SRC 柱の正負交番載荷実験と軸方向鉄筋の座屈に着目した靭性能評価

東北大学大学院	正会員	内藤英樹	東北大学大学院	学生会員	清水真介
東北大学大学院	フェロー	鈴木基行	東北大学大学院	正会員	秋山充良
			オリエンタル建設	(株)	吉木茂夫

1. はじめに

現行の鉄道構造物等設計標準¹⁾では,曲げ破壊型の SRC 柱について,損傷レベルに対応した部材角の制限値を規定 している.しかし,正負交番載荷実験での荷重-変位関係 に着目した実験回帰式により算定される部材角と損傷状況 との対応に力学的根拠はない.一方で,著者ら²⁾は,RC柱 とSRC柱においてかぶりコンクリートの剥落と軸方向鉄筋 の座屈が同時に生じ,荷重-変位関係にて明確な耐力低下 を見出せることから,軸方向鉄筋の座屈解析に基づくこれ らの靭性能評価法を提案している.しかし,提案手法では, かぶり剥落時の断面曲率と塑性ヒンジ長を用いて柱の曲率 分布をモデル化するのに対し,SRC柱の正負交番載荷実験 における曲率分布を測定した例はなく,提案手法と実験時 の曲率分布の整合性は確認されていない.

そこで,本研究では,SRC柱の正負交番載荷実験を行い, その曲率分布を測定する.さらに,参考文献2)を基に,か ぶり剥落時に測定された曲率分布に対応する断面曲率と塑 性ヒンジ長を算定し,曲率分布をモデル化することで,正 負交番載荷を受けるSRC柱のかぶり剥落時変位を算定する. 2. SRC柱の正負交番載荷実験

供試体概略図と断面諸元を図 - 1 と表 - 1 に示す.これらのせん断スパンは 1500mm,断面寸法は 500mm×500mm とし,軸力は載荷しない.コンクリート圧縮強度は 30MPa 程度,鉄筋は SD345,H 形鋼は SS400を使用した.なお,No.1と No.1S はフーチング内の H 形鋼の定着形式が異なる.

実験結果による荷重 - 変位関係の一例を図 - 2 に示す. いずれの供試体も軸方向鉄筋の座屈に伴い柱基部でかぶり が大きく剥落した.また,H 形鋼を十分に埋め込んだ SRC 柱では,かぶり剥落後も耐力低下が小さく,紡錘形の履歴 ループ形状を示すなど,優れた靭性能が確認された. 3. かぶり剥落点に着目した SRC 柱の靭性能評価 (1) 曲率分布の測定およびモデル化

図 - 1 の柱基部に設置した鉛直変位計を用いて目視によ り確認されたかぶり剥落点での曲率分布を測定した.その 結果,軸方向鉄筋の塑性化領域において大きな塑性曲率が 生じていること,また,塑性ヒンジ領域においてH形鋼と



図 - 1 供試体概略図

表 - 1 断面諸元

供	ŧ試体 番号	H 形鋼寸法 (mm)	軸方向 鉄筋	帯鉄筋
]	No.1	300×200×10×15	D16×10	D10@100
]	No.2	300×80×10×15	D22×10	D10@100
]	No.3	300×250×10×15	D13×10	D10@100
]	No.4	300×250×10×15	D13×10	D6@300
N	lo.1S	300×200×10×15	D16×10	D10@100



Key Words: SRC 柱,正負交番載荷実験,軸方向鉄筋の座屈,曲率分布,断面曲率,塑性ヒンジ長連絡先:〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 06 TEL:022(217)7449 FAX:022(217)7448

コンクリートの付着による一体性は保たれていないこと,などを 明らかにした.さらに,矩形ブロックによる曲率分布のモデル化 を検討した結果,軸方向鉄筋の座屈区間での平均曲率(以下,座屈 曲率)Øuに対し,軸方向鉄筋の塑性化領域を塑性ヒンジ長 Lp とす ることで,式(1)により実験時のかぶり剥落時変位δuが再現できた.

