

補強コンクリート内のき裂の進展挙動に関する数値解析

徳山工業高等専門学校 正会員 ○橋本 堅一

徳山工業高等専門学校 正会員 島袋 淳

1. まえがき

本研究では、鉄筋コンクリート部材が 4 点曲げ载荷を受けるような境界条件のもと、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、き裂の進展挙動を検討した。仮定したき裂は、供試体中央下部に対し垂直なき裂（以下、「曲げき裂」と）と、左右に 2 本の梁軸方向から傾いたせん断破壊を引き起こすき裂（以下、「斜めき裂」と）である。そして、それらのき裂が鉄筋量の変化、斜めき裂の角度の変化、またプレストレス力（以下、「PC 力」と呼ぶ）の影響により、どのような進展挙動を示すか検討した。

2. 解析手法と解析モデル

解析は有限要素法を用いて、最大エネルギー解放率クライテリオンによりき裂進展挙動を検討するため、エネルギー解放率を計算する必要がある。その手法として、補ひずみエネルギー型の E 積分公式¹⁾を用いた。図-1 に解析モデルの概要を示す。荷重に関しては、図に示すようにせん断スパン比 a/d が約 2.5~2.8 となる位置に集中荷重 P を载荷し、その大きさを 10kN とした。材料定数は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。また、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。破壊を起こすと考えられるき裂に関しては曲げき裂 l_b 、斜めき裂 l_s を図のように仮定し、曲げき裂の長さを $\beta=30$ 度では $l_b=8$ cm、 $\beta=45$ 度では $l_b=10$ cm とし、斜めき裂の長さを $\beta=30$ 度では $l_s=8$ cm、 $\beta=45$ 度では $l_s=8.5$ cm とした。また、図-2 に示すように、斜めき裂の梁軸からの角度を 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。この解析モデルに対し、引張鉄筋比を 1.2%、3.0%、5.0% と変化させ、また PC 力を荷重の 10%として 1kN、50%として 5kN を導入し、斜めき裂と曲げき裂に対しての影響を検討した。なお、PC 力についてはプレテンション方式を用いて解析を行った。

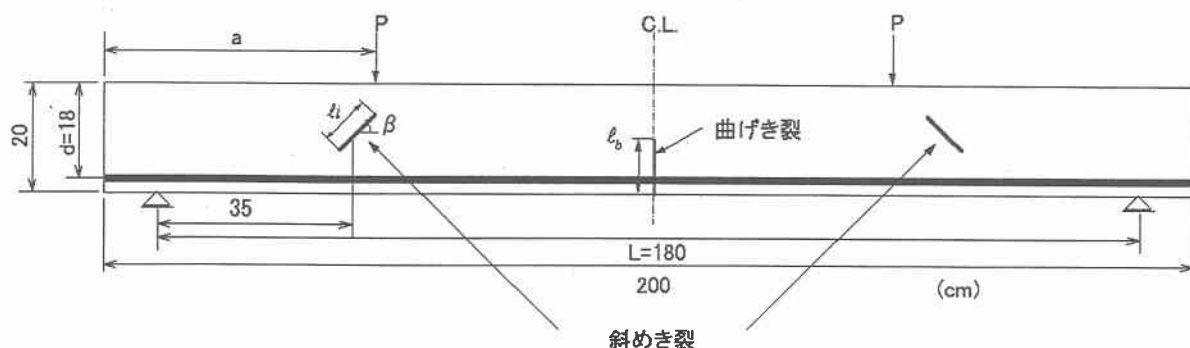


図-1 解析モデル

3. 解析結果と考察

(1) 鉄筋量を変化させたモデル

引張鉄筋比を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-3 である。図-3 (a), (b) は斜めき裂が、梁軸に対してそれぞれ 30 度、45 度としたもので、せん断スパン比 a/d はそれぞれ 2.52、2.76 とした。図-3 (a) の斜めき裂ではどの鉄筋比をとっても、き裂折れ曲がり角度 0 度あたりでエネルギー解放率は最大になるため、斜めき裂が進展すれば元のき裂と同方向に進展する挙動を示したが、

