

遮水壁による地中構造物の液状化時浮上がり防止効果の研究（その3） 有効応力解析による遮水壁の耐震性の検証

阪神高速道路公団 工務部 正会員 浜田信彦 小林 寛 吉村敏志
 清水建設 技術研究所 正会員 後藤 茂 福武毅芳 真野英之
 同 上 関西事業本部 正会員 清水文夫 竹東正孝

1. はじめに ここでは(その1)(その2)¹⁾で述べた実構造物と遠心実験の動的解析を行い、本工法の有効性を解析の面から考察する。検討は主に震動中を対象とする。遮水壁は、実構造物ではU形鋼矢板で、遠心実験ではアルミニウム板である。解析手法は2次元FEMによる有効応力解析²⁾である。

2. 解析条件 地盤はR-Oモデルとおわんモデル²⁾を用いたソリッド要素で、遮水壁は梁要素でモデル化した。構成式²⁾のパラメータは、 $G/G_0 \sim \rho, h \sim$ 関係からR-Oモデルのパラメータを設定し、液状化強度からダイレイタンスーモデル(おわんモデル)のパラメータを設定した。解析ケースは、Case- 実構造物, Case- 遠心模型実験(非液状化層厚3.0m), Case- 遠心模型実験(非液状化層厚1.5m), である。地盤と遮水壁は3重節点とし、鉛直方向には自由に滑る条件とした。Case- の地盤条件と解析モデルを図-1に示す。

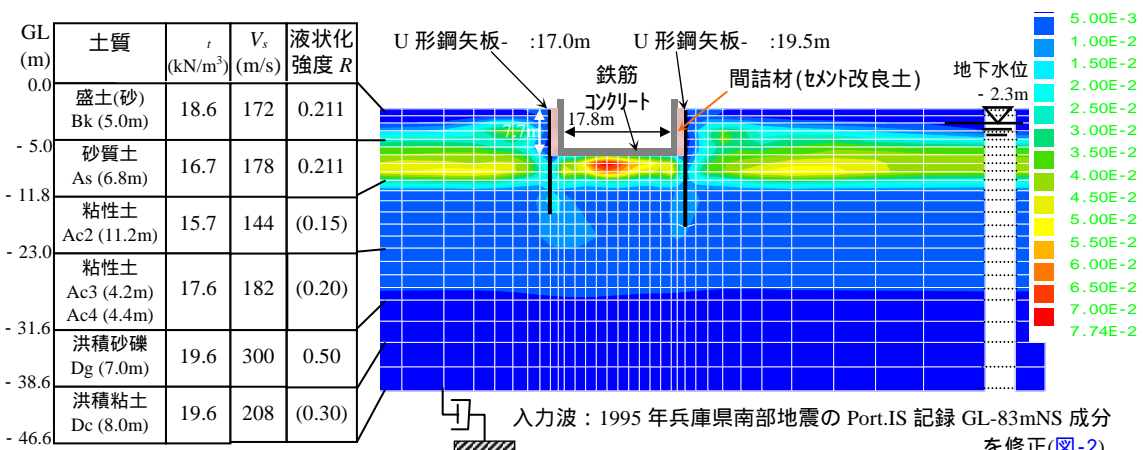


図-1 実構造物の解析条件と最大せん断ひずみ分布 (Case-)

3. 解析結果

3.1 遮水壁と液状化

壁の外側と壁間の地盤(構造物直下)を比べると、同じ深度においても壁間地盤では、以下のような条件の違いがある。

構造物下では初期応力が小さく、構造物からの慣性力の影響を強く受け、液状化しやすくなる[効果]。

壁間地盤は、せん断変形が抑制され液状化しにくくなる[効果]。

3.2 実構造物 Bk層とAs層で過剰間隙水圧が100%に達し液状化に至っている。壁の内側と外側の液状化程度を比べると、[効果]が勝り、矢板間地盤の方が液状化しやすい傾向にある。この傾向は図-1に示す最大せん断ひずみ分布からもうかがえる。

最大変位は、道路底版で22.3cm、矢板頂部で28.3cm、解析底面で8.6cmである。また、U型道路構造物は水平振動に加えややロッキング振動もしており、構造物と周辺地盤ではやや大きな上下動が発生している(道路側壁頂部での鉛直加速度：176Gal)。加振終了時(time=20sec)における変形量は小さい。

