

リスク評価に基づく地震防災投資に関する研究
- その 8 意思決定支援手法の適用例 -

正会員	鳥澤 一晃* ¹	正会員	水越 薫* ²
同	宮村 正光* ³	同	石田 寛* ¹
同	日下 彰宏* ¹	同	松裏 眞佐代* ⁴
同	石川 孝重* ⁵	同	伊村 則子* ⁶

意思決定	耐震補強	木造住宅
価値観	地震リスク	効用関数

1. 目的

前報その 7 で報告した提案型の意思決定支援手法の適用性を検証するため、本稿では個人にとっての耐震補強に関する意思決定支援についてケーススタディを行う。特に、価値観の違いを反映することで最終結果がどのように変わるのかを明らかにすることを目的とする。

2. 適用方法

適用対象には、南関東地域の地震ハザードを想定し、その地域で耐震補強を要する平均的な木造住宅として、建築年 1980 年(築年数約 20 年)、瓦屋根、2 階建て、延べ床面積 100m²と設定した。

適切な耐震補強を行うには現状の耐震性能を把握する必要があるが、一般に簡易な耐震性能評価として耐震診断評点を用いることが多い。ここでは、日本木造住宅耐震補強事業者協同組合(木耐協)が過去に実施した耐震診断結果における建築年代毎の平均評点¹⁾に基づき、建築年から耐震診断評点を評価し、A[地盤・基礎]を 0.82、B×C[建物の形・壁の配置]を 0.86、D×E[筋かい・壁の割合]を 1.37、F[老朽度]を 0.97、総合評点 A×B×C×D×E×F を 0.94 とした。

対象住宅に対する耐震補強案には木耐協が木造住宅の耐震補強の種類²⁾として挙げている表 1 の 16 対策を用いる。また、補強案の工事費見積りは、一般的な住宅部位別の概算数量³⁾に基づき延べ床面積から補強部位の工事量を算出し、さらに単位工事量当たりの合成価格⁴⁾を用いて概算する。

表 1 耐震補強の種類²⁾

No	対策名称
1	地盤改良
2	無筋基礎を配筋して有筋基礎に
3	土瓦屋根を葺き替えて軽量化
4	水廻り等の腐朽の進んだ柱・土台の付け替え・付け足し
5	ラスモルタル壁からサイディング壁に替え、外壁の軽量化
6	水平剛性の確保のための床面の下地張替え
7	梁・胴差しの仕口部補強
8	バルコニーなどの軽量化
9	耐力壁の追加
10	ホゾ抜け防止金物(内付け)の設置
11	筋かいの追加や構造用合板による既存壁の補強
12	無筋基礎の鉄骨化
13	床・天井・小屋裏の火打ち梁の追加
14	ホゾ抜け防止金物(外付け)の設置
15	基礎・外壁ひび割れの補修
16	小屋裏筋かいの補強

一般に個人は耐震補強の対策について知識をほとんど持っていないが、前報の図 2 に示すような耐震補強による効果や影響などの様々な評価基準を考慮した意思決定の階層構造があると考えられる。本手法では、各評価基準の重み付けにより個人の価値観を結果に反映させる。重み付けは実際には個人が一対比較により行うが、ケーススタディでは価値観の違いをパターン化して直接設定する。ただし、例題の単純化のため重み付けのパターンは第 1 レベル(効果、日常生活への影響、着手し易さ)のみを変化させる。第 2 レベル以下については上位の項目の重みを等分する。

補強案の優劣は、まず地震時の効果に関しては、対象住宅の所在地における地震ハザード(ここでは、30 年超過確率 1%の最大速度)を入力地震動とする補強後の地震リスク(ここでは、Damage-Index (DI)^{5,6)})を算出して、DI に対応する建物被害程度、居住者負傷程度に基づき評価する。DI 算出に用いる補強後の耐震診断評点は、住宅部位の工法別の評点⁷⁾を参考に、現状の耐震診断評点への加算点を設定して求めた。地震時の効果以外の評価基準に関しては、木造専門の工務店 2 社を対象に行った補強案の優劣に関する調査結果(表 2)に基づき評価する。これら客観的評価の結果を個人にとっての満足度へ変換する効用関数は、対象住宅に住む個人の判断を想定して著者が図 1 のように設定した。地震時の効果である財産保護と人身保護はリスク回避型として下に凸としたが、それ以外の第 3 レベルの評価基準については線形で仮定した。

