

既存 RC 造学校建築の耐震性能(その 1:耐震診断結果の分析)

耐震診断 RC 造学校建築 構造耐震指標 I_s
 $C_T \cdot S_D$ 値

正会員 ○竹生 修治*¹ 同 白瀬 陽一*²
 同 宮腰 淳一*³ 同 福和 伸夫*⁴
 同 飛田 潤*⁵

1. はじめに

兵庫県南部地震以降、建物の地震被害に関する多数の研究が行われており、その一例として、長戸・川瀬¹⁾は応答解析により震災の帯を再現し、宮腰²⁾は地震被害から実建物の耐力推定を行っている。これらの地震被害の研究においては、実建物の耐震性能、時刻歴応答解析結果、地震被害の関係が明確であることが必要であるが、実建物の有する真の耐力は推定に頼らざるを得ないのが現状である。また近年、耐震診断が精力的に行われデータベースが整うことにより I_s 値の分析は進んでいるが、データベースそのものが I_s 値を中心にとまとめられており、耐力に相当する C 値は I_s 値から算出することが望ましいと考えられる。しかし、 I_s 値と C 値の関係や応答解析との関係などの議論は進んでおらず、各階の I_s 値分布から耐力の高さ方向分布を決めることも少ない。そこで本研究では、耐震診断結果の分析と静的弾塑性解析を比較することにより、耐震診断(I_s 値)と応力解析の関係を明らかにし各階の I_s 値から耐力を算定する可能性を検討すると共に、既存 RC 造学校建物の適切な復元力特性を構築することを目的とする。

2. 耐震診断結果の分析

2.1 愛知県有建物の概要

図 1 に平成 9 年から平成 13 年までに耐震診断(2 次診断)が行われた愛知県有の校舎計 909 棟の、時期別の棟数分布を示す。図 1 より、校舎建築は 2~4 階建てが多く、また 1971 年以前と 1972 年~1981 年に竣工した建物は同程度存在していることがわかる。図 2 にその内の 2~4 階建て校舎建築 864 棟の建築面積別棟数分布を示す。また県有建物であることから、県立高等学校の校舎が多い。図 2 より 500~700 m²の建物の存在比率が大きいことがわかる。ここで、2 階建て建物の建築面積が小さいのは特別教室として利用される傾向が強いためである。耐震診断が行われた校舎建築のうち 77 棟について図面調査を行った結果、典型的と考えられる平面形と雑壁の取り付け方を図 3 に

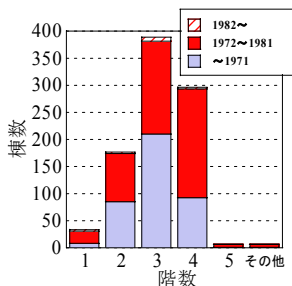


図 1 階数別棟数分布

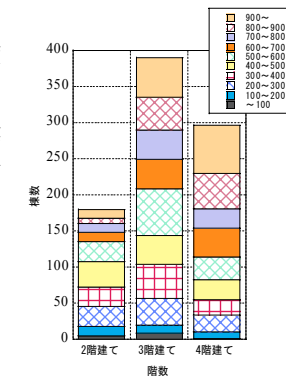


図 2 建築面積別棟数分布 (m²)

示す。77 棟のうち 46 棟が図 3 に示す南北両端に柱を有する平面形であり、加えて教室と廊下境に柱の存在するものが 21 棟存在した。なお東西方向の雑壁は、南側は腰壁だけが取り付け、北側は腰壁だけのものと、腰壁と垂壁が取り付け 2 タイプに分類できる。

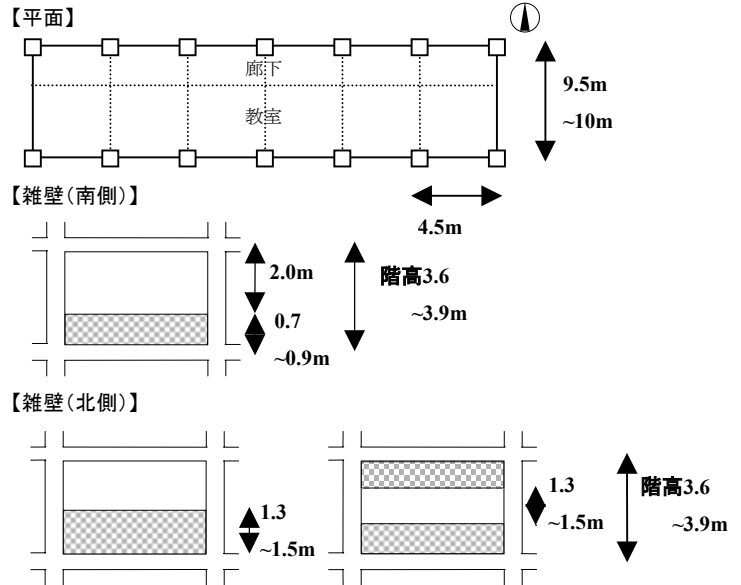


図 3 一般的な校舎建築 (愛知県有の 77 校舎の場合)

