

鉄筋の両引き付着試験方法による鋼繊維補強コンクリートのひびわれ拘束性能の評価について

Evaluation of Crack Arrest Ability of Fiber Reinforced Concrete by Direct Tensile Specimen with Reinforcing Bar

趙 力 采*・小 林 一 輔*

Ryokche CHO and Kazusuke KOBAYASHI

1. は し が き

鋼繊維補強コンクリートは引張または曲げ載荷された場合、従来のコンクリートに比べて、初期ひびわれ強度が増大するのみでなく、ひびわれ後も繊維のマトリックスからの引抜け抵抗により靱性やひびわれ拘束性能が著しく改善された新しい靱性材料である。このような特性は鋼繊維補強コンクリートを鉄筋コンクリート構造部材と併用した場合、ひびわれ荷重や剛性が大きい部材の製造を可能にするものである。

著者らは鋼繊維補強コンクリートのひびわれ拘束性能およびこれに及ぼす繊維の形状特性や繊維混入率等の影響を的確かつ簡便に評価する方法を検討しているが、本文では異形鉄筋の付着試験方法の一つである両引き試験方法の適用によりひびわれ拘束性能の評価を試みた結果について報告する。

2. 実 験 方 法

コンクリートの配合は水セメント比(W/C=0.50)及び細骨材率(s/a=0.60)を一定とし、粗骨材は最大寸法が10mmの砕石を用いた。鋼繊維補強コンクリートは上記のコンクリート中に断面が一定(0.5×0.5mm)で長さが21, 30, 40mmのせん断ファイバーを、それぞれ容積百分率で1%混入したものであるが、長さが30mmの繊維を用いた場合には2%混入したものも製造した。供試体は角柱体(10×10×60cm)の図心に長さ120cmの鉄筋(角柱体両端面より30cmずつ突出しとなる)を埋込んだものである。鉄筋は公称直径が19mmの横フシ型異形鉄筋(SD 35)を使用した。両引き試験は、鉄筋の両端部に引張力を与えて行ない、コンクリート部分に生じたひびわれの幅と本数を測定した。

3. 実験結果と考察

図1はプレーンコンクリートおよび直径が一定(換算

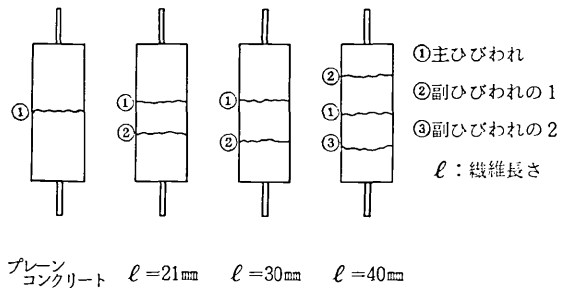


図1 両引き試験により発生した鋼繊維補強コンクリートのひびわれ

直径、 $d=0.56\text{mm}$)で長さの異なるせん断ファイバーをそれぞれ1%混入したものに8.4 ton(降伏点の80%)まで引張力を与えた場合のひびわれ本数を示したものである。図に示したように、プレーンコンクリートの場合、主ひびわれ^{注1)}のみが拡大するのに対して、鋼繊維補強コンクリートは主ひびわれ発生後も引張荷重の増加に伴わない副ひびわれ^{注2)}が生じ、繊維の長さが40mmを用いたものでは2本の副ひびわれが生じていることがわかる。このことは鋼繊維補強コンクリートがプレーンコンクリートに比し、ひびわれ分散性能が高いことを示唆するものである。一方、図2は上記のコンクリートにおける主ひびわれ幅と引張荷重との関係を示したものである。この図より明らかなことは、1) ひびわれ発生時の引張荷重において、プレーンコンクリートでは0.4mm程度まで直ちにひびわれ幅が拡大するが、鋼繊維補強コンクリートでは上記のひびわれ幅の50%以下である。2) その後は引張荷重が増加するにつれて、いずれの場合もひびわれ幅が増大するが、繊維の長さが長いものほど所定幅のひ

