

新耐震設計法で設計された建物の応答評価法に関する検討

Study on Response Evaluation Method for Buildings Designed with New Seismic Design Method

○岸本大誠¹, 北嶋圭二²

*Taisei Kishimoto¹, Keiji Kitajima²

Abstract: Current buildings are designed using the Lateral Load-carrying capacity calculation, which evaluates only the structural strength and not the response or damage of the building under seismic loading. However, by applying the Capacity Spectrum method, it is possible to estimate the response and damage level of a building after an earthquake. This paper focuses on a 10-story RC building and shows how to estimate the seismic response and damage level of each floor using the equivalent linearization method.

1. はじめに

我が国の耐震設計では、主に保有水平耐力計算が用いられている。この設計法は、極めて稀に発生する大地震動に対して、ある程度の損傷はやむを得ないが、建築物が倒壊して人命を失うことがないようにすることを目指している。保有水平耐力計算法(以下、保耐法)では、建物の保有水平耐力を必要保有水平耐力で除した値を検定値とし、その値が 1.0 以上で安全性が確保されている建物としている。この検定値を用いて、2000年に施行された「住宅の品質確保の促進等に関する法律」では、検定値が 1.0 で耐震等級 1, 検定値が 1.25 で耐震等級 2, 検定値 1.5 で耐震等級 3 として、客観的に建物の耐震性能のレベルを知ることができるとされている。しかし、保耐法は建物の耐力を基準として評価しているため、実際に地震動を受けた時の建物の応答や損傷程度を直接的に把握することができない。そこで、性能設計手法の一つである等価線形化法を用いることで、設計対象の建物の最大変形量, 全体変形角, 最大層間変形角のような、地震動を受けた建物の損傷程度を表す指標を得ることができ、建物の損傷状態を評価することができる。

本研究では、保耐法で設計された建物が、想定した地震動を受けた時の建物の応答と損傷程度が把握できることを示すことを目的とする。本報では 10 層建物を対象に、保耐法による設計後に、等価線形化法を用いて建物の応答と損傷程度の評価が可能であることを確認する。

Table1 Building Overview

用途	集合住宅
構造種別	鉄筋コンクリート
延床面積 (㎡)	7,180
階数	地上10階
高さ (m)	軒高 29.1
階高 (m)	1~2階 2.97
	3~6階 2.92
	7~10階 2.87

Table2 Value and Factors

地盤	第2種地盤
Fes	1.0
Ds	0.3
検定値	1.1

2. 建物概要および静的増分解析結果

2.1 建物概要

今回の検討対象建物は、10 層板状 RC 造集合住宅 1 棟とする。Table 1 に検討建物概要, Fig. 1 に略伏図, Fig. 2 に略軸組図を示す。平面形状は長辺方向が純ラーメンで 6.3m×7 スパン, 短辺方向が耐震壁付きラーメンで 11m×1 スパンである。

2.2 静的増分解析

今回の建物の保有水平耐力計算を行うにあたり、静的増分解析はユニオンシステムの「SS7」を用いた。解析に際し外力分布は、Ai 分布に基づく外力分布としている。今回の検討で設定した地盤種別, 形状係数 (Fes), 構造特性係数 (Ds)と、計算結果の検定値を Table2 に、静的増分解析結果を Fig.3 に示す。図中の損傷限界と安全限界をそれぞれ△と◇でプロットしている。損傷限界時は、柱・梁部材のいずれか 1 部材が降伏した時(初期降伏点), 保有水平耐力時は、ある層の層間変形角 1/100rad を満たした時, 安全限界時は、いずれかの層が層間変形角 1/50rad を超えた時としている。その結果、保有水平耐力時のベースシア係数は $C_B = 0.33$ であり、安全限界時は $C_B = 0.35$ となった。なお、崩壊メカニズムは、梁端降伏先行の全体崩壊系であり、固有値解析により求めた弾性 1 次固有周期は 0.64 秒であった。

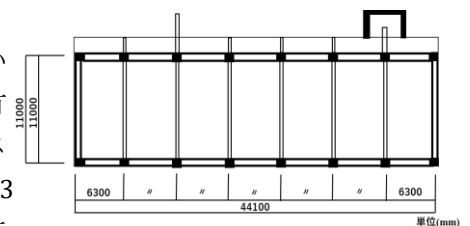


Fig.1 Plan View

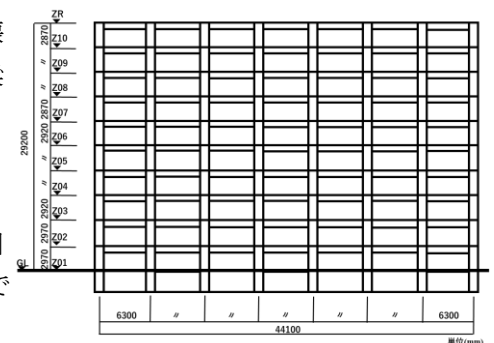


Fig.2 Flame (Frame direction)

1: 日大理工・院 (前)・海建 2: 日大理工・教員・海建

3. 等価線形化法による応答評価

等価線形化法は、保耐法で設計する際に行われる静的増分解析の解析結果を用いて、計算を行うことができる¹⁾。また、多層建物を1自由度系に縮約し計算を行うため、容易に応答変位を予測することが可能である。検討対象建物の応答値を Fig.4 の赤丸に示す。構造特性曲線上に検討対象建物を1質点に縮約すると応答変位の推定値は18.1cmであった。この結果より、縮約1自由度系の応答推定値と同一ステップ時の静的弾塑性解析結果の各層の層間変位を用いて、応答推定値の時の相対変位と層間変形角を算定した。Fig.5, Fig.6 に算定結果の相対変位と層間変形角を示す。参考として、時刻歴応答解析を行った。解析条件として、数値積分法は Newmark β 法 ($\beta=0.25$)、積分時間間隔は 1/1000 秒で、粘性減衰は瞬間剛性比例型とし、減衰定数を 5%としている²⁾。最大変位を示した時の相対変位と層間変形角の結果を Fig.5, Fig.6 に重ねて示したところ、等価線形化法による計算結果と概ねよく対応していることがわかる。

