

中小地震時における鉄筋コンクリート建造物の被害レベル予測に関する基礎研究

鉄筋コンクリート、損傷、中小地震、耐震設計

正会員 牧田 敏郎*1
正会員 島崎 和司*2

1. はじめに

既往の RC 建造物に対する耐震性能の研究は大地震時における構造部材の安全性についてのものが主流である。しかし、起こり得る確率の高い中小地震時においては、構造部材の被害よりも、雑壁等の非構造部材の被害が多くなると考えられる。こうした中小地震時に既存の建物がどれだけ被害を受けるのかを推定して欲しいとの要望もある。本論では、雑壁のうちでも、比較的挙動がクリアな袖壁を含む構造物の地震時の被害予測について、簡単な推定法を設定するための可能性について、1 質点系のパラメトリックな応答計算により、基礎的な検討を行なった。

袖壁付き柱の挙動については、清水ら¹⁾、林²⁾らにより、耐力や、荷重-変形関係の算定法が提案されて来ている。また、江藤ら³⁾は、袖壁付き柱を含む RC 系建造物の地震応答について研究を行い、大地震時に袖壁が構造部材に及ぼす影響について研究している。また「既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・同解説」⁴⁾では、非構造部材の指標について定めてあるが、この指標についても、安全性診断のものとなっている。このような指標を用いて、1 質点系の復元力特性が設定できれば、被害レベルの予測が簡易にできるものと考えられる。

1 質点系モデルの応答推定法としては、限界耐力設計法などの要求耐力スペクトルと等価線形化法を組み合わせた方法があるが、応答変位一定則より精度が悪いとの指摘⁵⁾もあり、ここでは、数値計算結果を規準化した方法⁶⁾による。

2. 一質点系応答解析

トリリニア型の武田モデルを用い、パラメータに降伏点剛性の初期剛性に対する比(K_V/K_0)5 種、クラック荷重の降伏荷重に対する比(F_C/F_Y)5 種、降伏強度に対する 5%減衰弾性応答せん断力(強度比 SR)10 種、初期周期 T_0 と加速度応答スペクトル一定域と速度応答スペクトル一定域の境界周期 T_1 の比 $TR(=T_0/T_1)$ を 1/3、2/3、1、2、3 及び 5sec の 6 種を用い、様々な周波特性を持つ 20 種の地震動について計 30000 通り行った。結果は、パラメータ別に横軸に変位応答比 DR 、縦軸に強度比 SR をとりグラフ化し

た。ここで DR =最大応答変位 / 平滑化した初期周期 T_0 における 5%減衰の変位応答スペクトル値である。

図 1 に一例として $K_V/K_0=0.2$ 、 $F_C/F_Y=0.4$ の TR 別のグラフを示す。 TR が小さいほど、 SR が小さいときに DR が大きく、全体的にばらつきが見られる。 TR が大きくなると、ばらつきが無くなり、 $DR=1$ に集まる傾向が見られる。このプロット点を最小二乗法を用いた $SR=1/DR^n$ の近似式を参考にして、簡略化した推定式 $SR=1/DR^{3TR}$ を定めた。図 1 中に推定式を記す。 n の値は、 TR が同じだと、他のパラメータによらずほぼ一定値となるが、バイリニアモデルを用いた結果⁶⁾に比べ、 F_C/F_Y が小さく K_V/K_0 が小さいほど DR が 1 を越すを越すデータが多い。

