

日本鋼管㈱	正会員	岡 本 隆
日本鋼管㈱	同上	長 岡 弘 明
日本鋼管㈱	同上	榊 信 昭

まえがき 石油タンク盛土基礎の地震時安定性の問題は、基礎の液状化、および地震時の動液圧により生じる側板直下近傍の基礎の局所的な破壊に大きくわけることができよう。後者は、宮城県沖地震の石油タンク被害¹⁾の一因とも考えられる。本報告では、この側板直下近傍の基礎の挙動を把握するため土の非線形な応力-歪関係を考慮した有限要素法による平面歪解析プログラムを作成し、模型実験により、その適用性を確認した。さらに、種々の基礎について検討したので報告する。

解析手法 タンク基礎地盤の非線形な応力-歪関係は、文献2)に示される双曲線近似を荷重漸増法による非線形弾性解析に適用した Duncan-Chang³⁾らの方法により定式化した。この時、接線変形係数 E_t および接線ポアソン比 ν_t は次式で表わされる。

$$E_t = \left[1 - \frac{R_f (1 - \sin \phi) (\sigma_1 - \sigma_3)}{2c \cos \phi + 2\sigma_3 \sin \phi} \right]^2 K P_a \left(\frac{\sigma_3}{P_a} \right)^n$$

$$\nu_t = \frac{G - F \log (\sigma_3 / P_a)}{(1 - d \epsilon_a)^2}$$

$$\epsilon_a = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{K P_a \left(\frac{\sigma_3}{P_a} \right)^n \left[1 - \frac{R_f (\sigma_1 - \sigma_3) (1 - \sin \phi)}{2c \cos \phi + 2\sigma_3 \sin \phi} \right]}$$

σ_1, σ_3 : 主応力 ϕ : 内部摩擦角 c : 粘着力 P_a : 大気圧

式中の R_f, K, n, G, F, d のパラメータは、三軸圧縮試験により決定される。またアニュラプレートおよび底板は、弾性梁とし、基礎地盤と底板部はバネにより連結されているものとした。基礎と底板部の滑動、浮き上りは、このバネを切断することにより考慮する。

解析手法の検証模型実験 解析手法の検証実験は、図1に示す土槽(1.2×1.0×0.8m)に均一の砂による基礎を作成、その上に底板に相当する鋼板を敷き、地震時に作用する側板からの荷重を載荷し、その時の荷重-沈下の関係を測定した。(ただし、静液圧および地震時の底板部に作用する動液圧に相当する液圧は作用させていない。) この実験結果と上記解析手法により得た解析結果を図2, 3に示す。図2は、側板直下の荷重-沈下曲線を、

