

関西電力株式会社 総合技術研究所 正会員 大西 正記

原田 次夫

藤 征雄

1. まえがき 石油, LNGなどエネルギー源の大部分を海外に頼っているわが国においては, エネルギーの安定供給を計るため, 常に一定量を備蓄しておく必要がある。とくに, 最近の予想しがたい石油価格の高騰, 不安定な国際情勢を考えた場合, 積極的に備蓄を進める必要性が痛感され, 新しい方式の確立が望まれる。

第1報では, 地下燃料タンクの基本構造の検討ならびに構造規模を決定する結合部構造の重要性について述べ, 通常, 採用されている面タッチしたピン構造というものが, ピンとして有効に働いていないことを解析的に明らかにした。さらに, これら結果を踏まえ, タンク側壁と底板との結合構造の違いによる挙動を実験的手法により追究したので, 以下, その概要を報告する。

2. 結合部二次元構造実験

(1)実験モデルならびに供試体の製作 一般に, 構造実験においては, 究明すべき目的, 内容により種々のモデル化が行われるが, ここでは, 結合部構造の違いによる挙動を明確にすることから, 図-1に示すような部分モデルを設定した。結合部構造としては, 実績地下タンクおよび, これまでに実施した数値解析結果をもとに剛, ピン結合およびピン結合を模擬した弾性支承結合の3タイプを設定した。図-2に各タイプの概略構造図を示した。

供試体の数は, 各タイプ3体, 合計9体製作した。なお, 供試体製作に当って, 剛結合は, 側壁と底板を一体として打設し, ピン結合は, 断面中心に鋼棒を入れ側壁と底板をそれぞれ別々に打設し, 結合部に打継目を設けることとした。また, 弾性支承結合は, 側壁と底板を別々に打設し, 実験時, 弾性材料を挟んで接合することとした。

(2)使用材料と物性 モデル製作に用いた鉄筋は, 全てSD30で, 引張主鉄筋がD/3, ピン結合部は, D22を用いた。普通ポルトランドセメントを使用し, 品質の均等化を計るためモルタルコンクリートとした($\sigma_c = 240 \text{ kg/cm}^2$)。また, 弾性材料には, 硬度50の天然ゴムを用いた。なお, 使用した, 鉄筋, モルタルコンクリートおよび弾性支承材料の弾性係数は, それぞれ, $E_s = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$, $E_c = 2.67 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$, $E_g = 2.2 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ であった。

(3)載荷方法および載荷ケース 載荷は, JISならびに予備検討結果に基づき, 個々の実験状況にあわせて30t手動式油圧ジャッキにより行い, $\sigma_c = 2 \sim 3 \text{ kg/cm}^2$ 相当以下とした。載荷ケースは, ①曲げモーメント②せん断力③曲げモーメント+せん断力の3ケースとし, 載荷位置とともに図-3に示した。写真は, 載荷ケース①の実施状況を示したものである。

(4)実験結果および考察 剛およびピン結合において, 曲げモーメントのみを作用させた場合のA点のたわみとB, C点の鉄筋のひずみ関係

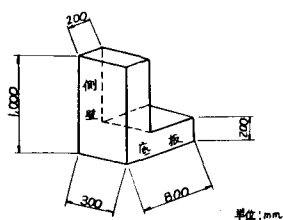


図-1 結合部実験モデル

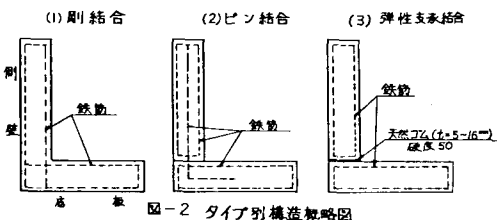


図-2 タイプ別構造概略図

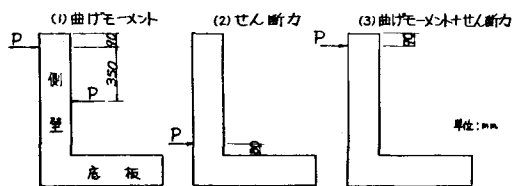


図-3 載荷位置および載荷ケース

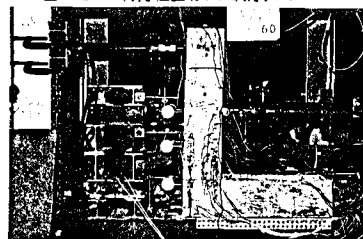


写真 実施状況

を、それぞれ図-4,5に、また、(曲げモーメント+せん断力)を作用させた場合のそれらを、それぞれ図-6,7に示した。

○曲げモーメントのみを作用させた場合、図-4の初期たわみは、当然のことながら

、剛結合の方がピン結合の $\frac{1}{2}$ 以下で、剛性の高い挙動を示している。結合部剛性は、理論上、剛結合がピン結合の2倍弱であるので、曲げモーメント作用時の初期たわみの違いは、剛結合の引張側コンクリートの寄与によるものと考えられる。

