

# 低層 RC 造事務所建物の地震被害予測手法構築のための研究

名古屋大学 工学部 社会環境工学科  
建築学コース 護研究室 杉本浩一

## 1. 研究の背景と目的

近年、公共性の高い建物を中心に耐震診断が精力的に行われ、その診断結果がデータベース化されている。一方、設計段階では実建物の耐震性能を十分に評価できていないのが現状である。学校建物や集合住宅など、平面形状、壁配置が一般的な建物については、これまで地震被害を説明可能な地震応答解析モデルの作成に関する検討が進められてきた。しかし事務所建物は、平面タイプが多様で、且つ、耐震壁や雑壁の配置が複雑であるため共通なプランを抽出し辛く、一般的な解析モデルを作成することは難しい。そこで本研究では、低層 RC 造事務所建物を対象に、耐震診断結果に基づく耐震性能評価法の構築を目的として、診断結果から事務所建物の特徴を分析した上で、対象建物群の規模(スパン数、スパン長、建築面積等)、用途、竣工時期に着目して、代表建物 1 棟を抽出し、耐震壁と雑壁が剛性・耐力へ及ぼす影響を数値解析により明らかにする。さらに、耐震診断結果を用いて、建物応答値を簡易に求める評価法を提案する。

## 2. 耐震診断結果にみる事務所建物の特徴

事務所建物の特徴を把握するため、電力会社の事務所建物の耐震診断結果を用いて分析する。資料のある 41 棟の内、29 棟が営業所であるため、ここでは営業所のみについて分析を行う。図 1 に営業所の竣工時期別棟数を示す。図より、2~4 階建ての建物が約 8 割を占めている。図 2 に  $I_s$  値、 $C_T \cdot S_D$  値の竣工時期別分布を示す。全体的に  $I_s$  値が 0.6 以上の建物が多く、竣工年が新しくなるほど  $I_s$  値、 $C_T \cdot S_D$  値が大きくなる傾向があるが、III期の張間方向では  $C_T \cdot S_D$  値がII期より下がっている。これより新耐震設計法の施行以降、靱性に期待して設計された建物が多くなっている傾向がわかる。また、愛知県内の学校建物、集合住宅と用途別の比較をするため、図 3 に各用途の最小  $I_s$  値の

平均値を示す。集合住宅はIII期の建物が無いため図示していない。図 3 より事務所建物は、他の用途と異なり張間と桁行に  $I_s$  値の差は認められない。この原因は、学校や集合住宅に見られる、教室や住戸境の耐震壁が張間方向に多いという特徴が、事務所建物では明確ではないためである。また、図 4 に、3 階建て営業所 8 棟の張間方向における各階  $C_T \cdot S_D$  値分布を示す。図 4 より事務所建物は、建物毎、各階でばらつきが大きく、壁配置の定性的な傾向をとらえることが困難であると分かる。

## 3. 数値解析対象となる建物概要

名古屋市中村区に位置する営業所を対象として解析する。この建物は、RC 造 3 階建て耐震壁付きラーメン構造で、桁行は 48m(6m×8 スパン)、張間は 15m(8.4m と 7.6m の 2 スパン)である。竣工時期はII期に属し、壁の配置は桁行、張間で明確な差異はなく、雑壁が多く配置されている。

## 4. 復元力特性作成における事務所建物のモデル化

本研究の静的弾塑性解析の目的は、耐震壁と雑壁が建物の剛性・耐力に及ぼす影響を詳細に検討することである。そのため、解析モデルは以下の 3 つを作成することにする。

- モデル A・・・フレームのみ考慮モデル
- モデル B・・・フレーム+耐震壁考慮モデル
- モデル C・・・フレーム+耐震壁+雑壁考慮モデル

開口による耐震壁の剛性低下評価法については、開口周比の上限を 0.4 に設定し、それを越える壁については、1 枚の壁としてではなく、垂壁、袖壁などに分けて評価する。図 6、図 7 に各方向の代表的な軸組図を示す。応答解析を行う際、建物応答値を正しく評価するため、履歴特性が異なる壁とフレームの復元力特性を分けて設定する。本研究は耐震診断結果に記載されている壁耐力分担率を用いて、壁とフレームの復元力特性を分け

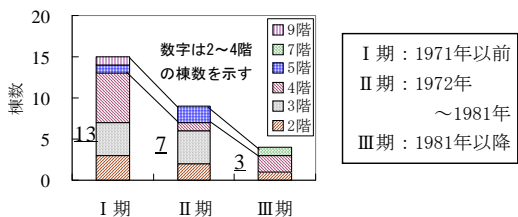


図1 営業所29棟の竣工時期別棟数



図5 対象建物外観

表1 建物概要

竣工年	1978年
建築面積	800m <sup>2</sup>
階数	地上3階 地下1階 鉄塔あり
階高	3.9m 軒高 12.5m
用途	営業所
構造形式	耐震壁付きラーメン構造(両方向)
基礎構造	直接基礎
最小 $I_s$ 値	桁行 0.64(1階) 張間 0.75(1階)
最小 $C_T \cdot S_D$ 値	桁行 0.54(1階) 張間 0.72(1階)