図-3に 構造物直下における過剰間隙水圧比を示す。5秒付近(主要動付近)で液状化に至り、サイクリックモビリティが見られる。

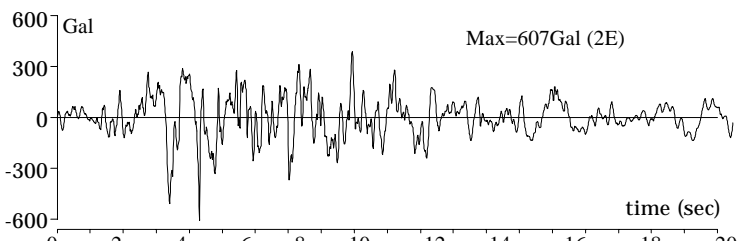


図-2 実構造物モデルに用いた入力加速度 (Port.IS波を修正)

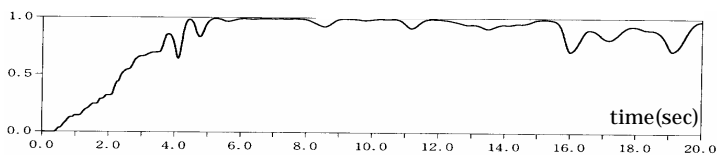


図-3 過剰間隙水圧比時刻歴 (造物直下, GL-8.3)

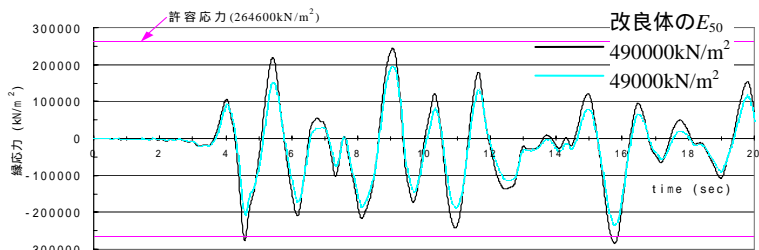


図-4 矢板(FSP-)の道路・地盤境界部(GL-7.7m)の縁応力時刻歴

キーワード 液状化解析, 有効応力, 壁, 動的応答

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 清水建設(株) 後藤 茂 Tel 03-3820-5269

間詰材である改良体の剛性(変形係数 E_{50})が、[a]硬い場合($E_{50}=490000\text{kN/m}^2$)と[b]軟らかい場合($E_{50}=49000\text{kN/m}^2$)を想定した。矢板の最大曲げモーメントの分布は、改良体下端(床版底面位置：GL-7.7m)と液状化層(A_s)・非液状化層(A_{c2})の境界で大きな値を示した。図-4に、改良体下端(GL-7.7m)における矢板 FSP- の縁応力 $b(=M_{max}/Z)$ の時刻歴を示す。改良体の硬い[a]では、GL-7.7mの部分で b が許容応力度 a を若干超えているが、改良体の軟らかい[b]では a 以内に収まっている。よって改良体が硬い場合、改良体下端部で矢板が塑性化する可能性がある。改良体下端部分は柔らかくし、剛性が急変するような施工は避けた方が良い。

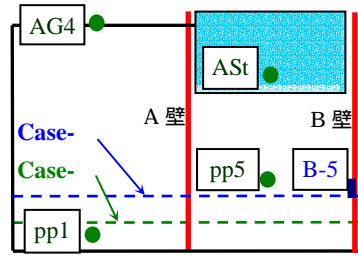


図-5 遠心実験における時刻歴出力箇所

b の最大値の生じた時刻に着目すると、入力加速度が最大となる4.6秒付近と、入力は小さいが完全液状化に至った後の15.8秒付近で大きな値を生じており、[a]の場合ではその2時点で $b > a$ となっている。よって b は、主要動付近と完全に液状化に至った後の2時点でチェックする必要がある。このことから、始めから剛性を小さくした線形解析により液状化の耐震安全性を評価するには限界があるといえよう。

3.3 遠心実験シミュレーション Case- の解析結果ともに液状化層(8号珪砂)は全層液状化に至ったが、非液状化層(3号珪砂)では水圧比は90%程度まで上昇しているものの、液状化には至っていない。壁の内外の液状化程度の差は、前述の[効果]と[効果]の双方が同じ程度影響を及ぼしあって、大差は見られない。

図-6に加速度時刻歴を示す。液状化により地表面(AG4)や構造物(ASt)の加速度は小さくなっており、実験値とも対応している。図-7に過剰間隙水圧比時刻歴を示す。実験値・解析値ともに5秒付近で液状化に至っており、この時刻で加速度振幅が小さくなっている。非液状化層では、実験値・解析値ともに90%程度まで上昇している。上昇速度は液状化層に比べて緩やかであり、サイクリックモビリティが見られる。

以上述べた結果を、Case- (非液状化層3.0m)と比較すると、解析上はあまり顕著な差は無い。

図-8に、Case- におけるB壁の最大応力の生じた部分(液状化層・非液状化層境界部)の曲げモーメント時刻歴を示す。実験では、壁が弓状に永久変形を生じており、値が残留している(-3.0kN・m)が、解析では残留傾向は見られない。

4. おわりに ここでは、遮水壁を用いたU型道路構造物の震動中の耐震性の評価を有効応力解析により示した。また、遠心

実験結果をシミュレーションでできることも示した。これらの結果より本工法の耐震有効性が示された。
参考文献：1) 浜田他：遮水壁による地中構造物の液状化時浮上がり防止効果の研究(その1)(その2),第58回土木学会学術講演会,III,2003
2) 福武：土の多方向繰返しせん断特性を考慮した地盤・構造物系の三次元液状化解析に関する研究,名古屋工業大学博士論文,1997.

