論文 スリーブ継手を有する PCa 部材における集約せん断補強筋の位置に よる効果について

小林 克巳^{*1}·阿瀬 正明^{*2}

要旨: PCa 部材のスリーブ継手端部に集約せん断補強筋を配置すると、せん断耐力、付着割 裂耐力および変形能力が向上する。ただし、集約せん断補強筋が主筋のダボ変位を拘束する 点にスリーブ端から一定の距離ができると、主筋の変形のためにその効果が減少する心配が ある。また、その効果はひび割れの発生状況によって影響を受けると考えられ、実験結果に ばらつきが出ることが予想される。本論では、集約筋がスリーブ端から主筋径の 1.5 倍程度 離れても、集約せん断補強の効果が低下しないことを付着割裂実験によって確認した。 キーワード: スリーブ継手、PCa 部材、集約せん断補強、付着割裂耐力、せん断耐力

1. はじめに

これまでにPCa部材のスリーブ継手端部に集 約せん断補強筋を配置すると,せん断耐力,付 着割裂耐力および変形能力が向上することを明 らかにしてきた^{1),2),3)}。実験結果には当然ばらつ きがあるが,図-1のように集約筋が主筋のダボ 変位を拘束する点にスリーブ端から一定の距離 (d)ができることによる主筋の変形(ΔL)のため に,集約筋の見かけの剛性が低下して,効果が 低下することが心配されるが,dが主筋径の 1.5 倍程度であれば,その心配がないことを実験に よって確認することを本論の目的としている。

2. 集約せん断補強のメカニズム

集約せん断補強筋が配置されると大きな引張 力を負担するために,部材端の圧縮域を結ぶア



*1 福井大学 工学部建築建設工学科教授 工博 (正会員) *2 日本スプライススリーブ(株) (正会員)

ーチ機構の圧縮束の一部が、図-2のように折り 曲げられるため、圧縮束の角度が大きくなる分 だけ、せん断耐力および付着割裂耐力が大きく なると考えられる^{2),4)}。

一方,集約せん断補強筋が大きな引張力を持 っためには、図-3に示すように、部材の引張側 で部材端部のコンクリート圧縮束と主筋の引張 力の変化につり合っていなければならない。主 筋の引張力の変化は、スリーブ表面の付着力、 スリーブ小口の支圧力、集約筋側面からスリー ブ小口に伝わる支圧力によって発生する¹⁾。



図-2 集約筋の引張力によるアーチ機構





図-4 のように集約筋側面からスリーブ小口に伝 わる支圧力の大ききさは、ひび割れのはいり方 によって大きく変化すると考えられる。ひび割 れがスリーブ端部近くに入ることは予測できる が、集約筋のどちら側に生じるかは分からない ため、図-3 のつり合い力に差が生じて実験結果 にばらつきが生じる可能性があり、ばらつきを 考慮した実験結果の評価が必要となろう。

集約せん断補強筋の効果に影響を与える可能 性があるのは、図-1 に示した主筋の変形で、集 約筋の見かけの剛性が低下し、図-3 のつり合い 力が小さくなってしまうことである。本論は、 集約補強筋が必ずスリーブの小口に接している ことを条件として、図-1 の距離(d)が主筋径の1.5 倍程度離れていても集約せん断補強効果に変化 がないことを実験的に確かめたものである。

3. 実験概要

試験体配筋図の例を図-5 に示す。集約せん断 補強筋は,既往の実験²⁾と同様にφ19を2本溶接 し(図-6),図-7のように,せい方向の寸法を変える ことによりスリーブ端部から 9.5 mm離れた位置 で主筋に接する試験体(記号:A)と,スリーブ端 部から 28.5 mm離れた位置で主筋に接する試験体 (記号:B)とした。試験体一覧を表-1 に示す。 No.1, No.2 はスリーブ内で主筋が連続しており, スタブと試験部分のコンクリートは同時に打設(記 号:C)した。継手性能から考えて、特に主筋降 伏以前であればスリーブ内で主筋が連続しているか どうかは実験結果に影響を及ぼさないと考えら れるが,No.3とNo.4ではスリーブ内で主筋を継 ぐものとし,さらにスタブと試験部分との間で



表-1 試験体一覧

	試験体 記 号	集約筋 位置	C 打ち 方法	主筋	付着 余裕度*	せん断 余裕度 **
No. 1	ISR19-A-C	А	С	連続	0 62	0 00
No. 2	ISR19-B-C	в	С	連続	0. 02	0.90
No. 3	ISR19-A-P	А	Р	継手	0.52	0 80
No. 4	ISR19-B-P	в	Ρ	継手	0. 52	0.03

