

for Windows Vista/7/8

http://www.fem-suisui.com/

インデックス出版

2次元地盤解析システム「FEM すいすい―浸透流―」は有限要素法(FEM) による2次元浸透流解析ソフトウェアです.ダム地盤の浸透流や平面2次元解析 など地下水のシミュレーションなどに関係する分野において,威力を発揮する汎 用 FEM 製品です.

本マニュアルの内容は概ね以下のようになっています.

第1章 始める前に

「FEM すいすい―浸透流―」の特長や,操作の流れ,注意点ついて.

第2章 プログラムのセットアップ

必要な機器、インストール方法などについて

第3章 プリプロセッサー

データの作成方法について.

第4章 ポストプロセッサー

解析結果の表示,印刷,エクセルへの出力方法について.

第5章 解析例

実務に即した例題を操作の手順を追って説明します.

第6章 飽和·不飽和浸透流解析

本解析システムの解析理論について説明します.

2 次元地盤解析システム「FEM すいすい―浸透流―」は初心者からベテラン 技術者まで,すいすいと使えるように工夫されたソフトです.ある程度,解析に 慣れ親しんでいる方々なら,第5章解析例から始めてもよいでしょう.

目 次

第13	章 はじめる前に	6
1-1	「FEM すいすい-浸透流-」とは	6
1-2	「FEM すいすい―浸透流―」の操作の流れ	7
1-3	FEM 解析にあたっての注意点	8
	1-3-1 単位系 8	
	1-3-2 メッシュの分割方法 8	
第2章	章 セットアップ	9
2-1	インストール方法	9
	2-1-1 製品版のダウンロード 9	
	2-1-2 「FEM すいすい―浸透流―」 のインストール 9	
第3₫	〕 プリプロセッサー	
3-1	起動と終了	12
3-2	データ作成手順について	14
3-3	解析方法の設定	
3-4	材料特性の設定	
	3-4-1 不飽和特性曲線 24	
	3-4-2 材料特性値の入力 24	
3-5	解析対象の作図	25
	3-5-1 作図とは 25	
	3-5-2 作図に役立つ機能 26 3-5-3 作図コマンド 27	
36		37
27		
3-7	スクシエカ割3-7-1 分割数指定による自動分割 38	
3-8	水雨冬件の設定	40
3-9	小兵不1100000000000000000000000000000000000	40 41
3-10	ジの設定) ジの設定	۲۲ ۸۷
0-10	3-10-1 解析ステージとは 42	
	3-10-2 解析ステージの設定 42	
3-11	解析の実行	

第43	章 ポストプロセッサー	
4-1	起動と終了	
4-2	解析結果の表示	45
1 4	4-2-1 役立つ機能 45	
	4-2-2 解析結果の表示 46	
	4-2-3 表示の設定 47	
4-3	解析結果の利用	
	4-3-1 流速図 50	
	4-3-2 コンター図 51	
笛ちょ	音 鼦 析 例	52
95 J ≞		
5-1		
	5-1-2 解析于順 55 5-1-3 解析結果 73	
F 0		70
5-2	井戸栃水(鉛単知灯初)	
	5-2-1 府忉米什 70 5-1-2 解析手順 78	
	5-1-2 解析结果 94	
		101
第 り重	早 記和・个記和浸透流群析	
6-1	記号の定義	
6-2	不飽和浸透特性	
6-3	支配方程式	
	6-3-1 基礎方程式 102	
	6-3-2 支配方程式 102	
6-4	有限要素定式化	
	6-4-1 重みつき残差法による定式化	03
	1-4-2 マトリックス方程式 103	
	6-4-3 時間的離散化 104	
6-5	繰り返し収束計算	

第1章 はじめる前に

2次元地盤解析スシテム「FEM すいすい一浸透流一」を始めるにあたってその特徴,操作の流れ,解析にあたっての注意点について説明します.

1-1 「FEMすいすい-浸透流-」とは

「FEM すいすい―浸透流―」は解析種別として浸透流解析(鉛直平面解析, 鉛直軸対称解析,水平平面解析)に対応した有限要素法(FEM)解析ソフトです.

「FEM すいすい―浸透流―」は、前田建設工業(株)で開発され長年使用さ れている実績ある FEM 解析ソフトのプリポスト部分を、さらに機能強化して使 い易く改良したものです.

[FEM すいすい―浸透流―」の特徴としては次の点が挙げられます.

①モデル作成機能

分割数指定による自動分割(要素細分化)機能を搭載し,自動分割後の細部 のマニュアル修正も可能です.また,モデル作成(プリプロセッサー)から解 析(ソルバー)および結果の確認(ポストプロセッサー)までを1つのソフト ウェアに搭載し,解析作業を効率的に行えます.

② UNDO 機能

モデル作成時,直前に行った動作を無制限に元に戻す機能を搭載 ③施工段階を追う解析が簡単

地盤の掘削,盛土などのステージ解析を実施することができます.ステージ ごとに,材料定数の変更,境界条件の変更が可能です.

④結果図の貼付け

モデルや解析結果を様々な表現方法で表示でき,報告書への貼り付けが簡単 に行えます.

解析の種類としては、以下の3種類があります。
①鉛直平面(単位厚)
②鉛直軸対称(1 ラジアン)
③水平平面

1-2 「FEMすいすい―浸透流―」の操作の流れ

まず,(プリプロセッサー)で解析対象の作図とメッシュ分割,解析条件の入 力など,解析の前に必要な処理を行います.次に(ソルバー)にて解析,そして, (ポストプロセッサー)にて数値で出された結果を分かりやすく伝えるため,ディ スプレイ上にグラフィックなどを使って表示して結果の確認・出力までを一連の 作業として行います.



作図の画面



条件入力の画面





結果の確認画面(例:変位コンタ)

彩 「

甞

はじめる前に

1-3 FEM解析にあたっての注意点

1-3-1 単位系

FEM 解析では一般に単位系の指定はされてはなく、ユーザーが各自で設定する必要があります。

2次元地盤解析「FEM すいすい―浸透流―」でも,ユーザーが設定した単位 系が出力の単位系となります.決めなければいけない単位は時間と長さで,出力 する量は,水頭値,流速,流量です.これらの単位は解析を始める前に明確にし ておく必要があります.

1-3-2 メッシュの分割方法

FEM 解析はメッシュを細かく切った方が,精度は高くなります.しかし,メッシュを細かく切るのには限界があります.また計算時間や作業効率を考えると, メッシュをいかに効率的に切るかということが重要となります.一般的にいえる ことは,

①応力集中部や評価点はメッシュを細かく切る.

②アスペクト比(長辺と短辺の比率)が低いメッシュにする.

③四角形要素を多用し、三角形要素はなるべく作らない.

④メッシュのサイズの急変を避ける.

ことです.メッシュを切るにはこれらのことを考慮する必要があります.



2-1 インストール方法

2-1-1 製品版のダウンロード

2 次元地盤解析システム「FEM すいすい一浸透流一」はホームページよりダ ウンロードしてください.

「FEM すいすい―浸透流―」を使用するためにはレンタル申し込みしていた だくことが必要です.申し込みののち,郵送される「USB プロテクトキー」を ご使用いただくことで,レンタル契約期間に応じてご利用いただけます.

「FEM すいすい―浸透流―」は同時に1台のパソコンでのみ,お使いいただけます.「USB プロテクトキー」は複数のパソコンで同時に「FEM すいすい― 浸透流―」が使用されることを制限するためのものです.

2-1-2 「FEMすいすい―浸透流―」のインストール

Microsoft® Windows® (以下 Windows) を搭載する PC のデスクトップに, 「FEM すいすい―浸透流―」 [setup.exe] がダウンロードされていることを前提 に説明します.

● ライセンス契約書の確認

6		FEMすいすい 浸	透流 セットア	ップ	-	×
ライセンス契約 FEMすいすい	 書 浸透流をインスト	ールする前に、ライ†	センス条件を確認	忍してください。		õ
[Page Down]청	押して契約書をす	すべてお読みください	۱,			
<<< 重要 >>>	必ずお読みく	ださい				^
ソフトウェアレ	ンタルサービス利	開規約				
第1条総則						
「ソフトウェア」 ステムコンサ,	ノンタルサービス和 レタンツ株式会社	列用規約」(以下「本規 (以下「当社」という)	見約」という)は、 が行うソフトウェ	お客様に対して、イン5 :アレンタルサービスに	デックス: こついてう	シ 適 🗸
契約書のすべ すい 浸透流 ?	ての条件に同意 [。] モインストールする	するならば、同意す [、] しこは、契約書に同意	る] を選んでイン まする必要があり	ストールを続けてくだ はす。	さい。 FE	(Mすい)
				同意する(<u>A</u>)	++	,ンセル

[setup.exe]を実行するとライセンス契約書画面が表示されます.内容をよくお読みになり、同意される場合は[同意する]をクリックしてください.

> 各コンポーネントの文字の上にカーソルを移動すると、各コンポーネントの 説明が表示されます. 使用するコンポーネントにチェックを入れて、[次へ] を クリックします.

• 1	ンストール先の選択	
🐻 FEM3	すいすい 浸透流 セットアップ	- 🗆 🗙
インストール先を選んでください。 FEMすいすい 浸透流をインストールする	らフォルダを選んでください。	6
FEMすいすい 浸透流を以下のフォルダ は、[参照] を押して、別のフォルダを選打 クして下さい。	にインストールします。異なったフォルタ Rしてください。 インストールを始めるに	ギロインストールするに は [インストール] をクリッ
インストール先 フォルダ C¥Program Files (x86)¥FEMすいす	tu 浸透流¥	参照(<u>R</u>)
必要なディスクスペース: 10.9MB 利用可能なディスクスペース: 455.9GB		
	< 戻る(<u>B</u>) インス	トール キャンセル

インストールするフォルダの指定をします.

フォルダ指定しない場合は、[C: ¥Program Files ¥FEM すいすい 浸透流] にインストールされます.変更する場合は[参照]をクリックし、インストール 先のフォルダを指定してください.[次へ]をクリックします.

1	FEMすいすい 浸透流 セットアップ	- 🗆 ×
インストールの完了 インストールに成功しました。		5
完了		
	< 戻る(B) 売了(F)	キャンセル

インストールの完了画面が表示されますので, [完了]をクリックしてください. これで,パソコンに2次元地盤解析システム「FEM すいすい―浸透流―」がイ ンストールされました.

●「FEM すいすい―浸透流―」の起動

Windows のスタートメニューより [FEM すいすい 浸透流]を選択し,下の [プリプロセッサ]をクリックして実行します.

「FEM すいすい―浸透流―」のプリプロセッサが起動します.

また, Windows のスタートメニューより [FEM すいすい 浸透流] を選択し, 下の [ポストプロセッサ] をクリックして実行すると, **「FEM すいすい―浸透** 流―」のポストプロセッサが起動します.

● USB キーの使用方法

① USB キーをパソコンの USB ポートに正しく取り付けます.

② **FEM すいすい―浸透流―」**を起動します.



3-1 起動と終了

起動の方法

パソコンには USB キーを付けておきます.

