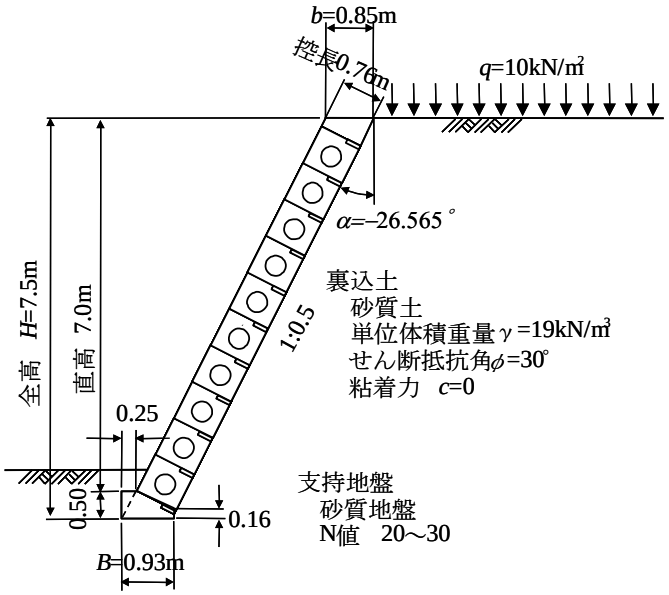
演習問題 1 大型ブロック積擁壁擁壁

下図に示す全高 7.5m，直高 7.0m，背面勾配 5 分の大型ブロック積擁壁を盛土部に施工するものとして，常時作用に対する安定を「道路土工－擁壁工指針」に準拠して照査せよ。なお，大型ブロック積擁壁を「通常のブロック積擁壁」とした場合と，「もたれ式擁壁に準じた構造」とした場合の２ケースについて照査すること。



大型ブロック積み擁壁の形状寸法

解答

1. 通常のブロック積擁壁としての安定性の照査

基礎コンクリートの寸法を決定した根拠を図 1 に示す。

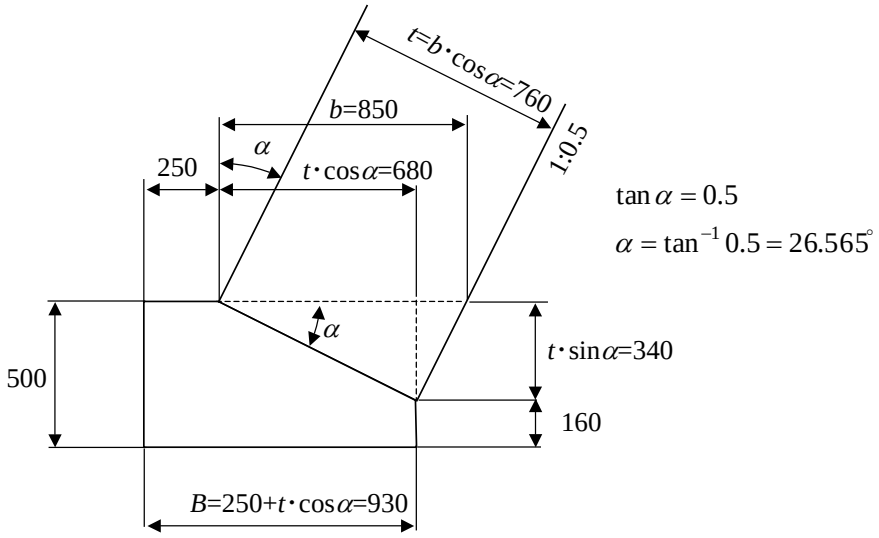


図 1　基礎コンクリートの寸法

1.1 擁壁工指針の標準仕様に対する適合性

通常のブロック積擁壁に準じた大型ブロック積擁壁については，擁壁工指針では控長に応じた背面勾配と直高等の仕様が経験的に定められている。それに適合しているかどうかを照査する。