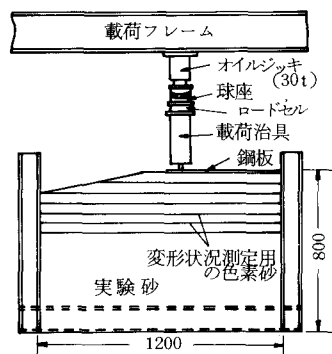


図1 実験土槽および実験装置概略図

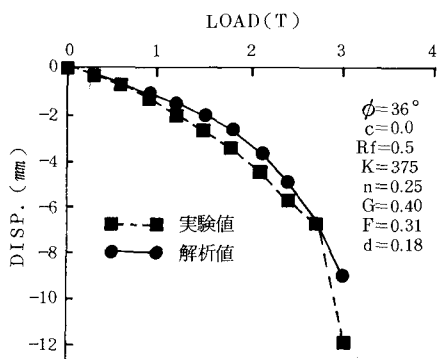


図2 荷重-沈下曲線

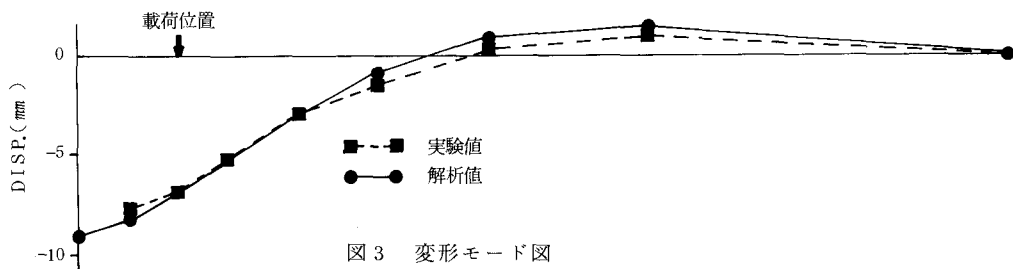


図3 変形モード図

図3は、荷重2.7 t作用時の底板の変形モードを表わしており、両図とも両者は良い一致を示しており、解析手法の検証がなされたものと考ええる。

種々の石油タンク盛土基礎の解析 タンク径，碎石層厚，側板直下のコンクリートブロック寸法，斜面勾配等の影響検討を行うため，種々の解析モデルを設定し，解析を行った。解析は，静液圧に相当する液圧を10ステップに分割，漸増载荷し，さらに地震時の動液圧による荷重を22.5gal/ステップとして漸増载荷した。この時，作用させる動液圧は，ポテンシャル理論により計算し，EL CENTRO，TAFT，NIIGATAの三地震波作用時の最大のものの包絡線とした。解析モデルの要素分割図の一例を図4に示す。（ただし，側板直下近傍のみ） 解析の結果，側板直下のコンクリートブロック（最大45 cm角），斜面勾配は，側板直下の沈下量に大きく関与せず，碎石層厚が大きな要因となる。このため，次に碎石層厚を変化させた解析結果の比較例を一例として示す。図5に地表面の加速度と側板直下の沈下量の関係を示す。碎石層厚が2 mの場合，側板直下の沈下量は，無い場合に比べ約1/2に減少する。また，図6に碎石層厚2 mの場合と無い場合のモール・クーロンの破壊基準の90%以上の応力レベルに達している領域を示した。碎石層の無い場合は，有る場合に比べ，深く，広い範囲に達している。

あとがき 応力-歪関係の非線形性を考慮した石油タンク盛土基礎の解析プログラムを作成し，模型実験により，その適用性を確認した。今後は，これらの解析手法を用い，既設タンクの補強工法についても検討を加えてゆく予定である。

（参考文献）

- 1)土木学会東北支部 「'78年宮城県沖地震調査報告書」
- 2)Konder, R.L., "Hyperbolic Stress-Strain Response :Cohesive Soils" Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE, 89, SM1(1963), Proc.Paper 3429, PP115-143
- 3)J.M.Duncan and C.Y.Chang, "Nonlinear analysis of stress and strain in soil". ASCE, SM5(1970), PP1629-1653
- 4)田村，江刺ら 「貯油タンク基礎の地震時安定性について-数値解析検討」 第12回土質工学研究発表会

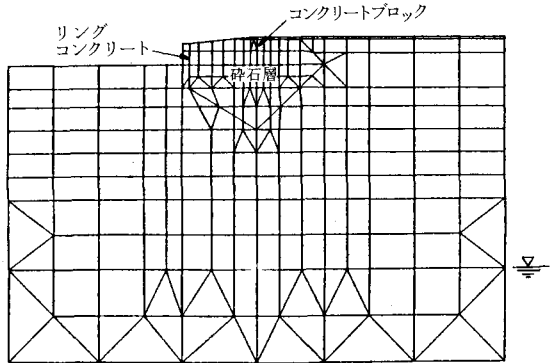


図4 有限要素分割図

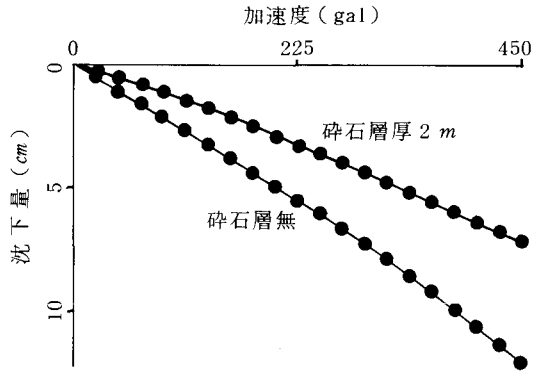


図5 加速度-沈下量曲線

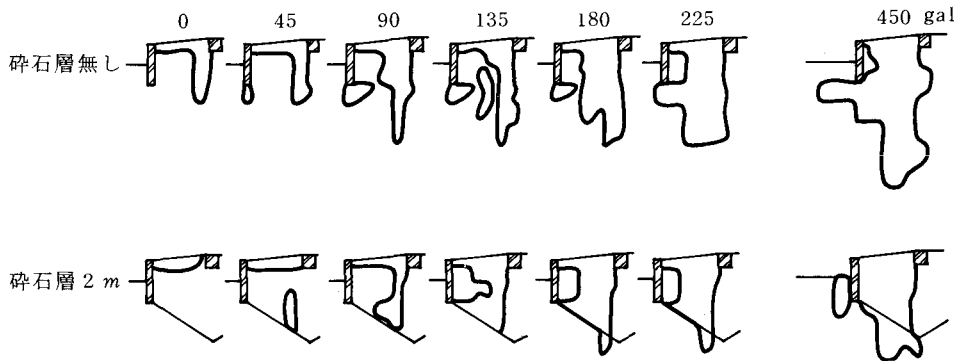


図6 モール・クーロンの破壊基準90%以上の領域