

- 3 地震リスク・マネジメントにおける意思決定手法の構築

Decision Methodology in Seismic Risk Management of Buildings

(研究期間 平成 14~16 年度)

住宅・都市研究グループ
Dept. of Housing & Urban Planning

高橋雄司
Yuji Takahashi

This study constructs a seismic risk management methodology of buildings, aiming to show building owners the advantages of earthquake preparedness. This methodology can fully utilize up-to-date knowledge obtained in the associated academic fields, and can provide building owners rational decision-makings. As a case study, I demonstrate the cost-effectiveness of a base-isolation system in a house exposed to intensive seismic hazards. This study also presents a simpler and less-expensive risk analysis procedure, without time history analyses, considering some building owners may prefer quicker and cheaper results.

【研究目的及び経過】

大地震による建物被害を軽減するためには、事前に適切な地震対策を施しておくことが重要である。このためには、建物所有者に対して、地震対策に投資することのメリットを説明し、それに誘導するための「ソフト」技術が有効である。建物の強度/靱性の向上、制振、免震などの「ハード」技術の発達に対して、その効果を説明するための「ソフト」技術は十分に整備されていない。これが、地震対策の普及が進まない原因のひとつである。

このような背景を受けて本研究では、建物所有者に地震対策の効果を説明するための、地震リスク・マネジメント手法を開発することを目的とした。地震リスク分析においては、関連研究分野(地震学、地盤工学、構造工学など)の最新の知見を導入できるフレームワークの構築を目指した。開発手法の実用化を視野に入れて、実建物を対象として、地震対策に初期投資することのメリットを検討した。特に、地震危険度の高い地域における地震対策は急務であり、本事例研究においては、そのような地域の建物を対象とした。以上の事例研究では、時刻歴解析を伴う詳細な地震リスク分析を行う。建物所有者に対して、安価かつ簡便に判断材料を提供するために、より簡易な地震リスク分析手法を提案する。

3 年間(平成 14~平成 16 年度)の研究期間において、上記の研究目的を達成することが出来た。以下に、研究内容と研究結果を示す。

【研究内容】

(1) 地震リスク・マネジメント手法の開発¹⁾

本手法では、建物所有者の総支出(ライフサイクル・コスト:LCC)を地震リスクととらえ、複数の設計案の中から、LCC を最小にする最適案を建物所有者に提示できる。各設計案の LCC を算出する際には、地震

学、地盤工学、構造工学などの関連研究分野の知見を最大限に導入できるように、定式化が成されている。特に、政府の地震調査委員会・長期評価部会による地震発生の確率モデルおよび同委員会・強震動評価部会による強震動作成手法を直接的に利用できる。これら最新の知見を活用することにより、建物所有者に対して合理的な判断材料を提示できる。

(2) 地震危険度の高い地域の建物を対象とした事例²⁾

(1)の開発手法の適用事例として、宮城県仙台市の戸建住宅(図 1、図 2)を対象とした地震リスク・マネジメントを示す。対象住宅近くの宮城県沖合では、約 37.1 年の周期で宮城県沖地震(M7.5 前後)が発生し、長期評価部会は、次の 30 年以内の発生確率を 99%と発表している。また、強震動評価部会による強震動予測地図では、対象住宅付近において震度 6 弱の強い揺れが予測されている。対象住宅では、地震対策として免震構法が施されており、その初期投資により LCC を軽減できるかを検証する。LCC を計算する際には、長期評価部会による地震発生確率モデルおよび強震動評価部会による強震動評価モデルを利用する。



図 1 対象建物

図 2 建物位置()と震源域()

(3) 簡易地震リスク分析手法の提案³⁾

(2)の事例研究では、時刻歴解析に基づく詳細な地震リスク分析を行った。これに対して、時刻歴解析を伴わ

ない簡便なシミュレーション・モデルを用いるメニュー（以下、簡易法と呼ぶ）を新たに提案し、その適用性を検討する。時刻歴解析に基づく事例研究の結果が文献 1) に示されているので、これと同じ問題を簡易法で解き、両者の結果を比較することにより、簡易法の適用性を検討する。対象建物とその位置を図 3、図 4 に示す。本論に示す簡易法においては、国土数値情報に基づいて地盤増幅の影響を考慮できる応答スペクトルの距離減衰式を用いる。作成された応答スペクトルを用いて、Capacity Spectrum 法により建物の応答予測を行う。



