

直接基礎(改良)の設計 Ver.4

「直接基礎(改良)の設計」は直接基礎の安定計算や地盤改良層厚の計算、深層混合改良の計算、地盤種別の計算を行うプログラムです。今回リリースするVer.4の追加機能の概要を以下に紹介します。

1 主な適用基準・参考文献

- ・宅地防災マニュアルの解説（平成19年12月）宅地防災研究会
- ・建築基礎構造設計指針（平成13年10月）（社）日本建設学会
- ・建築基礎のための地盤改良設計指針(案)（平成18年12月）（社）日本建築学会
- ・建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針（平成30年11月）（財）日本建築センター
- ・陸上工事における深層混合処理工法 設計・施工マニュアル 改訂版（平成16年03月）（財）土木研究センター
- ・道路橋示方書・同解説IV下部構造編（平成24年03月）（社）日本道路協会
- ・道路橋示方書・同解説IV下部構造編（平成29年11月）（社）日本道路協会
- ・道路土工擁壁工指針（平成24年07月）（社）日本道路協会
- ・設計要領第二集 擁壁編（平成24年07月）東・中・西高速道路(株)
- ・土地改良事業計画設計基準 設計[農道]（平成17年03月）（社）農業土木学会
- ・土地改良事業計画設計基準 設計[水路]（平成13年02月）（社）農業土木学会
- ・土地改良事業計画設計基準 設計[ポンプ]（平成18年03月）（社）農業土木学会

2 追加・改良機能概要【深層混合改良】

2-1 「粘着力増加係数」を追加

各層毎に粘着力増加係数を考慮した土圧の計算に対応いたしました。

※建築基礎のための地盤改良設計指針案の「建築基礎」には対応しておりません。

入力イメージ

改良体内部									
層厚	湿潤重量	水中重量	γp	$\gamma p'$	内部摩擦角	粘着力	粘着力増加係数	界面摩擦角	土質
(m)	(kN/m ³)	(kN/m ³)	(kN/m ³)	(kN/m ³)	(度)	(kN/m ²)		(度)	
1	5.200	17.000	7.000	17.000	7.000	26.000	0.00	0.00	粘性土
2	14.800	13.500	3.500	13.500	3.500	0.000	20.00	1.50	粘性土
3	1.800	20.000	10.000	20.000	10.000	26.000	0.00	15.000	砂質土
4	5.000	17.000	7.000	17.000	7.000	0.000	15.37	0.000	粘性土

出力イメージ

1) 主動土圧

深度 (m)	γ (kN/m ³)	ϕ (度)	Cz (kN/m ²)	δ (度)	h (m)	γh (kN/m ²)	$\Sigma \gamma h_{sw}$ (kN/m ²)	K_A	P_a (kN/m ²)	P_{aH} (kN/m ²)	P_{av} (kN/m ²)
0.000			0.000				10.000		3.501	3.381	0.906
3.200	17.000	26.000	0.000	15.000	3.200	54.400	64.400	0.350	22.544	21.776	5.835
3.200			0.000				64.400		22.544	21.776	5.835
5.200	7.000	26.000	0.000	15.000	2.000	14.000	78.400	0.350	27.445	26.510	7.103
5.200			20.000				78.400		38.400	38.400	---
20.000	3.500	0.000	42.200	0.000	14.800	51.800	130.200	---	45.800	45.800	---

※ k: 粘着力増加係数、z: 層厚、Co: 粘着力

2) 受働土圧

深度 (m)	γ (kN/m ³)	ϕ (度)	Cz (kN/m ²)	δ (度)	h (m)	γh (kN/m ²)	$\Sigma \gamma h_{sw}$ (kN/m ²)	K_p	P_p (kN/m ²)	P_{pH} (kN/m ²)
0.000			0.000				0.000		0.000	0.000
0.500	17.000	26.000	0.000	15.000	0.500	8.500	8.500	4.051	34.437	33.264
0.500			0.000				8.500		34.437	33.264
1.000	7.000	26.000	0.000	15.000	0.500	3.500	12.000	4.051	48.617	46.961
1.000			20.000				12.000		52.000	52.000
15.800	3.500	0.000	42.200	0.000	14.800	51.800	63.800	---	148.200	148.200

