

二次元表層密度噴流の連行特性の乱流モデルによる検証

VERIFICATION OF ENTRAINMENT IN TWO-DIMENSIONAL TURBULENT BUOYANT SURFACE JET BY ALGEBRAIC STRESS MODEL

室田 明*・中辻啓二**・中辻陽一***

By Akira MUROTA, Keiji NAKATSUJI and Youichi NAKATSUJI

The flow development and the entrainment process in a two-dimensional buoyant surface jet are discussed by numerical experiments using the algebraic stress model, which has been examined through the comparison with measured turbulence quantities in the previous paper (Murota *et al.*, 1989). The calculated results are in good agreement with the empirical relationship between the entrainment rate and the Richardson number. It also shows that the dependence of entrainment rate on the Reynolds shear stress changes drastically at the shear layer Richardson number of 0.08, whose value corresponds to the critical value obtained in stratified shear layers theoretically and experimentally.

Keywords: entrainment, buoyant surface jet, turbulence model, numerical calculation

1. 緒 論

ここ数十年の高次乱流モデルの発達はめざましく、成層せん断流への展開も試みられている。著者らも k - ϵ 二方程式モデルと代数的応力モデルの二次元表層密度噴流への適用を試み、乱流計測結果との比較から代数的応力モデルが表層密度噴流の流動特性を精度良く予測することを確認した^{1), 2)}。

一方、噴流に代表される混合層の発達過程は流速分布の相似仮説に基づく積分モデルを用いて理論展開され、混合現象は「連行」の概念を用いて表わされるのが通例である。また、多くの実験結果は連行係数とリチャードソン数との関係でまとめられている(たとえば、Ellison・Turner³⁾、室田・中辻⁴⁾)。

本研究では前報¹⁾で得られた計算結果と既発表の実験結果との比較を通して、代数的応力モデルの表層密度噴流への適用性をさらに検証するとともに、連行と成層度との関係について考察を加える。

2. 数値計算

数値計算の概要は前報¹⁾で詳しく記述したので参照されたい。計算領域は Fig. 1 に示すように流下方向 (x 軸) に 400 cm, 鉛直方向 (z 軸) に 120 cm である。放流口条件は水深 $H_0=2.5$ cm, 流速 $U_0=10$ cm/s とした。また、一様平均浮力 B_0 を 4.44, 1.11, 0.49 cm²/s と変えることによって、放流口密度フルード数 Fd_0 を 3.0, 6.0, 9.0 と変化させた。乱流エネルギー k と粘性消散率 ϵ は実験結果に基づいて $k_0=0.0025$ cm²/s², $\epsilon_0=k_0^{3/2}/H_0$ cm²/s³ の一様分布を与えた。

3. 計算結果

(1) 連行状況

Fig. 1 は、周囲環境水の連行流況を可視化するために、下流端で粒子を放流したときの流跡線を示す。同図は $Fd_0=9.0$ の計算である。表層密度噴流への連行加入は $x/H_0 < 90$ の領域で生じており、特に放流口近傍に集中していることがわかる。流跡線が $x/H_0=120$ 付近でハンプ状を呈し、また $x/H_0=100$ の表層の直下で閉曲線を描いている。これは密度噴流が射流状態から常流状態へ遷移するときに発生する内部跳水に関係するものであると推測される。下流端条件として水位 ξ と鉛直方向

* 正会員 工博 大阪産業大学教授 工学部土木工学科
(〒574 大東市中垣内 3-1-1)

** 正会員 工博 大阪大学助教授 工学部土木工学科
(〒565 吹田市山田丘 2-1)

*** 学生会員 大阪大学大学院工学研究科前期課程学生(同上)

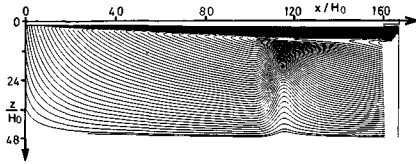


Fig. 1 Streaklines indicating entrainment process.

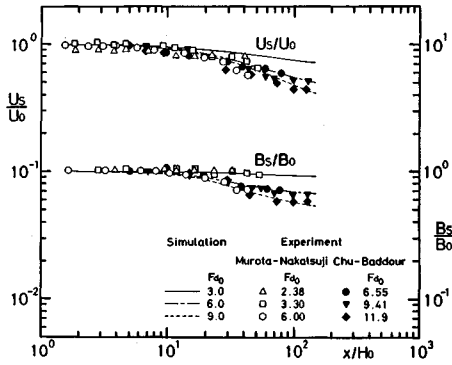


Fig. 2 Comparison of calculated decay of surface velocity and surface buoyancy for different Fd_0 .

流速 W を 0.0, そして他のすべての物理量の流下方向勾配を 0.0 と仮定しており, 連行量の制御は行っていない。それにもかかわらず内部跳水らしき現象が下流端近くで観察されるのは興味深い。

Fig. 2 は水表面流速 U_s と浮力 B_s の流下方向変化を慣用的な無次元表示に従って示す。図中の曲線は計算結果である。比較のために, 室田・中辻⁴⁾の実験結果を白抜き記号で, Chu-Baddour⁵⁾の実験結果を黒塗り記号で載せた。密度フルード数 Fd_0 が大きいほど, つまり, 成層安定効果が小さいほど, U_s, B_s の流下方向通減率が大きくなるという従来から知られている実験事実を, 計算結果は比較的良好に予測していることがわかる。いま 1 つ注目すべき点は, $x/H_0 > 10$ の領域で U_s の通減率が B_s のそれより勝っていることである。これは前報¹⁾の図-9 で示した渦動粘性係数と渦拡散係数の比である乱流シュミット数 $\sigma_t (= \nu_t/\Gamma_t)$ の鉛直方向分布 ($x/H_0 = 10$) において, 水表面近傍では $\sigma_t > 1.0$ となること, すなわち運動量の乱流輸送が物質の乱流拡散を上回っていることから理解できる。その傾向は Fd_0 数の小さいほど顕著であり, 表層密度噴流特有の現象である (Munk・Anderson⁶⁾, Launder⁷⁾ 参照)。

Fig. 3 は流速の鉛直方向分布から求めた半値半幅 $H_{0.5}$ の流下方向変化の比較を示す。密度フルード数 Fd_0 が大きいほど, 半値半幅 $H_{0.5}$ の拡がりは大きくなる傾向にある。拡がりの割合を評価するために, $x/H_0 = 10 \sim 100$ の間で平均した拡がり率 $dH_{0.5}/dx$ を求めた。その値は $Fd_0 = 3.0, 6.0, 9.0$ に対してそれぞれ 0.005,

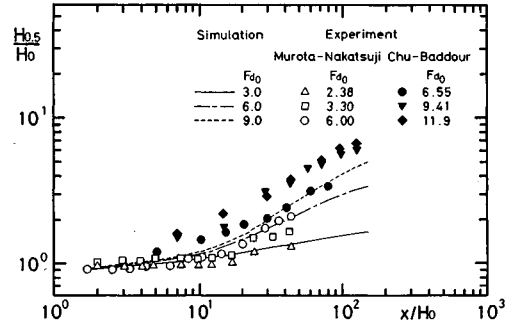


Fig. 3 Comparison of calculated spreading rate of half-depth with measured data for different Fd_0 .

