

鋼繊維補強コンクリートの引張強度試験方法(I)

一両引き試験方法について

Testing Method for Tensile Strength of Steel Fiber Reinforced Concrete (I)

—Tension test of axially reinforced specimen—

趙力采*・小林一輔*・西村次男
Ryokche CHO, Kazusuke KOBAYASHI and Tsugio NISHIMURA

1. は し が き

コンクリートの引張強度試験方法には直接引張試験方法と圧裂試験方法とがあるが、一般にはその簡便さから圧裂試験方法が用いられている。しかし、鋼繊維補強コンクリートの場合、ひびわれの発生後もマトリックスからの鋼繊維の引抜き抵抗により耐荷力を有するので、圧裂試験によりその引張荷重変形特性を正確に評価することが困難であると思われる。本研究は著者らが前報^{1),2)}において、鋼繊維補強コンクリートのひびわれ拘束性能の試験方法として提案した両引き試験方法が鋼繊維補強コンクリートの引張強度試験方法として適用できることを示したものである。

本報では現行の引張強度試験方法の問題点を簡単に整理するとともに、両引き試験方法によるコンクリートの引張強度の求め方ならびに引張荷重変形特性の妥当性を示す。

2. 現行のコンクリートの引張強度試験方法の問題点

2.1 圧裂試験

一般の圧裂試験 (JIS A 1103 - 64) は円柱形供試体の直径方向に線接触させた上下の載荷板により圧縮載荷する方法である。一般に直接引張試験では供試体の一定区間内の最弱断面で破壊するのに対して、この試験では、破断面が指定されることならびに加圧部のコンクリートの局所的な圧縮などに起因して、直接引張試験による場合より強度の値は高くなることが多い。一方、鋼繊維補強コンクリート供試体の場合はさらに、初期ひびわれ後の鋼繊維のブリッジ作用により左右の半円柱形部分が二分されないことによる圧縮力の影響も考えられ、脆性材料の引張強度試験方法である圧裂試験では繊維で強化されたコンクリートの正確な引張強度は求め得ないと思われる。

2.2 直接引張試験

直接引張試験方法としては、1) フリクショングリップを用いて載荷する方法、2) 円柱形供試体の両端面に治具を接着して載荷する方法など種々な方法が試みられており、鋼繊維補強コンクリートの引張強度ならびに変

形持性が測定できるという点では圧裂試験の場合より優れている。しかしながら、いずれの方法も特殊な供試体形状及び載荷治具を必要とする点ならびに偏心載荷の影響を取除くことが非常に難しいことなどからその実用性が乏しいと思われる。

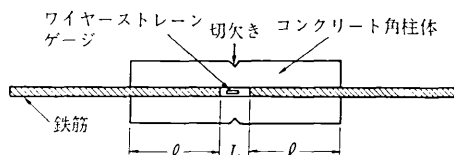
3. 両引き試験による鋼繊維補強コンクリートの引張強度試験方法

3.1 両引き試験用供試体

この試験は図1に示すように両引き方法による鉄筋の付着試験に用いられるものと同様な試験体を用いるものである。この供試体が一般の両引き試験用供試体と異なる点は、コンクリート部分に単軸引張応力状態をつくり出すために試験体の中央部の一定区間は鋼棒とコンクリートとの付着を除いている点とその区間の鋼棒およびコンクリート表面にワイヤーストレングージを貼付して、引張荷重ひずみ曲線を求める点である。

3.2 引張強度と引張応力ひずみ曲線の求め方

図2(a)は両引き試験によって得られるプレーン及び鋼繊維補強コンクリートの引張荷重と供試体切欠き部の位置における鉄筋のひずみとの関係を示し、図2(b)は同様に引張荷重とコンクリート表面のひずみとの関係を示したものである。この場合、コンクリートの引張強度は図2(a)において、プレーンコンクリートの引張荷重ひずみ曲線 OABC (または鋼繊維補強コンクリートの曲線OA'B'C') と鉄筋のみの引張荷重ひずみ曲線 OC とを用いて求めることが可能である。すなわち、この2曲線間の縦距離がコンクリートの分担力を示すのであって、ひびわれが発生した点 A (または A' 点) における引張荷重 (P_A) から A 点 (または A' 点) のひずみ値と同一ひ



