

V-456 格子状連続繊維補強材で補強した各種はりの曲げ破壊性状

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

連続繊維補強材は、軽量で強度が高く、耐食性にも優れていることから、P C鋼材や鉄筋の代替として利用が進められている。本研究においては、格子状連続繊維補強材で補強した高強度コンクリート、普通強度コンクリートならびにアラミド繊維補強モルタルはりを対象とし、曲げ破壊性状ならびに最小補強材量について検討した。

2. 実験概要

高強度コンクリート、普通強度コンクリートならびにアラミド短繊維補強モルタルを用いて表-4に示すような13種類のはり供試体（各2体）を作製した。連続繊維補強材は、ガラス繊維を成形したN社製のもの（筋番：G4、G6）を使用した。なお、補強材のかぶり厚はすべて1cmとした。連続繊維補強材の物性値を表-1に示す。高強度コンクリートはりでは、筋番G4で格子間隔が5cm、普通強度コンクリートはりでは筋番G4で格子間隔が10cm、アラミド繊維補強高強度モルタルでは筋番G6で格子間隔が5cmのものを用いた。各種コンクリートの示方配合を表-2に示す。アラミド短繊維の特性を表-3に示す。試験材齢時におけるコンクリートの強度試験結果を表-5に示す。はりの載荷方法は、モーメントスパンを50cmとした2点載荷（3等分点載荷）とし、荷重と載荷点変位とを計測した。

3. 実験結果および考察

3.1 高強度および普通強度コンクリートはり

実験より得られた各種はりの荷重-変位曲線を図-1(a)~(b)に示す。表-4に実験結果（供試体2体の平均）を示す。通常の鉄筋に比べ連続繊維補強材は弾性係数が小さく格子部以外でコンクリートとの付着が弱いため、高強度コンクリートはり（CHシリーズ）と普通強度コンクリートはり（CNシリーズ）の荷重-変位曲線の形状は、ひびわれ発生後に荷重が急激に低下し、ひびわれ本数が多い場合に鋸の歯状となった。はり高さ6cmあるいは8cm

表-1 連続繊維補強材の物性値

筋番	引張強度 (kgf/cm ²)	引張弾性率 (kgf/cm ²)	最大荷重 (tonf)
G4	6000	3.0×10^5	0.78
G6	6000	3.0×10^5	2.10

表-2 コンクリートの示方配合

供試体 シリーズ	単位量(kgf/m ³)					
	W	C	S	G	繊維	Ad.
CH	117	419	897	894	—	12.5
CN	163	323	790	1014	—	0.969
ACH	183	652	1304	—	27.0	26.0

Ad. : 高性能A E減水剤

表-3 アラミド短繊維の特性

繊維径 (mm・円換算)	0.4
繊維長 (mm)	30
比重	1.39
引張強度 (kgf/cm ²)	3.0×10^4
弾性係数 (kgf/cm ²)	7.0×10^5

表-4 実験結果

供試体	コンクリートの種類	供試体寸法 (cm)			最初のひびわれ荷重(tonf)		ひびわれ数	最大荷重 P _{max} (tonf)	補強材の抵抗による最大荷重 P _u (tonf)	補強材1本の引張耐力 (tonf)	P _u P _{cr}	連続繊維補強材
		幅	載荷スパン [モーメントスパン]	高さ	実測 P _{cr}	推定値						
CH6 CH8 CH11 CH14 CH18	高強度	10	150 [50]	6 8 11 14 18	0.210 0.355 0.762 1.22 1.94	0.225 0.396 0.757 1.26 2.04	7 5 1 1 1	0.341 0.472 0.777 1.22 1.94	0.341 0.472 0.777 1.03 1.38	0.842 0.869 0.983 0.986 1.03	1.62 1.33 1.02 0.84 0.71	破断 破断 破断 破断 破断
CN6 CN8 CN11 CN14 CN18	普通強度	20	150 [50]	6 8 11 14 18	0.243 0.447 0.727 1.13 1.76	0.195 0.371 0.661 1.14 1.94	5 4 2 1 1	0.343 0.510 0.759 1.13 1.76	0.343 0.510 0.736 1.01 1.24	0.890 0.915 0.968 1.01 0.923	1.41 1.14 1.01 0.89 0.70	破断 破断 破断 破断 破断
ACH8 ACH14 ACH23	アラミド 繊維補強	10	150 [50]	8 14 23	0.400 1.20 2.87	0.705 2.17 5.56	24 17 15	1.51 3.50 6.58	1.51 3.50 6.58	2.87 3.47 3.89	3.78 2.92 2.29	破断 — —

