

液状化を生じる緩傾斜護岸の アンカー補強に関する数値解析

早稲田大学 学生会員 ○橋本 真
早稲田大学 フェロー 清宮 理
早稲田大学(パシフィックコンサルタンツ(株)) 正会員 佐藤 成

1.はじめに 護岸構造物は埋立地の軟弱地盤上に設置されることが多く、地震時などは液状化を起こし大きく地盤が移動してしまう可能性がある。この際、護岸の構造物は大きな影響を受ける可能性がある。それを防ぐため、地震時でも護岸の残留変位量を極力小さく抑えられるように対策を講じる必要がある。本研究では緩傾斜護岸を対象に護岸のモデルを作成して斜面安定計算を行い、地震時でも斜面の安全率が確保できるようなグラウンドアンカーの設置モデルを検討するとともに、アンカー無しモデルとアンカー設置モデルとの地震時の水平変位量を比較することを目的としている。

2.解析モデルと条件 解析は2次元有効応力法地震応答解析プログラム FLIP を使用した。

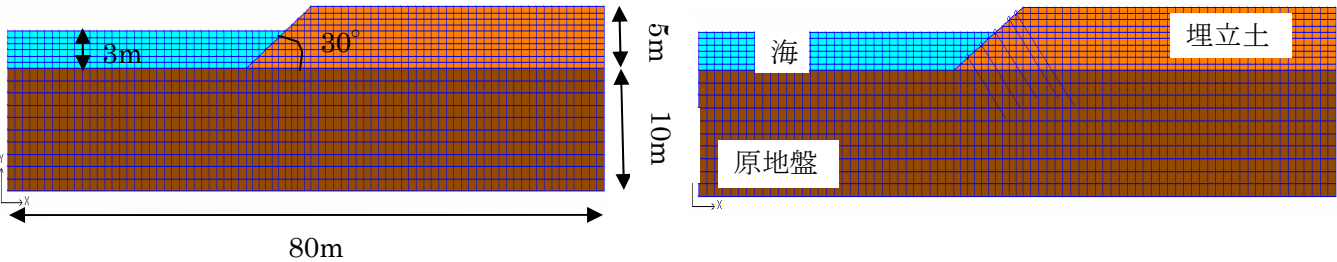


図 1 Case1(アンカーなし)

解析モデルのメッシュ図を図 1、図 2 に示す。モデルは斜面の傾斜角 30°、埋立土の層高が 5m、原地盤の層高が 10m、水深は 3m、地下水位は前面 LWL=0.0m、背面 RWL=0.5m である。分割は埋立土 0.5~0.7m、原地盤 1.0m を目安とした。また、埋立土は液状化層、原地盤は非液状化層に設定した。入力地震動はポートアイランド観測波形(1995 兵庫県南部地震-32m)の NS 成分と鉛直成分の同時加振とした。表 1 に解析パラメータ、図 3 に入力地震動の加速度波形を示す。図 1 のモデルで斜面安定解析を行ったところ、常時の安全率 Fs が 0.723 であった。そこで設計安全率を常時 1.2、地震時 1.0 にするためにアンカーを配置したのが図 2 である。アンカーは 5 段で 2m ピッチに設置し、角度 45 度の角度で原地盤に定着させた。表 2 にアンカーの物性値を示す。

図 2 Case2(アンカーあり)

表 1 地震応答解析パラメータ

名称	単位体積重量(湿) γ_t (kN/m^3)	有効単位体積重 γ'_t (kN/m^3)	N 値 N	有効上載圧 $\sigma'_{v'}$ (kN/m^2)	細粒分含有率 F_c (%)	初期せん断波速度 V_s (m/s)	基準となる平均有効 σ'_{v0} (kN/m^2)	基準となる初期せん断 G_{s0} (kN/m^2)	基準となる初期体積剛 K_{s0} (kN/m^2)	粘着力 C (kN/m^2)	内部摩擦角 ϕ (度)	パラメータ mG、mK	ポアソン比 ν	間隙率 n	最大減衰 hmax
埋立土	18.0	18.0	5.0	65.0	—	174.4	98.0	55852	145653	0.0	38.49	0.500	0.330	0.450	0.240
埋立土(液状化層)	20.0	10.0	5.0	65.0	0.0	165.4	98.0	55852	145653	0.0	38.49	0.500	0.330	0.450	0.240
原地盤	20.0	10.0	25.0	65.0	—	272.8	98.0	151847	395993	0.0	42.08	0.500	0.330	0.450	0.240

