

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

Method of Test for Crack Arrest Ability of Steel Fiber Reinforced Concrete

趙 力采*・森谷 勇二**・小林 一輔*

Ryokche CHO, Yuzi MORIYA and Kazusuke KOBAYASHI

1. は し が き

鋼繊維補強コンクリートは従来のコンクリートに比べて、ひびわれに対する抵抗性が格段にすぐれている点がある。その特徴の一つであるが、これを定量的に評価する方法はまだ確立されていない。本文は鋼繊維補強コンクリートのひびわれ拘束性能の概念を明確にするともに、両引き方法による鉄筋の付着試験を応用したひびわれ拘束性能の実用的な試験方法を提案したものである。

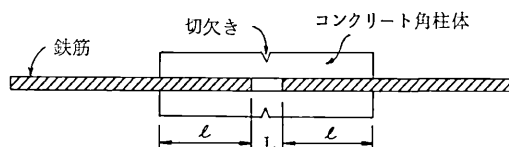
2. 鋼繊維補強コンクリートのひびわれ拘束性能と評価方法

鋼繊維補強コンクリートのひびわれ拘束性能すなわち、ひびわれに対する抵抗性はひびわれ発生に対する抵抗度とひびわれの拡大に対する抵抗度の両方から評価する必要がある。このような特性の試験方法としては、直接引張試験や曲げ試験の適用が考えられる。しかし、直接引張試験の適用は特殊な形状寸法の供試体や剛性試験機などの特殊な装置を要するのみでなく、偏心载荷の影響を除いた状態で試験することが非常にむずかしい。また、曲げ試験は载荷にともなう断面内の応力状態が複雑で、しかも破壊過程も特殊であるので、このような目的に対して適切な方法とは言いがたい。

3. ひびわれ拘束性能の試験方法について

著者らはランダム配向状態の鋼繊維によるコンクリートのひびわれ発生とその拡大に対する抵抗度を精度よく評価するための必要条件として次の点を考慮した。

すなわち、一定に近い歪速度で载荷できることと単軸引張応力状態の下でのひびわれの発生と拡大に対する抵抗度が簡便に測定できるという2点である。これらの条件を満足する方法として、著者らは両引き方法による鉄筋の付着試験を応用した試験方法を考案した。この方法は図1に示すような試験体を用いるものであるが、一般の両引き試験用供試体と異なる点は、1)鋼繊維補強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、



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

図1 両引き試験供試体

試験体の中央部の一定区間は鋼材とコンクリートとの付着を除いている点と、2)ひびわれの発生位置を予め決めておき、ひびわれ幅の測定を容易にするために中央部一カ所だけ切欠きを設けている点の2点である。両引き試験の場合、その目的は鉄筋の付着性能を調べることであるのに対し、本方法ではコンクリートのひびわれ拘束性能を調べることを目的とし、この場合鉄筋はただ単にコンクリートに単軸引張応力状態を生じせしめる手段として用いられることになる。

