高強度コンクリートを用いたRC梁におけるせん断破壊性状と耐力

埼玉大学　学生会員　○渡邉　光
埼玉大学　フェロー会員　睦好　宏史
埼玉大学　正会員　浅本　晋吾
埼玉大学　学生会員　武田　亮佑

1．はじめに

近年、土木分野においても100N/ mm^{2}を超える高強度コンクリートを用いた構造物が建設されてきている。高強度コンクリートを用いた構造物では、部材の軽量化、地震時の慣性力の低減、長スパン化、低桁高化および高耐久性化等が可能となる。高強度コンクリートを用いたRC梁部材において、せん断耐力は、コンクリートの圧縮強度が増加してもそれ程大きくはならないこと、また、せん断スパン比と破壊性状の関係において、普通強度の場合とは異なることが報告されているが、その理由は明らかにされていない。そこで、本研究では、破壊形式の境界となるa/dの値およびせん断耐力が増加しない理由についての明らかにすることを目的とした。

2．実験内容

供試体断面及び供試体諸元を図-1、図-2および鉄筋の材料特性を表-1に示す。高強度コンクリートの梁の引張側の主鉄筋には、高強度鉄筋を使用した。また、用いたコンクリートの圧縮強度はf'_c=40、80、160 N/ mm^{2}の3ケースであり、せん断スパン比a/d=3、3.5、4の3種類で、計9体を作製した。コンクリートの配合表を表-2に示す。圧縮強度がf'_c=80、160 N/ mm^{2}ではシリカフュームセメントを使用し、圧縮強度がf'_c=40N/ mm^{2}では早強ポルトランドセメントを使用した。また、どの配合に対しても粗骨材の最大寸法は20mmとした。

3．実験結果

各供試体の斜めひび割れ発生荷重と終局荷重および破壊形式を表-2に示す。普通強度コンクリートを用いたRC梁では、a/dの大きさに関わらず全て斜め引張破壊を生じたが、高強度コンクリートを用いたRC梁では、a/d=3および3.5でも斜め引張破壊をせず、せん断圧縮破壊が生じた。また、各RC梁の荷重－変位関係を図-3に示す。a/dが大きくなるにつれて、斜めひび割れ発生荷重はコンクリートの圧縮強度の影響を受けず、圧縮強度が増加しても斜めひび割れ発生荷重はほとんど増加しない傾向があることが確認された。また、せん断圧縮破壊が生じたRC梁でも、a/dが大きくなるにつれて、斜めひび割れ発生後から荷重はほとんど増加せず、終局に至る傾向があることが確認された。

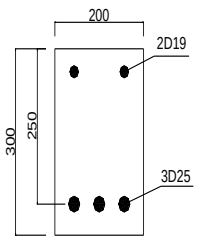


図-1 供試体断面

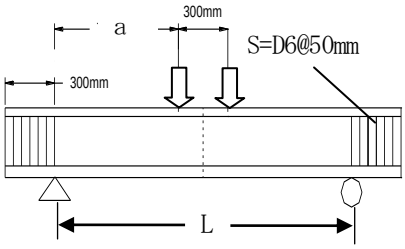


図-2 供試体諸元

表-1　鉄筋の材料特性

Type		f_{sy} (N/mm^2)	E_s (kN/mm^2)
D6	SD345	360.6	187.5
D19		384.1	199.7
D25	USD685B	720.0	201.0

表-2　コンクリート配合表

f'_c	セメント※	W/C	単位量（上段：kg/m^3, 下段：L/m^3）				SP※	DA※
		(%)	W	C	S	G	(C×%)	(C×%)
40	HPC	46.4	168	363	757	1017	3.449	—
			168	115	291	381	0.95%	—
80	SFC	30.0	160	534	873	795	6.94	0.53
			160	173	337	300	1.30%	0.1%
160	SFC	17.0	155	912	615	795	14.59	0.91
			155	296	234	300	1.60%	0.1%

