

長崎県の学校校舎の耐震性能の分布について

修行 稔*・岩本 弘**

Aseismic Capacity of School Buildings in Nagasaki Prefecture

by

Minoru SHUGYO* and Hiromu IWAMOTO**

There are many RC school buildings built by using old design codes before 1986. Those buildings don't satisfy the current aseismic standards in general. This paper presents the results of a statistical analysis about aseismic capacity of school buildings in Nagasaki prefecture. As the results, it is shown that about 60 percent and 20 percent school buildings don't clear the current aseismic standards in longitudinal and span directions, respectively.

Keywords: Aseismic Capacity, school buildings, aseismic standards

1. 研究目的

長崎県では、長崎県建築士事務所協会が中心となってこれまで約8年間にわたって多くの学校建築の耐震診断を行ってきた。筆者の一人もその仕事に関わってきたため、貴重な資料である耐震診断報告書が手元にある。今回、日本コンクリート工学協会九州支部に、九州全域の学校建築の耐震性能の分布その他を統計的に調べる委員会が発足し、長崎県は筆者らの研究室が担当することとなった。

本研究は、RC造学校建築に関する耐震診断報告書の各種データを統計処理し、長崎県全体の耐震性能の分布状況について検討することを目的としている。

2. 耐震診断の方法

耐震診断とは、昭和56年以前の基準によって建てられた耐震性能が低い建物が、大地震に対して安全かどうかを確認する作業である。

日本では耐震診断を行う場合、RC造、SRC造の耐震診断基準については、日本建築防災協会の「耐震診断基準・同解説」¹⁾が一般的に使用される。この基準における安全性の評価は、個別の骨組について構造耐震指標 I_S を評価し、これと判定の基準となる構造耐震判定指標 I_{S0} とを比較する

ことよって行われる。すなわち、(1)式を満足すれば「安全(新耐震設計で想定する地震動に対して所要の耐震性を確保している)」、そうでなければ耐震性に「疑問あり」とし、耐震補強の対象建物となる。

$$I_S(\text{構造耐震指標}) \geq I_{S0}(\text{構造耐震判定指標}) \quad (1)$$

I_S の算定には第1次、第2次あるいは第3次診断法のいずれかを用い、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。今回の資料の耐震診断で用いられているのは主に第2次診断法である。

構造耐震指標 I_S は(2)式で算定される。

$$I_S = E_0 \times S_D \times T \quad (2)$$

ここに、 E_0 :保有性能基本指標、 S_D :形状指標

T :経年指標

保有性能基本指標 E_0 とは、建物の強度指標 C と靱性指標 F より、建物が保有する基本的な耐震性能を評価する指標である。形状指標 S_D は、形状の複雑さ及び剛性のアンバランスな分布などの耐震性能に及ぼす影響を工学的な判断により定量化し、 E_0 指標を補正するものである。経年指標 T は、構造体に生じているき裂、変形、老朽化などの構造的欠陥が、建物の耐震性に及ぼす影響を評価しようとする指標

平成20年6月27日受理

* 構造工学科 (Department of Structural Engineering)

** 大学院生産科学研究科博士前期課程 (Graduate Student, Graduate School of Science and Technology)

である。

判定基準となる構造耐震判定指標は(3)式で算定される。

$$I_{S0} = E_S \times Z \times G \times U \quad (3)$$

ここに、 E_S :耐震判定基本指標、 Z :地域指標

G :地盤指標、 U :用途指標

であり、耐震判定基本指標 E_S は方向に関わらず次の値を基準とする。

第1次診断用 $E_S = 0.8$

第2, 3次診断用 $E_S = 0.6$

ただし、今回の診断対象の学校校舎は普段は児童が多数おり、地域の防災拠点になる建物なので、第2次、第3次診断ではこの数値を0.7に割り増しする。

地域指標 Z はその地域の地震活動度や想定する地震動の強さによる補正係数であり、長崎県は0.8と定められている。地盤指標 G は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である。長崎県の場合ほとんどの校舎が1.0である。用途指標 U は建物の用途などによる補正係数である。

