

DE INGENIEUR IN INDONESIË

Orgaan van de Groep Indonesië van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs.
Tijdschrift gewijd aan Techniek en Wetenschap in Indonesië,
waarin opgenomen
De Waterstaats-Ingenieur, opgericht in 1913
en
De Mijningenieur, opgericht in 1919.

Commissie van Toezicht :

ir G. H. Pesman
ir B. W. Colenbrander
ir W. van der Lee
ir J. C. Harmsen

Commissie van Redactie :

Hoofdred. : Prof. ir P. G. H. A. Fermin
Leden : ir Rd. Agoes Prawiranata

Abonnementsprijs : Rp. 30.— per jaar.

Afzonderlijke nummers : Rp. 10.—

Redactie-adres (zonder vermelding van persoonsnamen): Djl. Ganeça 10, Bandung (Tel. Bd. 8251).

Adres voor Administratie en abonnementen: Djl. Braga 38, Bandung (Tel. Bd. 4220).

Adres voor advertentie: Reclamebureau Grafica, Taman Tjut Mutiah 14, Postbus 113, Djakarta-P.

ALGEMEEN GEDEELTE

INHOUD: Mededelingen van de Redactie.

Mededelingen van de Redactie

I Tijdschriften van derden.

Ondervolgende tijdschriften en andere publicaties werden in de loop van 1954 bij de redactie ontvangen en liggen bij onze Administratie Djalan Braga No. 38 te Bandung ter lezing of om aan de leden uitgeleend te worden. Wij houden ons gaarne aanbevolen voor de toezending van deze en andere wetenschappelijke en technische tijdschriften.

Journal of Scientific Research in Indonesia Vol. III 1954 No. 1 en 2.

O.S.R. Publication No. 39 — 40 — 41.

Bulletin No. 19 — A Statistical Study of The Seismicity of The Earth — By Dr. A. R. Ritsema.

Memoirs of the Faculty of Engineering. Kyoto University Vol. XVI No. 's I — II — III.

Bulletin of The Engineering Research Institute Kyoto University Vol. 5 en 6.

Technical Reports of The Engineering Research Institute, Kyoto University Vol. IV No. 1 Report No. 16 — Vol IV No. 2 Report No. 17.

T.N.O. nieuws. Hiervan ontvangen wij van elk nummer 4 exemplaren die na ontvangst verzonden worden aan de Secretarissen van de Kringen Bandung, Djakarta, Surabaya en Palembang.

De Uitlaat, uitgegeven door de K.P.M.

Madjalab ILMU ALAM untuk Indonesia Vol. 110 January — June 1954.

Bibliographie Des Sciences Et De L' Industrie. Revue De Librairie Et D' Information No. 440 — 442 — 443, 1954.

Koninklijk Instituut voor de Tropen, 8e. Jaargang Nos. 1-2-3 1954.

Berichten van de Afdeling Tropische Producten van het Kon. Instituut v/d Tropen No. 242 (Agrarische Politiek in Brits Oost-Afrika door A. Luytjes); No. 243 (Schimmelaantasting van Cacaobonen door W. H. E. Schreuder met een naschrift door ir. W. Spoon).

Bulletin CIB Nos. 1-2-3 van 1954 (International Council For Building Research Studies And Documentation).

The Indian Roads Congress — 4 exemplaren

Astounding New Discoveries — 2 exemplaren

A New Satellite Town Near Djakarta — 1 exemplaar.

Pembangunan Kotabaru Kebajoran — 1 exemplaar.

Madjalab H.M.E. Nos. 1 en 2.

Pers Kita Nos. 3 en 4.

Suara Teknik — 1 exemplaar.

N.V. Gunung Agung — 2 boekjes.

II Nieuwe Ledenlijst.

Bij het volgende nummer willen wij een *nieuwe losse ledenlijst* insluiten. Daarom verzoeken wij beleefd doch dringend aan alle leden om wijzigingen in adres en/of functie (sedert 1950), aan de Administratie van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs — Groep Indonesië — Djalan Braga No. 38 te Bandung (nogmaals) te willen opgeven. Onze ledenadministratie en de juiste adressering van dit tijdschrift, zal hierdoor kunnen verbeterd worden.

De Redactie.

Mededeling

In verband met de stijgende kosten voor het drukken en verzenden van het tijdschrift is de Commissie van Toezicht genoodzaakt geweest de abonnementsprijs te verhogen en voor den 7^{en} jaargang (1955) vast te stellen op Rp. 30.—
De prijs der losse nummers wordt Rp. 10.—

II. BOUW EN WATERBOUWKUNDE.

INHOUD: Over de krachtsverdeling in de wand van een cilindervormig waterreservoir met constante wanddikte, door Prof. ir. C. G. Vreedenburgh. Boekbespreking: *Kleef in Kleigronden* door dr. ir. H. K. S. Ph. Bege-
mann. De doorsnede van gewapend betonheipalen, door dr. ir. J. F. Bertram.

Over de krachtsverdeling in de wand van een cilindervormig waterreservoir met constante wanddikte.

door
Prof. ir. C. G. J. Vreedenburgh
(met 5 figuren).

Dit artikel van Prof. ir. C. G. J. Vreedenburgh werd reeds gepubliceerd in „De Ingenieur in Ned. Indië” 1937 No. 5 doch op veelvuldig verzoek van onze lezers en met toestemming van de Schrijver, willen wij — bij uitzondering — tot herplaatsing overgaan. — Red.

Na ene afleiding van de betrekkelijke formules worden deze op een rekenvoorbeeld toegepast.

De spanningsverdeling in een homogene wand blijkt onafhankelijk te zijn van de elasticiteitsmodulus van het materiaal. De tangentiële of ringspanningen worden plaatselijk iets hoger dan met de z.g. ketelformule overeenkomt.

Tenslotte wordt een rekenwijze gegeven voor practisch gebruik, welke ook rekening houdt met een min of meer „meegeven” van de reservoirbodem.

In deel III van het „Leerboek der Toegepaste Mechanica” van Kloppe (2e. druk, 1920) wordt op blz. 164 e.v. een berekening gegeven van de krachtsverdeling in de cylindermantel van een stoomketel in de buurt der fronten. Bekend is, hoe met een kleine variatie een soortgelijke rekenwijze kan worden toegepast voor het onderzoek naar de krachts- c.q. de spanningsverdeling in de wand van een *cylindrisch waterreservoir*.

Men zal gemakkelijk inzien, dat door de waterdruk de wand van het reservoir zich min of meer buitenwaarts zal verplaatsen. Doordat deze verplaatsing echter door de bodem wordt belemmerd, zal een beschrijvende lijn van de cylinder, welke in *fig. 1* oorspronkelijk langs de as OX valt, ongeveer een vorm aannemen als met een dikke lijn is aangegeven.

Men stelle :

R = straal in cm der cirkelvormige doorsnede van het middenvlak van de reservoirwand.

b = hoogte in cm van het reservoir, tevens de maximale waterdiepte.

δ = constante wanddikte in cm, welke klein wordt verondersteld vergeleken met R .

γ = soortelijk gewicht van water in kg/cm^3 .

χ = soortelijk gewicht in kg/cm^3 van het materiaal van de buiswand, dat homogeen en isotroop wordt verondersteld.

y = uitbuiging van de reservoirwand in cm op een afstand van x cm van de bodem. Uiteraard is y zeer klein vergeleken met R .

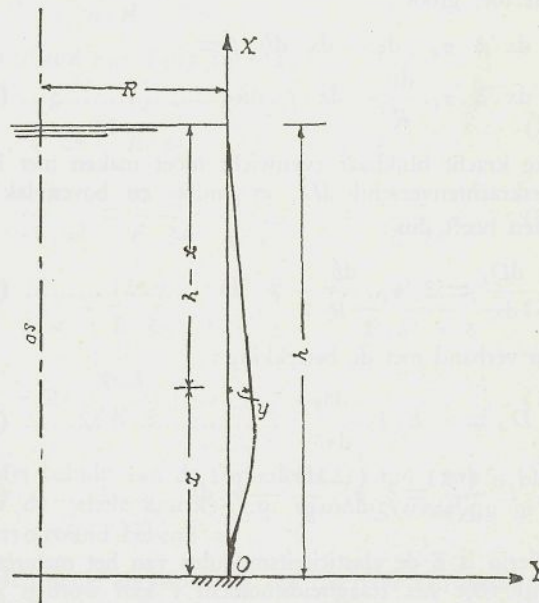


Fig. 1.

