RAADGEVEND INGENIEURSBUREAU Bish & Partners n.v.

KONINGINNEGRACHT 84 — TELEFOON (070) 60 98 06 * (4 lijnen) — 's-GRAVENHAGE

(1).

afschrift

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA

STICHTING WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM

DELFT, STIELTJESWEG 2
POSTBUS 69
TELEFOON 01730 - 20970*
POSTREKENING 234342

ONDERWERP: Grondonderzoek kruising dijken van "Het Spui met 8" D.S.M.leiding

BIJLAGEN: 26

DICT/TYPE: vK/vdBs

Verzoeke bij beantwoording datum en kenmerk van dit schrijven te vermelden.

Alle correspondentie te richten aan de Directie

N.V. Tebodin,
t.a.v. Ir. D.C. van Nimwegen,
Koninginnegracht 98-100,
Den Haag.

Uw kenmerk: dt.:

Ons kenmerk: (C)0-16992/8 dt.: 19 augustus 1966.

Wij zenden U de resultaten van het grondonderzoek, dat is verricht voor de kruising van de 8" D.S.M.leidingen met de Zuid en Noorddijk van de rivier "Het Spui" (KM.1002+150). Ons advies heeft betrekking op de tekeningen die ons zijn verstrekt tot 18 augustus 1966. De sonderingen en boringen zijn gemaakt in het tracé van de 30" Gasunie leiding ongeveer 75 m stroomafwaarts, met uitzondering van twee sonderingen in de Noorddijk welke zijn uitgevoerd in het tracé van de D.S.M.kruising zelf, vergelijk situatietekening bijlage 1. De resultaten van het terreinwerk zijn op de bijlagen 2 en 3 weergegeven.

In het nu volgende treft U voor zowel de Noord als Zuiddijk aan:

a). Beschrijving van het bestaand dwarsprofiel ter plaatse van de kruising met de D.S.M.leidingen.

b). Het te verrichten grondwerk.

c). Beschrijving van de ondergrond.

d). De te verwachten zettingen.

Aanvragen om advies worden alleen behandeld op voorwaarde, dat de aanvrager afstand doet van ieder recht op aansprakelijkstelling terzake van de inhoud van het te geven of gegeven advies. Het rapport mag slechts woordelijk en in zijn geheel worden gepubliceerd; voor reclame alleen na schriftelijke toestemming.

Noorddijk.

a). Het bestaand profiel heeft een 4 m brede kruin gelegen op 4,90 m + N.A.P.; het binnen en buitentalud staan respectievelijk onder 1:2,5 en 1:3. Aan de rivierzijde bevindt zich een 8 m brede berm op 1,70 m + N.A.P. Aan de voet van het binnentalud ligt een 3,5 m brede weg; van de weg leidt een toegang tot het bouwland, die eerst over een duiker voert en dan geleidelijk afloopt naar het maaiveld op 1,70 m -N.A.P.

b). In het binnentalud worden de leidingen ingegraven zó dat de gronddekking 0,80 m is. De onderkant van de leidingen is ter plaatse van de kruin op circa 4,50 m + N.A.P. geprojecteerd en voert op dat niveau 6 m horizontaal met een gronddekking van 1,00 m, die nieuw wordt aangebracht.
In het buitentalud boven de berm worden de pijpen in aan te brengen ophogingsgrond gelegd en beneden de berm enigszins ingegraven in het bestaand talud.
Voor de vereiste gronddekking en bescherming van het buitentalud zal het bestaande dijksprofiel aan de rievierzijde worden uitgebouwd. Boven water is de maximale dikte van de ophogingsgrond 3 m, naar de kruin en buitenberm minder.
Onder water wordt een 3 m dikke mijnsteenlaag aangebracht.
De overgang stroomopwaarts naar het normale dwarsprofiel van de dijk loopt onder 1 op 100, terwijl stroomafwaarts moet worden aangesloten op het vereiste dwarsprofiel ter plaatse van de 30" gasleiding van de Gasunie.

c). De grondsamenstelling zoals deze volgt uit de sonderingen en boringen (nrs. 3 en 4) 75 m stroomafwaarts en de twee in het D.S.M.tracé (nrs. I en II) geeft globaal het volgende beeld:

dijklichaam boven 1,0 m + N.A.P.: klei
van 1,0 m + tot 5,0 m - N.A.P. : klei met zand of zandlaagjes; hier en daar veensporen.
van 5,0 m - tot 10,0 m - N.A.P.: veen en losgepakt zand met klei en slib.
van 10,0 m - tot 17,0 m -N.A.P.: afwisselend middelvaste zandlagen en kleilagen.
vanaf 17,0 m - N.A.P.: vast zand

In de polder (sonderingen nrs. 1 en 2) komt tot 9,0 m - N.A.P. veen voor, dit veen loopt uit tot onder de weg en onder de dijk.
In de rivier is zeer recent de diepsondering nr. 5 en een pulsboring (nr. 5a) gemaakt. Laatstgenoemde geeft eveneens tot 9 m - N.A.P. veen aan; de veenlaag is afgedekt met een 60 tot 80 cm dikke zanderige kleilaag.

d). Ter plaatse van de grootste ophoging (3 m) aan de bovenzijde van het buitentalud zullen de zettingen op het niveau van de pijpen uiteindelijk ongeveer 35 cm bedragen. De tegenwoordige kruin van de dijk zal 20 à 25 cm zakken tengevolge van de ophoging.
Het aanbrengen van de mijnsteen op het onderwaterbeloop zal door de aanwezigheid van de 3,5 m dikke veenlaag grote zakkingen veroorzaken. Tevens zullen, daar in de rivier dicht onder de zinkers niet samendrukbare lagen voorkomen, grote zettingsverschillen optreden.
Het is daarom aan te bevelen onder de leidingen de veenlaag gedeeltelijk weg te baggeren en door zand of klei te vervangen, zodat een meer gelijkmatig zettingsverloop verkregen kan worden. Op de bijlage 2 is de door ons voorgestelde grondverbetering aangegeven.

Het verloop van de zettingen, die voor de leidingen kunnen worden verwacht, is in detail aangegeven op bijlage 4. Hierbij is aangenomen dat volgens ons voorstel een grondverbetering van zand wordt aangebracht. Wordt geen grondverbetering aangebracht of klei gebruikt voor de aanvulling dan zullen de zettingen ter plaatse van de mijnsteenophoging respectievelijk ca 2 maal en 1,5 maal zo groot zijn. Uit oogpunt van stabiliteit dient eerst de grondverbetering uitgevoerd te worden en daarna het ophogingswerk aan de dijk.

Voor een verdere toelichting op bijlage 4 zij verwezen naar de opmerkingen 1 tot 3 op blz. 6.

Zuiddijk.

a). Evenals bij de Noorddijk is het bestaande profiel verkregen na de ophoging tot het Deltapeil in 1959.
Vóór deze profielwijziging liep de weg over de kruin van de dijk. Het verkeer over de dijk heeft de bovenlagen zó samengedrukt, dat het met de tot beschikking staande apparatuur onmogelijk was een steekboring in de kruin uit te voeren.
De kruin van de dijk ligt op 4,90 m + N.A.P.; het binnen- en buitentalud staan respectievelijk onder 1:2 en 1:3.
Aan de rivierzijde is een 12 m brede berm op 1,50 m + N.A.P.
Een 6,50 m brede asfaltweg met aangrenzend fietspad liggen aan de binnenkant van de dijk.

b). De leidingen worden aan de binnenzijde min of meer op het bestaand dijksprofiel gelegd. Aan de rivierzijde van de dijk liggen de leidingen in de aan te brengen ophogingsgrond alleen in het onderwatertalud worden ze geheel ingegraven.

Het hoogste punt van de onderkant van de leidingen ligt op circa 5,30 m + N.A.P.
Om de vereiste dekking van 0,8à1 m te verkrijgen moet het bestaande dijklichaam aan de binnenzijde en op de kruin 1,2 à 1,6 m en aan de buitenzijde circa 2,3 m worden opgehoogd. Het rijwielpad wordt ca 1,8 m omhoog gebracht. De overgang stroomwaarts naar het normale dwarsprofiel loopt onder 1 op 20, stroomafwaarts moet op het vereiste dwarsprofiel ter plaatse van de 30" gasleiding van de Gasunie worden aangesloten.

c). Uit de 3 sonderingen met boringen (Nrs. I en III) 75 m stroomafwaarts, volgt de volgende globale samenstelling van de ondergrond:
Toplaag 1 à 1,5 m: klei vermengd met wat zand
tot op 6 m - N.A.P.: zand vermengd met klei, ook wel laagsgewijze opbouw
6m- tot 8m-N.A.P.: zand met middelmatige dichtheid, gezien de resultaten ter plaatse van de Noorddijk vermoedelijk veenlagen bevattend.
8,0 m- tot 10.0m-N.A.P. klei
10.0m-tot 15.0m-N.A.P.: vastere zand- en kleilagen.
15.0 m -N.A.P. en dieper : vaste zandlagen.

d). Het aan brengen van de 2.3 m kleiophoging aan de buitenzijde zal zettingen op het niveau van de leidingen veroorzaken van 20 tot 25 cm. Naar de berm en de kruin van de dijk worden deze zettingen geleidelijk minder.

Voor het gedetailleerd zettingsprofiel verwijzen wij naar de bijlage 5 (en onderstaande opmerkingen 1 - 3).

Opmerkingen.

