

腐食ひび割れを受けたコンクリート構造物の 維持管理手法の確立

京都大学 山本 貴士

E-mail : yamamoto.takashi.6u@kyoto-u.ac.jp

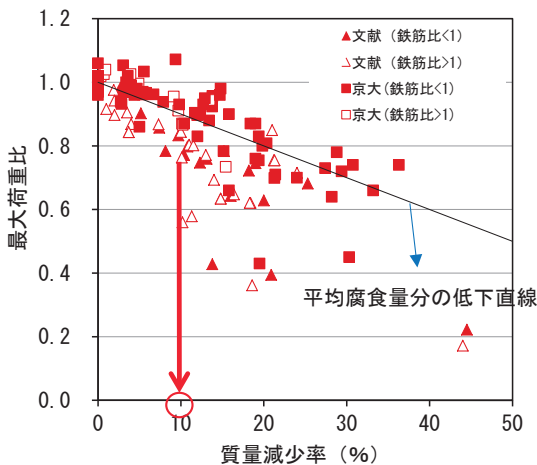


研究開発の目的

既存コンクリート構造物の外観変状と性能を関連付けた概略性能評価手法（以下、グレーディング）は、簡便な手法であるものの、性能の評価や詳細調査の要否判断には、工学的判断や経験が求められる。しかし、今後、熟練の技術者が減少していく中で、性能の評価、判定が難しくなる可能性がある。そこで、鉄筋腐食 RC はり供試体の載荷実験結果を整理することにより、耐荷力の低下が、部材の平均的な腐食量で評価できなくなる上限の腐食量を提案し、この限界腐食量について、部材表面の腐食ひび割れ幅から推定するために必要な腐食ひび割れ幅と腐食量の関係を構築した。この上限の腐食量に相当する限界ひび割れ幅を用いて、詳細調査の要否をスクリーニングするための目視点検手法を提案するとともに、腐食生成物の環境依存性を明らかにして、構造物の置かれる環境から腐食進展の概略予測ができる技術を開発した。

研究開発の内容

詳細調査の要否判定に用いる限界の腐食量



健全状態で曲げ引張破壊を生じる RC 曲げ部材

質量減少率（部材の平均的な腐食量）が 10% 程度までは平均腐食量で評価可能

質量減少率 10% 以上で耐荷力の低下が大きくなる場合がある。

▶ 鉄筋の断面のばらつきが大きくなり、局所断面で最大荷重が決定することにより、耐荷力が低下しやすくなる。

▶ 破壊形式が変化することがあり、破壊形式の変化に伴って耐荷力が低下しやすくなる。

- ・低鉄筋比の場合、引張鉄筋破断破壊
- ・高鉄筋比の場合、付着割裂（せん断引張）破壊

腐食量－腐食ひび割れ幅関係の構築

RBSMIによる数値シミュレーションと定式化

$$r_{loss} = \frac{1.5}{\gamma - 1} \left(r_0 + \frac{w}{0.024 \left(\frac{c}{L_{sp}} \right)} \right) \dots \dots \text{(式①)}$$

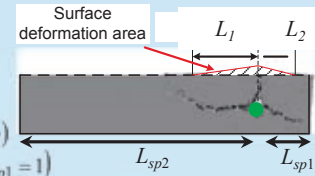
r_{loss} : 半径減少量(mm), r_0 : 腐食ひび割れ発生時の半径減少量(mm), w : ひび割れ幅(mm), γ : 体積膨張倍率, c : かぶり(mm), d : 鉄筋径(mm), f_t : コンクリートの引張強度(N/mm²), L_{sp1} , L_{sp2} : 側方かぶり(mm)

$$r_0 = \left(18.07 \frac{c}{d} + 5.11 \right) \left(\frac{f_t}{2.5} \right)^{0.38}$$

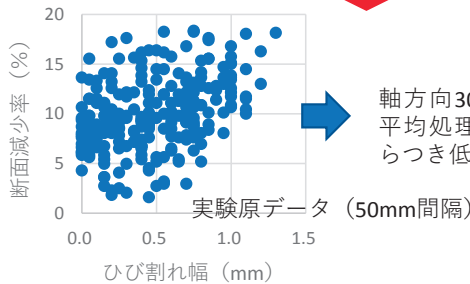
$$L_{sp} = L_1 + L_2$$

$$L_1 = 0.59L_{sp1} + 19.07 \quad (L_1 \leq 185\text{mm})$$

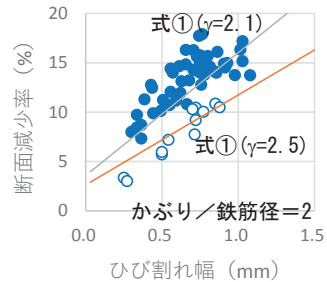
$$L_2 = \begin{cases} L_1 & (L_{sp2}/L_{sp1} = 1) \\ 0.59L_{sp2} + 19.07 & (L_{sp2}/L_{sp1} > 1, L_2 \leq 130\text{mm}) \end{cases}$$



