

Lecture

地すべり解析における有限要素法の利用 第1回 Finite element method for landslide analysis No.1

1. 講座を始めるにあたって

Introduction

講座委員会委員長 鶴飼恵三／群馬大学工学部

Keizo UGAI／Faculty of Engineering, Gunma University

キーワード：有限要素法，地すべり，斜面安定

Key words：finite element method, landslide, slope stability

1.1 講座の目的と概要

本講座の目的は、地すべり現象の解析や対策工の設計において、有限要素法（FEMと略称）の有効性と適用方法などについてわかりやすく説明することである。すなわちFEMを利用することで現象が合理的に説明され、また経済的な対策工の設計が可能になることを具体的に示すことである。その結果、より多くの方にFEMの有効性を理解していただき、実務に活かしていただけるこ

とを願うものである。

本講座の前半では、FEMの知識を持たない読者のためにFEMの基礎知識を紹介する。後半では、応用・適用例を中心に記述がなされる予定である。表-1に示すように本講座は、約2年半にわたって開講される。FEMの地すべり解析への適用に関する研究は未完成であり、発展途上にある。このため今後FEMの適用事例が増加するに伴い、表-1の後半部分は内容に多少変更がある

表-1 講座連載中の各回の内容（予定）

回数	章 タイトル	執筆者（敬称略）	掲載号（予定）
1	1. 講座を始めるにあたって	鶴飼恵三（群馬大）	40-1号
2	2. FEMによる地すべり解析の基礎理論 2.1 弾塑性FEMの考え方（前編）	鶴飼恵三（群馬大）	40-1号
3	2. FEMによる地すべり解析の基礎理論 2.1 弾塑性FEMの考え方（後編）	鶴飼恵三（群馬大）	40-2号
4	2. FEMによる地すべり解析の基礎理論 2.2 せん断強度低減法による全体安全率の計算	若井明彦・蔡 飛（群馬大）	40-3号
5	2. FEMによる地すべり解析の基礎理論 2.3 降雨・地下水浸透の解析	西田憲司（大林組）・ 山上拓男・蔭 景彩（徳島大）	40-4号
6	2. FEMによる地すべり解析の基礎理論 2.4 各種対策工の効果	蔡 飛（群馬大）	40-5号
7	2. FEMによる地すべり解析の基礎理論 2.5 地震時安定問題	若井明彦（群馬大）	40-6号
8	2. FEMによる地すべり解析の基礎理論 2.6 土質定数の決定	山崎孝成（国土防災）	41-1号
9	2. FEMによる地すべり解析の基礎理論 2.7 クリープ現象の数理モデル	西村伸一（岡山大）・ 堀 俊男（ウエスコ）・藤井弘章	41-2号
10	3. 弾塑性FEMとその他の手法 3.1 斜面安定解析の数理基礎とその応用	大塚 悟（長岡技大）	41-3号
11	3. 弾塑性FEMとその他の手法 3.2 遠心模型実験結果との比較	倉岡千郎（日本工営）	41-4号
12	4. FEMの地すべり解析への適用例 4.1（題目は未定）	川本 治（農業技術研究機構）	41-5号
13	4. FEMの地すべり解析への適用例 4.2（題目は未定）		41-6号
14	4. FEMの地すべり解析への適用例 4.3（題目は未定）		42-1号
15	5. 地すべり解析におけるFEMの今後の展望 〈インタビューまたは座談会〉		42-2号
16	6. 講座を終えるにあたって	鶴飼恵三（群馬大）	42-3号

