

## コンクリート中の鉄筋の引張強度近傍におけるひずみ分布

電力中央研究所 正会員 ○柴山 淳  
 電力中央研究所 正会員 宮川 義範  
 関西電力 正会員 両角 浩典  
 セレス 非会員 市川 英治

## 1. はじめに

有限要素解析は、解析結果として構造物全体の变形から、各部分の变形、断面力、要素の応力、ひずみ等まで様々な応答値を得る事ができる。この技術を性能照査で活用するには、せん断破壊や圧縮破壊などに対するコンクリートに着目した限界値と併せて、鉄筋の引張が支配的となる破壊モードのための限界値を整備する必要がある[1]。鉄筋破断時の要素ひずみを導出するため、本研究では、鉄筋およびRC試験体の引張試験を行い、ひび割れ位置で鉄筋が引張強度に達した状態におけるコンクリート中の鉄筋の詳細なひずみ分布を得た。

## 2. 鉄筋の引張試験

鉄筋径を変数として、D10(SD295)、D13(SD295)、D16(SD345)の3種類の鉄筋に対して単調引張試験を各3本ずつ行った。鉄筋の引張強度近傍のひずみ分布を得るため、载荷前と载荷後に鉄筋の横フシ間の距離を画像計測により計測し、横フシ間の伸び量を算出した。横フシの平均間隔の最大値は、D10が6.7mm、D13が8.9mm、D16が11.1mmである。载荷は、アムスラー万能試験機を用いて引張荷重を与え、最大荷重に達したのを確認したのち徐荷し载荷を終了した。

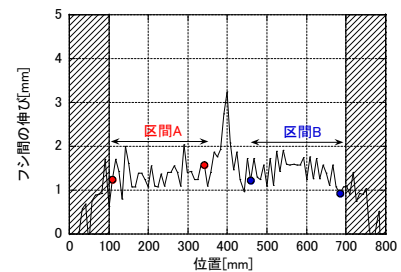


図1 鉄筋伸び量分布(D13-2試験体)

最大強度時の横フシ間伸び量分布の計測例を図1に示す。図の縦軸は横フシ間の伸び量であり、この分布形状はひずみ分布と同じになる。図中でハッチングしてあるのは試験機のチャックつかみ区間である。強度の低下が確認されるまで载荷したため、局所的に鉄筋がくびれている部分が存在し、図では伸び量の分布に極値が見られる。極値から前後50mmの範囲(伸びが局所化した領域と仮定)を除外し、試験区間内で均一に近い状態でひずみが分布している区間を決定してその区間の平均ひずみを算出した。その結果が表1である。横フシ間伸び量から求まる最大強度近傍の鉄筋の平均ひずみは、鉄筋径が大きくなるほど小さくなる結果が得られた。

## 3. RC試験体の引張試験

試験体は、150mm×150mmの正方形断面の図心に鉄筋を1本持つRC角柱試験体である。実験変数は、鉄筋径(D10(SD295)、D13(SD295)、D16(SD345))に伴う鉄筋比と载荷履歴である(表1)。試験体の全長は1500mmで、試験区間は中央の1000mm、上下端250mmはスタブである。試験体の長軸方向の長さ中心位置にひび割れを誘導するノッチを設けた。载荷状況を図2に示す。実験ではアクチュエーターを用いて試験体長軸方向に荷重を加え、鉄筋単体の引張試験と同様に最大強度到達後に荷重が低下したことを確認したのち徐荷を行い、载荷を

表1 鉄筋単体およびRC角柱試験体の引張試験結果概要

試験体名 (鉄筋単体)	A区間の ひずみ[%]	B区間の ひずみ[%]	平均値 [%]	試験体名 (RC試験体)	鉄筋比 [%]	载荷履歴	徐荷前の 荷重[kN]	徐荷前の 変位[mm]	A区間の ひずみ[%]	B区間の ひずみ[%]	C区間の ひずみ[%]	平均値 [%]
D10-0	20.3	18.2	19.2	RC/D10-1	0.32	単調引張	35.2	18.4	16.0			16.0
D10-1	19.6	18.1	18.8	RC/D10-2	0.32	交番载荷後の引張	36.9	16.1	13.8			13.8
D10-2	20.1	17.0	18.5									
D13-0	18.4	15.5	17.0	RC/D13-1	0.56	単調引張	65.7	114.7	13.3	11.3		12.3
D13-1	18.5	14.9	16.7	RC/D13-2	0.56	交番载荷後の引張	64.1	128.8	10.5	14.5	9.9	11.6
D13-2	17.0	18.0	17.5									
D16-0	13.7		13.7	RC/D16-1	0.88	単調引張	116.7	127.5	10.1			10.1
D16-1	13.9	12.2	13.1									
D16-2	12.4	15.4	13.9									

キーワード 耐震性能照査, 限界値, 鉄筋伸び, ひずみ分布, 付着

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 (一財)電力中央研究所 TEL04-7182-1181

終了した。その後鉄筋を取出し横フシ間の伸び量を画像計測により算出した。

実験では、鉄筋比が大きくなるほど最大強度時の鉄筋伸び量は大きくなる結果となった(表 1)。次に、荷履歴の影響を検討した RC/D10-2, RC/D13-2 試験体では、鉄筋降伏後にコンクリート圧縮強度の 1/8~1/4 程度までの圧縮力を繰返し加えたが、本実験の条件設定下では、圧縮側の荷履歴が試験体の引張側の伸び性状に影響を殆ど与えない結果となった(表 1)。