図 3 対象建物

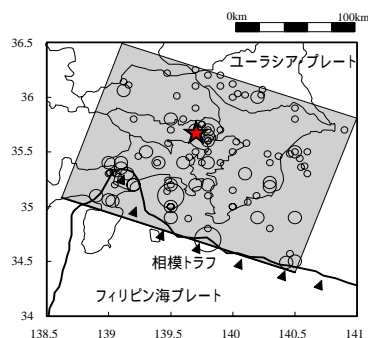


図 4 建物位置()と震源域()

【研究結果】

(2) 地震危険度の高い地域の建物を対象とした事例²⁾

住宅の供用期間 (t_{life}) と期待 LCC ($E[C_L]$) の関係を求めたものが図 5 である。この図より、免震化することで初期費用は 260 万円高くなるが、供用期間を 12.8 年間以上とすると期待 LCC が基礎固定の場合のそれを下回ることがわかる。供用期間 30 年間の対象住宅では、免震工法に初期投資しておくことで、住宅所有者が総支出を軽減できる。以上のような結果に基づいて、建物所有者に対して適切に地震対策に投資することのメリットを説明できる。地震危険度の高い地域における事前対策への誘導は喫緊の課題であり、本事例は、建物所有者に対する説明資料のプロトタイプと位置付けられる。

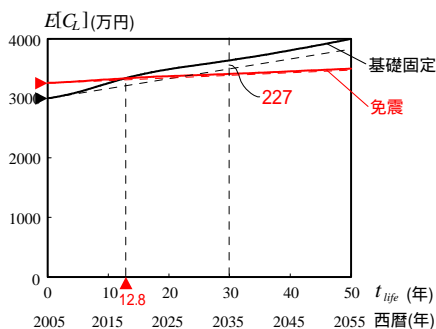


図 5 供用期間 - 期待 LCC

(3) 簡易地震リスク分析手法の提案³⁾

建物の供用期間 (t_{life}) と期待 LCC ($E[C_L]$) の関係を示したのが図 6 である。ダンパーを設置することにより初期費用が上がるが、詳細法(a)および簡易法(b)のいずれでも、数年間以上ではダンパーを設置する設計案の期待 LCC が設置しない案のそれを下回ることがわかる。いずれの方法でも、建物の供用期間 ($t_{life} = 50$ 年) で考えると、ダンパーを設置することにより建物所有者の総支出（期待 LCC）を低減できることが示された。つまり、新たに提案した簡易法を用いても、どの設計案を選ぶべきかについて、詳細法と同様の結果を提供できる。簡易法は、建物所有者に対して安価かつ瞬時に結果を提示することが可能であり、幅広い利用が期待される。

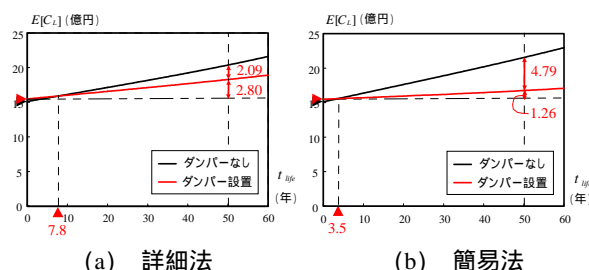


図 6 供用期間 - 期待 LCC

【備考】

本研究課題の成果の実用化を目指して、12 機関が参加する「地震リスク・マネジメント研究会（研究代表者：高橋雄司）」は、多くの研究を行った。当研究会の詳細については、文献 4) を参照されたい。

【参考文献】

- 1) Takahashi, Y., Der Kiureghian, A. and Ang, A.H-S., "Life-cycle cost analysis based on a renewal model of earthquake occurrences", *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, Vol. 33, pp. 859-880, 2004.6
- 2) 高橋雄司・正木信男・穴原一範・五十田博「地震危険度の高い地域の建物を対象とした地震リスク・マネジメント」日本建築学会構造系論文集、第 591 号、pp.25-33、2005.5
- 3) 高橋雄司「簡易シミュレーションによる建築物の地震リスク分析」構造工学論文集 Vol.50B、pp.453-463、2004.3
- 4) 地震リスク・マネジメント研究会「地震対策の普及を目的とした地震リスク・マネジメント技術の実用化」建築研究資料、独立行政法人建築研究所（出版予定）