

# 簡易耐震診断における構造物の耐震性能に関する分析<sup>†</sup>

多胡 昌善\* 高橋 利恵\*\*

## The Study on Structural Seismic Performance

### in the Simple Screening Procedure

by

Masayoshi Tago\* and Toshie Takahashi\*\*

The simple screening Procedure is used for making decision whether the structure has enough safety or not with simple questionnaire. Though the decision is generally made by one measure, the structure has some seismic performance. In this study, for the purpose of producing a simple screening procedure with AHP (Analytic Hierarchy Process), the seismic performance of reinforced concrete structures used in the first screening procedure are examined. The Wall area ratio is more important than the plan type, the section type or the condition of the structure.

**Key words:** Simple Screening Procedure, Seismic Performance, AHP

#### 1 はじめに

地震大国である日本では、各地の大地震の発生に備えて建物の性能を知り、必要であれば補強・改修を行うべきである。その既存構造物の耐震性能を知る1つの方法として、耐震診断がある。しかし、時間や費用といった問題から耐震診断を気軽に実施できない場合もある。耐震診断が必要であるか判断するのに用いるため、様々な機関から簡易耐震診断システムが発表されている。ホームページ上で実施できるものもあるため、手軽に実施する事ができる便利さがある。しかし反面、簡易診断システムであるため言葉のあいまいさ、システム作成機関による判断基準の違い、診断結果の表現方法が異なる等の問題を含んでいる。

本研究は、複数の判断基準をもち、診断者の主観と客観的データを融合させた耐震診断を行うため、意思決定法の1つであるAHPを導入し、簡易耐震診断システムの作成を行うことを目的とする。ここでは、簡易耐震診断で検討すべき建物の耐震性能について検討を行った。

#### 2 耐震診断と意思決定法

##### 2.1 意思決定法

人間は自然に自分の行動を決定することができる。人間の行う意思決定を様々な問題解決に利用する方法が提案されている。複数の代替案の中から多者択一型で最適なものを選択するために用いられる線形計画法、効用関数を用いて主観確率を判断に用いる方法、社会的な意思決定に用いられる順位法やCR法などである。

現代社会において、理論的な分析を基に「意思決定」を行わなければならない場面はますます増えている。近未来の政治、経済、経営の問題、あるいは個々人の進路選択などの問題に

対して、さまざまな条件が錯綜する中から、最も重要な戦略的目標を達成するために最適な選択を効率よく行う必要が高まっているからである。社会的意志決定など、複雑な判断基準を基に合理的な決定を行うための方法が必要とされている。

##### 2.2 A H P

意思決定手法の一つに米国ピッツバーグ大学の T. L Saaty 教授が提唱したAHP (Analytic Hierarchy Process : 階層分析法、以下AHPとする) がある<sup>1)</sup>。

これは、人間なら誰もがもっている経験や勘という感覚情報を意思決定のプロセスにおける重要な要素として客観的データと共に用いることができる方法である。従来の意思決定法ではモデル化できなかったり、数量化することが難しかったりしたテーマもAHPを使うことにより扱えるようになった。AHPは、複雑な構造をした不明瞭な問題に対して、それを階層化する事で問題を整理し、意思決定を行う方法である。これまでのOR手法では対処しきれなかった問題の解決を図って開発されたものである。

AHPは次のような特徴を持つ。

- ① 人間の持っている主観や勘が反映されるようなモデルをつくる事ができる。
- ② 多くの評価基準を同時に考慮することができる。
- ③ あいまいな環境を説明できる。

AHPで用いる階層構造の例を図1に示す。従来の意思決定手法と比較して、複数の評価基準があり、それぞれが共通の尺度を持たない場合や、明瞭な尺度を持たない要素間の比較を行わなければならない場合に問題を解決する方法として有効であり、経済問題、経営問題、人事評価、政策決定、プロジェクト選定等に用

<sup>†</sup> 原稿受理 平成18年1月11日 Received January 11, 2006

\* 大学院工学研究科建築学専攻学生(Graduate Student, Department of Architecture)