○図-5の剛結合の場合を見れば、荷重2tまでは、鉄筋のひずみも、ピン結合の $\frac{1}{2}$ 程度となっている。しかし、荷重が2tを過ぎると、結合部の剛性は、急激に低下している。この時、鉄筋の応力は、400MPaをこえる程度であるがコンクリートには、すでにクラックが発生しており、したがって、コンクリートの引張破壊耐力をこえている。このため、結合部の剛性の急激な低下は、引張側コンクリートに発生した初期クラックあるいは、ひび割れによるものと思われ。

○(曲げモーメント+せん断力)を同時に作用させた場合、図-6に示すように、A点の初期たわみは、剛およびピン結合とも

ほぼ同等である。また、剛結合の引張側コンクリートにひび割れが発生したと想定された後も、荷重～たわみの関係は、ほぼ同様であって、結合部構造の違いは明確にはあらわれていないといえる。このことは、図-7の剛結合の場合、荷重1.2t近くで、ひずみが急増していることから、曲げモーメント作用時に比べて早い荷重段階で、引張側コンクリートにクラックが発生したためと考えられる。これらのことから、初期のある荷重段階を過ぎれば、ピン結合と剛結合とは、力学的に同様な挙動を示すようである。

○図-8は、ピン構造を模擬した弾性支承結合の実験結果を、単位荷重(1t)で評価し、材料厚で整理したものである。A点のたわみは、 $t=5$ mmと10mmの間で、急激に増加しており、材厚とたわみの関係には、線形関係はない。これは、弾性材料とコンクリートの接着面の影響、側壁自重による弾性材料の初期変形などに起因するものであろう。このことは、今回、設定したモデル規模の範囲内では、材料厚5mmと10mmの間に、前述した影響を無視しうる材厚が存在していると考えられるので、実設計においては、材料の弾性係数、材厚等十分考慮して材料の選定を行う必要のあることを示唆している。

以上のことから、通常採用されている面タッチしたピン構造というもの、は、ピンとして有効に働かないことがわかる。また、ピン構造を模擬した弾性支承結合によれば、結合部の拘束を効率よく解放できる理想的な結合構造に近いものとして行うことができるが、実用化に対しては、なお多くの検討を必要とするものである。

3. あとがき タンク結合部の検討については、今後も解決していかなければならない重要な問題の一つである。このため、今回の二次元実験にとどまらず、三次元の検証実験計画を進めており、地下タンクの構造設計とその確立を計りたいと考えている。最後に、この実験を行うに当たり、御指導いただきました、近畿大学 理工学部 谷平助教に厚く感謝の意を表する次第であります。

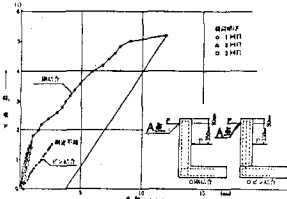


図-4 荷重～たわみの関係(曲げモーメントのみ作用)

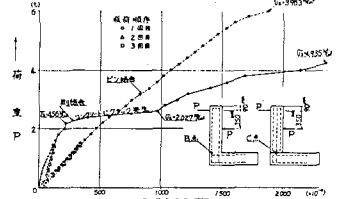


図-5 荷重～鉄筋のひずみの関係(曲げモーメントのみ作用)

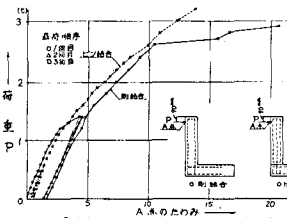


図-6 荷重～たわみの関係(曲げモーメント+せん断力の同時作用)

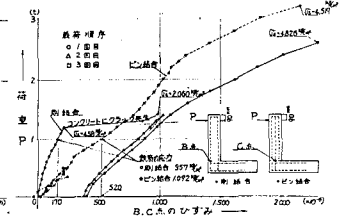


図-7 荷重～鉄筋のひずみの関係(曲げモーメント+せん断力の同時作用)

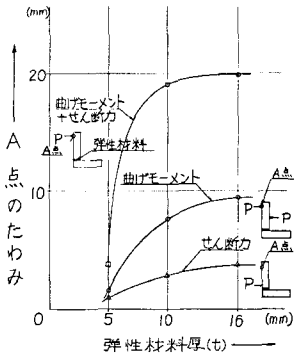


図-8 単位荷重(1t)によるたわみ量の変化