

福岡県・佐賀県における既存建築物の耐震診断および補強法に関する研究

崎野研究室 田中 睦

1.はじめに

1995年(平成7年)1月17日に兵庫県南部地震(阪神・淡路大震災)が発生した。大都市を襲った直下型地震で、 $M=7.2$ であった。この地震による建築物の被害は、1981年の「新耐震設計法」以前に建てられた建物について特に顕著であった。これを受けて、同年の10月には「建築物の耐震改修の促進に関する法律」が公布され、全国各地で既存建物の耐震診断および耐震補強が実施されるようになった。本研究の目的は、福岡県・佐賀県で1981年(昭和56年)以前に建てられた公共建築物(学校建築)を中心とする耐震診断データを統計的に処理することにより、両県における既存建築物の実態を把握するとともに災害対策に役立てることにある。

2.耐震診断および補強法の概要

耐震診断基準では、それまでの地震被害などをもとにして、建物の耐震性能を表す指標である構造耐震指標 I_s を式(1)のように定義している。 I_s の値は、数値が高いほど耐震性能も高いとされている。

$$I_s = E_0 \times S_D \times T \quad (1)$$

ここで、

E_0 : 保有性能基本指標

強度指標 C と靱性指標 F の積で定義され、強度が高く、破壊時の変形能力が高いほどその値は大きくなる。

S_D : 形状指標

建物の平面および立面的に見た耐震要素の配置の良否が耐震性能に及ぼす影響を考慮するための指標である。

T : 経年指標

建物に生じた経年変化による亀裂、変形、老朽化などが建物の耐震性能に及ぼす影響を考慮するための指標である。

この構造耐震指標 I_s の算定方法には、第1次、第2次、そして第3次診断法がある。これらは、診断法

の次数が上がるほど算定法は詳しくなり、それに伴い結果の信頼性が高まる性格を持っている。ただし、診断法の次数が高いほど結果の信頼性が高まるが、同時に診断にかかる時間と費用も増大する。実際の耐震診断では、第2次診断法が用いられる場合が多い。

構造耐震指標 I_s の値が決まると、最終段階として耐震性の判定を下す必要があるが、それは構造耐震判定指標 I_{s0} を用いて判定される。すなわち、

$$I_s \geq I_{s0} \quad (2)$$

であれば、「安全(想定する地震動に対して所要の耐震性を確保している)」とし、そうでなければ耐震性に「疑問有り」とすることになる。

I_{s0} は次式で求める。

$$I_{s0} = E_s \times Z \times G \times U \quad (3)$$

ここで、

E_s : 耐震判定基本指標で、方向にかかわらず次の値を基準とする。

$$\text{第1次診断} \quad E_s = 0.8$$

$$\text{第2次診断} \quad E_s = 0.6$$

$$\text{第3次診断} \quad E_s = 0.6$$

Z : 地域指標で、その地域地震活動度や想定する地震動の強さによる補正係数。

G : 地盤指標で、表層地盤の増幅特性、地形効果、地盤と建物の相互作用などによる補正係数。

U : 用途指標で、建物の用途などによる補正係数。耐震診断を行った結果、耐震性が不十分であると判定された場合の対応としては次の3つが考えられる。

(1) 取り壊し

耐震性が著しく低い場合(例えば、 $I_s < 0.3 I_{s0}$ の場合)、地震時において建物の倒壊などの大きな被害が予想され、補強コストがかさむので取り壊す。

(2) 耐震補強

耐震性がある程度低い場合(例えば、 $0.3 I_{s0} \leq I_s < 0.7 I_{s0}$ の場合)、地震時において柱や壁にかなりの

被害が生じることが予想されるが、補強にかかる負担も大きくないと考えられるので、補強し、社会資本としての建物を有効に使い続ける。

(3) 再調査

耐震性が若干不足する程度（例えば、 $0.7 I_{50} \leq I_s < I_{50}$ の場合）、より詳しい調査を行って、耐震性能の評価精度を高める。

耐震性能が不十分であると判定された建物に対する耐震補強法には、主に次の二つの手法が上げられる。

(1) 強度を高くする（強度抵抗型補強）

強度を高める耐震補強法としては、一般的には、RC造耐震壁を新たに増設したり、K形やX形の鉄骨ブレースを増設する方法が用いられている。

(2) 靱性を向上させる（靱性抵抗型補強）

柱に鋼板や炭素繊維を巻き付けるなどして靱性を高める。腰壁またはたれ壁と柱の間にスリットを設けることで短柱を長柱とし変形能力を向上させるなどの方法がある。

3. 佐賀県・福岡県の2次診断結果

図1、図2に、佐賀県・福岡県における建築物の各方向における1階の保有性能基本指標 E_0 を式(1)で表される対数正規分布で近似したものを示す。以下は学校の敷地内に存在する体育館以外の建築物についての結果である。

$$P(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot y_s \cdot x} \exp \left[-\frac{1}{2} \cdot \frac{(y - y_A)^2}{y_s^2} \right] \quad (4)$$

