

7) - 5 大地震に対する RC 造建築物の耐震設計における応答変形算出の精緻化に関する研究【安全・安心】

Study on elaboration of response displacement calculation in seismic design of RC buildings against large-scale earthquakes

(研究開発期間 平成 30～令和 3 年度)

国際地震工学センター
International Institute of Seismology and
Earthquake Engineering
構造研究グループ
Dept. of Structural Engineering

諏訪田 晴彦
Haruhiko Suwada
向井 智久
Tomohisa Mukai

大塚 悠里
Yuri Otsuka
中村 聡宏
Akihiro Nakamura

渡邊 秀和
Hidekazu Watanabe

有木 克良
Katsuyoshi Ariki

In this study, a new method for evaluating the yield point of members, which is an important influencing factor in the evaluation of damping performance in the capacity spectrum method of RC buildings, was proposed and validated using an experimental database. Furthermore, a large-scale shaking table test was conducted to verify the accuracy of the evaluation of response displacement of a five-story RC structure.

【研究開発の目的及び経過】

RC 造建築物を構成する各種部材は非線形性が強く、地震時の作用外力に対する応答変形の進行に伴い、コンクリートのひび割れ発生、増大、進展、拡幅および圧壊や鉄筋の降伏、座屈、破断等の様々な破壊現象が表れ、結果として剛性、強度、変形能力、エネルギー吸収性能等の性能が劣化していくため、応答変形は極めて重要な耐震性能評価指標である。日本の耐震設計基準で採用されている限界耐力計算は、建築物の応答変形を陽な形で評価可能な方法であり、大地震に対して建築物の応答変位を安全限界変位以下に抑えるといった設計クライテリアが設けられているが、応答変形の検証精度には、部材の塑性率から算出される減衰性能評価において、計算のばらつきが大きいという課題がある。

本研究では、限界耐力計算の方法（等価線形化法に基づく方法）により応答変形のみを設計クライテリアとする性能評価法を確立することを目的とし、部材の塑性率から算出される減衰性能評価における計算値のばらつきの低減に関する検討を行った。なお、本研究は建築基準整備促進事業課題 S30「鉄筋コンクリート造の限界耐力計算における応答変位の算定精度向上に向けた建築物の振動減衰性状の評価方法の検討（H30 年度～R2 年度）」との共同研究課題として実施された。

【研究開発の内容】

(1) 部材の降伏点変位評価法の検討

建築物の減衰性能評価には部材の塑性率が影響し、塑

性率には部材の降伏点変位の計算精度が影響する。そこで部材の降伏点変位の評価法に関して、従来の評価法よりもばらつきの少ない新たな評価法を提案し、既往の実験データベースにより、その妥当性を検証した。

(2) 提案した評価法検証のための震動実験

提案した部材の降伏点変位評価法を用いた場合の架構全体の応答変位の評価精度を検証するために、防災科学技術研究所の E ディフェンスにおいて、実大規模の 5 層 RC 造架構の震動実験を実施した。

【研究開発の結果】

既往の部材の降伏点変位評価法は、実験データの回帰分析に基づいて提案された降伏点剛性低下率 α_y に基づいて降伏点変位を求める方法¹⁾であるが、提案した評価法は、図 1 に示すように部材の変形を曲げ変形、せん断変形、抜け出し変形に分離して計算し、算出されたそれぞれの変形成分を足し合わせる方法である。

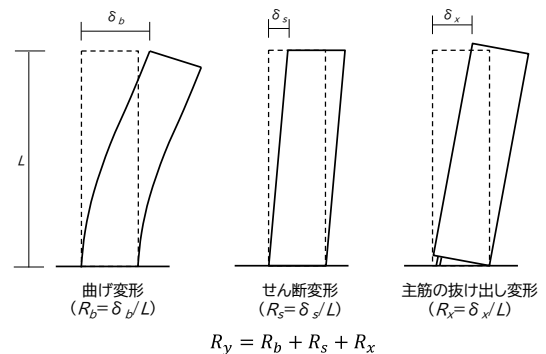


図 1 提案した部材の降伏点変位評価法の概要

図2に提案した部材の降伏点変位評価法の実験データに対するばらつきの検証結果を示す。±30%以内に収まっているデータは、梁では既往式が39.2%、提案式が70.9%であり、柱では既往式が51.1%、提案式が68.1%であり、提案式は既往式よりもばらつきが小さく抑えられることがわかった。