室内実験（乾湿繰返し、湿潤）とのフィッティング



軸方向300mm区間
平均処理によりば
らつき低減



参画研究者 宮川 豊章 (京都大学)、下村 匠 (長岡技術科学大学)、中村 光 (名古屋大学)、高谷 哲 (京都大学)

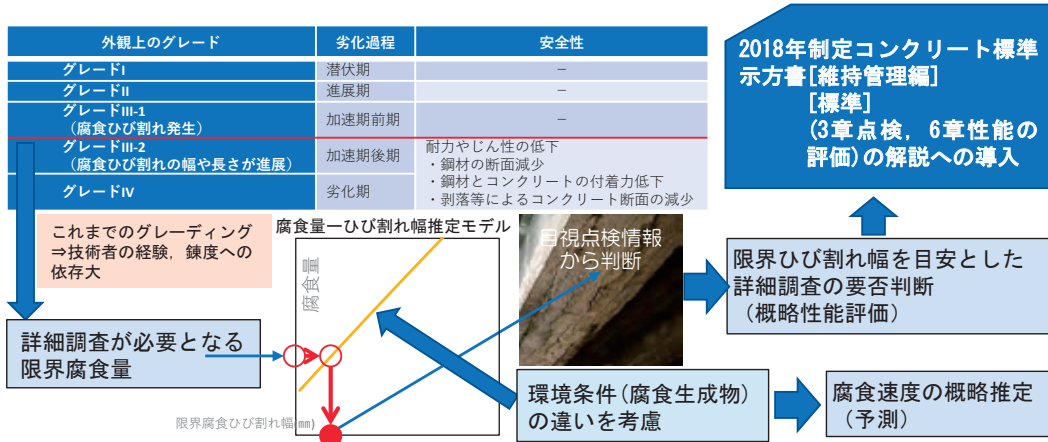
腐食生成物の環境依存性に関する基礎研究と腐食速度の概略予測

アルカリ環境下における腐食生成物の生成プロセスを調べるために、まずは塩化物イオン量とpHをパラメータにした実験を行い、腐食生成物の違いをラマン分光分析により評価した。その結果、pHが低下し、塩化物イオン量が大きくなるほど赤さび(γ-FeOOH)の生成量が増加し、黒さび(Fe₃O₄)の生成量が減少することが確認された。しかし腐食生成物に与える溶存酸素の影響も大きく、溶存酸素が十分に存在しないと、赤さび(γ-FeOOH)の生成環境であっても、黒さび(Fe₃O₄)が生成しやすくなることも確認された。さらに、これらの検討結果を踏まえた上で、実構造物における腐食生成物と腐食環境について調査し、水や酸素の供給状態の違いにより、腐食環境を4つに分類できることを示した。

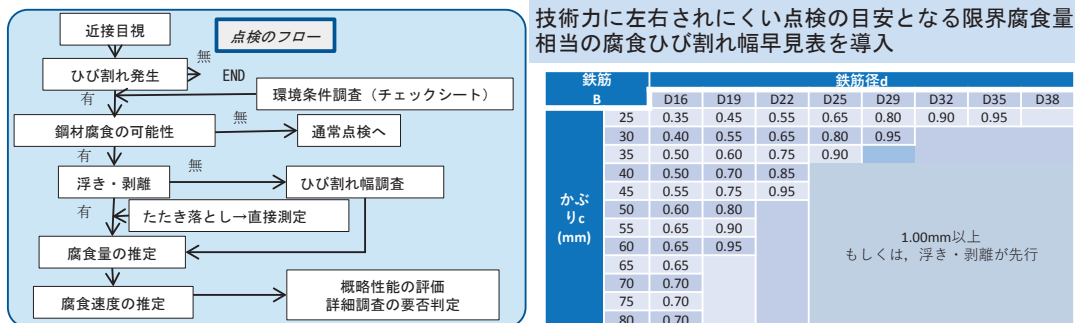
「アルカリ環境下における鉄系腐食生成物の生成プロセスおよびコンクリート中における鉄筋の腐食環境」材料, Vol. 66, No. 8, pp. 545-552, 2017 (2017年度 日本材料学会論文賞 受賞)

環境条件	さびの状態	腐食速度	体積膨張倍率	写真
湿潤	・鉄筋表面に薄い黒さび層が形成 (一部赤さびが混じることもある)	小さい	2.5倍程度	
湿潤 (初期欠陥)	・生成した赤さびが溶出する ・孔食が生じることがある	大きい	溶出	
乾燥	・鉄筋表面に薄い赤さび層が形成	小さい	3.1倍程度	
乾湿繰返し	・黒さび層状さびが形成 (さび層表面には赤さびが生成していることも多い)	大きい	2.1倍程度	

研究開発された技術・成果 (まとめ)



実用化イメージ (京都府腐食ひび割れ調査マニュアル (案))



未来への展望

- ・京都府試行を通じて技術力が不足する市町村への導入を展開
- ・AI (腐食環境、ひび割れ認識) やドローン (ひび割れ測定) 技術との協働