塑性ヒンジ部に重ね継手を設けた円形柱の実験的検討

JR東日本	正会員	○伊吹	真一
JR東日本	正会員	水澤	秀樹
JR東日本	フェロー	・ 大庭	光商

1. はじめに

鉄筋コンクリート橋脚や柱が、地震時に正 負交番繰返し荷重を受ける場合、く体に作用 する曲げやせん断により柱基部は損傷し、塑 性ヒンジが形成される。塑性ヒンジ部に軸方 向鉄筋の継手を設ける場合、その継手部の変 形性能の確保が課題となる。

そこで、筆者らは重ね継手部を含む1D区 間をスパイラル筋で補強した円形柱において 水平交番載荷試験を実施し、変形性能の確認 を行った。

2. 試験概要

図1に試験体概要図、表1に試験体条件一覧を示す。曲 げ耐力はフーチングに定着されている鉄筋のみを考慮し 算出している。

柱軸方向鉄筋の重ね継手は塑性ヒンジ区間である柱付 け根部に配置した。なお、軸方向鉄筋はスパイラル筋から 1 φ 離隔した位置に円形状に配置し、上筋は下筋の内側に 接するように配置した。

試験は柱コンクリートの軸圧縮応力度が1N/mm<sup>2</sup>となる ように柱頭部に鉛直ジャッキで載荷し、フーチング天端か ら載荷点までの高さをせん断スパンとし静的に水平交番



+ -1.0 -2.0 -30 -20 -10 0 10 20 30 水平変位/降伏変位

図2 荷重-変位包絡線

載荷試験を行った。水平交番載荷試験時の降伏変位δyは、フーチングに定着されている軸方向鉄筋のうち、最外縁鉄筋から45°の位置にある鉄筋が材料試験結果から求めた降伏ひずみに達したときの水平変位とし、降伏変位(δy)の整数倍について繰返し水平載荷を行った。

表 1 試験体条件一覧

No.	柱径D	L/D	継手長	柱 f'ck	主筆	跌筋	主鉄筋 降伏強度	スパイラル 鉄筋種類	スパイラル ピッチ ss	スパイラル 降伏強度fsy	帯鉄筋比 Pw	拘束度 Pw*fsv	耐力比 Vy/Vmu
	mm			$N/mm^2$	径	本数	N/mm <sup>2</sup>		mm	N/mm <sup>2</sup>			vy/ vina
1	650	2.54	$30 \phi$	26.5	D19	24本	381.4	RB7.1	17.0	1370.9	0.0082	11.2	7.9
2	650	2.54	$30 \phi$	27.8	D22	24本	394.3	RB7.1	9.0	1320.6	0.0155	20.4	10.9
3	500	2.30	$30 \phi$	28.0	D19	12本	387.8	RB9.0	29.0	1590.3	0.0104	16.6	10.9
4	500	2.30	$25 \phi$	29.2	D19	12本	387.8	RB9.0	19.0	1590.3	0.0159	25.3	16.3
5	500	2.30	$30 \phi$	24.6	D16	16本	437.6	RB6.2	34.2	1413.6	0.0088	12.5	4.3
6	500	2.30	$25 \phi$	29.5	D19	12本	377.8	RB6.2	26.2	1413.6	0.0115	16.3	5.3
7	500	2.30	$20 \phi$	21.8	D19	12本	427.4	RB6.2	26.2	1413.6	0.0115	16.3	5.2
8	350	2.14	32.7 ø	31.4	D13	16本	377.4	RB7.1	18.0	1320.6	0.0162	21.3	11.0
9	350	3.86	$32.7 \phi$	25.0	D13	24本	377.4	φ9	12.6	337.0	0.0369	12.4	9.4
10	350	3.86	$30 \phi$	26.0	D19	12本	381.4	φ9	11.8	337.0	0.0394	13.3	9.1
RB: 高強度異形鉄筋													

キーワード 塑性ヒンジ、継手、円形柱

連絡先 〒151-8578 東京都渋谷区代々木2丁目2番2号 東日本旅客鉄道(株)建設工事部 TEL 03-5334-1288

## 3. 試験結果

試験体(No.5、6、7)はそれぞれ耐力比 4.3~5.3 とほぼ 同程度で、重ね継手長がそれぞれ 20 φ、25 φ、30 φ と なっている。これらの荷重 - 変位包絡線を図 2 に示す。 じん性率は 5.8、10.0、12.4 となっており、重ね継手長 が長いほどじん性率が大きくなることがわかる。写真 1 は重ね継手長 30 φ の試験体 No.7 の水平交番載荷試験終 了後の柱根元部の損傷状況である。載荷にともない、せ

ん断ひび割れの進展はほとんどないままコンクリートの圧壊が進行し、スパイラル鉄筋内部のコアコンクリートが粉体化している。損傷範囲は最外縁鉄筋付近でフーチング天端から高さ100mm程度で、重ね継手長に換算すると6々程度に相当する。

4. 重ね継手部の変形性能について

## 4.1 重ね継手長とじん性率の関係

水平交番載荷試験において、柱根元部の圧縮側コン クリートが破壊後、スパイラル筋内部のコアコンクリ ートが粉体化し**写真1**のように損傷する。このとき、 損傷範囲部の鉄筋はコンクリートと付着していない ことから、損傷範囲の重ね継手は有効に働いていない 無効区間となる。

載荷終了後に損傷範囲を計測し、当初の重ね継手長から損傷範囲を差し引いた区間を継手残り長として、 図3に継手残り長と耐力比の関係を示す。ここで、目標とする変形性能は10δ以上とし、それまでに付着破壊を起こさないこととした。

柱付け根部の重ね継手配置した柱において、コンク リート強度が 27N/mm<sup>2</sup>程度、耐力比 5 以上の範囲で残



写真 1 No. 7 試験終了後破壊状況



図3 継手残り長と耐力比の関係



図 4 補強拘束度 Pw・fsy と損傷範囲の関係

り継手長が25¢を確保されれば、目標とする変形性能を有することが確認できた。したがって、本 構造において必要な重ね継手長は25¢と損傷区間長との和で示すことができる。

## 4.2 損傷区間長に与える影響について

じん性率 10以上の試験体について、帯鉄筋の指標として帯鉄筋比 Pw と降伏強度 fsy の積である 補強拘束度 Pw・fsy と、損傷範囲 X を主鉄筋径で無次元化した X/φ との関係を図4に示す。補強 拘束度 Pw・fsy が増加するに従い、損傷範囲 X/φ が減少していく傾向が確認できる。

スパイラル筋が増加し補強拘束度が高くなると、軸鉄筋の座屈を抑制しコアコンクリートを拘束 することから損傷範囲も小さくなると考えられる。

## 5. まとめ

- (1) 塑性ヒンジ部に設けた重ね継手は、じん性率 10以上の変形性能を得るために、耐力比が 5以上の範囲において 25 + 損傷区間長の継手長が必要である。
- (2) 損傷区間長はスパイラル筋の補強量の影響を受け、補強拘束度 Pw・fsy 大きくなると損傷区間 長は減少する傾向となる。