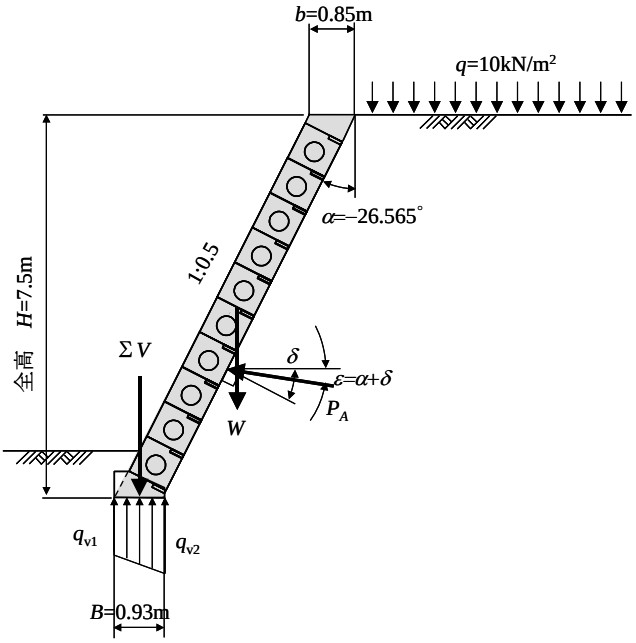
表 1　擁壁工指針の標準仕様に対する適合性の照査

	擁壁工指針の規定値	本設計	照査結果
控 長(cm)	75cm 以上	76cm	O.K.
背面勾配	1:0.5	1:0.5	O.K.
直高(m)	7.0m 以下	7.0m	O.K.
嵩上げ盛土高	直高の 1/2 以下	0m	O.K.
擁壁構造	練積構造	練積構造	O.K.
	ブロック間にかみ合わせがある	ブロック間のかみ合わせあり	O.K.

擁壁工指針に規定されている標準仕様に適合している。当該大型ブロック積擁壁は，常時作用に対して性能 1 を満たしているものと判断される。

1.2 支持に対する安定の照査

図 2.　大型ブロック積擁壁に作用する荷重



(1)大型ブロック積擁壁の重量

擁壁全高が等厚として重量を算定する。

コンクリートの単位体積重量　γ_c=23kN/m^3(無筋コンクリート)

重量　$W = b \cdot H \cdot \gamma_c$ =0.85　×7.5　×23　=146.6　kN/m

(2)主働土圧

壁面傾斜角　$\alpha = \tan^{-1} n = \tan^{-1}(-0.5) = -26.565^\circ$

壁面摩擦角　$\delta = \frac{2}{3}\phi = \frac{2}{3} \times 30 = 20^\circ$

土圧の作用方向が水平面となす角度

$$\varepsilon = \alpha + \delta = -26.565 + 20 = -6.565^\circ$$

土圧は上向きに作用する。

(3)全鉛直荷重

土圧は上向きに作用するため，安全側を考えて土圧は無視する。

$$\Sigma V = W + P_A \sin(\alpha + \delta) = 146.6 \quad +0 = \quad 146.6 \text{ kN/m}$$

(4)鉛直地盤反力度

基礎コンクリート底面の鉛直地盤反力度を，擁壁工指針の簡便式(p171)で算定する。

$$q_{v2} = \frac{1.2\Sigma V}{B} = \frac{1.2 \times 146.6}{0.93} = 189.2 \quad \text{kN/m}^2$$

(5)許容鉛直支持力度

支持地盤は N 値 20～30 の砂質地盤である。
擁壁工指針 p69 の解表 4-8 より，
許容鉛直支持力度 q_a= 200　kN/m^2 ＞ q_{v2}＝189.2　kN/m^2　　O.K.