ここで、 x : 保有性能基本指標 E_0 値

y : $\ln(x)$

y_A : $\ln(x)$ の平均値

y_s : $\ln(x)$ の標準偏差

図をみると、保有性能基本指標 E_0 の値の分布は、X方向の E_0 値のほうがY方向の E_0 値に比べてかなり小さい値となっていることがわかる。これは、学校建築がX方向には開口部が多く、Y方向には壁が多い構造が主流となっている影響のためと思われる。また、佐賀県の平均はX方向、Y方向ともに福岡県の値より大きくなっている。

図3、図4に佐賀県・福岡県の1階の各方向にお

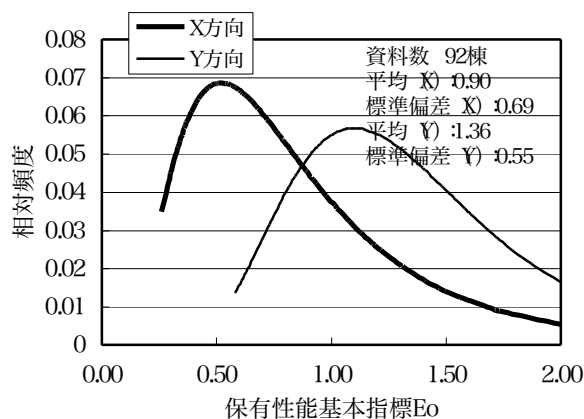


図1.佐賀県の E_0 値の頻度分布（1階、各方向）

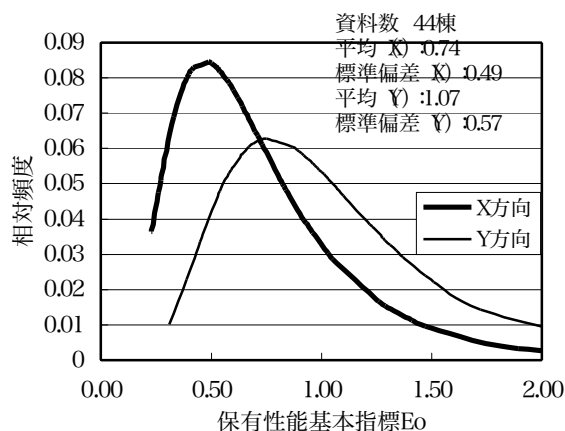


図2.福岡県の E_0 値の頻度分布（1階、各方向）

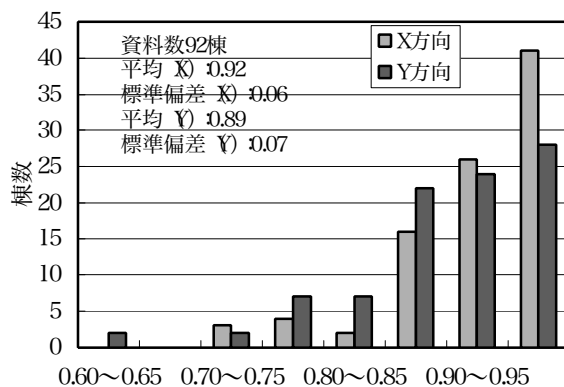


図3.佐賀県 S_D 値の分布（1階、各方向）

ける形状指標 S_D の頻度分布を示す。両方向の平均を比べると、両県とも、Y方向の S_D 値のほうが僅かではあるが小さくなっていると言える。しかし、X方向Y方向にそれほど大きな差は無く、一部の建物を除き、形状指標 S_D が構造物の耐震性能の大きな減点要因にはなっていない。

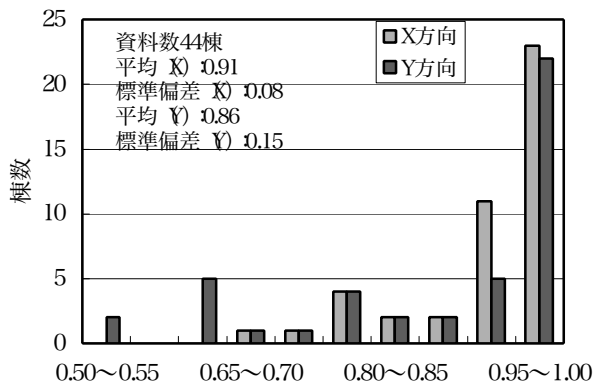


図4.福岡県 S_D 値の分布 (1階、各方向)

