

## 既存鉄筋コンクリート造学校建築の耐震診断・耐震補強事例の分析 Investigation on Seismic Capacity and Retrofitting of Existing R/C School Buildings

高橋雅人<sup>1</sup>，澤田幸司<sup>2</sup>，藤井賢志<sup>3</sup>  
中埜良昭<sup>4</sup>，真田靖士<sup>5</sup>，岡田恒男<sup>6</sup>

<sup>1</sup> コマツハウス

KOMATSU HOUSE, LTD

<sup>2</sup> 西武建設

SEIBU construction co.,ltd

<sup>3</sup> 東京大学大学院工学系研究科

Graduate student, Graduate School of Engineering, The Univ. of Tokyo

<sup>4</sup> 東京大学生産技術研究所 助教授・工博

Associate Professor, Institute of Industrial Science, Univ. of Tokyo, Dr. Eng

<sup>5</sup> 東京大学生産技術研究所 助手，博士(工)

Research Associate, Institute of Industrial Science, Univ. of Tokyo, Dr. Eng.

<sup>6</sup> 芝浦工業大学建築工学科 教授，工博

Professor, Shibaura Institute of Technology, Dr. Eng

### SUMMARY

Following the 1995 Hyogo-ken Nanbu Earthquake, seismic evaluation and retrofit of existing buildings designed according to the dated seismic codes have been widely promoted. In this paper, seismic capacities of existing R/C school buildings located in different regions are statistically investigated and their regional characteristics are discussed. The results also reveal that the distribution of seismic capacity index  $I_s$  in different regions are significantly influenced by the distribution of number of stories and year of construction, and the type of structural planning.

キーワード: 耐震診断, 学校校舎, 地域係数, 耐震補強方法

Key words: seismic capacity evaluation, school buildings, seismic zone factor, retrofit schemes

### 1 はじめに

1995年10月の「建築物の耐震改修の促進に関する法律」制定後、学校建築をはじめとする既存公共建築物を中心に耐震診断および耐震改修が精力的に実施されている。本研究では、日本全国の学校建築を対象にして(社)文教施設協会に設置された耐震判定委員会に提出された建物のデータを用いて既存学校建築物の耐震判定性能および補強計画の全国的傾向を分析した。

### 2 対象建物の概要

対象建物は1996年から2000年までの間に(社)文教施設協会が判定対象となった耐震診断・耐震補強が行われた鉄筋コンクリート造学校建築のうち、教室棟(普通教室棟・特別教室棟)である。したがって、ここで用いたデータには鉄骨造校舎・体育館・渡り廊下等は含まれていない。

調査建物の層数別の棟数をTable 1に示す。全建物数654棟、うち補強計画数424棟である。Table 1より補強計画は3層・4層の建物が多い事が分かる。Fig. 1に都道府県別の棟数の分布を示す。Fig. 1より東京都、千葉県、埼玉県の順に多い事が分かる。Fig. 2に建設年度(複数年度にまたがる場合は初年度)の分布を示す。建設年度は1957年(昭和32)から1983年(昭和58)まででほぼ全てが旧

Table 1: Number of stories of buildings

層数	1層	2層	3層	4層	5層	合計
全建物	8	83	369	187	7	654
補強建物	0	38	238	144	4	424

地域係数 Z は  
1981 年以前の建設  
省告示における値

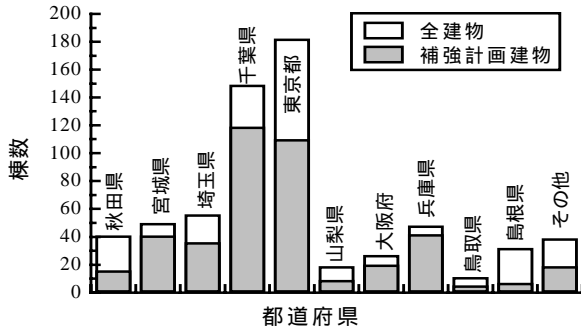
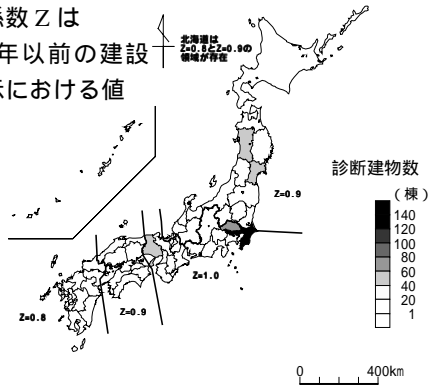


