

地震動を受ける鉄筋コンクリート耐震壁の損傷挙動シミュレーション

正会員

○酒井新吉*1

三井雅一*1 秋山伸一*1

鉄筋コンクリート 非線形有限要素解析 セン断破壊
耐震壁

1. はじめに

大きなせん断ひずみ領域での挙動を再現するためのせん断挙動モデルを導入した非線形有限要素解析により、H方断面耐震壁の振動台実験のシミュレーションを実施し、実験との比較により、適用性について検討した。

2. 解析対象試験体

解析対象は、原子力発電技術機構による鉄筋コンクリート H 型断面耐震壁の振動台実験²⁾である。Fig.1 及び Table.1 に試験体の概要を示す。試験体は、フランジ壁厚さ 100mm とウェブ壁厚さ 75mm の H 型断面形状をしており、その上部にはスラブ及び付加マスを合わせて 122.0tf の重量が設置される。

実験の入力地震動を Table.2 にまとめる。実験では RUN-5 の加震時にウェブ壁の下部にせん断滑り破壊が生じて終局状態に至っている。

3. 解析モデル

Fig.2 に解析モデルを示す。耐震壁はシェル要素でモデル化し、基礎スラブ、上部スラブ及び付加マスはソリッド要素でモデル化し、耐震壁のみ鉄筋コンクリートの非用いた。減衰は初期剛性比例型の内部粘性減衰とし、1次

固有モードに対して 1%とした。なお、固有値解析による固有振動数は、加震方向について 13.5Hz となり実験にて得られた 13.2Hz に比べ若干高め値となった。

静的自重解析を行った後に、基礎スラブ底面に、実験で得られた震動台加速度を加振した。Table.2 に示す RUN-1 から RUN-5 までの 5 段階の波を順に入力した。

時間刻みは初期値を 0.005s とし、入力加速度の増分量が上限値(15gal)以内に収まるように時間刻みを自動的に調整している。

解析には防災科学技術研究所において開発された実大構造物震動破壊実験シミュレーションシステム¹⁾を用いている。

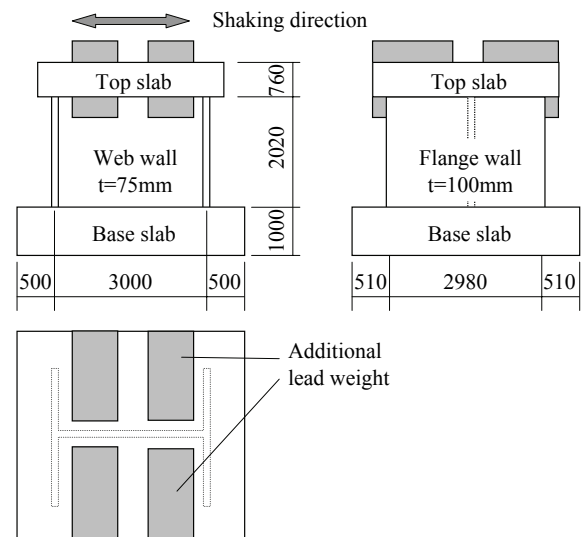


Fig.1 Test specimen (mm)

Table.1 Properties of specimen

Total weight of upper region (tf)	122.0
Compressive strength of concrete (MPa)	28.6
Tensile strength of concrete (MPa)	2.24
Elastic modulus of concrete (GPa)	22.9
Yield strength of rebar (MPa)	383
Elastic modulus of rebar (GPa)	184
Reinforcement ratio in flange, vertical (%)	0.472
Reinforcement ratio in flange, horizontal (%)	0.457
Reinforcement ratio in web, both (%)	1.219

Table.2 Input vibration steps

Vibration step	Max acc. (gal)	Input target behavior
RUN-1	53	Elastic behavior
RUN-2	112	Shear crack initiation
RUN-3	325	3 times the RUN-2's behavior
RUN-4	577	Deformation angle of 2/1000 rad
RUN-5	1230	Ultimate behavior

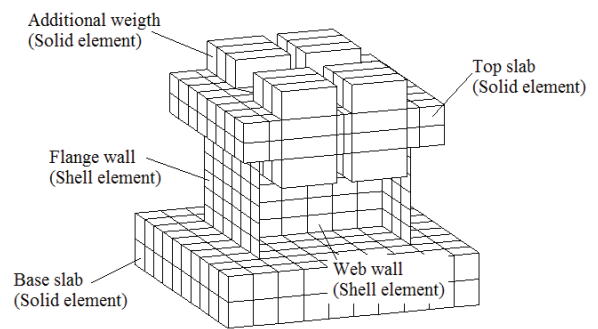


Fig.2 Finite element mesh

4. コンクリートの構成則

RC 構造の繰返し載荷時の材料挙動を効率よく、正確に再現するため、前川らによる構成則モデル³⁾を採用しているが、大きなせん断ひずみ領域での挙動に関して、Fig.3 に示すようなある閾値を超えた要素についてコンクリートの非線形特性から低剛性の線形特性に置き換えるモデルを導入している。今回の解析では、主せん断ひずみが2.5%を超えた要素について、初期剛性の 1/10000 の剛性への置き換えを行なった。