鉄筋比が異なる試験体の内部鉄筋の伸び変位量分布の計測結果と試験体の荷終了時のひび割れパターンの代表例を図 3 に示す。伸び量分布のグラフ中でハッチングしてある部分はスタブである。鉄筋比 0.32% の RC/D10-1 試験体ではひび割れが 1 本のみ発生し、そのひび割れ近傍のみで鉄筋が伸びており、鉄筋比 0.56% の RC/D13-2 試験体はひび割れが複数発生し、それに関連して鉄筋が伸びる区間が複数存在する事が確認できる。また、鉄筋比が最も高い RC/D16-1 試験体では、鉄筋が区間全長に渡って一様に伸びており、鉄筋が伸びた区間は広い一区間と判断される。なお、ひび割れが複数本発生した RC/D13 および RC/D16 試験体シリーズでは、荷を進めるに連れて鉄筋に沿った縦ひび割れが発生した。ひび割れが複数本発生した試験体において、ひび割れに挟まれた区間で鉄筋の伸びが必ずしも小さくなっていないのは、この縦ひび割れの影響で、コンクリートと鉄筋間の付着力が低下したことが原因と考えられる。

表 1 に示した内部鉄筋の最大強度時近傍の鉄筋ひずみの実験値は、鉄筋単体の試験結果と同様に、鉄筋径が大きいほど鉄筋強度近傍の鉄筋ひずみは小さくなる結果となった。また、最大強度時近傍の伸び量はひび割れが分散し、かつ縦ひび割れが発生した試験体ほど大きくなる結果となった。

4. まとめ

鉄筋比が異なる RC 角柱試験体の内部鉄筋の引張強度近傍におけるひずみ分布および鉄筋の平均ひずみを取得し、鉄筋径と最大強度時の平均ひずみの関係、縦ひび割れが伸び性状与える影響について報告した。

謝辞: 本研究は、電力 9 社と日本原子力発電(株)、電源開発(株)、日本原燃(株)による原子力リスク研究センター共通研究として実施した。関係各位に謝意を表す。

参考文献

[1] 米澤健次, 樋口俊一, 穴吹拓也, 渡辺伸和, 伊藤悟郎: 三次元 FEM 解析による地中 RC 構造物の岩盤変位に対する損傷評価, 構造工学論文集, Vol. 62A, pp. 1-11, 2016. 3



図 2 RC 試験体の荷状況

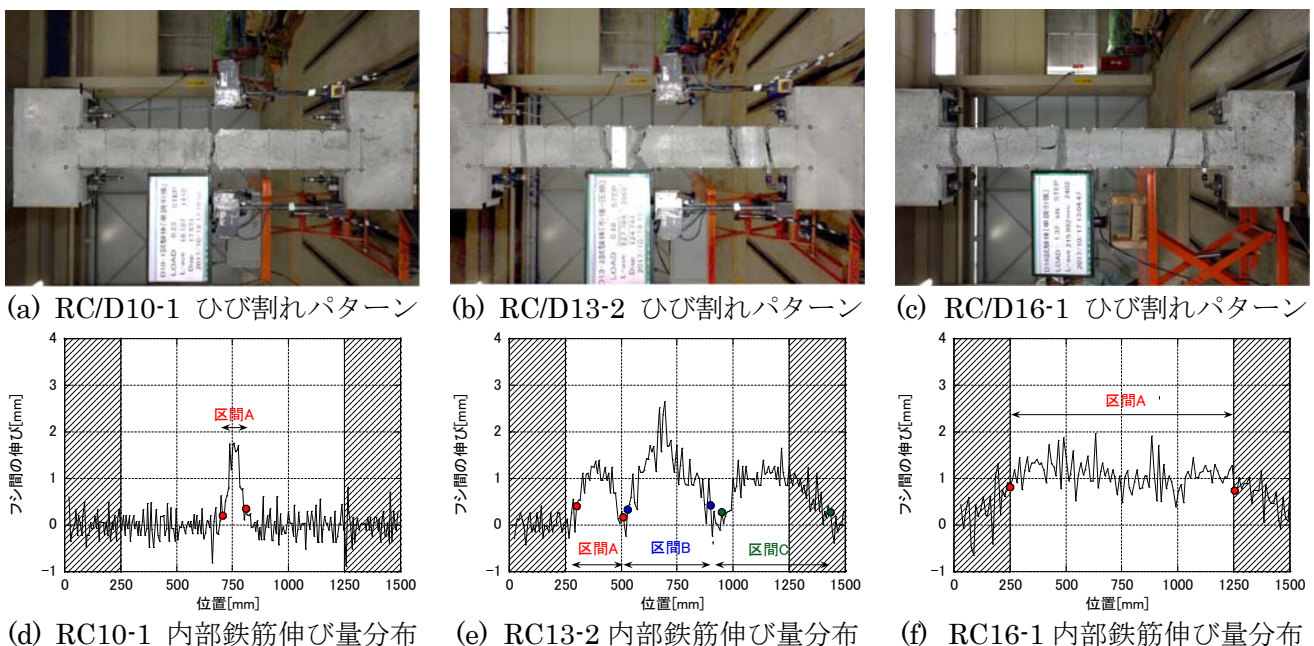


図 3 RC 角柱試験体引張試験のひび割れパターンと内部鉄筋伸び量分布