Fig.1 Distribution of School Buildings Investigated

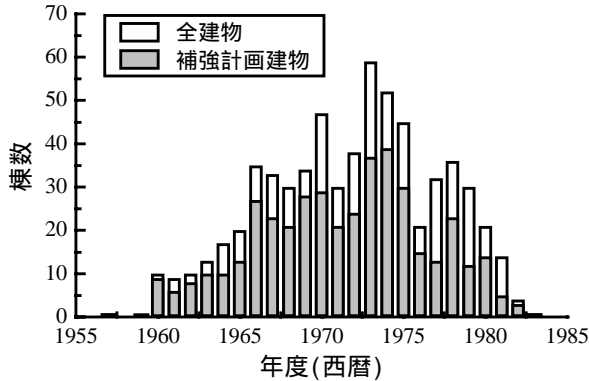


Fig. 2 Year of Construction

基準により設計された建物である。なお、新耐震設計法により設計された建物(1981 年以降に建設)のいくつかが耐震補強されているが、これらは主にピロティを有する建物である。

3 既存建物の耐震性能

本研究では第 2 次耐震診断<sup>1)</sup>における結果を用いた。本研究の対象建物では 1 層の Is 値が最小となる場合が最も多かったため、1 層の Is 値を代表値として用いた。

3.1 既存建物の Is 値分布の地域係数による違い

既存 R C 造建物の Is 値分布は式(1)で近似できる<sup>2)</sup>。

$$P_{Is}(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y \cdot x} \exp\left[-\frac{1}{2} \cdot \frac{(y - \mu_y)^2}{\sigma_y^2}\right] \quad (1)$$

ここで、x : Is 値, y : ln(x),  $\mu_y$  : 平均値,  $\sigma_y$  : 標準偏差

Fig. 3 に昭和 46 年以前、Fig. 4 に昭和 47 年から 55 年までの地域係数(1981 年以前の建設省告示における値、以下同じ)別弱方向 Is 値分布を示す。設計用外力の計算における地域係数の違いから、建物の Is 値が Z=0.9 の地域では低く、Z=1.0 の地域では高くなると予想されたが、Fig.3、4 に示すように年代にかかわらず Z=0.9 の地域の Is 値が約 0.1 高くなった。一方、建物の Is 値は層数が増えるに従って低くなる傾向があることは本データにおいても既に確認されている。そこでデータに含まれる建物の層数分布の違いに着目して検討を進めた。Fig.5,6 に年代および地域係数で分類した建物の層数の比率を示す。Fig. 5,6 より 3 層建物の比率は Z=0.9、1.0 のデータで大きな差はみられない。一方、4 層建物の比率は Z=1.0 のデータでは昭和 46 年以前で 28%、昭和 47 年から 55 年までは