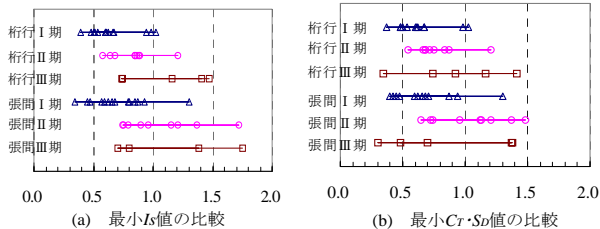


図2 営業所の耐震診断結果分析

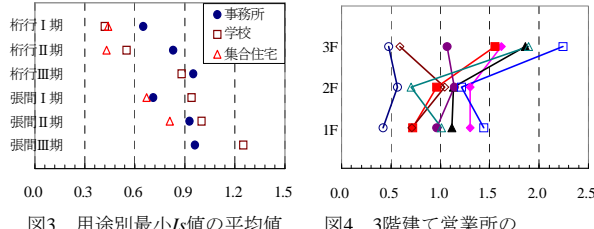


図3 用途別最小 $I_s$ 値の平均値

図4 3階建て営業所の各階 $C_T \cdot S_D$ 値分布(張間)

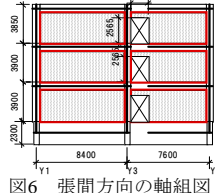


図6 張間方向の軸組図

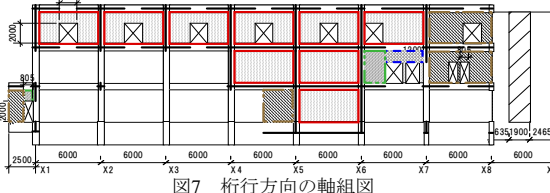


図7 桁行方向の軸組図

- 耐震壁とみなし開口は開口周比で耐力を落とす
- 垂壁として梁の耐力・剛性に加えて評価する。
- 両端が躯体の柱にくっついていない壁を示し、壁厚と同じ柱を仮想的に立てて、耐震壁としてモデル化する。
- 袖壁として柱の剛性・耐力に加えて評価する。
- 剛域を示す

て評価し、分離しないモデルとの応答値を比較する。さらに、後に示す  $C_T \cdot S_D$  値と壁耐力分担率の関係についての回帰式より分離されるモデルとの比較を行い、回帰式の適用性を検討する。

## 5. 復元力特性の作成

### 5.1 各モデルにおける復元力特性の比較

モデル A~C において、初期剛性と終局耐力ごとに比をとった結果を図 8 に示す。雑壁の影響をみるために、モデル B とモデル C で比較すると、終局耐力は概ね 1.07 倍であるのに対して、初期剛性は 1.3 倍程度、3 階では 1.6 倍にもなっている。よって、雑壁は終局耐力に影響を与えないが、初期剛性には影響を与えていることが分かる。耐震壁の影響は、初期剛性に関しては表 2 に示した壁面積によく対応しており、壁量が多いほど、剛性の増加率も大きい。一方、終局耐力は、張間方向は上記と同様な傾向を示すが、桁行方向は 3 階で壁面積が多いにも関わらず、耐力比は各階とも 2.4 倍前後と差は見られない。その原因として、図 7 から、3 階の桁行方向に開口が多いが、表 2 に示す断面面積は、開口を考慮していないことが考えられる。また、図 6、図 7 から、張間方向は連層耐震壁が多いのに対し、桁行方向は少なく、下階壁抜け柱となっているため、3 階の壁は断面面積から推定するほど、耐力を保有していないと考えられる。

### 5.2 面積比に基づく復元力特性の分離

まず、壁耐力分担率を用いて壁とフレームを分離する。壁耐力分担率は、柱と壁の面積比から求められており、各階毎に値がある。それを静的増分解析で算出した、モデル C の層せん断力に乗じて、壁とフレームの復元力特性をそれぞれ作成する(モデル C1)。この時、 $K_2/K_1$ は、解析結果を用いるため、変位を変化させずに作成した。

次に、 $C_T \cdot S_D$  値と壁耐力分担率の関係から求めた回帰式を図 9 に示す。一般に C 値と壁耐力分担率には相関があると考えられるが、対象建物群の診断結果に、C 値が記載されていないため  $C_T \cdot S_D$  値で代用した。図 9 は、対象建物群の中から、全体の傾向から著しく異なる建物を除外して作成した回帰式である。モデル C1 同様、回帰式から求まる壁耐力分担率によって、モデル C の復元力特性を分離したものをモデル C2 とする。

