B-57

多数回繰返し載荷を受ける柱梁曲げ強度比が小さい RC 造十字形接合部の部材性能に関する研究
（その 1　実験概要）

Study on Structural Performance of RC Interior Beam-Column Joints in Column-to-Beam Bending Strength Low Ratio under Multi Cyclic Loading
（Part 1. Outline of Test）

○横澤　輝[1], 齋藤　純毅[1], 山中　邦元[2], 北嶋　圭二[3], 中西　三和[3], 安達　洋[4]
* Hikaru Yokosawa[1], Junki Saito[1], Kunimoto Yamanaka[2],Keiji Kitajima[3], Mitsukazu Nakanishi[3], Hiromi Adachi[4]

The purpose of this study is to investigate the response and performance of beam-column Joints in RC high-rise buildings under a long-period earthquake. The static and dynamic tests RC beam-column Joints are performed in this study. In this paper, the outline of test is presented.

1. はじめに

近年，2003 年の十勝沖地震で観測された長周期地震動により，震源から約 200km 離れた大型石油タンクで大火災が生じた．これを契機に，長周期地震動による被害が注目されるようになった．今後高い確率で発生が危惧されている南海トラフを震源とする巨大地震では，三大都市圏の超高層建物の応答値が現行設計クライテリアの層間変形角 1/100 を超える可能性が指摘されている [1)2)]．しかし，長周期地震動を模擬した多数回繰返し載荷による実験例は少ない上，動的載荷実験例はほとんど無い．

このような背景から，既報 [3)]では，超高層建物を試設計し，その建物（以下，プロトタイプ）を模した梁と柱の節点位置の曲げ終局強度の比（以下，柱梁曲げ強度比）が大きい十字形柱梁接合部を対象に，長周期地震動の挙動を再現した多数回繰返し載荷実験を行い，実験結果を報告した．一方，塩原は，柱梁曲げ強度比が小さい接合部は，現行の設計指針 [4)]における接合部のせん断強度を確保し，梁曲げ降伏が先行する破壊を期待する接合部であっても，接合部内にヒンジが形成され，接合部曲げ破壊となる可能性を指摘している [5)]．

そこで, 本報では, 引き続き多数回繰返し載荷の影響, 静的および動的載荷の比較に加えて，新たに柱梁曲げ強度比の小さな試験体を対象に，載荷方向の異なる 2 シリーズの実験を行った．

2. 実験概要

2.1　試験体概要

Table 1 に試験体一覧を, Table 2 に材料特性一覧を, Fig.1 に試験体概要図を示す．C シリーズ，D シリーズ共に試験体は約 1/4 スケールの十字形柱梁接合部とし, 同一試験体を 4 体製作し, 載荷方法による違いを確認する．なお, 試験体名の末尾 S が静的載荷試験体，D が動的載荷試験体である．Table 1 中の接合部せん断余裕度，接合部付着余裕度，柱梁曲げ強度比は材料試験結果を用いて算出した値である．また，せん断余裕度は接合部せん断強度に

Table 1 Details of Specimens

試験体名		C03_S	C03_D	D03_S	D03_D
載荷方法		漸増載荷		多数回繰返し載荷	
		静的	動的	静的	動的
コンクリート強度[N/mm²]		40.7		45.5	
梁	主筋	13-D13 (SD390)			
	せん断補強筋	3-S6(KSS785) @35			
柱	主筋	12-D10 (SD345)			
	せん断補強筋	4-S6(KSS785) @30			
接合部	せん断補強筋	5×2-S6			
	せん断余裕度	1.02		1.11	
	付着余裕度	1.08		1.16	
柱梁曲げ強度比		1.19		1.28	
強度低下率βj		1.20		1.27	
軸力比		0.2			