名称	液状化パラメータ					
	PHIP	S1	W1	P1	P2	C1
埋立土(液状化層)	28.000	0.005	1.194	0.500	1.113	1.609

表 2 アンカー物性値

アンカー傾角 度	45
削孔径 mm	135
極限周面摩擦 τ N/mm^2	3
引張鋼材	PC鋼より線12.7φ
引張荷重 kN	183
降伏荷重 kN	156
付着応力度 τ cN/mm^2	1.8
採用鋼線数 本	4
採用定着長 m	3

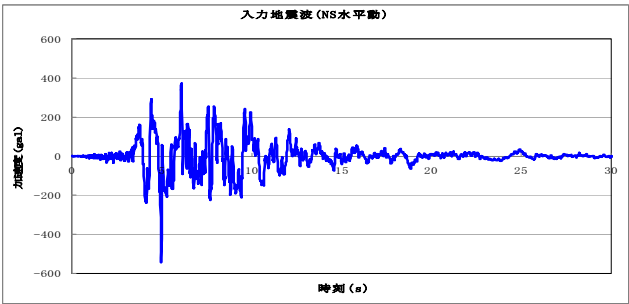


図 3 入力地震動

3. 検討項目 以下の項目を検討する. ①アンカーなしとアンカーありで地震応答解析を行い, 法肩の最大変位, 残留変位を比較する. ②アンカーモデルのアンカーの軸力と法肩の時刻歴, 過剰間隙水圧の時刻歴を比較しアンカーが正常に作動しているか確認する.

4. 計算結果 各モデルの残留変形図を図4, 図5に, 傾斜護岸の法肩の水平最大変位, 水平残留変位の比較図を図6に, アンカーありのモデルの過剰間隙水圧比の分布図を図7に示す.

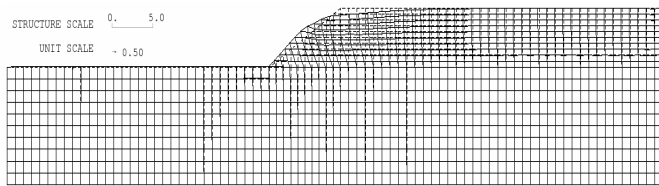


図4 残留変形図(Case1)

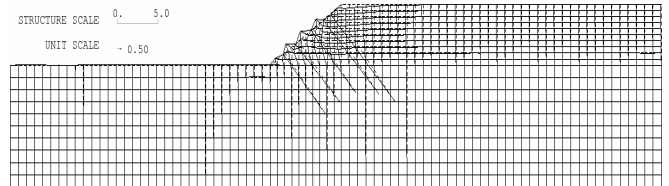


図5 残留変形図(Case2)

