

V-124 有限要素法による水中不分離性コンクリートの流動挙動に関する基礎的研究

大阪セメント(株) 正会員 浅野文男
 明石工業高等専門学校 正会員 角田 忍
 立命館大学 正会員 児島孝之

1. まがえき 水中不分離性コンクリートは、従来に無い特徴的な流動挙動を示すため、現在のコンシステンシー試験のみでは、十分な品質管理が行い難く、基準化された試験方法もまだない。特に水中打設後、水中での締固め作業が困難であるため、自重による締固め及び充填性能が要求され、その評価方法が施工する際に問題となる。従って、水中での変形・流動挙動をシミュレートする方法の開発は、この種のコンクリートの使用頻度の急増に伴って急務となっている。本研究は、有限要素法を用いて水中不分離性コンクリートの流動挙動の解析を行い、実験結果との比較からその有効性について検討を行ったものである。

2. 解析概要¹⁾ 本研究の解析対象はボックスフロー試験²⁾であり、三角形要素を用いた2次元平面ひずみ問題として解析を行った。要素分割図を図1に示す。水中不分離性コンクリートを擬塑性流体と考え³⁾、流動方程式 $\tau = r \dot{\gamma}^s$

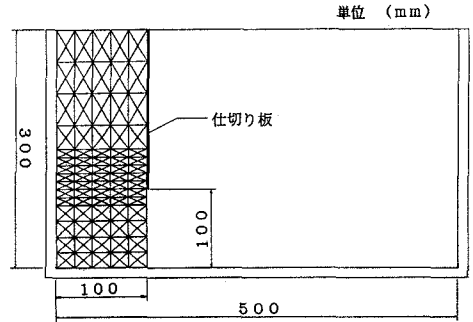


図1 要素分割図

における非ニュートン粘性係数 r と非ニュートン粘性指数 s から材料定数 C , n を決定し、与える。このとき、擬塑性流体の構成則を次式に示す。

$$2CV_{ij} = \sigma'_{ij}{}^n$$

ここで、 V_{ij} は変形速度テンソル、 σ'_{ij} は偏差応力テンソルである。図2に解析に使用したプログラムのフローチャートを示す。材料モデルは非圧縮性物体、均質等方性材料とする。解析上のポアソン比を0.49、示方配合から密度を計算し 2.28 t/m^3 とした。本解析では、弾性変形が極めて微小であり、節点変位から応力度を求める際にヤング係数は相殺するため、ヤング係数の大きさは計算上無関係となり $2.1 \times 10^9 \text{ gf/cm}^2$ とした。ただし、底面との摩擦力、付着力及び骨材粒子の存在は考慮していない。

3. 解析結果及び考察 図3に単位水量 200 kg/m^3 、水中不分離性混和剤の添加量 2.2 kg/m^3 である水中不分離性混和剤を用いたコンクリートにおける30秒、1, 3, 5分後の解析結果と実験結果とを比較した一例を示す。図中の実験結果の形状は、気中時に側方からビデオ撮影を行い、図化したものである。なお解析結果としては5分後の最終形状から、解析パラメーターである r 及び s を決定し、 $r=100 \text{ gf/cm}^2 \cdot \text{s}$ ($=9807 \text{ Pa} \cdot \text{s}$)、 $s=0.299$ とした。ボックスフロー試験装置の底面が板であることより摩擦力・付着力の影響を受けることで、試験後1分までは、底面からほぼ5cmのところが突出を起こし、その後コンクリートの自重及び骨材粒子による崩れの現象が起き底面に付着し流動していく。しかし、解析結果では底面摩擦・コンクリートと底面との付着力を考慮していないためすべりが発生し、流動開始後常に

