

岐阜大学 正会員 〇六 須戸 恵哲
 竹中工務店 正会員 大野 定俊
 岐阜大学 正会員 小、柳 洽

1. まえがき

近年、鋼繊維補強コンクリート、高強度コンクリート、軽量コンクリートなどの種々のコンクリートが用いられるようになり、これらの多様化したコンクリートの諸特性を適切に評価するため、せん断強度試験や靱性試験などの種々の試験方法の確立が必要となってきた。本研究においては、材令ならびに圧縮強度レベルの異なる各種コンクリートを対象として、圧縮ならびに曲げ荷重下における変形特性や各種強度特性について検討し、これらの諸特性の相互関係について考察した。

2. 実験概要

(1)実験内容 鋼繊維補強コンクリート(F)、軽量コンクリート(L)、ならびに普通コンクリート(V)の目標圧縮強度レベル(200, 400, 800 kgf/cm²)と試験時圧縮強度レベル(200, 400, 800 kgf/cm²)を表-1に示す。表-1に示す合計14グループのコンクリートについて、圧縮、曲げ、引張、せん断の各強度試験をそれぞれφ10×20cm, 10×10×40cm, φ15×15cm, 10×10×40cmの供試体を用いて行い、圧縮ならびに曲げ供試体の荷重変位曲線を計測した。

(2)試験方法 コンクリートの配合を表-2に示す。鋼繊維補強コンクリートには、鋼線切斷繊維(φ0.5×30mm)を2 vol. % 混入した。同一試験条件に対して原則として5個の供試体を用い、結果はこれらの平均値で示した。打設の翌日に脱型したものを、試験材令まで水中養生した。せん断強度試験には、2面せん断試験装置を用いた。曲げ強度試験は3等分点に載荷して行った。圧縮ならびに曲げ供試体の荷重変位関係はすべてX-Yレコーダーに記録した。圧縮供試体には上下端から1cmの位置に変位計測装置を取付け、検長を18cmとした。

3. 結果と考察

(1)強度 各種コンクリートの強度ならびに強度比を表-3に示す。材令ならびに圧縮強度レベルの異なる各種コンクリート全体について、せん断強度と圧縮強度とを関係づけることは困難であるが、せん断強度は曲げならびに引張強度にほぼ比例した。このため、せん断強度の概略値は曲げあるいは引張強度から推定することが可能である。試験時の圧縮強度レベルが等しく材令(あるいは成熟度)が異なるコンクリートを比較した場合、軽量コンクリートの曲げ、引張、せん断の各強度は若材令の方が小さく、逆に鋼繊維補強コンクリートではこれらの強度は若材令の方が大となる傾向にあった。

(2)圧縮破壊性状 圧縮供試体の荷重変位曲線を図-1(a)~(c)に示す。これらの曲線は、同一試験条件下の5個の供試体の荷重変位曲線を図上で平均して求めたものである。最大耐力までの圧縮吸収エネルギー W_{cp} ならびに耐力が最大耐力の1/3に低下するまでの圧縮吸収エネルギー W_{c9} を図-1の荷重変位曲線より定量化し、エネルギー比

表-1 試験条件

グループ名	コンクリートの種類	目標圧縮強度 (kgf/cm ²)	試験時の圧縮強度 (kgf/cm ²)	用材の種類	鋼繊維の混入率 (%)
N2-2	普通	200	200	普通	2.0
N4-2	"	400	200	"	
N4-4	"	"	400	"	
N8-2	"	800	200	"	
N8-4	"	"	400	"	
N8-8	"	"	800	"	
F4-2	鋼繊維補強	400	200	"	
F4-4	"	"	400	"	
F8-2	"	800	200	"	"
F8-4	"	"	400	"	
F8-8	"	"	800	"	
L2-2	軽 量	200	200	軽量	"
L4-2	"	400	200	"	
L4-4	"	"	400	"	

