

# 耐震補強の費用対効果を考慮した地震リスクマネジメントに関する研究

D3-02088 村田 陽一

## ハザードマップ 耐震補強 費用対効果

### 1. はじめに

宮城県沖地震、関東地震、東南海地震をはじめとし、近年大規模地震災害が切迫してきている。しかしながら耐震改修済みの住宅は全国でも2～3万戸程度であり、全体の1%にも満たない状況である<sup>1)</sup>。

また久田研究室で行った、東京都北区上十条アンケート調査<sup>2)</sup>によると、9割近くの人が区部直下地震でなんらかの被害を受けると答えている(図1)。また直下地震で倒壊すると回答したにも関わらず耐震診断を必要としている人が45%と、多いとは言えない結果が得られた。耐震診断を行わない理由として、費用をかけたくない、診断の必要性が感じられないなどがあつた。以上のことより、耐震診断に関して、必要と考えている人の割合は少ないと思われる。

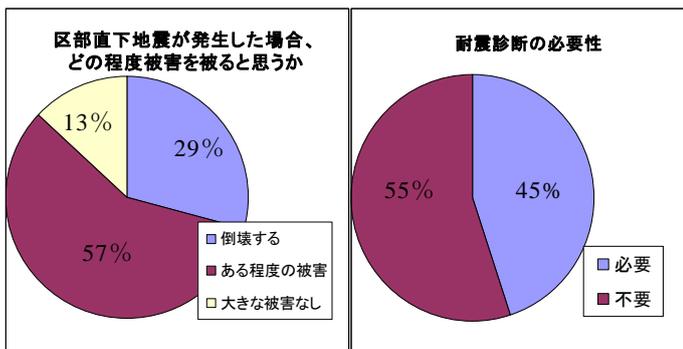


図1 耐震診断に対するアンケート<sup>2)</sup>

本研究では、一般住民が地震災害に対し地域別地震リスク評価、耐震診断を行い、地震危険度や自宅耐震性能の理解、耐震補強の費用対効果、重要性が確認できるプログラムを作成し、地震に対する意識向上を図ることを目的とする

### 2. 本研究の流れ

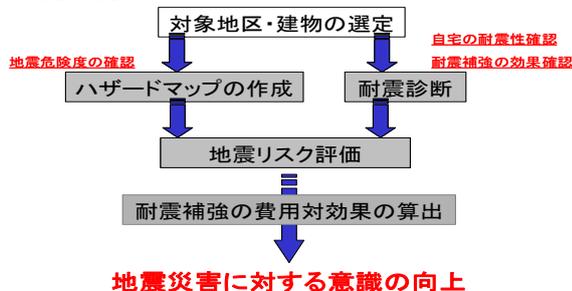


図2 研究の流れフローチャート

まず地域別に、ハザードマップを作成し、地震災害に対する地域別地震リスク評価を行う。ハザードマップ作成し、地震危険度について認知する。次に構造物別に耐

震診断を行い、耐震診断値を算出する。耐震診断値は総合判定として算出される。またここで自宅等の耐震性能の示唆、理解を行う。そしてハザードマップと耐震診断をもとに耐震補強例を挙げ、耐震補強の費用対効果算出、地震リスクマネジメントを行い、目的を達成する。

### 3. ハザードマップの作成、地震危険度の認知

地震動を想定するにあたり、地震評価システムという(本システムではCATFISH)を用いたシステムを構築、利用した。CATFISHでは地盤分類など膨大な情報量を地理情報とリンクでき、また視覚的に表現が可能のため、目的のひとつである地震危険度を表現するのに相応しいと考えた。本研究で利用したシステムは、あいおい損害保険株式会社、株式会社インフォマティクス、工学院大学久田研究室で2005年に共同開発したものである。

CATFISHには全国地図情報、標高、地盤分類、主要98断層、98断層以外の断層、プレート情報が入っている。なお、地盤データは久田・柴山・久保(工学院大学)<sup>3)</sup>のものを利用している。これらのデータを各種計算式(表1)に入力することにより、地図上に視覚的に表示することが可能である。