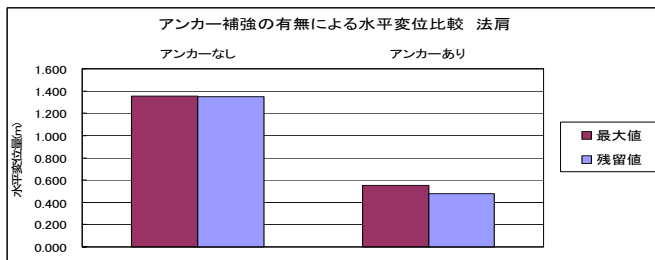


図6 アンカーの有無による法肩の水平変位の比較

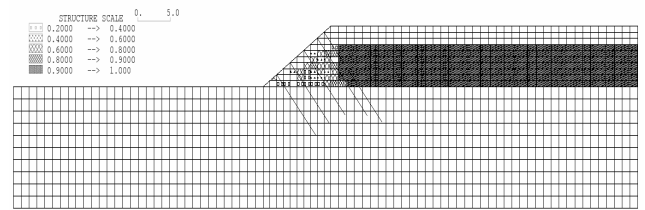


図7 過剰間隙水圧比 分布図

水平変位量を比較すると Case1(アンカーなし)の水平残留変位, 水平最大変位量とともに 1.3m であった. それに対し, Case2(アンカーあり)の水平残留変位は 0.4m, 水平最大変位は 0.5m であった. 鉛直変位を比較すると Case1 の鉛直残留変位, 鉛直最大変位ともに 0.6m であり, Case2 の鉛直残留変位, 鉛直最大変位もともに 0.3m であった. このことからアンカーをつけたことによって変位が大幅に抑えられていることが確認された.

図7に示すように過剰間隙水圧比をみると, 埋立土が液状化していることがわかる.(黒い部分が過剰間隙水圧比=1である). ここで図8に Case2の法肩の水平変位時刻歴, 図9にアンカーの軸力の時刻歴, 図10に過剰間隙水圧比の時刻歴を示す. 4sec付近で埋立土の過剰間隙水圧比が 1.0 近くまで上昇するのに呼応して法肩の変位が発生し, アンカーの軸力が急激に大きくなっていることから, アンカーによって変位を抑制する効果が発揮されていることが確認できる.

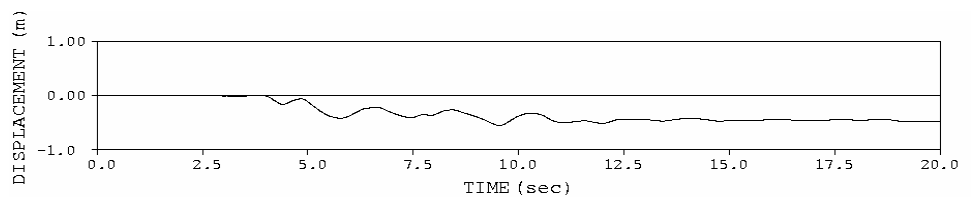


図8 Case2 法肩 水平変位時刻歴

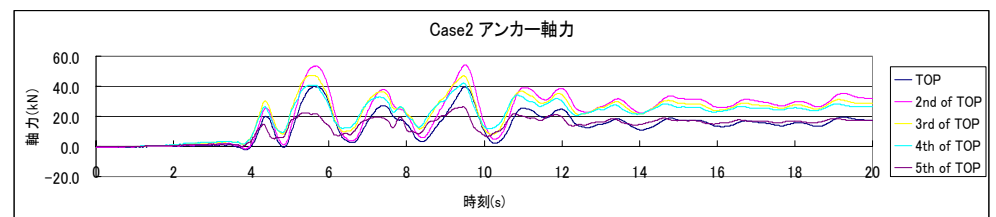


図9 アンカー軸力 時刻歴

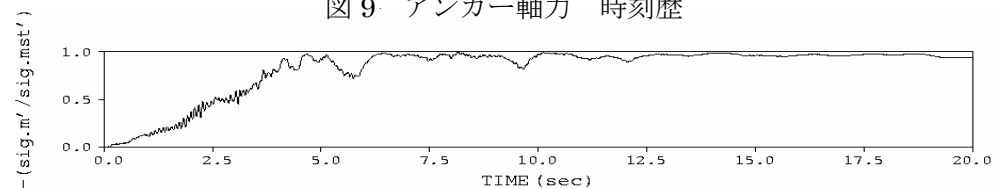


図10 過剰間隙水圧比 時刻歴

6. まとめ 法肩の変位量の比較から, アンカーを配置することで変位が大きく抑えられることが確認できた. またアンカーの軸力の時刻歴から, アンカーが正常に機能していることも確認できた. 以上より, 液状化を生じる斜面でも十分な耐震補強効果が期待できることが明らかとなった. 今後はアンカーの物性値, 斜面の地盤条件などを変化させて適用性を確認していく予定である.

参考文献 1) 日本港湾協会 「港湾の施設の技術上の基準・同解説(下巻)」 pp. 666-671、2007
2) 地盤工学会 「グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説」