\*\* 建築学科(Department of Architecture)

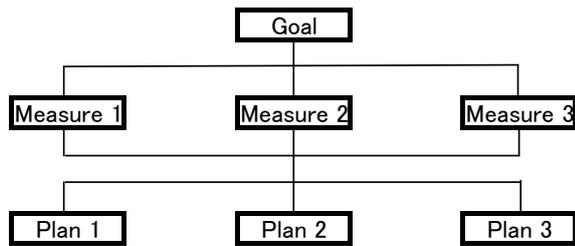


Fig.1 Analytic Hierarchy Process Model

Table 1 Definition of Importance Measure

Importance Measure	Definition
1	Equally Important
3	Weakly Important
5	Strongly Important
7	Very Important
9	Absolutely Important

いられている。

AHPは次のような3ステップからなる。まず、総合目的として、最終的に判断したい目的(Goal)を設定する。種々の解決したい問題を、評価基準と代替案にレベル分けを行い階層構造として表現する。

次に、各レベル要素間の重み付けを行う。抽出した評価基準に対し、2つずつ取り出し要素間の比較(一対比較)を行った比較行列Aを作成する。

$$A = \begin{pmatrix} 1 & u1/u2 & \cdots & u1/un \\ u2/u1 & 1 & \cdots & u2/un \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ un/u1 & un/n2 & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

評価項目の一対比較においては、一般的には言葉による重要度の比較を行う。Saaty が提案した重要度の比較の定義は表1のような値を用いる。

Aの最大固有値 $\lambda_{max}$ に対する主固有ベクトル $v = (v1, v2, \dots, vn)$ を求め、判断基準要素間の重みとする。これら要素間の比較においてすべてが首尾一貫しているとは限らないため、その度合いをC.I. (Consistency Index: 整合度指数)として算出し、重みの計算が有効であるか検討を行う。次に、評価基準ごとに代替案の評価を行い、総合目的に対する各代替案のプライオリティーを決定する。

最後に各レベルの要素間の重み付けが計算されると、この結果を用いて階層全体の重み付けを行う。これにより総合目的に対する各代替案の優先順位が決定する。図2にAHPのフローチャートを示す。

一般的には1つの評価基準で判定しているあるいは複数の評価基準に対して横並びで設定されている基準に対し、AHPを用いることにより、その経験値から判定する重要度を含んだ判定を行うことが可能となる。これをさらに拡張し、木下らは、評価項目ごとに代替案の比較を行う場合、客観的データを組み

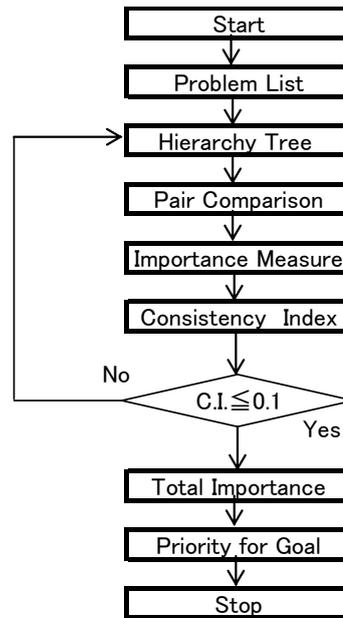


Fig.2 AHP Flow Chart

込む方法について提案している<sup>2)</sup>。

この場合、一対比較ではなく代替案を絶対値で表現し、かつ絶対値の大きさが評価に影響しないための基準化を行う。これらの方法を用いることにより、複数の評価基準に対して、主観的データと客観的データを融合させた、総合目的の判定を行うことができると考えられる。

### 3. 既存簡易耐震診断における評価基準の検討

ホームページ上で様々な機関が発表している簡易耐震診断を調査し、簡易耐震診断で用いられている入力項目および入力方法について分析を行った。日本建築学会のホームページ上に示されている簡易耐震診断を図3に示す。日本建築学会の簡易耐震診断は、フローチャートをたどることにより、簡単に耐震性能を評価できるものであり、簡易耐震診断の方法としてよく用いられている診断方法を用いている。この診断においては、建設年代や平面形状などの判断基準は、相互の関係が診断に反映されず、1つでも基準にあわないものがある場合に診断が必要であるといった診断結果を示すものである。

