

RC 非線形解析による側壁 - 底版剛結合同型 LNG 地下式貯槽隅角部の挙動確認

東京ガス 生産技術部 正会員 中野正文*1
 東京ガス 生産技術部 正会員 青木浩之*1
 大林組 土木技術本部 正会員 遠藤秀彰*2
 大成建設 土木本部 正会員 山本 平*3

1. はじめに

東京ガス(株)扇島工場にて現在建設中である No.3LNG 地下式貯槽で採用された剛結合同型は、貯槽側壁と底版を一体化することにより、不静定次数が上がり構造物としての靱性および耐力が向上するという大きな長所を持つ。しかしながら、剛結合同型地下式貯槽では常時（通常の運転状態）においても側壁 - 底版隅角部に非常に大きな力が集中するため、安全を期するには隅角部の挙動を確認する必要性、換言すれば隅角部の耐荷力の定量的評価および破壊モードと破壊箇所を予測する必要があると考えられた。解析手法には従来の線形解析では実現不可能なため、軸対称 RC 非線形解析を適用した。

2. 目的と解析条件

側壁 - 底版隅角部の安全性を確認する意味で、本解析の目的は次の3点とした。側壁 - 底版隅角部の破壊が側壁あるいは底版の破壊に先行しないことを確認する。隅角部補強筋の必要性を確認する。隅角部近傍の耐荷性能を定量的に評価する。

解析条件は次の通りである。荷重としては隅角部に対して最も支配的である揚圧力のみを考慮し、破壊に至るまで漸増させた。境界条件はLNGによる温度降下に伴い側壁が半径方向に収縮することにより連続地中壁との間に間隙が生じることを考慮して側壁上端の鉛直方向の固定のみ付与し水平方向は自由とした。

解析は静的軸対称RC非線形解析である。解析コードには東京大学工学部土木工学科コンクリート研究室において開発されたWCOMD - SJ¹⁾を使用した。解析モデルは、側壁および底版を軸対称ソリッド要素でモデル化している。貯槽の屋根および側壁の外側に構築されている連続地中壁はモデル化していない。コンクリートの圧縮強度は設計基準強度とし、引張強度は終局限界状態における値とした。解析は、いずれかの要素が表-2に示す破壊基準に至ると終了する。破壊基準値には経験的に設定されている値を用いた。解析ケースは隅角部補強筋の必要性を確認するために、表-3に示す2ケースとした。

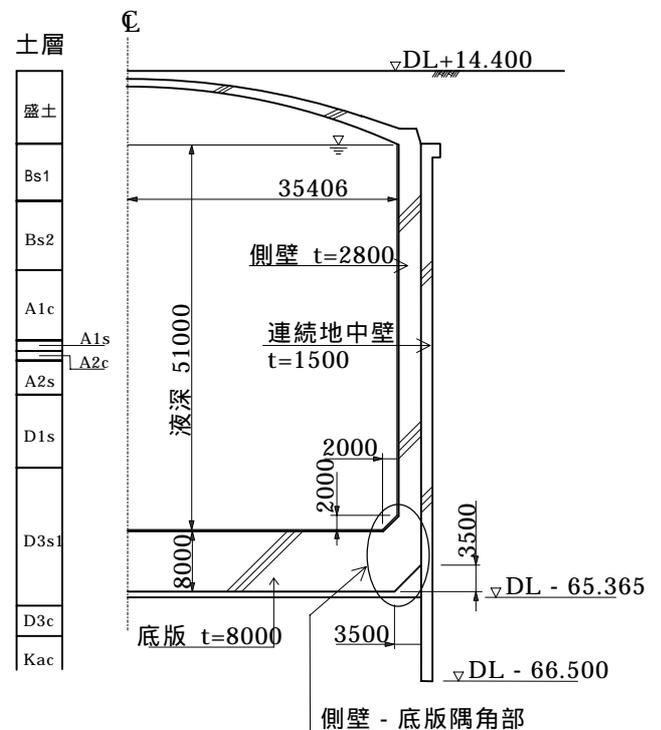


図-1 貯槽全体図

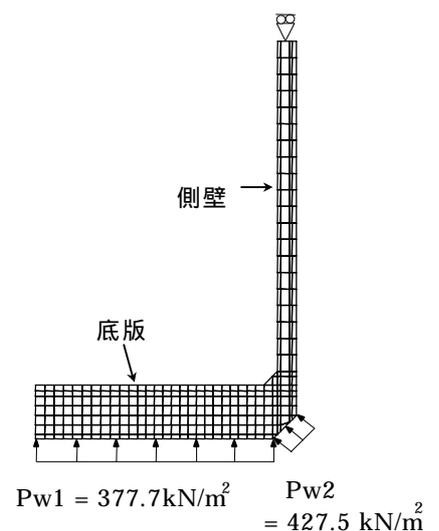


図-2 解析モデル・荷重条件・境界条件

キーワード： 地下式貯槽，剛結合，非線形解析

*1 : 〒230-0055 神奈川県横浜市鶴見区扇島 4-1 TEL.044 - 392 - 7182 FAX.044 - 287 - 2180
 *2 : 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ TEL.03 - 5769 - 1308 FAX.03 - 5769 - 1971
 *3 : 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 新宿センタービル TEL.03 - 5381 - 5417 FAX.03 - 3342 - 2084