1). Met de gegevens uit de boringen en sonderingen is het mogelijk een prognose te maken van de uiteindelijke zettingen tengevolge van de ophogingen. Voor het nauwkeurig bepalen van het tijdsverloop van de zettingen staan ons niet voldoende gegevens ter beschikking. Wij verwachten dat 70 à 80% van de zettingen reeds na 1 jaar zullen zijn opgetreden. Dit percentage kan voor de veenlagen aan de rivierzijde aanmerkelijk geringer zijn.

2). Buiten de zettingen tengevolge van de ophogingen kunnen door andere oorzaken, zoals het seculair effect van vroeger aangebrachte ophogingen, door het normale onderhoud van de wegen en dijken, of door het verstoren van de ondergrond tijdens het leggen van de pijpen nog kleine zettingen optreden. De zettingen door deze effecten zijn weergegeven op de tweede regel van de bijlagen 4 en 5.

3). Opgemerkt dient te worden, dat in al de bovengenoemde zettingen niet is inbegrepen de klink van de ophogingsgrond. Om klink onder de pijp zo veel mogelijk te beperken adviseren wij de ophogingsgrond in lagen van maximaal 50 cm aan te brengen en iedere laag goed te verdichten met bijvoorbeeld een bulldozer.

4). Het totaal aantal cm's zoals aangegeven in de derde regel van bijlage 4 en 5 dienen als extra ophoging onder de pijpen te worden aangebracht, opdat de leidingen na verloop van jaren niet beneden de vereiste hoogten zullen zakken.

5). Damwanden.

Volgens Uw tekeningen worden in de Zuiddijk en Noorddijk twee damwandschermen geslagen. De damwanden in de bermen aan de rivierzijde dienen voornamelijk als grondkering bij het leggen van de pijpen.

Wij adviseren een inheidiepte tot 11,5 m - N.A.P. voor de damwand in de berm van de Zuiddijk en een inheidiepte van 10,5 m - N.A.P. voor die in de Noorddijk.

Wanneer de ontgraving voor de damwanden beperkt blijft tot 3 à 3,5 m (gerekend vanaf het tegenwoordige profiel) en een verankering van de damwand wordt toegepast dienen de damwanden berekend te worden op een buigend moment van 20 tm bij een stempelkracht van ongeveer 15 ton.

De damwanden in de kruin van de dijk dienen als bescherming van het dijklichaam bij mogelijke explosies. Om te grote buigende momenten bij eventueel evenwichtsverlies van deze damwanden te voorkomen verdient het aanbeveling ze niet tot in de vaste zandlagen te heien. Wij adviseren daarom een inheidiepte voor beide damwanden in de kruin tot 8,5 m - N.A.P.

Om te voorkomen dat de leidingen op een damwand zullen gaan dragen moet er voldoende ruimte tussen de damwand en de onderkant van de pijpen worden gehouden. Deze ruimten zijn respectievelijk voor, Noorddijk:

damwand in de kruin: minstens 40 cm.
" " " berm: " 30 cm

Zuiddijk

damwand in de kruin: minstens 30 cm
" " " berm: " 20 cm

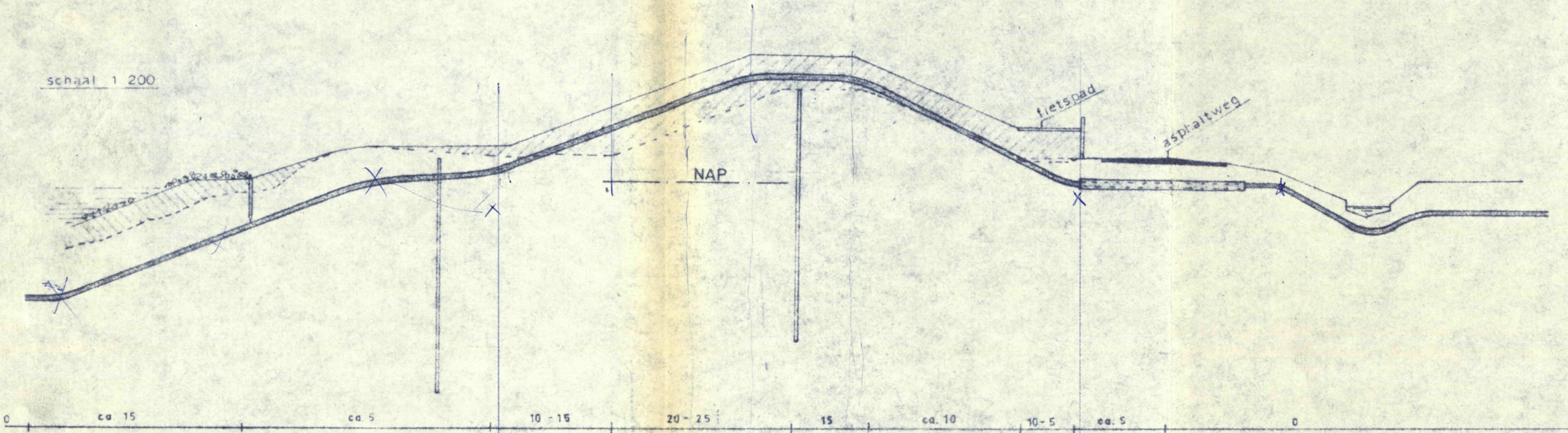
6). Bijzondere aandacht dient te worden besteed aan de duiker in de sloot aan de teen van het binnentalud van de Noorddijk. Tussen de 8"leidingen en de duiker moet een ruimte van minstens 15 cm worden vrij gehouden opdat de leiding niet zal gaan dragen.

Hoogachtend,

p/a dr.ir. H.K.S.Ph. Begemann,adj.directeur.

Bijlagen:
Nos. 1 t/m 5 (5x)
1 copie van dit schrijven.

schaal 1 200



0 | ca. 15 | ca. 5 | 10 - 15 | 20 - 25 | 15 | ca. 10 | 10 - 5 | ca. 5 | 0

zettingen t.g.v. de ophoging in cm
voor 70 à 80 % opgetreden na 1 jaar

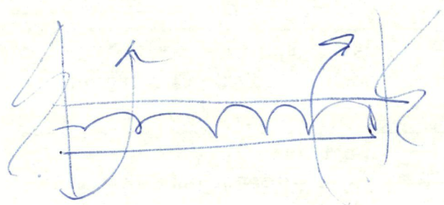
2 - 5 | ca. 5 | 5 - 10 | ca. 5 | ca. 5 | 1 - 3

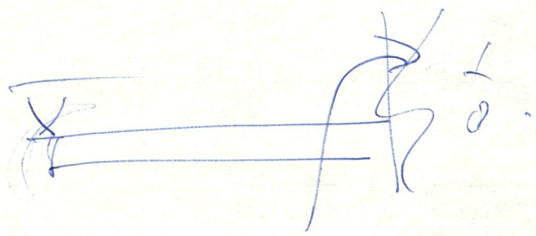
zettingen in cm
t.g.v. andere oorzaken

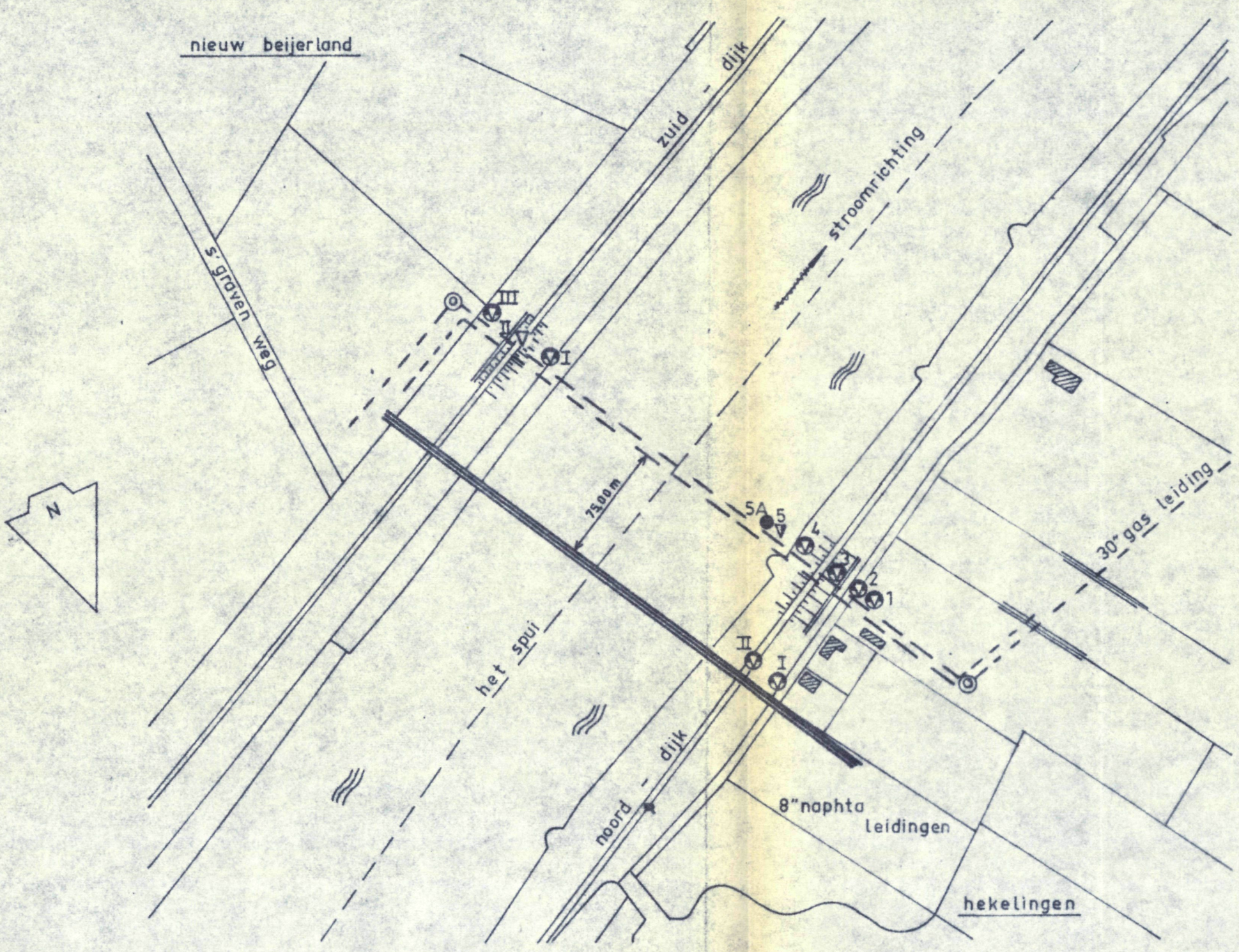
2-5 | 15 - 20 | ca. 10 | 15 - 20 | 20 - 25 | 20 - 25 | ca. 15 | 15 - 10 | 10 - 5 | 1 - 3

totaal der zettingen in cm

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT			
8" NAPHTA LEIDINGEN - STAATSMIJNEN	3k		BIJLAGE 5
KRUISING ZUIDDIJK HET SPUI	30/50		CO-16992

