

損傷スペクトルを用いた RC 造建物に対する損傷評価手法の精度向上に関する研究
(その 1) 崩壊形が異なる骨組モデルの構築

A Study on Accuracy Improvements of Damage Evaluation Method for R/C Buildings by Damage Spectrum
(Part1) Structural Performance of Frame Models with Different Failure Mode

○伊藤綾哉¹, 市川大真², 田嶋和樹³, 長沼一洋³

*Ryoya Ito¹, Motochika Ichikawa², Kazuki Tajima³, Kazuhiro Naganuma³

Abstract: This study aims to establish a damage evaluation method for R/C buildings using damage spectrum. Damage index is defined according to damage category proposed by Park et al. However, the damage category needs further calibration. Therefore, a new damage category is constructed corresponding to damage index through analytical studies. In Part 1, frame models for different failure modes are constructed and structural performance is evaluated.

1. はじめに

国内における既存鉄筋コンクリート(以下, RC)造建物の損傷評価手法は, 耐震診断の考え方に基づいているため, 地震動特性の影響が十分に考慮されていない. そこで, 迅速かつ高精度な損傷評価手法の構築を目指し¹⁾, とりわけ, 損傷スペクトルを用いた損傷評価手法の精度向上に関する検討を進めている.

本検討では, RC 造建物の損傷程度を表す Park らの損傷カテゴリー²⁾に対して, 骨組の崩壊形の違いや入力地震動の影響を考慮した新たな損傷カテゴリーの構築を試みる.

2. 損傷スペクトルの概要および問題点

損傷スペクトルとは, 建物を等価 1 質点系でモデル化し, 弾性 1 次固有周期 T (sec)と損傷指標 DI の関係を表したものである. 損傷指標 DI は Park らの損傷カテゴリー(Fig.1)と対応させることにより具体的な損傷状態を評価する. 筆者らは, 地震動特性の影響を考慮した損傷指標 DI_dを提案している. 以下に DI_d式を示す.

$$DI_d = [(1 - \alpha_2)(\mu - \mu_e) / (\mu_{mon} - 1)] + \alpha_2 [(E_{H,PHC} + E_{H,FHC}) / (E_{Hmon} + E_{H,FHC})]^{1/2} \quad (1)$$

μ : 変位塑性率, μ_e : 降伏時変形に対する最大弾性変形の比, μ_{mon} : 単調水平載荷時の終局塑性率, E_{Hmon} : 単調水平載荷時の履歴エネルギー吸収量, $E_{H,PHC}$: PHC に対応する地震時の履歴エネルギー吸収量, $E_{H,FHC}$: FHC に対応する地震時の履歴エネルギー吸収量, α_2 : 定数であり, 詳細は参考文献[1]を参照されたい.

ここで, 現状採用している損傷カテゴリーの問題点として以下のことが挙げられる. ①Park らの損傷指標 DI_{PA}により設定しているため, 提案損傷指標 DI_dにおける適用性が不明瞭である. ②検討した被災建物は 2 つの入力地震動に対するものであり, 更なるキャリブ

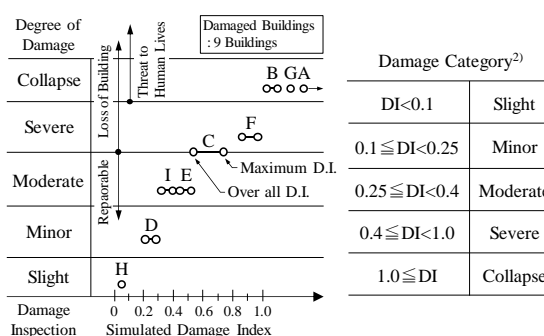


Fig.1 Park's Damage Category²⁾

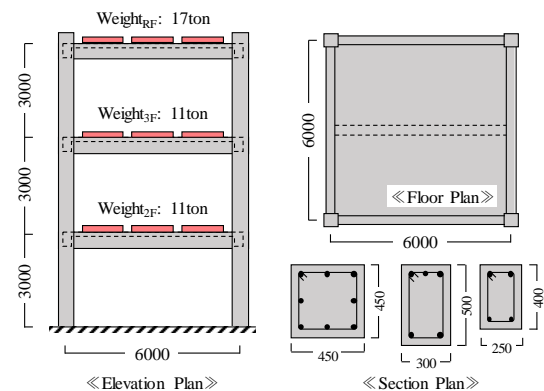


Fig.2 Details of Specimen

レーションの必要性が示唆されている.

このような背景において, 本検討では解析的検討に基づき, 提案損傷指標 DI_dに対応する新たな損傷カテゴリーの提案を試みる. 本報(その 1)では, 検討を進めていくにあたり, 実大 RC 造骨組の振動台実験を対象として, 代表的な RC 造骨組モデルを構築する.

