

Stabiliteit van oneindig lange taluds  
S-71.057

Maart 1977.

| <u>Inhoud</u>                             | <u>blz.</u> |
|-------------------------------------------|-------------|
| I. Inleiding                              | 1           |
| II. Berekening                            | 2           |
| II.1. Samenvatting formules               | 2           |
| II.2. Afleiding formules                  | 3           |
| II.2.1. Algemeen                          | 3           |
| II.2.2. Stroming loodrecht op het talud   | 4           |
| II.2.3. Horizontale stroming              | 6           |
| II.2.4. Stroming evenwijdig aan het talud | 8           |
| III. Resultaten                           | 11          |

## I. Inleiding

Dit rapport bevat de resultaten van evenwichtsberekeningen aan oneindig lange taluds.

Hierbij zijn gevarieerd:

- de taludhelling;  $\text{tg}\alpha = 1:3$  en  $\text{tg}\alpha = 1:2,5$
- de grondwaterbeweging; onderscheiden werd:
  1. stroming loodrecht op het talud, hierbij is ook het verhang gevarieerd;  $i = 0,25$  en  $i = 0,50$
  2. stroming horizontaal
  3. stroming evenwijdig aan het talud
- de grondeigenschappen;
  - hoek van inwendige wrijving;  $\phi = 25^\circ$ ,  $\phi = 30^\circ$  en  $\phi = 35^\circ$
  - de cohesie wordt verwaarloosd;  $c = 0$
  - het volumegewicht van de grond;  $\gamma_g = 2,0 \text{ tf/m}^3$  en  $\gamma_g = 1,9 \text{ tf/m}^3$
- de grootte van de bovenbelasting (= gewicht filtermateriaal);  
 $q = 1,00 \text{ tf/m}^2$ ,  $q = 0,50 \text{ tf/m}^2$  en  $q = 0,25 \text{ tf/m}^2$

De berekeningen werden uitgevoerd bij de veronderstelling dat het filtermateriaal of wèl of nièt een afschuivende kracht op de onderliggende grond overbrengt.

Het laatste type is aangeduid als "ondersteund".

## II. Berekening

### II.1. Samenvatting formules

#### 1. stroming loodrecht op het talud

a. zonder steun:  $F = C_1 - C_2 \frac{d}{C_3 d + q}$  (5)

b. met steun :  $F = \frac{1}{C_3} ( C_1 \frac{q}{d} + C_1 C_3 - C_2 )$  (6)

#### 2. horizontale stroming

a. zonder steun:  $F = C_1 - C_4 \frac{d\gamma_w}{d\gamma_w + q}$  (8)

b. met steun :  $F = C_1 \frac{d\gamma_g + q}{d\gamma_g} - C_4 \cdot \frac{\gamma_w}{\gamma_g}$  (9)

#### 3. stroming evenwijdig aan het talud

a. zonder steun :  $F = C_1 ( 1 - \frac{d\gamma_w}{d\gamma_g + q} )$  (11)

b. met steun :  $F = C_1 ( \frac{d\gamma_g + q}{d\gamma_g} - \frac{\gamma_w}{\gamma_g} )$  (12)

waarin:

F = veiligheidscoëfficiënt

$$C_1 = \operatorname{tg} \phi \cot \alpha$$

d = diepte van het glijvlak in m.