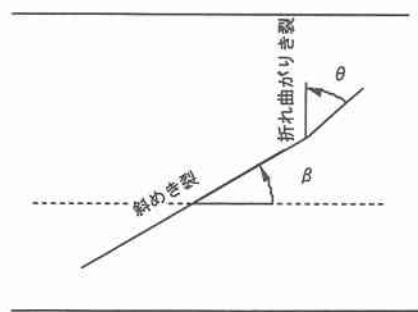


図-2 斜めき裂の角度 β と折れ曲がり角度 θ

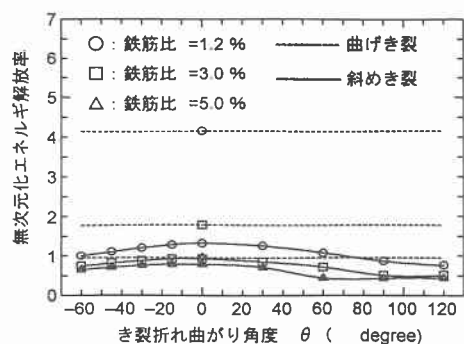
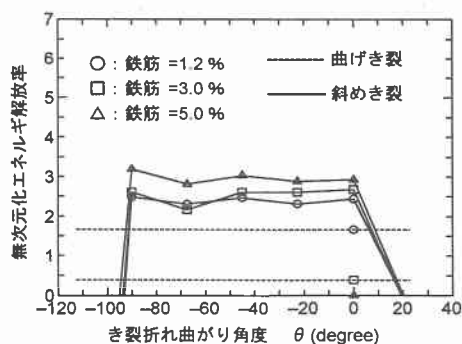
(a) $\beta=30$ 度(b) $\beta=45$ 度

図-3 鉄筋量を変化させた場合のエネルギー解放率とき裂折れ曲がり角度の関係

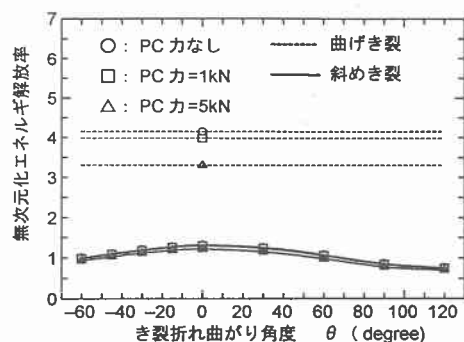
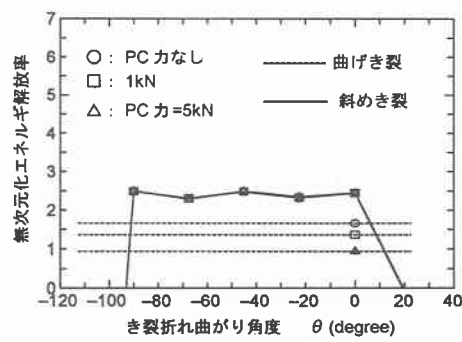
(a) $\beta=30$ 度(b) $\beta=45$ 度

図-4 PC力を考慮した場合のエネルギー解放率とき裂折れ曲がり角度の関係

図-3 (b) ($\beta=45$ 度) では、鉄筋比に関わらず -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、 $\beta=45$ 度のエネルギー解放率 (図-3 (b)) は $\beta=30$ 度のそれ (図-3 (a)) と比較して大きくなっていることから、梁軸に対して正の方向に傾いた方が、斜めき裂は進展しやすいということとなる。また、鉄筋比の影響を考えてみると、図-3 (a) の鉄筋比 1.2% の場合での曲げき裂のエネルギー解放率は、斜めき裂のエネルギー解放率より大きくなっていることがわかる。このことは、 $\beta=30$ 度の場合では、曲げき裂が斜めき裂より優先して進展しやすくなることが考えられる。逆に $\beta=45$ 度 (図-3 (b)) の場合では、斜めき裂が曲げき裂より進展しやすくなることが考えられる。最後に図-3 (a), (b) いずれも鉄筋比が 3.0% の時の曲げき裂のエネルギー解放率は、鉄筋比が 1.2% の時より大きく低下している事がわかる。以上の事より、鉄筋量を変化させることは、曲げき裂の進展は抑制されるが、斜めき裂の進展については顕著な影響がないことがわかる。

(2) PC力を考慮したモデル

PC力を考慮し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表したものが図-4 (a), (b) である。ここで、図-4 (a) は $\beta=30$ 度、図-4 (b) は $\beta=45$ 度の解析結果をそれぞれ示している。図-4 (a) より、PC力を与えた場合、 $\beta=30$ 度では、き裂折れ曲がり角度 0 度あたり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、斜めき裂が進展すると考えられる。また、図-4 (b) においては、PC力を与えた場合、PC力の大きさに関わらず、斜めき裂のエネルギー解放率の値が -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と考えられる。最後に、図-4 (a), (b) とともに、PC力の増加に伴い、斜めき裂のエネルギー解放率の変化に対して、曲げき裂のそれは大きく低下していることから、PC力を与えることにより、曲げき裂の進展は抑制され、斜めき裂については顕著な影響がないことがわかる。

参考文献

- 1) 矢富盟祥, 鱈洋一: 圧縮荷重下にある進展き裂の E 積分によるエネルギー解放率の有限要素解析, 土木学会論文集, No.612, I-46, pp.251-263, 1999.