2. もたれ式擁壁としての安定性の照査

2.1 設計条件

(1)重要度区分

重要度 2

(2)要求性能

常時の作用：性能 1

(3)載荷重

q=10 kN/m^2

(4)裏込め土

土　質：礫質土
単位体積重量：γ=20 kN/m^3

(5)支持地盤

土　質：砂質土
N 値：20～30

(6)コンクリートブロック

控長：0.76m
中詰めコンクリート：σ_{ck}=18kN/mm^2
単位体積重量：γ_c=23 kN/m^3

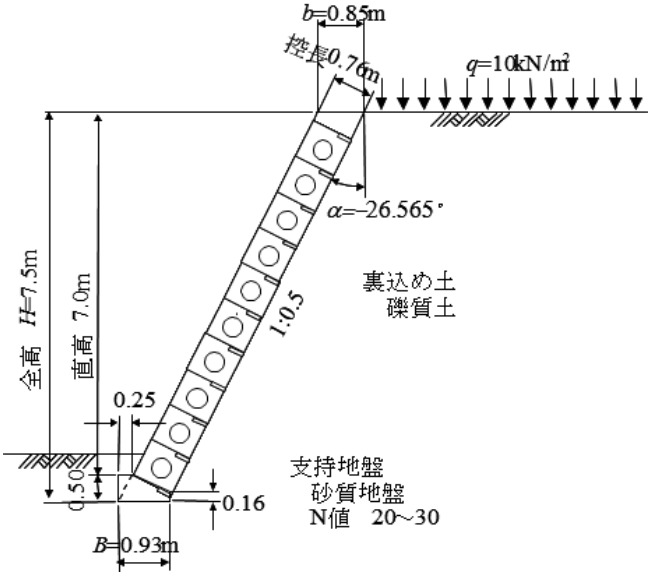


図 3 形状寸法

8.3.2 荷重

(1)自　重

擁壁全高が等厚として重量を算定する。

コンクリートの単位体積重量　γ_c=23kN/m^3(無筋コンクリート)

重量　$W = b \cdot H \cdot \gamma_c$ = 0.85　×　7.5　×23＝146.63　kN/m

作用位置

$x_W = \frac{1}{2}(b - n \cdot H)$ = 1/2×(0.85　－(-0.5)　×7.5)＝2.30　m

y_W=H/2=7.5　/2＝　3.75　m

(2)主働土圧

計算条件

壁面傾斜角　$\alpha = \tan^{-1} n = \tan^{-1}(-0.5) = -26.565^\circ$

地表面傾斜角　β=0°　(水平)

裏込め土の土質　礫質土

土の単位体積重量　γ=20kN/m^3

せん断抵抗角　ϕ=35°

主働土圧

盛土面が水平であるのでクーロン公式で主働土圧を算定する。

壁面摩擦角　　δ =2 ϕ /3=2×35/3=23.33°

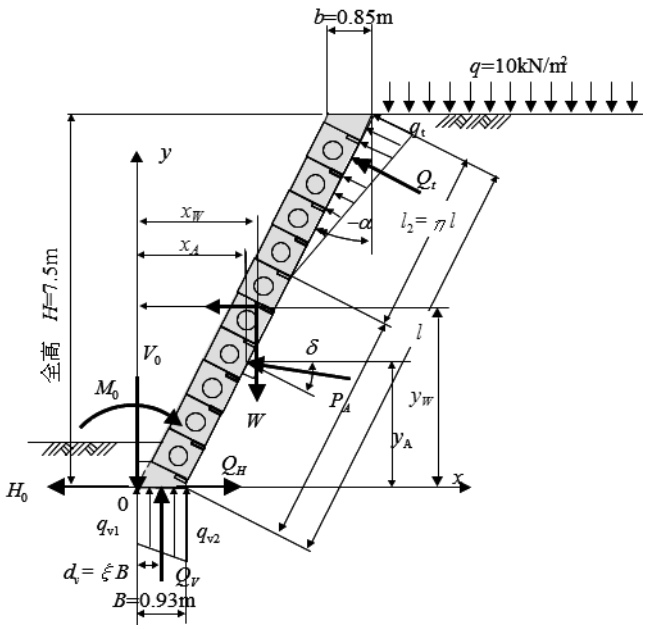


図4　もたれ式擁壁に作用する荷重

主働土圧係数

$$K_A = \frac{\cos^2(\phi-\alpha)}{\cos^2\alpha\cos(\alpha+\delta)\left\{1+\sqrt{\dfrac{\sin(\phi+\delta)\sin(\phi-\beta)}{\cos(\alpha+\delta)\cos(\alpha-\beta)}}\right\}^2}$$