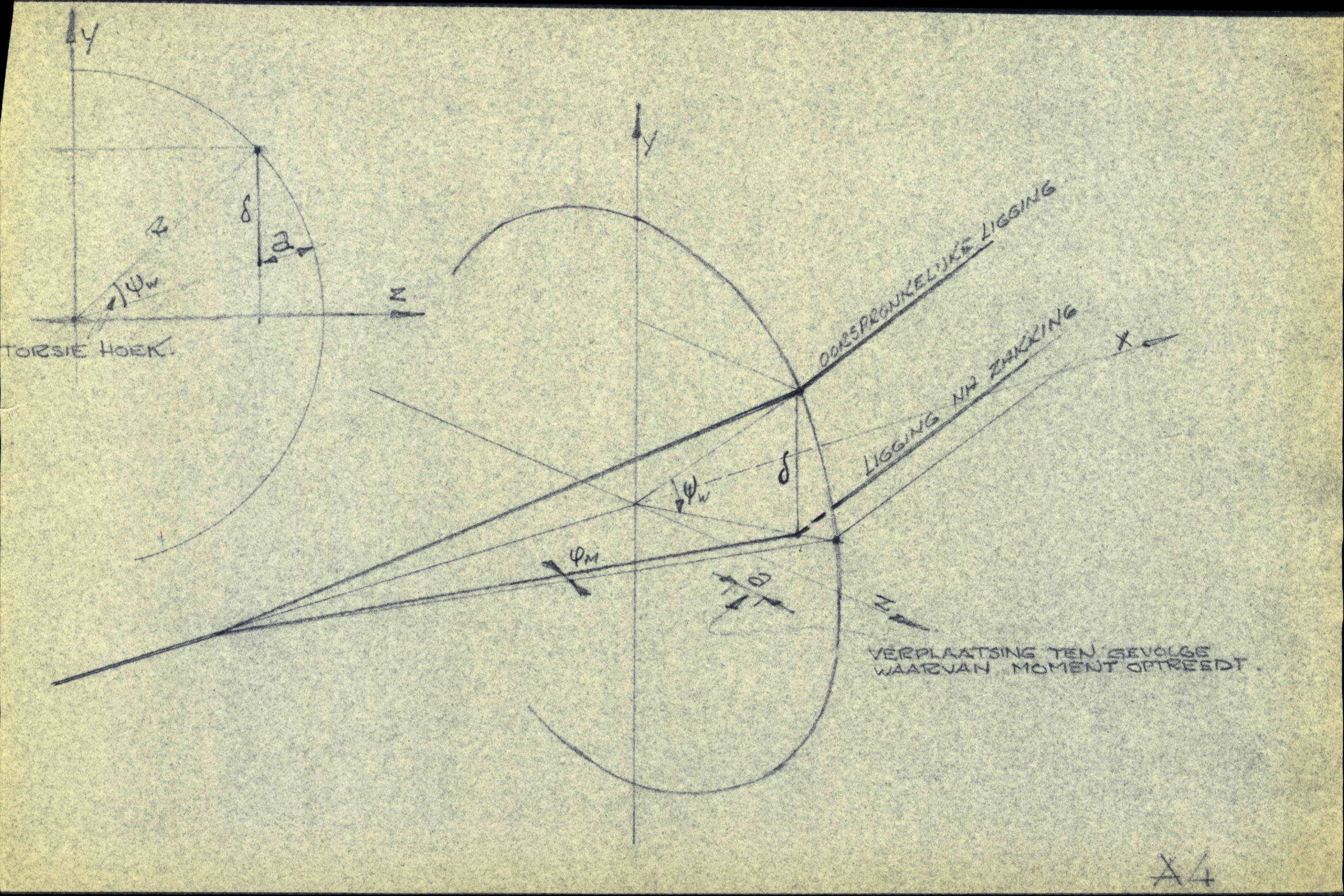






— legenda —
- ▽ m. zw. sondering
- ⊖ steekboring
- ▼ v - sondering
- ● boring

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT			
8" NAPHTA LEIDINGEN · STAATSMIJNEN KRUISING HET SPUI	fh		BIJLAGE 1
SITUATIE schaal 1 : 2500	30/40		CO-16992



y
δ
a
ψw
z
TORSIE HOEK.
y
OORSPRONKELIJKE LIGGING
LIGGING NA ZAKKING
x
δ
ψw
φM
a
z
VERPLAATSING TEN GEVOLGE
WAARVAN MOMENT OPTREEDT.

A4

Sterkte berekeningen
der
dijkbekleding aan de zuidoever van het Spui-(dijkring „Hoeksche waard"

Bijbehorende tekening: W. 690. No 1.

Inhouds opgave:

A = Toegelaten spanning, en basisgegevens.
B = De spanningen t.g.v de werkdruk p = 85 kg/cm².
C = De constructie der systemlijn.
D = De vormveranderingen t.g.v. de zetting van de dijkbekleding
E = Spanningsberekeningen.

Bijlage:
Rapport L.G.M. te Delft. (C.) O - 16992 - 8, dd. 19. aug. 1966.

Bish. and Partners.

(IR. T. F. Bish).

Hoofdstuk A: Toegelaten spanning en buisgegevens.

Toegelaten spanning.

De staalkwaliteit is A.P.I. 5L. grade B. met $\frac{\sigma_{vloei}}{\sigma_{breuk}} = \frac{2460\ kg/cm^2}{4220\ "}$.

De vereiste breukveiligheid $n_{br} = 3.5$, zodat de toegelaten spanning

$$\bar{\sigma} = \frac{4220}{3.5} = 1206\ kg/cm^2$$

Buisgegevens.

$\phi_{uitw} = 21.900$ cm ; $r_{uitw} = 10.950$ cm
$\phi_{inw} = 19.996$ " ; $r_{inw} = 9,998$ "
$\phi_{gemid} = 20.948$ " ; $r_{gemid} = 10.474$ "

$F = \pi \times 4^{-1} (21.9^2 - 19.996^2) = 62.62\ cm^2$.
$J = \pi \times 64^{-1} (21.9^4 - 19.996^4) = 3442.\ cm^4$; $W_M = \frac{3442}{10,95} = 314.3\ cm^3$
$J_p = 2 \times J = 6884$ " ; $W_W = 2 \times 314.3 = 628.6$ "

$EJ = 2.1 \times 10^6 \times 3442 = 7228 \times 10^6\ kg\,cm^2$.
$GJ_p = 0.81 \times 10^6 \times 6884 = 5576 \times 10^6$ "

Per cm² buiswand.

$F_1 = 1 \times 0.952 = 0.952\ cm^2$
$J_1 = 12^{-1} \times 0.952^3 = 0.0719\ cm^4$; $EJ_1 = 2.1 \times 10^6 \times 0.0719 = 0.1510 \times 10^6\ kg\,cm^2$.
$W_1 = 6^{-1} \times 0.952^2 = 0.1511\ cm^3$.

Hoofdstuk B. De spanningen t.g.v. de werkdruk $p = 85\ kg/cm^2$.

Gemiddelde ringspanning.

De max. spanning volgens Lamé wordt als gemiddelde ringspanning aangehouden.

$$\sigma_{y,p} = \frac{10.95^2 + 9.998^2}{10.95^2 - 9.998^2} \times 85 = 11,025 \times 85 = 937.\ kg/cm^2$$

$$\sigma_{z,p} = 0.5 \times 937 = 469\ kg/cm^2.$$

Bocht toeslagen - en reducties.

a) voor de bocht met straal $R_1 = 40D = 800$ cm.

