

鉄筋組カゴの製作に用いる点溶接が鉄筋に及ぼす影響について

ケイコン 正会員 ○義岡 里美
R P C A協会 正会員 白石 芳明, R P C A協会 正会員 山本 康雄
首都大学東京 正会員 宇治 公隆
京都大学 フェロー 宮川 豊章

1. はじめに

一般に、鉄筋の溶接においてはその入熱の影響（主に硬化と靱性の低下）が懸念され、要求性能に問題が生じないよう適用範囲に配慮が必要である。擁壁やU型水路など道路施設に用いるPCaコンクリート製品の多くには鉄筋組カゴが使用されるが、鉄筋組カゴには可搬性が重要であり、その形状保持のため点付けの溶接（点溶接）が用いられる。鋼材の溶接性はこれまでも多くの知見があるが、点溶接した鉄筋の性能については未だ十分明らかにされていない。本報告では、鉄筋組カゴの製作に用いる点溶接が鉄筋に及ぼす影響について検討を行なった結果を報告する。

2. 実験概要

2.1 試験体に用いた鉄筋の種類と形状

使用材料を表1に、試験体形状を図1に示す。試験体形状は鉄筋組カゴ製作で主筋に配力筋を固定する要領を想定した。主筋側の鉄筋のうち、D13およびD16は道路施設などのPCaコンクリート製品で標準的なSD295AとSD345を、またD22は295Aが入手困難のためSD345とSD390を対象とした。鋼種毎のJIS規格を表2に、母材の機械的性質（実測値）と化学成分（試験成績表引用）を表3に示す。

2.2 点溶接の管理項目と点溶接した試験体の種類

点溶接には半自動溶接機を用いた。溶接にかけた時間は通常の作業を参考に3秒程度とし記録機能付クランプメーターにて実際に通電した時間（秒）を計測した。溶接の電流値（A）と溶接時間（秒）の積を点溶接に用いた電気量（C）とし溶接入熱量の目安とした。

2.3 試験内容

引張試験を金属材料引張試験方法 JIS Z 2241 に準拠して行い、降伏点、引張強度および伸びについて比較した。また載荷速度は上降伏点、下降伏点まで平均応力増加率10N/(mm²・sec)、ひずみ増加率30%/minで実施した。なお、別ロットではあるがD22のSD345について同じ要領で製作した試験体の引張試験と疲労試験（条件 応力の種類：片振り、繰返し速度：5Hz）、またそれら点溶接部分の組織観察を行なった。

3. 検討結果

3.1 点溶接した鉄筋の降伏点と引張強度

引張試験の結果を表4に示す。D13およびD16の場合、母材と比べ点溶接した試験体は、鋼種のグレード、鉄筋径に因らず、降伏点、キーワード プレキャストコンクリート製品、道路施設用製品、鉄筋の点溶接、溶接入熱、異形棒鋼、伸び

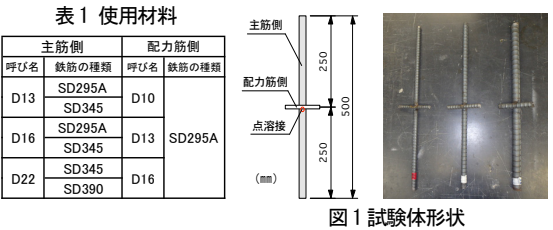


表2 試験体に用いた鉄筋のJIS G 3112 規格

鋼種	機械的性質			化学成分(%)					
	降伏点(N/mm ²)	引張強度(N/mm ²)	伸び(%)	C×100	Si×100	Mn×100	P×1000	S×1000	C+Mn/6×100
SD295A	295以上	440~600	16以上	-	-	-	50以下	50以下	-
SD345	345~440	490以上	18以上	27以下	55以下	180以下	40以下	40以下	50以下
SD390	390~510	560以上	16以上	29以下	55以下	180以下	40以下	40以下	55以下