被害地及び断層地点間の距離はCATFISH内の断層に緯度経度情報を加え、経度緯度により距離計算を行う。

ハザードマップ(図3)を作成するにあたり、複数個計算式があるのは、断層には面震源、点震源、線震源がある。そのため最短距離計算、等価震源距離計算を行えるようになっている。算出される地震リスクのシートには最も被害が出ると予想される断層での地表面最大速度、震度、またシナリオ地震以外にバックグラウンド地震を含む、上位50までの想定地震が表示されるようになっている(表2)。なお費用対効果算出にあたり必要な地表面速度(PGV)、震度は地震リスクのシートより抽出する。

ハザードマップは以下①～⑤の工程を経て作成される。

- ①断層の選択を行う
- ②距離減衰式により、対象地域での最大速度、最大加速度を算出する。
- ③地盤増幅率を②の結果に乘算する。
- ④対象地域の地表面最大速度、地表面最大加速度を計算する。計測震度変換を用い、地表面最大速度より震度を算出する。
- ⑤これら算出データを統合しハザードマップとする。なお地震発生確率についてはJ-SHIS<sup>4)</sup>での算出結果を引用させていただいた

表1 地震評価システムで用いた各種計算式

距離算出方法	断層最短距離 等価震源距離
最大速度、加速度 (距離減衰式)	司、翠川(1999) 安中、山崎、片平(1997)
地形分類	久田、柴山、久保他(工学院大)
地盤増幅率	松岡、翠川(1995) 藤本、翠川(2003)
計測震度変換	翠川、藤本、村松(1999) 童、山崎(1996)

表 2 上十条地区で予想される地震（上位 2 つ）

住所	緯度	経度	構造	地震発生確率(30年間)		
東京都北区上十条	35.7669	139.7183	木造			
震源名	グニチュー	PGV	震度	地震発生確率(30年間)		
139.700.35.700(ユ)	6.5	64.9	5.9(6弱)	震度6弱	12.30%	
関東平野北西縁断層	8	59.52	5.9(6弱)	震度5弱	99.30%	

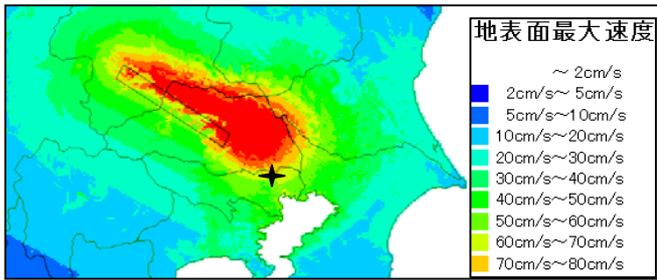


図 3 ハザードマップ（震源：関東平野北西縁断層帯）

4. 耐震診断プログラム、自宅耐震性能の理解

「我が家の耐震診断」を元に久田研究室で開発を行っている。豊橋市飽海町アンケートをもとに改良し、住民が安易に使えるものとして作成中である。耐震診断は当プログラムを使用する。

対象物件は上十条に実際存在する木造建築物、間取り（図 4）を使用した。耐震補強案はリアルタイムで補強する点がわかる当プログラムの特性を生かし、主に偏心率を考慮して行った。プログラム上で補強すると仮定するのは実際に存在する工法であり、特に耐震性能、及び金額が明記されているものや、国土交通大臣認定を受けているものを使用した。耐震補強案として採用した工法を表 3 に示す。

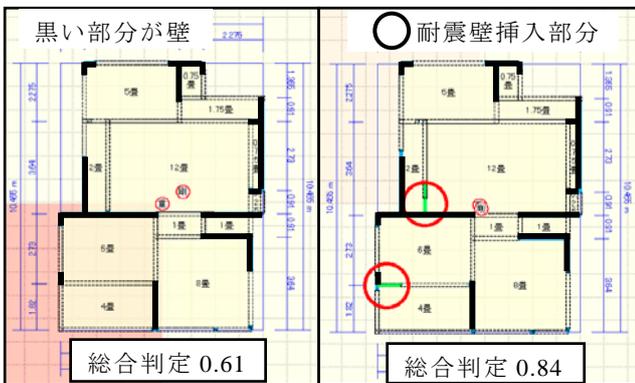


図 4 上十条木造家屋の間取り・補強箇所

表 3 耐震診断に入力した耐震補強工法

工法名称	会社名	対象箇所/効果	平均価格
がんこおやじ (MARS工法)	株式会社ジェイビーエス研究所	40mの布基礎 最大曲げ耐力44.37kN/m	¥800,000
ダイライト壁 かべ大将	大建工業株式会社	壁1箇所(910mm幅) 壁倍率2.3	

