

フジタ工業(株) 技術研究所

同 上

同 上

正員

正員

正員

○ 神田 亨

小谷 勝昭

鎌田 正孝

1) はじめに

筆者らは、実測で得られたレオロジー定数を入力データとする計算機による“現場の施工状況を想定した数値シミュレーション”すなわち“計算機上での試験施工”が、より合理的なコンクリート施工の一助になるであろうとの観点から、この種の加算の開発作業を続けている。その解析手法については既に発表した¹⁾がここでは加算の検証の意味から身近な例としてスランプ試験を対象にしたシミュレーションをおこない、そのフローチャートについて考察した。

2) 入力データとしてのコンスタンス曲線

一般に、コンスタンス曲線を直線近似し、レオロジー定数として降伏値と粘性係数を算出することが行なわれているが、コンクリートは完全な流体ではないので、非定常計算を進めていくうちに大きな誤差を生じる可能性がある。そこで、実験でえられた点をスライム曲線で結び、これを微分して、直接、各せん断速度域に応じた粘性係数を算出する方法を採った。図-(1)はスライム補間の例である。当然ながら、低せん断速度域ほど粘性は高くなる。実験に使用した『管粘度計』、『せん断BOX型粘度計』の2種類のレオメータを写真-(2)に示す。いずれのレオメータにおいてもせん断の出力は各々独立したアンプで増幅され、超高速型のA/Dコンバータをマイコンで制御することでサンプリングを行った。写真-(1)はコンクリートの変形の測定状況である。

解析手法は前年度発表したものと同じNavier-Stokesの方程式の差分法であるが、圧力を緩和法で求める部分のアルゴリズムに改良を加えた。マーカーは自由表面部分に直線的に密に配置することで見かけ上差分特有のノイズを取り去って見やすくしている。メッシュ分割数は45×40でマーカーは1セルあたり16個配置した。図-(3)にコン部分のメッシュ分割を示す。領域の右端には対称軸としてスリ壁を配置し、他の3辺にはスリのない固体壁を配した。実際のスランプ試験では、コンは上に引上げられるが、ここでは瞬間的にコンが消え去ったとして計算を行った。

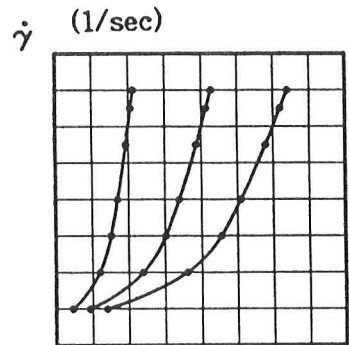


図-(1) コンスタンス曲線

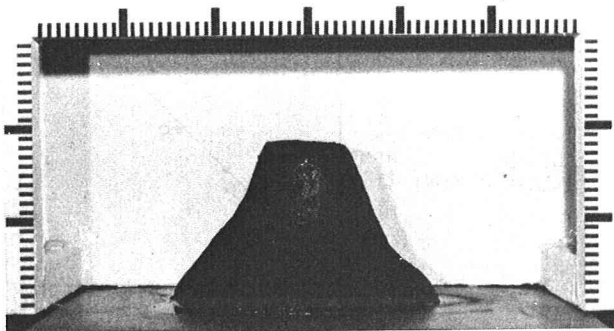


写真-(1) 変形測定状況

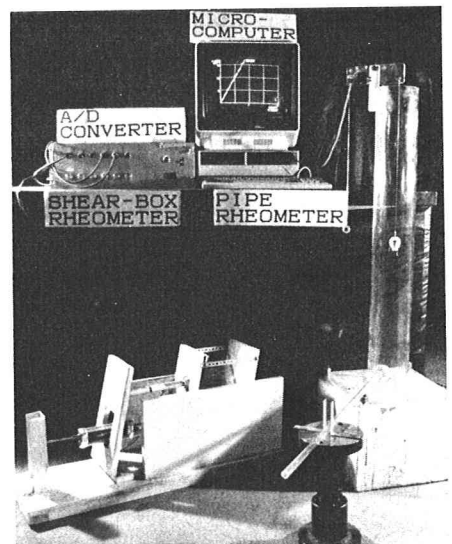
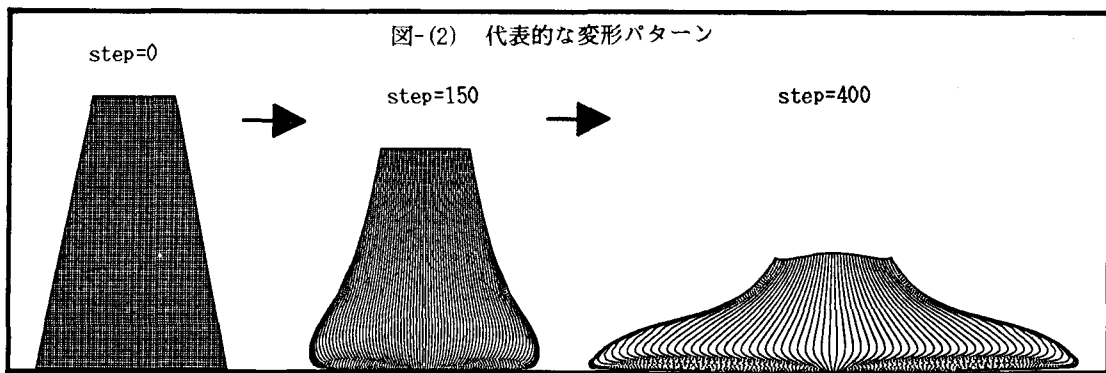


