

腐食膨張挙動に対する補強筋のコンクリート拘束効果

長岡工業高等専門学校 学生会員 ○ 荻澤 洋平
 長岡工業高等専門学校 杉澤 元次郎
 長岡工業高等専門学校 正会員 村上 祐貴

1. はじめに

塩害による鉄筋腐食に伴う付着劣化は種々あるが、特にかぶりコンクリートの鉄筋軸に沿った腐食ひび割れは、腐食膨張挙動に対するコンクリートの拘束圧を低下させ、著しい付着性能の劣化を引き起こす。

既往の研究では、補強筋を有しないコンクリートの拘束圧と付着強度の間には強い相関性を有することが報告されている¹⁾。また、補強筋は腐食に伴う付着強度の低下を抑制することが報告されている²⁾。

そこで本研究では、腐食膨張挙動に対するコンクリートの拘束圧に及ぼす補強筋量に加え補強筋の拘束効果の影響領域や拘束効果の相互影響を明らかにすることを目的とし、静的破砕剤を用いた腐食膨張模擬実験を実施した。

2. 実験概要

図-1 に試験体概要を示す。試験体には直径 22mm の円孔を芯かぶり 50mm の位置に設け、補強筋には D6 異形鉄筋(SD295A)を使用した。補強筋の配筋間隔は図-1(b)に示す通りである。実験パラメータは表-1 に示すように、補強筋量および拘束圧計測位置である。

本実験では、圧力計測用の鋼管パイプを円孔内に挿入し、円孔と鋼管パイプの隙間に静的破砕剤を充填して膨張圧を発生させた。実験手法の詳細は既往の研究¹⁾を参照されたい。

膨張挙動に対するコンクリートの拘束圧は試験体軸方向の 5ヶ所と 4ヶ所で計測した。5ヶ所計測の試験体では、鋼管パイプを圧力計測部が各試験体の補強筋直上になるように試験体端から 50mm, 100mm, 150mm, 200mm, 250mm の位置に、4ヶ所計測の試験体では各試験体の補強筋直上から 25mm ずらし圧力計測部が試験体端から 75mm, 125mm, 175mm, 225mm の位置になるように円孔内に挿入した。

3. 実験結果

図-2 に一例として補強筋直上で拘束圧を計測した試験体

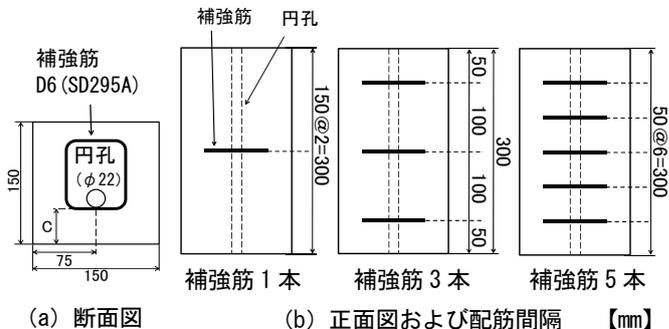


図-1 試験体概要

表-1 実験パラメータ

試験体名	かぶり厚 C(mm)	補強筋本数	計測点数	圧縮強度 (N/mm ²)	補強筋量 pw(%)
C39-S0	C39-S0-5σ	0	5	34.8	-
C39-S1	C39-S1-5σ	1	5	39.0	0.28
	C39-S1-4σ		4	37.0	0.42
C39-S5	C39-S5-5σ	5	5	32.9	0.42
	C39-S5-4σ		4	35.0	0.84

※1 pw=2A_s/bs A_s: 鉄筋公称断面積, b: 試験体幅, s: 補強筋間隔

験体の、最小かぶり面にひび割れが発生した時点からの拘束圧と最小かぶり面のひび割れ幅の関係を示す。

図-2 より、補強筋量によらず最小かぶり面にひび割れが発生する時点の拘束圧(以下、最大拘束圧と称す)は、ほぼ同様の値を示しており最大拘束圧に及ぼす補強筋量の影響は少ないと考えられる。

ひび割れ発生以降の拘束圧に関しては、C39-S0-5σ 試験体の場合、拘束圧はひび割れ幅の拡大に伴い指数関数的に低下し、ひび割れ幅が 1.0mm の時点で拘束圧はほぼ消失した。一方、C39-S1-5σ 試験体の場合、C39-S0-5σ 試験体と同様に拘束圧はひび割れ幅の拡大に伴い指数関数的に低下したが、その低下は抑制された。また、C39-S5-5σ 試験体では、ひび割れ発生以後も拘束圧は増加した。このことから、補強筋量が大きい程ひび割れ発生以後の拘束効果は大きいと考えられる。

4. コンクリートの拘束圧に及ぼす補強筋の影響

4.1 影響範囲の検討

図-3 に C39-S1 試験体および C39-S0-5σ 試験体のひび割れ幅 0.1mm, 0.5mm, 1.0mm 時の最大拘束圧に対する

キーワード 鉄筋腐食, 補強筋, 拘束圧, 相互影響

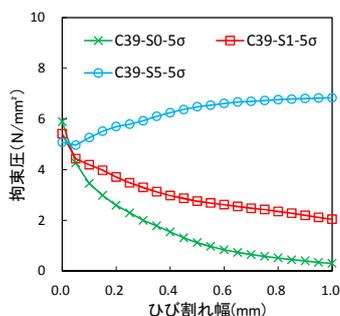
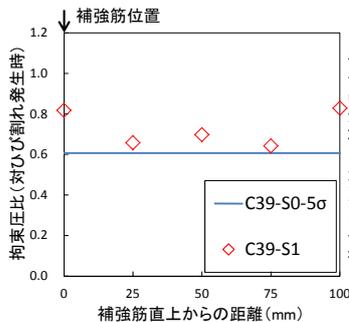
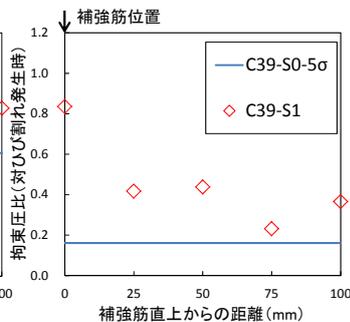


