

# 耐震診断結果に基づく RC 造建築物の耐震性能に関する研究

名古屋大学工学部社会環境工学科  
建築学コース 福和研究室 竹生修治

## 1. はじめに

日本のような地震多発地域では、建築物の耐震安全性の確保が防災対応の重要な課題の一つであるが、不遑及の原則から現行の設計基準を満たさない既存不適格建築物が依然として全国に多く存在している。1995年の兵庫県南部地震では、倒壊した建物の多くは既存不適格建築物であり、これを契機に、同年12月耐震改修促進法(建築物の耐震改修の促進に関する法律)が施行され、特に公共性の高い建物に関しては耐震診断・耐震改修を行う法制度が整った。しかし、改修工事の予算や人手不足の問題から、既存不適格建築物に対して、すぐさま耐震改修を行うことは困難であり、改修の目途がたっていないものも少なくない。

そのような現状を踏まえ、耐震診断結果の分析を行い、そこから得られる現状建物の耐震性により、地震発生時の被害程度を予測する事は都市防災を考える上で重要である。そこで本論では、愛知県と名古屋市の耐震診断結果の分析を行い、階数や用途による傾向などを比較する。さらに、耐震診断結果を反映させた1質点1自由度系モデルを用いた地震応答解析を行い、被害程度との関係を考察する。

## 2. 建物概要

図1に平成9年から平成13年までに耐震診断が行われた愛知県の公共施設1072棟の概要を、図2に平成9年から平成12年までに耐震診断が行われた名古屋市の公共施設1070棟の概要を示す。本論では、1971年及び1981年の建築基準法施行令改正を耐震性能の転換期と考え、1971年以前をI期、1972年から1981年までをII期、1982年以降をIII期とした。図1(a)、図2(a)より、愛知県、名古屋市ともに3階建てが4割程度を占め、I期、II期の棟数割合は同程度であると言える。図1(b)、図2(b)より、用途はほとんどが校舎である。

## 3. 耐震診断結果の分析

### 3.1 分析に用いた代表値

既往の研究<sup>1),2)</sup>により  $I_s$  値、 $C_T \cdot S_D$  値は対数正規分布によくあてはまるといわれており、次式で与えられる。

$$f_X(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\zeta x} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \lambda}{\zeta}\right)^2\right] \quad (1)$$

$x$  は  $I_s$  値または  $C_T \cdot S_D$  値、 $\lambda$  は  $\ln(x)$  の平均値、 $\zeta$  は  $\ln(x)$  の標準偏差を表す。本論では、対数正規分布の最頻値点とそのまわりのばらつき点をプロットし分析を行った。

### 3.2 高さ方向の $I_s$ 値分布

図3に愛知県4階建て校舎の高さ方向の  $I_s$  値分布を示す。図3よりI期に比してII期の方が、桁行より梁間の方が  $I_s$  値が大きいことが確認できる。また下階にいくにしたがってばらつきは小さくなり、2階や3階で最小  $I_s$  値が決まる場合もあることがわかる。この傾向は、校舎建築で特に強かつ

た。図4に愛知県4階建て校舎の最小  $I_s$  値と  $C_T \cdot S_D$  値の関係を示す。愛知県有校舎の構造耐震判定指標は0.7であるが、桁行方向ではこれを満たしていない建物が多く存在している。図4の傾きは見かけの靱性指標であり、耐震補強は強度補強型を必要とするものが多いと考えられる。

### 3.3 用途別 $I_s$ 値分布

図5に愛知県有校舎、庁舎、集合住宅のI期  $I_s$  値分布を示す。図6に県有施設と市有施設のI期  $I_s$  値比較を示す。図5より張間方向に壁の多い校舎では、張間の  $I_s$  値が桁行に比べ大きくなり、方向間で構造形式に大差のない庁舎は方向による  $I_s$  値に差が出にくいことが分かる。図6からは県有施設と市有施設では、建物属性や構造形式の違いから  $I_s$  値分布に差が出てくることが認められ、特に、校舎の差の理由は教室・廊下間の柱の有無によると考えられる。