また、総合的には I_S が I_{S0} を上回った場合でも、それが粘り強さの指標が大きい建物の場合、地震で大きな変形を生じることで大破する恐れがある。これらの被害を防ぐために、建物にある程度の強度を確保する目的で建物の形状 (S_D) や終局時累積強度 (C_{TU}) の指標に関する判定基準が設けられており $C_{TU} \cdot S_D \geq 0.3$ を条件とする。なお、 $C_{TU} \cdot S_D < 0.3$ である場合は、 $I_S \geq I_{S0}$ を満足しても耐震性に「疑問あり」とする。

なお、コンクリート診断強度が 13.5N/mm^2 を下回る場合に、本基準により耐震指標を求めても耐震性能が適切に評価されない場合がある¹⁾ ので、本基準を適用する場合には、慎重な取り扱いが必要である。

3. 研究方法

今回、本研究室にある耐震診断報告書のうちRC造学校建築(S造、RC造とS造の混合構造の建物は含まない)のものから次のデータを抜粋する。

- 建物番号、地上階数、竣工年、調査年
- 長辺(一般に桁行方向)、短辺方向のスパン数と代表的なスパン長(形状が長方形以外の場合は備考欄に記入)
- 地域係数 Z
- コンクリートの診断強度(各階毎に、コンクリートコア三個による圧縮試験の結果)
- 診断結果 S_D , T , I_S , $C_{TU} \cdot S_D$

これらのデータを用いて各指標値の分布、及び各指標同士の相関関係を調査し、長崎県における学校校舎の耐震性能の分布状況を考察する。

4. 結果

今回、学校校舎342棟、940階分のデータを収集した。一つの階を一つの標本とした時の長辺、及び短辺方向の I_S 値

の分布は図1, 2のようになる。これらのグラフから分かるように、ピークが左側に片寄り右側に裾の広い形になっており、特に長辺方向においてはその傾向が顕著である。長辺の I_S 値においては431階、全体の45.9%の階が危険と判定されている。また、表1に示すように一つの棟を標本とし、一つの階でも危険と判定されている棟を危険と見なすと、342棟中211棟が危険と判定されている。これは、約60%以上が大地震に対して崩壊してしまう可能性があるという非常に危険な状態であるということなので、早急に耐震補強をする必要がある。また、短辺方向のグラフは比較的ばらつきが大きく、危険と判定される階が全体の11.0%、棟が18.7%と少ない値となっている。これは校舎の短辺方向の構成要素が耐震壁等であるのに対し、長辺方向は窓ガラスや扉等で構成されているので、強度が弱くなることが予想される。したがって長辺方向の I_S 値が危険側に出るとするのは妥当な結果と考えられる。

