

V-51

超高強度材料を用いた腹鉄筋のないRC はりの
せん断挙動と非線形解析

東北大学 学生員 ○ 佐藤成禎 前田製管(株) 正会員 前田直己
東北大学 学生員 伊藤堅生 東北大学 フェロー 鈴木基行

1. はじめに

超高強度材料を用いた腹鉄筋のないRC はり部材のせん断特性を把握することを目的として、有限要素法を用いた非線形解析を行った。本研究では特に、せん断圧縮破壊を生じるRC はり部材を対象として、コンクリート圧縮強度の高強度化がそのせん断耐力に与える影響を解析的に検討した。また、土木学会コンクリート標準示方書に規定されるディープビームのせん断耐力算定式¹⁾(以下、ディープビーム式)の超高強度RC はり部材への適用性についても考察した。

2. 解析対象 RC はり

腹鉄筋のないRC はり部材の有限要素解析モデルを図-1に示す。図-1は、スパン中央において1点荷重を受ける単純はりに対して、対称性を考慮してモデル化したものである。

有限要素解析を行う際に想定したRC はりの諸元を表-1に示した。表-1に示すように、解析対象RC はりは、せん断スパン比 $a/d=2.0$ 、有効高さ $d=350\text{mm}$ 、引張鉄筋比 $p_t=1.23\%$ で一定とし、変動因子としてコンクリート圧縮強度 f_c を 25MPa から 125MPa まで変化させている。

3. 解析手法

コンクリートのひび割れは、ひび割れ発生後に主ひずみ方向が回転した場合、ひび割れを主ひずみ方向に回転させ、応力とひずみの主軸が常に一致するようにした回転ひび割れモデルにより考慮している。

コンクリートの圧縮側の応力-ひずみ関係は図-2に示すThorenfeldtらのモデル²⁾を用いた。図-2に示すように、このモデルは、圧縮強度 f_c が 38MPa から 115MPa と相違する場合でも、材料試験結果から得られる圧縮軟化域の挙動を概ね捉えることができる。ただし、有限要素解析により圧縮軟化挙動を検討する場合、本来的には、圧縮破壊領域が局所化することによる供試体寸法の影響を反映させて、要素内で規定される圧縮軟化時の平均応力-平均ひずみ関係を変化させる必要がある。しかしながら、超高強度コンクリートにも適用可能な圧縮軟化領域のモデル化は十分に検討

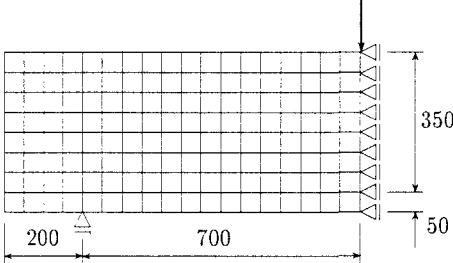


図-1 解析モデル

表-1 想定したRC はりの諸元

	f_c (MPa)	f_t (MPa)	d (mm)	a/d	p_t (%)	f_{sy} (MPa)
No.1	25	2.41	350	2.0	1.23	627
No.2	50	3.57	350	2.0	1.23	627
No.3	75	4.49	350	2.0	1.23	627
No.4	100	5.29	350	2.0	1.23	627
No.5	125	6.00	350	2.0	1.23	627

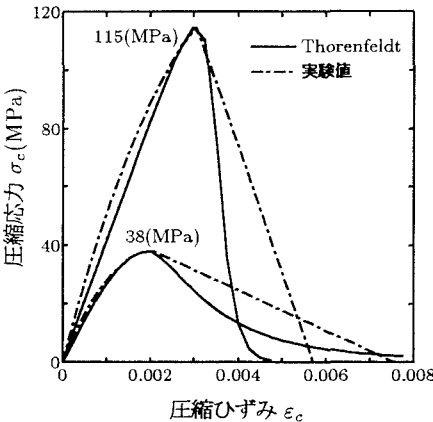


図-2 コンクリートの応力-ひずみ関係(圧縮側)

されていないため、本研究では図-2のモデルを用いた。また、圧縮ひずみと直行方向に引張ひずみが作用する場合には、Collins ら³⁾に従い、その圧縮強度を低減させた。