表-5 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	引張	曲げ		
CH	766	59.7	96.0	3.85×10^5	19
CN	327	27.4	46.4	2.94×10^5	11
ACH	801	103	156	3.36×10^5	23

の場合、 P_u/P_{cr} が1よりも大きくなり、曲げひびわれも4本以上発生し、補強材破断時の変位も40mmを越える結果となった。この場合、例えば、はり高さ（有効高さ）が6cm（5cm）から11cm（10cm）とほぼ2倍となると破断時の変位は1/2程度となり、はり高さの増加の影響に反比例して破断時の変位が減少しているが、 $P_u/P_{cr} < 1$ の場合（はり高さ14、18cm）は、はり高さの増加の影響以上に破断時の変位が減少している。

連続繊維補強はり部材の最小補強材量に関しては、繊維の断面積を求めることが困難であるため、通常の鉄筋コンクリートのように断面積比で規定するよりも P_u/P_{cr} といった断面の耐力比によって規定した方が良いと考えられる。今回の実験からは、 $P_u/P_{cr} > 1$ となるように、十分に補強材を配置すれば、ひびわれの分散と大きな変形が期待できることがわかる。

3.2 アラミド繊維補強モルタルはり

実験より得られた荷重-変位曲線を図-1(c)に示す。実験結果を表-4に併記する。アラミド繊維補強モルタルはり（ACHシリーズ）の荷重-変位曲線は、ひびわれ発生後も荷重の急激な低下がなく最大荷重に至るまで荷重は単調増加している。ACH8においては、 P_u/P_{cr} が3以上となり、破断時の変位は70mm以上と大きくなった。また、アラミド繊維を混入することにより多数（15本以上）の曲げひびわれが発生した。以上より、アラミド繊維を混入することにより荷重-変位曲線の鋸の歯状の形状が改善されることがわかる。

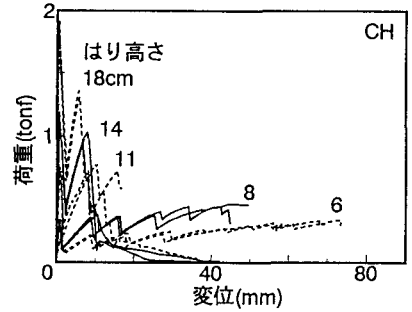
3.3 各荷重の推定値

表-4に示す最初のひびわれ荷重の推定値は、はり下縁の応力の限界値に高さ10cmの供試体から求めた曲げ強度を用いたものである。ACHシリーズにおいては、最初のひびわれ荷重はアラミド短繊維補強モルタルのマトリックスひびわれの発生に対応するため、推定値よりも小さい。補強材1本当たりの引張耐力は、 P_u から圧縮側に長方形の応力ブロックを用いたはりの曲げ理論を適用して算出したものであるが、いずれの供試体においても保証値を上回っている。補強材の引張耐力は、はり高さが小さいほど小さくなる傾向にあるが、これは曲げ変形の影響が大きくなるためと考えられる。

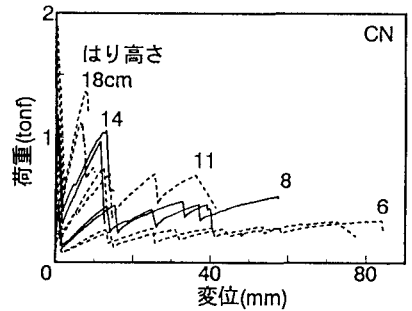
4. まとめ

補強材に格子状連続繊維補強材を用いたコンクリートはりの破壊性状について最小補強材量を中心に検討した。得られた結果を以下にまとめる。

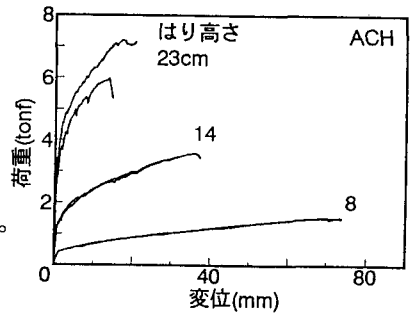
- (1) 今回の実験からは、高強度ならびに普通強度コンクリートはりでは、 $P_u/P_{cr} < 1$ となる場合に、はり高さの増加の影響以上に補強材破断時の変位は減少した。したがって、大きな変形性能を確保するには $P_u/P_{cr} \geq 1$ となるように補強材を配置する必要がある。
- (2) アラミド繊維を混入した場合、鋸の歯状の荷重-変位曲線の形状が改善され、なめらかな曲線となった。



(a)コンクリート：高強度



(b)コンクリート：普通強度



(c)コンクリート：アラミド短繊維補強モルタル

図-1 格子状連続繊維補強材を用いたはりの荷重-変位曲線