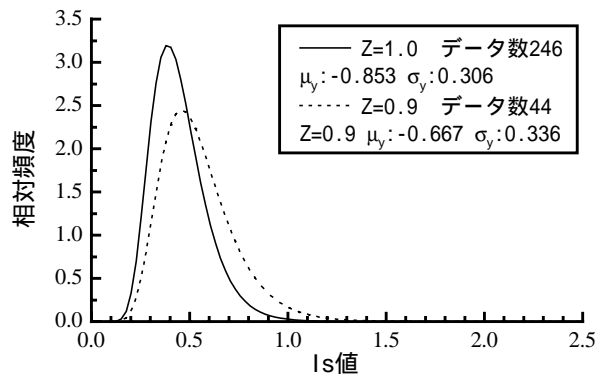


Fig. 3 Distribution of Is-index of buildings constructed before1971

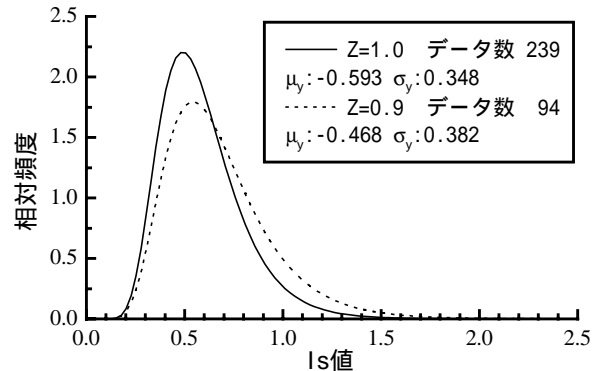


Fig. 4 Distribution of Is-index of buildings constructed during 1972 - 1980

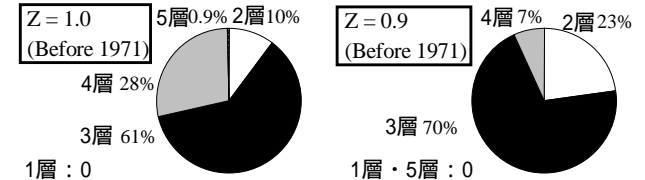


Fig. 5 Distribution of number of stories before 1971

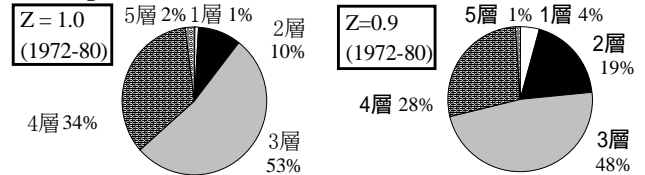


Fig. 6 Distribution of number of stories 1972 - 1980

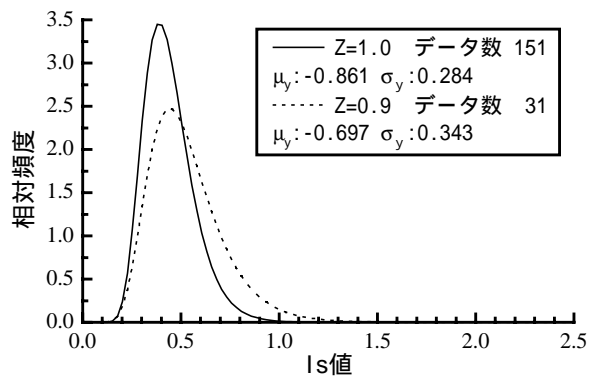


Fig. 7 Distribution of Is-index of 3 story buildings (before 1971)

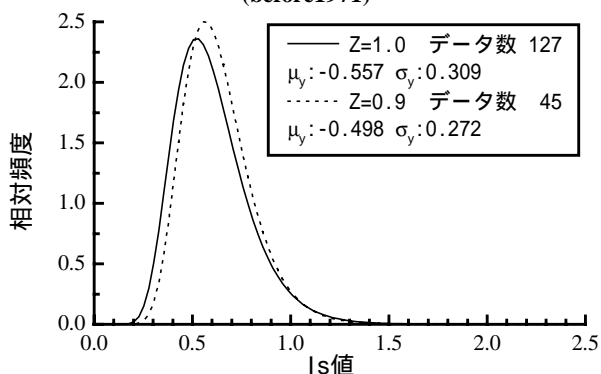


Fig. 8 Distribution of Is-index of 3 story buildings (1972-1980)

34%であるのに対し、Z=0.9のデータでは昭和46年以前で7%、昭和47年から55年まででは28%となっている事がわかる。従ってZ=0.9の地域の建物の方がZ=1.0の地域の建物と比べてIs値が高いものが多くなった要因としては層数の比率の違いが考えられる。

次に、両者のデータにおいて大半を占める3層建物を使ってIs値分布を比較した。Fig. 7, 8に年代別・地域係数別弱方向の3層建物Is値分布を示す。昭和46年以前のIs値平均はZ=1.0で0.440、Z=0.9で0.527となり、昭和47年から55年ではZ=1.0で0.601、Z=0.9で0.630となっていて両者の差はFig. 3、Fig. 4と比べて小さくなっている。しかしながら、両者の分布はほぼ同様なものとなり、今回の分析ではZ=0.9の地域で小さくなるという結果にはならなかった。

### 3.2 建築物の平面上の構造計画による違い

学校校舎建築は、比較的単純な平面計画となっていることが多く、平面計画別に分類することが可能である。ここでは、文献3)における分類に従って平面計画による違いを考察した。Table 2に平面計画の分類<sup>3)</sup>を示す。Fig. 9に年代別平面計画別4層建物の1層弱方向Is値分布を示す。昭和47年から55年の平均Is値はA型で0.457、B型で0.521、C型で0.572と3タイプでA型が最小、C型が最大となっている。