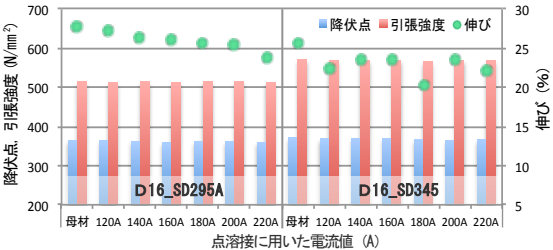
表3 母材の機械的性質と化学成分

異形鉄筋の品名	鋼種	引張試験			化学成分(%)			試験
		降伏点(N/mm ²)	引張強度(N/mm ²)	伸び(%)	C×100	Mn×100	炭素当量	
D13	SD295A	357	496	26	17	72	0.30	引張
	SD345	380	563	23	23	89	0.38	
D16	SD295A	365	515	28	21	70	0.33	
	SD345	371	570	26	24	96	0.41	
D22	SD345	401	573	21	23	85	0.38	疲労
	SD390	454	614	21	25	104	0.43	
D22	SD345	397	571	22	23	84	0.38	

表4 点溶接した試験体の引張試験結果

電流値 A	電気量 C	降伏点 N/mm ²	引張強度 N/mm ²	伸び %	電流値 A	電気量 C	降伏点 N/mm ²	引張強度 N/mm ²	伸び %	電流値 A	電気量 C	降伏点 N/mm ²	引張強度 N/mm ²	伸び %
100A	291	357	498	28	120A	354	363	513	27	140A	413	395	566	18
120A	352	357	499	28	140A	422	362	514	26	160A	491	392	565	18
140A	425	354	497	26	160A	494	359	513	26	180A	529	391	565	20
160A	485	356	499	26	180A	543	361	515	26	200A	609	391	554	16
180A	541	357	498	26	200A	608	361	515	25	220A	656	391	565	19
200A	593	358	499	25	220A	669	359	513	24	240A	742	391	516	8
220A	285	382	561	23	120A	355	369	570	22	140A	421	457	612	15
120A	342	383	559	22	140A	422	371	569	23	160A	478	452	610	15
140A	409	385	560	20	160A	494	370	570	23	180A	541	455	612	14
160A	483	382	561	22	180A	543	367	566	20	200A	599	456	609	12
180A	549	383	562	23	200A	608	365	569	23	220A	667	452	608	13
200A	593	384	560	23	220A	669	367	569	22	240A	712	453	582	10

※ ○印 溶接技能者が通常の作業で用いる電流値



引張強度の低下は見られなかった。一例でD16の結果を図2に示す。また、通常の作業で用いる電気量より大きくなると主筋にアンダーカットが発生した試験体があったが、降伏点、引張強度ともに全ての条件で母材と同程度であった。なお、D22は点溶接に用いた電気量が通常より著しく高いと強度が低下する傾向があった。

3.2 点溶接した鉄筋の伸び

(1) 鋼種のグレードと伸び D16とD22のそれぞれの結果を鋼種のグレードと伸びで比較したものを図3、図4に示す。同径ではグレードの高い鉄筋の方が同種の母材に対する伸びの低下が大きく、電気量の増加にともない、伸びが低下している。鉄筋に含有する炭素は強度を得るために有効であり、グレードの高い鉄筋になるほど炭素含有量が多い(表3)。炭素含有量、炭素当量が高いと溶接入熱の影響を受けやすく¹⁾、点溶接の場合も鋼種グレードが高いものほど熱影響が大きいと考えられる。

(2) 鉄筋径と伸び 鋼種SD345の鉄筋径(D13, D16, D22)に注目して、点溶接した試験体の伸びを母材の伸びとの差で比較したものが図5である。鉄筋径が太径になるにしたがい点溶接をした試験体は母材に比べ伸びの低下が大きい。通常の1.5倍程度の電気量で点溶接したものは全ての鉄筋径においてアンダーカットの傾向が見られたが、D13とD16はアンダーカットと伸びの低下に明確な関係性は確認されなかった。溶接の鋼材組織の脆化の要因は急冷が挙げられ、断面積が大きい太径ほど溶接入熱が熱影響を受けていない部分で急冷され²⁾、硬くもろい組織に変化するといえ、D22は熱影響による脆化が顕著になったと考えられる。

3.3 点溶接した鉄筋の疲労と伸び

D22でSD345の電気量と疲労(応力範囲210MPa, 240MPa)の繰返し回数を図6に示す。図より、電気量が大きくなると繰返し回数が低下する傾向がわかる。図7には、疲労試験に用いた試験体と同条件で製作した試験体の伸びの結果と繰返し回数の関係を示す。伸びの低下と疲労の繰返し回数の低下の関係が定性的ではあるが、明らかとなった。