Verder beschouwe men een smalle, verticale strook (duig) van de reservoirwand ter breedte db , waarbij een middelpuntshoek behoort van $d\varphi = \frac{db}{R}$ (*fig. 2a*), en op

een afstand x van de bodem een lengte-elementje dx van deze strook (*fig. 2b*).

Op het boven- en ondervlak van het elementair zeshoekje werke in verticale richting een *drukspanning* σ_v ;

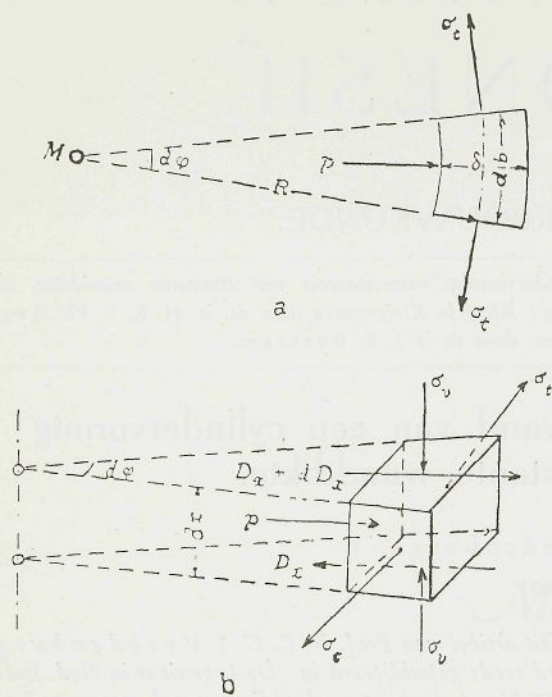


Fig. 2.

in het voor- en achtervlak een tangentiële trekspanning σ_t en op het linkervlak een drukspanning p tengevolge van de waterdruk.

De trekspanningen σ_t en de waterdruk p samen, geven in radiale richting een resulterende kracht naar de as toe, groot:

$$\begin{aligned} dx \cdot \delta \cdot \sigma_t \cdot d\varphi - dx \cdot db \cdot p = \\ dx \cdot \delta \cdot \sigma_t \cdot \frac{db}{R} - dx \cdot p \cdot db \end{aligned} \quad (1)$$

welke kracht blijkbaar evenwicht moet maken met het dwarskrachtenverschil dD_x in onder- en bovenvlak¹⁾.

Men heeft dus:

$$\frac{dD_x}{dx} = \delta \cdot \sigma_t \cdot \frac{db}{R} - p \cdot db \quad (2)$$

of in verband met de betrekking:

$$D_x = -E \cdot I \cdot \frac{d^3 y}{dx^3} \quad (3)$$

$$-E \cdot I \cdot \frac{d^4 y}{dx^4} = \delta \cdot \sigma_t \cdot \frac{db}{R} - p \cdot db \quad (4)$$

Hierin is E de elasticiteitsmodulus van het materiaal, terwijl voor het traagheidsmoment I kan worden geschreven:

$$I = \frac{1}{12} \cdot db \cdot \delta^3 \quad (5)$$

1) In verband met het gekozen assenstelsel wordt een dwarskracht positief gerekend, wanneer ze werkt als in fig. 2b aangegeven.

Een buigend moment wordt positief gerekend, wanneer het een buiging veroorzaakt met de holle zijde naar links.

Tussen σ_t en y kan op de volgende wijze nog een verband worden afgeleid.

De specifieke lengteverandering in tangentiële richting, also in de richting van db is:

$$\epsilon_t = \frac{y}{R} = \frac{\sigma_t}{E} + \frac{\sigma_v}{m \cdot E}$$

zodat:

$$\sigma_t = \frac{E \cdot y}{R} - \frac{\sigma_v}{m} \quad (6)$$

waarin m de contractiecoëfficiënt van Poisson is.

Wordt σ_v alleen veroorzaakt door het eigen gewicht van de reservoirwand, dan kan men verder schrijven:

$$\sigma_v = (b-x) \cdot \gamma \quad (7)$$

terwijl natuurlijk:

$$p = (b-x) \cdot \gamma \quad (8)$$

De betrekkingen (5) t/m (8) in (4) gesubstitueerd geven:

$$\begin{aligned} -\frac{E}{12} \cdot db \cdot \delta^3 \cdot \frac{d^4 y}{dx^4} = \delta \cdot \frac{db}{R} \cdot \left[\frac{E \cdot y}{R} - \frac{\gamma \cdot (b-x)}{m} \right] - \\ - \gamma \cdot (b-x) \cdot db \\ \frac{d^4 y}{dx^4} = -\frac{12}{R^2 \cdot \delta^2} \cdot y + \frac{12}{E \cdot \delta^3} \cdot \left[\frac{\delta \cdot \gamma}{m \cdot R} + \gamma \right] \cdot (b-x) \end{aligned} \quad (9)$$

Stelt men gemakshalve:

$$\frac{12}{R^2 \cdot \delta^2} = 4 \cdot a^4 \quad (10)$$

en:

$$\frac{12}{E \cdot \delta^3} \cdot \left[\frac{\delta \cdot \gamma}{m \cdot R} + \gamma \right] = k \quad (11)$$

dan kan (9) in meer eenvoudige vorm worden geschreven:

$$\frac{d^4 y}{dx^4} + 4 \cdot a^4 \cdot y = k \cdot (b-x) \quad (12)$$

zijnde de differentiaalvergelijking van de kromme, volgens welke een beschrijvende lijn van de cylinderwand uitbuigt. Stelt men in navolging van K l o p p e r:

$$\left. \begin{aligned} \alpha_x &= e^{a \cdot x} \cdot \cos ax \\ \beta_x &= e^{a \cdot x} \cdot \sin ax \\ \gamma_x &= e^{-a \cdot x} \cdot \cos ax \\ \delta_x &= e^{-a \cdot x} \cdot \sin ax \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

dan is de oplossing van (12), bedenkende dat $y = \frac{k}{4 \cdot a^4} \cdot (b-x)$ een particuliere oplossing der differentiaalvergelijking is:

$$\begin{aligned} y = c_1 \cdot \alpha_x + c_2 \cdot \beta_x + c_3 \cdot \gamma_x + \\ + c_4 \cdot \delta_x + \frac{k}{4 \cdot a^4} \cdot (b-x) \end{aligned} \quad (14)$$

waarbij c_1 , c_2 , c_3 en c_4 vier nog nader te bepalen constanten zijn.

Terloops moge worden opgemerkt, dat a een dimensie heeft van cm^{-1} en k van cm^{-4} . Alzo zijn $\frac{k}{4 \cdot a^4}$ evenals α_x , β_x , γ_x en δ_x dimensieloos, terwijl de constanten c_1 , c_2 , c_3 en c_4 lengten voorstellen.

Uit (14) kan men afleiden:

$$\frac{dy}{dx} = a \cdot \left[(c_1 + c_2) \cdot \alpha_x + (c_2 - c_1) \cdot \beta_x + (c_4 - c_3) \cdot \gamma_x - (c_3 + c_4) \cdot \delta_x \right] - \frac{k}{4 \cdot a^4} \quad (15)$$

$$M_x = -E \cdot I \cdot \frac{d^2 y}{dx^2} = -2 \cdot a^2 \cdot E \cdot I \cdot \left[c_2 \cdot \alpha_x - c_1 \cdot \beta_x - c_4 \cdot \gamma_x + c_3 \cdot \delta_x \right] \quad (16)$$

$$D_x = -E \cdot I \cdot \frac{d^3 y}{dx^3} = -2 \cdot a^3 \cdot E \cdot I \cdot \left[(c_2 - c_1) \cdot \alpha_x - (c_1 + c_2) \cdot \beta_x + (c_3 + c_4) \cdot \gamma_x + (c_4 - c_3) \cdot \delta_x \right] \quad (17)$$

met behulp waarvan resp. de helling der elastische lijn, het moment en de dwarskracht in een willekeurige doorsnede kunnen worden gevonden.

Ter bepaling der integraalconstanten veronderstelt men eerst, dat de reservoirwand beneden als *volkomen ingeklemd* mag worden beschouwd.

