

C A Dを用いた地すべり3次元安定解析プログラム

キーワード：安定解析 地すべり 次元解析

太田ジオリサーチ 国際会員 林義隆
太田ジオリサーチ 正会員 太田英将
アスカシステム開発 飯室明夫
琉球大学農学部 国際会員 宜保清一

1.初めに

CAD を用いて地すべり地の地盤状況をモデル化し、3次元属性を付加、自動メッシュ生成を行う3次元安定計算プログラムを開発した。このプログラムでは、地すべり頭部・側部・末端部などに合わせてすべり面強度を設定でき、しかも複数の地すべりブロックを一度に計算できる。

これにより、測量・調査・設計にわたって、CADデータを有効に利用でき、しかも、複雑な地すべりの3次元安定解析を迅速に実施することができるようになった。

2.プログラム開発の背景

近年、コンピューター技術の進展と低コスト化により、複雑な数値計算や地理情報の3次元化などが急速に発展している。また、CALSに代表される情報の電子化と測量・調査・設計施工のデータ一元化も進んでおり、地盤工学に関連した技術者や研究者の環境も大きく変化しつつあるものと考えられる。

一方、このような状況の中にありながら、斜面安定解析に用いる計算方法は、従来から2次元断面法が最も主要な方法であった。しかし、実際に発生する地すべりや崩壊は、盛土や軟弱地盤の破壊のような2次元断面に還元できるものは少なく、3次元的な広がりを持ち、たとえば、すべり面形状が地質構造や岩の風化変質に規制されることなど、周知の事実と考えられる。筆者らは、このような複雑な形状を持った斜面災害の解析を行う場合、3次元形状を考慮した解析方法が特に重要であることを発表した¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾。

以上のような背景を受け、近年発達したIT技術を有効利用し、簡便・迅速・低コストで地すべり3次元安定解析が行えるプログラムを開発することが、今後の地盤工学発展に大きく寄与するものと考え、本システムを開発することとなった。

3.プログラム概要

システムは図-1のような構成になっている。

- 1). 2次元CADソフトウェアを用いて、地すべり地の地形・すべり面・地下水位面の等高線を作成する。地すべりの地形情報などは、既存の電子化データを利用することが可能である。
- 2). 等高線3次元属性付加プログラムでCADの等高線に高さ属性をつけ、3次元データに変換する。
- 3). 3次元データ作成プログラムで作成した3次元データの鳥瞰図を作る。このとき、データのエラーやすべり面形状などをビジュアルに確認修正する(図-2)。
- 4). 3次元安定解析プログラムでこれらのデータを用いて3次元安定解析を行う。

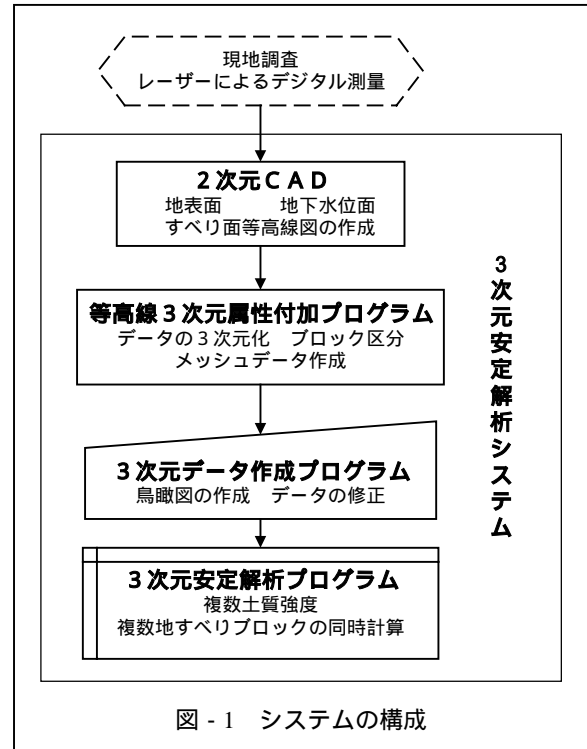


図-1 システムの構成

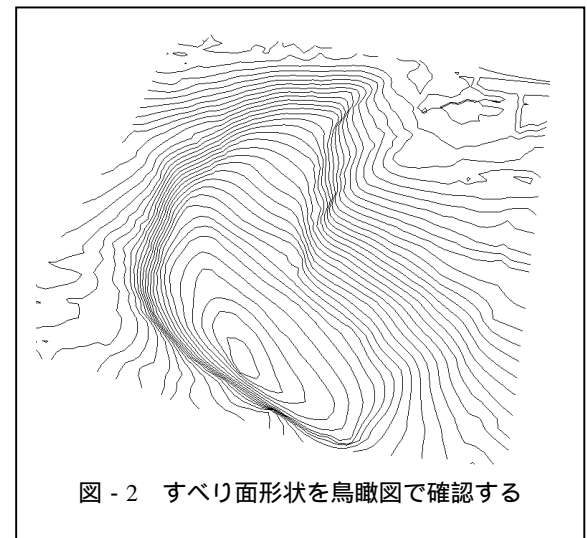


図-2 すべり面形状を鳥瞰図で確認する

4.計算例

図-3に示すような折れ曲がった形状の地すべりを想定し、3次元安定解析を行った結果を表-1および表-2に示す。

4-1 すべり面強度の取り扱いについての提言

プログラムでは、CADを用いてすべり面の土質定数を任意の範囲で設定することが可能である。従来の2次元計算では逆算法による単一すべり面強度を用いることが多かった。しかし、3次元法では地すべり土塊の形状を正確に反映できるので、主動部のすべり面には残留強度を、受働部には三軸圧縮試験等によるピーク強度等を用い、サイドフリクションの働く側壁部を逆算し、地すべり土塊の土質状況に整合した解析を行うことが可能になった。

