

地震時における構造物の倒壊方向抑制方法に関する解析的評価

埼玉大学 正会員 ○劉 宗牧

埼玉大学 正会員 齊藤 正人

鉄道総合技術研究所 正会員 室野 剛隆

1. はじめに

想定以上の地震が起きた時、建物の倒壊を完全に避けることは不可能である。建物倒壊に伴う道路閉塞を回避し、被害をより小規模に抑えて復旧性を高めることが都市のレジリエンスを高める上で極めて重要である(図-1 左)。本研究では、3次元フレーム構造(1層4本柱)を対象に、既往の研究¹⁾²⁾で提案された「倒壊方向制御構造(ワンウェイガイド)」の適用可能性を数値解析により検証した。

2. 研究方法

本研究では、剛体接触動力学解析シミュレーター(ODE³⁾)を用いて倒壊解析を実施する。「ワンウェイガイド」は、損傷が集中する塑性ヒンジ部の一方方向に、損傷過程の途中から付加的に変形抑制機能(あるいは強度増加)を与えるデバイスである。本解析では、塑性ヒンジ部を挟む柱と梁の間にブロックを設け、倒壊方向と反対方向への変形を抑制するデバイスを用いた(図-1 右)。以下、解析モデルの特性、解析条件やデバイスの設置方法を示す。

(1) モデル諸元と履歴特性

解析モデル諸元を図-2に示す。本解析では木造フレームを想定し、木質構造の荷重変形関係の特徴を示す耐力壁/非耐力壁5種類の軸組試験体について正負交番繰返し漸増載荷試験⁴⁾から石膏ボード試験体の試験結果を参考にして、モデルの寸法と回転バネ定数を決めた。本モデルは図-3のように、ベースにヒンジ関節を加えて3軸回転を可能にし、バイリニアの変形特性と関節の破壊(図-4)が表現できる。また、本モデル天端に微小変位を与えて自由振動をさせた結果、固有振動数はおよそ4Hz、減衰定数は0.02であった。

(2) 偏心率

平成12年の建築基準法改正において、木造住宅に

おいては「偏心率は0.3以下であること」が規定されている。そこで、偏心率を0, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35の8種類想定し、偏心率がデバイスの性能に及ぼす影響を評価した。

(3) 入力地震波

新潟県中越地震の地震波(2004 K-NET Ojiya)の加速度データを変位データに変換して、シミュレーションの入力地震波として使う。また、地震波のEW成分とNS成分を組み合わせ、一方向4種類、二方向4種類、計8種類の地震波を使い、デバイスの有効性を検討する。

(4) デバイスの設置方法

デバイスを付けない場合(デバイス制御なし)、デバイスを西側に付けた場合(W方向制御)、デバイスを南側に付けた場合(S方向制御)、デバイスを西側と南側両方に付けた場合(W+S方向制御)、これら4種類の条件で、デバイスの有効性を検討する。

3. 結果

256ケースのシミュレーションを行い、解析終了後の全ての部材の絶対座標(図-5 左)と初期位置からの相対座標(図-5 右)を方位(回転軸)、累積部材量の割合(半径軸)、移動スカラー量(カラー)で表現した。その結果、一部のケースを除き制御方向への倒壊を阻止する傾向が確認できた。

デバイスがない場合、構造物の倒壊に方向性は見られないことがわかる(図-5 上図)。一方、W+Sの倒壊を制御して2か所にデバイスを付けた場合、N方向とE方向との間に倒壊する傾向がみられた(図-5 下図)。紙面の都合上割愛するが、一方向(例えばW方向)の倒壊を制御するようにデバイスを付けた場合、その方向と反対方向(E方向)に倒壊する傾向がみられ、倒壊制御の効果が確認された。

キーワード 地震倒壊, 倒壊抑制, 倒壊方向, ブロックデバイス, ワンウェイガイド

連絡先 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255 埼玉大学 理工学研究科 TEL 048-858-3144

4. 考察

本解析の一部のケースにおいて、倒壊を阻止する方向に倒壊したものが確認された。具体的には W+S 方向制御 (E 方向加震下) の条件で 0.3 以上の偏心率の場合、デバイスの機能が発揮できなかった(図-6)。その理由として、偏心率の高い場合、モデル全体にねじり変形が生じやすくなり、想定と異なるメカニズム(上層梁の落下等)で倒壊に至ったことが原因と推察される。

5. 結論

本解析により、3次元木造フレーム構造(1層4本柱)に対するワンウェイガイダーの有効性を検証した結果、デバイスは1方向、2方向加振に対して倒壊方向を制御可能であることが明らかとなった。一方、構造物の偏心率が高い場合には(偏心率が0.30以上)、デバイスの効果が低下する場合のあることが確認された。今後、多様な構造とその倒壊メカニズムを考慮した検討を進める予定である。

参考文献

- 1) 齊藤正人, 室野剛隆, 本山紘希: 地震時における構造物の倒壊に対する危機耐性機構の一考察, 第70回土木学会全国大会概要集 CM-ROM, 2015.
- 2) Zongmu Liu, Masato Saitoh: Analytical evaluation of deformation-mitigation device for structures subjected to earthquake ground motions, The 4th ISEEE, 2015.
- 3) Russel: Open Dynamics Engine v0.5 User Guide, 2006.
- 4) 松永裕樹: 木質構造物汎用力学モデルの構築と動的解析への適用に関する研究, 2009.

