

高強度材料を用いた RC 梁のせん断破壊実験

東京大学大学院 学生会員 土屋智史
高知工科大学 正会員 大内雅博

自己充填コンクリートが開発されて以来、高強度コンクリートの使用は実用的な段階に入っており、また十分な降伏棚を有し伸び能力の優れた高強度鉄筋も既に開発されている。今後設計方法が性能照査型に移行することを鑑みれば、このような高強度材料の利用は、ますます促進されていくものと考えられる。その際、経済的効果や施工性能および力学性能・長期耐久性能を比較検討することが必要となるが、基礎研究が広く行われつつあるものの^{1),2)}など、現時点ではこれら諸性能を総合的に照査する技術の確立には至っていないのが現状である。特に、高強度コンクリートを使用した場合、骨材の碎破に伴ってひび割れ面形状が平滑になることから、せん断耐力が低下することが問題となる。本研究では、せん断補強筋を有しない高強度材料を用いた RC 梁のせん断破壊実験を行い、その耐荷性状を確認した。

実験供試体は、 $h=30\text{cm}$ 、 $b=15\text{cm}$ 、 $L=270\text{cm}$ (No.9 のみ 240cm) で統一し、実験パラメーターを、コンクリート強度・鉄筋降伏強度・配筋方法の 3 つとした。参考実験として、定着長を故意に短くした No.9 供試体も作成した。配筋方法は、D19 を 1 段 2 本配置する No.1~4、No.9 供試体と、D10 を 2 段 8 本配置する No.5~8 供試体を準備した。鉄筋比がほぼ等しくなるように調整してある。供試体の概要を図-1 に示す。

高強度コンクリートは、今後の実用性を考慮して、フライアッシュを混合した自己充填型高強度コンクリートを採用した。鉄筋には、高強度 D19、D10 にはそれぞれ USD685 と USD785 を、普通強度 D19、D10 には SD345 を使用している。USD685 では普通強度異形鉄筋と同等の伸び性状を示すが、USD785 の場合、明確な降伏棚がなく伸び能力が若干劣る²⁾。しかし、主鉄筋降伏前のせん断破壊を対象とする本実験では、大きな影響はないものと考え、これを採用した。No.5~8 供試体では鉄筋間隔が非常に狭いことから、コンクリートの不充填・材料分離が心配されたが、問題なく充填していることを脱枠後確認できた。湿潤養生を行った後、打節 26 日~35 日後の間に载荷を行った。コンクリートの配合は表-1 に示した通りである。

実験より得られた梁中央部の荷重-変位関係は、図-2、3 に示した通りである。せん断耐力値に若干のばらつきが見られたが、No.2 供試体を除けば、せん断破壊の実験精度としては許容範囲におさまるものとして扱うことができる。1 段配筋の No.1~4、No.9 供試体は、斜めひび割れ発生後直ちに破壊に至ったが、2 段配筋の No.5~8 供試体では、斜めひび割れ発生後に一旦耐力が低下した後、アーチ機構を形成して再度耐力が上昇する挙動を示した。特に No.5 供試体では、最終的に $163(\text{kN})$ まで上昇した。No.1~4、No.9 供試体に比べて、 a/d が小さくなったことが原因であると考えられる。ただし、この斜めひび割れ発生後の耐力上昇量は、設計段階では現在考慮されていない。また、定着長を故意に短くした No.9 供試体では、自己充填コンクリートの付着性状が良かったために、予想された定着長不足による割裂破壊が起こらなかった。以上、実験結果の概要を表-2 にまとめた。斜めひび割れ発生荷重実験値(V_{c_exp})と比較するために、二羽らが提案す

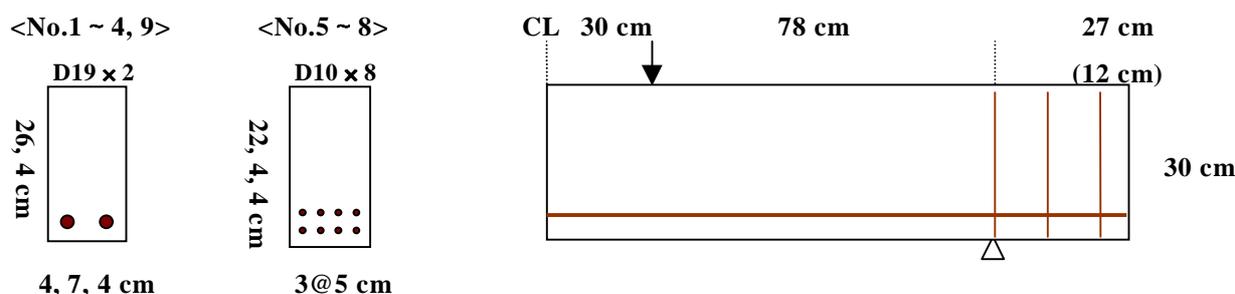


図-1 供試体配筋と载荷概要

キーワード 高強度コンクリート，高強度鉄筋，せん断破壊，RC 梁

連絡先 (〒113-8656 東京都文京区本郷 7 丁目 3-1 電話 03-5841-6146 FAX 03-5841-6010)

