

炭酸化コンクリートへのステンレス筋の適用性評価

金沢工業大学 学生会員 ○中島 朋子, 正会員 宮里 心一
 鹿島建設(株) 正会員 横関 康祐, 正会員 取達 剛
 非会員 親本 俊憲, 正会員 関 健吾

1. はじめに

地球温暖化の主な原因は二酸化炭素(以下, CO₂)やメタン等の温室効果ガスの増加と言われている. 特に, 土木・建築分野に関わる CO₂ 排出量は, 全産業の約 4 分の 1 を占めており¹⁾, CO₂ 排出量の削減が重要な課題である. 近年, コンクリートの炭酸化反応を利用し, 解体コンクリート塊やプレキャストコンクリートに CO₂ を固定化する研究がされている^{2) 3)}. しかしながら, 後者については, 炭酸化により, コンクリート内部の pH が低下するため, もし鉄筋が埋設されている場合には, その腐食が進行することが懸念されている.

そこで本研究では, かぶり部が炭酸化したコンクリート供試体を作製し, 普通鉄筋と比較して耐食性に優れたステンレス筋(以下, SUS 筋)を埋設したコンクリートを対象に, 低圧法による塩害促進暴露を行なった. また, 電気化学的手法を用いて, 鋼材の耐食性について検証し, SUS 筋の適用性について評価した.

2. 実験手順

2.1 実験ケースと使用材料

コンクリートの配合を表 1 に示す. セメントには, 普通ポルトランドセメントを用いた. また, 実験ケースを表 2 に示す. ここで, SUS 筋は, SUS304, SUS316, および SUS410 の 3 水準とした. SUS 筋の組成を表 3 に示す. Cr の増加は, 良質な不動態皮膜を形成し, Mo の添加は, 耐食性が向上すると言われている. なお, 中性化していない場合における SUS 筋の腐食発生限界塩化物イオン濃度は表 4 に示すとおりで, SUS316, SUS304, SUS410 の順に耐塩害性の良い鋼種である. また, 表 5 に SUS 筋の物理的特性を示す.

2.2 供試体概要

供試体は 100×80×100mm の角柱コンクリートとし, D10 の異形棒鋼または SUS 筋を純かぶり 25mm に埋設した. これらは, 打設翌日に脱型し, 材齢 91 日までの水中養生後に, 暴露面以外をエポキシ樹脂により被覆した. その後, 温度 40°C で湿度 40%RH および CO₂ 濃度 20%の環境下で, 中性化が深さ 10mm に達するまで促進中性化を行った.

2.3 低圧法による塩害促進暴露

塩害促進暴露試験は, デンケーターを用いた低圧とした. 3.0%NaCl 水溶液に供試体全体を浸漬させ, 0.01 MPa 以下に減圧させた真空状態で, 11 週に亘る塩害促進暴露を行なった.

キーワード ステンレス筋, 炭酸化コンクリート, 炭酸化, 自然電位, 分極抵抗

連絡先 〒924-0838 石川県白山市八東穂 3 丁目 1 番地 地域防災環境科学研究所 TEL076-274-773

表 1 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)			
		W	C	S	G
55	48.5	175	318	858	926

表 2 実験ケース

暴露期間(週)		4	7	11
鋼材種類	普通鉄筋	●	●	●
	SUS304	-	-	●
	SUS316	-	-	●
	SUS410	-	-	●

表 3 SUS 筋の組成

鋼種	体系	成分(%)		
		Cr	Ni	Mo
SUS304	オーステナイト系	18	8	-
SUS316	ナイト系	16	10	2
SUS410	マルテンサイト系	12	-	-

表 4 ステンレス鉄筋の腐食発生限界塩化物イオン濃度 C_{lim} の推奨値⁴⁾

鋼種	腐食発生限界塩化物イオン濃度の推奨値(kg/m ³)
SUS304	15
SUS316	24
SUS410	9

表 5 SUS 筋の物理的特性

鋼種	ヤング係数 (kN/mm ²)	密度 (g/cm ³)	比電気抵抗 Ω · m(10 ⁻⁸)
鉄筋	200	7.87	10
SUS304	193	7.93	72
SUS316	193	7.98	74
SUS410	200	7.75	57

2.4 試験概要

試験項目は, 自然電位, 分極抵抗, および全塩化物イオン濃度分布とした. なお, 全塩化物イオン濃度は,

7 週および 11 週で JSCE G 573 に準拠し、測定した。試料はドリル削孔により採取し、可溶性塩化物イオン濃度を測定後、全塩化物イオン濃度へ換算した⁵⁾。

3. 実験結果

3.1 全塩化物イオン濃度の確認

普通鉄筋 7 週暴露(以下, 7w)および普通鉄筋 11 週間暴露(以下, 11w)の全塩化物イオン濃度分布を 図 1 に示す。これによると、暴露期間が長くなるにつれて、塩化物イオン量が増加していることが確認された。したがって、低圧法により、塩化物イオンの拡散現象を促進できたことを確認した。11 週暴露の鋼材位置での全塩化物イオン濃度を 図 2 に示す。これによると、鋼材位置での全塩化物イオン濃度は、鋼材の種類に拘らず 2.3~3.3kg/m³ と同等であることが確認された。

