

超高強度鉄筋を用いた鉄筋コンクリートのひび割れ分散性に関する実験的研究

鹿島建設(株) 正会員 ○横田祐起 一宮利通 新井崇裕 曾我部直樹
フェロー会員 山野辺慎一 古市耕輔

1. はじめに

社会インフラの維持管理において、地震直後の点検作業の省力化やダウンタイムの低減のために、L2 地震時にも損傷しない部材の実現が求められている。筆者らは、規格降伏強度が 900N/mm^2 を超える超高強度鉄筋を鉄筋コンクリート（以下、RC）部材に適用することにより、L2 地震時にも降伏しない部材の実現に向けた検討を進めている。耐震設計において超高強度鉄筋の高い強度を活かそうとすると、地震時に鉄筋に生じるひずみが大きくなり、ひび割れ幅が過大となることが懸念されるため、ひび割れ幅の正確な予測が必要となる。しかし、一般にひび割れ幅の予測に用いられる算定式は、降伏強度が 490N/mm^2 より小さい鉄筋を使用した場合が適用範囲とされており¹⁾、本検討で用いる鉄筋への適用性は不明である。そこで、本研究では、超高強度鉄筋を用いた RC 部材の両引き実験を実施し、既存のひび割れ幅算定式の適用性を検証した。

2. 試験体および実験方法

試験体一覧、試験体形状、载荷装置をそれぞれ表-1、図-1、図-2 に示す。試験体は、正方形断面を有する長さ $4,500\text{mm}$ のコンクリートの断面中心に鉄筋比が 2.47% となるように鋼材を配置したものとした。試験体数は3体とし、No.1 試験体には比較用として D41 (SD345) のねじ鉄筋を使用した。その他の試験体には超高強度鉄筋を使用し、No.2 試験体には D41 (USD980) のねじ鉄筋を、No.3 試験体には $\phi 36$ 、規格降伏強度 930N/mm^2 の総ねじ PC 鋼棒を使用した。コンクリートは、実験時の目標圧縮強度を 50N/mm^2 として配合を決定し ($G_{\max}=20\text{mm}$)、試験体を水平に設置した状態で打込みを行った。

表-1 試験体一覧

No.	寸法(mm)		鋼材						コンクリート強度	
	長さ	断面(b×h)	鋼材の種類	呼び名	種類	規格降伏強度(N/mm ²)	かぶり(mm)	鉄筋比(%)	目標値(N/mm ²)	実強度(N/mm ²)
1	4,500	233×233	ねじ鉄筋	D41	SD345	345	96.0	2.47	50	46.0
2			ねじ鉄筋	D41	USD980	980				48.3
3		203×203	総ねじ PC 鋼棒	$\phi 36$	B 種 1 号	930	83.5			48.4