Men heeft dan de volgende randvoorwaarden:

$$x = 0; y = 0 \text{ en } \frac{dy}{dx} = 0$$

$$x = b; M = 0 \text{ en } D = 0$$

hetgeen met de betrekkingen (14) t/m (17) de volgende voorwaardenvergelijkingen geeft:

$$\left. \begin{aligned} c_1 + c_3 + \frac{k \cdot b}{4 \cdot a^4} &= 0 \\ a \cdot (c_1 + c_2) + a \cdot (c_4 - c_3) - \frac{k}{4 \cdot a^4} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

$$\left. \begin{aligned} c_2 \cdot \alpha_b - c_1 \cdot \beta_b - c_4 \cdot \gamma_b + c_3 \cdot \delta_b &= 0 \\ (c_2 - c_1) \cdot \alpha_b - (c_1 + c_2) \cdot \beta_b + (c_3 + c_4) \cdot \gamma_b + (c_4 - c_3) \cdot \delta_b &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

Wanneer b niet te klein is, kan men zonder bezwaar $\gamma_b = \delta_b = 0$ stellen, in verband waarmee uit de verg. (19) volgt $c_1 = c_2 = 0^2$.

2). In het straks te geven cijfervoorbeeld is b.v. $a = 0,0268 \text{ cm}^{-1}$ en $b = 400 \text{ cm}$, alzo $a \cdot b = 10,72$.

De extreme waarden van $\gamma_b = e^{-a \cdot b} \cdot \cos ab$ en $\delta_b = e^{-a \cdot b} \cdot \sin ab$ zijn dan $\pm e^{-10,72} = \pm 0,00022$.

Verder zal men gemakkelijk inzien, dat de coëfficiënten c_1 en c_2 eveneens kunnen worden verwaarloosd, wanneer voor de bovenrand van de reservoirwand in plaats van $x = b$; $M = 0$ en $D = 0$, andere voorwaarden worden gesteld zoals b.v.:

$$x = b; \quad M = 0 \quad \text{en} \quad y = 0 \text{ of wel:}$$

$$x = b; \quad y = 0 \quad \text{en} \quad \frac{dy}{dx} = -\frac{k}{4 \cdot a^4}$$

Uit de verg. (18) vindt men:

$$\left. \begin{aligned} c_3 &= -\frac{k \cdot b}{4 \cdot a^4} \\ c_4 &= -\frac{k}{4 \cdot a^4} \cdot \left(b - \frac{1}{a}\right) \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

waarmede alle constanten zijn bepaald.

De verg. (14) t/m (17) worden dan:

$$y = \frac{k}{4 \cdot a^4} \cdot \left[b - x - b \cdot e^{-a \cdot x} \cdot \cos ax - \left(b - \frac{1}{a}\right) \cdot e^{-a \cdot x} \cdot \sin ax \right] \quad (21)$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{k}{4 \cdot a^4} \cdot \left[e^{-a \cdot x} \cdot \cos ax + (2 \cdot a \cdot b - 1) \cdot e^{-a \cdot x} \cdot \sin ax - 1 \right] \quad (22)$$

$$M_x = -\frac{k}{2 \cdot a^2} \cdot E \cdot I \cdot e^{-a \cdot x} \cdot \left[\left(b - \frac{1}{a}\right) \cdot \cos ax - b \cdot \sin ax \right] \quad (23)$$

$$D_x = \frac{k}{2 \cdot a} \cdot E \cdot I \cdot e^{-a \cdot x} \cdot \left[\left(2 \cdot b - \frac{1}{a}\right) \cdot \cos ax - \frac{1}{a} \cdot \sin ax \right] \quad (24)$$

waarin met:

$$\gamma + \frac{\delta \cdot \chi}{m \cdot R} = \gamma' \quad (25)$$

in verband met (10) en (11):

$$\frac{k}{4 \cdot a^4} = \frac{12 \cdot \gamma'}{E \cdot \delta^3} \cdot \frac{R^2 \cdot \delta^2}{12} = \frac{\gamma' \cdot R^2}{E \cdot \delta} \quad (26)$$

$$\frac{k}{2 \cdot a^2} = \frac{12 \cdot \gamma'}{E \cdot \delta^3} \cdot \frac{R \cdot \delta}{\sqrt{12}} = \frac{\gamma' \cdot R \cdot 2 \cdot \sqrt{3}}{E \cdot \delta^2} \quad (27)$$

$$\frac{k}{2 \cdot a} = \frac{12 \cdot \gamma'}{E \cdot \delta^3} \cdot \frac{\sqrt{R \cdot \delta}}{2 \cdot \sqrt[4]{3}} = \frac{\gamma' \cdot \sqrt{R \cdot \delta} \cdot 2 \cdot \sqrt[4]{27}}{E \cdot \delta^2 \cdot \sqrt{\delta}} \quad (28)$$

$$a = \frac{\sqrt[4]{3}}{\sqrt{R \cdot \delta}} \quad (29)$$

Met behulp van de formules (21) t/m (29) is blijkbaar de gehele krachts- c.q. spanningsverdeling in de reservoirwand bekend.

Men neme als *voorbeeld* een reservoir van beton, met de volgende gegevens:

$$\begin{aligned} \delta &= 12 \text{ cm} & \gamma &= 0,001 \text{ kg/cm}^3 \\ R &= 200 \text{ cm} & \chi &= 0,0024 \text{ kg/cm}^3 \\ b &= 400 \text{ cm} & E &= 2,1 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2 \\ m &= 5 \end{aligned}$$

Hieruit laten zich berekenen:

$$\gamma' = \gamma + \frac{\delta \cdot \chi}{m \cdot R} = 0,001 + \frac{12 \times 0,0024}{5 \times 200} =$$

$$= 0,001 \cdot (1 + 0,0288) = \infty 0,001 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \quad (30)^3$$

$$a = \frac{\sqrt[4]{3}}{\sqrt{R \cdot \delta}} = \frac{1,315}{\sqrt{2400}} = \frac{1,315}{48,99} = 0,0268 \text{ cm}^{-1} \quad (31)$$

$$\frac{1}{a} = 37,25 \text{ cm} \quad (32)$$

$$\frac{k}{4 \cdot a^4} = \frac{\gamma' \cdot R^2}{E \cdot \delta} = \frac{0,001 \times 4 \times 10^4}{2,1 \times 10^5 \times 12} = 15,9 \times 10^{-6} \quad (33)$$

$$\frac{k}{2 \cdot a^2} = \frac{\gamma' \cdot R \cdot 2 \cdot \sqrt{3}}{E \cdot \delta^2} = \frac{0,001 \times 200 \times 3,464}{2,1 \times 10^5 \times 144} = 2,3 \times 10^{-8} \text{ cm}^{-2} \quad (34)$$

$$\frac{k}{2 \cdot a} = 2,3 \times 10^{-8} \times 2,68 \times 10^{-2} = 6,2 \times 10^{-10} \text{ cm}^{-3} \quad (35)$$

waaruit de orde van grootte der verschillende grootheden duidelijk blijkt.

In de figuren 3, 4 en 5 zijn met een *getrokken* lijn resp. getekend het verloop van de uitbuigingen y , de momenten en de dwarskrachten Q . Voor het berekenen der producten $e^{-a \cdot x} \cdot \cos ax$ en $e^{-a \cdot x} \cdot \sin ax$ kan worden gebruik gemaakt van tabellen voor hyperbolische functies, waarbij men bedenke dat:

$$e^{-a \cdot x} = \cosh ax - \sin ax \quad (5).$$

Uit de figuren 4 en 5 ziet men, dat op 1,50 m afstand van de bodem weinig meer te merken is van axiale momenten en dwarskrachten in de reservoirwand, terwijl de uitbuigingslijn van af deze doorsnede naar boven toe praktisch lineair verloopt (fig. 3).

Zoals trouwens ook wel te verwachten was, zijn zowel het buigend moment als de dwarskracht het grootst bij de inklemming in de bodem.

Uit (23) vindt men met (27) en (29):

$$M = - \frac{k}{2 \cdot a^2} \cdot E \cdot I \cdot (b - \frac{1}{a}) = - \frac{\gamma' \cdot R \cdot 2 \cdot \sqrt{3}}{\delta^2} \cdot I \cdot (b - \frac{\sqrt{R \cdot \delta}}{\sqrt[4]{3}}) \quad (36)^6$$

3) Men ziet, dat zelfs bij de betrekkelijk kleine waarde van $m = 5$ voor het gewapend beton, γ' praktisch gelijk aan γ kan worden gesteld.

Voor $m = \infty$ wordt γ' blijkbaar precies gelijk aan γ .

4) Verg.: Pöschl, „Berechnung von Behältern“, Springer, Berlin 1926, blz. 178 fig. 46.

5) Zeer geschikt zijn ook de tabellen, voorkomende in Hayashi, „Theorie des Trägers auf elastischer Unterlage“, Springer, Berlin 1921, blz. 273 e.v.

