

複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材の応力-ひずみ関係の逆解析

岐阜大学工学部社会基盤工学科
JR 東海コンサルタンツ
岐阜大学総合情報メディアセンター

学生会員 河合 正則
正会員 稲熊 唯史
正会員 内田 裕市

1. はじめに

「複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材(HPFRCC)」は、引張応力の増加に伴って、幅の小さなひび割れが次々に生じ、巨視的には完全塑性あるいはひずみ硬化を生じる材料である。この HPFRCC の引張性能を評価するには一軸引張試験が望ましいと考えられるが、実務レベルでは必ずしも容易ではない。そこで本研究では試験が容易な曲げ試験の結果から、HPFRCC の引張応力-ひずみ関係を逆推定する方法について検討した。

2. 逆解析の概要

本解析は断面解析(ファイバーアナリシス)を基本としており、材料の応力-ひずみ曲線を与えることでモーメント-曲率関係(M-φ)を求める順解析に対して、M-φから応力-ひずみ関係を逆推定するものである。

図- 1 に解析フローを示す。断面の引張縁のひずみを増分パラメーターとして、各ステップでは引張縁ひずみに対して引張応力を仮定し、計算される M-φ が実験での M-φ 曲線上に乗るような引張応力を求める。次のステップでは、前ステップまでに求められた引張応力-ひずみ曲線は変更せずに、引張ひずみを増分した分のみの応力を同定するようにしている。

本解析の精度を確認するために、図- 2 の直線で示すような引張応力-ひずみ関係を入力値として、図- 3 のように M-φ 曲線を計算し、これを逆解析することで応力-ひずみ関係を求めてみた。その結果、図- 2 に示すように解析値はほぼ入力値に一致することが確認された。

