

第 部門

ASR と塩害の複合劣化により生じる鉄筋の腐食特性に関する研究

京都大学 学生会員 花田 真里 正会員 高谷 哲
 正会員 山本 貴士 フェロー会員 宮川 豊章

1. 研究目的

本研究では、アルカリ骨材反応（以下 ASR）により鉄筋位置までひび割れを生じた構造物において、ひび割れを通じて水や塩化物イオンが侵入する現象を想定し、ASR ひび割れを模擬した供試体に対して、総アルカリ量、塩化物イオン量、ひび割れ幅を実験要因として、外部から塩化物イオンを供給し、高アルカリ環境下における鉄筋の腐食特性について検討した。

2. 実験概要

供試体は $100 \times 100 \times 400$ mm の角柱供試体で、かぶり 20mm の位置に鉄筋 (D19) を 1 本設置した。鉄筋の腐食範囲は中央部 300mm に設定し、腐食させない部位についてはプチルゴムテープで防食処理を行った。かぶり部分にはひび割れを模擬するために、所定の厚さのろ紙を打設時に設置した。供試体概要を図 1 に示す。

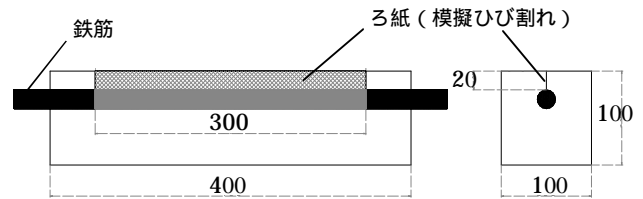


図 1 供試体概要 (単位: mm)

実験要因は、総アルカリ量、塩化物イオン量、ひび割れ幅とした。総アルカリ量は水酸化ナトリウムを添加して調整し、 $1.4, 4.0, 8.0 \text{ kg/m}^3$ の 3 種類とした。なお、 1.4 kg/m^3 はセメント由来のアルカリ量である。塩化物イオン量は浸せき溶液の塩化物イオン濃度により調整し、 $1.5, 3.0, 6.0\%$ の 3 種類とした。模擬ひび割れ幅はろ紙の厚さにより調整し、 $0.26, 0.52, 1.04 \text{ mm}$ の 3 種類とした。作製した供試体は脱型後、所定の濃度の塩化カルシウム水溶液に浸せきした。浸せきの様子を図 2 に示す。

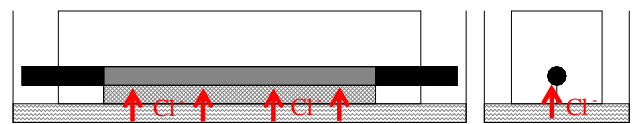


図 2 供試体の浸せきの様子

浸せき期間中は、腐食範囲の鉄筋直上 3 か所において自然電位および分極抵抗の測定を行った。測定には飽和塩化銀照合電極を使用した。自然電位が -230 mV (ASTM C876)、分極抵抗が $26 \text{ k} \cdot \text{cm}^2$ (CEB) となった時点腐食開始と判断し、鉄筋をはつり取り、鉄筋近傍のコンクリート (図 3 参照) について塩化物イオン量を測定した。

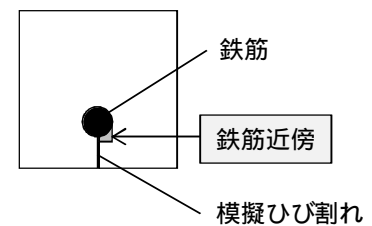


図 3 塩化物イオン量測定位置

3. 実験結果および考察

自然電位および分極抵抗の経時変化から、各要因が腐食の傾向に与える影響を考える。総アルカリ量と腐食の傾向との間には、相関関係は見られなかった。塩化物イオン濃度については、濃度 1.5% 水溶液に浸せきした供試体で自然電位が卑側な値で推移し、腐食開始に至るまでの日数が短かった。つまり、塩化物イオン濃度 1.5% で腐食が進みやすいと考えられる。塩化ナトリウム水溶液中での鉄の腐食速度は、図 4 に示すように濃度約 3% で最

大となることが知られている¹⁾。塩化ナトリウム濃度 3% は塩化物イオン濃度約 1.8%に相当することから、塩化物イオン濃度 1.5%に浸せきした供試体で腐食速度が大きいという今回の結果とほぼ一致している。このことから、鉄筋位置までひび割れが到達している場合には、塩化物イオンはひび割れを通じて直接鉄筋に作用していると考えられる。なお、模擬ひび割れ幅については、大きい方が自然電位は卑側な値で推移し、腐食開始は早い傾向にあった。