6) Met $\gamma' = \gamma$, $2 \cdot R = D$ en $db = 1 \text{ cm}$ kan deze formule ook als volgt worden geschreven:

$$M_i = - \gamma \cdot \frac{D \cdot \delta \cdot b}{6,928} + \gamma \cdot \sqrt{\frac{D^3 \cdot \delta^3}{166,3}}$$

en hieruit voor de maximale axiale buigspanning in de inklemmingsdoorsnede:

$$\sigma_i = \frac{M_0 \cdot \frac{1}{2} \cdot \delta}{I} = \gamma' \cdot \frac{R \cdot b}{\delta} \cdot \sqrt{3} \cdot \left[1 - \frac{\sqrt{R \cdot \delta}}{b \cdot \sqrt[4]{3}} \right] \quad (37)$$

Verder vindt men uit (24) met (28) en (29):

$$D_i = \frac{k}{2 \cdot a} \cdot E \cdot I \cdot (2 \cdot b - \frac{1}{a}) \quad (38)$$

en hiermede voor de *gemiddelde* schuifspanning in de inklemmingsdoorsnede:

$$\tau_i = \frac{\gamma' \cdot \sqrt{R \cdot 2} \cdot \sqrt[4]{27}}{\delta^2 \cdot \sqrt{\delta}} \cdot \frac{1}{12} \cdot db \cdot \delta^3 \cdot \left(2 \cdot b - \frac{\sqrt{R \cdot \delta}}{\sqrt[4]{3}} \right) = \gamma' \cdot b \cdot \sqrt{\frac{R}{\delta}} \cdot \frac{1}{3} \cdot \sqrt[4]{27} \cdot \left(1 - \frac{\sqrt{R \cdot \delta}}{2 \cdot b \sqrt[4]{3}} \right) \quad (39)$$

In het onderhavige geval worden deze spanningen:

$$\sigma_i = 0,001 \times \frac{200 \times 400}{12} \times 1,732.$$

$$\left[1 - \frac{\sqrt{200 \times 12}}{400 \times 1,31} \right] = 11,5 \cdot \left[1 - 0,093 \right] = 10,4 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_i = 0,001 \times 400 \cdot \sqrt{\frac{200}{12}} \cdot \frac{2,28}{3} (1 - 0,047) = 1,24 \times 0,953 = 1,2 \text{ kg/cm}^2$$

Op 57 cm van de bodem komt het extreme *positieve* buigend moment voor met een grootte van

$$83 \cdot \frac{k}{2 \cdot a^2} \cdot E \cdot I \quad (\text{fig. 4}).$$

De hierdoor optredende axiale buigspanning is blijkbaar:

$$\sigma_a = \frac{83}{362,75} \cdot \sigma_i = 2,4 \text{ kg/cm}^2.$$

Voor het berekenen der maximale tangentiële of *ring*spanning σ_t ga men uit van formule (6).

Met verwaarlozing van $\frac{\sigma_r}{m}$, is σ_t blijkbaar maximaal, wanneer y maximum is. Dit is hier het geval voor $x = 93 \text{ cm}$, waarbij $y = 315 \cdot \frac{k}{4 \cdot a^4} \text{ cm}$ (fig. 3).

Alzo wordt met (26):

$$\sigma_t = \frac{E}{R} \cdot 315 \cdot \frac{\gamma' \cdot R^2}{E \cdot \delta} = 315 \cdot \frac{\gamma' \cdot R}{\delta} \quad (40)$$

hetgeen na substitutie geeft:

$$\sigma_t = \frac{315 \times 0,001 \times 200}{12} = 5,25 \text{ kg/cm}^2$$

Het is duidelijk, dat de getrokken lijn in *fig. 3* op een bepaalde schaal ook voorstelt het verloop der ringspanningen, daar deze immers, althans bij ver-

waarlozing van $\frac{\sigma_v}{m}$, even-

redig zijn met y . Tekent men nu in deze figuur op dezelfde schaal de verplaatsingen y van de reservoirwand, indien deze in het geheel niet door de bodem zouden worden belemmerd, zo krijgt men de rechte streep-stippellijn, daar immers in dit geval de formule zou gelden

$$\sigma = (b-x) \cdot \frac{\gamma \cdot R}{\delta}$$

Men ziet, dat door de invloed van de bodem deze spanningen plaatselijk iets *groter* zijn geworden, dan volgens even genoemde formule.

Tenslotte kan worden opgemerkt, dat in een homogene wand de spanningsverdeling blijkbaar *onafhankelijk is van de elasticiteitsmodulus van het materiaal*.

In het bovenstaande werd verondersteld, dat de reservoirwand beneden als volkomen ingeklemd kan worden beschouwd. In werkelijkheid zal door het „meegeven” van de reservoirbodem, deze inklemming natuurlijk altijd min of meer *elastisch* zijn.

Het uiterste geval is wel, wanneer de bodem dusdanig slap is, dat de bevestiging van de reservoirwand beneden als *scharnierend* kan worden aangenomen.

De krachtsverdeling wordt dan aldus.

Uit de randvoorwaarden:

$$x = 0; y = 0 \text{ en } M = 0$$

$$x = b; M = 0 \text{ en } D = 0$$

volgt:

$$\left. \begin{aligned} c_1 + c_3 + \frac{k \cdot h}{4 \cdot a^4} &= 0 \\ c_2 - c_4 &= 0 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (41)$$

terwijl conform het resultaat der verg. (19): $c_1 = c_2 = 0$.

$$\text{Alzo is ook } c_4 = 0 \text{ en wordt } c_3 = -\frac{k \cdot h}{4 \cdot a^4}$$

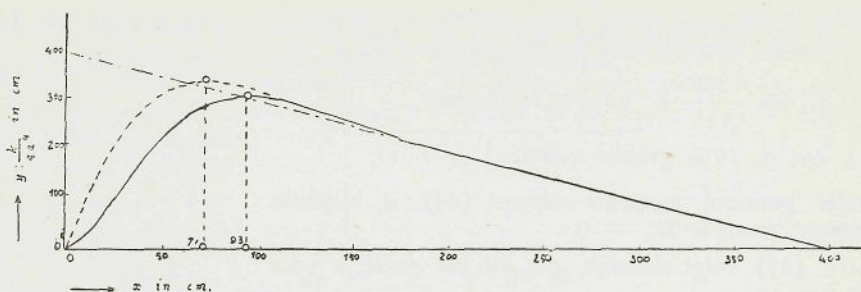


Fig. 3.

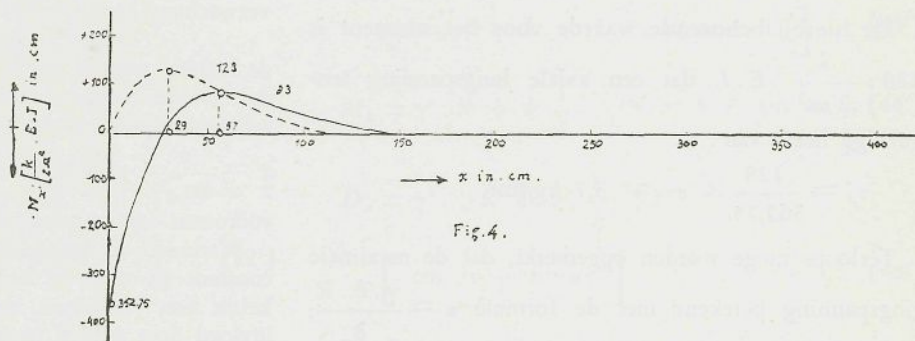


Fig. 4.

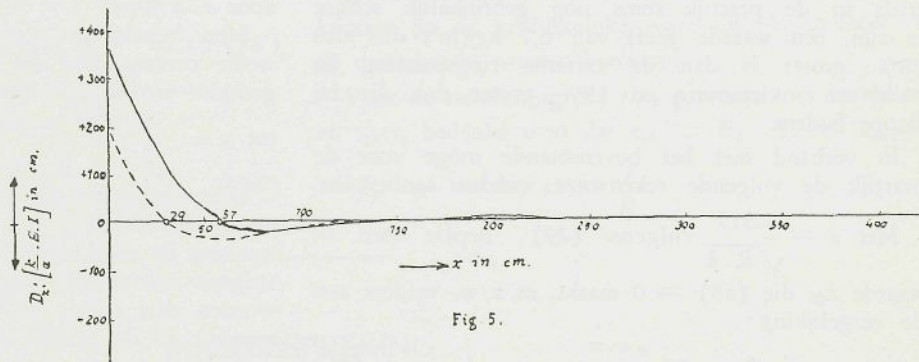


Fig. 5.

