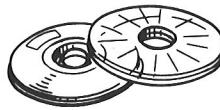


システム解説



護岸設計システム

Design System for Revetment

越後 滋*
Shigeru ECHIGO

松本 正三**
Shozo MATSUMOTO

斎藤 洋一**
Yoichi SAITO

1. まえがき

港湾、漁港のけい留施設の構造形式には、矢板式けい船岸、重力式けい船岸、桟橋、階段式けい船岸、浮桟橋、などさまざまなものがあり、自然条件、利用形態、施工条件、工期および工費について比較検討が行われ決定される。

また、河川の護岸の構造形式にはタイロッド式矢板、自立式矢板などがあり、港湾、漁港と同様に比較検討が行われ決定される。けい留施設、護岸の一構造形式の設計は、計算項目が多くかつ未知数を変化させトライアルをする必要があり、手計算で行うのは容易でない。そこで今回、設計業務の省力化を図る目的で、本システムを構築したので、以下にその概要を紹介する。

なお、本システムが適用可能な構造形式は、港湾、漁港においては矢板式けい船岸のうち普通矢板式けい船岸と自立矢板式けい船岸、河川においてはタイロッド式矢板と自立式矢板である。また、河川堤防の切り回しなどで矢板を2列に打設後、その間をタイロッドで連結し良質な砂質土で中詰めした二重締切にも適用可能である。以後、普通矢板式けい船岸をタイロッド式矢板、自立矢板式けい船岸を自立式矢板と表わす。

2. 概要

(1) 計算項目

本システムの計算項目は17項目、構造形式は自立式矢板、タイロッド式矢板、二重締切の3種類で構成されており、各構造形式によって計算項目および計算の順番が異なる。表-1に計算項目、計算内容、計算の順番を示す。なお、計算の順番で同一の番号となっている計算項目は

どちらかを選択する。

(2) 全体の流れ

システムがスタートするとメインメニューが表示され、計算する項目を選択する。次にサブメニューが表示され、処理をする項目を選択する。選択後、所定の処理を実行しサブメニューに戻る(図-1参照)。1つの計算項目終了後メインメニューに戻り、次の計算項目を選択する。サブメニューの処理項目を以下に示す。

- ① データファイル名の入出力：入出力データを保存するファイル名を入力する。
- ② 入力：計算に必要なデータを入力し、入出力ファイルに保存する。
- ③ 計算：入出力ファイルから必要なデータを引き出して計算を実行し、保存する。
- ④ 表示：入出力ファイルから必要なデータを引き出し、画面に計算結果を表示する。
- ⑤ 出力：入出力ファイルから必要なデータを引き出し、プリンタに出力する。
- ⑥ DOS命令の実行：システムを終了させずにMS-DOSの命令を実行する。
- ⑦ メニューに戻る：メインメニューに戻る。

入出力ファイルは各計算項目の入出力データを保存して置くもので、共通データは一つにまとめられており、一度入力しておけば次の計算項目で入力する必要はない。根入れ長の計算の場合、側圧の計算で算出された土圧データが必要であり、土圧データのようにある計算項目の入力データとなるものも共通データとして保存される。