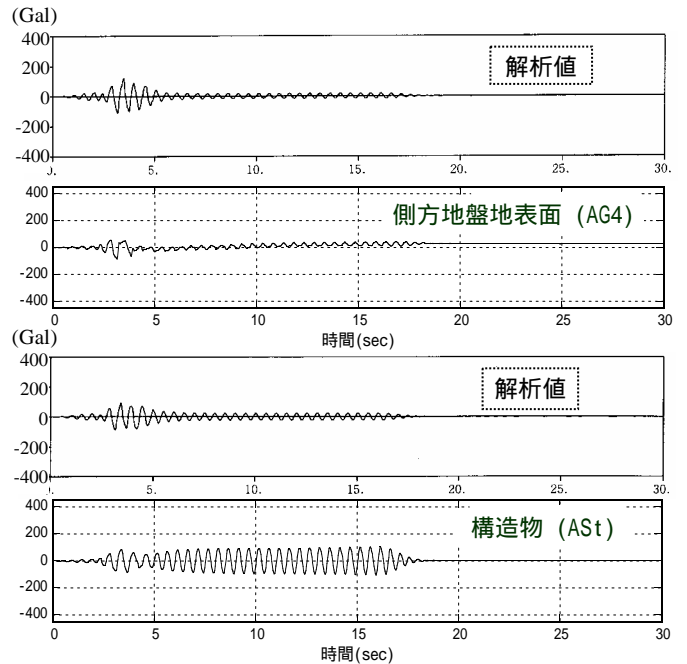


図-6 遠心実験の加速度時刻歴 (Case-)

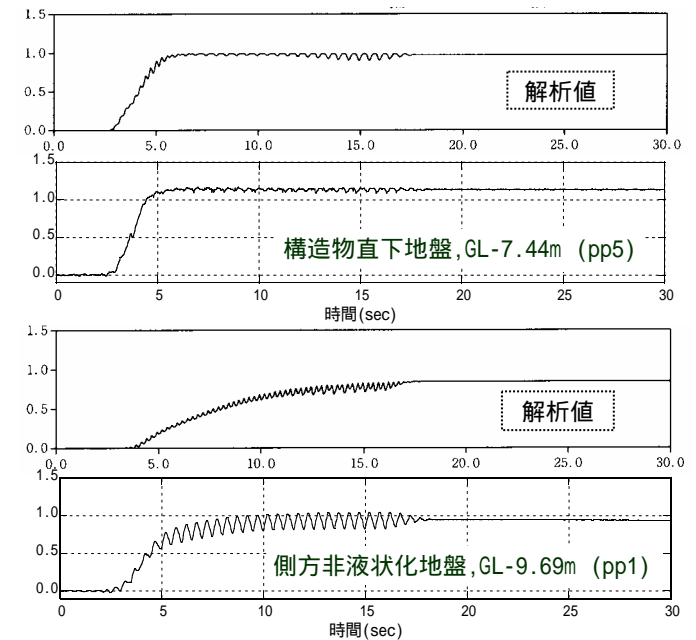


図-7 遠心実験の過剰間隙水圧比時刻歴 (Case-)

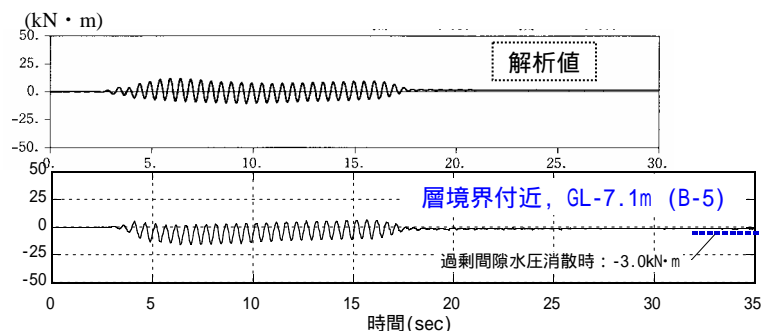


図-8 遠心実験のB壁の曲げモーメント時刻歴 (Case-)