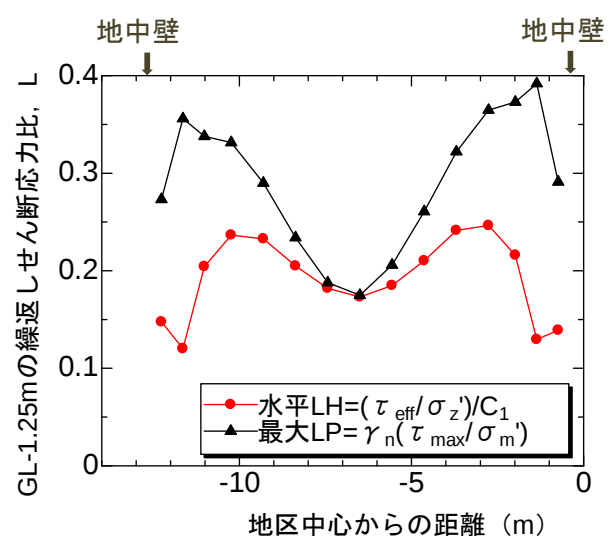


図3 GL-1.25m の水平面におけるせん断応力比の違い