- ① Windows を起動して、タスクバーの「スタート」をクリックします.
- ②「プログラム」にカーソルを合わせます.
- ③サブメニューから「FEM すいすいー浸透流ー」のプリプロセッサーを選択し てクリックします.

画面構成

メニューバーとツールバーを利用した標準的な画面構成になっています. なお, プロパティウィンドウが右側にドッキングされて表示されますがフローティング ウィンドウに設定することもできます.以下の様な画面が表示されます.



プリプロセッサー画面構成

データ保存

メニューバーのファイル内にある「上書き保存」か「名前を付けて保存」また は、ツールバーの[保存 🖬]をクリックします.



メニューバー 「ファイル」―「名前を付けて保存」



ツールバー [保存 日]

終了方法

①ファイルメニューから「アプリケーションの終了」を選択してクリックします.

5			無題 -	FEM	すいすい -浸	透流- プリフ	ロセッサー			-	□ ×
77	イル(F) 作成(M) 編集(E)	表示(V)	へルプ(H)								
	1ル(F) (FEQU(H)) 福美(E) 新規作成(N) 聞く(O) DXFファイルを読み込む(D) 上書き保存(S) 名前を付けて保存(A) 最近使ったファイル アプリケーションの終了(X)	ZdA(V) Ctrl+N Ctrl+O Ctrl+S		.e	1 2	11 = 9	<u>7</u> € 2 50	V ()]• <	□ [•] • • ⊗ [†] □/ティ	• • • • • • • • • • • • • • • • • • •
די	リケーションを終了し、ファイルのほ	呆存を指示					ŝ	心直平面	定常 7	71.2442, 302.3	369

メニューバー 「ファイル」―「アプリケーションの終了」

②データを保存する場合は「はい」を、しない場合は「いいえ」をクリックして 終了します。

FEMすいすい -浸透流- プリプロセ	ッサー ×
? 無題 への変更を保存しますか?	
$(t_{1})(\underline{Y})$ $(t_{1})\hat{z}(\underline{N})$	キャンセル

3-2 データ作成手順について

解析の基本的な手順は概ね以下の様な流れで行います.必ずしも順番どおりに 行わなくても良いのですが,効率よくすすめるためには各段階をおって操作する ことをお勧めします.

場合によっては入力を行った後でなければ操作ができないものもあります.

①解析方法の設定

解析方法を指定します.



メニューバー「ファイル」―「新規作成」

■ 無題 - FEMすいすい -浸透流 - プリプロセッサー		_ □	×
ファイル(E) 作成(M) 編集(E) 表示(⊻) ヘルプ(H)			
🗅 📽 🚱 🖬 🗠 - 의 -) 예 🔄 1 🕞 📂 G 🔍 의 💶 🕼 - 김 🛄 🎛 🐯 🐺 🐼 🦬 🖤 🕎 🕅	· []] • (⊙ • ∎ [®] ∰	G0!
1圖 解析方法	^ プロパラ	7	▼×
解析方法を設定します			
	~		
解析方法を設定します 鉛直平面	定常		





①解析方法の設定画面

②材料特性の設定

材料特性の設定を行います.



メニューバー 「作成」―「(2) 材料特性」―「🞴 材料特性」



あるいは, ツールバー [書] 材料特性]



②不飽和特性曲線の設定画面

<u>材料 1</u> 材料 2 材料 3	材料特性
	x方向(線要素は軸方向)の飽和透水係数 1 x方向(線要素は軸方向)の飽和透水係数 1
	有効空隙率 ne: 0
	比貯留係数 Ss: 0
† 上へ ↓ 下へ 追加 削除	不飽和特性曲線: 不飽和特性 1 ∨ OK キャンセル

②材料特性の設定画面

③解析対象の作図

解析対象を作図します.



ツールバー [1] 作図]

④材料特性の割当て

解析ブロック毎に材料を割り当てます.



ツールバー [1] 材料割当]



メッシュを自動分割します.



ツールバー [钿 自動分割]

⑥手動調整





ツールバー [⁵+ 手動調整]

⑦水頭の設定

水頭を設定します.



ツールバー [≚ 水頭]



水頭の設定画面

境界条件を設定します.



ツールバー [▲ 境界条件]



境界条件の設定画面



掘削や盛土などのステージを設定します.



ツールバー [邊 ステージ]

	ステージ設定 ×
ステ <i>ー</i> ジ 1 ステ <i>ー</i> ジ 2	ステップ分割数 1 (通常: ステップ間の時間増分比 1 当ステージの時間増分 1 節点水頭 圧力水頭 全水頭 境界条件水頭 圧力水頭 全水頭
	新規追加(<u>N</u>) 削除(<u>D</u>) OK

ステージ設定 ウィンドウ

⑩解析の実行

データを確認し、データを保存して解析を実行します.



(はい(<u>Y</u>)

いいえ(<u>N</u>)

3-3 解析方法の設定

解析方法の設定をおこないます.

①メニューバーの「作成」の中の「解析方法」かまたは、ツールバーの [**i**] 解 析方法] をクリックし解析方法のウィンドウを開きます.

L 無題 - F	EMすいすい -浸透流- プリプロセッサー 🛛 🛛 🔍
ファイル(E) 作成(M) 編集(E) 表示(Y) ヘルプ(H)	
📔 🖆 🎯 🖬 🗠 🗠 🗠 🔳 📘 🔹 🔍	🖪 🖏 - ジーブ 🎵 🎟 👺 🔄 🦓 🗞 🔝 🖌 / 口 フ・○ - 🔍 単 ホー
	Image: Image state プロパティ マ
	解析方法を設定します
解析方法を設定します	鉛直平面 定常

ツールバー [19] 解析方法]

②ウィンドウ内で以下の解析方法の設定を行います.

ここで入力したタイトルはポストプロセッサーで出力する図の表題として出力 されます.

	解析方法	×
タイトル: 構造条件 ● 鉛直平面(単位厚) 鉛直軸対称(1ラジアン) 小平平面(単位厚) 差分方法 ● 後退差分(ξ= 1) 中央差分(ξ= 1/2) ガラーキン法差分(ξ= 2/2)	 時間条件 非定常 ・定常 土質定数の評価 要素中心値 ・節点値 積分点値の平均 積分点値 	 入力水頭値 節点水頭 圧力水頭 全水頭 ステージごとに設定 境界条件水頭 圧力水頭 全水頭 ステージごとに設定
 ✓ 要素の節点番号を最適化 最大反復計算回数: 500 許容誤差: 0.0001 		OK キャンセル

解析方法 設定ウィンドウ

解析方法・ 解析方法は「鉛直平面」「鉛直軸対称」または「水平平面」から選択します.
許容誤差の設定
収束の度合いを設定します.大きいほど精度が悪くなりますが速く収束します.
小さすぎると過剰な反復計算が行われ,累積誤差を生じます.デフォルトとして
le - 005(推奨値)を与えています.
最大反復計算回数の設定
反復回数を超えても解が収束しない場合は,強制的に計算を打ち切ります.デフォルトとして 500(推奨値)を与えています.
入力水頭値
全ステージについて水頭値の与え方を指定します.

3-4 材料特性の設定

材料特性の設定をおこないます.

①メニューバーの「作成」の中の「材料特性」かまたは、ツールバーの [材料特性] をクリックし材料特性の設定ウィンドウを開きます.



メニュバー「作成」-「(2) 材料特性」-「🞦 材料特性」

②材料特性の設定項目としては、不飽和特性曲線と材料特性の2種類があり、各々 選択して設定を行います.

揺題 - FEMすいすい -浸透流 - プリプロセッサー	_ 🗆 🗙
ファイル(F) 作成(M) 編集(E) 表示(V) ヘルプ(H)	
🗅 😅 😂 📕 요구 요구 🔄 👔 🕨 🛤 🕼 🕑 👘	
	בואר ער איז דער דער איז דער
不飽和特性曲線を設定します	鉛直平面 定常

19 無題 - FEMすいすい - 浸透流 - プリプロセッサー	_ [×
ファイル(F) 作成(M) 編集(E) 表示(V) ヘルプ(H)		
D 😅 📂 🖬 🗠 - ལ - 1 🚽 🖃 🕼 🕪 G 🔍 🔍 📲 🏧 🖓 🐺 🦉 🗞 🕨 🥐 🕅 M I - 🛝 D	1 7 • 0 • 📲	∰ →
	プロパティ	
3 材料特性		
材料特性を設定します		
材料特性を設定します 鉛直平面 定	常	.:

ツールバー [🚹 材料特性]

ツールバー [🧾 不飽和特性曲線]



不飽和特性曲線 設定ウィンドウ

不飽和特性曲線は対象物ごとに実験等で求めるべきものであるが、それができないときのために、4種類の代表的な不飽和特性曲線をプログラム内部に用意してある(No.1 ~ No.4). しかし、これらは、ある特定の地盤の不飽和特性であり、 汎用的に当てはまるものでないことに注意する必要がある.

用意してある不飽和特性曲線番号		1	2	3	4	
想定し	想定している地質		細砂	砂質土	沖積土	関東ローム
	<i>φ</i> c	(m)	0.09	0.3	0.1	0
物質値	а	(m)	0.09	0.3	0.5	1.5
	Sr	(%)	0	40	62	50
	Sk	(%)	0	38	62	50
	b	(-)	3.5	3.5	4.5	10
* * * * * F+	ロロリナまし			****	上版十兴人	

参考文献:「根切り工事と地下水一調査・設計から施工まで一, 土質工学会, pp.356-374」

3-4-2 材料特性値の入力

必要な入力項目が表示されます.ここで,表示された材料(物性)値として透 水係数,有効間隙率,比貯留係数を入力します.また,不飽和特性曲線の有無を 指定します.

材料特性入力ウィンドウ	ל	•••••	•••••
	材料特性		×
新規材料	 材料情報 名称: 新規材料 色: x方向(線要素は軸方向)の部 y方向の飽和透水係数 ky: 有効空隙率 ne: 比貯留係数 Ss: 不飽和特性曲線: 	■ ■ 和透水係数 (なし)	1 1 0.3 0
★ 上へ ↓ 下へ			
追加削除		ОК	キャンセル

材料特性 設定ウィンドウ

3-5 解析対象の作図

3-5-1 作図とは

解析をおこなうに当たり,解析対象の形状を作図する必要があります. 作図とは,解析の対象とする物体の幾何学的形状を図に表していく作業のこと です.この図は,基本的に2つの点とそれらの間の直線または曲線で構成されます. どんな複雑な図面を作図するときも,基本的には幾つかの単純な図形を組み合 わせて作図していきます.この単純な図形として,点,線分,BOX(四角形), 円弧,円の5種類があります.

作図をするには以上の五つの作図コマンドを使用し、概ね以下の手順で進めます.



(1)解析領域(外枠)の作成
 解析領域(外枠)を作成します.





②解析ブロックの分割

①で作成した解析領域に材料の違う範 囲(地層線等)を入れ,解析領域を複数 のブロック(解析ブロックと呼ぶ)に分 割します.ただし,同じ施工範囲や同じ 材料の部分を,別々の解析ブロックに指 定しても構いません.