写真-(2) 使用したレオメータ



(3) 解析結果と考察

図-(2)はマーカーの軌跡を時間を追って加えたものである。前述のように初期条件に差はあるにせよ、変形の様相は実際のものとかかなり似かよっていると思われる。図-(4)~(6)はコンが消え去った直後の圧力分布、歪速度分布、流速ベクトルを示したものである。図-(7)から分るよう、底面付近でせん断歪速度が高くなっており、それに応じて粘性係数も相対的に小さくなるので、まずこの部分から変形が進んでいく。頂部の角の部分は最も歪速度が低く、したがって粘性係数も大きいため、かなり変形がすすんだ後でも初期の形状が保持されている。変形のモードや自由表面の形状は、コンステンシー曲線の形状に大きく依存する。

このシミュレーションでは図-(1)に示すようなコンステンシー曲線を採用しており降伏値は存在しないため変形が停止することはありえないが、コンの高さが小さくなって流速が十分小さくなった時点で計算を打ちきった。降伏値が存在するということは、その部分での粘性係数が無限大であることを意味する。この種のTime-Marchingな解法では、時間積分における安定性を確保するための条件として粘性が高いほど時間刻みを小さくする必要がある。それゆえ、粘性が無限大ならば時間増分は無限に小さくせねばならず計算不可能となる。これを避けるには、歪速度またはせん断応力がある値以下の範囲では、その場の流速をゼロとおいて固体壁とみなすような特殊な操作が必要となる。こうすれば、完全なコンクリートの場合にも計算可能となる。

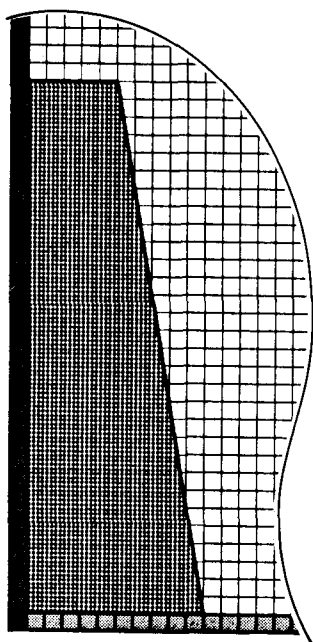


図-(3) 解析メッシュ

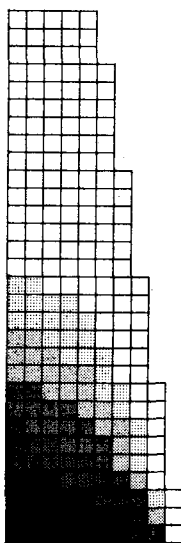


図-(4) 圧力分布

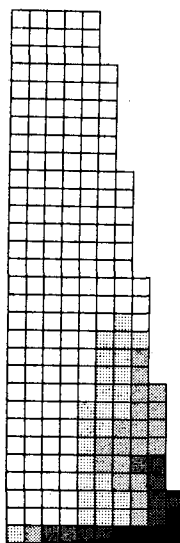


図-(5) 歪速度分布

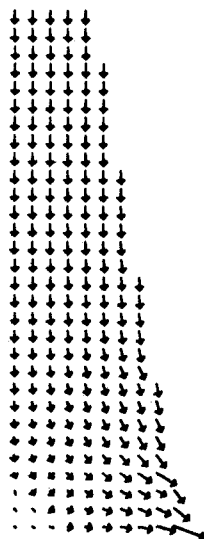


図-(6) 流速ベクトル