$$C_2 = \frac{i \gamma_w \operatorname{tg} \phi}{\sin \alpha}$$

q = bovenbelasting in tf/m<sup>2</sup>

α = taludhelling

$$C_3 = \gamma_g - \gamma_w$$

φ = hoek van inwendige wrijving

$$C_4 = \frac{\operatorname{tg} \phi}{\sin \alpha \cos \alpha}$$

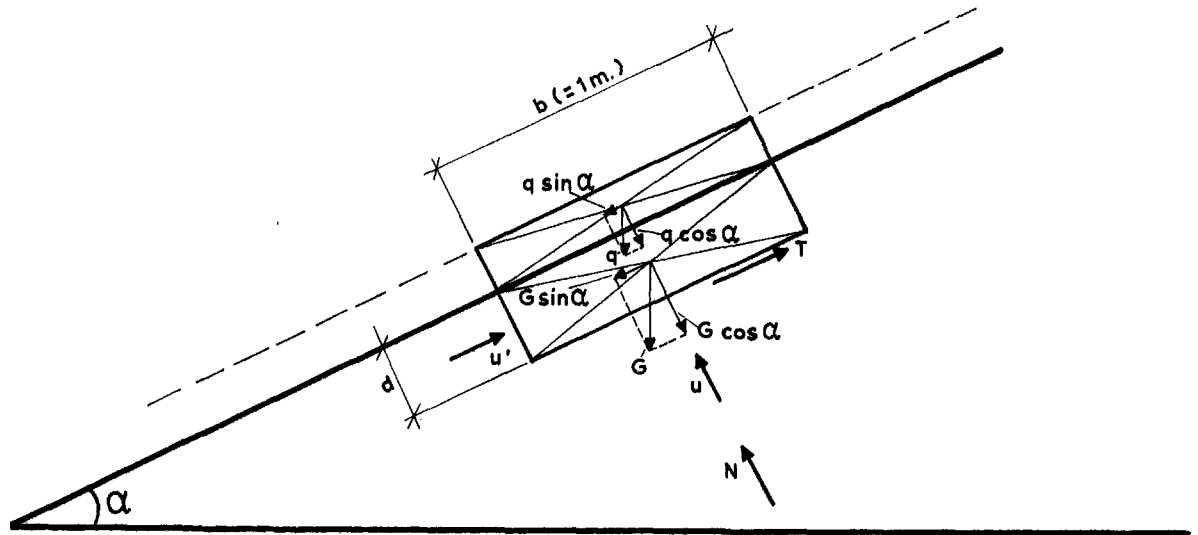
i = verhang

γ<sub>g</sub> = volumegewicht van de grond in tf/m<sup>3</sup>

γ<sub>w</sub> = volumegewicht van water in tf/m<sup>3</sup>

## II.2. Afleiding formules

### II.2.1. Algemeen



Figuur 1

Bekeken is 'n grondelementje met hoogte  $d$  en breedte  $b$  met  $b = 1 \text{ m.}$

In figuur 1 zijn de op het elementje werkende krachten aangegeven. Op het grondelementje werkt een bovenbelasting van  $q \text{ tf/m}^2$

$G$  = gewicht grondelement in  $\text{tf/m}^2$

$q$  = bovenbelasting (filtermateriaal) in  $\text{tf/m}^2$

$T$  = schuifkracht in  $\text{tf/m}^2$

$N$  = normaalkracht in  $\text{tf/m}^2$

en  $\left. \begin{array}{l} u \\ u' \end{array} \right\}$  krachten veroorzaakt door  
waterspanningen op grondelement in  $\text{tf/m}^2$

$\alpha$  = taludhelling

Evenwichtsvoorwaarden:

$$\sum \text{krachten} // \text{talud} = 0 \quad (1)$$

$$\sum \text{krachten} \perp \text{talud} = 0 \quad (2)$$

$$(1) : T = (G + q) \sin \alpha - u'$$

$$(2) : N = (G + q) \cos \alpha - u$$

met

$T$  = werkelijk optredende schuifkracht

$T'$  = maximaal mogelijke schuifkracht

$$T' = \sigma_k \tan \phi + c = N \tan \phi + c$$

$c = 0$  verondersteld

$$T' = \sigma_k \operatorname{tg} \phi = \{(G + q) \cos \alpha - u\} \operatorname{tg} \phi$$

$$\text{veiligheidscoëfficiënt } F = \frac{T'}{T}$$

algemeen geldt dus:

$$F = \frac{\{(G + q) \cos \alpha - u\} \operatorname{tg} \phi}{(G + q) \sin \alpha - u'} \quad (3)$$

In navolgende paragrafen wordt deze algemene formule nader uitgewerkt voor de diverse stromingstypen.