注1) コンクリート部分に生じる1本目のひびわれ。

注2) 主ひびわれ後に異なった位置に生じるひびわれで、ある荷重段階までは主ひびわれ幅より小さい。

* 東京大学生産技術研究所 第5部

研究速報

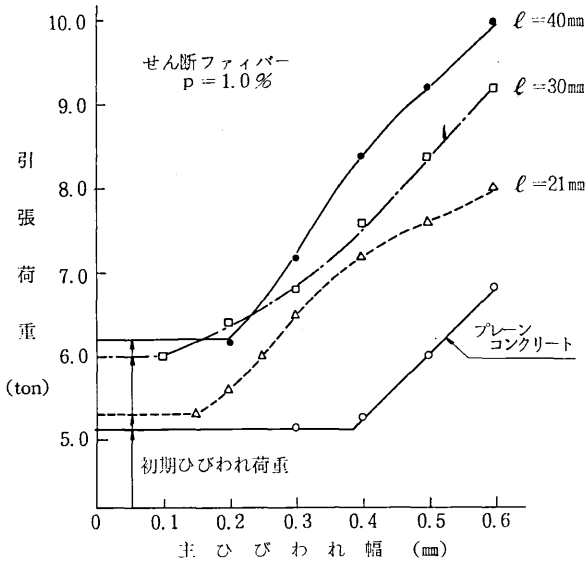


図2 引張荷重と主ひびわれ幅との関係に及ぼす繊維長さの影響

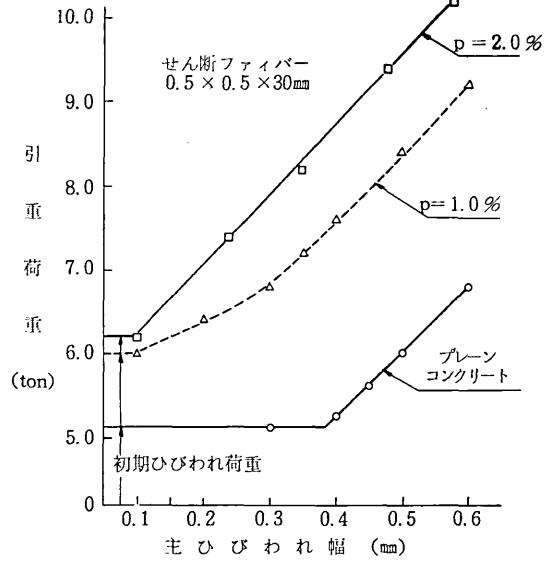


図4 引張荷重と主ひびわれ幅との関係に及ぼす繊維混入率の影響

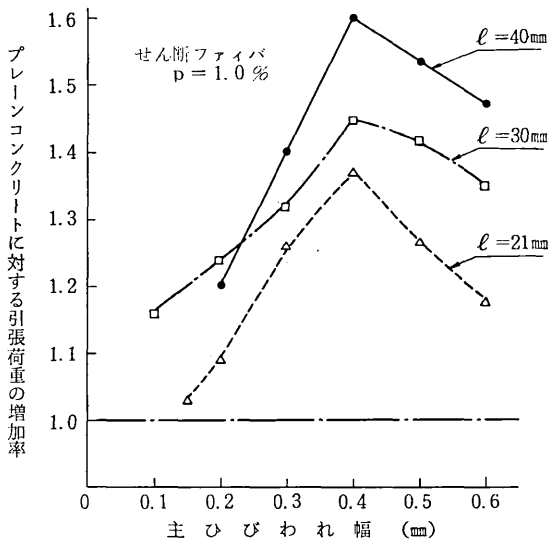


図3 プレーンコンクリートに対する引張荷重の増加率と主ひびわれ幅との関係に及ぼす繊維長さの影響

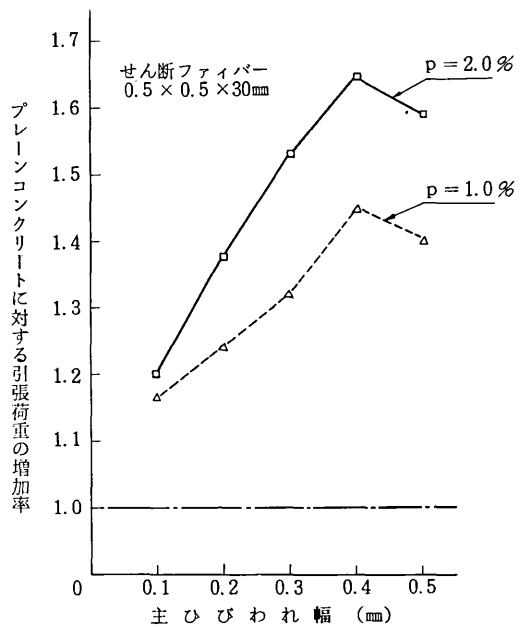


図5 プレーンコンクリートに対する引張荷重の増加率と主ひびわれ幅との関係に及ぼす繊維混入率の影響

ひびわれを生じたときの引張荷重が高くなることなどがわかる。図3は図1に基づき、鋼繊維補強コンクリートにそれぞれ所定幅のひびわれを生じたときの引張荷重の、プレーンコンクリートに対する増加率を示したものである。この図より、1) 主ひびわれ幅が0.4mm程度まではひびわれ幅の増加とともに引張荷重の増加率が直線的に大きくなるが、ひびわれ幅がそれ以上になると補強効果が低下すること、2) 用いる鋼繊維の直径が等しい場合、その長さが長いものほど補強効果、すなわ