各機関で用いている入力項目、入力方法のまとめを表2に示す<sup>3)</sup>。設計年代、構造種別、平面形状、立面形状、ピロティの有無、劣化度といった入力項目はほぼ全機関にある。入力方法は、直接入力するもの言葉を選択するもの、示されている図の中から選択するもの等機関により様々である。ここでは、評価基準について年代的要因、形状的要因、環境的要因の3つに分類し、各要因の入力方法や、簡易耐震診断との関係について分析を行った。

#### 3.1 年代的要因

簡易耐震診断においては、わずかな入力項目により判定を行うため、設計年度が重要な判定項目になっている。基準・法令の改正により、設計方法が変化するため年代に関する要因の影

Table 2 Input Classifications

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	A.I.J
name	Input	Input			Input			Input		
Tel/Fax					Input			Input		
e-mail	Input	Input			Input					
building name	Input				Input			Input		
site	Select				Input					
owner					Input					
designer					Input					
constructor					Input					
building age	Select	Select		Select	Select+Input	Select	Select	Input	Select	Select
use	Select				Select+Input		Select	Select		Select
structure type	Select	Select		Select	Select		Select	Select	Select	Select
number of floor	Select			Select	Input	Select		Input	Select	Select
build area		Select			Input			Input		
total area	Select				Input			Input		
plan type	Select	Select	Select	Select	Select	Select	Select	Select	Select	Select
wall area ratio	Select		Select							
section type	Select	Select	Select	Select	Select	Select	Select	Select	Select	Select
land	Select		Select				Select	Input	Select	Select
land lie							Select	Input		Select
condition		Select	Select	Select	Select	Select	Select	Select		Select

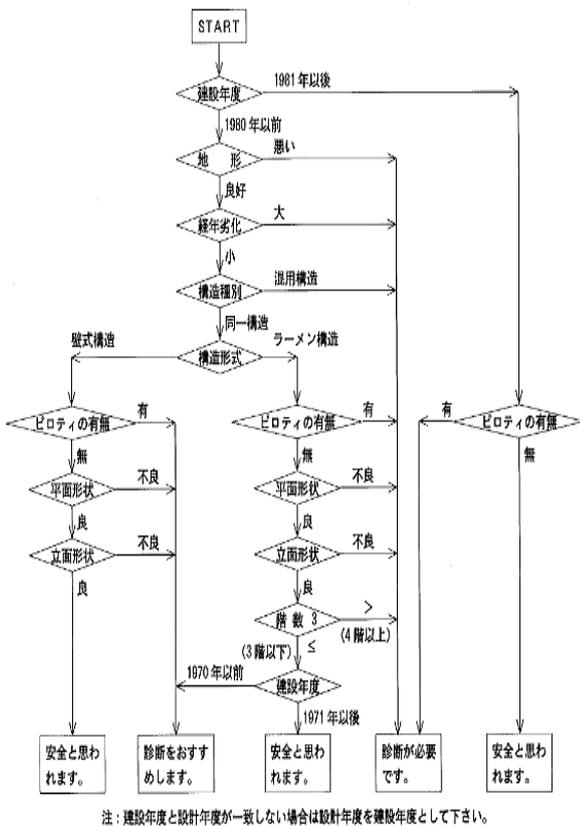


Fig. 3 AIJ Simple Screening Procedure

影響は無視できない。年代に関する主な分類方法は、以下の3年代に分類する方法が多く用いられている。

- ① 1970年以前
- ② 1971年から1980年
- ③ 1980年以降

### 3.2 形状的要因

簡易耐震診断において、建物形状に関する入力項目は、平面形状と立面形状に関するものに分類することができる。簡単な図を示す事により、一番近いものを選択する方法が用いられること

