

RC 梁の曲げ破壊靱性向上のための力学的モデルの提案

東京理科大学院 学生員 ○田口 哲平 東京理科大学 正会員 辻 正哲
 鉄道総合技術研究所 正会員 岡本 大 東京理科大学院 学生員 日浦 望

1 はじめに

近年、RC 梁の高強度化が急速に進み、今後もこの傾向は続くものと考えられる。従来の RC 梁では鉄筋の降伏により靱性を確保する設計手法が広く用いられているが、高強度鉄筋を用いた場合、高強度鉄筋の伸びは小さいため、曲げ破壊靱性が小さくなると考えられる。一方、コンクリートも高強度になると、その破壊性状は脆性的となる。こうした状況から、これまでに普通強度 RC 梁について、径の大きい主鉄筋を用いることで、主鉄筋がコンクリートへめり込むことで、主鉄筋の破断を防止し、高い曲げ破壊靱性を確保するという新しい方法¹⁾を提案してきた。しかし、高強度材料を使用した RC 梁では、ひび割れ断面からの主鉄筋の拔出し量が少なく、また鉄筋がコンクリートにめり込もうとする時の抵抗力も大きくなるため、主鉄筋が破断しやすくなり、十分な曲げ破壊靱性を確保できなくなる懸念がある。こうした懸念があるにもかかわらず現行の土木学会コンクリート標準示方書[設計編]では、鉄筋の破断に対しては考慮されていない。例えば、軸方向鉄筋の径は鉄筋工における精度確保に主眼が置かれているのみである。

本研究では、高強度コンクリートを用いた RC 梁における主鉄筋破断とコンクリート強度の関係、ならびに高強度主鉄筋を用いた RC 梁における主鉄筋破断と有効高さの関係について検討した。そして、これまでにやってきた結果¹⁾²⁾³⁾⁴⁾に今回の結果を踏まえて、高強度領域にまで適用可能な曲げ破壊靱性確保を目的とした主鉄筋の破断防止のための設計にあたってモデルを提案する。

2 実験概要

表-1 に示すように、計 9 体の供試体を作製した。供試体の寸法および配筋方法の例は図-1 に示す通りである。なお、すべて V_{yd}/V_{mu} を 1.3 以上とした。また、引張主鉄筋を 1 本としたため、帯鉄筋の変形を防ぐために中間帯鉄筋を設けた。載荷方法は、二等分点載荷による一方向単調曲げ試験とし、載荷は、主鉄筋が破断するか、もしくは破断しない場合には載荷位置のたわみが 200 mm になるまで行った。

3 実験結果

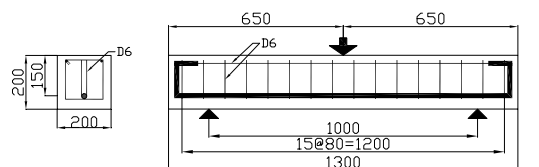
表-1 に供試体一覧と破断時のたわみを示した。実験の結果より、コンクリート強度が 150~190N/mm²の範囲においては、主鉄筋に普通強度鉄筋 D22 以上を用いることで、主鉄筋の破断を防止することができ、高い曲げ破壊靱性が得られることが明らかとなった。主鉄筋に高強度鉄筋 D22 を用い、有効高さを変化させた場合、有効高さを 75 mm 以下であれば主鉄筋は破断せず、高い曲げ破壊靱性が得られることが明らかとなった。

4 RC 梁の主鉄筋の破断防止設計法

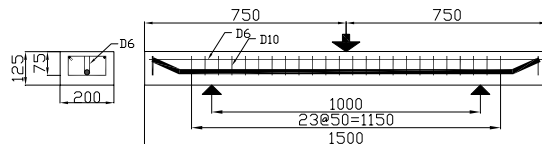
今回の実験結果について、これまで普通強度材料に対して適用できるとして提案してきた式³⁾を用いて検討した結果、高強度鉄筋の伸びが普通強度鉄筋に比べ著しく小さいことから、新たに式を提案し直す必要があることが明らかとなった。そのため、鉄筋の伸びによりひび割れ断面からの拔出し量が変化すると考え、その拔出し量が伸びの 2 乗に比例すると仮定し

