

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 20 日現在

機関番号：53101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25871031

研究課題名(和文) 腐食ひび割れプロファイルに基づく鉄筋コンクリート内部の鋼材腐食プロファイルの推定

研究課題名(英文) Prediction of corroded reinforcement profile using longitudinal corrosion crack profile at the reinforced concrete surface

研究代表者

村上 祐貴 (MURAKAMI, Yuki)

長岡工業高等専門学校・環境都市工学科・准教授

研究者番号：70509166

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、腐食膨張挙動に対するコンクリートの拘束圧測定実験を実施し、腐食ひび割れプロファイルと腐食プロファイルの関係性をコンクリートの拘束圧に着目して明らかにすることを目的とした。主鉄筋の腐食膨張挙動に対するコンクリートや補強筋の拘束圧を考慮することで、かぶり面の腐食ひび割れ幅から、鉄筋腐食量を評価する手法を提案した。本評価手法を適用した場合、せん断補強筋量によらず腐食した鉄筋径と主鉄筋軸方向の腐食ひび割れ幅の間に一義的な対応関係が認められた。補強筋の腐食の影響や腐食生成物の弾性係数を適切に考慮することで、かぶりコンクリートの腐食ひび割れ幅から鉄筋腐食量を評価することが可能であると考えられる。

研究成果の概要(英文)：In this study, the relationship between longitudinal corrosion crack width at the concrete surface and amount of corrosion of main reinforcement was investigated by accelerated electrolytic corrosion tests on RC specimens with different shear reinforcement ratio. The confinement stress of concrete and shear reinforcements against corrosion expansion was evaluated by conducting an expansion simulation using a non-explosive demolition agent on RC specimens with different cover depth and compressive strength.

As a result, it is important to consider the confinement stress for predicting the amount of corrosion of reinforcement from the corrosion crack width. It seems that the proposed model can be evaluated the diameter of corrosion reinforcement under the confinement stress by setting reasonable elastic modulus of corrosion product and taking into corrosion of shear reinforcements.

研究分野：コンクリート工学、維持管理工学

キーワード：鉄筋腐食 腐食ひび割れ幅 腐食量 腐食膨張挙動 コンクリートの拘束圧

様式 C-19, F-19, Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

既存 RC (鉄筋コンクリート) 構造物内部の塩害による鉄筋腐食が全国的な問題となっている。鉄筋腐食した RC 構造物の劣化度の評価は、目視による外観変状調査に基づき、いくつかのグレードに分類する半定量的評価であり、耐荷力や変形性能などの構造性能を評価するものにはなっていない。限られた予算の中で、これら構造物の安全性を担保して維持管理していくためには、現有構造性能に基づき、補修・補強や更新の判断、それら対策実施の優先順位を決定する必要がある。腐食 RC 構造物の現有構造性能評価の実現には、本研究課題である鋼材腐食プロファイル (腐食量・腐食領域) と付着劣化プロファイル (付着劣化程度・劣化領域) が必要不可欠であるが、これらのプロファイルを取得することが非常に難しい。

2. 研究の目的

財政の厳しい自治体では、社会的重要度の低い社会資本設備は、予防保全的な維持管理が見送られるケースがある。

本研究では、予防保全的な維持管理が行えず、加速期後期から劣化期にある既存構造物を対象として、通常点検で得られるかぶりコンクリートの腐食ひび割れ幅や発生領域 (腐食ひび割れプロファイル) から、構造物内部の鋼材腐食プロファイルを定量的に評価可能とし、現有構造性能に基づく安全性評価に必要な不可欠な情報を提供する位置づけにある。

腐食ひび割れ発生・拡大の駆動力は腐食生成物の膨張変位 (体積膨張) である。この体積膨張はコンクリートや補強筋の抵抗を受けるため、腐食量と腐食ひび割れ幅の関係は、コンクリートや補強筋の抵抗度 (拘束圧) によって異なる。

