V－197

弾性ばねモデルによる炭素繊維ネットの定着性状に関する検討

九州大学工学部　正会員　鶴田 浩章
九州大学工学部　正会員　牧角 龍憲
九州大学大学院　学生員　長島 玄太郎

１．はじめに

連続繊維補強材をコンクリートの引張補強材として適用するためには、補強材の材料特性を十分把握することが重要である。つまり、引張強度や弾性係数等はもちろんのことであるが、どの程度の定着長が必要であるか、ひび割れ幅がどの程度になるのかということを把握しておくことが必要になる。

そこで、本研究では連続繊維補強材として薄肉のパネル材等への適用が期待されている炭素繊維ネット（以下、ＣＦＮと略する）に着目し、コンクリート中でのひずみ性状を把握するために従来の弾性ばねモデル[1]に新たに横線の限界抵抗力の考え方を適用しＣＦＮの定着性状の定式化を試みた。

２．弾性ばねモデル理論

ＣＦＮの定着はＣＦＮとコンクリートとの一体性によって生じるが、定着していない領域においては、補強材がコンクリートに対して相対変位を生じているはずである。その相対変位はネット縦線に伝達された引張荷重を横線が受け持つことで生じる。そこで、この横線の受け持つ力と相対変位の関係を力によって変位が生じるばねにモデル化することでＣＦＮの定着機構の表現を可能にするものが弾性ばねモデル理論である。

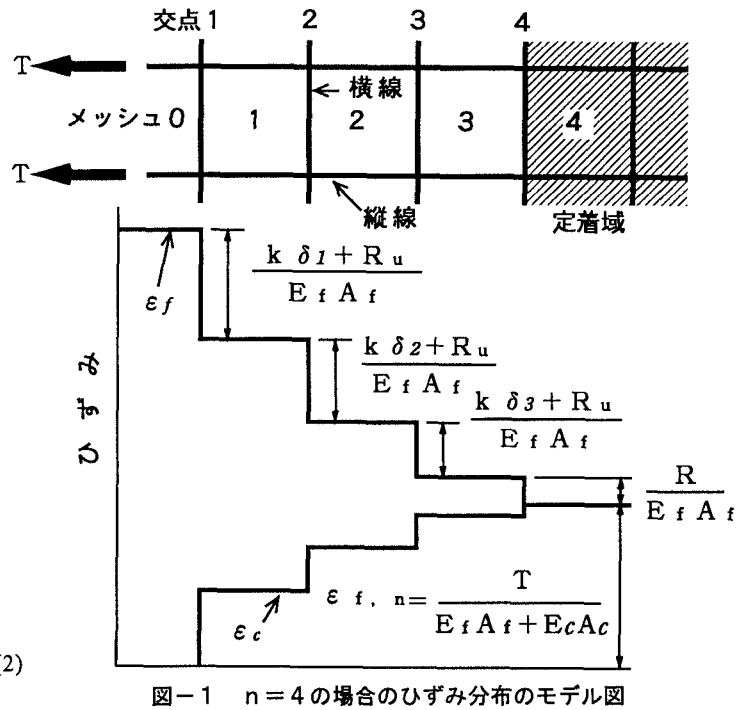
まず、ネット縦線に引張力Ｔが作用するときに交点ｉにおいてコンクリートに対して生じる相対的なずれを相対変位量δ_iとし、メッシュｉ区間の縦線の補強材ひずみ$\varepsilon_{f,i}$とコンクリートひずみ$\varepsilon_{c,i}$を用いて、定着メッシュ数ｎの場合の定着機構の定式化を行う。図－１はｎ＝４の場合のひずみ分布の概念図である。

メッシュ間隔Ｌのｉ区間におけるコンクリートと縦線の相対ひずみが、交点ｉとｉ＋１の相対変位量δ_iとδ_{i+1}との差によって生じるものとすると、

$$\varepsilon_{f,i}-\varepsilon_{c,i}=\frac{\delta_i-\delta_{i+1}}{L}\cdots(1)$$

と表せる。次に、相対変位を生じることなく横線が受け持つことのできる抵抗力をR、また、その限界値である限界抵抗力をR_uとする。定着していない領域においては横線の抵抗力R_uとその横線上の交点の相対変位に対応した反力$k\delta i$がコンクリート部に支持されるとすると、

