

建築物の耐震性能評価と現行基準の課題

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-07-30 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 大出, 大輔 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10291/20252

2018年度 理工学研究科

博士学位請求論文（要旨）

建築物の耐震性能評価と現行基準の課題

建築・都市学専攻

大出 大輔

1 問題意識と目的

建築物の耐震設計に用いる基準は、大きな地震被害を教訓に、同じ被害を繰り返さないために幾度も改訂され、今日に至る。日本においては、Newmark のエネルギー一定則などに基づき地震応答時の建物の弾塑性挙動を評価する保有水平耐力計算が 1981 年に施行され、現在でも日本の多くの建物に適用されている。しかしながら、保有水平耐力計算は地震時の性能を直に規定したものではなく、仕様規定型の基準となっており、また施行から 30 年以上を経た現代の知見を踏まえると、保有水平耐力計算による必要ベースシア係数の算出に用いる構造因子にはさらなる検討の余地も多い。一方、仕様規定型の保有水平耐力計算とは別に、2000 年には性能規定型の基準として、限界耐力計算が施行された。限界耐力計算では等価線形化法に基づき、耐震性能を検証する。近年の耐震基準は世界的にも設計の自由度を拡大することを目的とし、仕様規定型から性能規定型を目指す傾向にある。しかるに日本においては、2005 年に耐震偽装事件が起り、二種類の耐震設計法を用いて構造計算した際の必要耐力に大きな差異が生じることが議論となり、結果として、当該建物においては耐力的には設計可と判定される限界耐力計算の普及が足踏みする結果となった。

筆者らはすでに、保有水平耐力計算では加速度一定領域における減衰の効果を大きく取り過ぎていることや、建物の弾性周期に基づき設計されることから地震応答時の建物の塑性化による周期の変化が考慮されていないこと、地盤毎に異なる建物への地震入力を 3 種に限定して分類していること等が、保有水平耐力計算と限界耐力計算の必要耐力に大きな差異を生じる要因となることを、理論的に明らかにしている。また、筆者等はこのような理論的検討に加え、実地盤による地盤増幅を考慮した地震動による地震応答解析より、実地盤情報を精確に反映した首都圏の鉄筋コンクリート造建物の耐震性能の実状を解析的にも検討している。結果として、第 2、3 種地盤と判定される地域における変形能に乏しい低層建物では、建物が崩壊に至るほどの地震応答変形を受ける可能性があることを明らかにしている。

しかしながら、既往の理論的研究では、建物の耐震設計をする際に必要となる係数のうち、建物周期と減衰による低減係数以外の係数については、建物の耐震性能に与える影響を定量的に把握するに至っていない。これは、既往の研究において、地域係数 Z を 1 として応答評価式を例示したことや、表層地盤の加速度応答スペクトルに基づき応答評価式を構築したことにより、提示した応答評価式において地盤増幅係数 G_s が視認できない形となっていたことに起因する。また、既往の解析的な検討においても、建物と地盤の動的相互作用を考慮せずに耐震性能の検討を行っており、この影響が大きいとされている低層建物では、まだ検討の余地があるといえる。さらに、既往の研究では、建物モデルを鉄筋コンクリート造ラーメン構造に限定した検討としており、我が国の中低層集合住宅の代表的な構造である壁式構造についても耐震性能を検討することで、より多くの実在建物の耐震性能の実状を把握するための有用な資料になると考えられる。

そこで本論文では、まず、現行基準に基づき設計された建物が倒壊に至るほどの大変形を受けた時に、ど

のような応答周期となり、その結果、建物耐力と地震応答変形にどのような関係が得られるか検討した。この検討は等価線形化法に基づき、建物の地震応答時の等価周期と加速度応答スペクトルの関係から、理論的に行った。次に、等価線形化法に基づき、現行耐震基準に規定されている設計用の構造因子である構造特性係数、振動特性係数、地域係数、地盤増幅係数が、地震時最大応答変位に与える影響を容易に視認できる応答評価式を導いた。さらに、振動論とエネルギーの観点からも、同じ応答評価式が導かれることを示すとともに、この応答評価式に基づき、設計用の構造因子が建物の地震時最大応答変位に与える影響を検討した。また、建物周期を弾性周期とした場合と、地震応答時の等価周期とした場合で設計時に建物が属す加速度応答スペクトルの領域が異なることに着目し、必要ベースシア係数の算出式を比較することで、保有水平耐力計算と限界耐力計算が算出する必要耐力に差異が生じる原因および差異の定量的な検討をした。このように、耐震性能におよぼす構造因子の影響を容易に視認できる形で応答評価式を示し、体系的かつ総合的に検討することにより、技術者が容易に耐震を理解できるとともに耐震基準や耐震技術等に容易に反映しうることになり、学術的だけでなく実務的にも極めて意義の高いことだと考えられる。

