

高強度および鋼繊維補強コンクリートを用いた鉄筋コンクリートはりの最小鉄筋量

岐阜大学 大学院 学生員 ○伊藤朋紀

岐阜大学 工学部 正会員 栗原哲彦 内田裕市 六郷恵哲

1. はじめに

曲げを受ける鉄筋コンクリート（RC）はり、鉄筋比が小さすぎると変形が小さく、脆性的に破壊する場合がある。こうした破壊を防止し、十分な変形性能を確保するために、引張鉄筋比の最小値が規定されている。しかし、この規定値は普通強度コンクリートと通常の鉄筋とを対象としており、高強度コンクリート等を考慮して十分検討されたものではない。本論文では、高強度および鋼繊維補強高強度コンクリートを用いたRCはりについて、荷重－変位曲線の形状やひびわれ性状を考慮し、最小鉄筋量について検討した。

2. 実験概要

高強度コンクリート、鋼繊維補強高強度コンクリートおよび普通強度コンクリートの3種類のコンクリートを用いて単鉄筋RCはり供試体を作製した。使用したコンクリートの示方配合を表-1に、コンクリートの強度試験結果を表-2に示す。鋼繊維にはインデント付ストレート鋼繊維（ $\phi 0.6 \times 30\text{mm}$ ）を用いた。引張鉄筋にはSD295の異形鉄筋（D10）を使用し、かぶりを2cmとした。表-3に示すように、作製した供試体は17種類（1種類につき2体）で、はり高さあるいは、はり幅を変化させることにより、引張鉄筋比を変化させた。モーメントスパン50cm、せん断スパン50cmの3等分点荷重を行い、荷重および荷重点変位を測定した。

表-1 コンクリートの示方配合

供試体 シリーズ	単位量 (kg/m ³)					
	W	C	S	G	鋼繊維	Ad
SH,SHB	116	415	888	885	—	12.4
SFH,SFHB	137	492	874	761	15	14.8
SN	116	414	887	884	—	12.4

Ad：高性能AE減水剤

表-2 強度試験結果

供試体 シリーズ	強度(kgf/cm ²)			弾性係数 (kgf/cm ²)	材齢 (日)
	圧縮	曲げ	引張		
SH	826	83.1	56.6	3.85×10^5	11~12
SHB	863	88.5	54.3	4.10×10^5	24
SFH	888	119	89.6	4.05×10^5	22
SFHB	875	131	86.7	3.92×10^5	23
SN	323	49.9	28.9	2.84×10^5	11~12

3. 実験結果

実験より得られたはりの荷重－変位曲線を図-1～3に、実験結果（供試体2体の平均）を表-3に示す。

(1) 高強度コンクリートはり

高強度コンクリートはりの荷重－変位曲線では、鉄筋の降伏後、細かい鋸の歯状に荷重が増減を繰り返している。これは、ひびわれが発生する度に荷重が低下するためである。はり高さを変化させたSHシリーズでは、いずれの供試体においても、鉄筋の抵抗による最大荷重 P_u は、ひびわれ荷重 P_{cr} より大きくなり、複数の

表-3 実験結果

供試体名	コンクリートの種類	供試体寸法(cm)			引張鉄筋		ひびわれ荷重 P _{cr} (tonf)	降伏荷重 P _y (tonf)	鉄筋の抵抗による 最大荷重 P _u (tonf)	ひびわれ本数	P _u P _{cr}	P _u P _y	鉄筋1本 当たりの 引張耐力 (tonf)
		幅	載荷スパン [モーメントスパン]	高さ									
					量	比(%)							
SH14 SH18 SH23 SH30	高強度	20	150 [50]	14 18 23 30	2D10 2D10 2D10 2D10	0.61 0.46 0.35 0.26	1.80 2.92 4.60 6.98	2.88 3.79 5.18 6.99	3.41 4.54 6.11 8.20	8 6 4 2	1.89 1.56 1.33 1.17	1.18 1.12 1.18 1.17	3.68 3.73 3.78 3.76
SHB10 SHB14.5 SHB20	高強度	10 14.5 20	150 [50]	18	1D10 1D10 1D10	0.46 0.32 0.23	1.94 2.54 3.53	1.75 1.74 1.79	2.15 2.39 2.47	3 2 1	1.11 0.94 0.70	1.23 1.37 1.38	3.52 3.92 3.99
SFH14 SFH18 SFH23 SFH30	鋼繊維補強 高強度	20	150 [50]	14 18 23 30	3D10 3D10 3D10 3D10	0.92 0.68 0.51 0.38	1.96 3.85 6.27 9.36	5.76 8.17 11.7 19.0	(5.51) (7.53) (9.94) (14.5)	9 8 8 9	(2.81) (1.96) (1.59) (1.55)	(0.96) (0.92) (0.85) (0.76)	(4.10) (4.07) (4.06) (4.41)
SFHB10 SFHB14.5	鋼繊維補強 高強度	10 14.5	150 [50]	18	3D10 3D10	1.37 0.94	2.54 3.21	6.51 7.54	(6.49) (6.99)	3 1	(2.56) (2.18)	(1.00) (0.93)	(3.70) (3.88)
SN14 SN18 SN23 SN30	普通強度	20	150 [50]	14 18 23 30	1D10 1D10 1D10 1D10	0.31 0.23 0.17 0.13	1.22 2.02 2.63 4.82	0.98 1.72 2.30 3.43	1.71 2.36 3.16 4.41	5 4 3 1	1.40 1.17 1.20 0.91	1.74 1.37 1.37 4.41	3.76 3.80 3.94 4.05

