側壁底版剛結構造型LNG地下タンクの設計

清水建設株式会社	正会員	柏木	幹生
西部ガス株式会社		平田	和浩
東京ガス・エンジニアリング株式会社		高木	淳
東京ガス株式会社	正会員	川村	佳則
清水建設株式会社		伊藤	暁

Ø43000

1.はじめに

西部ガス(株)では、長崎地区に供給している都市 ガスの原料を従来の石油系から天然ガスに転換する ため、長崎市小江町にLNG基地を建設している。

LNGの貯蔵設備となるT-1貯槽は容量 35,000klの地下タンクである(図-1参照)。 T -1貯槽の型式上の特徴として、側壁と底版の接合 部に剛結構造が採用されていることが挙げられる。

剛結部の設計方法について以下に述べる。

2.全体解析

部材設計に用いる構造解析(躯体の全体モデル)は、底版厚~ 底版内径比、側壁厚~側壁高さ比が大きく、形状としてはシェル として扱うのが妥当と判断し、シェル要素によるモデル化を行った。

シェル要素では部材厚の影響を、 要素剛性(曲げ剛性、軸剛性、せ ん断剛性)によって評価する。こ の方法は一般部での再現性は高い が、剛結のように剛性が急激に変 化する部分では解析誤差を産む要 因となる場合がある。そこで、ソ リッド要素モデルとシェル要素モ デルの比較検討を行い、剛結部の 挙動が合うように底版と側壁をつ なぐ剛体バーを設けてハンチの影 響を反映した(図-2参照)。また、 シェル要素では壁厚を剛性でしか 表現できないので、荷重や拘束バ ネ値についても、壁厚を考慮して 補正を行った。



水圧作用時に側壁に発生する鉛直方向

曲げモーメントの比較結果を図 - 3 に示す。剛結部でシェルの方がやや大きめだが、両者はほぼ一致している。

キーワード:LNG地下タンク,剛結,シェル要素,止水検討 連絡先:〒105-8007 東京都港区芝浦1-2-3 シーバンスS館 TEL 03-5441-0595 FAX 03-5441-0543



3. 剛結部の解析

前述のモデル比較により、ソリッド要素モデルにおいてハンチ部の円周方向曲げモーメント(引張り力)がシェ ル要素モデルより大きいことが確認された。(図-4参照:水圧を作用させた場合)

これはハンチ内に生じる円周方向引張応力に起因するものであり、この応力をハンチ内の円周筋の設計に考慮 する必要があるため、剛結部の解析にはソリッドモデルも併用した。(図-5参照)



4.止水性の検討

地下タンクの場合、メンブレン及び保冷の目標性能を損なわないよう止水性を確保する必要があり、完成後の 凍結止水(躯体が凍結することでひび割れから浸透してくる水を凍結させて止水する)が可能となるように、施 工時に発生するひび割れを抑えることが要求される。特に側壁は外部拘束が卓越するため、基本的には貫通ひび 割れとなる。そこで、以下の方法で、施工時に許容できるひび割れ幅の算定を行った。

- ・漏水の凍結に要する熱量(=qr)がひび割れ面の側面の躯体に吸 熱され、吸熱量(= qsi)が漏水の顕熱+潜熱分の熱量を上回っ た時点で凍結すると考える。(図-6参照)
- ・吸熱量は漏水温度と躯体が同じ場合は比熱の式、漏水温度が 躯体より高い場合は熱伝導による熱交換の式を適用する。
- ・なお、コンクリートの漏水量は下式による。(文献1) Q=K(w-w₀)^{3.2} K=H・ /(12 ・µ・D) Q:ひび割れ単位長さ あたりの漏水量,w:平均ひび割れ幅,透水を生じないひび割れ 幅(=0.02mm:文献2での安全側の設定。),H:水頭, :水の密度, ひび割れ指数(=7), μ:水の粘性係数,D:壁厚

その結果、施工時ひび割れ幅0.4mmの場合に凍結止水が確保で きることがわかり(図-7参照)施工時の許容ひび割れ幅0.2mm と設定し、それを実現できる配合設計を行った。



 kN/m^2

3000.

1000

-1000

-2000

-4000

5. まとめ

検討結果を以下に示す。

- ・側壁下端部と底版外周部に剛体バーを設けることにより、シェルモデルで挙動をほぼ再現できる。
- ・剛結部(ハンチ部)の円周方向については、ハンチ内に生じる円周方向引張応力の影響をより詳細に考慮す るために、ソリッドモデルによる検証も併せて行うことのがよいと考えられる。

 漏水と躯体の冷熱とのバランスにより、凍結止水に必要なひび割れ幅を算定した結果0.4mmとなった。 参考文献 [1]「発電所廃棄物陸地貯蔵・処分用コンクリートピットの水密性に関する研究」(S62 電力中央研究所報告)

[2]「コンクリートのひび割れ調査」補修指針日本コンクリート工学協会 1981.11