

九州大学 工学部 正員 小坪清真

九州大学 工学部 学生員 石井和夫

I まえがき

近年、構造物は大型化・長大化の傾向にある。殊に現行計画中の本州四国連絡橋の基礎として、多柱基礎やケーソン基礎等が考えられている。構造物の耐震性を考える場合、基礎が重要な役割を果たしている。その耐震性の検討は、我国のように地震多发地帯に属し、軟弱な地盤が多く、その中に基礎が構築される可能性の多い国では重要な問題である。地震時において、構造物周辺地盤の歪は、1%に達することもあるといわれている。このような歪に対して、土は非線型の挙動を示し、構造物は明らかに非線型の応答を示すことになる。従来、基礎構造物の耐震設計には、線型な地盤反力係数を用い、等価な減衰定数を仮定してやる方法が用いられてきたが、最近では、履歴復元力を考慮して、地盤反力係数・減衰定数を求めようとする研究がなされてきている。一般に、構造物周辺地盤の土のテストピースは比較的容易に得られ、三軸試験やせん断試験により、その応力-歪特性が明らかにされる。本論文では、このようにして得られた応力-歪曲線より、ケーソンの復元力を調べようとするものであり、ケーソンを2次元的に理想化し、有限要素法を用いて、各要素にはテストピースより得られた応力-歪特性を与え、復元力の2次元的なヒステリシスループを求め、しごるうち、それをケーソンの長手方向に積分してケーソンの復元力特性を得ようとするものである。この復元力特性が求まれば、これを用いてケーソンの非線型応答計算を行なうことが可能となる。

II 解析方法

図-1に示すような有限要素分割と考える。直径150cmの円筒ケーソンを考え、その境界は、図に示すごとく長辺1250cm・短辺750cmとした。境界条件として節点5~12にX方向自由なローラーを取り付け、節点1, 3, 23~25は、完全固定とした。

土のテストピースの実験結果の代わりに図-2に示すような、 $\sigma_1 - \epsilon_1$ の関係を用い、これを各要素の応力-歪曲線とした。この曲線は応力を歪の関数とし、最良の近似式で近似した。解析手順としては、まず、ケーソン部分にある節点1~4に微小な変位を与え、各要素の応力と歪を有限要素法で計算した。次に、その歪に対するヤング率を図-2より求め、それを各要素の新しいヤング率とし、変位を増加させて、再び応力と歪を計算した。これを繰り返して2次元歪問題を各歪レベルに対して逐次、解いていった。このようにして得られた履歴曲線からケーソンのロッキングによる変位に対応した反力を読み取り、それをケーソン長手方向に積分して復元力を得た。また、ロッキングによる復元モーメントも、反力にロッキングセンターよりの距離を乗じてケーソン長手方向に積分して得られた。

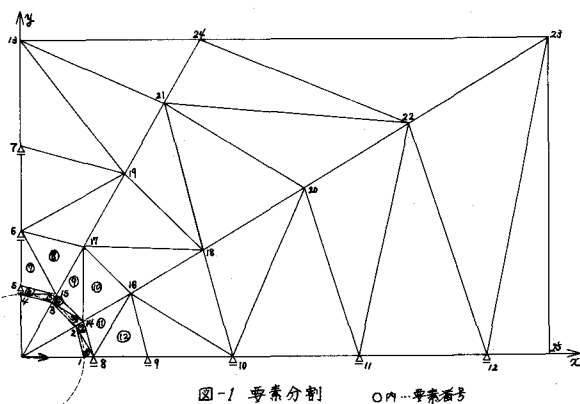
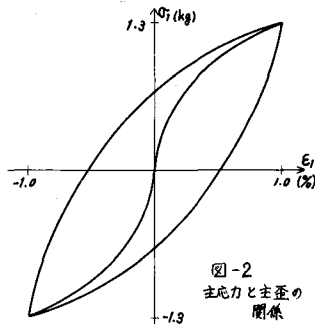


