

RC梁のせん断補強筋とクラック幅に関する研究

その2.一軸引張試験による付着性能の評価

RC梁	せん断クラック	付着性能
一軸引張試験	付着強度試験	付着剛性

正会員 ○石井 冨次郎*1
同 菊池 健太郎*2
同 島崎 和司*3

1.はじめに

RC 規準¹⁾では、損傷限界に納めるための許容せん断耐力が定められているが、せん断補強筋は耐力として $p_w \cdot \sigma_y$ で考慮されるのみである。前報²⁾では補強筋比と補強筋間隔を独立したパラメータとして扱い、クラック幅への影響を検討し明らかとした。しかし、付着特性による影響は明らかとなっていない。

本研究では、各種せん断補強筋を用い付着性能を定量的に評価するための付着強度試験をおこなう。また、一軸引張試験をおこないクラック幅への付着力の影響を検討することを目的としている。

2.実験概要

2.1 使用材料 せん断補強筋として使用する鉄筋を表1に、コンクリートの材料特性を表2に示す。

2.2 付着強度試験 試験体概要を図1(i)に、試験装置を図2に示す。試験方法は日本建材試験センターの付着強さ試験方法³⁾に準じて行った。試験体はコンクリートの厚さを1辺100mmとした立方体で、付着長さを鉄筋径の4倍とし、残りの区間は載荷側にデボン加工を行った。試験体数は各パラメータで3体とした。鉄筋の自由端側先端に取り付けた変位形ですべり量を計測する。

2.3 一軸引張試験 試験体概要を図1(ii)に、試験装置を図3に示す。通常のRC梁ではコンクリートのせん断斜張力によりクラックが生じ、その後は、せん断補強筋の引張力が付着によりコンクリートに伝達されてクラックが生じると考えられる。これを模擬するため、補強筋両端に加力用の付着の大きい鉄筋(SD345・D22)を摩擦圧接しコンクリートに埋め込むことで、初期クラックを生じさせ、その後のクラックはせん断補強筋の付着により生じるものとする。

コンクリートの断面はNo.4～30では一辺100mmとする。No.1～3ではコンクリートのひび割れ耐力が鉄筋の降伏耐力を下回るため、コンクリートの断面を一辺50mmとした。試験体数は各パラメータで3体とした。クラック幅はクラックの伸び方向と対角方向をクラック幅とし計測した。ひずみゲージはせん断補強筋の中央と中央から125mm離れた点とした。加力サイクルは規格降伏耐力の1/3、2/3、3/3を各2回ずつ繰り返し繰り返し載荷する。降伏応力度が390N/mm²を超える鉄筋については、降伏応力を390N/mm²とした降伏耐力の1/3、2/3、3/3と実際の降伏耐力の1/3、2/3、3/3を各2回ずつ繰り返し繰り返し載荷する。

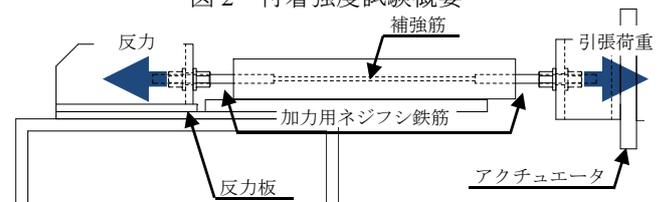
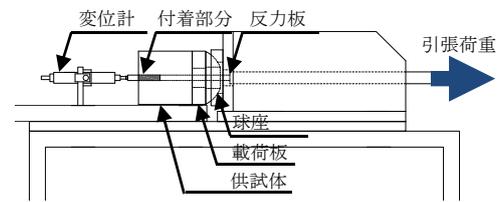
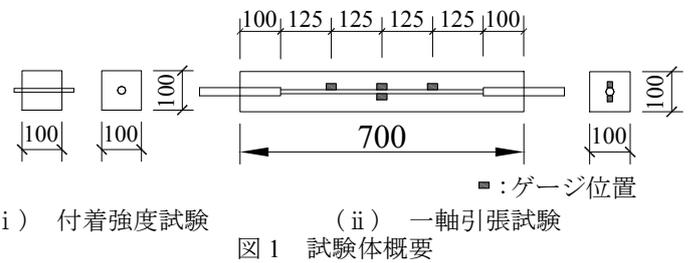


