

鋼繊維補強コンクリートの乾燥収縮に関する研究 (2)

— 拘束条件下における収縮性状 —

Study on Drying Shrinkage of Steel Fiber Reinforced Concrete (2)

小林 一 輔*・魚 本 健 人*・峰 松 敏 和**

Kazusuke KOBAYASHI, Taketo UOMOTO and Toshikazu MINEMATU

1. は し が き

コンクリートは引張強度が小さいため、その乾燥による収縮が何らかの形で拘束された場合ひびわれが発生しやすい。

本文は、コンクリートの乾燥収縮によるひびわれ抑制に対する鋼繊維混入の効果を明らかにするために実施した一連の研究の一部であって、前報¹⁾では、主として自由収縮の場合について検討を行ったが、本文では乾燥収縮が拘束された場合（ここでは拘束収縮と呼ぶ）についての実験結果を示した。

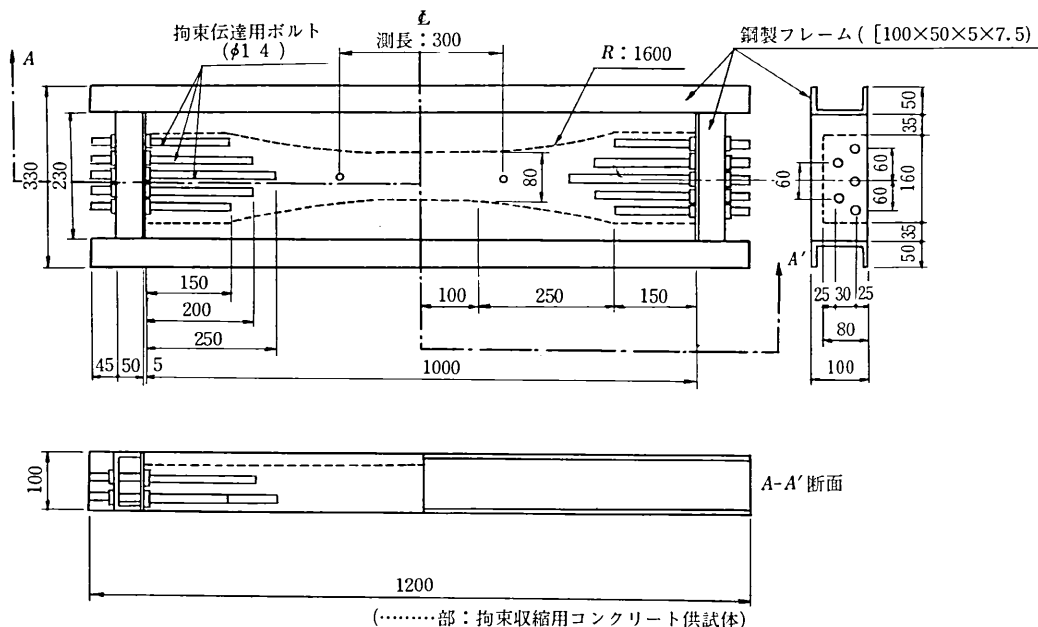
なお、前報においてコンクリートの乾燥収縮に対し、鋼繊維と膨張性混和材の併用が非常に有効であることが立証されたので、本文では、鋼繊維補強コンクリート中に膨張性混和材を添加した場合についても検討を行った。

2. 実 験 概 要

図・1に示すように端部を拘束した供試体を用いて、拘束条件下における乾燥収縮とひびわれ発生時期におよぼす鋼繊維並びに膨張材添加の効果を調べた。なお、比較検討のため自由収縮も測定した。

実験は水セメント比53%、細骨材率60%、粗骨材最大寸法10mmの基準コンクリートを用い、普通コンクリート、繊維混入率1.0%と2.0%の鋼繊維補強コンクリート、膨張材添加量26 kg/m³ (混和率：6%)と47 kg/m³ (混和率：11%)の膨張コンクリートおよび繊維混入率1.0%の鋼繊維補強コンクリート中にそれぞれ膨張材を26 kg/m³と47 kg/m³添加したコンクリートの計7種類について検討した。

拘束収縮測定用の供試体は、コンクリートの乾燥収縮



図・1 拘束収縮測定用供試体の形状寸法 (単位: mm)

