

V-45

腹鉄筋のない超高強度 RC はりのせん断耐力算定式の提案

東北大学大学院 学生員 ○王 衛倫 前田製管(株) 正会員 前田直己
 東北大学大学院 学生員 佐藤成禎 東北大学大学院 フェロー 鈴木基行

1. はじめに

著者らは、超高強度材料を用いた腹鉄筋のない RC はりのせん断特性に着目した実験を行ってきた。これらの実験により、既往の普通強度 RC はりを対象としたせん断耐力算定式は、超高強度 RC はりには適用できず、特に、材料の高強度化に伴い、コンクリート圧縮強度および有効高さがそのせん断耐力に与える影響を再評価する必要性が示唆された。そこで、本研究では、著者らの実験に加え、既往の国内外の文献から合計 66 体の超高強度 RC はりのせん断実験結果を収集し、それらを基に、超高強度 RC はりを対象としたせん断耐力算定式を提案した。

2. 実験データの概要

著者らの実験では、コンクリート圧縮強度 f'_c : 38~128MPa, 有効高さ d : 150, 350, 550, 600, 650mm, 引張鉄筋比 ρ_t : 0.54~2.17%, せん断スパン比 a/d : 2.0, 2.5, 3.0, 4.0, の範囲の実験供試体を対象としてきた。このうち、本研究では、斜め引張破壊を生じる RC はりのせん断耐力評価を目的とするため、せん断スパン比が 3.0 以上の供試体を選定した。また、これに加えて、国内外の文献を調査し、コンクリート圧縮強度 60MPa 以上、引張鉄筋比 0.3% 以上、有効高さ 0.07m 以上を持つ超高強度 RC はりのせん断実験結果も参照した。なお、引張鉄筋比および有効高さの下限値は、Okamura and Higai⁶⁾ の研究を参考に設定した。表-1 に、せん断耐力算定式を提案する際に参照した供試体諸元の一覧を示す。

表-1 既往の実験データの概要

研究者	データ数	f'_c (MPa)	ρ_t (%)	d (m)	a/d
Ahmad et al ¹⁾	12	61~67	0.3~6.6	0.18~0.21	3.0, 4.0
松井ら ²⁾	14	71~128	2.5~2.6	0.15~0.30	3.0, 4.0
下野ら ³⁾	7	76~125	2.3	0.4	3.0
土屋・大内 ⁴⁾	5	65.9	1.4~1.6	0.24~0.26	3.0, 3.25
Elzanaty et al ⁵⁾	7	63~74	1.2~3.3	0.28	4.0~6.0
その他	3	71~127	1.2~3.3	2.32~2.92	3.0
著者ら	18	38~128	0.54~2.17	0.15~0.65	2.0~4.0

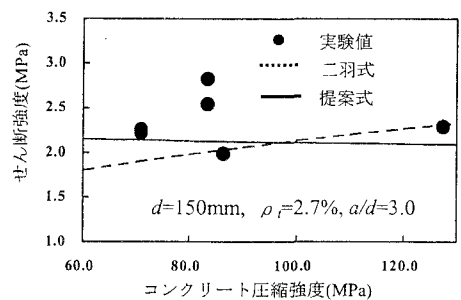


図-1 せん断強度とコンクリート圧縮強度の関係

3. 超高強度 RC はりのせん断実験結果の概要

著者らの実験より得られた斜めひび割れ発生時のせん断強度とコンクリート圧縮強度および有効高さの関係をそれぞれ図-1 および図-2 に示す。両図には、二羽らのせん断耐力算定式⁷⁾(以下、二羽式)によるせん断強度も併記してある。図-1 より、超高強度 RC はりでは、せん断強度に及ぼすコンクリート圧縮強度の影響は、コンクリート圧縮強度が 60MPa 以上で頭打ちとなることが確認できる。また、図-2 より、超高強度 RC はりでも、有効高さの増加に伴いせん断強度が減少する寸法効果が確認され、それは、二羽式から評価される有効高さの影響よりも大きいことが分かる。

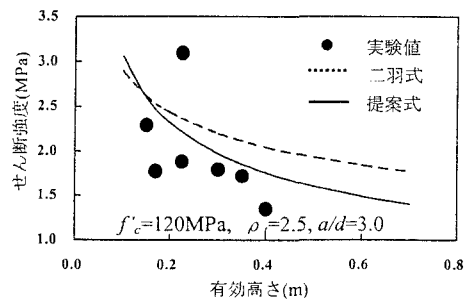


図-2 せん断強度と有効高さの関係

RC はりでも、有効高さの増加に伴いせん断強度が減少する寸法効果が確認され、それは、二羽式から評価される有効高さの影響よりも大きいことが分かる。

図-3 は、二羽式による算定値と実験より得られたせん断強度の比をコンクリート圧縮強度に着目してまとめたものである。図-3 より、コンクリート圧縮強度 60MPa を超える領域で、二羽式が実験から得られるせん断強度を過大に評価する傾向が確認される。なお、全 66 体の実験結果に対する二羽式の算定値の比は、平均 0.97、変動係数 26.8%である。

