

III-A 149

液状化地盤における地震時土圧と有効応力解析

日建設計 NNG I ○ 正会員 角 南 進
 日建設計 土木事務所 正会員 雲田 晃平
 正会員 石原 克治
 岐阜大学 工学部 正会員 岡 二三生

1 はじめに 液状化地盤における抗土圧構造物の耐震性を検討する上で、阪神大震災における被害事例を解析し、そのメカニズムを把握することは重要な課題である。本報告は、阪神大震災で被災したポートアイランドの岸壁を対象に有効応力解析を実施し、変形メカニズム、液状化の発生状況、そしてケーソンに作用する土圧などについて検討した概要を示すものである。本報告で解析対象とした岸壁は図1の位置にあり、沖積粘性土層をまさ土によって置換し、捨石マウンド上にケーソンを設置した重力式ケーソン岸壁である。

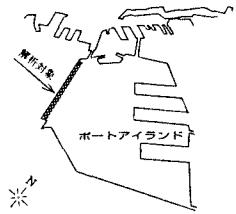


図1 解析対象断面位置

2 解析方法 本検討の解析に使用したプログラム“LIQCA”は、水の流れを考慮した有効応力解析・有限要素プログラムである。地盤材料の構成則については、岡・足立モデルを使用している。岡・足立モデルにおいては、応力ひずみ関係を記述する構成則の一部として過剰間隙水圧の発生・消散を考慮しており、現在提案されている液状化を表現する構成則の中でも最も詳細なモデルの一つであると言える。

図2に解析モデルを示す。ケーソン岸壁の海側への移動によって、ケーソン背面では埋土との間に分離を生じ、すべり面になりうると考えられたため、強度と剛性を低く設定した薄層平面要素でモデル化した。

動的解析に使用したパラメーターを表1に示す。これらのパラメーターは、ポートアイランドにおける鉛直アレー観測結果を事前に解析することによって同定した値である。

入力地震波は、ポートアイランドにおける地震波アレー観測結果のGL -32 mでの観測地震波¹⁾を利用し、図3に示す水平および鉛直方向の加速度波を解析領域の下側境界である洪積砂礫層の下面に作用させた。ただし、水平入力地震波は、観測波を岸壁法線に直交するように合成したものである。入力地震波の最大加速度は水平435gal、鉛直208galである。

4 解析結果 解析の結果得られた変形形状は図4に示される。ケーソンが海側に移動して若干傾斜し、ケーソン背面の地表面が陥没した実際の変形形状が再現できた。実測されたケーソン法線の水平変位2.8m前後および鉛直変位1.3m前後に対して、解析結果はそれぞれ3.7m、1.3mであった。解析の結果得られた液状化範囲を図5に示す。また、代表点における加速度、間隙水圧の時刻歴は図6に示される。埋土

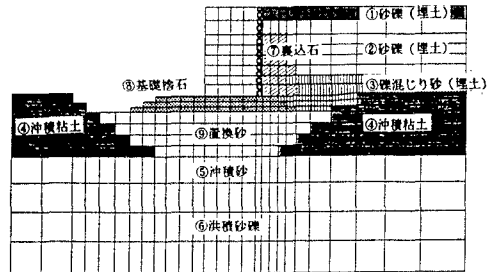


図2 解析モデル

表1 動的解析パラメーター

土質	単位重量 t/m ³	透水係数 m/sec	変形弾力 比 (M/m ²)	破壊弾力 比 (M/m ²)	圧縮指数 λ	膨張指数 κ	塑性粘性 ²⁾ A ³⁾	B	Bi	Cf	D0	n
① 砂礫(埋土)	1.9											
② 砂礫(埋土)	1.9	4x10 ⁻⁴	0.76	0.85	0.0162	0.0029	4000	150	2000	0.8	2.2	
③ 微混じり砂(埋土)	1.9	4x10 ⁻⁴	0.76	0.85	0.0162	0.0029	3000	150	2000	0.8	2.0	
④ 沖積粘土	1.6	1x10 ⁻⁴	弾性材料 G=250kgf/cm ² , ν=0.25									
⑤ 沖積砂	1.9	1x10 ⁻⁴	0.91	1.03	0.0145	0.020	7000	700	2000	0.8	4.0	
⑥ 洪積砂礫	1.9	1x10 ⁻⁴	0.91	1.41	0.0152	0.0029	10000	1000	2000	0.6	5.0	
⑦ 基礎捨石	1.9	4x10 ⁻⁴	0.76	0.85	0.0152	0.0029	4000	150	2000	0.8	2.2	
⑧ 基礎捨石	1.9	4x10 ⁻⁴	0.91	1.41	0.0162	0.0029	6000	600	2000	0.8	2.0	
⑨ 置換砂	1.9	4x10 ⁻⁴	0.91	1.41	0.0152	0.0029	4000	1500	2000	0.8	2.0	

