

損傷スペクトルを用いた RC 造建物の簡易損傷評価  
(その 5) 実際の被害状況と損傷指標の比較

Simplified Damage Evaluation Method of RC Buildings by Damage Spectrum  
(Part 5) Comparison between Observed Damages and Predicted Damage Spectra

田邊哲也<sup>1</sup>, 渡部俊宗<sup>1</sup>, 秋山洋輔<sup>2</sup>, 西尾淳<sup>2</sup>, 今井究<sup>3</sup>, 田嶋和樹<sup>4</sup>, 白井伸明<sup>4</sup>  
Tetsuya Tanabe<sup>1</sup>, Toshimune Watanabe<sup>1</sup>, Yousuke Akiyama<sup>2</sup>, Atsushi Nishio<sup>2</sup>, Kiwamu Imai<sup>3</sup>, Kazuki Tajima<sup>4</sup>, Nobuaki Shirai<sup>4</sup>

Abstract: The damage spectra obtained using the results obtained by seismic response analysis were compared with the observed damages in this report. As a result, it was found that the predicted damages are much larger than the observed ones. It seems that this discrepancy may come from the overstrength of actual buildings. According to the proposal for overstrength by Elnashai et al., again the seismic response analysis was carried out using the overstrength factor of 2.0. Now, it can reasonably evaluate the damage for the building based on the new seismic standards. However, it is further needed to investigate the damage parameters for the existing old buildings.

1. はじめに

前報(その 4)では、東北地方太平洋沖地震の際に被災した 6 棟の建物を対象として、各建物の損傷状況を示した。本報では、地震応答解析結果より作成した損傷スペクトルと実際の建物損傷状況を比較する。

2. 実被害状況と損傷指標 DI の比較

対象とした建物のうち、新耐震基準で設計されている建物 A, B, C, D の損傷スペクトルを Fig 1 に示す。前報(その 4)より、建物 A および C の実被害状況は被災度区分で中破と判断されている。また、建物 B および D は小破である。しかし、損傷指標は建物 A, B, C, D 全てにおいて崩壊または大破を表す  $DI > 0.8$  となった。この原因として考えられるのが、建物の余剰強度の影響である。余剰強度とは、実際の建物強度と設計で考えられている強度の比である。余剰強度には次に示すような要因がある。(1)実際と設計用の材料強度の違い、(2)非構造部材の関与、(3)実際の拘束効果など、他にも Uang<sup>1)</sup>や Mitchell & Paulter<sup>2)</sup>などによってレビューされている。また、A. S. ELNASHAI and A. M. MWAFY<sup>3)</sup>の研究によると、2.0 を最小余剰強度として適用できると結論づけている。

2.1 余剰強度を考慮した地震応答解析

余剰強度の影響を考慮するため、余剰強度 2.0 を降伏強度  $F_y$  に乗じて、地震応答解析を行った。Fig 2 に余剰強度を考慮した建物 A, B, C, D の損傷スペクトルを示す。建物 A について、EW 方向の地震波、EPP モデルを用いて  $DI_1=0.3\sim 0.4$ ,  $DI_2=0.4$  程度となる。NS 方向については、 $DI_1$ ,  $DI_2$  ともに 0.8 以上となった。また Clough モデルでは、EW, NS 方向ともに大きな損傷指

