

既往のせん断耐力算定式の超高強度材料を用いた RC はり部材への適用性に関する研究

東北大学 学生員 ○ 伊藤堅生, 東北大学 学生員 阿部祐規
前田製管(株) 正会員 前田直己, (株) テー・エム・シー 土岐政博
(株) 前田先端技術研究所 正会員 米田正彦

1. まえがき

近年超高強度コンクリートや超高強度鉄筋に関する研究・開発が進み土木構造物としての実用化が検討されつつある。しかし、これら超高強度材料を用いた RC 部材に関する破壊性状や耐力については未だ十分に解明されておらず、現行の設計示方書などで規定する各耐力算定法などの適用性を検討することが必要である。このような観点から本研究では圧縮強度 100 N/mm^2 程度の超高強度コンクリートと降伏強度 700 N/mm^2 程度の超高強度鉄筋を用いたせん断補強鉄筋のない RC はり部材のせん断実験を行い、既往のせん断耐力算定式の適用性について検討した。

2. 実験概要

コンクリートの目標圧縮強度は 100 kN/mm^2 、引張鉄筋強度は 690 kN/mm^2 で一定とし、変動因子としてせん断スパン比 (a/d) 2~4、有効高さ (d) 150~650 mm、引張鉄筋比 (ρ_t) 0.54~1.27 % の範囲の実験供試体を作製した。各供試体の諸元を表-1 に示し、供試体の形状および載荷条件を図-1 に示した。載荷は静的単調載荷で荷重制御により行った。測定項目としては載荷荷重、供試体中央部での変位、コンクリートおよび引張鉄筋のひずみを記録し、ひびわれ状況を観察した。

3. 実験結果

せん断実験の結果を表-1 に示した。表-1 中で V_{sc} は斜めひびわれ発生時のせん断力、 V_u は終局時のせん断力である。なお、本研究において斜めひびわれ発生時せん断力は、曲げひびわれの発生に続き支点および載荷点方向に向かって発生するせん断破壊に直接結びつく大きなひびわれが目視で確認されたときの作用せん断力と定義した。せん断破壊の形態は主に 2 種類観察できた。せん断スパン比が比較的大きな供試体 (S, M-4, L-3 など) では斜めひびわれが発生した直後に終局に至る斜め引張破壊を呈した。それに対して主にせん断スパン

比が小さな供試体 (S, M, L-1 など) では斜めひびわれ発生後も耐力の低下には至らず、さらに大きな荷重に耐えた後に載荷点付近のコンクリートが圧縮破壊するせん断圧縮破壊を呈した。

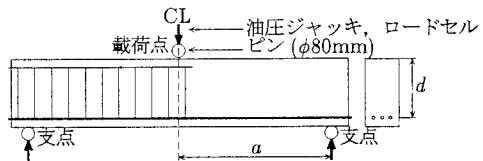


図-1 供試体形状および載荷条件

表-1 供試体諸元および実験結果

供試体 番号	d (mm)	a/d	ρ_t (%)	せん断力 (kN)		破壊形態
				V_{sc}	V_u	
S-1	150	2	1.27	84.8	154.8	せん断圧縮
S-2	150	2.5	1.27	56.8	118.1	せん断圧縮
S-3*	150	3	1.27	56.4	100.0	せん断圧縮
S-4	150	4	1.27	38.2	38.2	斜め引張
M-1	350	2	1.23	115.6	263.1	せん断圧縮
M-2	350	2.5	1.23	99.5	223.0	せん断圧縮
M-3	350	3	1.23	94.1	94.1	斜め引張
M-4	350	4	1.23	79.9	79.9	斜め引張
M-5*	350	2.5	0.54	80.4	139.7	せん断圧縮
M-6	350	3	0.54	73.0	73.0	斜め引張
M-7	350	2.5	0.85	97.0	143.6	せん断圧縮
M-8	350	3	0.85	83.3	83.3	斜め引張
L-1	550	2	1.06	135.2	158.8	せん断圧縮
L-2	550	2.5	1.06	124.0	229.8	せん断圧縮
L-3	550	3	1.06	118.1	118.1	斜め引張
L-4	650	2.5	0.89	140.6	179.8	せん断圧縮
L-5	650	3	0.89	109.3	109.3	斜め引張