$\cos^2(\phi-\alpha) = \cos^2(35-(26.565))=0.227$

$\cos^2\alpha = \cos^2(-26.565)=0.800$

$\cos(\alpha+\delta) = \cos(-26.565+23.33)=0.998$

$\sin(\phi+\delta) = \sin(35+23.33)=0.851$

$\sin(\phi-\beta) = \sin(35-0)=0.574$

$\cos(\alpha-\beta) = \cos(-26.565-0)=0.894$

$$K_A = \frac{0.227}{0.800\times0.998\times\left\{1+\sqrt{\dfrac{0.851\times0.574}{0.998\times0.894}}\right\}^2} = 0.094$$

主働土圧合力

$$P_A = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_A\left(1+\frac{2q}{\gamma H}\right) = \frac{1}{2}\times20\times7.5^2\times0.094\times\left(1+\frac{2\times10}{20\times7.5}\right) = 59.93 \quad \text{kN/m}$$

鉛直分力　$P_{AV} = P_A\sin(\alpha+\delta) = 59.93 \times\sin(-26.565+23.333) = -3.38$　kN/m

水平分力　$P_{AH} = P_A\cos(\alpha+\delta) = 59.93 \times\cos(-26.565+23.333) = 59.83$　kN/m

作用位置

y_A=H/3=7.50　／3= 2.50　m
x_A=b-n ･y_A= 0.85　－(-0.5)×2.50　=2.10　m

(3)荷重の集計

荷重の種　類	荷重 (kN/m)		作用位置 (m)		モーメント (kN･m/m)	
	鉛直力 V	水平力 H	x	y	V･x	H･y
自　　重	146.63	0	2.30	3.75	337.2	0
主働土圧	-3.38	59.83	2.10	2.50	-7.1	149.6
Σ	143.25	59.83	—	—	330.1	149.6

鉛直力　V_0=143.25　kN/m
水平力　H_0=59.83　kN/m
モーメント

$$M_0 = \Sigma(V \cdot x) - \Sigma(H \cdot y) = 330.1 - 149.6 \quad = 180.5 \text{ kN・m/m}$$

荷重の合力位置

$$d = \frac{M_0}{V_0} = \frac{180.5}{143.25} = \quad 1.26 \text{ m}$$

(4)地盤反力

擁壁工指針 p166 の簡便法によって計算する。
$\xi = 0.56$,　η =0.70　　(擁壁工指針では κ_d=0.56,　κ_l=0.70)
壁面傾斜角　θ =－ α =26.565°

壁面長　$l = \dfrac{H}{\cos\theta} = \dfrac{7.50}{\cos(-26.565)} = 8.39$　m

壁面地盤反力

$$Q_t = \frac{M_0 - \xi \cdot B \cdot V_0}{B\sin\theta(1-\xi) + l\left(1 - \dfrac{\eta}{3}\right)}$$

$$= \frac{180.5 - 0.56 \times 0.93 \times 143.25}{0.93 \times \sin(-26.565) \times (1 - 0.56) + 8.39 \times \left(1 - \dfrac{0.70}{3}\right)}$$

= 105.90/(-0.183+6.43) =16.95　kN/m

$$q_t = \frac{2Q_t}{\eta \cdot l} = \frac{2 \times 16.95}{0.7 \times 8.39} = 5.77 \quad \text{kN/m}^2$$