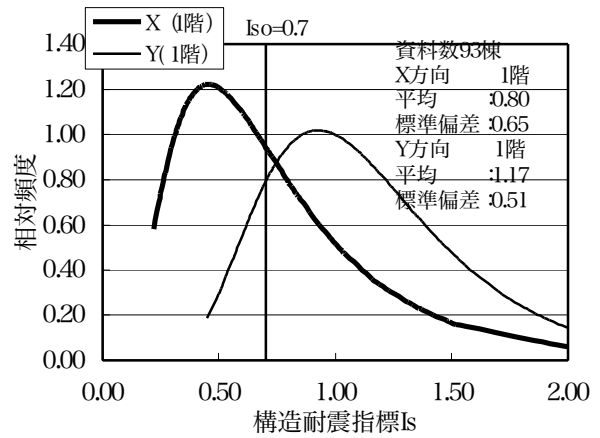


図7.佐賀県の I_s 値の頻度分布 (1階、各方向)

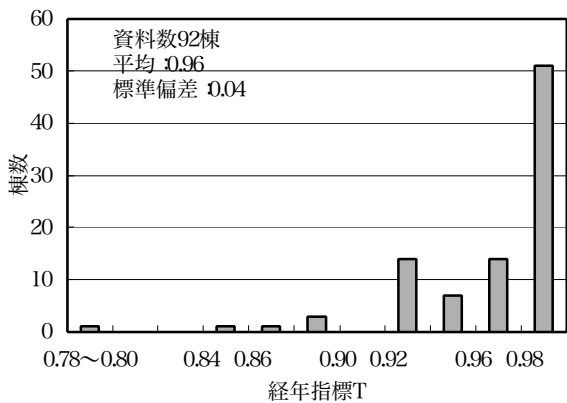


図5.佐賀県 T 値の分布 (1階、各方向)

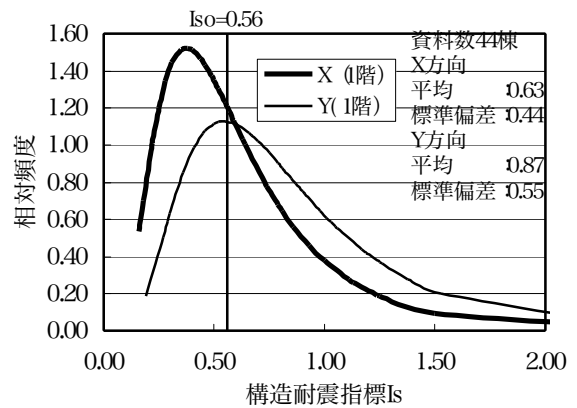


図8.福岡県の I_s 値の頻度分布 (1階、各方向)

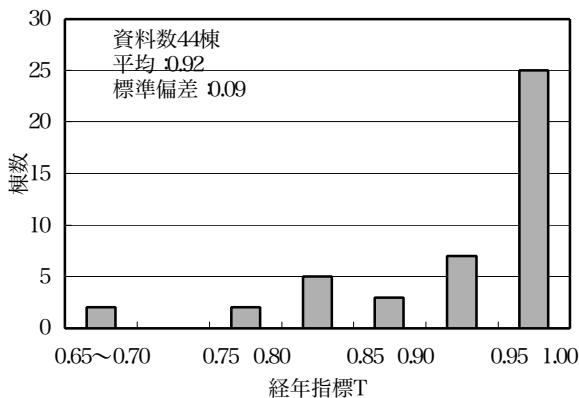


図6.福岡県 T 値の分布 (1階、各方向)

表1.佐賀・福岡県の1階の各方向の I_s 値の割合 (%)

	佐賀県		福岡県	
	X	Y	X	Y
$I_s < 0.3 I_{so}$	0.0	0.0	2.3	0.0
$0.3 I_{so} \leq I_s < 0.7 I_{so}$	37.0	1.1	29.5	11.4
$0.7 I_{so} \leq I_s < I_{so}$	22.8	9.8	20.5	20.5
$I_{so} < I_s$	40.2	89.1	47.7	68.2

両県共に Y 方向よりも X 方向 I_s 値が小さい。

図5、図6に佐賀県・福岡県の経年指標 T の頻度分布を示す。両県ともに平均が 0.90 を超えており構造耐震指標 I_s の大きな減点要因にはなっていない。

表1に佐賀県・福岡県の診断建築物の1階における各方向の構造耐震指標 I_s の分布の割合 (%) を示す。ここで、佐賀県では $I_{so}=0.7$ 、福岡県では $I_{so}=0.56$ としており、そのため佐賀県の X 方向では約 60%、福岡県の X 方向では約 50%が耐震補強を要する建築物となっている。