4. せん断耐力算定式の提案

せん断スパン比 3.0 以上の全 66 体の超高強度 RC はりに対して回帰分析を行い、斜め引張破壊を生じる RC はりのせん断耐力に関して以下の結果を得た。

$$[\text{二羽式}] \quad f_v = 0.20 f_c^{1/3} \rho_t^{1/2} d^{-1/4} [0.75 + 1.4/(a/d)] \quad (1)$$

$$[\text{提案式}] \quad f_v = 0.41 f_c^{-0.035} \rho_t^{0.45} d^{-0.40} [1 + 4/(a/d)] \quad (2)$$

提案式は、二羽式を参考に、コンクリート圧縮強度、有効高さおよび引張鉄筋比をせん断強度の説明変数とした重回帰分析を行い、実験値と回帰式より得られる値の比が 1.00 となるようにせん断スパン比の項をさらに線形回帰したものである。

式(2)では、超高強度 RC はりのせん断強度に及ぼすコンクリート圧縮強度 f'_c の影響が概ね 0 乗、また、有効高さ d の影響が -0.4 乗で評価されており、図-1 や図-2 の実験結果に対する考察と整合している。

全 66 体の実験結果に対する提案式の算定値の比は、平均 0.99、変動係数 19.2%である。提案式は、二羽式に比べ、精度のばらつきを小さくすることができ、さらに超高強度コンクリートを用いた RC はりのせん断耐力に及ぼす各因子の影響を妥当に評価している。

なお、提案式作成時に参照した供試体諸元から、現状では、式(2)の適用範囲は、 f'_c : 60~130MPa 程度、 d : 0.15~1.0m 程度、 ρ_t : 0.54~6.64%程度と見なすべきである。

5. まとめ

コンクリート圧縮強度 60~130MPa までを用いたせん断補強筋のない RC はり部材のせん断耐力を検討し、以下の結論を得た。

- 1) 二羽式のせん断耐力算定式を超高強度 RC はりに適用すると、そのせん断耐力を過大評価する危険性が確認された。なお、二羽式によるせん断耐力と実験値の比は、平均 0.97、変動係数 26.8%であった。
- 2) 超高強度材料を用いた RC はりのせん断耐力算定式(式(2))を提案した。提案式によるせん断耐力と実験値の比は、平均 0.99、変動係数 19.2%となり、超高強度 RC はりのせん断耐力を精度よく評価できる。

参考文献

- 1) Ahmad, S. H. et al : Flexure-Shear Interaction of Reinforced High-Strength Concrete Beams, ACI STRUCTURAL JOURNAL, pp.330-341, 1987.
- 2) 松井祐一ほか: 超高強度コンクリートを用いた RC はり部材のせん断耐力に関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.17, No.2, pp.655-660, 1995.
- 3) 下野一行ほか: 高強度材料を用いた RC 梁部材のせん断耐力に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.21, No.3, pp.175-180, 1999.
- 4) 土屋智史, 大内雅博: 高強度材料を用いた RC 梁のせん断破壊実験, 土木学会第 55 回年次学術講演 CD-ROM, V-520, 2000.
- 5) Elzanaty, A. H. et al : Shear Capacity of Reinforced Concrete Beams Using High-Strength Concrete, ACI Journal, pp.290-296, 1986.
- 6) Okamura, H. and Higai, T. : Proposed Design Equation for Shear Strength of Reinforced Concrete Beams without Web Reinforcement, Proc. of JSCE, No.300, pp.131-141, 1980.
- 7) 二羽淳一郎ほか: せん断補強鉄筋を用いない RC はりのせん断強度式の再評価, 土木学会論文集, 第 372 号, V-5, pp.167-176, 1986.

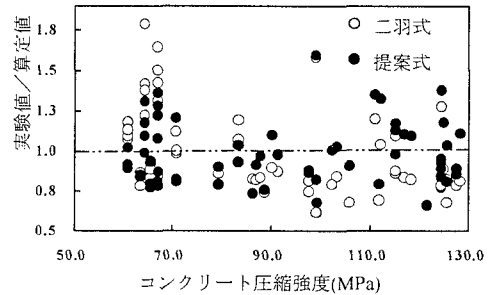


図-3 実験値/算定値とコンクリート圧縮強度の関係