

RC ボックス構造物の三次元効果の解析的検討

名古屋大学 学生会員 ○中村 翔
名古屋大学大学院 正会員 李 相勲
名古屋大学大学院 正会員 国枝 稔
名古屋大学大学院 正会員 中村 光

1. はじめに

原子力発電所などのプラント施設においては横断方向および奥行き方向に鉄筋コンクリート壁で仕切られた箱型の RC ボックス構造物が多く使用されている。このような構造物の設計の際、実務では二次元ボックス構造としてモデル化し耐震設計する場合が一般的である。しかし、実際にはその横断方向の壁はせん断壁の役割を果たし構造物の横断方向変形に対する剛性を高めることは明らかである。本研究では、せん断壁が設置された RC ボックス構造物を三次元的にモデル化して有限要素法解析を行い、二次元モデルと比較することで、その効果について検討した。

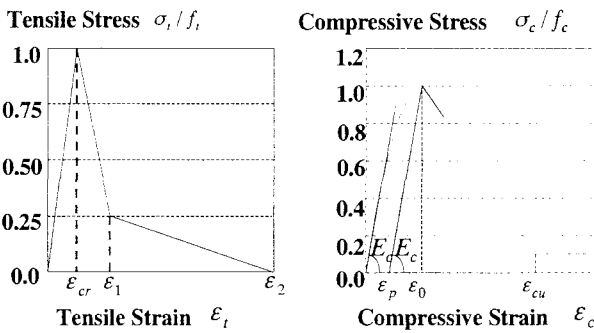
2. 解析手法

本研究では構成則に格子等価連続体モデルを用いた三次元有限要素法により解析を行った。格子等価連続体モデルは、コンクリートと補強鉄筋の耐荷機構をモデル化する Main Lattice と、ひび割れ面におけるせん断伝達挙動をモデル化する Shear Lattice を想定することにより、RC 要素の連続体構成式を構築するものである¹⁾。図-1 に本解析で用いたコンクリートの等価一軸応力-ひずみ関係を示す。引張領域では、引張破壊エネルギーを考慮した 1/4 モデルを用いた。圧縮領域では、解の要素寸法依存性を軽

減するために、ひずみ軟化領域に中村ら²⁾が提案する圧縮破壊エネルギーを導入した。等価長さは、コンクリート要素の体積の三乗根とした。

3. 解析対象

本解析ではボックスラーメン構造の振動台実験³⁾に用いられた試験体を対象とした。試験体は RC ボックスラーメン構造で、中央部にせん断壁を有した三次元モデルとせん断壁を持たない二次元モデルがある。試験体の寸法とその断面諸元を図-2 に示す。試験体の奥行長さはいずれも 2600mm であるが、三次元モデルでは厚さ 40mm のせん断壁が奥行方向中央に設置されている。三次元モデルの解析では図-3 に示すような軸方向対称性を考慮した 1/2 モデルを用いた。そして、二次元モデルでは奥行長さ 2600cm とした。なお、境界条件として、モデルの底版下面を固定とした。荷重は実験と同様に頂部の水平方向変位を制御して与えた。材料諸元はコンクリートのヤング率が 28.6kN/mm²、圧縮強度が 35.7 N/mm²、引張強度が 3.21 N/mm²、D6 鉄筋においてはヤング率が 217kN/mm²、降伏強度が 401N/mm²、D4 鉄筋においてはヤング率が 198 kN/mm²、降伏強度が 414 N/mm²である。



(a) 引張応力下 (b) 圧縮応力下

図-1 コンクリート一軸応力-ひずみ関係

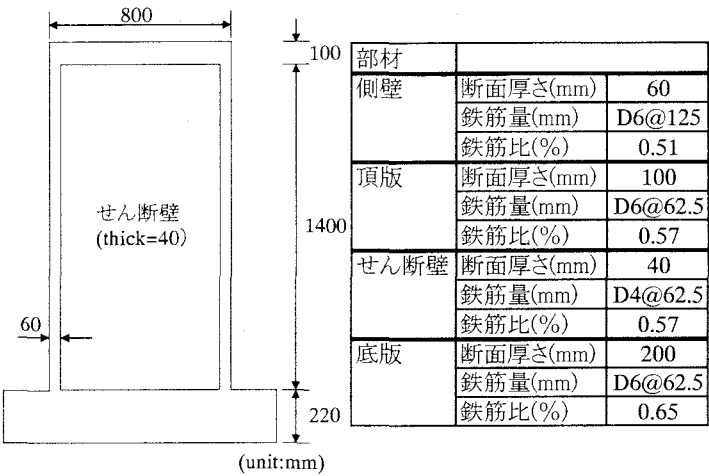


図-2 解析対象の概要および断面諸元

4. 解析結果と考察

図-4 に二次元モデルと三次元モデルに対する荷重-変位関係を示す。二次元モデルの場合は最大荷重が 25kN であるのに対し、三次元モデルでは 140kN の最大荷重を示している。この耐荷力の差が三次元モデルの中央に設置されているせん断壁の影響であることは明らかである。