頂部における最大加速度の解析結果は、地表面で観測された鉛直最大加速度567gal、水平加速度を合成した値275galと比較的良好一致が見られた。図7には有効応力解析によって計算された土圧分布を示している。併記する簡易計算結果は、Westergarrd式を基本とした計算方法²⁾で地表面最大加速度を250gal、震度を0.25として得られた値で、計算に必要な液状化の判定は建築基礎構造設計指針により行った。

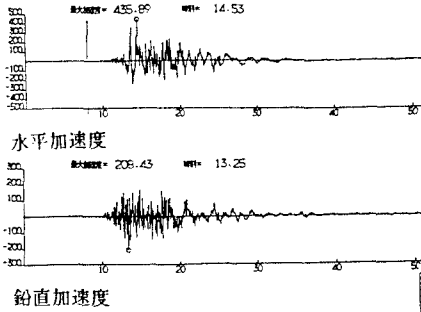


図3 入力地震波

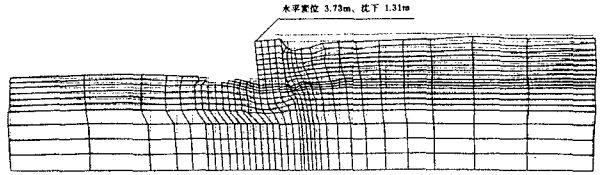


図4 変形図

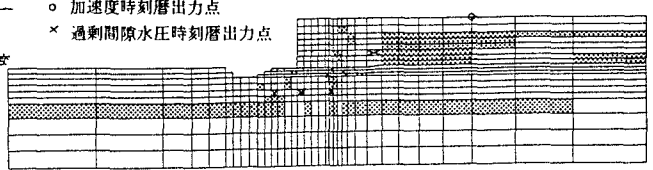
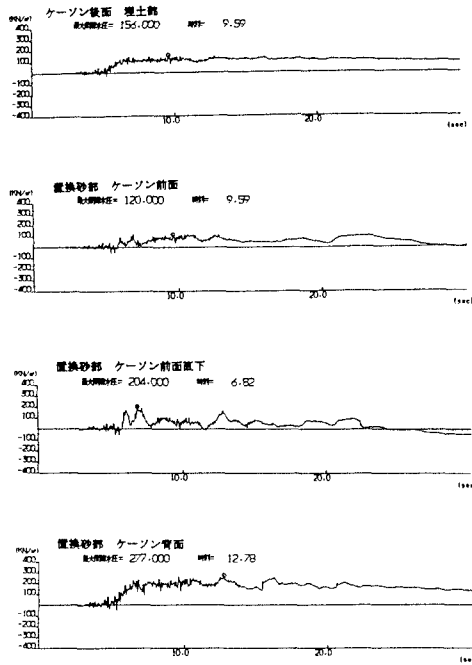
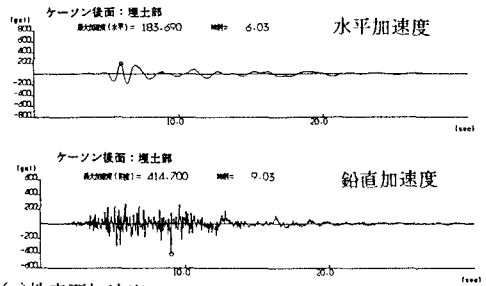


図5 液状化範囲



(b)発生過剰間隙水圧

図6 解析結果時刻歴



(a)地表面加速度

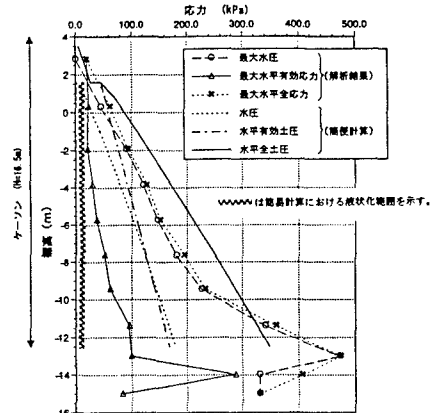


図7 動土・水圧分布

5 まとめ・考察

- (1) 本解析によって岸壁の地震時の変形挙動が良い精度で再現できた。
 - (2) 埋土部やケーソン前面あるいは背面の下部置換砂では液状化が発生したが、ケーソン直下の置換砂は液状化しない計算結果が得られた。
 - (3) ケーソンに作用する土圧の解析結果は、震度法に基づく簡便計算の結果に比べて若干小さい。
 - (4) 地震時強震下での変形を照査する場合には、有効応力解析が有効なツールとなりうる事が示された。
- また、耐震設計上で重要度の幾分低い構造物については、本報告に示した土圧分布に係わる解析結果を参考にして、従来の震度法を改良することも考えられる。

参考文献：(1) M Sugito, et al. (1996) Correction of Orientation Error of Borehole Strong Motion Array Records Obtained During the South Hyogo Earthquake of Jan. 17,1995 J. Struct. Mech.Earthquake Eng. No. 531、(2) 建設省土木研究所(1995)、河川堤防の液状化対策工法設計施工マニュアル(案)