

LNG地下タンク剛結構造底版のせん断耐力の研究

清水建設(株) ○正会員 伊藤 健二
 東京ガス(株) 正会員 川村 佳則
 清水建設(株) 正会員 若林 雅樹

1 はじめに

従来のLNG地下タンクでは、側壁と底版にピン結構造が採用されており、底版コンクリートのせん断耐力の算定には既往の大型円盤実験^{*1}の結果を反映した円板効果を考慮した設計がなされている。これに対して、最近では、より合理的な側壁・底版剛結構造の地下タンクが建設されるようになってきた。本研究は、剛結構造の地下タンクにおける底版コンクリートの円板効果を解析的に明らかにすることを目的として行ったものであり、解析には東京大学コンクリート研究室にて開発された鉄筋コンクリートの非線形解析プログラム「WCOMD」を用いて行った。また、剛結構造の底版挙動を把握する(STEP-2)にあたっては、前述の大型円盤実験の再現を解析的に行い(STEP-1)、WCOMDによる解析の妥当性の確認を行った。

研究成果として、剛結構造の底版コンクリートのせん断耐力は、はりのせん断耐力の4~5倍程度、また、ピン結合の底版に比べても3倍程度のせん断耐力があることが明らかになった。

2 STEP-1：大型円盤実験の解析的検証

(1) 実験・解析の概要

大型円盤実験は、実構造物の1/8程度の縮尺模型試験体を用いて行い、荷重～変形関係やひび割れパターンを計測した。実験概要を図-1に示す。また、解析は8節点アイソパラメトリック要素を用い、鉄筋は要素に占める鉄筋の体積比を入力値とした。また、支承はピンスライド支承とし、等分布荷重を20 (kN/m²) ずつ増分载荷した。

(2) 実験結果と解析結果の照合

図-2に実験及び解析により得られた破壊直前のひび割れパターンを示す。これによると、破壊性状はせん断破壊を示し、破壊パターンは実験結果とよく一致している。一方、図-3は実験及び解析の荷重～変形関係を示したものである。乾燥ひび割れにより試験体表面の引張強度が低下したこと等の影響により、解析結果の方が若干剛性が高めに評価されているが、最大荷重はいずれも400 (kN/m²)であり、よく一致した結果が得られた。