* AIJ 終局強度型耐震設計指針付着強度精算式による、 スリーブ継手を無視した計算値

** AIJ 終局強度型耐震設計指針 A 法非ヒンジ式による スリーブ継手を無視した計算値



図-6 集約補強筋の詳細





鉄筋	降伏強度 (N/mm²)		引張強度 (N/mm²)	ヤング係数 (N/mm²)				
φ9 3		324	435	1.94×10⁵				
D19	Ę	515	689	1. 92 × 10⁵				
コンクリート強度								
試験体		圧縮強度(N/mm²)		引張強度(N/mm²)				
No. 1, No. 2		26.0		2. 02				
No. 3, N	lo. 4		18.3	1.58				
充填モル	タル	110						

表-2 使用材料の力学特性

コンクリートを打ち継いだ(記号: P)。但し,打 ち継ぎ部に 100×120×30mm のシアキーを設けた。

使用材料の力学特性を表-2 に示す。No.1, No.2 のコンクリートは Fc24 とした。主筋には SD490 を用いたが,文献 2)の試験体に比べて降伏強度 がわずかに小さかったため,集約せん断補強効 果で付着割裂耐力が上がりすぎると曲げ降伏す る可能性があり, No.3, No.4 ではコンクリート 強度を下げて実験計画を行った。

連続梁形式で,逆対称曲げモーメント状態に なるようにして,正負交番繰り返し載荷を行っ た。ひび割れ発生以前のせん断力 Q=±6.0KN を 載荷した後,部材角で制御した。左右のスタブ 側面に取り付けたゲージホルダー間の変位を相 対変位(δ)とした。

4. 実験結果

4.1 破壊性状

各試験体のせん断力(Q)と,相対変位(δ)の関 係を図-8 に示す。スタブと試験部分のコンクリ ートを一体打ちとした試験体は曲げ降伏まで耐 力が上昇した。本実験の範囲であれば,集約せ ん断補強筋位置によらず,付着割裂耐力が向上 することがわかる。集約せん断補強筋をスリー ブ端近くに配置した試験体は,曲げ降伏後にせ ん断破壊あるいは付着割裂破壊を起こした。

スタブと試験部分のコンクリートを打ち継ぎ, 主筋に継手を設けた試験体は,計画したとおり 付着割裂破壊を起こしたが,集約せん断補強筋 位置によらずほぼ同じ耐力を示し,曲げ耐力に 対して付着割裂耐力は 0.91 まで上昇した。付着 割裂破壊後の耐力低下は急激ではなく,集約せ ん断補強筋位置がスリーブ端から離れている場 合の方が,耐力低下はむしろ緩やかであった。



図-8 せん断力(Q)・相対変位(δ)関係



写真-1 最大耐力時におけるひび割れ状況

最大耐力時でのひび割れ状況を写真-1 に示す。 スタブと試験部分のコンクリートを一体打ちと した試験体は、どちらも曲げひび割れ発生後、 曲げせん断ひび割れへと進展し、部材角 0.8/100 の段階で、スリーブの部材中央部側端部を結ぶ せん断ひび割れ幅が大きくなり、付着破壊ある いはせん断破壊のひび割れパターンを示した。 スタブと試験部分のコンクリートを打ち継ぎ、 主筋に継手を設けた試験体は、どちらも曲げひ び割れ発生後、曲げせん断ひび割れへと進展し た。部材角 1/100 の段階で主筋に沿う付着ひび割 れが発生した。集約せん断補強筋位置を変えた 試験体で大きな相違はなかった。

4.2 集約せん断補強筋の挙動



図-9 集約筋の平均引張力

図-10 は集約せん断補強筋を構成している φ19 のそれぞれのひずみ計測結果の例である。 集約補強筋の位置によらず,スリーブ端から遠い 側にあるφ19 のひずみが大きくなっている。直 接主筋から反力を受けているかどうかではなく, 図-2 あるいは図-3に示したつり合い状態によっ て集約補強筋の挙動が決まっていると考えられ る。いずれにしても,図-1 に示したような主筋 の変形によって集約せん断補強効果が減じられ ることはなかった。図-10にはスタブと試験部分 のコンクリートを打継ぎ,主筋に継手を設けた 試験体を示したが,スタブと試験部分のコンクリ ートを一体打ちした試験体でも同じであった。

5. 実験における部材端接合方法について

部材端における目開きと加力方向へのずれを 計測した。No.3, No.4 には接合部にシアキーが 設けられていることもあり,目開き,加力方向 へのずれともに,スタブと試験部分のコンクリー