### II.2.2. Stroming loodrecht op het talud

Voor de grootte van  $u$  en  $u'$  zie figuur 2 (blz. 5)

$$u' = \gamma_W d \sin \alpha$$

$$u = \gamma_W d \cos \alpha + i d \gamma_W$$

met  $i$  = verhang

(3) wordt nu:

$$F = \frac{\{(G + q) \cos \alpha - (\gamma_W d \cos \alpha - i d \gamma_W)\} \operatorname{tg} \phi}{(G + q) \sin \alpha - \gamma_W d \sin \alpha} \quad (4)$$

Geval a:

de q-last wordt niet ondersteund

Er wordt nu een afschuivende kracht op de onderliggende grond overgebracht; de term  $q \sin \alpha$  heeft een eindige waarde voor  $q \neq 0$ .

$$F = \frac{\{(\gamma_g d + q - \gamma_W d) \cos \alpha - i d \gamma_W\} \operatorname{tg} \phi}{\sin \alpha (\gamma_g d + q - \gamma_W d)}; \text{ waarin } \gamma_g d = G$$

$$= \frac{(\gamma_g d + q - \gamma_W d) \cos \alpha \operatorname{tg} \phi - i d \gamma_W \operatorname{tg} \phi}{(\gamma_g d + q - \gamma_W d) \sin \alpha}$$

$$= \operatorname{tg} \phi \cotg \alpha - \frac{i d \gamma_W \operatorname{tg} \phi}{\sin \alpha (\gamma_g d - \gamma_W d + q)}$$

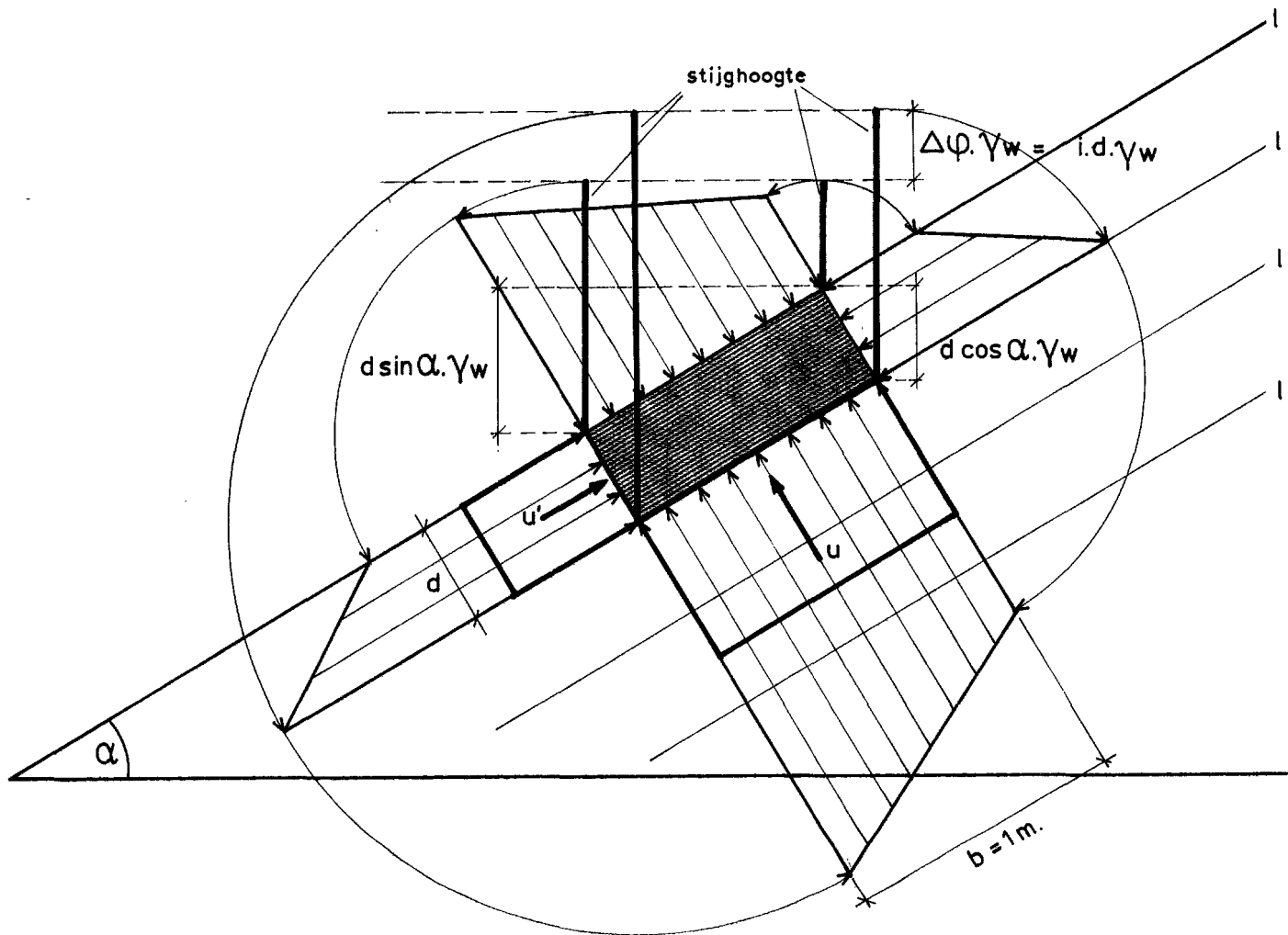
$$\text{Stel } \operatorname{tg} \phi \cotg \alpha = C_1$$

