

流入量と処理水量が等しい場合の雨水滞水池の 効果についての近似理論

AN APPROXIMATE EXPRESSION OF EFFICIENCY OF STORAGE-TREATMENT SYSTEMS FOR TREATMENT CAPACITY BALANCED WITH INFLOW DISCHARGE

江藤 剛治*・栗田 秀明**

By Takeharu ETOH and Hideaki KURITA

An approximate expression of efficiency of storage-treatment systems to reduce non-point pollutant runoff to natural waters is derived under the condition that the volume of water which is treated during an average interstorm duration is equal to the average runoff volume of a single storm. While the analysis is based on an intuitively-introduced hypothesis, the resultant expression is proved to be of high accuracy, compared with Monte Carlo simulation results. The authors have presented the expressions for other conditions; extremely large or small capacity of a storage or treatment facility.

By combining the present expression with these previously-derived ones, an expression of the efficiency for general condition is expected to be developed.

Keywords: non-point pollutant runoff, storage-treatment system

1. はじめに

雨水滞水池の効果について、これまでに理論的に導かれていた式には、次のような欠陥があった。

- ① 貯留容量が小さいという仮定の上に導かれたものが多い。
- ② 水量の収支に関して解析している。負荷量の収支を直接解析したものはない。
- ③ 一般的に、解析を行うにあたって、初めに仮定した条件は何であるのか、その条件が現実的なシステムにおける条件に適合しているのか、あるいはどの程度乖離しているのか、などの基本的な条件に関する吟味が不十分であった。

文献1)で示した著者らの解により、これらの点の多くが解決された¹⁾。たとえば、この解は貯留容量 z_0 、貯えられた水の単位時間当たりの処理水量 d (以後、「処理容量」とよぶ) が、ともに $0 \sim \infty$ におけるすべての領域に対して適用可能である。まず、図-1のA~Dの領域で示される、貯留容量、処理容量が、十分大、あるいは

は小などの極限的な条件に対する厳密解を導いておき、これらを接合することにより、すべての領域に対して適用可能な式を導いた。

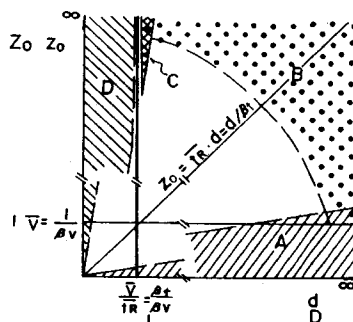


図-1 A~D: 文献1)で厳密解が示された境界近傍の領域
(|: 本論文ではこの直線上で近似解を示す。(D, z_0) は (d, z_0) の無次元表示、表-1参照)

当然、いくつかの解決すべき問題点が残っている。その中には、調査などにより実務的に解決すべき点と、理論の改善により解決すべき点がある。その例として、次のような3点が挙げられる。

- ① (d, z_0) 平面の領域中央部において、近似度が落ちる。誤差は最大 $10 \sim 20\%$ に達する。

* 正会員 工博 近畿大学教授 理工学部土木工学科
(〒577 東大阪市小若江 3-4-1)

** 正会員 工修 (株)建設技術研究所大阪支社技術3部
(〒541 大阪市東区本町 1-24-1 ニューホンマテビル)

- ② 降雨流出中の水処理の効果が考慮されていない。
- ③ 複数の貯留施設による分散貯留の効果を検討していない。

第1の問題点を解決するのに有効と考えられる解を、近似を含む理論ではあるが、解析的に導くことができたので報告する。

(d, z_0) 平面の境界近傍の各領域では厳密解が得られているから、領域の中央付近、すなわち、 $D=Z_0=1$ の付近で、ただ一点でもよいから精度の高い解が与えられていれば、これらを組み合わせて、領域の中央部でも精度の高い近似式を得ることが期待できる。図-1の $D=1$ ($Z_0=0\sim\infty$) の直線上(当然 $D=Z_0=1$ は含まれる)で近似解が得られたので報告する。この意味で、本ノートは文献1)を補完するものである。

2. 条件・記号

条件, 仮定, 記号等について簡単に説明する。やや詳しい説明については文献1)を参照のこと。

一雨流出量 v , 流出時間間隔 t は指数分布に従うものとする。流出量時系列としては、複合ポアソン過程を仮定する。すなわち流出は瞬時に生ずる。流出初めから、ある時刻までの総流出量を v' とすると、それまでの流出負荷量 w は次式で表わされるものとする。

$$w' = w_{p0}(1 - e^{-k_c v'}) \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 w_{p0} は流出初期の流域残存負荷量、 k_c は洗浄係数である。流域と負荷の種類を特定すれば、どの降雨流出に対しても、 w_{p0, k_c} はともに一定値をとるものと仮定する。