3.2 耐食性評価

分極抵抗を 図 3 に示す。これによると、SUS 筋の分極抵抗は、いずれも、11w と比較して、100 倍程度高く耐食性に優れることが分かる。自然電位を 図 4 に示す。SUS 筋の自然電位は、普通鉄筋と比較して、貴なことが確認された。特に、SUS304 の値が最も貴で、11w と比較すると、300mV 程度も貴である。このことから、 図 2 に示すとおり鋼材位置での全塩化物イオン濃度が同等であっても、 図 3 および 図 4 によれば普通鉄筋で腐食傾向が確認され、一方、SUS 筋の腐食傾向は確認されなかった。また、文献⁶⁾によると、中性化の影響を受けていないコンクリート中において、自然電位が -100~-200mV vs SSE である場合に、いずれの SUS 筋も腐食は認められなかったとされている。したがって、中性化の影響を受けている本研究においても、SUS 筋は腐食していないものと推察される。なお、11w を割裂して鉄筋を目視したところ、腐食が確認された。

4. まとめ

かぶり部が炭酸化したコンクリートについても、SUS 筋の耐食性は普通鉄筋と比較して、優れることが確認された。よって、炭酸化コンクリートの補強筋として、SUS 筋を適用できる可能性がある。

参考文献

- 1) 日本建設機械化協会：建設施工における地球温暖化対策の手引き, p3, 2003
- 2) 土木学会：コンクリートライブラリ 134, コンクリート構造物の補修・解体・再利用における CO₂ 削減を目指して, pp.74-86, 2012.5
- 3) 取違剛, 横関康祐, 吉岡一郎, 盛岡実：炭酸化養生を行なったコンクリートの CO₂ 収支ならびに品質評価, コンクリート工学年次論文集, Vol.34, No.1, pp.1450-1455, 2012
- 4) 土木学会：ステンレス鉄筋を用いるコンクリート構造物の設計施工指針(案), 2008
- 5) 後藤年芳, 近藤英彦, 野島昭二：硬化コンクリートの全塩化物イオン濃度迅速測定法の開発, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, No.1, pp.785-790, 2010

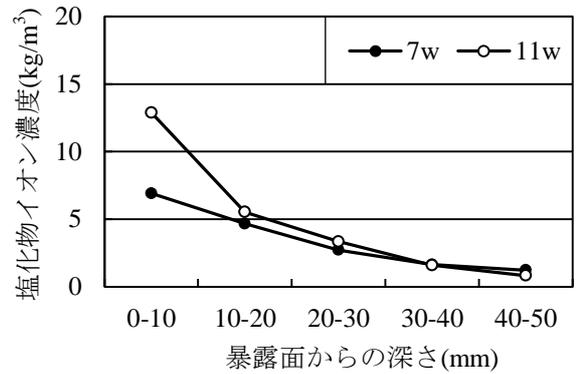


図 1 暴露面からの深さ (mm)

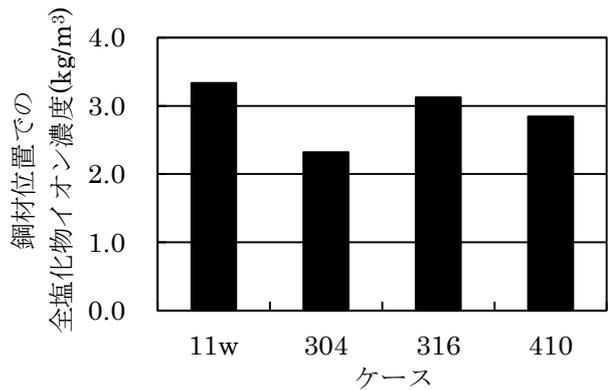


図 2 鋼材位置での全塩化物イオン濃度分布

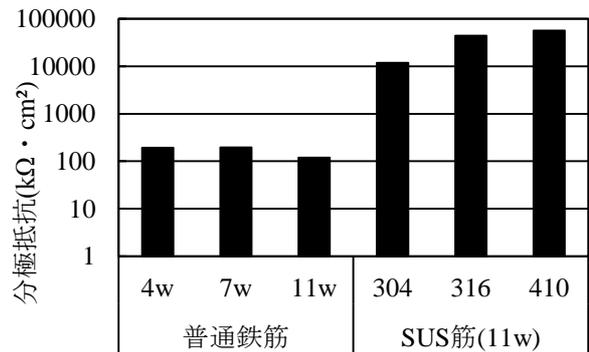


図 3 分極抵抗

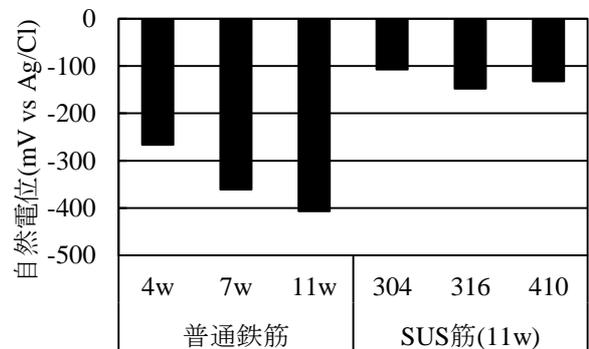


図 4 自然電位

- 6) 土木学会：コンクリートライブラリ 134, コンクリート構造物の補修・解体・再利用における CO₂ 削減を目指して, pp.46-49, 2012.5