* 東京大学生産技術研究所 第5部

** 日本大学大学院生産工学研究科

研究速報
 をボルト (φ14mm) を介して 100×50×5×7.5mm の溝型鋼を用いて組み立てられたフレームに伝達して拘束するものである。拘束収縮歪の測定は供試体中央部 (断面寸法 8×8cm) に設けた測長 30cm の区間でコンタクトゲージを用いて実施した。

この拘束供試体の拘束力を拘束係数 K として次式を用いて算出するとすべて 71~74% となる。

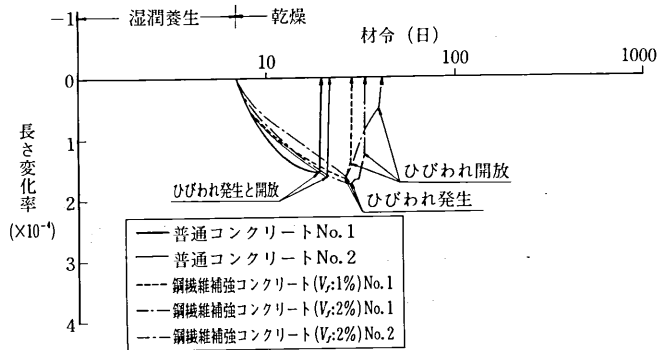
$$K = 1 / (1 + A_c E_c / A_s E_s) \quad (\text{式} \cdot 1)$$

ここで, A_c, A_s : コンクリートおよび鋼材の断面積

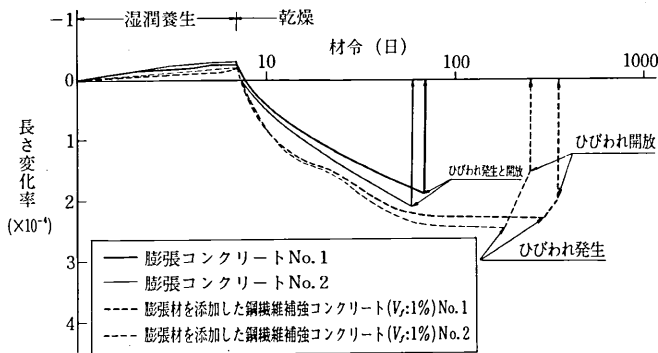
E_c, E_s : コンクリートおよび鋼材のヤング率
 また, 自由収縮測定用の供試体は, 拘束収縮測定用の供試体の中央部断面積と同一の断面積を有する 8×8×40cm のものを用い, 測長は拘束収縮の場合と同様に 30cm とした。

供試体はすべてコンクリート打設後 1 日で脱型して直ちに基長を測定し, 材令 1 週まで湿潤養生を行った後, 恒温恒湿室 (20±1°C, 50±5% R. H.) に設置した。

