

RC 部材の曲げ破壊靱性確保に必要となる最小主鉄筋径の算定方法の検討

東京理科大学 学生員 広瀬 泰之 東京理科大学 正会員 辻 正哲
 東京理科大学 学生員 三田 勝也 東京理科大学 学生員 角 直樹
 東京理科大学 学生員 元井 康博 東京理科大学 学生員 小泉 裕樹

1. はじめに

RC 部材の耐震性能の向上には、耐力のみならず鉄筋降伏後の靱性にも十分配慮する必要がある。これまで同一鉄筋比であっても、極端に細径の鉄筋を用いるとひび割れ断面からの鉄筋の抜け出しがなく、高靱性を確保できないのではないかとすることに着目し実験を行ってきた結果、同一鉄筋比であっても、ある一定以上の直径の主鉄筋を用いることで、鉄筋がコンクリート中にめり込み破断せず、曲げ破壊靱性を大きく出来ることを明らかにしてきた。¹⁾しかし、部材寸法に応じて、十分な曲げ破壊靱性を確保するためにどの程度の径の主鉄筋を配筋すればよいかについては、十分な検討がなされていない。

本研究では、大きな靱性を確保するために必要な最小の主鉄筋径と有効高さの関係について検討し、さらに鉄筋がコンクリート中にめり込む挙動をモデル化し、高い曲げ破壊靱性を確保するために必要となる最小主鉄筋径の算定方法について検討した。

2. 実験概要

本実験では、表 1 に示すように D13 から D32 までの主鉄筋を配筋した計 20 体の供試体を作成した。桁高を 100 mm から 300 mm の 5 段階に変化させ、それぞれかぶり高が 20 mm 以上となるよう有効高さを 61 mm から 257 mm まで変化させた。供試体寸法の例は図 1 に示すとおりである。主鉄筋を 1 本とした供試体ではスターラップの変形を防ぐために中間帯鉄筋を配筋した。荷重方法は二等分点荷重による一方向単調曲げ試験とした。なお、試験材齢は 7 日とし、その時点でのコンクリートの圧縮強度は $40 \pm 5 \text{ N/mm}^2$ であった。

3. 実験結果

表-1 は供試体の寸法および破断時たわみを示したものである。桁高 200 mm、主筋に D13 を 4 本配筋した供試体では、4 本の主筋のうち 3 本破断し耐力が大きく低下した。これに対し、桁高 200 mm、主筋に D22 を 1 本配筋した供試体では、鉄筋比が供試体 に比べて小さいのにも関わらず主筋は破断することなく耐力を維持した。鉄筋径を大きくすることで、主鉄筋は破断することなく、高い曲げ破壊靱性を確保することができるという結果が得られた。一方、桁高 200 mm、主筋に D25 を 1 本配筋した供試体 では、主筋が破断することは無かったものの、たわみ 50 mm 程度で、付着ひび割れを生じ、コンクリートと鉄筋の一体性が損なわれ付着せん断破壊となり急激な耐力低下

キーワード 鉄筋径, 曲げ破壊, 靱性, 付着応力, 支圧強度

連絡先 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 TEL 04-7124-1501 (内線 4054) E-mail : saori@rs.noda.tus.ac.jp

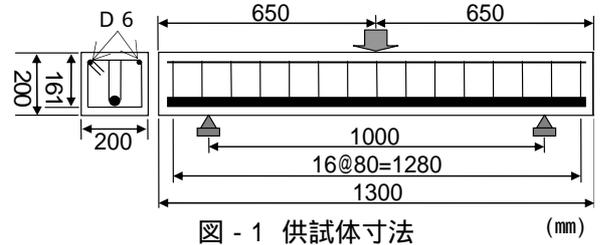


図 - 1 供試体寸法 (mm)

表 1 供試体寸法および破断時たわみ

番号	引張側主鉄筋		桁高 h(mm)	有効 高さ d(mm)	鉄筋比 Pt(%)	破断時のたわみ(mm)				
	種類	本数								
SD295 D13	D13	1	100	61	1.03	192				
			200	161	0.39	54				
SD345 D16	D16	1	100	61	1.63	-				
			150	111	0.90	177				
			200	161	0.62	93				
			250	207	0.48	67				
			300	257	0.39	48				
SD345 D19	D19	1	200	151	0.89	-				
			300	257	0.56	64				
SD345 D22	D22	1	150	111	1.74	-				
			200	161	1.20	-				
			250	207	0.94	-				
			300	257	0.75	71				
SD345 D25	D25	1	200	161	1.57	-				
			300	257	0.99	137				
SD345 D29	D29	1	200	161	2.00	-				
			300	254	1.25	-				
SD345 D32	D32	1	300	254	1.55	-				
SD295 D13	D13	4	200	161	1.57	158*	177*	194*	*4	
			300	257	0.99	84	87	98	98	

破断せず
 *1, *2, *3, *4: それぞれ1本目, 2本目, 3本目, 4本目の主鉄筋破断時のたわみ

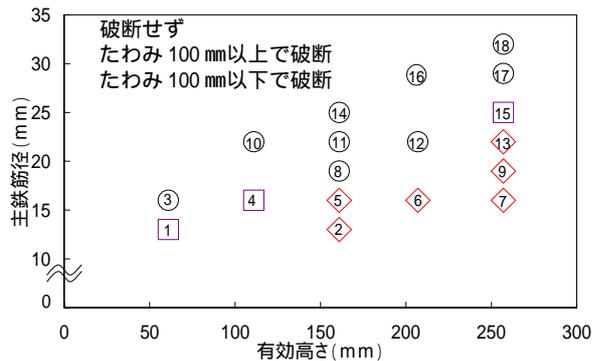


図 3 主鉄筋径と有効高さの関係

を引き起こした。主鉄筋径を大きくするにあたっては付着せん断破壊を起こさないように注意する必要がある、鉄筋の付着応力に対し照査する必要があることが明らかとなった。

図3は、主鉄筋の破断した供試体と破断せずコンクリート中にめり込んだ供試体を区別し、有効高さと主鉄筋径の関係として整理したものである。桁高が大きくなるにつれて破断しなくなる鉄筋径は大きくなるという傾向が得られた。