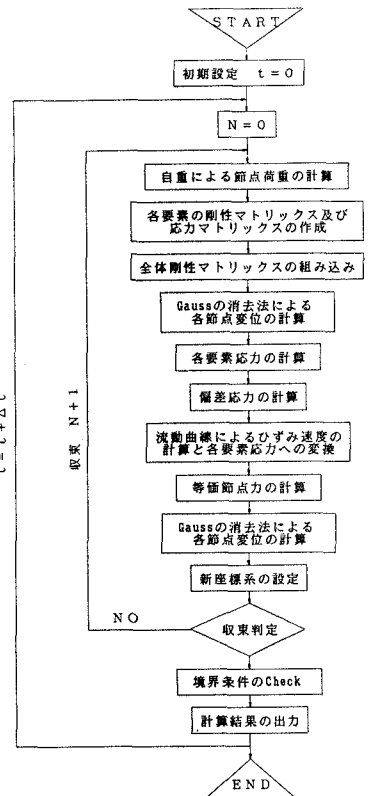


図2 流動解析におけるフローチャート

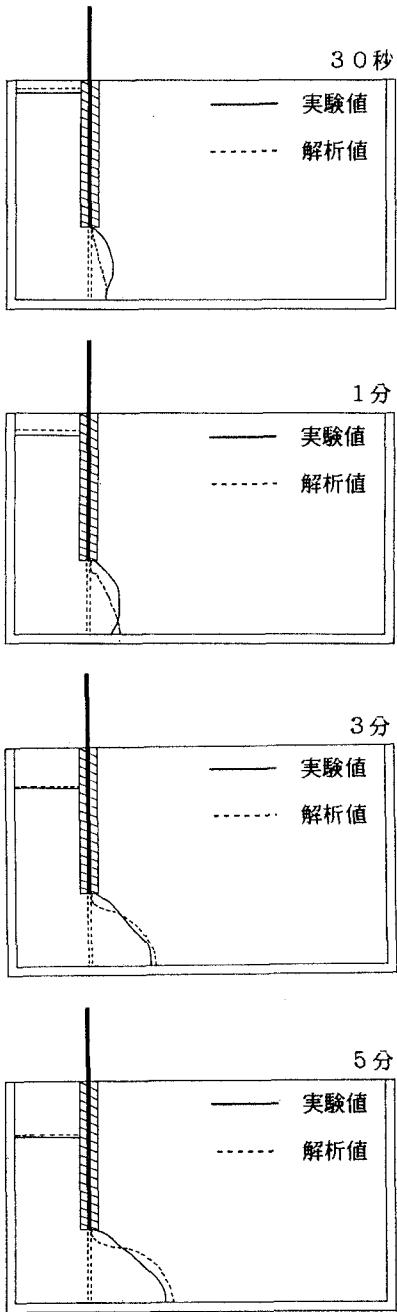


図3 解析結果と実験結果

本研究に関する解析手法は妥当であり、擬塑性流体の構成則を考慮した有限要素法による水中不分離性コンクリートの流動シミュレーションが可能となることが明かとなった。

参考文献 1) 森, 谷川: 日本建築学会構造系論文報告集, No. 374, pp. 1-9, 1987. 4

2) 児島, 角田, 浅野: コンクリート工学年次論文報告集, 1990

3) 児島, 角田, 浅野: 関西支部年次学術講演概要集, 1990. 6

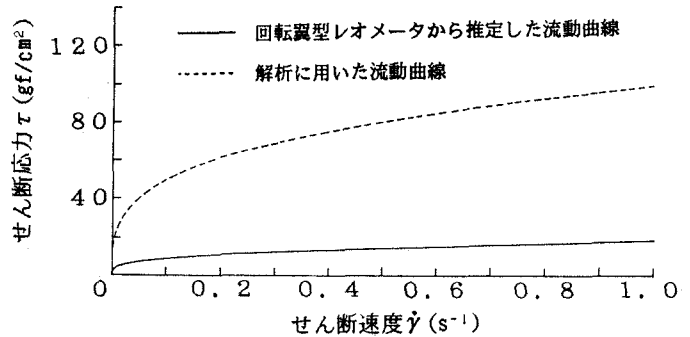


図4 水中不分離性コンクリートの流動曲線

底面に接する部分が突出した形状を示す。しかし、流動が進行していく過程で、実験結果と解析結果とが非常に良く似た形状を示してくることが分かる。これは、流動解析を行う際に、水中不分離性コンクリートが擬塑性流体であることによる構成則を用いて、解析を行っているためであり、本解析に用いた構成則についての妥当性が伺える。また、底面から10cmの所つまりコンクリートが流出する付近で、解析結果ではくぼみが生じている。これは、予め細かく区切っているものの、要素分割をもう少し考慮することができれば、精度が向上するものと考えられる。またその位置は、節点が固定端から自由端に変化する位置であり、境界条件の設定方法も改良の余地があると考えられる。以上のことから底面摩擦・付着力は、流動の初期段階ではかなりの影響を及ぼし、また固定端から自由端に変化する節点に関しては、その境界条件の設定の方法に関しても注意する必要がある。回転翼型レオメータ³⁾を用いて得られたレオロジー定数は、 $r=18.6 \text{ gf/cm}^2 \cdot \text{s}$ ($=1825 \text{ Pa} \cdot \text{s}$)、 $s=0.299$ である。解析結果と比較すると、非ニュートン粘性係数 r は、約5倍程度小さい値となっている。この原因としては、水中不分離性コンクリートの流動特性が自重のみによるものであり、せん断速度域が非常に低く、現在の回転翼型レオメータでは、極低せん断速度域が測定できないことによるものと考えられる。以上の解析値と実験値から推定した極低せん断速度域における流動曲線図を図4に示す。

4. 結論 本研究に関して、流動の初期段階における底面の摩擦・付着力の影響は無視することはできず、骨材粒子の存在をも考慮した解析手法の確立が望まれる。しかし、コンクリートの流動速度及び流動過程の形状が実験結果と似通ってくることから、