※ k: 粘着力増加係数、z: 層厚、Co: 粘着力

2-2 周面摩擦力度 τ_{di} の考慮に関する入力・選択の改良

改良体1本当たりの極限支持力 R_u 、複合地盤としての極限支持力 q_{a1} 算出時に周面摩擦力度を考慮するかどうかの選択を個別に設定できるようにいたしました。

なお、 τ_{di} は地層毎に入力します。

※深層混合処理工法設計・施工マニュアルには対応しておりません。

入力イメージ

改良体内部									
	水中重量 (kN/m ³)	γ_p (kN/m ³)	$\gamma_{p'}$ (kN/m ³)	内部摩擦角 (度)	粘着力 (kN/m ²)	粘着力 増加係数	壁面摩擦角 (度)	土質	τ_{di} (kN/m ²)
1	8.000	18.000	8.000	0.000	0.000			粘性土	0.00
2	8.000	18.000	8.000	30.000	0.000			砂質土	25.00
3	8.000	18.000	8.000	35.000	0.000			砂質土	32.00
4	7.000	17.000	7.000	0.000	45.000			粘性土	0.00
5									
6									
7									

出力イメージ

●改良体1本当たりの極限支持力 R_u

改良体の極限鉛直支持力

$$R_u = R_{pu} + \phi \cdot \sum (\tau_{di} \cdot h_i)$$

$$= 1178.097 + 3.142 \times 87.500 = 1452.987 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$R_{pu} = 75 \cdot N \cdot A_p = 75 \times 20.000 \times 0.785 = 1178.097 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

ここに、 R_{pu} :改良体先端部の極限鉛直支持力 (kN/m²)
 $R_{pu} = 75 \cdot N \cdot A_p$ 改良体下部地盤が砂質土の場合
 $R_{pu} = 6cu \cdot A_p$ 改良体下部地盤が粘性土の場合
 N :改良体先端から下に $1d$ 、上に $1d$ の範囲の平均 N 値
 A_p :改良体1本の面積 (m²)
 cu :改良地盤の非排水せん断強さ (kN/m²)
 ϕ :改良周長 (m)
 τ_{di} :改良地盤周面に作用する極限周面摩擦力度 (kN/m²)

なお、 $\sum (\tau_{di} \cdot h_i)$ の値は以下の表の通りとする。

層	h_i	τ_{di}	$\tau_{di} \cdot h_i$
1	1.000	0.000	0.000
2	3.500	25.000	87.500
Σ			87.500

<考慮する場合>

改良体の極限鉛直支持力

$$R_u = R_{pu} + \phi \cdot \sum (\tau_{di} \cdot h_i)$$

$$= 1178.097 + 3.142 \times 0.000 = 1178.097 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$R_{pu} = 75 \cdot N \cdot A_p = 75 \times 20.000 \times 0.785 = 1178.097 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

ここに、 R_{pu} :改良体先端部の極限鉛直支持力 (kN/m²)
 $R_{pu} = 75 \cdot N \cdot A_p$ 改良体下部地盤が砂質土の場合
 $R_{pu} = 6cu \cdot A_p$ 改良体下部地盤が粘性土の場合
 N :改良体先端から下に $1d$ 、上に $1d$ の範囲の平均 N 値
 A_p :改良体1本の面積 (m²)
 cu :改良地盤の非排水せん断強さ (kN/m²)
 ϕ :改良周長 (m)
 τ_{di} :改良地盤周面に作用する極限周面摩擦力度 (kN/m²)

<考慮しない場合>

●複合地盤としての極限支持力 q_{a1}

2) 改良地盤の鉛直支持力度

$$q_a = \min(q_{a1}, q_{a2}) = \min(586.996, 484.329) = 484.329 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_{a1} = 1 / F_s \times \{ (q_d \times A_b) + \sum (\tau_{di} \times h_i) \times L_d \} / A_f$$

$$= 1 / 3.000 \times \{ (1720.674 \times 1.785) + 87.500 \times 5.142 \} / 2.000 = 586.996 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_{a2} = 1 / F_s \times (n \times R_u) / A_f$$

$$= 1 / 3.000 \times (2.000 \times 1452.987) / 2.000 = 484.329 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

