

ステンレスおよびニレジスト製モルタル充填式継手の単体性能に関する検討

日本プライススリーブ (株) 正会員 ○松本 智夫
日本プライススリーブ (株) 阿瀬 正明
東京工業大学 環境・社会理工学院 フェロー 二羽 淳一郎

1. はじめに

想定以上のコンクリートの収縮や荷重によって、RC部材にひび割れが発生すれば、部材の健全性は損なわれることが懸念される。ひび割れによる水分や塩化物イオンなどの劣化要因の侵入に対して、ステンレス鉄筋を用いることは防錆上有効である。また、その鉄筋継手としては、圧接や溶接継手ではなく、ステンレス鋼鋳鋼品もしくはオーステナイト鋳鉄(ニレジスト鋳鉄)品によるモルタル充填式継手の使用が考えられる。

本報では、まずステンレス鋼 SUS304 材および JIS G5510 FCDA-NiCr 20 2 材(以下、ニレジスト鋳鉄 D-2 材と呼ぶ)を対象に、JIS G 0578 に準拠した腐食試験を行った。次に、ステンレス鉄筋をステンレス鋼鋳鋼品およびニレジスト鋳鉄品によるモルタル充填式継手で接合した継手単体の弾塑性域正負繰返し試験を行った。これらの試験結果に基づき、ステンレス鉄筋に対するモルタル充填式継手の適用の可否について検討した。

2. 腐食試験概要

JIS G 0578 ステンレス鋼の塩化第二鉄腐食試験方法―試験方法(A)に準拠して、ステンレス鋼 SUS304 材およびニレジスト鋳鉄 D-2 材の腐食比較試験を行った。本来は、ステンレス鋼鋳鋼品 SCS 材を D-2 材との比較対象とすべきであるが、便宜的に SUS304 材で代用した。SUS304 材および D-2 材の試験片の大きさは 50×30×3 mm として、各 3 枚を 600 番まで湿式研磨した後、脱脂洗浄して質量測定を行った。恒温槽中の試験温度は 50℃に設定し、連続 24 時間浸漬試験を行った後、洗浄し乾燥させて質量を計り減量を求めた。

表-1 は試験後の測定結果であり、写真-1 は試験後の試験片の腐食状況例である。試験結果は対照的であり、腐食減量から求めた腐食度については、SUS 304 材に比べて D-2 材の方が平均で約 4 倍の値を示した。また、試験後の腐食状況から、SUS304 材では全体的な腐食は見られないものの、やや深い孔食箇所が 3 試験片共に

表-1 腐食試験結果

材質	No.	表面積 (cm ²)	試験前質量 (g)	試験後質量 (g)	腐食減量 (g)	腐食度 (g/m ² ・h)
SUS304材	1	32.2	31.47964	30.46814	1.01150	13.09
	2	29.5	28.30306	27.32541	0.97765	13.81
	3	30.5	29.07957	28.26066	0.81891	11.19
					平均	12.70
D-2材	1	31.6	37.13012	33.54106	3.58906	47.32
	2	26.1	24.87338	21.96408	2.90930	46.44
	3	25.3	24.22394	20.97336	3.25058	53.53
					平均	49.10



SUS304 材 D-2 材

写真-1 試験後の腐食状況例

認められた。一方、D-2 材は試験片の表面全体に錆が付着して変色しているが、いわゆる安定錆と呼ばれるもので、SUS304 材のような孔食箇所は確認されなかった。表-1 の腐食度の差は、この腐食状況の相異に起因する。

3. 継手試験概要

単体性能を検証するための継手試験体は、JIS G 4322 (2008)に規定する鉄筋コンクリート用ステンレス異形棒鋼 SUS304-SD390 D25 のモルタル充填式継手を、ステンレス鋼鋳鋼品(SCS 13 材)およびニレジスト鋳鉄品(D-2 材)で製造した各 3 本とした。継手の寸法は、通常使用されている球状黒鉛鋳鉄品 FCD 700-2 D25 用のスリーブ寸法を参考にして、全長 330mm、外径約 50mm、肉厚約 6mm、鉄筋の埋込長さは 150mm とした。また、スリーブ内に充填するグラウト材は、無収縮性高強度モルタルで 4 週管理強度を 70 N/mm² 以上とした。