図7、図8に、佐賀県・福岡県における建築物の各方向における構造耐震指標 I_s を式(1)で表される対数正規分布で近似したものを示す。佐賀県、福

図9に佐賀県の I_s 値と建設年度の関係を示す。図より建設年度の古い建物ほど耐震性が劣る傾向があると思われる。

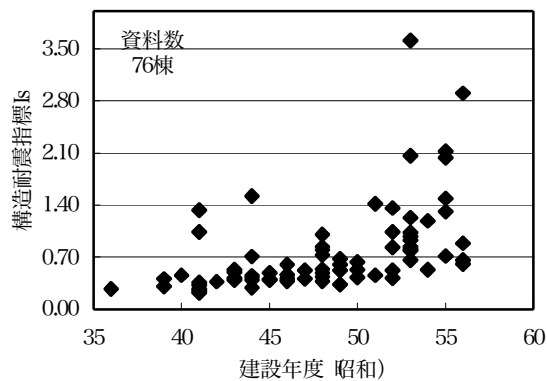


図9.佐賀県のI_s値と建設年度の関係(1階、X方向)

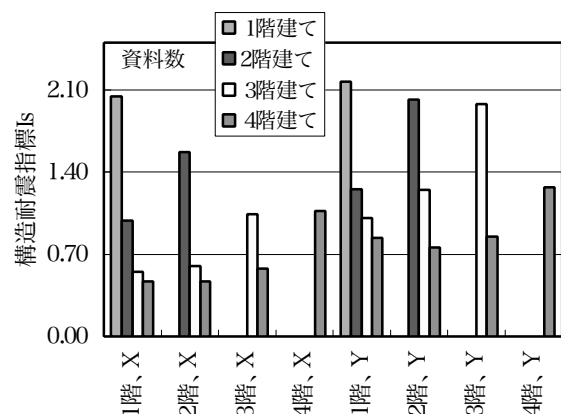


図10.佐賀県の地上階数と各階の平均値の比較

図10に佐賀県の地上階数と各階のI_sの平均値との関係を示す。図をみると、X、Y両方向の1～3階においては上層階があるほどI_sの平均値は小さくなるという結果となった。

4.佐賀県の補強前後の比較

図11に佐賀県の補強前後の1階X方向の構造耐震指標I_sの分布の比較を示している。用いられた補強方法は、ほとんどRC増設壁か鉄骨ブレースあるいはその両者を設置する強度抵抗型補強であった。図をみると補強後のI_s値は、構造耐震判定指標I_{so}=0.7を僅かに上回る0.7～0.8の付近に集中するような最低限の補強だけが行われていることがわかる。

5.福岡県の2次診断と3次診断の比較

図12に福岡県の同一の建物の1階X方向における2次診断のI_s値と3次診断のI_s値とを比較したものを示す。(2次、3次ともにI_{so}=0.56)3次診断は、2次診断よりも精度が高い手法であるが、I_s値は

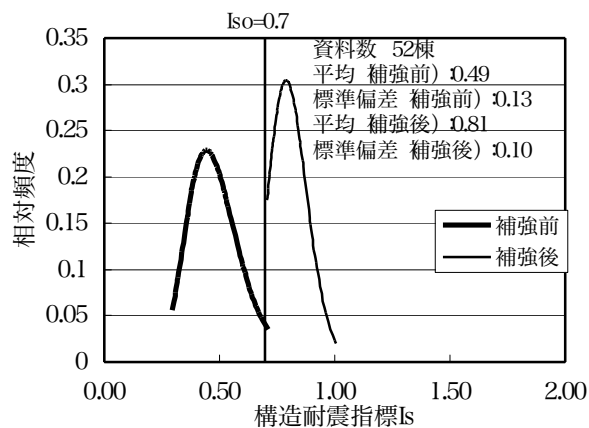


図11.佐賀県の補強前後のI_s値の頻度分布(1階、X方向)

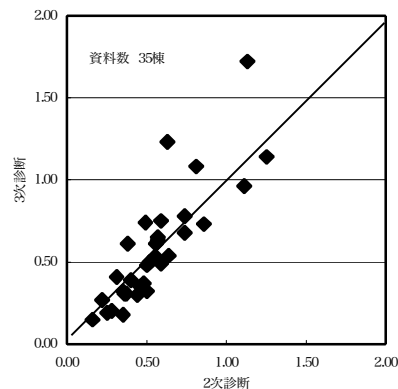


図12.2次と3次のI_s値の比較(1階、X方向)

どちらかが大きくなるというものでもなく、おおよそ半々の確率で分かれているものと図からは思われる。2次診断において、かろうじて安全と判定された建物には再調査が望ましい。

6.まとめ

佐賀・福岡両県の耐震診断結果から1981年以前の建物の過半数は耐震性に不安があることがわかった。また、この時代の建物の耐震性能は、建設年度が古いほど、そして上層階をもつ層ほど耐震性能が劣る結果となっている。

参考文献

- 1) 青山博之 他：新建築学体系41-コンクリート系構造の設計、彰国社、昭和58年
- 2) 日本建築防災協会刊行：既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準、1995年7月