③材料特性の割り当て

分割した解析ブロック毎に材料の割り 当てを行います.

••

作図にあたって役立つ機能を紹介します.

グリッドの表示について

グリッドとは、図面を作図するにあたり方眼紙のような任意の間隔で点(方眼) を表示する機能で、ツールバーのボタン・ をクリックするかまたは、メニュー バーの「表示」の中の「オプション」を選択して表示される画面から表示、非表 示および間隔を設定します.

1 無題	- FEMすいすい -浸透流- プリプロセッサー	_ 🗆 ×
ファイル(E) 作成(M) 編集(E) 表示(V) ♪ルプ(E	1)	
🗋 🖆 🛱 🖬 🗠 ។ अपने 🗐 🚹 🖬 🕞 🕅	< \ "■ 🎖 • 🎦 🖽 ☵ ☵ ☵ 號 🇞 👽 \ 🖑 💽 • - 丶, 🗋 - > <	3•∎° ∰ 💑

ツールバー「🧕 グリッド」



メニューバー「表示」 – 「オプション (O)」

オ	プション ×
表示 節点サイズ: S 条件サイズ: 14 分割サイズ: 10 フォント Arial	グリッド □ 有効 X間隔: 10 Y間隔: 10
境界条件色 降雨面 流量固定 露出面	分布流量固定
	OK キャンセル

オプション 設定ウィンドウ

 拡大・縮小
 マウスホイールを前に回転させると拡大,後ろに回転させると縮小されます.
 また,ツールバーの ♥ ♥ をクリックすると,それぞれ拡大または縮小されます.
 さらに,メニューバーの「表示」の中の拡大表示(+)または縮小表示(-)を 選択しても同様です.

<u>-</u>	無題 - FEMすいすい -浸透流- プリプロセッサー	_ 🗖 🗙
ファイル(E) 作成(M) 編集(E) 表示(⊻) <u>へルプ(H)</u>	
🗋 🖸 🛱 🚰 🖬 🗠 🗠 🔍 🗐 🚹 💽	* 🔹 🔍 🖓 📲 🤔 - 🛄 🋄 🎟 🕮 🖓 🗞 🕅 📎 🖑 📐	・╭┇╭・◈・╸

ツールバー [⊕ ♀ 拡大・縮小]

19 無題 - FEMすいすい - 浸透流 - プリプロセッサー	_ □ ×
ファイル(E) 作成(M) 編集(E) 表示(V) ヘルプ(H)	
D 📽 📽 🖬 🗠 - ལ - < 1 🕞 📂 G 🔍 🔍 I 🗉 🐕 - 🎦 🎞 🎟 👺 😤 🦬 🔍 🕎 🔥 I - 🔨 🖽 🏷 🤆	9 • 🛋 🚛 • C

ツールバー [🕐 移動]

点,線分,解析ブロックを選択するためにはツールバーの ▶ をクリック後, 対象物をクリックするとそれらを選択することができます. [Ctrl] キーを押し ながらクリックすると,複数の対象物を選択できます.また,マウスの左ボタン を押しながらドラッグして広範囲の対象物を一度に選択することもできます.選 択された対象物は,ピンク色で表示されます.

<u>-</u>	無題 - FEMすいすい -浸透流- プリプロセッサー	_ 🗆 ×
ファイル(E) 作成(M) 編集(E)	表示(⊻) ヘルプ(出)	
🕒 🖻 💕 🖬 🗠 + 🗠 🗐	1 🔮 📂 🔓 🔍 📲 🤔 • 🎦 🎞 钿 髎 襟 🍇 🗞 😢 🧖 📐 • 🚿	. Ц `\ • ⊙ • ∎ * ∰ †₀!

ツールバー 「▶ 選択」

■UNDO・REDO ッールバーの ^{∞・ ∞・} が, それぞれ UNDO・REDO に対応しています. また, メニューバーの「編集」の中の「元に戻す」「やりなおし」をクリックすること でも同様です.

III 無題 - FEMすいすい -浸透流- プリプロセッサー	_ □	x
ファイル(E) 作成(M) 編集(E) 表示(⊻) ヘルプ(出)		
🗅 😅 💕 🖬 👳 - ལ - 🔍 - 1 - 🕨 6 🔍 🔍 🗉 🐕 - 🎦 🎞 🎟 😕 🤹 🦬 🕲 🖤 📐 - 🔨 🎞 🦄	•• ⊙•∎ [*] ⊞́	G0!

ツールバー「 🗠 · ལ · UNDO · REDO」

■数値の入力方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

数値入力が可能な場合は、ウィンドウが自動的に開き数値入力ができます. こ のウィンドウが開いている状態で、キーボードより入力します. データを2個入 れるときは(例えば XY 座標など)数値の間に「スペースか、(カンマ)」を入れ ます.

座標:	100,100	確定
-----	---------	----

3-5-3 作図コマンド

(1) 作図コマンドについて

作図とは、解析の対象とする物体の幾何学的形状を図に表していく作業のことです.この図は、基本的に2つの点とそれらの間の直線または曲線で構成されます. どんな複雑な図面を作図するときも、基本的には幾つかの単純な図形を組み合わせて作図していきます.この単純な図形として、点、線分、BOX(四角形), 円弧、円の5種類があります.

ツールバー [作図] - [節点・線・矩形・円弧・円]

(2)作図コマンド

点を作図します.

- ①メニューバーの「作成」の中の「作図」かまたは、ツールバーの[**!**作図]をクリックし画面を作図モードに切り替え、次いで[・点]をクリックします.
- ②数値入力のウィンドウが表示されます.
- ③ X 座標, Y 座標をスペースまたは「,」で区切って各々の座標値をキーボード より入力します.

1	無題 - FEMすいすい -浸透流- プリプロセッサ-	-	_ 🗆 ×
ファイル(E) 作成(M) 編集(E) 表示(⊻	ヘルプ(日)		
🗋 🖻 👺 🖬 🗠 • 🗠 • 🔍 1 🔹	• G 🔍 🔍 🗉 🏠 🎦 🛄 🎛 🐯 😤 🗞 🦬 !	V (*) k 💽 k 🖬 🦕	⊙ • – [°] ∰ [†] _{60!}
	3 [作図]	点コマンドプロパラ	F1 • ×
应堙. 41 3559	2 0339 渡空		
庄·标. [1.5555,			
•			

ツールバー [作図] - [・ 点]

■線・・・・・・・・・・・・

線を作図します.

- ①メニューバーの「作成」の中の「作図」かまたは、ツールバーの[**!**作図]をクリックし画面を作図モードに切り替え、次いで[****線]をクリックします.
- ②数値入力のウィンドウが表示されます.
- ③ X 座標, Y 座標をスペースまたは「,」で区切って各々の座標値をキーボード より入力します.
- ④続けて入力を繰り返します.
- ⑤終了したいときは別のコマンドを選択すれば、そちらへ移行します.

作図をするには、ツールバーの[作図]をクリックし作図モードに切り替え、 次いで5種類の作図コマンドの中から選択してクリックします。





ツールバー [作図] - [線 📐]

矩形を作図します.

矩形·····

- ①メニューバーの「作成」の中の「作図」かまたは、ツールバーの[1]作図]をクリックし画面を作図モードに切り替え、次いで[1]矩形]をクリックします.
- ②数値入力のウィンドウが表示されます.
- ③ X 座標, Y 座標をスペースまたは「,」で区切って各々の座標値をキーボード より入力します.
- ④続けて入力を繰り返します.

⑤終了したいときは別のコマンドを選択すれば、そちらへ移行します.

🔄 無題 - F	EMすいすい -浸透流- プリプロセッサー	_ □ ×
ファイル(E) 作成(M) 編集(E) 表示(V) ヘルプ(H)		
🗋 🖆 🚰 🔚 🗠 • 🗠 • 🔍 🚽 🚹 🔮 🚭 🚭	■ 🎦 🛄 钿 膠 🍹 🤹 🍤 🕅 🕨 🗉	` □ • • • • • * * *
	3 [作図] 矩	᠈ᡔᠯᡗᢞ᠇
	広 :: 150 10	14
		UE AC
•	1	

ツールバー [作図] - [矩形]]

■円弧(方法1) ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ ■

中心, 半径, 角度で円弧を作図します.

- ①メニューバーの「作成」の中の「作図」かまたは、ツールバーの[□作図]をクリックし画面を作図モードに切り替え、次いで[♪円弧]の中から中心/半径/ 角度をクリックします。
- ②数値入力のウィンドウが表示されます.
- ③中心の X 座標, Y 座標をスペースまたは「,」で区切って各々の座標値をキー ボードより入力します.
- ④続けて半径,角度の順に入力します.
- ⑤終了したいときは別のコマンドを選択すれば、そちらへ移行します.









円弧(方法2) 始点,終点,通過点で円弧を作図します。 ①メニューバーの「作成」の中の「作図」かまたは、ツールバーの[1]作図]をクリックし画面を作図モードに切り替え、次いで [♪円弧]の中から♪始点/終点/通過点をクリックします。 ②数値入力のウィンドウが表示されます。 ③始点の X 座標, Y 座標をスペースまたは「、」で区切って各々の座標値をキーボードより入力します。

- ④続けて終点,通過点の順に入力します.
- ⑤終了したいときは別のコマンドを選択すれば、そちらへ移行します.







■円(方法1) ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ ■

- 中心点,半径で円を作図します.
- ①メニューバーの「作成」の中の「作図」かまたは、ツールバーの[1]作図]をクリックし画面を作図モードに切り替え、次いで[③円]の中から⊙中心点/半径をクリックします。
- ②数値入力のウィンドウが表示されます.
- ③中心点の X 座標, Y 座標をスペースまたは「,」で区切って各々の座標値をキー ボードより入力します.
- ④続けて半径を入力します.
- ⑤終了したいときは別のコマンドを選択すれば、そちらへ移行します.

5	無題 - FEMすいすい -浸透流- プリプロセッサー	_ 🗆 ×
ファイル(F) 作成(M) 編集(E) 表示(V	/) ヘルプ(H)	
🗋 🖻 🎯 🖬 🗠 · · · · · 🔺 🔳 •	🕨 G 🔍 🤍 'III 🤽 🚺 🎞 🎛 👺 🐺 🖓 🕅	
	3 [作図]	円コマンド (<u>中心点 / 半</u> 径)





2点を通過する円を作図します.

- ①メニューバーの「作成」の中の「作図」かまたは、ツールバーの[1]作図]をクリックし画面を作図モードに切り替え、次いで[②円]の中から○2点を通過する円をクリックします.
- ②数値入力のウィンドウが表示されます.
- ③点1のX座標,Y座標をスペースまたは「,」で区切って各々の座標値をキー ボードより入力します.
- ④続けて点2を入力します.
- ⑤終了したいときは別のコマンドを選択すれば、そちらへ移行します.







■円(方法3) ------ =

3 点を通過する円を作図します.

①メニューバーの「作成」の中の「作図」かまたは、ツールバーの[1]作図]をクリックし画面を作図モードに切り替え、次いで[③円]の中から○3点を通過する円をクリックします。

②数値入力のウィンドウが表示されます.

