連続的に作用する大地震に伴う RC 造建物の損傷過程および残存耐震性能の評価 (その2)地震損傷の変動性に関する考察

Evaluation of Damage Process and Residual Seismic Performance of RC Buildings Caused by Successive Earthquakes (Part 2) Consideration on Variability of Seismic Damage

〇市川大真¹, 蓮池類¹, 田嶋和樹², 長沼一洋²

*Motochika Ichikawa¹, Rui Hasuike¹, Kazuki Tajima², Kazuhiro Naganuma²

Abstract: In Part 2, the importance of the damage evaluation method considering combination of successive seismic waves and changes of the natural period on damaged RC buildings is described. In order to evaluate the variability of seismic damage of RC buildings, the damage spectra considering the variability of coefficient λ are calculated.

1. はじめに

本報(その2)では、前報(その1)において作成し た熊本地震の損傷スペクトルに関する考察を進める。 さらに、熊本地震の被害調査において見られた RC 造 建物の地震被害の変動性について、過去の大地震にお ける被害記録に基づいて検討する。

2. 連続的に作用する地震動と建物被害

前報において,前震と本震で損傷を引き起こす周期 帯が異なることを示した.そこで,考察を進めるため に,連続的に作用する地震動のパターンとして,前震 +前震および本震+本震についても検討する.Fig.1に 作成した損傷スペクトルを示す。作成した損傷スペク トルは新耐震建物についてであり,図中には,併せて 前震+本震の結果も示す.K-NET 熊本の NS 方向

(KMM006NS)においては、前震よりも本震の方が損 傷が大きいが、これは地震動の強さが異なるためであ り、前震+本震の場合より被害が甚大になると予測さ れる.一方、Kik-net 益城の EW 方向(KMMH16EW) においては、前震が連続して発生した場合、損傷が比 較的短周期の建物で顕著となる.一方、本震が連続し た場合、前震よりも長周期側で建物被害が顕著となる. そして、実際の組み合わせである前震+本震の場合、 短周期側から長周期側に至るまで、広範に建物被害が 顕著となる。このように、地震動の組み合わせにより、 建物被害の状況が大きく異なることが確認できる。ま た、例えば固有周期 0.3 秒の建物は、前震後に固有周 期が 0.6 秒に延び、本震の卓越周期に近づいている。

これにより、本震によって損傷が進展することが考 えられるため、連続的に作用する地震動の組み合わせ と地震損傷に伴う建物の固有周期の変化を総合的に考 察し、定量的な評価を試みることが今後の課題である。

3. 地震損傷の変動性

今回作成した損傷スペクトルが示す建物の被害と実

1:日大理工・学部・建築 2:日大理工・教員・建築

際の建物被害が一致せず、損傷状態を過大評価もしく は過小評価してしまう事例が認められた. この原因と して,降伏強度 Fyを算出する際に用いる強度上昇係数 Ω や補正係数 λ の影響が考えられる.特に,熊本地震 では、旧耐震建物に対する損傷状態の過大評価が多く 認められたため、ここでは補正係数 λ に関して検討す る. 前報(その1)で示したように、補正係数λは旧 耐震建物の降伏強度 F_vを算出する際に用いる. 既往の 研究¹⁾では, Table 1 に示す4 つの建物に対する数値解 析の結果,得られたλ値の平均値を採用している.し かし,得られたλ値は3.17~6.5の範囲で変動している。 すなわち、λ 値の設定によって、旧耐震建物の耐力に 約3倍もの違いが生じることを意味している.また, 補正係数 λ を確定値として評価することは困難であり, 建物群に対する損傷評価を想定する上では、補正係数 λの変動性を通じて, RC 造建物に生じる地震被害の変 動性について検討を行う必要がある. なお, 熊本地震



Figure 1. Damage Spectra in Successive Earthquakes

Table.1 Correction Factor of Each Building

	Building Weight(kN)	Yield strength (kN)	λ
Building A	19695	15800	4.01
Building B	39393	25000	3.17
Existing RC School Building	4076	2906	3.56
E-Defense Full-scale Experiment	3536	4597	6.5

における被害データは、現状においてまだ十分に整備 されていないため、今回は東北地方太平洋沖地震²⁾お よび兵庫南部地震³⁾の被害データに基づいて検討する.

Table 2 および Fig.2 に各地震において作成した損傷 スペクトルと地震被害調査結果との対応から評価した 補正係数 λ の分布を示す.いずれの場合も,概ね正規 分布として λ の分布を評価できる.また,兵庫県南部 地震では,λ値が小さいほど被害が甚大となっている. 一方, 東北地方太平洋沖地震では, 損傷度と λ の関係 が希薄である。この要因として、距離減衰の影響が考 えられる. 東北地方太平洋沖地震は海溝型であり、地 震被害が広範に渡るため, 地震観測点と被災建物と の距離が離れている場合がある。地震観測点の記録波 を利用する本手法では、補正係数 λ に実効入力の影響 が包含されるため、地震動の距離減衰の影響は無視で きない.一方,兵庫県南部地震は直下型であり,被害 が局所に集中したため、距離減衰の影響は小さいと考 えられる。この点から考えると、熊本地震では建物被 害が震源となる断層付近に集中していたことから、兵 庫県南部地震のような直下型地震と同等の λ の変動性

ここで、補正係数 λ の変動性を考慮した損傷スペク トルを作成し、同一固有周期における建物の損傷程度 の変動性を確認する. λの正規分布において, 平均値 μ と標準偏差±σを考慮し、Fig.3に示すλの変動性を考 慮した損傷スペクトルを作成した. これより, 地震動 によって, 平均値 μ に基づく損傷スペクトルと μ±σ に基づく損傷スペクトルの関係性に違いが見られる。 そこで、補正係数 λ と損傷指標の関係を建物固有周期 別に整理する(Fig.4)。全体的に、短周期(低層建物) ほど補正係数 λ の増大に伴い損傷指標 DI₂が減少して いる. 今回の検討では, 固有周期 0.2 秒の場合, 補正 係数が建物の損傷に極めて大きな影響を与えているこ とが分かる。この傾向は、地震波の違いに関わらず同 様である.このように、補正係数λの設定は、RC 造建 物に対する地震損傷評価において重要であり、建物群 に対する損傷評価においては、その変動性を適切に考 慮することが重要である.

4. まとめ

を示すことが予測できる.

本報(その 2)では、連続的に作用する地震動の組 み合わせと地震損傷に伴う建物の固有周期の変化を考 慮した損傷評価の重要性を指摘した。さらに、地震損 傷の変動性を考慮するために、補正係数 λ の変動性を 適切に考慮することの重要性を確認した.







5. 参考文献

[1] 西尾淳,今井究,田嶋和樹,白井伸明:損傷スペクトル を用いた耐震性能評価手法の開発と検証-東日本大震災の 被害調査を通じて-,日本地震工学会論文集, Vol.12, No.4, pp.394-413, 2012.9

[2] 日本建築学会:東日本大震災合同調査報告書 建築編 1 鉄筋コンクリート造建築物, 2015.5.

[3] 杉本訓祥,松森泰造,小谷俊介:1995年兵庫県南部地震 による神戸市灘区及び東灘区における鉄筋コンクリート造 共同住宅の被害(その3:調査データ),1996.2.