

ステンレスクラッド鉄筋ならびにステンレス鉄筋の耐食性に関する実験的検討

大成建設（株）正会員○松元 淳一大成建設（株）正会員鈴木 三馨

大成建設（株）正会員堀口 賢一大成建設（株）フェロー会員丸屋 剛

1. はじめに

近年、鉄筋コンクリート構造物の長寿命化の背景から耐食性に優れたコンクリート補強材の使用が推奨されている。中でも、ステンレス鉄筋は厳しい腐食環境下で供給されるコンクリート構造物の耐久性を大幅に向上させることができ、ライフサイクルコストの最小化を図ることができる。本研究では、ステンレス鉄筋と同等の特性を有するステンレス鋼を普通鉄筋に覆ったステンレスクラッド鉄筋に着目した。この鉄筋はステンレス鉄筋と同様に耐食性は極めて高いと予想されるものの、わが国での検討例は少なく、設計段階までの至っていないのが現状である。本稿では、ステンレスクラッド鉄筋の耐久性設計の確立を目的とした、塩水噴霧試験ならびに鉄筋コンクリート耐久性試験の結果について報告する。



2. 実験概要

2.1 使用鉄筋

実験に用いたステンレスクラッド鉄筋を写真-1に、鉄筋の断面構成を図-1に示す。この鉄筋は、普通鉄筋をステンレス鋼（SUS316L）で覆ったものである。また、比較用として、ステンレス鉄筋（D19：SUS304）およびD19普通鉄筋を用いた。表-1にそれぞれの鉄筋の引張性能を示す。ステンレスクラッド鉄筋はAASHTO Grate 420の規格値、ステンレス鉄筋はJIS SUS316Lを上回る値を示し、十分な引張特性を有していることが確認できた。

表-1 鋼材材料試験結果

種別	材質	降伏点 (N/mm ²)	ヤング率×10 ⁵ (N/mm ²)
ステンレスクラッド鉄筋D19	SUS316L	430	2.06
ステンレス鉄筋D19	SUS304	333	2.02
異形鉄筋D19	-	427	1.93

表-2 コンクリート配合

W/C (%)	s/a (%)	SL (cm)	Air (%)	単位量(kg/m ³)				
				W	C	S	G	Ad
65	52	11	5.0	180	277	933	881	0.7

表-3 要因と水準

要因	水準
供試体寸法	□100×100×400mm
鉄筋	ステンレスクラッド鉄筋、 ステンレス鉄筋、普通鉄筋
鉄筋かぶり	20mm
初期水中養生	28日

2.2 試験方法

(1) 塩水噴霧試験

試験方法としてはJSCE-E 518-2003に準じて、曲げ内半径2.5φの条件で曲げ加工を施したのものと曲げ加工を行わない直筋の2種類について検討を行った。試験条件は、30℃の環境室内で塩水噴霧3時間と50℃の環境室内で乾燥5時間の繰返しを1サイクルとし、計1100時間まで実施した。

(2) 鉄筋コンクリートの耐久性試験

コンクリートの配合は、表-2に示すように、水セメント比を65%とし、スランプが10±2cm、空気量4.5±1.5%になるように定めた。実験の要因と水準を表-3に示す。コンクリート供試体は、図-2に示すような□100×100×400mmの形状寸法で試験面からかぶり20mmとしてそれぞれの鉄筋を配筋した。作製にあたっては、型枠への打設および脱型後、いずれの供試体も試験面および試験裏面の2面を除く、他の面をエポキシ樹脂にて被覆した。本実

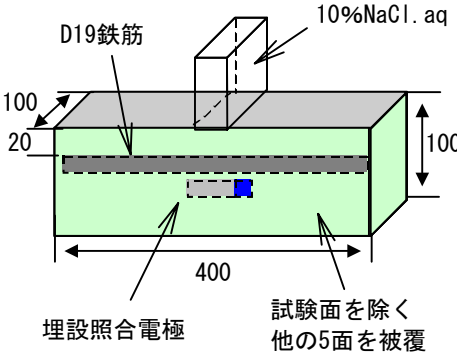


図-2 試験概要

キーワード ステンレスクラッド鉄筋、ステンレス鉄筋、塩害、耐食性

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町344-1 大成建設（株）技術センター 土木技術研究所 TEL 045-814-7228

験における塩化物イオンの供給方法としては、供試体上面中央の幅 50mm×奥行き 100mm の範囲に中空の角型プラスチック容器を固定し、これに濃度 10%の NaCl 水溶液を満たして行った¹⁾。また、供試体の断面中央には、鉄筋と直接接触しないようにして鉛照合電極を 1 本配置し、自然電位の経時変化を 10 分ごとに測定した。

ここでは、試験開始 3 年目までの結果について報告する。

3. 試験結果および考察

3.1 塩水噴霧試験

ステンレスクラッド鉄筋に塩水噴霧試験を 1100 時間行った後の状況を写真-2 に示す。ステンレスクラッド鉄筋の場合、全く腐食は認められず、極めて耐食性が高いと考えられる。ただし、曲げ加工部以外の鉄筋端部においては、ステンレス内の炭素鋼の腐食が認められ、端部処理が課題となると示唆された。

