

低層 RC 造事務所建物の地震被害予測に関する研究 (その 1) 研究概要と診断データベース

低層 RC 造事務所建物 耐震診断結果 常時微動計測
固有周期 静的増分解析 データベース

1. はじめに

1995 年兵庫県南部地震では、設計時の想定を上回るレベルの地震動を記録した神戸海洋気象台の建物も大きな被害ではなく、新耐震以降の建物のほとんどが大破以内であった。その理由の 1 つとして、設計では建物の耐震性能を安全側で評価していることが挙げられ、設計上の耐力と実建物の耐力が異なるため、耐震性能と被害の関係が十分に整合しないと考えられる。

このような状況を踏まえ、白瀬・他は¹⁾、低層 RC 造学校建物に対して、耐震診断結果を用いた建物の実状を考慮した地震応答解析モデルの構築方法を提案し、これを用いた地震応答解析を行い、建物被害率を算定した結果、兵庫県南部地震の激震地域の建物の被害と対応することを示した。

そこで、本研究では、低層 RC 造事務所建物の耐震診断結果を用いて、実被害と整合するモデルの作成手法を確立するために、建物の構成要素についてその実状を考慮し、実被害と整合する地震応答解析モデル作成手法について検討を行う。

検討の流れを図 1 に示す。

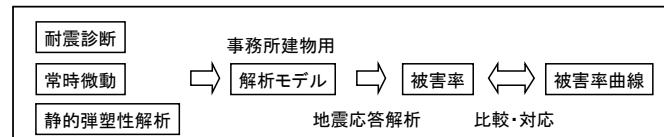


図 1 本研究の検討フロー図

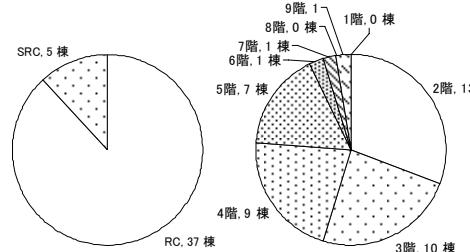


図 2 構造種別

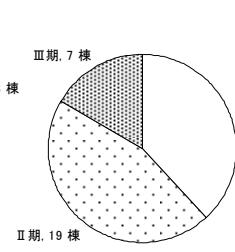


図 3 建物階数

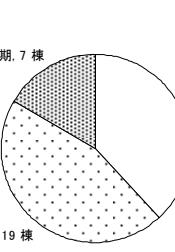


図 4 建設年代

正会員 ○佐々木哲朗^{*1} 同 飛田 潤^{*2}
同 護 雅史^{*3} 同 福和伸夫^{*4}
同 後藤盛昌^{*5} 同 宮腰淳一^{*6}
同 白瀬陽一^{*7}

2. 耐震診断結果の概要

ここでは、耐震診断を行った 42 棟の事務所建物について整理する。図 2~図 4 に建物の各種分布図を示す。対象とした建物は低層 RC 造事務所であり、図 2 に示すように、5 階以下の建物が大半を占めている。

また、建物の耐震性能が 1971 年の建築基準法改正や 1981 年の耐震規定改正の影響を受けていると考え、1971 年以前を I 期、1972 年~1981 年までを II 期、1982 以降を III 期として扱うと、I 期と II 期が同程度存在している。

図 5 と図 6 には、対象建物の最小 Is 値分布を建物方向別に示す。Is 値が 0.6 を下回る建物は 3 棟と全体の 1 割以下であり、Is 値が 0.8 以上となる建物が半数以上となっている。

表 1 と表 2 に 2~5 階建ての建物を対象に、耐震診断結果の S_D 値および Is 値の高さ方向分布を示す。4 階建て以上の建物については地下が存在するものが多く、 S_D 値は 1、2 階建て建物より高くなっている。全体的に見て偏心率や剛重比などにより 0.92~1.07 に分布している。

また、表 2 の Is 値の分布を見ると、1 階、2 階の Is 値が低く、上階に行くほど高くなっている。

3. 常時微動計測

建物の固有周期を計測することで、解析では考慮しきれていない 2 次部材（雑壁等）の剛性や実際の建物重量を捉えた建物の振動特性を知ることが出来る。そこで、42 棟の低層事務所建物を対象に常時微動計測を行い、固有周期を算出する。