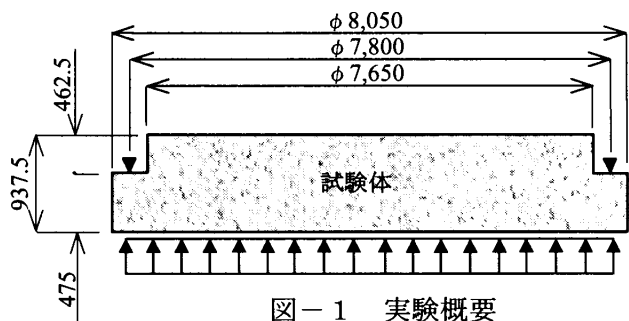


図-1 実験概要

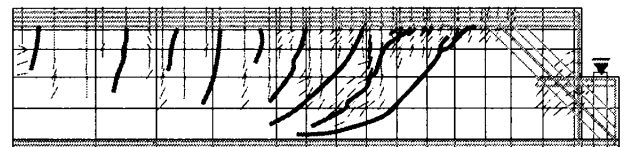


図-2 ひびわれパターン

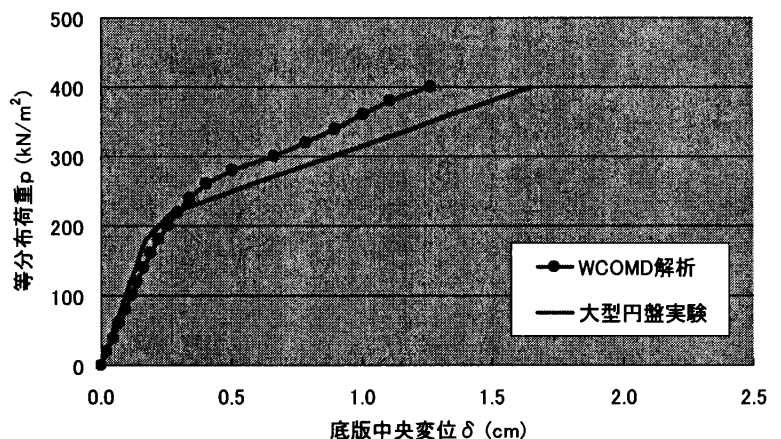


図-3 荷重～変形関係

3 STEP-2：剛結構造底版の挙動把握

(1) モデル化

剛結構造の底版の挙動を把握するために、本研究では底版と側壁下端部を表-1に示す簡易な3つのパターンにモデル化した。

表-1 モデル化

モデルと支持条件		目的
M-①	底版のみピン支持	純円盤のせん断耐力の把握
M-②	底版・側壁下端ピン支持	側壁下端が降伏した状態を想定
M-③	底版・側壁下端固定支持	側壁下端部が健全な状態を想定

(2) 解析結果

M-①の底版のみをピン支持したケースでは、せん断耐力がはりのせん断耐力の1.5倍の結果が得られたのに対し、M-②の底版・側壁下端ピン支持のケースでは、はりのせん断耐力に比べて1.8倍のせん断耐力が得られた。これは、リングである側壁が円周方向筋の拘束効果と同様にせん断ひび割れの進展を拘束したためと考えられる。

これに対して、M-③の底版・側壁下端部では、ピン構造と比べて曲げモード、せん断スパン比及び軸力の有無等の違いの影響を受けるため、これらの影響を把握するために表-2に示す9つのケースについて解析した。この結果、解析により求まる底版コンクリートのせん断耐力は、何れのケースもはりのせん断耐力の4.5～5.0倍程度になることが明らかになった。またM-③のケースでは何れの場合も最大荷重が500(kN/m²)程度となり、ひび割れパターン及び荷重～変形関係も大きく変わらない結果が得られた。これは、今回設定した曲げモーメント

表-2 M-③ケースの解析ケース

		M (kN・m/m)	Q (kN/m)	最大荷重 (kN/m ²)	せん断耐力 (kN/m)	K
常時	Case1	-1631.85	0	490	423	4.74
	Case2	-1631.85	-401	500	431	4.83
	Case3	-1631.85	156	480	414	4.64
レベル2 地震時	Case4	-398.40	0	480	414	4.64
	Case5	-398.40	-905	460	397	4.45
	Case6	-398.40	167	500	431	4.83
	Case7	194.46	0	510	440	4.93
	Case8	194.46	-905	470	405	4.54
	Case9	194.46	167	510	440	4.93

よりも増分荷重による曲げモーメントの方が遙かに大きいこと、また今回設定したせん断力の大きさでは、せん断耐力に及ぼす影響が小さいためと考えられる。

4 まとめ

底版のせん断耐力に着目したR/C部材の非線形解析を実施した結果、剛結形式LNG地下タンク底版のコンクリートのせん断耐力は、コンクリート標準示方書(2002年版)に示されている耐力算定式よりもさらに大きなせん断耐力があることがわかった。最後に本研究に当たり東京大学前川先生にご指導・ご助言を賜り、ここに謝意を表します。

表-3 各ケースの円板効果

	最大荷重 (kN/m ²)	せん断耐力 (kN/m)	円盤効果 K
M-①	190	131	1.5
M-②	230	158	1.8
M-③	490	422	4.7

〔参考文献〕

- *1 「等分布荷重下における大型鉄筋コンクリート円形スラブのせん断耐力」コンクリート工学年次論文集 Vol.18 No.2 1996年

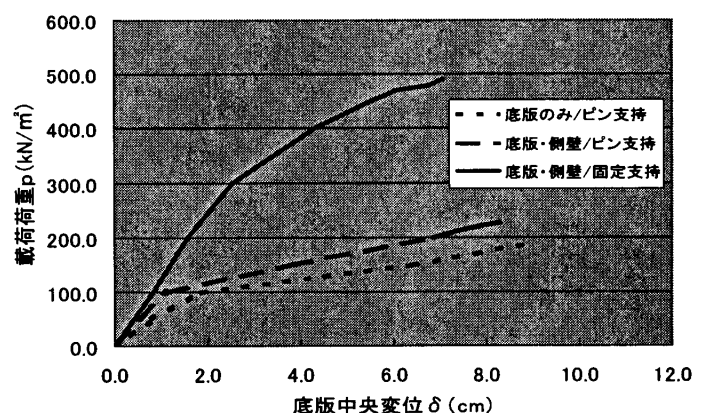


図-4 各ケースの荷重～変形の関係