

低温下におけるモルタル充てん継手の設計強度に関する検証試験

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

モルタル充てん継手用スリーブの強度設計は、通常接合する鉄筋を SD490 として行っており、スリーブの材質は FCD700-2 および FCD800-2(JIS G 5502)である。

一般に、鉄筋の降伏点および引張強さは、低温になるに従って上昇する傾向を示すことは周知の通りである。ところが、汎用的なスリーブの材質である FCD700-2 および FCD800-2 はパーライト素地の铸铁で、その引張強度は、鉄筋とは逆に低温下において低下する傾向を示す。それ故、モルタル充てん継手用スリーブの設計強度の余裕度は小さくなるのが懸念される。

本報は、スリーブ素材およびモルタル充てん継手試験体の低温下での引張試験を行って、接合鉄筋が引張強さに達したときのスリーブ破断の可能性を検証した。

2. スリーブ素材の低温引張試験結果

スリーブの材質として、FCD450-10, FCD700-2 (JIS G 5502 球状黒鉛铸铁品)および FCAD1200-2 (JIS G 5503 オーステンパ球状黒鉛铸铁品)について、4 号試験片(JIS Z 2241 金属材料引張試験方法)を作製した。これらを、20℃(以下、常温と呼ぶ)、-10℃、-30℃、-50℃、-70℃の各温度下において 3 本ずつ引張試験を行った。

図-1 に試験温度と平均引張強さ比(常温での引張強さで除した値の平均値)との関係を材質別に示した。また、図-2 は、異形鉄筋 SD490 D32 の常温から-100℃までの引張試験を行った結果である¹⁾。図-1 によれば、低温になるに従い平均引張強さ比は、おおよそ FCD450 が上昇、FCD700 が下降、FCAD1200 は横ばいの傾向を

示した。

いま、FCD700 に注目すると、図中の-50℃における引張強さ比は 0.88 と求まる。FCD700 の常温での引張強さを 815N/mm²(表-2 参照)とすれば、-50℃では 717 N/mm²に低下すると推測される。一方、図-2 から得られる SD490 鉄筋の引張強さは-50℃で 721 N/mm²である。ただし、このとき鉄筋は母材溶接位置で破断しており、その前後-25℃および-100℃のときの引張強さから推定すると 750 N/mm²程度であってもおかしくはない(図-2 破線参照)。つまり、-50℃の低温下では、FCD700 の引張強さが SD490 鉄筋のそれを下回って、接合鉄筋に先行してスリーブが破断する可能性を否定できない。

3. モルタル充てん継手の低温引張試験結果

3.1 試験体および試験方法

低温下でスリーブの破断が接合鉄筋のそれに先行する可能性を検証するため、接合鉄筋 SD490 の D25 および D41 と、スリーブの材質 FCD700-2 および FCAD1000-5 を組合わせた継手試験体を作製した(表-1 参照)。試験本数は各要因 3 本で総数は 12 本である。

表-1 試験体諸元および寸法

鉄筋(鋼種)	スリーブ(材質)	埋込長さ A(mm)	突付あき (mm)	継手長さ B(mm)
D25 (SD490)	S8U (FCD700) S8U (FCAD1000)	145	40	330
D41 (SD490)	S13U (FCD700) S13U (FCAD1000)	255	40	550

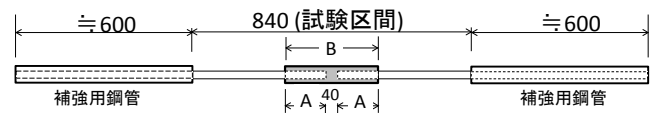


図-1 低温下のスリーブ素材の引張試験結果

図-2 低温下の鉄筋引張試験結果

キーワード モルタル充てん継手、単体性能、低温試験、引張強さ、設計強度、余裕度

連絡先 〒271-0065 千葉県松戸市南花島向町 313-5 ニスコテクニカルセンター TEL 047-308-3681

接合鉄筋の両端部には長さ約 600mm の補強用鋼管を圧着して、試験区間外での鉄筋の破断を回避した。

継手試験体は、補強用鋼管を介して 3MN 万能試験機にセットし、上下チャック間に冷却槽を差し入れた。冷却媒体には液化窒素を用いて、冷却槽内が均一となるように 3 箇所貼付した熱電対の値で調整した(図-3 参照)。設計使用温度を-40℃と設定していることから、試験温度は-45℃とし、-45℃に達してからの温度保持時間を、D25 試験体では 20 分、D41 試験体では 30 分として、その後も-45℃以下を保持した状態で加力した。

3.2 引張試験結果の概要

まず、鉄筋母材、スリーブ(ミルシート値を転記)および充てんモルタルの常温での機械的性質を表-2 に示す。

次に、試験温度を-45℃としたときの継手試験体の単調引張試験結果を表-3 に示す。また、一例として、鉄筋 D41(SD490)でスリーブが FCD700 と FCAD1000 としたときの、継手応力度と試験機ストローク変位との関係を図-4 に示す。表-3 および図-4 によれば、破断伸びに若干の相違はあるものの、全試験体が試験温度-45℃のときの引張強さは常温でのそれを 6%上回って、鉄筋母材で破断しており、スリーブは健全であった。