$$k\delta_i+R_u=(\varepsilon_{f,i-1}-\varepsilon_{f,i})E_fA_f\cdots(2)$$



図－１　ｎ＝４の場合のひずみ分布のモデル図

が成り立つ。ここで、E_f ：補強材の弾性係数、A_f ：断面積、k ：ばね定数を表す。ただし、定着していない領域と定着した領域の境界部の交点ｎでは相対変位を生じていないので、R_u を超えないRという力だけを受けていると考えられる。よって、交点ｎでは

$$R=(\varepsilon_{f,n-1}-\varepsilon_{f,n})E_fA_f \cdots\cdots (3)$$

とおける。さらに、R_u を超えた分の力が次の横線に伝達されることから、

$$R=k\delta_{n-1} \cdots\cdots (4)$$

となる。また、力のつりあいより

$$T=E_fA_f\varepsilon_{f,i}+E_cA_c\varepsilon_{c,i} \cdots\cdots (5)$$

が成り立つ。ここで、E_c： コンクリートの弾性係数、A_c： コンクリートの断面積である。境界条件として、ひび割れ位置ではコンクリートは力を受け持たないので、

$$\varepsilon_{f,0}=\frac{T}{E_fA_f} \cdots\cdots (6)$$

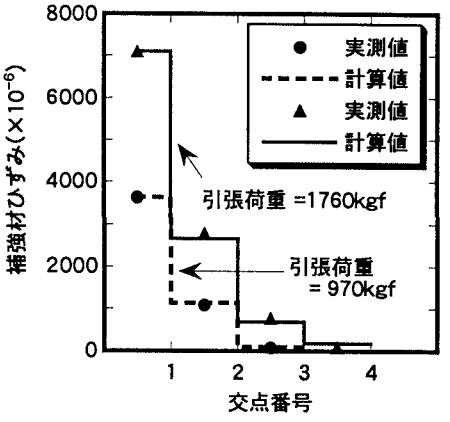
交点ｎで定着されるならば$\delta_n=0$ 、定着領域では補強材とコンクリートの変形量は等しいので、

$$\varepsilon_{f,n}=\varepsilon_{c,n}=\frac{T}{E_fA_f+E_cA_c} \cdots\cdots (7)$$

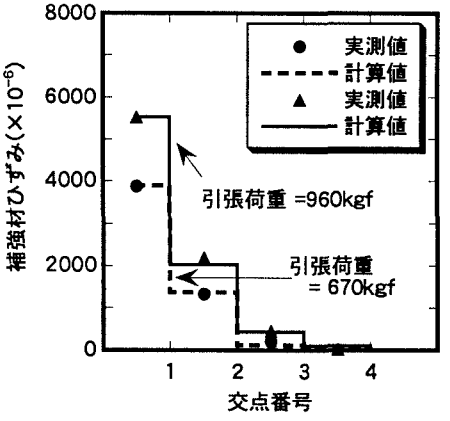
となる。これらの式において、R_u は実験的に求めた横線抵抗力の限界値を使用し、ばね定数kは上式(1)、(3)、(4)および(5)を用いて定着メッシュ数に関係なく求められる。Tを与えることにより$\varepsilon_{f,0}$、$\varepsilon_{f,n}$（＝$\varepsilon_{c,n}$）が決定し、Rを収束計算により求めて段階的にひずみの値を算出することができる。

３．算出結果と実測値の比較及び考察

上記理論による算定結果と実測値との比較検討の一例を以下に示す。実測値としてＰＡＮ系48Ｋ・30mmメッシュ（縦線５本及び４本）のＣＦＮを15×15×53cmの切り欠きをもつはり供試体に配置し、曲げ載荷してネットの引張試験を行った場合のデータを使用し比較を行った。



図－２　縦線５本の場合のひずみ分布



図－３　縦線４本の場合のひずみ分布

この検討においては、横線の限界抵抗力を種々変化させて最も適当な値として１メッシュ当たり80kgf と設定して検討した。この横線の限界抵抗力を適用することにより図－２及び３のように実際のひずみ性状にかなり近い計算値を得ることができた。これにより定着長の把握が可能になったが、今後ひび割れ幅の算定への応用についての検討を行う予定である。

【参考文献】1)牧角龍憲ほか、炭素繊維ネットによるひび割れ制御について
セメント・コンクリート論文集、No.45、pp.594-599、1991