0.020, 0.032 である。二次元表層均質噴流 ($Fd_0 = \infty$) の実験結果⁸⁾で $dH_{0.5}/dx = 0.072$ であったことと比較すると, 成層化の影響が表層密度噴流の拡がりに大きく影響していることがわかる。 $H_{0.5}$ の計算結果は Chu-Baddour の実験結果と比較すると少し拡がりが少ないが, 室田・中辻の実験結果とは比較的良好に一致する。

(2) 連行特性と安定成層効果

Fig. 4 は $x/H_0 = 10, 40$ における鉛直方向流速 W の鉛直方向分布を示す。静水圧近似を採用しているために, W は流下方向流速 U を連続方程式に代入することによって算出される。矢印は $U = 0.0$ となる無流面を示しており, 表層の上部では鉛直下向きの流動が, また表層下部ならびに下層では鉛直上向きの流動が生起しているのが観察される。当然のことながら, 密度フルード数 Fd_0 が大きいほど, つまり, せん断効果が大きいほど, W の絶対値は大きく, 鉛直上向きの移流が活発である。 W は流下するに従って小さくなる。

鉛直方向流速の最大値 W_{max} は無流面のわずか下方で出現し, その方向は鉛直上向きである。それはいわゆる連行速度に相当すると考えてよい。そこで, 表層流量の流下方向変化率で定義される連行速度 $V_e (= d \int_0^{H_u} Udz/dx)$ と W_{max} の関係を調べた結果, 最小二乗法よ

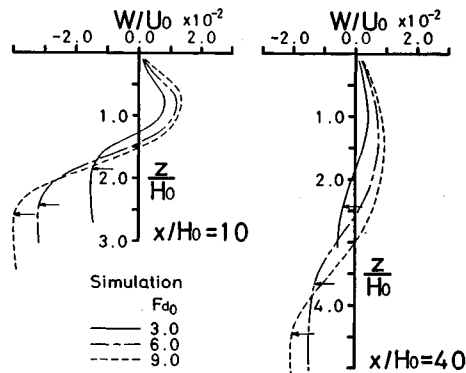


Fig. 4 Vertical profiles of calculated vertical velocities.

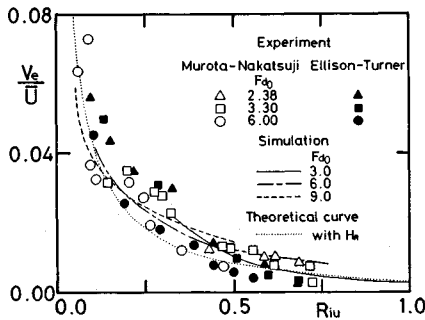


Fig. 5 Comparison of calculated entrainment rate against overall Richardson number.

り次式の線形関係にあることがわかった。

$$V_e/U_0 = -0.79 W_{max}/U_0 \dots \dots \dots (1)$$

Fig. 5は連行係数 V_e/\bar{U} と層平均リチャードソン数 $Ri_u (= \bar{B}H_u/\bar{U}^2)$ との関係を示す。ここで、上付きバーは表層平均量を表わし、 \bar{B} 、 \bar{U} は水面から無流面までの水深 (H_u) で断面平均した浮力および流速である。図中の白抜き記号は室田・中辻⁴⁾の実験結果、黒塗り記号はEllison-Turner³⁾の実験結果、点線は著者らの理論解⁴⁾、そしてその他の曲線が計算結果である。ここでリチャードソン数の増加は浮力効果の増大を示し、成層安定化が強まることを意味する。成層安定度の増加は鉛直方向への運動量の乱流輸送を抑え、連行率を低減させることが知られている。計算結果は Ri_u 数の増大に伴う V_e/\bar{U} の低減傾向を良好に再現し、 $Ri_u < 0.6$ の範囲で実験結果や理論解と非常に良く合致している。実験結果によれば、連行が停止する限界値が0.86や0.83であると外挿されているが、計算結果や理論では Ri_u が0.6を越える範囲においても V_e/\bar{U} の値は有限値であることを示している。

次に著者ら⁴⁾が提案している連行率 V_e/U_s とせん断層リチャードソン数 $Ri_h (= B_s \cdot h/U_s^2)$ の関係に計算結果をプロットしたのが Fig. 6である。ここに、 h は $U_s/(dU/dz)_{max}$ で定義される最大勾配厚である。添字 s は水面における水量を示す。図中の白抜き記号は室田・中辻の実験結果である。室田・中辻⁴⁾によると、実験値からもわかるように、 Ri_h 数の増加に伴って、 V_e/U_s の値は減少し、その低減勾配は $Ri_h = 0.12$ を境に異なる。すなわち、 $Ri_h = 0.12$ は密度噴流を含む混合層形態から成層流への遷移点であり、 $Ri_h < 0.12$ を組織的構造が連行に支配的な役割を果たすせん断流卓越領域、 $Ri_h > 0.12$ を強い成層化のために組織的構造が崩壊して連行の減少する浮力支配領域と乱れの成因の違いにより連行形態を分類できると考えられている。

計算結果の Ri_h に対する低減率は連続的に緩やかに変化しており、乱流モデルでは実験値にみられたような

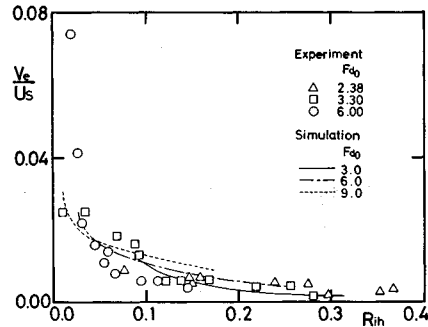


Fig. 6 Comparison of calculated entrainment rate against shear layer Richardson number.

連行形態の急激な遷移をうまく表現できていない。しかし、この遷移領域を挟んでの実験結果との合致度はおおむね良好である。

(3) 連行速度とレイノルズ応力との関係

著者らは、表層密度噴流の積分モデル⁴⁾およびフォーストプルームの微分積分混成モデル⁹⁾において、連行速度 V_e がレイノルズ応力 $\bar{u}\bar{w}$ と線形関係にあることを導いた。そこで、乱流計算によって求めたレイノルズ応力の断面最大値 $\bar{u}\bar{w}_{max}/\bar{U}^2$ と連行速度 V_e/\bar{U} との関係を示したのが Fig. 7である。積分モデルで得られたように、 V_e/\bar{U} と $\bar{u}\bar{w}_{max}/\bar{U}^2$ は明らかに線形関係にある。しかし、その勾配は一定値ではなく、同図にみられるように、勾配の異なる3つの領域に分離できることである。この勾配の急激な変化は Fig. 6に示した連行形態の遷移と強く関連していると考えられる。そこで、勾配の急変点でのせん断層リチャードソン数 Ri_h の値を求めると、 $Fd_0 = 6.0$ では0.043と0.082、 $Fd_0 = 9.0$ では0.050と0.081であった。また、 $Fd_0 = 3.0$ ではすべての点で $Ri_h \geq 0.084$ であった。この $Ri_h = 0.08$ は、Holmboe¹⁰⁾が初期安定性理論から求めた組織構造間の相互干渉や合併融合が停止する上限値に相当する。実験的には、その値

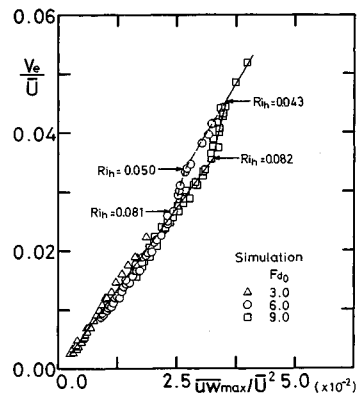


Fig. 7 Relationship between entrainment velocity and maximum Reynolds shear stress.

