

III-481 鋼矢板セル構造物の2次元FEM解析の試み

川崎製鉄研究開発センター ○正員 水谷太作  
 新日本製鉄建材開発技術部 藤原忠朝 寺崎滋樹  
 川崎製鉄建材技術部 城郁夫 三浦聡

**1. はじめに** 鋼矢板セルは直線形鋼矢板を円筒状に打設したセル殻に土砂を中詰めし、その内圧によるフープテンションで各鋼矢板の一体性を高めた、鋼と土の複合構造物である。力学的には中詰土圧による一体性や外力作用時の中詰砂、セル殻の変形抵抗などの従来から指摘されている要因に加えて、筆者らの研究では地盤の変形がセルの全体変形に大きな影響を与えることが明らかになっている<sup>1)</sup>。したがって、セル構造物の変形挙動を解析しようとする場合、セル殻と中詰砂の内部安定問題と、セル体と地盤の外部安定問題を同時に扱わねばならない。FEM解析はこうした複雑な問題の処理に適した手法ではあるが、円筒状のセル殻のフープテンションの効果や隣接矢板相互のすべり変位などを考えると、厳密には3次元での解析を行い、かつ、矢板と土とのすべり挙動や土の降伏などの非線形性を取入れなくてはならず、我々が必要とする塑性化時の挙動まで解析するためには、複雑なモデル化と膨大な計算量が要求される。しかしながら、筆者らの研究に基づくと、地盤が固い場合を除けば地盤の変形がセル体の変形に支配的であると考えられるため、これ以外の3次元性や非線形要因を力学的な意味合いを失わない範囲で簡易化することにより、2次元FEM解析を試みた。以下にその解析手法と結果について紹介する。

**2. モデル化の要点** 今回の解析では、模型実験との対比のため円筒状のセル体1つの場合を対象としている。FEMモデルは図1に示すようにセル殻を梁要素、土を平面ひずみ要素とし、接触部分には線形のばね要素を用いて相対変位を許すようにしている。

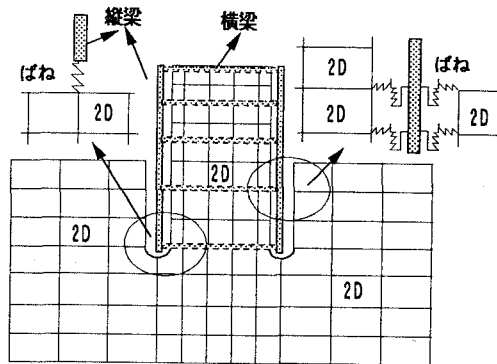


図1 FEMモデル構成

2次元化においてはまず、港湾基準<sup>2)</sup>に示されている換算壁体幅の概念に従い、円筒と等価な断面積、断面2次モーメントを有する長方形断面と考える(図2)。

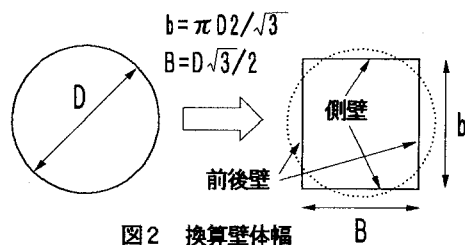


図2 換算壁体幅

セル殻の側壁部分は横梁で表現した。この横梁は円筒のフープ軸力とせん断変形を表現するもので、軸力については内圧を受けるセル殻の直径変化と、同じ軸力を受ける横梁の伸びが等しくなるように横梁断面積を与えた。

また、側壁にせん断力のみが作用した場合の変形は各矢板のせん断と各継手部のすべりの和と考えられ、前者は矢板諸元で決り、後者はせん断力とすべりの関係を線形ばねで近似することにより、ばね定数(実験から同定)を含んだ値として求まる。このせん断特性と、横梁群にせん断力を与えた時のせん断変形量が等しくなるように横梁のせん断剛性を与えた。

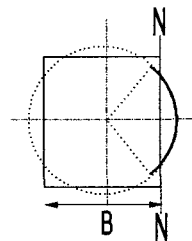


図3 縦梁の断面2次モーメント

なお、ラミ挙動を防ぐために横梁の断面2次モーメント

は0としており、軸力とせん断力しか伝達しない。

一方、前後壁を構成する縦梁は、曲げ変形が卓越するものと考えられる。曲げ剛性については、本来の鋼矢板1枚が持つ断面剛性を用いると過小評価となるため、ここでは図3に示すような円弧部分の曲げ剛性を用いるものとした。

