

CS 1-35〔V〕 分布ひびわれモデルを用いたコンクリートのひびわれ進展解析

岐阜大学工学部 正会員 ○内田 裕市
 岐阜大学工学部 正会員 六郷 恵哲
 岐阜大学工学部 正会員 小柳 洽

1. まえがき

ひびわれの進展にともなうコンクリートの破壊現象を有限要素法を用いて解析する場合、特に無筋コンクリートの場合にはひびわれは局所化するため、いわゆる分布ひびわれモデルより離散ひびわれモデルを用いる方が合理的である。しかしながら、荷重-変位関係のような部材の全体的な挙動のみを求めるのであれば、分布ひびわれモデルも十分有効であると考えられる。ここでは、仮想ひびわれモデルを分布ひびわれモデルに適用したモデル¹⁾による曲げ供試体の解析結果について報告する。

2. 解析対象および解析方法

解析対象は荷重スパン30cmで3等分点荷重および中央集中荷重を受ける断面10×10cm、長さ40cmの普通コンクリートはり供試体である。図-1に要素分割を示す。

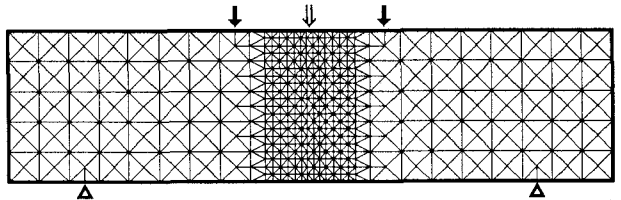


図-1 要素分割

解析には分布ひびわれモデルに引張軟化を考慮した有限要素法を用いた。ひびわれの発生には主応力基準を用い、びわれが発生しない限りすべて線形弾性体とした。ひびわれ後の応力-ひずみ関係は、ひびわれ幅とひびわれ間の引張伝達応力の関係で表される引張軟化曲線(1/4モデル)を、要素の寸法(要素のひびわれ平行方向の投影長さ)に依存させて応力-ひずみ関係に変換したものをを用いた。すなわち、このモデルは仮想ひびわれモデルを分布ひびわれモデルに適用したものであり、ひびわれを要素内の1本の仮想ひびわれで表し、これを要素内で平均化したものである。

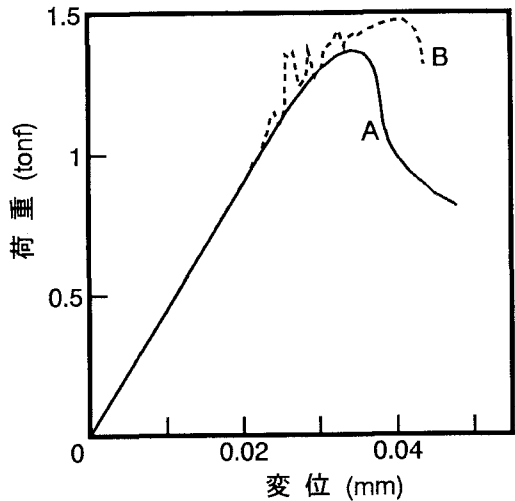


図-2 3等分点荷重の荷重-変位曲線

3. 解析結果および考察

図-2に3等分点荷重の場合の荷重-変位関係を示す。図中AはLocalization Limiter(ここでは供試体寸法に比べて十分大きいとした)を設け、かつ初ひびわれ要素を供試体中央断面の最下縁の要素とした場合であり、BはLocalization Limiterを設けない場合である。Localization Limiterは局所化の影響範囲、すなわちこの範囲内ではひびわれは局所化してマクロなひびわれは1本しか発生しないとした領域であり、crack bandモデルにおけるband幅に相当するものである。図-2

