

修士論文要旨
RC 建築物の免震化による損傷レベル制御

高知工科大学大学院基盤工学専攻
社会システム工学コース 1075009
伊藤 瑞悦

1: 研究背景

1995 年に兵庫県南部地震が発生して、さまざまな問題が顕在化した。中でも建物の構造設計者と建築主の間で、建物に作用する地震動の強さとそのときに予測される損傷程度に関して共通認識がなかったことが指摘された。今後は設計者には、建物の耐震性能に関して消費者に十分理解できるような説明を行い、消費者の合意を得た上で、消費者の望む建物を設計することが求められている。また現在では、建物の耐震設計は構造的な安全性だけでなく建物の機能や価値までを含めて捉えられるようになってきている。このような流れをうけ、2004 年 1 月に日本建築学会より「鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針(案)」が刊行された。ここには、鉄筋コンクリート造建物(以後、RC 造建物と記す)の耐震性能を損傷度 I から V の 5 段階に分けてメニュー化するという新しい概念が示されている。

2: 研究目的

本研究の目的は、RC 造建物を免震化することによって、極めてまれに起こる大地震後も損傷度 I、すなわち地震後もほぼ補修の必要なく継続使用できる状態に制御する方法を提案することである。

現行の建築基準法では、耐用年数中に 1 度遭うか遭わないかという極めて強い地震に対して、人命は守るが建物の損傷・機能喪失はやむを得ないというのが基本方針である。本研究では、社会的なニーズの多様化を踏まえ、大地震後もほぼ補修の必要なく継続して使用できる状態を維持すること、すなわち大地震後も「鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針(案)」における損傷度 I レベルに損傷を制御することに着目した。そのための有効な手段として、本研究では免震構造を採用した。具体的には、RC 造免震建物に指針の考え方を導入して、大地震後も損傷度の性能を維持するための上部構造の設計上の目安をベースシア係数によって提案し、免震化による損傷レベル制御の可能性を追求することを目的とする。

3: 研究方法

まず、既往の建築基準法に則って設計した低層、中層、高層、超高層建物(以後、原建物と記す)に静的荷重増分解析(以後、静的解析と記す)を行って、層せん断力-変位の関係を求める。次にその関係を質点系におきかえて時刻歴動的応答解析(以後、動的解析と記す)を行い、応答値を求めて各建物の損傷度を検討する。次に原建物をそのまま基礎免震化し、再び動的解析を行って応答値を求め、損傷度を検討する。これら一連の

解析をクライテリアが満たされるまでケースを増やして繰り返すこととする。

本研究では、損傷制御の設計クライテリアとして動的解析による最大応答変位が層間変形角で1/200程度になることとする。これは指針で定義された損傷度の限界値であり、応答層間変形角が1/200程度であれば設備機器・什器および仕上げは損傷を受けず補修が不要とされており、残留ひび割れ幅が0.2mm以下におさまるとされているからである。また残留ひび割れ幅が0.2mm以下であれば、ドアの開閉など建物の機能面でも問題がないとされている。クライテリアが満たされるまで解析を繰り返すこととする。初期の建設コストは、一般に設計で考えられる地震動を大きくして建物の耐震性能を向上させるとともに高くなるが、初期の建設コストをかけて耐震性能を向上させれば、地震時の被害は少なくなるので地震後の補修費用は少なくて済む。このように、免震化する(すなわち、耐震性能を向上させる)ことで建設コストは増加するが、同じ建物を既往の基準法に則って設計した場合と比べれば上部構造の躯体費用が削減でき、地震後の補修費用も不要になると考えられる。そこで本研究では、大地震後も損傷度の性能を維持できるRC造免震建物の構造躯体費用、既往の建築基準法に則って設計された建物の構造躯体費用と大地震後に想定される補修費用を積算し、RC造免震建物の経済性を検討する。

