

運輸省 第三老湾建設局 神戸調査設計事務所 正会員 南兼一郎  
 〃 荘司善博  
 〃 小村伸司

1. はじめに

広底板マウンド工法とは、軟弱地盤上に広い版を置き上部工からの荷重を分散させ地盤の接地圧を減らすことにより、全体の安定をける工法をいう。本工法の設計には、版と地盤との相対剛度を考慮する必要があることから有限要素法を用いることとし、設計法の検証のために既設類似構造物の実測データとの照合を行い妥当性を確認し、舞鶴港大岩地工を対象にして試験設計を行った。

2. 広底板マウンド工法の設計計算法

2.1 使用したF.E.M.プログラム

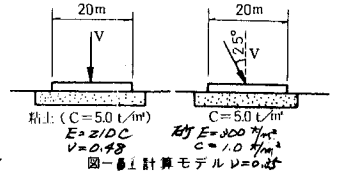
載荷直後、地盤の支持力の検討には、土の降伏条件としてモール・クーロン式を用いた二次元弾塑性(E.P.) F.E.M.プログラムを、圧密完了後の版応力の検討には、二次元非線形(N.L.) F.E.M.プログラムを用いた。圧密完了後の計算では圧密試験の各荷重段階毎に弾性線から  $(E_t = (1+D)/(1-2D)/(1-2\nu)mv)$  を  $E_t$  に換算し、 $\bar{P} = K\sigma_0$  ( $\sigma_0$ : 最小主応力) を用いて、 $E_t$  と  $\sigma_0$  の関係をプロットし、 $E_t = K'\sigma_0^n + E_0$  の  $K'$ ,  $n$  を内挿により定め、この  $E_t$  と  $\sigma_0$  に対応する圧密完了時の  $E_t$  とし、ポアソン比  $\nu$  は  $\nu = k_0/(1+k_0)$  ( $k_0$ : Kenya式) とし、計算を行った。

2.2 F.E.M.計算手法の妥当性

(1) 地盤支持力について(従来法との比較)  
 一般地盤 ( $C = 5.0$  粘土) の支持力について

	鉛直荷重時			偏心傾斜荷重時(鉛直成分)		
	FEM	Terzaghi	円形すべり	FEM	荷重分散法 <sup>1)</sup>	三連法 <sup>1)</sup>
極限支持力	557 t/m	571 t/m	569 t/m	257 t/m	400 t/m	235 t/m

従来の手法による計算結果と比較すると表-1のようになる。表-1より鉛直荷重時は非常によく一致し、偏心傾斜荷重時も三連法<sup>2)</sup>と良く合うことが分る。このことから、少なくとも地盤支持力に関する限り本工法についても従来法(円形すべり、三連法<sup>2)</sup>)が適用可能であることがいえよう。これは逆にいえばF.E.M.解析による地盤支持力から許容支持力を求める際の安全率としては、従来法の安全率をとりまよいことを意味している。



(2) 版の発生応力及び沈下について

石巻工業港防波堤<sup>2)</sup>(図-2)は、H形鋼沈床を用いた断面で施工され、施工直後(掘削施工直後及びケーソン上蓋施工後)に沈床の発生応力とケーソン沈下量が、又その後、ケーソンの沈下量が現在に至るまで継続観測されている。施工直後の沈床応力の実測値とF.E.M.計算による計算値を比較すると図-3のようになる。載荷前の現地盤の粘着力  $C$  を用い、粘土の  $E$  ( $\alpha > \beta$  型) を  $E = 210C$  とし計算すると実測値より倍に大きな応力となった。(Case No. 24)。仮にサンプリング等による乱れの影響を考慮し、 $E = 210(C/2)$  と大きな値を想定すれば実測値と非常によく一致した。現実の挙動を表わす  $E$  のとり方については、今後の検討課題が外々あると思われる。

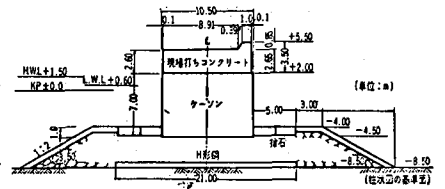


図-2 石巻工業港防波堤一般図(単位:m)

ケーソン沈下量の経時変化については、F.E.M.計算において、二次圧密を考慮する場合(圧密試験の各荷重段階で24時間の載荷時中に現れた二次圧密空間を耐用年限Tまで直線外挿した  $\Delta H$  を求め、この  $\Delta H$  と  $\bar{P}$  より  $m$  を計算し、上述の方法で  $E_t$  と  $\sigma_0$  の関係を求める。)と実測値はよく一致する。この圧密完了時の沈床応力は二次圧密を考慮した場合、考慮しない場合の約1.2倍となる。