これらの変数, パラメーターを表-1のように無次元化する。

表-1 主要な無次元量の説明

| | |
|---|---|
| 処理水量 D | $= \bar{t}_R d / \bar{v} = \beta_v / \beta_c \cdot d$ |
| 貯留容量 Z_0 | $= z_0 / \bar{v} = \beta_v z_0$ |
| 持ちこし容量 Z_d | $= z_d / \bar{v} = \beta_v z_d$ |
| 洗浄係数 K_c | $= k_c \cdot \bar{v} = k_c / \beta_v$ |
| ここで、 \bar{t}_R : 平均流出時間間隔、 β_c はその逆数。 \bar{v} : 平均一雨流量、 β_v はその逆数。 | |

3. 貯留容量が小さいとき

まず、流出直前の時点で、平均的にどれだけの水が未処理のまま持ちこされているかを考えてみる。流出直前の時点の持ちこし貯留容量を z_{a0} とする。

流出により v だけ貯留量が増加する。 v が空容量 $z_0 - z_{a0}$ より大きければ、貯留施設は満水となり溢流が生じる。小さければ、全流出量 v が貯留される。流出終了と同時に水処理を行うので、貯留量は徐々に減少し、

次の流出が始まる時点 t には z_{a1} となっている。 z_{a0}, z_{a1} はともに確率変数となるが、流出量時系列が定常時系列で、かつ十分長い時間を経過すると、 z_{a0} と z_{a1} の確率分布は同一となる。これを定常分布とよぶ。定常分布は貯水量の遷移確率行列より容易に求まるが²⁾、陽解が得られることは少ない。いま z_{a0} の期待値 \bar{z}_{a0} を考えよう。 z_{a0} を期待値 \bar{z}_{a0} に固定しても、 v, t が確率変数であるから、 z_{a1} は確率分布する。その期待値を \bar{z}_{a1} とする。 z_{a0} を \bar{z}_{a0} に固定しているのに、 \bar{z}_{a1} は \bar{z}_{a0} とは異なる。厳密には $\bar{z}_{a0} = \bar{z}_{a1}$ であるが、近似的には、 $\bar{z}_{a0} = \bar{z}_{a1} \doteq z_{a1}$ が成り立つと考えられる。よって、 z_{a0} を固定して z_{a1} の期待値の式を導き、両者が等しいという条件から \bar{z}_{a1} の近似式を求める。その無次元量 \bar{Z}_d は次式を満たす(補遺1参照)。

$$\begin{aligned} & -\frac{D^2}{1+D} \{e^{-(1+D)/D \cdot (z_0 - Z_d)} - 1\} e^{-Z_d/D} \\ & - (1 - D e^{-z_0/D}) e^{-z_0 - Z_d} \\ & + 1 - D = 0 \dots \dots \dots (2) \end{aligned}$$

一般には、式(2)を \bar{Z}_d について解いて陽解を求めることができない。ただし、 $D=1$ の場合は非常に特殊なケースになる。適切な変数変換をすることにより、式(2)は二次式に帰着し、 \bar{Z}_d に関する陽解を得ることができる(補遺1参照)。物理的には、 $D=1$ は $d \cdot \bar{t}_R = \bar{v}$, すなわち平均一雨流出量 \bar{v} と、次の流出までの平均処理水量(処理容量 \times 平均流出時間間隔)が等しいという条件を意味する。このとき、

$$\bar{Z}_d = \frac{1}{2} \{Z_0 - \ln(2 - e^{-Z_0})\} \dots \dots \dots (3)$$

持ちこし容量が \bar{Z}_d であるとき、平均溢流負荷量 \bar{w}_e は次式で表わされる(補遺2参照)。

$$\bar{w}_e = w_{p0} \frac{K_c}{1 + K_c} e^{-(1 + K_c)(Z_0 - \bar{Z}_d)} \dots \dots \dots (4)$$

持ちこし容量は、本来、確率的に変動する。これを平均値 \bar{Z}_d に固定しているのに、式(4)の \bar{w}_e を使って得られる結果(式(5))は、あくまで近似式である。

式(4)から、処理施設で処理され、除去される負荷量 \bar{w} を求め、これを全流出負荷量 w で割って、負荷削減率 ϵ'' の式を求める(補遺2参照)。

$$\epsilon'' = k_t \{1 - e^{-(1 + K_c)(Z_0 - \bar{Z}_d)}\} \dots \dots \dots (5)$$

一方、文献1)で示した式では、 $D=1$ に対する負荷削減率の式 ϵ' は、次のようになる。

$$\epsilon' = k_t \{1 - e^{-(1 + K_c)Z_0}\} \dots \dots \dots (6)$$

ここに、 k_t は除去率で、貯留された水が処理施設を通るとき汚濁負荷の何%が除去されるかを表わす。

式(5)と式(6)を比較すると、式(5)では持ちこし容量 \bar{Z}_d が導入されたこと、式(3)で \bar{Z}_d の近似表現を与えたことが、新たな改良点となっている。