ちひびわれ拘束性能が大きく、繊維の長さが40mmのものはひびわれ幅が0.4mm時においてプレーンコンクリートに比し、60%程度引張荷重が増加していること、3) 主ひびわれ発生時の引張荷重は繊維の長さとともに若干の増加を示していることなどが明らかである。一方、図4は0.5×0.5×30mmのせん断ファイバーをそれぞれ1%

および2%混入した鋼繊維補強コンクリートの引張荷重と主ひびわれ幅との関係を示したものであり、図5は図4に基づき、それぞれ所定のひびわれを生じた時の鋼繊維補強コンクリートにおける引張荷重のプレーンコンクリートに対する増加率を示したものである。これらの図より繊維が1%程度混入した場合でもひびわれ拘束性能が著しく改善されることがわかる。

図6は繊維混入率が一定(1%)で長さのみが異なる鋼繊維を用いた供試体の引張試験結果に基づき、各引張荷重段階の主ひびわれ幅、副ひびわれ幅とそれらの総和(派生した微細なひびわれを含まない)ならびにプレーンコンクリートの主ひびわれ幅に対する比率(棒グラフ内数字)を示したものである。これらのグラフより、1)プレーンコンクリートに対する鋼繊維補強コンクリートの主ひびわれ幅の比率はいずれの繊維を用いた場合でも引張荷重が高くなるほど大きくなる、2)鋼繊維補強コンクリートを用いた場合のひびわれ幅の総和も同様に大きくなり、鉄筋の降伏荷重の約80%(8.4 ton)程度ではプレーンコンクリートにおける場合とほぼ等しくなる、3)鋼繊維補強コンクリートにおける副ひびわれ幅

は引張荷重が高くなるにつれて主ひびわれ幅に近くなり、その値が8.4 tonの場合にみられるように繊維が長くなるほど上記の傾向が顕著になることなどが明らかである。これらの結果は、鋼繊維補強コンクリートのひびわれ拘束性能が主ひびわれ(初期ひびわれ)発生時において最も大きく、その後は副ひびわれの発生のいかに拘らず徐々に低下することを示すものである。一方、図7は角柱体(10×10×40cm)の長さ方向の中央部の相対する面に切欠きを設けて、ひびわれの発生位置を指定して求めた鉄筋の引張荷重ひずみ曲線を示したものである。なお、ひずみ値はコンクリート中に埋込まれた異形鉄筋の長さ中央部の横フシを削除し、ワイヤストレインゲージ(ゲージ長3mm)を貼付して求めたものである。図より明らかなように、プレーンコンクリートを用いたものは曲線OABCに示されるような荷重ひずみ挙動となるのに対して、鋼繊維補強コンクリートを用いた場合の荷重ひずみ挙動(曲線O'A'B'C')はかなり異なってくる。すなわち、プレーンコンクリートの場合にはひびわれの発生により直ちにコンクリートが分担している引張力が鉄筋に移行し(AB)、その後は二分されたマトリックス間における

