

I - 2

引張軟化挙動を考慮したコンクリート中のき裂の解析

東北大学工学部 学生員 ○伊藤康輔

東北大学工学部 正 員 佐武正雄

東北大学工学部 正 員 新関 茂

1. はじめに

コンクリート内の目視可能な巨視的クラック先端には、多数の微視的なクラックが生じる破壊進行領域が存在し、この領域内では引張軟化挙動が生じることが知られており、このような現象を考慮した仮想き裂モデル (fictitious crack model) などが提案されている。本文は、この仮想き裂モデルを用いて両端固定のコンクリート梁中のクラックの進展過程の解析を行ったものである。

2. 解析方法

切り欠きを有する部材の切り欠きと破壊進行領域が存在するリガメントを有限要素法を用いて離散化する。これら離散化節点には引張軟化則にしたがう伝達力 P_i が作用し、その点の開口変位が W_i であるとすれば、伝達力ベクトル $\{P\}$ と開口変位ベクトル $\{W\}$ の間には次の関係がある。

$$\{W\} = [F] \{P\} + \{C\} q \quad (1)$$

$[F]$: 伝達力 $\{P\}$ による撓み性マトリクス (F_{ij} は j 点にのみ単位伝達力をかけた時の開口変位)

q : 部材に作用する外力

$\{C\}$: q による撓み性ベクトル (C_i は荷重点に単位の集中外力をかけたときの i 点の開口変位)

切り欠き先端から次々と引張軟化挙動が進行する状態は上記の方程式 (1) において離散化節点が順次軟化開始応力 σ_t に達しそれより後方の離散化節点は引張軟化則にしたがって変形するように境界条件と拘束条件を与えることで、仮想き裂モデル化できる。

図-2のように切り欠きの先端の節点番号を k 、そこから m 番目の節点が引張軟化開始応力に達したとして、引張軟化則を図-3のような σ_t と w_i の一次式で表すと方程式 (1) は線形の代数方程式として解くことができる。また、集中外力 q と荷重点変位 d の間には次の関係がある。

$$d = \{B^T\}^T \{P\} + B^C q \quad (2)$$

$\{B^T\}^T$: $\{P\}$ による撓み性ベクトル

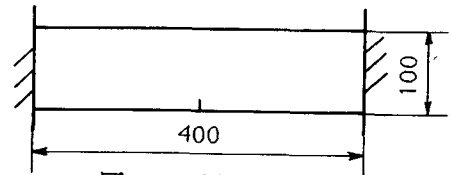


図-1 解析モデル

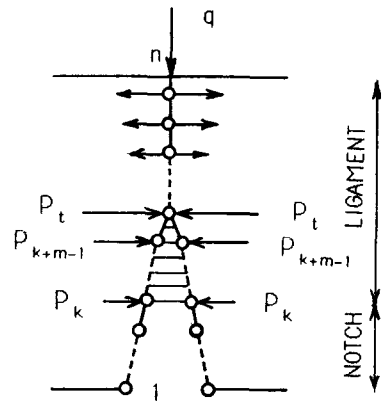


図-2 断面に働く伝達力

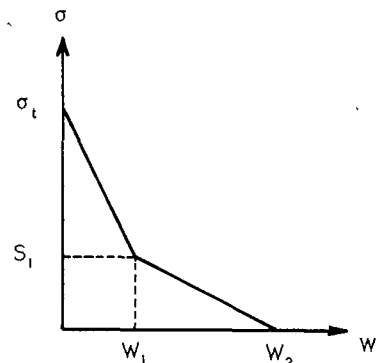


図-3 引張軟化則の二直線モデル

(j 点に単位伝達力をかけた時の荷重点変位)

B^c : q による撓み性 (単位外力をかけたときの荷重点変位)

3. 結果及び考察

図-1 に示す両端固定梁に生じる破壊進行領域についてのべる。図-1 は解析に用いた単位厚さの両端固定梁で、材料定数は、 $E = 3250$ (kgf/mm^2)、 $\nu = 0.2$ である。図-3 は引張軟化則の2直線モデルを示したもので、各パラメータの値は $\sigma_t = 0.3$ (kgf/mm^2)、 $S_1 = 0.06$ (kgf/mm^2)、 $W_1 = 0.07$ (mm)、 $W_2 = 0.4$ (mm) とした。

