

明星大学 正会員 ○ 竹 内 則 雄
東京理科大学 正会員 川 井 忠 彦

1. はじめに 地盤や構造物の解析には有限要素法が利用されてきたが、地盤と構造物の接触部に関する解析を行う場合、接触箇所ジョイント要素¹⁾等の接合要素を用いる場合が多い。このように行った場合、一旦、引っ張り破壊が地盤内に広がると接触箇所以外では従来通りの連続体近似を行わざるを得ない。即ち接合要素を導入した箇所についてのみ接触問題としての取り扱いが可能となる。

一方、川井モデルは構造物等の極限状態を想定し、その本質はすべりにあるとして開発された物理モデルである。²⁾本モデルでは要素間に集中化されたエネルギーを評価することによってすべり等の不連続性の概念を取り入れている。著者らはさらに、不連続性の概念を取り入れ易いという利点を応用し、接触問題や引っ張り破壊を考慮できるアルゴリズムを開発した。但し、この方法ではすべり破壊を同時に考慮することができなかった。³⁾

川井モデルによるすべり解析では荷重増分法による山田の方法⁴⁾を用いることが一般的によく行われているが、この方法を応用し、引っ張り破壊解析にも適用できるようにし、すべり破壊と引っ張り破壊を同時に考慮できるアルゴリズムを開発した。

本論文では、この新しいアルゴリズムについて述べ、簡単な数値計算例からその特徴を示す。

2. 破壊条件と荷重増分率

土のような粒状体や、接触問題では垂直応力が引っ張り強度に達した後、応力が解放され図1のようになる。今、破壊条件としてクーロンの条件を採用し、引っ張り破壊を考慮すれば、修正されたクーロンの条件は図2に示すようになる。図

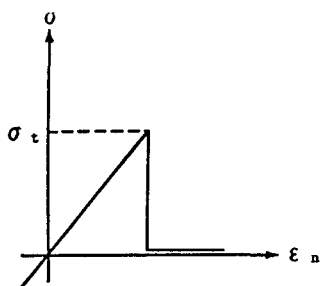


図1. 引っ張り破壊時の応力

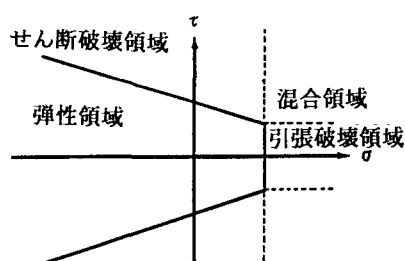


図2. 修正されたクーロンの条件

中に破壊パターンの分類を示しているが、実際の現象では引っ張り破壊とせん断破壊の2種類のみで、混合破壊はない。数値計算上の便宜的な分類である。

修正されたクーロンの条件に対し、非線形解析法として山田の方法による荷重増分法を適用する。山田の方法では、一つの要素を降伏させるのに必要な荷重増分率を前回の応力と今回の増分応力から求めている。図3(a)は山田の方法によるせん断破壊時の荷重増分率を求める図である。A点が前回の応力位置でありC点が今回の増分応力による位置である。ところが、実際にはC点ではなく、破壊曲面上のB点に応力が存