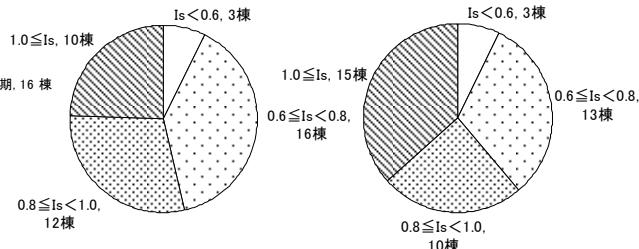


図 5 最小 Is 値(EW)

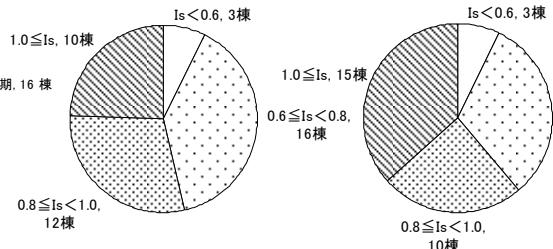


図 6 最小 Is 値(NS)

表 1 S_D 値の高さ方向分布

2階建て(13棟)		3階建て(10棟)		4階建て(9棟)		5階建て(7棟)	
	NS方向 EW方向		NS方向 EW方向		NS方向 EW方向		NS方向 EW方向
2階	0.97 0.95	3階	0.98 0.94	4階	1.01 1.02	5階	0.94 0.94
1階	0.92 0.93	2階	0.99 1.00	3階	1.07 1.00	4階	1.01 1.02
平均	0.94	1階	0.98 0.94	2階	1.04 1.02	3階	1.07 1.00
		平均	0.98 0.96	1階	1.03 1.06	1階	1.03 1.06
				平均	1.04 1.02	平均	1.02 1.01

表 2 Is 値の高さ方向分布

2階建て(13棟)		3階建て(10棟)		4階建て(9棟)		5階建て(7棟)	
	NS方向 EW方向		NS方向 EW方向		NS方向 EW方向		NS方向 EW方向
2階	1.75 1.77	3階	1.45 1.57	4階	1.64 1.94	5階	2.43 2.13
1階	1.04 1.18	2階	0.87 1.13	3階	1.28 1.19	4階	1.35 1.60
平均	1.39 1.47	1階	0.80 0.88	2階	0.92 0.92	3階	1.02 1.29
		平均	1.04 1.19	1階	0.86 0.91	2階	0.86 0.96
				平均	1.18 1.24	1階	0.82 0.92
					平均	1.30 1.38	

計測は、建物の1階については中央、短辺方向、長辺方向の3地点、最上階（屋上階）については中央1地点に常時微動計を設置し、それぞれ3成分（水平EW・NS、上下UD）を同時計測する。

解析は、建物からロッキングの影響を取り除いた波形を用いて固有振動数を推定する。推定方法は、1質点系モデルによる1自由度系振動システムの理論的曲線と計測から得られた伝達関数との差が最小となるようにして固有周期と減衰を求める方法である「カーブフィット法」を用いることとした。

図7に、求めた固有周期と建物高さの関係を示す。建物高さ h が高くなるほど固有周期は長くなり、設計1次固有周期を表す $T=0.02 \times h$ （RC、SRC建物）よりも固有周期は短い傾向にある。

図8に、各建物の最小Is値と固有周期係数（固有周期を建物高さで除した値）の関係を示す。バラツキが大きいものの、最小Is値が大きい建物ほど、固有周期係数は小さくなる傾向にある。従って、本研究で検討対象とした事務所用途の建物に関しては、概ね同じ構造形式であるため、Is値が大きい建物ほど、壁量が多く剛性が高い建物であるといえ、Is値と固有周期係数には相関があると考えられる。なお、EW方向とNS方向の違いは、バラツキの中にうもれており、あまり違いが見られない。

