

液状化に伴う地盤の流動量の簡易評価に関する検討

飛島建設技術研究所	正会員	三輪 滋
飛島建設土木事業本部設計部	正会員	寺澤正人
飛島建設技術研究所	正会員	池田隆明

1. 目的

液状化に伴う地盤の流動を簡易に評価する一手法として、液状化した地盤の剛性を考慮した静的 FEM による自重解析法がある。これまでの検討^{1),2)}で、地盤の流動量の評価には、液状化後の液状化層のせん断剛性が非常に重要であることに加え、液状化層の上の非液状化層のせん断剛性の大きさによって、岸壁・護岸からの距離による変位の減少のしかたが変わることなどがわかっている。液状化層上の非液状化層は、地震動により非線形挙動を示す上に、岸壁・護岸近傍では液状化層の大きな変形の影響で亀裂が入ったりするため、残留変位を評価する場合、それらを含んだせん断剛性として評価することから、かなり大きな低下も考えられる。また、岸壁・護岸近傍と遠方では剛性の違いがあることが考えられる。ここではそのせん断剛性の違いを考慮した解析を実施し、被害事例との比較を行うことで、簡易な評価法の適用性向上の検討を行った。

2. 検討対象の地盤

検討対象は 1995 年兵庫県南部地震で被災した神戸市東灘区の二つの岸壁・護岸である^{3),4),5)}。それぞれを地盤 A³⁾, B^{4),5)} とする。被災の概要などは、それぞれの参考文献に詳しい。図-1 に解析モデルの一例を示す。表-1 に示すように、それぞれ液状化に関する検討結果をもとにして、液状化時の地盤物性値を与える。液状層のせん断剛性は、等価線形解析結果による液状化判定で F_L を求め、 F_L と剛性低下率の関係から、地盤 A で約 1/500、地盤 B で 1/1000 とした^{3),6)}。表層の非液状化層については、その変形特性を双曲線モデルでモデル化した非線形特性を与え、液状化層の変形による影響で場所によりせん断剛性が変わるように自重解析を行った。これを非液状化層のせん断剛性が一樣な場合と比較した。解析ケースを表-2 に示す。以下では、解析結果の評価は、それぞれのケースについて護岸からの距離と地表面の水平変位の関係に注目して検討する。

3. 表層の非液状化層の影響

図-2 に表層の非液状化層のせん断剛性を一樣とし場合で、その違いによる地表面変位の分布を示す。液状化層のせん断剛性は同じである。非液状化層のせん断剛性が大きい場合には、液状化層の変形を抑えるため、護岸近傍の変位は小さくなるが、背後地盤での変位は遠方までおよび、変位の距離による減衰が小さいことがわかる。調査結果は、地盤 A, B で護岸付近の絶対的な変位量と護岸から遠方での変位の減衰に違いがあるが、護岸から 100m 以内で大きく減衰する傾向は同様である。調査結果と比較的よく対応するのは、変位が護岸の遠方までおよぶ地盤 A では初期剛性の 1/3 程度、変位が岸壁から 100m 以内でほぼ収束する地盤 B では初期剛性の 1/100 程度の場合と見られる。液状化層のせん断剛性に対して、それぞれ 100 倍程度、10 倍程度と違いがあるが、いずれの場合も一樣な剛性では護岸近傍から遠方まで全体的に見ると、必ずしも一致しない。

非液状化層のせん断剛性の剛性低下の程度が位置によって変わることを考慮して、非線形性を与えた検討を行った。図-3 に地表面の変位分布を調査結果とあわせて示す。表層の非液状化層を均一なせん断剛性とし液状化層のそれぞれ 10 倍、100 倍とした場合の中間的な結果が得られた。変位の絶対量などでは違いがあるものの、護岸付近での減衰と遠方背後地盤への影響という点で、均一とした場合よりもよく表現できる可能性を示している。ただし、液状化層が流体的な挙動をした場合には、非液状化層との間には摩擦の小さい状態が存在することが考えられ、この方法では液状化層と非液状化層の間の節点は共有されていることから、液状化層の変形が非液状化層に及ぼす影響が大きく評価される可能性がある。以上、課題はあるものの、液状化層のせん断剛性を F_L により求め、表層非液状化層に非線形性を考慮することで、地盤の流動変位分布を表すことができる可能性を示した。