また、図8には、点溶接部の鉄筋の熱影響を受けた結晶組織を示す。疲労試験および引張試験後の破断した試験体の熱影響範囲を調べると点溶接の電気量と鉄筋の結晶組織への熱影響深さに相関が確認された。

なお、D13とD16の伸びへの影響は僅かであり、それらの疲労性状の確認については今後の課題である。

4. まとめ

- ・点溶接した鉄筋の降伏点および引張強度は母材と比べて違いが殆ど見られなかった。
- ・点溶接した鉄筋の伸びは、D13とD16は母材と比べて僅かに低下する程度だったが、D22は入熱量が大きくなると伸びへの影響が認められJISの規格値も下回った。
- ・SD295AよりもSD345の方が点溶接による伸びの低下が顕著となり、点溶接のような簡易とされる溶接においても、炭素含有量や炭素当量の影響があるものと考えられる。

【謝辞】鉄筋および組織観察は共英製鋼(株)、試験体製作は(株)青山商事に多大なご協力をいただきました、ここに謝意を表します。

【参考文献】1) 社団法人日本溶接協会 HP http://www-it.jwes.or.jp/technology/cp3_2.html

2) 野原英孝著、現場で役立つ溶接の知識と技術、2012、秀和システム、P208

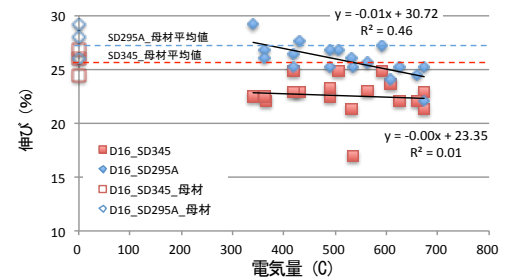


図3 D16_SD345とSD295A 伸びと電気量の関係

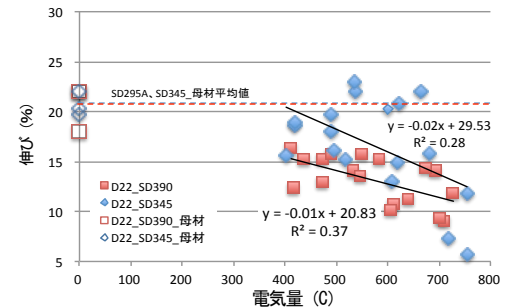


図4 D22_SD390とSD345 伸びと電気量の関係

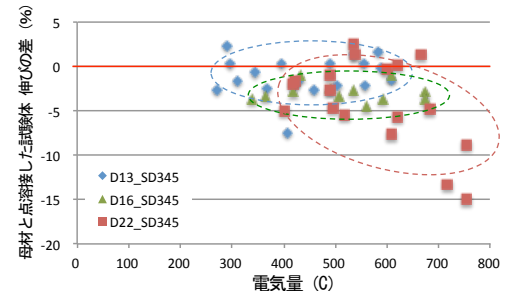


図5 SD345のD13, D16, D22について 母材と点溶接した試験体の伸びの差と電気量の関係

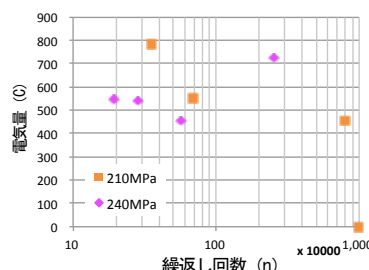


図6 D22_電気量と破壊までの繰返し回数

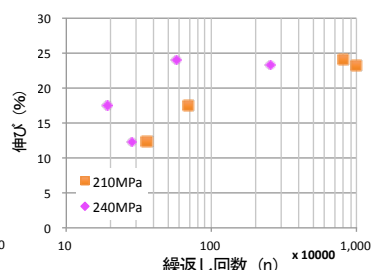


図7 D22_伸びと破壊までの繰返し回数

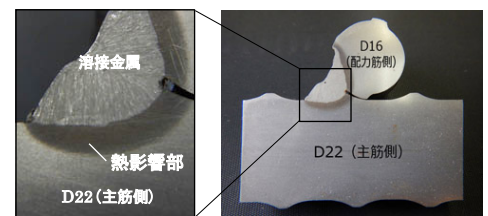


図8 D22_点溶接で熱影響を受けた主筋側の組織観察