が0.08~0.125の範囲にあることをKoop-Browand¹¹⁾は報告している。室田・中辻⁴⁾が V_e/U_s と Ri_h の関係から得た遷移 Ri_h 数もこの範囲にある。また、乱流計測結果¹²⁾からも $Ri_h=0.12$ を境に乱流の生成機構に及ぼす浮力効果が異なっていることを見出した。乱流計算から得た遷移リチャードソン数の上限値 $Ri_h=0.08$ が理論や実験から得られた遷移限界と一致するのは特筆に値する。

つまり、乱流計算の結果に基づくならば、 $Ri_h > 0.08$ の領域と $Ri_h < 0.05$ の領域とでは、レイノルズ応力の生成機構と連行への関与が異なることがわかる。

一方、 $Fd_0=3.0$ の計算結果には上述の遷移は現われない。Chu-Baddourは $Fd_0 < 3.0$ の表層密度噴流の実験では放流口近傍の乱流混合層は噴流へと発展せずに、直接成層流へ遷移することを報告している。彼らの指摘と本計算結果の傾向とは定量的に一致する。

4. 結 論

代数的応力モデルを用いた乱流計算より二次元表層密度噴流の連行特性について検討を行った。得られた結果を列挙すると、次のようである。

(1) 二次元表層密度噴流の特性量、水表面流速、水表面浮力と半値半幅の流下方向低減特性の放流口密度フルード数への依存性が数値計算によって確認された。水表面流速の低減率が水表面浮力のそれより大きいことが特徴的である。この原因として乱流シュミット数の値が水表面近傍で1.0より大きくなることが挙げられる。

(2) 連行係数とリチャードソン数の関係が数値計算から求められた。計算結果は実験によって提案されてきた経験式と良好に一致することがわかった。

(3) 連行速度とレイノルズ応力との相関を調べた結果、せん断層リチャードソン数によって線形勾配の異なる三領域に分離できることがわかった。勾配の急変点でのせん断層リチャードソン数の値は0.08と0.05であり、前者は初期安定理論や実験から得られている成層せん断流の乱流特性の遷移点に相当する。また、著者らが提示している表層密度噴流の連行機構の区分とも一致す

る。つまり、乱流の生成機構の相違が連行係数の違いをもたらすことを示唆している。

最後に、数値実験の実施に際して前大阪大学大学院生藤崎 豊君の協力を得た。記して謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 室田 明・中辻啓二・藤崎 豊：乱流モデルによる二次元表層密度噴流の鉛直混合現象の数値計算，土木学会論文集，第411号/II-12，pp.35~44，1989.
- 2) 室田 明・中辻啓二・藤崎 豊：乱流モデルの成層せん断流への適用，土木学会第33回水理講演会論文集，pp.583~588，1989.
- 3) Ellison, T.H. and Turner, J.S. : Turbulent Entrainment in Stratified Flow, J. Fluid Mech., Vol. 6, pp. 423~448, 1959.
- 4) 室田 明・中辻啓二：二次元表層密度噴流における連行特性に関する研究，土木学会論文集，第351号/II-2，pp.101~110，1984.
- 5) Chu, V. and Baddour, R. : Turbulent Gravity-stratified Shear Flows, J. Fluid Mech., Vol. 138, pp. 353~378, 1984.
- 6) Munk, W.H. and Anderson, E.R. : Notes on a Theory of the Thermocline, J. Marine Res., Vol. 7, pp. 276~295, 1948.
- 7) Launder, B.E. : On the Effects of a Gravitational Field on the Turbulent Transport of Heat and Momentum, J. Fluid Mech., Vol. 67, pp. 569~581, 1975.
- 8) 椿東一郎・小松利光：二次元表層密度噴流における流れの特性と連行現象，土木学会論文報告集，第253号，pp.69~81，1978.
- 9) 室田 明・中辻啓二：二次元フォーストブルームの連行係数に関する理論的研究，土木学会論文集，第369号/II-5，pp.23~31，1986.
- 10) Holmboe, J. : On the Behaviours of Symmetric Waves in Stratified Shear Layers, Geophys. Publ., Vol. 24, pp. 67~113, 1962.
- 11) Koop, C.G. and Browand, F.K. : Instability and Turbulence in a Stratified Fluid with Shear, J. Fluid Mech., Vol. 93, pp. 135~159, 1979.
- 12) 室田 明・中辻啓二：成層せん断流の乱流構造，土木学会論文集，第351号/II-2，pp.111~121，1984.

(1990.2.23・受付)

内容紹介

土木学会論文集 内容紹介

No. 423/II-14, 1990.11

水路床上に存在する半球下流部の流れの構造に関する実験的研究

高橋迪夫

土木学会論文集 第417号/II-13, pp.73~82, 1990.5.

礫床河川のエネルギー損失、根固めブロック等の河川構造物周辺の流れの特性に対する基礎的検討として、水路床上に存在する半球下流部の流れの構造が平均流と乱れの特性の面から考察された。流速分布、レイノルズ応力分布に対しては、自由後流の理論によってどの程度まで説明され得るか検討された。また、乱れエネルギーの分布、乱れエネルギー収支等の検討によって乱流構造が説明された。

パターン認識概念に基づく月降水量の解析とシミュレーション

宇治橋康行・高瀬信忠・家門邦彦

土木学会論文集 第417号/II-13, pp.43~52, 1990.5.

従来、水文データの時系列解析やデータシミュレーションにおいてはデータ中に存在する雨期と乾期のような明確なグループの存在は考慮されていなかった。Panuらは水文パターンに着目しパターン認識概念に基づいたデータシミュレーション手法を提案した。本研究ではパターン分類にISODATAアルゴリズムを用い、わが国の水文データの特性に合わせた修正拡張法を提案し、モデルを北陸地方の3地点の月降水量に対して適用し、時系列および月レベルにおいて良好な結果を得た。

二次元フォーストブルームの流動・乱流特性の渦モデルによる解析

室田 明・中辻啓二・玉井昌宏

土木学会論文集 第417号/II-13, pp.83~89, 1990.5.

鉛直上向きに放出した二次元フォーストブルームに内在する組織的構造に着目して、左右非対称に配置された組織構造の流下方向への発達をランキン渦の渦列の相似パターンで模擬する渦列モデルを展開した。計算結果は平均流速、乱流強度やレイノルズ応力の横方向分布、ならびに二次元ジェットとブルームの流動および乱流特性の違いを良好に予測することを示した。また、横方向流速やレイノルズ応力の生成機構は組織的構造の非対称な配置に原因していることがわかった。

斜面流域における洪水到達時間の推定

神田 徹・神吉和夫・吉岡泰邦

土木学会論文集 第417号/II-13, pp.53~62, 1990.5.

斜面流域において非定常降雨に対する洪水到達時間の基本的性質をkinematic wave理論より導出し、従来不明確であった洪水到達時間推定における降雨の非定常効果を定量評価した。その結果をもとに観測ハイトグラフとハイドログラフから洪水到達時間~降雨強度関係を推定する方法を提示し、実河川流域へ適用した。流域の平均斜面長、等価粗度等と洪水到達時間との対応関係から、各流域の洪水流出特性がかなり適切に説明できた。

混合砂礫床の粗粒化について

辻本哲郎・本橋 健

土木学会論文集 第417号/II-13, pp.91~98, 1990.5.

