

V-170

高張力繊維ネットの補強によるコンクリートおよび鉄筋の強度の活用について

九州大学 ○牧角龍憲

同 太田俊昭

1. 目的

コンクリートおよび鉄筋の品質に関して、我が国は優れた技術を有している。しかしながら、曲げを受ける鉄筋コンクリート部材等においては、必ずしもそれら材料の強度特性は活かされておらず、すなわち、コンクリート強度はその耐力にほとんど寄与せず、また、鉄筋応力はひびわれ幅の制限から極めて小さく抑えられており、極言すれば、材料強度に関しては旧態然たる技術で事足りる形態となっている。

そこで、本研究では、引張補強材の高強度化とひびわれ幅低減によりそれら材料技術の活用が可能になると考え、確実な定着が得られるネット形状の高張力繊維の補強による効果について検討した。

2. 高張力繊維の補強形態について

炭素繊維やアラミド繊維等の新素材の引張強度は $100 \sim 300 \text{ kgf/mm}^2$ と極めて高い。この高張力特性を効果的にRC部材の補強に用いるためには、素材周面の摩擦係数が小さいことから、確実な機械的付着抵抗を有する形状で、また、曲げ応力の分布ならびに作用方向はほぼ限られていることから、高い配向性を有するとともに局所的な補強が可能で、かつその引張抵抗力が明確に算定出来る形態が必要である。本報告では、以上の条件から、網目交点を確実に固着してネット状に連続繊維を成形した補強材を対象にした。

3. 検討手法

繊維補強材を下縁近傍に配置したT形断面のはりを対象にした。曲げ耐力は、鉄筋は降伏しているが繊維は破断せずにコンクリートが圧縮破壊する破壊形式として、コンクリート標準示方書・設計編「6.2.2 設計断面耐力」に準じて算定し、変形は、同書「7.4.3 変位・変形量の検討」に準じて算定した。

繊維補強材の引張抵抗力は、過去に炭素繊維ネット（網目間隔7.5mm、縦線断面積 0.231 mm^2 ）単独で補強したモルタル部材の実験¹⁾において、その破壊耐力および剛性がある一定の補強効率で算定可能であった結果に基づき、弾性体として算定した。図-1に、その実験における実験値と計算値の比較を示す。

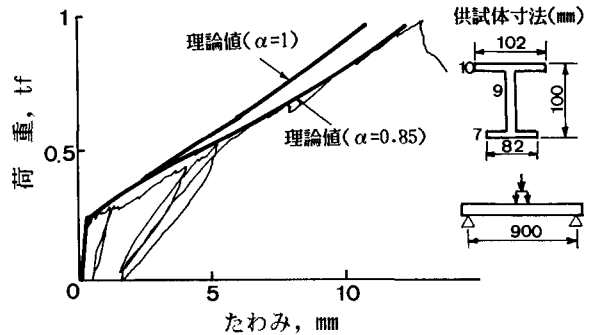


図-1

4. コンクリート強度と曲げ耐力の関係

検討断面の形状寸法²⁾を図-2に示す。鉄筋比は $0.26\% (=A_s/b_e \cdot d)$ で、鉄筋の降伏強度を 35 kgf/mm^2 、補強繊維の引張弾性率を 20 tf/mm^2 とし、安全係数は、それぞれ $\gamma_c=1.3$, $\gamma_s=1.0$, $\gamma_b=1.15$ とした。

コンクリート強度を変化させた場合の曲げ耐力算定結果を図-3に示す。図中の繊維体積比 V_f は、繊維断面積のコンクリート有効断面積 $b_e \cdot d$ に対する比で、また、図中の破線は、鉄筋量を2倍にした場合 ($V_f=0$) の値である。図にみられるように、コンクリート強度は、 $V_f=0$ の場合には曲げ耐力にほとんど寄与しないのに対して、わずかな繊維補強により顕著に耐力を増加させており、強度活用の可能性が認められる。次に、破壊（コンクリート

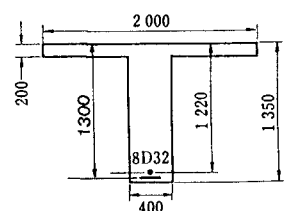


図-2

上縁ひずみ $=0.0035$)に至るまでの変形能($M/Ec \cdot l_e$)の算定結果を図-4に示すが、繊維補強した部材は通常のRCばりとはほぼ同等以上の変形能が得られており、曲げタフネスの点からも十分な耐力を有することが認められる。

