

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. はじめに コンクリート中にアンカーボルト、アンカープレートを埋め込んだアンカー構造の耐荷力はひびわれ進展の影響が大きく、その耐荷力算定にあたってはひびわれの取扱いが重要となってくる。著者らはひびわれを幾何学的に表現する離散ひびわれモデル(discrete crack model)を用い、ひびわれ進展を線形弾性破壊力学(LEFM), $(\sigma_\theta)_{\max}$ 理論[1]により評価し有限要素解析を行うことによってアンカーのひびわれ進展問題を取り扱ってきた[2・3・4]。そこで、本報告は既報の手法を用いることによって、アンカー構造の引抜き耐荷力に及ぼす各種影響要因を検討しようとするものである。

2. 解析方法 アンカー構造を図-1のように2次元平面応力モデルとして取り扱う。解析手法は既報[2・3]と同様であり、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行い、ひびわれ先端近傍の変位から応力拡大係数 $K_1 \cdot K_2$ を算出しひびわれ進展を評価する。物質固有の限界値である限界応力拡大係数

K_{Ic} は $65.0 \text{ kgf} \cdot \text{cm}^{-1/2}$ と仮定した。なお、材料特性はコンクリートについては設計基準強度 $350 \text{ kgf} \cdot \text{cm}^2$ 程度を想定し弾性係数 $3.0 \times 10^5 \text{ kgf} \cdot \text{cm}^2$ 、アンカーについては弾性係数 $2.1 \times 10^6 \text{ kgf} \cdot \text{cm}^2$ とした。既報[4]のようにひびわれ進展方向を逐次定めながらひびわれ進展解析を行うことも可能だが、①アンカープレート先端から発生する最初のひびわれ方向を求める手法を確立していないこと、②アンカープレート周辺のコンクリートは施工性から特に材料的に不均質であると思われ、ひびわれ進展方向の決定が材料的欠陥部に左右されやすいであろうということ、③ひびわれ進展方向を逐次定めながら解析を行うことは要素分割の点において煩雑であること、④構造体中のひびわれ先端位置と耐力の関係の検討、等の観点から本報告の解析では、各解析モデルに対してひびわれ進展方向を4通りに決めて、モデル中のひびわれ先端位置とひびわれ進展に必要な荷重等の解析値の関係を検討する。

3. 解析結果及び考察 アンカー構造の引抜き耐力に及ぼす影響要因として縁端距離 e 、埋め込み深さ d_e をパラメータとし全10ケース解析を行った。表-1に解析モデルの寸法諸元と解析結果を示す。引抜き耐力は仮定した4通りのひびわれ進展での最大値をそれぞれ示す。

(1) 解析結果の解釈について (CASE1-1) 図-2にひびわれ進展方向を4通りに定めてひびわれ先端を配置した点をプロットしたものを示し、

図-3に4通りに進展したひびわれとひびわれ進展荷重の関係を示し、図-4に構造体中の各点にひびわれ先端

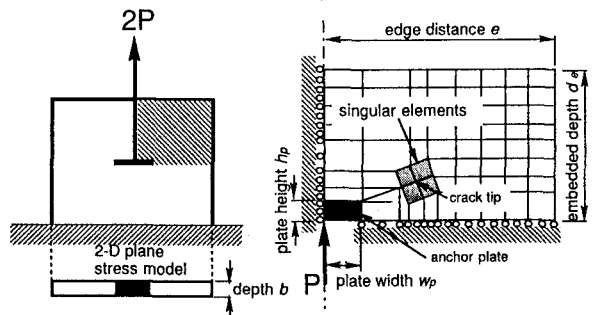


図-1 アンカー構造の解析モデル

表-1 解析モデルの寸法諸元と解析結果

specimen	plate width wp cm	plate depth hp cm	edge distance e cm	e/wp	embedded depth de cm	de/hp	depth b cm	Pull-Out Strength												Pu/(e·b) kgf/cm ²	
								Pu θ=0.0°	pcx	pcx/de	10.0°	pcx	pcx/de	22.5°	pcx	pcx/de	45.0°	pcx	pcx/de		MAX
CASE1-02	10	5	100	10	20	4	10	1,656	15	0.75	1,627	15	0.75	1,580	15	0.75	1,455	15	0.75	1,656	1.66
CASE1-05	10	5	100	10	50	10	10	2,527	15	0.30	2,529	15	0.30	2,456	15	0.30	2,275	15	0.30	2,529	2.53
CASE1-1	10	5	100	10	100	20	10	3,484	45	0.45	3,347	30	0.30	3,271	30	0.30	2,914	25	0.25	3,484	3.48
CASE1-2	10	5	100	10	200	40	10	4,095	45	0.23	4,143	45	0.23	4,016	45	0.23	3,571	45	0.23	4,143	4.14
CASE05-1	10	5	50	5	100	20	10	2,853	25	0.25	2,886	25	0.25	2,885	20	0.20	2,674	20	0.20	2,886	5.77
CASE2-1	10	5	200	20	100	20	10	3,616	40	0.40	3,625	40	0.40	3,469	30	0.30	3,069	30	0.30	3,625	1.81
CASE3-1	10	5	300	30	100	20	10	3,739	40	0.40	3,786	40	0.40	3,693	40	0.40	3,314	30	0.30	3,786	1.26
CASE05-05	5	2.5	50	10	50	20	10	2,440	20	0.40	2,368	15	0.30	2,311	15	0.30	2,084	15	0.30	2,440	4.88
CASE2-2	20	10	200	10	200	20	10	5,282	70	0.35	4,757	70	0.35	4,457	70	0.35	3,865	50	0.25	5,282	2.64