4. 曲げ破壊靱性の確保に必要な主鉄筋径の算定方法

主鉄筋がコアコンクリートにめり込むという挙動を図4に示すようにモデル化した。そして、鉄筋がコアコンクリートに押し付けられる最大の応力を、鉄筋の引張力Tの合力と釣り合うとして、式(1)を仮定した。なお、曲げひび割れ断面からの主鉄筋の抜け出し量は、主鉄筋径に比例すると仮定している。

$$\begin{aligned} \sigma_f &= 2T \cdot \sin(\theta/2) / (D \cdot dx) = T \cdot (\theta/2) / (D \cdot dx) \\ &= (f_s \cdot D^2/4) \cdot \{(\theta_{su} + \theta_{cu} + kD)dx/d\} / (D \cdot dx) \\ &= f_s \cdot D(\theta_{su} + \theta_{cu} + kD)/4d \end{aligned} \tag{1}$$

ここに、 σ_f :鉄筋がコアコンクリートに押し付けられる応力(N/mm²)、 θ :RC部材の曲率、 f_s :鉄筋の引張強度(N/mm²)、D:鉄筋径(mm)、 θ_{su} :鉄筋の終局ひずみ、d:有効高さ(mm)、 θ_{cu} :コンクリートの終局ひずみ、k:鉄筋の抜けしを考慮する係数である。

一方、コンクリートの支圧強度 f'_a と圧縮強度の関係は、コンクリート標準示方書(以下、示方書)では式(2)が採用されている。ここでは、コンクリートの支圧強度 f'_a は支圧を受ける面積 A_a が小さいため f'_a をコンクリートの圧縮強度 f'_c の2倍とした。

$$f'_a = (A/A_a)^{1/2} \cdot f'_c \tag{2}$$

ここに、 f'_c :コンクリートの圧縮強度(N/mm²)、A:コンクリート面の支圧分布面積(mm²)、 A_a :支圧を受ける面積(mm²)
鉄筋がコアコンクリートに押し付けられる応力 σ_f が、コンクリートの支圧強度 f'_a 以上となれば、鉄筋がコアコンクリートにめり込むと考え、実験結果から逆算により鉄筋の抜け出し量の影響を考慮する係数kに0.07を代入し、式(1)の鉄筋がコアコンクリートに押し付けられる応力 σ_f を計算した。その結果は図-5に示す通りであり、供試体を除いて、鉄筋がコアコンクリートに押し付けられる応力 σ_f の計算結果が、コンクリートの支圧強度 f'_a 以上となった供試体では、鉄筋のめり込みがみられるという実験結果となっている。しかし、鉄筋がコアコンクリートに押し付けられる最大応力 σ_f とコンクリートの支圧強度 f'_a の差が10N/mm²程度と小さい供試体D13*1,H200、D13*4,H300では、高い曲げ破壊靱性を示したものの、鉄筋が若干めり込んだ後、破断しており、コンクリートの支圧強度 f'_a は、示方書に示された値より若干大きくするのがよいと思われる。これは、示方書では、支圧強度を低めにとる方が安全側となることを前提としており、今回は支圧破壊をする方が逆に安全側となることを前提としていることの相違によるものと考えられている。

5. まとめ

主鉄筋径を大きくすることにより高い曲げ破壊靱性を確保する方法において、有効高さが高くなるにつれ、破断しない最小の鉄筋径は大きくなる傾向にある。ただし、鉄筋径を大きくするにあたっては、付着せん断破壊が起こらないように注意する必要がある、鉄筋の付着応力に対し照査する必要がある。また、高い曲げ破壊靱性を確保することが可能となる最小主鉄筋径の算定方法を提案できた。

参考文献

1)角直樹,辻正哲,毛利昌登:鉄筋径の相違がRC部材の曲げ靱性に及ぼす影響,第33回土木学会関東支部技術研究発表会公演概要集, -010

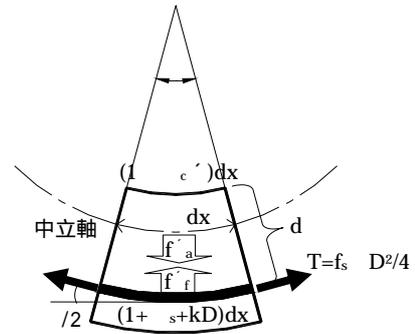


図4 鉄筋めり込み挙動モデル化概念図

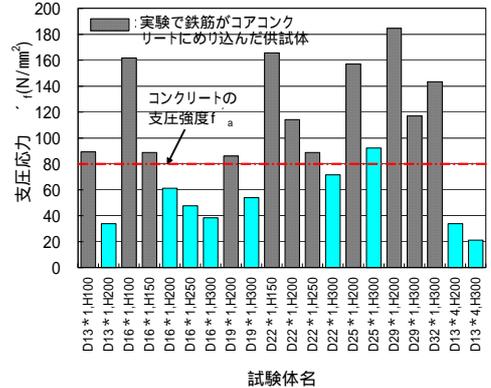


図5 鉄筋がコアコンクリートに押し付けられる応力(支圧応力)と実験結果との関係