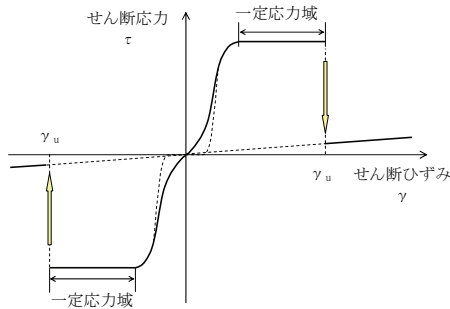


Fig.3 Shear Fracture Model

4. 解析結果

終局状態に至る RUN-5 について、Fig.4, Fig.5 に上部スラブの応答加速度の時刻歴波形、応答水平変位の時刻歴波形を示す。

実験では、4.0 秒を経過した時点で計測機器の限界値 20mm を超える大きなせん断変形が生じた後、長周期化しているのが特徴であるが、解析でもその挙動が再現されている。Fig.6 に RUN-4, RUN-5 のひび割れ状況を示すが、RUN-5 の 4.0 秒でウェブ最下段の一系列の要素で主せん断ひずみが閾値を超えて、低剛性要素への切り替えが起きている。実験でのせん断破壊に対応しており、その後の長周期化が再現されている。

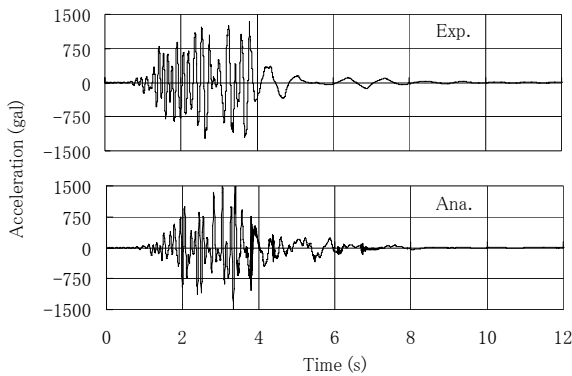
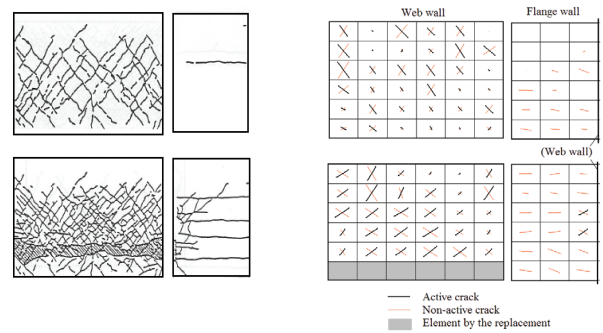


Fig.4 Horizontal response acceleration of the upper slab

4. まとめ

鉄筋コンクリート構造物の非線形有限要素解析にせん断破壊を表現するためのモデルを導入し、H 型断面耐震壁の震動台実験のシミュレーションを行い、終局破壊に至過程を再現できた。



(a)Experiment (b)Analysis

top: RUN-4 5.5s bottom: RUN-5 4.0s

Fig.6 Damage situation

謝辞

本論の作成に当たって、独立行政法人原子力安全基盤機構より原子力発電施設耐震信頼性実証試験で行った H 型断面震動台実験の試験結果を提供して頂いた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 酒井新吉, 佐藤一雄, 秋山伸一, 金伝栄, 三井雅一: 実大構造物震動破壊実験シミュレーションシステムの開発, AIJ 大会梗概集(構造 I), 講演番号 20202, 2005.
- 2) (財) 原子力発電技術機構: 原子力発電施設耐震信頼性実証試験 原子炉建屋総合評価 原子炉建屋耐震壁終局強度評価に関する報告書. 平成 8 年度.
- 3) Maekawa, K., Pimanmas, A. and Okamura, H.: Nonlinear Mechanics of Reinforced Concrete, 2003.

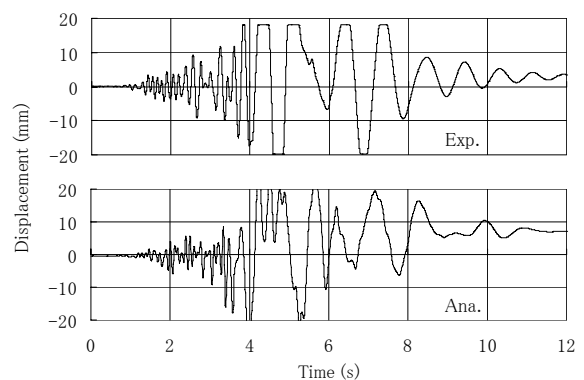


Fig.5 Horizontal response displacement of the upper slab