

コンクリートの引張軟化曲線の逆解析による推定

岐阜大学 学生員 ○安藤貴宏 千葉佳敬

岐阜大学 正会員 栗原哲彦 内田裕市 六郷恵哲

1. はじめに

引張軟化曲線を1軸引張試験により直接求める方法やJ積分などを用いて求める方法は、必ずしも容易で安定したものではない¹⁾。また、逆解析により引張軟化曲線を推定する方法も提案されているが、従来の方法では唯一解として引張軟化曲線を求めることが困難であるという問題がある。本研究では、逆解析を用いて客観的に精度よく引張軟化曲線を推定する方法について検討した。

2. 解析方法

本研究で検討した逆解析による推定方法は²⁾、引張軟化曲線を多直線でモデル化し、軟化開始点(引張強度点)から順次軟化曲線を仮定して、FEM解析により荷重-変位曲線を求め、それが実験で得られた荷重-変位曲線と一致するように引張軟化曲線の修正を繰り返すものである。具体的には以下の通りである。

図-1に引張軟化曲線を、図-2にFEM解析のモデルを、そして図-3に荷重-変位曲線を示す。最初に軟化開始点を決定するために、図-4のように完全塑性型の軟化曲線を仮定し、引張応力を上下に変化させてFEM解析を行う。荷重-変位曲線の解析値と実験値が、ある一定の許容誤差の範囲内で一致するものの中で、最もひびわれ進展長さが長くなる場合の引張応力を軟化開始点(図-1の点1)とすることとした。また、

そのとき最大変位点(図-3の点2)における開口変位(図-2の節点1における開口変位であり、図-4の点A)を軟化曲線の最初の折れ点(図-1、4の点2)とした。

次に2番目の折れ点を推定するには、軟化曲線として例えば、図-1に示すように12a、12b、12cのように仮定し、それぞれについてひびわれが1節点分のみ進展するときの荷重-変位曲線を求める。図-3の点 $\bar{a}$ 、 $\bar{b}$ 、 $\bar{c}$ が求められた点を示している。この場合、点 $\bar{b}$ が実験値と一致しているので点 $\bar{b}$ における開口変位を仮定した軟化曲線の12b上にとったものを引張軟化曲線の2番目の折れ点(図-1

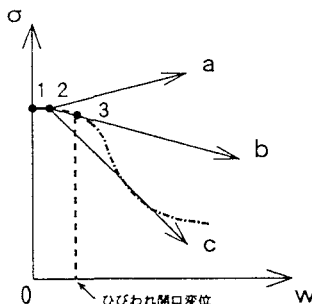


図-1 引張軟化曲線

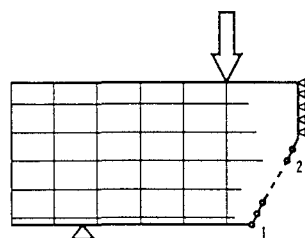


図-2 FEM解析のモデル

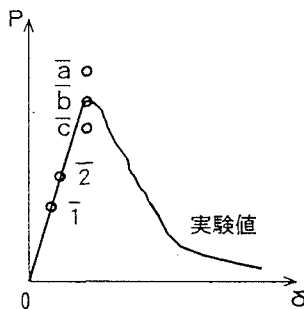


図-3 荷重-変位曲線

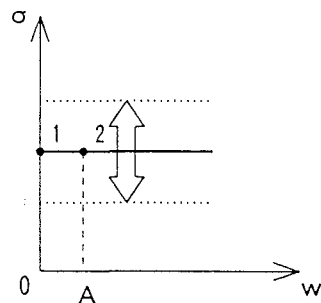


図-4 完全塑性型の引張軟化曲線

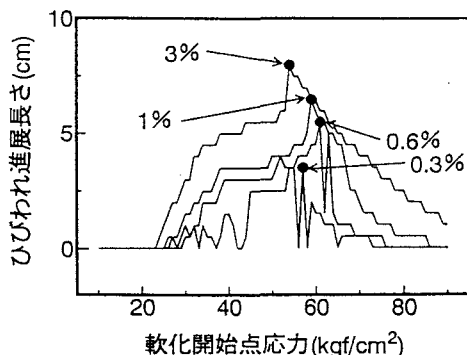


図-5 軟化開始点応力とひびわれ進展長さの関係

の点3)とする。以下同様の手順により3番目以降の折れ点を順次求める。

3. 解析結果

以上の解析方法をビニロン繊維補強モルタル曲げ供試体（繊維混入率2%、寸法：10×20×70cm）に適用してみた。

3.1 軟化開始点の推定

荷重－変位曲線の解析値と実験値との許容誤差（変位に対する荷重差）を0.3～3%とした場合の軟化開始点応力とひびわれ進展長さの関係を図-5に示す。当然のことながら、許容誤差を大きくするとひびわれ進展長さは大きくなっている。また、ひびわれ進展長さが最大となるとき軟化開始点応力は、許容誤差に依存していることがわかる。今回の場合、許容誤差を3、0.6および0.3%としたとき、ひびわれ進展長さが最大となるとき軟化開始点応力は、それぞれ54kgf/cm²、61kgf/cm²および55kgf/cm²となり、許容誤差を0.6%としたとき軟化開始点応力が最大となった。

3.2 引張軟化曲線の推定結果

軟化開始点応力が解析値と実験値をフィッティングする場合の許容誤差に依存していることがわかったので、軟化開始点応力を54kgf/cm²および61kgf/cm²とした場合の2ケースについて引張軟化曲線を推定してみた。図-6(a),(b)に引張軟化曲線の推定結果を、図-7には推定された結果を用いて求められた荷重－変位曲線を示す。推定された軟化曲線はいずれもかなり振動している。ただし、2つの軟化曲線を比較すると、軟化開始点が多少異なっているが、軟化曲線の軌跡はほぼ一致していることがわかる。また、それらを用いて求めた荷重－変位曲線については、滑らかで両者はほとんど一致しており、いずれも実験値を精度よく再現していることがわかる。

4. まとめ

本報告で示した方法により、引張軟化曲線をかなりの精度で推定することが可能であるとの見通しを得た。ただし、軟化開始点の決定法および推定される曲線が振動する問題については、今後の検討課題としたい。

【参考文献】

- 1) 内田裕市、六郷恵哲、小柳 洽：曲げ試験に基づく引張軟化曲線の推定と計測、土木学会論文集、第426号/V-14、pp.203-212、1991.2.
- 2) 橋高義典、上村克郎、中村成春：コンクリートの引張軟化曲線の多直線近似解析、日本建築学会構造系論文報告集、第453号、pp.15-25、1993.11.

