

高強度コンクリートおよび鋼繊維補強コンクリートを用いた RCはりの破壊性状と最小鉄筋量

岐阜大学 学生員 伊藤朋紀

岐阜大学 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)はりの脆性破壊を防止し、十分な変形性能を確保するために、最小鉄筋比が規定されている。しかし、この値は通常のコンクリートと通常の鉄筋を使用したはりを対象としたものである。本論文では、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はりを対象とし、荷重-変位曲線の形状やひびわれ性状等をもとに、最小鉄筋量について検討した。

2. 実験概要

はり高さあるいは、はり幅を変化させた17種類(1種類につき2体)の単鉄筋RCはり供試体を作製した。コンクリートの配合を表-1に、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。載荷方法は、モーメントスパン50cm、せん断スパン50cmの3等分点載荷とし、荷重および載荷点変位を計測した。

3. 実験結果と考察

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

はり高さを変化させた高強度コンクリートはりSHシリーズでは、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、ひびわれ発生後の急激な荷重低下が顕著になり、特にSHB20($p=0.23\%$)においては P_u が P_{cr} よりも小さくなり、ひびわれは1本しか生じず、小さな変位で破壊に至った。

表-1 示方配合表

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	163	323	790	1014	—	0.97

セメントC: 早強ポルトランドセメント、比重3.12

細骨材S: 比重2.59、粗粒率 F.M. 3.21

粗骨材G: 比重2.58、粗骨材最大寸法15mm

混和剤Ad: 高性能A E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

表-3 実験結果

供試体名	コンクリートの種類と圧縮強度 (kgf/cm ²)	供試体寸法 (cm)			引張鉄筋		ひびわれ荷重 Pcr(tonf)			降伏荷重 Py(tonf)		鉄筋の抵抗による最大荷重 Pu(tonf)	鉄筋の本数	ひびわれ本数	Pu / Pcr	Pu / Py
		幅	載荷ばン	高さ	量	比(%)	実測	推定1	推定2	実測	推定					
SH14	高強度 (f c=826)	20	150	14	2D10	0.61	1.80	2.25	2.09	2.88	—	3.41	—	8	1.89	1.18
SH18				18	2D10	0.46	2.92	3.54	3.16	3.79	—	4.54	—	6	1.56	1.20
SH23				23	2D10	0.35	4.60	5.79	4.95	5.18	—	6.11	破断	4	1.33	1.18
SH30				30	2D10	0.26	6.98	9.95	8.15	6.99	—	8.20	破断	2	1.17	1.17
SHB10	高強度 (f c=863)	10	150	18	1D10	0.46	1.94	1.94	1.72	1.75	—	2.15	—	3	1.11	1.23
SHB14.5		14.5		18	1D10	0.32	2.54	2.76	2.46	1.74	—	2.39	破断	2	0.94	1.37
SHB20		20		18	1D10	0.23	3.53	3.88	3.46	1.79	—	2.47	破断	1	0.70	1.38
SFH14	鋼繊維補強高強度 (f c=888)	20	150	14	3D10	0.92	1.96	3.15	—	5.76	5.84	(5.51)	—	9	(2.81)	(0.96)
SFH18				18	3D10	0.68	3.85	5.25	—	8.17	8.70	(7.53)	破断	8	(1.96)	(0.92)
SFH23				23	3D10	0.51	6.27	8.39	—	11.7	12.6	(9.94)	破断	8	(1.59)	(0.85)
SFH30				30	3D10	0.38	9.36	14.3	—	19.0	19.1	(14.5)	—	9	(1.55)	(0.76)
SFHB10	鋼繊維補強高強度 (f c=875)	10	150	18	3D10	1.37	2.54	2.94	—	6.51	6.55	(6.49)	破断	3	(2.56)	(1.00)
SFHB14.5		14.5		18	3D10	0.94	3.21	4.27	—	7.54	7.55	(6.99)	破断	1	(2.18)	(0.93)
SN14	普通強度 (f c=323)	20	150	14	1D10	0.31	1.22	1.29	1.21	0.98	—	1.71	—	5	1.40	1.74
SN18				18	1D10	0.23	2.02	2.15	1.92	1.72	—	2.36	破断	4	1.17	1.37
SN23				23	1D10	0.17	2.63	3.43	2.93	2.30	—	3.16	破断	3	1.20	1.37
SN30				30	1D10	0.13	4.82	6.06	4.92	3.43	—	4.41	破断	1	0.91	4.41