表1 使用鉄筋

No.	種別	径	筋形状	
1~3	SD295	D10	A	
		D13		
4~6	SD345	D10		
7~9				D10
10~12				
13~15	SD295	D13		
16~18	SBPD1275	U7.1	C	
		U10.7		
19~21	JH785	K10		
22~24			D	
25~27				E
28~30			F	
	UB785	UD10		F
	SD345	D22	B	

表2 コンクリート材料特性

試験時材齢 (日)	圧縮強度 (N/mm ²)	割裂強度 (N/mm ²)	ヤング係数 ×10 ⁴ (N/mm ²)
31~38	34.90	2.99	3.11

3.実験結果

付着強度試験の結果を表3に示す。付着が切れる前の応力の最大値を最大付着応力、付着応力とすべり量の傾きを付着剛性とする。No.4～6は付着割裂で最大耐力が決まった。高強度鉄筋は節の凹凸が少ないため、最大付着応力、付着剛性ともに値が小さい。節形状により最大付着

応力に差があることが確認できる。No.16~18 では、規格降伏耐力と最大付着耐力がほぼ同値である。No.19~21 では、390N/mm² に制限された規格降伏耐力と最大付着耐力がほぼ同値であり、その後の载荷では付着が切れている可能性がある。

補強筋を横切るクラック幅の合計を総クラック幅、その中で最大のクラック幅を最大クラック幅として、クラック幅の評価を行う。最大クラック幅と引張力の関係を図4に示す。節形状によりクラック幅に差がある。節形状のA、B、D~F、Cの順に付着耐力が大きくなり、クラック幅は小さくなる傾向にある。No.7~9 と No.19~21 は同程度の付着剛性で同程度の鉄筋径であり、No.19~21 では、付着が切れる前の最大クラック幅はあまり差がない。最も付着剛性の高いNo.22~24のクラック幅はあまり小さいことから、付着剛性でのクラック幅の評価は難しい。

総クラック幅と最大クラック幅の関係を図5に示す。総クラック幅と最大クラック幅には高い相関性が見られる。最大クラック幅は総クラック幅の0.24~1倍となり、付着耐力の大きい試験体ほどクラックが分散するため総クラック幅に対する最大クラック幅は小さい傾向にあるクラック幅の残留率を図6に示す。鉄筋径、降伏耐力などが異なるため引張力での比較は難しいので、ひずみレベルでの比較を行う。ここでは補強筋が短期荷重にあたる1500μを経験する引張力をピーク荷重として、ピーク荷重を経験するサイクル2回目での比較を行う。図6(i)には0kNまで除荷した値を縦軸に、図6(ii)には長期荷重にあたる1000μまで除荷した値を縦軸に示している。付着性能に係わらずピーク時と除荷時のクラック幅には高い相関性が確認できる。最大クラック幅は0kNまで除荷すると4割程度、1000μまで除荷すると8割程度残留する。

3.まとめ

- 最大クラック幅は最大付着応力の大きいせん断補強筋ほど小さくなる。
- 総クラック幅に対して最大クラック幅は0.24~1倍程度になり、最大付着応力の大きいせん断補強筋ほど総クラック幅に対する最大クラック幅の比率は小さくなる。
- 1500μを経験し除荷した場合、最大クラック幅は0kNまで除荷すると4割程度、1000μまで除荷すると8割程度残留する。

謝辞

本研究では、東京鐵鋼株式会社およびJFE スチール株式会社より鉄筋を提供していただきました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説、2010
- 菊池健太郎、島崎和司：RC梁のせん断補強筋とクラック幅に関する研究 せん断補強筋量とせん断補強筋間隔をパラメータとした検討、日本建築学会大会学術講演会梗概集(関東)、2015
- (財)建材試験センター：引き抜き試験による鉄筋とコンクリートとの付着強さ試験方法、1999

