

名古屋大学工学部 学生員 〇小松 章
正員 梶田 建夫
正員 川本 勝万

1 要 旨

近年、石油タンクの不等地下が問題になり、種々の研究がなされてきた。本報では、不等地下時のタンク底板の応力状態を解析する一方法を考察してみる。解析手法としては、有限要素法を用いる。石油タンク構造は、大きく、上部構造(円筒シェルタンク)、下部構造(基礎地盤)に分けられる。これらを一体構造として解析する際、特に底板に注目してモデル化を行う。まず、基礎地盤を地盤係数 K によつて評価した変数バネ支承でモデル化し、タンク構造を円板(Annular plate)と、その周辺端に側板(円筒シェル)を接合させた構造としてモデル化する。このタンクモデルを用いて、実際の不等地下量を与え、地盤係数 K を求め、その時の応力状態を概算する。このような方法が確立されれば、石油タンクの水張り試験時、補修時にタンク底板各部の沈下量を測定し、その結果から応力状態を推定し、応力集中などを考慮するのに利用できる。ここでは、まず、タンク構造のモデル化について述べ、それらによって解析した結果を示す。

2 基礎地盤モデル

地盤のモデルには、地盤を弾性体として弾性係数 E によつて、評価し図-1(a)のように分割するもの、また、図-1(b)のように地盤係数をバネ係数としてバネ支承するものがある。前者は、任意の載荷荷重に対する沈下をうまく表現できるが、後者のバネ支承モデルは、バネ係数が一定の定数バネとして評価された場合、地盤の相互作用を表現できない。図-2は、5層R線級の石油タンク(図-1(a)地盤モデル

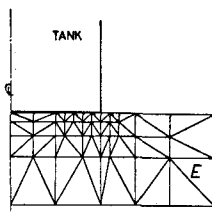


図-1(a) 地盤モデル

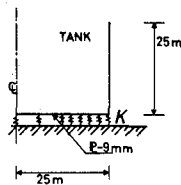


図-1(b) バネ支承

(a)、(b)のような地盤モデルによつて、有限要素解析した結果を示している。一方、地盤係数を地盤の相互作用を考慮して底板各部を変数バネ支承すれば、沈下をうまく表現できる。図-3は、地盤係数 K と底板の沈下量 W の関係を示している。

本解析では、このような変数バネによりタンクを支持し、地盤係数 K を考慮することにより、底板の沈下を表現する方法を用いる。

3 タンクモデル

石油タンクは3次元構造であるため、その構造の全体を理想的な有限要素(シェル要素)を用いて解析することは、膨大な連立方程式を長時間かけて解かなければならない。これは、不経済であり、計算不可能な場合もある。本解析では、底板の沈下量を与え、地盤係数を反復計算により推定し、その時のタンク底板の応力状態を求める。この解析に対し最適なモデルとして、タンク底板を板曲げ構造(節点より自由曲をもつ円板^{*1)}と、側板を円筒シェル構造(節点より自由度)とに分け、接合させた構造を用いた。図-4にタンクモデルと、その変位を示す。円筒シェル要素は、Magard^{*2)}の20自由度(節点より5自由度)の要素

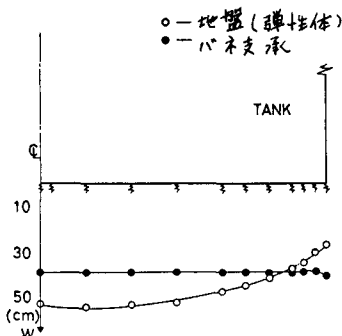


図-2 沈下量の比較

あり、計算不可能な場合もある。本解析では、底板の沈下量を与え、地盤係数を反復計算により推定し、その時のタンク底板の応力状態を求める。この解析に対し最適なモデルとして、タンク底板を板曲げ構造(節点より自由曲をもつ円板^{*1)}と、側板を円筒シェル構造(節点より自由度)とに分け、接合させた構造を用いた。図-4にタンクモデルと、その変位を示す。円筒シェル要素は、Magard^{*2)}の20自由度(節点より5自由度)の要素

に、円板の変位と適合させるため、新たに、 x 軸まわりの回転角 θ_y を付け加えたものである。

このタングモデルを用いて、静圧時の5万kg/cm²の石油タンクを解析した結果、円板モーメント M_x の分布（円板周辺端付近の分布）を図-5に示す。また、この解析に対して、軸対称シェル要素^{*3)}を用いた場合の結果を示し、側板の要素分割を減少させた例（側板を4分割）も示す。これらの結果より、本解析のタングモデルが十分に円板モーメント M_x の分布を表現することができていることがわかる。さらに、側板の分割数を少なくした場合、全体として M_x の値が大きくなっているが、分布状態は、上述の結果と合っている。

4 解析結果

図-5は、不等死下を起している理想的な底板の死下に対する解析であり、地盤係数 K の推定に要する反復回数は、10回以内である。

不等死下に対する解析、および、その考察は、当日示す。

参考文献

*1) Olson, M. D. and Lindberg, G. M. "Annular and Circular Sector Finite Element for Plate Bending" *International Journal Mechanical Sciences*, 1970, vol. 12, PP. 17-23.

*2) Magård, G. "Planar and Curved Elements", *Finite Element Methods in Stress Analysis*, ed. Holand, I., & Bell, K., TAPIR 1969.

*3) Grafton, P. E. & Strome, D. R., "Analysis of Axisymmetrical Shells by the Direct Stiffness Method," *AIAA Journal* Vol. 1, No. 10, 1963, PP. 2342-2347.

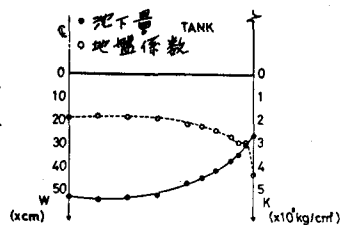


図-3 死下量と地盤係数の関係

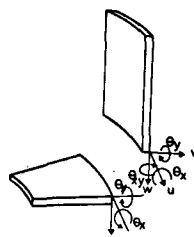


図-4 要素と変位

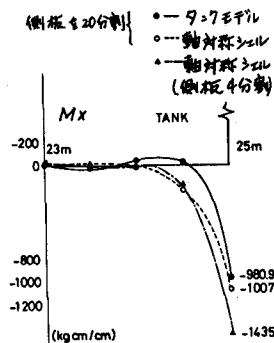


図-5 底板端付近の M_x の比較