混合砂礫からなる河道区間への上流からの給砂量が何らかの原因で抑制されると、混合砂礫の流送特性の粒径による差に起因して河床表層が、あたかも給砂量に応じた流砂能をもつよう自己調整して粗粒化にする。給砂量がゼロの場合armor coatが、給砂が有限のまま減少する場合pavementが形成される。こうした過程を、粒径別移動特性量の評価に基づいた非平衡流砂モデルで記述し、従来経験的に知られた粗粒化の性質を合理的に説明した。

水路床勾配が漸変する開水路流れ場の解析

古川恵太・市村知也・関根正人・吉川秀夫

土木学会論文集 第417号/II-13, pp.63~71, 1990.5.

ダム、せき等の上流部および部分的河床掘削を行った場合には水路勾配が変化し、そこでは堆砂等の問題が生ずる。このような開水路の流れを明らかにするために、実験を行い、その結果を検討し、渦度 ω と流れ関数 ψ を用いてNavier-Stokesの方程式に基づいて流れ場を比較的簡便にかつ精度よく計算できるようにしたものである。

DIM型の連行現象に関する理論的研究

石川忠晴・田中昌宏

土木学会論文集 第417号/II-13, pp.99~108, 1990.5.

風によって引き起こされる水温成層のDIM型連行(混合層内部のせん断による乱れが卓越する連行)に対する連行則を理論的に導出した。現象の相似性、エネルギーバランス、最大効率の混合(限界状態)を考察することにより、DIM型の連行では、混合層の各深さで生産された乱れエネルギーがその場のポテンシャルエネルギーに1/2の効率で変換される「局所エネルギー相似の仮説」が本質的機構であることが示された。導出された連行則は未定定数を含まず、現地データを良く説明できた。

シートフロー状態の漂砂を含む振動流流れの数値解析

浅野敏之

土木学会論文集 第417号/II-13, pp.109~118, 1990.5.

本研究は、シートフロー状底質移動が形成されるとき振動流流れ場を固液二相流でモデル化し、数値解析を行ったものである。まず底質と流体に対する質量および運動量の保存則から、境界層近似を通じて簡略化された基礎式を導いた。その数値解析を通じて、流体相および底質相の移動速度の特性、抵抗則および漂砂量の特性等を明らかにするとともに、既往の実験結果との比較検討から、本モデルの妥当性を検討した。

掃流から浮遊への遷移の出現機構とその流砂過程における役割

中川博次・辻本哲郎・村上正吾・後藤仁志

土木学会論文集 第417号/II-13, pp.149~156, 1990.5.

bed material load は掃流砂と浮遊砂からなるが、両者の相互作用は掃流から浮遊への遷移現象に集約され、その定量評価が流砂過程の記述の上で重要な役割をもつ。比較的確定論的に決定される掃流砂の saltation 軌跡も乱れによるゆらぎを受けているが、そのゆらぎによる偏倚量がある限界値を越えると粒子軌跡が不安定となることを運動方程式をもとに示してその限界値を推定し、これを越える偏倚の出現確率として遷移確率を評価した。

変動する掃流力による掃流砂量変動の確率過程論的解析

辻本哲郎

土木学会論文集 第417号/II-13, pp.119~127, 1990.5.

掃流力の様々な要因による変動にตอบสนองして、流砂量がしばしば有意に変動する。本研究では、pick-up rate と step length からなる非平衡流砂量式をもとに、底面せん断応力の変動のスペクトルと流砂量のその関係式を導いた。平坦河床の条件で、純粋に流砂機構と乱れに起因する掃流砂量変動の分散、風波のスペクトルと流砂量のその形状について解析的に検討した後、前者について河床波の現れにくい礫床での実験値との比較を行った。

Offshore vortex の特性する定量的特性

竹原幸生・松永信博・粟谷陽一

土木学会論文集 第417号/II-13, pp.157~164, 1990.5.

渦列の形成は砕波形態に依存せず、むしろ沖波波形勾配が 4.2×10^{-2} より小さい波が入射するときに渦列は形成され、その形成領域は $H/L - (1 + 6.4 \tan \theta)h/L$ 座標系において表わされる。底面近傍における岸向き定常流速は斜面勾配に独立である。渦列の形成長さは砕波点における波長と水深を用いて定量と渦との水平間隔は $1.2 \times 10^{-2} (\tan \theta)^{1/3} (h/L)^{-1} h$ で表わされている。渦の移動速度は $3.6 \times 10^1 (\tan \theta)^{2/3} (h/L) U_{\max}$ で与えられる。ここで、 U_{\max} は Longuet-Higgins によって理論的に導かれた水平床面上に誘起する最大沖向き流速である。

複断面開水路流の三次元乱流構造

富永晃宏・江崎一博・小葉竹重機

土木学会論文集 第417号/II-13, pp.129~138, 1990.5.

複断面開水路流の三次元乱流構造を二次流の構造を含めて詳細に計測した。二次流としては、低水路と高水数の接合部から強い斜め上昇流が発生し、この両側に高水数渦および低水路渦が形成される。平均主流速は二次流による移流の効果を直接的に受け、これに対応するレイノルズ応力と乱れ強度の三次元構造が詳細に明らかにされた。また、二次流構造に及ぼす断面形状及び粗度の効果が明らかにされ、複断面特有の二次流が横方向の運動量輸送に大きな役割を果たすことが示された。

波と流れの共存場における浮遊砂濃度と漂砂量

伊福 誠・後藤博光

土木学会論文集 第417号/II-13, pp.165~172, 1990.5.

波と流れが共存する場における乱流境界層内の流れの特性を線形の境界層方程式に基づいて調べるとともに、水平・鉛直方向の水粒子速度に依存し時間的・空間的に変化する乱流拡散係数を用いて乱流拡散方程式に基づいて流体中の浮遊砂濃度や漂砂量について解析し、漂砂に及ぼす流れの効果に関する新たな知見を得た。

礫床水路における非定常掃流砂量

辻本哲郎

土木学会論文集 第417号/II-13, pp.139~147, 1990.5.

非定常流下の掃流砂量は、流れの非定常性の掃流運動への直接効果と、河床変形等に時間がかかるために出現する緩和効果の両方に影響される。線形解析によってこれらの相違（ハイドログラフとの位相や流砂量の増幅・抑圧など）を明らかにし、とくに平坦礫床を対象として前者について詳しい検討を行った。線形解析は水路実験結果を定性的に説明できた。定量的な予測には線形解析で抽出されたサブメカニズムと支配パラメーターを用いた半経験的な手法が提案された。

乱れエネルギー Spektral を考慮した乱流中の球の沈降速度

山坂昌成・池田駿介

土木学会論文集 第417号/II-13, pp.173~179, 1990.5.

鉛直正弦振動流中を沈降する球に関する解を基に、ランダム振動場の沈降速度解を統計手法を用いて求め、システム応答関数を得た。この結果、同一の乱れ強度であっても乱れエネルギーの Spektral 分布が高周波域に存在するほど、球の平均沈降速度が小さくなることが判明した。また、模擬河川に対し、本理論を適用した所、粒子の平均沈降速度に及ぼす乱れの効果は小さいことが明らかとなった。

山地小流域の斜面部分および谷頭部からの降雨流出の比較

洪 廷芳・藤田陸博・山田 正・長谷川和義

土木学会論文集 第417号/II-13, pp.181~188, 1990.5.

