200年間の履歴を考慮した埋立地盤のモデル化と地震応答解析

名古屋大学 正会員 山田英司,野田利弘,中野正樹,浅岡顕

1 はじめに

本報では,名古屋港内の埋立地盤に着目し,骨格構造(構造・過圧密・異方性)の変化を記述できる SYS Cam-clay model¹⁾を搭載した動的 / 静的水 ~ 土連成有限変形解析プログラム GEOASIA²⁾を用いて, 江戸時代 中の干拓から始まる 200 年におよぶ履歴を考慮して埋立地盤の造成過程を再現し,今後 30 年間に発生する確率が 高いと言われている東南海・東海連動型地震に対する埋立地盤の地震中・地震後の変形挙動を調べた.なお,解 析は2次元平面ひずみ条件で行った.

2 解析条件

埋立地盤の領域は 1,000m で,海側に 500m,陸側に 500m の領域を加えた合計 2,000m を解析領域とする. 深度方向に は,上から埋立砂層(Bs,層厚2m),沖積砂層(As,層厚 9m),洪積砂層(Ds,層厚10m),洪積粘土層(Dc層,層厚 20m), 砂礫層の順に堆積している. Bs 層~Dc 層を解析対象 とする.工学的基盤を標高 -40m 以深の砂礫層とし,粘性境 界($V_s=300$ m/s)を設定した.また,地盤両側端要素には側 方境界要素単純せん断変形境界³⁾を設定した.

対象領域で過去に実施された地盤調査から得られている地 盤データは N 値と柱状図のみで,力学試験は実施されていな い.対象埋立地盤の砂および粘土は,力学試験が実施されて いる近隣地区の砂および粘土 4) とほぼ同じ物理特性を示して いることから,同じ材料と判断した.また,Bs層,As層,Ds 層のいずれの砂もほぼ同じ物理特性を示している.表-1 に解 析に用いた砂および粘土の材料定数を示す、地盤の初期状態 は N 値を参考に推定した.

図-1 に,工学的基盤面に入力した想定東南海・東海連動型 地震の加速度時刻歴(最大加速度 259gal, 継続時間 120 秒)を 示す.解析対象とした地域は,1944年の東南海地震を経験し ているが,図-1の45秒までの加速度時刻歴を与えることで 1944 年の東南海地震を模擬した.

表-1 解析に用いた材料定数

砂	粘土	
0.05	0.18	
0.0002	0.019	
1.1	1.6	
1.989	2.22	
0.3	0.3	
0.12	3.0	
5.0	0.3	
1.0	1.1	
1.0	1.0	
1.0	0.4	
3.0	0.001	
0.9	1.0	
4.0×10^{-3}	1.0×10^{-7}	
2.68	2.71	
	max.259gal	
100		
ime (s)	150	
	$ \begin{array}{c} \hline \hline \hline \hline \hline \hline \hline \hline \hline \hline \hline \hline \hline \hline \hline $	



江戸時代中の1800年ごろに行われた干拓工事の再現から計算を開始し,埋立地盤は1896年からの履歴を考慮 して,弾塑性有限要素メッシュを追加していく⁵⁾ことで埋立地盤の造成を再現した.また護岸は,1相系弾性体 でモデル化し,実際の護岸を考慮して等価な剛性,密度になるように設定した.

3 解析結果

|図-2 と図-3 は, 平均有効応力分布と比体積変化分布の経時変化を示す. 地震中, 砂層では平均有効応力が減 少し,広い範囲で液状化を示し,地震後に沖積砂層,洪積砂層,洪積粘土層が圧縮していることが分かる.

図-4(1) に埋立地盤中央部での沈下量~時間関係を示す.地震中に洪積粘土層 (Dc) が数 cm 沈下し,地震後に 液状化した砂層が数時間にわたって沈下している.さらに地震後1日程度から約2年程度,粘土層が沈下してい る.図−4(2)は1944年の東南海地震を模擬した地震動による沈下量~時間関係を示す.(1)と(2)の比較から,

キーワード:埋立地盤,地震応答,弾塑性,水~土連成計算,有限要素法 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 TEL 052-789-5203 継続時間が長く地震外力が大きい連動型地震動では,洪積砂層も液状化後の沈下を示していることが分かる.また,地表面は約50cm程度の沈下を示す.

図-5 はセル式護岸の変位を示す.図より水平方向海側に 3m 程度移動し,天端は 60cm 程度沈下する.兵庫県 南部地震では,護岸の形式が異なるがケーソン式の護岸が 5m 程度,最大で 7m ほど変位したことが報告されて いることから,この程度の変位が生じる可能性はある.



4 おわりに

江戸時代から現在までの埋立地盤造成の履歴と,過去に発生した地震の履歴を考慮した埋立地盤の造成過程と, 想定東南海・東海連動型地震が発生した際の地震中・地震後の地盤変形を同一の解析プログラム GEOASIA を用 いて調べた.その結果,想定される連動型地震では N 値が比較的大きい洪積砂層でも液状化し,その後に沈下す る可能性があること,粘土層は遅れて沈下すること,護岸が水平方向に約 3m 変位する可能性があること,など が分かった.

参考文献 1) Asaoka et al. (2002): An elasto-plastic description …, S & F, **42**(5), pp.47-57. 2) Noda et al. (2008): Soil-water coupled finite deformation analysis …, S & F, **48**(6), pp.771–790. 3) 吉見吉昭・福武毅芳 (2005): 地盤液 状化の物理と評価・対策技術, 技報堂出版. 4) 中井ら (2009): 護岸を有する埋立人工地盤の…, 第 44 回地盤工学研究発表会 講演概要集. 5) 竹内ら (2006): 飽和粘土地盤の圧密変形に…,応用力学論文集, **9**, pp.539–550.