

CS 58

複数の仮想ひびわれを想定したコンクリート梁の曲げ破壊挙動解析

東北工業大学 正会員 秋田 宏
 " " 外門正直
 " " 小出英夫

1. まえがき

コンクリートのひびわれ性状・破壊性状に関し、既発生のひびわれを実験的に調べるだけでなく、解析的にもひびわれの発生・進展等の過程を調べる必要がある。本稿は、無筋コンクリート梁の3等分点荷重による曲げ破壊に関して、仮想ひびわれモデルを用いた解析を行なったもので、単に破断面にのみ仮想ひびわれを想定するだけでなく、複数の仮想ひびわれを想定したことが特色である。

2. 解析モデル

供試体は $10 \times 10 \times 40$ cmの角柱であり、使用したコンクリートの物性は表-1である。ここで、圧縮強度、引張強度、弾性係数は $\phi 15$ cmの円柱供試体による試験値であり、引張強度は割裂引張強度である。ポアソン比と破壊エネルギーは試験を行なわなかったので、一般的な値をそのまま用いた。引張強度に達した後の引張軟化特性には、六郷らの提案する4分の1モデルを用いた。

2次元平面応力状態と仮定し、対称性から梁の2分の1を取り出し、四角形アイソパラメトリック要素を用い、はりの中央部で断面を20分割にした。解析上はコンクリートを連続体と考え、ひびわれはすべて平面であり、梁の midpoint で破断するものと仮定した。破断面にのみ仮想ひびわれを想定しただけでは、梁の下縁で引張応力が引張強度を25%程度越え不合理であるため、複数の仮想ひびわれを想定した解析を行なった。

3. 解析結果

図-1は、複数のひびわれが等間隔に生じると仮定した場合の、仮想ひびわれの分布・進展を示している。すなわち、対称面内の仮想ひびわれを

表-1 使用コンクリートの物性

圧縮強度	342 kgf/cm ²
引張強度	23.9 kgf/cm ²
弾性係数	3.11×10^5 kgf/cm ²
ポアソン比	0.2
破壊エネルギー	100 Nm/m ²

順次深くした場合の、荷重の大きさおよび他の仮想ひびわれの位置と深さを表わしている。 $P/P_0 = 1$ すなわち、梁下縁の引張応力が引張強度に達したとき、破壊進行領域が形成され始める。そこで、ひびわれ深さ1要素長分の仮想ひびわれを考えると、ひびわれの中間で表面の引張応力が引張強度を越えない条件から、ひびわれ間隔がひびわれ深さの2倍と定まる。ここで、 h は梁の高さを、 d は梁の midpoint (対称面)での仮想ひびわれ深さを表わす。このとき、梁の力学から得られる等曲げモーメント区間全体に仮想ひびわれが生じるのではなく、荷重点の直下にはまだ仮想ひびわれが生じていない。

$P/P_0 = 1.11$ で、仮想ひびわれ先端の引張応力が引張強度に達するので、さらにひびわれを進展させる必要がある。最初に対称面内のひびわれのみを1要素長進めると、他のひびわれ先端で引張応力が引張強度を越える。したがって、対称面内のひびわれだけでなく他のひびわれをも進展させる必要がある。ただし、全ひびわれを1要素長進めるのではなく、進展させるひびわれの総延長を最少にして、全ひびわれ先端の引張応力が引張強度以下になれば良い。結果として、さらに1要素長進めるひびわれは1つおきで十分であり、こ