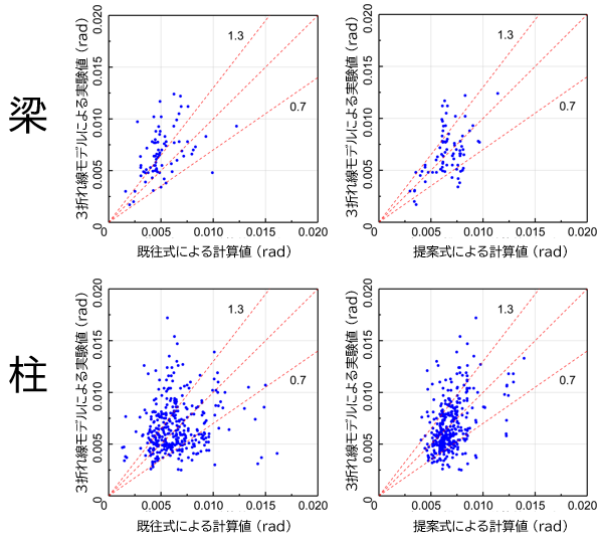


図2 実験データに対する提案式のばらつきの検証結果

写真1に検証のために実施した震動実験の様子を、図3に入力地震動の加速度応答スペクトルをそれぞれ示す。試験体は、加振方向6m×2スパン、非加振方向3m×2スパンの5層RC造ラーメン架構とし、縮尺は実大の80%とした。設計条件として、災害拠点建築物の設計ガイドライン(案)²⁾に示されているランクIIの条件(ベースシア係数0.4に達する時点の各層の最大層間変形角1/200以下)を満たす計画とした。入力地震動は、国土交通省平成13年告示1461号に定める加速度応答スペクトル(第二種地盤)に適合し、なおかつEl Centro NS波の位相特性を有する模擬地震動を作成し、それを相似則を考慮して時間軸を $\sqrt{0.8}$ 倍に圧縮した地震波である。



写真1 震動実験の様子

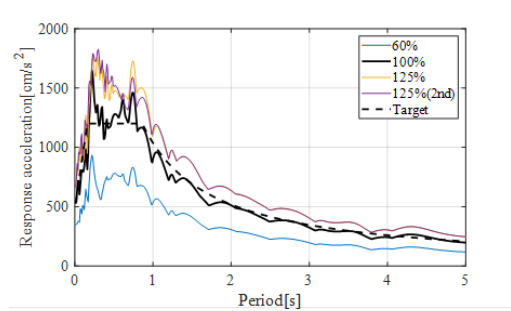


図3 入力地震動の加速度応答スペクトル(減衰5%)

図4に提案した部材の降伏点変位評価法を用いて、限界耐力計算の方法に従って求めた応答点の評価精度を震動実験により検証した結果を示す。図中には、既往の評価法として菅野の方法¹⁾、Opabolaらの方法³⁾、Eurocode 8-3の方法⁴⁾を比較して示している。この検証結果から、本研究で提案した方法は、既往の評価方法よりも高い評価精度を有していることがわかった。

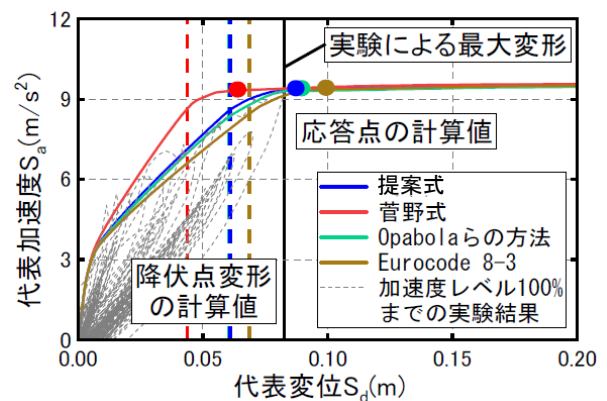


図4 震動実験による応答点の評価精度の検証結果

【参考文献】

- 1) 菅野俊介：鉄筋コンクリート造部材の復元力特性に関する研究、コンクリートジャーナル、Vol11、No.2、pp.1-9、1973.2
- 2) 国土交通省国土技術政策総合研究所：災害拠点建築物の設計ガイドライン(案)、国土技術政策総合研究所資料、No.1004、2018.1
- 3) Opabola E.A., Elwood K.J.: Simplified Approaches for Estimating Yield Rotation of Reinforced Concrete Beam-column Components, ACI Structural Journal, Vol.117, No.4, pp.279-291, 2020
- 4) CEN. EN 1998-3:2005 (E) Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance -Part 3: Assessment and retrofitting of buildings, European Committee for Standardization, pp.41-42, 2005