

## SRC 柱の塑性ヒンジ領域における曲率分布の測定

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 内藤英樹  
 東北大学大学院 正会員 秋山充良  
 オリエンタル建設(株) 青木茂夫

### 1. はじめに

部材損傷に対応した限界状態を設定し、部材の断面曲率と塑性ヒンジ長を適切に評価することで、地震時における構造物の損傷状況を明確にした合理的な耐震設計法が可能となる。しかし、SRC 柱の塑性ヒンジ領域に着目した詳細な実験報告はない。

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ことで、かぶり剥落区間や軸方向鉄筋の塑性化領域における曲率分布を明らかにする。さらに、靱性能評価に用いる際の断面曲率と塑性ヒンジ長について検討した。なお、本研究では、部材損傷点としてかぶりコンクリートの剥落に着目した。

### 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。No.0 のみ SRC 供試体との比較を目的とした RC 供試体であり、全ての供試体でせん断スパンを 1500mm、かぶり厚さを 50mm とし、軸力は載荷しない。また、曲げ耐力とせん断耐力を同程度とするために、RC 供試体のみ 650mm×650mm の断面寸法とした。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。

荷重 - 変位関係の一例を図 - 2 と図 - 3 に示す。RC および SRC 供試体において軸方向鉄筋の座屈に伴い柱基部でかぶりコンクリートが大きく剥落し、荷重 - 変位関係に明確な耐力低下が確認された。また、H 形鋼を十分に埋め込んだ SRC 供試体では、かぶり剥落後の耐力低下が小さく、紡錘形の履歴ループ形状を示すなど、優れた靱性能を有することが確認された。

### 3. 柱の曲率分布と損傷状況

#### (1) 曲率分布

図 - 1 の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<sup>1)</sup>。軸方向鉄筋の塑性化領域における曲率分布を図 - 4 に示す。表 - 2 に示すように、曲率分布を積分した値と載荷点位置の水平変位は概ね対応している。図 - 4 に示す曲率分布は、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おり、複雑な分布形

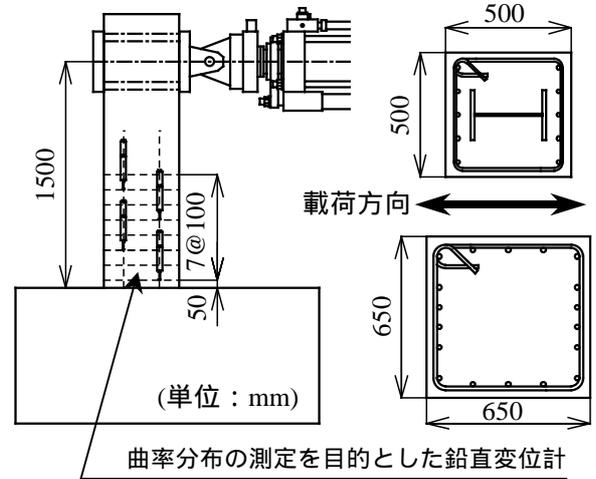


図 - 1 供試体概略図

表 - 1 断面諸元

供試体番号	H 形鋼寸法 (mm)	軸方向鉄筋	帯鉄筋
No.0	(RC 供試体)	D19×18	D13@100
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
No.1S	300×200×10×15	D16×10	D10@100

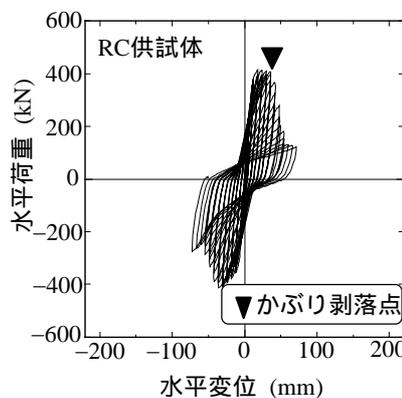


図 - 2 No.0 の荷重 - 変位関係

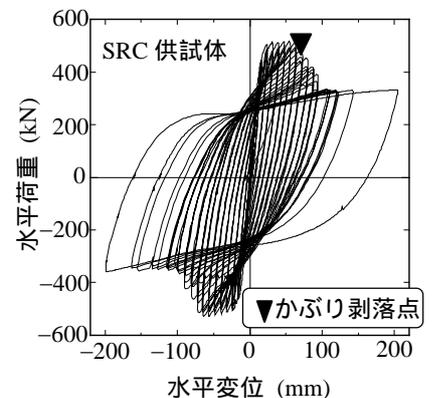


図 - 3 No.1S の荷重 - 変位関係

Key Words : SRC 柱, 正負交番載荷実験, かぶりコンクリートの剥落, 曲率分布の測定, 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