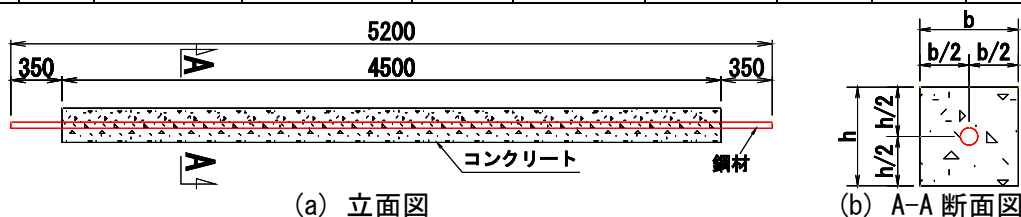


図-1 試験体形状

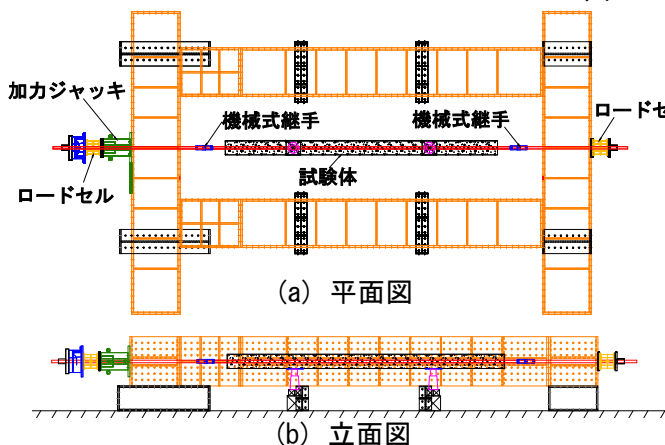


図-2 载荷装置

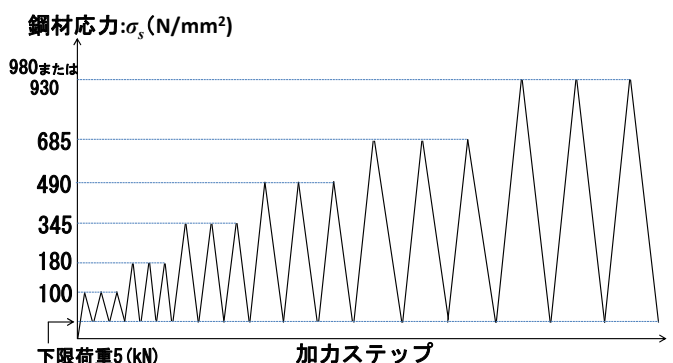


図-3 加力ステップ

キーワード 超高強度鉄筋, ひび割れ分散性, 両引き実験

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-485-1111

実験時には図-2に示すように、ロの字型の加力装置に試験体を設置し、装置端部に設置した加力ジャッキによって鋼材に引張力を作用させた。载荷は図-3に示す加力ステップに準じて実施した。すなわち、鋼材応力を6段階に分け、各応力レベルで3回の繰返し载荷を実施しながら、最終的には鋼材の規格降伏強度まで荷重を増加させた。試験体に初めてひび割れが生じた段階でマイクロスコープによって初期ひび割れ幅を計測し、その計測値を初期値として設定したパイ型変位計をひび割れを跨ぐように設置することでひび割れ幅を計測した。

3. 実験結果

図-4に最大ひび割れ幅と鋼材応力の関係を示す。また、図-4中にコンクリート標準示方書¹⁾に記載された(式-1)によるひび割れ幅の算定値を併せて示す。図-4に示すとおり、超高強度鉄筋を使用したNo.2,3試験体においても、鋼材応力が 345N/mm^2 に至るまでのひび割れ幅は通常強度の鉄筋を使用したNo.1試験体と同程度かそれ以下であった。また、鋼材応力 490N/mm^2 以上の高い鋼材応力作用下においても、(式-1)による算定値と同程度のひび割れ幅が計測されており、超高強度鉄筋を使用したRC部材のひび割れ幅が(式-1)によって推定できる可能性が確認された。

図-5にひび割れの本数と鋼材応力の関係を示す。図-5から、鋼材応力が 345N/mm^2 を超えて以降もNo.2,3試験体のひび割れ本数は増加しており、ひび割れ間隔が減少することによって高応力レベル下でのひび割れ幅の増加が抑制されていたと考えられる。

$$w = k_1 k_2 k_3 \{4c + 0.7(C_s - \phi)\} \left[\frac{\sigma_{se}}{E_s} + \varepsilon'_{csd} \right] \quad (\text{式-1})$$

ここに、 w ：最大ひび割れ幅(mm)、 c ：かぶり(mm)、 C_s ：鋼材の中心間隔(mm)、 ϕ ：鋼材径(mm)、

k_1, k_2, k_3 ：鋼材表面の形状、段数、コンクリートの品質によって決定される係数、

E_s ：鋼材のヤング係数(N/mm^2)、 σ_{se} ：鋼材応力度の増加量(N/mm^2)、

ε'_{csd} ：コンクリートの収縮およびクリープ等によるひび割れ幅の増加を考慮するための数値

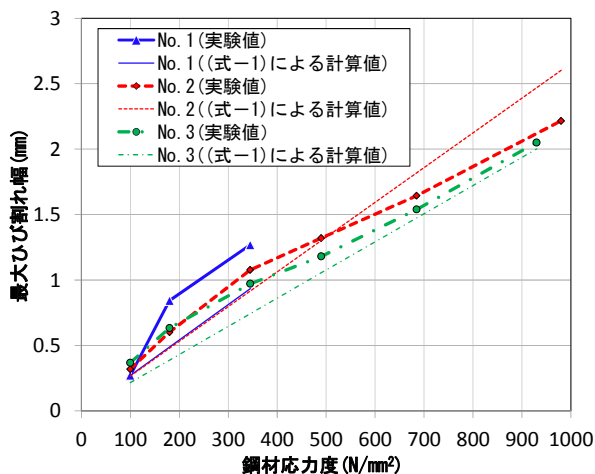


図-4 最大ひび割れ幅-鋼材応力の関係

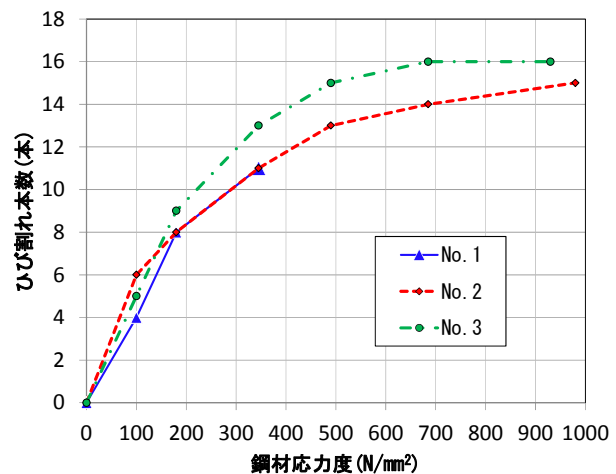


図-5 ひび割れ本数-鋼材応力の関係

4. まとめ

超高強度鉄筋を使用したRC試験体の両引き実験を行い、以下の知見を得た。

- (1) 超高強度鉄筋を使用した場合のひび割れ幅は、 490N/mm^2 以上の高い鋼材応力作用下においても、(式-1)により推定できる可能性がある。
- (2) 鋼材応力が 345N/mm^2 を超えて以降もひび割れは定常状態に至らず本数が増加し続け、ひび割れ間隔が減少することにより、ひび割れ幅の局所的な増加が抑制されることが考えられる。

参考文献

- 1) 土木学会: コンクリート標準示方書【設計編】 ,pp.223-226,2012