補強案の優先度は、前報の式(1)、(2)により求める。

3. 適用結果

まず、耐震補強の意思決定における価値観の違いとしては適当ではないが、評価基準や補強案の特性を把握する目的で、以下の 3 ケースを行う。

効果のみ重要視する { 重みの比 効果:日常:着手=1:0:0 }

日常生活への影響のみ重要視する { 効果:日常:着手=0:1:0 }

着手し易さのみ重要視する { 効果:日常:着手=0:0:1 }

各ケースにおける補強案の優先度を図 2(1)に示す。相対的にケース で優先度の高い補強案についてはケース では低い傾向にあり、またその逆の傾向も見られ、効果と日常生活への影響とは相反する関係が読み取れる。

実際に耐震補強に関して意思決定する場面で、効果よりも日常生活への影響や着手し易さを重要視することはほとんど有り得ない。現実的な価値観の違いとして以下の 2 ケースを行う。

効果と同程度に日常生活への影響も重要視する

{ 効果:日常:着手=1:1:0 }

効果と同程度に着手し易さも重要視する

{効果:日常:着手=1:0:1}

ケース 及び , における補強案の優先度を図 2(2)に示す。いずれのケースも効果は全体の半分以上の重みがあるために優先度はその違いがあまり大きくないが、優先順位としては表 3 のように上位で補強案が入れ替わる。ケース ではひび割れ補修, ケース では柱・土台付け替えが上位に含まれた。

耐震補強を実行へ移す際に、現実には工事費の問題が非常に大きい。工事費の予算は単に経済的な制約から決定される場合が多いが、耐震補強に対する価値観も一部反映されると考えられる。次に、概算工事費見積額が予算額以下となる補強案を選別し、ケース について優先順位の再評価を行う。木耐協による調査¹⁾では工事費は 100 万円未満の場合が全体の過半数を占めることから、予算として 50 万円, 100 万円の 2 ケースを行う。結果を表 4 に示す。予算 50 万円では、限られた予算で軽微な耐震補強を行う場合の優先順位が示された。

表 2 補強案の相対的な優劣に関する工務店の経験的判断

No	対策名称	資産価値	アメニティ	見映え	騒音・振動	引越し・仮住まい	使い勝手	仕組みの分かり易さ	普及度	準備の煩わしさ	業者選択の容易性	実用時期の融通性
1	地盤改良	中	中	小	中	小	大	中	小	小	中	中
2	無筋基礎への配筋	中	小	小	中	小	大	中	小	小	中	中
3	土瓦屋根葺き替え	大	小	大	中	中	大	大	中	大	小	中
4	柱・土台付け替え	中	中	小	中	中	大	大	大	中	中	大
5	外壁軽量化	中	中	大	中	中	大	中	大	中	小	中
6	床面下地張替え	小	小	小	中	中	大	中	小	小	中	中
7	仕口部補強	小	小	小	大	大	大	小	中	大	小	大
8	バルコニー軽量化	中	中	中	中	大	大	中	中	大	小	中
9	耐力壁追加	中	小	小	中	中	中	中	中	小	中	中
10	ホソ抜け防止内付	小	小	小	大	大	大	中	中	大	小	大
11	既存壁補強	大	中	小	中	中	中	中	大	小	中	中
12	無筋基礎鉄骨化	小	小	中	中	中	大	中	小	小	中	大
13	火打ち梁追加	小	小	小	中	中	大	小	大	中	小	大
14	ホソ抜け防止外付	小	小	中	大	大	大	小	大	大	小	大
15	ひび割れ補修	中	中	大	大	大	大	中	大	大	小	中
16	小屋裏筋かい	小	小	小	大	大	大	小	大	大	小	大