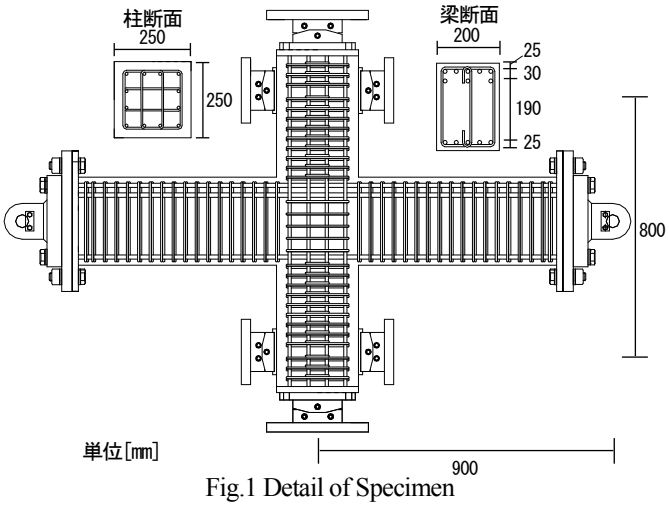

Fig.1 Detail of Specimen

1：日大理工・院(前)・海建　2：日本 ERI 株式会社.　3：日大理工・教員・海建　4：日大・名誉教授

対する梁主筋降伏時の接合部せん断力[4]の比, 付着余裕度は[5] 梁通し主筋が接合部両端で引張および圧縮の降伏強度に達した時に生じる付着応力に対する付着強度の比, 柱梁曲げ強度比は柱と梁の危険断面が曲げ終局強度に至るときの節点位置の梁と柱の曲げモーメントの比，強度低下率 βj は塩原による柱梁接合部降伏時の節点モーメントの強度低下率[6]である．曲げ終局強度は，コンクリートは e 関数，鉄筋はバイリニアでモデル化した応力-ひずみ関係と平面保持の仮定に基づいて断面解析し，断面の圧縮縁のコンクリートのひずみが 0.35%に達した時と定義した．

2.2　載荷概要

Fig.2 に載荷装置概要を示す．実験は，日本大学理工学部大型構造物試験センター内テストフロアに設置されている通称建研式載荷装置を用いて行った．試験体は柱頭，柱脚をピン支持，左右の梁端部をローラー支持とし，地震時に生じる接合部の応力状態を再現した．L 字ビームを介して柱頭の変位制御で正負交番繰返し載荷を行った．水平力は反力壁に取り付けたアクチュエーター(動的載荷)もしくは油圧ジャッキで(静的載荷)載荷した．L 字ビームはパンタグラフ機構により水平に維持されている．軸力は軸力用油圧ジャッキにより定軸力とした．油圧ジャッキ上部にスライド支承を設けることで試験体の水平変位に追随し，常に柱頭図心に定軸力が作用するよう荷重制御した．試験体に作用する荷重は，水平方向のアクチュエータおよび軸力用油圧ジャッキに組み込まれたロードセルにより計測し，梁せん断力は，梁端部に取り付けたロードセルにより計測した．接合部パネルゾーンでは，4 隅付近の標点間の対角変位を測定した．鉄筋の歪は主に接合部周辺の梁主筋上端一段筋，梁主筋上端二段筋，梁主筋下端筋，柱主筋及びせん断補強筋に歪ゲージを貼付し計測した．

Table 2 Material Properties of Concrete and Reinforcements

コンクリート	圧縮強度	圧縮時ひずみ	ヤング係数	割裂強度
	N/mm^2	μ	×10^{4}N/mm^2	N/mm^2
C03_S,D	40.7	1732	3.07	3.1
D03_S,D	45.5	2280	3.26	2.9
鉄筋	降伏強度	降伏ひずみ	引張強度	ヤング係数
	N/mm^2	μ	N/mm^2	×10^{5}N/mm^2
D10(SD345)	385.6	2366	548.1	1.81
D13(SD490)	446.1	2388	613.6	1.94
S6(KSS785)	877.2*	4753	1103.2	1.83

*降伏点は 0.2%オフセットとする

Table 3 Summary of Loading Schedule

目標層間変形角 [rad]	1/200まで	1/100	1/75	1/50以降
繰返し回数	10回			
プロトタイプ周期 [sec]	固有周期	層間変形角 1/100相当の 等価周期	層間変形角 1/75相当の 等価周期	層間変形角 1/75時の 最大速度一定
	2.11	3.3	3.89	
動的載荷時周期 [sec]	1.05	1.65	1.95	2.92