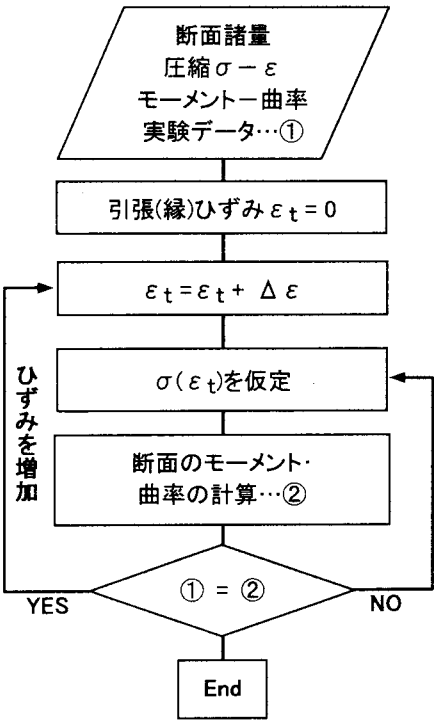


図- 1 解析フロー

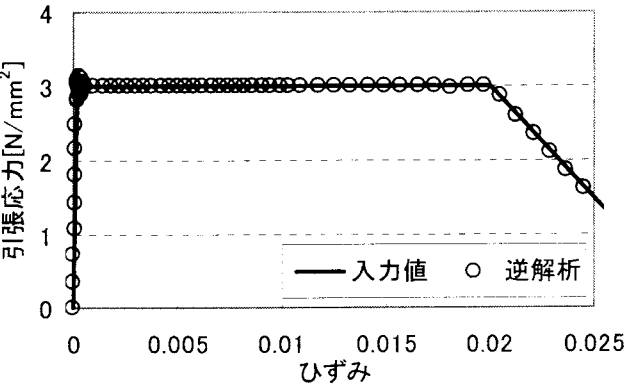


図- 2 入力値と解析値との比較

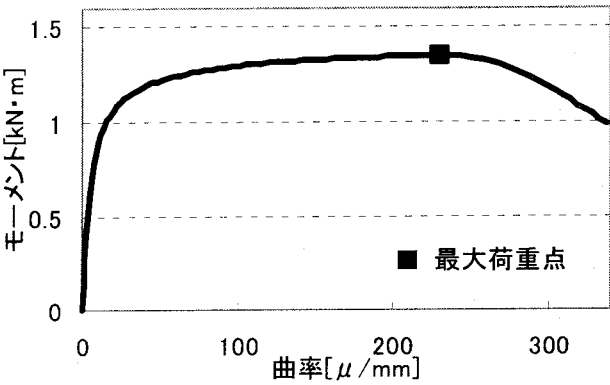


図- 3 モーメント-曲率関係

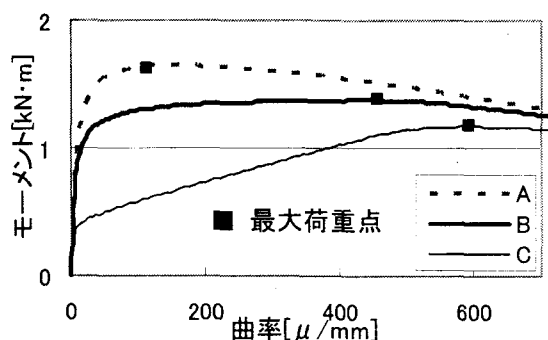


図-4 仮定したモーメントー曲率関係

3. JCI の評価法との比較

日本コンクリート工学協会(JCI)から、曲げ試験の結果から引張強度および引張終局ひずみを算定する方法¹⁾が提案されている。これは、曲げ試験における最大荷重時の曲げモーメントおよび曲率を用いて、完全塑性型の応力ーひずみ関係を仮定して引張強度と引張終局ひずみを評価するものである。ここでは JCI の評価法によって得られる結果と本解析法によって得られる結果を比較することとした。

図-4 に示すような曲げモーメントー曲率関係が曲げ試験で得られたと仮定し、JCI の評価法と逆解析の比較を行なった。なお、これら 3 種類の曲線は、繊維補強セメント複合材で考えられる典型的な引張応力ーひずみ曲線として、ひび割れ発生後、軟化(A)、完全塑性(B)および硬化(C)の 3 種類を仮定して計算したものである。ただし、軟化型は、厳密には破壊の局所化を伴うため、断面解析は適用すべきではないが、ここでは軟化しながらも破壊は一樣に分散すると仮定して逆解析を行なった。

逆解析と JCI の評価法によって推定を行なった結果を図-5 に示す。これらの結果から、完全塑性型(B)では逆解析の結果と JCI の評価法による値が完全に一致した。一方、軟化型と硬化型の場合には、特に終局ひずみの値が両者で大きく異なる結果となった。これは、JCI の評価法では最大荷重時の曲げモーメントおよび曲率しか計算に用いておらず、それまでの途中の挙動を評価していないからである。

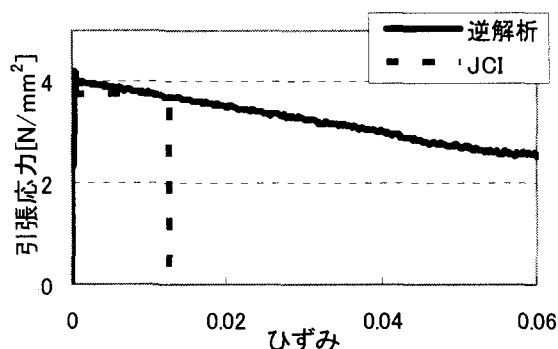
4. まとめ

複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材の引張応力ーひずみ関係を曲げ試験で得られるモーメントー曲率関係から逐次解析を行うことで推定可能であることを確認した。

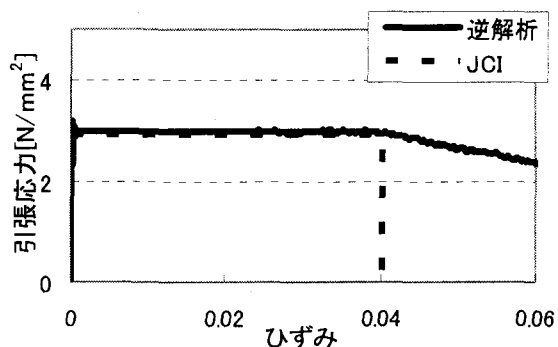
また、逆解析法は JCI の評価式に比べ、特に終局ひずみの推定に有効であることが示された。

参考文献

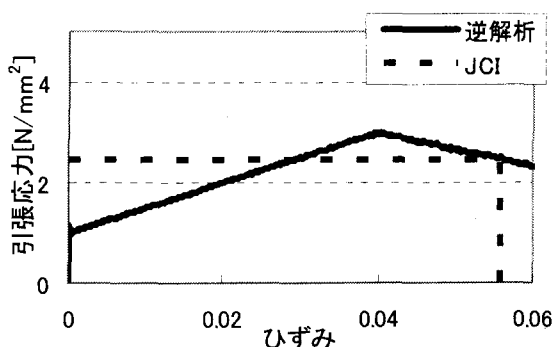
- 1) 日本コンクリート工学協会：繊維補強セメント複合材料の曲げモーメントー曲率曲線試験法 JCI-S-003-2005
http://www.jci-web.jp/jci_standard/



(a) 軟化型



(b) 完全塑性型



(c) 硬化型

図-5 解析値と評価式との比較