底面の地盤反力

$$Q_V = V_0 - Q_t \sin\theta = 143.25 - 16.95 \times \sin(-26.565) = 150.8 \quad \text{kN/m}$$

$$Q_H = H_0 + Q_t \cos\theta = 59.83 + 16.95 \times \cos(-26.565) = 75.0 \quad \text{kN/m}$$

$$q_{V1} = \frac{2Q_V(2-3\xi)}{B} = \frac{2 \times 150.8 \times (2 - 3 \times 0.56)}{0.93} = 103.8 \quad \text{kN/m}^2$$

$$q_{V2} = \frac{2Q_V(3\xi-1)}{B} = \frac{2 \times 150.8 \times (3 \times 0.56 - 1)}{0.93} = 220.5 \text{kN/m}^2$$

(5)安定性の照査

転倒に対する安定の照査

$$\frac{B}{2} = \frac{0.93}{2} = 0 \cdot \quad \text{m} < d = 1.26 \text{ m} \quad \text{O.K.}$$

滑動に対する安定の照査

底面と支持地盤の摩擦係数　μ =0.6

安全率

$$F_s = \frac{Q_V}{Q_H}\mu = \frac{150.8}{75.0} \times 0.6 = 1.21 < 1.5 \quad \text{N.G.}$$

支持に対する安定の照査

支持地盤は N 値 20～30 の砂質地盤である。

許容鉛直支持力度 q_a=200 kN/m^2＞q_{v2}=220.5　kN/m^2　O.K.

基礎底面を傾斜させたときの滑動の照査

常時に滑動の安全率が不足するため, 底面を θ =10°だけ下図のように傾斜させるものとして，安全率を算定する。

$$F_s = \frac{Q_V \cos\theta + Q_H \sin\theta}{Q_H \cos\theta - Q_V \sin\theta}\mu = \frac{150.8 \times \cos 10 + 75.0 \times \sin 10}{75.0 \times \cos 10 - 150.8 \times \sin 10} \times 0.6$$

=161.5/47.7= 3.39　＞1.5　O.K.

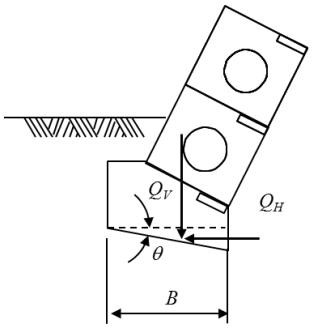


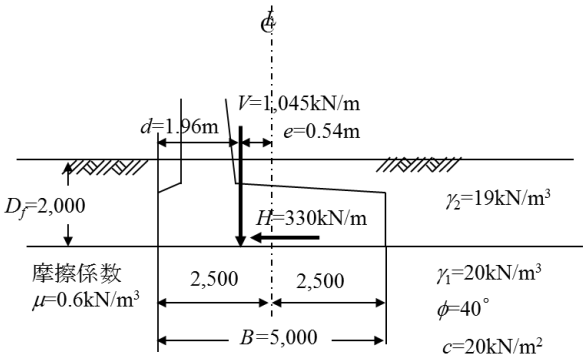
図 5　底面の傾斜

(6)部材の安全性の照査

もたれ式として設計する場合には，擁壁工指針 p.166 に示されている手法で躯体の安全性を照査しなければならないが，ここでは計算を省略する。

演習問題2　直接基礎

下図の直接基礎の転倒，滑動，地盤支持に対する安定性を照査せよ。



解答

a)　転倒に対する照査

許容偏心距離　$e_a = \dfrac{B}{6} = \dfrac{5.00}{6} = 0.83 \quad \mathrm{m} > e = 0.54 \quad \mathrm{m}$　O.K.

b)　滑動に対する照査

底面と支持地盤の摩擦係数は μ =0.6

安全率　$F_s = \dfrac{V}{H}\mu = \dfrac{1{,}045}{330} \times 0.6 = 1.9 > 1.5$　O.K.

c)　地盤支持に対する照査

鉛直地盤反力度

$e<B/6$ であるので地盤反力は台形分布になる。

$$\left.\begin{matrix} q_1 \\ q_2 \end{matrix}\right\} = \frac{V}{B}\left(1 \pm \frac{6e}{B}\right) = \frac{1{,}045}{5.00} \times \left(1 \pm \frac{6 \times 0.54}{5.00}\right) = \left\{\begin{matrix} 34.4\ \mathrm{kN/m^2} \\ 73.6\ \mathrm{kN/m^2} \end{matrix}\right.$$

