

講演会「数値波動水槽による耐波設計の革新」 ～粒子型数値波動水槽の最近の進捗を例に～

日 時 : 平成 24 年 10 月 15 日 (月) 15 : 30～18 : 00

場 所 : 国土交通省 水管理・国土保全局/局議室

講 師 : 後藤 仁志 教授

京都大学大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻

<主な質疑内容>

- 後藤先生の高精度粒子法のコードの活用は可能でしょうか。
 - 共同研究という形で一緒に検討を進めて、実績を重ねていく必要があると考えています。直ぐに実用公開するには、オープンソースに作り直す必要があるが、そこまでのフォローをするには人的資源が必要。
- 高精度粒子法等の手法を用いる場合には、パラメータ設定の必要が無くなるのでしょうか。
 - たとえば、単相流の水の流れを計算する場合には、粒子の大きさをどれ位にするかという設定は必要であるが、パラメータフリーと考えてもらってよいです。基本的には、いろいろなパラメータを使用して無理やり合わせこむということは必要ありません。
- 平均的な水位や流速の変動ではなく、急激な水位や流速の変動を再現できるところに粒子法の長所があるのですが、再現計算をする場合に、検証データとして、急激な水理現象の変化を観測することが求められることが必要になるかと思います。
 - 災害発生後にデータを取得する事は困難かもしれませんが、例えば、沖波波高の観測データから波浪場の計算を行い、その計算値を活用して、粒子法で越波現象を計算するなどの、手法の組合せでうまく対応できるのではないかと。
- 高精度粒子法による 5 つの手法を組合せて導入すると、なぜ粒子が静水圧分布に近づくのか、補足説明を御願いします。
 - 粒子間の分布の密度評価について、周辺の分布で抑える重み関数を入れる微分する操作を起こったところ、上手く計算できるようになったというイメージです。
- 粒子法による解析はどのような分野で使用されているのか。
 - 日本での粒子法の研究は東大の越塚先生の研究室で 1996 年から始まっている。船舶海洋や原子力工学の分野で使用されている。波動以外の流体（水理）の分野で活用は少ない。プログラムが少し難しいと思われているのか、実務者向けの使い易いソフトのパッケージ化まで進んでいないということが要因かもしれない。
- 飛沫の分布などをビジュアルに見せるには粒子法でないとできないのか。
 - 従来法では難しい。格子法で再現しようとする、ものすごく細かい格子を設定しな

ければならないので困難である。粒子法も実は粒子をざっくりと飛ばしている、本当は、しぶきが発生する物理現象を踏まえ、表面張力を入れて水面を裂ける計算をしなければならないのだが、物理現象に拘って計算する方法は実務とかけ離れたものになってしまうので、現時点では物理現象を 100%再現するものではなくても、工学的に実務要件に応えるレベルの精度が確保できる手法として開発研究を実施している。

○河川の橋脚周りの局所洗掘への適用はどうか。

→適応のメリットがあると思います。水深が浅い場合には、水面の変動が激しく底面の掃流力も変化するので、粒子法が適していると思います。海岸でも特に、砕波帯とか、水深が大きく変わるところがそうですし、それから、災害の解析でも、津波の越流みたいな極端な現象に対して適用する値打ちはあると思います。ダムの越流における負圧による剥離などの現象も、負圧を考慮した粒子法の計算を研究したいと考えている。流砂量の計算は、今後の研究課題である。

○堤防の越流・破堤現象を計算しようとすると、堤防の浸透破壊もモデル化する必要があるが、粒子法で対応可能でしょうか。

→今後の研究課題として、ケーソンとマウンドの倒壊の計算のように、地盤やマウンドにおける浸透現象や円弧すべを入れたモデルの検討をしていくことは可能である。

○粒子法では、なぜ、圧力が振動し、水面が振動するのでしょうか。

→粒子法は、粒子の位置が自由に動くので、圧力の変化によって自立的に座標の位置が決まる。粒子間の圧力が高くなると粒子同士が反発する力になり、低くなると粒子同士を引っ張る力になることによって粒子の位置が定まるので、必然的にノイズが発生する。一端ゆらぐと止まらなくなり、粒子間の圧力が過大・過小になり、常に標準値の回りに揺れ、その揺れが激しいのが標準法で、自由水面が振動するノイズとなってしまう。但し、計算をうまくやると、誤差を減らすことができ、揺らぎも小さくでき、標準値周りの振動が小さくできる。これが高精度粒子法である。粒子法の場合、完全に揺れないようにすることは無理である。

→イメージとして、分子運動を考えれば振動ノイズがあるが、粒子法計算では連続体として巨視化しており、水分子の運動までは考えないので、ノイズは小さくしたい。

○粒子法で、二次流や乱流を表現することは可能なのでしょうか。

→魚道の強制二次流は表現できるが、乱流境界層はまだ表現できない。すごく変動レベルが小さいので、この誤差制御が対応できていない。さらに高精度化したら出せるかもしれない。

○堤体を越流において吸出し現象を表現する場合、どれ位の細かいサイズの粒子で計算する必要があるのか。

→今回の計算では 15cm 位の粒子で計算をしているが、並列化するなど、いろいろなことをやれば、その 10 分の 1 までのサイズは対応できるのではないかと。但し、断面計算でも二乗でいってくるので、計算は大変だと思います。吸出しを考える場合には負圧域

の計算ができるかどうかになる。また、浸透も考慮することになる。浸透の場合には、堤体を抵抗として、堤体にも浸透流を流す計算をすればできるが、高負荷の計算となり、解像度の問題で難しい。あるいは、堤体の目地の前後だけをクローズアップした計算ということはできるかもしれない。