

V-439 アンカーのひびわれ進展経路解析

日本大学大学院 学生会員 山崎 啓治
 日本大学理工学部 正会員 山崎 淳

1. まえがき コンクリート中に発生した少数のひびわれの挙動が構造物全体に対して大きな影響を及ぼすことがある。例えば、1)斜めひびわれによる梁のせん断破壊、2)コンクリート中に埋め込まれたアンカープレートの引抜き破壊等は、少数または1本のひびわれの進展が破壊に対して支配的な要因となっている。

本報告は、このうち1)についてひびわれを離散(discrete)ひびわれモデルで表現し、応力拡大係数にもとづいてひびわれ方向を決定する $(\sigma_{\theta})_{max}$ 理論[1]を用いてアンカーのひびわれ進展経路についての解析を行う方法を検討しようとするものである。

2. 解析方法 解析手順を図-1に示す。解析方法は既報[2]に準じる。

2-1. 有限要素解析と応力拡大係数の計算 8節点アイソパラメトリック要素による線形有限要素解析を用いている。ひびわれ先端近傍における応力の特異性は1/4点に中間節点を配置して表現している。モードI・IIの応力拡大係数の計算は、ひびわれの開口変位(C.O.D)とせん断変位(C.S.D)によるShih等の方法[1]によっている。

2-2. ひびわれ進展評価 ひびわれ進展の評価はErdoganとSihの $(\sigma_{\theta})_{max}$ 理論[1]により、ひびわれ先端近傍の応力成分を図-2のように表したとき、次の3条件によってひびわれが進展するとしている。ひびわれ進展は、1)その先端から、2)ひびわれ先端近傍での主応力に垂直な方向($\tau_{x\theta} = 0$ となるような θ_0 方向)に、3) $(\sigma_{\theta})_{max}$ が物質固有の限界値に達したときに開始する(今回は、モードI・IIの応力拡大係数より算出される K^* が1のときひびわれが進展する)。

3. 解析モデル 構造物を2次元モデル(図-3)として取扱い、アンカーは定着部のプレートのみを表現し、その中央に集中荷重を載荷した。実際に解析に用いる領域は対称性を考慮して図中の斜線部である。モデルの寸法は縁端距離を変化させた2種類を設定した。ひびわれは離散ひびわれモデルで表現し、アンカーの先端から発生するとした。最初のひびわれの発生方向を求める方法を確立していないので、ひびわれ進展の方向は水平軸から 0° と 5° の2種類を仮定し、ひびわれ進展長さは各ステップ毎3cmとした。なお、ひびわれ界面でのせん断は無視した。以上の解析方法により荷重を一定(1,000kgf)にし、逐次ひびわれの進展方向を定めながらひびわれを進展させた。解析対象4ケースの材料特性・寸法を表-1に示す。

4. 解析結果と考察 図-4にCASE1・3の2ケースのSTEP12における有限要素分割を示し、図-5に各ケースの進展したひびわれ形状を示す。図-6には進展した各ひびわれ先端位置でのモードI・IIの応力拡大係数を限界応力拡大係数で除して無次元化した K_{I}^* 、 K_{II}^* を示す。図-7には荷重を一定としてそれぞれのひびわれ先端位置で計算したひびわれ進展を評価する指標 K^* から求める、ひびわれが進展する