Toeslagen in de buisenbocht.

$$f_{t1} = \frac{800 - 3.3327}{800 - 9.998} = \frac{796.6673}{790.002} = 1.0084$$

Toeslagen. tangentiaal : $0.0084 \times 937 = 8\ kg/cm^2$
axiaal : $0.3 \times 8 = 2$ "

Reductie in de buitenbocht

$$f_{r.1} = \frac{800 + 3.3327}{800 + 10.95} = \frac{803.3327}{810.95} = 0.9906$$

9,998

Reducties. tangentiaal : $0.0094 \times 937 = 9$ kg/cm²
axiaal : $0.3 \times 9 = 3$ "

b) voor de bocht met straal $R_2 = 30D = \frac{3}{4} \times 800 = 600$ cm

Toeslagen in de binnenbocht.

$$f_{t.2} = \frac{600 - 3.3327}{600 - 9.998} = \frac{596.6673}{590.002} = 1.0113.$$

Toeslagen. tangentiaal : $0.0113 \times 937 = 11$ kg/cm²
axiaal : $0.3 \times 11 = 3$ "

Reducties in de buitenbocht:

$$f_{r.2} = \frac{600 + 3.3327}{600 + 9.998} = \frac{603.3327}{609.998} = 0.9891.$$

Reducties. tangentiaal $0,0109 \times 937 = 10$ kg/cm²
axiaal $0.3 \times 10 = 3$ "

Bochtstijfheids - en intensiteitsfactoren.

De flexibiliteitsfactor $h = t k r^{-2}$;
De bochtstijfheidsfactor $K = 1.65 \times h^{-1}$.
De intensiteitsfactor $i = 0.90 \times h^{-\frac{2}{3}}$; $i_x \geq 1$.; $i_y \geq 0$

a) Voor de bocht met straal $R_1 = 40D = 800$ cm.

$$h_1^{-1} = 0.952^{-1} \times 800^{-1} \times 10.474^2 = 0.144. \; ; \quad h_1^{-2/3} = 0.144^{2/3} = 0.2947.$$

$K_1 = 1.65 \times 0.144 = 0.238 < 1$; de stijfheid van deze bocht is als van een rechte staaf in rekening te brengen.

$i_1 = 0.9 \times 0.2747 = 0.247 < 1$; $i_{x.1} = 1$; $i_{y.1} = 0.247$

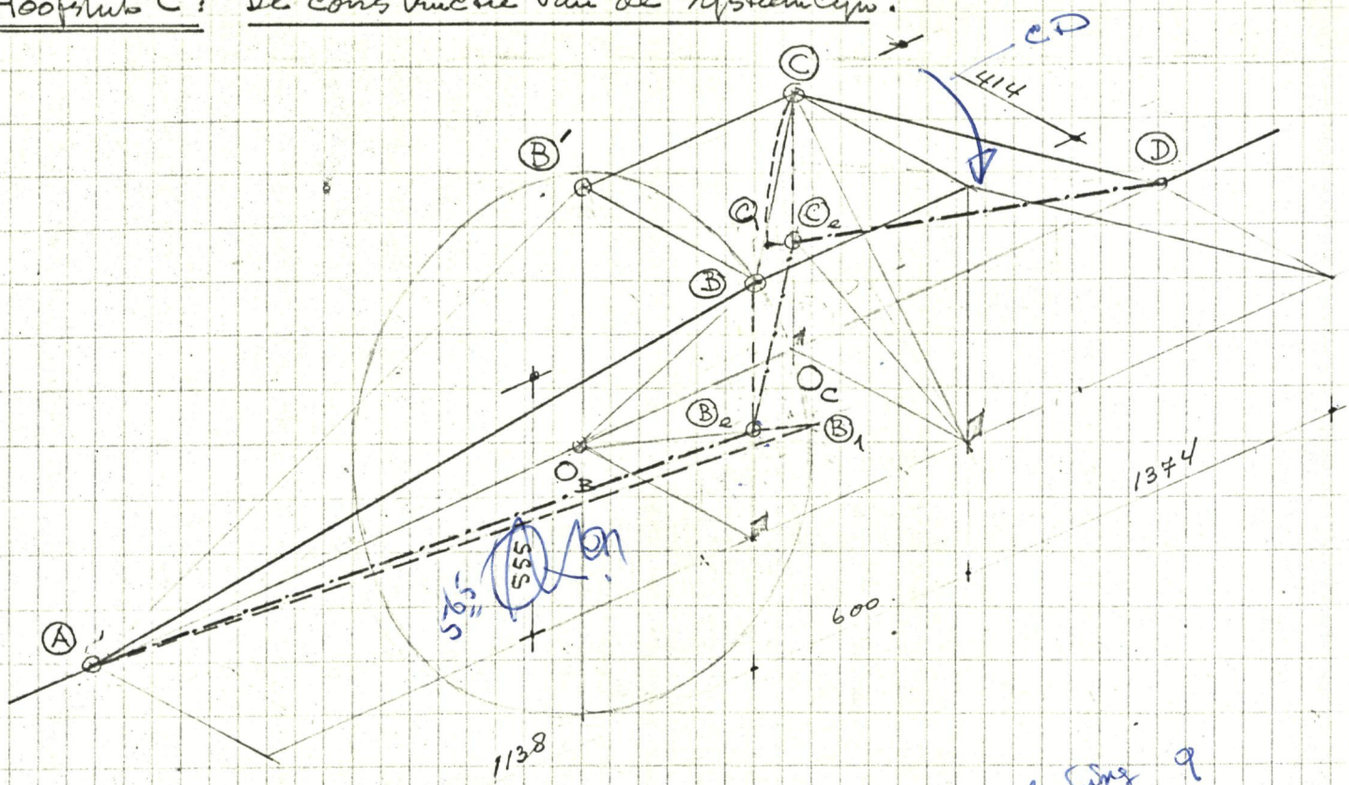
b) Voor de bocht met straal $R_2 = 30D = 600$ cm.

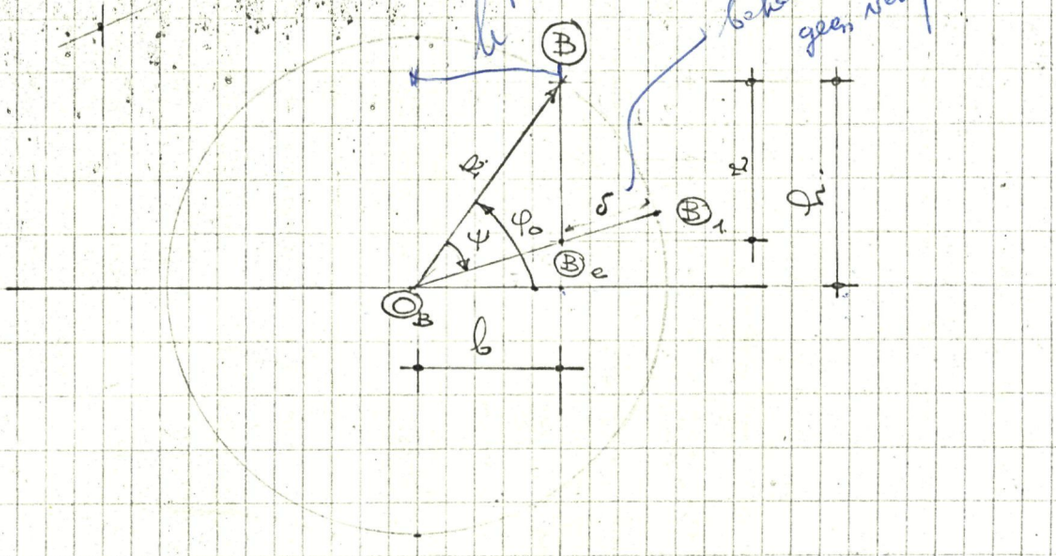
$$h_2^{-1} = 0.952^{-1} \times 600^{-1} \times 10,474^2 = 0.192 \; ; \quad h_2^{-2/3} = 0.192^{2/3} = 0.3328.$$

$K_2 = 1.65 \times 0.192 = 0.317$; ook deze bocht is even stijf als een rechte staaf in rekening te brengen.

$i_2 = 0.9 \times 0.3328 = 0,300 < 1$; $i_{x.2} = 1$; $i_{y.2} = 0.300$.

Hoofstuk C: De constructie van de systeemlijn.





Door de langs het talud lopende leidingstrekkingen als 2 elkaar kruisende lijnen te projecteren, wordt voorkomen, dat reeds bij geringe zetting der dijkskruin, de kruisende leidingstrekking zich gaat verspannen als een boog op 2 st. ptn. Hoewel wordt het ingewikkelde knik probleem – dat zich in het bijzonder zal voordoen bij het wegvallen van de gasdruk – al bij voorbaat uitgesloten.

Van de oorspronkelijk gekozen in het verticale vlak gelegen systeemlijn A B' C D, is de top B' van het korste been AB', verplaatst naar B.
Met 2 tegengestelde bochten in het vlak der dijkskruin zijn dan de toppen B en C. der thans als kruisende lijnen geprojecteerde strekkingen AB en C D, aan elkaar gekoppeld.

Hoofdstuk D: Vormveranderingen t.g.v. zettingen in de dijkskruin.

Bij het optreden van zettingen in de dijkskruin wordt ervan uitgegaan dat.
1 de kruinende steekking ABCD. de zetting kan volgen
2. de punten A en D. vaste punten zijn in het systeem, en
3 de punten B en C verticaal zullen zakken.

Het onder 3 genoemde is een veilige aanname op grond van het volgende.

Indien het punt B zich vrij zou kunnen bewegen. ondanks de koppeling met het punt C, zou de staaf AB. de kegelmantel willen beschrijven met het vaste punt A als top, waarbij B de cirkel zou beschrijven met O_B als middelpunt en O_BB als straal.
Op dezelfde wijze zou het punt C. op. de staaf CD, de cirkel beschrijven met O_C als middelpunt en O_CC als straal.

