

地震被害想定システムを活用した耐震診断ソフトの開発

D1-00013 泉澤恵子

1. 背景・目的

阪神淡路大震災が発生してから8年が過ぎた。死者の8割を占めた窒息・圧死の原因の多くは住宅倒壊であり、1981年以前の古い耐震基準の時期に建てられた住宅の倒壊率が大きかった。81年以前の住宅で現行耐震基準未滿のもの(既存不適格住宅)は全住宅の約3割、全国で約1300万戸との推計もある。既存不適格住宅の耐震性を向上させる方法として本研究では耐震診断に着目した。一方、地震動や地盤の影響は耐震診断においても欠かすことのできないものであり、震源から同じ距離にあっても地形や地盤によって地震の揺れの大きさが異なるため、地形や地盤の詳細なデータは必要不可欠な存在である。各都道府県や研究所等でも地震対策上不可欠な調査として地震被害想定システムの開発が進められている。そこで、本研究ではそれらの地形データを活用し、既存の手法よりも精度の高い耐震診断を目指すため、実際に現地調査を行い地盤について増幅率から評点を求めた耐震診断をおこない、その結果を微動計測により評点の求め方についてその妥当性について検証を行う。

2. 既存のシステム紹介

2.1 既存の簡易耐震診断ソフト

昨年度、日本建築防災協会の耐震精密診断を基に工学院大学宮澤研究室で「我が家の耐震チェックプログラム」が開発された。このプログラムは一般住民を対象とし、専門的な知識のない人でもパソコンを使って簡単に自宅(木造住宅)の耐震診断及び耐震補強計画とその補強効果の評価が行えるソフトである。



図1 耐震チェックプログラム入出力画面

総合評点は

- A: 地盤・基礎
- B×C: 建物の形・壁の配置
- D×E: 筋かい・壁の割合
- F: 老朽度
- G: 地震動レベルによる調整係数を乗じることで求める。

総合評点	判定
1.5以上	安全である
1.0以上~1.5未満	一部安全である
0.7以上~1.0未満	やや危険である
0.7未満	被害または大被害の危険がある

表1 総合評点判定表

総合評点は高いほど安全である。

2.2 地震被害想定システム

地震被害想定システムについては、昨年度、本研究室内閣府防災部門の「地震被害想定支援マニュアル」を基に VisualBasic を用いて開発されたシステムを参考に研究を進める。このシステムは首都圏を対象としたマイクロゾーニングにより被害推定を行うシステムである。歴史的な地震や任意の地震(シナリオ地震)による地震被害想定を行い地域の弱点を把握することにより、防災計画の策定などに利用することが可能である。具体的には地震や震源などの条件を設定するとその地震に対する首都圏の震度分布や木造建物倒壊数等の被害を視覚的に知ることができる。

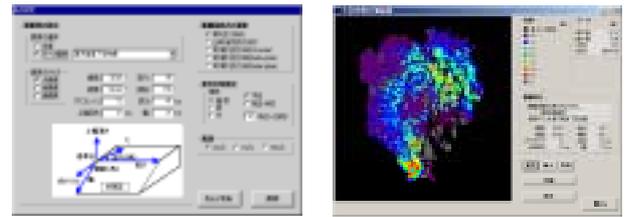


図2 被害推定システム(条件設定画面・結果表示画面)

3. 二つのシステムを利用した新しい評価方法の提案

地震動の大きさは、地震の発生場所や規模、地盤の良し悪し等に依存するものである。ゆえに同じ大きさの地震動を基盤に与えた場合でも、地表での揺れの大きさは地表地盤によって異なる。これは地表地盤によって増幅率が異なるからである。そこで、本研究では耐震診断における地盤の評点を増幅率から検討を行うことを提案する。既存のシステムにおける地盤の評価方法は表2に示す通りである。新たに加味したい評価方法は、4,5章に示すデータ使用して、6章に示す手法から地盤増幅率を求め、その結果を地盤の評点算出に反映させるといものである。

地盤	基礎/地盤		
	良い・普通	やや悪い	非常に悪い
鉄筋コンクリート造布基礎	1.0	0.8	0.7
無筋コンクリート造布基礎	1.0	0.7	0.5
基礎	0.7	0.5	0.3
礎(その他の基礎(玉石・石積・ブロック積))	0.6	0.4	0.2

