モルタル中のステンレス鉄筋と普通鉄筋の表面積比が異種金属接触腐食に及ぼす影響

金沢工業大学大学院　学生会員　○鈴木　隆平
金沢工業大学　正会員　花岡　大伸

1. 研究背景

ステンレス鉄筋は高い耐食性を有しており，塩害や中性化による鋼材腐食の対策の一つとしてその利用が挙げられている．しかしながら，ステンレス鉄筋の実用化にあたり懸念事項が多く，その一つに異種金属接触腐食がある．ここで，異種金属接触腐食に影響を及ぼす因子に，貴な金属の表面積が大きくなるほど卑な金属が腐食しやすくなる面積比効果がある．この面積比効果に関して，コンクリート中で行われた実験は少なく[1]，特に金属の表面積比と腐食速度の関係を示した文献は見受けられない．

そこで本研究では，溶液実験とモルタル実験により，異種金属接触腐食における鉄筋の表面積比と腐食速度の関係を評価した．

2. 実験概要

2.1. 溶液実験

図-1 に溶液実験の概要を，表-1 に溶液実験のケースを示す．本実験では，図-1 のようにステンレス鉄筋と普通鉄筋，比較用に普通鉄筋同士をリード線で短絡したものを溶液に浸漬し，48 時間後に各鋼材間に流れる腐食電流を無抵抗電流計で測定した．溶液は，コンクリート中の細孔溶液を模擬するため水酸化カルシウム水溶液とし，溶存酸素の調整には過酸化水素水を用いた．

2.2. モルタル実験

図-2 に供試体の概要および実験ケースを示す．ステンレス鉄筋と普通鉄筋，比較用に普通鉄筋同士をリード線で短絡したものを，かぶり厚さ 10 mm になるよう配置し，モルタル供試体を作製した．作製した供試体は，7 日間の水中養生を行い，その後，所定の環境で暴露を行った．供試体の暴露は，7 日間を 1 サイクルとし，塩水(NaCl 濃度 3.5%)への浸漬 2 日間，中性化環境(CO_2 濃度 5.0%，40℃，RH60%)での暴露 5 日間，あるいは 1 日間と 6 日間の期間で行った．また，モルタル実験でも，鋼材間に流れる腐食電流の計測を行った．

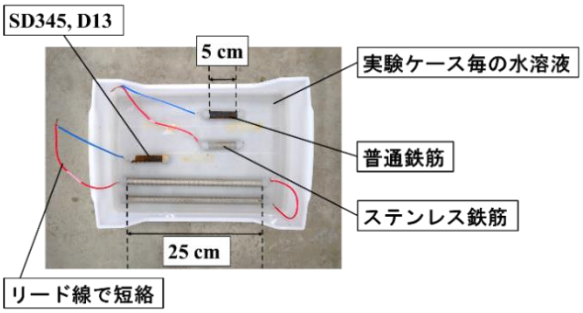

図-1　溶液実験の様子

表-1　溶液実験の実験ケース

実験ケース	設置した鉄筋		NaCl (%)	鉄筋面積比 (※)	pH	溶存酸素 (mg/L)
1	Carbon	SUS410	1.75	1:1	11.2	6.7
2		SUS316				
3		SUS304				
4		Carbon				
5		SUS410			9.6	12.3
6		SUS316				
7		SUS304				
8		Carbon				
9		SUS410			6.3	8.5
10		SUS316				
11		SUS304				
12		Carbon				
13		SUS410		1:10	11.2	6.7
14		SUS316				
15		SUS304				
16		SUS410			9.6	12.3
17		SUS316				
18		SUS304				
19		SUS410			6.3	8.5
20		SUS316				
21		SUS304				