表3 付着強度試験

No.	節形状	種別	径	最大付着応力度 (N/mm ²)	付着剛性 (N/mm ³)
1~3	A	SD295	D10	19	29.1
4~6			D13	15.4*	17.2
7~9		SD345	D10	12.8	12.8
10~12	B	SD490	D10	14.9	19.4
13~15		SD295	D13	14.8	29.4
16~18	C	SBPD1275	U7.1	4.6	2.1
19~21			U10.7	2.5	11.8
22~24	D	JH785	K10	15.3	34.4
25~27	E	SPR785	T10	10.5	6.8
28~30	F	UB785	UD10	6.3	2.7

*付着割裂により決まった値

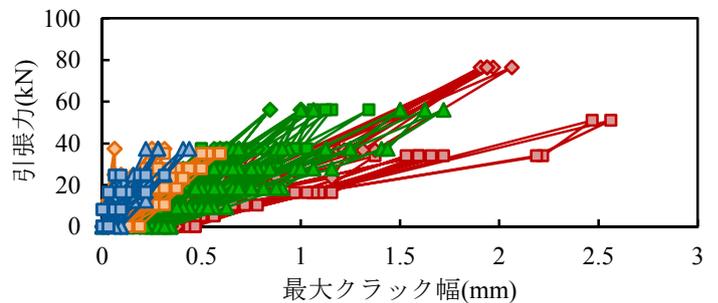


図4 最大クラック幅-引張力関係

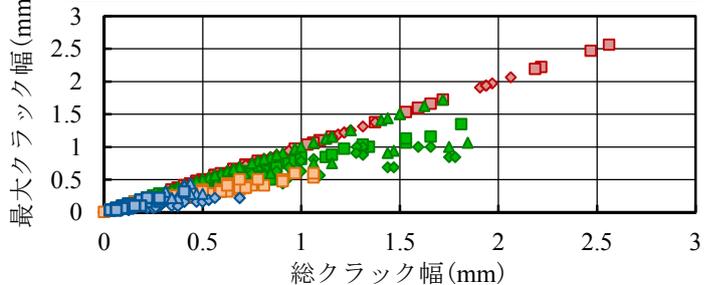
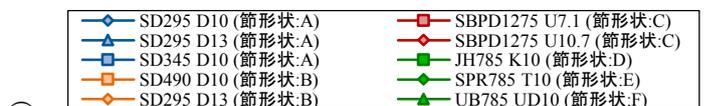
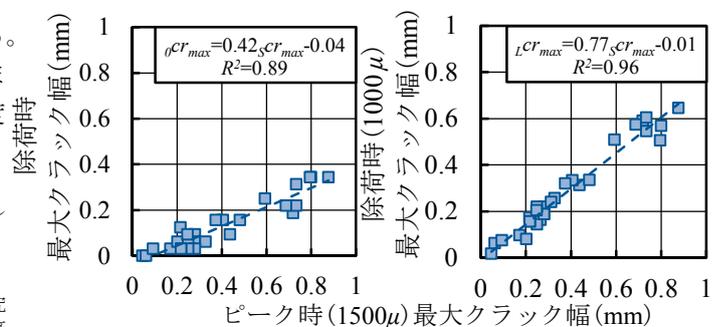


図5 総クラック幅-最大クラック幅関係



(i) 除荷時(0kN) (ii) 除荷時(1000μ)
図6 クラック幅の残留率

*1 神奈川大学 大学院生
*2 株式会社建研 修士(工学)
*3 神奈川大学 博士(工学)

*1 Graduate Student, of Architecture, Kanagawa University
*2 KEN KEN Co.,Ltd., Ms Eng
*3 Prof.,Department of Architecture, Kanagawa University, Dr Eng