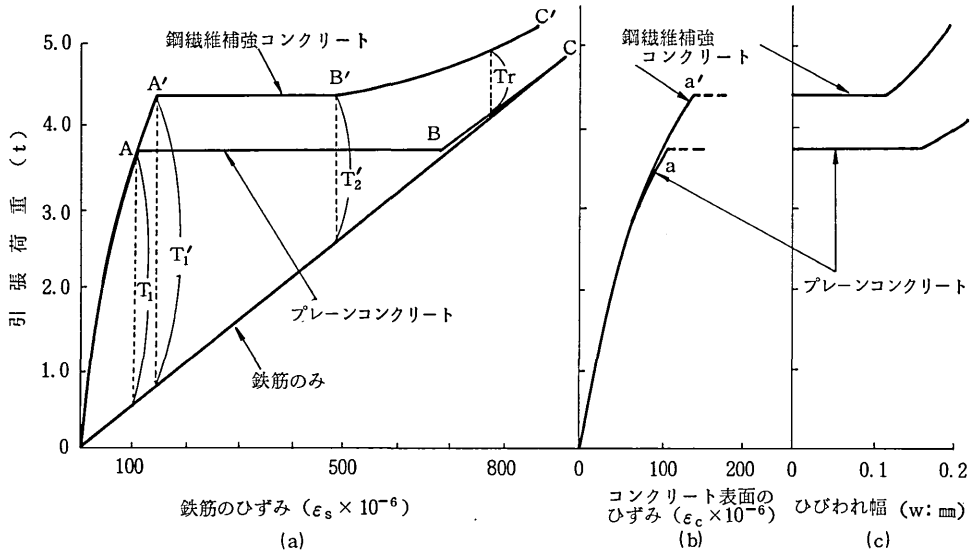
4. 両引き方法による試験の意義と適用性

図2(a),(b)及び(c)は鋼繊維補強コンクリート及びプレーンコンクリートについて上記の両引き試験を実施した結果得られたもので、それぞれ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(ϵ_s)、コンクリート表面のひずみ(ϵ_c)及びひびわれ幅(w)との関係を示したものである。図2(a)から明らかなようにプレーンコンクリートの場合には引張荷重-ひずみ曲線(OABC)に示されるように、ひびわれ発生(A)とともにコンクリートが分担している引張力(T_1)が鉄筋に移行し、その後の引張荷重-ひずみ挙動(BC)は鉄筋のみの引張荷重-ひずみ曲線とはほぼ一致する。これに対して、鋼繊維補強コンクリートの場合(OA'B'C')にはプレーンコンクリートに比べて、ひびわれ荷重が増大するのみならず、その時点での分担している引張力(T_1')の鉄筋への移行分($T_1' - T_2'$)が比較的小さく、その後も鋼繊維のブリッジ作用によって引張力を分担していることがわかる。また、図2(b)は図2(a)との対比より明らかなように、引張荷重とコンクリート表面のひずみならびに鉄筋のひず

* 東京大学生産技術研究所 第5部

** 日本セメント株式会社

研究速報



供試体:	鉄筋:
付着を除いた区間長 5 cm	φ 19×1000 mm
切欠き深さ 1 cm	付着を除く区間以外 W 3/4"
角柱体長さ 40 cm	ネジ切り断面
角柱体断面 10×10 cm	

図2 両引き方法による引張荷重と鉄筋のひずみ、供試体表面のひずみ及びひびわれ幅との関係

みとの関係は、引張荷重がひびわれ荷重に達するまでは全く一致し、鋼繊維補強コンクリートの切欠き部分が単軸引張応力状態となっていることを示している。このことは、図2(a)のA点またはA'点に相当するひびわれ荷重の値、ならびにその点に至るまでの荷重-ひずみ曲線(OAまたはOA')を図2(b)におけるa点またはa'点ならびにOaまたはOa'として求め得ることを意味する。一方、図2(c)は引張荷重とひびわれ幅との関係を示したものであって、図2(c)により図2(a)における T_r の大きさに関係した値を求めることが可能であることがわかる。以上の結果はこの両引き方法が本文中で定義づけたような鋼繊維補強コンクリートのひびわれ拘束性能を評価するための試験方法として適用できることを明らかにしたものと考える。

5. 両引き方法による試験用供試体の形状寸法の検討

5・1 概要

試験方法の検討にさいしての供試体の断面は 10×10 cm を標準とした。この寸法は、市販の鋼繊維を用いて三次元ランダムに近い配向状態を確保するためには、鉄筋のかぶりを少なくとも 30 mm にとる必要のあることから定まったものである。一方、鉄筋は直径が 19 mm の機械構造用棒鋼 (S 53 C) をコンクリートとの付着を絶つ

部分を除き W 3/4" (谷径: 15.8 mm, 有効径: 17.4 mm) のネジ切り断面としたものを用いた。これは、コンクリート断面のみのひびわれ荷重に比して、鉄筋の降伏荷重が高く (約 2 倍以上)、また鋼繊維の配向に影響を及ぼすかぶり厚さを大きくとれることによるものである。この場合、供試体における鉄筋のコンクリートとの付着を除く区間長と鉄筋の定着長やコンクリート角柱体の長さならびにコンクリート断面の切欠きの深さ等を検討する必要がある。