※HPC：早強ポルトランドセメント
SFC：シリカフュームセメント
SP：高性能減水剤　DA：消泡剤

表-2　斜めひび割れ発生荷重と終局荷重および破壊形式

供試体名	f'_c (N/mm^2)	a/d	斜めひび割れ発生荷重 (kN)	終局荷重 (kN)	破壊形式
S-40-3.0	40	3.0	150.89	150.89	斜め引張破壊
S-80-3.0	80	3.0	171.88	284.80	せん断圧縮破壊
S-160-3.0	160	3.0	203.86	452.68	せん断圧縮破壊
S-40-3.5	40	3.5	156.89	156.89	斜め引張破壊
S-80-3.5	80	3.5	170.88	186.87	せん断圧縮破壊
S-160-3.5	160	3.5	154.0	155.89	せん断圧縮破壊
S-40-4.0	40	4.0	153.89	153.89	斜め引張破壊
S-80-4.0	80	4.0	170.88	170.88	斜め引張破壊
S-160-4.0	160	4.0	151.89	151.89	斜め引張破壊

キーワード　せん断圧縮破壊、斜め引張破壊、遷移領域、高強度コンクリート
連絡先　〒338-8570　埼玉県さいたま市桜区下大久保255　TEL　048-858-3427

4．考察

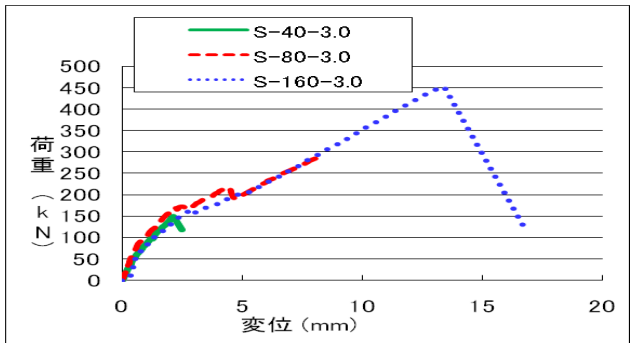
図-3および前述の通り、斜めひびわれ発生荷重はコンクリートの圧縮強度が増加しても、ほとんど増加しなかった。また、高強度コンクリート(f'_c=160 N/ mm^2)では斜めひび割れ発生荷重が小さくなる傾向が確認された。斜めひびわれ発生荷重にはコンクリートの引張強度が大きく影響していると考えられる。そこで、本研究で用いたコンクリートの引張強度と圧縮強度の関係を図-4に示す。高強度コンクリートでは圧縮強度が増加しても引張強度がほとんど増加しておらず、このため、斜めひび割れ発生荷重は増加しなかったといえる。また、図-5に普通強度コンクリートと高強度コンクリートのひび割れの進展の違いを示す。普通強度コンクリートでは骨材を介してひび割れが進展するが、高強度コンクリートでは骨材を貫通してひび割れが進展する。このため、高強度コンクリートでは骨材のかみ合い作用が小さくなり、せん断耐力が減少したと考えられる。

次に、破壊形式の境界となるa/dについて述べる。境界となるa/dが変化する要因としてひび割れの進展位置が考えられる。普通強度コンクリートと高強度コンクリートのひび割れ図を図-5に示す。普通強度コンクリートよりも高強度コンクリートの方が載荷点近い位置をひび割れが進展している。このため、ひび割れがアーチ機構を形成しやすくなり、高強度コンクリートではa/d=3.0および3.5でもせん断圧縮破壊が生じたと考えられる。