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測定実験を実施し、腐食ひび割れプロファイルと鋼材腐食プロファイルの関係性をコンクリートの拘束圧に着目して明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 主鉄筋の腐食膨張挙動に対するコンクリートおよび補強筋の拘束圧測定試験

試験体概要および実験方法

試験体概要を図-1に示す。試験体は断面が 150mm×150mm、高さ 300mm の角柱試験体であり、直径 22mm の円孔を所定の位置に設けた。横補強筋には D6 異形鉄筋 (SD295A) を使用し、補強筋の配筋間隔は図-1(c)に示す通りである。補強筋にはコンクリートの定着を目的として鋭角フックを設け、その定着長は 40mm とした。

本実験では図-2に示す鋼管パイプを用いて拘束圧を測定した。鋼管パイプは圧力計測部と接続部がねじ部により連結されており、各圧力計測部の内曲面には 2 軸のひずみゲ

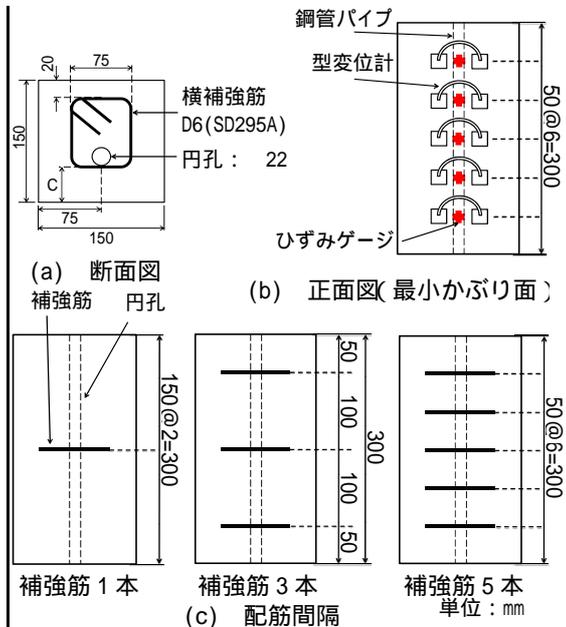


図-1 試験体概要

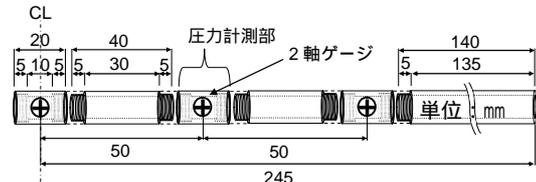


図-2 圧力計測鋼管パイプ

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 (%)	
C29-S0 W/C60-5	29	60	0	5	37.1	-	
C39-S0 W/C60-5	39				34.8	-	
C49-S0 W/C60-5	49				39.0	-	
C29-S1 W/C60-5	29	60	1	5	32.3	0.28	
C29-S1 W/C60-4					4		35.0
C39-S1 W/C30-5	39	30	1	5	70.9	0.28	
C39-S1 W/C30-4					4		70.1
C39-S1 W/C45-5					5		42.2
C39-S1 W/C45-4	45	45	1	5	41.8	0.28	
C39-S1 W/C60-5					4		35.8
C39-S1 W/C60-4	60	60	1	5	28.9	0.28	
C39-S3 W/C60-5					3		31.4
C39-S3 W/C60-4					4		31.2
C39-S5 W/C60-5	39	60	5	5	32.9	0.84	
C39-S5 W/C60-4					4		35.0
C49-S1 W/C60-5					5		31.4
C49-S1 W/C60-4	49	60	1	4	32.3	0.28	

1 pw=2A_s/bs A_s: 鉄筋公称断面積, b: 試験体幅, s: 補

表-2 配合表

W/C (%)	単位量 (kg/m ³)						
	水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	AE減水剤	高性能 AE減水剤	AE剤
60	155	258	835	1040	2.58	-	-
45		344	803	1000	7.71	-	-
30		517	739	920	-	5.17	0.06