3. 解析結果と考察

作用荷重 / 設計荷重比と底版中央部変位 の関係を図-3 に、隅角部近傍のひび割れおよび破壊箇所を図-4 に示す。破壊モードはケース1ではせん断破壊，ケース2では引張・圧縮・せん断破壊を併発するモードとなった。終局耐力はケース1では設計荷重値の2.3倍，ケース2では3.0倍である。補強筋を有するケース2のほうが同一荷重強度作用時における隅角部内部のひび割れ進展度合いが低い。即ち，隅角部に図-5 に示す補強筋を配置することにより隅角部の耐力が高まったと考えられる。また，補強筋を有するケース2では高い変形性能を持つことが作用荷重 / 設計荷重比と底版中央部変位 の関係を示したグラフから読み取れる。また，補強筋の設置により破壊箇所が隅角部内部から側壁下部へ転移しており，側壁 - 底版隅角部の破壊が側壁あるいは底版の破壊に先行しないことを確認した。

表-1 材料定数

部位	コンクリート		鉄筋 材質
	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	
底版	24	1.9	SD390
側壁	60	3.5	SD345

表-2 破壊基準

破壊基準分類	破壊基準値(主ひずみ)
引張破壊基準	0.030 (3.0%)
圧縮破壊基準	- 0.010 (- 1.0%)
せん断破壊基準	± 0.020 (± 2.0%)

表-3 解析ケース

解析ケース	隅角部補強筋
ケース1	無し
ケース2	有り

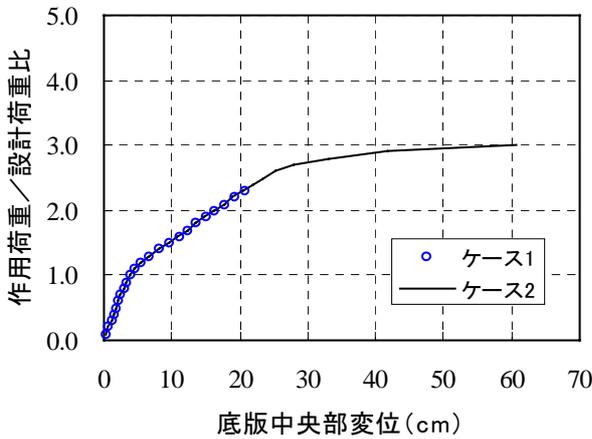


図-3 作用荷重 / 設計荷重比 - 変位関係

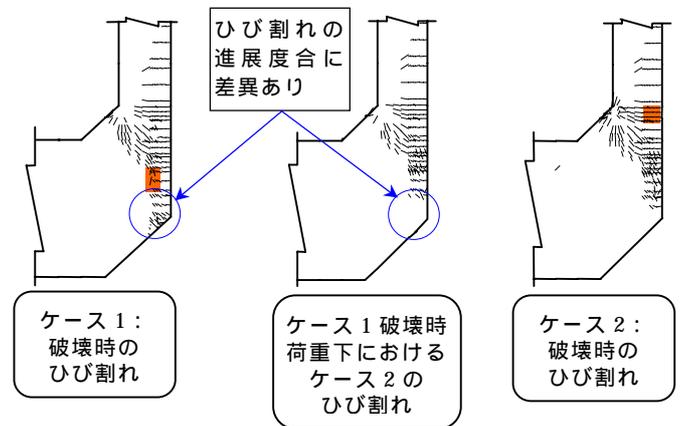


図-4 ひび割れ，破壊箇所 (図中の ■部が破壊箇所)

4. まとめ

RC 非線形解析を適用することにより 2 章に掲げた 3 つの目的を達成し，簡略化された条件下ではあるものの側壁 - 底版剛結混合型 LNG 地下式貯槽隅角部の挙動を確認することができた。従来の使用してきた線形解析のみでは不可能であったが RC 非線形解析を適用することにより実現できたのである。

今後は今回得られた知見を基に，L2 地震時に対する設計や RC 屋根の構造安定性検討など他の問題点についても RC 非線形解析を有効に活用していきたい。

参考文献

1) 岡村甫，前川宏一：鉄筋コンクリートの非線形解析と構成則，技報堂出版，1991。

謝辞

本検討の全般にわたり御指導を賜りました高知工科大学 岡村甫学長に深謝致します。また解析に關して的確な御意見をいただいた東京大学コンクリート研究室 前川宏一教授，安雪暉 助教授にも感謝致します。

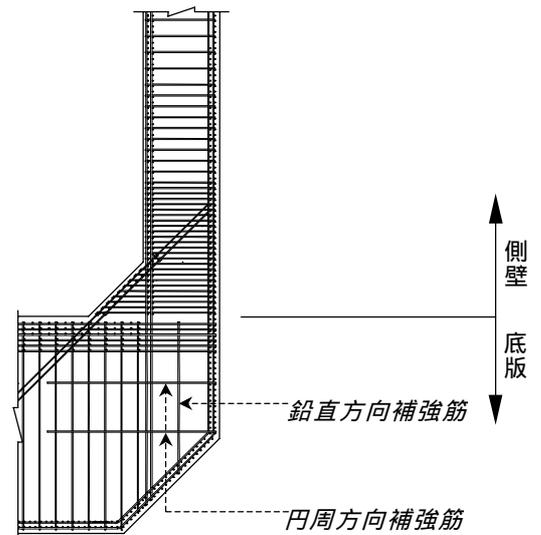


図-5 側壁 - 底版隅角部配筋図