(3) 適用範囲

- ① 土層数 9層

*川田テクノシステム株開発部開発次長 **川田テクノシステム株開発部開発課

表-1 計算項目

No.	計算項目	計算 内 容	①	②	③
1	側圧の計算(港湾)	港湾基準に準拠し、主働および受働土圧の計算を行う。	1	1	3
2	側圧の計算(河川)	河川基準に準拠し、主働および受働土圧の計算を行う。	1	1	
3	根入れ長の計算	No.1またはNo.2の土圧を使用し、タイロッド点回りのモーメントのつり合の深さを求める根入れ長を決定する。		2	4
4	断面力の計算	No.3の計算に用いた土圧、水圧を使用しタイロッド点と仮想地盤面を支点とする単純梁または張出し梁で断面力を計算する。		3	5
5	応力の計算	No.4で求まったモーメントを用い、複数の材料を指定し、各材料毎に矢板の応力度を計算する。		4	6
6	タイロッドの計算	No.4で求まったタイロッド反力を用い、複数の材料を指定し各材料毎にタイロッドの応力度を計算する。		5	7
7	腹起しの計算	No.4で求まったタイロッド反力を用い複数の材料を指定し各材料毎に腹起し応力度を計算する。		6	8
8	控え杭の計算	チャン方式により控え直杭または控え矢板(長杭)の根入れ長を計算する。		7	
9	控え版の計算	控え版に作用する水平力がつり合う点および控え版の水平および鉛直方向の断面力を計算する。		7	
10	控え工設置位置の計算	主働崩壊角と受働崩壊角の交点を求め、控え工の設置位置を決定する。		8	
11	壁体幅の決定	せん断変形破壊、滑動、支持力の安全率を満足する必要壁体幅を求める、壁体幅を決定する。			1
12	タイロッドデータへの変換	二重締切の根入れ長、断面力、応力、タイロッド、腹起しの計算をするため、No.11で入力したデータをNo.1~7用に変換する。			2
13	遮水効果の計算	浸透路長を求める、No.3で計算された根入れ長が安全率を満たす根入れ長か検討する。			9
14	仮想地盤面の計算	No.1またはNo.2で求まった主働土圧強度+水圧強度と受働土圧強度がつり合の深さを求める。		2	
15	横方向地盤反力係数の計算	福岡・宇都または横山の方法を用い、横方向地盤反力係数を決定する。		3	
16	応力・変位・根入れ長の計算(港湾方式)	仮想地盤面以深を非線形として計算する港研方式を用い応力・変位・根入れ長の計算を行う。		4	
17	応力・変位・根入れ長の計算(チャン方式)	仮想地盤面以深を線形として計算するチャン方式を用い応力・変位・根入れ長の計算を行う。		4	

(1):自立式矢板 (2):タイロッド式矢板 (3):二重締切

- (2) 比較材料数 5個
 (3) 任意側圧強度層数 20層
 (4) N値数 40個
 (5) 適用機種 PC-9800シリーズ(NEC)
 PC-286シリーズ(エプソン)

