

三次元 RC 箱型構造物の耐荷機構の解析的検討

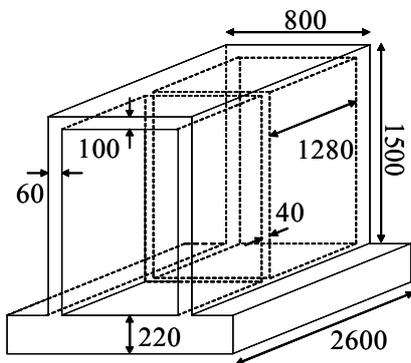
名古屋大学大学院 学生会員 ○中村 翔
 名古屋大学大学院 正会員 国枝 稔
 名古屋大学大学院 正会員 中村 光
 中部電力(株) 正会員 亀谷 泰久
 中部電力(株) 正会員 河村 精一

1. はじめに

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ボックス構造物は数多く存在する。このような構造物の設計の際には二次元ラーメン構造としてモデル化し耐震設計を行う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して剛性を高める効果は十分に期待できる。そこで本研究では、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格子等価連続体モデル¹⁾による有限要素解析を行い、その耐荷機構を検討した。

2. 解析対象

本研究では振動台実験²⁾の後に同一試験体に対して行われた静的載荷試験を解析対象とした。試験体は RC ボックス構造で、中央部にせん断壁を有した構造物である。試験体の寸法諸元を図-1に示す。なお、本解析では軸方向対称性を考慮した 1/2 モデルを用いた。境界条件として、モデルの底版下面を固定とした。載荷は実験と同様に試験体頂部の水平方向変位を奥行き方向に一定に制御して与えた。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。



側壁	断面厚さ(mm)	60
	鉄筋量(mm ²)	D6@125
	鉄筋比(%)	0.51
頂版	断面厚さ(mm)	60
	鉄筋量(mm ²)	D6@62.5
	鉄筋比(%)	0.57
せん断壁	断面厚さ(mm)	40
	鉄筋量(mm ²)	D4@62.5
	鉄筋比(%)	0.5
底版	断面厚さ(mm)	200
	鉄筋量(mm ²)	D10@62.5
	鉄筋比(%)	0.65

図-1 試験体の寸法諸元

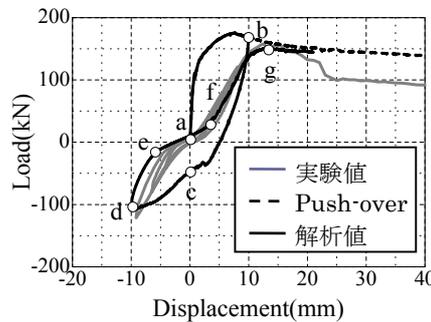


図-2 荷重-変位関係(ボックス構造)

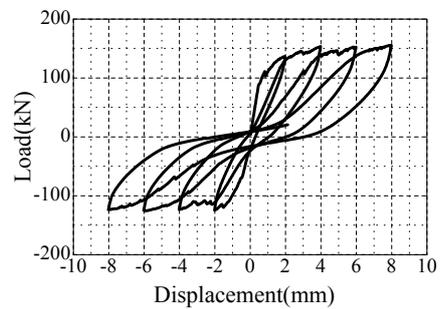


図-4 繰り返し載荷による剛性低下の検証(荷重-変位関係)

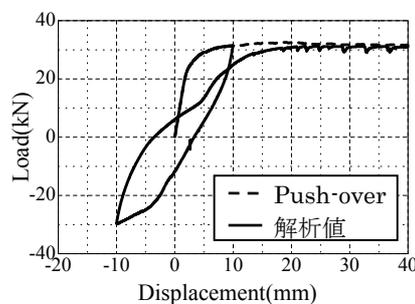


図-3 荷重-変位関係(ラーメン構造)

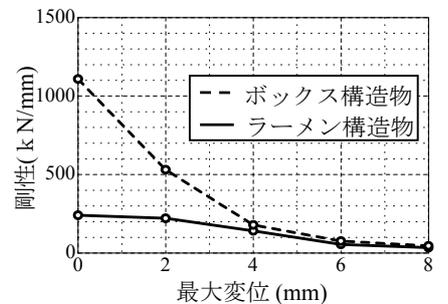


図-5 繰り返し載荷による剛性低下の検証

キーワード 三次元有限要素法, 箱型構造物, 非線形解析, ひずみエネルギー
 連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学 TEL052-789-5478