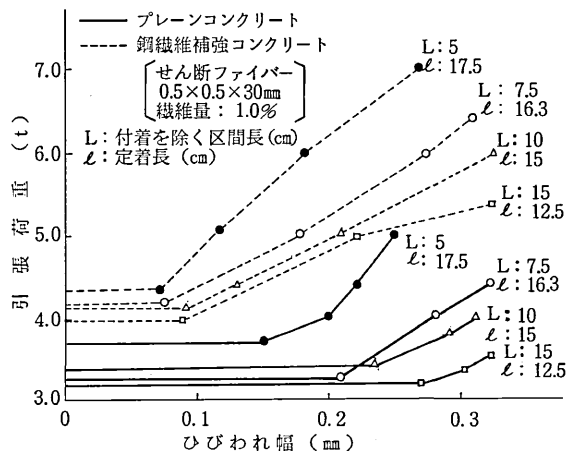


図3 鉄筋とコンクリートとの付着を除く区間長が引張荷重とひびわれ幅との関係に及ぼす影響

5・2 鉄筋の付着を除く区間長と定着長の検討

図3はコンクリート角柱体の長さを40cm一定とした場合の鉄筋とコンクリートとの付着を除く区間長(5, 7.5, 10及び15cm)が引張荷重とひびわれ幅との関係に及ぼす影響を示したものである。この図より明らかなように、付着を除いた区間長の影響は鋼繊維補強コンクリート、プレーンコンクリートそれぞれにおいて、ほぼ同様な傾向を示している。一般に、ひびわれ荷重時に生ずる急激なひびわれの拡大が少ない方がひびわれに対する抵抗度に関する諸量の測定には好都合であるので、本研究における断面(10×10cm)においては付着を除く区間長を5cmとした。一方、本両引き方法においては切欠き部のコンクリートに生ずる単軸引張応力状態が付着を除いた区間以外の鉄筋とコンクリートとの定着力によってもたらされるので、十分な定着長を有しなければならない。一般に、異形鉄筋とコンクリートの付着は、割り裂き作用で生じる縦ひびわれの発生と同時にその付着効果が失われることになる。従って本方法の場合ひびわれの拡大に対する抵抗度は、もしその測定範囲の荷重以内で縦ひびわれが発生した場合には正確な評価が不可能となる。定着長さがそれぞれ12.5, 15, 16.3及び17.5cmの図3の供試体における縦ひびわれ発生荷重は6.0~7.5tであって、ひびわれ幅が0.2mm程度の抵抗度を評価するにはいずれも十分な定着長であった。

5・3 コンクリート断面の切欠き深さの検討

図4はコンクリート角柱体の長さを40cm一定とした場合の中央部の切欠き深さ(5mmと10mm)が引張荷重とひびわれ幅との関係に及ぼす影響を示したものである。図から明らかなように、切欠き部深さが5mmと10mmのいずれの場合もほぼ同様な傾向を示しており、この範囲の切欠き深さの変化はひびわれ荷重時に生ずるひびわれの拡大

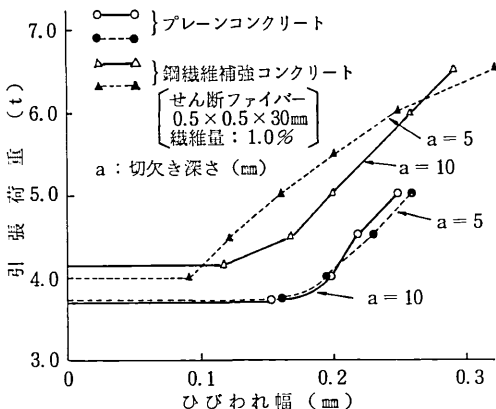


図4 切欠き深さが引張荷重とひびわれ幅との関係に及ぼす影響

の程度にあまり影響を及ぼさないことがわかる。しかも、いずれの場合もひびわれの発生位置が切欠き部に固定できることから、切欠き深さ5mmは最大寸法が15~20mmの粗骨材、切欠き深さ10mmは最大寸法が10mmの粗骨材を用いた鋼繊維補強コンクリートのひびわれ拘束性能の試験用供試体に用いることにした。

5・4 コンクリート角柱体長さの検討

図5は断面(10×10cm)と切欠き深さ(10mm)を一定とした場合のコンクリート角柱体長さ(40cmと60cm)がひびわれ発生状況に及ぼす影響を、それぞれプレーンコンクリート、繊維量が1%と1.5%の鋼繊維補強コンクリートについて示したものである。この図から明らかなように、角柱体長が40cmのものは、いずれの場合も切欠き部のひびわれのみであるのに対して、60cmの場合はいずれも複数のひびわれ(数字は発生順を示す)が生じ、