3.2 鉄筋コンクリートの耐久性試験

図-3 に各鉄筋を使用した水セメント比が 65%のコンクリート供試体における塩害試験開始後の埋設照合電極で測定を行った鉄筋の自然電位の経時変化を示す。まず、普通鉄筋について見ると、曝露 1 年未満で急激に自然電位が低下する現象を示した。これに対して、ステンレスクラッド鉄筋ならびにステンレス鉄筋は、曝露開始 3 年経過した時点においても自然電位の卑変は認められず、鋼材腐食は発生していないと推察された。

そこで、実際にコンクリートの解体調査を行い、内部鉄筋の腐食状況ならびにコンクリートへの塩化物イオン浸透量について測定を行った。

写真-3 には、ステンレスクラッド鉄筋およびステンレス鉄筋の腐食状況を示した。試験開始 3 年の範囲内では、いずれの鉄筋においても、塩分供給部分でさえ腐食は認められなかった。

次に、ステンレスクラッド鉄筋ならびにステンレス鉄筋をかぶり 20mm に埋設したコンクリート供試体の全塩化物イオン量分布を図-4 に示す。なお、測定は JIS A 1154「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの測定方法」に準じて行った。いずれの鉄筋も鉄筋埋設位置 (20mm) において全塩化物イオン量は 15kg/m^3 を超える高濃度であるにも拘らず、写真-3 でも示したように鉄筋腐食は全く認められないことから、極めて高い耐食性を有していると考えられる。ここで、既往の研究では、ステンレス鉄筋の腐食発生限界塩化物イオン濃度は SUS316L の材質で 24kg/m^3 、SUS304 で 15kg/m^3 であるとされているが²⁾、本研究の検討範囲内では、この値よりもさらに腐食限界濃度は高くなるものと予想された。

4. まとめ

ステンレスクラッド鉄筋ならびにステンレス鉄筋の耐食性は極めて高く、コンクリート構造物の長寿命化を図ることのできる材料であることを確認した。ただし、本研究では、試験開始 3 年までの結果による評価であり、これらの材料を構造物に適用するためには、耐食性だけではなく機械的性質を明らかにする必要がある。したがって、今後も試験を継続し、確認していく予定である。

参考文献：1) 堀口賢一ほか：腐食発生限界塩化物イオン濃度に及ぼすコンクリート配合の影響、コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No.1 pp.1377-1382, 2007 2) 田所裕ほか：ステンレス鉄筋のコンクリート中における腐食発生塩化物イオン濃度に関する実験的研究、土木学会論文集 E, Vol.65, No.4 pp.522-529, 2009



A) 曲げ加工部 B) 曲げ加工部以外
写真-2 塩水噴霧試験の後の鉄筋写真

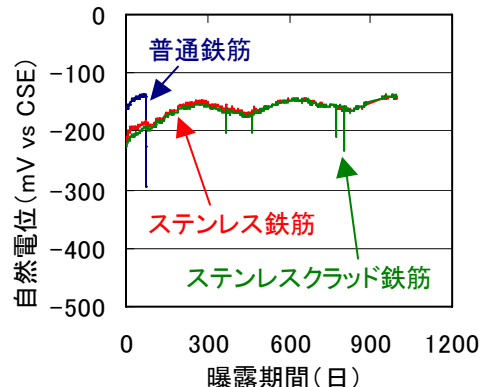


図-3 鉄筋自然電位の経時変化

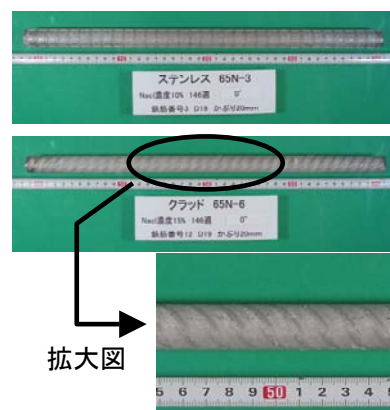


写真-3 各鉄筋の腐食状況

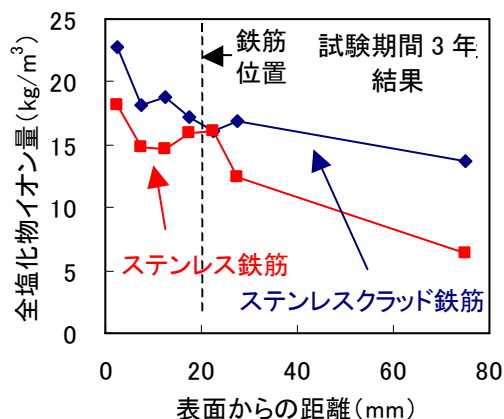


図-4 全塩化物イオン量分布