L: 鉄筋とコンクリートの付着を除く区間
l: 鉄筋とコンクリートの定着区間

図1 両引き試験に用いた供試体

* 東京大学生産技術研究所 第5部

研究速報

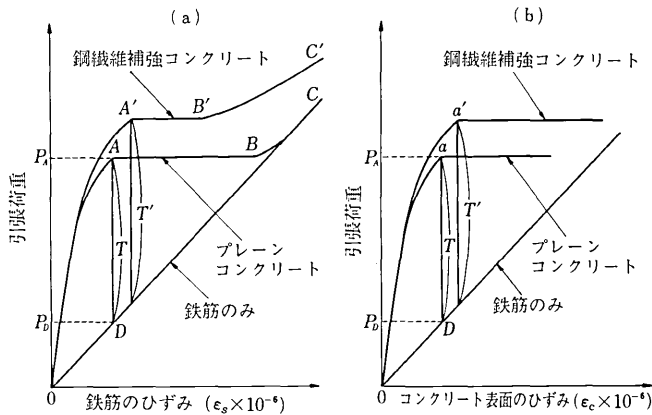


図2 鋼繊維補強コンクリートの引張強度の求め方

ずみ時の鉄筋のみの引張力 (P_b) を差引いたものがコンクリートが分担している最大引張力 T (または T') となる。したがって、コンクリートの引張強度 (σ_t) は(1)式により容易に求めることができる。

$$\sigma_t = \frac{\text{コンクリートの分担力}}{\text{コンクリートの断面積}} = \frac{T \text{ (又は } T')}{S} \dots (1)$$

一方、プレーンコンクリート (または鋼繊維補強コンクリート) の引張応力ひずみ曲線は以上のように各ひずみ時の引張応力度を求めて描ける。この関係は図2(b)における引張荷重とコンクリート表面のひずみとの関係と鉄筋のみの引張荷重ひずみ曲線を用いても同様に求められることになる。以上のような両引き試験の適用性について実験的に検討した結果を以下に示す。

4. 両引き試験の適用性の検討

4.1 両引き試験によるコンクリートの応力ひずみ曲線

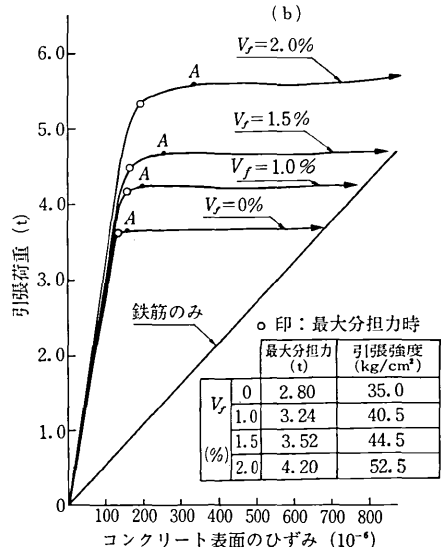
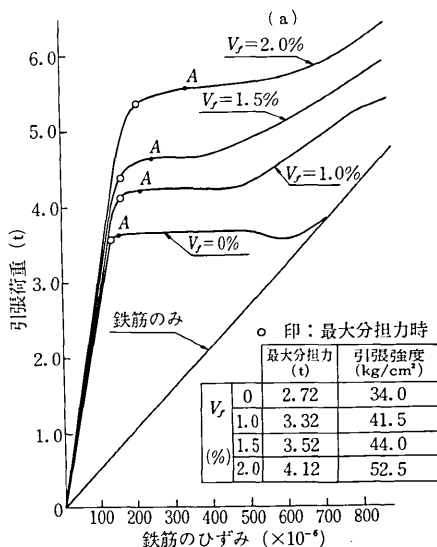


図3 引張荷重と鉄筋のひずみおよびコンクリート表面のひずみとの関係ならびに最大分担力

図3(a)と(b)はそれぞれ水セメント比(50%)と粗骨材最大寸法(10mm)が一定のコンクリート中に0.5×0.5×30mmのせん断ファイバーを0%~2%まで変化させて混入したプレーンおよび鋼繊維補強コンクリートの引張荷重と鉄筋のひずみならびにコンクリート表面のひずみを示したものであって、丸印はそれぞれ最大分担力となる時点を示している。これらの図より明らかなことは、(1)可視ひびわれ発生点(それぞれの曲線のA点)までは引張荷重と鉄筋およびコンクリート表面のひずみとの関係がほぼ一致し、コンクリート部分の最大分担力もほぼ一致する、(2)各曲線のA点以降は鉄筋のひずみに比しコンクリート表面のひずみの増大が著しいことなどである。(1)の結果は少なくともこの試験方法を用いれば、鋼繊維補強コンクリートの引張応力ひずみ曲線のA点のひずみ値までの下降部(falling branch)を