許容鉛直支持力度

地盤の許容支持力度

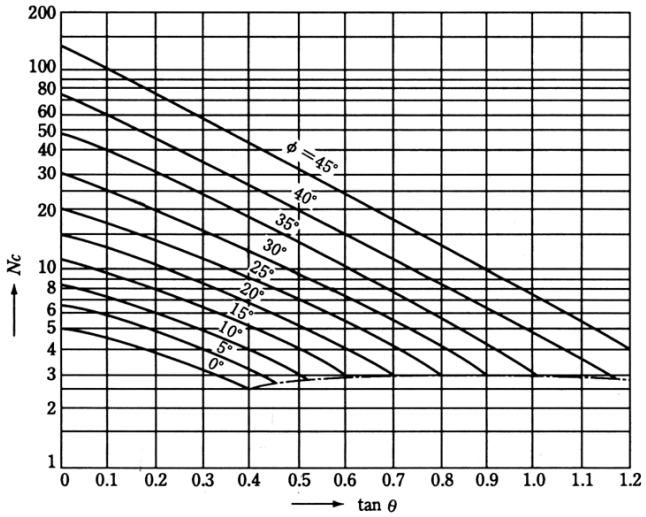
基礎地盤の種類		許容支持力度 q_a (kN/m^2)	備　考	
			q_u(kN/m^2)	N 値
岩　盤	亀裂の少ない均一な硬岩 亀裂の多い硬岩 軟岩・土丹	1000 600 300	10000 以上 10000 以上 1000 以上	
れき層	密なもの 密でないもの	600 300		
砂　質 地　盤	密なもの 中位なもの	300 200		30～50 20～30
粘性土 地　盤	非常に堅いもの 硬いもの	200 100	200～400 100～200	15～30 10～15

支持地盤は N 値が 40 以上の密な礫層であるので q_a=400kN/m^2

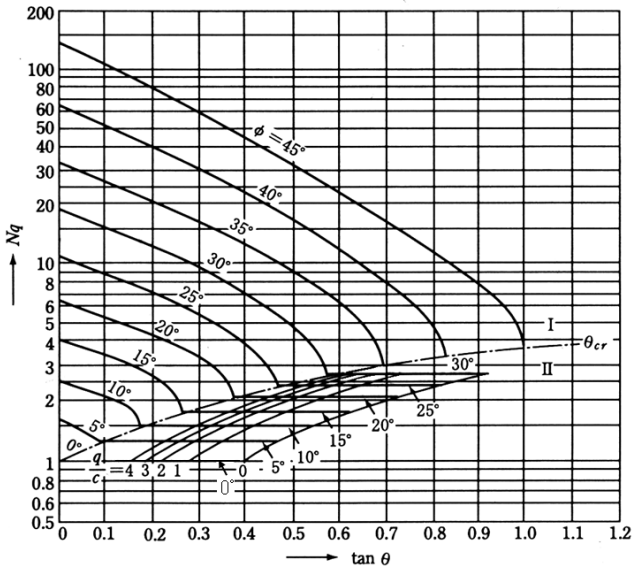
q_{max}=344.4kN/m^2＜q_a=400kN/m^2　O.K.

