

Ⅲ - A102

等価線形法に基づく動的解析の水際構造物への適用

大阪大学工学部 フェロー 松井 保
 大阪市計画局 赤熊 道雄
 中央復健コンサルタンツ 正会員 石川 利行
 中央復健コンサルタンツ 正会員 ○米川 友則

1. まえがき

兵庫県南部地震により大きな変状をきたした水際構造物については既に詳細な解析的検証^{1) 2)} が実施されている。本報告では、神戸市・六甲アイランドのケーソン岸壁を対象として実施した、比較的汎用性の高い等価線形法に基づく動的解析の結果について述べるとともに、本解析手法の適用性について考察する。

2. 動的解析の概要

兵庫県南部地震を教訓として、レベル2地震動に対する耐震性の評価が今後、各種の土木構造物に対して実施されるものと考えられる。数多くの土木構造物の動的挙動を効率よく評価する必要が生じることから、精度良くしかも汎用性の高い簡便な動的解析手法が求められることとなる。このような状況を鑑み、等価線形法に基づく動的解析の適用性を確認するために、本研究ではケーソン岸壁を対象とした動的解析を実施した。なお、水際構造物の耐震性評価に液状化の影響を考慮することは不可欠であり、本解析では体積ひずみから過剰間隙水圧を推定する方法³⁾ を用いて、液状化の影響を考慮している。解析のフローを図-1に示す。

解析対象のケーソン岸壁は神戸市・六甲アイランド南岸に位置するもので、兵庫県南部地震の際にはケーソン天端において水平変位約5m、沈下約2mもの大きな変状を生じた。護岸の標準断面図¹⁾、被災状況、解析モデル図、および解析に用いた地盤定数をそれぞれ図-2、図-3、図-4および表-1に示す。また、基盤面への入力地震動はポートアイランドの深層(GL-32m)で得られた地震波アレー観測結果に基づく加速度波形(南北方向、Max544gal)を用いている。解析モデル図に示されるように、本解析では護岸の変形に係る要素として、液状化地盤の軟化、ケーソンへの慣性力およびケーソン岸壁背面の泥土圧を考慮している。

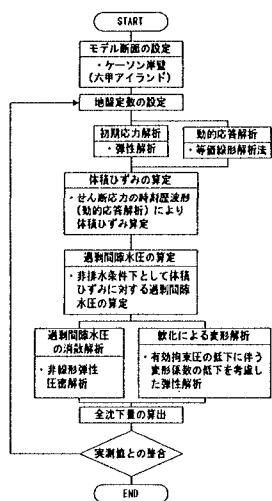


図-1 解析フロー

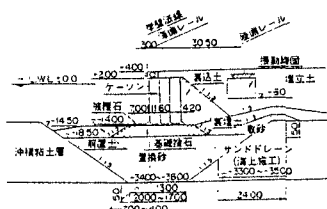


図-2 解析対象断面図

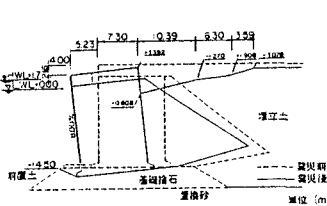


図-3 被災状況

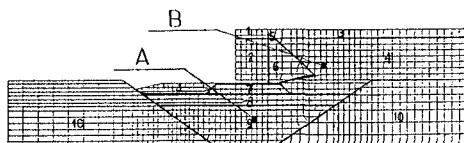


図-4 解析モデル図

表-1 解析に用いた地盤定数

材料番号	土質	初期自重解析				地震応答解析			
		単位体積重量 ρ (t/m^3)	μ アソビレ	せん断弾性係数 G (t/m^2)	変形係数 $E=2G(1+\mu)$ (t/cm^2)	単位体積重量 ρ (t/m^3)	μ アソビレ	初期せん断弾性係数 G_0 (t/cm^2)	減衰定数 α (初期値)
①	ケーソン	2.0	0.20	87,500	210,000	2.0	0.20	87,500	0.050
②	ケーソン	1.0	0.20	87,500	210,000	2.0	0.20	87,500	0.050
③	埋立土	1.8	0.33	8,000	21,300	1.8	0.33	8,000	0.026
④	埋立土	1.0	0.33	8,000	21,300	1.8	0.46	8,000	0.026
⑤	表込土	1.0	0.33	18,500	49,200	1.8	0.33	18,500	0.050
⑥	表込土	1.0	0.33	18,500	49,200	1.8	0.46	18,500	0.050
⑦	基礎投石	1.0	0.33	5,800	15,400	1.8	0.46	5,800	0.026
⑧	固地土(上)	1.0	0.33	5,800	15,400	1.8	0.46	5,800	0.026
⑨	固地土(下)	1.0	0.33	10,400	27,700	1.8	0.46	10,400	0.026
⑩	粘性土	0.7	0.33	7,500	20,000	1.7	0.46	7,500	0.026