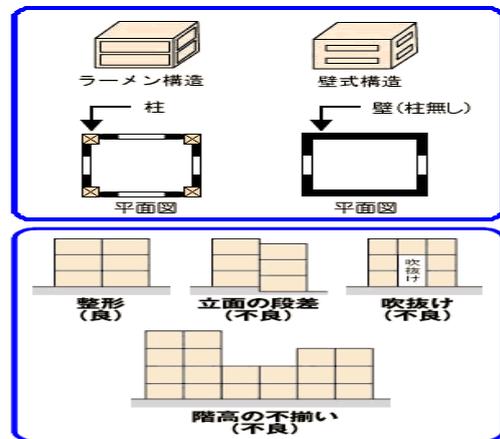


Fig.4 Example of Simple Screening Procedure

が多いと考えられる。簡易耐震診断において用いられている選択肢の例を図4に示す。

また調査結果によればピロティを持つ構造物の判定は厳しく、ピロティの有無により、診断結果が左右される事が多い。

### 3.3 環境的要因

環境的要因としては、地盤の状態、環境的劣化要因の有無等が用いられている。簡易耐震診断は、誰でも簡単に入力できるとして運用されているが、環境的要因に関する項目の入力は一般的に難しいと考えられる。

### 4 評価基準の設定

1次耐震診断による診断結果を用いて評価基準の重みの設定を行うため、1次診断で用いている評価基準が耐震診断結果に与える影響について分析を行った。簡易耐震診断では、主に1つの項目に適合するかによって、診断をくだす仕組みとなっているのに対して、ここではAHPにより多数の判断基準により総合的に診断を行うことを前提としている。

#### 4.1 1次診断結果と簡易耐震診断

3つの鉄筋コンクリート構造モデルA, B, Cを作成し、1次耐震診断を行い、I<sub>s</sub>値の比較を行った。モデル図を図6に示す。1次診断には大きく分類して、壁や柱を形により分類し、断面積を用いる指標、建物全体の形を分類する指標、経年指標

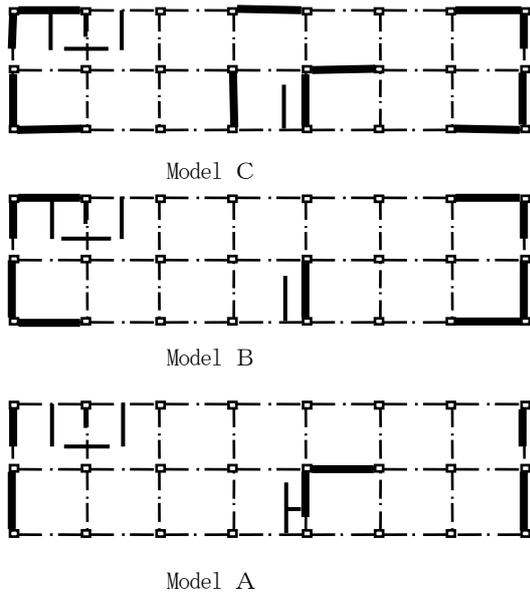


Fig.6 Model for Wall Ratio Study

がある。評価基準として壁量、ピロティの有無、整形性、建設年代、辺長比を変化させ、1次耐震診断結果を求めた。図7にモデルA~Cで分類した  $I_s$  値を示す。壁量が多いモデル帆ほど  $I_s$  値が大きくなりモデルCでは  $I_s=0.6\sim 1.20$  程度、モデルBでは  $I_s=0.25\sim 0.65$  程度、モデルAでは  $I_s=0.1\sim 0.25$  程度となった。図8に年代により区分した  $I_s$  値を示す。年代は3.1節で用いている分類①~③を用いた。壁量により分類されたグループ中で  $I_s$  値の大小を決定するように作用しており、この値自体が  $I_s$  値を主に決定するものでない。形状に関する指標は年代と同様の効果となり、1次耐震診断においては、壁量が最も重要な指標であることがわかった。

