

RC 造柱梁接合部の損傷および残存耐震性能評価
(その1) 実験概要および実験結果

Residual Seismic Capacity and Damage Evaluation of RC Beam-Column Joint
(Part 1) Test program and results

○伊東大地¹, 伊藤唯¹, 河井慎太郎¹, 西尾淳¹, 尾崎英介², 白井伸明³, 田嶋和樹³
Daichi Ito¹, Yui Ito¹, Shintaro Kawai¹, Atsushi Nishio¹, Eisuke Ozaki², *Nobuaki Shirai³, Kazuki Tajima³

Abstract: Static cyclic loading tests on two different types of cruciform RC beam-column joint specimens were conducted; one is the specimen without eccentricity between the center line of beams and columns, and the other is one with eccentricity. The procedure was established for estimating shear deformation in the joint panel from damage measures such as measured crack widths and also for evaluating residual seismic capacity of the joint panel. In part 1, the test results are described and the shear response in the panel is investigated.

1. はじめに

兵庫県南部地震では、偏心した鉄筋コンクリート造(以下、RC造)柱梁接合部に顕著な被害を生じた建物が多く見られた。しかし、柱梁接合部における定量的な損傷評価手法は確立されていない。

本研究では、偏心の有無をパラメータとした2体の十字型RC造柱梁接合部の静的正負交番繰返し载荷実験を実施し、そこで得られたひび割れ幅等の損傷から接合部せん断変形を推定するモデルを確立し、RC造柱梁接合部の残存耐震性能評価手法の構築を目指す。

本報(その1)では、実験概要、実験結果および接合部せん断力の評価法について検討する。

2. 実験概要

2.1 試験体概要

Fig-1 に試験体概要、Table-1 にコンクリートおよび鉄筋の材料試験結果を示す。本実験では、偏心接合部の損傷過程を把握するため、無偏心試験体と偏心試験体(偏心距離=42mm)を作製した。なお、試験体はせん断破壊を起こすよう、せん断余裕度が0.74(無偏心試験体)、0.69(偏心試験体)となるように設計した。せん断余裕度は、接合部せん断強度は靱性保証型設計指針¹⁾、梁曲げ強度はRC規準²⁾より求めて算出した。

2.2 载荷装置および実験方法

試験体は、左右の梁先端にローラー支承を設け、柱頭反曲点をローラー支持、柱脚反曲点をピン支持とした。柱頭部にピン支承を介し、定軸力N(270kN)を作用させ、梁载荷点変位から求めた層間変形角の値を基準変位とし、正負交番繰返し荷重を梁端に加えた。なお、梁载荷点変位は柱反力点位置においてローラー支持した十字型変位計ホルダーに対する相対変位とした。荷重は柱軸力、柱頭・柱脚部の水平反力および梁载荷点

荷重を測定した。Fig-2 に加力スケジュールおよび画像取得タイミングを示す。定点カメラを用い、変形前、各サイクルのピーク点と除荷点および、その間3点で画像を取得し、ピーク点と除荷点では、スキャナおよびひび割れ用カメラで画像取得を行った。また、柱・梁主筋、接合部せん断補筋筋筋でひずみ度を測定した。

3. 実験結果

3.1 層せん断力-層間変形角関係

Fig-3 に層せん断力(Q)-層間変形角(R)関係および鉄筋降伏状況を示す。層せん断力、層間変形はそれぞれ梁せん断力、梁端変位に柱高さと梁スパンの比

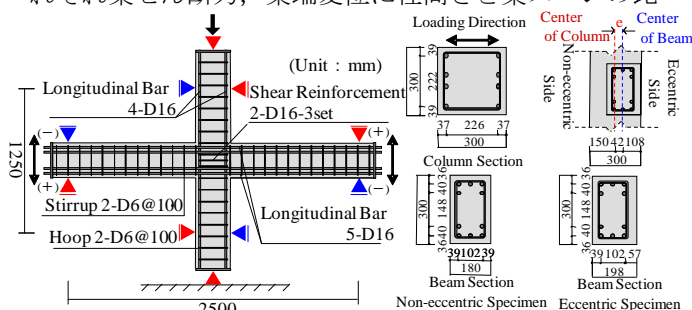


Figure-1 Geometry of Specimen

Table-1 Material Properties

Concrete		Reinforcement (upper:D16, lower:D6)	
Compressive Strength $\sigma_B(N/mm^2)$	Young's Modulus $E_c(N/mm^2)$	Yielding Strength $\sigma_y(N/mm^2)$	Young's Modulus $E_s(N/mm^2)$
32.8	2.46×10^4	410	2.04×10^5
		338	2.11×10^5