Bij een verticale zakking der punten B en C. zouden deze punten door de koppelstaaf BC, door de laterale grondruk gedrukt worden van de tussen posities B_1 en C_1 naar de aangenomen eindposities B_e resp. C_e.
Van beide posities geven noch de ene noch de andere de juiste eindstand aan, omdat
a) in het ene geval bij gelijkblijvende staaflengten AB en CD., alleen de koppelstaaf BC zich zal moeten verlengen, en
b) in het ander geval bij gelijkblijvende lengte der koppelstaaf de staflengten AB en CD. zich zouden moeten verkorten.

Beide posities geven echter grotere hoekveranderingen der oorspronkelijke hoeken ABC en BCD., en daarmede grotere buigende momenten, dan de correcte eindstand.
Gekozen zijn de eindstanden B_e en C_e, die dus spanningen in de punten A en D zullen geven, welke aan de hoge kant zijn.

De belastingen op het systeem.

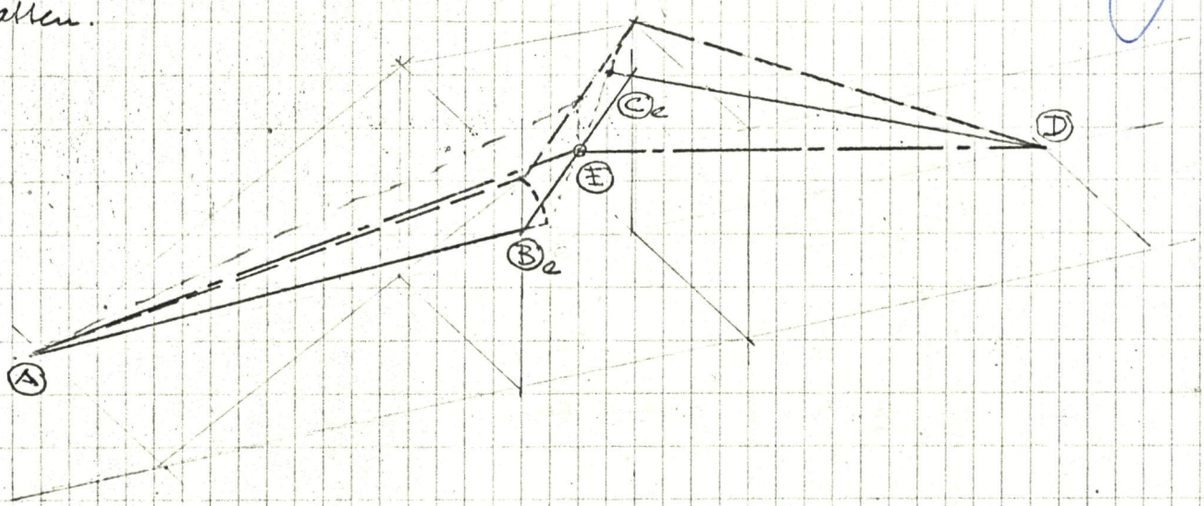
Voor de staaf AB. in het vlak AO_BB, is de eindstand AB_e via de stand AB_1 bereikt, door eerst een draaiing van het vlak AOB_1 om de as AO_B over een hoek φ. en daarna een verplaatsing van het punt B_1 in het gedraaide vlak AO_BB_1, naar de eindstand B_e.
Is de zakking $z = BB_e$ bekend, dan is de hoek φ te berekenen en bepaalt tevens het wringend moment $M_{W.\varphi}$ in het punt A.

T.g.v de verplaatsing $\delta = B_1B_e$., ontstaat in A een buigend moment $M_{A.\delta}$ waarbij wordt aangenomen dat de staaf AB_1 in B_1 scharnierend en in A doorgaand is opgelegd.

De veldlengte buiten AB is vastgesteld op 12 m. met een inklemming als eindoplegging, hetgeen voor de vereffening van het moment $M_{A.\delta}$ op hetzelfde neerkomt indien de veldlengte op $\frac{2}{3} \times 12 = 8$ m. wordt aangehouden., mits de eindoplegging S_A scharnierend is.

Bij de 2akking van B. zal de 2akking over de lengte AB „lineair" verlopen, en daardoor in verticale zin geen buigende momenten veroorzaken. De 2akking brengt voornamelijk. vormende momenten te weeg.

Met het buigend moment in $B = o$ in het vlak AO_BB, is dit punt in deze phase van de vorm verandering als een scharnier op te vatten.



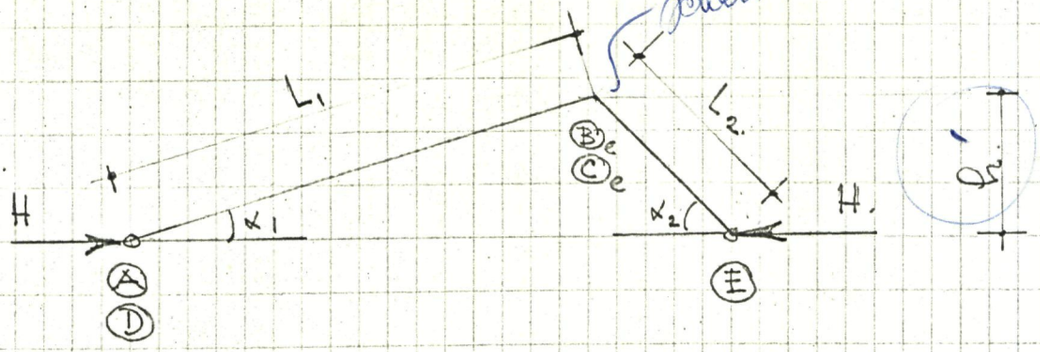
De berekening der momenten in B_e en C_e.

In de eindstand AB_eC_eD. zijn AB_e en C_eD. de verkorte oorspronkelijke lengten AB resp CD.

Beide haken $\wedge B_eC_e$ en B_eC_eD zijn daarbij gewijzigd waarbij in de staaf B_eC_e de kopmomenten tegengesteld van teken zijn.

Het momenten – nulpunt E ligt dus op de lijn B_eC_e en kan dus als een scharnier worden opgevat, dat het geheel in 2 afzonderlijk te berekenen systemen AB_eE en EC_eD verdeelt.

In elk systeem afzonderlijk kunnen de spanningen worden berekend. welke een gevolg zijn van de verkorting van de fictieve staaf AE. resp DE.



Nagegaan wordt welke drukkracht H nodig is om de verkorting Δx van de fictieve staaf AE, resp DE, te bewerkstelligen.

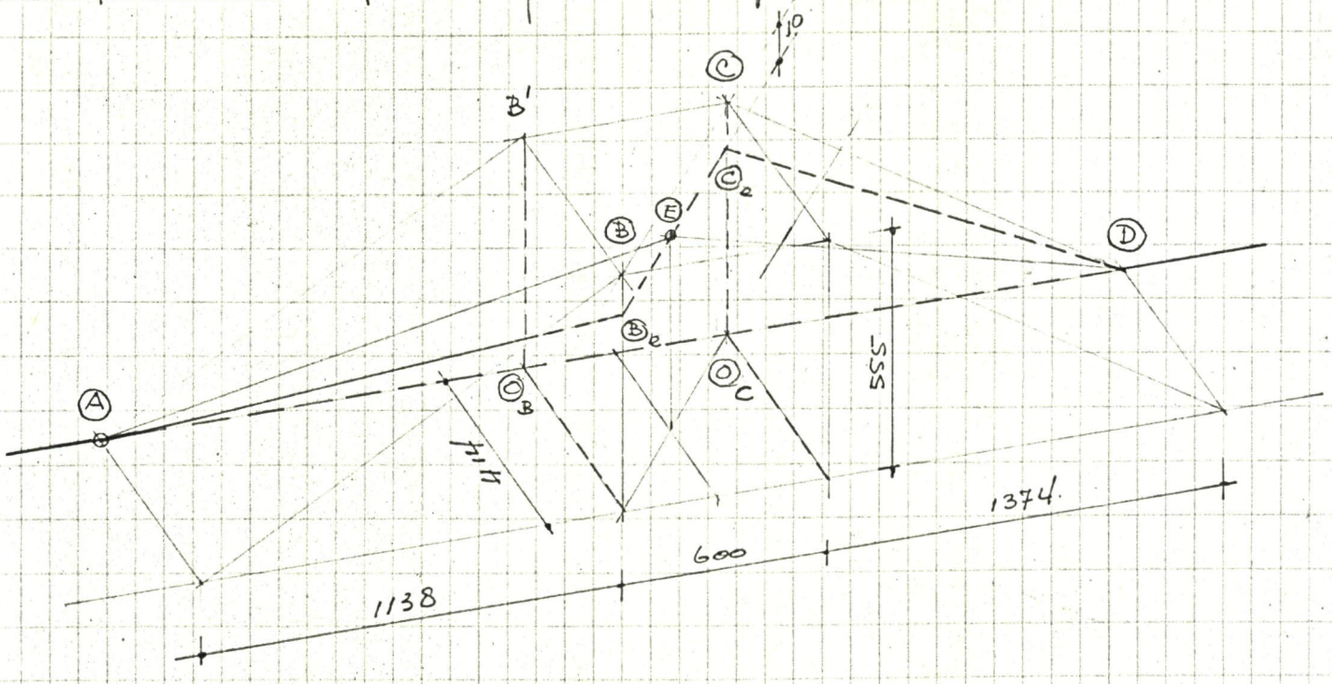
Behalve de verlenging door de zetting van de dijkstreim, moet ook de verlenging t.g.v de gasdruk worden tegengegaan.

$$\Delta x = \frac{K}{EJ} \times S_{AE,\ resp\ DE}\ ,$$

Hierin is S het statisch moment van het momentenvlak van het systeem t.o.v. de lijn AE, resp ED.

