

関西電力株式会社 正員 大西 正 記
 (株)総合技術コンサルタント 正員 又保田 隆三郎
 (株)総合技術コンサルタント 山本 国 勝

1. よえがき

最近の燃料事情から、石油備蓄の強化あるいはLNG・LPG等代替エネルギーの導入が進められ、さらに立地条件などから地下タンクの築造が要請されている趨勢にある。筆者らは、火力発電用燃料タンクとしても適用可能なRC製地下燃料タンクの構造上の問題を解明し、設計手法を確立するため検討を行ってきた。そこで今日までの研究成果の第1報として、主に側壁と底板の結合構造の解析的研究について報告するものである。

2. 設定諸元

研究対象とする地下タンクに関する設定諸元は、立地条件として臨海部の埋立地を、基本構造材料として鉄筋コンクリートと想定し、表-1に示すように定めた。

型 式	円筒形RC 地下燃料タンク	容 量	40,000 K ²
地下水位	G.L. - 0.5 m	温 度	油: 60℃ 地盤: 20℃
周辺土質	N値 10	貯蔵油種 と貯力	100 t/m ²

表-1 地下タンクの設定諸元

3. 結合条件による構造寸法の比較

側壁と底板との結合条件の差は、その不静定力の差からRC製貯槽の場合、部材に与える影響が大きい。そこで軸対称荷重状態に対して、ピン結合と剛結合のそれぞれの場合について、断面力・構造寸法と求め比較すると図-1に示す通りである。考慮した荷重は、土圧・水圧・油圧・温度差であり剛結合の場合には、特に底板に発生する温度差応力および揚圧力による応力が、側壁の断面力を大きく支配し、ピン結合とした場合にくらべ各部材の寸法が大きくなっている。構造寸法上の観点からみると、以上のことから側壁と底板の結合条件としては、ピン結合とする方が有利となる。しかしながら地下タンクの場合、地下水面下相当深い位置においてピン構造を構築する必要があり、図-2に示すような理想的なピン構造の構築は、困難と考えられた。漏水の可能性や地震時の挙動に対する不安定性から側壁と底板を最小限締結しておく必要があるなどの問題を考えると、図-3に示すような面タッチした単純な構造によるピンとしての挙動がどの程度期待できるかを確認しておく必要が生じた。

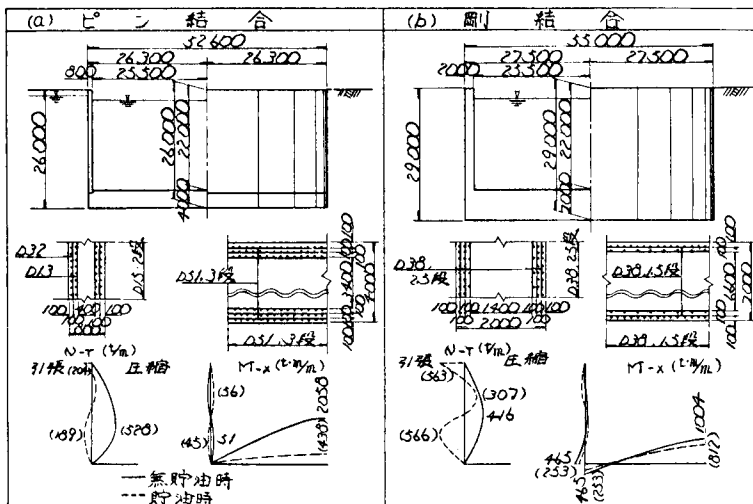


図-1 結合条件による構造寸法の比較

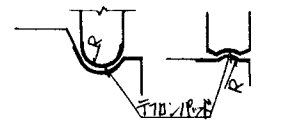


図-2 理想的なピン構造

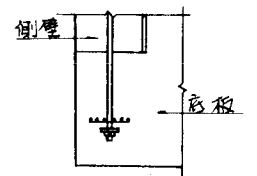


図-3 面タッチしたピン構造

4. 結合構造の解析的研究

(1) 2次元平面ひずみモデルによる解析 ; 図-3に示す面タッチした構造での回転に対する拘束度を究明するため、結合部分を図-4に示すような平面ひずみモデルにより評価し、剛結合・ピン結合・ピンを模擬した弾性支承結合の3ケースに対し解析を行い、相対比較により影響度を求めた。