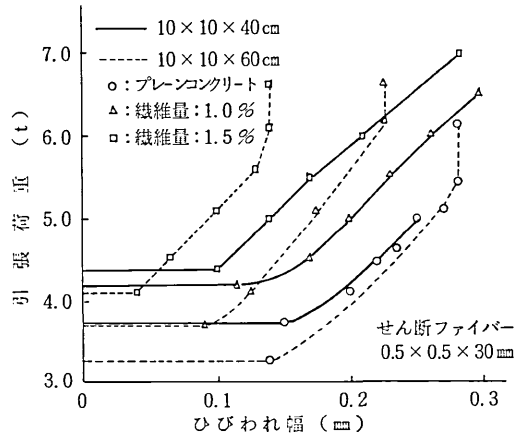


図5 コンクリート角柱体長さが引張荷重とひびわれ幅との関係に及ぼす影響

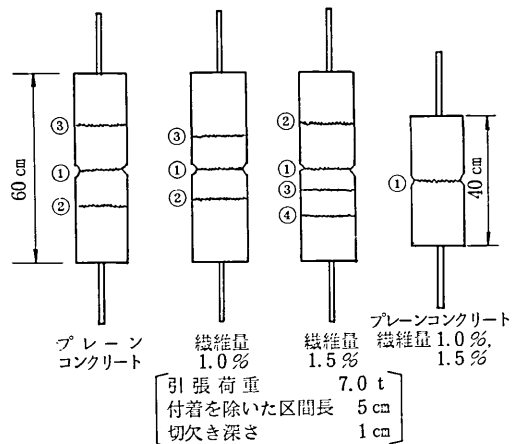


図6 コンクリート角柱体長さの変化によるひびわれの発生状況

研究速報
特に繊維量が1.5%の鋼繊維補強コンクリートは4本のひびわれを生じていることがわかる。このことは鉄筋とコンクリートとの定着長が長すぎることを示すものである。一方、図6は上記供試体における引張荷重と切欠き部のひびわれ幅との関係を示したものであるが、角柱体長さが60cmの場合、プレーンコンクリート、鋼繊維補強コンクリートのいずれにおいても、切欠き部以外のひびわれの発生に基因して、それぞれ一定の荷重からひびわれ幅が増大しなくなることがわかる。これらの結果はコ

ンクリート断面が10×10cmの場合、その最適な角柱体長さが40cm程度であることを示すものである。

著者らは以上の結果より、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、中央部に切欠きを設けたコンクリート角柱体の軸心に鋼棒(中央部はコンクリートとの付着を除き、その他の部分は例えばネジ切り断面としてコンクリートに定着させる)を埋込み、その角柱体両端部から突出した鋼棒に引張力を与える両引き方法を提案するものである。(1978年2月1日受理)

次号予告 (5月号)

研究解説

鋼繊維補強コンクリート 小林 一 輔
 -新しい省資源志向型複合材料-

研究速報

A Discrete Element Analysis of a Beam Bending Problems { 川 井 忠 彦
 including the Effects of Shear Deformation { 陳 長 鈕

Al - Ag合金の初期時効の研究 { 山 口 浩 一
 { 西 川 精 一

インフレーション成形におけるウエルド・マーク発生機構について 岡 本 智

非ニュートンの流体の直円管内流動について 岡 本 智

Studies on Interaction of CO with Zeolites by Calorimetric { 三 輪 洋 司
 Measurements 1. { 堤 和 男 浩
 - Migration of Cupric Ions under Adsorption of CO on Cu(II)-Exchanged Zeolites Y-

鋼繊維補強コンクリートのひびわれ拘束性能 { 趙 力 采
 { 小 林 一 輔

鋼繊維補強コンクリートの配合設計資料(II) { 小 林 一 輔
 { 岡 村 雄 樹

工学的基準の体系化と計算機処理(I) 堤 泰治郎
 -工学的基準の基本的構造について-

鋼繊維補強コンクリートにおける切削ファイバーの補強効果 { 中 川 威 雄
 { 小 林 一 輔
 { 内 田 貴 之

河川の低水時流量の地域的偏在とその要因 { 虫 明 功 臣
 -台地・丘陵河川の場合- { 村 上 雅 博
 { 小 池 雅 洋