Daar het momentenvlak als een functie van H. kan worden weergegeven. is H in de bovenstaande vergelijking als enige onbekende op te lossen.

Hoofdstuk E. Spanningsberekeningen



Uitgegaan wordt van de volgende basismaten.

AO_B = 1138 cm
O_BO_C = 600 "
O_CO_D = 1374 "
AD = 3112 " ;

de dijkshoogte $h = B'O_B$ = 555 cm
" breedte van de kruising b = 414 cm;

De zetting (relat.) van de dijkskruin afgeleid uit L.G.M. rapport (C)-0-16992/8, d.d. 19 Aug. 1966, bedraagt z = (10) cm. (20).

De afgeleide maten:

$AB = (1138^2 + 555^2 + 414^2)^{0.5} = (1295044 + 308025 + 171396)^{0.5} =$
$= 1774465^{0.5} = 1332.09$ cm

$BC = (600^2 + 414^2)^{0.5} = (360000 + 171396)^{0.5} = 531396^{0.5} = 728.97$ "

$CD = (1374^2 + 555^2)^{0.5} = (1887876 + 308025)^{0.5} = 2195901^{0.5} = 1481.86$ "

De belastingen in drsn A.

1= t.g.v. het wringend moment

Bedraagt de wrijving tussen de buiswand en de grond $W_{gr.}$ kg/m², dan is het max. wringend moment per m' dat door de grond geleverd kan worden.

$$M_{W.gr.} = W_{gr.} \cdot \pi D_u \cdot r_u \text{ kgm/m'}$$

in kleiner zand

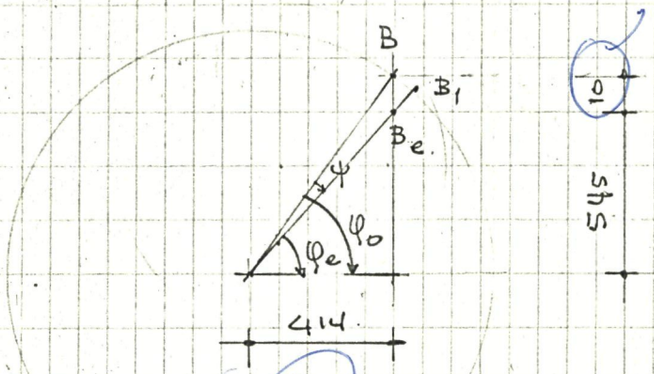
Aangenomen is $W_{gr} = 500$ kg/m². zodat

$$M_{W.gr.} = 500\,\pi \times 0.219 \times 0.1095 = 37.65 \text{ kgm/m'}$$

Is L_w de lengte in m, waarover de wrijving werkt, dan is het totaal door de grond geleverde wringende moment.

$$M_{W.gr.\,totaal} = 37.65\, L_w \text{ kgm.}$$

Berekening der wringingshoek ψ.



$BB_e = 10$ cm niet op schaal.

$$\psi = \varphi_o - \varphi_e$$

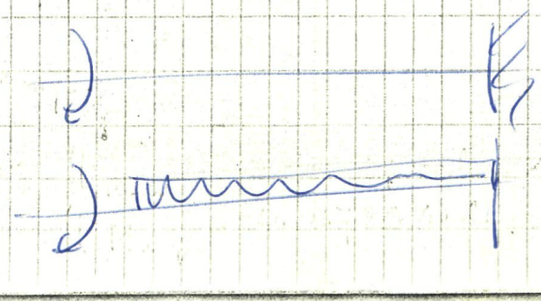
$tg\,\varphi_o = 555 \times 4.14^{-1} = 1.34058$; $\varphi_o = 0.92980$ rad.

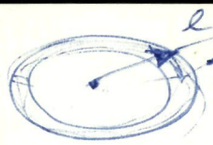
$tg\,\varphi_e = 545 \times$ " $= 1.31643$; $\varphi_e = 0.92116$ " af

$\psi = 0{,}00864$ "

Een staaf belast op een zuiver wringend moment geeft een wringingshoek gelijk aan ~~de helft~~ 2x van de wringshoek van een staaf waarvan het wringend moment geleverd wordt door wrijving.

omgekeerd!





$$I_p = r^2 \cdot F_\circ = 2I_\circ$$

$$I = \frac{\pi}{4}\left(r_u^4 - r_i^4\right)$$

$$F = \pi\left(r_u^2 - r_i^2\right)$$

$$I_p = \left(\frac{r_u + r_i}{2}\right)^2 \cdot \pi\left(r_u^2 - r_i^2\right) = \frac{\pi}{4}\left(r_u + r_i\right)^2 \cdot \left(r_u^2 - r_i^2\right)$$

$$M = \tau \cdot F \cdot r$$

$$\sigma = \varepsilon \cdot E$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$$

$$\psi \cdot \gamma = \frac{\psi \cdot r}{l}$$

$$\tau = G \cdot \gamma$$

$$\gamma = \frac{\tau}{G}$$

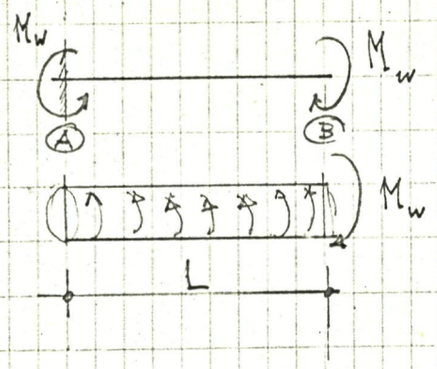
$$\frac{d\psi r}{dl} = \frac{\tau}{G} = \frac{M}{F r^2 G} = \frac{M}{I_p \cdot G}$$

$$\frac{d\psi}{dx} = \frac{M}{G I_p}$$

$$\tau = \frac{M}{F r} = \frac{M r}{I_p}$$

Bewijs:

gval 1.



gval 2

gval 1 = zuivere wringing.
" geconcentreerde

$$\frac{d\psi_1}{dx} = \frac{M}{GJ_p}. \quad \text{zodat} \quad \psi_1 = \int_0^{x=L} \frac{M}{GJ_p}\,dx = \frac{M}{GJ_p} L.$$

gval 2 = Het wringend moment moet geleverd worden door de wrijvingsweerstand tussen de buis en de grond.
verdeelde wringing

per m' is:

$M'_w = cx$, waarin c een constante is afhankelijk van de buisomtrek en de wrijvingsweerstand w_{gr}.

$$\frac{d\psi_2}{dx} = \frac{cx}{GJ_p} \quad \text{zodat} \quad \psi_2 = \int_0^{x=L} \frac{cx}{GJ_p} = \frac{1}{2}\frac{cL^2}{GJ_p}.$$

Het totale wringend moment $M_w = cL$. zodat

$$\psi_2 = \frac{M_w . L}{2GJ_p} = \frac{1}{2}\psi_1 \quad \text{q.e.d.}$$

In het punt A is dus: $\psi_{M_w} = 0.00864$ rad. zodat
$\psi_{M_{w\,gr}} = 0.01728$ "

Pout doch ~~goed dan~~ $z = 20$ cm. (4x) ($\times \frac{1}{2}$ ipv $\times 2$)

De lengte waarover de wrijving werkt volgt uit de volgende vergelijking.

$$\psi_{M_{w.gr}} = \frac{M_{w.gr.tot.} \times L_w}{GJ_p} = \frac{37.65\, L_w^2 \cdot 10^4}{5576 \times 10^{\cancel{2}6}} \quad \text{zodat.}$$

10^2

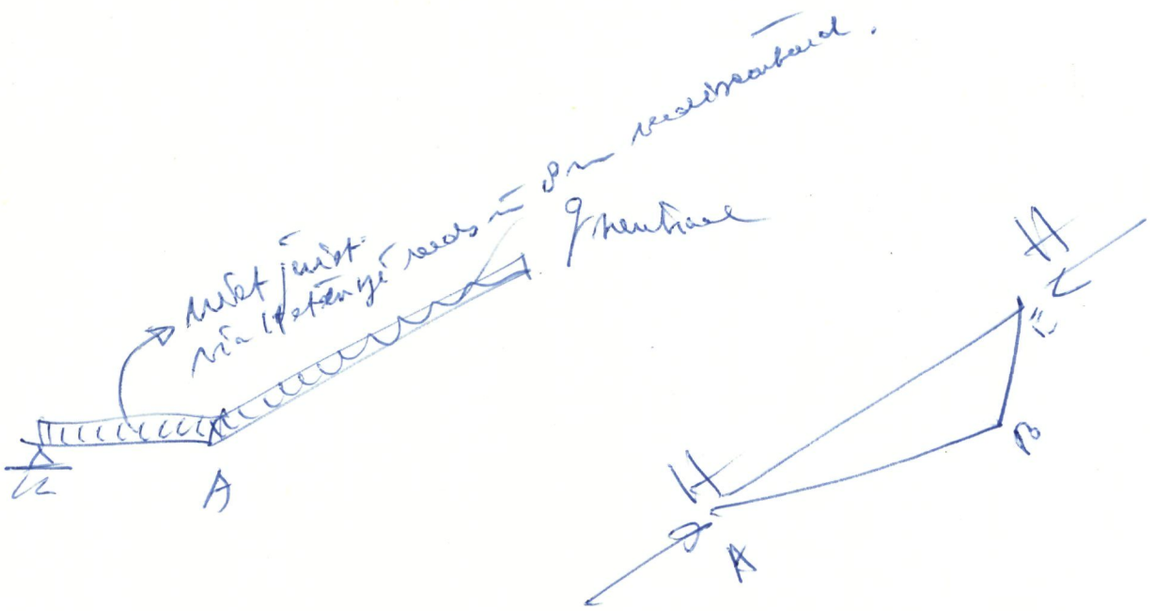
$$L_w = \left(\frac{0.0\cancel{1728} \times 5576}{37.65}\right)^{0.5} \times 10 = 16\text{ m.}$$