ただし、本検討では繊維が破断しないことを前提に耐力を算定しているため、繊維強度により異なる最小繊維体積比が存在する。そこで、補強効果を明確にするために、最小繊維体積比における耐力 M_{uf} と繊維を同量の鉄筋に置換した場合の耐力 M_{us} の比率を求めて、図-5に示す。繊維強度が $200\text{kgf}/\text{mm}^2$ 以上であれば、コンクリートの強度が耐力増に有効に寄与することが認められる。また、繊維強度 $300\text{kgf}/\text{mm}^2$ における最小繊維体積比は、 0.06% ($f_{ck}=240$) $\sim 0.24\%$ ($f_{ck}=800$)であり、経済性も十分考慮できる値となっている。

5. 繊維補強とひびわれ幅の関係

繊維補強により曲げ耐力の安全性が確保されれば、力学的には鉄筋応力を降伏強度近傍まで高めることが可能である。また、そのときの鉄筋応力に対するひびわれ幅が許容値以下になる補強が可能であれば、鉄筋強度を有効に活用できることになる。

図-6に、炭素繊維ネットで補強した厚さ 2mm のモルタル供試体($V_f=3.1\%$)の引張試験結果を示す。図中の計算値は、作用応力方向に配向された繊維の効率を1とした場合の値であるが、網目の数交点間の平均ひずみとはほぼ一致している。この結果ならびに繊維との相対位置によってひずみが異なる現象より、横線の抵抗が確実な定着をもたらし、各網目毎にひびわれを分散させると考えられる。そのとき、引張ひずみ 1% に対するひびわれ幅の計算値は $0.075\text{mm}(=7.5\text{mm} \times 1\%)$ となり、これは、 1% 付近のひずみで確実に測定されていることから裏付けられる。

したがって、鉄筋の降伏強度時のひずみがただか 0.2% であることから、適切な網目間隔を有する繊維補強材を表面近傍に配置すれば、許容値以下のひびわれ幅で鉄筋強度を十分活用できると考えられる。

さらに、高張力繊維を斜引張補強に用いれば、斜めひびわれの低減や分散効果により圧縮斜材の座屈が発生しにくくなり、高強度コンクリートの適用範囲の拡大も期待できると考えられる。

最後に、炭素繊維ネットを提供していただいた新日鉄(株)建材開発技術部に謝意を表します。

参考文献

- 1) 牧角・太田・阪本; 炭素繊維ネットで補強した薄肉部材の曲げ特性. 第42回セメント技術大会, 1988, 5
- 2) 岡村甫・前田詔一; 鉄筋コンクリート工学. 市ヶ谷出版社, 1987.

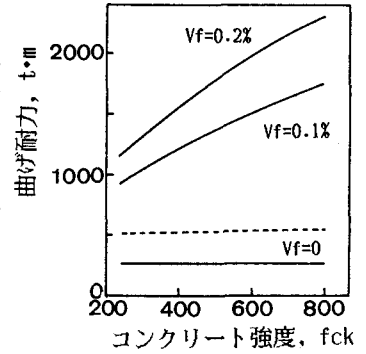


図-3

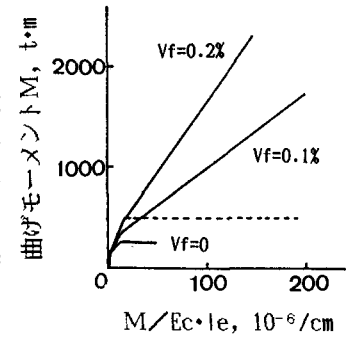


図-4

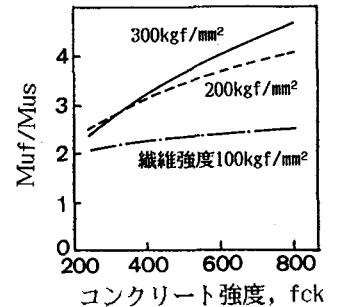


図-5

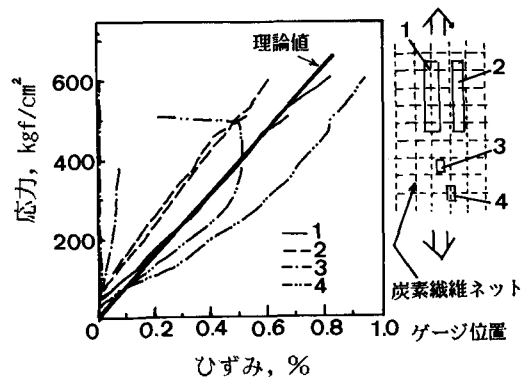


図-6