一方、ひび割れ発生後の引張軟化域には1/4モデルを用いた。1/4モデルは引張軟化を2直線で表したモデルであり、折点での応力を引張強度 f_t の1/4とし、その応力-ひび割れ幅関係によって囲まれる面積が破壊エネルギー G_f と等しくなる。なお、 f_t および G_f は共に、圧縮強度 f_c より推定し、 f_t は友澤らによる回帰式⁴⁾、 G_f はCEB-FIPの式⁵⁾を用いている。

鉄筋は完全弾塑性モデルとし、その降伏強度 f_{sy} は全ての想定した供試体で627(MPa)とした。

4. 解析結果

回転ひび割れモデルを用いた有限要素解析により、想定したNo.1からNo.5の全てのRCはりにおいてせん断圧縮破壊を再現できた。つまり、解析上の斜めひび割れ発生に相当する荷重付近で、一度明瞭な荷重低下が見られるが、その後も載荷点と支点の間のコンクリート要素と鉄筋要素によるタイドアーチ的な耐荷機構の形成により、さらに大きな荷重に耐えていることが確認された。

有限要素解析およびディーブビーム式より得られた各供試体のせん断耐力と圧縮強度の関係を図-3に示した。また図-3には、表-1と概ね同じ a/d 、 p_t 、 d を有するRCはりのせん断実験結果⁶⁾も併記してある。

実験結果に対して、解析値およびディーブビーム式は、コンクリート圧縮強度の高強度化に伴い、せん断耐力を過小評価するようになり、ディーブビーム式でその傾向がより強く示されている。せん断圧縮破壊を生じるRCはり部材の場合、最終的には載荷点付近のコンクリートの圧縮破壊により破壊に至るため、コンクリートの高強度化がせん断耐力の増加に効果的に寄与するが、現行のディーブビーム式は、それを十分に反映できていない可能性がある。

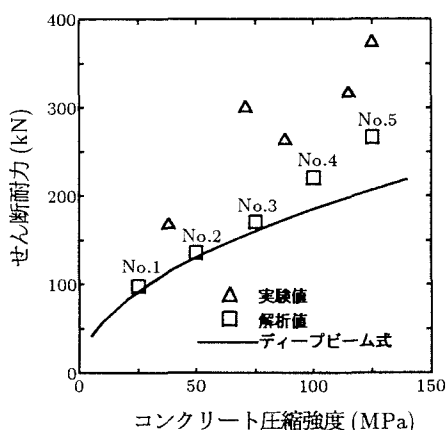


図-3 解析結果とディーブビーム式の比較

5. まとめ

せん断圧縮破壊を生じる超高強度RCはり部材のせん断耐力を有限要素解析および現行のディーブビーム式により算定した場合、せん断実験から得られる結果を過小評価する傾向が見られた。特にディーブビーム式により推定されるせん断耐力は、コンクリート圧縮強度の高強度化に伴い、その傾向がより強くなる場合が確認された。

今後、より多くの実験および解析結果との比較を行い、せん断圧縮破壊を生じる超高強度RCはり部材のせん断耐力を詳細に検討していく予定である。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書[設計編]，pp.163-165，1996。
- 2) Thorenfeldt, E., Tomaszewicz, A., and Jensen, J. J. : Mechanical properties of high-strength concrete and applications in design. In Proc. Symp. Utilization of High-Strength Concrete, 1987.
- 3) Vecchio, F. J., and Collins, M. P. : Compression Response of Cracked Reinforced Concrete. J. Str. Eng., ASCE 119, 12, pp.3590-3610, 1993.
- 4) 友澤史紀，野口貴文，小野山貴造：高強度・超高強度コンクリートの基礎力学特性に関する調査，日本建築学会大会学術講演梗概集A(中国)，pp.497-498，1990。
- 5) CEB-FIP : New Textbook, pp.33-34, 1999.
- 6) 伊藤聖生，阿部祐規，松原一実，鈴木基行：超高強度材料を用いた腹鉄筋のないRCはり部材のせん断特性に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.22，No.3，pp.967-972，2000。