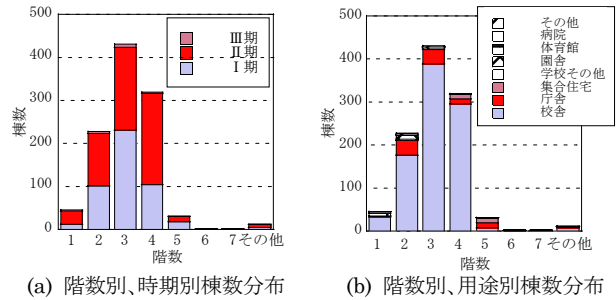


図1 愛知県の診断建物概要

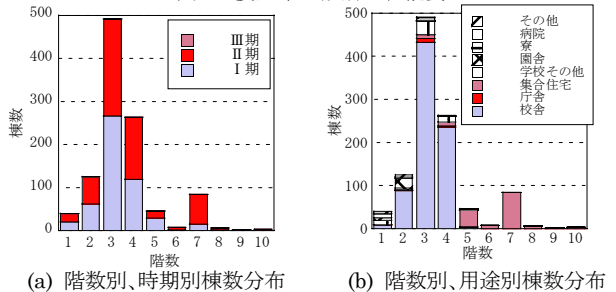
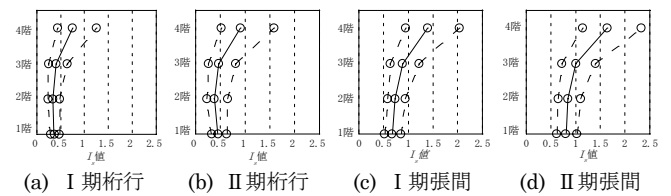


図2 名古屋市の診断建物概要



※実線は最頻値、点線は最頻値まわりのばらつきを示す

図3 愛知県4階建て校舎の高さ方向の  $I_s$  値分布

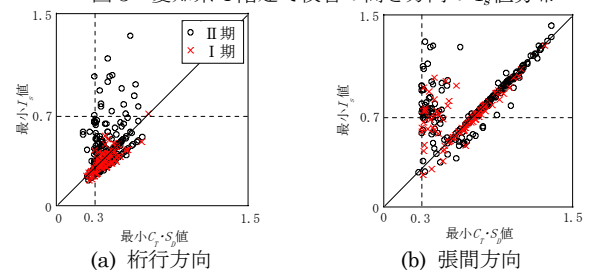


図4 愛知県4階建て校舎の最小  $I_s$  値と  $C_T \cdot S_D$  値

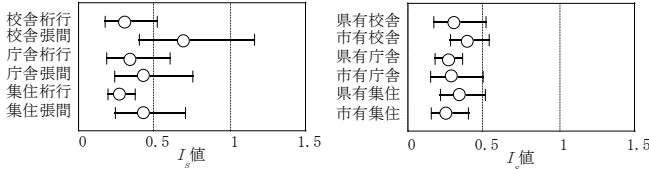


図5 県有施設1期  $I_s$  値分布 図6 愛知県・名古屋市の最小  $I_s$  値分布

### 3.4 区別 $I_s$ 値分布

図7に名古屋市有校舎の区別最小  $I_s$  値分布を、図8に区別の木造住宅棟数割合を示す。全体としては愛知県有校舎よりも  $I_s$  値の大きい市有校舎であるが、図7より区によって、建物のもつ耐震性能に大きなばらつきがあることが分かる。これは、建物階数、竣工時期などの建物属性やサンプル数に依存するが、人口分布や図8に示した木造住宅の築年からわかる開発時期、地盤条件などを考慮すれば、さらに被害程度に差が出てくると思われる。

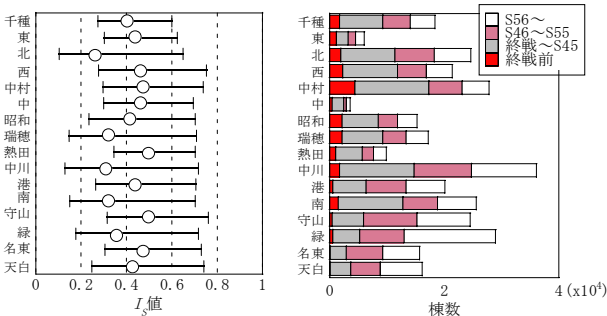


図7  $I_s$  値分布

図8 木造住宅の建設年

## 4. 地震応答解析

### 4.1 解析条件

1次モード形が逆三角形であり、建物の1次固有周期は建物階数と線形関係であると仮定し1質点1自由度系モデルを作成する。愛知県の県有校舎を想定し、建築面積を500  $m^2$ 、建物階数を2、3、4階建て、階高を3m、各階質量を1ton/ $m^2$ とした。等価質量  $\bar{M}$ 、等価高さ  $\bar{H}$ 、等価剛性  $\bar{K}$  はそれぞれ以下の式で表される。

$$\bar{M} = nm \frac{3(n+1)}{2(2n+1)} \quad (2)$$

$$\bar{H} = nH \frac{2n+1}{3n} \quad (3)$$

$$\bar{K} = \frac{3(n+1)}{2(2n+1)} \frac{4m\pi^2}{\alpha^2 n} \quad (4)$$

$n$  は建物階数、 $m$  は各階質量、 $H$  は階高、 $\alpha$  は固有周期に対する建物階数の係数で、桁行方向で0.075、梁間方向で0.025とした。