ここに、 q_{a1} :複合地盤として求める鉛直支持力度 (kN/m²)
 q_{a2} :改良体単体として求める鉛直支持力度 (kN/m²)
 F_s :安全率
 q_d :極限鉛直支持力度 (kN/m²)
 A_b :改良地盤の面積 (m²)
 A_f :改良体上部の基礎面積 (m²)
 n :改良体本数
 R_u :改良体の極限鉛直支持力 (kN/本)

なお、 $\sum (\tau_{di} \cdot h_i)$ の値は以下の表の通りとする。

層	h_i	τ_{di}	$\tau_{di} \cdot h_i$
1	1.000	0.000	0.000
2	3.500	25.000	87.500
Σ			87.500

<考慮する場合>

2) 改良地盤の鉛直支持力度

$$q_a = \min(q_{a1}, q_{a2}) = \min(586.996, 484.329) = 484.329 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_{a1} = 1 / F_s \times \{ (q_d \times A_b) + \sum (\tau_{di} \times h_i) \times L_d \} / A_f$$

$$= 1 / 3.000 \times \{ (1720.674 \times 1.785) + 0.000 \times 5.142 \} / 2.000 = 586.996 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_{a2} = 1 / F_s \times (n \times R_u) / A_f$$

$$= 1 / 3.000 \times (2.000 \times 1452.987) / 2.000 = 484.329 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

ここに、 q_{a1} :複合地盤として求める鉛直支持力度 (kN/m²)
 q_{a2} :改良体単体として求める鉛直支持力度 (kN/m²)
 F_s :安全率
 q_d :極限鉛直支持力度 (kN/m²)
 A_b :改良地盤の面積 (m²)
 A_f :改良体上部の基礎面積 (m²)
 n :改良体本数
 R_u :改良体の極限鉛直支持力 (kN/本)

<考慮しない場合>

2-3 許容支持力度計算で、計算結果画面より支持力係数の編集機能を追加

計算結果の画面に支持力係数の編集ができるボタンを追加いたしました。

この機能により、任意の支持力係数にて再計算を行う事ができます。

入力画面イメージ

固定状態	地盤	地盤	
水位	考慮する	考慮する	
外部圧力	浮動	2.245 > 1.200	1.612 > 1.600
	転倒	2.081 > 1.200	1.667 > 1.100
	改良地盤下 改良係数 Q_1/m_2	$P_2=268.048 \geqq q_1=182.242$	$P_2=245.658 < q_1=248.662$
	任意位置 改良係数 Q_1/m_2	$P_2=235.020 \geqq q_1=29.025$	$P_2=220.674 \geqq q_1=59.738$
内部圧力	Q_1/m_2	$F_{max}=382.354 < \sigma_{ca}=900.000$	$F_{max}=282.366 < \sigma_{ca}=1200.000$

計算位置	地盤	地盤	
支持力係数	No.	22.264	22.264
	改良地盤下 No.	11.854	11.854
	No.	8.037	8.037
	任意位置 No.	5.142	5.142
No.	1.000	1.000	
	No.	0.000	0.000

