

兵庫県南部地震における鋼板セル式岸壁の解析的研究

住友金属工業

正会員 北村卓也 由井洋三

運輸省港湾技術研究所

正会員 森田年一 菅野高弘

1. まえがき

兵庫県南部地震により、神戸港は大半の施設が被災し、鋼板セル式岸壁も被災した。鋼板セル式岸壁の被災原因は、セル背後の広い範囲で噴砂が観測されていることから、背後地盤および下部置換地盤中の過剰間隙水圧の上昇に伴う地盤のせん断耐力の低下によるものと考えられる。本報告では、鋼板セル式岸壁の被災メカニズムを考察するために行った地震応答解析の概要と解析結果を述べる。

2. 解析方法

図1に解析対象とした摩耶埠頭第1突堤のセル式岸壁（第14岸壁）の標準断面と被災状況を示す。図より本岸壁は根入れを有しない置きセル形式である。本岸壁の地震後の残留変形量は、同図に示す測定例では、セル天端の水平変位量1.33～3.00m、鉛直沈下量0.60～1.26mである¹⁾。

解析は、有効応力解析手法に基づく数値解析プログラム「FLIP」²⁾を使用し、2次元解析（節点数：1766、要素数：3132）を非排水条件のもとで実施した。解析モデルを図2に示す。なお、鋼板セルによる堤体は三次元的な構造となるため、図3のとおり二次元にモデル化した。モデル化の方法を以下に示す。

- ・梁①：「切殻+ア-ク鋼板の堤体中心軸回りの単位奥行き当り剛性」の1/2の剛性を有し、断面積が十分に小さい仮想梁
- ・梁②：「切殻+ア-ク鋼板の単位奥行き当り断面積」と等しい断面積を有し、剛性が十分に小さい仮想梁
- ・梁③：仮想梁①～②～①を水平方向につなぐ剛性が十分に大きく断面積が十分に小さい仮想梁

解析に用いた基盤への入力地震動は、ポートアイランドで記録された地震動波形（神戸市開発局 KP-28m）の主要部分20秒間である。解析では、岸壁の方向性を考慮し、これら3成分のうちからEWおよびUD成分を用い、上下水平同時加振とした。また、地盤定数は、既存の地盤調査¹⁾・試験結果（P-S検層、繰り返し三軸試験等）に基づき決定した。

図1 摩耶埠頭鋼板セル式岸壁被災状況

図3 鋼板セル式堤体のモデル概要図

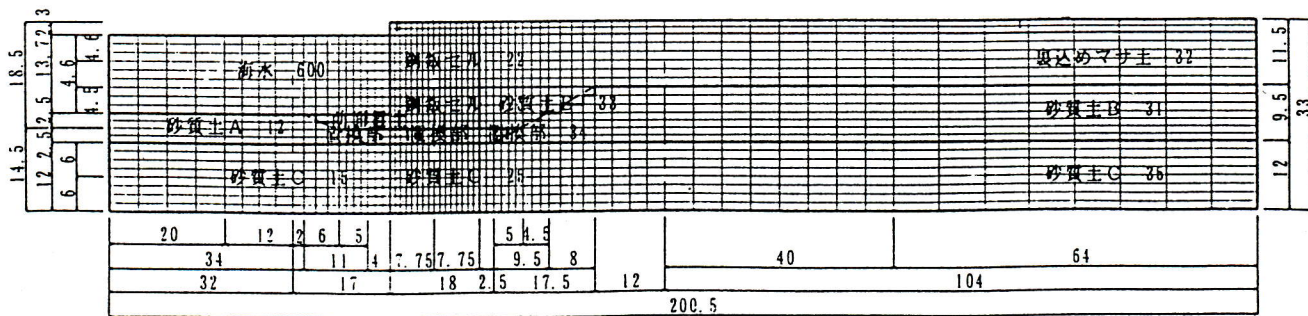


図2 鋼板セル式岸壁の解析モデル

単位 (m)

キーワード：鋼板セル、有効応力解析、兵庫県南部地震、液状化

連絡先：〒100-8113 東京都千代田区大手町1-1-3 TEL 03-3282-6306 FAX 03-3282-6110

〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1 TEL 0468-44-5029 FAX 0468-44-0839

3. 解析結果

表1にセルの残留変位量の解析値と実測値の比較を示す。解析値は、やや大き目であるが実測値によく一致する。このことから、本解析手法により鋼板セルの残留変位を照査できることがわかる。

地震後の変形図を図4に示す。図4より、セルは前趾側を地盤にめり込ませながら、前方に変位することがわかる。この傾向は、実物の被災状況によく一致する。

次に、図5に岸壁の変位と加速度、地盤の過剰間隙水圧比に関する時刻歴を示す。セルの変位の時刻歴(D2, D3)より、変位は地震発生4秒後頃から発生することがわかる。この時期は、背後地盤の過剰間隙水圧比(W5, W6)が急激に大きくなる時期と一致する。また、W6では地震発生10秒後頃から過剰間隙水圧比が約0.9と液状化に近い状態になっており、現地で観測された現象と一致する。地盤加速度について見ると、最大加速度は地表面に近づくほど大きくなっているが、背後地盤の天端(AH10)では、地震発生7秒～10秒後の間で加速度が急激に小さくなる現象が見られる。これは、背後地盤が液状化に近い状態になり軟化したためと考えられる。一方、鋼板セルの天端(AH5)では、この現象は見られない。このことから、セル中詰部では、セル殻の拘束により液状化の進行が抑制されることが示唆される。