③点1のX座標,Y座標を入力します.

④点2のX座標,Y座標をスペースまたは「,」で区切って各々の座標値をキー ボードより入力します.

⑤続けて点3を入力します.

⑥終了したいときは別のコマンドを選択すれば、そちらへ移行します.

E	無題 - FEMすいすい -浸透流- プリプロセッサー	_ 🗆 ×
ファイル(F) 作成(M) 編集(E) 表示(V	′) ヘルプ(H)	
📔 🖆 🚰 🔚 🗠 × 🗠 × 🔍 🔳 🔹	📂 G 🔍 🔍 🗉 😤 🎦 🛄 🎟 膠 🤽 🎲 🦃 🕑 🖑 📐	· \ 🛛 \ · 🛛 •
	3 [作図]	プロパラ 🔍 💭 💭 🗸 🗙
		円コマンド
		(3 点を通過する円)







■円(方法4)

矩形に収まる円を作図します.

- ①メニューバーの「作成」の中の「作図」かまたは、ツールバーの[』作図]をクリックし作図モードに切り替え、次いで[④円]の中から◎矩形に収まる円をクリックします.
- ②数値入力のウィンドウが表示されます.
- ③点1のX座標,Y座標をスペースまたは「,」で区切って各々の座標値をキー ボードより入力します.
- ④続けて点2を入力します.

⑤終了したいときは別のコマンドを選択すれば、そちらへ移行します.

5	無題 - FEMすいすい -浸透流- プリプロセッサー	_ 🗆 🗙
ファイル(F) 作成(M) 編集(E) 表示(V) ヘルプ(H)	
i 🗅 🚔 🚰 🔛 🗠 × 🗠 × 🔍 🔳 🔹	📂 G 🔍 🔍 🗉 🌺 🎦 🛄 🎛 🐯 🤽 💱 🦃 🕑 🖑 📐 🕤 🔧	Ц Ъ· O· 🖌 💏 .
	3 [作図]	プロパ: 😳 🗘 🔍 🔍 🗙
		円コマンド
		(矩形に収まる円)
		-






3-6 材料特性の割り当て

あらかじめ「3-4 材料特性の設定」で定義しておいた材料特性を当該位置の解 析ブロックに割り当てます.

解析ブロック毎に面要素および線要素の材料特性を割り当てます.

- ①メニューバーの「作成」の中の「材料割当」かまたは、ツールバーの[**1**] 材 料割当]をクリックし画面を材料割り当てモードに切り替えます.
- ②ツールバーの[選択 ♪]をクリック後、材料特性を割り当てる解析ブロック をクリックします。

③プロパティウィンドウで材料特性を指定して材料を割り当てます.



ツールバー [🎦 材料割当]



材料割当 画面

3-7 メッシュ分割

3-7-1 分割数指定による自動分割

①メニューバーの「作成」の中の「自動分割」かまたは、ツールバーの[**囲** 自 動分割]をクリックし画面を自動分割モードに切り替えます.

②分割数を指定する線分をクリックしてから、プロパティウィンドウで分割数を 指定します.



自動分割 設定画面

③自動分割する解析ブロックをクリックしてから、プロパティウィンドウでメッシュ作成条件を指定します.通常は四角形主体を用います.



メッシュ作成条件 設定画面

④ツールバーの [▲メッシュ作成] をクリックします.

第3章 プリプロセッサー

分割比率でメッシュ密度を調整する方法

初期状態では分割比率は線分の中心(50%)にあり、この場合メッシュは等間 隔に生成されます.メッシュを徐々に細かくしたり荒くしたりしたい場合は、こ の分割比率により調整します.

分割比率はプロパティウィンドウに直接入力するか,または線分上の分割数表 示をドラッグして動かすことによって変えることもできます.その場合,動かし た方向の分割密度が高くなり反対側の分割密度が低くなります.



メッシュ作成条件 設定画面

分割数表示のサイズ変更

メニューバーの「表示」の中の「オプション」を選択して表示される画面から 設定します.



3-8 水頭条件の設定

水頭は各節点に設定します.

①メニューバーの「作成」の中の「水頭」かまたは、ツールバーの [** 水頭] をクリックし画面を水頭入力モードに切り替えます.

②図面中で水頭を与える点をクリックします.

③プロパティウィンドウで水頭の値を入力します.







プロパティ □ 水頭 全水頭 0

水頭 設定画面

プロパティウィンドウをフローティングウィンドウにして表示すると左図のようになります.

3-9 境界条件の設定

境界条件の指定方法として点に指定する方法と線分に指定する方法があります. ①メニューバーの「作成」中の「境界」または、ツールバーの [** 境界条件] をクリックし画面を境界モードに切り替えます.

②画面上で設定したい点および線をクリックします.

③プロパティウィンドウにて条件を設定します.



ツールバー [🍡 境界条件]

降雨面

分布流量...

流量固定 水頭固定 露出面 水頭固定... 0000



プロパティウィンドウをフローティングウィンドウにして表示すると左図のようになります.

3-10 解析ステージの設定

3-10-1 解析ステージとは

建設工事では掘削や盛土等がよく行われますが,2次元地盤解析システム 「FEM すいすい-浸透流-」では、そのような施工をしたときの浸透流解析を 簡単に行うことができます.ここで、施工前のいわゆる初期状態が必要になりま すので、施工段階の解析を行う前には先ず初期状態解析を行う必要があります. 初期状態解析を行ったら、次ステージ以降で解析対象に加えられる施工の内容

を設定し、その施工による地下水挙動を追跡することになります。これをステージ解析と言います。ステージ解析で設定できる施工は、揚水要素削除による掘削、 要素追加による盛土や材料特性の変更による地盤改良などです。



メニューバー「作成」-「(9) ステージ 🧞」

3-10-2 解析ステージの設定

解析ステージの設定は、メニューバーの「作成」の中の [物(9)ステージ]かまたはツールバーの [物ステージ]をクリックして設定します.

-

	人ナーン設定
<mark>ステージ 1</mark> ステージ 2	ステップ分割数 1 (通常: ステップ間の時間増分比 1 当ステージの時間増分 1 節点水頭 圧力水頭 全水頭 境界条件水頭 圧力水頭 全水頭
	新規追加(<u>N)</u>
	削除(<u>D</u>) OK

ステージ設定 ウィンドウ

DTIME = $(\Delta t)_1 + (\Delta t)_2 \cdots + (\Delta t)_{\text{nstep}}$ $(\Delta t)_{i+1} = \text{BETA} * (\Delta t)_i \quad i = 1 \sim (\text{nstep} - 1)$

3-11 解析の実行

①メニューバーの「作成」の中の「確認」かまたは、ツールバーの [♥ 確認] をクリックし画面を確認モードに切り換えます.

②ツールバーの [[™] GO!] をクリックします.

③図面保存の確認ウィンドウが表示されるので、「OK」をクリックします.

④解析が実行され、「はい」をクリックするとポストプロセッサーが起動します.



メニューバー「作成」-「(10) 確認 🕓 🛛



解析結果をビジュアルに表現し、また解析結果の数値情報を取得しエクセルな どへの出力をします。

4-1 起動と終了

起動の方法

- パソコンには USB プロテクトキーを付けておきます.
- ① Windows を起動して、タスクバーの「スタート」をクリックします.
- ②「プログラム」にカーソルを合わせます.
- ③サブメニューから「FEM すいすい一浸透流一」のポストプロセッサーを選択 してクリックします.

画面構成

プリプロセッサーと同様に、メニューバーとツールバーを利用した標準的な画 面構成です.以下の様な画面が表示されます.

ファイル(E) 画面複写(B) 表示(V) 解析結果(B) ヘルプ(日)
j 🗃 🚇 Q, Q, Q, Q, १७ 1. K, ≞ 🛗 ■
ステップ

標準的な画面構成

終了方法

①ファイルメニューから「終了」を選択してクリックします.

4-2-1 役立つ機能

解析結果の表示にあたって役立つ機能を紹介します.

拡大・縮小
 マウスホイールを前に回転させると拡大,後ろに回転させると縮小されます.
 また,ツールバーの [⊕ Q] をクリックすると,それぞれ拡大または縮小されます.

5	無題.dat - FEMすいすい -浸透流-ポストプロセッサ	
ファイル(E) 画面複	(B) 表示(V) 解析結果(R) ヘルプ(H)	
🖻 🛃 🕀 Ə 🔍	a 🥐 🔭 🖳 🔚 🖼 🖂 🖽 🖽 🖸 🗛 📥 🖴 🗰 🗰 🖄 📥 😹 🖾 📇 🛸 🎁	
ನಿನ್ ಶಿ 🏦		
ステッフ。 1		
各種断面図	XY座標 [x,y = 24.753 , 45.903]	//,

ツールバー [⊕ ♀ 拡大・縮小]

ツールバーの [

(*)] をクリック後, ドラッグすることにより図面, タイトル表示, 凡例表示, 注釈表示を移動することができます. また, マウスホイールを押した ままドラッグすることでも同様のことができます.

5 無題.dat - FEMすいすい -浸透流-	ポストプロセッサー 🗕 🗖 🗙
ファイル(E) 画面複写(B) 表示(V) 解析結果(R) ヘルプ(H)	
📁 🚳 9. 9. 9. 9. 🚺 🦄 👫 🚠 🚟 📐 🖽 🖽 🗗 📇 📥	123 123 123 📩 🛓 💌 🖂 😹 📶 🖧 🛸 🚺
ステップ 1 -	
ステッフ 1	
各種断面図	XY座標 [x,y = 37.588,42.094]

ツールバー [🖑 移動]

表示中の画面の画角を保存したい場合には、メニューバーの「表示」の中の「画 角の保存」を選択します.次に、保存した画角を読み込むには「画角の読込」を 選択します.

報告書用に各種結果図の画角を揃えたい場合には便利な機能です.

無題.dat - FEMすいすい -浸透流-ポストプロセッサ− - □ ×		
ファイル(E) 画面複写(B)	表示(⊻) 解析結果(R) ヘルプ	(日)
🖻 🗿 🗨 Q 🔍 🥙	ズ−ム(Z) ・	📥 💷 🔯 🔯 🐚 🖢 📥 💌 🖾 🖾 🖧 🍒 獚
ステップ 1	再作図(D)	
	● 画角の保存(V) ●	
ステッフ 1	画角の読込(L)	
現在の画角を保存	表示設定(L)	XY座標 [x,y = 37.588 , 42.094]

メニューバー「表示 (<u>V</u>)」-「画角の保存 (V)」

4-2-2 解析結果の表示

「FEM すいすい―浸透流―」のポストプロセッサーでは以下の解析結果図を表示することができます.

解析結果の表示手順は以下の通りです.

①ツールバーより表示したい結果の種類をクリックします(5-1-3参照).
 ②ツールバーより表示したいステップを選択します.

表示する項目はアイコン順に以下のようになります.