4: 解析結果

既往の基準法に則って設計した各建物を免震化することで、損傷度の性能を満たす範囲内で上部構造を削減することができた。各ケースの解析結果を図4に示す。損傷度

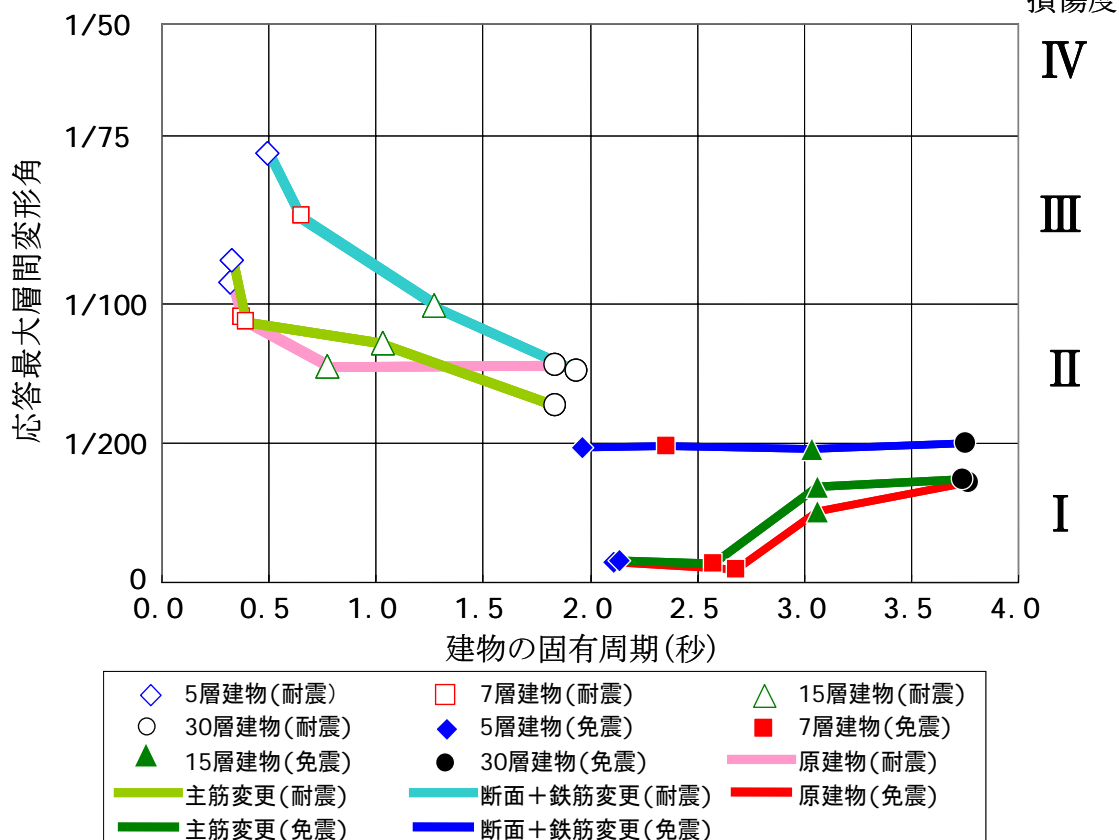


図4:各ケースの最大応答層間変位・固有周期の推移

図 4 は、縦軸左に最大応答層間変形角を、縦軸右には「鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価型指針(案)」に基づいて設定した損傷度を、横軸は建物の固有周期を示している。グラフの左側の集まりは、既往の基準法のクライテリアを満たした建物を動的解析した結果である。以後「耐震設計したケース」と記す。グラフの右側の集まりは、耐震設計した各ケースを免震化して動的解析を行った結果である。またグラフの赤線は原建物の結果を、緑線は CASE1 として原建物から主筋量のみを最小鉄筋量まで低減したケース、青線は CASE2 として部材断面と鉄筋量（主筋・帯筋量の両方）を変更したケースの解析結果を示しており 5 層、7 層、15 層、30 層の各ケースの中で最も応答値が大きかった値をプロットしている。

もともと応答変位が損傷度ⅡからⅢに分布していた耐震設計した各ケースの原建物が、免震化することでグラフの右下の赤線が示すように損傷度Ⅰレベルに抑えられた。それぞれ固有周期がのび、層間変形角、すなわち各層の変形も大幅に低減され、損傷度におさまっており、応答値クライテリアである応答層間変形角 1/200 まではかなり余裕があることも確認できた。つまり、上部構造の耐力を余裕分だけ下げられると考えた。そこで CASE1 として柱・梁の主筋量を最小鉄筋量まで減らし、CASE2 で部材断面と鉄筋量を変更することで、グラフ右下の青線が示すようにクライテリアである層間変形角 1/200 にかなり近づけることができ、クライテリアは満たされていると判断した。

5: ベースシア係数のまとめ

各ケースのベースシア係数をまとめて表 5 に示す。

表 5:各ケースのベースシア係数

	原建物	CASE1	CASE2
5層建物	0.48	0.33	0.22
7層建物	0.45	0.27	0.15
15層建物	0.16	0.10	0.09
30層建物	0.10	0.06	0.06

