

B-61

損傷スペクトルを用いた損傷評価体系の構築に関する解析的研究 (その2) 入力地震動をパラメータとした仮想骨組の地震応答解析

Development of Damage Evaluation System for RC Buildings by Damage Spectrum Method (Part2) Dynamic Analysis on Framed Structure Model with Various Ground Motions

○市川大真¹, 田口千貴², 田嶋和樹³, 長沼一洋³*Motochika Ichikawa¹, Kazuki Taguchi Kazuki Tajima², Kazuhiro Naganuma²

Abstract: In Part 2, dynamic analyses were performed with various ground motion using R/C framed structure model. As a result, damage index value of this model in the case of BCJ-L2 showed a different tendency from other cases of ground motions. It seems that this tendency was caused by the difference in duration time of ground motion. Furthermore, it seems that this difference cause disagreement with damage index value and damage state of R/C building.

1. はじめに

前報(その1)では、1質点解析、ファイバー解析およびFEM解析を実施し、モデル化の違いに関わらず、同様の結果を示すことが確認された。本報(その2)では、損傷指標と解析結果に基づく損傷状態の関係性について詳細に検討する。今回は、主要な複数の入力地震動を用いてパラメトリックに地震応答解析を実施することで、入力地震動の違いが損傷指標の推移に及ぼす影響について考察する。なお、解析には解析精度および解析時間を考慮して、ファイバー解析に基づいて検討を進める。

2. パラメトリック地震応答解析

2.1 解析概要

解析対象は、前報(その1)で構築した仮想2層4×2スパン骨組とする。また、地震応答解析に用いる入力地震動は、基準化の違いも含めて計17波としている。

2.2 解析結果

Table 1に地震応答解析結果から算出された損傷指標 DI_2 および最大応答時の頂部変形角 $R_{max}(\%)$ を示し、また、両者の関係をFig.1に示す。全体的な傾向として、応答が大きくなることで損傷指標が増大することを定性的に確認できる。

ここで、BCJ-L2における解析結果に着目してみると、近似線から大幅に逸れていることが確認できる。この要因として、地震波の継続時間の違いによる影響が考えられる。既往の研究より、直下型地震の傾向を示す継続時間の短い熊本地震と、海溝型地震で継続時間の長い東北地方太平洋沖地震において、算出される損傷指標の内訳(変形項, エネルギー項)の割合に違いがあることを報告している。今回の地震応答解析で用いている入力地震動は、BCJ-L2を除くすべての地震動にお

Table 1 DI_2 and R_{max} from Dynamic Analysis Results

Seismic wave	Normalized	DI_2	$R_{max}(\%)$
BCJ-L2	Original	0.52	1.03
	75 kine	0.91	2.36
ELCENTRO NS	Original	0.15	0.64
	50 kine	0.22	0.92
ELCENTRO EW	50 kine	0.14	0.53
	75 kine	0.32	1.26
	100 kine	0.67	2.50
HACHINOHE NS	Original	0.13	0.54
	50 kine	0.22	0.76
	75 kine	0.38	1.10
JMAKobe NS	Original	0.80	4.16
	50 kine	0.43	1.62
	75 kine	0.76	3.54
JMAKobe EW	Original	0.40	1.40
	50 kine	0.24	0.82

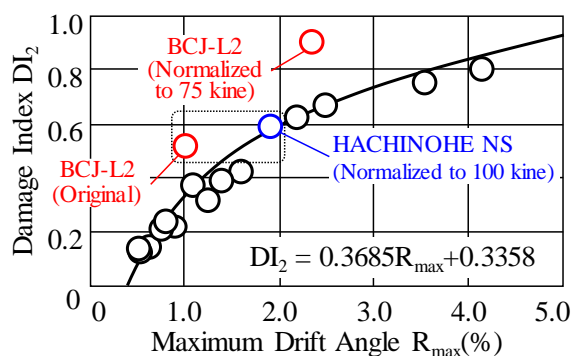


Fig.1 DI_2 - R_{max} Relationships

いて、直下型地震の傾向があり、継続時間が比較的短く、最大加速度付近のみに卓越した入力加速度が確認できる。そのため、エネルギー吸収に伴う損傷の影響は小さく、算出される損傷指標の内訳(変形項, エネルギー項)は変形項の割合が大きいと考えられる。

そこで、算出された損傷指標が概ね同等の値を示し

たBCJ-L2とHACHINOHE NS(100kine基準化)に着目して考察する。Fig.2に各ファイバー解析結果におけるベースシア Q_B —頂部変形角 R 関係を示す。なお、確認として、1質点解析結果も併せて示す。最大応答変位においては、明らかにBCJ-L2よりHACHINOHE NS(100kine基準化)の方が大きいことが確認できるが、履歴ループにおいても大きく違いが表れている。BCJ-L2は、最大応答変位を示す付近で何度も履歴ループを描いている。また、継続時間も他の入力地震波より長いため、履歴エネルギー吸収に伴う損傷が大きいと考えられる。一方、HACHINOHE NS(100kine基準化)の場合、最大応答変位付近の大きなループは1度だけであり、その後は履歴ループが著しく小さくなっていることが確認できる。そのため、BCJ-L2よりも変形に伴う損傷が大きいことが考えられる。

