

降伏破壊する鉄筋コンクリート造外周柱梁接合部の構造性能評価に関する研究

その3：軸崩壊に至る挙動の考察

鉄筋コンクリート 外周柱梁接合部 三方向加力  
接合部降伏破壊 軸崩壊 柱主筋座屈

正会員 ○藤村咲良\*1 同 北山和宏\*2  
同 晉沂雄\*3

1. はじめに

昨年のその2<sup>1)</sup>に引き続き本報では、3本の梁を有するRC外周柱梁部分架構(S1:基準試験体, S2:柱主筋径小さい, S3:接合部横補強筋を密に配置の3体)に三方向載荷する実験結果に基づき、柱梁接合部の鉛直方向の軸力を保持できなくなる現象(軸崩壊)について、柱主筋の座屈状況を踏まえて考察した。

2. 柱梁接合部の降伏破壊と軸崩壊

本実験では  $R=1.5\%$  の二方向加力時(南西載荷地点B(試験体平面上の載荷経路を図1に示す))に接合部降伏破壊が生じた。その後、接合部のかぶりコンクリートが圧壊し、南面柱主筋が露出した。 $R=4\%$  ではコアコンクリートの損傷が進展し、試験体S1及びS2では、南面柱中段筋C2(図2)中央部の座屈を目視で確認した。終了時まで全試験体で柱主筋の座屈が進展し、接合部コアコンクリートが圧壊した。このとき、目視による接合部損傷は接合部横補強筋を密に配置した試験体S3で最も軽微であり、柱主筋径の小さいS2で最も激しかった。

本実験では安全確保の為、完全な軸崩壊に至るまで加力できなかった。しかし接合部コアコンクリートの圧壊、柱主筋の局部座屈及び接合部横補強筋の135度フックの余長部の開きや抜け出しの全ての事象が発生することを軸崩壊直前の状態と判断し、以降、これを軸崩壊と呼ぶ。実験終了時(写真1)の試験体S1及びS2では、目視による柱主筋の局部座屈、接合部横補強筋135度フックの余長部の開きや抜け出しが確認された。S3ではそれらが確認できなかった。即ち、試験体S1及びS2では柱梁接合部の軸崩壊が発生し、接合部横補強筋を密に配置したS3では軸崩壊には至らなかった。

3. 柱梁接合部内の柱主筋の座屈判定

柱主筋の同一箇所を表裏に貼付したひずみゲージ(図2)の測定値をもとに、柱主筋の座屈発生について考察する。図3にひずみ推移の代表例(試験体S1のC3下(図2及び図4を参照))を示す。図3の縦軸はひずみゲージの測定値(引張を正)を示し、横軸の柱頭累積変位は柱頭の層間変位を載荷方向と無関係に累加した。水平の一点鎖線は降伏ひずみを、鉛直の黒線は各層間変形角  $R$  の境界を示す。柱主筋の表裏に貼付したひずみゲージの測定値の差が1%以上となる点かつ表裏2枚のゲージの一方で圧縮ひずみの急激な増加、他方で圧縮ひずみの減少または引張ひずみの増加を示す点を座屈発生点

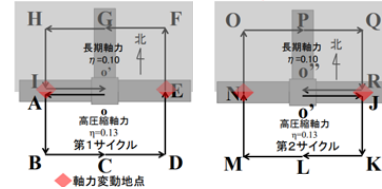


図1 載荷経路

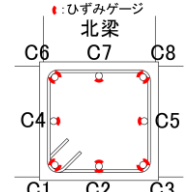


図2 柱断面図



柱主筋 : 8-D16 8-D13 8-D16  
横補強筋 : 2-D6,3組 2-D6,3組 2-D4,6組  
(a)試験体S1 (b)試験体S2 (c)試験体S3

写真1 最終破壊状況(南面)