3．加力スケジュール

Table 3 に加力スケジュール概要，Fig.3 に加力スケジュールを示す．長周期地震動の特性を模擬するため，同一変形角を 10 回繰返した. C03 シリーズは層間変形角(以下 R と称す)1/500[rad]，1/200，1/100，1/75，1/50，1/30，1/20 の漸増載荷を行った後，R=1/10 で押し切りを行い実験終了とした。D03 シリーズでは，一定振幅での多数回繰返しの影響を検証するため，C03 シリーズが最大耐力を経験した変形角近傍(R=1/50)まで同様に載荷し, その後損傷限界レベルの R=1/200 と R=1/50 を 1 セットとし, 15 セット繰返す多数回繰返し載荷とした．また，動的載荷時における加振周期 T_D はプロトタイプの時刻歴応答解析結果[3]を参考に相似則($T_D=T_P/\sqrt{4}$)を適応させたものとした．

4. まとめ

本報では実験概要について報告した．次報では実験結果について報告する．

参考文献
1)大川　出：東日本大震災の最終報告を踏まえて③長周期地震動の評価について，独立研究法人建築研究所，2102.6
2)南海トラフの巨大地震モデル検討会他：南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動に関する報告，2015.12
3)佐々木　成紀ほか：長周期地震動を受ける超高層 RC 造建物の柱梁接合部の性能に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.36，No.2，pp.241-246，2014
4)日本建築学会：鉄筋コンクリート造建物の靭性保証型耐震設計指針・同解説，1999
5)塩原　等：鉄筋コンクリート柱梁接合部：見逃された破壊機構，日本建築学会構造系論文集，No.631，pp.1641-1648，2008.9
6)塩原　等：鉄筋コンクリート柱梁接合部における接合部降伏の終局強度の実用的算定法，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.389-390，2014.9

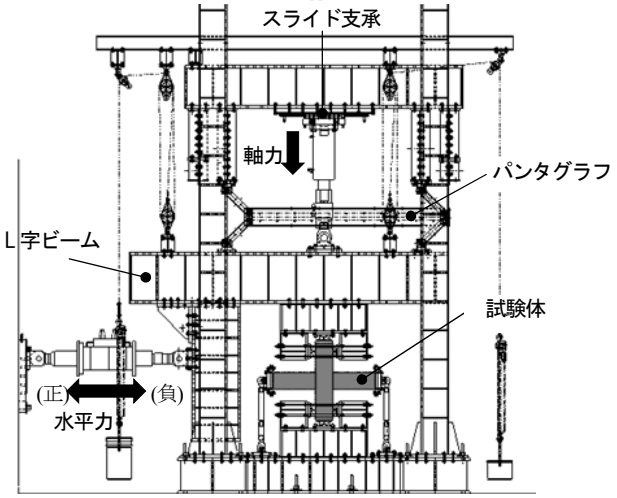

Fig.2 Outline of Loading Device

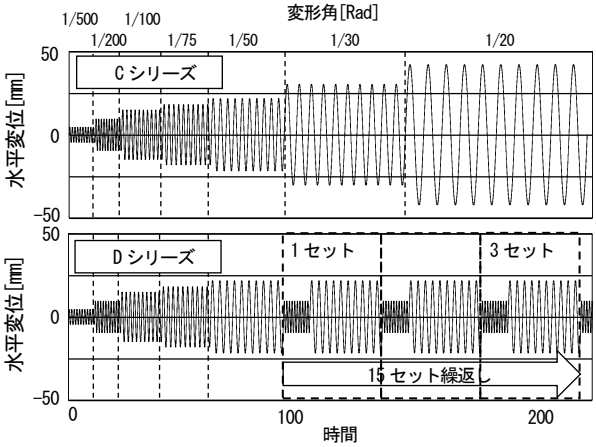

Fig.3 Loading Schodule