図-1 要素分割

○内…要素番号

図-2
主応力と主歪の
関係

III 有限要素法の精度

精度をチェックするため、2次元弾性論厳密解との比較を行なった。

2次元弾性論は、応力・寸法を図-3のように定義すると次のように表わせる。

$$\frac{\sigma_r \cdot Y_0}{G} \bigg|_{r=Y_0} = - \frac{6(\xi_0^2 + 1)}{4(\xi_0^2 + 1) \log \xi_0 - (\xi_0^2 - 1)} \cos \theta$$

$$\frac{\tau_{r\theta} \cdot Y_0}{G} \bigg|_{r=Y_0} = \frac{6 \xi_0^2}{4(\xi_0^2 + 1) \log \xi_0 - (\xi_0^2 - 1)} \sin \theta$$

$$\sigma_x = \sigma_r \cos \theta + \tau_{r\theta} \sin \theta$$

式中、記号は

$$G: \text{土の剛性率} \quad \xi_0 = R_0 / Y_0$$

図-1 に示した要素分割で要素1~6の弾性応力 σ_x の分布を図-4に示した。表-1には、 σ_x によってケーソン側面に働く反力の合力が示されている。この合力(復元力)は、2次元弾性論による解より、やや大きめにでており、分布も、まだ誤差がありようである。今後、要素の分割法と要素数について精度の検討を行ないたい。

IV 解析結果

図-5に弾性解析の σ_x の分布を示す。図-6は2次元面内で要素1~6の応力 σ_x の合力を縦軸に、ケーソンの変位を横軸にして示した。図-7(a)に示すように、ケーソンの底面上0点をロッキングセンターとし、角度 θ だけ回転させて、その側面反力による復元モーメントを計算し、側面反力分布を図-7(b)に、復元モーメントと回転角の関係を図-7(c)に示した。

図-6に示した反力に比べて、図-7の復元モーメントの方が塑性の影響が小さい。これは、ケーソン底盤の変位が小さいため塑性が効いてこないからである。図-6, 7は、小さな変位に対して示されたものであるが、ヒステリシスループについては、目下計算中である。

参考文献

土と構造物の動的相互作用(土質学会)

有限要素法による構造解析プログラム (三本木茂夫/吉村信敏 日本鋼構造学会)

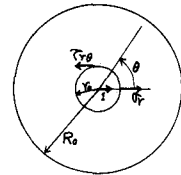


図-3 円形領域地盤内のケーソン

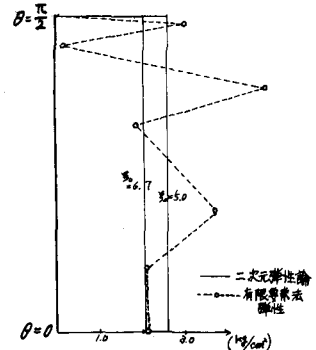


図-4 ケーソン表面 σ_x の分布 ($0 \leq \theta \leq \pi/2$)

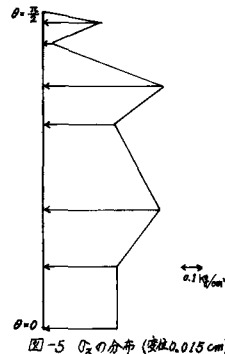


図-5 σ_x の分布(変位0.015cm)

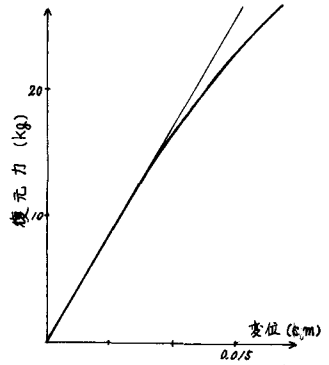


図-6 ケーソンの変位と復元力

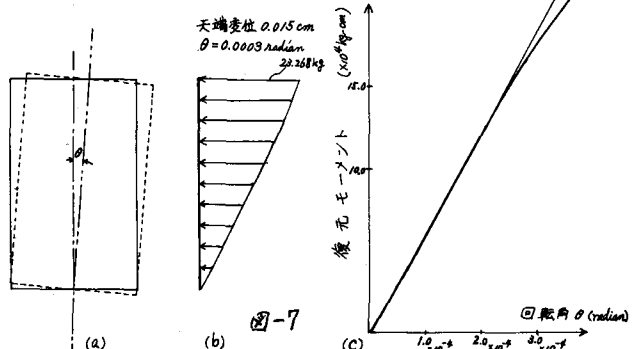


図-7