※建築基礎のための地盤改良設計指針案には対応しておりません

2-4 「2018年版建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針」に対応

①液状化の検討結果を考慮した計算に対応

液状化の検討結果を考慮した計算機能を追加いたしました。

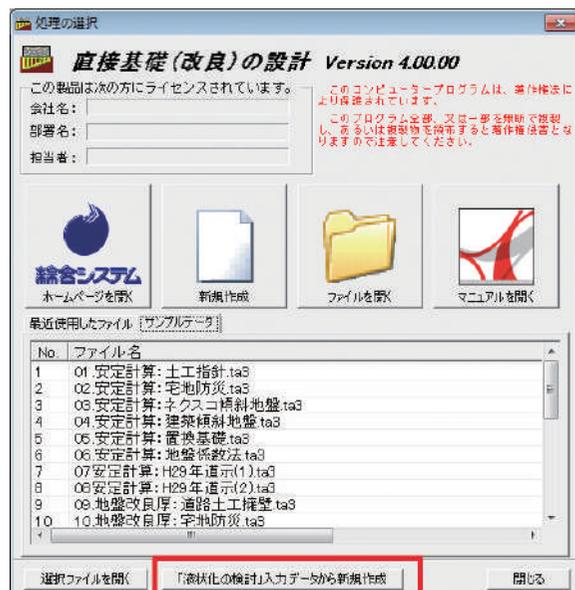
なお、この機能では「液状化の検討Ver4.1(同時リリース予定)」のデータを基にした新規作成が可能です。

また、上記の方法以外に入力値による液状化対象層の設定も可能です。

※深層混合処理工法設計・施工マニュアルには対応しておりません。

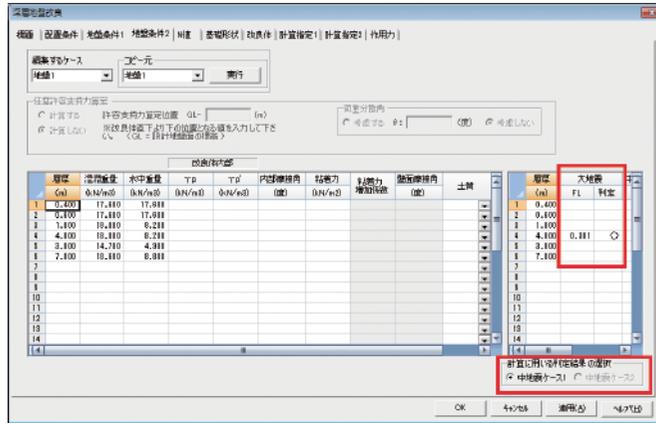
「液状化の検討 Ver4.1」データの読み込み

起動時に表示されるデータ選択画面、もしくは画面左上にある「ファイル」の項目から、「液状化の検討」データより新規作成」を選択します。

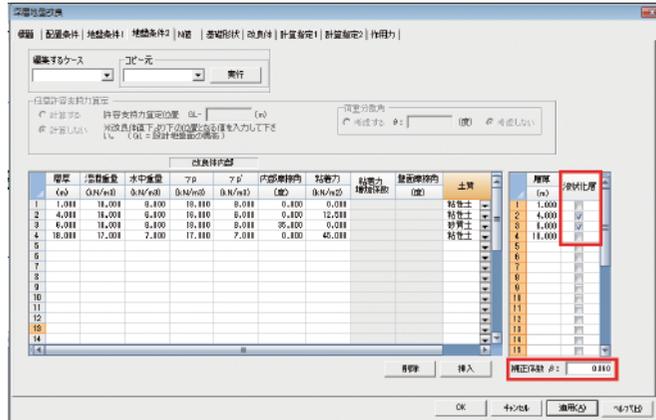


入力画面イメージ

●「液化化の検討 Ver4.1」のデータを基に新規作成した場合



●既存のデータを読み込み、入力値にて液化化対象層を設定する場合



今回の機能追加により、以下の計算内容に影響します。

●改良体周面摩擦力 τ_{di} の考慮の判定（液化化対象層は $\tau_{di}=0$ となります）

出力イメージ

改良体の極限始直支持力

$$R_u = R_{pu} + \phi \cdot \Sigma(\tau_{di} \cdot h_i)$$

$R_{pu} = 75 \cdot N \cdot A_p = 75 \times 10,000 \times 0.785 = 589,049 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

ここに、 R_{pu} ：改良体先端部の極限始直支持力 (kN/m²)
 $R_{pu} = 75 \cdot N \cdot A_p$ 改良体下部地盤が砂質土の場合
 $R_{pu} = 6c_u \cdot A_p$ 改良体下部地盤が粘性土の場合
 N ：改良体先端から下に $1d$ 、上に $1d$ の範囲の平均N値
 A_p ：改良体1本の面積 (m²)
 c_u ：改良地盤の非排水せん断強さ (kN/m²)
 ϕ ：改良周長 (m)
 τ_{di} ：改良地盤周面に作用する極限周面摩擦力度 (kN/m²)