De vergelijkingen (14) t/m (17) worden dan:

$$y = \frac{k}{4 \cdot a^4} \cdot [b - x - b \cdot e^{-a \cdot x} \cdot \cos ax] \quad (42)$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{k}{4 \cdot a^4} \cdot [a \cdot b \cdot e^{-a \cdot x} \cdot \cos ax + a \cdot b \cdot e^{-a \cdot x} \cdot \sin ax - 1] \dots \dots \dots (43)$$

$$M_x = \frac{k \cdot b}{2 \cdot a^2} \cdot E \cdot I \cdot e^{-a \cdot x} \cdot \sin ax \dots \dots \dots (44)$$

$$D_x = \frac{k \cdot b}{2 \cdot a} \cdot E \cdot I \cdot e^{-a \cdot x} \cdot [\cos ax - \sin ax] \dots \dots \dots (45)$$

Het verloop van resp. y , M_x en D_x voor dit geval, is in de *figuren 3, 4 en 5*, met een *stippellijn* aangegeven.

De maximale uitbuiging komt nu voor op 71 cm van de bodem en bedraagt $348 \cdot \frac{k}{4 \cdot a^4}$ (*fig. 3*). In verband met de vroeger gevonden waarde van 5,25

kg/cm² voor de extreme ringspanning bij volkomen ingeklemde reservoirwand heeft men thans dus:

$$\sigma_t = \frac{348}{315} \times 5,25 = 5,8 \text{ kg/cm}^2$$

d.i. een $\pm 10\%$ grotere waarde.

Het positieve moment volgens (44) is blijkbaar extreem, wanneer $D_x = 0$.

Uit (45) volgt dadelijk, dat dit het geval is voor $a \cdot x = \frac{\pi}{4}$ of in verband met (32) voor $x = 29 \text{ cm}$.

De hierbij behorende waarde voor het moment is $128 \cdot \frac{k}{2 \cdot a^2} \cdot E \cdot I$, dat een axiale buigspanning tengevolge heeft van:

$$\sigma_a = \frac{128}{362,75} \times \sigma_i = 3,7 \text{ kg/cm}^2.$$

Terloops moge worden opgemerkt, dat de maximale ringspanning berekend met de formule $\sigma = \frac{\gamma \cdot b \cdot R}{\delta}$,

zoals in de praktijk soms nog gebruikelijk schijnt te zijn, een waarde geeft van 6,7 kg/cm², die alzo 28% groter is dan de extreme ringspanning bij volkomen inklemming en 15% groter dan die bij slappe bodem.

In verband met het bovenstaande moge voor de praktijk de volgende rekenwijze worden aanbevolen.

Met $a = \frac{1,315}{\sqrt{R \cdot \delta}}$ volgens (29), bepale men de waarde x_0 , die (43) = 0 maakt, m. a. w. voldoet aan de vergelijking:

$$\cos ax + \sin ax = \frac{e^{a \cdot x}}{a \cdot b} \dots\dots\dots (46)$$

Voor al bij gebruik van de in noot 5 bedoelde tabellen van Hayashi, is x_0 door achtereenvolgende substituties gemakkelijk te vinden.

In het boven gegeven rekenvoorbeeld is $a \cdot x_0 = 1,90$, c. q. $x_0 = 71 \text{ cm}$.

Tussen $x = x_0$ en $x = b$ kan dan de tangentiële of ringspanning eenvoudig worden berekend met behulp van de formule:

$$\sigma_t = \frac{0,001 \cdot (b - x) \cdot R}{\delta}, \dots\dots\dots (47)$$

echter met dien verstande, dat het aanbeveling zal verdienen, de aldus gevonden spanningen met $\pm 5\%$ te verhogen (verg. de krommen in fig. 3 met de rechte streep-stippellijn).

De inklemmingsdoorsnede worde verder berekend op een buigspanning volgens (37):

$$\sigma_i = 0,00173 \cdot \frac{R \cdot b}{\delta} \cdot \left[1 - \frac{\sqrt{R \cdot \delta}}{1,315 \cdot b} \right] \dots\dots (48)$$

Tenslotte berekene men de extreme axiale buigspanning σ_a tengevolge van het positief buigend moment veiligheidshalve met (44), waar $a \cdot x = \frac{1}{4} \cdot \pi$.

In verband met (36) heeft men dan:

$$\frac{\sigma_a}{\sigma_i} = \frac{b \cdot e^{-\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \frac{1}{2} \cdot \sqrt{2}}}{b - \frac{1}{a}}$$

of wel:

$$\sigma_a = 0,32 \cdot \frac{b}{b - \frac{1}{a}} \cdot \sigma_i \dots\dots\dots (49)$$

De plaats van het extreme positieve moment is te verwachten tussen $x = \frac{\pi}{4 \cdot a}$ en $x = \frac{\pi}{2 \cdot a}$, waarbij

de eerste waarde geldt voor een slappe bodem en de tweede voor volkomen inklemming, terwijl het momentnulpunt is te verwachten tussen $x = 0$ en $x = \frac{\pi}{4 \cdot a}$, waarbij de laatste waarde weer geldt voor volkomen inklemming 7).

Wanneer de wanddikte van de reservoirwand niet constant is, ware te bedenken, dat zoals men gemakkelijk kan verifiëren, de bodem slechts een merkbare invloed doet gelden over een afstand ongeveer bepaald door $a \cdot x = 4$.

Men bepale dan a met behulp van een wanddikte, welke overeenkomt met de gemiddelde dikte van het gedeelte van de reservoirwand, reikende van de bodem tot $x = \frac{4}{a}$.

Uiteraard is het ook mogelijk meer nauwkeurig naar de krachtsverdeling in de reservoirwand te rekenen, wanneer de dikte niet constant is, doch b. v. lineair of volgens een andere wet varieert 8). De berekeningen worden dan echter vrij gecompliceerd, zodat ze wel moeilijk in de praktijk ingang zullen vinden.

In het gegeven rekenvoorbeeld bleven ook de extreme trekspanningen beneden de waarde, welke in goed beton nog als toelaatbaar kan worden geacht, zodat strikt genomen een ijzerwapening achterwege kan worden gelaten, c. q. zo licht mogelijk kan worden gehouden.

Voor het geval men de ijzerwapening ook in de berekening wenst te betrekken, kan het gewapend beton, althans bij benadering, wel als quasi homogeen en isotroop worden beschouwd. In verg. (4) dient dan echter voor $E \cdot I = \frac{1}{12} \cdot db \cdot \delta^3$ te worden gesubsti-

tueerd $E_b \cdot I_b + E_y \cdot I_y$, waarbij I_b en I_y resp. de traagheidsmomenten zijn van het beton en het ijzer in de duigdoorsnede met de oppervlakte $db \cdot \delta$, terwijl E_b en E_y resp. de elasticiteitsmoduli zijn van het beton en ijzer.

7). Is $\frac{1}{a}$ niet te groot vergeleken bij b , dan is nl. M_m volgens (23) bij benadering = 0 voor $\cos ax = \sin ax$, alzo voor $a \cdot x = \frac{\pi}{4}$, en maximaal, wanneer D_m volgens (24) = 0 of wel bij benadering, wanneer $\cos ax = 0$, alzo $a \cdot x = \frac{\pi}{2}$.

8) Zie b.v. Lorenz, „Technische Elastizitätslehre“, Oldenbourg, Berlin, blz. 618 e.v. of het onder noot 4 reeds genoemde boekje van Pöschl blz. 127 e.v.