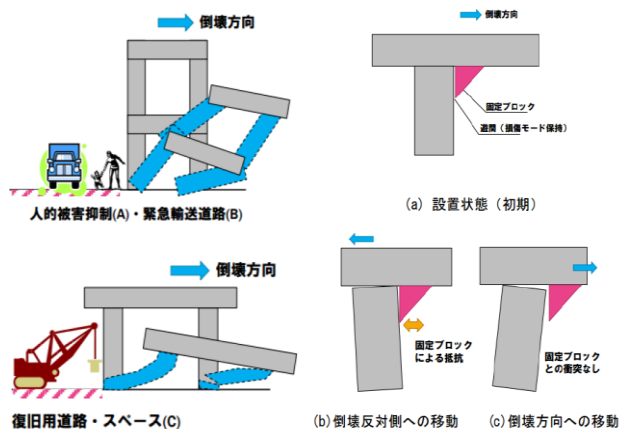


図-1 倒壊方向とデバイスによる倒壊方向制御¹⁾

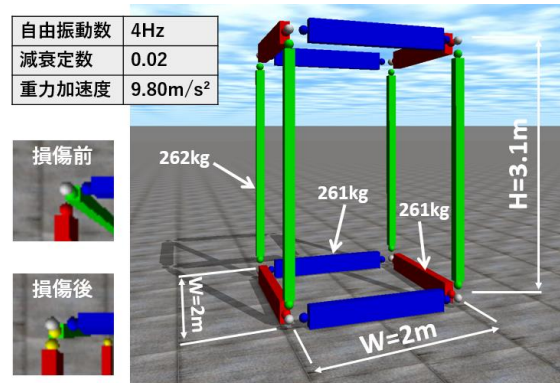


図-2 解析モデル諸元

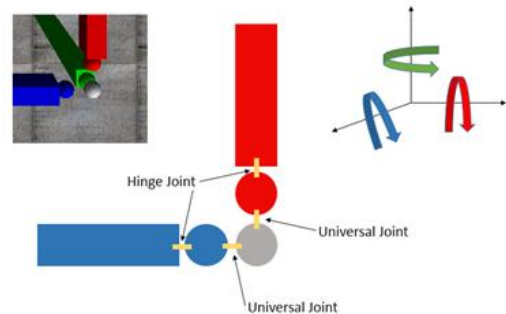


図-3 解析モデル接続機構の仕組み

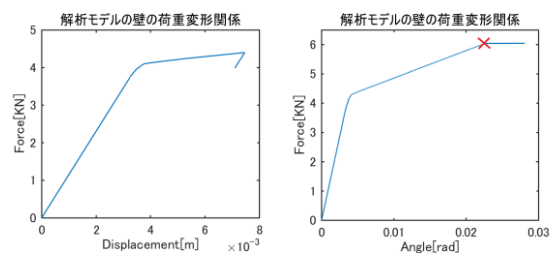


図-4 解析モデルの壁の荷重変形関係

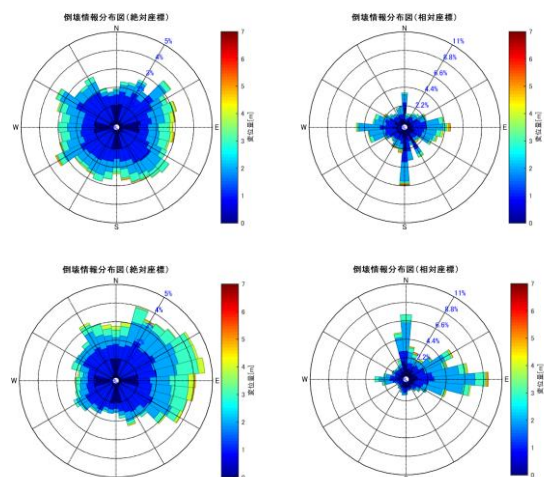


図-5 倒壊位置要素分布図

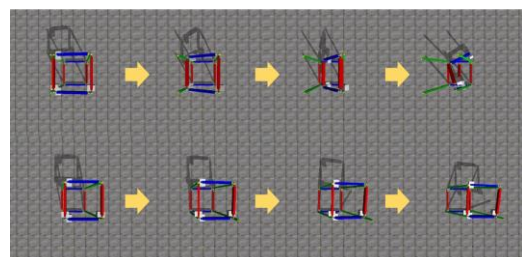


図-6 偏心率 0.35(上)と偏心率 0(下)