基礎を補強することにより無筋布基礎耐力 17.15kN/m を、鉄筋 5 本入りの布基礎（有筋布基礎）とほぼ同じ耐力 44.37kN/m に、また耐震壁を入れることにより、偏心率を低下させ、水平耐力を上昇させることにより総合判

定を 0.61 から 0.84 に上昇させた。なお工法は静岡県による、東海地震による建物倒壊数 0 を目指す「TOKAI0」プロジェクト<sup>(5)</sup>より抜粋した工法を用いている。

5. リスクマネジメント、耐震補強の重要性

ハザードマップより得られた地表面最大速度または震度、及び、耐震診断による総合判定値を用い、岡田、高井による木造建築物の被害関数<sup>(6)</sup>を利用することで費用対効果を算出、リスクマネジメントを行う。ここでは X 軸に地表面最大加速度、または震度、Y 軸に被害率をとるリスクカーブ（図 5）を用い耐震補強前の被害率と、耐震補強後の被害率がどの程度変化したか、また補強の際に掛かる費用をふまえて考察することによって費用対効果を算出、リスクマネジメントについて考察する。

上十条北区における木造構造物では耐震補強費約 94 万円で構造物の地震被害を 12.3%まで軽減できるという結果になった。

つまり構造物の価格が 780.5 万以上であれば、耐震補強の費用対効果は十分期待できるという結果になった。

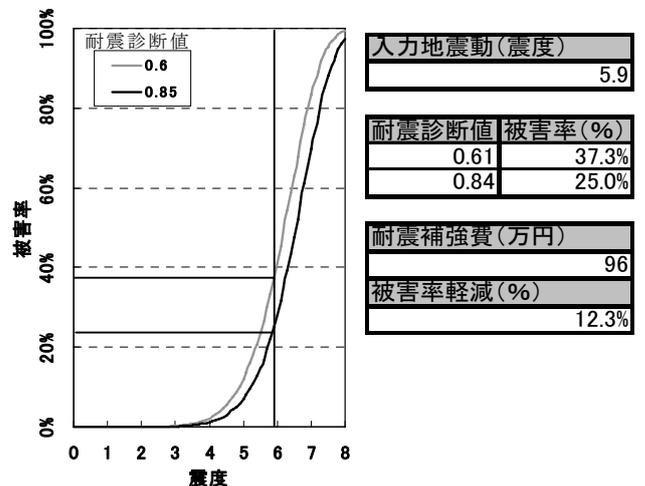


図 5 岡田・高井リスクカーブと・耐震補強による効果

5. まとめ

これらの結果により一般住民向けの簡易的な手法で、耐震補強効果を示すことができた。また地震災害を、よりイメージすることが可能となり、住民の耐震補強に対する意識を向上させる事ができるとも考えられる。しかしながら、地盤の増幅率違う場所、地震の発生確率の高い場所、低い場所など、条件が変わってもなお、費用対効果が得られるかどうか、今後検討の余地がある。また一連の流れを統合したプログラムの開発を行う必要がある。

【謝辞】  
本研究において久田嘉章先生をはじめ、客員研究員の久保智弘氏、博士市居嗣之氏には、多くの時間と労力をさいいた熱心なご指導・ご協力を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

【参考文献】  
1) 日建新聞：耐震診断・改修の補助制度を統合/国交省  
2) 久田、村上、柴山：木造密集市街地における地震防災に関する研究/地域安全学会梗概集/Nov., 2003  
3) 久田・柴山・久保他：全国地形分類図による表層地盤特性のデータベースを用いた早期地震動推定に関する研究/日本地震学会、地震第 56 巻、pp.21-37  
4) J-SHIS <http://www.j-shis.bosai.go.jp/>  
5) 静岡県 HP <http://www.taishinnavi.pref.shizuoka.jp/>  
6) 岡田・高井：木造建築物の損傷度関数の提案と地震災害への適用/日本建築学会/第 582 号,31-38