

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

コンクリートの破壊挙動を解明するために、近年、特に破壊力学的アプローチが注目されている。なかでも、モードⅠの荷重下におけるひびわれ進展挙動に関しては、すでに多数の解析モデル、手法が提案され、実現現象を解析的に再現することがほぼできるようになってきた。しかしながら、モードⅠとⅡとの混合モードの荷重下におけるひびわれ進展挙動に関しては、まだ不明な点が多いようである。そこで、本研究では混合モードの荷重下におけるひびわれ進展に関して簡単な実験および解析を行った。

2. 実験および解析の概要

本研究では、混合モードとしては限られた条件ではあるが、試験が比較的容易で、しかも荷重条件が単純明快な方法として、図-1(B, C)に示すように、3点曲げを受けるはり供試体をせん断スパン内で破壊させる方法を採用した。図-1において、A供試体は比較のために行ったモードⅠの供試体である。B, C供試体が混合モードの供試体であり、B供試体には下縁のみに切欠きを入れてあり、ひびわれが切欠き先端から載荷点方向に斜めに進展するようにしたものである。一方、C供試体はひびわれの経路を規定することで、モードⅡの影響を大きくするために、両側面および上下縁に切欠きを入れた。載荷試験では、荷重と載荷点変位を計測した。使用したコンクリートは、粗骨材の最大寸法15mm、圧縮強度317kgf/cm²の普通コンクリートである。

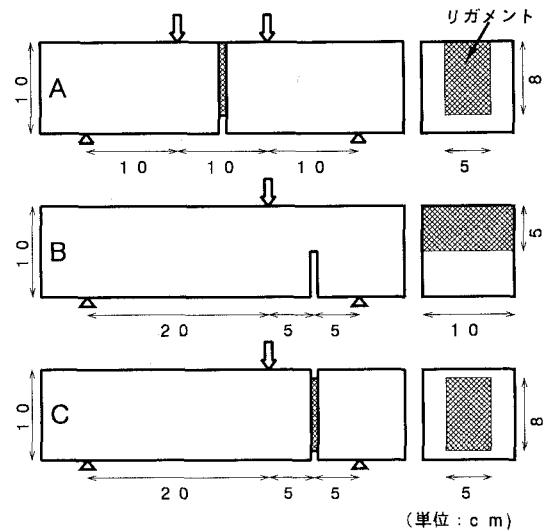


図-1 供試体の形状寸法

解析はクラックバンドタイプの分布ひびわれモデル

を用いた有限要素法により行った¹⁾。ひびわれモデルとして回転ひびわれモデルとせん断低減係数をゼロとした固定ひびわれモデルを用いた。なお、本解析ではモードⅠのひびわれのみが考慮されており、混合モードに対する特別なモデルは使用していない。

3. 結果の概要

図-2～4に実験で得られた各供試体の荷重変位曲線を示す。同図では5～7本の供試体の平均曲線と範囲が示してある。表-1には荷重変位曲線下の面積をひびわれの投影断面積で除することで求めた破壊エネルギーを示す。B供試体のひびわれ進展方向は、鉛直から約30°の方向であったので、破壊エネルギーを求める際のひびわれ投影面積は、ひびわれ角度を30°として計算した。C供試体ではひびわれ面がわずかに載荷点側に膨らむ傾向が見られたが、ひびわれ面積は切欠き部の断面積とした。B供試体の破壊エネルギーはA供試体のより約20%大きく、またC供試体では約60%大きくなり、混合モードの荷重下の破壊エネルギーは、モードⅠの場合より大きくなるのが実験的に明かとなった。さらにB供試体とC供試体を比較するとC供試体の方が約30%破壊エネルギーが大きく、切欠きによりひびわれ経路を規定することで、モードⅡの影響をより大きくできたものと考えられる。