Neemt men verder aan, dat in verg. (6) voor de elasticiteitsmodulus in tangentiële richting mag worden gesteld

$$E = \frac{E_b \cdot I_b + E_y \cdot I_y}{\frac{1}{12} \cdot db \cdot \delta^3}, \text{ zo zal men gemakkelijk inzien,}$$

dat met $db = 1$ cm de verg. (21) t/m (24) geldende voor de *volkomen ingeklemde* wand, worden:

$$y = \frac{\gamma' \cdot R^2 \cdot \delta^2}{12 \cdot (E_b \cdot I_b + E_y \cdot I_y)} \cdot \left[b - x - b \cdot e^{-a \cdot x} \cdot \cos ax - \left(b - \frac{1}{a} \right) \cdot e^{-a \cdot x} \cdot \sin ax \right] \dots\dots\dots (21')$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{\gamma' \cdot R^2 \cdot \delta^2}{12 \cdot (E_b \cdot I_b + E_y \cdot I_y)} \cdot \left[e^{-a \cdot x} \cdot \cos ax + (2 \cdot a \cdot b - 1) \cdot e^{-a \cdot x} \cdot \sin ax - 1 \right] \dots\dots\dots (22')$$

$$M_x = -\gamma' \cdot R \cdot \delta \cdot \frac{1}{6} \sqrt{3} \cdot e^{-a \cdot x} \cdot \left[\left(b - \frac{1}{a} \right) \cdot \cos ax - b \cdot \sin ax \right] \dots\dots\dots (23')$$

$$D_x = \gamma' \cdot \sqrt{R \cdot \delta} \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt[4]{27} \cdot e^{-a \cdot x} \cdot \left[\left(2 \cdot b - \frac{1}{a} \right) \cdot \cos ax - \frac{1}{a} \cdot \sin ax \right] \dots\dots\dots (24')$$

terwijl de verg. (42) t/m (45) geldende voor de *scharnierende* wand worden:

$$y = \frac{\gamma' \cdot R^2 \cdot \delta^2}{12 \cdot (E_b \cdot I_b + E_y \cdot I_y)} \cdot \left[b - x - b \cdot e^{-a \cdot x} \cdot \cos ax \right] \dots\dots\dots (42')$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{\gamma' \cdot R^2 \cdot \delta^2}{12 \cdot (E_b \cdot I_b + E_y \cdot I_y)} \cdot \left[a \cdot b \cdot e^{-a \cdot x} \cdot \cos ax + a \cdot b \cdot e^{-a \cdot x} \cdot \sin ax - 1 \right] \dots\dots\dots (43')$$

$$M_x = \gamma' \cdot R \cdot \delta \cdot b \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{3} \cdot e^{-a \cdot x} \cdot \sin ax \dots\dots\dots (44')$$

$$D_x = \gamma' \cdot \sqrt{R \cdot \delta} \cdot b \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt[4]{27} \cdot e^{-a \cdot x} \cdot \left[\cos ax - \sin ax \right] \dots\dots\dots (45')$$

De beton- en ijzerspanningen in de duigdoorsnede kunnen op de gebruikelijke wijze uit het moment en de dwarskracht worden berekend.

Voor de berekening der *ring*spanningen in het beton en ijzer, bedenke men dat $\sigma_{tb} = E_b \cdot \varepsilon_t$ en $\sigma_{ty} = E_y \cdot \varepsilon_t$, waarbij $\varepsilon_t = \frac{y}{R}$.

BOEKBESPREKING

Kleef in Kleigronden

door

dr. ir. H. K. S. Ph. Begemann.

Uitgeverij J. B. Wolters - Djakarta, Prijs Rp. 27,50

De schrijver promoveerde op 29 April 1954 tot doctor in de technische wetenschappen aan de Fakultas Teknik van de Universitas van Indonesia te Bandung. Zijn disertatie „Peretakan dalam tanah lempung” wordt onder de titel „Kleef in Kleigronden” door de uitgeverij Wolters in de handel gebracht.

De schrijver houdt zich hierin bezig met een probleem dat reeds lang de civielingenieur heeft geïnteressaard. Nog steeds is geen oplossing gevonden en het toepassingsgebied van funderingen op palen die een groot gedeelte van hun draagvermogen aan de kleef tussen de paal en de omringende grondlagen moeten ontleenen is eigenlijk nog steeds beperkt tot die gevallen waarin deze funderingswijze de enig overgebleven oplossing is. De schrijver tracht, deels langs theoretische, deels langs proefondervindelijke weg, bij te dragen tot de oplossing van dit probleem. Allereerst wordt de probleemstelling aan een nader onderzoek onderworpen en uiteengehaald tot een aantal afzonderlijke

problemen die in verschillende hoofdstukken worden behandeld. De schrijver ontwikkelt een meetmethode waarmee het mogelijk is de kleef op bepaalde diepten direct te meten, voordat op deze diepte de omringende grondlagen noemenswaard gestoord zijn. Deze zogenaamde kleefmantel-metingen kunnen tegelijk met de sonderingen worden uitgevoerd. De extra kosten zijn zeer gering. Tevoren werden eveneens kleefmetingen verricht. Met het diepsondeerapparaat kon men de totale kleefweerstand bepalen langs de volle lengte van de stangen. Terugrekenende werden eveneens waarden gevonden voor plaatselijk kleef. De schrijver betoogt in hoofdstuk IV dat de aldus gevonden waarden foutief zijn en gezien de door hem gedane proefnemingen moet dit inderdaad ook zo zijn. De verkleding van de, de stangen omringende, kleilagen is hier de oorzaak van. Door verkleding kan de kleef teruglopen tot zeer kleine waarden. Ook wordt in genoemd hoofdstuk IV aandacht gewijd aan de maximaal te bereiken

inheidiepten van palen. Deze inheidiepte wordt vaak bepaald door uit te gaan van de met het diepsondeerapparaat gemeten totale weerstanden. Dit nu is, volgens de schrijver, niet juist. In hoofdstuk VIII wordt hierop nog nader ingegaan en de schrijver geeft daar op dat de maximale inheidiepte ongeveer kan worden aangegeven als die diepte waar de som van de gesommeerde kleefweerstanden uit de kleefmantelonderingen en de puntweerstand, betrokken op de te heien paal, ongeveer 225 ton is. Uit het betoog is het niet duidelijk of dit algemeen geldt. Waarschijnlijk is dit echter niet. Het opgegeven getal berust slechts op enkele waarnemingen. Bovendien is het inheien van een paal niet te vergelijken met het drukken van een sondeerstang, zodat het moet worden betwijfeld of er uit de sondering, zoals die in Nederland en Indonesië wordt uitgevoerd, wel goede gegevens te verkrijgen zijn over de inheidiepte van een paal. De bewering van de schrijver als zouden de uitkomsten van de kleefmantelmetingen betere gegevens verschaffen over de inheidiepte moet dan ook ongegrond worden geacht. In beide gevallen kunnen slechts waarden opgegeven worden die in bepaalde streken inderdaad tot goede uitkomsten leiden maar die elke theoretische grondslag missen. Wel verkrijgt men met de kleefmantelonderingen betere gegevens over de kleef en dus over het uiteindelijke draagvermogen van palen die op kleef geheid zijn. In Hoofdstuk VI wordt het verband besproken tussen de „ware kleef” en de gemeten plaatselijke kleef. Nagegaan wordt hoe uit de, met de bewegende kleefmantel gemeten, kleefweerstanden tot de maximum wrijving in rust kan worden geconcludeerd. Deze zogenaamde „ware kleef” zal na het heien der paal ook nog met de tijd toenemen. Dit met de tijd toenemen wordt in Hoofdstuk VII, aan de hand van vele laboratoriumproefnemingen, besproken. Ook wordt in dit Hoofdstuk de invloed van het verschil in diameter van kleefmantel en paal nagegaan. Zoals te verwachten was, komt de schrijver, via berekeningen, voor een enkele paal tot de conclusie dat de gemeten grootheden aan de kleine kleefmantel zonder bezwaar kunnen worden gebruikt voor de dikkere paal. Het is jammer dat aan het slot van de beide hoofdstukken VI en VII een samenvatting ontbreekt. Hierin zouden eventueel voor de praktijk nuttige richtlijnen kunnen zijn opgenomen betreffende de interpretatie van de gegevens met de kleefmantel verkregen bij funderingsproblemen. Ook zullen veel proefnemingen op ware grootte nodig zijn die het vertrouwen in het in deze hoofdstukken behandelde versterken. In Hoofdstuk IX wordt de verdeling van de kleef langs een enkele, belaste, paal behandeld.

Door professor ir. J. J. I. Sprenger werd hieraan in 1940 reeds een publicatie gewijd. Deze komt in grote lijnen overeen met dit hoofdstuk. Er wordt nu echter op enkele problemen wat dieper ingegaan. Er is onderscheid gemaakt tussen de verdeling van de kleef langs palen die met hun punt op rots staan, palen die alleen op kleef zijn geheid, en palen die hun draagkracht ontleen zowel aan de puntweerstand in samendrukbare draagkrachtige lagen als aan de kleef. Uit de beschouwing kan tenslotte de lastzakingskromme voor een paal worden geconstrueerd. Het blijkt dat vooral bij kleine belastingen de draagkracht vrijwel geheel wordt geleverd door de kleef. Door L. Leroy Crandell werd dit bij proeven aan een paal eveneens geconstateerd. Dat de zich onder de punt van de paal bevindende grondlagen in dit geval weinig invloed hebben op de zakking van de paalkop kan alleen juist zijn als van de consolidatie van deze grondlagen wordt afgezien. Tenslotte moet immers de gehele paalbelasting op deze onderlaag terecht komen waardoor zettingen zullen kunnen optreden. De paal doet aan deze zettingen natuurlijk mee. Vooral bij paalgroepen moet aan deze zetting van de zich onder de paalpunt bevindende grondlagen aandacht worden besteed. In het laatste hoofdstuk worden tenslotte enkele proefnemingen op ware grootte en op kleine schaal behandeld waarbij gebruik wordt gemaakt van de electrosmotische verschijnselen bij kleigronden. Door gelijkstroom potentiaalverschillen worden op de kleideeltjes krachtjes uitgeoefend.