トを一体に打設した No.1, No.2 と差はなかった。 図-8 に示すせん断力(Q)・相対変位(δ)関係で は,最大耐力に到る前の No.3, No.4 の剛性が, No.1, No.2 に比べてやや小さいが, コンクリート 強度が小さく,付着ひび割れの進展が早かった ためであり,一例として図-11 に示した部材角 0.6/100 及び 0.8/100 で比較した No.2 と No.4 の主 筋ひずみ分布形には,殆ど差は見られなかった。



図-12 は部材端部のスタブ際の目開きを測定

した結果である。スリーブからの主筋の抜け出 しで破壊モードが決定されるようなことがあれ ばこの測定値が大きくなるはずであるが, No.1, No.2 と No.3, No.4 で差異はなかった。

曲げ降伏前の付着割裂耐力やせん断耐力を問 題とする実験であれば,部材端接合方法及びス リーブ継手内での主筋の連続/不連続の影響は殆 どなく,No.1,No.2のような試験体で実験を行 っても妥当な実験結果が得られると判断される。







6. 実験結果のばらつき

本論の試験体は,文献2)のものと同じである。 文献2)では,集約せん断補強筋を製作する鉄筋の径を変えて集約せん断補強筋量を変化させ, 図-13 に示す付着割裂破壊時の平均せん断応力度(τ_{Qmax})と集約せん断補強筋量の関係を得ている。文献2)のコンクリート圧縮強度は24.1N/mm²で,本論の実験とは異なっている。

文献 2)の集約せん断補強筋を φ 19 で製作した 試験体の付着割裂強度の増加量はやや小さいが, 本論のNo.1, No.2 試験体は、コンクリート圧縮 強度で 2N/mm²違いはあるが大きな付着割裂強 度の増加があり,最大耐力は曲げ降伏で決まっ ている。また, No.3, No.4 試験体はコンクリー ト圧縮強度が文献 2)の場合より小さくても、よ り大きい付着割裂強度の増加があり、集約せん 断補強筋の効果には,ばらつきが生じることを 考える必要がある。その理由については推定域 を出ないが,ひび割れの発生状況によって,図 -3 のつり合い力が変化するためと考えられる。 ただし、文献 2)の結果とも合わせて、集約せん 断補強筋量の増加とともに付着割裂強度が増加 することは確かであり、文献 2)の集約せん断補 強筋を φ 19 で製作した試験体はばらつきの範囲 で低いほうの結果を示していると考えられる。

7. まとめ

集約せん断補強筋が引張力を発揮して,主筋 の変形を拘束する位置が,スリーブ端部から主 筋径の 1.5 倍程度離れても、せん断耐力、付着 耐力および変形能力の向上に対する集約せん断 補強筋の効果は低下しない。ただし、実験的に は確認されていないが、集約補強筋の側面で受 けた支圧力がスリーブ小口へ伝わることが重要 と考えられる。集約補強筋をスリーブ端から3cm 離すとせん断耐力が増加しなかったという報告 もあり⁴⁾、図-3のつり合いについては、さらに検 討課題としたい。本実験のディテールで、集約 せん断補強によるせん断耐力、付着耐力および 変形能力の向上は、通常の設計をした上での付 加的な効果として期待するならば、少なくとも マイナス要因となることは見当たらない。

謝辞

本実験の実施に当たっては,福井大学卒業生 の乙崎昌貴氏にご協力いただきました。ここに 謝意を表します。

参考文献

- 小林克巳, 筏井文隆, 松崎育弘, 狩野芳一:
 RC 部材における機械式継手部の付着に対す る考え方, 日本建築学会構造系論文集, No.555, 2002.5
- 2) 筏井文隆,小林克巳,阿瀬正明,虻川真大: モルタル充填式継手を用いた PCa 部材にお ける集約せん断補強筋の付着割裂耐力向上 効果に関する実験研究,コンクリート工学年 次論文集, Vol.22, No.3, pp.931-936, 2000.6
- Ikadai Fumitaka, Kobayashi Katsumi and Ase Masaaki: Ductility Improvement of PCa Members with Splice Sleeve Joint by Intensive Shear Reinforcing Method, Proc. of 12WCEE, Auckland, NZ, #1735, 2000.2
- 小山明男,高木仁之,狩野芳一:スリーブ 継手を有する PCa 部材のせん断補強方法に 関する実験的研究,日本建築学界大会学術 講演梗概集,C-2, pp.19-20, 1995.8
- 5) 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