

(V-7)

連続炭素繊維で補強したコンクリートはりの曲げ性状

群馬工業高等専門学校 正会員 古川 茂
 群馬大学 工学部 正会員 ○ 辻 幸和
 群馬大学 工学部 大谷 杉郎

1. まえがき

連続炭素繊維をコンクリートの補強材として用いる場合、これにセメントペーストをあらかじめ含浸させて棒状にして用いる方法は、炭素繊維とマトリックスとの付着の確保や部材の曲げ耐力の向上に対して有効な方法と考えられる^{1)・2)}。本研究では、棒状にした連続炭素繊維（以下、補強筋と呼ぶ）をコンクリート中に配置した炭素繊維補強コンクリートはりを作製し、曲げモーメントの作用による補強筋およびコンクリートのひずみ、ひびわれの発達状態ならびに破壊曲げモーメントについて実験した結果を報告する。さらに、これらの算定方法について検討する。

2. 実験の概要

セメントは普通ポルトランドセメントを用いた。骨材は利根川産の川砂（比重 2.63、粗粒率 2.78）および川砂利（比重 2.65、粗粒率 5.24、最大寸法10mm）を用いた。また、ナフタリンスルホン酸塩系の流動化剤も用いた。連続炭素繊維は、表-1に示すような性質をもつPAN系の高性能品を用いた。コンクリートの配合は、表-2に示すように、比較的富配合のものである。

補強筋の作製は、補強筋一本に用いる炭素繊維の本数を約24000本とし、これに水セメント比が50%のセメントペーストを含浸させ、6mm程度の直径になるように仕上げた。これを1日間空中養生の後、材令7日まで水中養生を行った。その後、補強筋の中央部にワイヤストレーンゲージを貼り付けた。

はりには、図-1に示すA-1、A-2およびBの各供試体を用いた。補強筋中の炭素繊維の総断面積とコンクリートの総断面積の比率は、A-1およびA-2供試体が0.08%、B供試体が0.06%であり、鉄筋コンクリートはりに比べて非常に少量の補強筋を配置した。はり供試体の作製は、まず型枠底部にコンクリートを2cm程度敷き、この上に補強筋を図-1のように配置し、さらにコンクリートを打込んだ。最後に棒状の振動機を外部より型枠に当てて締め固めを行って仕上げた。同時に、 $\phi 10 \times 20$ cmの円柱供試体および $10 \times 10 \times 40$ cmの角柱供試体も作製した。円柱供試体は材令2日、それ以外の供試体は材令1日で脱型し、以後強度試験の材令7日まで水中養生を行った。

はり供試体の曲げ強度試験は、図-1に示すような位置における2点載荷で行った。同時に、供試体の表面および補強筋に貼り付けたワイヤストレーンゲージによって、ひずみを測定した。

3. 結果および考察

はり供試体のひびわれの発達状態を図-2に示す。A-1およびA-2供試体の場合は、まず曲げモーメントが最大の区間に曲げひびわれが発生し、これ

表-1 炭素繊維の性質

炭素繊維	繊維直径 (10^{-3} mm)	比重	引張強度 (kgf/cm ²)	弾性係数 (10^5 kgf/cm ²)	伸度 (%)
PAN系 連続繊維	7.5	1.78	30000	23	1.3

表-2 コンクリートの配合

G _{max} (mm)	W/C (%)	s/a (%)	Slump (cm)	Air (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
					W	C	S	G	流動化剤
10	60	48	6±1	-	210	350	807	880	3.5

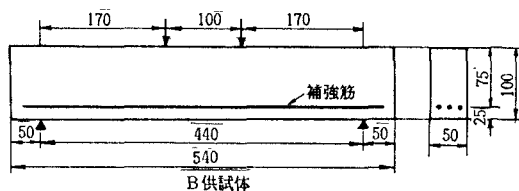
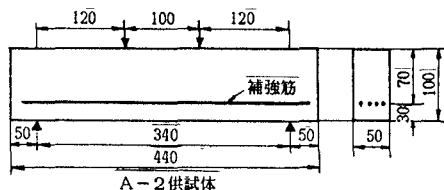
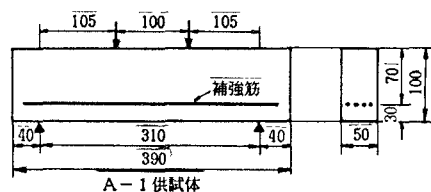


図-1 供試体の諸元

が発達するに伴って補強筋に沿うひびわれが発生した。しかし、破壊は両供試体とも補強筋の切断によって曲げ破壊した。また図-2 c) に示すB供試体の場合には、補強筋に沿うひびわれは破壊時に発生したが、この場合の破壊も補強筋の切断による曲げ破壊であった。破断面を観察した結果、いずれの供試体においても補強筋のずれは認められなかった。