図-4、5、6 では切り欠き深さが 0.0 (mm)、10.0 (mm)、20.0 (mm) の場合の、荷重 (q) - 荷重点変位 (d)、荷重 (q) - 接点1の開口変位 (COD₁)、荷重 (q) - 仮想き裂長さ (step) の関係を示したものである。図-4 では切り欠き深さによる影響は余り見られないが、図-4、5 では比較的よく現れた。

4. おわりに

仮想き裂モデルを用いて、両端固定梁のき裂の進展の解析を行った。この解析は、切り欠きの先端の仮想き裂の開口変位が W_2 より大きくなる時は切り欠きの長さを1接点分りガメント上へずらして解析を続けたが、切り欠き先端の接点が W_2 を越えると、一度に仮想き裂の先端まで切り欠きが進展した。これは境界条件が両端固定というかなり拘束されたものなので、その影響を強く受けたものだと思われる。

参考文献

- 1) Hillerborg, A., Analysis of Single Crack, Fracture Mechanics of Concrete, ed. F.H. Wittmann, Elsevier Science Publishers, pp. 223-249, 1983
- 2) 野村希晶, コンクリートの破壊進行領域における引張軟化挙動に関する破壊力学的研究, 東北大学工学部博士申請論文, pp. 2-2-3-17, 1990

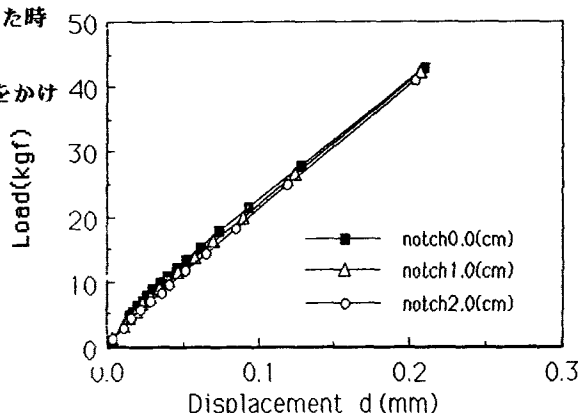


図-4 荷重-荷重点変位曲線

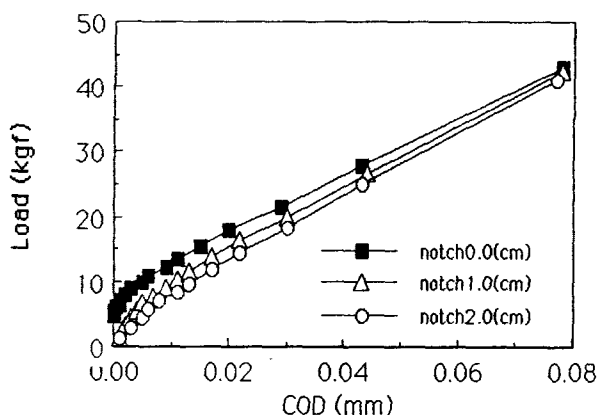


図-5 荷重-節点1のCOD曲線

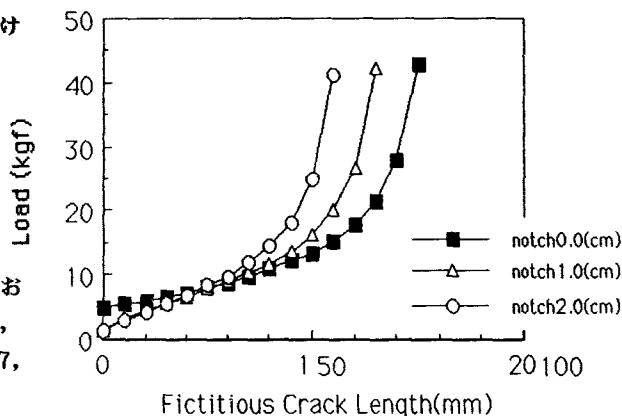


図-6 荷重-仮想き裂長さ曲線