

## 旧耐震基準で設計された低層 RC 造建物における終局塑性率の算定 (その2) 終局塑性率の算定

### Calculation of Ductility Factor in a Low-Rise R/C Building Using Old Seismic Regulation (Part2) Calculation of Ductility Factor

○今関慶<sup>1</sup>, 伊豆川瞬也<sup>2</sup>, 田嶋和樹<sup>3</sup>, 長沼一洋<sup>3</sup>

Kei Imazeki<sup>1</sup>, Shunya Izukawa<sup>2</sup>, Kazuki Tajima<sup>3</sup>, Kazuhiro Nagamuna<sup>3</sup>

Abstract: In Part 2, frame analysis is conducted for an R/C building using old seismic regulation and its pushover results are compared with seismic evaluation to verify the applicability of the model. Then, restoring force characteristics are constructed by the pushover analysis results of frame analysis. It is concluded that the ductility factor applicable to old-designed R/C buildings is between 1.49 through 2.16.

#### 1. はじめに

前報(その1)では、旧耐震基準で設計された RC 造建物(以下、旧基準 RC 造建物)の代表例を構築し、そこから抽出した1層1×1スパンに対して実施した FE モデルと骨組解析モデルによるプッシュオーバー解析の結果の比較を通じて、数値解析手法について検討した。

本報(その2)では、旧基準 RC 造建物の代表例の骨組全体に対して骨組解析モデルを構築してプッシュオーバー解析を実施し、既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・同解説<sup>1)</sup>(以下、耐震診断基準)に基づいた耐震診断結果と比較するとともに、骨組解析結果に基づいて損傷スペクトルに適用可能な終局塑性率の算定法について検討する。

#### 2. 解析概要

##### 2.1 骨組解析モデル

Fig.1 に骨組解析モデルを示す。柱、梁、基礎、柱梁接合部およびスラブは前報(その1)と同様とした。腰壁および垂れ壁はトラス要素、耐震壁はトラス要素および剛体要素から構成される MMVLEM とした(Fig.2)。

コンクリートおよび鉄筋の材料構成則は前報(その1)と同様であり、せん断サブ要素には tri-linear 型(Fig.3)、接合部サブ要素には bi-linear 型の復元力特性を用いた。

##### 2.2 プッシュオーバー解析結果

Fig.4 に骨組モデルのプッシュオーバー解析結果を示す。なお、外力分布は  $A_i$  分布とした。また、図中には耐震診断(二次診断)結果も併せて示す。耐震診断結果と比べ、骨組モデルの解析結果は全層で耐震診断結果の最大耐力を上回った。これは、耐震診断では安全側の評価であること、層レベルの評価と骨組全体の評価方法が異なることなどが原因として挙げられる。

以上のことから、若干の耐力差は確認できるものの、

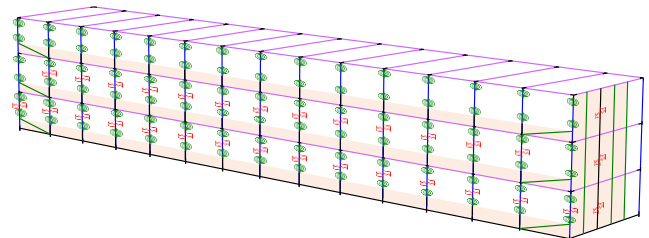


Fig.1 Frame Model

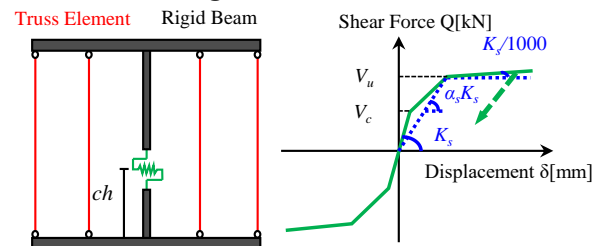


Fig.2 Modeling of Shear Wall

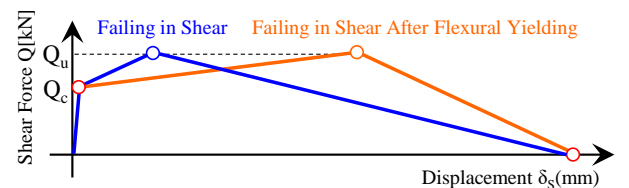


Fig.3 Shear Sub-elements

骨組モデルにおける最大耐力の妥当性を確認できた。変形性能に関しては、3層は耐震診断結果と比べ変形性能に違いが生じているが、1層2層では耐震診断結果を包絡する形になった。

#### 3. 終局塑性率の算定

##### 3.1 終局塑性率の算定方法

筆者らの損傷スペクトルを用いた損傷評価では、一般的なエネルギー一定則の概念に基づいて、保有水平耐力計算<sup>2)</sup>で用いられる構造特性係数  $D_s$  を用いて次式により終局塑性率を算定する。

$$D_s = 1 / (2\mu_{\text{mon}} - 1)^{1/2} \quad (1)$$

ここで、 $\mu_{\text{mon}}$  : 終局塑性率である。構造特性係数  $D_s$  は

1 : 日大理工・院(前)・建築 2 : 日大理工・学部・建築 3 : 日大理工・教員・建築

新耐震基準で設計された RC 造建物の設計法に適用される概念であり、旧基準 RC 造建物の設計法では構造特性係数の概念が用いられていない。そこで、本検討では耐震診断基準の概念に基づき、見かけの靱性指標(以下、F'値)から次式により終局塑性率を算定する。

$$1/F' = 0.75(1 + 0.05\mu_{mon}) / (2\mu_{mon} - 1)^{1/2} \quad (2)$$

さらに、旧基準 RC 造建物における F'値の代表値を耐震診断の統計結果<sup>3)</sup>により設定する。結果、旧基準 RC 造建物における F'値は 1.0 とした。しかし、(2)式に適用した場合、終局塑性率  $\mu_{mon}=0.8$  となる。これは、耐震診断基準では F'=1.0 の場合、降伏に達する前に崩壊するという考えに基づいているためである。