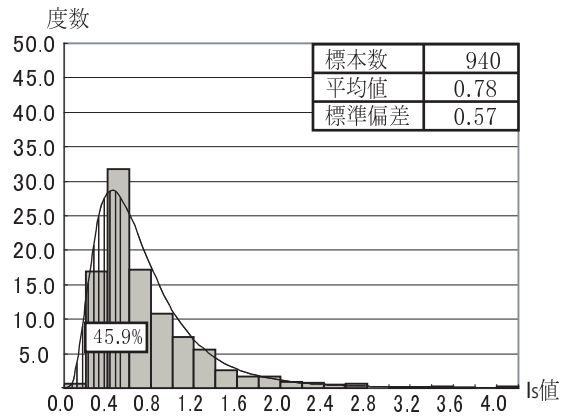


図1 長辺方向の I_S 値の分布

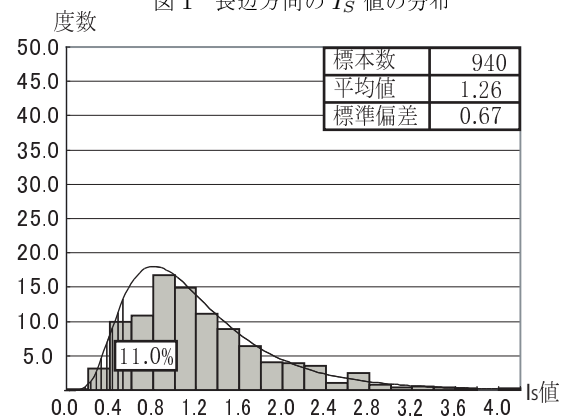


図2 短辺方向の I_S 値の分布

表1: I_S 値により安全及び危険と

判定される棟数の比較

	長辺		短辺	
	棟数	相対度数(%)	棟数	相対度数(%)
安全	131	38.3	278	81.3
危険	211	61.7	64	18.7

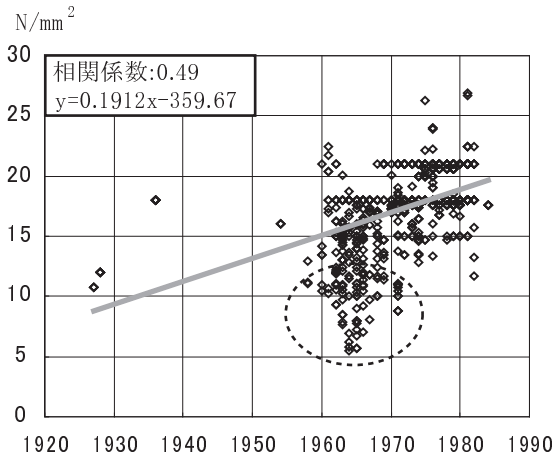


図3 竣工年とコンクリート強度の関係

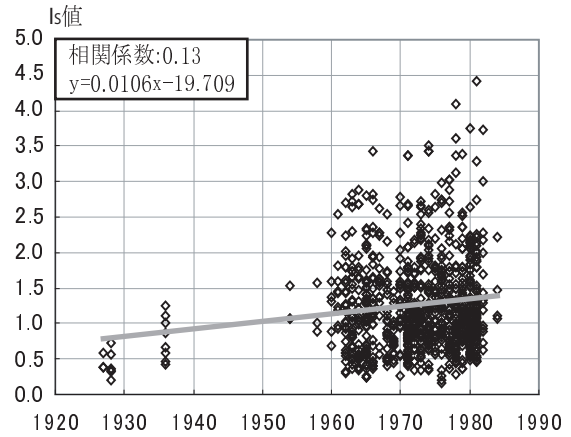


図6 竣工年と短辺 I_S の関係

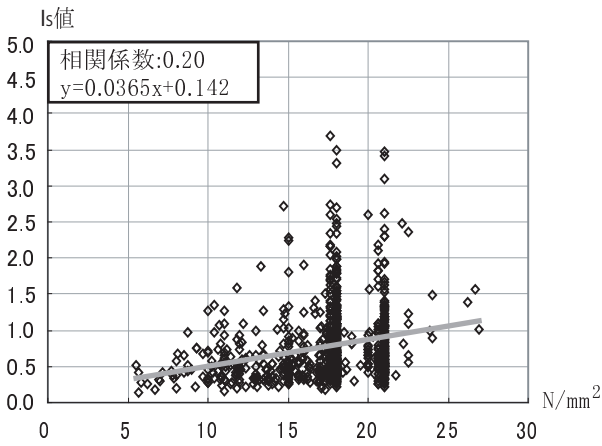


図4 コンクリート強度と長辺 I_S の関係

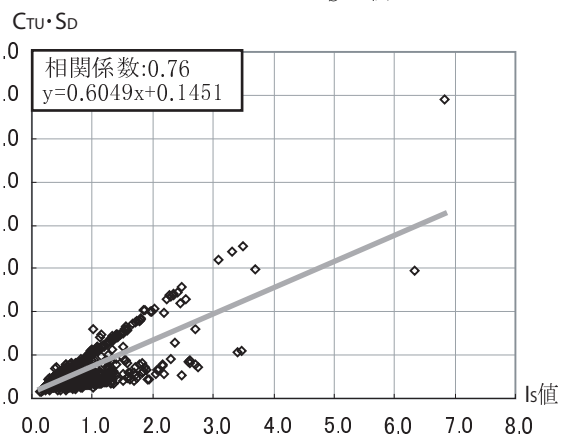


図7 長辺 I_S と長辺 $CTU \cdot SD$ の関係

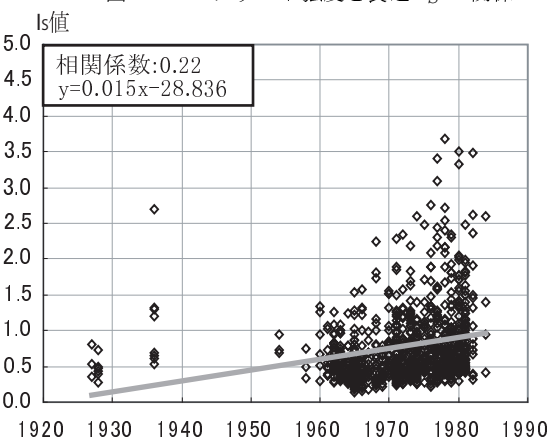


図5 竣工年と長辺 I_S の関係

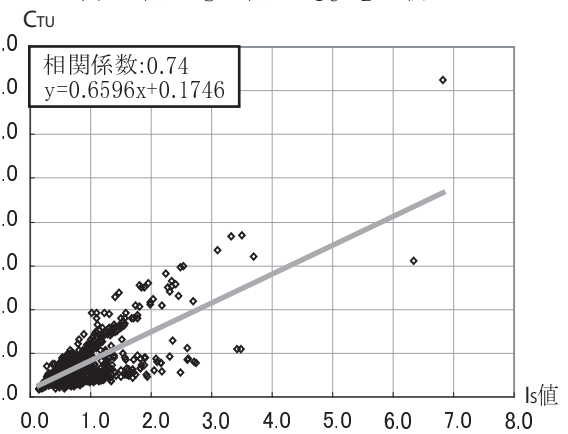


図8 長辺 I_S と長辺 CTU の関係

前述のように、校舎の耐震性能において校舎の長辺方向の I_S 値が低い傾向にある。したがって、長辺方向の I_S 値を中心に、他の各指標との相関関係を調査していくことにする。

図3から竣工年とコンクリート強度との相関係数²⁾が0.49で中程度の相関関係があり、ばらつきは大きいものの、年代とともにコンクリート強度は強くなってきているもの

と判定される。ただ、1960年代に竣工された校舎ではコンクリート強度が 13.5N/mm^2 を下回るもの多く見られる。この場合、耐震性能が適切に評価されない場合がある¹⁾とされており、このような校舎に対する適切な診断法と補強方法を開発する必要がある。

図4からコンクリート強度と長辺 I_S 値の関係は相関係数0.2と強い相関関係は見られず、コンクリート強度が

