

I - B270

3次元数値実験による側方流動対策効果の一検討

清水建設技術研究所 正会員 大槻 明
同 上 真野 英之

目的 阪神淡路大地震では、臨海部に位置する構造物基礎の多くが、液状化やその後の側方流動により被害を受けた。この被害を防ぐための対策工が重要な研究課題の1つで、各方面で研究が勢力的に行なわれている¹⁾。最近著者らは、遠心力場の液状化実験²⁾の3次元数値シミュレーション³⁾より、ケーソン岸壁近傍地盤の変形分布や、近接する杭基礎の応力を調べた。本論文では、遠心力場でその適用性が定性的に確認された解析手法を用いて、幾つかの対策工の有効性について、パラメータスタディーを行った結果を報告する。

解析モデル 解析対象としては小さいが、これまでの研究の流れを考え、文献2) 3) で使用したモデルを用いた。図1は対称性を考慮した地盤・構造物系の三次元解析モデルである。長さ77cm（加振方向）、幅47.5cm、深さ37cmのせん断土槽を用いて、遠心加速度30gの状態モデルを加振した。ケーソン、構造物のフロアおよびフーチングは剛体要素、杭および構造物の柱は三次元の梁要素で表現した。解析⁴⁾は、(1)地震時の液状化解析と(2)地震後の地盤のせん断剛性低下を考慮した自重解析の2段階解析とした。地震時の液状化解析では、土槽側壁部における境界条件は水平ローラー、底面の境界は固定とした。地震後の自重解析では、せん断土槽と地盤間およびケーソンと背面地盤、基礎捨てマウンドの間にははく離要素を適用した。本解析に用いた地盤の初期せん断剛性および減衰定数などを表1に示す。自重解析に用いる地盤のせん断剛性の低下率に関しては幾つかの方法があるが、ここでは安田らの⁶⁾の方法に基づいた。改良体は弾性体でモ

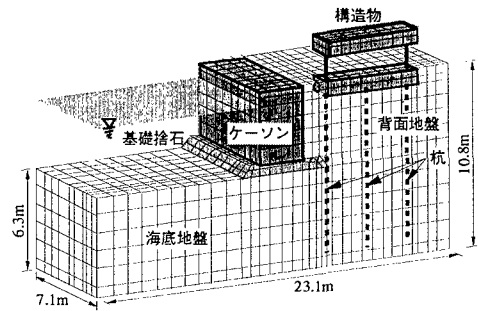


図1 ケーソン護岸近傍構造物の解析モデル

表1 解析定数の一覧

	G_{0i} (tf/m ²)	γ 0.5i	h_{max}
液状化解析に用いるパラメーター	液状化地盤	1500	0.0002
	基礎捨て石	1580	0.00013
	(G _{0i} および γ 0.5iは $\sigma_m=1$ tf/m ² のときの値)		
自重解析に用いるせん断剛性の低下率	過剰間隙水圧比		せん断剛性比
	0.9以上		G _{0i} / 1000
	0.5 ~ 0.9		G _{0i} / 100
	0.5以下		G _{0i} / 10

表2 改良ケース

	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
断面図				
平面図				

改良体

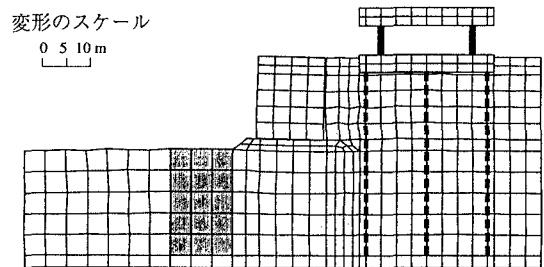


図2 ケース3の変位分布

デル化し、その剛性は一軸圧縮強度 q_u を3 kgf/cm²と仮定して $E_{s0}=400 q_u$ として求めた。加振は、Sin波を実地盤換算で2Hz、約380galの入力となるように設定した。

解析ケース 表2に示す4タイプのモデルを設定した。ケース1は未改良地盤で、文献2)の遠心実験により側方流動現象が認められた。ケース1を基本モデルとして、ケース2は基礎下に実物換算で幅6m、高さ9.3m、奥行き1.5mの改良、ケース3ではケーソン前面の海底部に幅2.8m、高さ5.4m、奥行き7.1mの改良、ケース

キーワード：液状化、護岸、基礎、側方流動、有限要素法

連絡先：〒135 東京都江東区越中島3-4-17 TEL 03-3820-5522 FAX 03-3820-5955

4はケーソンと建物基礎の間に幅1m、高さ10.2m、奥行き3.2mの改良が行われている。なお、ケース4では改良体周辺地盤の変形を考え、改良体の前、背面にもはく離要素を用いた。