2.2 構造耐震指標の高さ方向分布

耐震診断基準³⁾によれば、 I_s 値は次のように算定される。

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

ここで、 E_0 が下式で概ね表現できると仮定する。

$$E_0 = (n+1)/(n+i) \cdot C \cdot F \quad (2)$$

これは E_0 の算定で C - F 関係において、グルーピングが一つで表現できることに相当し、 I_s 値は以下の式で表現できる。

$$I_s = (n+1)/(n+i) \cdot C \cdot F \cdot S_D \cdot T = C_T \cdot F \cdot S_D \cdot T \quad (3)$$

したがって

$$\text{見かけの } F \text{ 値} = I_s / (C_T \cdot S_D \cdot T) \quad (4)$$

となる。図 4 には(4)式から得られる見かけの F 値の高さ分布を 3 階建て県有校舎 12 棟に対し描いたものを示す。図中の括弧内の数字は 2 つ以上にグルーピングされた階数を示す。図 4 より X 方向 1 階部分、Y 方向の F 値は 0.8~1.0 となり、X 方向 2、3 階部分の F 値は 1.0 より大きな値をとりばらつきも大きいことがわかる。これは、X 方向 1 階部分、Y 方向の破壊形式がせん断破壊で、なおかつ 1 つにグルーピングできる場合が多いのに対し、X 方向 2、3 階部分の破壊形式は曲げ破壊で 2 つ以上にグルーピングされた場合が多いことによ

るものである。したがって X 方向下層部分、Y 方向については $F=1.0$ とするとともに、X 方向上層部についてもまずは $F=1.0$ と仮定する。

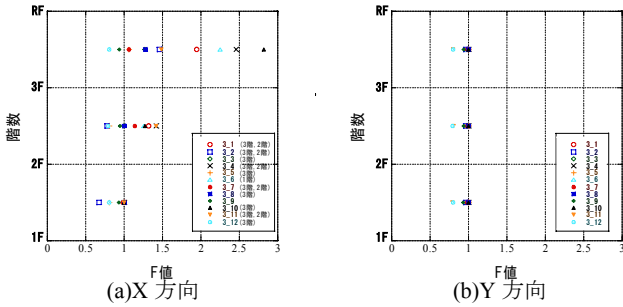


図4 見かけの F 値の高さ方向分布

表 1 には S_D 値の高さ方向分布平均値を示す。表 1 より S_D 値は $0.9\sim 1.0$ の間に分布することがわかるが、これは主に辺長比、エクステンションジョイント間隔に起因するものである。また、 T 値の平均は 0.99 である。

表 1 S_D 値の高さ方向分布 (n は標本数)

2階建て($n=14$)		3階建て($n=42$)		4階建て($n=21$)				
X方向	Y方向	X方向	Y方向	X方向	Y方向			
2階	0.96	0.97	0.90	0.90	0.93	0.93		
1階	0.93	0.95	0.91	0.91	0.93	0.94		
平均	0.95	0.96	0.91	0.89	0.92	0.92		
			平均	0.90	0.90	平均	0.93	0.96

以上の検討から、 F 値、 S_D 値、 T 値の高さ方向分布は概ね 1.0 であるとすると、(3)式より各階 I_s 値/1階 I_s 値の高さ方向分布は耐力分布に近い分布形を有していると考えられる。図 5 には、各階 I_s 値/1階 I_s 値の高さ方向分布を A_i 分布と重ねて示す。 A_i 分布は各階重量一定とし、固有周期は $0.015H$ (H は建物高さ(m))から求め 0.17 sec とした。図 5 より A_i 分布に比べ、 I_s 値の分布形は特に X 方向上層部で大きな値をとることがわかるが、これには F 値が 1 以上をとっていることなどが影響していると考えられる。図 6 には各階 $C_T \cdot S_D$ 値/1階 $C_T \cdot S_D$ 値の高さ方向分布を A_i 分布と重ねて示す。図 5 において A_i 分布よりも大きな値をとっている X 方向 2、3 階部分が図 6 においては A_i 分布よりも小さくなる結果となった。これは、 $C_T \cdot S_D$ 値が F 値を含んでいないのに対し、 I_s 値は F 値を含んでおり、そのばらつきを評価しているためと考えられる。以上のことから、Y 方向については各階 I_s 値/1階 I_s 値の高さ方向分布から実際の耐力の高さ方向分布が概ね推定できることがわかる。また、X 方向については別途(その 2)で得られる復元力特性を用いて予備的に時刻歴応答解析を行った。各階の減衰は瞬間剛性比例減衰で弾性時は 3% とし、履歴特性は Takeda モデルを用い除荷時の剛性低下指数を 0.4 とした。入力波は 1995 JMA_KOBE NS を用いる。表 2 には復元力特性の剛性および 1 階の耐力は一定にして、それぞれの耐力の高さ分布として I_s 値分布、 $C_T \cdot S_D$ 値分布、 A_i 分布を用いた場合の各階の最大塑性率を示す。塑性率の起点は第 2 折れ点