5 弁	無題.dat - FEMすいすい -浸透流-	ポストプロセッサー 🗕 🗖 🗙
ファイル(E) 画面複写(B)	表示(V) 解析結果(B) ヘルプ(H)	
🛎 🚑 🔍 Q 🔍 🥙	💺 🖡 🗎 🗮 ڬ 🛛 🖽 📥 📥	123 123 123 📩 🛓 💌 🖂 🐁 👬 🔹 👬
גדעד בעד	$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ (11) (12) (13) (14) (15) (16) (17) (18) (19) (20) (21)(22)
ステッフ。1 表示ステップ		
各種断面図		XY座標 [x,y = 35.755,45.339]

(1) 1節点情報表示 (2) 🔓 要素情報表示 (3) 🔒 名種断面図 (4) 🖺 自由水面変化図 (5) ■時刻歴グラフ (6) ₩三·四角形要素 (7) № 線要素 (8) 凸外枠線 (9) 昌材料境界線 (10)

材料

を
塗り (11) 🔤 節点番号 (12) 國要素番号 (13) 🔤 材料番号 (14) > 流速ベクトル(飽和節点) (15) 🛓 🧳 (不飽和節点) (16) 🔰 🧳 (飽和要素) (17) 🔄 🧳 (不飽和要素) (18) 🌆 圧力水頭(線コンター) (19) 🌇 全水頭 (🧳 🧳) (20) 🖺 自由水面 (21) 🛓 圧力水頭(色塗り) (22) 🕌 全水頭(🥢)



圧力水頭(コンター・色塗り)+流速ベクトル(節点・要素)

4-2-3 表示の設定

メッシュ図, 流速図, 線コンター図, 色塗りコンター図のそれぞれにおいて, 適宜表示内容を変更することができます.

設定項目には①共通, ②メッシュ図, ③流速, ④線画コンター, ⑤色ぬりコン ターがあり,メニューバーの表示の中の「表示設定」のウィンドウで設定します.

5	無題.dat - FEMすいすい -浸透流-ポストプロセッサー 🦳 🗕 🗙
ファイル(F) 画面複写(B)	表示(V) 解析結果(R) ヘルプ(H)
🗃 🖨 e e e e 🕅	ズーム(Z) 🔹 🗎 🛤 🖾 🖾 😤 🕌
ステップ 1 🕂	再作図(D) 画角の保存(V)
ステップ 1	画角の読込(L)
表示設定する	表示設定(L) XY座標 [x,y = 26.023 , 45.339] //

メニューバー「表示 (<u>V</u>)」-「表示設定 (L)」

タイトルや座標目盛の表示など全結果図に共通の表示項目を設定します.

表示設定			
其通 メッシュ等 流速 線画コンター 色塗りコンター			
マ タイトルを表示する			
文字サイズ: 10 ▼ 戸 左右方向は中央配置			
▶ 注釈を表示する	▶ 座標目盛を表示する		
● 日本語	数値位置: 🖲 外側 〇 内側		
○ 英語 文字サイズ: 10 💌	目盛線長: 8 ▼ ピクセル		
	文字サイズ: 8 💌		
	メッシュとの離間率: 15 💌 %		
▶ 指数形式は大文字で表示する			
節点番号・要素番号・材料番号・コンター値の文字サイズ: 9 ▼			
表示する材料: すべて表示 ▼			
01	< キャンセル 適用(<u>A</u>)		

■メッシュ図 報告書用として、メッシュ図の線種や色を設定します.また、凡例の表示、非 表示文字サイズを指定します.

表示設定
共通 メッシュ等 流速 線画コンター 色塗りコンター
線の設定
線の種類線の色
三•四角形要素: 実線(細) ▼
線要素: 実線(中) ▼ ▼
外枠: 実線(中) ▼
材料境界: 実線(細) ▼ ▼
材料色の設定
詳細設定 >> ▼ 材料色の凡例を表示する
文字サイズ: 10 🗸
OK キャンセル 適用(A)

流速ベクトルの表示スケールや色を設定します.また流速ベクトルの表示位置 についてもここで指定します.

表示設定
共通 メッシュ等 流速 線画コンター 色塗りコンター
色とスケール ベクトル線の色: ▼ スケール(単位長さに対する流速値): 0.057533: ▼ 流速ベクトルのスケールを表示する
 ● 目盛 文字サイズ: 10 ▼ ○ 矢印 矢印の流速値: 1 (正:右向き 負:左向き)
●節点とベクトル線の位置関係 ● ベクトル線の中心 ○ ベクトル線の根元
- 要素中心とベクトル線の位置関係
OK キャンセル 適用(A)

圧力水頭,全水頭および自由水頭の表示ピッチ,線の種類や色などを設定します.

表示設定			
共通 メッシュ等 流速 線画コン	ター 色塗りコンター		
一 圧力水頭			
表示範囲 最大値: 0	ピッチ	線の種類	線の色
最小値: 0	主線: 10	実線(中)	• •
小数点以下桁数: 0 🚽	補助線: 2	実線(細)	• •
全水頭			
表示範囲 最大値: 0	ピッチ	線の種類	線の色
最小値: 0	主線: 10	実線(中)	• •
小数点以下桁数: 0 🗨	補助線: 2	実線(細)	• •
自由水面			
		線の種類	線の色
		実線(中)	
	ОК	キャンセル	適用(<u>A</u>)

圧力水頭や全水頭の色数,色調の選択などを設定します.また,凡例の表示, 非表示および文字サイズを指定します.

表示設定		
共通 メッシュ等 流速 線画コンター 色塗りコンター		
圧力水頭 色調: ● 虹 ○ 赤青 ○ 水青 □ 色順を反転する	 ✓ 凡例を表示する 文字サイズ: 8 ▼ 	
色数: ● 10 ○ 15 ○ 20		
全水頭		
色調: ● 虹 ○ 赤青 ○ 水青		
色数: ● 10 ○ 15 ○ 20 上限: 0 下限: 0		
ОК	キャンセル 適用(<u>A</u>)	

4-3 解析結果の利用

4-3-1 流速図

流速ベクトル図は直感的に理解しやすいので非常に有効です. データの入力ミスなどのチェックにも役立ちます.



流速ベクトル図

コンター図は線コンター図と色塗りコンター図があります.補間を多用して表 示しているため精度には欠けますが,圧力水頭,全水頭の分布を定量的に捉える ことが出来ます.解析のチェックにも有効です.コンター図は目盛りを区切りの 良い値にしておくと値を定量的に捉え易くなります.



圧力水頭コンター図







第5章 解 析 例

解析手順はおおむね以下に示すような流れによって行います.必ずしも手順通 りに行う必要はありませんが,場合によっては入力を行った後でなければ操作が できない場合もあります.

①解析方法の設定

②材料特性の設定

③解析対象の作図

④材料特性の割り当て

⑤メッシュ分割

⑥境界条件の設定

⑦境界条件の設定

⑧解析ステージの設定

⑨解析の実行

例としては

①堤体の浸透流量(鉛直平面)
 ②井戸揚水(鉛直軸対称)
 を取り上げて説明します.

堤防の浸透流量を求めます.

5-1-1 解析条件

ここでは下図 に示すような上下法面の勾配が1:2であるような堤体について 堤防浸透流量を計算します.

上流側の水位は 6.0 m であり、X 方向、Y 方向の透水係数 Kx, Ky は,

- Kx = 0.00002 m/sec
- Ky = 0.00002 m/sec

とします.



5-1-2 解析手順

(1)解析方法の設定

解析方法の設定をおこないます.

①メニューバーの「作成」の中の「解析方法」かまたは、ツールバーの[¹] 解析方法] をクリックし解析方法のウィンドウを開きます.



まず、タイトルを「堤体の堤防浸透流量」と入力して、構造条件を「鉛直平面」、 時間条件を「定常」、入力水頭値を節点水頭・境界条件水頭ともに「全水頭」にチェッ クを入れ、その他は一般的なものとしてデフォルトのままで OK をクリックしま す.

	解析方法	×
タイトル: 堤体の浸透流量		
構造条件 ● 鉛直平面(単位厚) ● 鉛直軸対称(1ラジアン) ● 水平平面(単位厚) 差分方法 ● 後退差分(ξ=1) 	時間条件 ○非定常 ● 定常 土質定数の評価 ○ 要素中心値 ● 節占値	 入力水頭値 節点水頭 ○ 圧力水頭 ● 全水頭 ○ ステージごとに設定 境界条件水頭
 ○ 快速注が(ミーカ) ○ 中央差分(ξ= 1/2) ○ ガラーキン法差分(ξ= 2/: ✓ 要素の節点番号を最適化 最大反復計算回数: 500 許容誤差: 0.0001 	 ○ 積分点値の平均 ○ 積分点値 	 ○ 圧力水頭 ● 全水頭 ○ ステージごとに設定 OK キャンセル

解析方法設定 ウィンドウ

(2) 材料特性の設定

材料特性の設定をおこないます.

①メニューバーの「作成」の中の「材料特性の設定」かまたは、ツールバーの [1] 材料特性]をクリックし材料特性の設定ウィンドウを開きます.

退 として、 して、 して、	_ 🗆 ×
ファイル(F) 作成(M) 編集(E) 表示(V) ヘルプ(H)	
	♪・◎・■ ■ *
(2) 材料特性 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	プロパティ 🗸 🗙
1 (4) 材料割当	
钿 (5) 自動分割	
1 (6) 手動調整	
■ [●] (/) 水頭 ⁸	
 ※ (9) 301年11 ※ (9) ステージ 	
♥ (10)確認	
ステージ(S) ▶	
材料特性を設定します 鉛直平面 定常	t

メニューバー 「作成」―「(2) 材料特性」-「🚹 材料特性」

ここでは、材料名を「堤体材料」とし、透水係数を X,Y それぞれ 0.00002 m/ sec, 有効間隙率を 0.3、非貯留係数を 0 を入力して OK をクリックします.

	材料特性	×
堤体材料	 材料情報 名称: 堤体材料 色: ▼ ×方向(線要素(は軸方向)の飽和透水係数 kx: y方向の飽和透水係数 ky: 有効空隙率 ne: 比貯留係数 Ss: 不飽和特性曲線・ 	0.0002 0.0002 0.3 0
t <u>L</u> Λ ↓ ΤΓΛ		*
追加 削除	ОК	キャンセル

材料特性設定 ウィンドウ

(3) 解析対象の作図

ここからは、解析対象の地盤や構造物を作図します.

①メニューバーの「作成」の中の「作図」かまたは、ツールバーの [1] 作図] をクリックして作図モードに切り替えた後に作図コマンド(本例では線と矩形) を用いて解析対象を作図していきます.



メニューバー 「作成」―「三」(3)作図」



②ツールバーの [5] 線] をクリックします.

ツールバー [作図] - []線]

③堤防の天端や法尻の座標を順次入力していきます.

まず, 左下法尻の点の座標を始点として(0,0)を入力して左クリックをして さらに「確定」にカーソルを合わせてクリックします.



始点 入力画面

④天端左側の点の座標を終点として(16,8)を入力して③と同様に左クリックをしてさらに「確定」にカーソルを合わせてクリックします.

グリッドを設定している場合は、その場所の近くににマウスカーソルを合わせると(16,8)が表示されます.なお、データ入力ウィンドウが開いているときはキーボードより入力した値を入力することができます.このとき、XとYの間はスペースキーかカンマを入れます.