ジが 3 枚貼り付けてある。

鋼管パイプを円孔内に挿入し、鋼管パイプと円孔の隙間に静的破砕剤を充填して膨張圧を発生させた。静的破砕剤の膨張挙動は、液圧的であることが既往の研究で報告されていることから、拘束圧は鋼管パイプに作用する外圧と等価であると仮定し、圧力計測部の内曲面に貼り付けてある 2 軸のひずみゲージで、鋼管に生じる軸方向および円周方向のひずみを計測し、計測したひずみ値に中空円筒理論を適用して拘束圧を算出した。

また、図-1(b)に示すように、試験体の最小かぶり面には、圧力計測部直上に π 型変位計を設置し、膨張圧に起因する縦ひび割れ幅の計測を行った。

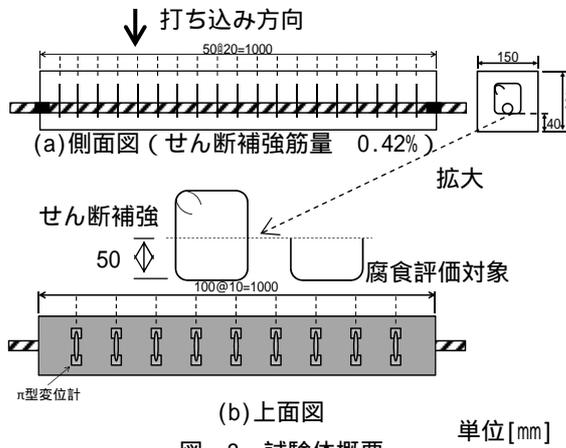


図 - 3 試験体概要

実験パラメータ

実験パラメータは表 - 1 に示す通り、かぶり厚、水セメント比、横補強筋本数および圧力測定箇所である。かぶり厚は 49mm, 39mm, 29mm の 3 水準、水セメント比は 60%, 45%, 30% の 3 水準とした。圧力計測点は試験体端から 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)で計測を行った。なお、横補強筋を有していない試験体は 5ヶ所でのみ計測を行った。

コンクリートの配合を表 - 2 に示す。セメントは早強ポルトランドセメントを使用した。

(2)鉄筋腐食した RC 試験体のかぶり面の腐食ひび割れ幅測定試験

試験体概要

試験体概要の一例を図 - 3 に示す。試験体は断面が 150mm × 150mm、長さ 1000mm の角柱試験体であり、主鉄筋に D22(SD345)、せん断補強筋に D6(SD295A)を用いた。せん断補強筋を有する試験体は 3 体であり、それぞれ試験体中央から 50mm 間隔、100mm 間隔、150mm 間隔でせん断補強筋を配筋した。

最小かぶり面の主鉄筋軸方向の腐食ひび割れ幅を計測するため、図 - 3(b)に示すように試験体端から 100mm 間隔で型変位計を 9ヶ所設置した。

実験パラメータは表 - 3 に示すように、せん断補強筋量を実験水準とした。各パラメータにつき試験体は 1 体作成した。

コンクリートの配合を表 - 4 に示す。セメントは早強ポルトランドセメントを使用し、練り混ぜ水には 5%NaCl 水溶液を用いた。

電食試験方法

鉄筋腐食の促進方法は電食試験を採用し、材齢 10 日の時点から、所定の積算電流量 (475.2hr · A) に到達するまで、主鉄筋に直流電流を 0.66A 通電した。

4. 研究成果

(1)腐食膨張挙動に対する横補強筋の拘束圧に及ぼす各種要因

図 - 4 に最大拘束圧で正規化した各ひび割

表 - 3 実験パラメータ

試験体名	せん断補強筋間隔(mm)	せん断補強筋量Pw(%)	主鉄筋の平均腐食率(%)	せん断補強筋の平均腐食率(%)	圧縮強度(N/mm ²)
S 0.00%		0.00	5.33		25.1
S 0.14%	150	0.14	3.04	8.98	27.8
S 0.21%	100	0.21	2.90	10.03	27.8
S 0.42%	50	0.42	5.47	12.22	32.9

