

## 根入れ式鋼板セルの地震時の三次元有限要素法解析と既往設計法との比較

早稲田大学 学生会員 ○有坂 建一郎  
早稲田大学 フェロー 清宮 理

### 1. まえがき

港湾施設の耐震設計法の性能化に伴い、地震時の地盤や構造物の変形照査が求められる有限要素法による動的非線形解析が耐震設計法の有力な手段となってきた。今回根入れ式のセル式護岸に焦点を当て、その地震発生時の挙動を解析ソフト Soil Plus を用いて調べた。また現在セル式護岸ではプログラムの性能の制約から二次元での地震応答解析はなされている。しかし傾斜した基礎地盤などでは三次元挙動が重要となるので今回三次元有限要素モデル（全応力解析）にレベル1地震動を入力し非線形解析を行った。セルの変位、セルの円周方向に働く応力、セルに働く鉛直地盤反力について、既往の設計法と比較・検討した。

### 2. 解析概要

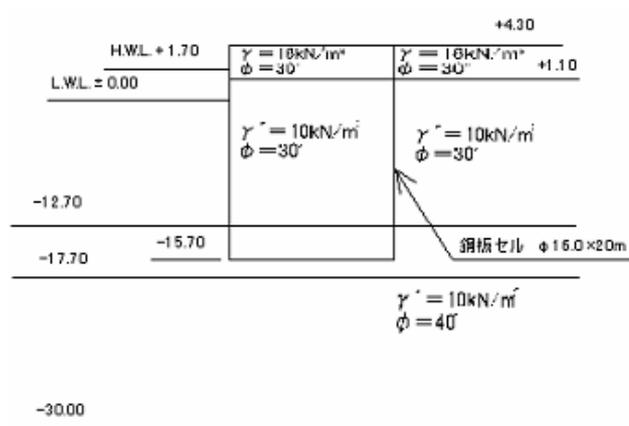


図1 モデルの諸元

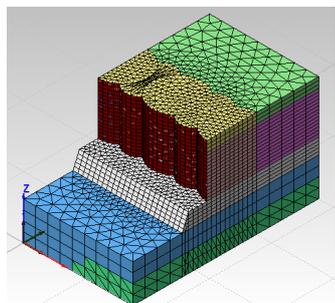


図2 有限要素メッシュ

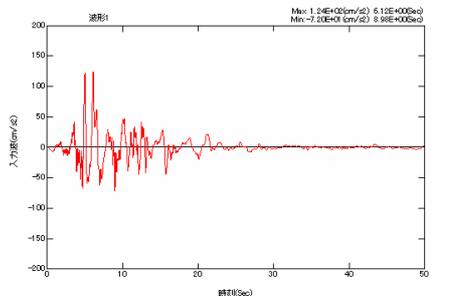


図3 入力地震動

図1にモデルの諸元を示す。モデルは港湾構造物設計事例集・上巻・第8章に示されているものと同一である。セルの直径は16m、高さ20mで、地盤への根入れは3mである。鋼板の板厚は9mmである。周辺の土質は、-12.7m～-17.7mでは砂質土でN値は10、-17.7m～-30.0mでは砂礫でN値は30でありこの下は基礎面である。設計震度は0.12である。図2は解析に用いた鋼板セルモデルの有限要素メッシュ図である。使用した要素は地盤で三角柱、三角錐、直方体の固体要素を使用した。鋼板は四角形の板要素である。総要素数は30715個である。解析に用い

た土のせん断弾性係数と修正 R-O モデルの基準ひずみと最大減衰定数を表1に示す。レーリー減衰のパラメータは、 $\alpha=1.763036$ 、 $\beta=0.003700891$ である。板要素は線型材料として、今回は板要素と固体要素で節点は共有とした。図3に入力地震動を示す。兵庫県南部沖地震でポートアイランド基礎にて取得された加速度記録の振幅を1/5倍したものである（最大加速度は124gal）。解析では0秒～25秒までを入力した。今回モデルとして、工学基礎面に6mの段差をつけたモデルを設定した。

表1 土の解析パラメータ

	せん断弾性係数 kN/m <sup>2</sup>	修正 R-O モデル	
		基準ひずみ	最大減衰定数
地盤-砂礫	142450	$3.162 \times 10^{-4}$	0.200
地盤-砂質土	67478	$5.129 \times 10^{-4}$	0.240
裏埋土(R.W.L.以上)	103668	$5.129 \times 10^{-4}$	0.240
裏埋土(R.W.L.以下)	103668	$5.129 \times 10^{-4}$	0.240
中詰土(R.W.L.以上)	23352	$5.129 \times 10^{-4}$	0.240
中詰土(R.W.L.以下)	23352	$5.129 \times 10^{-4}$	0.240

キーワード 根入れ式鋼板セル 地震応答計算 セルの応力 耐震設計法

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 51号館 16-01室 清宮研究室 TEL 03-5286-3852