なお、 $\Sigma(\tau_{di} \cdot h_i)$ の値は各液化化判定結果を考慮し、液化化層以後の周面摩擦力度は0として扱う。液化化判定を考慮した値は、以下の表の通りとする。

層	hi	常時		中地震時		液化化	大地震時		液化化
		τ_{di}	$\tau_{di} \cdot h_i$	τ_{di}	$\tau_{di} \cdot h_i$		τ_{di}	$\tau_{di} \cdot h_i$	
1	0.400	0.000	0.000	0.000	0.000	○	0.000	0.000	○
2	0.600	20.000	12.000	20.000	12.000		20.000	12.000	
3	1.000	20.000	20.000	20.000	20.000		20.000	20.000	
4	3.400	20.000	68.000	20.000	68.000		20.000	68.000	
Σ			100.000		100.000			100.000	
R_u			903.208		903.208			903.208	

●地盤の液化化による水平地盤反力係数の低減

「液化化の検討Ver4.1(同時リリース予定)」のデータより新規作成した場合には自動算出(注1)され、入力値の場合は補正係数 β の値を入力値により設定します。

なお、補正係数 β は以下の式に用いられます。

$$kh = \beta \cdot kh$$

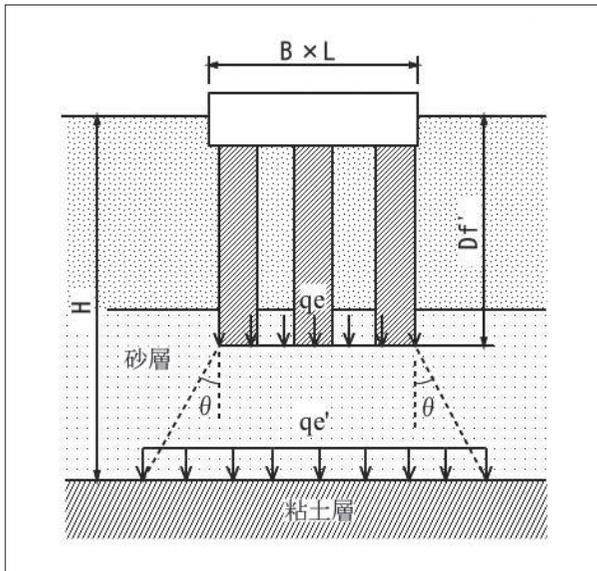
β ：地盤の液化化による低減係数
 kh ：現地盤の水平方向地盤反力係数

(注1).「2018年版建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針」P.225 図12.6.9より算出します。