継手単体の試験方法については、CL. 128 鉄筋定着・継手指針[2007 年版]¹⁾に従って、弾性域および塑性域正負繰返し試験を実施した。表-2 に試験体寸法および載荷方法を、写真-2 に試験状況を示した。また、表-3 は使用材料の機械的性質である。

表-2 試験体寸法および荷重方法

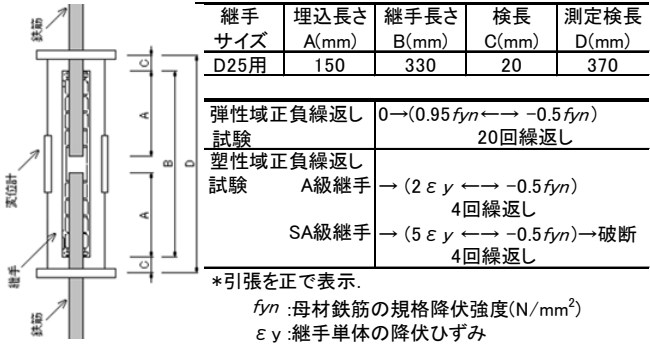


写真-2 試験状況

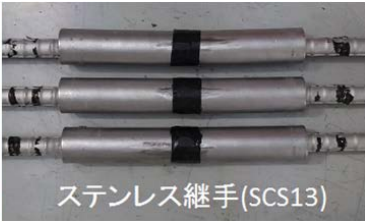


写真-3 試験後状況

表-3 材料の機械的性質

鉄筋および 継手の種類	記 号	0.2%耐力 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	伸び (%)
ステンレス鉄筋	SUS304-SD390	453	756	51
ステンレス継手	SCS13	247	550	43
ニレジスト継手	D-2	323	439	5
グラウト材	SSモルタル	4週平均圧縮強度(N/mm ²)		98.4

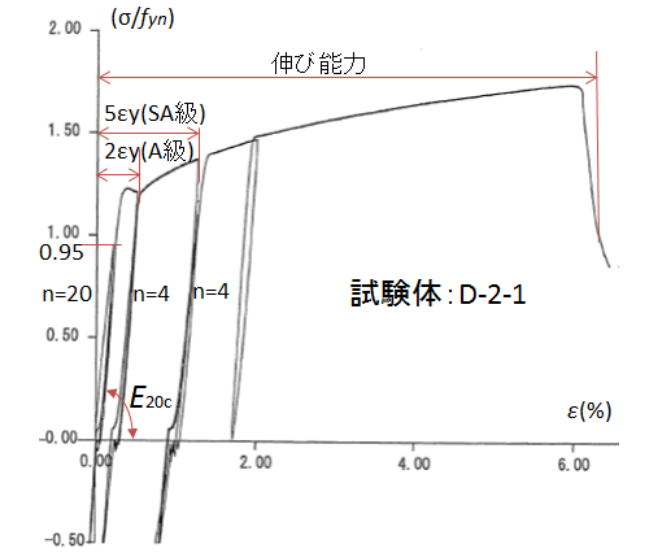


図-1 継手試験体の応力度比とひずみとの関係例

図-1 は、継手試験体 D-2 No.1 を例に、荷重方法を表-2 とした荷重時の応力度を母材鉄筋の規格降伏強度で除した値(応力度比: σ / f_{yn})と継手単体のひずみ(ϵ)との関係を示した。また、表-4 には全試験体の試験結果を一覧にした。表の最下行に記した継手単体の性能判定基準¹⁾によれば、SCS13 材の継手試験体は A 級継手の性能を示し、D-2 材のそれは平均値で SA 級継手の性能を示したが、母材破断には至らなかった。