E-mail : [sn-arisaka@moegi.waseda.jp](mailto:sn-arisaka@moegi.waseda.jp)

### 3. 解析結果と考察

図4は解析結果の①セルの護岸法線方向変位、②セルの円周方向に働く応力、③セルに働く鉛直地盤反力の最大値のコンター図である。

セルの変位は、セル天端、セル海底面、セル下端に着目する。結果は表2の通りである。表2を見ると、解析値は設計値を大きく上回ったことが分かる。また変位量の壁高に対する比は3点において許容値の1.5%を越えた。

セル円周方向応力は、全体的に引張応力が計算されていて、特にセル下端のアーチとの継手部分付近に大きな引張応力が発生している。また、基盤までの深さの違いについて、基盤までが浅い方のセルとアーチとの継手部分でより大きな引張応力が確認された。セル下端のアーチとの継手部分付近では設計値を2倍ほど超えた。

セル底面での鉛直地盤反力の概略図を図5に示す。セル壁体前趾および後趾で反力が大きくなり、設計値を大きく上回ったが、壁体中央付近では設計値を上回ることにはなかった。また既往設計法では壁体前趾側に三角形分布をするが、そのような三角形分布は有限要素法解析では示されなかった。

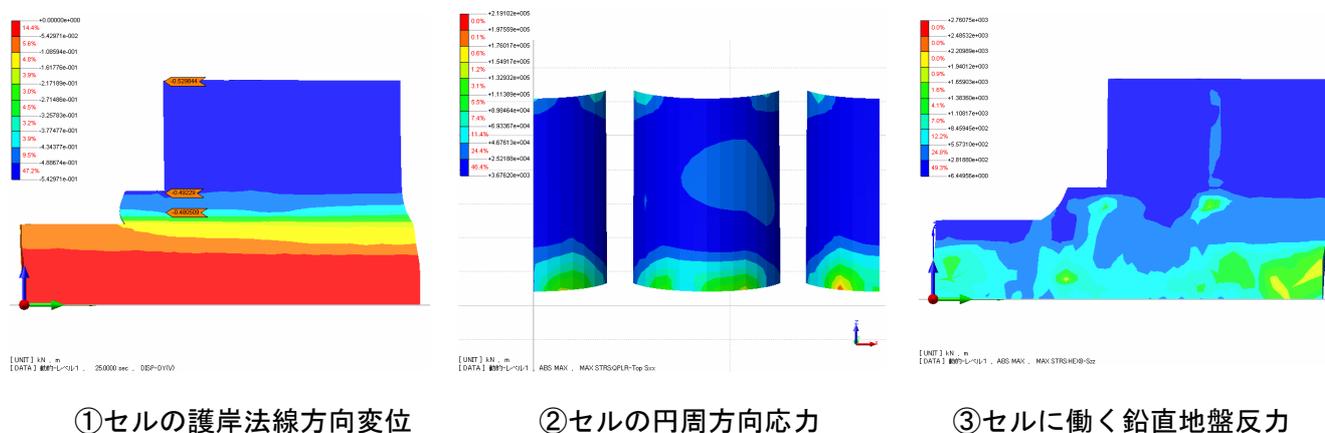


図4 解析結果

表2 変位の設計値と解析結果

	セル天端(m)	セル海底面(m)	セル下端(m)
設計値	0.086	0.034	0.025
解析値	0.53	0.49	0.48
壁高に対する比(%)	3.1	2.9	2.8

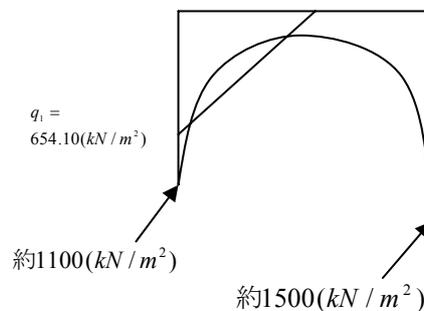


図5 鉛直地盤反力の概略図

### 4. まとめ

有限要素法解析ではセルの変位は、計算値は設計値を上回った。

セルの円周方向応力は、設計値を大きく上回った。セルとアーチの継手部分には大きな引張応力が計算され、基盤までの深さが深い側より浅い側の方が大きな引張応力が計算された。

セルの鉛直地盤反力は、設計法では地震時に三角形分布をするが、解析した結果はセル壁体前趾および後趾の反力が大きくなり、壁体中央付近は小さかった。

今回既往設計法と有限要素法解析では、計算値の違いだけでなく基本となる力学的な挙動もかなり異なった。つまり、既往設計法を検討する余地があると考えられる。

### 参考文献

- (財) 沿岸開発技術研究センター：港湾構造物設計事例集上巻、第7章、第8章、1999.4
- (社) 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説下巻、第4編、第5章、平成19年
- 根入れ式鋼板セル協会：根入れ式鋼板セル工法 設計・施工マニュアル 2005.3