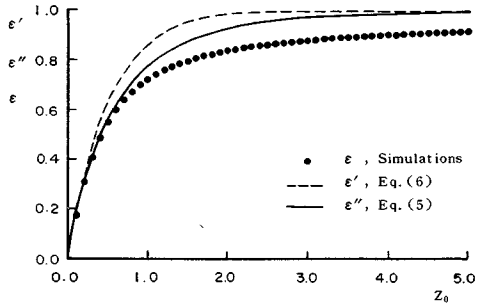


図-2 シミュレーション値と式(5), 式(6)の比較 (k_t=1, K_c=1の例)

モンテ・カルロ・シミュレーションによって計算した厳密値を ϵ とし、 $\epsilon, \epsilon', \epsilon''$ を比較した例が図-2である。図-2によりわかるとおり、 Z_0 が1以下の領域では、本節で示した近似値 ϵ'' はシミュレーション値とよく一致している。ただし、 Z_0 が1のオーダーより大きい領域では、精度上の改善は少ない。

4. 貯留容量が大きいとき

Z_0 が大きい領域で精度が落ちるのは、次のような理由による。

$D=1$ であるから、貯留容量 Z_0 が十分大きいとき、平均的には貯水池への流入量と放流量は等しい。貯留量は自由に増大、減少し、すべての貯留状態をまんべんなく取ることになる。 Z_0 が十分大きいので、 Z_a が Z_0 に近いとき、より正確に言えば、空容量 $Z_0 - Z_a$ が平均一雨流出量のオーダーより小さいときに流出が生じると、貯留施設が満水となって、未処理水が溢流する可能性が高くなる。一方、式(3)を用いるとき $Z_0 \rightarrow \infty$ とすると、 $\bar{Z}_a = 1/2 Z_0$ となる(補遺3参照)。すなわち、貯留容量 Z_0 が十分大きいとき、本来確率的に変動する持ちこし容量 Z_a 、空容量ともに $1/2 Z_0$ に固定することになる。このとき、流出開始時には、常に容量の半分が空いていることになる。 $1/2 Z_0$ が流出量 V より十分大きいので、溢流は全く生じないことになる。以上まとめると、実際には、貯留量はすべての状態をまんべんなくとるにもかかわらず、式上は $1/2 Z_0$ に固定される。よって、実際はある確率(持ちこし容量が大きい状態の生じる確率)で溢流が生じるにもかかわらず、式上は全く生じないことになる。よって、式(5)は Z_0 が大きいとき、負荷削減率が過大評価することになる。

この点を補正するために次のように考えた。 Z_0 が大きいとき溢流が起こる可能性があるのは $Z_0 - Z_a \leq 1$ (有次元表示では、 $z_0 - z_a \leq \bar{v}$) の場合である。 $D=1$ の条件下では Z_a は $(0 \sim Z_0)$ の範囲でほぼ一様に分布するから、 Z_a の確率密度は $1/Z_0$ である。よって、 $Z_0 -$

$Z_a \leq 1$ となる確率はオーダー的に $1/Z_0$ である。このとき、空容量のオーダーは無次元表示で1であるから、溢流負荷量 \bar{w}_e は無次元貯留容量が1の貯留施設からの溢流負荷量とオーダー的に等しいと考えられる。この量は式(4)で $Z_0 \doteq 1$ として求められる。よって、 $Z_0 \leq 1$ では \bar{w}_e の式として式(4)を使い、 $Z_0 > 1$ では式(4)で $Z_0=1$ としたものに $1/Z_0$ を乗じたものを使うことにする。以上の考察より、 $Z_0 > 1$ に対する削減効率の式 ϵ''' は、

$$\epsilon''' = k_t \left[1 - \frac{1}{Z_0} e^{-(1+K_c)(1-Z_a/\bar{v})} \right] \dots \dots \dots (7)$$

ここに、 $\bar{Z}_{a(1)}$ は式(3)に $Z_0=1$ を代入したものの。 $Z_0 \leq 1$ では ϵ'' を、 $Z_0 > 1$ では ϵ''' を使って得られる値と、シミュレーション結果とを比較したものの例を図-3に示す。 $Z_0 > 1$ の領域でも、両者は実用上十分な精度で一致していることがわかる。

$Z_0=0.6$ 程度で接続するなどの工夫により、より精度は高くなる。ただし、理論的根拠の薄い精度の改善は、本理論の実用化のときに行えばよい。

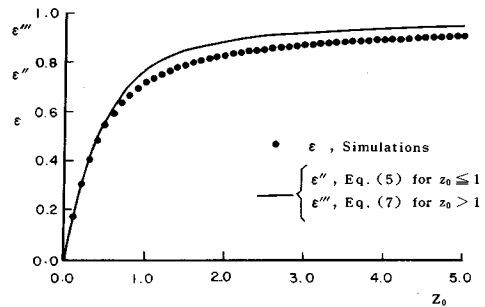


図-3 シミュレーション値と得られた解の比較 (k_t=1, K_c=1の例)