はり供試体のコンクリート上縁および補強筋のひずみと曲げモーメントとの関係を図-3に示す。図中には、コンクリートおよび補強筋のひずみの計算値と一緒に示している。それぞれのひずみの計算値は、鉄筋コンクリートの場合（コンクリートのヤング係数 $1.82 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ 、圧縮強度 127 kgf/cm^2 ）と同様にして求めた。曲げひびわれ発生前は、全断面有効と仮定した弾性計算値にほぼ等しいひずみを生じている。曲げひびわれ発生後、これまでコンクリートが分担していた引張力を補強筋が負担するため補強筋のひずみは著しく増加している。そして、コンクリートの引張力を無視した弾性計算値に近づいていくが、鉄筋コンクリートはりの場合に比べて約1/10といった補強筋の量が少ないため、弾性計算値に近づいた直後か近づく直前の遷移領域で、補強筋が切断して破壊した。今後は、補強筋量がもう少し多い場合について検討したい。

表-3には、曲げひびわれ発生モーメントおよび破壊曲げモーメントの実測値を示す。炭素繊維を総断面積比が0.06%配置すると、破壊曲げモーメントは、補強しないものの2倍程度を得ることができた。曲げひびわれ発生モーメントは、各供試体ともかなり等しい値を示している。

また表-3には、破壊曲げモーメントの計算値も示している。破壊曲げモーメントの計算値は、コンクリートの応力状態を等価応力ブロック、最終ひずみを0.35%、炭素繊維の応力-ひずみ曲線は降伏領域を持たないとそれぞれ仮定し、曲げ引張破壊するとして求めた。A-1およびA-2供試体の破壊曲げモーメントの実測値は、計算値の約70%の値を示しているが、B供試体の場合には、実測値は計算値の約85%まで増加している。いずれにしても、実測値が計算値に比べて小さい。その理由は、現在のところ不明であるが、曲げひびわれ発生後、補強筋がコンクリートの引張力を十分に負担するまでに破壊したこと、またA-1およびA-2供試体の場合には、補強筋のあきが十分でなかったことが、要因として挙げられると思われる。

4. まとめ

連続炭素繊維を棒状の補強材としてコンクリートはりに用いる場合には、PAN系の炭素繊維をコンクリート総断面積の0.1%程度配置すれば、破壊曲げモーメントは補強しない場合の2倍程度が得られた。破壊曲げモーメントの実測値は、RCの曲げ引張破壊の場合と同様にして求めた計算値より小さくなった。今後さらに検討が必要である。

参考文献

- 1) 古川、辻、大谷：棒状連続炭素繊維補強モルタルの力学的特性、第14回土木学会関東支部技術研究発表会 講演要旨集、1987年3月。
- 2) 古川、辻、宮本：セメントペーストを含ませた連続炭素繊維を補強材として用いたモルタルの力学的性状、第41回セメント技術大会 講演要旨、1987年。

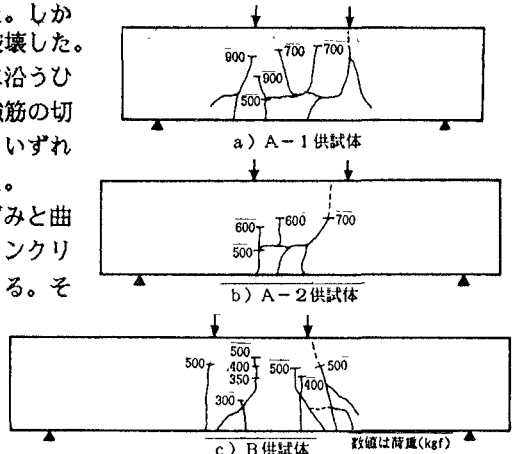


図-2 はり供試体のひびわれ状態

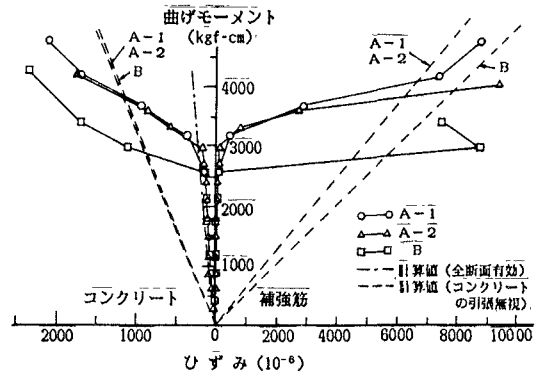


図-3 コンクリートおよび補強筋のひずみ

表-3 曲げひびわれ発生モーメントおよび破壊曲げモーメント

	供試体	A-1	A-2	B	補強なし
破壊曲げモーメント (kgf-cm)	実測値	5281	4776	5346	2816*
	計算値	7319	7319	6157	--
曲げひびわれ発生モーメント (kgf-cm)		2625	3000	2550	2816*

* $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}$ 供試体の曲げ強度から推定