終点 入力画面-1



⑤次に今度は確定した終点を始点として,天端左の点を終点としてクリックし続けて作図していきます.



⑥同様に右側法尻を確定します.

終点 入力画面-3



⑦最後に左側法尻に戻って確定します.

終点 入力画面-4



> ①メニューバーの中の「表示」の「オプション」をクリックして、オプションの ウィンドウを開きます.



メニューバー 「表示」―「オプション」

⑧これで堤防の形状の入力が終了しました.

꽶

②オプションのウィンドウが開いたら, グリッドの X 間隔, Y 間隔の値を入力し, 有効にチェックを入れて OK をクリックします.

オ	プション ×
表示 節点サイズ: 8 条件サイズ: 14 分割サイズ: 10 フォント Arial	グリッド ✓ 有効 X間隔: 1 Y間隔: 1
境界条件色 降雨面	分布流量固定
流量固定	水頭固定
露出面	水面固定+降雨面 ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ●
ナプション 設定ウィンドウ	

(4) 材料特性の割り当て

地盤,構造物の材料特性をそれぞれの位置の解析ブロックに割り当てます. ①メニューバーの「作成」の中の「材料割当」かまたは、ツールバーの [1] 材 料割当]をクリックし画面を材料割り当てモードに切り換えます.







材料設定画面

③プロパティウィンドウで材料特性 [堤体材料] を指定して材料を割り当てると, 指定した材料特性が割り当てられて解析ブロックの色が変わります.

②材料特性の割り当てを行う解析ブロックをクリックします. すると, 選択され



材料設定 終了

61

(5) メッシュ分割

①メニューバーの「作成」の中の「自動分割」かまたは、ツールバーの [**囲** 自動分割]をクリックし画面を自動分割モードに切り替えます.



メニューバー 「作成」―「 🖽 (5) 自動分割」

②分割数を指定する線分をクリックしてから、プロパティウィンドウで分割数を 指定します。

ここでは,分割数を10,分割比率を50とします.分割比率は50のとき,均 等に分割されます.







③同様に、堤防底面部をマウスで選択し、分割数 10、分割比率 50 を入力します.

分割数入力画面-2

④今度は法面の左側を選択し、同様に分割数 10、分割比率 50 を入力します.



分割数入力画面-3



⑤最後に法面の右側を選択し、同様に分割数 10、分割比率 50 を入力します.

分割数入力画面-4

⑥対象ブロックをクリックして選択すると、プロパティウィンドウにメッシュ作成条件が表示されますので、ここでは4角形主体を洗濯します。



メッシュ条件入力画面



①ツールバーの [💣 メッシュ作成] をクリックします.

メッシュ作成条件入力画面



⑧縦方向に10, 横方向に10の4角メッシュが作成されました.

メッシュ図

分割数や分割比率が同じ場合は、一括して選択して指定することができます.



①分割数や分割比率を指定する場所をマウスでドラッグして選択します.



②プロパティウィンドウで、分割数および分割比率を指定します.

自動分割後,細部に修正を手動調整にて修正ができます. ここでは,堤体の法尻に水路を設定します.

①メニューバーの「作成」の中の「手動調整」かまたは、ツールバーの [手 動調整]をクリックし画面を手動調整モードに切り換えます.



メニューバー「作成」-「「+ (6)手動調整」

②水路に対応する要素を削除します.

③ツールバーの[選択]をクリックし、さらにマウスにて節点を選んで、所定の 位置にドラッグ、ドロップします.

④必要に応じて境界条件を設定します.



67

(6) 解析ステージの設定

ステージ2を追加します.

①メニューバーの「作成」の中の「ステージ」かまたは、ツールバーの [※ ステージ] をクリックします.



メニューバー 「作成」―「 🗞 (9) ステージ」

②「ステージ設定」ウィンドウが表示されます.ここでステージの追加を指定します.



ステージ設定ウィンドウ

③「新規追加」をクリックすると以下のウィンドウが表示されますので「OK」 をクリックします.

FEMすいすい -浸透流- プリプロセッサー		
? 新しいステージを追加しますか?		
OK キャンセル		

④「OK」をクリックするとステージ2追加されます.

	ステージ設定 ×
ステージ 1 ステージ 2	ステップ情報 ステップ間の時間増分比 ユテップ間の時間増分比 当ステージの時間増分 節点水頭 近方水頭 近方水頭 全水頭 境界条件水頭
	新規追加(<u>N</u>) 削除(<u>D</u>) OK

(7) 境界条件の設定

ダムの上流側および下流の水頭値を設定します.

①メニューバーの「作成」中の「境界条件」または、ツールバーの [№ 境界条件]
 をクリックし画面を境界モードに切り替えます.





境界条件入力画面-1

⑥プロパティウィンドウにて条件を設定します.ここでは水頭固定として水面高 と同じ 6.0 を入力します.



境界条件入力画面-2



境界条件入力画面-3

⑧境界条件の設定が終了しました.



境界条件入力画面-4

(8) 解析の実行



71



メニューバー 「作成」―「 🖳 (10) 確認」





ツールバー [誌 解析]

④下図のようなウィンドウが表示されるので、「OK」をクリックします.


⑤解析が実行され、「OK」をクリックするとポストプロセッサーが起動します.



5-1-3 解析結果

ポストプロセッサーが起動して以下のような結果が表示されます. 解析結果の表示手順は以下の通りです.

①ツールバーより表示したい結果の種類をクリックします.





解析結果表示画面



②ツールバーより表示したいステージを選択します.

流速ベクトル図

③そしてツールバーの [🔄 圧力水頭(線コンター)] を追加選択します.



[🐚] 流速ベクトル+ 🔄 圧力水頭コンター



놀 流速ベクトル+圧力水頭(🔄 線コンター+ 🏊 色塗りコンター)

⑤浸透流量を見るために、まず、ツールバーの[Ⅲ 三・四角形表示]をクリックします。



ツールバー [图 三・四角形要素]

꽶

⑥ツールバーの [
 節点番号] をクリックすると、節点番号が表示されます.



ツールバー [¹²³節点番号]

⑦そしてツールバーの [↓ 節点情報表示] をクリックします.



値表示ウィンドウ

⑨ついで流量を知りたい節点をマウスでクリックして選択します.



値表示(流量)



節点の選択

⑤ 堤体の浸透流量.dat - FEMすいすい -浸透流-ポストプロセッサ− – □ ×				
ファイル(E) 画面複写(B) 表示(Y) 解析結果(R) ヘルプ(H)				
☞ @ Q Q Q (?) \ \ 				
ステップ 2 <u>-</u>				
值表示				
※ 凾 流量				
Stage Step Time NODE 11 NODE 22 NODE 33 NODE 44 NODE 55 NODE 66 Total				
80 81 82 83 84 85 86 87 88				
70 71 22 78 74 75 78 27				
59 60 61 62 63 64 65 66				
48 49 50 51 52 53 54 55				
88 38 40 41 42 43 44				
27 28 29 30 31 32 33				
5 6 7 8 9 10 ¹¹ 11				
各種断面図 XY座標 [x,y = 35.277, 3.737]				

各節点の流量および合計流量の表示

77

5-2 井戸揚水(鉛直軸対称)

もっとも実用的な問題として, 井戸で揚水した場合の近傍の地下水の低下量を 計算します.

5-2-1 解析条件

下図に示すような水平透水層に不浸透層に達する井戸を掘り,井戸内部の水は ポンプ等で常に汲み上げているものとします.

水位は0とし、また境界での水位は常に一定で8mとして解析を行います. ここで、透水係数は

Kx = 0.004 m/sec

Ky = 0.004 m/sec

とし、ポンプ容量Qは

 $Q = 0.016 \text{ m}^3/\text{sec}$

とします.



5-1-2 解析手順

(1) 解析方法の設定

解析方法の設定をおこないます.

①メニューバーの「作成」の中の「解析方法」かまたは、ツールバーの [1] 解 析方法]をクリックし解析方法のウィンドウを開きます.



メニューバー 「作成」―「壇(1)解析方法」

まず、タイトルを「井戸揚水」と入力して、構造条件を「鉛直軸対称」、時間 条件を「定常」、入力水頭値を節点水頭・境界条件水頭ともに「全水頭」にチェッ クを入れ、その他は一般的なものとしてデフォルトのままで OK をクリックしま す.

解析方法 設定ウィンドウ

(2) 材料特性の設定

材料特性の設定をおこないます.

①メニューバーの「作成」の中の「材料特性の設定」かまたは、ツールバーの [1] 材料特性]をクリックし材料特性の設定ウィンドウを開きます.

月戸揚水.sf - FEMすいすい - 浸透流- プリプロセッサー	_	×
ファイル(E) 作成(M) 編集(E) 表示(V) ヘルプ(H)		
🗅 🚅 🚰 🖬 🗛 + 여 + 1 🚽 📘 🖕 🕨 🌀 🔍 🍳 🏢 🎦 🎦 🎦 🏭 👺 📮 💱 🦃 📎 🐑 - 🔨	17.0.1	× ∰ 并
本 お 料 特 性 を 設 定 し ま す	<u>プロパティ</u>	* ×
材料特性を設定します 鉛直軸対定	常	

メニューバー 「作成」―「🚺 (2) 材料特性の設定」

第 5 章

解析例

②材料特性を以下のように設定します.

ここでは、材料名を「帯水層」とし、透水係数を X,Y それぞれ 0.004m/sec, 有効間隙率 0.3、非貯留係数 0 を入力して OK をクリックします.

	材料特性	X
帯水層	材料情報 名称: 帝水層 色:	
	x方向(線要素は軸方向)の飽和透水係数 0.004	
	y方向の飽和透水係数 ky: 0.004	
	有効空隙率 ne: 0.3	
	比貯留係数 Ss: 0	
	不飽和特性曲線: (なし)	~
★ 上へ ↓ 下へ		
追加削除	OK キャンセル	,

材料特性 設定ウィンドウ

(3) 解析対象の作図

①メニューバーの「作成」の中の「作図」かまたは、ツールバーの [1] 作図] をクリックして作図モードに切り替えた後に作図コマンド(本例では矩形)を 用いて解析対象を作図していきます.

□ 井戸揚水.sf - FEMすいすい -浸透流- プリプロセッサー	_ 🗆	×
ファイル(E) 作成(M) 編集(E) 表示(⊻) ヘルプ(出)		
□ ☞ ☞ ■ ∞ + ∞ + ◀ 1 → ▶ 6 € € "回 🐕 🛄 🎞 钿 膠 架 號 🗞 🕑 ⑦ 📐 + 丶、口 *	7•⊙•∎, Щ	→ 60!
2.1 作図 解析対象を作図します	プロパティ	××
解析対象を作図します 鉛直軸対定常	62.1147, 52.	21(

メニューバー 「作成」―「三」(3)作図」



ツールーバー 「作成」― [矩形]

③計算対象となる帯水層を、矩形を用いて作図します.



まず、左下(井戸の底部)の位置座標(0,0)を入力して「確定」します.

座標値の入力

④計算範囲の対角座標(100, 10)を入力して、③と同様に「確定」します.