5. ま と め

平均一雨流出量と、次の流出までの平均処理水量が等しいという条件下で、貯留容量が $0 \sim \infty$ のすべての範囲に対する、雨水滞水池の負荷削減率 ϵ の近似式を導いた。この式は、無次元貯留容量 Z_0 が1より小さいとき式(5)で、大きいとき式(7)で表わされる。この式は簡便な式形をもち、かつ、 $z_0=0 \sim \infty$ の全範囲に対して、実用上十分な精度をもっている。

文献1)で示した、処理容量、貯留容量が大きい、あるいは小さい場合に対する厳密解と、本ノートで示した近似解を組み合わせ、若干の経験的な補正を行うことによって、一般的な条件下に対して高い精度をもつ、雨水滞水池の効果の評価式が得られる³⁾。

補遺 1

流出直前の時点で、平均的にどれだけの水が未処理のまま持ちこされているかを考えてみる。以下、無次元量で考察する。流出直前の時点の持ちこし容量を Z_{a0} とする。流出により V だけ貯留量が増加し、貯留量は $Z_{a0} + V$ となる。 V が空容量 $Z_0 - Z_{a0}$ より大きい場合には、貯留施設は満水となり溢流が生じ貯留量は Z_0 となる。流出終了と同時に水処理を行うので貯留量は徐々に減少し、次の流出が始まる時点には Z_{a1} となっている。 Z_{a0} をその期待値 \bar{Z}_{a0} に固定しても、 V 、 T が確率変数であるから、 Z_{a1} は確率分布する。その期待値を \bar{Z}_{a1} とする。定常状態では $\bar{Z}_{a0} = \bar{Z}_{a1} = \bar{Z}_{a1}$ が成り立つと考えられる。よって、 Z_{a0} を \bar{Z}_{a0} に固定して \bar{Z}_{a1} の式を導き、これらが等しいという条件から、定常状態の持ちこし容量の期待値 \bar{Z}_a の近似式が求められると考えられる。

- ① 次の流出で満水にならない場合： $V < Z_0 - \bar{Z}_{a0}$
 - i) $V + \bar{Z}_{a0} \leq D \cdot T$ のとき $Z_{a1} = 0$
 - ii) $V + \bar{Z}_{a0} > D \cdot T$ のとき $Z_{a1} = V + \bar{Z}_{a0} - D \cdot T$
- ② 次の流出で満水になる場合： $V \geq Z_0 - \bar{Z}_{a0}$
 - iii) $Z_0 \leq D \cdot T$ のとき $Z_{a1} = 0$
 - iv) $Z_0 > D \cdot T$ のとき $Z_{a1} = Z_0 - D \cdot T$

よって、平均的な流出水処理後の持ちこし容量は、

$$\begin{aligned} \bar{Z}_{a1} &= \int_0^{(V+\bar{Z}_{a0})/D} (V + \bar{Z}_{a0} - D \cdot T) e^{-T} e^{-V} dT dV \\ &+ \int_{Z_0 - \bar{Z}_{a0}}^{\infty} \int_0^{Z_0/D} (Z_0 - D \cdot T) e^{-T} e^{-V} dT dV \\ &= -\frac{D^2}{1+D} [e^{-(1+D)/D \cdot (Z_0 - \bar{Z}_{a0})} - 1] e^{-\bar{Z}_{a0}/D} \\ &- (1 - D e^{-Z_0/D}) e^{-(Z_0 - \bar{Z}_{a0})} \\ &+ 1 - D + \bar{Z}_{a0} = 0 \dots\dots\dots (8) \end{aligned}$$

定常状態を考え、 Z_{a0} を \bar{Z}_{a0} に固定し、これが近似的に \bar{Z}_{a1} に等しいという条件を使う。これらの値を \bar{Z}_a で表わすと式 (2) になる。この式の \bar{Z}_a に関する陽解は、一般には求まらない。ただし、 $Z_0 \neq 0$ で $D=1$ のときには、 $X = \exp(-\bar{Z}_a)$ とおくことにより、式 (2) は、

$$-\frac{1}{2} (e^{-2Z_0} X^{-2} - 1) X + (e^{-2Z_0} - e^{-Z_0}) X^{-1} = 0 \dots\dots\dots (9)$$

式 (9) は X に関する二次式となるから、 X は簡単に求まって、その対数を取ることににより、 \bar{Z}_a は次式のように表わされる。

$$\bar{Z}_a = \frac{1}{2} \{ Z_0 - \ln(2 - e^{-Z_0}) \} \dots\dots\dots (10)$$

補遺 2

持ちこし容量を \bar{Z}_a としたときの溢流負荷量の期待値 \bar{w}_e は、次式のように示される。

$$\begin{aligned} \bar{w}_e &= \int_{Z_0 - \bar{Z}_a}^{\infty} w_{p0} [e^{-K_c(Z_0 - \bar{Z}_a)} - e^{-K_c V}] e^{-V} dV \\ &= w_{p0} \frac{K_c}{1 + K_c} e^{-(1 + K_c)(Z_0 - \bar{Z}_a)} \dots\dots\dots (11) \end{aligned}$$