AB = 13,32 z

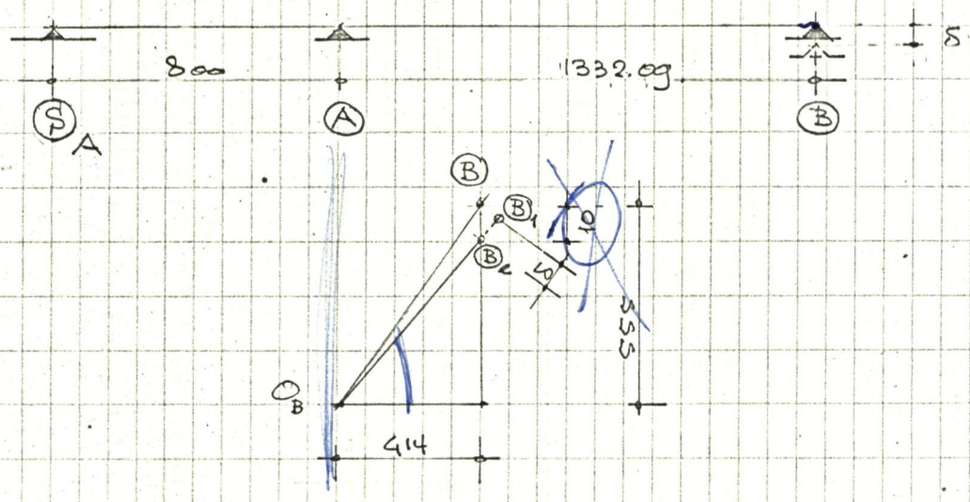
out of plane bending!

De wringspanning in dsn A is: ~~AB~~

$$\tau_{w.A} = \frac{M_{w.gr.tot.} \times r_u}{J_p} = \frac{37.65 \times 1600 \times 10.95}{6884} = 96\text{ kg/cm}^2.$$


A
A
B

2 = t.g.v. het buigend moment.



$B_1B_e = O_BB_1 - O_BB_e = O_BB - O_BB_e$.

$O_BB = (5.55^2 + 414^2)^{0.5} = (30.8025 + 171396)^{0.5} = 479421^{0.5} = 692.40$ cm

$O_BB_e = (5.45^2 + 414^2)^{0.5} = (29.7025 + 171396)^{0.5} = 468421^{0.5} = 684.41$ "

$\delta = 7.99$ "

Draaivaagsmoment:

$M_{AB} = \frac{3EJ\delta}{L^2} = \frac{3 \times 7228 \times 10^2}{1332.09^2} \times 0.0799 = 976,4$ kgm.

$\frac{3 \cdot 7228 \cdot 10^2 \cdot 7,99}{1332,09^2} = 976,40$ tgm.

Stijfheidsverhouding: $K_{AS_A} : K_{AB} = 13,3209 : 8 = 0.625 : 0.375$

Eindmoment: $M_A = -0.625 \times 976.4 = -610,25$ kgm. Het treedt op in de bocht met straal $R_1 = 8,00$ m. De trekspanning is in de binnenbocht, dus aan de middens der drem.

$\sigma_{x.max} = (\sigma_{x.p} + \text{toeslag}) + i_{x.1} \times \sigma_{x\,MA} = (469 + \frac{1}{2}) + 1 \times \frac{61025}{314.3} =$

$= 472 + 194 = 666$ kg/cm².

fractie grootheid wordt aangepast vanwege!

3 = t.g.v. de bovenlast door de bladdelking → Plaatmoet met pag (5).

Voor de opleglengte van het st. pt A. is in rekening gebracht $L_o = 2$ m

Belastingen:

1 m blei = $1 \times 0.219 \times 1600 = 350$ kg/m (centrale grondbank)

e.g = $62.62 \times 0.785 = 50$ "

$q = 400$ " $= 4$ kg/cm'.

Reactie $R_A = 0,5 \times 21.3209 \times 400 + 610.25 \times (\frac{1}{8} + \frac{1}{13.3209}) =$

$= 4264 + 122 = 4386$ kg.

$Q = 3.5$ kg/cm'; $Q_D = \frac{4386 - 2 \times 350}{200} = 18.4$ kg/cm'.

$\alpha = 180°$; $\varphi_B = 30°$; $k_B = 0.236$; $k_s = 0.152$; $k_T = 0.148$, en $k_y = 0.113$.

$f_{nn} = \frac{1}{1 + \frac{2 \times 85}{0.1510} \times 0.10474^3 \times 0.113} = \frac{1}{1 + 1.294 \times 0.113} = \frac{1}{1.146} = 0.873$.

Eigenlast opnemen!

$M_{y;midd} = \frac{0.152}{0.125}(0.125 \times 3.5 + 0.025 \times 18.4) \times 10.474 =$ voor 30° γ_D omrekening te geef.

$= 1.216 \times (0.4375 + 0.4600) \times 10.474 = 11.4$ kgcm/cm.

$N_{midd.} = -0.25 \times 18.4 = -4.6$ kg/cm.

$\sigma_{M_y mid} + i_{y1} \times \sigma_{x.A} = \frac{11.4}{0.1511} + 0.247 \times 194 = 76 + 48 = 124$ kg/cm²

$\sigma_{N.midd.} = -\frac{4.6}{0.952} = -5$ kg/cm²

Voor de spanning in de binnenboogt

$\sigma_{y\,max} = (\sigma_{yp} + \text{toeslag}) + f_{xz}(i_{y1}\sigma_{x.A} + \sigma_{M_y midd.}) + \sigma_{N.midd} =$

$= (937 + \frac{80}{3}) + 0.873 \times 124 - 5 = 941 + 108 = 1049$ kg/cm²

Spanningscombinatie in de ~~top~~ midden der drem A. volgs. Mohr.

$\sigma_x = 666$ kg/cm²

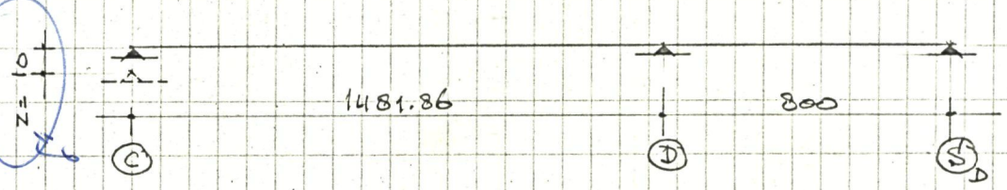
$\sigma_y = 1049$ " ; $\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} = 857.5$ kg/cm² ; $\frac{\sigma_y - \sigma_x}{2} = 191,5$ kg/cm²

midden $\tau = 96$ "

$\sigma_1 = 857.5 + (191,5^2 + 96^2)^{0.5} = 857.5 + 214,2 = 1072$ kg/cm² $< \bar{\sigma} = 1206$ kg/cm²

$\sigma_2 = 857.5 - 214,2 = 643$ kg/cm²

De spanningen in drem D.



Stijfheids verhouding:

$K_{DC} : K_{DS_D} = 8 : 14,8186 = 0.65 : 0.35.$

Eindmoment $M_D = -0.65 \times \frac{3 \times 7228 \times 10^2}{14.8186^2} \times 0.10 = -642$ kgm.

Evenals voor drem A treedt de ongunstigste axiale spanning op in de binnenboogt met straal $R_1 = 8,00$ m. De binnenboogt is in dit geval de top der drem.

$\sigma_{x.max} = \sigma_{x.Top} = 472 + 1 \times \frac{64200}{314.3} = 472 + 204 = 676$ kg/cm².

Tangentiaal:

De reactie $R_D = 0.5 \times 22.8186 \times 400 + 642 \left(\frac{1}{8} + \frac{1}{14,8186}\right) =$

$= 4565 + 125. = 4690$ kg.

Wordt ook hier 2.m als opleglengte in rekening gebracht, dan is:

$Q = 3.5$ kg/cm'

$Q_D = \frac{4690 - 700}{200} = 19,95$ kg/cm'

Voor de top geldt met $k_T = 0.148$,

$M_{y\,top} = \frac{0.148}{0.125}(0.125 \times 3.5 + 0.026 \times 19.95) \times 10.474 =$

$= 1,184 (0.4375 + 0.5187) \times 10.474 = 11.9$ kgcm/cm'

$N_{Top} = 0.119 \times 19.95 = 2.4$ kg/cm'

$\sigma_{M_{y\,Top}} = \frac{11.9}{0.1571} + 0.247 \times 204 = 79 + 50 = 129$ kg/cm²

$\sigma_{N_{Top}} = \frac{2.4}{0.952} = 3$ kg/cm²

$\sigma_{y\,max} = 946 + 0,873 \times 129 + 3 = 949 + 113. = 1062$ kg/cm²

Spanningscombinaties:

