



地盤工学会研究奨励賞を受賞して

肥 後 陽 介 (ひご ようすけ)

京都大学大学院 助教 工学研究科社会基盤工学専攻

1. 受賞業績の概要

この度は地盤工学会研究奨励賞を受賞し、大変光栄に存じます。受賞の対象となった業績は、以下の論文です。

Higo, Y., Oka, F., Kimoto, S., Morinaka, Y., Goto, Y. and Chen, Z., "A coupled MPM-FDM analysis method for multi-phase elasto-plastic soils", *Soils and Foundations*, Vol. 50, No. 4, pp. 515~532, 2010.

この論文では、粒子法の一つである Material Point Method (以下、MPM) と Finite Difference Method (有限差分法, FDM) を連成し、飽和、不飽和地盤材料の大変形解析法を開発しました。MPM は、流体力学の大変形解析法である Particle-in-cell 法 (PIC)¹⁾ を固体力学の分野に拡張した粒子法で、1994年に Sulsky ら²⁾ によって提案されました。MPM は、以下のような代表的な特徴を持ちます。

1. 応力やひずみといった履歴依存変数は粒子が持ち運ぶ一方で、各ステップでの計算は任意の計算格子で実施する (図-1)。そのため、有限要素法に見られるメッシュの連結性に起因した大変形時のメッシュの極度なひずみによる解析精度の低下、あるいは解析の破綻の問題を回避し、大変形を解析できる。
2. 運動方程式の弱形式を用いて、最終的に計算格子に離散化する点で有限要素法と類似している。
3. 履歴変数は粒子が持ち運ぶため、履歴依存型の構成式を容易に適用できる。

地盤力学の分野でも、大変形問題の解析に適用されてきましたが³⁾、いずれも固体のみの一相系解析法でした。そこで、本研究では、固体、液体、気体の三相を連成した支配方程式を定式化し、これに間隙空気圧の圧縮性は十分に大きいと仮定する簡易三相法⁴⁾を適用し、固体相を MPM で液体相を FDM で離散化する事によって、多相連成大変形解析法を確立しました。また、MPM は基本的に動的解析法であり、構成則には砂の繰返し弾塑性構成式を用いています。完全飽和土に対しては一次元圧密問題、不飽和土に対しては浸透-変形連成問題の解析例を示し、それぞれの適用性を検証しました。

土構造物の設計や安全性の照査には、破壊までを解析する事が重要で、有限要素法は多くの実績を残していますが、水の浸透と洪水や津波による浸食を伴い安定性が進行的に変化していく問題には、粒子法の活路があると考えています。今後は、実問題との比較を通して、妥当性の検証を行っていきます。

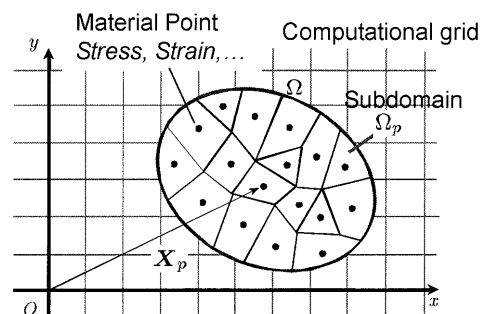


図-1 Material Point Method の概念図

2. おわりに

共著者の岡二三生先生が、ある日、Sulsky ら¹⁾の論文を私の机に置いて下さってから、この研究成果をまとめるまで、多くの方と共に研究を進めてきました。この解析法は、液状化解析法 LIQCA⁵⁾をベースにしており、岡二三生先生、木元小百合先生や他の大学や機関の開発グループの方によって蓄積された、動的連成解析に関連する多くノウハウを参考にさせていただきました。また、修論、卒論で共に研究した森中雄一氏 (現在、三菱商事 株)、後藤優典氏 (現在、西日本旅客鉄道 株) には多大なご尽力をいただきました。さらに、オリジナル MPM の開発者である、University of Missouri の Zhen Chen 教授には、惜しみなくご助言をいただきました。これらの方々に深い感謝の意を表します。

MPM の他にも、幾つかの粒子法が地盤力学の分野で適用されていますが、各々の特徴を整理し、地盤工学の諸問題に対する粒子法の適用を進めるため、皆様の一層のご指導とご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。

参 考 文 献

- 1) Harlow, F.H.: *Methods for Computational Physics*, Vol. 3, Adler, B., Fernbach, S. and Rotenberg, M., eds., 319~343, 1964.
- 2) Sulsky, D., Chen, Z. and Schreyer H. L.: *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, **118**, 79~196, 1994.
- 3) 阿倍慶太, Johansson J., 小長井一男: 土木学会論文集 C, Vol. 63, No. 1, 93~109, 2007.
- 4) Oka, F., Kimoto, S., Kato, R., Sunami, S. & Kodaka, T.: *Proc. 12th International Conference of International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics (IACMAG)*, Goa, India, 1-6 October 2008, Singh, D. N. ed., 2029~2041, 2008.
- 5) 液状化解析法 LIQCA 開発グループ, 2011年公開版, 2011.