表2に、根入れ長を変えたときの解析結果から、セルの残留変位量の比較を示す。セルの残留変位量は根入れが長くなるほど減少し、セルの根入れが耐震性の向上に有効であることがわかる。

4. まとめ

解析の結果、以下の知見が得られた。

- ① 鋼板セルによる堤体を図3のとおりモデル化することによって、有効応力解析手法に基づく数値シミュレーションにより鋼板セルの地震時の挙動を表すことができる。
- ② セル殻の拘束により、セル中詰部では液状化の進行が抑制される。
- ③ セルの根入れは、耐震性の向上に有効である。

参考文献

- 1) 稲富隆昌等：1995年兵庫県南部地震による港湾施設等被害報告、港湾技研資料、No857、1997.3
- 2) 井合 進、松永康男、亀岡知弘：ひずみ空間における塑性論に基づくサイクリックモビリティのモデル、港湾技術研究所報告、第29巻、第4号、pp.27-56、1990.12

表1 セル天端の残留変位量 (m)

		実測値	解析値
前趾側	水平	1.33~3.00	2.65
	鉛直	0.60~1.26	0.97
後趾側	水平		2.65
	鉛直		-0.40

※水平変位は岸壁前方への変位を正、鉛直変位は下方への変位を正とした。

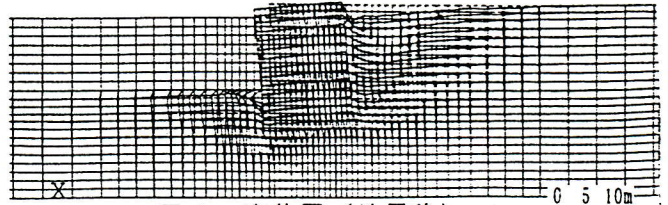
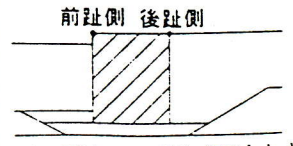


図4 変位図 (地震後)

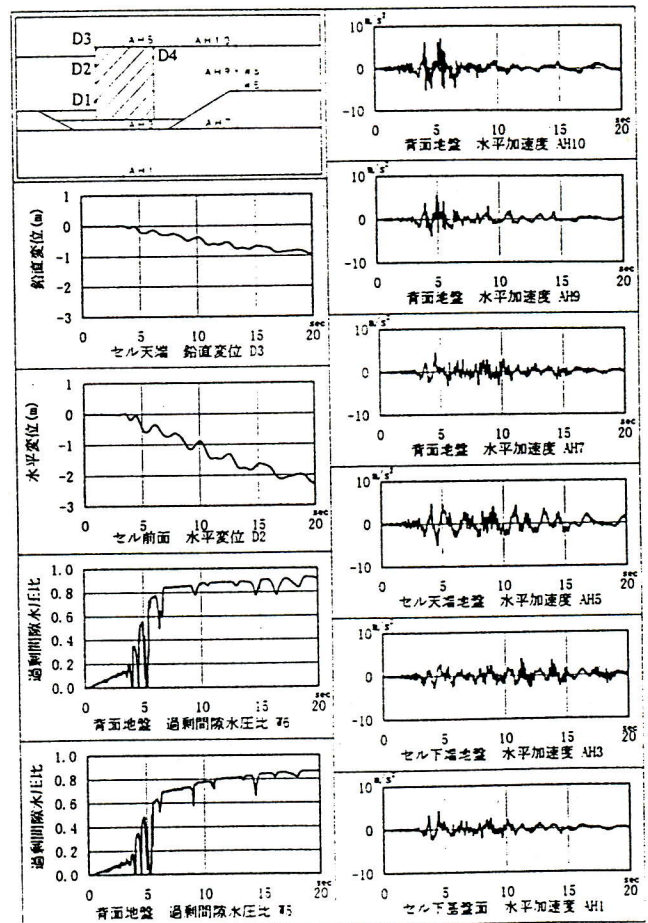


図5 変位、過剰間隙水圧、加速度の時刻歴

表2 根入れ長の違いによるセルの残留変位量の比較 (m)

		根入れ:2.5m	根入れ:5.0m	根入れ:8.0m
水平変位	D-1	1.47	1.32	1.11
	D-3	2.65	2.23	1.89
鉛直変位	D-3	0.97	0.73	0.54
	D-4	-0.40	-0.33	-0.36

※水平変位は岸壁前方への変位を正、鉛直変位は下方への変位を正とした。