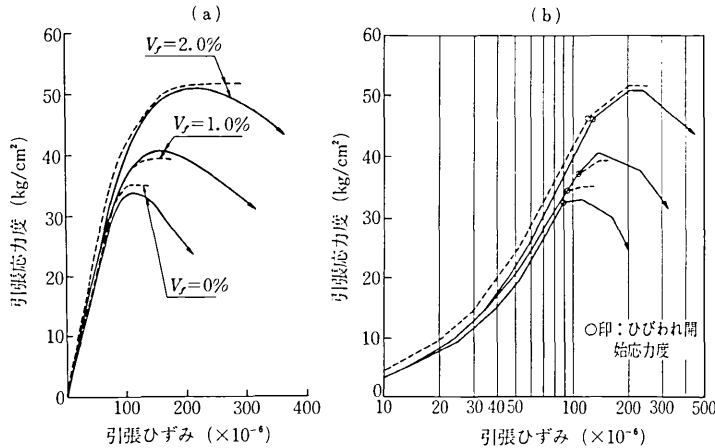


図4 図3より求めた鋼繊維補強コンクリートの引張応力ひずみ曲線とひびわれ開始応力度

求め得ることを示唆するものである。また、(2)の傾向は本試験に特有のものであって、コンクリートのひびわれによるひずみ値に付着を切った部分の変形回復によるひずみ値が加算されることによるものと考えられ、図3(b)における繊維混入率が2%の場合では鋼繊維のブリッジ作用によりその差が小さくなっていることがわかる。図4(a)における実線は図3(a)に基づいて(1)式より求めたプレーンコンクリートおよび繊維混入率が1%と2%の鋼繊維補強コンクリートの引張応力ひずみ曲線を示したものである。なお破線は同一条件のコンクリートの直接引張試験により求めた引張応力ひずみ曲線であるが最大強度以降の挙動は急激なひずみの増大のために正確には求められていない。この図より明らかなように、両引き試験と

直接引張試験による引張応力ひずみ曲線は最大強度まではほぼ一致すると見なしてさしつかえなく、前者はその後の下降部分 (falling branch) の傾向を捉えていることがわかる。一方、図4(b)は図4(a)の応力ひずみ曲線を片対数グラフの対数軸にひずみ値をプロットした場合の関係を示したものであって、直接引張試験における場合と同様に明確な折点、すなわちひびわれ開始応力度が求められることがわかる。

以上の結果は引張強度試験方法としての両引き試験の優れた適用性の一つを示すものとする。

4.2 鉄筋の付着を除く区間長と定着長ならびに切欠きの影響

図5(a)と(b)はそれぞれコンクリート角柱体長さを40

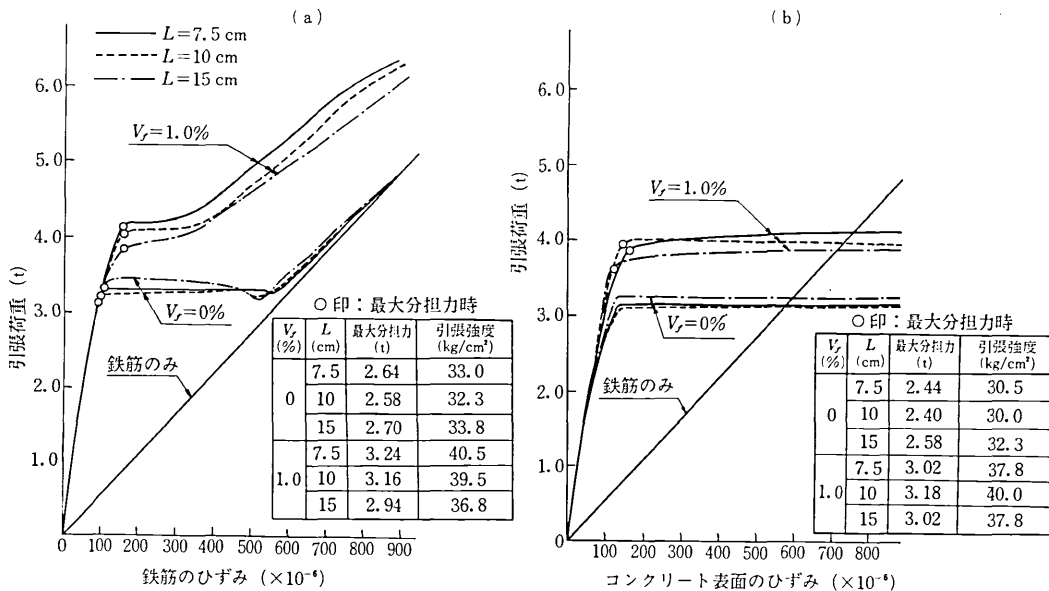


図5 鉄筋とコンクリートとの付着を除く区間長が両引き試験結果に及ぼす影響

研究速報

cm一定とした場合の鉄筋のコンクリートとの付着を除く区間長 ($L = 7.5, 10$ 及び 15 cm) が引張荷重と切欠き部の鉄筋のひずみとの関係ならびに引張荷重とコンクリート表面のひずみとの関係に及ぼす影響を示したものである。なお、鋼繊維補強コンクリートの繊維混入率は一定 (1.0%) としたものであって、図中の表はそれぞれの区間長のときのコンクリートの最大分担力と引張強度を示している。これらの図より明らかなことは、図5(a)より求めた引張強度は区間長によって大差なく、しかも図5(b)より求めた引張強度とはほぼ一致することである。このことは鋼棒のコンクリートとの定着部をネジ切り断面とした場合、付着を除く区間長はかなりの範囲で変化

