

V-493

積層シェルを用いたRC製サイロの弾塑性FEM解析

(株)竹中工務店 正会員 ○北原武嗣

(株)竹中工務店

瀬谷 均

1.はじめに RC製サイロの耐震設計においては、修正震度法やモード法を用いて設計地震荷重を計算しているが、構造物の塑性変形能力を考慮して設計荷重を低減している。この低減率を算定するためには、地震荷重を受けるときの構造物の終局時挙動を知る必要がある。そこで本検討では、RC製サイロの終局耐力を調べることを目的として、積層シェル要素による弾塑性FEM解析を行った。

2.解析モデル 図1に示すRC製サイロを解析対象とし、図2のように56要素、199節点のFEMモデルに分割した(解析対象の詳細な構造データは文献[1]参照)。使用要素は8節点の積層シェル要素であり、コンクリート層を5層、鉄筋層を4層に分割した。このとき、鉄筋層の層厚は各層に含まれる鉄筋の総断面積と等価な厚さとした。コンクリートの応力-ひずみ関係は図3に示すように圧縮域ではトリリニアとし、引張域ではテンションステイフニング特性を考慮した。ひび割れ後の圧縮域では強度、剛性ともに初期の0.6倍とした。また、鉄筋の応力-ひずみ関係はバイリニア(第2勾配/第1勾配は0.1)とした。

3.固有値解析 静解析時に作用させる節点力分布を求めるために固有値解析を行った。表1に3次までの固有値とx方向の刺激係数を、図4に2次モード形を示す。表1から2次モードの卓越していることがわかる。図4よりこのモデルの2次モードは質点形モデルの1次モードに相当することがわかる。

4.載荷条件 固有値解析結果より、地震時応答として卓越している2次モードの分布形状で水平力を各節点に与えた(図4参照)。このとき、地震時の設計用鉛直力も各節点に作用させている。鉛直力は一定のまま、水平力を単調に増加させながら解析を行った。