土要素の剛性は、模型実験の際に行った平板载荷試験の荷重-沈下関係を用いた。この関係は非線形であるが、実験においてセルの変位挙動が塑性化する点に焦点を合せ、その時の地盤変形量に対応する剛性を用いることで計算時間の低減を図った。また、地盤・中詰の塑性化を考慮するために、Mohr-Coulombの破壊基準を用いた完全弾塑性計算を行っている。

**3. 解析結果** ここに示す結果は図4の模型実験をシミュレートしたものである。図5に荷重-変位関係、図6は荷重-土圧関係を示す。大変形時の計算結果には疑問点が残るものの、変位、土圧とも比較的良く実験結果と対応しているものと考えられる。また、紙面の都合で図は割愛するが、FEM要素の物性を変えたパラメータ・スタディーの結果では、地盤剛性を高めると低荷重領域がより実験値に一致し、剛性を小さくすると降伏以降の変形が表現できること、縦梁の曲げ剛性は挙動にある程度影響を与えるものの、横梁のせん断剛性はほとんど影響を与えないことなどの知見も得られている。

**4. おわりに** 3次元かつ構造・地盤の非線形性を有する構造物について、力学的特性に基づいた簡略化をすることにより、2次元弾塑性計算を試みた。

先立って実施した3次元解析では計算機能力と収束性の問題から必要とされる領域までは解けなかったが、計算量の飛躍的な改善により塑性化後の挙動まで比較的簡易に解析できるようになるとともに、解析結果は実験結果を良く表現しており、パラメトリックな検討などに適用可能な簡便な手法であることが明らかになった。

最後に、本研究は運輸省港湾技術研究所の野田構造部長、南設計基準室長、高橋基礎工室長の技術指導のもとで実施したものであることを記して、関係各位に謝意を表す。

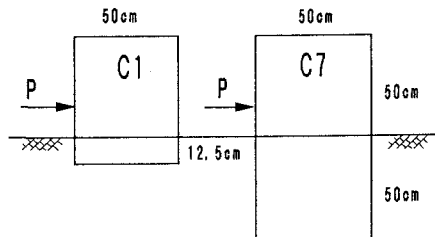


図4 解析ケース

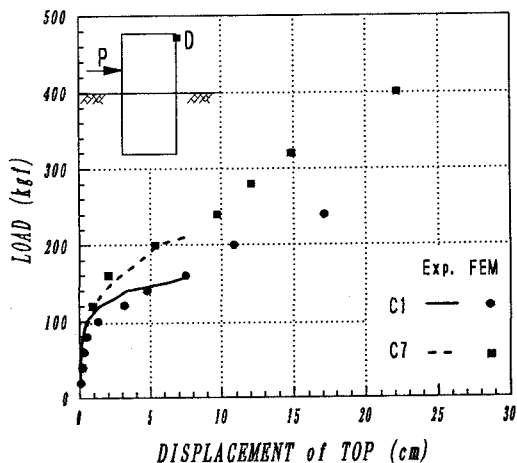


図5 計算結果（荷重-変位）

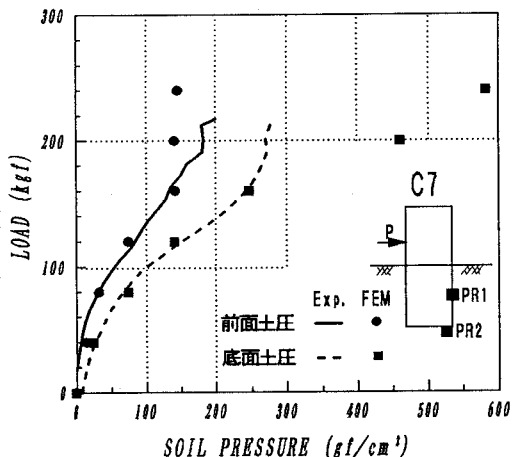


図6 計算結果（荷重-土圧）

参考文献 1)高橋邦夫他:鋼矢板セル模型の水平载荷実験-その1 静的挙動-,港湾技研資料No.638,1989.  
2)日本港湾協会:港湾の施設の技術上の基準・同解説,1989.