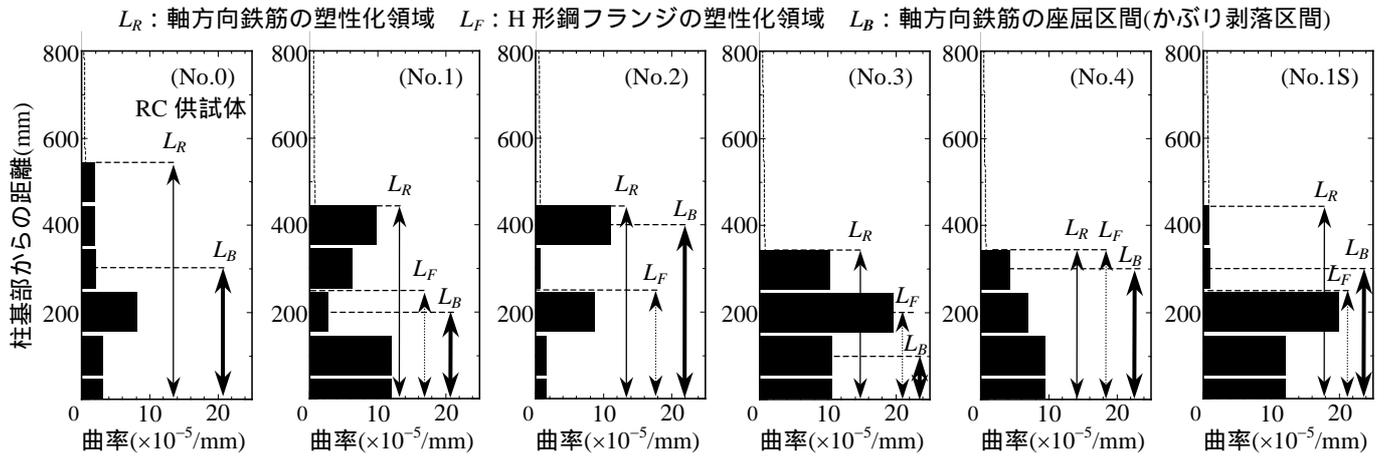


図 - 4 塑性ヒンジ領域における曲率分布

状を示した。

(2) かぶり剥落区間と軸方向鉄筋の座屈区間

目視による軸方向鉄筋の座屈区間とかぶり剥落区間は概ね対応していた。一方、座屈区間は塑性曲率が生じる領域と対応せず、供試体毎に 100~400mm の範囲で大きく異なる。軸方向鉄筋径を大きくすること、または、帯鉄筋量を低減することで座屈区間が大きくなることから、座屈区間は塑性曲率が生じる範囲を上限として、軸方向鉄筋、帯鉄筋、およびかぶりコンクリートの組み合わせにより定まると考えられる<sup>2)</sup>。

(3) 軸方向鉄筋と H 形鋼の塑性化領域

ひずみゲージの値により確認された軸方向鉄筋と H

形鋼フランジの塑性化領域の比較を図 - 4 に示す。平面保持則を仮定した場合には、軸方向鉄筋と H 形鋼フランジの塑性化領域がほぼ同程度となるのに対し、実験結果ではこれらの塑性化領域が大きく異なることから、かぶり剥落点において H 形鋼と RC 部分の付着による一体性は保たれていないことが確認された。

4. 曲率分布のモデル化

図 - 4 の曲率分布は複雑な分布形状を示している。そこで、参考文献 2) の研究を参考に、柱基部の座屈区間における平均曲率  $\phi_u$  を用いた矩形ブロックによる曲率分布のモデル化を試みる。実験結果より、軸方向鉄筋の塑性化領域において塑性曲率が生じていることから、これを塑性ヒンジ長  $L_p$  とすると、かぶり剥落時変位  $\delta_u$  は式(1)により算定される。

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

ここで、 $h$  はせん断スパン、 $\phi_y$  と  $\delta_y$  はそれぞれ降伏曲率と降伏変位である。表 - 2 の比較から、RC 柱と SRC 柱の両方について、 $\phi_u$  と  $L_p$  を用いた曲率分布のモデル化によりかぶり剥落時変位を妥当に評価できた。

5. まとめ

本研究では、SRC 柱の正負交番荷重実験を行い、そ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や、H 形鋼と RC 部分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、軸方向鉄筋の座屈区間における平均曲率と軸方向鉄筋の塑性化領域を用いて矩形ブロックにより曲率分布をモデル化することで、正負交番荷重を受ける SRC 柱のかぶり剥落時変位を算定できた。

参考文献

1) 星隈順一, 長屋和宏, 運上茂樹: 鉄筋コンクリート橋脚の塑性曲率分布と塑性ヒンジ長, 構造工学論文集, Vol.46A, pp.1461-1468, 2000. 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 柱の靱性能評価への適用, 土木学会論文集, No.725/V-58, pp.113-129, 2003.

表 - 2 曲率分布から算定される水平変位の比較(mm)

供試体番号	載荷点位置の水平変位	測定された曲率分布による積分値	モデル化した曲率分布による積分値
No.0	36.2	31.6	38.9
No.1	78.1	77.5	85.7
No.2	71.4	62.0	59.0
No.3	89.6	98.0	86.9
No.4	62.9	67.8	69.3
No.1S	72.9	70.6	90.5

各変位はフーチングからの鋼材の伸び出しの影響を含む