とした。その結果 I_s 値分布、 $C_T \cdot S_D$ 値分布では、上層部分はレベル 2 相当の地震波に対し大きく塑性化することはなく、下層部で塑性率は最大値をとる。一方、解析で一般的に用いられる A_i 分布では、実際の耐力分布に近い $C_T \cdot S_D$ 値分布より、上層部での塑性化が進んだ。さらに、兵庫県南部地震での実被害が下層部に集中していることを考えると、耐震診断結果に基づき I_s 値の高さ方向分布を耐力分布として用いても建物の地震被害の把握は可能であると考えられる。

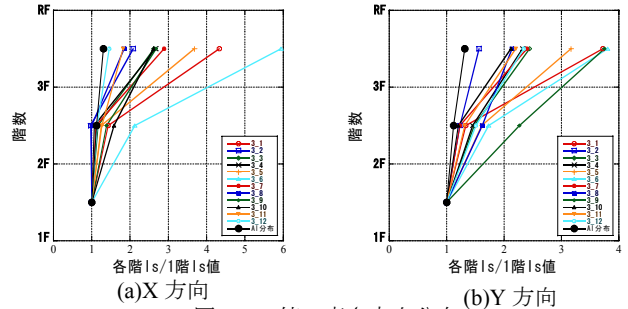


図 5 I_s 値の高さ方向分布

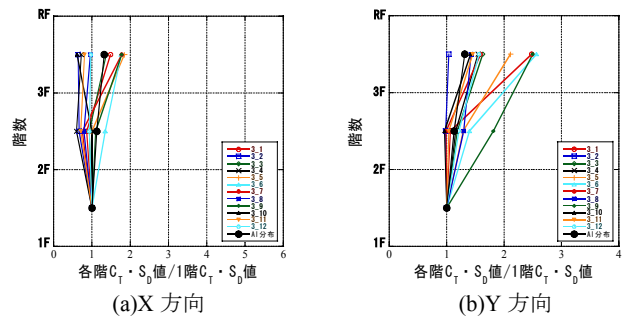


図 6 $C_T \cdot S_D$ 値の高さ方向

表 2 耐力の高さ方向分布別の最大塑性率

	1階	2階	3階	4階
I_s 値	4.18	22.21	3.40	3.25
$C_T \cdot S_D$ 値	4.17	22.07	3.62	3.24
A_i 分布	5.05	10.29	16.11	6.95

3.まとめ

本研究では、図面調査から県有学校建築の典型的な平面形状は、教室と廊下境に柱のないタイプであることが分かった。ついで、耐震診断指標の高さ方向分布について分析することにより、X 方向下層部・Y 方向については I_s 値から建物の耐力の高さ方向分布を推定できることが分かった。また F 値の 1 以上となる X 方向上層部分についても時刻歴応答解析時に大きく塑性化することはないため、耐震診断結果から耐力の高さ方向分布を推定することにより建物の地震被害の検討が可能であると考えられる。

参考文献

- 1) 長戸健一郎、川瀬博：建物被害データと再現地震動による RC 建造物群の被害予測モデル, 日本建築学会構造系論文集 504 号 pp31-37, 2001
- 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
- 3) 日本建築防災協会：2001 年改訂版 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・同解説, 2002.1

*1 名古屋大学大学院環境学研究科 大学院生

*2 (株)日建設計 構造設計室 修士(工学)

*3 清水建設(株) 技術研究所 博士(工学)

*4 名古屋大学大学院環境学研究科 教授・工博

*5 名古屋大学大学院環境学研究科 助教授・工博

*1 Graduate Student, Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ.

*2 Structural Engineering Dept., Nikken Sekkei Ltd., M.Eng.

*3 Institute of Technology, Shimizu Corporation, Dr.Eng.

*4 Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr.Eng.

*5 Assoc. Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr.Eng.