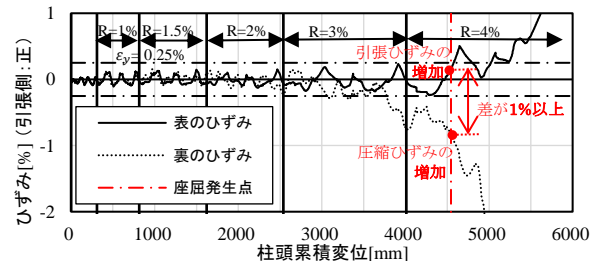


図3 南面柱主筋のひずみ推移(代表例:S1)

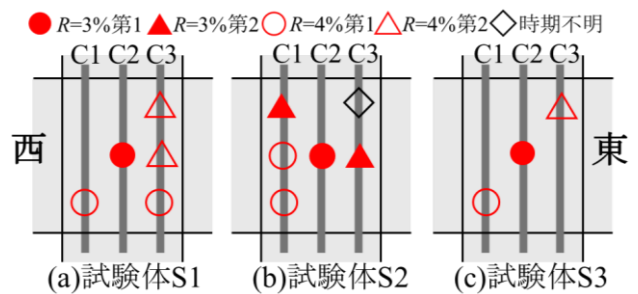


図4 座屈判定の結果

(縦の赤い一点鎖線)とした。その点の多くにおいて、該当するゲージ付近でかぶりコンクリートの損傷が観察できたことからこの座屈判定法は妥当と考える。

梁が付かない柱南面の3本の主筋(図2のC1, C2及びC3)の座屈発生位置(上中下)及び時期を上記手法で判定して図4に示す。全試験体で  $R=3\%$  第1サイクル

(赤●)時に南面柱中段筋 C2 中央部で座屈が発生した。 $R=3\%$ 第 2 サイクル(赤▲)では柱主筋径が小さい試験体 S2 のみ南西地点への荷重途中に南西隅主筋 C1 上部で座屈し、他試験体よりも接合部損傷が先行した。 $R=4\%$ (赤○及び△)では全試験体で南西隅主筋 C1 及び南東隅主筋 C3 にも座屈が進展した。実験終了時までに座屈が発生及び進展した箇所数は試験体 S1 で 5 個、S2 で 6 個(目視で座屈が確認できた箇所を含む)、S3 で 3 個となった。横補強筋を密に配置した S3 の座屈の箇所数は他試験体に比べて少なく、目視による結果と一致した。

#### 4. 下柱に対する上柱の相対回転角

下柱に対する上柱の回転角(以降、相対回転角)を考察する。相対回転角は柱頭及び柱脚の鋼板に設置した傾斜計の測定値の差により、東西及び南北の各方向について算出した。図 5 は正立した柱頭位置を原点とする平面座標上に相対回転角が描く軌跡である。同図の赤いひし形は 3 章で座屈発生と判断された点、×は実験終了時までの主要な点、ローマ数字は時系列を示す。

相対回転角の軌跡は全試験体で南方向に推移し、南面柱中段筋 C2 が座屈(図 5(a)~(c)の I)した  $R=3\%$ 終了時(II)の南側相対回転角は試験体 S1 で 0.4%、S2 で 1.1%、S3 で 0.8%となった。 $R=4\%$ 第 1 サイクルでは、座屈が複数発生した試験体 S2 の南側相対回転角の増加が顕著であった。第 2 サイクルでは座屈の発生及び進展に伴い、実験終了時の南側相対回転角は S1 で 3.6%(図 5(a)の VI)、S2 で 6.8%(b-V)、S3 で 1.6%(c-VI)となった。試験体 S1 及び S2 は実験終了にかけて相対回転角が原点方向へ戻ることなく梁のない南側へ増加し続けたことが、軸崩壊を促進したと考える。

以上より柱梁接合部の軸崩壊までに、柱主筋の座屈が発生し、接合部コアコンクリートが負担する圧縮軸力が増加することで、接合部コア部分に激しい損傷が発生した。この一連の挙動は試験体 S2 で先行したことより、柱主筋径を小さくすることが柱主筋の座屈を促進し軸崩壊の発生を早めたと考える。試験体 S3 では軸崩壊に至らなかったことから、同程度の補強筋比でも接合部横補強筋の密な配置が柱梁接合部の軸崩壊の防止に寄与した。

