

損傷スペクトルを用いた RC 建造物の簡易損傷評価

(その 3) 地震応答解析および解析結果の比較検討

Simplified Damage Evaluation Method of RC Buildings by Damage Spectrum

(Part 3) Comparison between Results by Proposed Method and Seismic Response Analysis

○田邊哲也¹, 渡部俊宗¹, 秋山洋輔², 西尾淳², 今井究³, 田嶋和樹⁴, 白井伸明⁴

Tetsuya Tanabe¹, Toshimune Watanabe¹, Yousuke Akiyama², Atsushi Nishio², Kiwamu Imai³, Kazuki Tajima⁴, Nobuaki Shirai⁴

Abstract: In Part 2, the parameters for creating damage spectrum was investigated. Consequently, it was found that damage indices of buildings could be evaluated in consideration of year of construction, type of soil and failure mode. The seismic response analysis of SDOF system was carried out under accelerations recorded by K-NET and KiK-net in Jaapan. The damage indices DI_1 , and DI_2 were evaluated using the results of response analysis. In addition, effect of the parameters to be set on the damage spectrum was investigated. As a result, it was confirmed that effect of the parameters on the damage spectrum is significant.

1. はじめに

前報(その 2)では、損傷スペクトルを作成するために本研究で考慮したパラメータの設定を行った。本報では、実際に K-NET および KiK-net¹⁾で観測された地震波を用いて地震応答解析を実施する。解析結果より、前報(その 2)で設定したパラメータの比較検討を行う。

2. 1 質点系モデルにおける地震応答解析結果

2.1 地震応答解析の概要

前報までに示したように、設計用加速度応答スペクトル、強度低減係数 R 、復元力特性、終局塑性率 μ_{mon} 、地盤種別をパラメータとして、1 自由度 1 質点系モデルによる地震応答解析を行う。減衰は瞬間剛性比例型とし、減衰定数を 5%とした。地震波は過去に発生した大地震の際に K-NET および KiK-net で観測された加速度記録を用いた。Table 1 に使用した地震動および加速度数を示す。なお、本報の検討に用いる地震波は東北地方太平洋沖地震で観測された地震波を使用する。

2.2 異なる設計用加速度応答スペクトルにおける損傷指標 DI

設計用加速度応答スペクトルは、新耐震設計法および限界耐力計算法のスペクトル(前報(その 2)の Fig 1)を使用した。異なる設計用加速度応答スペクトルを用いることにより、建物の降伏強度 F_y が変化する。新耐震設計法の場合、限界耐力計算のスペクトルよりも小さい降伏強度を与える。なお、異なるスペクトルの影響は加速度一定領域で大きい。第一種地盤は周期 1.5 秒、第二種地盤は周期 1.3 秒、第三種地盤は周期 0.8 秒以上においては、降伏強度に大きな違いはなくなる。

Fig 1 に固有周期と限界耐力計算法を用いて算出した DI を新耐震設計法の DI で除した規準化損傷指標 DI_1 および DI_2 の関係を示す。なお、Fig 1 では次の特性を用いている。復元力特性:完全弾塑性、 $\mu_{mon}=10$, $\alpha_1=0.27$, $\alpha_2=0.30$ である。また、C 地盤で観測された地震波を使用した。降伏強度と同様に、加速度一定領域では損傷指標の違いが大きい。長周期では、規準化損傷指標 DI_1 , DI_2 ともに約 0.8 程度となった。

2.3 完全弾塑性モデルと Clough モデル

Fig 2 に完全弾塑性(EPP)モデルと Clough モデルにおける荷重-変形関係を示す。固有周期は 0.3 秒、 $\mu_{mon}=10$ を用いている。Fig 2 より、最大変形は EPP モデルが 2.18cm, Clough モデルが 1.98cm となり、同程度であることがわかる。しかし、規準化履歴エネルギー $E_H/M((\text{cm}/\text{sec})^2)$ は EPP で 1723.2, Clough で 3734.0 であり、約 2 倍もの差が生じている。EPP モデルは標準型、Clough モデルは最大点指向型の復元力特性であるため、履歴エネルギー吸収量に大きな差が生じたと考えられる。その結果、損傷指標 DI_1 および DI_2 はそれぞれ EPP: 0.38, 0.42, Clough: 0.66, 0.55 となった。このように異なる復元力特性は損傷指標 DI に大きな影響を与える。一般に Clough モデルは RC 建造物の履歴モデルである。精度良く建物の応答やエネルギー吸収を評価し、損傷評価を行うためには、Clough モデルや Takeda モデルなどの復元力を用いるべきである。

2.4 単調水平載荷時終局塑性率 μ_{mon}

Fig 3 に固有周期 0.3 秒、Clough モデル、設計用加速度応答スペクトルは限界耐力計算法を用いて損傷指標 DI_2 を算出した結果を示す。(a) $\mu_{mon}=10$, (b) $\mu_{mon}=2$ であ

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

Table 1 Earthquake and Number of Acceleration

Year	Name of Earthquake	M	Number of Accelerations
2000	Western Tottori prefecture earthquake	7.3	26
2003	North Miyagi-Oki Earthquake	7.0	61
2003	North Miyagi Earthquake	6.2	4
2003	Tokachi-Oki Earthquake	8.0	61
2004	Niigata Prefecture Chuetsu Earthquake	6.8	24
2005	Western Fukuoka-Oki Earthquake	7.0	14
2007	Noto Hanto Earthquake	6.6	11
2007	Niigataken Chuetsu-Oki Earthquake	6.8	9
2011	Tohoku-chiho Taiheiyo-Oki Earthquake	9.0	204