$P_w = A_s / b_s$ A_s : せん断補強筋の公称断面積(mm²) b_s : 試験体幅(mm) s : せん断補強筋間隔(mm)

表 - 4 コンクリートの配合表

G _{max} (mm)	W/C (%)	単位量(kg/m ³)				
		水	セメント	細骨材	粗骨材	AE減水剤
W	C	S	G			
25	60	155	258	835	1040	1.29

れ時における拘束圧比と横補強筋直上からの距離の関係をかぶり厚毎に示す。なお、最大拘束圧の定義は最小かぶり面にひび割れが生じる時点の拘束圧とし、試験体の各圧力計測部で計測したひび割れ発生時の拘束圧を平均化した値である。横補強筋 1 本あたりの拘束圧比の影響範囲を検討するに際し、同一パラメータの 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。

いずれのかぶり厚においても、試験体中央(補強筋直上)の拘束圧比はひび割れ幅が拡大しても低下せず、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。

図 - 5 に各ひび割れ幅における、横補強筋の拘束効果の影響範囲の面積をかぶり厚毎に示す。なお、影響範囲の面積は、図 - 4 に示した実験結果を試験体中央から 100mm までの区間で試験体中央からの距離 25mm を刻み幅とした台形および三角形の面積として算出した。図 - 5 より、かぶり厚が大きいほど影響範囲の面積は小さく、横補強筋の拘束効果の影響範囲の面積はかぶり厚の影響を受けることが分かる。

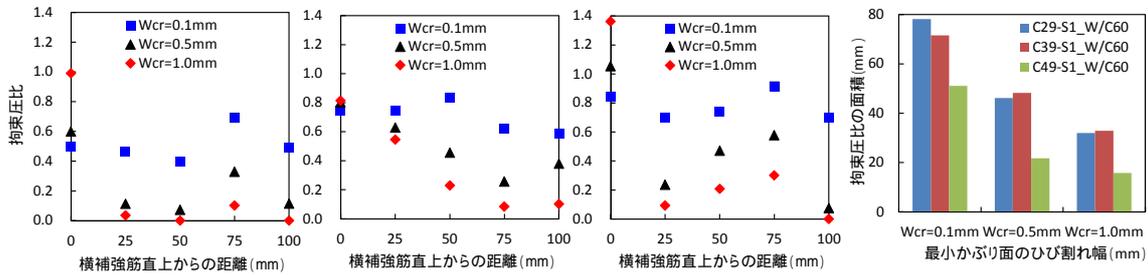
図 - 6 には各ひび割れ時における拘束圧比と横補強筋直上からの距離の関係を水セメント比別に示す。水セメント比の違いによらず、試験体中央の拘束圧比はひび割れ幅が拡大しても低下せず、それ以外の箇所では拘束圧比はひび割れ幅の拡大に伴い低下する傾向にあった。図 - 7 に水セメント比について図 - 5 と同様の方法で求めた影響範囲の面積を示す。図 - 7 より、水セメント比が小さい(圧縮強度が大きい)ほど影響範囲の面積は小さくなる傾向にあり、横補強筋の拘束効果の影響範囲の面積は圧縮強度の影響を受けることが分かる。

(2)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。

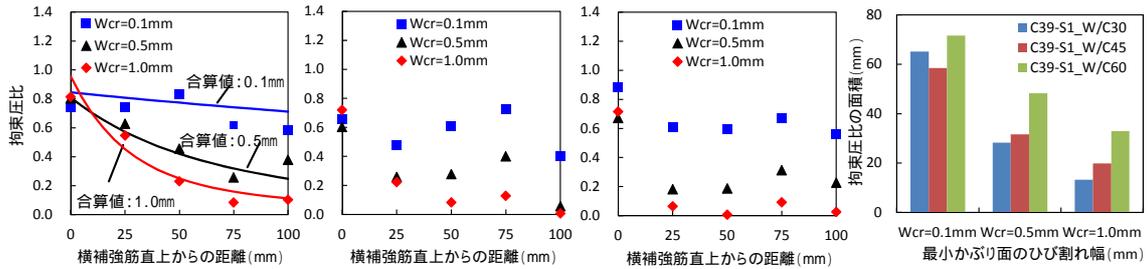
$$\sigma_A = \sigma_n + \sigma_s \quad (1)$$