$$\frac{i \gamma_W \operatorname{tg} \phi}{\sin \alpha} = C_2$$

$$\gamma_g - \gamma_W = C_3$$

$$F = C_1 - C_2 \cdot \frac{d}{C_3 d + q} \quad (5)$$

Loodrechte stroming: het grondelement bevindt zich onder water.



Figuur 2

$l$  = potentiaallijnen

$$u = \gamma_w d \cos \alpha + i d \gamma_w$$

$$u' = \gamma_w d \sin \alpha$$

Geval b:

de q-last wordt wel ondersteund

Er wordt nu geen afschuivende kracht op de onderliggende grond overgebracht,  $q \sin \alpha$  in (4) wordt nu dus 0.

$$G = \gamma_g d$$

$$\begin{aligned} F &= \frac{\{(\gamma_g d + q) \cos \alpha - \gamma_w d \cos \alpha - i d \gamma_w\} \operatorname{tg} \phi}{\gamma_g d \sin \alpha - \gamma_w d \sin \alpha} \\ &= \frac{\operatorname{tg} \phi \cdot \cos \alpha [q + d (\gamma_g - \gamma_w) - i d \gamma_w] \operatorname{tg} \phi}{\sin \alpha d (\gamma_g - \gamma_w)} \\ &= \operatorname{tg} \phi \cot \alpha \left(1 + \frac{q}{d (\gamma_g - \gamma_w)}\right) - \operatorname{tg} \phi \cdot \frac{i \gamma_w}{\sin \alpha (\gamma_g - \gamma_w)} \end{aligned}$$

$$\operatorname{tg} \phi \cot \alpha = C_1$$

$$\frac{i \gamma_w \operatorname{tg} \phi}{\sin \alpha} = C_2$$

$$\gamma_g - \gamma_w = C_3$$

$$F = C_1 \left(1 + \frac{q}{d C_3}\right) - \frac{C_2}{C_3}$$

$$F = \frac{1}{C_3} \left(C_1 \cdot \frac{q}{d} + C_1 C_3 - C_2\right) \quad (6)$$

### II.2.3. Horizontale stroming

Zie figuur 3 (blz. 7 )

$$u = \frac{d \gamma_w}{\cos \alpha}$$

$$u' = 0$$

Uit (3) volgt nu:

$$F = \frac{\{(G + q) \cos \alpha - \frac{d \gamma_w}{\cos \alpha}\} \operatorname{tg} \phi}{(G + q) \sin \alpha} \quad (7)$$

Geval a:

q-last niet ondersteund  $G = \gamma_g d$

$$F = \frac{\{(\gamma_g d + q) \cos \alpha - \frac{d\gamma_w}{\cos \alpha}\} \operatorname{tg} \phi}{(\gamma_g d + q) \sin \alpha}$$