#### 5. まとめ

3 本の梁が取り付く外周柱梁部分架構に変動軸力と二方向水平力を載荷する実験を行って以下の知見を得た。

- (1)柱梁接合部の軸崩壊までに、柱主筋の座屈を伴い接合部コア部分に激しい損傷が発生した。
- (2)接合部横補強筋として 2-D6 を 3 組配筋した柱梁接合部では軸崩壊が発生した。一方、2-D4 を 6 組配筋した柱梁接合部では柱主筋の座屈は生じたがその軸崩壊には至らなかった。同程度の補強筋比でも接合部横補強筋を密に配置することが軸崩壊の防止に寄与した。
- (3)柱主筋径を D13 から D16 へ大きくすることで柱主筋の座屈が抑制されて柱梁接合部の損傷を軽減し、その軸崩壊発生を遅らせることができた。

#### 謝辞

本研究は JSPS 科学研究費補助金・基盤研究 C(研究課題番号: 21K04338)により行った。鉄筋の提供を受けた東京鐵鋼(株)、実験を実施した井上諒氏(都立大)及び村野竜也氏(明大)に感謝する。

#### 参考文献

- 1)村野竜也, 晉沂雄, 北山和宏ら: 降伏破壊する鉄筋コンクリート造側柱梁接合部の構造性能評価に関する研究その 2, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造IV, pp365-366, 2023.9

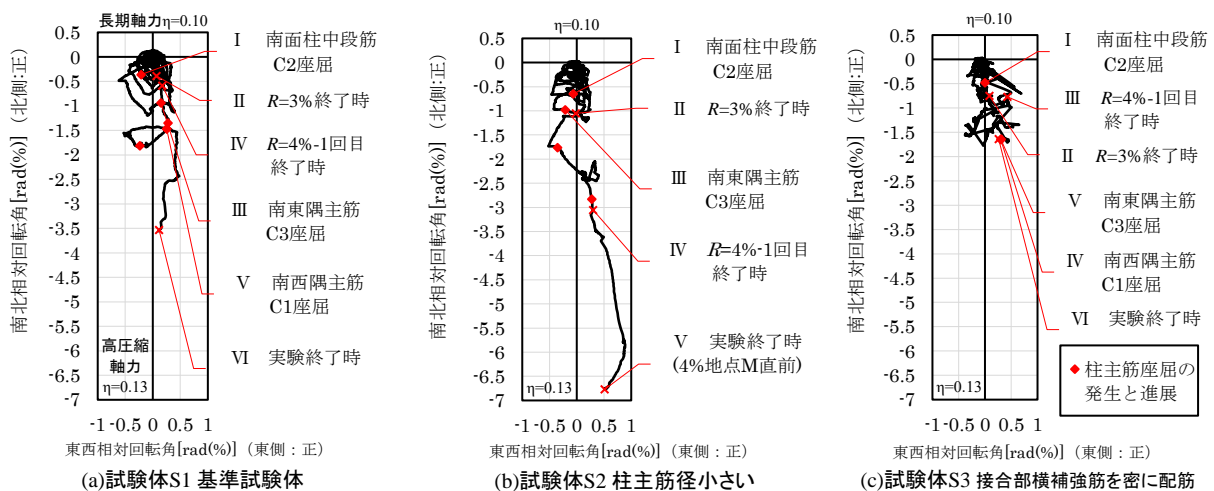


図 5 下柱に対する上柱の相対回転角が描く軌跡

\*1 東京都立大学大学院都市環境科学研究科建築学域 大学院生  
 \*2 東京都立大学大学院都市環境科学研究科建築学域 教授 工博  
 \*3 明治大学大学院理工学研究科建築都市学専攻 准教授 博士(工学)

\*1 Graduate Student, Tokyo Metropolitan Univ.  
 \*2 Professor, Tokyo Metropolitan Univ., Dr. Eng.  
 \*3 Associate Professor, Meiji Univ., Dr. Eng.