表-1 供試体一覧

No.	コンクリートの 圧縮強度 f'_c (N/mm ²)	引張主鉄筋	引張 鉄筋比 Pt(%)	有効 高さ d(mm)	スタースラップ 鉄筋 ピッチ (mm)	破断時のたわみ δ_{snag} (mm)
		SD345 D19	0.96			189.4
152		SD345 D22	1.29			破断せず
		SD345 D25	1.69			破断せず
178		SD345 D22	1.29	150	D6	破断せず
186		SD345 D22	1.29			破断せず
75.5		USD685 D22	2.58	75		破断せず
81.6		USD685 D22	1.94	100		75.62
81.6		USD685 D22	1.55	120		63.38
84.7		USD685 D22	1.29	150	D10	57.0



(i) 主鉄筋に普通強度鉄筋を用いた場合



(ii) 主鉄筋に高強度鉄筋を用いた場合

図-1 供試体寸法の例

キーワード 高強度コンクリート、高強度鉄筋、曲げ破壊、靱性

連絡先 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 TEL04-7124-1501 E-mail : saori@rs.noda.tus.ac.jp

た.そして,変形後の鉄筋がコアコンクリートに押し付けられる応力(以下,支圧応力)を変形後の釣り合いより,(1)式のように修正した.

$$\sigma'_a = f_{tu} \pi \phi (\epsilon_{su} + \epsilon_{cu} + k \epsilon_{su}^2 \phi^2) / 4d \quad (1)$$

ここに, σ'_a :支圧応力(N/mm²), f_{tu} :鉄筋の引張強度(N/mm²), ϕ :鉄筋径(mm), ϵ_{su} :鉄筋の伸び, d :有効高さ(mm), ϵ_{cu} :コンクリートの終局ひずみ, k :ひび割れ断面からの鉄筋の拔出しを考慮する係数

一方,高強度領域でのコンクリートの支圧強度の推定に当たって,実験結果より有効高さが大きくなるにつれて鉄筋が破断しやすくなること,圧縮強度が高くなるとコンクリートの破壊形式が圧縮型から割裂引張型へ移行することを考慮し,支圧強度 f'_a は,コンクリートの引張強度 f_t , 有効高さ d に比例すると仮定し,(2)式を提案した.

$$\begin{aligned} f'_a &= (A/A_a)^{1/2} \cdot (d/150)^{1/2} \cdot (f'_c(30\text{N/mm}^2)/f_t(30\text{N/mm}^2))f_t \\ &= (A/A_a)^{1/2} \cdot (d/150)^{1/2} \cdot 13.5f_t \end{aligned} \quad (2)$$

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), f_t :コンクリートの引張強度(N/mm²)

なお,支圧を受ける面積 A_a が小さいとから (A/A_a) を 4 とした.そして,今回提案した(1)式により求めた支圧応力が,(2)式により求めた支圧強度以上となる,すなわち σ'_a/f'_a が 1 以上となれば主鉄筋がコアコンクリートにめり込み破断しないと仮定した.なお, k の値は,普通強度鉄筋では 0.108, 高強度鉄筋では 0.065 として σ'_a/f'_a を計算した.

図-2 は,これまでに行ってきた結果¹⁾²⁾³⁾⁴⁾に今回の結果を加えて, σ'_a/f'_a の計算結果と各供試体の主鉄筋破断の有無の関係を示したものである. σ'_a/f'_a が 1 以上となった供試体では,鉄筋がめり込み,破断しないという実験結果となっており,材料強度,有効高さを問わず適用可能な主鉄筋破断防止のためのモデルを提案できる可能性が示されたと考えている.