* pcx: positions of crack tip (X-coordinate)

点を配置した場合のひびわれ進展荷重の分布状況を示し、図-5に各点にひびわれ先端点を配置した場合、 $(\sigma_{\theta})_{\max}$ 理論により評価される次にひびわれが進む角度(水平軸からの)を示し、図-6に載荷点での荷重～変位関係を示す。なお、ひびわれ進展荷重とはある点でのひびわれを進展させるために必要な荷重を表す。ひびわれが荷重最小の経路を進展すると考えると図-3、図-4から水平軸から45°方向に進むこととなる。一方、図-5の $(\sigma_{\theta})_{\max}$ 理論により評価されるひびわれが進む角度(水平軸からの)から考察すると、もしある長さのひびわれが45°方向に進展しても次には45°方向より下方に進もうとするのではないかと考えられ、図中の矢印のような奇跡を描くのではないかと考えられる。

(2)埋め込み深さ d_e の影響 図-7に縁端距離 e を一定とし埋め込み深さを変化させた場合の引抜き耐力の変化を示す。

(3)縁端距離 e の影響 埋め込み深さ d_e を一定とし縁端距離 e を変化させた場合の引抜き耐力の変化を図-8に示す。図より $e > 100$ になると縁端距離の引抜き耐力に対する寄与があまり変化しない。表-1からも最大耐力点でのひびわれ先端位置 pcx がほぼ40cmであるので、引抜き挙動に対して有効に働く幅があるのではないかと考えられる。

(4)寸法効果 モデルの大きさと引張り強度(引抜き耐力をコンクリートの抵抗面積で除したもの $=P_u/(b \cdot e)$)の関係を図-9に示す。図のように引張り強度はモデルの大きさと反比例して減少している。

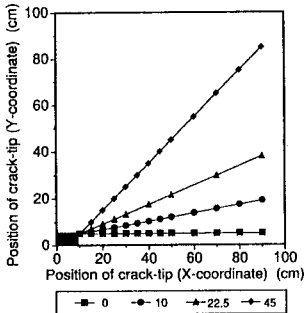


図-2 配置したひびわれ先端位置

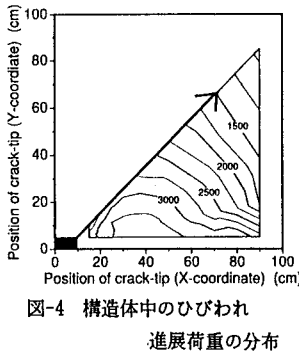


図-4 構造体中のひびわれ進展荷重の分布

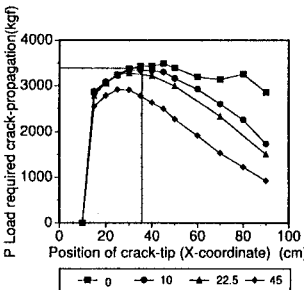


図-3 進展したひびわれと

<参考文献> ひびわれ進展荷重

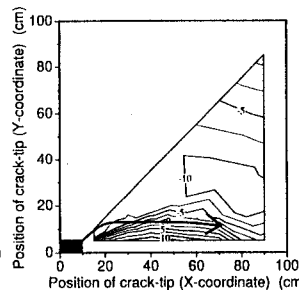


図-5 $(\sigma_{\theta})_{\max}$ 理論により評価される次にひびわれが進む角度(水平軸から)

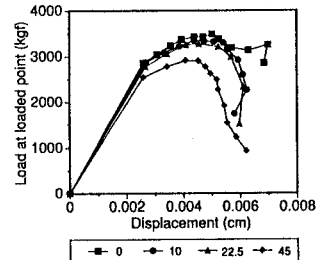


図-6 載荷点での荷重～変位関係

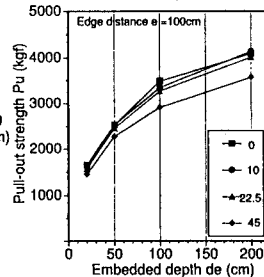


図-7 埋め込み深さ d_e と引抜き耐力

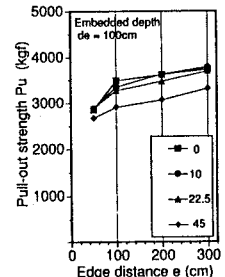


図-8 縁端距離 e と引抜き耐力

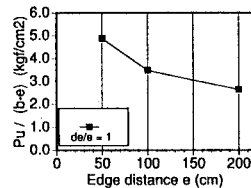


図-9 モデルの大きさと引張り強度

- [1] A. R. Ingraffea and Y. Saouma : Numerical Modeling of Discrete Crack Propagation in Reinforced and Plain Concrete, George C. Sih and A. DiTommaso, Fracture Mechanics of Concrete : Structural Application and Numerical Calculation, Martinus Nijhoff Publishers, pp. 171~225, 1985.
- [2] 矢澤英治・寺島善宏・山崎 淳 : アンカーの引抜きによるひびわれのひびわれの解析評価手法, コンクリート工学年次論文報告集, 13-2, pp. 85~90, 1991.
- [3] 寺島善宏・矢澤英治・長嶋文雄・山崎 淳 : 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, pp. 91~96, 1991.
- [4] 山崎善治・山崎 淳 : アンカーのひびわれ進展経路解析, 土木学会第47回年次学術講演会講演概要集, 第5部門, pp. 908~909, 1992.9.