### 5 まとめ

よりの確で簡単な耐震診断を行うために、複数の判断基準を融合し、主観的データと客観的データを生かした診断を行うシステムが必要である。

様々な機関によって運用されている簡易耐震診断の分析を行い、主に年代やピロティの有無で診断を行っていること、1つの判断基準により診断結果を出していることがわかった。

主観的データと客観的データを融合させ、評価基準間の重みを考慮した簡易耐震診断を目的とし、1次耐震診断を用いて評価基準の設定に関する分析を行った。1次耐震診断で用いられている耐震指標で、診断結果に与える影響が最も大きい項目は壁量であることがわかった。

### 参考文献

- 1) 木下栄蔵, "入門AHP", 日科技連(2000)
- 2) 木下栄蔵, "AHPに理論と実際", 日科技連(2000)
- 3) 多胡昌善, 高橋利恵, 日本建築学会大会梗概集構造 I (2004), P. 223
- 4) 多胡昌善, 高橋利恵, 日本建築学会大会梗概集構造 I (2004), P. 23

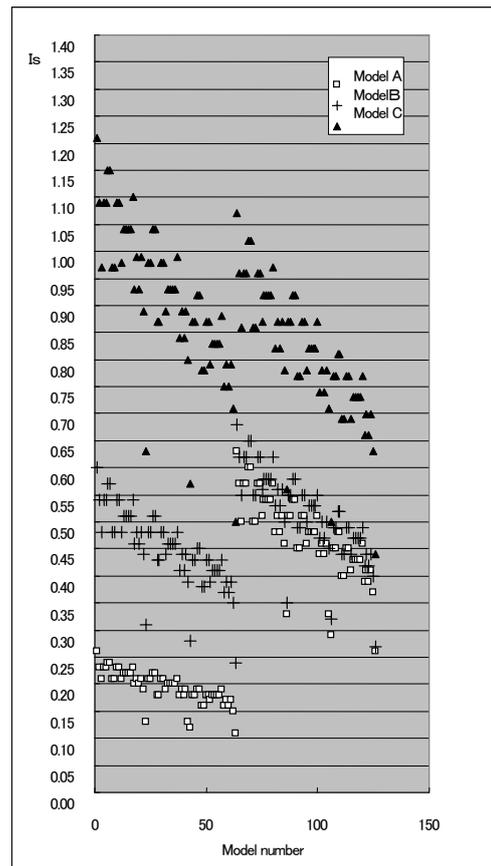


Fig.7  $I_s$  value of Wall Ratio Study

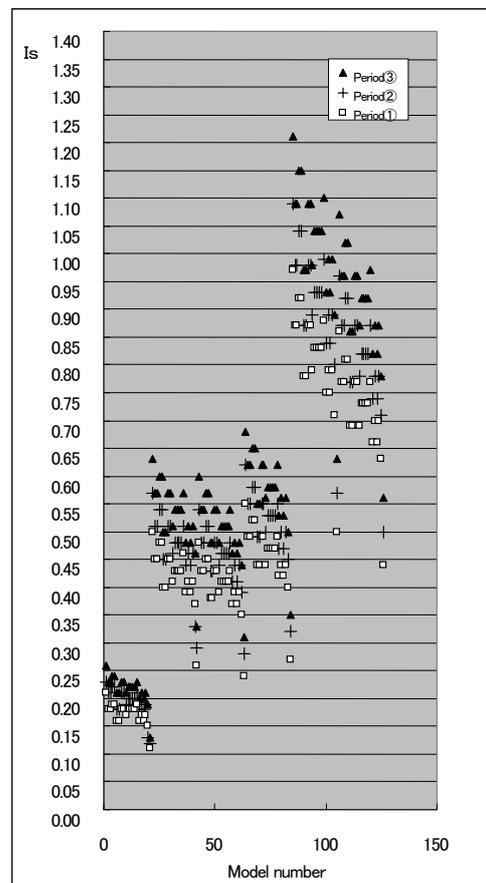


Fig.8  $I_s$  Value of Constructed Period Study