曲げひびわれが生じ、塑性変形が大となった。はり幅を変化させたSHBシリーズでは、はり幅が増加するにしたがいひびわれ発生荷重 P_{cr} が大となった。特にSHB20 ($p=0.23\%$) においては鉄筋の抵抗による最大荷重 P_u がひびわれ発生荷重 P_{cr} よりも小さくなり ($P_u < P_{cr}$) ひびわれは1本しか生じず、小さな変位で破壊(鉄筋の破断)に至った。

(2) 鋼繊維補強高強度コンクリートはり

鋼繊維補強高強度コンクリートはりの場合、鋼繊維の補強効果により荷重-変位曲線の形状はなめらかになった。また鋼繊維の補強効果のため降伏荷重 P_y が増大するとともに、鉄筋の抵抗による最大荷重 P_u が不明確となった。降伏荷重点までは複数のひびわれが生じたが、その後は特定のひびわれの幅が増大し、 P_u/P_y の値が小さいほど、降伏後のはりの最終変位が小さくなった。

(3) 普通強度コンクリートはり

普通強度コンクリートはりについては、図-3からわかるように最小引張鉄筋比(0.2%)以上の引張鉄筋を配置すれば複数のひびわれが発生し、大きな変形性能(最終変位80mm程度)が得られた。

(4) 十分な変形性能を得るために必要な鉄筋比

以上の実験結果からわかるように、ひびわれ発生後あるいは鉄筋降伏後にひびわれを分散させ、大きな変形性能を得るためには、 $P_u > P_{cr}$ かつ $P_u > P_y$ でなければならない。普通強度コンクリートに比べ高強度コンクリートを用いた場合には、同じはり断面寸法でも P_{cr} が大きくなるため、引張鉄筋比が0.2%よりも大きくても $P_u < P_{cr}$ となる可能性があることが明らかとなった。本実験に用いた鋼繊維補強高強度コンクリートの場合、鋼繊維の補強効果により、 P_y が著しく増大するため、 $P_u > P_y$ とするには引張鉄筋比を約1%より大きくする必要がある。

4. まとめ

高強度コンクリートおよび鋼繊維補強高強度コンクリートを用いたRCはりの最小鉄筋比について検討し、次の結果を得た。

- (1) 曲げを受けるRCはりにおいてひびわれを分散させ大きな変形性能を得るには、 $P_u > P_{cr}$ かつ $P_u > P_y$ とする必要がある。
- (2) 普通強度コンクリートを用いたはりに比べ、高強度コンクリートを用いたはりでは P_{cr} が大きくなり、一方、鋼繊維補強高強度コンクリートを用いたはりでは P_y が著しく大きくなった。 P_{cr} や P_y の算定に当たっては使用するコンクリートと鉄筋の材料特性を適切に考慮することが重要であると考えられる。

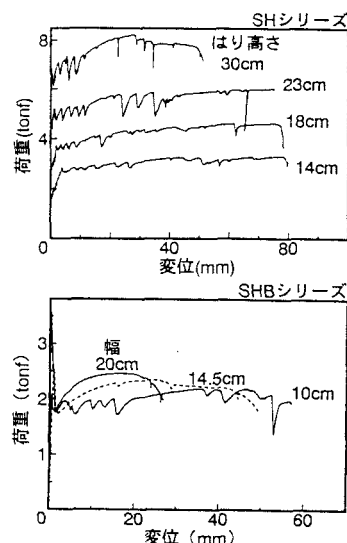


図-1 高強度コンクリートはりの荷重-変位曲線

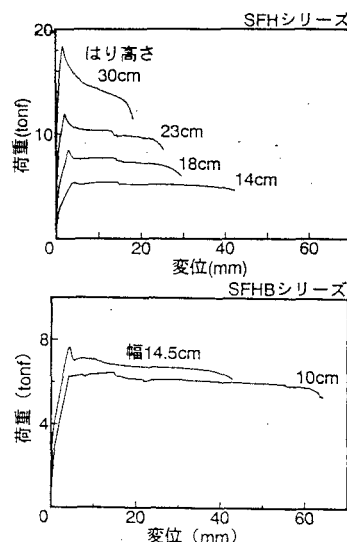


図-2 鋼繊維補強高強度コンクリートはりの荷重-変位曲線

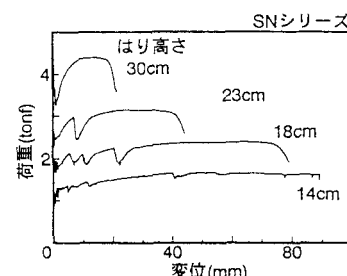


図-3 普通強度コンクリートはりの荷重-変位曲線