

ステンレス(SUS410L)鉄筋のコンクリート中における耐食性

新日鐵住金ステンレス(株)

正会員 田所 裕

(独)港湾空港技術研究所

正会員 山路 徹

京都大学大学院

正会員 河野 広隆

愛知工業大学

名誉会員 長瀧 重義

1. まえがき

コンクリート構造物の塩害に対する耐久性を向上させるため、ステンレス鉄筋の適用が一つの対策として考えられる。ステンレス鋼のなかでも合金量が比較的少なくコスト的に優位な SUS410L の耐食性を明確にできればステンレス鉄筋の適用拡大につながることを期待される。本試験は、耐食性に関する評価の一つとして、外来塩分の浸透によってコンクリート中に埋込まれた鉄筋に腐食が発生する場合の塩化物イオン(Cl^-)濃度について検討したもので、「ステンレス鉄筋 JIS 化および施工指針委員会」(ステンレス協会, 委員長: 長瀧重義教授(愛知工大))における検討項目の一つとして実施された。

2. 試験方法

2.1 試験体概要

試験には 2 種類の鉄筋 (SUS410L 異形棒鋼及び SD295A) を用いた。試験体の概略を表 1 及び図 1 に示す。試験体は、端部のみシリコン樹脂を被覆した。ひび割れ幅の設定は、土木学会で設定されている許容ひび割れ幅のうち、異形鉄筋に対する一般の環境(0.005c : c は鉄筋のかぶり(mm))及び特に厳しい腐食性環境(0.0035c)の値に準拠した。

表 1 試験体の概略

1	使用鋼材	SUS410L, SD295A
2	鉄筋径	D13
3	かぶり(c)	20mm
4	コンクリート	W/C=50%
5	試験体形状	①ひび割れなし(幅100mm×高さ100mm×長さ150mm) ②ひび割れあり(幅100mm×高さ100mm×長さ350mm)
6	ひび割れ幅	①0.0035c(0.07mm程度), ②0.005c以上(0.16~0.2mm程度)

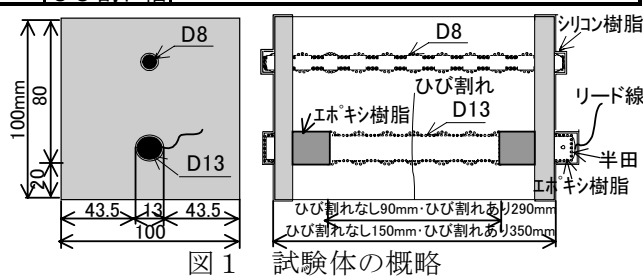


図 1 試験体の概略

2.2 使用材料

鉄筋の化学成分を表 2 に示す。コンクリートの材料として、セメントは普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm³)、細骨材は陸砂(表乾密度 2.59g/cm³)と砕砂(表乾密度 2.64g/cm³)を質量比で 50 : 50 に混合、粗骨材は碎石(表乾密度 2.66g/cm³)、混和剤は AE 減水剤標準型 I 種を用いた。コンクリートの配合と性質を表 3 に示す。

表 2 鉄筋の化学成分

材 質	化学成分(mass%)					
	C	Si	Mn	P	S	Cr
SUS410L	0.008	0.36	0.33	0.023	0.004	12.67
SD295A	0.18	0.14	0.61	0.028	0.032	—

表 3 コンクリートの配合と性質

G _{max} (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					コンクリートの性質		
			W	C	S	G	Ad	スラング (cm)	空気量 (%)	材齢28日 圧縮強度 (N/mm ²)
20	48.0	48.9	169	352	861	918	3.52	10.5	4.8	43.5

2.3 試験条件

40℃相対湿度 65%恒温恒湿器内に水槽を設置し、その中に図 2 に示すように 10%NaCl 溶液を入れ鉄筋を埋込んだコンクリート試験体底面を 5~10mm 程度浸漬させ、上面は大気中に開放した¹⁾。試験体浸漬後、コンクリート中の塩化物イオン濃度(JIS A1154 に準拠)、自然電位の経時変化及び鉄筋の腐食状況を測定した。また、鉄筋を含まない試験体 100mm×100mm×50mm においても塩分濃度を測定した。

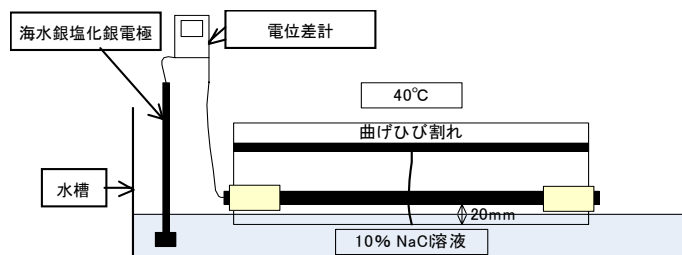


図 2 試験状況

キーワード：ステンレス鉄筋、塩害、耐久性、鉄筋腐食、塩化物イオン濃度

連絡先：〒743-8550 山口県光市大字島田 3 4 3 4 番地 TEL:0833-71-5196 FAX:0833-71-5166

3. 試験結果

3.1 塩化物イオン濃度

鉄筋なし試験体の塩化物イオン濃度分布の経時変化を図3に示す。鉄筋下面相当部位(底面より20mm)において202日(6.7ヶ月)経過後には 15kg/m^3 に達している。

