

九州大学工学部 神 野 健 二

数値計算により汚染物質の濃度予測を行う場合で解析対象領域が無限に広いとき、計算領域の境界設定がしばしば問題となることがある。これまでの論文で取り扱われている移流分散方程式の数値計算以外にも、例えば地下掘削時に地下水の浸透量を推算するとき基盤が深く境界を何処に設定するかが問題となり、設定場所によって浸透量が異なることがあることと同じ問題である。従来は予め遠くに設定した境界を試行錯誤的にいろいろ変えてみて、計算結果から妥当な位置を経験的に定めていたのが一般的であろう。このような方法では著者らも述べておられるように、計算精度のみならず計算コストも問題となる。著者らが引用されている文献をみると、このような問題を解決する一つの方法として従来の有限要素に「無限要素」を組み合わせる手法が提案され、既にポテンシャル場などへの応用が試みられ、良い結果が得られている。本論文では新たに移流分散方程式を有限要素法で数値計算する場合にこの「無限要素」を導入することを試みられている。特に、無限要素内での濃度を表すのに用いられる指数型の減衰関数の中に含まれる「減衰長」の物理的意味を明確に示されている。その結果、この「減衰長」が分散係数 D と移流速度 v との比で規定されることを見出されている。ここで得られた結果および知見は無限領域の中での汚染問題を数値計算で検討する際の、領域境界の設定に有効に活用できるものと考えられる。

さて、討議者は以下の点がよく理解できなかったもので、教えていただければ幸甚である。

1. 式(40)に示されている結果： $0 < L < [(x_2 - x_1) + (x_2^2 - x_1^2)^{1/2}] / 2 \dots\dots (40)$

は減衰長の取りうる範囲であるとなっているが、この不等式の中には分散係数 D や移流速度 v は含まれていない。減衰長が比 D/v に比例するという結果とどういう関連が有るのでしょうか。

2. 式(40)は式(39)の C^{-1} の係数が $0 < (2/\delta t - A) / (2/\delta t + A) < 1$ を満たすこと、すなわち $B > 0$ の条件から得られたものと考えられるが、本来移流分散方程式の安定性は周知のようにメッシュサイズ、時間きざみおよび D , v の関数として論じられている。解析対象領域の外側に設けられた無限要素の内挿関数の減衰長 L が離散近似式の安定性と関連が有るのはどのように考えればよいのかを教えていただきたい。

3. 減衰長 L の理論的検討とは直接関係は有りませんが実際の現場に適用する場合を考えたとき、以下の疑問を持ったので教えていただけないでしょうか。すなわち Reynolds 数を $Re = v\ell/\nu$ (ℓ はほぼ砂の平均粒径, ν は動粘性係数) とするとき、均一な砂層地盤では例えば Harleman & Rumer (1963) によると、縦方向の分散係数は $D_L/\nu = 0.66 Re^{1.2}$ 、横方向の分散係数は $D_T/\nu = 0.036 Re^{0.7}$ のような関係が成立することが実験的に示されている。これらを著者らの式(42)のように表すと a_L , a_T が砂の平均粒径 ℓ に対応し、 a_L , a_T が浸透層の構成材料のサイズを表わす代表長さとなる。この論文で用いられた a_L , a_T はそれぞれ 1.0 m, 0.5 m と大きいようだが、これは岩盤浸透流での大きなクラックのようなものを想定してこれらの値を用いられたのでしょうか。また、砂層地盤のように粒径 ℓ が小さい場合には、対応する a_L , a_T も小さくしたがって関係式： $L = 1.2(a_L \cdot a_T)^{1/2}$ から減衰長 L を計算するとかなり小さくなくなると考えられる。このような場合にもこの L を用いても問題が無いのかどうかコメントがあれば教えていただきたい。