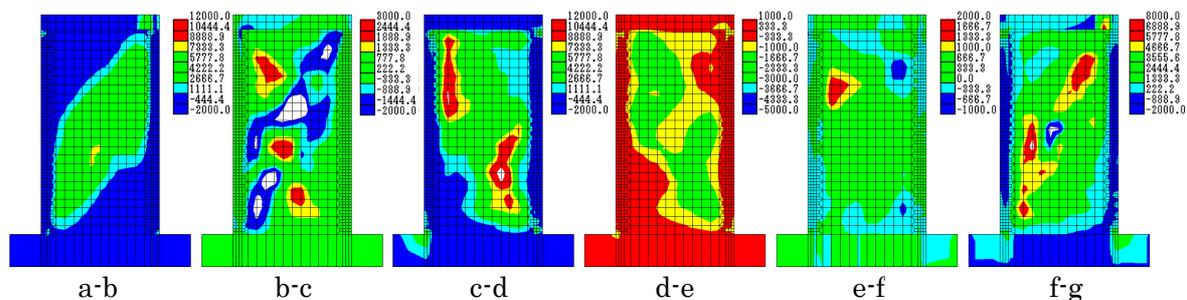


図-6 ひずみエネルギー吸収図

3. せん断壁の耐力への影響の検討

本研究では振動台実験での損傷を考慮し、繰り返し解析により同程度の損傷を模擬的に与え、実験値との比較を行った。図-2に実験ならびに解析による荷重 - 変位関係を示す。なお、参考までに push-over 解析した結果も合わせて示す。繰り返し解析を行うことで、解析値は損傷を受けた構造物の逆 S 字型の履歴を含む挙動とよく一致した。ボックス構造物と同様な寸法諸元でせん断壁が設置されていないラーメン構造物についてもボックス構造物と同様な解析を行った時の荷重 - 変位関係を図-3に示す。ラーメン構造物の耐力は約 32kN であり、ボックス構造物ではせん断壁が終局時においてもかなりの耐力を負担していることが予想される。

4. せん断壁の剛性への影響の検討

図-2に示されているように、RC ボックス構造物は繰り返し載荷により逆 S 字型の挙動を示し、変位が小さい段階で剛性の低下率が著しいことが分かる。そこで、繰り返しによる剛性低下率を検証するために変位±2, 4, 6, 8mm で除荷を行う繰り返し載荷を行った。荷重 - 変位関係を図-4に示す。また、比較対象として先ほどのラーメン構造物についてもボックス構造物と同様な繰り返し解析を行った。図-5に解析により求められた繰り返し載荷の各段階での原点付近の剛性 - 最大変位関係を示す。これより、最大変位 4mm 以降ではラーメン構造物の剛性に近づくことが分かり、せん断壁は耐力を負担するが、繰り返しの原点付近ではほとんど剛性に寄与していないことが分かる。

5. ひずみエネルギー吸収

図-6に図-2の各区間におけるひずみエネルギー吸収図を示す。図中、正の領域がエネルギーの吸収領域を負の領域が解放領域を表している。a-b 区間において、側壁の拘束の影響によって側壁付近とせん断壁の右上から左下に向かう斜め方向のストラットでひずみエネルギーの吸収が生じている。b-c 区間では除荷により右上から左下へのストラットのひずみエネルギーが解放され、更に、左上から右下に向かうストラットのエネルギーの吸収が始まる。c-d 区間ではその傾向が顕著になる。d-e 区間では左上から右下に向かうストラットのエネルギー解放が始まる。e-f 区間では明確なエネルギー吸収を示すストラットは生じない。このために、この領域では剛性が著しく小さくなると考えられる。また f-g 区間では再度右上から左下へ向かうストラットとラーメン部でエネルギー吸収が生じている。このように、繰り返し載荷を受けることで、ストラットの生成、消失とともにせん断壁には複雑なエネルギー吸収機構が発生することが分かる。

6. まとめ

箱型 RC 構造物の挙動に及ぼすせん断壁の効果は耐力に対しては終局時にも十分期待できると考えられる。しかしながら、剛性への効果は繰り返し中の原点付近ではほとんど期待できない。耐力は主に静的特性に、繰り返し挙動は動的特性に影響を与えるものと考えられ、これらの影響を適切に考慮することで、せん断壁の影響を考慮した合理的な設計が行える可能性がある。

8. 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) 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