グリッドを設定している場合は、その場所の近くににマウスカーソルを合わせると(100, 10)が表示されます.

なお, データ入力ウィンドウが開いているときは, キーボードより入力した値 を入力することができます. このとき, X と Y の間はスペースキーかまたはカ ンマを入れます.





⑤確定クリックすれば作図は終了です.

82

(4) 材料特性の割り当て

地盤、構造物の材料特性をそれぞれの位置の解析ブロックに割り当てます.

①メニューバーの「作成」の中の「材料割当」かまたは、ツールバーの [1] 材 料割当]をクリックし画面を材料割り当てモードに切り換えます.



メニューバー 「作成」― 「🛄 (4) 材料割当」

②材料特性の割り当てを行う解析ブロックをクリックします. すると, 選択され たブロックが赤く色が変わります.



材料の指定画面-1

꽶



材料の指定画面-2

84

④指定した材料特性が割り当てられて解析ブロックの色が変わります.



材料の割当終了

(5) メッシュ分割

①メニューバーの「作成」の中の「自動分割」かまたは、ツールバーの [**細** 自動分割]をクリックし画面を自動分割モードに切り替えます.



メニューバー 「作成」―「 🖽 (5) 自動分割」

②分割数を指定する線分をクリックしてから、プロパティウィンドウで分割数を 指定します。



分割条件の入力画面-1

③ここでは、分割数を50、分割比率を30とします. 同様の操作を下部についても行います.(節点番号のふられ方によっては左右が逆になる場合がありますが、その場合は分割比率を70にします.)



分割条件の入力画面-2

④さらに、左右については分割数を10、分割比率を50とます.



分割条件の入力画面-3

⑤対象ブロックをクリックして選択すると、対象ブロックが赤くかわり、プロパ ティウィンドウにメッシュ作成条件が表示されますので、ここでは四角形主体 を選択します.



分割条件の入力画面-4

⑥ツールバーの「 メッシュ作成」をクリックするとメッシュが作成されます. これでステージ1のデータ作成が終了です.



メニューバー 「 🖽 メッシュ作成」

囫

(6) 解析ステージの設定

ここで, ステージ2を追加します.

①メニューバーの「作成」の中の「ステージ」かまたは、ツールバーの [※ ステージ] をクリックします.



メニューバー 「作成」-「 🎦 (9) ステージ」

②「ステージ設定」ウィンドウが表示されます.ここでステージの追加を指定します.

ステージ 1	ステージ情報
	ステップ分割数 1 (通常:
	ステップ間の時間増分比 1
	当ステージの時間増分 1
	節点水頭 正力水頭 • 全水頭
	境界条件水頭 🔘 圧力水頭 🖲 全水頭
	新規追加(<u>N</u>) …
	削除(D) OK

③「新規追加」をクリックすると以下のウィンドウが表示されますので「OK」 をクリックします.

FEMすいすい -浸透流- プリ	プロセッサー ×			
? 新しいステージを追加しますか?				
ОК	キャンセル			

④「OK」をクリックするとステージ2が追加されます.ステージ2では,ステージ1の構造データやメッシュデータがそのまま継承されます.

	ステージ設定 ×
ステ <i>ー</i> ジ 1 ステ <i>ー</i> ジ 2	ステップ分割数 1 (通常: ステップ間の時間増分比 1 当ステージの時間増分 1 節点水頭 圧力水頭 全水頭 境界条件水頭 圧力水頭 全水頭
	新規追加(<u>N</u>) 削除(<u>D</u>) OK

(7) 境界条件の設定

井戸における汲み上げポンプ容量,および周辺の水頭値の設定をします.

①メニューバーの「作成」中の「境界条件」または、ツールバーの [¹/₄ 境界条件] をクリックし画面を境界モードに切り替えます.





꽶



②画面上で境界条件を設定する節点をクリックして選択します.

境界条件の入力画面 – 1

90

③プロパティウィンドウにて条件を設定します. ここではポンプ容量の 0.016 m³/ sec を流量固定として入力します.







境界条件の入力画面-3

⑤井戸中心から 100 mの地点での水位 8 mを水頭固定として与えます.





④さらに、井戸内部の節点をマウスにて選択し、露出面を設定します.



境界条件の設定終了

(8) 解析の実行

①メニューバーの「作成」の中の「確認」かまたは、ツールバーの [♥ 確認] をクリックし画面を確認モードに切り換えます.



ツールバー [🙂 (10) 確認]



```
ツールバー [ 號 解析]
```

③下図のようなウィンドウが表示されるので、「OK」をクリックします.

FEMすいすい -浸透流- プリプロセッサー
たに図面を保存します。 DATファイルは同じ場所に作成されます。
ОК

④解析が実行され、「はい」をクリックするとポストプロセッサーが起動します.

FEMすいすい -浸透流- プリプロセッサー
? ポストプロセッサーを起動しますか?
(はい(<u>Y</u>) いいえ(<u>N</u>)

ポストプロセッサーが起動して以下のような結果が表示されます. 解析結果の表示手順は以下の通りです.

①ツールバーより表示したい結果の種類をクリックします.



解析結果の表示

②ツールバーより表示したいステップと結果の種類を選択します.ここではツールバーよりステップ2の「≤流速ベクトル(飽和節点)」を選択します.
 ◎ベクトルのすきさざいさいのでまったすきくしてみます。メニューバーの「ま

③ベクトルの大きさが小さいので表示を大きくしてみます. メニューバーの「表





示」の中の「表示設定」をクリックします. ④表示設定ウィンドウが表示されますので「流速」のタブをクリックしてスケー



メニューバー 「表示」-「表示設定」

ルの数値を変えて設定します.ベクトルの色も変えて濃い青にしてみます. ⑤流速ベクトル図が表示されました.

	表示設定
通 メッシュ等 流	速 線画コンター 色塗りコンター
一色とスケール	
ベクトル線の色:	
スケール(単位長さ	さに対する流速値): 0.001
─▼ 流速ベクトルの	フスケールを表示する
● 目盛	文字サイズ: 10 💌
○ 矢印	矢印の流速値: 1 (正:右向き 負:左向き)
-節点とベクトル線の化 ◎ ベクトル線の中	立置関係 心 〇 ベクトル線の根元
- 要素中心とベクトル	線の位置関係
◎ ベクトル線の中	心 〇 ペクトル線の根元
	OK キャンセル 適用(A
辺安 ウィンドウ	



流速ベクトル図

面の色と線の種類を見やすくするために太く濃い青に設定します. ⑦圧力水頭の色塗りコンター及び自由水面が表示されました.

表示設定						
共通	メッシュ等 流速	線画コンター	一色塗りコンタ			
一庄力)水頭					
表示	範囲 最大値:	0	ピッチ	- 線の種類	[線(0色
	最小值:	0 Ì	線:	10 実線(中) –	_
小数	如点以下桁数: 🚺	▼ 補	İ助線:	2 実線(細) 🔻	•
全水						
表示	範囲 最大値:	0	ピッチ	- 線の種類	[線(色
	最小値:	É 0	[線:	10 実線(中) 🔹	-
小数	如点以下桁数: 0	▼ 補	İ助線:	2 実線(細) 🔹	
自由	水面					
				線の種類	[線0	色
				実線(太) -	
			OK		μ j	適用(<u>A</u>)

表示設定 ウィンドウ



圧力水頭+自由水面

まずツールバーの [🖽 三・四角形要素] をクリックします.



ツールバー [⊞ 三・四角形要素]

97



メッシュ図

⑩次にツールバーの「∖ 節点情報表示」をクリックします.



ツールバー [📩 節点情報表示]

⑪値表示のウィンドウが表示されます.

值表示										
⑧ 圧力水頭 ▼										
Stage	Step	Time								
1	1	0								
2	2	1								

値表示 ウィンドウ



各節点の選択画面

⑬値表示ウィンドウのプルダウンメニューで「座標」を選択します. さらに,ア イコンの「コピーマーク」をクリックして,エクセルなどにペーストします.



値表示(座標)

④続けて, 値表示ウィンドウのプルダウンメニューで「圧力水頭」を選択します.
 さらにアイコンの「コピーマーク」をクリックしてエクセルなどに、節点の位置が同じになるようにペーストします.

	值表示											
	¥ 🛛	ð	圧力水頭		•							
l	Stage	St	圧力水頭		^	3	NODE	4	NODE	5	NODE	
l	1	1	全水頭				0		0		0	
l	2	2	流量			773	5.23	785	5.653	312	5.926	
			流速 VX 流速 VY 流速 V		~							
	<	ļ									>	

値表示(圧力水頭)

x1) - <i>è</i>		0	Book1 - E	xcel			ガラフ ツ-	-16		? 1		×
ファイル	ホーム 打	挿入 ペー	ジ レイアウト	数式	データ	校閲	表示	デザイン	書式			770	Ţ
テーブル 図	アプ リー	おすすめ グラフ	• • • • •	ピボットグ	ラフ パワー	- ビュー ス	レベークライン マークライン	ア フィルター)	(イパーリンク	4 7 7 7	Ω 記号と 持殊文字 →		-
			クラフ		G 1/7	ボート			リンク				^
グラフ2	• E []	×	fx										¥
A	В	С	D	E	F	G	н	I	J	к	L	М	
1			NODE2 1	NODE 3	NODE 4	NODE 5	NO DE 6	NODE 7	NODE 8	NODE 9	NODE 10	NODE 11	
2 Stage	Step	×座標	1.2	2.433	3.698	4.996	6.32	7 7.6	9.086	10.514	11.976	13.469	
3	2 2	2 圧力水頭	3.02988	4.47773	5.23785	5.65312	5.9268	6 6.1230	6.27394	6.39589	6.49861	6.58761	
4 10													
5													
6 8													
8 6													
9 0 4	1												
10													
11 2													
12 0													
13 ₀		2	0		40		60			80		100	-
$\cdots + \cdots + \cdots$	Sheet1	(+)					1	4				►	
準備完了							データの個	固数:51	Ⅲ	.		- + 100%	5

⁽¹⁾ペーストされたデータを,エクセルのグラフ機能などで簡単に表示する事ができます.

第6章 飽和·不飽和浸透流解析

6-1 記号の定義

- φ 圧力水頭
- z 位置水頭
- h 全水頭
- *q* 単位時間・単位面積当りの体積流量
- *Q* 単位時間当りの体積流量
- I_i 動水勾配ベクトルのi成分
- v_i 流速ベクトルのi成分
- n_i 境界面の単位外向法線ベクトルの i 成分
- *k_{ij}* 透水係数テンソルの*ij*成分
- *ρ* 間隙水の質量密度
- n 間隙率
- ne 有効空隙率
- S_w 飽和度 $(0 \leq S_w \leq 1)$
- θ 体積含水率(単位体積の土に含まれる間隙水の体積の割合)
- kr 比透水係数(飽和透水係数に対する不飽和透水係数の比)
- S_s 比貯留係数(単位水頭変化によって土中に貯留または排水される間隙水 の体積の土の体積に対する割合. $S_s = dn/d\varphi$)
- c 比水分容量 $c(\varphi) = d\theta/d\varphi$
- t 時間

変数の上に[°]を付けたものは時間に関する偏微分を表わし,の後に添字を付し たものは空間に関する偏微分を表わし同じ添字が続くものは総和を意味する.