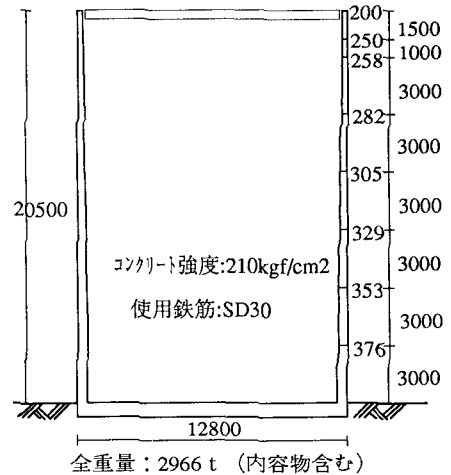


図1 解析対象構造物

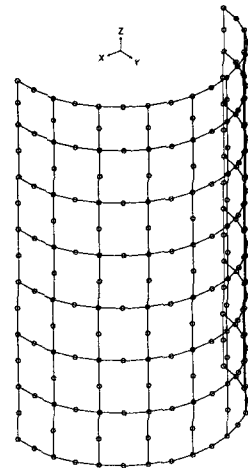


図2 解析モデル

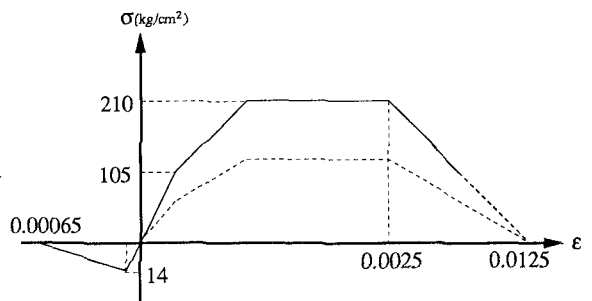


図3 応力-ひずみ関係

5.解析結果および考察 解析結果としてサイロ基部の水平荷重－水平変形関係、終局状態でのコンクリートおよび縦筋状態図を図5～図7に示す。ここに終局状態とは収束計算が実行できずに計算を打ちきった点を言う。荷重－変形関係図中、点線で設計せん断力を、A点は引張側コンクリートのひび割れが生じた点を、B点は終局状態を示している。終局状態時、基部での最大変位は約5mmである。この図より、ひび割れ開始時の荷重は設計せん断力と比較して約3倍となっており、終局荷重では約3.9倍となっている。また終局変位はひび割れ開始時変位の約7.3倍となっている。これらのことより、本検討で用いた構造物は高い塑性変形能力を有している可能性がある。つぎにコンクリート状態図から終局状態では、サイロ基部のコンクリートはひび割れ、引張側の縦筋は降伏していることがわかる。

6.まとめ 本検討により、RC製サイロひび割れ開始時の荷重、終局荷重はそれぞれ設計せん断力と比較して約3倍、約3.9倍となることがわかった。またここで検討した構造物は高い塑性変形能力を有している可能性があることもわかった。今後、同様の解析データを蓄積することにより、RC製サイロの塑性変形能力を十分に評価できれば設計用地震荷重の低減が期待できる。

参考文献 [1]容器構造設計指針・同解説、日本建築学会、1990年

表1 固有値解析結果

モード次数	固有周期(s)	x方向刺激係数
1	0.1195	-2.33E-06
2	0.1179	-7.09E+00
3	0.0975	5.43E-06

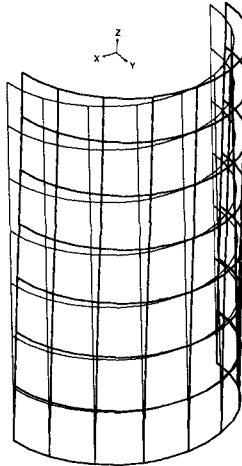
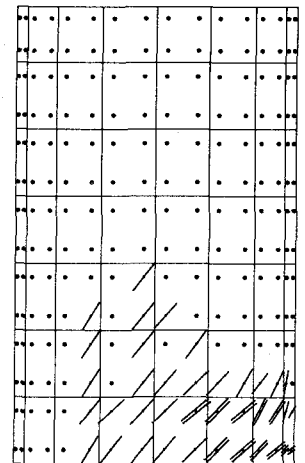
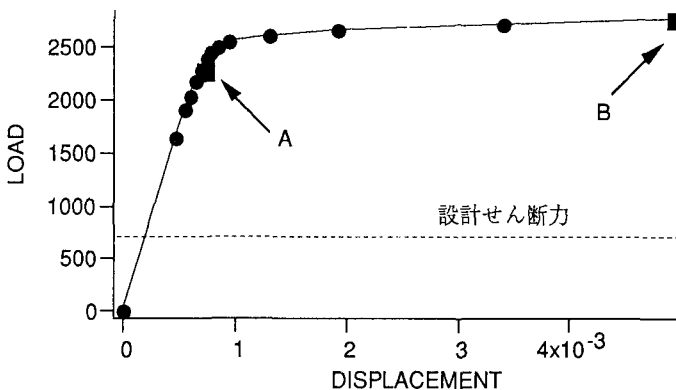

図4 2次固有モード
(荷重分布)

図6 B点における
コンクリート状態図(外側)
(/ はひび割れ方向)


図5 荷重－変形図

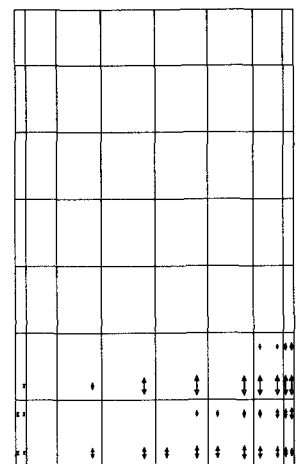


図7 B点における縦筋応力図(外側)