良い・普通の地盤	・関東ローム層(洪積台地) ・または同等以上の地盤(下記以外のもの)
やや悪い地盤	埋立地および盛土地で大規模な造成工事(転圧地盤改良)によるもの ・30mよりも浅い沖積層
非常に悪い地盤	・海・川・池・沼・水田等の埋立地 ・丘陵地の盛土地で小規模な造成工事によるもの ・液状化の可能性があるところ ・30mよりも浅い沖積層深い沖積層(軟弱地盤)

表2 地盤評点表(既存の評価方法)

3.1 標高データ:(国土地理院の数値地図50mメッシュ)

このデータは国土地理院発行のもので、1/25000地形図の縦・横それぞれを200等分したメッシュの中心の高さ(標高)を地形図の等高線データからコンピューター処理により計算し作成されたものである。各地域の標高を50m単位で取得することが可能である。

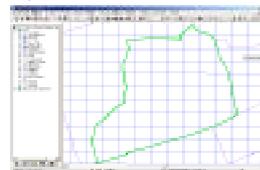


図3 上十条5丁目と50mメッシュ

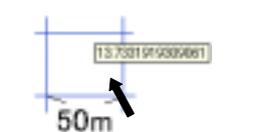


図4 50mメッシュ拡大図

3.2 地盤データ

昨年度、本研究室内閣府の「地形分類図1/25000」を基にさらに現地で細かい調査を行い地盤を国土交通省による地形分類に従い分類を行ったものを、SIS(Special Information System:地理情報システム)を利用してデジタル化した。北区上十条5丁目は、台地・谷底平野・傾斜地の三種類に分類された。

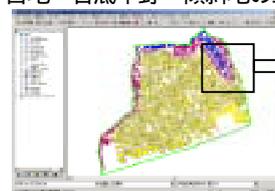


図5 地形分類図



図6 一部拡大図

は耐震診断を行った物件

### 3.3 内閣府防災部門「地震被害推定マニュアル」による増幅率

#### 算出方法

地震動評価における表層地盤の増幅率評価については、国土数値情報に含まれる地形学的情報(標高データ、地形分類図)に基づきS波速度を推定し、そのS波速度から基準地盤最大速度に対する増幅率を推定する。

$$\log V = a + b \cdot \log H + c \cdot \log D$$

$$\log W = 1.83 - 0.66 \log V$$

V: 表層地盤のS波速度(m/s)  
 H: 標高(m)  
 D: 主要河川からの距離(km)  
 a, b, c: 係数  
 W: 基準地盤最大速度に対する最大速度増幅率

#### 4. 耐震診断

上記の評価方法を使用して実際に東京都北区上十条五丁目を対象とし、K邸にて現地調査を行った。そして、既存のシステムを使って耐震診断を行い地盤評価について検討を行った。物件概要は昭和28年建設、木造軸組住宅の2階建て住宅、基礎は鉄筋コンクリート基礎であり、傾斜地という特殊な地盤上に建てられていた。本章ではこの物件に関して1階部分の耐震性能の診断を行った。



図7 平面図(左:1階 右:2階)

この診断において地盤の評価は、この辺りが川を埋め立てた地域などがあり起伏が多い地形であるということから、従来の評価に増幅率の評価を加味して診断を行った。対象物件の標高は19.83m、地形分類は「傾斜地」に属する場所であった。ここで、傾斜地の増幅率を求めたいところだが、本研究で使用している内閣府防災部門の地震被害想定支援マニュアルの手法には傾斜地の分類はない。そこで、北区上十条5丁目の傾斜地以外の地盤増幅率を算出し、その評価から傾斜地の評価を行った。

台地				谷底平野	
標高(m)	増幅率	標高(m)	増幅率	標高(m)	増幅率
9.77	2.12	17.70	1.90	8.85	2.34
11.90	2.05	18.92	1.88	9.77	2.32
12.82	2.02	19.84	1.86	11.90	2.28
13.73	1.99	20.75	1.85	12.82	2.26
14.95	1.96	21.97	1.83	13.73	2.24
15.87	1.94	22.89	1.81	19.84	2.16
16.79	1.92				