3. 標準 RC 造骨組の構築

3. 1 解析対象試験体の概要

科学技術庁・官民特定共同研究「強震動による RC 構造物の破壊に関する研究」³⁾の実大 3 層 RC 造骨組を対象とした. 試験体は, 地震時に梁曲げ降伏先行の全

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

体崩壊機構を形成し、その後十分な靱性を有するように RC 造建物の終局強度型耐震設計指針・同解説⁴⁾に準拠して設計した。本実験では、強震時における崩壊過程を把握することを目的として、1 方向振動破壊実験が行われた。Fig.2 に解析対象試験体を示す。試験体は付加重量を均等に配置した無偏心モデルである。入力地震波は八戸 EW 成分を拡幅したものが使用された。

3. 2 解析モデルの概要

解析には数値解析コード OpenSees を用いた。解析モデルは既往の研究¹⁾を参考に、柱はファイバー要素、梁は両端塑性ヒンジ長さがファイバー要素で中間が弾性体から構成される要素、基礎および柱梁接合部は剛域、スラブは剛床仮定として、ファイバー部材が強度上昇しないように梁の弾性体は軸方向力が十分小さいものとした。

3. 3 解析結果

Fig.3 に解析結果を示す。履歴性状は若干最大応答を過小評価しているものの、全体的な傾向としては実験結果と概ね良好に対応している。また、柱梁端部の主筋降伏状況においては、主筋降伏順序が若干異なるものの、両者ともに全体崩壊形の崩壊機構を示す結果となった。このことから、解析結果は実験結果を良好にシミュレーションできたといえる。

4. 種々の崩壊形への拡張

本章では、2 章で構築した骨組モデルに対して、RC 構造保有水平耐力計算規準(案)・同解説⁵⁾における構造特性係数 D_s の設定方法に着目し、3 パターンの崩壊形を有する骨組モデルに拡張する。

崩壊形の概要は、Case-1：全体崩壊形、Case-2：部分崩壊形(2 層崩壊)および Case-3：部分崩壊形(1 層崩壊)としている。詳細な部材断面の諸元は Table 1 に示す通りとなっている。

各骨組において、終局塑性率に到達するまで静的単調荷重を実施した結果を Fig.4 に示す。崩壊層の最も多い Case-1：全体崩壊形は、最大耐力が最も小さいものの優れた変形性能を有している。一方、崩壊層の最も少ない Case-3：部分崩壊形(1 層崩壊)は、最大耐力は最も大きいものの変形性能は Case-1 の 1/4 程度と、崩壊形の違いにより異なる構造性能が確認された。

5. まとめ

本報(その 1)では、実大 3 層 RC 造骨組の振動台実験において解析モデルを構築し、2 次設計における構造特性係数 D_s の設定方法に着目して、3 パターンの崩壊形に拡張した。その結果、崩壊形の違いによる各骨組の異なる構造性能を把握した。

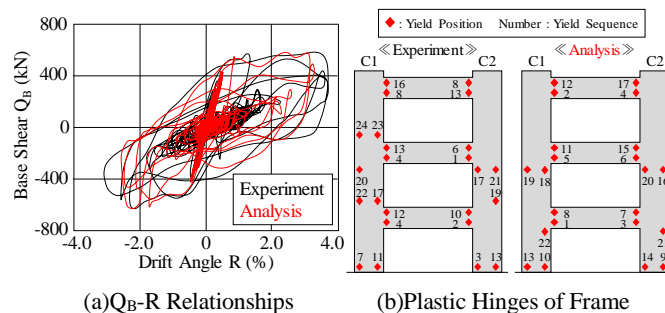


Fig.3 Analysis Results

Table 1 Details of Members

Collapse Pattern	Column (1F~3F)	Beam			Wall (2F,3F)
		2F	3F	RF	
Case-1	450×450	300×500 top:2-D22+1-D19 under:2-D22		250×400 top:2-D22 under:2-D16	—
Case-2	Longitudinal bar : 8-D22 hoop:2-D10 @100	300×500 top:3-D22 , under:3-D22			—
Case-3		※ Same as Case-1 All stirrup : 2-D10@200			t = 150 wall bar: 2-D10@300

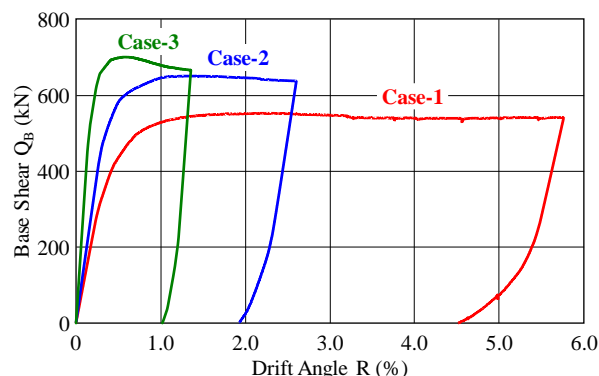


Fig.4 Q_B -R Relationships

次報(その 2)では、構築した骨組モデルに対して入力地震動をパラメータとした地震応答解析を実施し、その結果から新たな損傷カテゴリーの構築を試みる。

【参考文献】

[1] 市川大真, 田嶋和樹, 長沼一洋: 繰り返し載荷履歴の影響を考慮した RC 造建物の地震損傷評価, コンクリート工学年次論文集, Vol.40, No.2, pp.763-768, 2018
 [2] Park, Y. J., Ang, A.H. S.: Seismic Damage Analysis of Reinforced Concrete Buildings, Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol.111, No.4, April, 1985.
 [3] 小野口雅美ほか: 実大 3 層鉄筋コンクリート造骨組の振動台実験 (その 1~4), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp707-714, 1995.8
 [4] 日本建築学会: 鉄筋コンクリート造建物の終局強度型耐震設計指針・同解説, 1990.11
 [5] 日本建築学会: 鉄筋コンクリート構造保有水平耐力計算規準(案)・同解説, 2016.4