6-2 不飽和浸透特性

不飽和領域では以下の図に示すような浸透特性を持つことが、実験的に知られている。そこでここでは図 1-1 ~図 1-3 をまとめた図 1-4 のように表わされる特性曲線を基に解析を行う.



 $\theta = nS_w$ θ_s $\varphi < 0$ 0 $\varphi > 0$ **2 1-2 4iđ3x= -E1x9**





 $\varphi < 0$ のときn = -定とすれば、 $\theta = \theta_s S_w = n_e S_w$

6-3 支配方程式 6-3-1 基礎方程式

■連続条件式(質量保存則)

Richards の方程式より

$$-\left\{\frac{\partial}{\partial x}\left(\rho v_{x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\rho v_{y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(\rho v_{z}\right)\right\}=\frac{\partial}{\partial t}\left(\rho\theta\right)$$

これをテンソル表示すれば、
$$-\left(\rho v_{i}\right),i=\left(\dot{\rho}\theta\right)$$
(1)

■運動方程式(運動量保存則) 間隙水の運動が緩慢で慣性効果を無視できるとし、ダルシー則が成り立つとす れば

$$\upsilon_i = -k_{ij}I_j = -k_{ij}h_{,j} \tag{2}$$

(1)式と(2)式より、基礎方程式(3)を得る. $(\rho k_{ij}h_{,j}), i = (\dot{\rho}\theta)$

6-3-2 支配方程式

 ρ が場所・時間によらず、単に圧力水頭 φ だけの関数とし、また、 θ も φ のみ に依存するとすれば

$$\begin{aligned} \left(\rho k_{ij}h_{,j}\right), &i = \rho\left(k_{ij}h_{,j}\right), i\\ \frac{\partial}{\partial t}\left(\rho\theta\right) &= \frac{\partial}{\partial t}\left(\rho n S_{w}\right) = \frac{d}{d\varphi}\left(\rho n S_{w}\right)\frac{\partial\varphi}{\partial t}\\ &= \left(n S_{w}\frac{d\rho}{d\varphi} + \rho S_{w}\frac{dn}{d\varphi} + \rho n\frac{dS_{w}}{d\varphi}\right)\frac{\partial\varphi}{\partial t}\end{aligned}$$

ここで,

位置水頭は時間によらず一定 $\partial h/\partial t = \partial (\varphi + z)/\partial t = \partial \varphi/\partial t$ 圧力水頭の変化による間隙水の圧縮性は無視できる $\partial \rho/\partial \varphi = 0$ 飽和領域では $S_w = 1$ として,

$$S_w \frac{dn}{d\varphi} = \frac{dn}{d\varphi} = S_{s, n} \frac{dS_w}{d\varphi} = 0$$

不飽和領域では $n = n_e = -$ 定として,

$$S_w \frac{dn}{d\varphi} = 0$$
, $n \frac{dS_w}{d\varphi} = n_e \frac{dS_w}{d\varphi} = \frac{d}{d\varphi} (n_e S_w) = \frac{d\theta}{d\varphi} = c(\varphi)$

以上のように仮定すれば、支配方程式として(4)式が得られる.

$$(k_{ij}h_{,j}), i = [\alpha S_s + c(\varphi)]\dot{h}$$

$$\alpha = \begin{cases} 0 \quad \text{ Turne for a field of } \\ \alpha = \begin{cases} 0 \quad \text{ Turne for a field of } \\ \alpha = \begin{cases} 0 & \text{ Turne for a field of } \\ \alpha = \end{cases} \end{cases} \end{cases} \end{cases} \end{cases}$$

し1 飽和領域

初期条件 $h = h_0$ (5)

境界条件 水頭既知 $h = \hat{h}$ (on S_1) (6)

流量既知
$$-v_i n_i \equiv g = \hat{g}$$
 (on S_2) (7)

ここに,

S₁:水頭が既知の境界面

S₂:流量が既知の境界面

 $S: 領域 V の境界面 (S = S_1 + S_2)$

6-4 有限要素定式化

6-4-1 重みつき残差法による定式化

境界条件(6)式を満足する試験関数 trial function を次のように一般的な形で表示する.

$$h(\boldsymbol{x},t) = N^{a}(\boldsymbol{x}) H^{a}(t) \qquad (a = 1, 2, \cdots)$$
(8)

また、このとき $h, i(\boldsymbol{x},t) = B_i^a(\boldsymbol{x}) H^a(t)$

(9)

とする. B_i^a は N^a の空間に関する偏微分ベクトルの i成分である.

(8), (9)式は(4)式と(7)式を厳密には満足しないから

 $(k_{ij}B^a_iH^a), i - (\alpha S_s + c)N^a \dot{H}^a = R \neq 0$

となる. 最良の近似解を求めるため, 残差 Rか領域 V 内のどこにおいても恒等的に零になるようにする. そこで, 任意の重み関数 W(x)に対して

 $\int_{V} WRdV = \int_{V} W\left\{ \left(k_{ij} B^{a}_{i} H^{a} \right), i - \left(\alpha S_{s} + c \right) N^{a} \dot{H}^{a} \right\} dV = 0$ $\geq \zeta \lambda u \vec{i} \downarrow v.$ (10)

未知パラメータ H の数が L 個あるなら、 L 個の一次独立な関数 $W^{b}(x)$ を用 いると、(10)式は L 個の連立方程式となり、 H の値が求められる.

そこで、重み関数の選び方として、一般に最も良い近似解を与える Galerkin 法を用いて

 $W^{b}\left(\boldsymbol{x}\right) = N^{b}\left(\boldsymbol{x}\right) \tag{11}$

とする. (11)式を(10)式に代入し,部分積分をした後,Gaussの発散定理を適用 すれば,(12)式を得る.ここに,*n*_iは境界面の単位外向法線ベクトルの*i*成分を 表わす.

$$\int_{V} B_{i}^{b} k_{ij} B_{i}^{a} H^{a} dV + \int_{V} \left(\alpha S_{s} + c \right) N^{b} N^{a} \dot{H}^{a} dV - \int_{S} N^{b} k_{ij} B_{j}^{a} H^{a} n_{i} dS = 0$$

$$\tag{12}$$

1-4-2 マトリックス方程式

領域 V を M 個の小さな有限要素に分割し,要素 m 内の点 x において $h^m = [N^m] \{h_e^m\}, \{h_{,i}^m\} = [B^m] \{h_e^m\}$ (13)

と近似する.ここに、 $\{h_e^m\}$ は要素 mを構成する節点全水頭値の組.

要素 m 内においても(10)式が成り立つから,

$$\int_{V^m} \left\{ [N^m] \left(([K^m] [B^m] \{h_e^m\}), i - (\alpha S_s + c)^m [N^m] \{\dot{h}_e^m\} \right) \right\}^2 dV = 0$$
(14)

ここに、 $[K^m]$ は要素 m 内の点 x における透水係数テンソルであり、肩の T は転置を意味する. 全節点の全水頭の組を $\{h\}$ とし、その時間に関する偏微分の組 を $\{\dot{h}\}$ とすれば、(14)式はすべての要素について成立するから、すべて足し合わせることにより(15)式を得る.ただし、境界面 S_2 上では $q = \hat{q}$ とし、 S_2 以外

...*T*

の境界面では水頭が既知であるとして別途に処理するものとする. [R] $\{h\} + [C] \left\{\dot{h}\right\} = \{Q\}$

ここに,

$$\begin{split} [R] &= \sum_{m=1}^{M} \int_{V^m} \left[B^m \right]^T \left[K^m \right] \left[B^m \right] dV \\ [C] &= \sum_{m=1}^{M} \int_{V^m} \left[N^m \right]^T \left(\alpha S_s + c \right)^m \left[N^m \right] dV \\ \{Q\} &= \sum_{m=1}^{M} \int_{S^m} \left[N^m \right]^T \hat{q}^m dS \end{split}$$

定常問題のときには、次式を解けばよい.

$$[R] \{h\} = \{Q\}$$
(16)
6-4-3 時間的離散化

(15)

(15)式における時間項を差分表示するため、 $0 \leq t < (t + \Delta t) < \infty$ であるような $t \ge \Delta t$ 微小な Δt をとれば、

$$\{h\}_{t+\xi\Delta t} \coloneqq \{t\}_t + \frac{(t+\xi\Delta t)-t}{(t+\Delta t)-t} \left(\{h\}_{t+\Delta t} + \{h\}_t\right)$$
$$= \xi \{h\}_{t+\Delta t} + (1+\xi) \{h\}_t$$
$$\{h\}_{t+\xi\Delta t} \coloneqq \frac{1}{\Delta t} \left(\{h\}_{t+\Delta t} - \{h\}_t\right)$$

と近似できる $(0 \le \xi \le 1)$. これらを (15)式に代入すれば,最終的に解くべき方 程式 (17) がえられる.

$$\left(\xi \left[R\right] + \frac{1}{\Delta t} \left[C\right]\right)_{t+\xi\Delta t} \left\{h\right\}_{t+\Delta t}$$
$$= \left\{Q\right\}_{t+\xi\Delta t} + \left(\frac{1}{\Delta t} \left[C\right] - (1-\xi) \left[R\right]\right)_{t+\xi\Delta t} \left\{h\right\}_{t}$$
(17)

よって、初期値 $\{h_0\}$ が分かれば step by step で(17)式を解いていくことによ り全時間にわたる浸透過程が解析できる.

参考文献

 赤井浩一・大西有三・西垣 誠:有限要素法による飽和-不飽和浸透流の解析,土木学会 論文報告集,第264号,pp. 87-96,1977.

6-5 繰り返し収束計算

1-2 に示した通り,物性値は圧力水頭に依存する非線形性を持つから,解の精 度をよくするために(17)式を解く各 step 毎,または(16)式を解く際に繰り返し 計算を行う.

<u>浸出面の取り扱い</u>

浸透流解析において、浸出面の取り扱いが重要な役割を演じることが多い、浸 出面においては「圧力水頭 $\varphi = 0$ かつ水の流入がない」という特殊な境界条件 を有している.水頭境界と流量境界は本来、完全に区別されるものであるが、浸 出面においては水頭境界にも流量境界にもなり得る.

そこでここでは、 $h = z(\varphi = 0)$ と設定した時に $q \leq 0$ ならば水頭境界h = zのままだがq > 0(流入)となる時には水頭境界の設定を解除し、流量境界q = 0に変更する。逆に、q = 0と設定した時に $\varphi < 0$ ならば流量境界のままだが、 $\varphi \geq 0$ となる時には水頭境界h = zに変更する。

そして、これらの手順を収束するまで繰り返さなければならないため単なる飽

降雨浸透面においては「 $\varphi \leq 0$ かつ $q \leq \hat{q}$ 」という境界条件を持ち、浸出面と 同様に取り扱われる.ここに、 \hat{q} は降雨量である.

インデックス出版

2 次元地盤解析システム FEM すいすい―浸透流― Ver.1.0