本研究は山地小流域における降雨流出の特性を観測結果をもとに検討したものである。対象としたのは森林におおわれた隣り合う4流域であり、本研究では特に河道に沿う横斜面と谷頭部からの流出ハイドログラフの相違に着目して解析をすすめている。この結果河道に沿う横斜面からの流出は降雨強度等の降雨特性の違いに対して大きく変化しないのに対し、谷頭部からの流出量は累積降雨の増大に対してしだいにその寄与度が大きくなるなど興味深い知見がいくつか見出された。

相関離散分布流量を受ける貯水池の利水機能評価の研究

鈴木正人・長尾正志

土木学会論文集 第417号/II-13, pp.209~217, 1990.5.

著者ががさきに提案した2段階推移法を用いて、相関離散分布流量を受ける貯水池での利水機能評価を行なった。まず、時間的评价として、任意の貯水量から始まる空水到達時間長に関する統計量の計算法を示した。次に、本法と数値実験解、および、従来の解との比較を行い、本法の有用性を示した。最後に、期待放流量系列の導出に通じて、いくつかの利水安全度指標に対する評価関数を設定し、無節水操作、確率DP操作、線形予測操作の比較から最適操作への具体的方策の考察を行った。

地形と風向とによる豪雨時の降水分布の推定

沖 大幹・虫明功臣・小池俊雄

土木学会論文集 第417号/II-13, pp.199~207, 1990.5.

豪雨時の降水分布について、特に地形効果に着目して議論されている。風向によって変化する地形効果の指標として風向別豪雨生起確率という概念が提案され、豪雨時の卓越風向が求められる。また、大気の数値モデルによって地形性上昇を算定する手法が示され、豪雨分布、卓越風向との対応が検証される。さらに、両者を組み合わせて求められた豪雨分布が、日本の主要河川流域について提示されている。

都市域における雨水流出制御施設の流域配分計画

末石富太郎・城戸由能

土木学会論文集 第417号/II-13, pp.189~198, 1990.5.

急激な都市化による局地的な浸水を頻発する都市域に各種の貯留・浸透施設を配分する計画手法について検討した。流域の水理特性を表現するタンクモデルを用いて施設設計を行い、多基準分析法を用いて流域の社会的条件も反映した施設の多様な効用を評価するシステムを構築した。これを用いて排水区単位での施設の評価と流域全体における施設設置排水区の評価を行い、流域内に配分する施設の優先順位を決定した。

没水球体に作用する波力に及ぼす Boundary Proximity の効果

岩田好一朗・水谷法美・川角伸彦

土木学会論文集 第417号/II-13, pp.219~228, 1990.5.

本研究では、没水球体に作用する鉛直方向波力に及ぼす自由表面と底面の近接効果を論議する。まず、底面の近接効果は鉛直方向の最大波力を大きくするが、自由表面の近接効果は最大波力には影響を及ぼさないことを解明した。ついで、両境界面の近接効果の機構を考究し、近接効果を含んだ新しい波力算定式を提案した。そして、Morison式との関連を明らかにするとともに、鉛直方向波力の算定見を明示した。

入射段波の陸上遡上

真野 明・加藤聡也

土木学会論文集 第417号/II-13, pp.229~236, 1990.5.

沖合いで発達した段波が汀線に入射した後の陸上遡上現象を調べた。波先端部の流速分布を水素気泡法を工夫して精度良く測定し、流速分布形や境界層の発達がレイリー問題の解で良く近似できることを明らかにした。これを特性曲線法に組み込んで陸上遡上のシミュレーションを行い、測定値と比較した。また力学的なつり合いを調べ、波先付近では加速度の局所項と移流項が支配的であり先端部でこれらに底面摩擦が加わることを明らかにした。

係留鎖の動的挙動を考慮した浮体動揺と係留鎖張力の計算方法

山崎 晶・小田 晃・加来謙一・新田良典

土木学会論文集 第417号/II-13, pp.237~244, 1990.5.

暴風時などに生じるトートな係留状態での浮体動揺と係留鎖張力の推定について、鎖の動的挙動を考慮した簡便な計算方法を提案した。そして、係留した円柱浮体の波浪中動揺実験を行い、提案した方法の妥当性を検証した。また、カタナリー理論による静的な張力の取扱いは、鎖張力の推定だけでなく浮体動揺量の推定でも大きな誤りが生じる可能性を指摘した。

極値統計における異常値の棄却基準とその応用

合田良英

土木学会論文集 第417号/II-13, pp.245~254, 1990.5.

標本中の最大値に対し、標本平均値および標準偏差で定義される補助統計量の5%および95%非超過確率値として棄却基準を定め、モンテカルロ法によって極値Ⅰ型、極値Ⅱ型(4種)、ワイブル(4種)、および対数正規分布についてこの棄却基準値を実験式の形で提示した。この基準は分布関数のあてはめ基準としても利用でき、年最大風速、年最大日雨量、高波の極大値資料へ適用することによって、それぞれの母集団を明らかにした。

円筒容器内の非線形スロッシング現象の解析

大山 巧

土木学会論文集 第417号/II-13, pp.255~264, 1990.5.

円筒容器内のスロッシング現象における波の非線形効果を調べるために、境界要素法に基づく解析手法を開発した。模型振動実験における主共振振動数付近の深体力と液面変動量の波形には、波の非線形性に対応した高次振動数成分の影響が顕著に現れたが、本解析結果はこれらの実験結果と良く一致した。また実験では、主共振振動数の近傍で主共振とは別のピーク現象が認められ、本解析の結果、これが別の振動モードとの非線形内部共鳴によるものであることが明らかになった。

波浪による海底地盤内間隙水圧変動解の適用性と地盤の液状化条件

酒井哲郎・畑中克也・間瀬 肇

土木学会論文集 第417号/II-13, pp.275~283, 1990.5.

波浪によって海底地盤内に生じる変動間隙水圧に関しては、浸透流解、Biotの圧密式の厳密解およびその境界領域近似解がある。地盤骨格せん断弾性係数と間隙水有効体積弾性係数の比、および透水係数と地盤骨格せん断弾性係数の積に比例する量が重要である。前者が大きくなり後者が小さくなるほど浸透流解が適用できないが圧密式の近似解が適用出来、また波の谷の位相付近で海底面付近の地盤骨格鉛直有効応力が0になる可能性が増加する。その最大深度は波高の約半分になる。

波動境界値問題におけるポテンシャル接続法の選点解法

吉田明徳・小島治幸・鶴本良博

土木学会論文集 第417号/II-13, pp.265~274, 1990.5.

境界面における連続条件の自乗誤差が、全体として最小となることを規定するポテンシャル接続法の従来解法に代えて、境界面上にとった計算点のみにおいて自乗誤差が0となることを規定する選点解法を提示し、矩形浮体や没水水平版等を例に選点解法の有用性を示した。選点解法によれば、直交関数の積分に関する数式の展開は一切必要なく、従来解法に較べ、理論式はきわめて“簡便かつ明瞭”で、かつ精度の良い解が得られる。

土木学会出版物一覽

(平成2年9月現在)

お近くの書店にて予約注文が出来ますのでご利用下さい。なお、書店経由の場合は会員の方でも会員特価にはなりませんので、あらかじめご了承ください。土木学会への注文は必ず注文書をお願い致します。※電話での注文はお受け致しません。