そこで、各解析結果における損傷指標の内訳の割合(Fig.3)を確認すると、履歴ループの影響が損傷指標に影響していることが定量的に理解することができ、HACHINOHE NS(100kine基準化)とBCJ-L2における損傷指標内の変形項の差が2倍程度生じている。また、各地震応答解析結果における損傷指標の推移を内訳(変形項、エネルギー項)ごとに確認する(Fig.4)。BCJ-L2は、序盤からエネルギー項に伴う損傷指標の増大が支配的となっており、変形項の損傷指標の割合は終始小さいことが分かる。一方、HACHINOHE NS(100kine基準化)では、最大加速度を示した18秒付近で損傷指標が急激に大きくなり、その時点では、損傷指標の内訳の割合が変形項とエネルギー項において同等であることが確認できる。その後、ループを繰り返すことでエネルギー項の方が割合としては大きくなるが、BCJ-L2と比較すると、損傷指標の推移は全く異なる傾向を示していることが理解できる。

ここで、各解析結果における損傷状態について比較するため、主筋の降伏状況を確認する(Fig.5)。BCJ-L2は、1階柱脚、2階梁端および一部の2階柱頭の主筋が降伏している。しかし、R階の梁端に降伏が確認されていないことから、崩壊機構は形成されていないことが考えられる。一方、HACHINOHE NS(100kine基準化)は、R階の梁端にも主筋の降伏が確認でき、崩壊機構が形成されていると考えられる。さらに、1階柱脚のコアコンクリートで圧縮軟化域に達している部分があるため、BCJ-L2に比べて損傷が著しいといえる。

以上のことから、損傷スペクトルにおいて算出される損傷指標が同程度の値を示したとしても、損傷状態に必ずしも直結しない可能性がある。

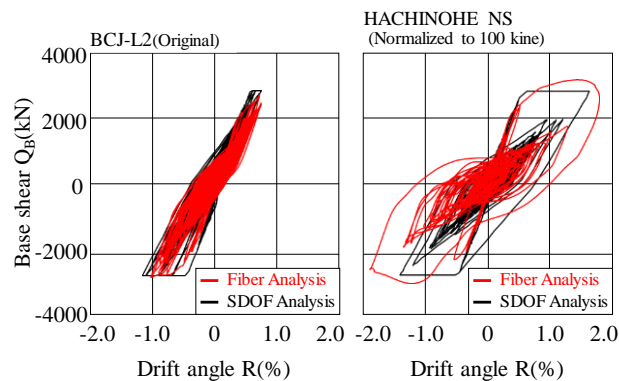


Fig.2 Q-R Relationships

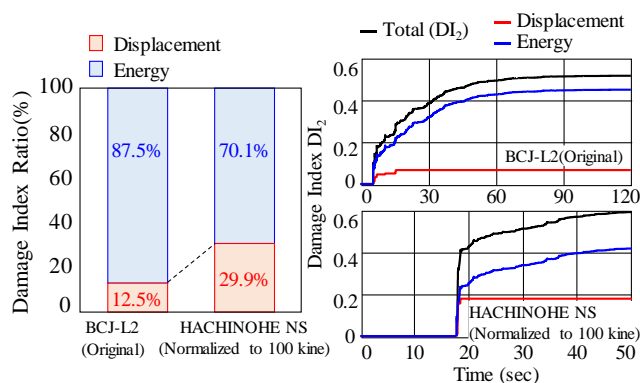


Fig.3 Components of Damage Index

Fig.4 Transition of Damage Index

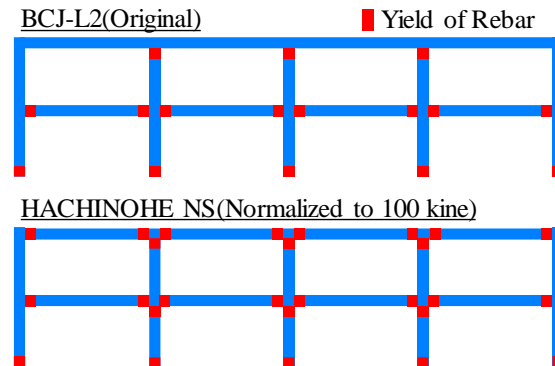


Fig.5 Plastic Hinges of Inner Frame

3. まとめ

入力地震波をパラメータとしてパラメトリックに地震応答解析を実施した結果、入力地震波における継続時間の違いが、算出される損傷指標の内訳の傾向に影響を与えることを確認した。また、同程度の損傷指標値を示した場合でも、損傷状態が異なる可能性がある。今後、これらの点を総括し、損傷カテゴリーの妥当性について詳細に検討する必要がある。

4. 参考文献

[1] 市川大真, 今井究, 田嶋和樹, 長沼一洋: 連続的な地震入力の影響と損傷の変動性を考慮した RC 造建物群の損傷評価, コンクリート工学年次論文集, Vol.39, No.2, pp.685-690, 2017