②2層地盤からなる地盤の鉛直支持力計算に対応

下部地盤の地層が一樣で無い場合にその影響を考慮した下部地盤の許容鉛直支持力度の計算を行う事が出来るようにいたしました。

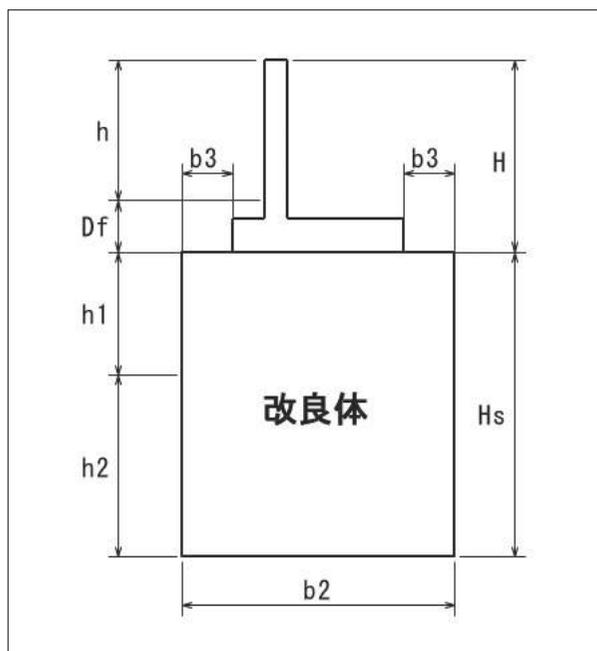
※建築基礎のための地盤改良設計指針案の「建築基礎」のみ対応しています。



上図のように、砂層を伝わって下方の粘土層に生じる荷重と下部粘土層の支持力値を比較し、下部粘土層の支持力に対する安全性を確認します。

③全層鉛直攪拌式混合工法(中層混合処理工法)の計算に対応

全層鉛直攪拌式混合工法(中層混合処理工法)の計算への対応として、改良体形状で「矩形」を選択可能にいたしました。



なお、改良率 α_p は1.0となります。

※深層混合処理工法設計・施工マニュアルには対応しておりません。

④杭形式の中地震時改良体分担荷重 Q_p 算出、大地震時改良体に作用する水平力 Q_u 算出の改定に対応
 別途、地震震度と基礎部分の重量を適切に評価して求めた基礎部分の慣性力を加算します。

※建築基礎のための地盤改良設計指針案の「建築基礎」のみ対応しています。

●中地震時

$$Q_p = \sum Q_s \cdot (N_s / \sum N_s) + k_{base} \cdot W_f$$

$\sum Q_s$: フーチングなどの地下部分を除いた建物水平力 (kN)
 N_s : 水平荷重による変動軸力を常時鉛直荷重に加算した荷重 (kN)
 $\sum N_s$: 地下部分重量を除いた全鉛直荷重 (kN)
 k_{base} : 地下部分の地震震度 (中地震動時 = 0.1相当)
 W_f : フーチングなどの地下部分の重量 (kN)

●大地震時

$$Q_u = Q_2 + k_{base} \cdot W_f$$

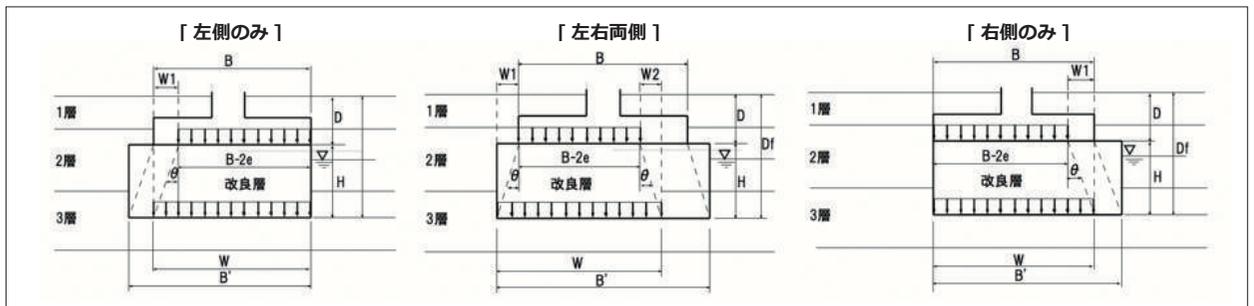
Q_2 : 上部構造の地上部分の水平力 (kN)