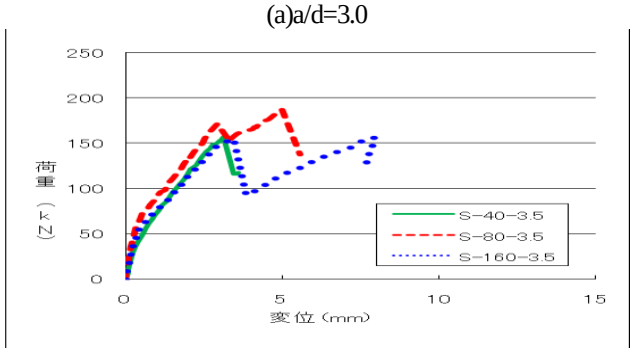
5．結論

本研究で得られた結論を以下にまとめる。

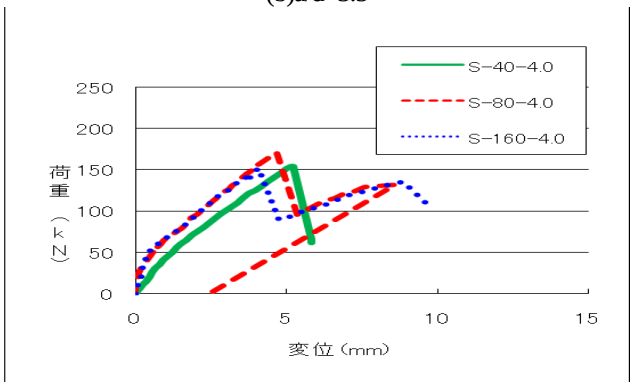
1) 高強度コンクリートを用いたRC梁におけるせん断圧縮破壊と斜め引張破壊の境界となるa/dは3.5付近に遷移領域があること。また、その要因としてひび割れが進展する位置が関係していること。
2) 圧縮強度の増加に対して斜めひびわれ発生荷重が増加しない要因として、引張強度が圧縮強度の増加に対してほとんど増加しないこと。また、骨材を貫通してひび割れが進展するため骨材のかみ合い作用が小さくなることが影響していると考えられる。



(a)a/d=3.0



(b)a/d=3.5



(c)a/d=4.0

図-3 荷重－変位関係

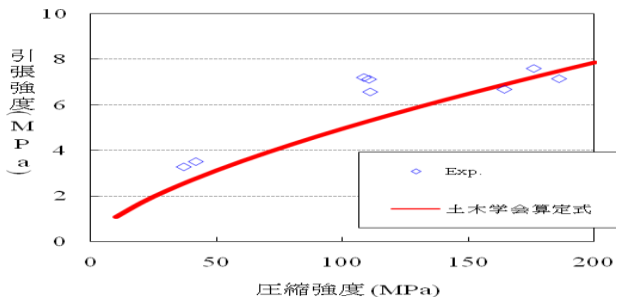
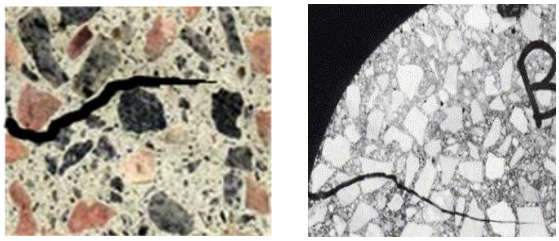
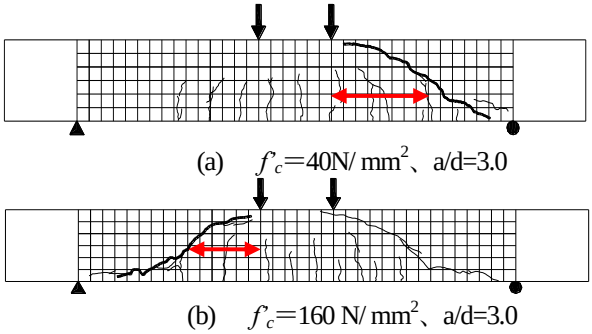


図-4 圧縮強度と引張強度の関係



(a) 普通強度コンクリート (b) 高強度コンクリート

図-5 ひび割れの進展の違い



(a) f'_c=40N/ mm^2、a/d=3.0

(b) f'_c=160 N/ mm^2、a/d=3.0

図-6 ひび割れ図