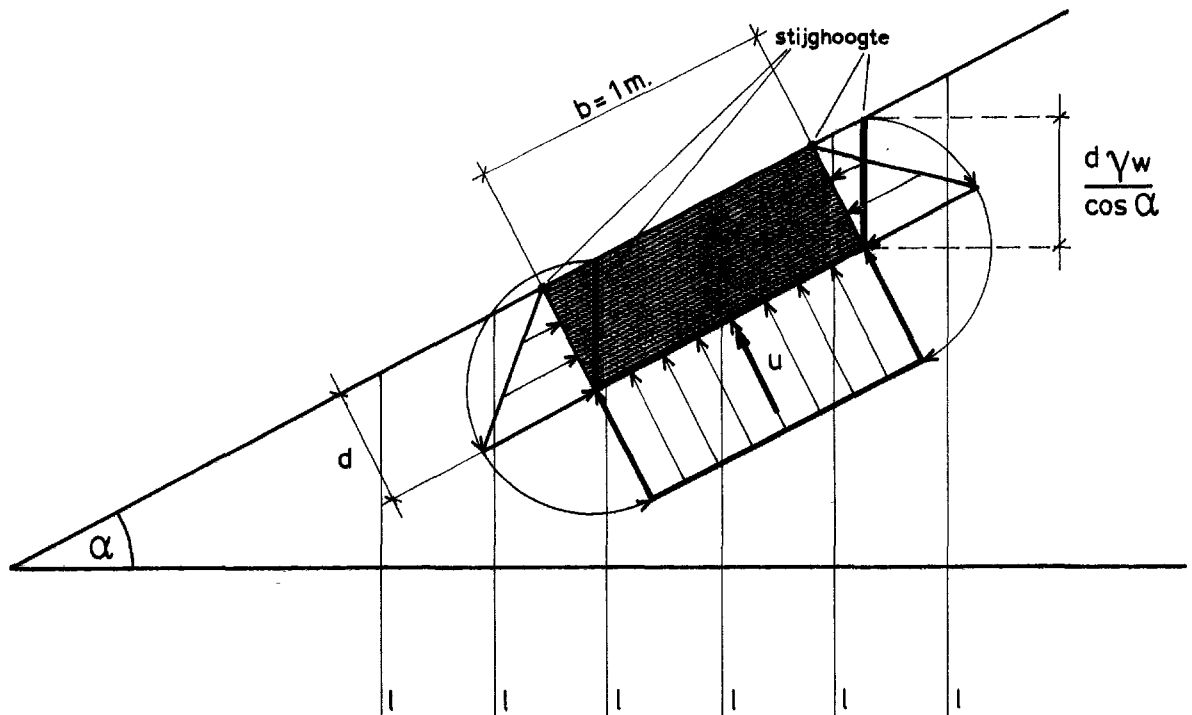
$$= \operatorname{tg} \phi \cotg \alpha - \frac{\operatorname{tg} \phi \quad d\gamma_w}{\sin \alpha \cos \alpha (\gamma_g d + q)}$$

$$\operatorname{tg} \phi \cotg \alpha = C_1$$

$$\frac{\operatorname{tg} \phi}{\sin \alpha \cos \alpha} = C_4$$

$$F = C_1 - C_4 \cdot \frac{d\gamma_w}{\gamma_g d + q} \quad (8)$$

Horizontale stroming : het grondelement bevindt zich boven water.



Figuur 3

l = potentiaallijnen

$$u = \frac{d\gamma_w}{\cos \alpha}$$

$$u' = 0$$

Geval b:

q-last wel ondersteund

q sin $\alpha$  in (7) vervalt

$$G = \gamma_g d$$

(7) wordt nu:

$$F = \frac{\{(\gamma_g d + q) \cos\alpha - \frac{d\gamma_w}{\cos\alpha}\} \operatorname{tg}\phi}{\gamma_g d \sin\alpha}$$

$$= \operatorname{tg}\phi \cot\alpha \cdot \frac{d\gamma_g + q}{d\gamma_g} - \frac{\operatorname{tg}\phi}{\sin\alpha \cos\alpha} \cdot \frac{\gamma_w}{\gamma_g}$$

$$\operatorname{tg}\phi \cot\alpha = C_1$$

$$\frac{\operatorname{tg}\phi}{\sin\alpha \cos\alpha} = C_4$$

$$F = C_1 \cdot \frac{d\gamma_g + q}{d\gamma_g} - C_4 \cdot \frac{\gamma_w}{\gamma_g} \quad (9)$$

