

鉄筋コンクリートはり部材のき裂の進展特性に関する数値解析

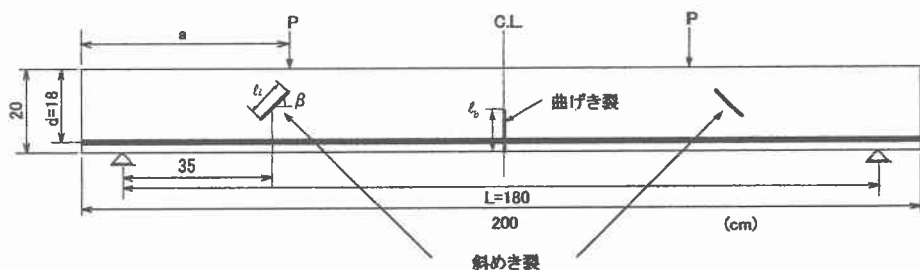
徳山高専 正会員 橋本堅一

1. はじめに

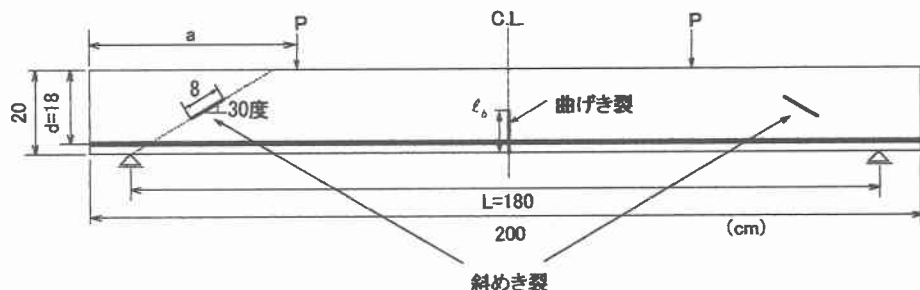
鉄筋コンクリートはりの4点曲げ試験を行うと、ある程度小さなせん断スパン長さとは有効高さの比 (a/d) では載荷初期には曲げき裂が卓越するが、ある荷重段階から斜めき裂が現れ、せん断破壊に至る。この斜めき裂は、はりのほぼ中央から発生し、上下斜めに進展する。これは①き裂が複合荷重下で元のき裂方向に進展する。②曲げき裂と斜めき裂の長さによりその進展の優位な領域が存在する。などの現象を持ち、破壊力学的に興味の持てるところである。以上のことにより本研究では、鉄筋コンクリートはりが4点曲げを受ける境界条件のもと、供試体の破壊を決定づけるき裂を仮定し、最大エネルギー解放率クライテリオンを用いて、き裂の進展挙動を明らかにした。

2. 解析モデル及び数値解析

エネルギー解放率を計算する評価式には補ひずみエネルギー型のE積分公式を用いた。解析モデルは図-1を基本的なモデルとして、解析対象としたはりの寸法は20cm×200cmで有効高さ d を18cm、支点間距離 L を180cmとした。せん断補強は考えず、荷重はせん断スパン a とは有効高さ d の比であるせん断スパン比 a/d が約2.3~4.5となる位置に載荷した。供試体下部に配置した鉄筋とコンクリートとの境界は完全付着であると仮定し、一体で挙動すると考えた。引張鉄筋比を1.2%とし、コンクリートのヤング率を21.0GPa、ポアソン比を0.3、鉄筋のヤング率を210GPa、ポアソン比を0.3とした。はりの中央下部に曲げき裂を、支点から35cmのところと、 30° 延長上のところのはり中央にそれぞれ斜めき裂を仮定し、曲げき裂の長さを ℓ_b 、斜めき裂の長さを ℓ_s とした。斜めき裂のはり軸からの角度を β とし、斜めき裂先端でのき裂折れ曲がり角度を θ とした。き裂折れ曲がり角度は、き裂が元のき裂と同方向に進展した場合を $\theta=0$ 度とし、反時計回りに正とした。



