

コンクリートの拘束圧に基づく横補強筋を有する腐食 RC 部材の付着強度評価

長岡工業高等専門学校 学生会員 ○ 葦澤 洋平
 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、付着強度の著しい低下を引き起こす。

一方、横補強筋は腐食に伴う付着強度の低下を抑制することが知られており、これは横補強筋が腐食膨張挙動に対する拘束効果を発揮するためであると報告されている¹⁾。

そこで本研究では、主鉄筋のみが鉄筋腐食を生じた横補強筋を有する RC 部材の付着強度について拘束圧に基づいて検討を行った。

2. 実験概要

試験体概要を図-1に示す。試験体には直径 22mm の円孔を芯かぶり 50mm の位置に設けた。横補強筋には D6 異形鉄筋(SD295A)を使用し、試験体中央に 1 本配筋した。

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²⁾を参照されたい。

実験パラメータは表-1に示す通り、横補強筋本数および圧力測定箇所である。圧力計測は試験体端から 50mm, 100mm, 150mm, 200mm, 250mm の位置(以下、5ヶ所計測)、75mm, 125mm, 175mm, 225mm の位置(以下、4ヶ所計測)で行った。

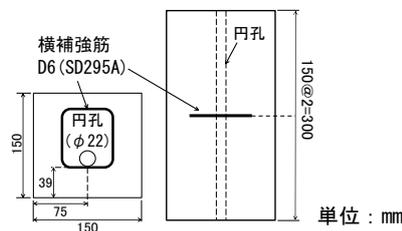
3. 実験結果

図-2に最小かぶり面にひび割れが発生した時点の拘束圧で正規化した拘束圧(以下、拘束圧比)と試験体中央からの距離を最小かぶり面のひび割れ幅 0.1mm, 0.5mm, 1.0mm ごとに示す。図中には 5ヶ所計測および 4ヶ所計測で得られた拘束圧の拘束圧比を併せて示している。

試験体中央の拘束圧比はひび割れ幅が 0.1mm の時点ではひび割れ発生時の拘束圧に比べて低下するが、そ

キーワード 鉄筋腐食, 横補強筋, 拘束圧, 静的破砕剤, 付着強度

連絡先 〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町 888 番地 TEL. 0258-32-6435



(a) 断面図 (b) 正面図

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)	水セメント比(%)	横補強筋本数	計測点数	圧縮強度 (N/mm ²)	横補強筋量 pw(%)※1
C39-S1_W/C60-5σ	39	60	1	5	35.8	0.28
C39-S1_W/C60-4σ				4	28.9	

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

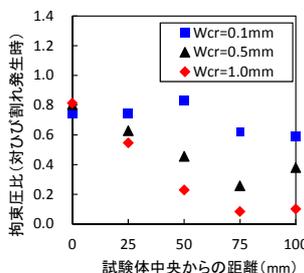


図-2 横補強筋の拘束効果

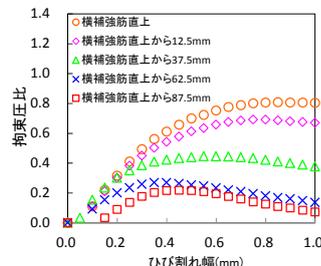


図-3 横補強筋の拘束圧比

の後、ひび割れ幅の拡大に伴う低下は顕著ではなかった。それ以外の箇所では拘束圧比はひび割れ幅の拡大に伴い低下する傾向にあった。

4. 横補強筋の拘束効果の定量化

横補強筋を有する試験体の拘束圧は、コンクリート単体の拘束圧に横補強筋の拘束圧を重ね合わせることで表現できると仮定し、式(1)のように評価することにした。

$$\sigma_A = \sigma_n + \sigma_s \tag{1}$$

ここで、 σ_A : 横補強筋を有する試験体の拘束圧(N/mm²), σ_n : コンクリート単体の拘束圧(N/mm²), σ_s : 横補強筋の拘束圧(N/mm²)である。

横補強筋の各測定点における拘束圧比は、C39-S1_W/C60 試験体の拘束圧比から長岡らが提案した拘束圧算定式³⁾により算出したコンクリート単体の拘束圧比の値を減ずることによって算出した。