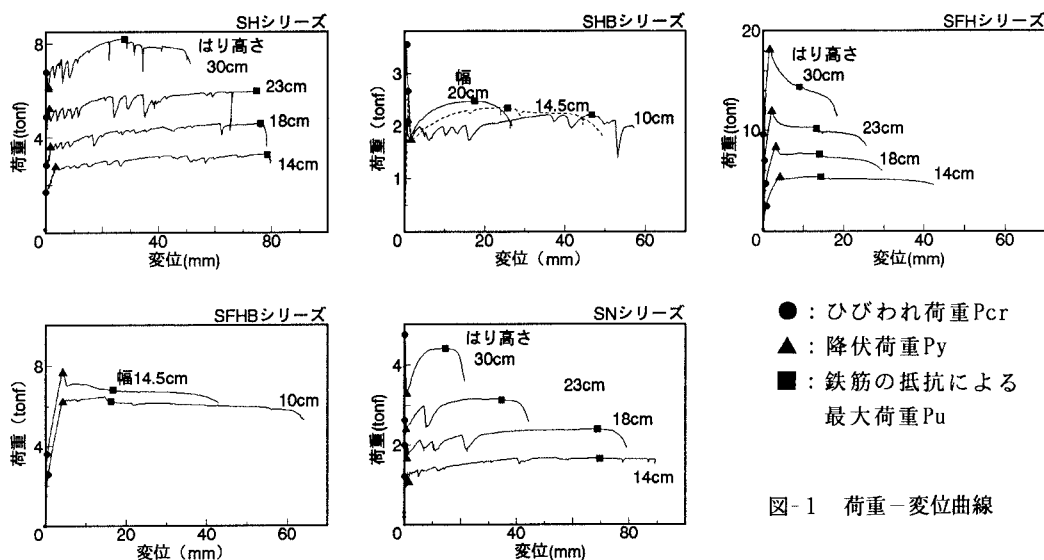


図-1 荷重-変位曲線

鋼繊維補強高強度コンクリートはりの場合、鋼繊維の補強効果のため、荷重-変位曲線の形状がなめらかとなり、降伏荷重 P_y が著しく増大するとともに、鉄筋の抵抗による最大荷重 P_u が不明確となった。そのため、表-3には降伏荷重以降の荷重-変位曲線の変曲点を最大荷重 P_u として（）を付けて示した。

普通強度コンクリートはりの場合、SN30以外はすべて $P_u > P_{cr} > P_y$ となっており、最小引張鉄筋比以上の引張鉄筋を配置することにより複数のひびわれが発生し、大きな変形性能が得られた。

以上の実験結果より、複数ひびわれと大きな変形性能を得るためには、 $P_u > P_{cr}$ かつ $P_u > P_y$ とする必要がある。高強度コンクリートを用いた場合には、曲げ強度が大きいため P_{cr} が大きくなり、引張鉄筋比が0.2%以上でも $P_u < P_{cr}$ となる可能性がある。鋼繊維補強高強度コンクリートの場合、 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った。

表-3に示すひびわれ荷重 P_{cr} の推定1と2は、はり下縁の応力の限界値に表-2に示す標準供試体から求めた曲げ強度を用いた場合と、寸法効果を考慮した場合[1]である。SHシリーズでは、推定1、2ともに実測値より大きな値となったが、寸法効果を考慮した推定2の方が実測値に近い値となった。また、SHBシリーズでは、SHB10以外で推定2の値の方が実測値に近い値となった。

表-3に示す降伏荷重 P_y は、式に示すように、鉄筋の降伏強度から求めたRCはりの降伏荷重 P_{sy} と、表-2に示す曲げ強度から求めた鋼繊維補強高強度コンクリートはり（無補強）の最大荷重 P_{cy} の70%の和として推定すると実測値に近い値となった $[P_y = P_{sy} + 0.7 P_{cy}]$ 。70%という具体的な数値の妥当性については、さらに検討が必要であると考えられる。

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鉄筋コンクリートはりの破壊性状と最小鉄筋量について検討した。これらのコンクリートを用いたRCはりにおいても、曲げを受ける場合にひびわれを複数発生させて大きな変形性能を得るには、 $P_u > P_{cr}$ かつ $P_u > P_y$ とする必要があった。高強度コンクリートを用いたはりでは曲げ強度が大きいためにひびわれ荷重 P_{cr} が大きくなった。 P_{cr} の算定に当たっては、寸法効果を考慮したほうが実測値に近い値となった。鋼繊維補強高強度コンクリートを用いたはりでは、鋼繊維の補強効果が上乗せされるため降伏荷重 P_y が著しく大きくなった。

【参考文献】

[1]内田裕市，六郷恵哲，小柳治：土木学会論文集，No.442/V-16，pp.101-107，1992.2