

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

長岡工業高等専門学校 学生会員 ○寛張 涼平 刈谷 潤貴
正会員 村上 祐貴

1. はじめに

塩害による既存 RC 構造物内部の鉄筋腐食は、耐荷性や変形性といった構造性能に大きな影響を及ぼす。鉄筋腐食した RC 構造物の構造性能を定量的に評価するためには、構造物内部の鉄筋腐食性状を 3 次元的に把握する必要がある。これまでに、点検業務で比較的容易に取得のできる腐食ひび割れ幅から RC 部材内部の鉄筋腐食量を推定する試みがなされてきたが、腐食ひび割れ幅と鉄筋腐食量の関係は研究ごとに相違しており、実務で適用可能な段階までには至っていない。この要因としては、腐食ひび割れ幅と鉄筋腐食量の関係が、腐食膨張挙動に対するコンクリートの拘束圧の影響を受け、その拘束圧は、コンクリート強度、かぶり、鉄筋径等によって変化することが考えられる。

そこで本研究では、かぶり、鉄筋径が腐食膨張挙動に及ぼす影響をコンクリートの拘束圧として評価し、腐食ひび割れ幅およびコンクリートの拘束圧に基づき、鉄筋腐食量の推定を行った。

2. 試験概要

2.1 試験体

試験体概要を図-1(a)、(b)に示す。試験体断面は 150×150、長さ 150mm の角柱試験体である。π型変位計を、最小かぶり面の鉄筋軸直上に試験体端から 25mm、75mm、125mm の位置に設置し、鉄筋軸方向の腐食ひび割れ幅を計測した。

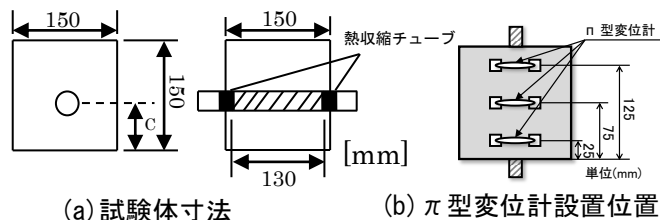
実験パラメータを表-1に示す。実験パラメータは鉄筋径(D)、芯かぶり(C)であり、各パラメータにつき試験体は 3 体作成した。なお、試験結果は文献 1)で既報済である。

2.2 電食試験方法

図-2 に電食試験概要を示す。鉄筋の腐食手法は電食試験を採用し、材齢 7 日の時点で直流安定化電源装置を用いて直流電流を主鉄筋に 0.1A 通電した。

2.3 腐食膨張挙動に対するコンクリートの拘束圧

前述したように、コンクリートのかぶり表面の腐食



(a) 試験体寸法 (b) π型変位計設置位置

図-1 試験体概要

表-1 実験パラメータ

試験体	芯かぶりC (mm)	鉄筋径D (mm)	圧縮強度 (N/mm ²)	積算電流量 (hr・A)	腐食量 (mg/cm ²)
D13_C40	40	13	29.1	17.0	145.1
D13_C50	50		29.8	17.0	181.9
D13_C60	60		29.8	17.0	180.1
D16_C40	40	16	26.0	18.3	172.1
D16_C50	50		29.1	17.0	134.6
D16_C60	60		34.3	17.0	164.3
D22_C40	40	22	30.9	17.0	67.2
D22_C50	50		34.1	17.0	48.9
D22_C60	60		30.9	17.0	40.3

※D16_C40 のみ積算電流量が 18.3hr・A である

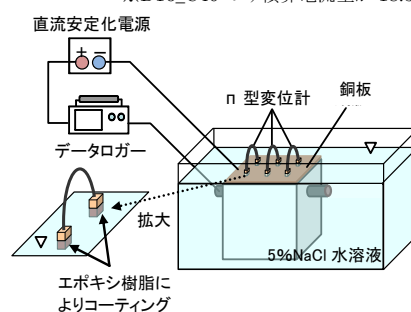


図-2 電食試験概要

ひび割れ幅と鉄筋腐食量の関係は、腐食膨張挙動に対するコンクリートの拘束圧の影響を大きく受けるものと考えられる。長岡らは、静的破砕剤を用いた腐食膨張模擬実験を実施し、腐食膨張挙動に対するコンクリートの拘束圧算定式を提案した²⁾。本研究では、式(1)に示す拘束圧算定式から各試験体の拘束圧を算定し、その拘束圧に基き、鉄筋腐食量の推定を行った。

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

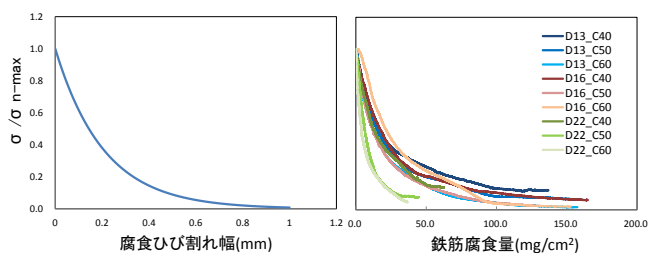
$$\sigma_{n-\max} = 4.05 \frac{C_1}{\phi} + 0.103 f'_c - 3.65$$

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

$$\left(\begin{array}{l} 1.32 \leq \frac{C_1}{\phi} \leq 4.19, 22.6 \leq f'_c \leq 55.5 \\ \frac{C_2 + \phi/2}{C_1 + \phi/2} > 1.50 \text{ の場合 } C_2 = 1.50 C_1 + \frac{\phi}{4} \end{array} \right) \quad (1)$$

キーワード 鉄筋腐食、腐食ひび割れ幅、腐食量、コンクリートの拘束圧

連絡先 〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町 888 番地 長岡工業高等専門学校 TEL0258-34-9276



(a) 腐食ひび割れ幅

(b) 鉄筋腐食量

図-3 同一拘束圧に基づく腐食ひび割れ幅と鉄筋腐食量

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), σ_{n-max} : 最大拘束圧(N/mm²), C_1 : 最小かぶり(mm), ϕ : 円孔径(鉄筋径)(mm), f'_c : 圧縮強度(N/mm²), C_2 : 横かぶり(mm)である.