3. 損傷の推定

1) 対象建物と静的弾塑性解析

対象建物は図 2 に示す基準階を持つ 7F・RC 造で北面、南面及び中央部に雑壁がある。この建物を雑壁

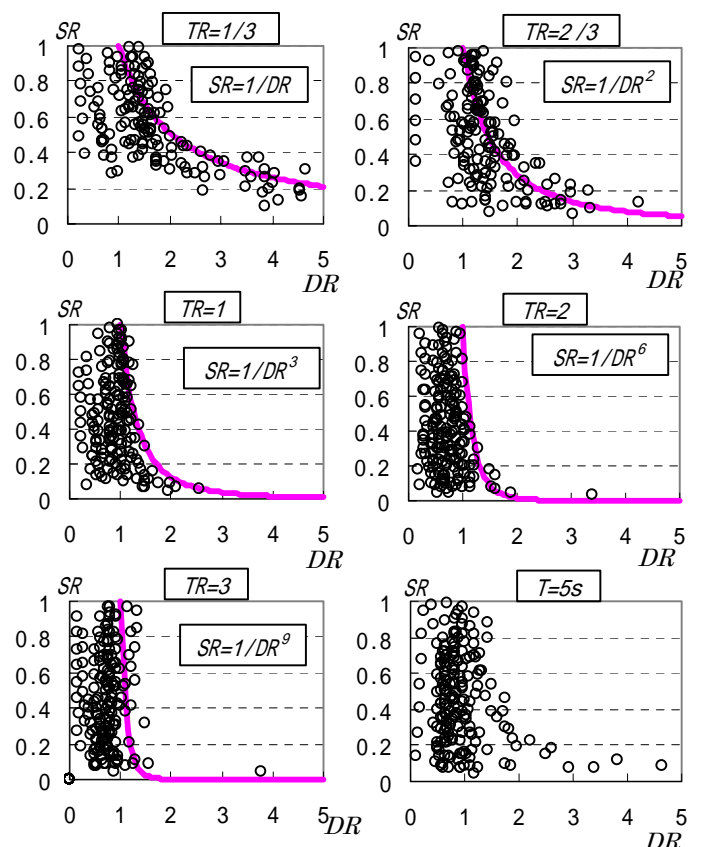


図 1 一質点系応答解析結果 ($K_V/K_0=0.2$ 、 $F_C/F_Y=0.4$)

有り(モデル1)と雑壁無し(モデル2)でモデル化し、静的増分解析を行った。図3に静的増分解析結果(1Fせん断力-RF変形関係)を示す。初期剛性 K_0 はモデル1の初期剛性、第一折点荷重をモデル1の瞬間剛性が $0.75 K_0$ となる時の荷重とした。モデル1は、解析上は雑壁が降伏後も耐力を保持するため、建物全体の荷重-変位履歴は剛性低下をしながら徐々に壁無しの履歴へ移行するものとした。第二折点荷重をモデル2の瞬間剛性が $0.05 K_0$ となる荷重とし、変形はモデル1と2の中間に定めた。このトリリニアモデルを逆三角形の変位分布を仮定して、等価1質点系(SDF)に置換した。等価1質点系への変位換算係数 $=1.38$ 、荷重換算係数 $=2.08$ 、有効重量 26500kN 、初期周期 $T_0=0.55\text{s}$ となった。SDFの荷重-変形関係から $K_V/K_0=0.2$ 、 $F_C/F_Y=0.43$ となる。

2) 損傷推定

図1中の弾塑性変位応答推定式と、建物の等価1質点系モデルを用いて、建物の応答変位は推定する。応答変位の計算フローを図4に示す。

図5に示すH12建設省告示1461号による加速度応答スペクトルを用いて建物の応答変位を推定した。

SDFモデル： $T_0=0.55\text{s}$ $TR=T_0/T_1$ 0.85

$$SR=5625\text{kN}/8642\text{kN}(M_{eq} \times 3.2)=0.65$$

推定式に $SR=0.65$ 、 $TR=0.85$ を代入すると、 $DR=1.18$ となる。最上階の変位 d は、

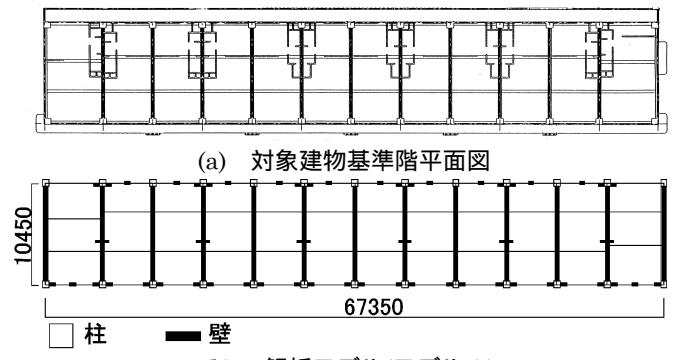
$$d=S_d \times DR \times = 25 \times 1.18 \times 1.38 = 41\text{mm}$$