腐食開始判定時に鉄筋近傍に含まれていた塩化物イオン量と総アルカリ量との関係を図5に示す。鉄筋近傍の塩化物イオン量と総アルカリ量には相関関係は見られず、総アルカリ量 8.0kg/m^3 の高アルカリ環境下でも腐食が確認された。鉄筋近傍の塩化物イオン量と腐食開始判定までに塩化カルシウム水溶液に浸せきした日数との関係を図6に示す。腐食開始までに長時間かかった供試体ほど、また、浸せきした水溶液の塩化物イオン濃度が大きいほど、鉄筋近傍の塩化物イオン量も多い傾向にあった。通常のコンクリートにおいて腐食発生限界塩化物イオン量は $1.2 \sim 2.5\text{kg/m}^3$ 程度とされているが¹⁾、今回の実験では鉄筋近傍の塩化物イオン量 1.0kg/m^3 以下でも腐食が起こっている。このことは、鉄筋近傍のコンクリートが限界値まで塩化物イオンを含んでいなくても、鉄筋位置まで到達するひび割れを介して侵入した塩化物イオンにより、腐食が発生した可能性を示唆している。

以上より、鉄筋位置までひび割れが到達している場合には、ひび割れから侵入した塩化物イオンが直接鉄筋に作用しており、鉄筋近傍の塩化物イオン量が腐食発生限界塩化物イオン量に達していなくても、鉄筋腐食が生じると考えられる。

4. 結論

本研究の結果より、以下のような結論を得た。

- 1) 腐食開始までに要した日数は、塩化物イオン濃度 1.5%水溶液に浸せきした供試体で最も短い結果となった。これは、鉄筋を塩化ナトリウム水溶液に浸せきした場合と同様の傾向である。
- 2) 腐食開始時の鉄筋近傍のコンクリートの塩化物イオン量は、浸せき日数には影響を受けたが、コンクリートの総アルカリ量の影響は見られなかった。

以上のことから、ひび割れが鉄筋位置まで到達している場合には、ひび割れを介して侵入した塩化物イオンが直接鉄筋に作用し、腐食が開始すると考えられる。

参考文献

- 1) 大即 信明, 櫻野 紀元, 片脇 清士, 小林 明夫, 宮川 豊章: コンクリート構造物の耐久性シリーズ塩害, 技報堂出版, 1986

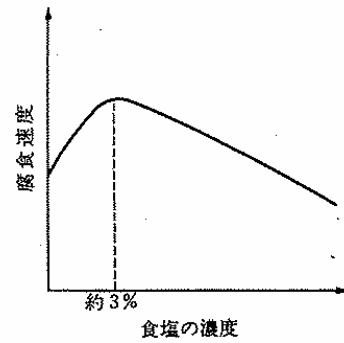


図4 塩化ナトリウム水溶液中での鉄の腐食速度¹⁾

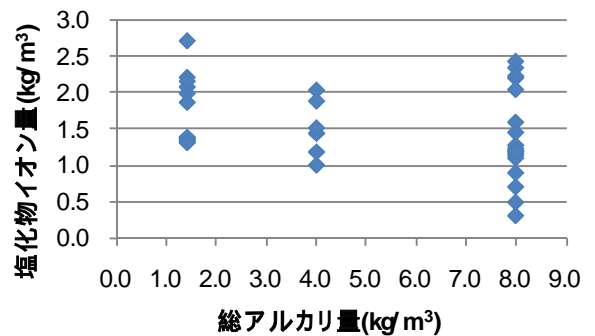


図5 総アルカリ量と塩化物イオン量の関係

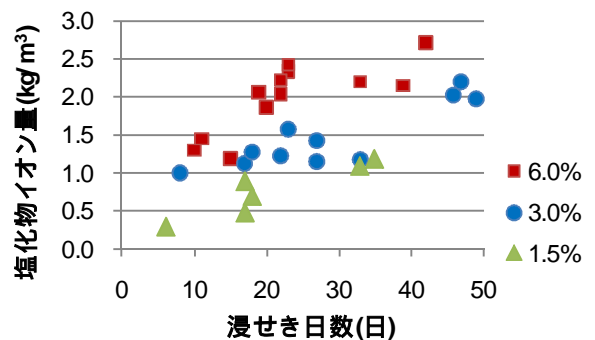


図6 腐食開始判定までの浸せき日数と塩化物イオン量の関係