3. 試験結果

図-3(a), (b)にそれぞれ, 拘束圧比と腐食ひび割れ幅および鉄筋腐食量の関係を示す. 図-3(a)は, 式(1)に示した拘束圧算定式より算出した結果である. ここで拘束圧比とは, 拘束圧(σ_n)を最大拘束圧(σ_{n-max})で正規化した値である.

図-3(b)は各試験体の拘束圧比を, 計測したひび割れ幅を式(1)に代入して算出した. 各計測時の腐食量は, 腐食量と通電時間と線形的な比例関係にあると仮定して試験終了時の腐食量から算出した.

図-3(a)の拘束圧比と腐食ひび割れ幅の関係を式(2)に示す.

$$\frac{\sigma_n}{\sigma_{n-max}} = e^{-\alpha w_{cr}} \quad (2)$$

図-3(b)に示す拘束圧比と鉄筋腐食量(C_{or})の関係を式(3)のように評価した.

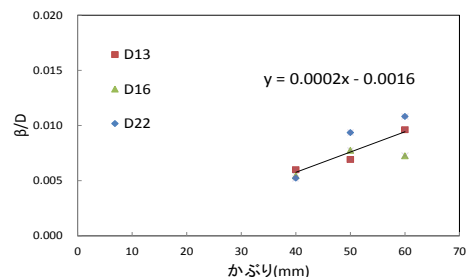
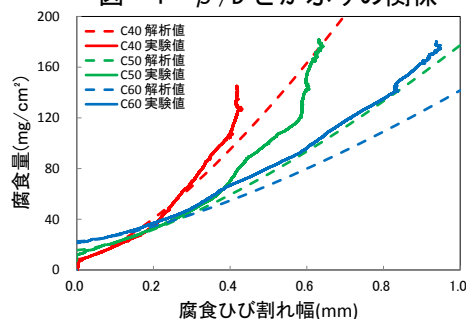
$$\frac{\sigma_n}{\sigma_{n-max}} = e^{-\beta C_{or}^\gamma} \quad (3)$$

式(2)および式(3)より腐食ひび割れ幅(W_{cr})と鉄筋腐食量(C_{or})の関係は式(4)に示すようになる.

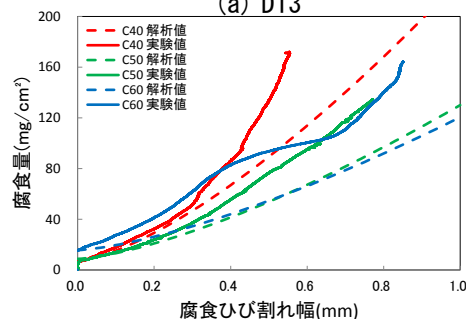
$$C_{or} = \sqrt[\gamma]{\frac{\alpha}{\beta} w_{cr}} \quad (4)$$

図-4に鉄筋径 D で除した β/D とかぶりの関係を示す. 係数 β は式(3)と実験結果を比較し, 最小二乗法により決定した. なお, γ は 0.7 として計算した. 図-4より β/D はかぶりの増加に応じて線形的に増加し, 同一かぶりにおける β/D は鉄筋径によらずほぼ同様の値を示した.

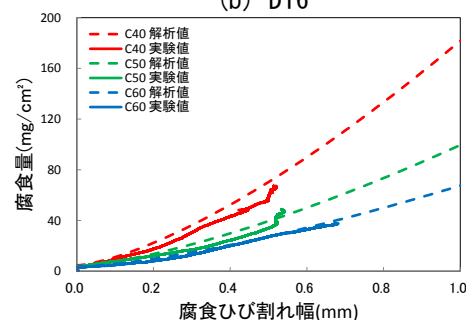
図-5(a) ~ (c)に腐食量と腐食ひび割れ幅の関係の実験値と解析値を示す. 解析値は式(4)より算出した値に実験値から推定した腐食ひび割れ発生限界腐食量を

図-4 β/D とかぶりの関係

(a) D13



(b) D16



(c) D22

図-5 解析値と実験値

足し合わせた値である¹⁾. なお, β は図-4に示す近似直線から β/D を求め, 鉄筋径を乗することで算出した.

図-5に示すように, 一部の試験体で差異は大きいものの, 解析値と実験値は比較的良好な一致を示した.

4. まとめ

提案した拘束圧に基づいた腐食量算定式は, 実験値と比較的良好な一致を示した.

謝辞 本研究は科学研究補助金(若手研究(B), 課題番号: 25871031)の助成を受けたものである.

参考文献

- 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関係に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, vol.36, No.1, pp.1174-1179, 2014
- 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