かもしれない。紙数の制約により、数式や詳細な説明は他の文献や専門書にゆだねざるを得ないが、FEMの初心者にも理解できるよう心がけたい。

1.2 FEMに関する書籍と文献の紹介

FEMの知識を持たない読者のために、いくつかの書籍と文献を紹介しよう。筆者の主観が混じっていることをご容赦願いたい。FEMをゼロから学びたい読者には、文献1)を薦めたい。構造力学をベースに書かれているが、FEMプログラムの詳しい説明とわかりやすい計算例が特徴である。さらに進んでFEMを勉強したい読者には文献2),3)を薦めたい。文献2)には弾塑性の基礎理論と弾塑性FEMプログラムが、文献3)には弾塑性解析と非線形解析の基礎理論が、詳述されている。また、世界的に有名であり、現在も改訂が進んでいる文献4)は、一読の価値がある。その他、地盤工学会と日本地すべり学会がそれぞれ独自に開催しているFEM講習会のテキスト(市販されていない)も有用である。地盤工学会のテキストは改訂され、平成15年8月には市販される予定である。これら以外にも、膨大な数のFEM関連書籍がこれまでに出版されているが、地すべり解析に特化したFEMのテキストは内外ともに未だ市販されていない。今後このような書物の出版に向けて努力したい。

1.3 FEMについて

FEMによる斜面安定解析(以下において、“地すべり解析”より広義の意味を持つ“斜面安定解析”という用語を使う)には、2つの方法があると考えられる⁵⁾。1つは、斜面の変形・破壊解析であり、斜面内の土の応力・ひずみ関係式、斜面の境界条件、斜面への外力作用、及び水圧の状態などをありのまま再現し、解析しようとするものである。仮定を真実に近づける努力を続けることで、実際の斜面に対する精度の高い安定性評価や破壊予測につながると考えられる。もう1つはせん断強度低減法を組み込んだFEMによる斜面安定解析であり、これは設計ツールとしての利用価値が高い。この方法は、FEMで計算される全体安全率の値を用いて斜面の安定

性や対策工の効果を精度よく評価しようとするものである。計算される安全率は、従来法である極限平衡法で定義される安全率と同じ意味を持つので、安全率の考え方に一貫性がある。せん断強度低減法については、本講座でも詳述される。

1.4 FEMの有用性と留意事項

FEMの意義と有用性は、本講座が進むにつれて徐々に明らかにされるが、極限平衡法と比べて特に有用な点は、変形を考慮できることである。また適切な応力・ひずみ関係式を用いることですべり土塊内とすべり面上の応力状態が合理的に決定される。このため抑止工のような構造物と土との相互作用を正確に取り扱うことができ、また精度の高い三次元斜面安全率の計算が可能になるなど、その適用範囲の拡大は計り知れない。

FEMは数学的な観点から見ると微分方程式の近似解法であり、数値解析法の一つにすぎない。また元来連続的な現象を対象に発展してきたため、不連続な変形の取り扱いが得意ではない。これらの点は、FEMを利用するとき常に注意する必要がある。

地すべり解析におけるFEMの利用は、近い将来必ず大きな成果をあげ、地すべり解析の重要な分野になると信じている。FEMに対して過大評価も過小評価もすることなく、本講座とお付き合い願いたい。ご質問、ご意見があれば、各執筆者もしくは筆者に遠慮なくご連絡ください。

参考文献

- 1) 戸川隼人(1979):有限要素法へのガイド,サイエンス社。
- 2) 田中忠次, 鶴飼恵三, 河邑眞, 阪上最一, 大津宏康(1996):地盤の3次元弾塑性有限要素解析,丸善。
- 3) 田中忠次(1992):有限要素法による変形・安定解析,わかりやすい土質力学原論(第1回改訂版),地盤工学会,pp.109-154。
- 4) Zienkiewicz, O.C. and Taylor, R.L. (2000):The Finite Element Method (Fifth edition), Vol.1, 2, 3, Butterworth-Heinemann.
- 5) 山上拓男, 鶴飼恵三(2001):斜面の安定と変形解析総説(LEMとFEMの応用),地すべり, Vol.38, No.3, pp.9-19。

(原稿受付2003年2月4日,原稿受理2003年3月19日)