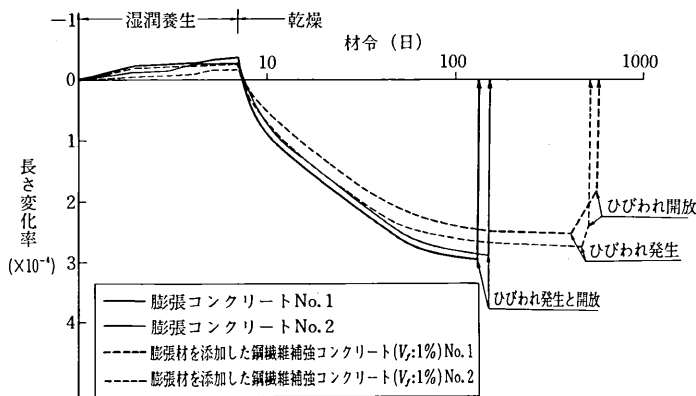
なお, 引張強度試験用供試体も同時に作製し, 拘束収



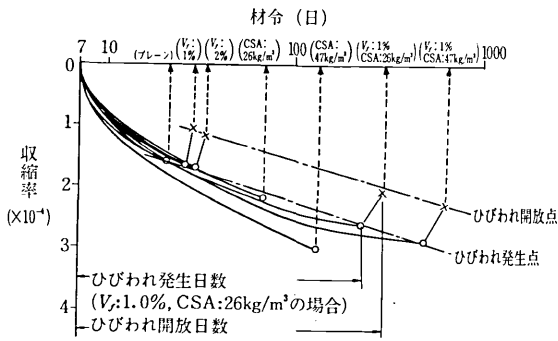
図・2・1 鋼繊維補強コンクリートの拘束収縮



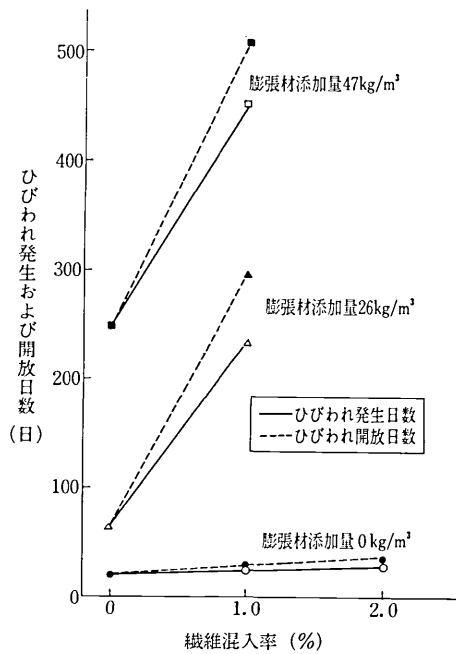
図・2・2 膨張材を添加した鋼繊維補強コンクリートの拘束収縮 (膨張材添加量: 26 kg/m³)



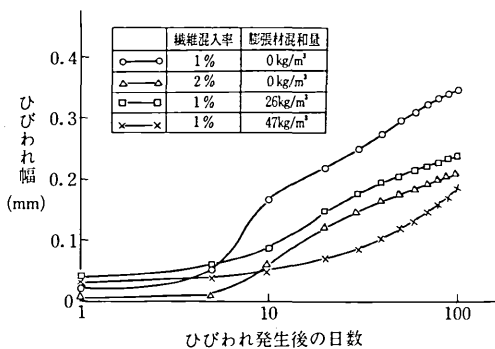
図・2・3 膨張材を添加した鋼繊維補強コンクリートの拘束収縮 (膨張材添加量: 47 kg/m³)



図・3 鋼繊維補強コンクリートの拘束収縮性状 (供試体2本の平均性状)



図・4 繊維混入率とひびわれ発生日数の関係



図・5 鋼繊維補強コンクリートのひびわれ拘束効果

縮測定用の供試体にひびわれが発生した時点における引張強度と引張ヤング率を求めた。

3. 実験結果と考察

図・2・1～図・2・3は拘束収縮の実験結果を示したものである。また、図・3および図・4は図・2の結果をまとめて表示したものであって、これらの図から、

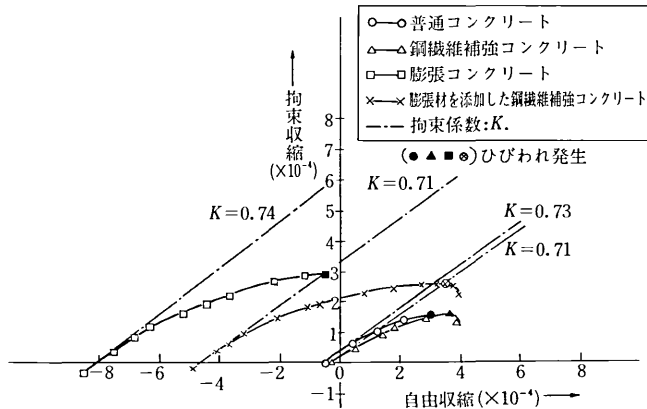
- 1) ひびわれが発生するまでの日数は鋼繊維の混入によって増大するが、その効果は膨張材と併用することによって大幅に増幅されること
 - 2) 鋼繊維を混入した場合にはひびわれが発生してから、これが開放されて無応力状態となるまでに或る期間を要し、この期間は繊維混入率と膨張材の添加量が増加するほど増大すること
 - 3) 拘束収縮の経時変化はおのこの鋼繊維、膨張材の有無にかかわらずほぼ同一曲線によって表すことができるので、ひびわれ発生時の拘束収縮率は繊維混入率と膨張材の添加量を増すほど大きくなること
- などがわかる。

一般に鋼繊維補強コンクリートでは一旦ひびわれが発生しても鋼繊維のブリッジ作用によりひびわれの拡大は除々に進行するが、今回の拘束収縮試験でもこの傾向はひびわれ発生日数とひびわれ開放日数の差として明確に認められた。(図・4参照)

