

ステンレス鉄筋を用いた RC 部材の鉄筋腐食時の外観変状と構造性能の検討

長岡技術科学大学大学院 学生会員 ○山下 諒輔
長岡技術科学大学 正会員 下村 匠
長岡技術科学大学 正会員 山口 貴幸
元長岡技術科学大学学生 田邊 純也

1. はじめに

塩害によるコンクリート中の鋼材腐食は日本海沿岸などの厳しい腐食性環境下におけるコンクリート構造物の主な劣化要因であるため、耐食性の高いステンレス鉄筋の使用は塩害対策の有効な手段の一つである。しかしステンレス鉄筋はその高い耐食性ゆえ、逆に万一腐食した状況を想定した研究はあまり行われていない。ステンレス鉄筋を広く実用するには最も厳しい状況を想定した検討を行っておくべきである。本実験では、ステンレス鉄筋を使用した RC 部材中の鉄筋を電食試験により促進腐食させ、外観変状と構造性能について普通鉄筋を使用した場合との比較を行った。

2. 実験概要

表 1 に示す鉄筋を用いて、図 1 に示す小型単鉄筋 RC 供試体を作製した。供試体は主鉄筋の質量減少率により 4 水準 (0,7,15,30%) の計 8 体作製し、電食によって鉄筋を促進腐食させ、曲げ载荷試験を実施した。供試体緒元、測定方法等は土木学会 331 委員会で行われた鉄筋が腐食した RC 部材の構造性能に関する共通項目 (Bench Mark Test, 以下 BMT) ¹⁾ に準じた。

電食試験では、直流安定化電源を使用し、腐食対象区間は両端のフック部分を含む主鉄筋全長とした。スターラップは腐食を防ぐためエポキシ樹脂により全面被覆し絶縁処理を行った。主鉄筋との接触部だけでなくスターラップを全面被覆したのは、試行錯誤の結果ステンレス鉄筋のスターラップの腐食を確実に防ぐにはこうする必要があると判明したためである。電食試験中は積算電流量を測定し、既往の研究による積算電流量と腐食量の関係から目標となる腐食量まで通電した。実際の腐食量は载荷試験終了後に主鉄筋をコンクリート中より取り出し、10% クエン酸水素二アンモニウム水溶液 (60℃) に 24 時間浸漬し腐食生成物を除去し質量を測定することにより求めた。主鉄筋の質量減少量を健全時の質量で除すことにより、質量減少率を算出した。

载荷試験では、スパン 1260mm、等曲げ区間 280mm、せん断スパン 400mm の対称 2 点一方向単調载荷曲げ試験とし、载荷はポストピーク以降で荷重が最大荷重の 80% に低下する変位まで行った。

表 1 使用鉄筋一覧

鋼種	ステンレス鉄筋	普通鉄筋
主鉄筋	D13-SUS304-295B	D13 (SD345)
スターラップ	D5-SUS304	D6 (SD345)

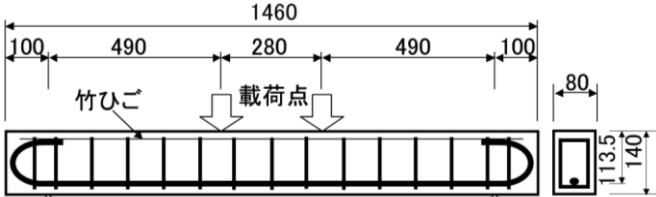


図 1 供試体寸法・形状 (mm)

表 2 供試体一覧

試験体名	主鉄筋		質量減少率(%)		降伏荷重 (kN)	終局荷重 (kN)	降伏変位 (mm)	終局変位 (mm)	降伏荷重比	終局荷重比	破壊モード
	降伏強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)	等曲げ区間	支点間							
SUS0	309.4	187	0.00	0.00	17.9	21.0	4.32	22.5	1.00	1.00	曲げ破壊
SUS7			10.4	9.35	14.4	18.0	5.11	30.9	0.80	0.86	
SUS15			21.6	17.8	13.3	16.2	5.28	28.2	0.74	0.77	
SUS30			34.4	31.8	9.94	11.52	5.33	18.5	0.56	0.64	
STL0	397.9	183	0.00	0.00	19.4	21.6	6.01	29.1	1.00	1.00	
STL7			13.5	11.3	17.3	20.5	4.86	17.4	0.89	0.95	
STL15			17.7	21.0	15.5	17.6	9.46	29.8	0.80	0.81	
STL30			45.3	35.7	9.59	12.6	5.21	25.8	0.55	0.62	

キーワード 鉄筋腐食, 構造性能, ステンレス鉄筋

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 0258-47-1611-6310

3. 電食試験結果

図2は電食後の主鉄筋の腐食性状(錆を除去した状態)である。普通鉄筋は節の消失や、局所的な断面欠損が発生しているのに対して、ステンレス鉄筋の特徴として全体的に直径1～5mm程度の孔が発生しスポンジ状に断面欠損が生じることが確認できた。これはステンレス鉄筋が有する強固な不動態皮膜により、皮膜が破壊される箇所が限定されることが原因と考えられる。

