

コンクリート構造におけるき裂進展挙動解析

岡山大学大学院 学生員 ○松永昭吾
舞鶴市 小西征良
鋼建設技術研究所 正員 伊藤恭平
岡山大学工学部 正員 谷口健男
岡山大学工学部 正員 広瀬壮一

1. まえがき

(社)日本コンクリート工学協会破壊力学の応用研究委員会より提案された共通解析問題2を対象として、アンカーボルトの引抜きによるき裂伝播の様子を数値的にシミュレートし、実験結果と照合する。なお、ここでは、線形破壊力学理論を用いる。

2. 解析対象

同共通解析問題の形状を図1に示す(図中において、 $d=150\text{mm}$ 、 $a=2d$ 、 $b=100\text{mm}$ 、 $l=900\text{mm}$ 、 $K=0$)。また、比較のため、 $a=d/2$ 、及び、 $K=\infty$ についても解析を行う。材料定数については、以下の通りである。

	弾性係数 E (GPa)	ポアソン比 ν
コンクリート部	30.0	0.2
アンカーボルト	210.0	0.3

また、破壊エネルギー $G_F=100 \text{ (Nm/m}^2\text{)}$ とする。

3. き裂伝播解析

本研究では、線形破壊力学理論に基づいて解析を行う。数値解析手法としては、変位型FEMを用いる。応力拡大係数の算定には、Ingraffeaが提案した算定式¹⁾を用いる。なお、モードIに対応する応力拡大係数 K_I が、破壊靱性値 $K_{Ic}=\sqrt{E G_F}$ にいたったとき、ひび割れは進展するものとする²⁾。

ひび割れ進展方向の決定には、ひび割れ先端の周方向直応力最大³⁾の方向を用いる。また、ひび割れの進展量は、任意とし、なめらかな進展結果が得られるように調節を行った。

また、破面近傍の引張応力状態から、分岐ひび割れを考え、分岐ひび割れの発生する場合についても解析を行った。

4. 数値解析とその結果

要素分割は、デローニー三角分割法による要素自動分割⁴⁾を行う。また、要素には6節点アイソパラメトリック要素を用い、ひび割れ先端には、特異アイソパラメトリック要素を用いる。

$a=2d$ の場合の解析結果を図3に、 $a=d/2$ の場合の解析結果を図4に示す。図3、図4ともに、(a)は、 $K=0$ の場合、(b)は、 $K=\infty$ の場合、(c)は、分岐ひび割れのある場合、(d)は、分岐ひび割れがある場合の変形図を示した。

また、 $a=2d$ 、 $K=0$ 、単一ひび割れの場合のA点の荷重-変位曲線を図2に示す。

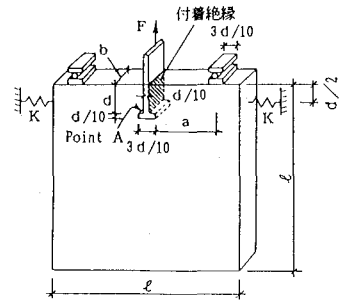


図1 共通解析モデル

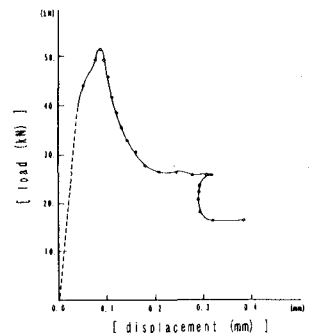


図2 荷重-変位曲線

5.あとがき

今回は、線形破壊力学理論を用いて解析を行ったが、進展経路については、実験結果⁵⁾と比べかなり精度の良い結果が得られた。また、部分的に細かい要素分割を行ったため、比較的少ない要素数で効率的に良好な解を得ることができた。今後、引張軟化特性を導入した非線形解析に拡張し、線形解析との比較検討を行う予定である。

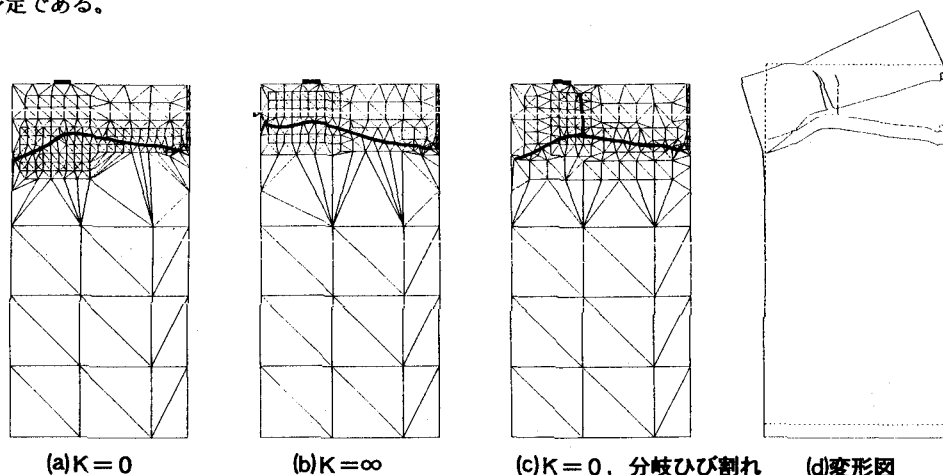


図3 $a = 2d$ モデル

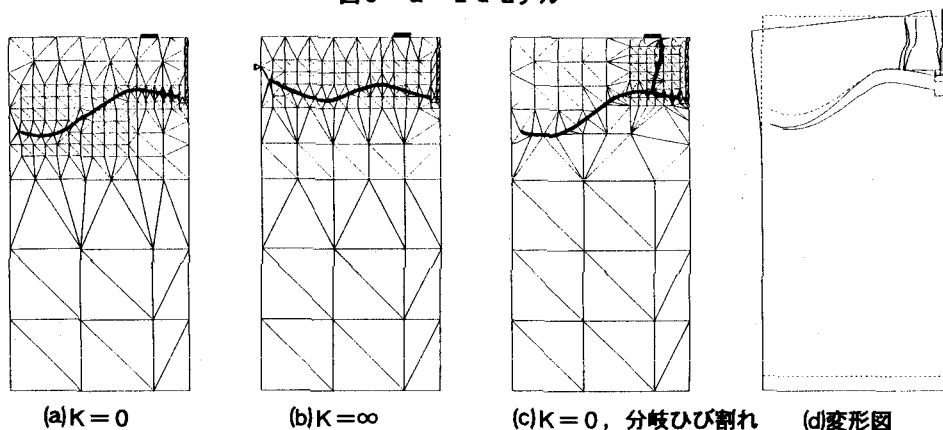


図4 $a = d/2$ モデル

《参考文献》

- 1) A. R. Ingraffea; Numerical modelling of fracture propagation, Rock Fract. Mech. (ed. H. P. Rossmaith), Springer, Berlin, pp. 151-208, 1983
- 2) J. Wang, P. Navi, C. Huet; Round-Robin Analysis of Anchor-Bolts, RILEM TC-90 FMA, Fracture Mechanics of Concrete-Applications, Preliminary Report, May 1991
- 3) F. Erdogan, G. C. Sih; On the Crack Extension in Plates Under Plane Loading and Transverse Shear, Journal of Basic Engineering, pp. 519-527, 1963
- 4) 谷口健男; FEMのための要素自動分割～デローニー三角分割法の利用, 森北出版, 1992
- 5) A. Helbling, A. M. Alvarado, F. H. Wittmann, Round Robin Test of Anchor Bolts, RILEM TC-90 FMA, Fracture Mechanics of Concrete-Applications, Preliminary Report, May 1991