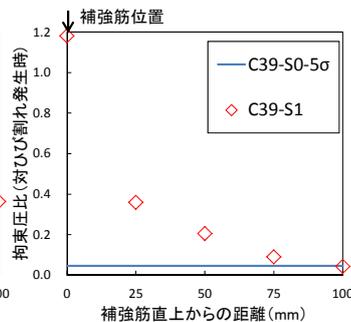
図-2 拘束圧とひび割れ幅の関係



(a) ひび割れ幅 0.1mm



(b) ひび割れ幅 0.5mm



(c) ひび割れ幅 1.0mm

図-3 補強筋の拘束効果の影響範囲

拘束圧の割合(以下、拘束圧比と称す)と補強筋直上からの距離の関係を示す。図中には、C39-S1-5σ 試験体の補強筋直上を含む 5 ヶ所で計測した拘束圧と、補強筋直上から 25mm 離れた位置を含む 4 ヶ所で計測した C39-S1-4σ 試験体の拘束圧を併せて示している。C39-S0-5σ 試験体では、最小かぶり面のひび割れ幅の拡大に伴い拘束圧は全ての計測部で概ね一様に低下したことから、5 ヶ所の平均値を直線で示した。

図-3 より、C39-S0-5σ 試験体は最小かぶり面のひび割れ幅の拡大に伴い拘束圧は一様に低下し、ひび割れ幅 1.0mm の時点ではほぼ消失した。

一方、C39-S1 試験体は補強筋直上からの距離が離れている位置ほど、ひび割れ幅の拡大に伴い拘束圧は低下する傾向にあり、ひび割れ幅 1.0mm の時点では補強筋直上から 75mm 以上離れた位置では、C39-S0-5σ 試験体と同様に拘束圧はほぼ消失した。したがって補強筋の拘束効果はひび割れ幅 1.0mm の時点では、補強筋から 75mm 離れた位置まで期待できると考えられる。

4.2 補強筋の相互影響の検討

図-4 に全パラメータの最小かぶり面のひび割れ幅が 1.0mm 時点の補強筋の拘束効果の影響範囲を示す。拘束圧比の算出方法は 4.1 節と同様の方法である。

図-4 に示すように C39-S5 試験体は補強筋直上の拘束圧に加えて補強筋間の位置における拘束圧の低下も抑制されている。

図-5 には C39-S5 試験体のひび割れ幅 1.0mm における拘束圧比の分布と、C39-S1 試験体の補強筋の影響範囲を重ね合わせ算出した拘束圧比の分布を示す。なお、重ね合わせの際には簡便のためコンクリートの拘束圧はゼロと仮定し、図-4 の値をそのまま重ね合わせた。C39-S5 試験体の拘束圧比の分布と C39-S1 試験体の分布を重ね合わせ算出した分布は近い値を示しており、

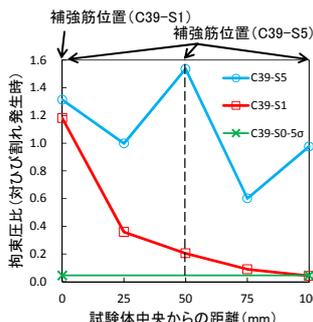


図-4 各パラメータの補強筋の拘束効果の影響範囲 (ひび割れ幅 1.0mm)

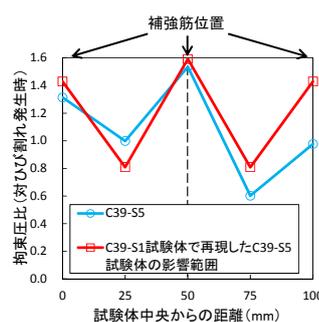


図-5 補強筋の拘束効果の影響範囲の再現 (ひび割れ幅 1.0mm)

各補強筋の影響領域が重複する領域は相互影響が生じるものと考えられる。

5. まとめ

以下に本実験で得られた知見を示す。最小かぶり面にひび割れが発生する時点の拘束圧(最大拘束圧)に及ぼす補強筋量の影響は少ない。

- (1) 補強筋量が多い程、最小かぶり面のひび割れ幅の拡大に伴う拘束圧の低下は抑制される。
- (2) 補強筋の拘束効果の影響範囲は、最小かぶり面のひび割れ幅が 1.0mm に到達した時点でその影響範囲は補強筋直上からおよそ 75mm までの範囲である。
- (3) 補強筋が複数配筋されて、その拘束効果の影響範囲が重なる場合、その領域では拘束効果の相互影響が生じるものと考えられる。

謝辞 本研究の一部は、科学研究費補助金(若手研究(B), 課題番号: 25871031)により行った。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 長岡和真ら：主鉄筋の腐食膨張挙動に対するコンクリートの拘束圧に基づく付着割裂性状評価，コンクリート工学論文集，vol.34，No.1，pp.29-42，2013.5
- 2) 柳益夫ら：鉄筋の腐食による付着劣化に及ぼすスターアップの影響，土木学会第 47 回年次学術講演会講演概要集，V-190，pp410-411，1992