表-2に示す条件に基づき解析を行なった結果は、図-5~7に示すようである。ピン結合と剛結合では、およそ1:2の回転拘束度となっており、単に有効幅の比にのみ影響されている。また弾性材料を挿入した場合を理想的なピンに近い構造とすれば、弾性支承結合とピン結合との拘束度の比は、およそ1:500であり、図-3に示したような構造では、結合部の不静定力を解放するには至らないことが明らかである。

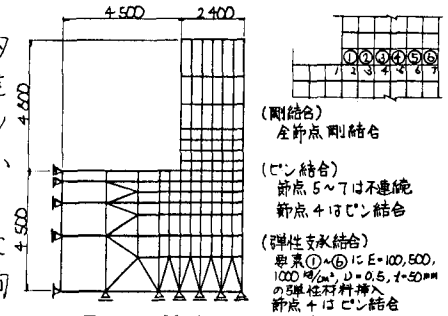


図-4 解析モデル及び節点条件

要素の物性値	$E = 2.7 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$
	$\nu = 0.1667$
荷重条件	$N(t)$ 150
	$H(t)$ 25 75 150

荷重はモデル天端に分布荷重として作用する。

表-2 解析条件

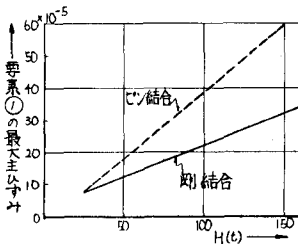


図-5 ピン結合・剛結合の水平荷重とひずみの関係

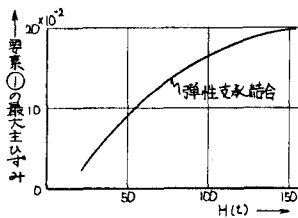


図-6 弾性支承結合の水平荷重とひずみの関係

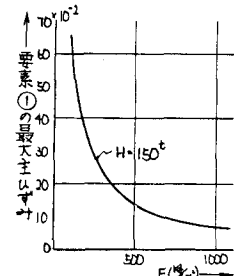


図-7 弾性材料のグレードとひずみの関係

(2) 3次元弾塑性解析による照査 ; (1)において結合部と平面ひずみモデルに置き換えたが、実構造物の持つ曲率の影響がどのようなものであるかを確認するため、(1)と同じモデルに半径25.5mの曲率を与え、図-8に示すコンクリートの応力-ひずみ関係に基づき解析を行った。その結果は、図-9, 10に示す通りであり、引張側では若干の差が認められるものの応力分布・応力レベルとしては、概して大差なく十分平面ひずみモデルに置き換える手法に妥当性のあることが裏付けられた。また塑性域までを考慮した解析によると、図-9に示すようにひずみレベルが大きくなっており、図-3に示す構造での塑性ヒンジ的挙動の可能性を示しているが、現設計法では弾性域内での挙動が、全体構造を支配するという基本的考えから、今回は参考データにとどめた。しかし現実には、塑性域での問題を説明することなく剛結に近い構造が、ピンとして採用されているようである。

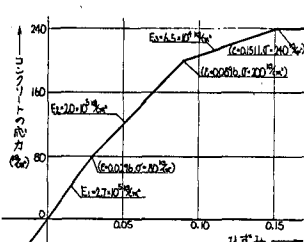


図-8 解析に用いたコンクリートの応力ひずみ関係

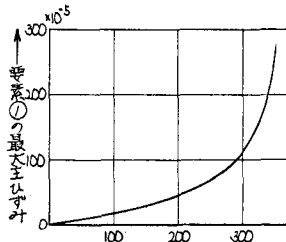


図-9 塑性域を考慮した水平荷重とひずみの関係

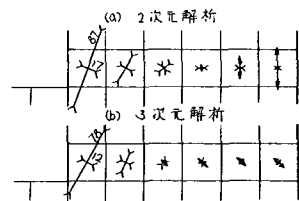


図-10 結合部での主向力の比較図

5. あとがき

RC製地下タンクで構造上最も重要な結合部構造について、解析的に検討を加えた結果、図-3に示す構造では、ヒンジとしての挙動を期待することはできないと結論づけることができる。したがって、理想的なピン構造とするには、ゴム支承等の導入を必要とすることが明らかとなった。しかし解析上説明できる限界を考慮し、実験による検証を行った。この結果については第2報で報告する。