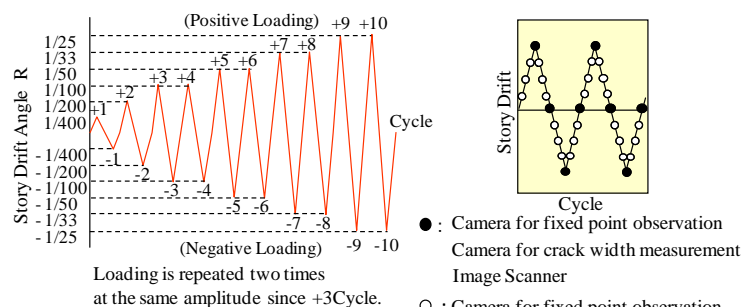


Figure-2 Loading Schedule and Timing of Image Acquisition

1 : 日大理工・院・建築 2 : 鹿島建設株式会社 3 : 日大理工・教員・建築

を乗じて算出した。最大耐力は、無偏心試験体では、正側 147kN (R=2%)，負側-139kN (R=2%)，偏心試験体では、正側 139kN (R=3%)，負側-138kN (R=2%) であった。Fig-4 に接合部パネル部分の最終破壊状況を示す。最大耐力到達以降、無偏心試験体では正負ともに主要な接合部せん断ひび割れが拡幅し、偏心試験体では、偏心面で接合部パネル部分のかぶりコンクリートが剥落し、非偏心面ではひび割れの拡幅も小さく、偏心面に比べて損傷は少なかった。

3. 2 接合部せん断力-接合部せん断変形角関係

実験結果に基づいた接合部せん断力の推定法は複数提案されている。その評価法の妥当性を確認するため、FEM 解析を用いて検討を行う。材料構成則等の解析手法の詳細は文献3)の標準モデルを参照されたい。

接合部せん断力 V_j の評価には、以下に示す (1) 従来法および (2) Hanson らの提案式を用いた。

$$V_j = M / j + M' / j' - V_c \quad (1)$$

$$V_j = \sum a_i \sigma_s + \sum a_i' \sigma_s' - V_c \quad (2)$$

ここで、 M 、 M' ：左右梁端モーメント、 j 、 j' ：梁危険断面での応力中心間距離 (7/8d)、 V_c ：層せん断力、 a_i 、 a_i' ：梁上端および下端主筋の断面積、 σ_s 、 σ_s' ：梁主筋引張応力度である。なお、梁主筋引張応力度は危険断面のひずみゲージの値を Ciampi モデル⁵⁾によって応力変換し求めた。また、FEM 解析結果の V_j は、出力したせん断応力度を平均して接合部せん断応力度を算出した後、接合部有効断面積を乗じて求めた。

一方、接合部せん断変形角 γ は、Fig-5 に示したせん断変形算出モデルを利用し、試験体表面にプロットした計測点に基づいて、変形前後の計測区間における対角線の相対変位を画像計測より求めて算出した。FEM 解析における接合部せん断変形角も実験と同様の方法で算出した。Fig-6 に $V_j - \gamma$ 関係を示す。本研究では、FEM 解析結果との対応から、(2)式を接合部せん断力 V_j の評価式として妥当と判断した。

4. まとめ

- (1) 偏心の有無に関わらず、試験体の履歴性状はほぼ同等であった。
- (2) 接合部の損傷状況は、無偏心試験体ではせん断ひび割れが顕著であったのに比べて、偏心試験体では偏心面のかぶりコンクリートの剥落が激しかった。
- (3) 無偏心試験体、偏心試験体とも鉄筋の引張力をひずみから直接算出する Hanson らの提案式が接合部せん断力を評価する式として妥当であった。