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)



(a) C49-S1_W/C60 (b) C39-S1_W/C60 (c) C29-S1_W/C60

図 - 5 影響範囲の面積 (かぶり厚別)



(a) C39-S1_W/C60 (b) C39-S1_W/C45 (c) C39-S1_W/C30

図 - 7 影響範囲の面積 (W/C 別)

図 - 4 横補強筋の拘束効果の影響範囲-かぶり厚別

図 - 6 横補強筋の拘束効果の影響範囲-W/C 別

である。

横補強筋の拘束圧比

本研究では、(4) で後述する横補強筋を複数本有する試験体の拘束効果の影響範囲の分布を検討するため、C39-S3_W/C60 および C39-S5_W/C60 試験体とかぶり水セメント比が同じである C39-S1_W/C60 試験体について定量化を行った。

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（実験値）から式(2)に示す拘束圧算定式により算出したコンクリート単体の拘束圧の拘束圧比の値を減ずることで算出した。

$$\sigma_n = \exp(-\alpha \cdot W_{cr}) \cdot \sigma_{n-\max}$$

$$\sigma_{n-\max} = 4.05 \frac{C_1}{\phi} + 0.103 f'_c - 3.65$$

$$\alpha = (-0.407 \ln C_2 + 2.12) \cdot f'_c{}^{2/3}$$

$$\left(\begin{array}{l} 1.32 \leq \frac{C_1}{\phi} \leq 4.19, 22.6 \leq f'_c \leq 55.5 \\ \frac{C_2 + \phi/2}{C_1 + \phi/2} > 1.50 \text{ の場合 } C_2 = 1.50 C_1 + \frac{\phi}{4} \end{array} \right) \quad (2)$$

ここで、 σ_n ：拘束圧(N/mm²)、 W_{cr} ：最小かぶり面のひび割れ幅(mm)、 α ：拘束圧の低下割合に関する係数、 $\sigma_{n-\max}$ ：最大拘束圧(N/mm²)、 C_1/ϕ ：円孔径に対する最小かぶり厚の比、 f'_c ：コンクリートの圧縮強度(N/mm²)、 C_1, C_2 ：最小かぶり厚および横かぶり厚(mm)、 $(C_2 + \phi/2)/(C_1 + \phi/2)$ ：横縦かぶり比である。

図 - 8 に補強筋直上以外の箇所の拘束圧を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 - 8 に示す横補強筋の拘束圧比を式(3)に示す指数型の関数でモデル化

することとした。

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

$$(0.0\text{mm} \leq W_{cr} \leq 1.0\text{mm}) \quad (3)$$

ここで、 $\sigma_s/\sigma_{n-\max}$ ：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 - 8 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 - 9 に示す両者の回帰直線から式(4)、(5)が得られた。

$$p_0 = -0.0133x + 2.3643 \quad (4)$$

$$p_1 = 0.0461x - 0.0597 \quad (5)$$

ここで、 x ：横補強筋直上からの距離(mm)である。

適用性評価

図 - 10 は、C39-S1_W/C60 試験体に対し、式(3)より算出した拘束圧比と実験値を比較したものである。両者は比較的良好な一致を示している。

評価式(3)より算出した横補強筋の拘束圧比と式(2)より求めたコンクリート単体の拘束圧の拘束圧比との合算値と、C39-S1_W/C60 試験体の実験値を図 - 11 に示す。なお、図中には実験値をプロット点で、合算値を実線で示す。図 - 11 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。

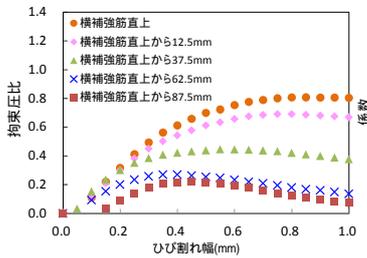


図 - 8 横補強筋の拘束圧比 (移動平均)