3 追加・改良機能概要【地盤改良厚】

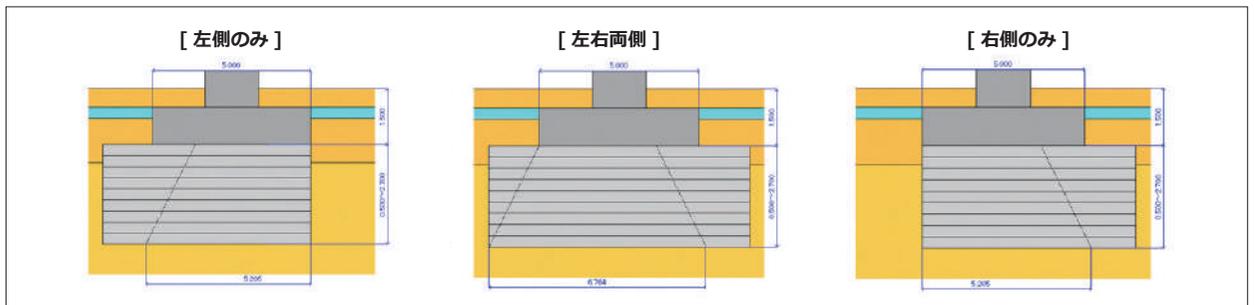
3-1 荷重分散角を考慮する際に、考慮する位置の選択機能を追加

荷重分散角を考慮する位置を「左側のみ」「右側のみ」「左右両側」から選択できるようにいたしました。

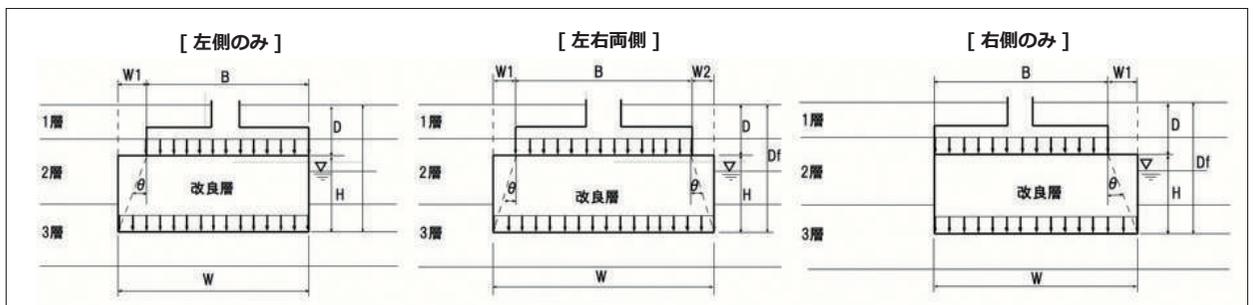
●道路土工指針・土地改良水路工指針の場合



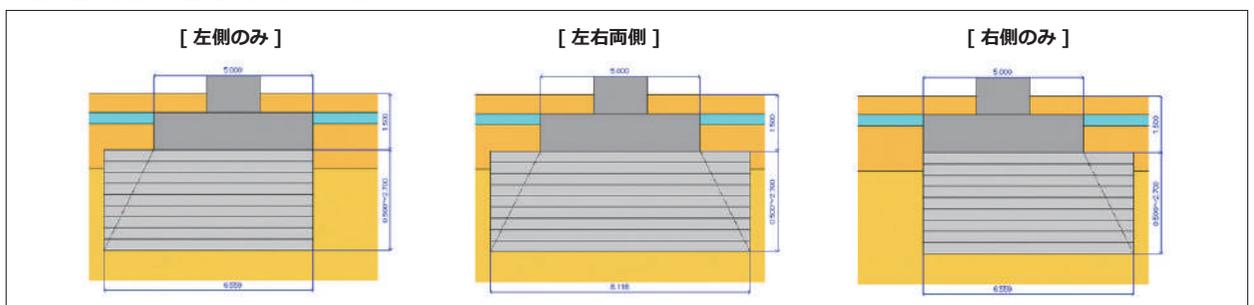
●道路土工指針・土地改良水路工指針の場合 (形状図イメージ)



●道路土工指針・土地改良水路工指針以外の場合



●道路土工指針・土地改良水路工指針以外の場合 (形状図イメージ)



3-2 地盤改良前(改良厚0m)の検討に対応

地盤改良前の検討への対応として、改良厚0mの場合の計算機能を追加いたしました。
基礎直下の改良前の現地盤の許容支持力度、極限鉛直支持力度の検討を行います。

3-3 改良体設計基準強度の算定に対応

改良体設計基準強度の算定機能を追加いたしました。

出カイメージ

4) 改良体の設計基準強度

改良体の設計基準強度は、次式により求める。

$$q_{max} \leq \frac{F_c}{F_s}$$

$$\begin{aligned} F_c &= F_s \times q_{max} \\ &= 3.00 \times 146.885 = 440.656 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