表-2 コンクリートの配合

グループ名	水セメント比 W/C	細骨材率 s/a	単位量 (kg/m ³)						減水剤 Cx (%)	スラング (cm)
			水 W	セメント C*1	細骨材 S	粗骨材 G	鋼繊維 SF			
N2	0.74	0.51	196	264	914	880	-	-	-	4.0
N4	0.52	0.51	182	344	892	885	-	-	-	3.0
N8	0.32	0.49	166	527	827	895	-	3.0*2	-	18.0
F4	0.50	0.51	210	420	824	820	160	0.25*3	-	7.5
F8	0.32	0.49	181	572	795	783	153	3.0*2	-	10.0
L2	0.74	0.52	180	243	708	435	-	-	-	8.0
L4	0.50	0.50	177	354	657	438	-	-	-	16.5

*1 早強セメント

*2 Pz NL-4000

*3 Pz No.5L

表-3 試験結果

グループ 名	試験時 材令 (B)	強度 (kgf/cm ²)				強度比						最大圧縮 耐力比の 変位 (mm)	圧縮吸収 エネルギー (kgf・m)		比 $\frac{W_{cq}}{W_{cp}}$	曲げ吸収 エネルギー (kgf・cm)	
		圧縮 σ_c	曲げ σ_b	引張 σ_t	せん断 τ	$\frac{\sigma_c}{\sigma_b}$	$\frac{\sigma_c}{\sigma_t}$	$\frac{\sigma_c}{\tau}$	$\frac{\sigma_b}{\sigma_t}$	$\frac{\sigma_b}{\tau}$	$\frac{\tau}{\sigma_t}$		W_{cp}	W_{cq}		W_{bp}	W_{bq}
N2-2	15	223	47.2	24.7	45.3	4.7	9.0	4.9	1.9	1.0	1.8	0.35	4.5	18.6	4.1	3.6	8.1
N4-2	3	256	51.7	24.7	48.5	5.0	10.4	5.3	2.1	1.1	2.0	0.47	6.9	19.0	2.8	3.8	10.8
N4-4	15	440	64.7	35.5	64.1	6.8	12.4	6.9	1.8	1.0	1.8	0.43	9.8	21.1	2.2	5.2	11.6
N8-2	1	289	43.9	25.6	50.4	6.6	11.3	5.7	1.7	0.9	2.0	0.60	9.4	24.4	2.6	3.1	6.9
N8-4	2	460	69.3	35.6	67.0	6.6	12.9	6.9	1.9	1.0	1.9	0.58	14.1	27.3	1.9	5.2	8.2
N8-8	15	847	109.	58.8	89.3	7.7	14.4	9.5	1.9	1.2	1.5	0.55	19.7	31.8	1.6	9.0	8.6
F4-2	2	242	67.3	34.2	68.7	3.6	7.1	3.5	2.0	1.0	2.0	0.60	7.9	70.1	8.9	37.6	543.
F4-4	15	488	109.	53.7	136.	4.5	9.1	3.6	2.0	0.8	2.5	0.49	12.9	74.8	5.8	72.0	446.
F8-2	1	214	66.6	33.1	77.4	3.2	6.3	2.8	2.0	0.9	2.3	0.75	9.6	83.3	8.7	72.8	754.
F8-4	2	456	104.	60.3	130.	4.4	7.6	3.5	1.7	0.8	2.2	0.71	18.4	112.	6.1	80.8	632.
F8-8	15	850	169.	86.7	187.	5.0	9.8	4.6	1.9	0.9	2.2	0.59	26.1	99.2	3.8	96.0	746.
L2-2	15	198	40.0	22.6	42.0	5.0	8.8	4.7	1.8	1.0	1.9	0.39	3.9	10.8	2.8	2.9	4.3
L4-2	3	250	37.1	20.5	39.1	6.7	12.2	6.4	1.8	0.9	1.9	0.41	5.1	10.5	2.1	3.0	4.5
L4-4	20	454	49.5	32.9	47.4	9.2	13.8	9.6	1.5	1.0	1.4	0.55	12.7	15.9	1.3	4.1	4.9