3. 室内模型実験結果の解析

幅2.0m、高さ0.6m、奥行0.4m、一面ガラス張りの鋼製土槽を製作し、再圧密した粘土層上に広底版（アルミ製厚さ1.6m、幅30cm、高さ40cm）を置き、油圧ジャッキ、鉛直及び偏心傾斜荷重の実験を行なった。測定項目は、版及び地表面沈下（ダイヤルゲージ）、版の曲げ応力（ストレインゲージ）、地中応力、版の接地圧である。実験結果及びF.E.Mによる解析結果の一部（偏心傾斜荷重、版幅30cm、 $e=1.0cm$ 、 $\theta=10^\circ$ )を図-5.6に示す。実測の荷重沈下曲線から求めた降伏点は、破壊後にサンプリングした試料の一軸圧縮試験から求めた実験標粘土のCを用いたF.E.M解析の値よりかなり小さくなり、 $C=1/2C'$ まで落した場合とよく一致した。これは、使用した粘土が未圧密粘土であり、たために、クリープの影響が大きいと思われるものと思われるが、詳細な検討には致らなかった。版の発生応力は $E=210C$ とすると、実測値よりも大きくなり、 $E=140C$ とすると、た場合に、地盤の降伏点までは、実測値とよく一致した。

4. 設計計算法

上記の検討に基づいて設計計算法を次のとおりとした

- ① 荷重直後に地盤支持力の検討を行う。方法は、従来通り、二つの円形すべり及び偏心傾斜（三連法）による検討とF.E.Mによる計算結果から塑性域の発生状況のみで、地盤が破壊していないことを確認する。
- ② 版の発生応力及び沈下については、二次圧密を考慮した検討を行う。

以上の方法を用い、舞鶴港大岩地盤を対象として試設計を行った。なお、土質常数は、ベンヤン新試験も参考とした。

5. おわりに

従来法による地盤支持力の検討結果との対比、類似構造物の長期的な沈下観測データとの照合により、設計法について一応の提案をみた。今後は、本工法を採用し、現地での実測データを収集することにより更に検討を進めていく必要があると思われる。

(謝辞) 本工法の検討に当たって関係者および研究を助けていただいた富田勇次（広島県港法課長）に謝意を表します。

(参考文献)

- 3) 竹中津之介：粘土のサンプリングとその信頼度、土質材料の力学と試験法における最近の問題点、日本材料試験協会関西支部、1962
- 1) 村上他：石巻工業港防波堤形状鋼版版の応力測定とその解析、工と基礎、Vol.15、No.9、1967.9
- 2) 港湾の建設の技術上の基準、同解説
- 4) 神設資 No.300：“広底版マウンド工法について”1960.3

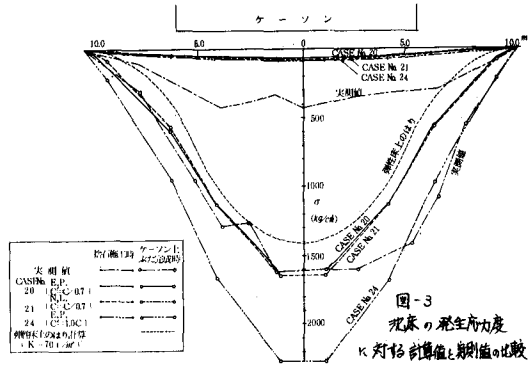


図-3 版の発生応力と対地沈下値と計算値との比較

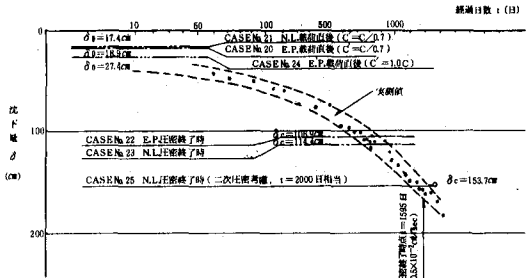


図 3.3.12 ケーソンの沈下量に対する計算値と実測値の比較

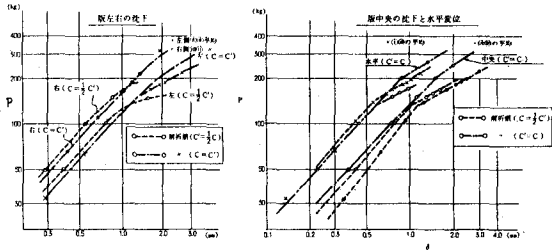
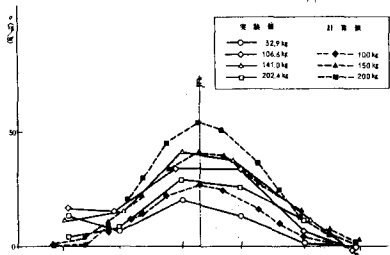
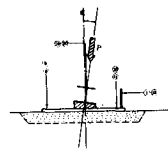


図-5 版の沈下量及び変位量と荷重 (Case 4)



Case 4 (版 300mm x 380mm) 荷重段階毎の版の応力状況