* は引張鉄筋の降伏が確認された供試体

4. せん断耐力算定式との比較

既往のせん断耐力算定式として本研究では土木学会コンクリート標準示方書¹⁾のはり部材およびディープビームに対する算定式(示方書式), その基本となった二羽²⁾のはり部材とディープビームに対する式(基本式), ACI³⁾の式(ACI), CEB-FIP⁴⁾の式(CEB), 建設省 NewRC プロジェクト⁵⁾による式(NewRC)を対象とした。そしてこれら各算定式の超高強度材料を用いた RC はり部材への適用性について検討した。なおディープビームに対する式はせん断圧縮破壊した供試体に対して適用した。実験値と算定値の比 (V_{ex}/V_{cal}) を図-2 から図-4 に示した。図-2 にはせん断スパン比 a/d のみを変化させた S-1 ~ S-4 供試体の結果を示し、図-3 には引張鉄筋比 ρ_t の相違に着目してせん断スパン比の等しい M-2,5,7 供試体の結果を示した。また、図-4 には有効高さ d の相違に着目してせん断スパン比の等しい S,M,L-2 および L-4 供試体の結果を示した。

図-2 よりせん断スパン比の大小により算定値の精度の変化が大きいことがわかる。つまりせん断スパン比の小さい領域ではせん断耐力を過小評価している算定式が多く、逆にせん断スパン比の大きな領域では過大評価となっている。式別に見ると、高強度材料の使用を考慮に入れた NewRC 式やせん断圧縮破壊をした供試体に対してディープビーム式を用いた時の示方書式と基本式では、他の ACI 式や CEB 式と比べるとやや良い精度を保っていた。一方、図-3 から引張鉄筋比の相違による算定式の精度の偏りは見られず、超高強度材料を用いた場合でも既往のせん断耐力算定式で用いられている引張鉄筋比の項によりその影響を十分に評価できていると言える。図-4 から算定式の精度のばらつきが有効高さの大小により異なり、既往の算定式では十分に有効高さによる影響を評価できていないことがわかる。特に有効高さの影響を考慮していない ACI 式、NewRC 式では有効高さによる精度の変動がかなり大きい。さらに CEB 式を除き、有効高さが大きい領域では実験値を過大評価しており、超高強度材料を用いた大型断面を有する RC 部材では、既往のせん断耐力算定式を適用した時には危険側の評価となる可能性がある。

5. まとめ

超高強度材料を用いた RC はり部材への既往のせん断耐力算定式の適用性を検討した結果、せん断スパン比と有効高さの影響の評価が不十分であることがわかった。

今後、これらの実験結果をふまえ、超高強度材料を用いた RC はり部材にも適用可能なせん断耐力算定式を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.60-65, pp.163-165, 1996
- 2) 二羽淳一郎ほか：せん断補強筋を用いない 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, 1986.8
- 3) American Concrete Institute: Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-89), 1989
- 4) CEB-FIP: CEB-FIP Model Code 90, 1995
- 5) (財) 国土開発技術研究センター：平成 4 年度 New RC 研究開発概要報告書, 1993.3

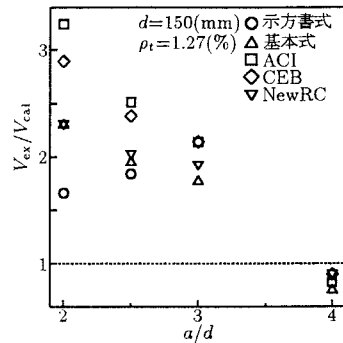


図-2 実験値 / 計算値とせん断スパン比の関係

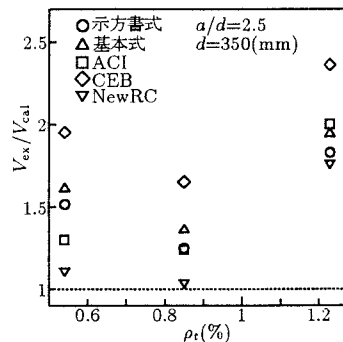


図-3 実験値 / 計算値と引張鉄筋比の関係

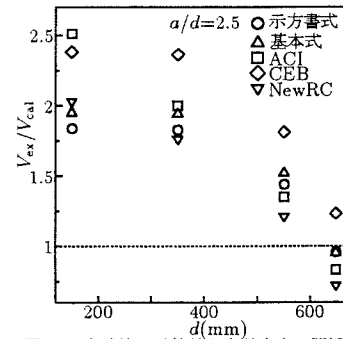


図-4 実験値 / 計算値と有効高さの関係