さらに、各測定点の計測値のバラツキを抑制するた

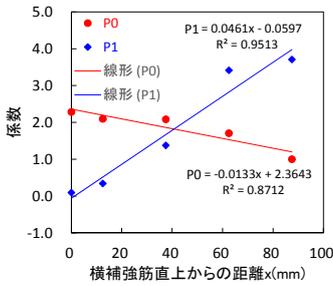


図-4 p_0 および p_1

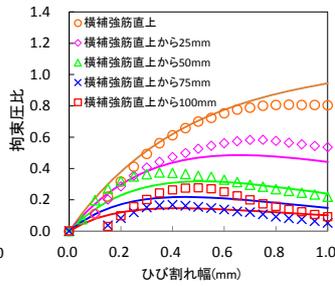


図-5 評価式(2)の適用性評価

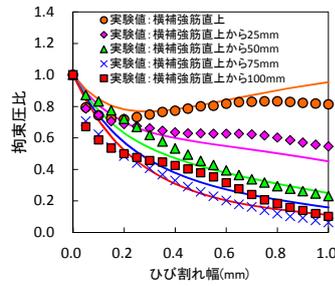


図-6 実験値と合算値の比較

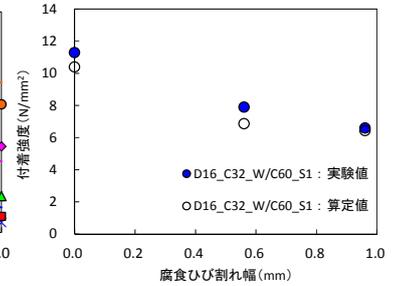


図-7 適用性評価

め、隣接する測定点の値を用いて 2 点移動平均処理を行った。なお、横補強筋直上については 2 点移動平均処理を行っていない。図-3 に 2 点移動平均した横補強筋の拘束圧比と最小かぶり面のひび割れ幅の関係を横補強筋直上からの距離ごとに示す。

本研究では、図-3 に示す横補強筋の拘束圧比を式(2) に示す指数型の関数でモデル化することとした。

$$\frac{\sigma_s}{\sigma_{n-max}} = \frac{p_0}{p_0 - p_1} \{ \exp[-p_1 \cdot W_{cr}] - \exp[-p_0 \cdot W_{cr}] \} \quad (2)$$

$(0.0mm \leq W_{cr} \leq 1.0mm)$

ここで、 σ_s/σ_{n-max} ：横補強筋の拘束圧比、 p_0, p_1 ：横補強筋直上からの距離に関する係数、 W_{cr} ：最小かぶり面のひび割れ幅(mm)である。

図-3 に示した各位置の横補強筋の拘束圧比について、最小二乗法により誤差が最も小さくなるような p_0 および p_1 を求め、図-4 に示す両者の回帰曲線から式(3)、(4)が得られた。

$$p_0 = -0.0133x + 2.3643 \quad (3)$$

$$p_1 = 0.0461x - 0.0597 \quad (4)$$

ここで、 x ：横補強筋直上からの距離(mm)である。

評価式(2)から算出した拘束圧比と C39-S1_W/C60 試験体の横補強筋の拘束圧比を図-5 に示す。図中には実験値をプロット点で、評価式を実線で示す。両者は比較的良好な一致を示している。

評価式(2)より算出した横補強筋の拘束圧比と拘束圧算定式より求めたコンクリート単体の拘束圧比との合算値と、C39-S1_W/C60 試験体の実験値を図-6 に示す。図中には実験値をプロット点で、合算値を実線で示す。図-6 より、合算値と実験値は概ね一致していることから、横補強筋を有する試験体の拘束圧比は、既往のコンクリート単体の拘束圧算定式と横補強筋の拘束効果の評価式を合算することで評価可能であると考えられる。

5. 横補強筋を有する RC 部材の付着強度と拘束圧

既往の研究において、付着割裂挙動が支配的である場合における付着強度と拘束圧の関係について、式(5)が提案されている³⁾。

$$\tau_{cor} = \sigma_n \cdot \cot 54.1^\circ + 2.60 \quad (5)$$

ここで、 τ_{cor} ：腐食 RC 部材の付着強度(N/mm²)、 σ_n ：コンクリート単体の拘束圧(N/mm²)である。

さらに、阿部らは横補強筋を有する主鉄筋のみを腐食させた RC 部材の片側引抜試験を実施し、横補強筋を有しない試験体に比べて付着強度が増加することを明らかにした¹⁾。試験体諸元・実験方法の詳細は文献 1) を参照されたい。本研究では、横補強筋を有する場合の付着強度評価式を式(6)のように評価することにした。

$$\tau_{cor} = \sigma_A \cdot \cot 54.1^\circ + 2.60 \quad (6)$$

ここで、 σ_A ：横補強筋を有する試験体の拘束圧(N/mm²)である。

図-7 は阿部らの引抜試験結果と式(6)より算出した付着強度を比較したものである。横補強筋の拘束圧(σ_s)は式(2)より算出した横補強筋の拘束圧比の分布の平均値に拘束圧算定式より算出した最大拘束圧を乗じることで算出した。コンクリートの拘束圧(σ_n)は拘束圧算定式より算出した。図-7 に示すように両者は比較的良好な一致を示している。

6. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) コンクリートの拘束圧に基づき横補強筋を有する腐食 RC 部材の付着強度評価を行った結果、比較的良好な結果が得られた。

謝辞 本研究は、科研費(25871031)の助成を受けたものである。
参考文献

- 1) 阿部哲雄, 番場俊介, 村上祐貴：鉄筋腐食した RC 部材の付着応力性状に及ぼす横補強筋の影響, コンクリート工学年次論文集, vol.36, No.1, pp.1282-1287, 2014
- 2) 蕪澤洋平, 村上祐貴：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の影響とその影響範囲, コンクリート工学年次論文集, vol.36, No.1, pp.1156-1161, 2014
- 3) 長岡和真, 阿部哲雄, 番場俊介, 村上祐貴：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