3.3 低温下での継手余裕度の検証

いま、最大荷重時に試験体が負担している引張応力を、全てスリーブのみで負担するとした場合の応力度に対するスリーブの引張強さの余裕度を表-4 に示す。ただし、スリーブの中央部分(危険断面)の断面積は、接合鉄筋のその 1.5 倍とした。一方、図-1 によれば、スリーブ材質 FCD700 の引張強さは、-45℃で常温の 0.88 倍に低下するが、最大荷重時にスリーブのみが負担するとした応力度に対して約 1.4 倍の余裕度がある。ただし、鋳鉄品製造上の欠陥、例えば「引け巣」の存在などを考慮して、スリーブの実態強度がミルシート値の 0.7 倍とした場合には、余裕度は 1.0 程度まで小さくなる。

4. まとめ

-45℃で、SD490 鉄筋のスリーブの材質として FCD700-2 を用いると、スリーブの設計強度に対する余裕度は低下する場合もあるが、少なくとも 1.0 は確保される。

謝辞 本実験を実施いただいた(株)伊藤製鐵所ならびに北光金属工業(株)に深甚なる感謝の意を表します。

参考文献 1) 松本智夫, 阿瀬正明: 低温下におけるモルタル充填式継手の強度確認試験, 日本建築学会大会学術講演梗概集(九州), 構造IV, pp.753-754, 2016.8

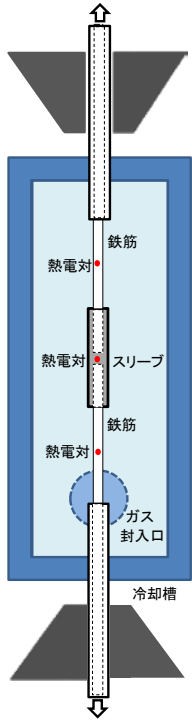


図-3 試験装置

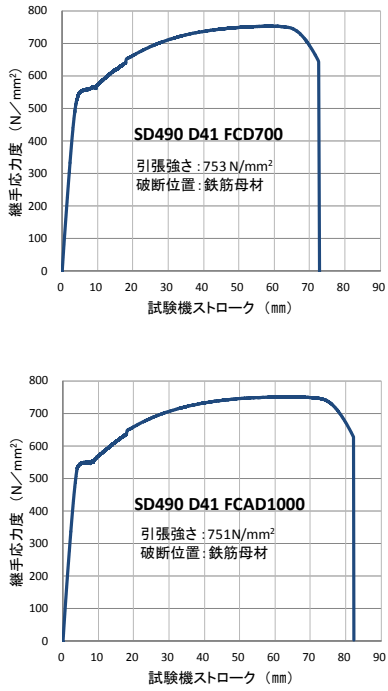


図-4 継手応力度-変位関係

表-2 各材料の機械的性質

鉄筋呼び名	鋼種	引張強さ(N/mm ²)	降伏点(N/mm ²)	伸び(%)
D25	SD490	706	508	23.6
JIS G 3112		≥620	490~625	≥12
D41	SD490	707	513	19.3
JIS G 3112		≥620	490~625	≥9
スリーブ品番	材質	引張強さ(N/mm ²)	0.2%耐力(N/mm ²)	伸び(%)
S8U	FCD 700-2	815	587	5.8
S13U	FCD 700-2	775	558	5.8
JIS G 5502		≥700	≥420	≥2
S8U	FCAD 1000-5	1280	1155	7.8
S13U	FCAD 1000-5	1171	1004	12.2
JIS G 5503		≥1000	≥700	≥5
グラウト		圧縮強度(N/mm ²)		
		102 (D25試験体)		
		105 (D41試験体)		

表-3 低温下の継手引張試験結果

鉄筋呼び名 鋼種	スリーブ (材質)	試験体 No.	降伏点 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	母材実引張強さに対する比*	破断伸び ε _u (%)	破壊形式
D25 SD490	S8U (FCD700)	1	542	748	1.06	6.01	鉄筋破断
		2	542	747	1.06	6.56	鉄筋破断
		3	545	748	1.06	6.00	鉄筋破断
		平均	543	748	1.06	6.19	—
	S8U (FCAD1000)	1	552	750	1.06	5.96	鉄筋破断
		2	546	748	1.06	6.04	鉄筋破断
		3	548	751	1.06	5.79	鉄筋破断
		平均	549	750	1.06	5.93	—
D41 SD490	S13U (FCD700)	1	550	753	1.07	4.68	鉄筋破断
		2	550	750	1.06	4.95	鉄筋破断
		3	547	750	1.06	4.79	鉄筋破断
		平均	549	751	1.06	4.81	—
	S13U (FCAD1000)	1	546	751	1.06	5.37	鉄筋破断
		2	550	749	1.06	5.15	鉄筋破断
		3	550	750	1.06	4.90	鉄筋破断
		平均	549	750	1.06	5.14	—

*鉄筋母材の実引張強さ(常温)に対する低温下継手試験体の引張強さの比。

表-4 低温下での継手余裕度

接合鉄筋呼び名	スリーブ材質	引張強さ実験値(N/mm ²)	接合鉄筋断面積(mm ²)	最大荷重実験値(kN)	スリーブ負担応力(N/mm ²)	スリーブ引張強さ(N/mm ²)*1	余裕度(1.0)*2	余裕度(0.7)*2
D25	FCD700-2	748	506.7	379	499	717	1.44	1.01
D41		751	1340.0	1006	501	682	1.36	0.95
D25	FCAD1000	750	506.7	380	500	1293	2.59	1.81
D41	-5	750	1340.0	1005	500	1183	2.37	1.66

*1: -45℃であることを考慮してミルシート値を低減した引張強さ。

*2: -45℃および鋳鉄品であることを考慮してミルシート値を低減した場合の余裕度。