4. 限界状態の評価

Table3 に、各限界状態のフレーム構造の層間変形角から得られる各層の損傷度と、全体変形角から得られる建物の補修の要否の関係^{3,4)}を示す。等価線形化法を用いて算定した応答変位の計算結果は、対象建物の等価高さに対応する。そこで、検討対象建物の等価高さ位置(7階)の相対変位を用いて、限界状態の評価を行った。Fig.4 より、図中赤丸で示す等価高さの相対変位は、全体変形角 1/120~1/100rad に位置している。これより、

全体変形角によって評価した場合、対象建物は修復限界状態 I と評価できる。また、層間変形角で評価した場合、1,2,8,9,10 層においては層間変形角 1/100rad 未満であるため、補修が不要であるものの、3~7 層は 1/100~1/75rad のため、修復限界状態 I と評価できる。よって、検討対象建物が大地震動を受けた場合、小規模な補修が必要であることがわかる。

5. まとめ

以上、本報では、10 層板状 RC 造建物を対象とし、等価線形化法を用いて、想定した地震動を受けた建物応答を推定し、その値から検討対象建物の損傷程度の評価が可能であることが確認できた。

6. 参考文献

- 1) 国立研究開発法人建築研究所：「建築物の構造関係技術基準解説書」, 第1版 pp.457-460
- 2) 秋田, 倉本ほか：「限界耐力計算による RC 造壁フレーム建築物の地震応答評価」, コンクリート工学年次論文集, Vol.27, No.2, 2005
- 3) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建物の等価線形化法に基づく耐震性能評価型設計指針・同解説 第2版 2023.11
- 4) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針(案)・同解説 第1版 2006.6

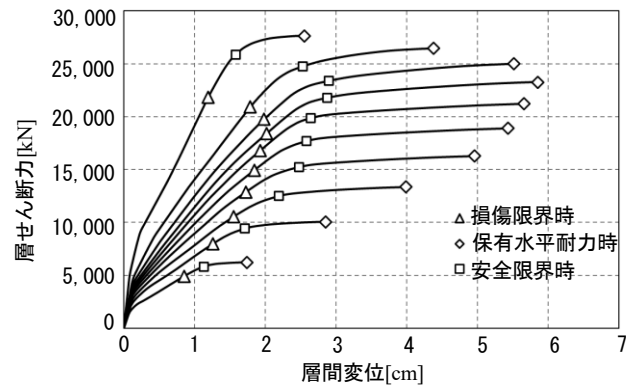


Fig.3 Shear Force-Displacement Relationship

Table3 Definition of Each Limit Condition^{3),4)}

状態	フレーム構造		部材の損傷度	損傷状況の目安	補修の要否
	層間変形角 [rad]	全体変形角 [rad]			
使用限界	1/100未満	1/120未満	I	見えにくい程度のひび割れ(幅0.2mm未満)	不要
修復限界状態 I	1/100	1/120	II	見えるひび割れ(幅0.2~1mm)	小規模な補修
修復限界状態 II	1/75	1/100	III	見えるひび割れ(幅1~2mm)	大規模な補修
安全限界状態	1/50	1/67	IV	鉄筋の曲がり(降伏)	補修困難

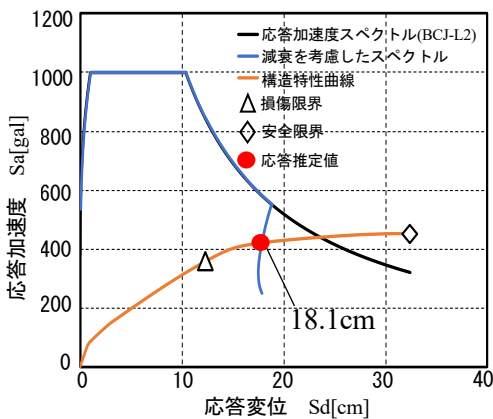


Fig.4 Response Estimates

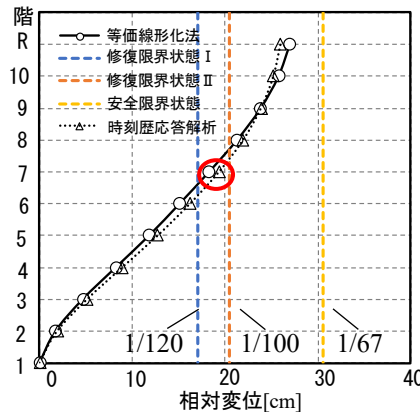


Fig.5 Relative Displacement

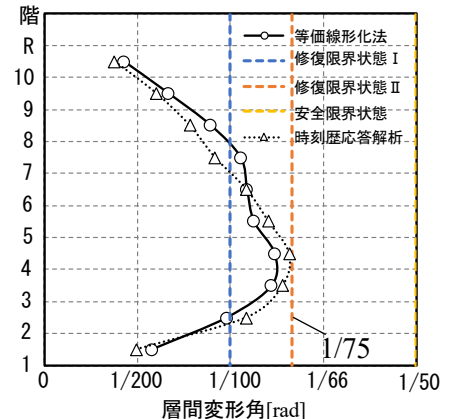


Fig.6 Interstitial Deformation Angle