計算結果は表-1に示したとおりであり、単一のすべり面強度と複数種類のすべり面強度では、地すべり後の安全率に差が生じており、安定度の評価や対策工の設計をする場合に、より現実に近い評価を与えることが可能となると思われる。

4-2 すべり方向が彎曲する地すべりの解析についての提言

図-3の想定地すべりは、右方向に彎曲しながらすべっている。このような地すべりの場合、通常の3次元安定解析では地すべり頭部の推力ベクトルと末端部の推力ベクトルが打ち消しあい、現実とは異なる結果が生じる場合がある。本プログラムでは、移動状況に合わせて地すべりを複数ブロックに分割できるので、彎曲した地すべりの解析も容易になった(表-2)。

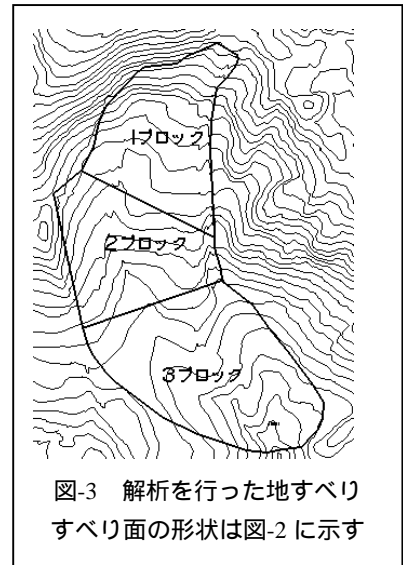


図-3 解析を行った地すべりすべり面の形状は図-2に示す

表-1 すべり面強度を単一の逆算強度を用いた場合と、残留強度を用いた場合の違い

| 地形条件 | すべり面強度 | 地すべりブロック | すべり力 kN | 抵抗力 kN | 安全率 | 主要すべり面強度 | | 末端部強度 | | |
|-------|--------|----------|------------|-----------|------|------------|------|------------|-----|----------------|
| | | | | | | c (kPa) | (°) | c (kPa) | (°) | サイドフリクション(kPa) |
| 地すべり前 | 単一 | 単一 | 8,018,020 | 8,016,050 | 1.00 | 0 | 13.4 | 考慮せず | | |
| | 複数種類 | 単一 | 8,018,020 | 8,022,210 | 1.00 | 0 | 7 | 20 | 20 | 56 |
| 地すべり後 | 単一 | 単一 | 7,404,060 | 8,218,680 | 1.11 | 0 | 13.4 | 考慮せず | | |
| | 複数種類 | 単一 | 7,404,060 | 8,015,220 | 1.08 | 0 | 7 | 20 | 20 | 56 |

表-2 地すべりの移動方向からブロックを3つに分割して計算した場合の違い

| 地形条件 | すべり面強度 | 地すべりブロック | すべり合力 kN | 抵抗力 kN | 安全率 | 主要すべり面強度 | | 末端部強度 | | |
|-------|--------|----------|-------------|-----------|-------|------------|-----|------------|-----|----------------|
| | | | | | | c (kPa) | (°) | c (kPa) | (°) | サイドフリクション(kPa) |
| 地すべり前 | 複数種類 | 単一 | 8,018,020 | 8,022,210 | 1.00 | 0 | 7 | 20 | 20 | 56 |
| | | 分割ブロック1 | 3,772,260 | 1,016,300 | 0.27 | 0 | 7 | - | - | - |
| | | 分割ブロック2 | 4,031,080 | 1,793,400 | 0.45 | 0 | 7 | - | - | 56 |
| | | 分割ブロック3 | 255,020 | 5,209,500 | 20.43 | - | - | 20 | 20 | 56 |
| | | ブロックの合計 | 8,058,360 | 8,019,200 | 1.00 | | | | | |
| 地すべり後 | 複数種類 | 単一 | 7,404,060 | 8,015,220 | 1.08 | 0 | 7 | 20 | 20 | 56 |
| | | 分割ブロック1 | 3,871,240 | 1,083,860 | 0.28 | 0 | 7 | - | - | - |
| | | 分割ブロック2 | 3,973,610 | 1,793,150 | 0.45 | 0 | 7 | - | - | 56 |
| | | 分割ブロック3 | 0 | 5,205,770 | - | - | - | 20 | 20 | 56 |
| | | ブロックの合計 | 7,844,850 | 8,082,780 | 1.03 | | | | | |

5.今後の課題

本システムは、現在簡便法による解析のみが対象であるが、今後はスライス間のフリクションを考慮した計算方法などの改良を行っていく必要があるものと考えている。

参考文献

- 1)林義隆ら：地すべり二次元安定解析と三次元安定解析の比較,第37回地すべり学会講演発表集,pp445-448,1998.
- 2)太田英将ら：地すべり三次元安定解析の利用方法(その1),第37回地すべり学会研究発表会講演集,pp441-444,1998.
- 3)太田英将ら：地すべり三次元安定解析の利用方法(その2),第39回地すべり学会講演発表集,pp59-62,2000.
- 4)野口隆ら：リアルタイム3次元安定解析,第39回地すべり学会講演発表集, pp 63-66,2000.
- 5)太田英将ら：周面摩擦効果を考慮した地すべりの3次元安定解析,地すべり,Vol.38,No3,pp255-260,2001.