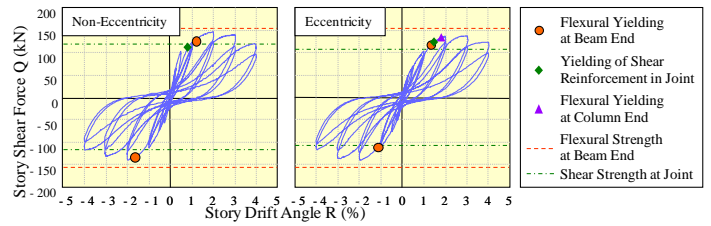


Figure-3 Story Shear Force (Q) - Story Drift Angle (R) Relationship

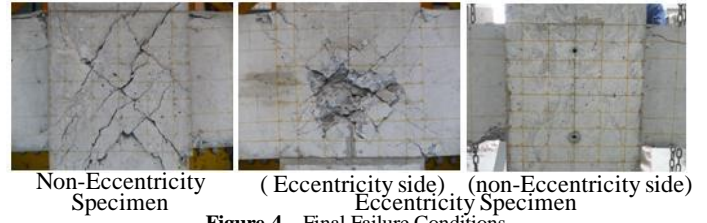


Figure-4 Final Failure Conditions

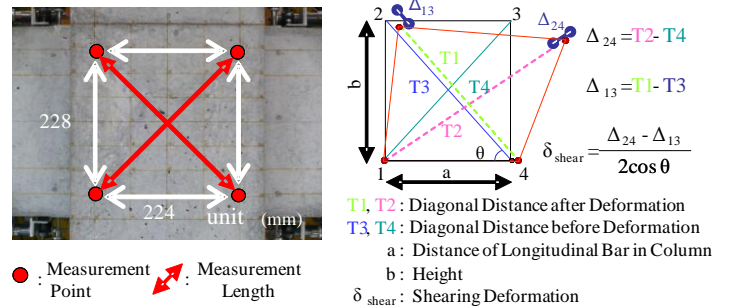


Figure-5 Geometrical Model for Calculation of Shear Deformation

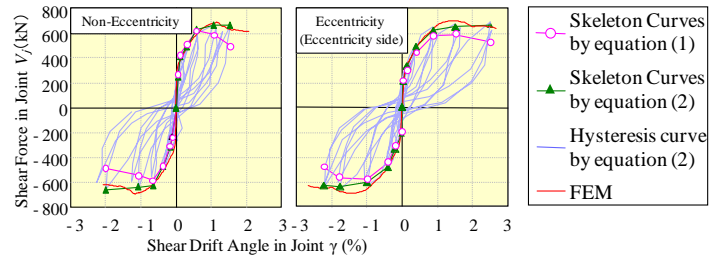


Figure-6 Shear force in joint(V_j)-Shear drift angle(γ) relationship

【謝辞】本研究は科学研究費補助金(基盤研究(C)、代表者:白井伸明)の助成を受けて行われたものである。

5. 参考文献

- [1] 日本建築学会:鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針・同解説, 2003
- [2] 日本建築学会:鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説, 1999
- [3] 橋本浩, 田嶋和樹, 白井伸明:3次元 FEM による RC 造柱梁接合部に関する解析モデル確立へのアプローチ (その 1, その 2, その 3), 日本建築学会学術講演梗概集, 2007
- [4] 楠原文雄, 塩原等:接合部破壊が先行する RC 柱はり接合部の接合部せん断力と接合部破壊の因果関係, コンクリート工学年次論文集, Vol.19, No.2, 1997
- [5] Ciampi, V., Eligehausen, R.,Bertero, V.V. and Popov, E.p.: Analytical Model for Concrete Anchorages of Reinforcing Bars under Generalized Excitation. Report No.UCB/EERC-82/83, University of California, Berkeley, 1982