(4) システムの特徴

- (1) データは対話形式で入力され、スクリーンエディタ機能によって入力・修正が容易に行える。

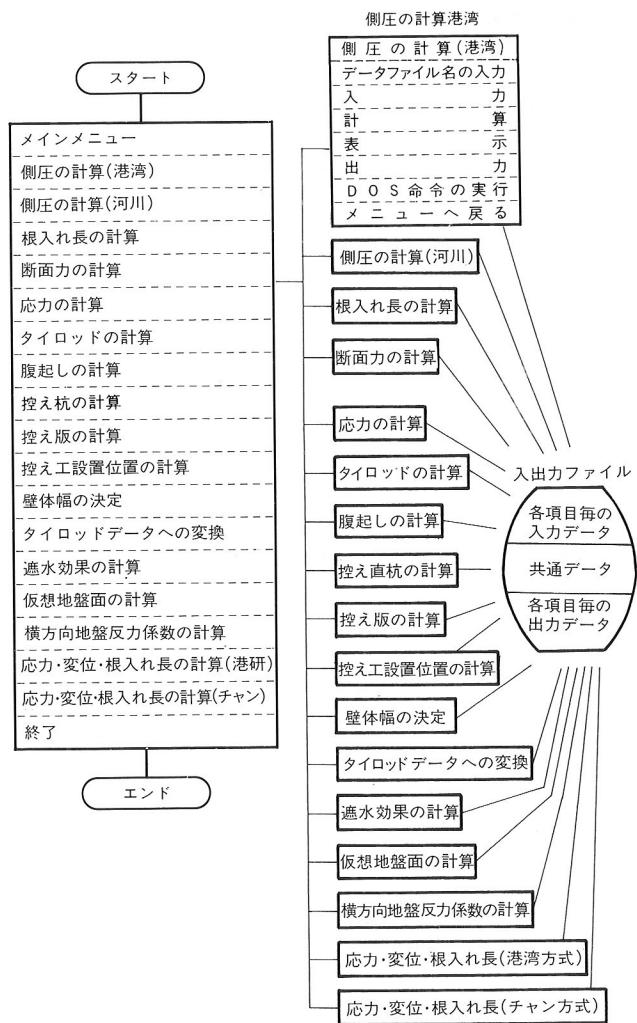


図-1 全体の流れ

- (2) データ入力後、形状寸法を描画させ入力データのチェックが行える。
 (3) 土質は砂質土・粘性土・中間土から選択でき、それらの互層地盤が可能である。
 (4) 複数材料を一度に計算し、比較設計ができる。
 (5) 材料マスターファイルにはU型鋼矢板・Z型鋼矢板・鋼管矢板・軽量鋼矢板・コンクリート加圧矢板・タイロッド・溝型鋼が登録されており、各計算項目に用いる材料をマスターファイルから容易に引き出し、修正登録ができる。
 (6) 根入れ長・断面力の計算において、任意形状の側圧を用いることができる。
 (7) 側圧を入力し根入れ長の計算のみ行うといったような単独実行が、全計算項目について可能である。
 (8) 壁体幅の決定において、堤内側と堤外側の設計面の深さが異なる計算も可能である。また、変形破壊・滑動・支持力の許容安全率をすべて満足する必要壁体幅を計算できる。
 (9) 波圧などの水平外力も集中荷重として取り扱える。

3. 計算内容

(1) 側圧の計算(河川・港湾)

a) 砂質土の土圧

$$P = K \left(\Sigma \gamma h + \frac{Q \cos \psi}{\cos(\psi - \beta)} \right) \cos \psi \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$K = \frac{\cos^2(\phi + \psi - \theta)}{\cos \theta \cos^2 \psi \cos(\delta + \psi \pm \theta)} \times \frac{1}{\left[1 \pm \sqrt{\frac{\sin(\phi \pm \delta) \sin(\phi \mp \beta - \theta)}{\cos(\delta + \psi \pm \theta) \cos(\psi - \beta)}} \right]^2} \quad \dots \dots \dots (2)$$

b) 粘性土の土圧

常時の主働土圧は式(3),(4)のうち大なる値が用いられる。

$$P = \Sigma \gamma \cdot h + Q - 2 \cdot C \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$P = K_c (\Sigma \gamma \cdot h + Q) \quad \dots \dots \dots (4)$$

地震時の主働土圧は式(3), (5)のうち大なる値が用いられる。

$$P = \frac{(\Sigma \gamma h + Q) \sin(\theta + \alpha)}{\cos \theta \sin \alpha} - \frac{C}{\cos \alpha \sin \alpha} \quad \dots \dots \dots (5)$$

$$\alpha = \tan^{-1} \sqrt{1 - \frac{\Sigma \gamma h + 2 Q}{2 C} \tan \theta} \quad \dots \dots \dots (6)$$

受働土圧は式(7)が用いられる。

$$P = \Sigma \gamma \cdot h + Q + 2 \cdot C \quad \dots \dots \dots (7)$$

c) 中間土の土圧

$$P = K (\Sigma \gamma \cdot h + Q) - 2 \cdot C \sqrt{K} \quad \dots \dots \dots (8)$$

d) 粘性土の地震時の土圧(港湾)

港湾の粘性土の土圧(地震時)は河川と異なり、算定区間によって三つに分けられる。地表面から設計面をA区間、設計面から設計面+10mをB区間、設計面+10m以深をC区間とする(図-2 参照)。

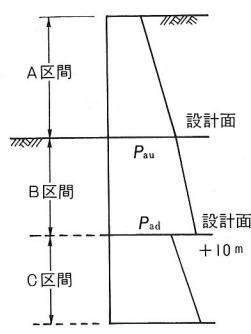


図-2 粘性土の土圧

< A 区間 >

式(5)を用いる。

< B 区間 >

P_{au} , P_{ad} を求め直線で結ぶ。

P_{au} : 式(5)による設計面での土圧強度。

P_{ad} : P_{au} , P_{ad1} , P_{ad2} のうち最大値とする。

P_{ad1} : 式(4)による設計面+10mでの土圧強度。

P_{ad2} : 式(5)による設計面+10mでの土圧強度。ただし,

$\theta = 0$ とする。

< C 区間 >

式(3), (4)のうち大なる値とする。

ここに

P : 土圧強度 (t/m^2), γ : 土の単位体積重量 (t/m^3),

K : 土圧係数, ϕ : 土の内部摩擦角(度),

h : 層厚 (m), C : 土の粘着力 (t/m^2),

Q : 等分布荷重 (t/m^2), δ : 壁面摩擦角(度),

θ : 地震合成角(度), ψ : 壁面が鉛直となす角(度),

β : 地表面が水平面となす角(度)