#### II.2.4. Strömung evenwijdig aan het talud

Zie figuur 4 (blz. 9)

$$u = d\gamma_w \cos\alpha$$

$$u' = 0$$

Uit (3) volgt:

$$F = \frac{\{(G + q) \cos\alpha - d\gamma_w \cos\alpha\} \operatorname{tg}\phi}{(G + q) \sin\alpha} \quad (10)$$

Geval a:

q - last niet ondersteund

$$G = \gamma_g d$$

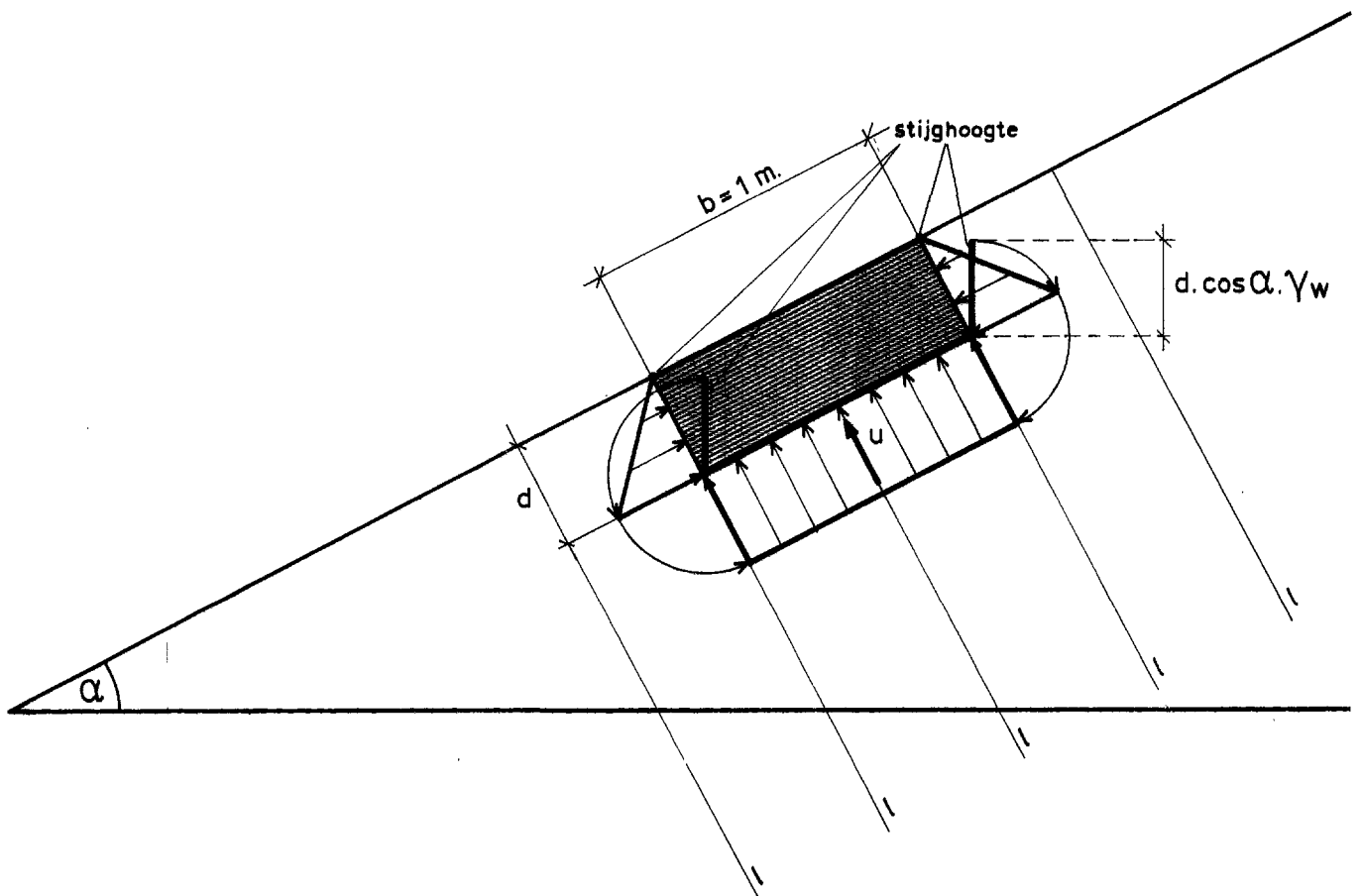
$$F = \frac{(\gamma_g d + q) \cos\alpha \operatorname{tg}\phi - d\gamma_w \cos\alpha \operatorname{tg}\phi}{(\gamma_g d + q) \sin\alpha}$$