5 まとめ

高強度材料を用いたRC梁にも適応できる曲げ破壊靱性確保を目的とした設計方法について検討を行った結果,材料強度,部材寸法を問わず適応可能な主鉄筋破断防止のためのモデルを提案できる可能性が示されたと考えている.しかし,高強度材料を用いた場合のモデルを設計手法にまで展開するにはさらに検討する必要があると考えている.

参考文献

- 1) 角直樹,辻正哲: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講演概要集, V-010
- 2) 広瀬泰之,辻正哲:RC部材の曲げ破壊靱性確保に必要な最小主鉄筋径の算定方法の検討,第62回土木学会年次学術講演会講演概要集, V-313
- 3) 広瀬泰之,辻正哲:高強度高靱性RC部材に必要な最小主鉄筋径とコンクリート強度の関係,第63回土木学会年次学術講演会講演概要集, V-552
- 4) 田口哲平,辻正哲:コンクリートおよび主鉄筋強度が曲げ破壊靱性に及ぼす影響,第36回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, V-061

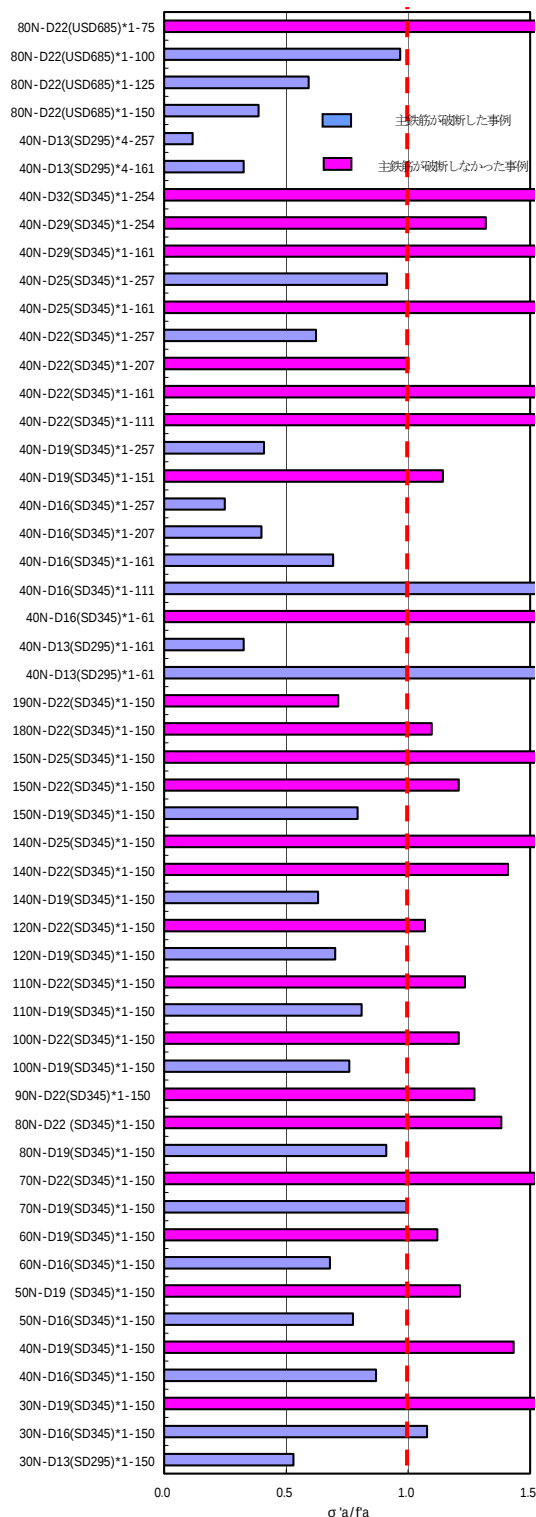


図-2 σ'_a/f'_a