表3 北区上十条5丁目における台地、谷底の増幅率

既存の地盤評価では地盤が良いほど評点は高い。増幅率は値が低いほど地表最大速度は小さい値になるため地盤は良いといえる。本研究で対象とした物件は台地と谷底平野の地盤に挟まれて存在する傾斜地であった。つまり、「良い地盤」と「悪い地盤」に挟まれている。従って、今回のケースに関しては台地と谷底の評価の間をとって「やや悪い地盤:0.8」として評価を行った

	鉄筋コンクリート造布基	増幅率	地形分類
良い・普通	1.0	1.86	台地
やや悪い	0.8	1.86	傾斜地
非常に悪い	0.7	2.16	谷底平野

表4 既存の評点と増幅率の対応

その他の評点については B×C: 重心、剛心、偏心率より算出、D×E: 壁倍率 0.9 として壁量充足率を算出、F: 老朽化している、G: 地域係数 1.00、地震の割り増し係数 1.00 として評点を求めた。

- (A) : 0.80
- (B×C) : 0.81(X方向) 0.86(Y方向)
- (D×E) : 0.89(X方向) 0.75(Y方向)
- (F) : 0.90
- (G) : 1.00

総合評点  
 X方向: 0.52  
 Y方向: 0.46

結果は、X方向: 有効な壁の量は満足しているが配置は偏っている、Y方向: 有効な壁の量がかなり不足で配置も偏っているという結果になり、剛心が重心よりも北東に偏っていることがわかった。

#### 5.1 微動観測

耐震診断結果の妥当性を検証するために常時微動観測を行った。生スペクトルの推定誤差を除くためにスペクトルの平滑化をし、伝達関数を求めた後にバンドパスフィルターをかけ、逆フーリエ変換をしてインパルス応答を求めた。その結果を図8に示す。



図8 微動計配置図

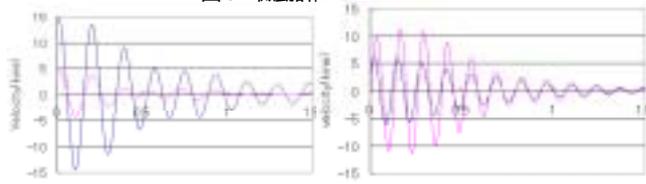


図9 速度波形(左: X方向、右: Y方向)

#### 5.2 微動観測の結果・耐震診断との比較

速度波形より、X方向では3Ch(東側)に比べて2Ch(側)の側が大きく揺れ、Y方向では2Ch(北側)に比べて3Ch(南側)が大きく揺れ、建物は偏心しているといえる。この結果に対して4章での耐震診断の結果は、剛心の位置は重心に比べて北東にずれている。この結果からは、地震が発生した際にはX方向においては北側より南側が、Y方向においては東側より西側が揺られるということがわかる。よって、耐震診断での結果と微動測定での結果が一致していることから耐震診断における各項目の評点は妥当であったといえる。

#### 6. まとめ・今後の展開

対象地域の地形分類や標高データを利用して、地形の特性を生かした耐震診断を行った結果、剛心位置が重心よりも図7のように北東にずれ、建物が地震等で揺られた際には壁の配置や量の偏りから、X方向でみると南側、方向でみると東側が大きく揺られることが分かった。この結果と微動測定の結果とを比較した結果、耐震診断の場合と同じ方向が揺れることが確認できたことより、耐震診断における各項目の評価は妥当であったといえる。

今後は今回扱った増幅率のように耐震診断を行うための指標を増やすことで、建物だけの耐震性能だけでなく、地域の地盤特性を生かした耐震診断を行えるシステムの開発が期待される。

#### 【参考文献】

- 1) 村西大輔: 既存木造住宅の耐震診断に関する研究、「我が家の耐震チェック」プログラム、工学院大学工学部研究室 2002 年度卒業論文
- 2) 内閣府防災部門: 地震被害推定マニュアル2001 <http://www.bousai.go.jp/manual/index.htm>
- 3) 渡辺祥: 「首都圏を対象とした地震被害推定システムの開発」、工学院大学久田研究室 2002 年度卒業論文