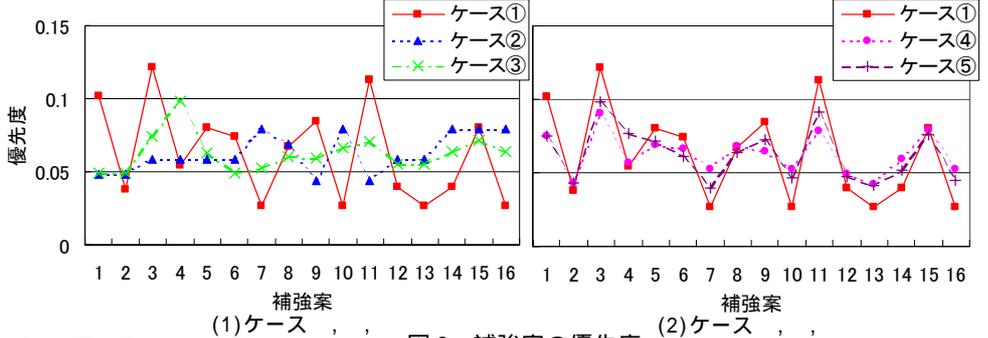
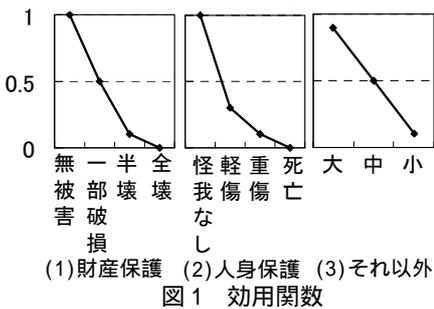


表 3 補強案の優先順位 (評価基準の重み別)

順位	ケース	ケース	ケース
1位	土瓦屋根葺き替え	土瓦屋根葺き替え	土瓦屋根葺き替え
2位	既存壁補強	ひび割れ補修	既存壁補強
3位	地盤改良	既存壁補強	柱・土台付け替え
4位	耐力壁追加	地盤改良	ひび割れ補修
5位	ひび割れ補修	外壁軽量化	地盤改良

- *1 鹿島 技術研究所 工修
- *2 イー・アール・エス 工博
- *3 鹿島 小堀研究室 工博
- *4 鹿島 建築設計エンジニアリング本部 工修
- *5 日本女子大学 教授・工博
- *6 日本女子大学 客員研究員・博士(学術)

4. まとめ

本研究で構築した意思決定支援手法は、耐震補強など一般に個人では何を行うべきかが分からない意思決定問題に対し、個人の価値観を反映させた問題解決の方針を提案する手法である。木造住宅の耐震補強を対象としたケーススタディから、評価基準の重みや工事費の予算など耐震補強に関する価値観の違いにより、補強案の優先順位が異なることが明らかになった。今後は手法の一層の精度向上を図る予定である。

参考文献 1) 日本木造住宅耐震補強事業者協同組合: 耐震診断調査データ(平成 14 年 8 月 29 日発表), <http://www.mokutaikyoo.com> 2) 日本木造住宅耐震補強事業者協同組合: 耐震補強の種類と優先順位, <http://www.mokutaikyoo.com> 3) 阿部正行: 改訂 リフォーム工事の見積り, (財)経済調査会, 2001, pp.396-4) 建築工事研究会: 「積算資料ポケット版」リフォーム・増改築編 2002-03 年版, (財)経済調査会, 2002 5) 岡田成幸ほか: 地震被害調査のための建物分類と破壊パターン, 日本建築学会構造系論文集, 第 524 号, 1999.10, pp.65-72 6) 高井伸雄ほか: デューデリジェンスのための建物耐震診断結果を利用した損傷度評価関数(2) 木造建物と RC 造建物(解析編), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2002.8, pp.27-28 7) 建設省住宅局住宅生産課 監修: 木造住宅の耐震性向上リフォーム 基礎編, (財)日本住宅リフォームセンター, 1996, pp.22-29

表 4 補強案の優先順位 (ケース , 予算別)

順位	予算 50 万円	予算 100 万円
1 位	ひび割れ補修 (13 万円)	土瓦屋根葺き替え (69 万円)
2 位	バルコニー軽量化 (20 万円)	既存壁補強 (63 万円)
3 位	柱・土台付け替え (31 万円)	耐力壁追加 (83 万円)

表中の括弧内金額は延べ床面積 100m² の場合の概算工事費見積額

- *1 Kajima Technical Research Institute, Kajima Corp., M. Eng.
- *2 Engineering & Risk Service Corp., Dr. Eng.
- *3 Kobori Research Complex, Kajima Corp., Dr. Eng.
- *4 A/E, Kajima Corp., M. Eng.
- *5 Prof., Japan Women's Univ., Dr. Eng.
- *6 Visiting Researcher & Lecturer, Japan Women's Univ., Ph. D.