Deze krachtjes en ook de electro-chemische reacties die optreden, kunnen zodanig worden aangewend dat de draagkracht van palen vergroot wordt en omgekeerd kunnen ze bewerkstelligen dat heipalen dieper kunnen worden ingeheid. Dit laatste opent de mogelijkheid om in sommige gronden palen die niet tot de draagkrachtige laag kunnen worden geslagen met behulp van gelijkstroompotentiaalverschillen toch op de gewenste diepte te brengen.

Het boek geeft geen oplossing voor het probleem „kleef”. De verschijnselen, samenhangende met deze kleef, zijn zeer gecompliceerd en een gedegen mathematische behandeling behoort vooralsnog tot de onmogelijkheden. Evenmin kunnen laboratoriumproeven tot een oplossing voeren. De schrijver, en dat is de grote verdienste van het boek, geeft echter nieuwe en verantwoorde gegevens waarmee veel, tot nu toe vrijwel onoplosbare, funderingsvraagstukken technisch en economisch tot een bevredigende oplossing kunnen worden gebracht.

Ir. W. J. Heijnen.

De doorsnede van gewapend betonheipalen.

door

dr ir J. F. Bertram

In verschillende boeken kan men vinden, dat de doorsnede van gewapend betonheipalen kan zijn: rond, vierkant, zes- of achtkant of bij uitzondering rechthoekig. Soms wordt daarbij nog vermeld, dat de bekisting van een vierkante paal goedkoper is dan van een achtkante.

Van de afmetingen wordt wel vermeld, dat de diameter van de ingeschreven cirkel niet kleiner dient te zijn dan $1/60$ van de paallengte en van de hoofdwapening wordt aangegeven $1\frac{1}{2}$ à 2% van de betonddoorsnede van de paal.

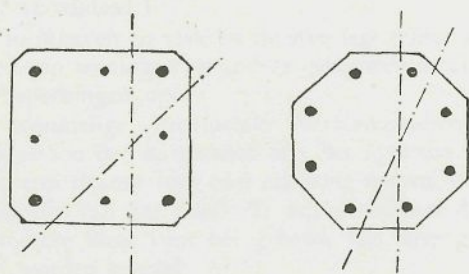
Het berekenen van de paaldoorsnede geschiedt naar de materiaalspanningen bij het ophijsen van de paal voor het transport of bij de heistelling. In enkele gevallen, zooals bij het heien in uiterst slappe grond of bij steigers is soms een beschouwing van het knikgevaar gewenst.

Voor het eerste heiwerk, dat na de oorlog te Surabaia uitgevoerd moest worden, werd nader ingegaan op de keuze van de paaldoorsnede.

Uit een diepsondering was de paallengte vastgesteld op 19 Meter. De maximum paalbelasting bedroeg 35 ton. Er was op dat moment te Surabaia slechts één aannemersfirma, die de beschikking ter plaatse had over een heistelling. Dit was een Hollandse stelling met een valblok van 3,5 ton.

Er werd een vergelijking gemaakt tussen de volgende twee paaldoorsneden:

- 1). vierkant; ingeschreven cirkel met een diameter van 35 cm; afgeschuinde hoeken; hoofdwapening in de hoeken van 4 st. $\varnothing$ 19 mm. en in het midden van de zijden 4 st. $\varnothing$ 16 mm.
- 2). achtkant; ingeschreven cirkel met een diameter van 35 cm; hoofdwapening 8 st. $\varnothing$ 19 mm.



Deze twee doorsneden werden vergeleken, omdat de kosten per paal ongeveer gelijk werden geacht; de vierkante paal heeft een grotere betonddoorsnede, de achtkante paal een grotere wapening.

Bij deze paaldoorsneden behoren de volgende cijfers:

	1	2
betonddoorsnede	1212,5 cm. ²	1016,9 cm. ²
hoofdwapening	19,4 cm. ²	22,72 cm. ²
wapening in % van de betonddoorsnede	1,74 %	2,24 %

	1	2
verhouding paaldiameter tot paallengte	1;54,4	1;54,4
paalomtrek	134 cm.	116,8 cm.
paalgewicht per Meter	291,— kg.	244,— kg.
traagheidsmoment t.o.v. een neutrale lijn evenwijdig aan een zijde	66000.cm. ⁴	59700.cm. ⁴
weerstandsmomenten t.o.v. een neutrale lijn evenwijdig aan een zijde resp. voor staaltrek en betondruk	3150.cm. ³ 6620. „ .	3090.cm. ³ 4900. „ .
traagheidsmoment t.o.v. een neutrale lijn evenwijdig aan de langste diagonaal	72800.cm. ⁴	61500.cm. ⁴
weerstandsmomenten t.o.v. een neutrale lijn evenwijdig aan de langste diagonaal resp. voor staaltrek en betondruk	2820.cm. ³ 4400. „ .	2920.cm. ³ 4550. „ .

De traagheidsmomenten werden graphisch bepaald, waarbij trek in beton niet werd gerekend. De weerstandsmomenten werden afgeleid uit deze traagheidsmomenten door te delen resp. door de afstand van de neutrale lijn tot de uiterste vezel getrokken staal en gedrukte beton.

Bij het beschouwen van deze cijfers kwamen de volgende punten naar voren:

- a). Beide palen waren geschikt het benodigde draagvermogen te leveren. In gevallen, waarin de kleef een grote rol kan spelen, heeft de vierkante paal met de grootste omtrek misschien de voorkeur.
- b). Voor gevallen, waarin een knikberekening voor de palen opgesteld moet worden is de vierkante paal gunstiger. Dit was in dit geval niet van belang.
- c). Bij het ophijsen van de paal dient men uit te gaan van een gelijke wijze van behandelen voor beide paaldoorsneden. Aangezien de ongunstigste weerstandsmomenten practisch gelijk zijn en het paalgewicht van de vierkante paal ongeveer 20 % hoger is dan van de achtkante paal, zullen bij het oppikken de materiaalspanningen in de vierkante paal dus ook ongeveer 20 % hoger zijn. Hierbij is dus de achtkante paal in het voordeel. Bij een vierkante paal moet men dus eerder overgaan tot het oppikken in meer punten, hetgeen altijd wat meer zal kosten en waardoor minder vlot gewerkt kan worden.

- d). Bij het inheien is de verhouding tussen de gewichten van heiblok en paal van belang. In het gegeven geval was dus de achtkante paal in het voordeel.

Het is duidelijk, dat na de beschouwing van de punten c en d de keus viel op de achtkantige paal. Dit is dus geschiedt uit hoofde van de technische voordelen, terwijl de kosten geen overgrote rol konden spelen.

Meer algemeen kan dan ook gesteld worden, dat voor lichtere en dus ook kortere palen de doorsnede bepaald kan worden uit een kostenberekening van de paal.

Bij langere en zwaardere palen dienen de technische overwegingen de paaldoorsnede te bepalen.

De grens tussen lichtere en zwaardere of kortere en langere palen zal voor elk geval onderzocht moeten worden.

Bij een blokgewicht van 3,5 ton en een ingeschreven cirkeldiameter van de doorsnede van 35 cm. kan de paaldoorsnede beneden een lengte van ongeveer 16 Meter door een kostenberekening van de paal bepaald worden, terwijl bij langere palen de technische overwegingen betreffende het transport en het heien van de palen bij het vaststellen van de paaldoorsnede de doorslag moeten geven.

IV. MIJNBOUW EN GEOLOGIE „DE MIJNINGENIEUR”

INHOUD: Over de Verwerking van „Middling” Producten uit de Concentratie van Tin-ertsen enz, door ir. P. G. H. A. Fermin.

Uit Buitenlandse Tijdschriften.

Over de Verwerking van „Middling” Producten uit de Concentratie van Tin-ertsen enz.

door :

ir. P. G. H. A. Fermin.

- A. Uit „Zeitschrift für Erzbergbau und Metallhüttenwesen” Augustus 1954.

Magnetische Scheiding. (Obering G. Sengfelder, Siegen).