入力地震波は異なる位相特性を有する波として、以下に示す波と同じ位相特性を持つレベル2の告示波を用いた。

- ・1995年兵庫県南部地震におけるJMA神戸のNS成分
- ・1968年十勝沖地震における八戸港のNS成分

表1にはそれぞれの波の最大加速度と最大速度を示す。

解析ケースのパラメータを表2に示す。

位相特性	告示波レベル	最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	最大速度 (cm/s)
神戸位相	レベル2	364.05	62.23
八戸位相	レベル2	479.77	51.55

復元力特性は、図8に示すトリリニア型を用い、除荷時の剛性低下指数を0.4とし、履歴特性は武田モデルを用いた。減衰は瞬間剛性比例型で弾性1次固有周期に対し3%とした。

表2 解析ケースのパラメータ

建物階数	2, 3, 4階建て
構造形式	フレーム構造(桁行), 壁式構造(張間)
入力地震波	神戸位相, 八戸位相の告示波
最大速度	60, 80, 100, 120, 140 kine
ベースシア係数	0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 最頻値とそのまわりのばらつき

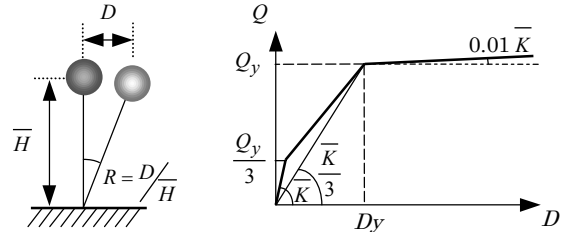


図8 解析に用いたモデルと復元力特性

### 4.2 解析結果

図9には各々の地震波を入力した3階建て桁行方向のベースシア係数  $C_y$  と最大層間変形角  $R_{max}$  の関係を実建物の耐力分布に重ねて示す。図9より位相特性の異なる波では、応答値に差が出てくる事がわかるが、概ねベースシア係数が大きくなるにつれて、層間変形角は小さくなると言える。図10に神戸位相100kineを例にとった場合の被害程度を示す。本論ではベースシア係数と  $C_T \cdot S_D$  値を等価なものと考え、被害に対応した層間変形角を仮定する事により、被害率を考えた。図10より神戸位相の最大速度100kineでは中破の被害を被る建物が多い事が分かる。八戸位相の最大速度100kineではさらに被害が拡大すると考えられる。

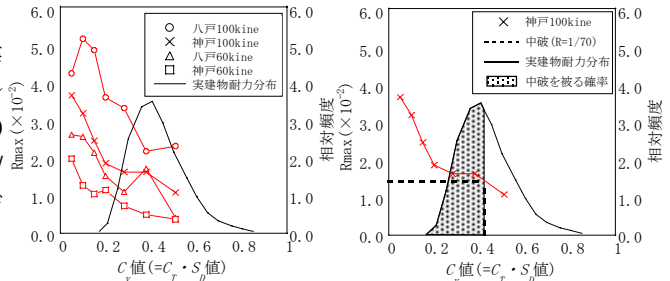


図9  $R_{max}$  の  $C_y$  の関係

図10 被害率の予測

## 5. まとめ

耐震診断結果の分析により、基準を満たさない建物が多く存在し、用途や方向、竣工時期、階数により耐震性能に差があることが確認できた。また、名古屋市内では所在区によっても建物の耐震性能は大きく異なり、地域による被害程度に差が生じるものと考えられる。本論では、実建物を考慮した1質点系モデルにより基本的な応答特性を検討したが、今後、地盤ばねを加えた相互作用モデルで同様の解析を行い、より実状に近い被害率曲線の検討を行う予定である。

### 参考文献

- 1) 中埜良昭：信頼性理論による鉄筋コンクリート造建築物の耐震安全性に関する研究，東京大学学位論文，1988
- 2) 宮腰淳一：地震動強さと建物被害の関係に基づく建物の耐震性能に関する研究，名古屋大学学位論文，2002