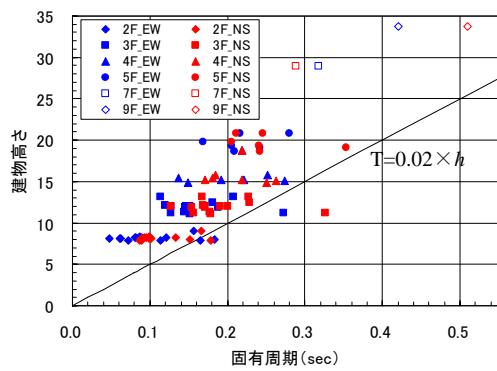


図7 固有周期と建物高さの関係

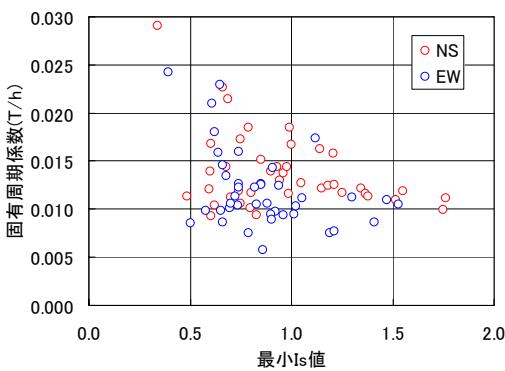


図8 最小Is値と固有周期係数の関係

表3 建物概要

No	用途	地上階数	延床面積	建築年月	構造形式
1	営業所	3	2,652	S53.3	耐震壁付きラーメン構造
2	営業所	7	6,561	H2.4	耐震壁付きラーメン構造
3	営業所	4	4,222	S56.4	耐震壁付きラーメン構造
4	営業所	4	2,724	S43.11	耐震壁付きラーメン構造
5	営業所	3	3,150	S37.6	耐震壁付きラーメン構造
6	SS	2	844	S56.10	耐震壁付きラーメン構造

*1 中部電力(株)

*2 名古屋大学大学院環境学研究科准教授・工博

*3 名古屋大学大学院環境学研究科准教授・博士(工学)

*4 名古屋大学大学院環境学研究科教授・工博

*5 中電不動産(株)

*6 清水建設(株) 技術研究所 博士(工学)

*7 (株)日建設計 構造設計部門 修士(工学)

4. 静的増分解析

耐震診断結果から、建物規模、建物形状等に着目して選出した6建物を対象に静的増分解析を行い、復元力特性を調べる。建物概要を表3に示す。

図9に示すように、復元力特性は、静的弾塑性解析から得られる層間変形-層せん断力をTri-Linear型の骨格曲線で近似する。

表4に、静的弾塑性解析から得られた各階ごとの剛性比($K_{\delta 2}/K_0$)とせん断耐力比(Q_1/Q_2)および全階数の平均値をについて方向別に示す。ただし、7階建ての建物については、4~7階を対象として平均値とした。これらの平均値は、(その3)の地震応答解析モデル用の復元力特性の設定で用いる。

5.まとめ

本論では、42棟の低層RC造事務所建物を対象に、耐震診断結果を整理した。また、常時微動計測から各建物の固有周期を算出し、最小Is値との関係を示した。さらに、静的増分解析により、低層RC造事務所建物の復元力特性を示した。これらの診断結果、および調査結果は、耐震補強あるいは発災時の初動体制をとる際の重量なデータベースとして1冊の台帳にとりまとめている。

【参考文献】

- 1) 白瀬陽一・竹生修治・平松悠・福和伸夫・宮腰淳一(2006): 耐震診断結果に基づく低層鉄筋コンクリート造学校建物の地震被害率の予測に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, 第607号, pp.63-71.

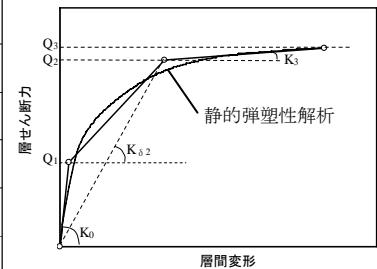


図9 復元力特性

表4 静的弾塑性解析結果 (6建物の平均)

階数	EW方向		NS方向	
	$K_{\delta 2}/K_0$	Q_1/Q_2	$K_{\delta 2}/K_0$	Q_1/Q_2
最上階	0.22	0.47	0.12	0.58
最上階-1階	0.18	0.58	0.23	0.58
最上階-2階	0.15	0.65	0.12	0.69
最上階-3階	0.22	0.57	0.05	0.69
平均	0.19	0.56	0.15	0.62

*1 Chubu Electric Power Co.

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

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

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

*5 Chuden Real Estate Co.,INC.

*6 Institute of Technology, Shimizu Corp., Dr.Eng.

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