Een „Tauchbandscheider”, type Wedag, werd gebruikt om het ferro-silicon uit verdund medium, na het gebruik in de zware-vloeistof-scheiding voor ertsen, terug te winnen. Hierbij werd 99,99% rendement voor de *ferrosilicon* verkregen, zodat het vraagstuk van het regenereren van dit verzwakingsmiddel voor de praktijk als opgelost beschouwd mag worden.

Electrostatische Mineraal-scheiding. (Dr. Ing. A. Stieler, Frankfurt a. M.)

Deze scheiders hebben weinig of geen elektrische stroming. Kwarts krijgt b.v. gemakkelijk een negatieve lading, en wordt door een electrode gescheiden van andere slecht geleidende mineralen die juist een positieve lading krijgen. Geconstateerd werd dat verschillende bedrijven op econo-

mische wijze electrostatische mineraalscheiding toepassen. Als voorbeelden worden vermeld de scheiding van Kassiteriet en Scheeliet in soortelijk zware zanden, de scheiding van Columbiet enz. van Kassiteriet, de concentratie van Chroomertsen alsook van Asbest.

In Duitsland werd nog een merkwaardig resultaat van electrostatische mineraal-scheiding vermeld. Op grote schaal werd bij de „Kaolinwerke G. m. b. H. Hirschau” uit een delfstof met 3 — 12% veldspaat electrostatisch een concentraat verkregen met 93 — 97% veldspaat naast een product met kwarts en slechts nog 0,06 — 0,10% veldspaat. De capaciteit bedraagt 5 ton voeding per uur voor een scheider met 2 m effectieve breedte. In de praktijk schijnt de „electrostatische trommel (rol-) scheider” het beste te voldoen. De bekende firma Lurgi-Apparatebau G. m. b. H. te Frankfurt a. M. heeft onlangs een standaard-type met twee trappen in de handel gebracht en wel in drie grootten n.l. met 1000, 1200 en 1500 mm effectieve rollbreedte.

Mineralen	S. G.	Hoogspanningsscheiders		Scheiding tussen magnetisch		
		aangetrokken	afgestoten	positief	zwak	niet magn.
Wolframiet	7.2 — 7.5	?	?	.	x	.
Kassiteriet	6.8 — 7.1	.	—	.	.	—
Scheeliet	5.9 — 6.1	x	.	.	.	—
Columbiet	5.6 — 6.4	.	—	.	x	.
Monaziet	4.9 — 5.2	x	.	.	x	.
Ilmeniet	4.6 — 5.2	.	—	x	.	.
Zirkoon	4.7	x	.	.	.	—
zwarte rutiel	4.2 — 4.3	.	—	.	x	.
rode amberkleurige rutiel	4.2 — 4.3	.	—	.	.	—

- B. Uit Carpo Engineering and Manufacturing — Jacksonville Florida U. S. A. Bulletin No. H. T. B. 103. High Tension Separation.

Een Mineraal scheider met Electrische Hoogspanning maakt gebruik van een zeer snelle electrische ontlading, een stroom van electronen en gasvormige ionisatie. Indien een mengsel van mineralen, welke ongelijke vatbaarheid vertonen voor oppervlakte lading, valt in een ruimte tussen een grotere snel ronddraaiende rotor en een electrische electrode van kleine diameter, welke een electrische ontlading van hoog voltage in de richting van de rotor verstuipt, dan zullen de mineralen met betrekkelijk geringe geleidbaarheid een deel van de verstoven lading aannemen en door de rotor aangetrokken en vastgehouden worden. De mineralen, welke betrekkelijk goed geleiden, zullen niet gemakkelijk een electrische lading aannemen en de geringe lading welke zij mochten opnemen, zal weer gemakkelijk aan de geaarde rotor worden afgegeven. Deze beter geleidende mineralen worden vervolgens tegen de rotor afgestoten.

Voor een schets van de voor de volgende minerale scheiding gebruikte *Carpo-hoogspanningsscheider* mogen we misschien verwijzen naar de afbeelding van het principe van de *Sutton scheider*, zoals wij die bij de zeer moderne Hollandse Metallurgische Bedrijven te Arnhem zagen en welke de lezer in het wel bekende „Handbook of Mineral Dressing” van A. F. Taggart op bladzijde 13 — 44 kan vinden. In plaats van de kamvormige electrode wordt een zeefgaas als electrode gebruikt parallel met de rotor.

Een middling product van de zwaartekracht scheiding bevat monaziet, zirkoon, ilmeniet en rutiel. Na ontwatering en drogen wordt dit product gevoed in de ruimte tussen de rotor en de zeefvormige electrode met electrische hoogspanning. Het op de rotor vast gehouden mengsel van monaziet en zirkoon wordt constant door een borstel van de rotor afgehaald en gebracht in een electro-magnetische scheider welke monaziet aantrekt en de resterende zirkoon afscheidt. Het door de rotor van de hoogspanningsscheider afgestoten mengsel van ilmeniet en rutiel wordt in een tweede electro-magnetische scheider gebracht waar ilmeniet wordt aangetrokken en rutiel niet. Op deze wijze worden de vier mineralen uit het mengsel van elkaar gescheiden, al moet dit voor een betere scheiding eens of zelfs meermalen herhaald worden. Voor de Carpo scheider vonden wij geen Voltage of Amperage opgegeven. U weet echter dat Taggart voor de Sutton scheider opgeeft: 15.000 tot 20.000 Volt en voor de amperage tussen electrode en rotor 0,0001 tot 0,0003.

In 1953 werden vijf hoogspanningsscheiders model HS 218 (pilotplant) Carpo-scheiders naar Malakka

verscheept voor Tin-ertsen. Daarom menen wij de aandacht van de mijningenieurs in Indonesië hierop te moeten vestigen.

Ook voor de zuivering van *Asbest* kan deze methode waarschijnlijk goede diensten bewijzen.

Mangaanertsen.

Bij de concentratie van bepaalde Java-mangaanertsen en ook voor die van het eiland Doi, kan men mogelijk nog eens het voorbeeld van India volgen, waar de scheiding met behulp van zware vloeistoffen (H.M.S.) ingevoerd werd. (zie World-Mining Augustus 1952 pg. 37).

Chemische bruinsteen mag maar zéér weinig ijzer bevatten en daarom scheen ons het gebruik maken van ferro-silicon in de zware scheidingsvloeistof gevaarlijk. Maar als met de „Tauchband” electro-magnetische scheider type „Wedag” het ferro-silicon na het gebruik weer voor 99,99% teruggewonnen kan worden, lijkt deze methode aantrekkelijker te zijn geworden. De voor export bezwaarlijke fijnheid van bruinsteen flotaat zou hierdoor vaak vermeden kunnen worden als de mangaanertsen niet al te innig met kwarts enz. vergroeid zijn, zoals in West-Java wel voorkomt.

Steenkolen en andere delfstoffen.

Betekenis van de „Prall-Mühle” voor de reiniging van *Steenkolen* e.a. delfstoffen.

Hierover schreef H. Spies een belangrijk artikel in „Geologie en Mijnbouw” No. 9, September 1954. Wij halen hieruit slechts enkele punten aan, als een aanbeveling om het gehele artikel aandachtig te lezen.

De Prall-Mühle vertoont grote overeenkomst met een „Hammer-Mill” beschreven in het bekende Handbook of Mineral-Dressing van A. F. Taggart, (IV -77-86). De Prall-Mühle heeft een ophanging van de schokplaten, die aan de omtrek heen en weer kunnen slingeren, waardoor zwerfende ijzerdelen in de voeding weinig schade kunnen veroorzaken.

In het Duitse Ruhr (steenkolen) gebied is de Prall-Mühle sedert 1950 snel populair geworden o.a. door een zuinig krachtverbruik. De slagvastheid is voor meerdere mineralen kleiner dan de drukvastheid. De Prall-Mühle blijkt buitengewoon weinig stof te verspreiden. Het gesloten molenhuis wordt nat gehouden en voorkomt silicose ziekte. De molen is in de aanschaffing goedkoop en vertoont weinig slijtage. Deze molen stoot middling producten en o.a. steenkoolsoorten selectief meer of minder klein en de stuk- of korrelgrootte in het eindproduct is gemakkelijk te regelen.

Het is voornamelijk met het oog op de selectie op gemengde steenkoolsoorten (b.v. de Indonesische overgangskolen) dat wij dit artikel gaarne ter lezing aanbevelen. In dit verband kan deze molen in de mineraalconcentratie (wij denken b.v. aan loodglans erts) eveneens van nut zijn.