キーワード 液状化, 地盤の流動, 非液状化層

連絡先 〒270-0222 千葉県東葛飾郡関宿町木間が瀬 5472 飛島建設技術研究所 TEL 04-7198-7553

4. 結論

液状化に伴う地盤の流動量について特に表層の非液状化層のせん断剛性に着目して検討した。

1) 護岸近傍での変位は液状化層のせん断剛性だけでなく,表層の非液状化層のせん断剛性にも影響を受ける。また,背後地盤への影響は,液状化時における表層の非液状化層のせん断剛性が小さいほど背後地盤の変位が近くで収束し,大きいほど変位が遠方までおよぶ。

2) 液状化層のせん断剛性を F_L の基づいて設定し,表層地盤の非液状化層のせん断剛性に非線形性を考慮した解析により,表層を均一な剛性とする場合よりも,被害調査事例を説明できる可能性を示した。

今後より簡単に表層地盤のせん断剛性を護岸からの距離で分類するような方法も検討する予定である。

参考文献

- 1)三輪滋ほか:液状化による地盤の流動の簡易解析法に及ぼす影響要因の検討,第26回日本地震工学研究発表会,2001.7.
- 2)三輪滋ほか:液状化による地盤の流動に及ぼす影響要因,第1回日本地震工学研究発表・討論会,2001.11.
- 3)東拓生ほか:地盤の流動が橋梁基礎に及ぼす影響の解析的検討,土木技術資料,第43巻,2号,pp.52-57,2001.2.
- 4)大岡弘ほか:孔中内視カメラと弾性波非破壊試験を併用した建物基礎の震害調査,土と基礎,Vol.44, No.3, pp.28-30, 1996.3.
- 5)時松孝次ほか:兵庫県南部地震の側方流動による杭の破壊・変形モード,日本建築学会構造系論文集,第495号, pp.95-100, 1997.5.
- 6)安田進ほか:液状化に伴う流動の簡易評価法,土木学会論文集, No.638/III-49, pp.71-89, 1999.12.

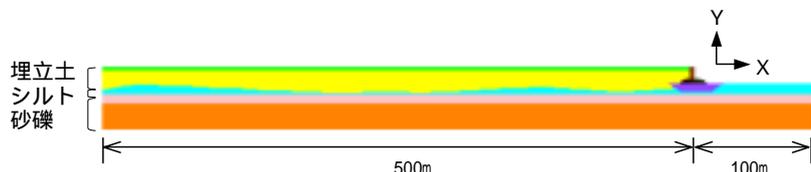


図-1 解析モデル

表-1 液状化後の地盤物性

地盤 A		おおよその深さ D (G.L.-m)	液状化抵抗率 F_L	初期せん断剛性 G_0 (kN/m ²)	せん断剛性低下率 G_0/G_N	ポアソン比	有効単位体積重量 (kN/m ³)
埋土層	地下水位上	0-2.6	-	10368	1/5	0.330	-
埋土層	粘土層上	2.6-18.6	0.79	8960	1/448	0.499	-
地下水位下	置換部上	2.6-10.2	0.84	8976	1/374	0.499	-
置換部	背後側	10.2-17.7	0.97	9177	1/133	0.499	-
	海側	10.2-17.7	0.63	9024	1/752	0.499	-
粘性土層	背後側	18.6-23.6	-	828	-	0.450	5.6
	海側	10.2-23.6	-	3207	-	0.450	5.6
砂礫層 1	背後側	23.6-31.2	-	7331	-	0.330	7.6
	護岸直下	23.6-31.2	-	9774	-	0.330	7.6
	海側	23.6-31.2	-	3008	-	0.330	7.6
砂礫層 2	背後側	31.2-50.0	-	16541	-	0.330	7.6
	海側	31.2-50.0	-	9398	-	0.330	7.6
マウンド部	背後側	6.2-10.2	-	1053	-	0.330	7.6
	護岸直下	6.2-10.2	-	1053	-	0.330	7.6
	海側	6.2-10.2	-	182	-	0.330	7.6
護岸構造物	地下水位上	0-2.6	-	1×10^6	-	0.167	21.6
	地下水位下	2.6-6.2	-	1×10^6	-	0.167	11.5