したがって、処理施設を通過する負荷量の期待値 \bar{w} 、処理され、除去される負荷量の期待値 \bar{w}_r は、次式のように示される。

$$\begin{aligned} \bar{w}_i &= \bar{w} - \bar{w}_e \\ \bar{w}_r &= k_t \bar{w}_i = k_t (\bar{w} - \bar{w}_e) \\ &= k_t \left\{ w_{p0} \frac{K_c}{1 + K_c} - w_{p0} \frac{K_c}{1 + K_c} e^{-(1 + K_c)(Z_0 - \bar{Z}_a)} \right\} \\ &= k_t w_{p0} \frac{K_c}{1 + K_c} \left\{ 1 - e^{-(1 + K_c)(Z_0 - \bar{Z}_a)} \right\} \dots\dots\dots (12) \end{aligned}$$

ここに \bar{w} は、平均全流出負荷量を表わし¹⁾、

$$\bar{w} = w_{p0} \frac{K_c}{1 + K_c} \dots\dots\dots (13)$$

\bar{w}_r を \bar{w} で割って求められる負荷削減率 ϵ'' は、次式のように示される。

$$\begin{aligned} \epsilon'' &= \bar{w}_r / \bar{w} \\ &= k_t \{ 1 - e^{-(1 + K_c)(Z_0 - \bar{Z}_a)} \} \dots\dots\dots (14) \end{aligned}$$

補遺 3

$$\begin{aligned} \frac{\bar{Z}_a}{Z_0} &= \frac{1}{2Z_0} \{ Z_0 - \ln(2 - e^{-Z_0}) \} \\ &= \frac{1}{2} \left\{ 1 - \frac{1}{Z_0} \ln(2 - e^{-Z_0}) \right\} \\ \lim_{Z_0 \rightarrow \infty} \frac{\bar{Z}_a}{Z_0} &= \frac{1}{2} \dots\dots\dots (15) \end{aligned}$$

参考文献

- 1) 江藤剛治・栗田秀明：貯留施設を持つ水処理系による雨天時汚濁負荷削減効果の理論，土木学会論文集，第 375 号，II-6，pp. 281～289，1986. 11.
- 2) 土木学会水理委員会：水理公式集—昭和 60 年版—，第 2 編水文編，5.4.1 貯水池の確率分布と遷移確率行列，p. 185，(社)土木学会，1985. 1.
- 3) 栗田秀明・金川正晴・田村 譲：雨水滞水池の効果に関する理論の実用化，衛生工学研究論文集，Vol. 23，pp. 77～88，1987.

(1986. 9. 22・受付)

内容紹介

黒部扇状地の土砂動態に関する考察

石川 忠晴・山本 浩之

[土木学会論文集 第381号/II-7 pp.35~43 1987.5]

本研究は黒部川扇状地部の河道災害と土砂動態を考察したものである。まず河道災害の地域分布および洪水規模と災害規模の関係を、河道形状や河床材料粒径といった一般河道データとを突きあわせ、河道災害発生のマクロな機構について推論している。次に、現在の土砂移動の特性を沖積世の地形変化との対応において解釈し、黒部扇状地の地形形成史に関する情報から逆に扇状地上の年平均土砂移動量を推計している。

地下水位低下工事による地下塩水侵入の注水井群による最適制御

上田年比古・藤野 和徳・神野 健二・平野 文昭

[土木学会論文集 第381号/II-7 pp.45~54 1987.5]

本研究は、海岸地域で、構造物の基礎掘削など地下水位の低下に起因する地下塩水の侵入を、海岸線に並べた注水井により制御する場合について解析し、注揚水量の総和を最小にする最適注揚水状態を求めたものである。まず、注水井が1個の長方形領域の定常地下密度流について、その流量ポテンシャルを導き、これを用いて最適注揚水状態を求め、次に、この理論的解析結果を利用しながら、複雑な境界をもつ塩水侵入制御について、有限要素法と線形計画法を用いて、最適注揚水状態を求める数値解析手法を述べている。

台形断面開水路流の三次元乱流構造に関する実験的研究

富永 晃宏・江崎 一博・祢津 家久

[土木学会論文集 第381号/II-7 pp.55~63 1987.5]

河川の断面形として一般的な台形断面開水路流の三次元乱流構造を二次流との関係を中心に実験的に明らかにし、側壁傾斜角の影響を検討した。側壁傾斜角が小さくなるにつれて、二次流の発生原因となる垂直応力の分布が変化することによって、側壁上部に新たな渦が形成され、長方形の場合の水面縦渦が減衰し、底面縦渦が発達する台形断面特有の二次流構造が明らかとなり、これが主流の三次元構造を支配していることが示された。