(2) 根入れ長の計算

矢板の根入れ長は、タイロッド取り付け点回りの受働土圧によるモーメント ΣM_p と主働土圧+水圧によるモーメントに安全率 F を乗じた値 $F(\Sigma M_a + \Sigma M_w)$ がつり合う深さとする。ただし、側圧は以下の条件から選択できる。

① タイロッド以上の側圧を考慮するか否かを選択する。

② 水圧は台形水圧か三角形水圧かを選択する(図-3 参照)。

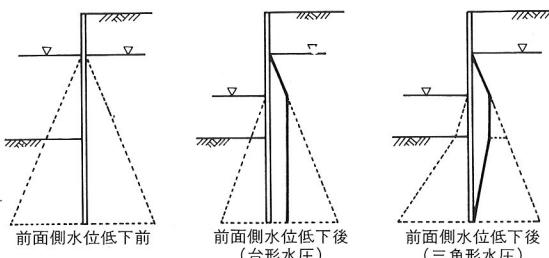


図-3 水圧

(3) 断面力の計算

矢板に生じる曲げモーメント、タイロッド反力は、タイロッド取り付け点と地盤の仮想支持点を支点として計算される。ただし、計算方法は単純梁か張出し梁かを選択する(図-4 参照)。

(4) 応力度の計算

$$\sigma = \frac{M_{max}}{Z \cdot \alpha \cdot \mu} \leq \sigma_a \quad \dots \dots \dots (9)$$

表-2に自立矢板の計算で用いる港研方式とチャン方式の比較を示す。

(12) 遮水効果の計算

堤外側から堤内側への水の浸透は二つの経路を仮定し、それぞれ浸透路長 L 、水頭差 h を算出し、式(34)を満足するかを検討する。

(13) 横方向地盤反力係数 K_h の計算

福岡・宇都の方法と横山の方法により計算される。図-7にその流れを示す。

- 5) 農林水産省：土地改良事業標準設計，昭和57年11月。
 - 6) 建設省防災研究会：災害復旧工事の設計要領，昭和58年8月。

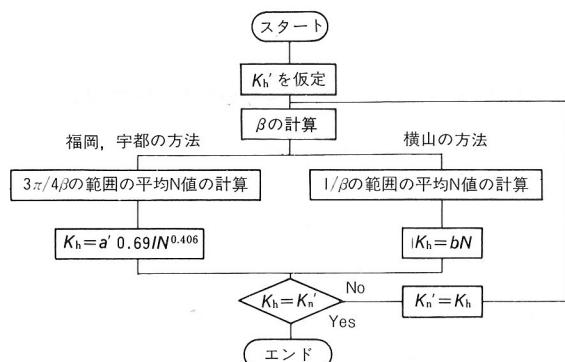


図-7 横方向地盤反力係数の計算の流れ

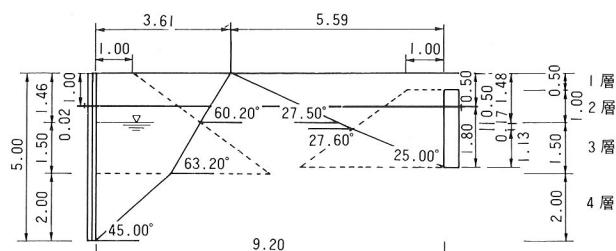


図-8 挑え工の出力例

5 あとがき

以上、本システムの概要について述べた。近年、ウォーターフロント計画などの湾岸部再開発事業や河川改修など、岸壁や護岸工事が増大傾向にあり、本システムを使用することにより設計業務の軽減が図れれば幸いである。今後は、本システムをけい船岸の他の構造形式にも適用していく所存である。

参考文献

- 1) 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説、平成元年6月。
 - 2) 日本河川協会：河川砂防技術基準(案)、1985年10月。
 - 3) 日本河川協会：河川改修事業関係例規集、1985年8月。
 - 4) 全国漁港協会：漁港構造物標準設計法、1989年。