キーワード 動的解析、液状化、港湾構造物、耐震設計

〒532 大阪市淀川区西宮原 1-8-29 TEL06-393-1190 FAX06-393-1146

3. 解析結果

解析結果より、ケーソン天端の最大加速度は水平 353gal、鉛直 236gal となる。図-5は置換砂層、岸壁背面埋立層における過剰間隙水圧比の経時変化を示したものである。岸壁背面埋立層では地震動が到達後3秒経過時点から過剰間隙水圧比は増加しはじめ、7秒経過時点で過剰間隙水圧比はほぼ1.0となる。一方、置換砂層では4秒経過時点から過剰間隙水圧比は増加しはじめるが、最大で0.8程度の上昇にとどまる。図-6は解析結果により得られた20秒経過時点でのケーソン岸壁周辺の過剰間隙水圧比の分布を示したものである。護岸背面の埋立層および護岸前面部の置換砂層において著しい液状化の発生が見られる。また、護岸背面の裏込め土層は透水係数が大きいため、過剰間隙水圧はほとんど発生しておらず、過剰間隙水圧比の分布は初期の応力状態や土層の排水条件に大きく依存することが分かる。このような解析結果は有効応力法に基づく動的解析結果¹⁾と整合したものとなっている。従って、本解析手法は全応力法に基づく解析手法ではあるが、過剰間隙水圧の発生、消散過程を通じて液状化現象を適正に表現した解析結果を与えている。

ケーソン岸壁の変形量を解析結果から評価するためには、液状化の影響を適正に考慮する必要がある。すなわち、ケーソン岸壁背面には泥土圧を作用させ、置換砂層の変形係数および地盤反力係数を低減することとなる。液状化地盤の地盤定数の低減についてはいくつかの提案が見られるが、本解析では現地の変状量に解析結果を一致させるべく低減率を求めた。図-7は護岸の水平変位と地盤定数の低減率の関係を示したものである。図-7より低減率は液状化前の常時の地盤定数の1/80倍となった。この低減率を用いた場合のケーソン岸壁の変形を図-8に示す。液状化地盤の地盤定数を適正に低減することにより、解析結果と現地の変状量はほぼ整合性をもっている。なお、現地で測定された変形量は図-3に示す通りである。

4. まとめ

本解析により得られた知見をまとめると以下の通りとなる。

- ① ケーソン岸壁の変状は、地震時の慣性力と泥土圧に加えて置換砂層の液状化に伴う地盤定数の低下により発生している。
- ② 等価線形法に基づく汎用性の高い動的解析手法においても、液状化の影響を考慮することにより、地震時の岸壁の残留変形量を適正に評価できる。

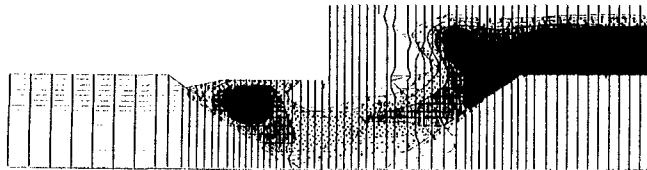


図-6 過剰間隙水圧比の分布

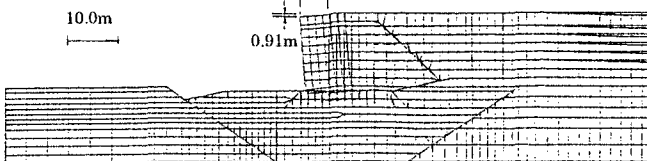


図-8 ケーソン岸壁の変形

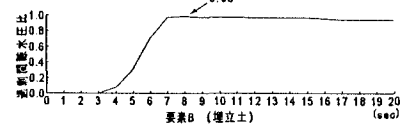
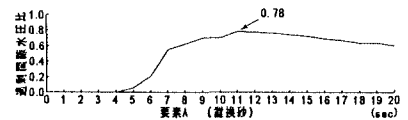


図-5 過剰間隙水圧比の経時変化

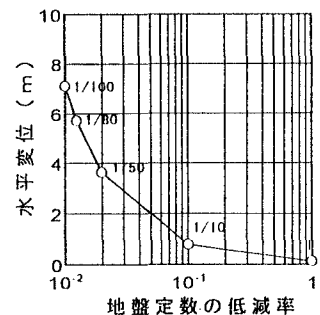


図-7 岸壁の水平変位と地盤定数低減率の関係

参考文献

- 1) 井合：大地震時の地盤・構造物系の変形解析、平成8年度港湾技術研究所講演集、pp1-7、1996
- 2) 一井ら：有効応力解析によるケーソン式岸壁の被災原因分析、阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集、pp397-404、1996
- 3) 西ら：地震時における基礎地盤の安定性評価(その1)、電力中央研究所研究報告、U86002、1986