鉛直振動を受ける円筒容器内の二層液体界面に発生する内部波とその発生限界

池田 駿介・山坂 昌成・武藤 聡・平井 克明

[土木学会論文集 第381号/II-7 pp.65~74 1987.5]

円筒タンク内に密閉されている混り合わない二層液体が鉛直振動を受ける場合に発生する内部波について理論的、実験的研究を行った。内部環境面の安定・不安定は液体の粘性による減衰を考慮した Mathieu 方程式によって支配されていることを示し、この解を摂動法を用いて高次（三次）まで求めた。その結果、実験において観測されたさまざまな内部波のモードやその発生限界をよく説明することができた。

毛管モデルによる不飽和透水係数の評価

玉井 信行・浅枝 隆・田中 靖治

[土木学会論文集 第381号/II-7 pp.75~81 1987.5]

毛細管内の液柱の運動機構を解明するために、液柱が静止し得る臨界長、運動中の液柱と毛管壁との接触角、毛管壁に残留する液体膜の厚さ等、基礎的な特性を実験から求めた。また、毛細管内の水柱の運動方程式において、慣性項の影響が無視し得るほど小さいことを確認した。これらの基礎的な性状に基づき、水柱がランダムに分布すると仮定した毛管モデルを構築し、不飽和透水係数を含水量の関数としてかなり正確に評価できることを示した。

土砂災害を起こす豪雨の予報について

塩月善晴・大原資生・山本哲朗

[土木学会論文集 第381号/II-7 pp.83~90 1987.5]

著者らは、Talbot型極値雨量曲線の a, b 値の豪雨時での振舞と越智による崖くずれを対象とした豪雨の強さの分類とを対応させることによって、豪雨による土砂災害の発生を短時間に予測する方法を提案した。

これを昭和57年長崎豪雨(集中豪雨型)、昭和60年山口県豪雨(長雨型)の発災時の豪雨に適用し、この方法による崖崩れ発生の予測の有効性を検討し、良好な結果を得た。

利水システムの安全度評価に関する研究

小尻利治・池淵周一・飯島 健

[土木学会論文集 第381号/II-7 pp.91~100 1987.5]

水資源システムの策定にあたっては、水文現象の不確定さと水利用形態の複雑さを結合したシステムのモデル化と評価が要求される。本研究では、利水システムをその取・排水特性より数個の基本ユニットに分解してモデル化をかけた。また、一次マルコフ性を有する入力に対して確率マトリックス法を提案し、ダム貯水池を含む一般的な利水システムにおける安全度(信頼度、回復度、深刻度)の算定手順を明らかにした。

支川改修が本川の氾濫危険度に及ぼす影響を評価するための一理論

栗田秀明・江藤剛治

[土木学会論文集 第381号/II-7 pp.101~110 1987.5]

支川の改修が本川の氾濫危険度に与える影響を評価するために、2つの支川のピーク流量の結合密度関数が2変数指数分布に従うと仮定し、支川での氾濫を考慮したうえで、本川合流点における氾濫危険度の式を理論的に導いた。特に両支川のピーク流量の相関が完全独立あるいは完全従属と特別なときは、本川の氾濫危険度は非0に簡単な形式で表わされた。

津波の数値実験における格子間隔と時間積分間隔に関する研究

長谷川賢一・鈴木孝夫・稲垣和男・首藤伸夫

[土木学会論文集 第381号/II-7 pp.111~120 1987.5]

津波の数値実験において、十分に精度の高い計算遡上高を得るために、格子間隔と時間積分間隔について検討した。一次元水路を対象として感度解析を行った結果、格子間隔の方が時間積分間隔にくらべ、計算波高にはるかに大きな影響を与えることが明らかとなった。また、5%の打ち切り誤差を許容とした場合、一波長に含まれる格子点数を少なくとも20以上とする必要があることを示した。これらの知見に基づき、1983年日本海中部地震津波を対象として数値実験を行った結果、格子間隔を30m程度にすれば十分精度良く痕跡高を再現し得ることが実証された。

ストークス波による海洋プラットフォームの振動に関する理論解とその応用

石田 啓・加藤 卓・上野 彰

[土木学会論文集 第381号/II-7 pp.121~130 1987.5]

本論文では、プラットフォームの波浪振動を扱うが、まず、微小振幅波理論を用い、水面の上下動に伴う波力の作用範囲の変動を考慮した単柱の振動の理論解を示し、次に、これをストークス波を用いた場合に拡張し、最後に、これを用いたプラットフォームの解析法を提示する。さらに、プラットフォーム模型を用いてデッキの変位を実測し、理論計算値と比較することにより、本理論解の妥当性を示すとともに、共振の抑制法を論述した。

波浪推算に基づくわが国太平洋岸での台風発生最大波高の地域分布の推定

山口正隆・畑田佳男・小淵恵一郎・日野幹雄

[土木学会論文集 第381号/II-7 pp.131~140 1987.5]