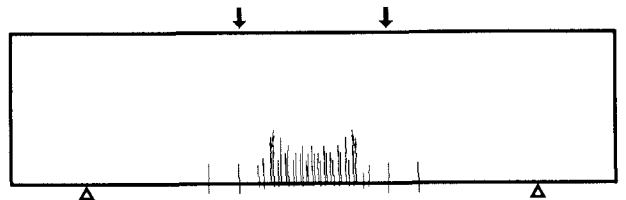


図-3 3等分点荷重(B)のひびわれ状況

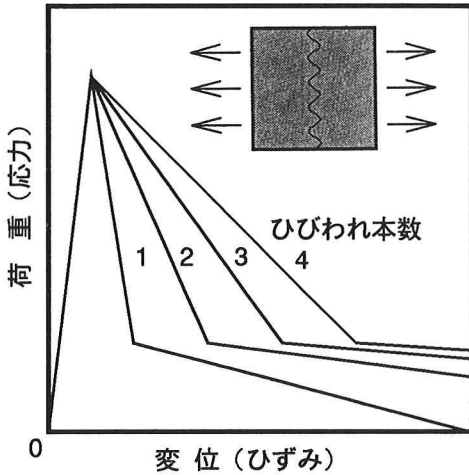


図-4 1要素の荷重-変位曲線

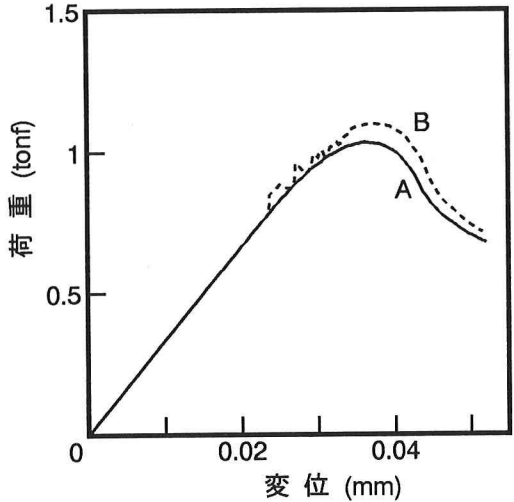


図-5 中央集中載荷の荷重-変位曲線

においてLocalization Limiterを設けない場合の曲線が乱れているのは、解の収束判定に不平衡力の平方和を用いたため、局所的な大きな不釣り合いを見逃してしまったためと考えられる。図-3にはLocalization Limiterを設けない場合の最大耐力点付近でのひびわれ状況を示す。なお、Localization Limiter

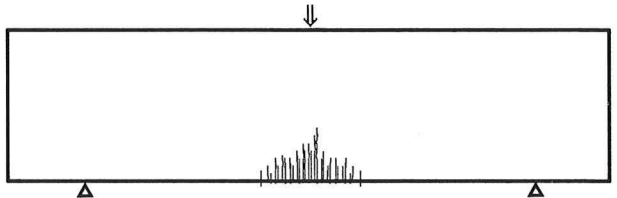


図-6 中央集中載荷(B)のひびわれ状況

を設けた場合にはひびわれは供試体中央の縦1列の要素のみに発生した。Localization Limiterを設けない場合は、ひびわれが分散して発生し、最大耐力とそのときの変位がLocalization Limiterを設けた場合より大きくなった。ここで、Localization Limiterを設けない場合に耐力が大きくなる理由を示すため、図-4中に示すような1軸引張を受ける要素にひびわれが発生する場合を考える。要素の荷重-変位関係（平均の応力-ひずみ関係）は発生するひびわれの数が多くなるほど軟化域の勾配がゆるやかになり、破壊エネルギーが大きくなる。一方、はり供試体の曲げ耐力は破壊エネルギーに依存し、破壊エネルギーが大きくなるほど耐力は大きくなる。したがって、Localization Limiterがなく多数のひびわれが発生した場合に、耐力が大きくなったと考えられる。なお、図-2中Aの荷重-変位曲線は供試体中央断面に離散ひびわれモデル（仮想ひびわれ）を設けて解析した結果と一致することを確認している。

図-5は中央集中載荷を受けた場合の荷重-変位関係である。図中A、BがそれぞれLocalization Limiterを設けた場合と設けない場合である。図-6にはLocalization Limiterを設けない場合のひびわれ状況を示す。中央集中載荷の場合には、作用モーメントが供試体中央で最大になるために、Localization Limiterを設けなくても、ひびわれが集中する傾向にあり、Localization Limiterの有無による荷重-変位曲線の形状の差は3等分点載荷の場合よりも小さくなった。

4. まとめ

仮想ひびわれモデルを分布ひびわれモデルに適用したモデルを用いて、局所化する破壊をシミュレートする場合にLocalization Limiterを考慮しなければならないことを示した。なお、Localization Limiterは仮想ひびわれモデル（離散ひびわれモデル）を用いて解析する場合にも考慮すべきパラメータである。

【参考文献】

- 1) Dahblom, O. and Ottosen, N.S. : Smeared Crack Analysis Using Generalized Fictitious Crack Model, Journal of Engineering Mechanics, ASCE, Vol. 116, No.1, pp.55-76, 1990.1.