※鉄筋の表面積比＝普通鉄筋：ステンレス鉄筋

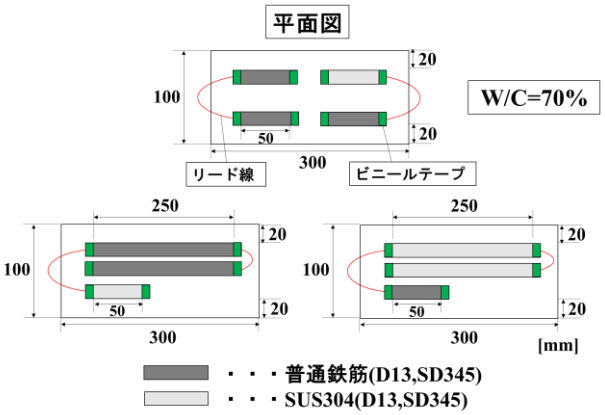

図-2　モルタル実験の実験ケース

3. 実験結果および考察

異種金属接触状態における腐食速度と表面積比の関係は式(1)のように示される[2]．

$$p = p_0(1 + A_C/A_a) \quad (1)$$

ここで，pは卑な金属の腐食速度，p_0は卑な金属

単独時の腐食速度，A_Cは貴な金属の表面積，A_aは卑な金属の表面積を示す．

(1)式によると，ステンレス鉄筋が普通鉄筋の 10 倍の表面積を持つ時，普通鉄筋単独の時と比べて腐食速度は 11 倍となる．図-3 に溶液実験の実験結果，図-4 にモルタル実験の結果を示す．これを見ると，pH6.3 の溶液中で，ステンレス鉄筋が普通鉄筋の 10 倍の表面積を持つ時，普通鉄筋間の約 14～16 倍の腐食電流密度となっており，式(1)の算出結果と概ね等しいことが分かる．これに比べ，pH9.6 と pH11.2 の溶液中およびモルタル中では，同様の面積比の時，腐食電流密度が普通鉄筋間の約 1.8～5 倍の範囲に収まっており，式(1)の結果ほど腐食が活性化していないことが分かる．これは，エレクトロコーティングがステンレス鉄筋表面に生成され，カソード反応を抑制したためと考えられる．カソード防食が適用された陰極金属近傍の pH は上昇し，増大した OH^- と海水中や淡水中に含まれるカルシウムイオン，マグネシウムイオンが反応することによって，エレクトロコーティングの主成分が生成される．また，pH が 8.3 近傍まで上昇すると，主成分の一つである $CaCO_3$ が生成され始め，さらなる pH の上昇とともにその他の主成分も生成されることが報告されている[3]．このことから，腐食電流が小さくなった溶液とモルタル中では，暴露開始時から鉄筋付近の pH が 8.3 より高かったことにより，エレクトロコーティングが生成されやすかったと考える．

また，今回の実験では溶液の溶存酸素や鉄筋種類の影響は，明確に確認されなかった．

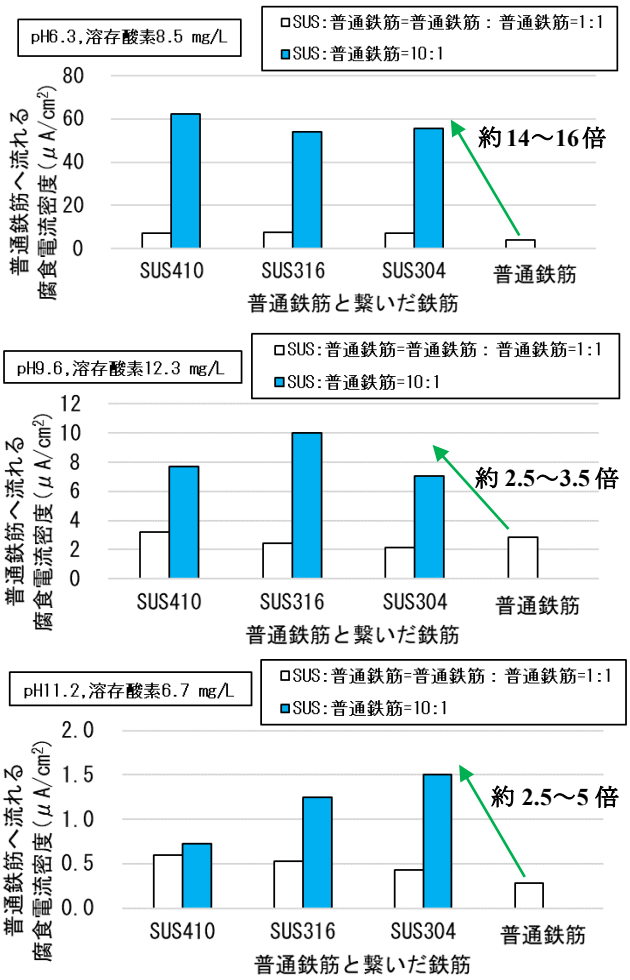

図-3　溶液実験における鉄筋間の腐食電流密度の比較

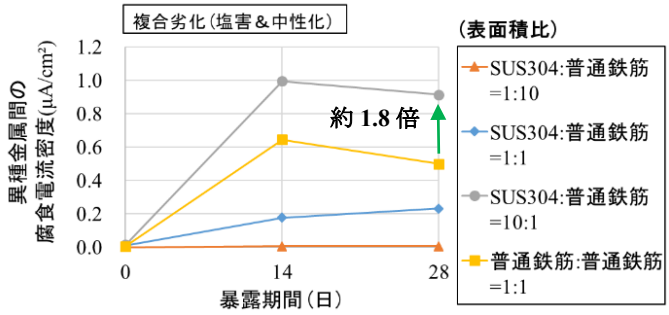

図-4　モルタル実験における鉄筋間の腐食電流密度の比較

4.　まとめ

[1]pH6.3 の溶液中では，異種金属接触の面積比効果により普通鉄筋の腐食速度が増大した．

[2]pH9.6 と pH11.2 の溶液中およびモルタル中では，異種金属接触の面積比効果の影響が小さかった．これは，高 pH 環境であることから，ステンレス鉄筋にエレクトロコーティングが生成され，カソード反応を抑制したためと考えられる．

謝辞　本研究の実施に際し，鉄筋のサンプルをご提供頂いた愛知製鋼株式会社の中川英樹様ならびに近藤洋介様に，ここに深く感謝致します．

参考文献

[1]末宗利隆ほか：塩害環境下におけるコンクリート中の普通鉄筋とステンレス鉄筋の異種金属接触腐食に関する実験的研究，コンクリート構造物の補修，補強，アップグレード論文報告集，第 19 巻，pp.83-88(2019.10).

[2]H．H．ユーリックほか：腐食反応とその制御(第 3 版)，p.105(1989).

[3]福沢秀刀：電気防食法におけるエレクトロコーティングの効果，防錆管理，Vol.27，pp.9-18(1983.10).