地盤 B	深さ D (G.L.-m)	液状化抵抗率 F_L	初期せん断剛性 G_0 (kN/m ²)	せん断剛性低下率 G_0/G_N	ポアソン比	有効単位体積重量 (kN/m ³)
埋立土	0-2	-	28125	1/10	0.333	7.8
埋立土	2-5	0.67	28125	1/1000	0.499	7.8
埋立土	5-8.5	0.67	52020	1/1000	0.499	7.8
砂	8.5-10.2	0.90	72000	1/250	0.499	7.8
砂	10.2-11.9	0.90	112500	1/250	0.499	7.8
砂質シルト	11.9-16.3	-	24480	1/10	0.499	6.9
礫質砂	16.3-19.8	-	182590	1/2	0.499	8.8
礫質砂	19.8-30.5	-	220500	1/2	0.499	7.8

表-2 検討ケース(液状化層のせん断剛性に対する非液状化層のそのの倍率)

地盤 A	護岸からの距離(m)			地盤 B	護岸からの距離(m)		
	~20	20-50	50~		~20	20-50	50~
CASE A2-1	100	100	100	CASE B2-1	100	100	100
CASE A2-2	10	10	10	CASE B2-2	10	10	10
CASE A2-3	10	20	100	CASE B2-3	10	20	100
CASE A2-4	非線形			CASE B2-4	非線形		

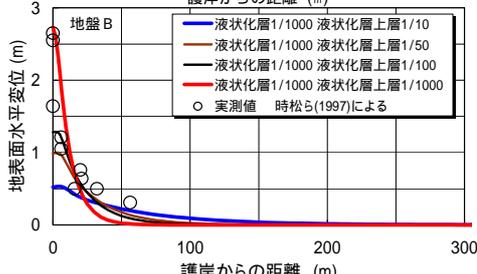
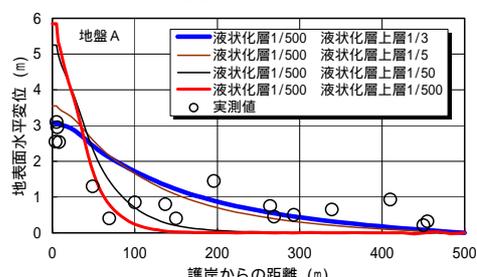


図-2 非液状化層のせん断剛性を一様とした場合の地表面変位分布

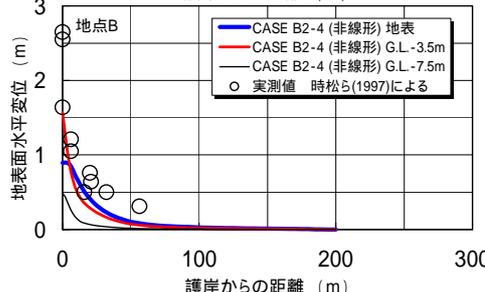
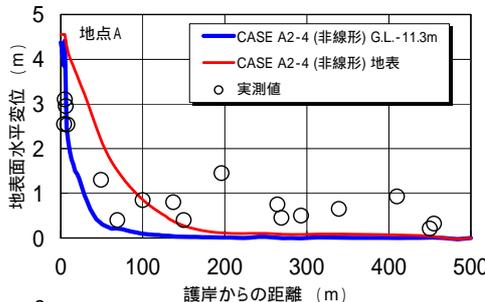


図-3 非液状化層に非線形性を考慮した場合の変位分布