かしながら、図6(a)と(b)から求めた引張強度は全く一致し、図7に示すように、図6(b)に基づいて求めたプレーンおよび鋼繊維補強コンクリートの引張応力ひずみ曲線は図4(a)における引張応力ひずみ曲線とはほぼ同様であることがわかる。以上の結果は、異なった鉄筋を使用しても、引張荷重とコンクリート表面のひずみとの関係を求めれば、コンクリートの引張強度と引張応力ひずみ曲線を求め得ることを示すものである。さらに、コンクリートの鉄筋との定着長が長く複数のひびわれが発生する場合ならびにコンクリート角柱体中央部の切欠きを設けない場合の検討も行い、いずれの場合もコンクリートの引張強度と変形特性を大差なく求め得ることを確認した。

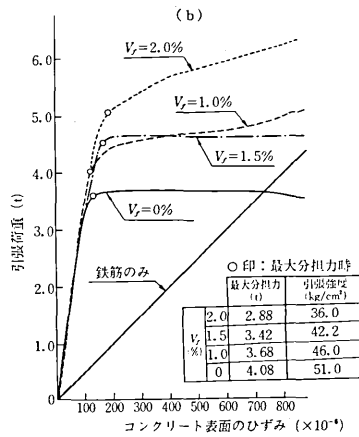
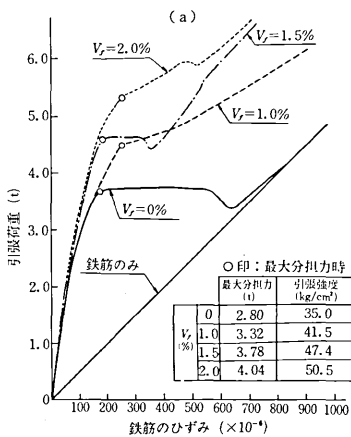


図6 異形鉄筋を用いた場合の両引き試験結果

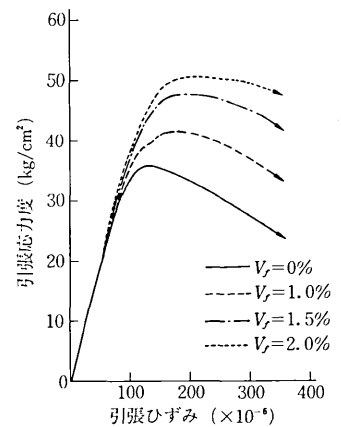


図7 図6(b)より求めた鋼繊維補強コンクリートの引張応力ひずみ曲線

しても、コンクリートの引張強度と引張応力ひずみ挙動を求めるのに対してはほとんど影響を及ぼさないことを示している。一方、図6(a)と(b)は上記のネジ断面の機能を異形鉄筋のフシに持たせた場合の引張荷重と鉄筋のひずみとの関係および引張荷重とコンクリート表面のひずみとの関係を示したものである。なお、この場合は鉄筋として直径19mmの横フシ型異形鉄筋を用い、コンクリート角柱体長さは40cmおよび付着を除く区間長は5cm一定とした。これらの図より明らかなように、引張荷重と鉄筋のひずみとの関係は引張荷重とコンクリート表面のひずみとの関係と全く一致せず、前者の関係をj

5. むすび

以上の結果は両引き試験が鋼繊維補強コンクリートの実用的な引張強度試験方法であることを示すのみでなくプレーンコンクリートにも適用できることを示すものと考える。なお、次号では圧裂引張強度、直接引張強度と両引き方法による引張強度との相互関係について示す予定である。

参考文献

- 1) 趙 力采, 森谷勇二, 小林一輔, 鋼繊維補強コンクリートのひびわれ拘束性能の試験方法, 生産研究, Vol.30 No. 4, (1978. 4)
- 2) 趙 力采, 小林一輔, 鋼繊維補強コンクリートのひびわれ拘束性能, 生産研究, Vol. 30, No. 5, (1978. 5)
- 3) 小林一輔, 趙 力采, 単軸引張を受ける鋼繊維補強コンクリートの強度と変形, 土木学会論文報告集, No. 258 (1977. 1)