$$= \operatorname{tg}\phi \cot\alpha - \operatorname{tg}\phi \cot\alpha \cdot \frac{d\gamma_w}{d\gamma_g + q}$$

$$\operatorname{tg} \phi \cotg \alpha = C_1$$

$$F = C_1 \left( 1 - \frac{d\gamma_w}{d\gamma_g + q} \right) \quad (11)$$

Evenwijdige stroming: het grondelement bevindt zich boven water.



Figuur 4

$l$  = potentiaallijnen

$$u = d \cos \alpha \cdot \gamma_w$$

$$u' = 0$$

Geval b:

q-last wel ondersteund

q sin $\alpha$  in (10) vervalt

$$G = \gamma_g d$$

$$F = \frac{\{(d\gamma_g + q) \cos\alpha - d\gamma_w \cos\alpha\} \operatorname{tg}\phi}{d\gamma_g \cdot \sin\alpha}$$
$$= \operatorname{tg}\phi \cotg\alpha \cdot \frac{d\gamma_g + q}{d\gamma_g} - \frac{\gamma_w}{\gamma_g} \cdot \operatorname{tg}\phi \cotg\alpha$$

$$\operatorname{tg}\phi \cotg\alpha = C_1$$

$$F = C_1 \left( \frac{d\gamma_g + q}{d\gamma_g} - \frac{\gamma_w}{\gamma_g} \right) \quad (12)$$

### III. Resultaten

De resultaten worden op twee manieren gepresenteerd:

#### Serie A

De veiligheidscoëfficiënt  $F$  wordt hier gecorreleerd aan de diepte  $d$ .

Elke bijlage bevat 4 grafieken waarin de verschillende taludhellingen en volumegewichten gecombineerd worden.

In elke grafiek is  $q$  een parameter met

$q = 1,00 \quad 0,50$  en  $0,25 \text{ tf/m}^2$ , tevens is er onderscheid gemaakt in "ondersteund" en "niet-ondersteund".

|                                                          | bijlage |
|----------------------------------------------------------|---------|
| Stroming $\perp$ talud; $\phi = 25^\circ$ ; $i = 0,25$ ; | 1       |
| Stroming $\perp$ talud; $\phi = 25^\circ$ ; $i = 0,50$ ; | 2       |
| Stroming $\perp$ talud; $\phi = 30^\circ$ ; $i = 0,25$ ; | 3       |
| Stroming $\perp$ talud; $\phi = 30^\circ$ ; $i = 0,50$ ; | 4       |
| Stroming $\perp$ talud; $\phi = 35^\circ$ ; $i = 0,25$ ; | 5       |
| Stroming $\perp$ talud; $\phi = 35^\circ$ ; $i = 0,50$ ; | 6       |
| Horizontale stroming; $\phi = 25^\circ$ ;                | 7       |
| Horizontale stroming; $\phi = 30^\circ$ ;                | 8       |
| Horizontale stroming; $\phi = 35^\circ$ ;                | 9       |
| Stroming // talud ; $\phi = 25^\circ$ ;                  | 10      |
| Stroming // talud ; $\phi = 30^\circ$                    | 11      |
| Stroming // talud ; $\phi = 35^\circ$                    | 12      |

#### Serie B

Hierin wordt  $F$  gecorreleerd aan de factor  $\frac{q}{d}$ , echter alleen voor de "ondersteunde" gevallen.

Iedere bijlage bevat weer 4 grafieken waarin de taludhelling en het volumegewicht gevarieërd worden.

Elke grafiek heeft 4 lijnen; één voor evenwijdige, één voor horizontale en twee voor loodrechte stroming ( $i = 0,25$  en  $i = 0,50$ ).

|                                  | bijlage |
|----------------------------------|---------|
| ondersteund; $\phi = 25^\circ$ ; | 13      |
| ondersteund; $\phi = 30^\circ$ ; | 14      |
| ondersteund; $\phi = 35^\circ$ ; | 15      |