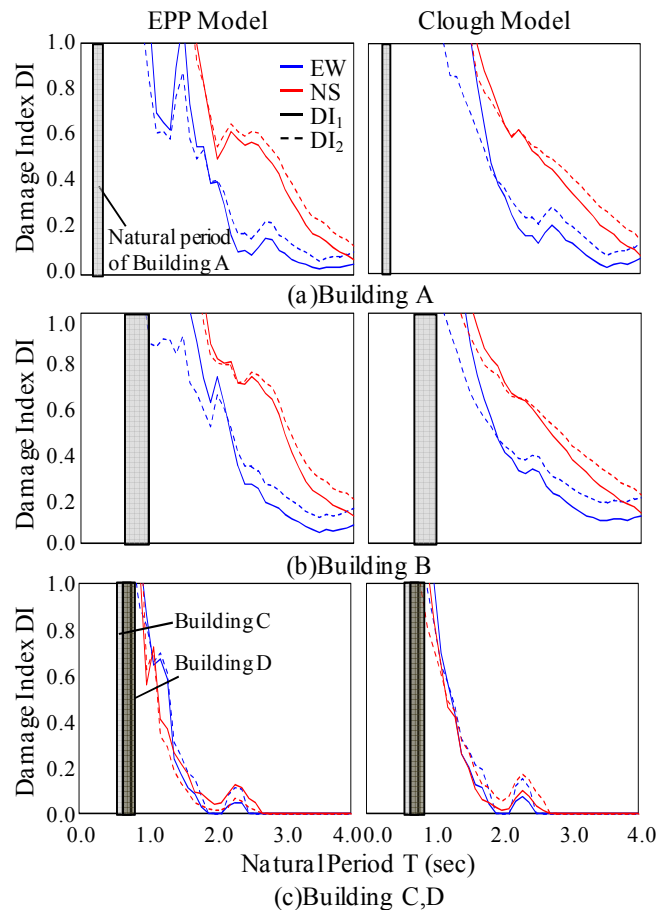


Figure 1 Damage Spectrum (Overstrength Factor=1.0)

標値を示した。

建物 B について、EW 方向、EPP モデルで  $DI_1=0.2\sim 1.0$ ,  $DI_2=0.3\sim 0.7$  程度となる。NS 方向については、 $DI_1$ ,  $DI_2$  ともに 0.8 以上となった。また Clough モデルでは、EW 方向で  $DI_1$  および  $DI_2=0.4\sim 0.8$  となり、NS 方向では DI が 0.7 以上の大きな値を示した。

1 : 日大理工・学部・建築 2 : 日大理工・院・建築 3 : 株式会社 構造ソフト 4 : 日大理工・教員・建築

建物 C, D について, EW 方向, EPP モデルで  $DI_1=0.3\sim 1.3$ ,  $DI_2=0.4\sim 0.9$  程度となる. NS 方向については,  $DI_1=0.3\sim 0.6$  程度,  $DI_2=0.4\sim 0.6$  程度となった. また Clough モデルは, EPP モデルによる損傷指標よりも大きい値を示した.

地震波の方向で損傷指標値が異なるが, 大きい方の値で損傷を受けたと仮定すれば, 解析結果は実際の損傷状況と比べて大きい値である. そのため, 余剰強度 2.0 は安全側の値であると考えられる. 今回は余剰強度 2.0 を用いたが, 精度良く損傷評価を行うためには余剰強度の設定方法の検討が必要である. また, Clough モデルは, 実際の損傷に比べて, 非常に大きな損傷指標値を示した. この要因として, 定数  $\alpha$  の設定方法が考えられる. 本報では, Bertero らが提案する  $\alpha_1=0.27$ ,  $\alpha_2=0.3$  を用いた. しかし, EPP モデルに対してこの値を採用しているため, Clough モデルに対しては, 適応できない可能性がある.

## 2.2 既存不適格建築物と損傷指標 DI

建物 E, F は E-2 を除いて, 旧耐震設計法で建てられた既存不適格建築物である. 既存不適格建築物に対して, 損傷スペクトルを用いた損傷評価手法が適用可能か検討する. Fig 3 に E-1, E-3, E-4 に対する損傷スペクトルを示す. 復元力特性は余剰強度を考慮した EPP モデルである. 建物 E-1, 3, 4 の被災度は小破, 中破, 無損傷である. それに対して損傷指標 DI は E-1, 3 で  $0.2\sim 0.4$ ,  $0.2\sim 0.6$  の値を示した. 実際の損傷状況と対応したものとなった. しかし, E-4 は  $DI=0.4\sim 0.6$  となり, 過大評価する結果となった. また, 層崩壊した建物 F に対して余剰強度を考慮した場合,  $DI=0$  となったため, Fig 4 に余剰強度を考慮していない場合の損傷スペクトルを示す. 損傷スペクトルは周期  $T=0.2, 0.9$  秒程度に山ができる. 建物 F の固有周期は  $0.2$  秒程度となるため, 非常に激しい損傷を被ったと考えられる. 既存不適格建築物に本報で示した損傷評価手法を用いるためには, 建物の降伏強度の設定や余剰強度の検討, せん断破壊型の建物に対しての考察が必要である.