書名	判型	頁数	定価	会員特価	送料
◎指導書関係					
水理実験指導書	B5	68	1 030	920	250
測量実習指導書	B5	120	1 442	1 230	300
衛生工学実験指導書 (プロセス編)	B5	147	2 884	2 470	300
衛生工学実験指導書 (現場調査編)	B5	166	2 678	2 470	300
◎水理・衛生関係					
水理公式集	B5	646	14 420	12 360	〒 込
水理公式集例題集	B5	310	7 210	6 180	350
◎土木一般					
土木図書館図書目録 (創立70周年記念出版)	A4	850	30 900	—	〒 込
土木学会誌・論文報告集総索引 1915~1975 (復刻版)	B5	491	10 300	9 270	400
土木学会誌・論文報告集総索引 1976~1985	B5	550	15 450	13 390	400
〃 セット (上記2冊)	B5	計 1041	23 690	20 600	〒 込
◎英文刊行物					
Journal of Hydrosceince and Hydraulic Engineering [年2回刊行 (4月・11月)]・定期購読者募集中 (定期購読料 6 180円・送料学会負担)	B5	—	3 090	—	300
◎講演会・シンポジウム					
海岸工学講演会論文集					
第25回 (1978年)	B5	622	9 064	8 130	400
第26回 (1979年)	B5	688	10 094	9 060	400
第27回 (1980年)	B5	567	8 240	7 410	400
第28回 (1981年)	B5	646	8 034	7 210	400
第29回 (1982年)	B5	644	8 858	7 930	400
第30回 (1983年)	B5	698	9 373	8 440	400
第31回 (1984年)	B5	720	10 815	9 680	400
第32回 (1985年)	B5	824	12 360	11 120	400
第33回 (1986年)	B5	675	12 360	10 300	400
第34回 (1987年)	B5	720	12 360	10 810	400
第35回 (1988年)	B5	888	13 184	11 840	450
第36回 (1989年) (新刊)	B5	926	14 400	13 000	450
水工学に関する夏期研修会講義集 (Aコース：河川 Bコース：港湾・海岸)					
1983 第19回 A	B5	182	4 120	—	350
B	B5	186	4 120	—	350
1984 第20回 A	B5	156	3 605	—	350
B	B5	150	3 605	—	350
1985 第21回 A	B5	174	3 605	—	350
B	B5	168	3 605	—	350
1986 第22回 A	B5	163	3 605	—	350
B	B5	163	3 605	—	350
1987 第23回 A	B5	178	3 605	—	350
B	B5	159	3 605	—	350
1988 第24回 A	B5	161	3 605	—	350

書名	判型	頁数	定価	会員特価	送料
1989 第25回	B 5	141	3 605	—	350
	A	160	3 500	—	300
1990 第26回	B 5	144	3 500	—	300
A } (新刊)	B 5	131	3 800	—	300
	B 5	141	3 800	—	300
水工学論文集 (旧称 水理講演会論文集第33回まで)					
水工学論文集 (旧称 水理講演会論文集第33回まで)					
第28回 (1984年)	B 5	856	7 210	—	450
第30回 (1986年)	B 5	827	7 725	—	450
第31回 (1987年)	B 5	806	7 210	—	450
第32回 (1988年)	B 5	660	7 210	—	400
第33回 (1989年)	B 5	720	7 725	—	450
第34巻 (1990年) (新刊)	B 5	706	7 000	—	450
海洋開発論文集 (旧称 海洋開発シンポジウム論文集)					
第11回 (1986年) Vol.2	A 4	174	4 635	—	350
第12回 (1987年) Vol.3	A 4	214	4 635	—	350
第13回 (1988年) Vol.4	A 4	342	5 150	—	400
第14回 (1989年) Vol.5	A 4	314	4 500	—	450
第15回 (1990年) Vol.6 (新刊)	A 4	364	5 000	—	400
水資源に関するシンポジウム					
第2回 (1982年)	B 5	648	7 210	—	400
第3回 (1987年)	B 5	696	10 300	—	450
河川・海岸シンポジウム					
第2回 構造物と地形変化	B 5	101	2 575	—	300
第3回 確率過程・極値と安全性	B 5	83	2 000	—	300
衛生工学研究論文集 (旧称 衛生工学研究討論会講演論文集)					
第19回 (1983年)	B 5	300	5 150	—	350
第20回 (1984年)	B 5	238	4 635	—	300
第21回 (1985年)	B 5	280	5 150	—	350
第22回 (1986年)	B 5	264	5 150	—	350
第23回 (1987年)	B 5	390	5 665	—	350
第24回 (1988年)	B 5	304	5 150	—	350
第25回 (1989年) 2分冊	B 5	計 345	6 180	—	400
第26回 (1990年) 2分冊 (新刊)	B 5	計 221	5 000	—	350
環境システム研究 (旧称 環境問題シンポジウム講演論文集 第15回まで)					
第11回 (1983年)	B 5	160	3 605	—	300
第12回 (1984年)	B 5	143	3 605	—	300
第13回 (1985年) (付：第6回ワークショップ)	B 5	160	4 120	—	300
第14回 (1986年) (付：第7回ワークショップ)	B 5	160	4 120	—	300
第15回 (1987年) (付：第8回ワークショップ)	B 5	162	4 120	—	300
第16回 (1988年)	B 5	191	4 635	—	350
第17回 (1989年)	B 5	201	4 500	—	350
第18回 (1990年) (新刊)	B 5	203	4 500	—	350
環境問題に関するワークショップ資料					
第5回 (1984年)	B 5	38	1 030	—	250

刊行物注文について

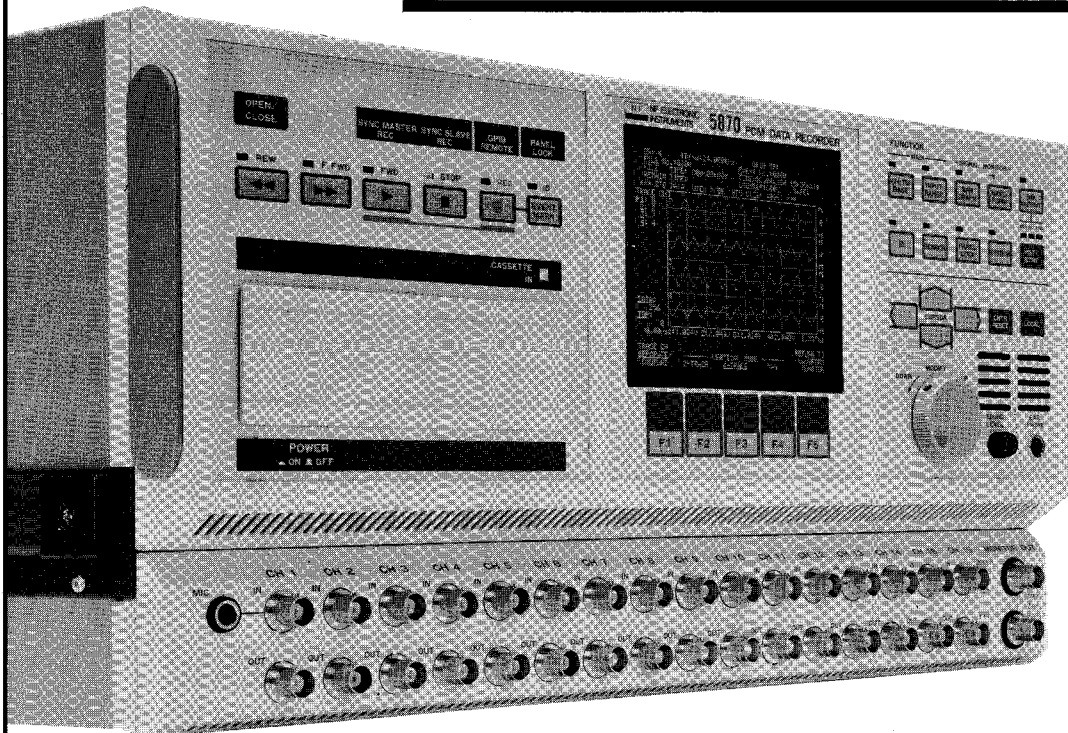
注文先：社団法人 土木学会刊行物販売係

〒160/東京都新宿区四谷1丁目無番地 [03 (355) 3441 内線 143・144]