本論文ではさらに、保有水平耐力計算に基づき耐力設定した鉄筋コンクリート造低層建物に対して、地盤との相互作用を考慮した地震応答解析を実施し、日本における現行基準の建物の地震応答の実状を解析的にも検討した。検討対象の建物モデルは我が国の鉄筋コンクリート造低層建物の代表的な架構であるラーメン構造と壁式構造とした。解析には首都圏実地盤情報を反映し、様々な地盤の増幅特性を考慮することで、地盤周期と建物の地震応答の関係を明らかにするとともに、耐震性能に及ぼすスウェイの影響についても検討を行った。さらに、各解析条件における建物の靱性能と限界変形角との関係より、首都圏の鉄筋コンクリート造低層建物の危険度の指標となるマップを作成した。現在、保有水平耐力計算は主流の耐震設計であることから、保有水平耐力計算により耐力を算定した建物の耐震性能の実状をより精確に把握する事は設計だけではなく防災上の観点からも大きな意義を有すると考えられる。

2 構成及び各章の要約

本論文では我が国の建物の耐震性の実状と課題を検討するにあたり、既往の知見も含め体系的かつ総合的な耐震性能評価を行った。以下に各章における検討項目を記す。

〔第1章〕 序論

本論文の背景として、日本における主な地震被害と耐震設計基準の変遷を示した。次に、日本の現行基準による耐震性能評価に関する近年の研究動向について調査・分析し、現行基準の問題点を指摘するとともに、既往の研究では検討が不足している事項を明示した。さらに、既往の研究に対する本論文の位置づけならびに研究目的、研究方針、論文構成を示した。

〔第2章〕 等価線形化法に基づく応答評価

まず、等価線形化法に基づく応答評価法に基づき、建物が崩壊に至るほどの地震応答変形を受けた場合の、等価剛性に基づく等価周期を求めた。これにより得られた建物の等価周期と限界耐力計算により規定される加速度応答スペクトルの関係から、日本に実在するほとんどの建物は、崩壊時の等価周期が速度一定領域に属することを示した。また、疑似応答スペクトルの関係やエネルギーの釣り合いの関係から、速度一定領域における建物の必要ベースシア係数と地震応答変形角の関係式を導いた。この関係式から、限界耐力計算で規定される構造因子が建物の耐震性能評価に与える影響を容易に視認できる応答評価式を導いた。

〔第3章〕 現行基準の課題

前章で求めた応答評価式に基づいて、日本における現行の耐震基準である保有水平耐力計算と限界耐力計算により算出される必要ベースシア係数と変形の関係を示した。保有水平耐力計算では弾性周期に基づき必

要ベースシア係数を算出することから、多くの中低層建物が振動特性係数一定の領域で建物が設計されるが、限界耐力計算では建物の地震応答時の等価周期を用いて必要ベースシア係数を算出することから、ほとんどの中低層建物が加速度応答スペクトルにおける速度一定領域で設計される。この違いに基づき、建物の立地条件や靱性能により、両設計基準により算出される必要ベースシア係数に生じる差を、定量的に示した。また、建物の耐震設計時に用いる構造因子である、構造特性係数、地域係数、振動特性係数、地盤増幅係数が、建物の耐震性能に与える影響をより詳細に検討し、設計者が現行基準において配慮すべき点を指摘した。

〔第4章〕 首都圏実地盤上における鉄筋コンクリート造低層建物の耐震性能

保有水平耐力計算により耐力を設定した低層鉄筋コンクリート造建物を対象として、首都圏各地における実地盤の地盤増幅を考慮した地震動を用いて、地盤との動的相互作用を考慮した地震応答解析を行い、実状により即した耐震性能を検証した。検討対象とする建物は、鉄筋コンクリート造ラーメン構造に加えて、我が国の代表的な中低層集合住宅である鉄筋コンクリート造壁式構造とし、地盤周期と建物の地震応答変形の間関係を明らかにするとともに、理論的検討において得られた関係式の妥当性を確認した。なお、検討対象とした低層建物においては、建物と地盤との動的相互作用のうちロッキングの影響は非常に小さいと考えることができるため、本報では動的相互作用としてはスウェイのみを考慮し、スウェイの有無による建物の地震応答の違いを、累積消費エネルギーなどから明らかにした。また、各解析条件における建物の地震応答解析結果より、首都圏の中低層鉄筋コンクリート造建物の危険度の指標を示すマップを提示することで、保有水平耐力計算に基づく耐震性能評価と地震応答解析結果の差異や、地域による建物の危険度の傾向を明らかにした。さらに、地図上で地震応答解析結果と地盤増幅率の分布を比較し、保有水平耐力計算に基づき設計された建物の地震応答変形は地盤増幅率と相関性が高いことを示した。

〔第5章〕 結論

本論文の検討に対するまとめを記すとともに、今後の研究課題を示した。