この最大応答変位は変形角にすると、約 $1/450$ となる。これより、今回の対象建物では、雑壁にかなりのクラックが生じているが雑壁が破壊する手前までの損傷程度であると推定される。

4. まとめ

本論では、袖壁を含む建物の中小地震時の損傷推定の方法を提案した。今後は、雑壁の破壊を含めたモデル化と復元力特性の設定、それを構造耐震指標などから容易に設定する手法の検討等を考えることで、実用的な推定法になると考える。

本研究の一部は、文部科学省学術フロンティア・横浜市産官学共同研究総合プロジェクト「地震・台風災害の制御・低減に関する研究(TEDCOM)」(研究代表者：大熊武司)の一環として行い、神奈川大学・卒論生の久米康介君の協力を得ました。また、1質点系解析プログラムは小谷SDF⁷⁾を使用させていただきました。ここに関係者に感謝します。



(a) 対象建物基準階平面図
(b) 解析モデル(モデル1)
図2 解析対象建物の平面図

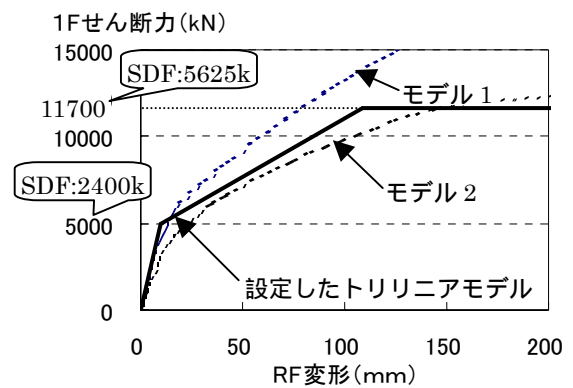


図3 静的増分解析結果とSDFへのモデル化

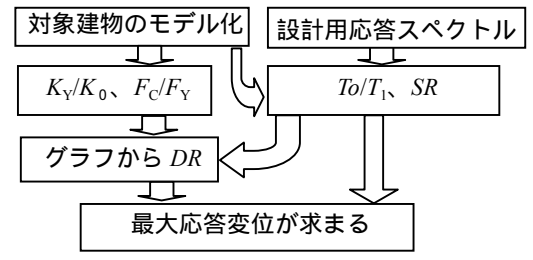


図4 応答変位推定のフロー

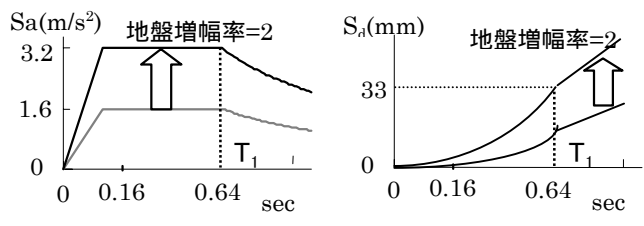


図5 使用した応答スペクトル

参考文献

- 清水泰他：RC造袖壁付柱の耐力評価に関する基礎的研究(その1～7)、日本建築学会学術講演梗概集、1995～2000、C-2
- 林静雄他：RC造柱の曲げとせん断耐力に及ぼす袖壁の影響(その1～4)、日本建築学会学術講演梗概集、1999～2000、C-2
- 江藤孝也他：袖壁つき柱を含むRC系建物の地震応答、日本建築学会学術講演梗概集、2000、C-2
- 日本建築防災協会、「既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・同解説」
- Chopra et al：Evaluation of NSP to estimate seismic deformation：SDF system, ASCE ST, Vol.126 No.4 2000
- 島崎和司他：鉄筋コンクリート構造の地震時水平変位、日本建築学会構造系論文報告集、No.444, pp.95～104, 1993
- Otani, S.,：Hysteresis models of reinforced concrete for earthquake response analysis, 東京大学工学部紀要(B), Vol. 36, No.2, pp.125～159, 1981