る。(b)は(a)と比べて、無損傷(DI=0)と崩壊(DI>1.0)の地点が多い。これは、 $\mu_{mon}=2$ の場合、降伏強度が大きいので弾性応答で留まるか、あるいはエネルギー吸収能力が低いので降伏すると一気に終局を迎えるためである。 $\mu_{mon}=10$ の場合、降伏強度は小さいが、エネルギー吸収能力が高いために、損傷状態が様々である。このことから、終局塑性率 μ_{mon} を変化させることで、曲げ破壊型やせん断破壊型の建物など異なる破壊モードの損傷評価ができる可能性がある。

2.5 異なる地盤種別における損傷指標 DI

地盤種別は大きく分けて、硬質地盤、中間の地盤、軟弱地盤に分類される。Fig 4 に地盤種別毎の損傷スペクトルを示す。復元力は Clough モデル、設計用加速度応答スペクトルは限界耐力計算法を用いた。地盤が軟弱になるにつれて、損傷スペクトルの最大値をとる周期が長くなるのがわかる。硬質地盤では短周期で、軟弱地盤では長周期で共振現象が起こるためである。

3. まとめ

本報では、実際に K-NET および KiK-net で観測された地震波を用いて地震応答解析を実施した。解析パラメータは設計用加速度応答スペクトル、強度低減係数 R、復元力特性、終局塑性率 μ_{mon} 、地盤種別である。解析結果より、損傷指標 DI を算出し、設定したパラメータに対して比較検討を行った。その結果、パラメータの設定によって、損傷スペクトルは大きく異なることが確認できた。そのため、適切なパラメータ設定を行う必要がある。

4. 参考文献

[1] 防災科学研究所:強震ネットワーク K-NET および KiK-net

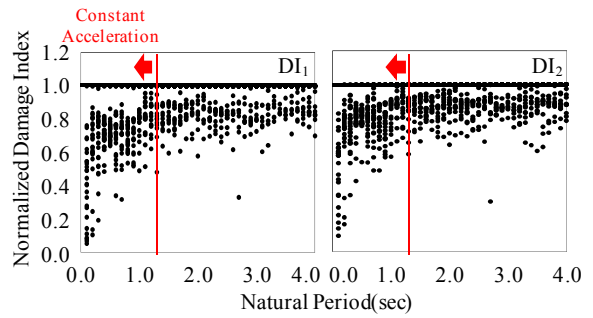


Figure 1 Normalized Damage Spectrum

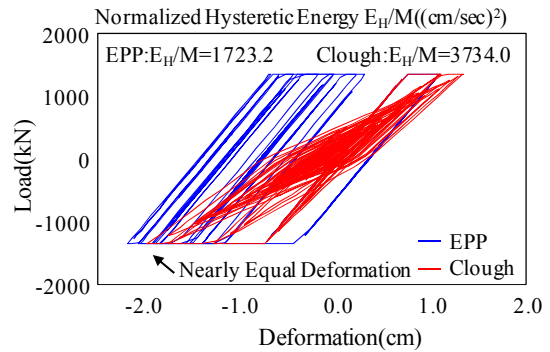


Figure 2 Load-Deformation Relationships

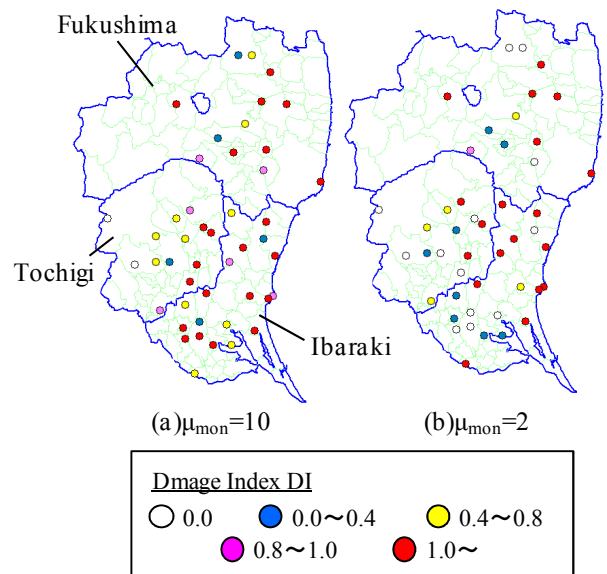


Figure 3 Damage Map

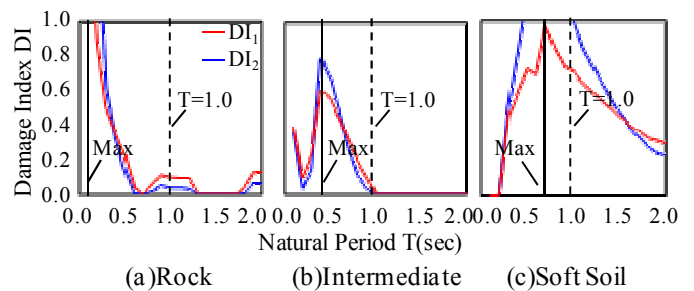


Figure 4 Effect of Ground Classification on Damage Spectrum