また、このような鋼繊維のひびわれ拘束効果は膨張材と併用した場合に顕著であって、たとえば、図・5に示したひびわれ発生後のひびわれ幅の変化の図より、ひびわれ幅が0.2 mmまで拡大するのに要する日数は繊維混入率1.0%の鋼繊維補強コンクリートで15日であるが、これに膨張材を26 kg/m³混入すると40日となり、47 kg/m³混入すると100日となる。また繊維混入率2.0%の鋼繊維補強コンクリートでは約80日となり、繊維混入率1.0%で膨張材を40 kg/m³程度併用した場合とほぼ同程度のひびわれ拘束効果となる。

図・6は、本実験中の普通コンクリート、鋼繊維補強コンクリート(繊維混入率1.0%)、膨張コンクリート(膨張材添加量47 kg/m³)、膨張材を添加した鋼繊維補強コンクリート(繊維混入率1.0%、膨張材添加量47 kg/m³)について拘束収縮と自由収縮の関係を示したものである。また同時に式・1より求めた拘束係数も示した。

この図より、拘束収縮と自由収縮の関係は各コンクリートともほぼ同様な傾向を示し、収縮量が小さい場合は拘束係数Kとほぼ一致しているが、収縮量が大きくなるに従って拘束係数Kとの差が大きくなるのがわかる。これは、収縮応力に起因するクリープの影響によるものと思われる。



図・6 同一材令時における拘束収縮と自由収縮および拘束係数の関係

4. ま と め

参 考 文 献

本実験の結果より、拘束条件下におけるコンクリートの乾燥収縮ひびわれの発生やひびわれ幅の低減に対して鋼繊維補強コンクリートに膨張材を併用すると極めて効果的であることが確かめられた。

これは、鋼繊維による拘束効果や膨張材によるケミカルプレストレスの他にコンクリートマトリックスの膨張を鋼繊維によって三次元的に拘束する微視的なケミカルプレストレスが働くためと考えられる。

(1979年9月11日)

- 1) 小林一輔, 魚本健人, 峰松敏和: 鋼繊維補強コンクリートの乾燥収縮に関する研究(1), 生産研究, vol. 30, No 7 (1978.7)
- 2) S. Fujimatu.: On a Cracking Test Piece of Concrete, Proc. 5th Jap. Cong. Test Mat.(1963)
- 3) 狩野春一, 仕入豊和: コンクリートの収縮拘束キレツ発生試験装置に関する研究, 日本建築学会論文報告集 No 66 (1960.10)

東京大学生産技術研究所報告刊行

第27巻 第9号 (英文)

福田 敏 男・柴 田 碧

Malfunation Diagnosis and Applications of Stable Adaptive Schemes for a Nuclear Reactor System

原子炉システムの異常診断と安定な適応則の応用

原子炉システム運転中、異常が発生した際に、その早期異常検出とともに、その場所の推定と制御が被害を防止、もしくは最小限にする上で重要である。ここでは、原子炉の一次元スラブモデルを対象として異常検出と異常発生箇所

の推定、さらに、一点炉モデル、ゆるく結合した結合炉モデル、二種類のフィードバックを受ける系、炉心内の熱流体チャンネルを対象としたモデル規範型適応パラメータ同定と制御について述べる。

異常検出は、中性子束、温度、流量等の原子炉システムの状態測定データに因子分析手法を用いて、各因子の寄与率の比の自乗和を異常評価指数として定義し、この指数が前もって与えた閾値を越えた場合、原子炉システムに異常が発生していると判定する。さらに、カルマンフィルタによる最適推定方法と確率近似法を用いて、原子炉システムの異常時における中性子束分布を推定し、異常時と正常時の中性子束分布の差の自乗より炉心内の異常発生箇所の推定ができることを示した。

一点炉、ゆるく結合した結合炉モデル、二種類のフィードバックを受ける系、熱流体チャンネルは、その動特性方程式が双線形であり、内部フィードバックがある場合は非線形となる。この場合のシステム動特性方程式を非最小実現表現で示し、この新しい表現を用いて、安定なパラメータ同定と制御法をモデル規範型適応システムにより導いた。これらはリヤプノフ関数が存在し安定であることを示し、さらに、入力が十分広帯域であれば、大域的に安定であることを示した。パラメータ同定において、モデルのパラメータは、プラントのパラメータに収束し、他方、適応制御においては、制御入力を介してプラントのパラメータがモデルのパラメータに収束する様補償することができることを示した。

さらに、簡単化した熱流体チャンネルを用いて、上記パラメータ同定アルゴリズムを用いた実験を行い良好な結果を得て、ここで提案するアルゴリズムの有効性を示した。

(1979年11月発行)