以下では、データ数の比較的多いS47年以降のデータについて詳細な検討を行う。Fig. 10にZ=1.0の3地域(地

Table 2:<sup>3)</sup> type of structural planning

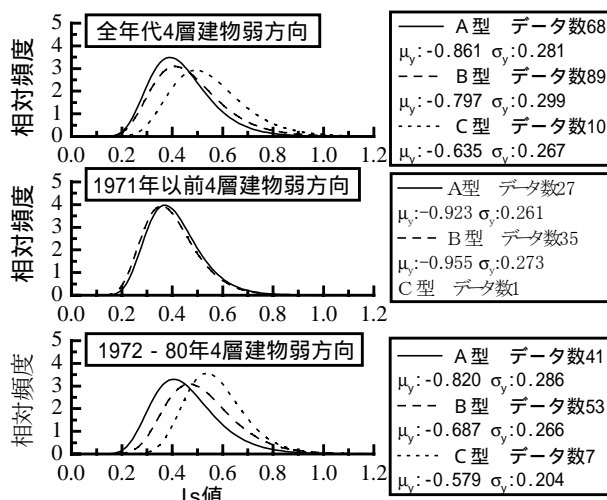
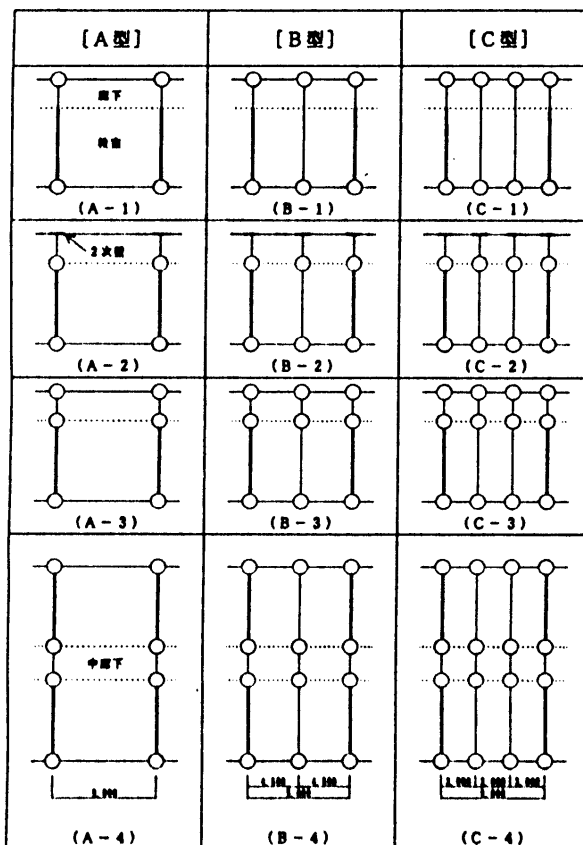


Fig. 9 Comparison of Is index distribution for different type of structural planning

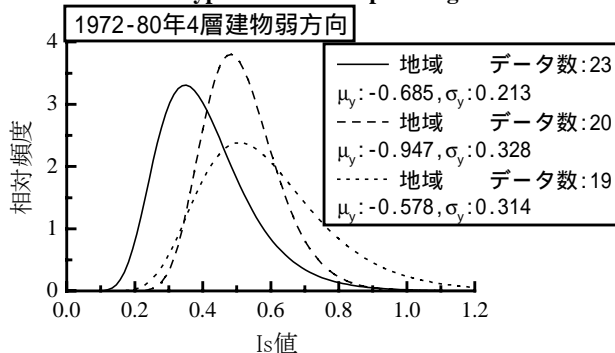


Fig. 10 Comparison of Is index distribution in 3 regions

地域 ( , )における4層建物の $I_s$ 値分布を示す。昭和47年から55年で地域 は0.409、地域 は0.516、地域 は0.591となっている。Fig.10より地域の $I_s$ 値が高く、地域の $I_s$ 値が低くなっている。

Fig.11に地域、地域、地域の平面計画採用比率を示す。地域ではA型の採用比率が高く、地域ではA、B型ともに40%程度、地域ではB型の比率が高いことがわかる。以上のことは、Fig.9.10で示した傾向に対応している。

4 補強計画建物の耐震性能と耐震補強方法の傾向

4.1 補強計画建物の耐震性能の変化

Fig.12に補強前後の $I_s$ 値の相関を示す。Fig.12より補強前後での $I_s$ 値の変化はY方向よりもX方向で顕著でありプロットが全体的に右にシフトしている事がわかる。これは補強が主としてX方向に行われたことと対応している。しかし\*印の建物のようにY方向に壁が偏在しているために形状指標が0.64という低い値を示し、 $I_s$ 値が低くなりY方向を補強したケースもある。