20N/mm² を超えていても I_S の値が長崎県の I_{S0} である 0.56 を下回るものも少なくない。ただ、コンクリート強度が 10N/mm² 下回るものは概ね I_S 値が 0.56 以下に分布していることが分かる。

図 5 及び図 6 から竣工年と各方向の I_S 値の関係は相関係数が長辺、短辺それぞれ 0.22, 0.13 と強い相関関係は見られない。

図 7 は長辺方向の I_S 値と $C_{TU} \cdot S_D$ の関係のグラフである。この関係は相関係数が 0.76 と比較的強い相関関係であり、 I_S 値が増加すると $C_{TU} \cdot S_D$ も増加する傾向が見られる。この原因を調べるために、長辺方向の I_S 値と C_{TU} の関係を求めたのが図 8 である。図 7 の長辺方向の I_S 値と $C_{TU} \cdot S_D$ の関係のグラフと分布状況が酷似している。学校校舎は整形なものが多いため、 S_D は I_S と $C_{TU} \cdot S_D$ との相関にはあまり関係がなく、 I_S と $C_{TU} \cdot S_D$ の相関の強さは I_S と C_{TU} との相関の強さに起因していると考えられる。

5. 結論

- (1) 長崎県全体で約 60%以上の校舎が校舎長辺方向の耐震性能に疑問があり、早急な耐震補強が必要である。

- (2) コンクリート強度が 13.5N/mm² を下回る校舎が多数存在しているので、これに対する適切な診断法と補強方法を開発するべきである。
- (3) 竣工年と I_S 値に強い相関関係はなく、比較的新しい校舎でも耐震性に疑問が残る校舎は多数存在する。
- (4) 長辺方向の I_S 値と $C_{TU} \cdot S_D$ にはかなり強い相関関係が見られるが、この相関関係は主に I_S 値と C_{TU} との相関に起因している。

謝辞

本報告の作成に際して耐震診断報告書のデータの使用を許可して頂いた長崎県耐震診断判定委員会の委員各位に心からの謝意を表す。

参考文献

- 1) (財)日本建築防災協会:2001年度改訂版 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準 同解説, 2001
- 2) 山口和範:よくわかる統計解析の基本と仕組み, 2006
- 3) 田久浩志:Excel で学ぶやさしい統計学, 2004