

V-156

炭素繊維補強材を用いたコンクリートはりの曲げ剛性に関する一検討

九州大学大学院 学生員○ 東 宏治

九州大学工学部 正 員 牧角龍憲

鹿島建設㈱

寺本淳一

1. はじめに

近年、炭素繊維補強材の高耐食性、高強度、非磁性などといった鋼材に比べ優れた特性に着目し、それを鉄筋コンクリートにおける補強材としての鉄筋代替材料として、あるいはプレストレストコンクリートにおけるPC鋼材に代わる緊張材として用いるための技術開発または研究報告が数多く提案され成果をあげている。しかし、現在において炭素繊維補強材をコンクリートに用いた場合における部材の荷重に対する挙動を明確に算定する計算手法はまだはっきりしておらず、その計算方法の確立が急がれている。炭素繊維補強材の大きな特徴として、弾性挙動で破壊に至ることが挙げられる。よって、はりにおいては曲げを受けるときに炭素繊維補強材に生じるひずみを的確に推定することが重要である。また、ひずみは一般に設計計算では曲げ剛性 EI を用いて推定されるが、その換算断面二次モーメント I の適正さは示方書で挙げてあるものの未だ十分に確認されていない。本論では、既往の研究の中から特に炭素繊維をPCはりの緊張材及び引張補強材として用い、曲げ荷重を受けた場合の曲げ挙動について報告されているものについて、補強材の応力性状を把握するための一要因として弾性係数比を取り上げ検討を行ったものである。

2. 実験値の読みとり方法

まず、既往の研究論文より炭素繊維をPCはりの補強材として用いているものを抜き出した。次に図-1に示すように弾性状態からそれる位置を曲げひびわれが発生した曲げひびわれ発生荷重 P_{cr} と定義し、そのひびわれ発生荷重の1.0倍、1.2倍、1.4倍、1.6倍、1.8倍の位置でのたわみ量をグラフより読みとった。

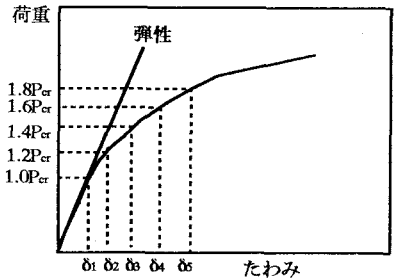
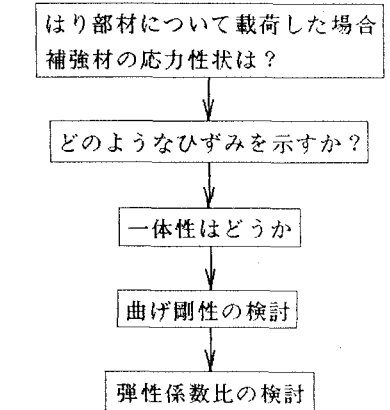


図-1 読みとり方法

3. 炭素繊維補強材の弾性係数比 Nf の検討

たわみの計算においては「コンクリート標準示方書（設計編）」に基づき、ひびわれ前の断面二次モーメント I_g および、ひびわれ後の断面二次モーメント I_{cr} より得られる換算断面二次モーメント I_e を用いた。

$$I_e = \left\{ \left(\frac{M_{crd}}{M_{dmax}} \right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{crd}}{M_{dmax}} \right)^3 \right] I_{cr} \right\} \leq I_g \quad (1)$$

ただし、 M_{crd} ：断面にひびわれが発生する限界の曲げモーメント

M_{dmax} ：変位・変形計算時の設計曲げモーメントの最大値

読みとった荷重 $P = \alpha P_{cr}$ ($\alpha = 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8$) は部材中央部のたわみに対応しているので、断面剛性を部材全長にわたって一定とした場合における部材中央部の曲げモーメントに比例していると考えられる。よって(1)式は次のように変形してよい。

$$I_e = \left(\frac{P_{cr}}{P} \right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{P_{cr}}{P} \right)^3 \right] I_{cr} = \left(\frac{1}{\alpha} \right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{1}{\alpha} \right)^3 \right] I_{cr} \quad (2)$$

この換算断面二次モーメントをはり中央部のたわみを算定する式に代入して、読み取った荷重－変位の値のときの弾性係数比を検討した。また、その求めた Nf がコンクリートと炭素繊維の材料定数から算定される

Nf（物性値）とどのような関連があるか、その比率を求めてばらつきの度合いを調べた（図-2）。ただし、炭素繊維緊張材はより線状であり、弾性係数は 14000kgf/mm^2 、コンクリートの圧縮強度、弾性係数は 346kgf/cm^2 、 2730kgf/cm^2 である。NO.6,9,12は緊張材の付着をカットしたもので、NO.4~12は引張補強材として炭素繊維を配置したものである。