SCS13 材の継手試験体は伸び能力に優れたが、SA 級の性能を満足しなかった。写真-3 に SCS13 材の継手試験体の試験後状況を、また、図-2 に SCS13 材および D-2 材の継手表面中央部のひずみ挙動例を示した。これによれば、SCS13 材は、0.2%耐力が小さいために、挿入した鉄筋から継手内部のグラウトを介して形成される圧縮束の応力を、D-2 材に比べ継手として十分拘束できていないことが一因であると考えられる(表-3 参照)。

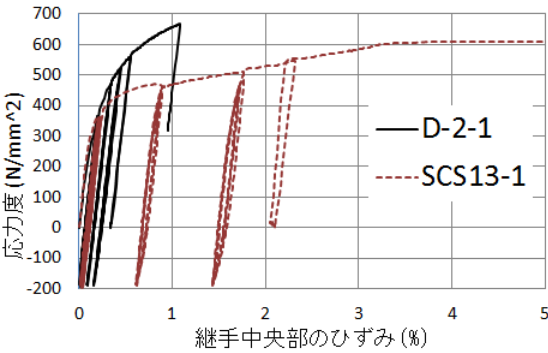


図-2 継手中央部のひずみ挙動例

4. まとめ

ステンレス鋼鋳鋼品およびニレジスト鋳鉄品によるモルタル充填式継手の単体性能試験を行い、本試験結果の範囲では、ニレジスト継手の優位性が示唆された。謝辞 本実験にご協力いただいた愛知製鋼(株)、東尾メック(株)ならびに特殊メタル(株)に感謝の意を表します。

参考文献 1) 土木学会：コンクリートライブラリー128 鉄筋定着・継手指針[2007 年版], pp.34-46, 2013.7(第 4 刷)

表-4 継手試験体の試験結果一覧

ステンレス 鉄筋	スリーブ の材質	No.	降伏強度 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	f_j / f_{yn}	割線剛性(10 ⁵ N/mm ²)		剛性低下 率 (E20c / E1c)	すべり量(mm)				伸び能力		破壊形式
						E1c (0.95f _{yn})	E20c (0.95f _{yn})		δ s(1c)	δ s(20c)	δ s(4c) (2ε _y)	δ s(8c) (5ε _y)	ε u (%)	ε u / ε _y	
SUS304 -SD390 D25	SCS13 (ステンレス)	1	479	659	1.69	1.75	1.40	0.80	0.19	0.26	0.39	0.65	6.5	25.6	鉄筋拔出
		2	470	693	1.78	1.79	1.54	0.86	0.20	0.22	0.32	0.59	9.2	38.2	鉄筋拔出
		3	482	657	1.68	1.78	1.42	0.80	0.20	0.26	0.33	0.54	6.6	26.4	鉄筋拔出
		平均	477	670	1.72	1.77	1.45	0.82	0.20	0.25	0.35	0.59	7.4	30.1	—
	D-2 (ニレジスト)	1	479	681	1.75	1.79	1.58	0.88	0.16	0.17	0.27	0.42	6.3	25.1	鉄筋拔出
		2	472	663	1.70	1.99	1.72	0.86	0.14	0.17	0.23	0.39	5.1	23.5	継手破断
		3	470	693	1.78	1.99	1.63	0.82	0.13	0.20	0.20	0.35	6.7	30.7	鉄筋拔出
		平均	474	679	1.74	1.92	1.64	0.85	0.14	0.18	0.23	0.39	6.0	26.4	—
継手単体の 性能判定基準		SA級	—	—	≥1.35	≥0.9E _s	—	≥0.85	≤0.3	≤0.3	≤0.3	≤0.9	≥4.0	≥20	(母材破断)
		A級	—	—	≥1.35	≥0.7E _s	—	≥0.5	≤0.3	≤0.3	≤0.6	—	≥2.0	≥10	—

記号 f_j :継手単体の引張強度, f_{yn} :母材鉄筋の規格降伏強度(または耐力), 以下表中の記号は、参考文献1)の表3.3.2と同じ。
 $E_s=196\text{kN/mm}^2$, 終局ひずみ(ϵu)は、破断した時点または f_{yn} まで荷重低下した時点のひずみの値。