表-1 コンクリートの配合

普通強度	W/C	水	セメント	海砂	砕砂	粗骨材小	粗骨材大	AD 剤	AE 剤	空気量
	50 %	186	372	494	337	457	457	3.72	1.48	4.4 %

高強度	Vw/Vp	水	セメント	FA	海砂	砕砂	粗骨材小	粗骨材大	SP
	83 %	168	447	134	449	459	386	386	8.72

表-2 供試体概要と実験結果

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9
f'c (MPa)	69.5	29.4	69.5	29.4	69.5	29.4	69.5	29.4	69.5
fy (MPa)	711	711	333	333	1050	1050	363	363	711
鉄筋径,本数	D19, 2	D19, 2	D19, 2	D19, 2	D10, 8	D10, 8	D10, 8	D10, 8	D19, 2
Vc_cal_1 (kN)	109	93.2	109	93.2	110	94.6	110	94.6	109
Vc_cal_2 (kN)	89.4	76.6	89.4	76.6	93.6	80.2	93.6	80.2	89.4
Vc_exp (kN)	95.5	77.7	93.7	93.0	94.2	98.7	91.7	93.1	87.5
ひび割れ本数 [#]	5	6	5	5	11	6	10	6	7

#等モーメント区間の曲げひび割れの本数

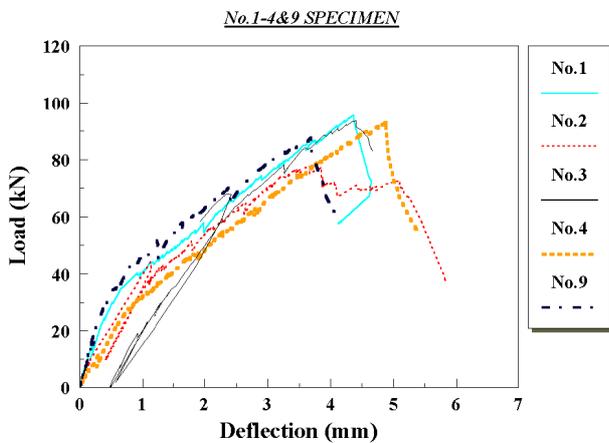


図-2 荷重変位関係 (No.1 ~ 4, 9)

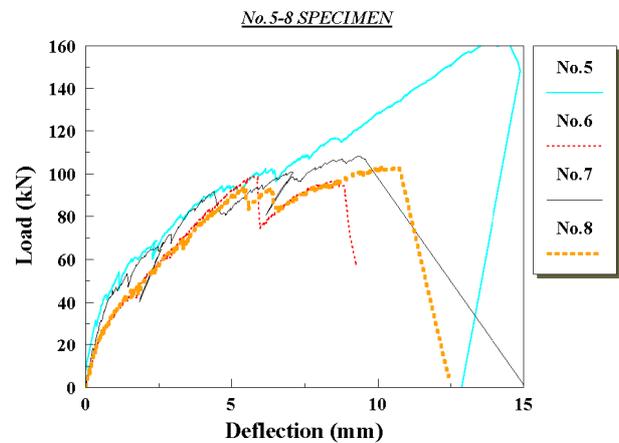


図-3 荷重変位関係 (No.5 ~ 8)

る耐力式³⁾から算定した計算値(Vc_cal_1)とコンクリート標準示方書式から算定した計算値(Vc_cal_2)も併記してある(安全率は共に 1.0)。圧縮強度に関する補正項は、示方書に定めるように $0.20\sqrt{f'_{cd}} \leq 0.72 (N/mm^2)$ で上限を切り、それ以降増加させていない。また No.5 ~ 8 供試体では、有効高さを 24(cm)として耐力を算定した。

概して、高強度コンクリートを用いた場合に、実験値は示方書算定値に近く、普通強度コンクリートを用いた場合に、二羽らの式に基づく計算値に近い値を示した(表-2)。高強度コンクリートを使用した場合、初期剛性・ひび割れ発生荷重とも、普通強度コンクリートを用いた場合に比べて増加するが、斜めひび割れ発生荷重はほぼ同じ値となっている(図-2, 3)。今後この挙動を合理的に解明すべく、収縮挙動を含めた材料レベルでの検証実験や数値解析手法を巧みに取り入れていく必要がある。また事前に予測した通り、鉄筋の降伏強度のせん断耐力に対する影響は無視できる結果となった。様々な寸法の供試体で確認することを前提とした上で、便宜的に設計耐力式を用いて高強度材料を用いた RC 梁の斜めひび割れ発生荷重を求める場合には、圧縮強度に関する補正項に上限を定めることで対応できると思われる。

謝辞

本検討を行う際に、東京大学前川宏一教授ならびに高知工科大学岡村甫副学長から貴重な御助言を頂いた他、実験時には同社会システム工学科の上野勝助手と学生の皆様に御助力頂きました。ここに深謝する次第です。

参考文献

- 1) S.Q.C 構造物開発・普及協会：「超高性能コンクリート構造物」に関するシンポジウム論文集，1998.8
- 2) 阿部祐規ほか：超強度材料を用いたせん断補強鉄筋のない RC はり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.181-186, 1999.7
- 3) 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，No.372/V-5, pp.167-176, 1986.8