

連続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

九州大学工学部 学生員○ 東 宏治 九州大学工学部 正 員 牧角龍憲
九州大学工学部 九州大学工学部 寺本淳一

1. はじめに

近年、連続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P C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、現在において連続繊維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。本論では、既往の研究の中から特に炭素繊維をP Cはりの緊張材及び引張補強材として用い、曲げ載荷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、曲げ剛性の変化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、土木、建築の各分野で報告されている既往の研究論文より炭素繊維をP C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の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。

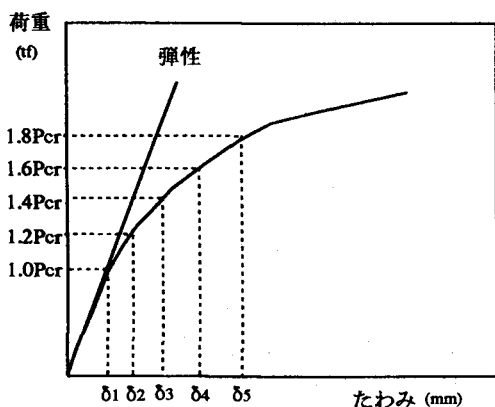


図-1 読み取り方法

3. 炭素繊維の弾性係数比 n_f 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、曲げひびわれが発生する前のコンクリート部材のたわみ量は全断面有効とした弾性理論に従うとし、曲げひびわれが発生した後のコンクリート部材のたわみ量は、ひびわれによる剛性低下を考慮した換算断面を用いて求めた。以下に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 の計算式を示す。

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

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。

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

$$I_o = \frac{bh^3}{12}, \quad I_{cr} = \frac{b x_{cr}^3}{3} + n_f A_f (d_f - x_{cr})^2 + \sum n_s A_s (d_s - x_{cr})^2 \quad (3)$$

ただし、 b ：部材幅、 h ：部材高さ、 n_f ：炭素繊維（緊張材）の弾性係数比、 A_f ：炭素繊維の断面積、 d_f ：炭素繊維の有効高さ、 n_s ：補強材の弾性係数比、 A_s ：補強材の断面積、 d_s ：補強材の有効高さ（部材断面は矩形とする）

また、曲げびびわれ発生後の中立軸 x_{cr} の算定はコンクリートの引張側を無視して行う。

ここで単純ばりのたわみ量を求める式より、

$$\delta_i = C \frac{P_i}{E_c I_e} \quad (i = 1 \sim 5) \quad (4)$$

$$\text{ただし、} C = \frac{l^3}{48E_c} \quad (\text{一点載荷}), \quad C = \frac{a(3l^2 - 4a^2)}{48E_c} \quad (\text{二点載荷})$$

I_e を上式に代入して、

$$\frac{\delta_i}{P_{cr}} = C \frac{\alpha^4}{I_o + (\alpha^3 - 1) I_{cr}} \quad (5)$$

つまり式(5)の右辺は α と n_f の関数となっている。そこで、 n_f の値を変化させていくことにより、読みとった δ_i / P_{cr} に対応する n_f の値を求めた。その一例を図-2に示す。また、その求めた n_f が材料特性上、炭素繊維に材料定数として与えられている n_f とどのような関連があるか、ばらつきの度合いを調べた。（図-3）

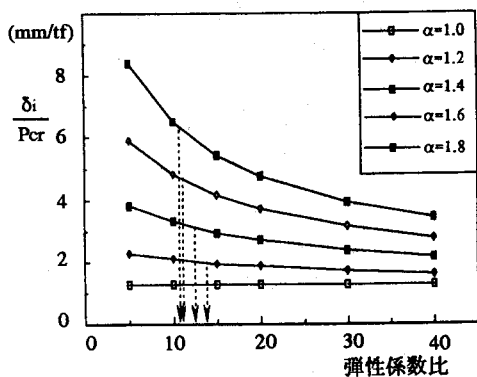


図-2 検討例

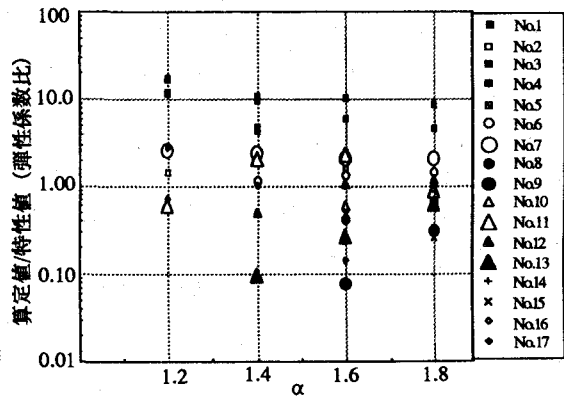


図-3 弾性係数比のばらつき

4. 考察

図-3に見られるように求められた n_f の値はばらついており、一定した傾向は見られなかった。よって、今後は他の繊維についても調べていくとともに、 I_e の算定方法を再検討して行く方針である。

参考文献：DATA No. 1～5) 岡野素之他、コンクリート工学年次論文報告集、12-1, pp. 1111-1116, 1990

DATA No. 6～15) 大野定俊他、コンクリート工学年次論文報告集、14-2, pp. 689-694, 1992

DATA No. 16～17) 丸山武彦他、コンクリート工学年次論文報告集、12-1, pp. 1081-1086, 1990