注文方法：必要事項を記入のうえ、代金を添えて現金書留で上記注文先、係あてお送り下さい。手続き上、前金のご無理の場合には、請求書類の必要枚数を記入し、ご注文下さい。



データレコーダ異変。



最長記録時間は120日。しかも、そのデータを、
わずか2時間53分で高速再生！
「5870PCMデータレコーダ」は、
データレコーダを、突然、変えました。

5870PCMデータレコーダ

●DAT技術を応用した16ビットPCM方式データレコーダです。●S/N(信号対雑音比)は70dB(約3000倍)以上と、データの信頼性は抜群。●新開発の時間軸変換回路で、最高1/1000~1000倍の時間軸変換が可能。その結果、最長記録時間は2880時間。このデータを1000倍のスピードで高速再生することができます(2時間用のDATテープの全長を録・再独立に2時間53分から2880時間の間で使用可)。●サンプリングは16チャンネル同時。サンプリング周波数は最高48kHz。●総容量64kワードのウェーブメモリを内蔵。●見やすい大型のディスプレイ。●GP-IB標準装備でコンピュータ解析も容易。●コンパクトなDAT用テープの採用により、データの保存に場所をとりません。

●お問い合わせはお気軽に。
045-545-8111

エヌエフ

株式会社エヌエフ回路設計ブロック

横浜市港北区綱島東6-3-20 千223 TEL.045(545)8111(営業直通)
札幌011(281)4120 長野0262(27)7591 水戸0292(52)4411 北関東048(652)5391
千葉0472(43)3161 西東京0425(29)2151 名古屋052(777)3571
大阪0726(23)5341 広島082(263)8431 福岡092(411)4301

データ解析に、新しい手がかりを提供するか、エヌエフの「5870PCMデータレコーダ」。

SAT/UNSAT

(SATURATED/UNSATURATED ANALYSIS PROGRAM)

適用例

- ダムや堤体の外水位の上昇・下降や 降雨に伴う地下水解析
- トンネル掘削等による地下水への影響解析
- 矢板や連続壁による水の回り込みや止水効果の評価

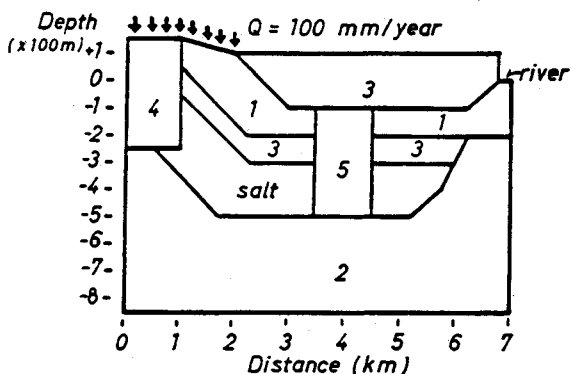


図1 放射性廃棄物処理場モデル

1: Sandstone 2: Sandstone 3: Shale 4: Limestone
5: Rubble zone Salt: Unpermeable

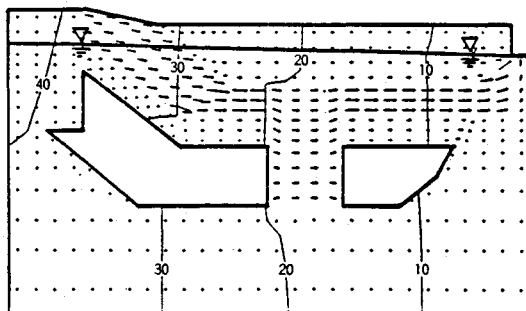


図2 放射性廃棄物処理場モデルの定常浸透流

EWS版 新発売!!

グラフィック機能に優れ、しかもコストパフォーマンスの高いエンジニアリング・ワークステーション(EWS)上で、ご利用いただけます。

NEWS, SUN, HP 等に対応。

STACC

(Shield Tunnel Analysis Program
by Characteristic Curve)

概要

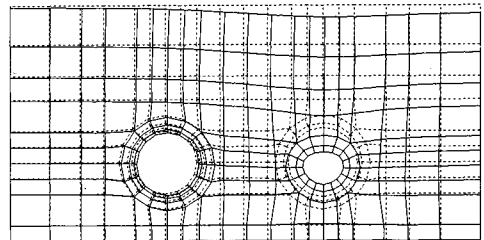
- ・二次元有限要素法解析と地表面沈下特性曲線を融合し、三次元的効果を考慮すると共に、各種施工条件をも考慮した地表面沈下量解析プログラム。

特長

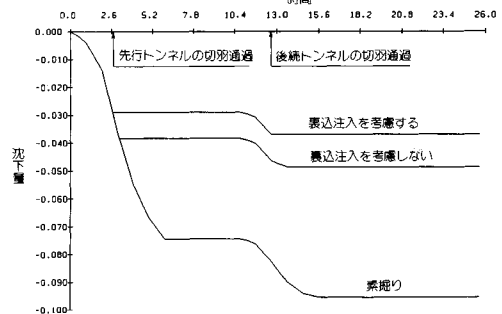
- ・三次元的効果を、効率良く解析できる。
- ・粘弾性的な時間依存性地山が解析可能。
- ・施工による経時的な沈下量が解析可能。
- ・現場での施工条件が考慮できる。
 - ・シールド掘進速度
 - ・テールクリアランス
 - ・圧気圧
 - ・セグメントの構築
 - ・双設トンネルの施工手順
- ・メッシュジェネレータ内蔵。

対応機種

- ・各種汎用機
- ・各種EWS



変形図



地表面の経時沈下量

アイサフ工業(株)	新技術計画(株)	西日本旅客鉄道会社(JR西日本)
(株)青木建設	(株)新日本技術コンサルタント	西松建設(株)
(株)浅沼組	(株)録高組	日本鋼管(株)
(株)応用地学研究所	大成基礎設計(株)	日本交通技術(株)
大阪市交通局	(株)竹中土木	日本シールドエンジニアリング(株)
大阪ガス(株)	(株)地崎工業	日本スピードシールド(株)
(株)大林組	中央復建コンサルタンツ(株)	日本鉄道建設公団
(株)大本組	中電技術コンサルタント(株)	日本電信電話(株)(NTT)
(株)奥村組	過信土木コンサルタント(株)	(株)岡組
(株)北尾設計	鉄建建設(株)	阪神高速道路公団
(株)熊谷組	(財)鉄道総合技術研究所(JR総研)	パンフィックコンサルタンツ(株)
久保田建設(株)	東急建設(株)	東日本旅客鉄道会社(JR東日本)
(株)溝池組	東京ガス(株)	フジ工業(株)
国際航業(株)	東建地質調査(株)	不動建設(株)
五洋建設(株)	東電設計(株)	三井建設(株)
佐藤工業(株)	戸田建設(株)	村本建設(株)
四国電力(株)	飛島建設(株)	(株)森組
清水建設(株)		

シールドトンネル研究会参加メンバー

CRC センチュリリサーチセンター 株式会社

IPA 情報処理振興事業協会

このシステムは、情報処理振興事業協会の委託を受けて開発したものです。

問合せ先

大阪市中央区久太郎町4丁目1-3

(06-241-4121)営業担当:岩崎・吉川

UNICOUP

応力解析と浸透解析がドッキングした!