極限支持力度

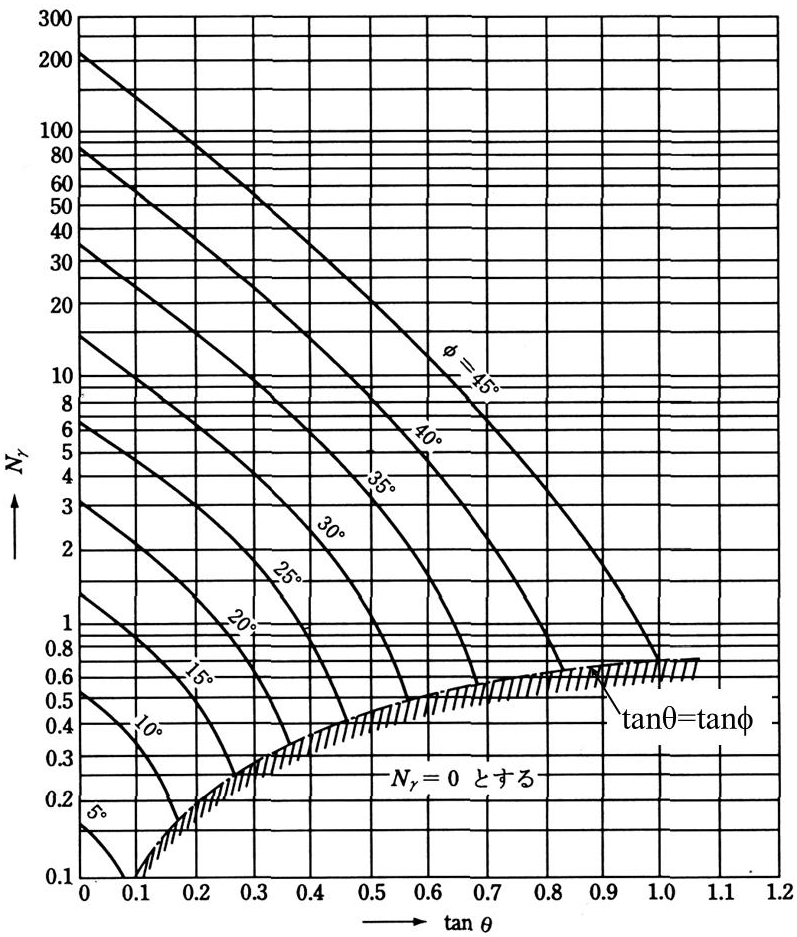
項　　目			常　時
荷重	鉛直力	V(kN/m)	1,045
	水平力	H(kN/m)	330
	傾　斜	$\tan\theta = H/V$	0.32
	偏心量	e(m)	0.54
基礎の有効幅		$B_e = B - 2e$　(m)	3.92
基礎のブロック長		L(m)	10.0
基礎の形状係数		$\alpha = 1 + 0.3\frac{B_e}{L}$	1.12
		$\beta = 1 - 0.4\frac{B_e}{L}$	0.84
根　入 地盤	根入深さ	D_f(m)	2.0
	単位重量	γ_2(kN/m^3)	19
支　持 地盤	根入深さ	D_f'(m)	0
	単位重量	γ_1(kN/m^3)	20
	せん断抵抗角	ϕ(度)	40
	粘着力	c(kN/m^2)	20
支持層への根入効果に対する割増係数		$\kappa = 1 + 0.3\frac{D_f'}{B_e}$	1.0
上載荷重		$q = \gamma_2 D_f$　(kN/m^2)	38.0
寸法効果に対する補正係数		$S_c = (c/10)^{-1/3}$	0.79
		$S_q = (q/10)^{-1/3}$	0.64
		$S_\gamma = B_e^{-1/3}$	0.63
支持力係数		N_c	32
		N_q	28
		N_γ	20



(a)N_cを求めるグラフ



(b)N_qを求めるグラフ



(b)N_γを求めるグラフ

支持力係数

極限支持力度

$$q_d = \alpha\kappa c N_c S_c + \kappa q N_q S_q + \frac{1}{2}\gamma_1 \beta B_e N_\gamma S_\gamma$$

＝1.12 ×1.0×20× 32×0.79+ 1.0 ×38.0 ×28×0.64＋1/2×20×0.84×3.92×20×0.63
＝566+681+415=1662 kN/m^2

極限支持力に対する照査

安全率 $F_s = \dfrac{q_d B_e}{V} = \dfrac{1{,}662 \times 3.92}{1{,}045} = 6.23 > 3.0$ O.K.