のとき荷重点直下にも1要素長の仮想ひびわれが生じる。

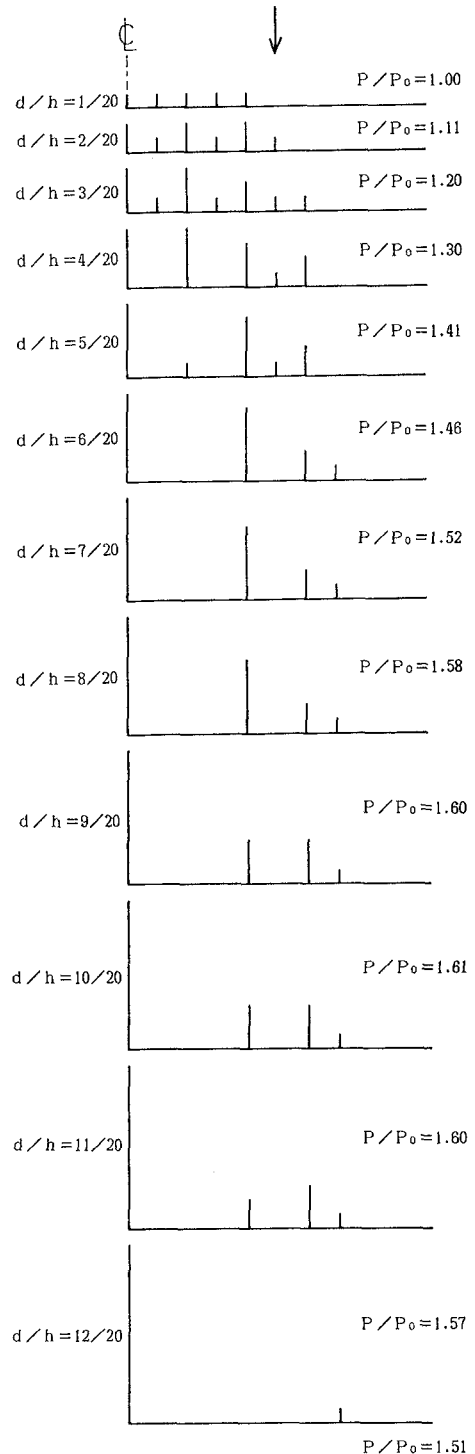
$P/P_0=1.20$ では、対称面内とそれから3番目の仮想ひびわれだけが進展し、荷重点よりも支点側に新しい仮想ひびわれが生じる。 $P/P_0=1.30$ では、1つおきに4本の仮想ひびわれが進展し、このとき対称面から2番目と4番目の浅いひびわれは閉じてしまう。仮想ひびわれが閉じることは、解析上ひびわれ幅が負になる、すなわちひびわれ面が互いに食い込むことで確認でき、以後は節点番号を付け替えてひびわれを取り去るのである。このように、複数のひびわれ間で、1つのひびわれが進展すると、周辺のひびわれが閉じる状況は、破壊進行領域内における Main crack と Side crack の関係に良く似ている。

$P/P_0=1.41$ では、対称面内とそれから3番目の仮想ひびわれが進展し、2番目の仮想ひびわれは1要素長まで閉じる。さらに、 $P/P_0=1.46$ ではその1要素長の仮想ひびわれが閉じ、新しく支点側に仮想ひびわれが発生する。このように、仮想ひびわれどうしの相互作用として、進展と閉そくが見られるばかりでなく、荷重の増加に従いせん断スパンにも順次仮想ひびわれが発生することがわかる。

対称面内の仮想ひびわれ深さ $d/h=10/20$ のとき最大荷重 $P/P_0=1.61$ に達するが、 $P/P_0=1.51$ になると、対称面以外の最後の仮想ひびわれが閉じ、以後は対称面に単独の仮想ひびわれを想定した場合と同じことになる。また、対称面以外のひびわれは最大で5要素長まで成長し、そのとき表面のひびわれ幅は約1000分の1mmであり、それ以上に進展することはない。

4. まとめ

コンクリート梁の曲げ破壊時の挙動を解析的に調べた結果、複数の仮想ひびわれ間には、あるひびわれが進展すると周辺のひびわれが閉じる相互作用が認められ、また荷重の増加にともない、曲げスパンだけでなくせん断スパンにまで仮想ひびわれが発生することが認められた。



図—1 複数の仮想ひびわれの分布と進展