実際の現場での目標強度 q_{uf} は、施工のパラツキを考慮し次式により求める。

$$\begin{aligned} q_{uf} &= \frac{F_c}{1 - (m \cdot V)} \\ &= \frac{440.656}{1 - (1.300 \times 0.45)} = 1061.823 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

ここに、 F_c : 改良体の設計基準強度 (kN/m²)

q_{max} : 基礎底面の地盤反力度

$$q_{max} = \frac{V}{L \cdot (B - 2e)} = \frac{5356.000}{10.000 \times (5.000 - 2 \times 0.677)} = 146.885 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

B : 底版幅 = 5.000 (m)

L : 基礎の奥行き = 10.000 (m)

e : 荷重の偏心量 $e = M / V = 3625.000 / 5356.000 = 0.677$ (m)

F_s : 安全率 = 3.00

q_{uf} : 現場の目標強度(一軸圧縮強さ) (kN/m²)

m : 不良率に依存した係数 = 1.30

V : 一軸圧縮強さの変動係数 = 0.45

3-4 パンチング破壊の検討に対応

パンチング破壊の検討機能を追加いたしました。

出カイメージ

5) パンチング破壊の検討

改良体の設計基準強度は、次式により求める。

$$\begin{aligned} q_a^* &= 1 / F_s \cdot 2 \cdot c \cdot D / B + q_a \\ &= 1 / 3.00 \times 2 \times 220.328 \times 2.00 / 5.00 + 132.990 \\ &= 191.744 \text{ (kN/m}^2\text{)} \geq q_{max} = 146.885 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad \dots \text{OK} \end{aligned}$$

ここに、 q_{max} : 基礎底面の地盤反力度 = 146.885 (kN/m²)

c : 改良地盤のせん断強度($F_c/2$) = 440.656 / 2 = 220.328 (kN/m²)

D : 改良厚さ = 2.0 (m)

B : 基礎幅 = 5.0 (m)

q_a : 下部地盤の許容支持力度 = 132.990 (kN/m²)

F_s : 安全率 = 3.0

なお、改良地盤のせん断強度 c 算出時に用いる F_c の値は、改良体設計基準強度の算定を行った場合にはその計算値を、行わない場合には入力値を、それぞれ用いて算出します。

3-5 作用力モーメントMの選択機能を追加

作用力モーメントMの入力について、「底版中央周り」か「底版つま先周り」から選択して入力できるようになりました。

作用力モーメントMの入力			
<input type="radio"/> 底版中央周り <input checked="" type="radio"/> 底版つま先周り			
No	1	2	3
荷重状態	<input checked="" type="checkbox"/> 常時	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
水位	考慮しない		
ケース名	常時 水位無視		
作 V (kN)	289.970		
用 H (kN)	0.000		
力 M (kN・m)	445.610		
支持力 安全率	3.000		

荷重による偏心量(e)の算出が変わります。

3-6 許容支持力度計算で、計算結果画面より支持力係数の編集機能を追加

計算結果の画面に支持力係数の編集ができるボタンを追加いたしました。
この機能により、任意の支持力係数にて再計算を行う事ができます。

入力画面イメージ

No	1	2	3
荷重状態	常時		
水位	無視		
ケース名	常時 水位無視		
作用力 V1 (kN)	289.970		
V2 (kN)	365.064		
V3 (kN)	0.000		
V (kN)	655.054		
改良層厚 (m)	0.500		
改良幅 (m)	8.851		
許容支持力度 (kN/m ²)	α _{max} =17.943 α = 184.415		
極限支持力 (kN)	α=8002.538 V'=655.054 Fc=45.155		
設計基準強度 (kN/m ²)	quf=108.807		
現場土体強度 (kN/m ²)	qu' = 185.320		
リベティング破損 (kN/m ²)	α _{max} < 15.052		
支持力係数 No	23.942		
N ₁	19.188		
N _R	8.373		
形状係数 α _s	1.000		
β	1.000		

印刷 詳細 **再計算** ※支持力係数、形状係数の項目は変更して再計算を行います。 終了

以上、概略のみ紹介させていただきましたが、ここでは記載していない機能もございますので、是非最寄りの営業所やホームページなどで詳細をご確認ください。