そこで、本検討ではプッシュオーバー解析結果から F'=1.0 到達時の変位を崩壊点とした tri-linear 型の復元力特性を構築し、終局塑性率の算定を試みる。本検討対象モデルでは 1 層で崩壊を起こす層崩壊モデルのため、1層が F'=1.0 到達する時の変位点を崩壊点とした。ここで、初期剛性はプッシュオーバー解析結果と同等とする。復元力特性の最大耐力は骨組モデルの最大耐力とし、ひび割れ耐力は最大耐力の 1/3 とする。また、復元力特性の降伏後の剛性は初期剛性の 1/1000 と仮定し、二次勾配はプッシュオーバー解析結果とエネルギー等価となるように設定した。

### 3. 2 終局塑性率の算定結果

Fig.5 にプッシュオーバー解析結果および構築した復元力特性を示す。ここでは、前報の検討に基づき、接合部サブ要素の有無により、コンクリート-主筋間を完全付着とした場合 (Fig.5(a)) と付着すべり挙動を模擬した場合 (Fig.5(b)) について検討した。また、旧耐震基準で設計されている RC 造建物を対象とするため、外力分布は Ai 分布だけでなく、一様分布についても検討した。

Table.1 に算定した終局塑性率を示す。Ai 分布と一様分布を比較すると、終局塑性率に大きな差はみられない。しかし、付着すべり挙動のモデル化によって終局塑性率の差が確認できる。これは、付着すべりによる変形性能の増大が塑性率に影響したと考えられる。以上のことから、旧基準 RC 造建物に適用可能な塑性率の範囲は  $\mu=1.49\sim 2.16$  となった。今後、付着すべり挙動の影響について詳細に検討し、より実用的な塑性率の算定が必要である。

### 4. まとめ

本報(その2)では、旧基準 RC 造建物に対する耐震診断結果とプッシュオーバー解析結果を比較し、数値解析モデルの妥当性を確認した。さらに、プッシュオー

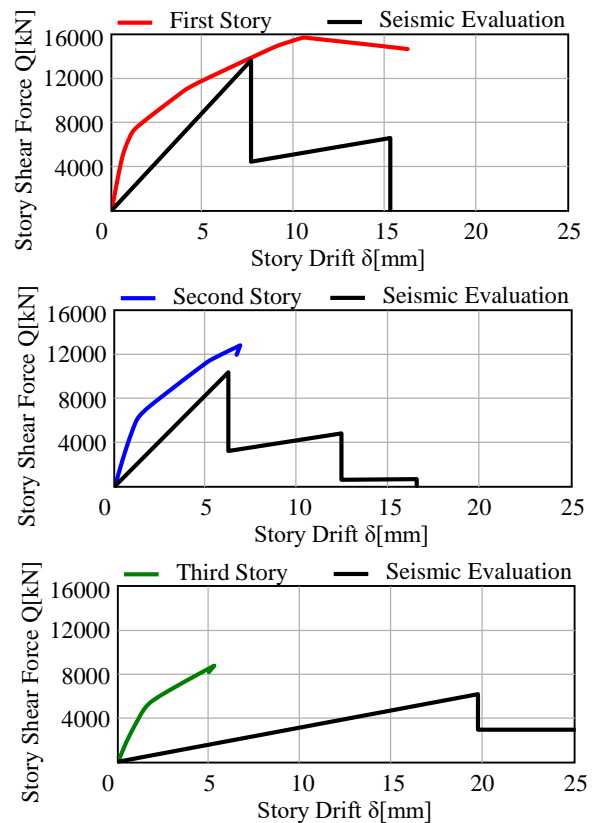


Fig.4 Q-δ Relationships and Seismic Evaluation

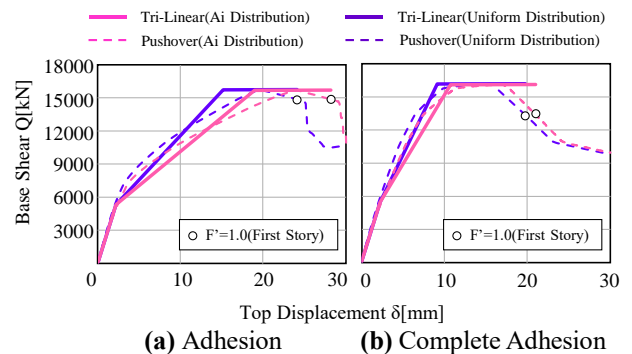


Fig.5 Q-δ Relationships

Table.1 Ductility Factor

	Adhesion	Complete Adhesion
Ai Distribution	1.49	1.96
Uniform Distribution	1.59	2.16

バー解析結果から復元力特性を構築し、旧基準 RC 造建物に適用可能な終局塑性率の範囲を算定した。今後、より実用的な塑性率を算定する必要がある。

#### 参考文献

[1] 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，2017.7  
 [2] 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造保有水平耐力計算基準(案)・同解説，2016.4  
 [3] 金久保利之，八十島章，余劍華：2011年東北地方太平洋沖地震における茨城県内の公立学校建物の被害傾向，日本地震工学会論文集，Vol.14, No.2, pp.164-180, 2014