4. 考察

図よりわかるように、繊維補強材に付着を持たせてあるものはコンクリートと繊維補強材境界部の微小ひび割れの発生により、コンクリートの弾性係数が低下するため物性値のNfより大きめに、付着を持たせていないものはすべりにより小さめになっていると考えられる。Nfは $\alpha=1.2, 1.4, 1.6, 1.8$ と増加するにつれ全体的に増加傾向にあり、コンクリートと繊維補強材の付着が荷重の増加と共に良好となっている。しかしながら、全体として一定の傾向があるとは認められない。

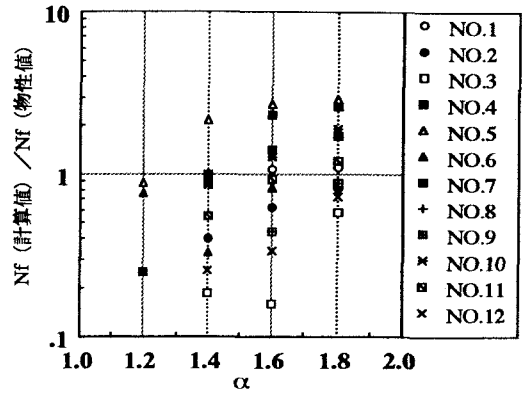


図-2 Nfのばらつき

ここで、RCはりの場合における繊維補強材の弾性係数比について考えてみる。その際、検討に用いた数値は、部材高さ 15cm 、部材幅 10cm 、繊維補強材の有効高さ 10cm 、補強材比 0.5% 、荷重条件は、スパン長 170cm 、支点から載荷点までの距離 70cm の二点載荷、コンクリートの圧縮強度 $240(\text{kgf/cm}^2)$ 、コンクリートの弾性係数 $250000(\text{kgf/cm}^2)$ とした。繊維の弾性係数比は物性値として $Nf=5$ を与え、物性値の 0.5 倍、 1 倍、 5 倍、 10 倍の時、つまり、 Nf が $0.25, 5, 25, 50$ のそれぞれの場合について設計計算を行った。その時の荷重-たわみ関係を図-3に示す。図-3より、弾性係数比が増加すると共に曲げひび割れが生じた後のたわみは小さくなるのがわかる。また、そのときに繊維補強材が受ける応力について図-4に示す。曲げひび割れ発生以降の繊維補強材の応力は、 Nf の値によって顕著に異なっており、同一の荷重が載荷される場合でも応力を算定する際に用いる弾性係数比が 10 倍異なれば、 30% 以上の応力誤差が生じることがわかる。すなわち、繊維補強材の応力算定に用いる弾性係数比の設定が極めて重要であることが認められる。

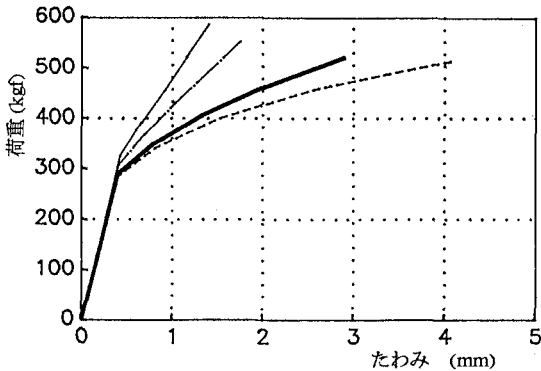


図-3 繊維補強材の荷重-たわみ関係

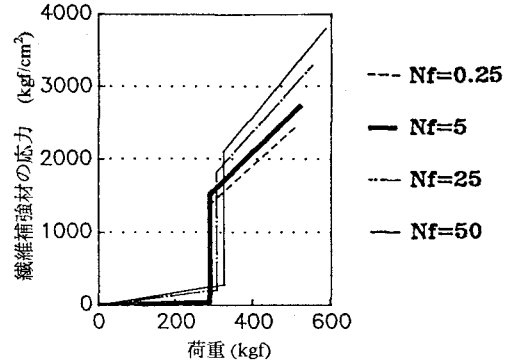


図-4 繊維補強材の応力-荷重関係

5. 結果

- 炭素繊維補強材の応力は算定に用いる弾性係数比により大きく異なるため、安全な設計を行うには適切な弾性係数比の設定が必要である。
- 荷重-たわみ曲線から求めたNfについては一定した傾向は認められなかった。

参考文献：大野定俊他、炭素繊維補強材を用いたはり部材の曲げ靱性に関する基礎的研究、

コンクリート工学年次論文報告集、14-2, pp. 689~694, 1992