4.2 耐震補強方法の傾向

Fig.13に補強方法の採用比率(各補強方法の採用建物数/全補強計画建物数)の変化分布を示す。Fig.13より1996年度及び1997年度には80%程度で推移していた耐震壁増設が1999年度では60.9%、2000年度には52%にまで減り、一方ブレース増設は1996年度では34.1%であったものがその後連続的に増加し、1999年度及び2000年度で75%を占めている。理由としては、年代が新しくなるに従って工場生産が可能で採光・通気確保がしやすい鉄骨系枠付きブレースによる補強が普及してきた事が挙げられる。

5 まとめ

1996年度から2000年度において(社)文教施設協会に設置された耐震判定委員会に提出された診断データを分析した結果、以下の知見が得られた。

今回の分析では、 $I_s$ 値分布は $Z=0.9$ の地域は $Z=1.0$ の地域と比較して年代別・層数別に見ても小さくなるという結果にはならなかった。

$I_s$ 値分布は平面上の構造計画の採用比率により受ける影響が大きい。

耐震補強計画においては、壁増設補強が主流だったのが近年ブレース増設の増加が著しい。

謝辞

本報告は(社)文教施設協会に設置された「学校建物耐震診断等判定委員会(委員長:岡田恒男芝浦工業大学教授)」において1996年度から2000年度に耐震判定された建物及びそのデータに基づいてとりまとめたものである。委員各位に心より感謝いたします。

《参考文献》

1) 改訂版 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基

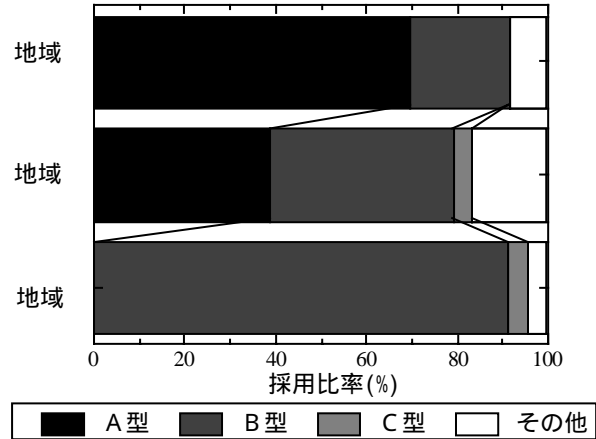


Fig. 11 Employed type of planning

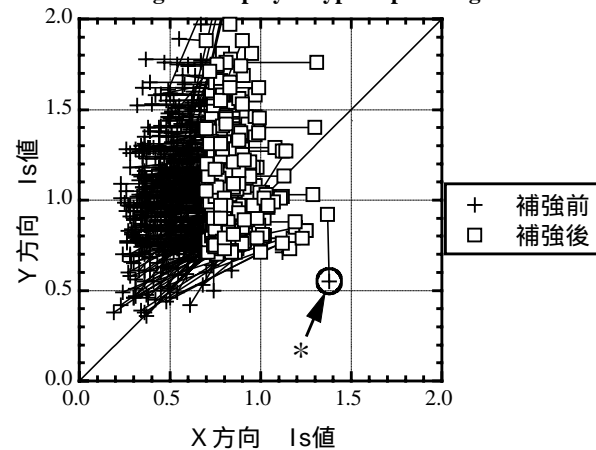


Fig. 12 Correlation of  $I_s$  index before and after retrofit

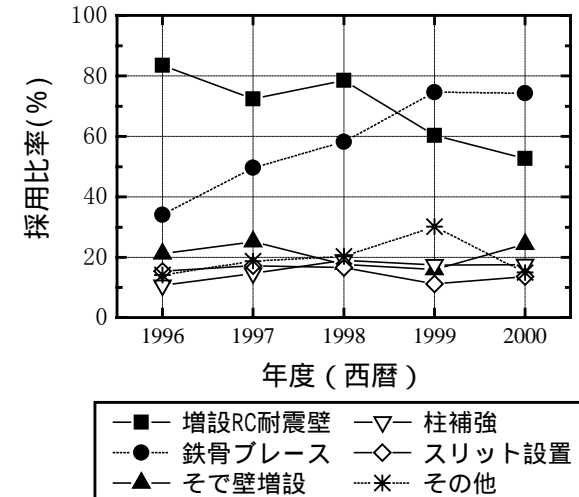


Fig. 13 Employed retrofit schemes

準・同解説、日本建築防災協会、1990.12.  
 2) 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、中埜 良昭、東京大学博士論文、1988.12.  
 3) 関東地方 A 県下における学校校舎の耐震性能、日本建築学会大会学術講演梗概集(九州)、細田招司、広沢雅也、清水 泰、周 東建 1998.9. p.p.625 ~ 626