図-5 は図-4 の三次元モデルの荷重-変位関係曲線上に表示したそれぞれの点の区間に吸収されたひずみエネルギーの量を表したものである。a-b 区間においては側壁の拘束の影響によって側壁付近とせん断壁の斜め方向にひずみエネルギーの吸収が生じ始めて、中心部には逆にまだエネルギーの吸収が生じてないことが見られる。b-c 区間ではせん断壁の中心部に高いひずみエネルギーの吸収領域が発生する。c-d 区間では b-c 区間と同様な領域でエネルギー吸収が進行し、その後、せん断壁のエネルギー吸収が進行するとともに耐荷力に達する。耐荷力以降の d-e 区間においては側壁とその主鉄筋の定着部や頂版など全体に渡ってエネルギーが吸収され、応力の再分配が行われていることがわかる。

以上より、初期の段階ではエネルギー吸収はせん断壁で受け持っていたのに対して、最大荷重以降には

エネルギー吸収が全体に及んでいることから、せん断壁の破壊から側壁を含む全体の破壊に移行したことが示されている。

5. まとめ

本研究の結果より、箱型 RC ボックス構造物の設計の際に二次元ラーメン構造物としてモデル化すると安全側の設計になるが、実際の耐荷力とは著しく異なる。よって、このような構造物の設計を行う際に、三次元ボックス構造物としてせん断壁の影響も考慮して設計する必要があることが解析的に示された。

6. 参考文献

- 1) 田辺忠顕(2004): 初期応力を考慮した RC 構造物の非線形解析方法とプログラム, 技報堂出版
- 2) Hikaru, Nakamura, and Takeshi, Higai (1999): Compressive Fracture Energy and Fracture Zone Length of Concrete, Seminar on Post Peak Behavior of RC Structures Subjected to Seismic Loads Volume 2, pp.259-272
- 3) 土木学会原子力土木委員会(2002): 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針〈技術資料〉, 土木学会

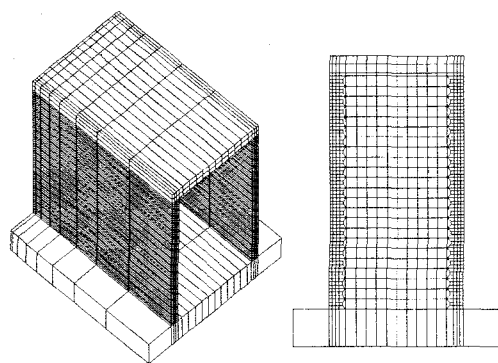


図-3 解析モデル

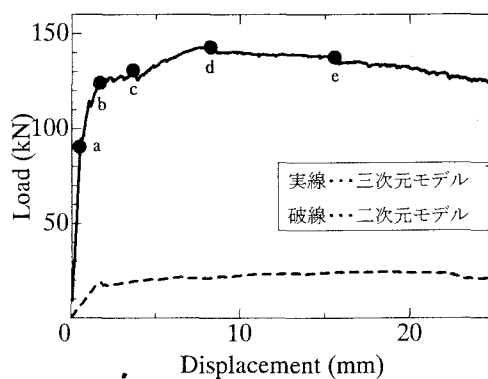


図-4 荷重-変位関係

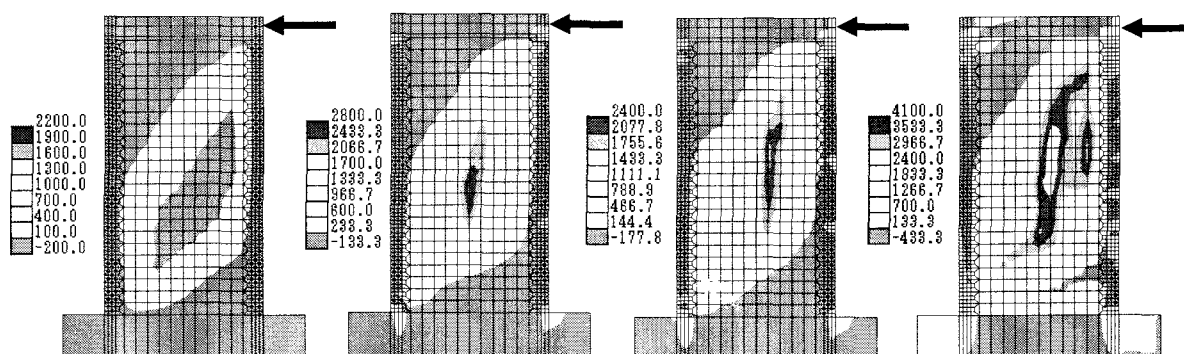


図-5 ひずみエネルギー分布図