表-1 破壊エネルギー

供試体	破壊エネルギー (kgf/cm)
A	0.14
B	0.17
C	0.22

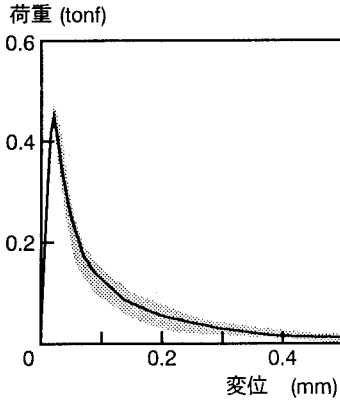


図-2 A供試体の実験結果

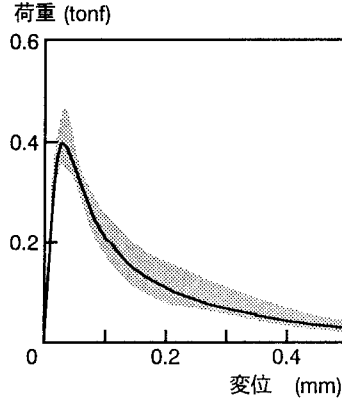


図-3 B供試体の実験結果

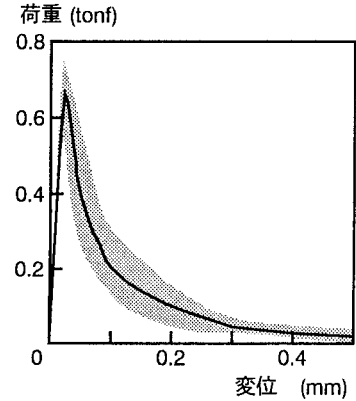


図-4 C供試体の実験結果

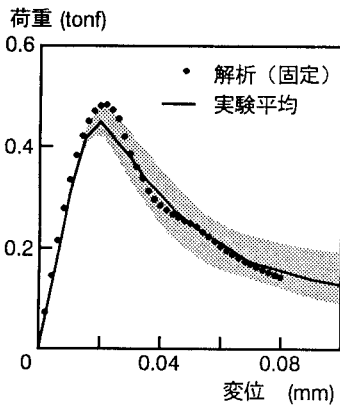


図-5 A供試体の解析結果

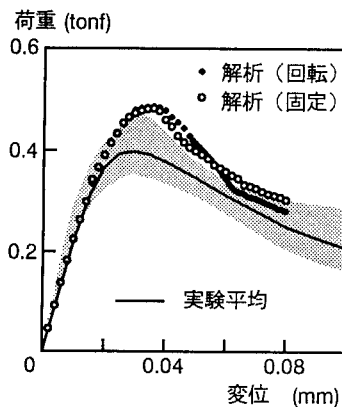


図-6 B供試体の解析結果

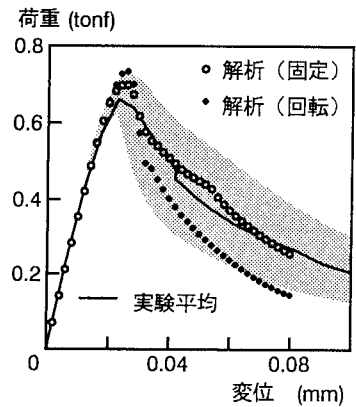


図-7 C供試体の解析結果

図-5～7には解析結果を示す。なお、解析では引張軟化曲線を1/4モデルとして行った。また、解析はいずれも変位0.08mmで打ち切った。A供試体では回転びわれモデルと固定びわれモデルで結果に差がないので、回転びわれモデルによる結果のみが示してある。A供試体の場合、本解析の範囲では、実験結果と解析結果はほぼ一致した。B供試体の場合には、最大荷重およびその時の変位は解析値の方が実験値より若干大きくなったが、曲線の概形はほぼ一致した。またびわれモデルによる解析結果の差はほとんどなく、この供試体の場合には混合モードの影響は比較的小さいと推察される。C供試体の場合には、最大耐力点以降の下降域でびわれモデルによる差が生じ、固定びわれモデルの方が実験値に近い結果となった。

解析の全体を通して、特に最大耐力点付近まではびわれモデルに関係なく実験値と解析値はほぼ一致しており、いずれの供試体もモードⅠの影響が卓越し、混合モードの影響は小さと考えられる。したがって混合モードの影響は最大耐力点以降に生じていると推察される。

4. まとめ

本研究の範囲で得られた主な結果は以下の通りである。

- 1) モードⅠに比べ混合モードの荷重下の方が破壊エネルギーが大きくなった。
- 2) 本研究で用いた供試体では、混合モードの影響は最大耐力点以降に生じることが解析結果より推察された。

【謝辞】本研究を行うにあたり土木学会吉田研究奨励金を交付されました。ここに記して謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 内田他, 仮想びわれモデルを組込んだ分布びわれモデルによるコンクリートにびわれの有限要素解析, 土木学会論文集（印刷中）