モデル1



モデル2

図-1 解析モデル

3. 解析結果

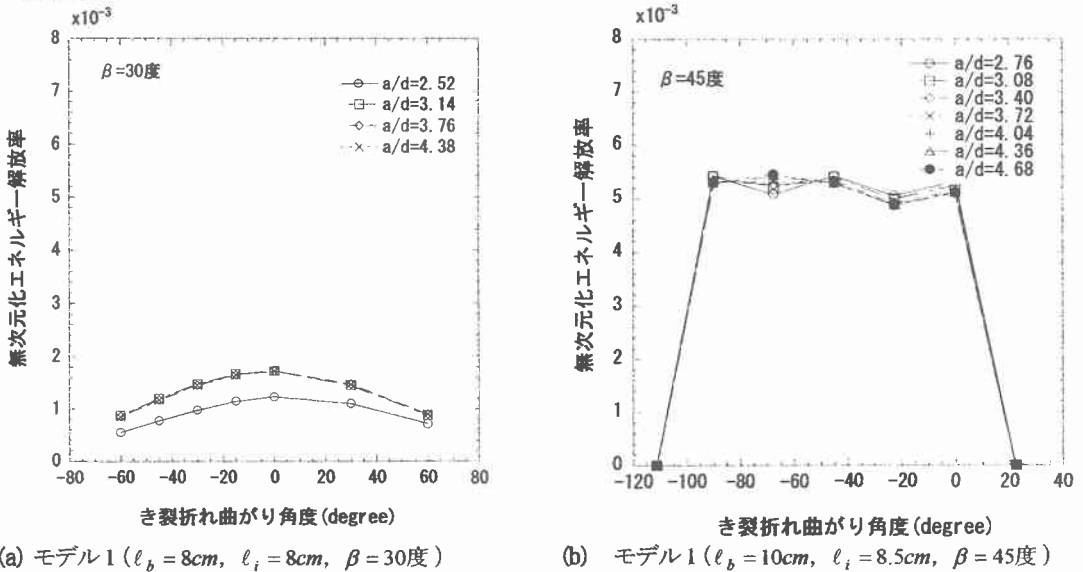


図-2 斜めき裂の折れ曲がり角度とエネルギー解放率の関係

モデル1の斜めき裂が、はり軸に対して30度、45度の角度で変化させた場合のエネルギー解放率をき裂折れ曲がり角度に対してそれぞれ表したものが図-2(a), (b)である。せん断スパン比 a/d はいずれも2.5~4.8の範囲とした。図-2(a)ではいずれのせん断スパン比をとっても、0度でエネルギー解放率は最大になるため、元のき裂と同方向に進展する挙動を示した。図-2(b)は図-2(a)に対して15度、正の方向に傾けた斜めき裂($\beta = 45^\circ$)を仮定したが、せん断スパン比に関わらず90度から0度まで扁平になるためどの方向に進展してもおかしくない状態となる。また、およそ-120度、20度付近ではエネルギー解放率は0になっており、このときのき裂の進展状況としてはき裂の折れ曲がり部が接触している状態となっているためであると考えられる。また、 $\beta = 45^\circ$ のエネルギー解放率(図-2(b))は $\beta = 30^\circ$ のそれ(図-2(a))と比較して大きくなっていることから、エネルギー解放率ははり軸に対して正の方向に傾いた方が、き裂は進展しやすいということとなる。

図-3は、斜めき裂のモデル1、モデル2と曲げき裂のモデルに対してせん断スパン比 a/d を変化させた時のエネルギー解放率の変化についてまとめたものである。今回、用いたモデルでは、斜めき裂のエネルギー解放率が曲げき裂のそれを上回らないことから、斜めき裂が進展する領域が生じなかったと考えられる。しかし、モデル1における l_i の長さを大きく変化させれば、斜めき裂のエネルギー解放率が曲げき裂のそれを上回り、その領域に対しては斜めき裂が進展するといった結果が得られる可能性がある。

4. おわりに

本研究では、4点曲げ荷を受ける鉄筋コンクリートはりの部材中に曲げき裂と、せん断破壊を支配するような斜めき裂を仮定して、本来の破壊力学の立場からき裂進展特性を考察した。その結果、き裂の直進性など興味のもてる結果を解析的に確認した。

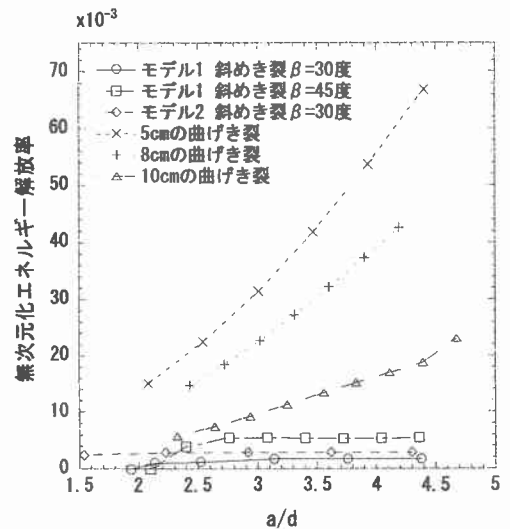


図-3 斜めき裂、曲げき裂におけるせん断スパンと最大エネルギー解放率の関係