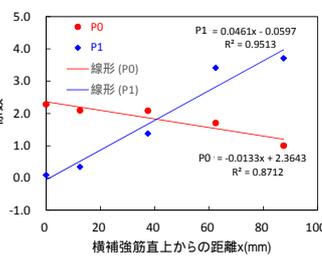


図 - 9 p_0 および p_1

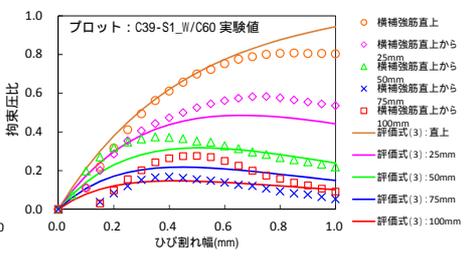


図 - 10 評値式(3)の適用性評価

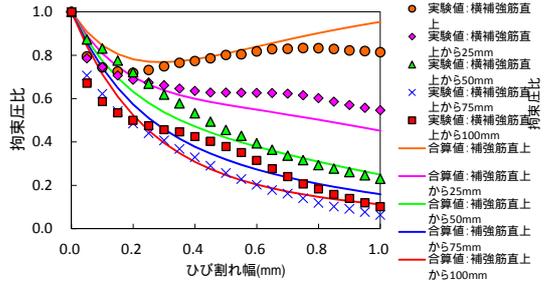
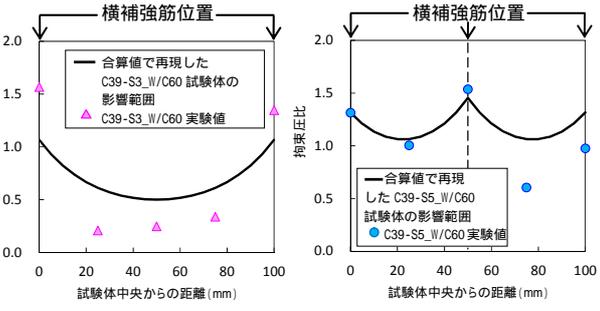


図 - 11 実験値と合算値の比較



(a) C39-S3_W/C60 試験体 (b) C39-S5_W/C60 試験体

図 - 12 横補強筋の拘束効果の重ね合わせ

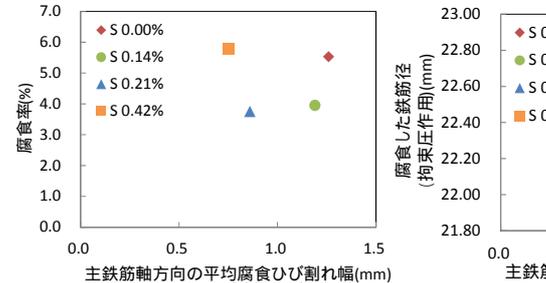
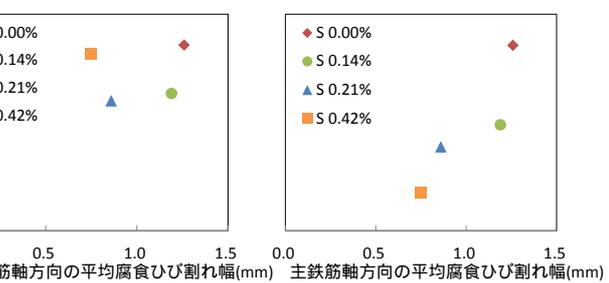


図 - 13 主鉄筋の腐食率と主鉄筋軸方向の平均腐食ひび割れ幅



(a) $E_r : 200N/mm^2$ (b) $E_r : 20N/mm^2$
図 - 14 腐食した鉄筋径と主鉄筋軸方向の平均腐食ひび割れ幅

横補強筋の拘束効果の影響範囲の分布 (3) で算出した、コンクリートの拘束圧比と横補強筋の拘束圧比の合算値と横補強筋直上からの距離の関係を図 - 6(a)に示す。図 - 6(a)に示す合算値と横補強筋直上からの距離の関係は、C39-S1_W/C60 試験体の実験値と概ね一致している。