軟弱地盤の解析に!

海洋開発・埋立

盛土・掘削

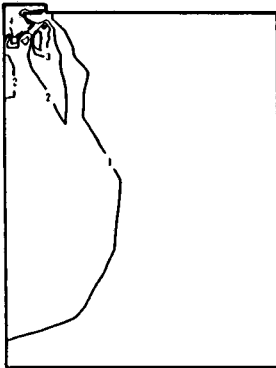
出力項目

- 各節点での変位、各要素での応力
- 各節点での全水頭・圧力水頭他
- 豊富な図化処理
変位図、変位ベクトル図、応力ベクトル図、応力カウンター図、安全率カウンター図、水頭カウンター図、圧力水頭カウンター図

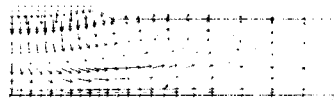
プログラムの特長

- 応力と地下水の流れをカップルさせた問題が解析可能です。(圧密含む)
- 地下水の流れは飽和・不飽和域を対象としています。
- 多段掘削・盛土や降雨等が扱えます。
- 梁や連結要素も扱え実用的です。
- 経時観測記録(変位・水位)があれば、非線形最小二乗法に基づき変形係数や透水係数が逆解析できます。(順解析、逆解析がスイッチにて選択可能です。)
- 弾性・非線形弾性・弾塑性・弾粘塑性を示す地盤が扱えます。
非線形弾性(電中研式、ダンカン・チャンの双曲線モデル)
弾塑性(ドラッカー・プラガー、モール・クーロン、カムクレイモデル、ハードニング、ソフトニング)
弾粘塑性(関口・太田モデル)

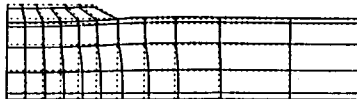
(荷重)



応力増分カウンター($d\sigma V$)
(10日後)



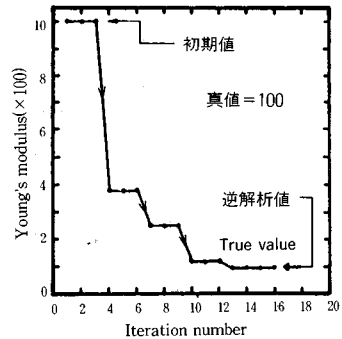
変位ベクトル図(40日後)



盛土(40日)後の地盤の変形



盛土(40日)後の地下水の流れと水頭
カウンターおよび自由水面



ヤング率と繰り返し回数の関係
逆解析によるパラメータの推定

このシステムは、情報処理振興事業協会の委託を受けて開発したものです。

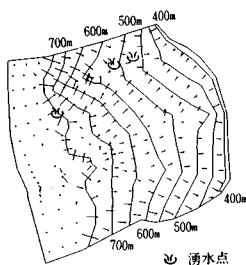
IPA 情報処理振興事業協会
CRC センチュリリサーチ センタ 株式会社

問合せ先
大阪市中央区久太郎町4丁目1-3
(06-241-4121)営業担当:岩崎・吉川

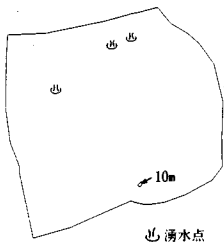
あの地下水解析ソフトがさらに機能充実!

UNISSE_{ユニセフ(V-2)}

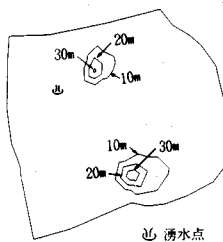
スピーディな同定・安価な解析



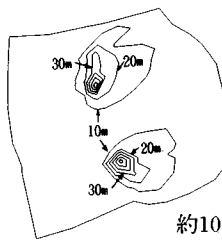
初期状態の地下水流



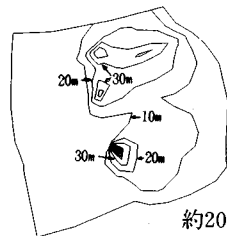
トンネル掘削開始直後



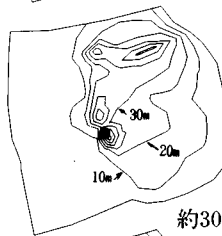
約4日後



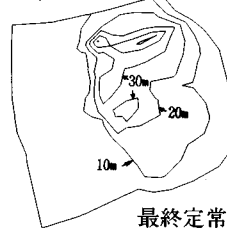
約10日後



約20日後



約30日後



最終定常状態

- 特長**
- 有限要素法による準3次元解析を中心とした地下水の流れのトータルシステムです。
 - 観測水位と計算水位より、非線形最小二乗法を用いて帯水層定数の同定が可能です。(逆解析手法)
 - 建設・土木工事(掘削・ディープウェルその他)の解析に対応する多くの機能を備えています。
 - メッシュ・ジュネレータにより、モデル(要素分割)作成の手間を軽減できます。
 - 図化処理プログラムにより、結果の確認が容易に行えます。

適応機種: SUN, NEWS, HP,
IBM 30XX, FACOM-Mシリーズ 他

このシステムは、情報処理振興事業協会の委託を受けて開発したものです。

IPA 情報処理振興事業協会

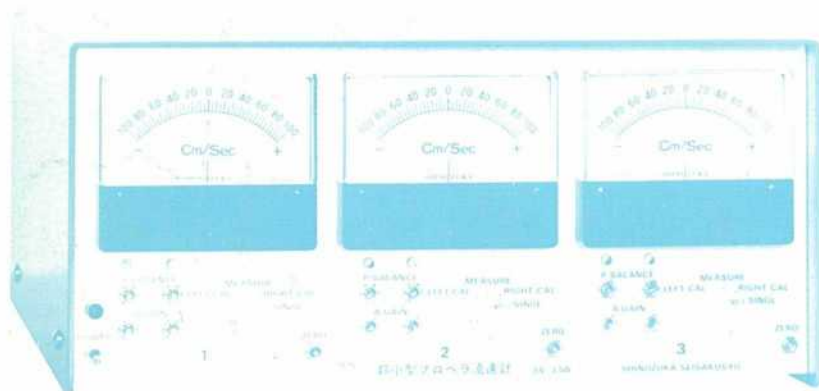
CRC 未来設計企業
センチュリリサーチセンター 株式会社

大阪市中央区久太郎町4丁目1-3
(06-241-4121) 営業担当: 岩崎・吉川

直径3ミリ

水理実験用に理想的

超小型プロペラ流速計 3チャンネル SV-33W型



- プロペラ検出器軸長
30~50cm, 軸の曲ったものも製作致します。

特 徴

- ◎ 赤外線回転検出で水温や水質に影響されません。
- ◎ 往復流の正逆判別は高感度で確実です。
- ◎ 正逆判別のないシングルプロペラも使用出来ます。
- ◎ 独自の楕円軸に依り流れを乱すことが非常に小さくて済みます。
- ◎ プロペラが小さいので流速100^{cm}/secで800~900パルスと高い分解能です。

A C サーボ水位計 SL-4 SL-20 SL-40

水理実験用測定器専門

SS 篠塚製作所

〒196 東京都昭島市玉川町2-8-21 電話 0425-44-1731

○ 土 木 学 会 論 文 集 ○

定価 一五〇〇円(本体価格一四五六円)