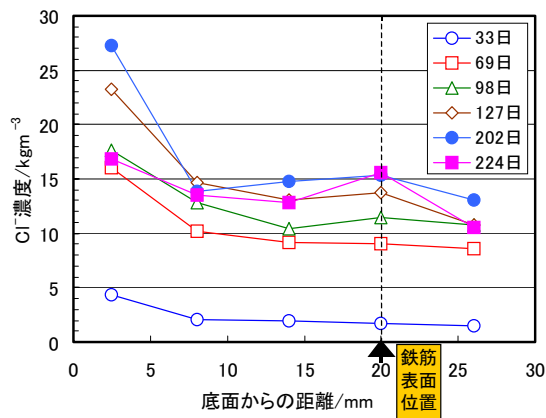


図3 鉄筋無しコンクリート中塩化物イオン濃度分布

3.2 自然電位測定結果

浸漬 7.5 ヶ月時点までの自然電位測定結果を図4に示す。普通鉄筋では、ひび割れ幅の大小にかかわらず浸漬開始直後から -0.284V (ASTM C876の腐食判断基準CSEを海水銀塩化銀電極に換算)以下であり、割裂後の調査で腐食発生が認められた(ひび大試験体2ヶ月経過、腐食面積率6.0%、塩化物イオン量 12.8kg/m^3)。それに対し、410L鉄筋の自然電位は、初期には低かったが次第に高くなった。

3.3 割裂調査

浸漬後7ヶ月で410L鉄筋のひび小試験体に電位降下が認められたため、ひび無し、ひび大試験体も含めて7.5ヶ月経過後に割裂調査を実施した。写真1に割裂後の表面状況を示す。いずれの鉄筋表面にも極微小点状の「しみ」が数点観察されたが、明らかに「さび」と確認される個所はなく、「腐食なし」と評価された。7.5ヶ月経過後にて確認された鉄筋表面における全塩化物イオン濃度は、ひび割れあり試験体(ひび大) 15.0kg/m^3 、(ひび小) 16.5kg/m^3 、ひび割れなし試験体 14.2kg/m^3 であった。普通鉄筋には2ヶ月経過割裂調査により腐食発生を確認した。写真2に3ヶ月経過後の割裂後表面状況を示す。腐食面積率は12.8%、鉄筋表面における全塩化物イオン濃度は 6.6kg/m^3 であった。

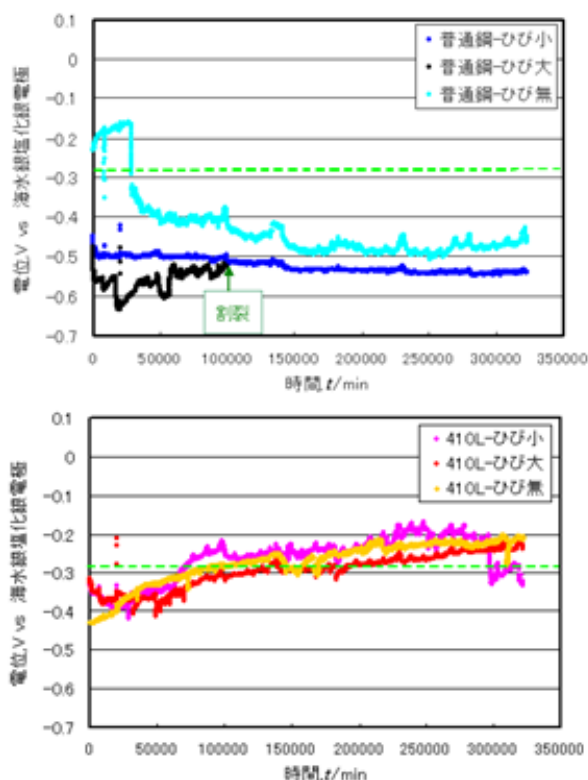


図4 普通鉄筋,410L鉄筋試験体の自然電位変化



写真1 割裂後のSUS410L鉄筋表面状況(腐食なし)



写真2 割裂後の普通鉄筋表面状況(腐食発生)

4. まとめ

410L鉄筋試験体では、7.5ヶ月経過時点で、鉄筋位置の全塩化物イオン濃度が 14.2kg/m^3 以上でも腐食は確認されなかった。普通鉄筋の腐食発生塩化物イオン濃度が $1.2\sim 2.5\text{kg/m}^3$ といわれているので、410L鉄筋のそれは普通鉄筋よりかなり高いことが判明した。

参考文献

- 1) 河村 彰男・山路 徹・河野 広隆・長瀧 重義:コンクリート中のステンレス鉄筋の耐腐食性能, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, pp.1019-1024, 2006