本研究は、台風モデルにより海上風を推定した場合に、著者らのエネルギー平衡方程式に基づく波浪推算モデルが台風発生波浪の算定に対し、どの程度の適用性をもつかを波浪観測結果との比較から明らかにするとともに、過去50年間における120個の台風に対する波浪追算から、わが国太平洋沿岸における台風発生最大波高の地域分布や確率波高の沿岸分布を推定し、海岸・港湾構造物の設計波高との対応を考察したものである。

栈橋床版に作用する揚圧力特性に及ぼす空気層の効果に関する研究

榎木 亨・後野正雄

[土木学会論文集 第381号/II-7 pp.141~149 1987.5]

本論文は、まず実験により栈橋床版に作用する揚圧力、特にリップによって囲まれた床版への揚圧力について解析し、揚圧力の空間分布特性、クリアランスの変化に伴う揚圧力の変化ならびに従来得られている平床版に作用する揚圧力との差異を明らかにするとともに、揚圧力の発生機構に空气の漏出が重要な要因となることを指摘している。そしてこれらの実験事実に基づいた数値計算法を提案し、実験によりその計算手法の妥当性を検証している。

一地点を対象とした浅海波浪推算モデルとその適用性

山口正隆・畑田佳男・宇都宮好博

[土木学会論文集 第381号/II-7 pp.151~160 1987.5]

本研究は波浪推算点に到達する個々の成分波の方向スペクトルの時空間変化をエネルギー平衡方程式に基づいて独立に計算する「一地点を対象とした浅海波浪推算モデル」を提案したものである。そしてまずSWAMPにおける単純な風場や海賊が与えられた場合のモデルテストと冬季季節風時の日本海における波浪追算に基づき、本モデルがDPモデルの範囲内で合理的挙動を示すことや波浪観測結果をよく再現することを明らかにした。

霞ヶ浦における風波による湖浜変形の実態

宇多高明・赤穂俊作・今井武雄

[土木学会論文集 第381号/II-7 pp.161~170 1987.5]

霞ヶ浦において風浪による樋管周りの地形変化を知るために2年間で13回の深淺測量を行った。このデータを分析した結果、当地区の地形変化が、一方向の漂砂が卓越する場と波向が季節的に変動する場に構造物があるときに生ずる地形変化とに分けられ、それぞれが汀線変化モデルの理論解により良好に説明されることが明らかになった。また、湖浜地形変化に関してエルゴード性の概念を導入し、時間・空間の置換の可能性を示した。

感潮河川流場における空気防波堤の現地実験

岩垣雄一・浅野敏之・近藤浩右・山田耕一

[土木学会論文集 第381号/II-7 pp.171~180 1987.5]

河口域等の流れのある場に発生する風波を消波するためには流れを妨げないこと、船舶の航行を阻害しないことが要請されるため、空気防波堤の運用がもっとも適当であると考えられる。そのためには、流れによる空気防波堤の消波性能の変化について定量的に調べる必要がある。本研究は現地観測結果に基づいて、空気防波堤の感潮河川域への適用可能性について検討したものである。

任意波形を有する波動下での水粒子速度と底面せん断応力の算定手法に関する研究

田中 仁

[土木学会論文集 第381号/II-7 pp.181~187 1987.5]

波の波形および定常流の断面平均流速を用いて波・流れ共存時の水粒子速度・底面せん断力等の水理量を予測する手法を提案した。また、計算結果と実験結果との比較を行った。本手法は、今までその算定法がほとんど皆無であった斜面上の波による底面せん断力の評価にも応用が可能であると考えられ、斜面上での波高減衰、砂移動現象等を含め、その応用範囲は多岐にわたるものと思われる。

クノイド波の斜面遡上の境界要素解析

大山 巧

[土木学会論文集 第381号/II-7 pp.189~198 1987.5]

クノイド波の急勾配斜面へのはい上がり高さを求める解析法として、非線形ポテンシャル理論に基づく境界要素法による手法を提案した。本解析結果は、はい上がり高さ、斜面近傍の波形に関して実験結果と良好な一致を示した。そして、線形長波理論に基づく解は、本解析結果、実験結果を大幅に下回ることを確認した。また、実用上よく用いられる高田の式では、クノイド波領域において妥当な結果が得られないことが明らかになった。

都市域の雨水流出に伴う雨水樹流出負荷の研究

和田安彦・三浦浩之

[土木学会論文集 第381号/II-7 pp.199~206 1987.5]

都市域の降雨時汚染物質流出特性から、雨水樹の汚濁発生源としての寄与状況と汚染物質流出特性を明らかにし、雨水樹内の沈殿汚染物質量が降雨水流入と集水域の土地利用状況に影響されて変動していることを現地調査結果から示した。また、雨水樹沈殿汚染物質の流出状況を表現するモデルを提案し、沈殿汚染物質の流出特性を示すパラメーターを実験により流入水の関数として表わした。これにより、樹内沈殿汚染物質の流出状況を把握できた。