図3に供試体底面の腐食ひび割れ幅と主鉄筋の平均断面減少量の関係を示す。ステンレス鉄筋では、鉄筋の断面減少率に対するひび割れ幅は、普通鉄筋と比較し全体的に大きくなる傾向が見られた。この原因は明らかではなく、腐食生成物の性質の違い、腐食形態の違い、電食時に起こる化学反応の違いから考察を進めている。

4. 載荷試験結果

載荷試験の結果一覧を表2に示す。また、荷重－中央変位関係を図4に示す。ステンレス鉄筋および普通鉄筋ともに、主鉄筋の質量減少率が増加するに連れて、健全試験体に対する降伏荷重比および終局荷重比は低下した。破壊モードは全供試体において、曲げ引張破壊であった。

図5に各供試体の降伏荷重比と主鉄筋の質量減少率の関係を示す。今回行ったステンレス鉄筋を用いた供試体の結果は普通鉄筋を用いた試験体の結果とともに過去に行われたBMTの試験結果の群中にあることが確認できる。この結果より、ステンレス鉄筋が万ーコンクリート中で腐食した場合でも、RC部材の構造の低下の傾向は普通鉄筋を用いた場合と同様であるといえる。

5. まとめ

本研究では、ステンレス鉄筋が万ーコンクリート中で腐食した場合、部材の構造性能の低下の傾向は普通鉄筋を用いた場合と同様であることが確かめられた。ステンレス鉄筋が腐食した場合の腐食ひび割れについては今後も検討を進める。

謝辞：本研究は、日本鋼構造協会ステンレス鉄筋の利用技術課題検討小委員会の検討課題の一環として行ったものである。委員の方々より有益なご助言を頂きました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 土木学会：続・材料劣化が生じたコンクリート構造物の構造性能，コンクリート技術シリーズ 85，2009.5



図2 主鉄筋腐食性状

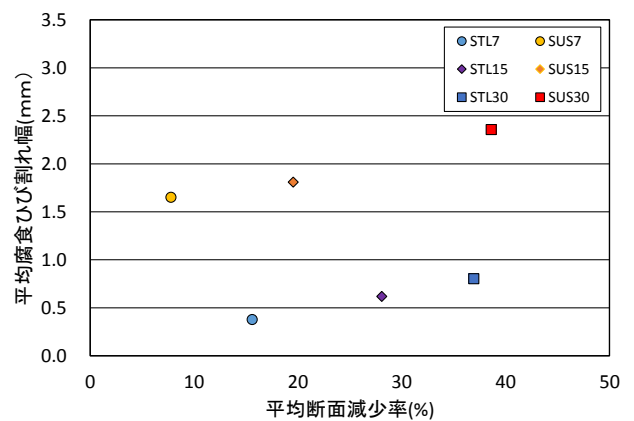


図3 ひび割れ幅－断面減少量関係

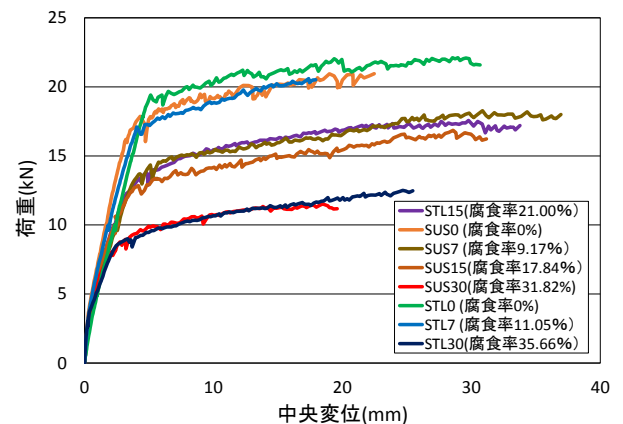


図4 荷重－中央変位関係

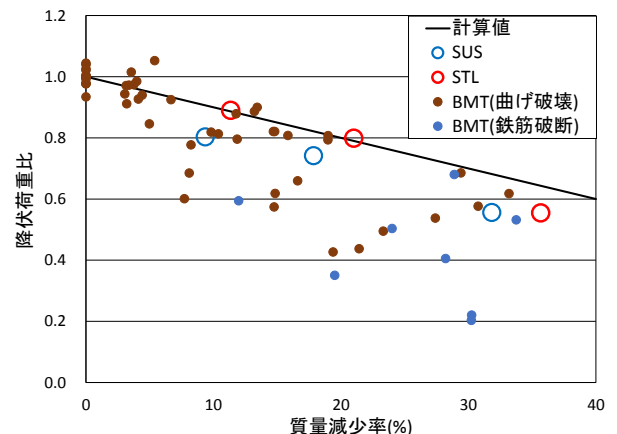


図5 降伏荷重比－質量減少率関係