解析結果 図2にケース3、図3にケース4の変形分布を示す。いずれのケースにおいても建物周辺の地盤の水平変位は改良体により小さく抑えられ、改良効果が認められる。連続体で地盤を表現しているため、改良体前面の地盤は改良体に沿って滑っているが、側面図よりその形状を保っているのが分かる。ケーソンの変形量は、ケース4の場合4m程度移動している。

ケーソンも保護する上では、海側に対策工が必要となる。本解析では地盤を連続体として扱っているため、図3においてケーソンと改良体との間の空隙を埋めるような挙動は表現できなかった。

ケース1からケース4の杭の曲げモーメント分布を図4に示す。また、各ケース間の改良体体積比と最大曲げモーメントの関係を表3に示す。図4から、各ケースの杭の曲げモーメント分布は、ケース4を除いて、最大値は異なるものの、形状は類似していることが理解できる。表3から分かることは、改良体体積比が最小である

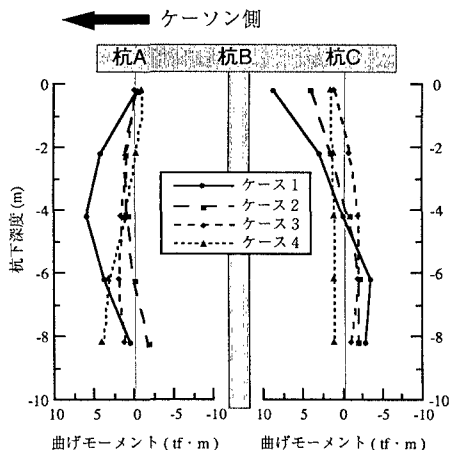


図4 曲げモーメント分布と改良体体積比の関係

今回の解析は2段階解析で理論的厳密さを欠くが、対策工の有効性を相対的に評価できたと考えられる。しかし、構造物背後からの側方流動は今回対象としなかったことから、この点も含め今後検討が必要である。

参考文献 (1) 宮池克人、水谷俊孝、川上哲太郎、浜田政則：地中膜壁による浮上および側方流動防止工法に関する研究，社団法人日本工業技術振興協会，エネルギー施設の液状化対策に関するシンポジウム，pp.45～pp.48，1994年4月 (2) 佐藤正義，社本康広，後藤茂，桂 豊，木全宏之：ケーソン岸壁および杭基礎の液状化被害に関する遠心振動実験，土木学会，阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集，pp.391～396，1996年1月 (3) 佐藤正義，大槻明：ケーソン岸壁および杭基礎の液状化被害に関する遠心振動実験に関する三次元有効応力解析，土木学会，阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集，pp.193～198，1997年1月 (4) 大槻明，福武毅芳，藤川智，佐藤正義：液状化時群杭挙動の三次元有効応力解析，土木学会論文集，No.495，pp.101～110，1994年7月 (5) 福武毅芳・松岡元：任意の方向単純せん断におけるダイレタンシーの統一的解釈，土木学会論文集，No.412/3，pp.240～248，1989年 (6) Yasuda, S., H. Nagase, H. Kiku and Y. Uchida: The Mechanism and a Simplified procedure for the Analysis of of Permanent Ground Displacement due to Liquefaction, Soils and Foundations, pp.149～160, vol.32, No.1, 1992.

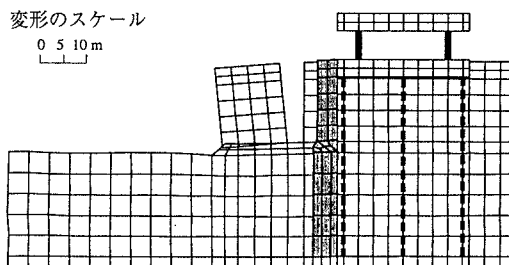


図3 ケース4の変位分布

あるケース4はケース2と比較すると、杭を側方流動から守る対策工として有効で、コスト的に他のケースより有利である。ケース3では、改良体体積比は大きいですが、曲げモーメントを他のケースより小さく抑えることができる。今後、改良体体積比をどの程度まで低減できるか検討の余地が残る。今回検討を行った対策工を用いることにより、杭の曲げモーメントを大幅に低減できる可能性がある。しかし、改良効果や改良体中の応力を検討する上では、改良体を弾性体でモデル化していることを考慮しておかねばならない。

おわりに 側方流動から杭を守る対策工を幾つか挙げ、3次元数値実験によりその有効性を相対比較した。対策工の存在は無対策に比較して、杭の曲げモーメントを大幅に低減できる可能性がある。ケーソンと建物間を改良するケース4は、コスト的に他のケースより有利であるが、構造物がスレンダーであることから、補強材との併用が考えられる。既設構造物に対する対策として考えた場合は、ケース3、4が適し

表3 最大曲げモーメントと改良体体積比の関係

		ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
改良体体積比		—	3.2	2.5	1
最大曲げモーメント(tf·m)	杭A	6.0	2.0	2.0	4.0
	杭B	8.5	5.0	2.0	1.5