汚泥処理システムのエネルギー最適化に関する研究

酒井伸一・平岡正勝・武田信生・松内孝夫

[土木学会論文集 第381号/II-7 pp.207~216 1987.5]

嫌気性消化ーガス発電系、焼却廃熱利用系より構成される汚泥処理システムの定常エネルギー収支モデルによりエネルギー最適化の検討を行った。燃焼条件、蒸気収支などを考慮した収支計算アルゴリズムにより乾燥ー焼却システムの省エネルギー性を確認した。さらにエネルギー最適設計問題として定式化し、ラグランジュ乗数法を用いて最適解を求め、その結果から嫌気性消化プロセスの得失は汚泥濃度に影響され、条件によっては重油消費と電力生産のトレードオフ関数となることがわかった。

都市廃棄物嫌気性埋立層中の可溶性汚濁物生成過程に関する研究

田中信寿・神山桂一

[土木学会論文集 第381号/II-7 pp.217~225 1987.5]

3種類の都市廃棄物と模擬ごみに対する小規模な模擬埋立実験を、約4ヵ年間厳密な嫌気性条件とほぼ一定の温度条件(20°C)で行った。浸出水と発生ガスに対して多数の項目の分析・測定を行った。廃棄物おのおのに特有な結果が得られたが、基本的には、ごみの種類によらず、ごみ層内において嫌気性消化が生じ、汚濁物の可溶化・ガス化過程が進行していることがわかった。さらに、各種成分の可溶化速度や物質収支を計算し、可溶化成分の生成過程について考察した。

新しい計測技術と設備で あらゆる地質・環境・構造を 的確にキャッチ

●地質調査

地質踏査
弾性波探査
各種物理探査
ボーリング
物理検層
岩盤物性試験
岩石試験・土質試験

●環境調査

振動・騒音測定と解析・予測・対策
地こり調査と解析・予測・対策
水文・植生調査と解析

●構造物調査

橋りょう・橋脚・トンネル調査
各種構造物・構築物のひずみ・たわみ
沈下(土圧)・変位・加速度の測定・解析

●地震観測

微小地震・常時微動の観測・解析

●電子計算機による主な解析

各種周波数分析・地震応答解析
振動軌跡の作図
走時曲線の自動作図と解析
地震震源地の解析と作図



地質計測
株式会社

本社 ■ 〒107 東京都港区南青山4丁目26番12号 TEL.03(409)4651
技術研究所 ■ 〒213 川崎市宮前区平1555番 TEL.044(977)3471
神奈川営業所 ■ TEL.044(977)3471 福岡営業所 ■ TEL.092(714)1367
仙台営業所 ■ TEL.0222(23)5365 長野出張所 ■ TEL.0262(92)3886

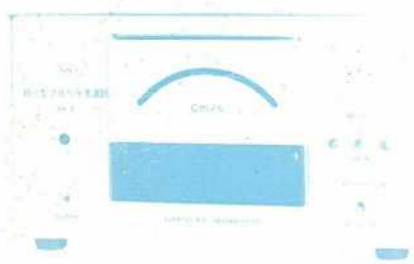
建設コンサルタント(登録番号第56-1088号) 地質調査業者(登録番号第56-469号) 測量業者登録(登録番号第2-9419号) 計量証明事業(東京都第491号)

昭和三十七年五月十六日
 昭和六十二年五月二十五日
 昭和六十二年五月二十日
 第三種郵便物認可
 印刷 毎月一回
 発行 二十日発行
 土木学会論文集

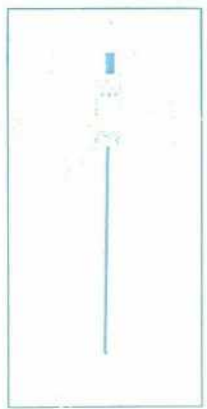
直径3ミリ

水理実験用に理想的

超小型プロペラ流速計



SV-3型



米粒とプロペラ

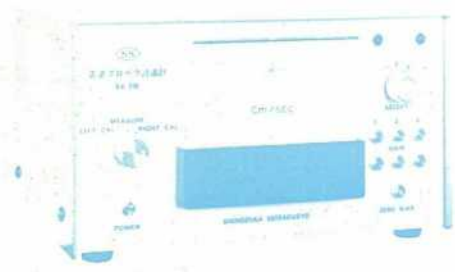
標準 20cm

価格 ￥340,000 プロペラ検出器 1本付

特徴

●軸長 30~60cm, 軸の曲ったものも製作致します。

- ◎ 赤外線の出射検出 (特許出願) で 水温や水質に影響されません。
- ◎ 1台のアンプでプロペラが3本切替えて使用出来ます。
- ◎ 内部発振器 500ヘルズに依り校正出来るのでプロペラの互換性があります。



往復流の測定に

SV-3W型

価格 ￥480,000
 標準 20cm
 プロペラ検出器 1本付

水理実験用測定器専門



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