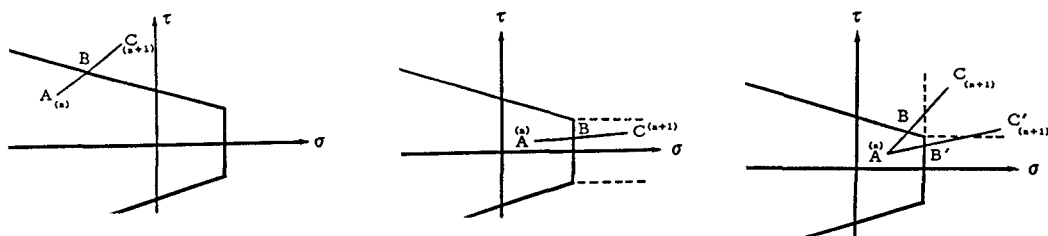


図3. 各破壊時の荷重増分率

在しなければならず、この関係より荷重増分率 r を計算することができる。一旦、破壊曲面上に載った応力は以後、塑性流れ則に従い、除荷が発生するまで破壊曲面上を移動する。一方、引っ張り破壊に対しても同様に荷重増分率の計算を図3 (b) のように行う。A点およびC点についての考え方はせん断破壊時と同様であり、B点は引っ張り強度となる。ある要素がこの条件に適合した場合、一旦増分荷重量をB点に戻し、その後、図1に示すような応力解放を行う。以後、再接触が生ずるまで力が伝わらないものとする。混合領域についてはせん断破壊と引っ張り破壊の両者を図3 (c) のように検討し、小さい方を採用すればよい。

3. 解放力と荷重増分率 引っ張り破壊が生じると、それに伴い解放力が生じる。厳密にこの解放力に対し山田の方法を適用すると次々に発生する引っ張り破壊に伴い、際限無く繰り返し計算を行わなければならない。そこで、図4に示すような荷重増分率を考え、解放力を収束計算過程に組み込む。但し、解放力を組込む際、その時点で残っている荷重増分量 $(1 - r_{min})$ と解放力を関係づける。すなわち、解放力が作用した時点の残りの荷重増分率を解放力に対して適用する。このように考えると、収束計算過程で崩壊した場合は r_{min} の意味合いは薄れるが、破壊の進行状況は把握できる。勿論、 $r_{min}=1$ となった場合には収束計算が終了しているため、荷重値にも信頼性が生ずる。

4. 数値計算例 数値計算例として土中に埋め込まれたアンカー・ブロックが横方向に引張力を受けた場合について解析する。

図5は解析に用いたモデル図で、図6は引張破壊とせん断破壊状況を、また、図7はそのときの変位モードを示したものである。

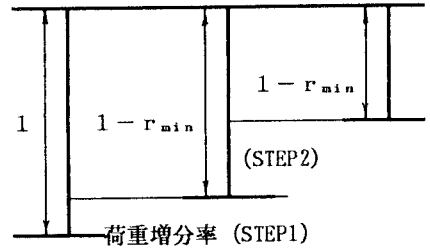


図4. 荷重増分率

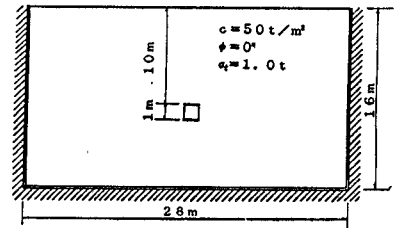


図5. 解析モデル

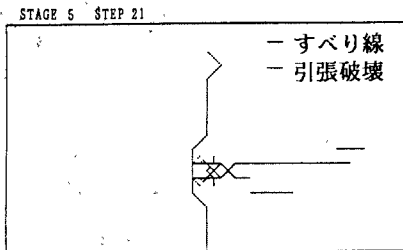


図6. 破壊状況

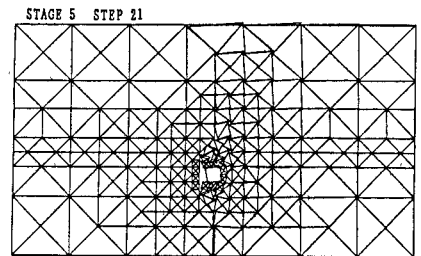


図7. 変位モード

5. むすび すべり破壊と同時に接触問題や引っ張り破壊を考慮できるアルゴリズムを開発した。この方法は地盤と構造物の相互作用問題以外にも適用できるものと考えている。単純なすべり解析等の場合と比較し判定文が多くなるため、多少計算時間はかかるが、より現実に即した解析が行えるものと思われる。

[参考文献]

- 1) Goodman, R.E.: "Method of Geological Engineering in Discontinuous Rock", West Publishing (1976)
- 2) Kawai, T.: "New element models in discrete structural analysis", 日本造船学会論文集、第141号 (1977)
- 3) 竹内、川井: "新離散化モデルによる地盤基礎の極限解析 (その1)", 生産研究, 32, 6, p301-p304 (1980)
- 4) 山田: "塑性・粘弾性", 培風館 (1980)