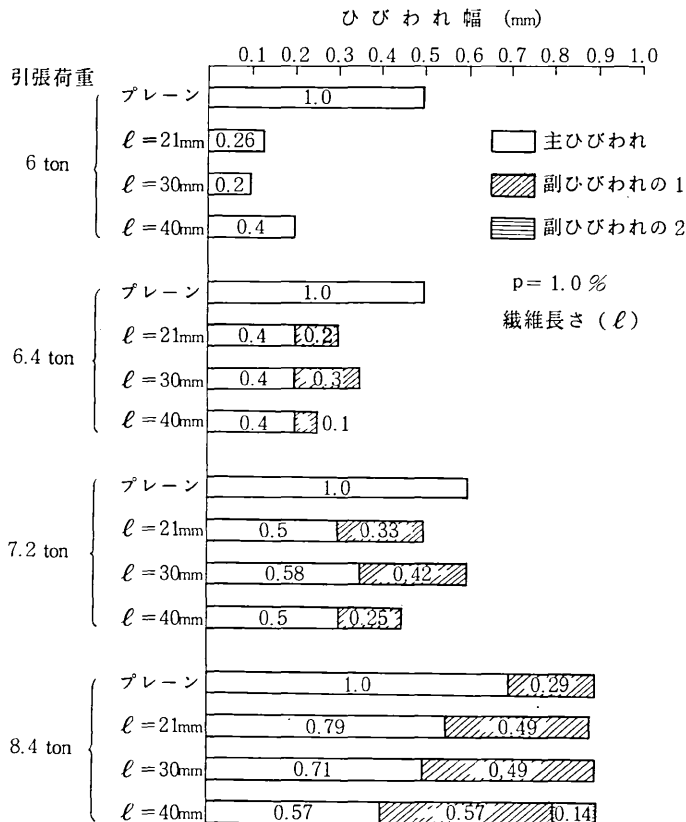


図6 各荷重段階における主ひびわれ、副ひびわれとそれらの総和との関係

研究速報

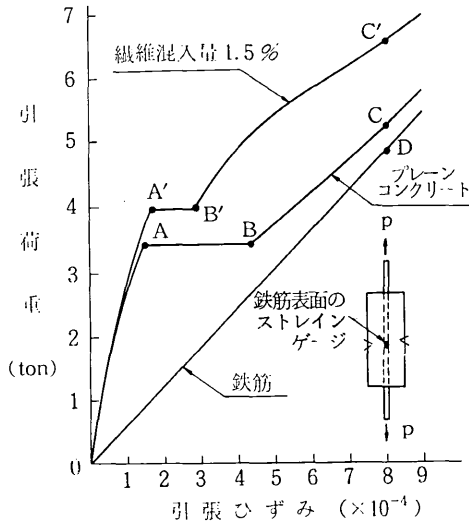


図7 引張荷重とひびわれ発生位置における鉄筋の引張ひずみとの関係

引張力の伝達がない。一方、鋼繊維補強コンクリートの場合、プレーンコンクリートに比し、ひびわれ発生時の引張荷重が増大するばかりでなく分担している引張力の鉄筋への移行の程度が小さく(A' B')、その後も鋼繊維のブリッジ効果により相当の引張力が伝達されていることが明らかである。この場合の引張荷重ひずみ曲線(O A' B' C')を鉄筋のみの曲線(OD)と対比した場合、それぞれ同一ひずみ値に対応する引張荷重値間の差がコンクリートマトリックスの分担する引張力である。この値、すなわち鋼繊維補強コンクリートのひびわれ拘束性能が初期ひびわれ時において最も大きくその後は低下することがわかる。一方、図8は0.24×0.24×14mmのせん断ファイバーを用いた鋼繊維補強コンクリート曲げ供試体の引張縁におけるひびわれ幅と曲げ荷重との関係を繊維量ごとに示したものである。図より明らかなように

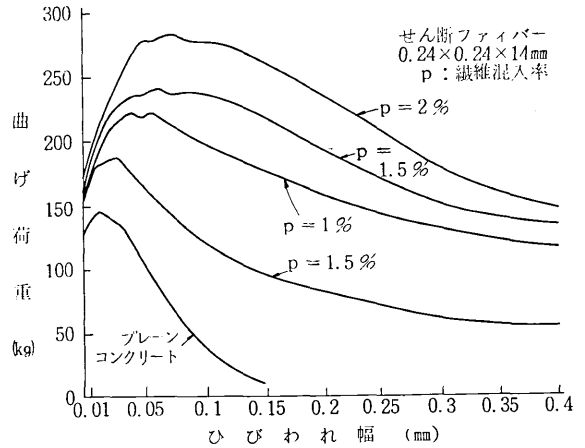


図8 曲げ荷重と引張縁におけるひびわれ幅との関係

鋼繊維補強コンクリートはひびわれ発生後、繊維のブリッジ効果によってその幅が0.4 mm程度に達してもかなりの曲げ耐力を有していることがわかる。曲げ載荷された場合と鉄筋を介しての両引き試験によるひびわれの発生ならびにその拡大のパターンは厳密には異なると考えられるが、図3および図5に示した、主ひびわれ幅が0.4 mm程度(すでに副ひびわれが発生している)まで引張荷重の増加率がほぼ直線的に増大するという事実は主ひびわれと副ひびわれにおける鋼繊維のブリッジ効果を加算的に考えれば十分に説明できるものである。

以上、両引き試験は鋼繊維補強コンクリートを鉄筋コンクリートと併用した場合の引張縁近傍のひびわれ拘束性能あるいは分散性能等の評価に適用できるが、材料特性としての鋼繊維補強コンクリートのひびわれ拘束性能を正確に評価することはできないと考えられる。なお本実験には日本大学大学院生の森谷勇二君もこれを担当したことを付記する。(1977年7月6日受理)

正誤表(8月号)

頁	段	行	種別	正	誤
428	左	↑1	本文	アイソマーシフト	マイソマーシフト