## 3. まとめ

本報では, 損傷スペクトルを用いた損傷評価手法を検証するため, 実際の建物損傷状況と比較した. その結果, 新耐震基準の建物ならば, 適切なパラメータや余剰強度を設定することで実被害状況と良い対応を示す可能性がある. 既存不適格建築物に提案損傷評価手法を用いるためには, 降伏強度の設定方法を検討する必要がある.

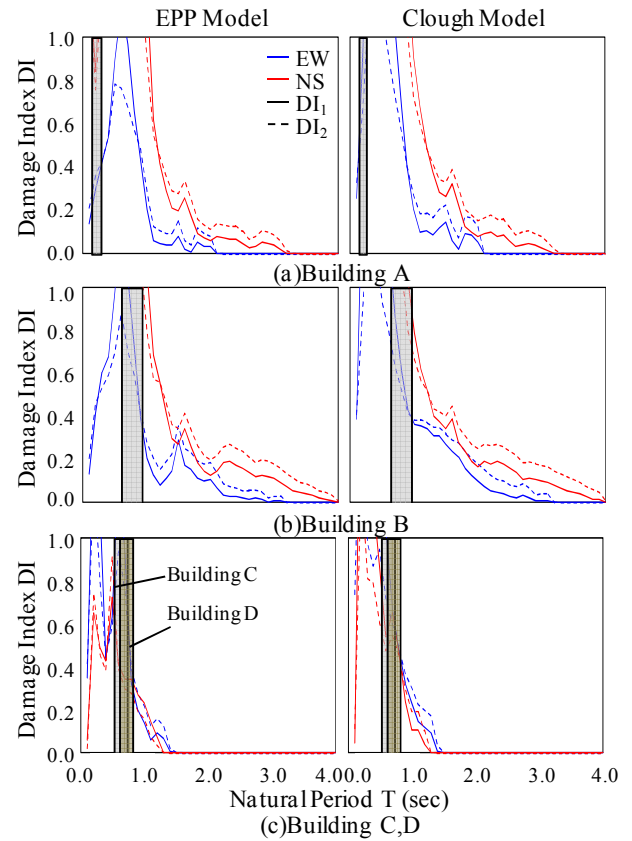


Figure 2 Damage Spectrum (Overstrength Factor=2.0)

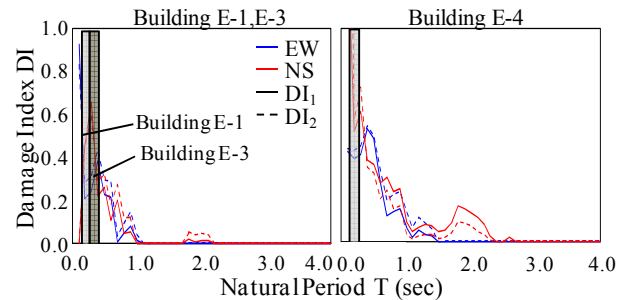


Figure 3 Damage Spectrum of Building E

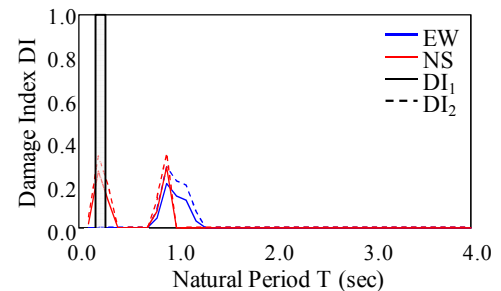


Figure 4 Damage Spectrum of Building F

## 4. 参考文献

- [1] Uang C. M.: Establishing R (or  $R_w$ ) and  $C_d$  factors for building seismic provisions, ASCE, 117(1), pp.19-28, 1991.
- [2] Mitchell D, Paulter P.: Ductility and overstrength in seismic design of reinforced concrete structures, Canadian Journal of Civil Engineering 21, pp.1049-1060, 1994.
- [3] A. S. Elnashai and A. M. Mwafy: Overstrength and force reduction factors of multistory reinforced-concrete buildings, Struct. Design Tall Build, 11, pp.329-351, 2002