上部構造の耐力を下げる方法として、CASE1：主筋量の変更、CASE2：部材断面と鉄筋量(主筋と帯筋)の変更を行った。CASE2 がクライテリアを満たしたケースである。

免震化することで、大地震後も損傷度の性能を維持するためには、層間変形角 1/200 に達した時点のベースシア係数で、既往の基準法のレベルの原建物に比べて下げることが確認できた。5 層建物では、原建物のベースシア係数に比べてクライテリアを満たした CASE2 では約 6 割、7 層建物では約 7 割、15 層建物では約 5 割、30 層建物では 4 割程度下げることができた。

6: 積算結果

各ケースの積算結果を図 6 に示す。

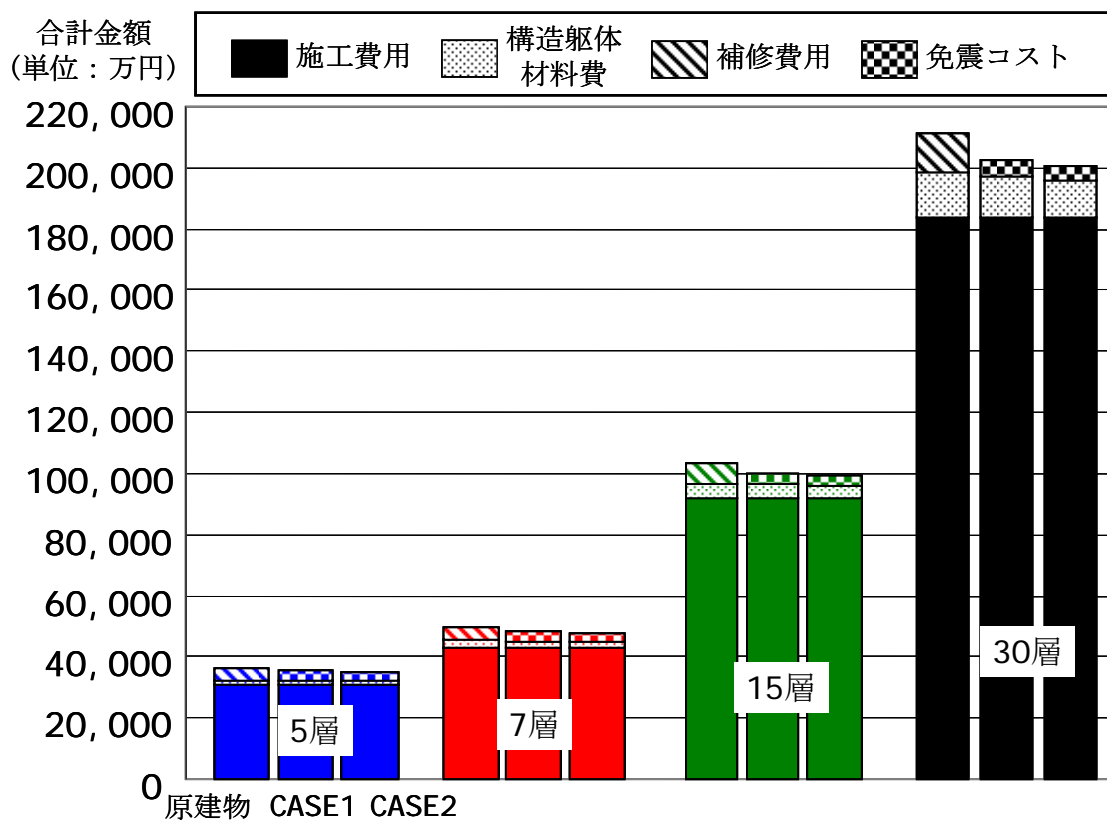


図 6:各ケースの積算結果

図 6 の横軸は左から原建物、CASE1、CASE2 を示しており、縦軸は合計金額を表している。原建物の合計金額とは構造躯体費用・施工費用・大地震後の補修費用を足し合わせた値、CASE1・2 の合計金額は構造躯体費用・上部構造の施工費用・免震コストを合計した値である。

各ケースとも免震化したほうが多少安くなり、免震化の有効性が確認できる。被災度によって補修費用は変動するのでこの値は多少上下すると考えられるが、各ケースとも免震化したほうが多少安くなり、免震化の有効性が確認できると思われる。

以上の結果から、既往の基準法に則って設計した建物を免震化することで、大地震を受けた後も損傷度の性能を維持するための設計上の目安を提案できた。また積算結果からも免震化による損傷レベル制御が有効であり、実現可能性があると考えられる。