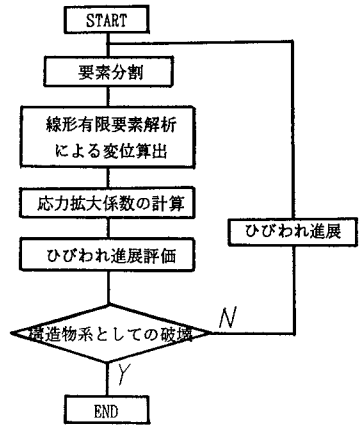


図-1 解析手順

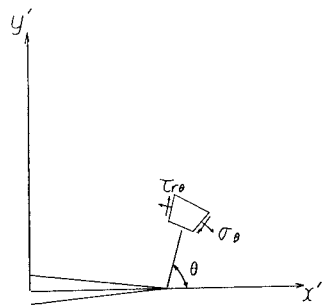


図-2 ひびわれ先端近傍の応力状態

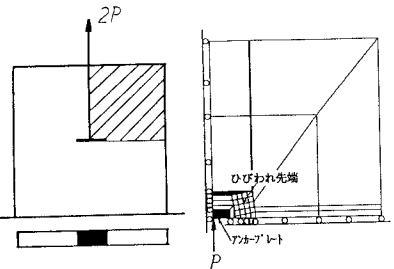


図-3 構造物のモデル化

のに要する荷重を表す。ひびわれは、図-5、図-6からも分かるように仮定したSTEP1の角度にかかわらず全ケースとも緩やかな角度をもって進展し、文献[2]に示されている実験結果を上手く反映している。縁端距離を短く設定したCASE3・4では耐力を失ったひびわれ進展水平投影長さ25cm以降、ほぼ水平にひびわれが進展した。 K_I^* ・ K_{II}^* を文献[3]に示されているような図で表した図-7から、今回解析した4ケースは K_{II}^* に比較して K_I^* の値が非常に大きくモードIの破壊形式が卓越し K_I^* はほぼ K_{II}^* と等価であった。縁端距離が長いCASE1・2では荷重がピークに達する点を有し、これはひびわれが安定・不安定に進展することを表していると思われる。最初に仮定した2種類のひびわれ角度についてはピーク荷重においては若干の違いが見られるが、ひびわれ進展経路についてはほぼ一致した。

CASE	E_c $\times 10^4$ kgf/cm ²	E_s $\times 10^4$ kgf/cm ²	K_{10} kg・cm ^{-1.5}	深さ cm	縁端距離 cm	STEP1のひび われ方向
1	0.3	2.1	65.00	100	100	0
2	0.3	2.1	65.00	100	100	5
3	0.3	2.1	65.00	100	50	0
4	0.3	2.1	65.00	100	50	5

表-1 4ケースの寸法及び材料特性

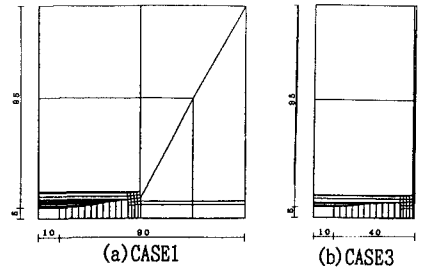
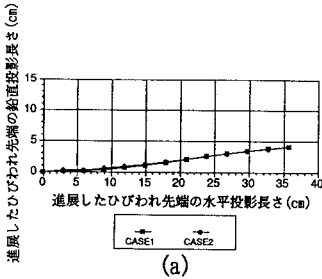
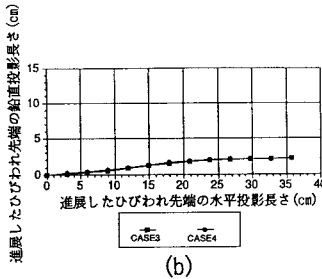


図-4 要素分割(STEP12)

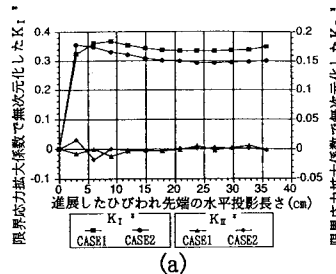


(a)

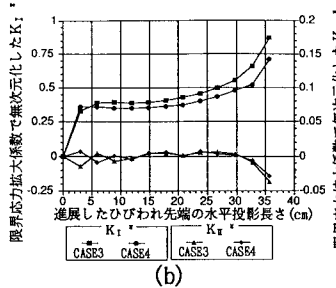


(b)

図-5 ひびわれ進展方向

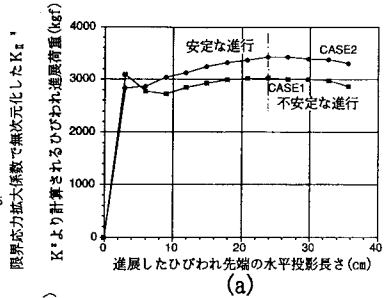


(a)

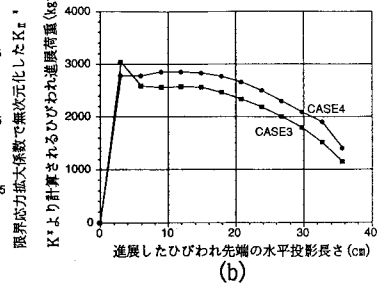


(b)

図-6 無次元化した
応力拡大係数 K_I^* ・ K_{II}^*



(a)



(b)

図-7 ひびわれ進展荷重

5. あとがき 本報告により、アンカープレートの引抜きによって発生するひびわれを $(\sigma_\theta)_{max}$ 理論を用いることによってその方向を逐次定めながら進展する様子が示された。

・この研究は、平成3年度文部省科学研究費一般研究C(No. 02650336)によって行われた。

[参考文献]

[1] A.R. Ingraffea and V.Saouma:Numerical Modeling of Discrete Crack Propagation in Reinforced and Plain Concrete,G.C.Sih and A.Ditommaso,Fracture Mechanics of Concrete,Martinus Nijhoff Publishers,pp.171~225,1985.
 [2] 寺島善宏ら:埋込みアンカー部引抜きによるコンクリートひびわれの進展解析、コンクリート工学年次論文報告集 13-2、日本コンクリート工学協会、pp.91~96、1991。
 [3] 文献[1]に同じ、pp.201。