図 - 12には、図 - 6(a)に示した合算値を重ね合わせて再現した C39-S3_W/C60 試験体と C39-S5_W/C60 試験体の影響範囲を示す。なお、図中には両試験体の実験値も合わせて示す。一部の測定点において差異が大きいものの、概ね影響範囲の分布の傾向を再現できていることから、評価式を用いて得られた合算値を重ね合わせるにより、横補強筋の拘束効果の相互の影響についても評価可能であると考えられる。

(3)鉄筋腐食した RC 試験体のかぶり面の腐食ひび割れ幅

拘束圧を考慮した腐食鉄筋径の評価

図 - 13 に主鉄筋の平均腐食率と主鉄筋軸方向の平均腐食ひび割れ幅の関係を示す。S 0.00%試験体と S0.42%試験体および S 0.14%試験体と S0.21%試験体は同等の腐食率にもかかわらず、腐食ひび割れ幅が異なる

傾向にある。これは、せん断補強筋の間隔によって、試験体内の拘束効果の分布が異なるためである。

腐食ひび割れ発生メカニズムは、主鉄筋が腐食し、その腐食生成物がコンクリートやせん断補強筋の拘束を受けながら膨張することにより、ひび割れが発生する。したがって、主鉄筋腐食量を推定する際には、拘束下における腐食した鉄筋径とひび割れ幅を関連付ける必要がある。

本研究では、腐食した鉄筋径の拘束圧による変化を既往の研究を参考に中空円筒理論を用いて拘束圧作用下における腐食した鉄筋径を算出した。その際、まだ腐食していない鉄筋に生じる圧力 q_0 は、式(6)の q_1 に試験終了時の拘束圧 σ_A を与えることにより算出した。

$$q_0 = \frac{q_1 E_s (-2\nu_r K_1^2 + 2K_1^2)(1 + \nu_r)}{(1 - \nu_s)(K_1^2 - 1)E_r + (1 + \nu_s)E_s - 2\nu_r E_s(1 + \nu_r) + K_1^2 E_s(1 + \nu_s)} \quad (6)$$

ここで、 q_0 : 内圧(N/mm²)、 q_1 : 外圧(拘束圧 σ_A)(N/mm²)、 E_r : 腐食生成物の弾性係数(N/mm²)、 E_s : 鉄筋の弾性係数(N/mm²)、 ν_r :

腐食生成物のポアソン比(0.3), ν_s :鉄筋のポアソン比(0.3), K_1 :腐食生成物により増加した鉄筋の外周径(無拘束下)(mm)/腐食により減少した鉄筋の内周径(mm)である。既往の研究を参考に,電食させた際の腐食生成物の弾性係数を 200N/mm^2 , 20N/mm^2 の 2 ケースで計算を行った。

図 - 14(a), (b) は腐食生成物の弾性係数 E_r を 200N/mm^2 および 20N/mm^2 として算出した鉄筋径と腐食ひび割れ幅の関係である。 $E_r: 200\text{N/mm}^2$ の場合, 腐食した鉄筋径とひび割れ幅の関係は, 図 - 13 に示した主鉄筋の腐食率と平均ひび割れ幅の関係と同じ傾向にあり, 拘束圧を考慮したとしても, 腐食した鉄筋径と腐食ひび割れ幅の間に一義的な対応関係は認められない。

一方, $E_r: 20\text{N/mm}^2$ の場合, せん断補強筋量によらず腐食した鉄筋径と主鉄筋軸方向の腐食ひび割れ幅の間には, 一義的な対応関係が認められた。