 $\delta_u = \delta_y + (\phi_u - \phi_y) L_p (h - L_p / 2) \tag{1}$

ここで,hはせん断スパン, $\phi_y \ge \delta_y$ はそれぞれ降伏曲率と降伏変位である.

(2) かぶり剥落点に対応した断面曲率の算定

参考文献 2)に示した座屈曲率 φ_u の算定では,コンクリート部分 に作用する軸力が解析結果に大きな影響を与えるため,SRC 断面 に適用する際には,H 形鋼とコンクリートの付着による応力伝達 を適切に評価する必要がある.実験時のひずみゲージの値により, 軸方向鉄筋と H 形鋼の塑性化領域が大きく異なること,また,H 形鋼の中立軸位置が図心軸位置にほぼ一致することから,H 形鋼 とコンクリートの付着による応力伝達は無視できると考えられる. そこで,SRC 断面から H 形鋼を除いた RC 断面に参考文献 2)の手 法を適用することで,実験時に測定された座屈曲率の再現を試み た.表-2より,H 形鋼とコンクリートの付着を無視することで, 実験時の座屈曲率を良好に再現できた.また,解析より得られる 座屈区間も,軸方向鉄筋径や帯鉄筋量の違いによるかぶり剥落区 間の変化を実験結果と同様に再現できた. 表-2 座屈解析による評価

供試体 悉号	座屈 (m	区間 m)	座屈曲率 (×10 ⁻⁵ /mm)	
шЭ	実験	解析	実験	解析
No.1	200	200	9.74	10.62
No.2	400	300	4.35	8.39
No.3	100	100	10.65	10.27
No.4	300	300	7.79	7.20
No.1S	300	300	12.80	9.27

かぶり剥落時の座屈区間における平均曲率



(3) 塑性ヒンジ長の算定

軸方向鉄筋の塑性化区間に着目した場合,SRC柱では,軸方向鉄筋の降伏後もH形鋼により耐力が増加することから,RC柱と比較して軸方向鉄筋の塑性化領域が拡大する.そこで,参考文献2)のRC柱の塑性とンジ長の算 定式を基に,本実験でのSRC柱の軸方向鉄筋の塑性化領域と整合するように1.3を乗じた式(2)を提案する.

$$L_p = 1.3(0.5d + 0.05h)$$

(2)

ここで, d は断面の有効高さである.

(4) 提案手法の精度検証

既往の実験結果^{3),4)}との比較を行うことで,式(1)による提案手法の精度を検証した.全17体の供試体から得られた実験結果と解析結果との比較を図-3に示す.これらの比較から,提案手法は広範な供試体諸元に対しても精度良い評価を示した.

4. まとめ

本研究では,SRC 柱の正負交番載荷実験を行い,その曲率分布を測定した.さらに,かぶり剥落時に測定された曲率分布に対応する断面曲率と塑性ヒンジ長を算定し,曲率分布をモデル化することで,正負交番載荷を受ける SRC 柱のかぶり剥落時変位が解析的に算定できた.

なお,本実験の SRC 供試体でも,かぶり剥落後に優れた靭性能を有することが確認されており,今後は,かぶり剥落後の SRC 柱の靭性能評価法を構築する必要がある.

参考文献

1)鉄道総合技術研究所:鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計,1999.2)秋山充良,内藤英樹,鈴木基行: 軸方向鉄筋の座屈発生点に対応した終局曲率の簡易算定法および RC 柱と SRC 柱の靭性能評価への適用,土木学 会論文集,No.725/V-58,pp.113-129,2003.3)村田清満ほか:鉄骨鉄筋コンクリート柱の変形性能の定量評価に関 する研究,土木学会論文集,No.619/I-47,pp.235-251,1999.4)平暁ほか:鉄骨鉄筋コンクリート部材の変形性能 に関する検討,土木学会第54回年次学術講演会,I-A160,pp.320-321,1999.