W_{cq}/W_{cp} とともに表-3に示す。最大耐力比後の耐力の低下の度合いが大きいコンクリートほど圧縮吸収エネルギー比 W_{cq}/W_{cp} は大となっているが、この吸収エネルギー比と強度比 σ_t/σ_c (せい度係数の逆数)との間には、図-2からわかるようにほぼ直線関係が認められた。最大耐力比の変位を表-3に示す。試験時の圧縮強度レベルが同一の普通コンクリートならびに鋼繊維補強コンクリートでは若材令のコンクリートほど最大耐力比の変位は大となり W_{cp} も大となった。同一配合の普通コンクリートならびに鋼繊維補強コンクリートでは、材令が進むにつれて最大耐力比の変位は減少した。一方、軽量コンクリートでは材令が進むにつれて最大耐力比の変位は増大した。

(3) 曲げ破壊性状 曲げ供試体の荷重変位曲線から定量化した最大耐力比までの曲げ吸収エネルギー W_{bp} と耐力が最大耐力の $1/3$ となるまでの曲げ吸収エネルギー W_{bq} とを表-3に示す。高強度の鋼繊維補強コンクリート F8-8 の場合、曲げ強度が 169 kgf/cm^2 (通常のコンクリートの3~4倍) と大きいだけでなく、曲げ破壊時の吸収エネルギー W_{bq} も $746 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$ (40~80倍) と非常に大となった。

4. まとめ

各種コンクリートについて、曲げ強度あるいは引張強度とせん断強度との間にはほぼ比例関係が認められた。圧縮供試体の最大耐力比以降の耐力の低下の度合いを示す指標であるエネルギー比 W_{cq}/W_{cp} は強度比 σ_t/σ_c と関連づけられた。普通ならびに鋼繊維補強コンクリートでは、材令が進むにつれて最大圧縮耐力比の変位は減少した。高強度コンクリートを鋼繊維で補強することにより曲げ強度が 169 kgf/cm^2 のコンクリートが得られた。

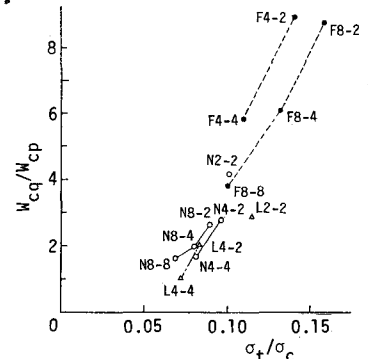


図-2 σ_t/σ_c と W_{cq}/W_{cp}

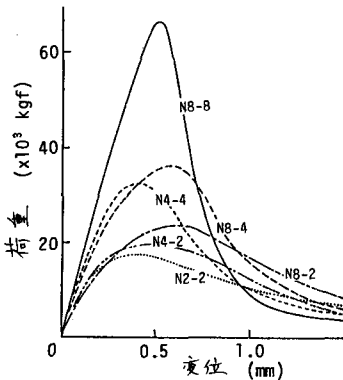
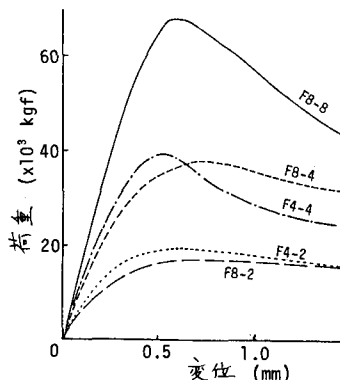
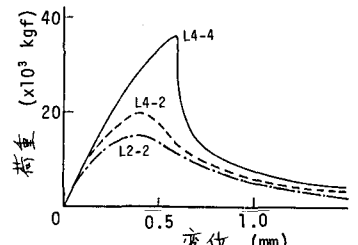


図-1 (a) 普通コンクリートの荷重変位曲線(圧縮)



(b) 鋼繊維補強コンクリートの荷重変位曲線(圧縮)



(c) 軽量コンクリートの荷重変位曲線(圧縮)