以上のように, 本研究では主鉄筋の腐食膨張挙動に対するコンクリートや補強筋の拘束圧を考慮することで, かぶり面の腐食ひび割れ幅から, 鉄筋腐食量を評価する手法を提案した。本評価手法は, せん断補強筋量によらず腐食した鉄筋径と主鉄筋軸方向の腐食ひび割れ幅の間に一義的な対応関係が認められた。様々な断面諸元の試験体に対して図 - 14 の関係を明らかにするとともに, 補強筋の腐食の影響や腐食生成物の弾性係数を適切に考慮することで, かぶりコンクリートの腐食ひび割れ幅から鉄筋腐食量を評価することが可能であると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 5 件)

長谷川貴哉, 村上祐貴: 主鉄筋の腐食膨張挙動に対する腐食を生じた補強筋の拘束効果, コンクリート工学年次論文集, 査読有 (2016 年 7 月掲載決定)

刈谷潤貴, 村上祐貴: せん断補強筋が主鉄筋腐食量とかぶり表面の腐食ひび割れ幅の关系到及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, 査読有 (2016 年 7 月掲載決定)

葦澤 洋平, 村上祐貴: 腐食膨張挙動に対する横補強筋の拘束効果に及ぼすコンクリートの圧縮強度およびかぶりの影響, コンクリート工学年次論文集, vol.37, No.1, pp.967-972, 2015, 査読有, http://data.jci-net.or.jp/data_html/37/037-01-1156.html

刈谷潤貴, 高木大地, 村上祐貴: 腐食膨張挙動に対するコンクリートの拘束圧が鉄筋腐食量とかぶり表面の腐食ひび割れ幅の关系到及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, vol.36, No.1, pp.1174-1179, 2014, 査読有, http://data.jci-net.or.jp/data_html/36/036-01-1189.html

葦澤 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, 1156-1161, 2014, 査読有【年次論文奨励賞受賞】, http://data.jci-net.or.jp/data_html/36/036-01-1186.html

〔学会発表〕(計 6 件)

刈谷潤貴, 葦澤洋平, 村上祐貴: かぶりおよび圧縮強度が横補強筋を有する RC 部材の腐食膨張挙動に対する拘束圧に及ぼす影響, 土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, Vol.42, V-47, 2015.3.6, 東海大学(神奈川県・平塚市), 査読無
覚張 涼平, 刈谷潤貴, 村上祐貴: かぶり表面の腐食ひび割れ幅と腐食膨張挙動に対するコンクリートの拘束圧に基づく鉄筋コンクリート内部の鋼材腐食量の推定, 土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, Vol.42, V-49, 2015.3.6, 東海大学(神奈川県・平塚市), 査読無

葦澤洋平, 村上祐貴: 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, 土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, Vol.42, V-48, 2015.3.6, 東海大学(神奈川県・平塚市), 査読無

高木大地, 刈谷潤貴, 村上祐貴: 横補強筋が鉄筋腐食量とかぶり表面の腐食ひび割れ幅の关系到及ぼす影響, 土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, Vol.41, V-4, 2014.3.13, アオーレ長岡(新潟県・長岡市), 査読無, <https://www.jsce.or.jp/library/open/proc/maglist2/00035/index.htm>

刈谷潤貴, 高木大地, 村上祐貴: かぶりや鉄筋径の違いが鉄筋腐食量とかぶり表面の腐食ひび割れ幅との关系到及ぼす影響, 土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, Vol.41, V-3, 2014.3.13, アオーレ長岡(新潟県・長岡市), 査読無, <https://www.jsce.or.jp/library/open/proc/maglist2/00035/index.htm>

葦澤洋平, 杉澤元次郎, 村上祐貴: 腐食膨張挙動に対する補強筋のコンクリート拘束効果, 土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, Vol.41, V-8, 2014.3.13, アオーレ長岡(新潟県・長岡市), 査読無, <https://www.jsce.or.jp/library/open/proc/maglist2/00035/index.htm>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

村上 祐貴 (MURAKAMI, YUKI)

長岡工業高等専門学校・環境都市工学科・准教授

研究者番号: 70509166