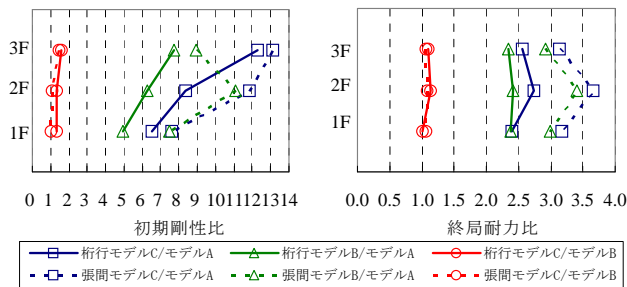


図8 各モデルの初期剛性比と終局耐力比

表2 階数ごとの壁面積

階数	壁面積 (m <sup>2</sup> )	
	耐震壁	雑壁
桁行	3	8.00
	2	5.00
	1	4.50
張間	3	7.32
	2	8.77
	1	6.85

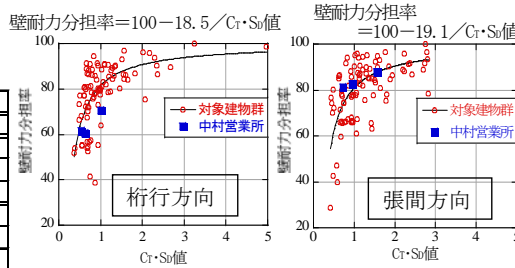


図9 各階の  $C_T \cdot S_D$  値と壁耐力分担率の関係

## 6. 復元力特性の違いが建物応答値に与える影響

本節では、先に示したモデル C、モデル C1、モデル C2 について地震応答解析を行い、その特性を検討する。

### 6.1 地震応答解析における条件

微動計測結果より、桁行方向については相互作用の影響が小さいと確認できたため、基礎固定の質点系せん断型モデルとする。また、上部構造の減衰は、3%の剛性比例型とする。各モデルで用いる履歴特性は、壁架構は原点指向モデル、フレーム架構は武田モデルを使用する。モデル C にも武田モデルを適用する。建物モデルの周期は桁行 0.155(s)、張間 0.158(s)である。入力地震動は、兵庫県南部地震で観測された、大阪ガス葺合波の強軸方向の最大速度を 120cm/s で基準化したものを用いる。

### 6.2 解析結果

図 10 に各モデルの、各階の変形量を方向別で示す。図より、張間方向、桁行方向ともに、復元力特性を分離したモデル C1、C2 は、モデル C と比べて明確な差があり、変形量大きいことが分かる。これは、図 11 に示す履歴ループの違いから、壁架構の履歴特性に原点指向モデルを適用することで、ループが小さくなり、エネルギー吸収が少なくなるためと考えられる。また、分離方法を変えたモデル C1 とモデル C2 では、最大応答値の差は、殆んど認められない。この結果より、最大変形を示す階の壁耐力分担率の差が、表 3 に示すデータの範囲内であれば、本手法の適用が可能であるといえる。

### 7. まとめ

耐震診断結果に基づいて事務所建物の耐震性能を分析した結果、壁配置の複雑性に起因して耐震性能に建物差が大きいことが分かった。そこで、代表的な建物を 1 棟抽出して、耐震壁と雑壁が建物の剛性・耐力に与える影響を示した。また、応答解析を行う際、復元力特性を、壁とフレームに分けることの重要性について、応答値の差から示した。さらにその手法として、耐震診断結果に記載されている、 $C_T \cdot S_D$  値と壁耐力分担率の関係から簡易に分離することが可能であることを明らかにした。

本研究では、対象建物群の中から可能な限り代表的な建物を抽出して解析したため、本手法にはある程度の汎用性があると考えられるが、今後、数棟の建物に対して数値解析を行っていくことで、さらに手法の信頼性を高めていく必要がある。

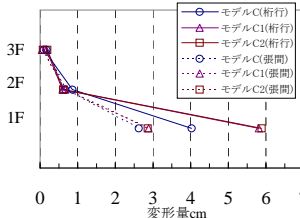


図10 各モデルの応答値

表3 最大応答階の差異

方向	モデル	壁耐力分担率	最大塑性率
		桁行	モデルC
桁行	モデルC1	61.5%	7.47
	モデルC2	65.7%	7.57
張間	モデルC	2.84	
	モデルC1	81.3%	3.14
張間	モデルC2	73.5%	3.11

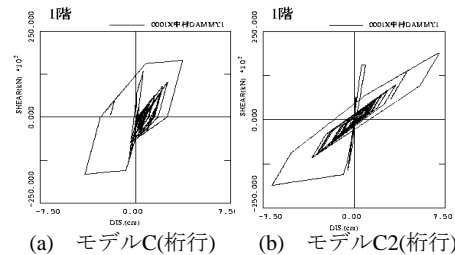


図11 モデルCとモデルC2の履歴ループの違い