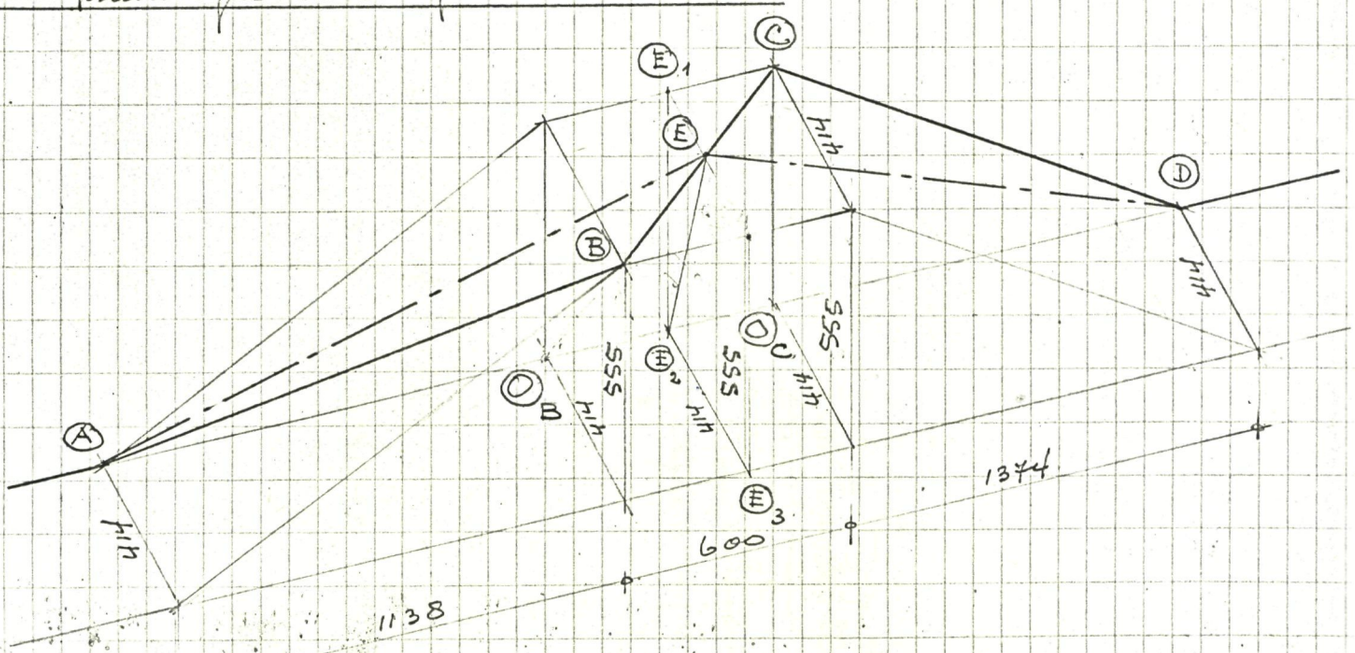
$\sigma_{x.max} = 676$ kg/cm²;

$\sigma_{y\,max} = 1062$ " ;

$\tau = 0$; $S_1 = 1062$ kg/cm² $< \bar{\sigma} = 1206$ kg/cm²

te verwaarlozen als overdrachtsD anders niet. $S_2 = 676$ "

De spanningen in de punten B en C.



De positie van het punt E

BE : EC = CD : AB = 1481,86 : 1332.09

BE = $728.97 \times \frac{1481.86}{2813.95} = 383.88$ cm ;

EC = $728.97 - 383,88 = 345.09$ " ;

$H_B \cdot h \cdot \frac{1}{2}$.

$\frac{1}{2} AB \cdot H_B \cdot h$. —

$\frac{1}{2} BE \cdot H_B \cdot h$. —

$\frac{1}{2} H_B \cdot h (AB + BE)$.

$\frac{1}{2} h \cdot x = \frac{1}{3} h^2$

$h = \frac{\frac{1}{3} h^2}{\frac{1}{2} h} = \frac{2}{3} h$. q.

$EE_1 = \frac{414}{728.97} \times 345.09 = 196{,}04\,cm$

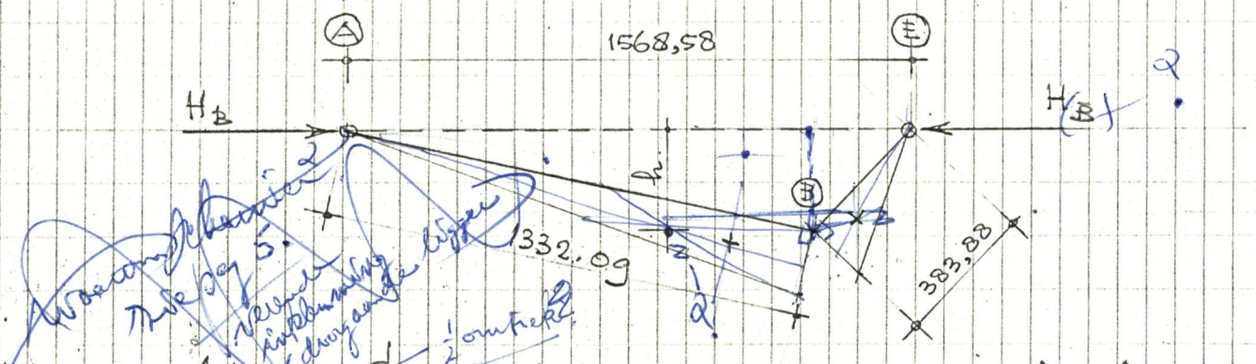
$EE_2^2 = EE_1^2 + E_1E_2^2 = 196.04^2 + 555^2 = 38431{,}6816 + 308025 = 346456{,}6816\,cm^2$

$\frac{O_BE_2}{AO_B} = \frac{600}{728.97} \times 383.88 = 315.96\,cm$;
$= 1138.00$ u.

$AE_2 = 1453.96$ u. ; $E_2D = 3112 - 1453.96 = 1658.04\,cm$

$AE = (1453{,}96^2 + EE_2^2)^{0.5} = (2113999.6816 + 346456.6816)^{0.5} = 1568.58\,cm$

$ED = (1658.04^2 + EE_2^2)^{0.5} = (2749096{,}6416 + 346456{,}6816)^{0.5} = 1759.42\,cm$



Van de Δ ABE is $S = \frac{1}{2} \times (1568.58 + 1332.09 + 383.88) = 1642{,}275\,cm$

De hoogte lijn op AE is:

$h = 2 \times 1568.58^{-1} \times (1642.275 \times 73.695 \times 310{,}185 \times 1258.395)^{0.5} =$

$= 2 \times 1568.58^{-1} \times 217347.5 = 277.16\,cm$

Berekening van de kracht H_B in de fictieve staaf AE.

Uitgegaan wordt van de vaste eindposities der punten A en E.
De staaf AE zal zich t.g.v. de gasdruk en de zetting van de dijkkruin willen verlengen, in de punten A en E zal een druk-kracht moeten optreden, die deze verlenging tegen gaat.
De verlenging van AE

a) t.g.v. de gasdruk

$\Delta x_p = \frac{0.2 \times 937}{2.1 \times 10^6} \times 1568.58 = 0.14\,cm.$

b) t.g.v de zakking van 10 cm van de dijkkruin

$\Delta x_z = 1568.58 - (545^2 + 1453.96^2 + 196.04^2)^{0.5} =$

$= 1568.58 - 2449456.3632^{0.5} = 1568.58 - 1565.07 = 3.51\,cm$

Daar het gehele momentenvlak van invloed is op de verplaatsing van AE, zou de in het vlak ABE ontbondene van het moment in A, ook in de verplaatsingsvergelijking van AE kunnen worden
De reducerende invloed ervan op de grootte van H_B wordt echter ver-

waarloosd.

en C ?

De op te stellen vergelijking is dus

$$EJ\Delta x = H_B \times \frac{1}{3} \times h^2 (AB + BE)$$

?

$\Delta x = 0.14 + 3.51 = 3.65$ cm.

$$H_B = \frac{3 \times 7228 \times 10^6 \cdot 3{,}65}{277.16^2 \times 1715{,}97} = 600 \text{ kg.}$$

out of plane bending ?

Het optredend moment in B is

$M_B = 600 \times 277{,}16 = 166300$ kgcm. (trek in de buitenbocht met straal $R_2 = 600$ cm.)

geen wringing in BC.

out of plane bending.

Spanningen:

axiaal

De max. spanning komt in de buitenbocht voor, dus in het midden der dsn.

$$\sigma_{x.max} = (\sigma_{x.p} + \text{reductie}) + i_{x2} \times \frac{M_B}{W_M} - \frac{H_B}{F} =$$

$$= (469 - 3) + 1 \times \frac{166300}{314.3} - \frac{600}{62.\cancel{92}\ 62} = 466 + 529 - 10 = 985 \text{ kg/cm}^2$$

Tangentieel.

De lengte van oplegging wordt wederom gesteld op $L_0 = 2{,}00$ m.

De reactie in B is

$R_B = \frac{1}{2} \times 17{,}1597 \times 400 = 3430$ kg. crypto!

$Q = 3.5$ kg/cm² ; $Q_D = \frac{3430 - 700}{200} = 13.65$ kg/cm²

voor 3° φ_D om rekening te grijp.

$M_{y.midden} = 1.216\,(0.4375 + 0.02\cancel{6}5 \times 13.65) \times 10.474 =$

$= 1.216 \times 0.\cancel{7924}\,7787 \times 10.474 = \cancel{10.1}\ 9{,}9$ kgcm/cm²

$N_{midden} = -0.25 \times 13.65 = -3.4$ kg/cm²

$$\sigma_{My.midden} + i_{y.2}\,\sigma_{M_B} = \frac{\cancel{10.1}\ 9{,}9}{0.1511} + 0.300 \times 529 = \cancel{67}\ 66 + 159 = 22\cancel{6}5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_N = -\frac{3.4}{0.952} = -4 \text{ kg/cm}^2$$

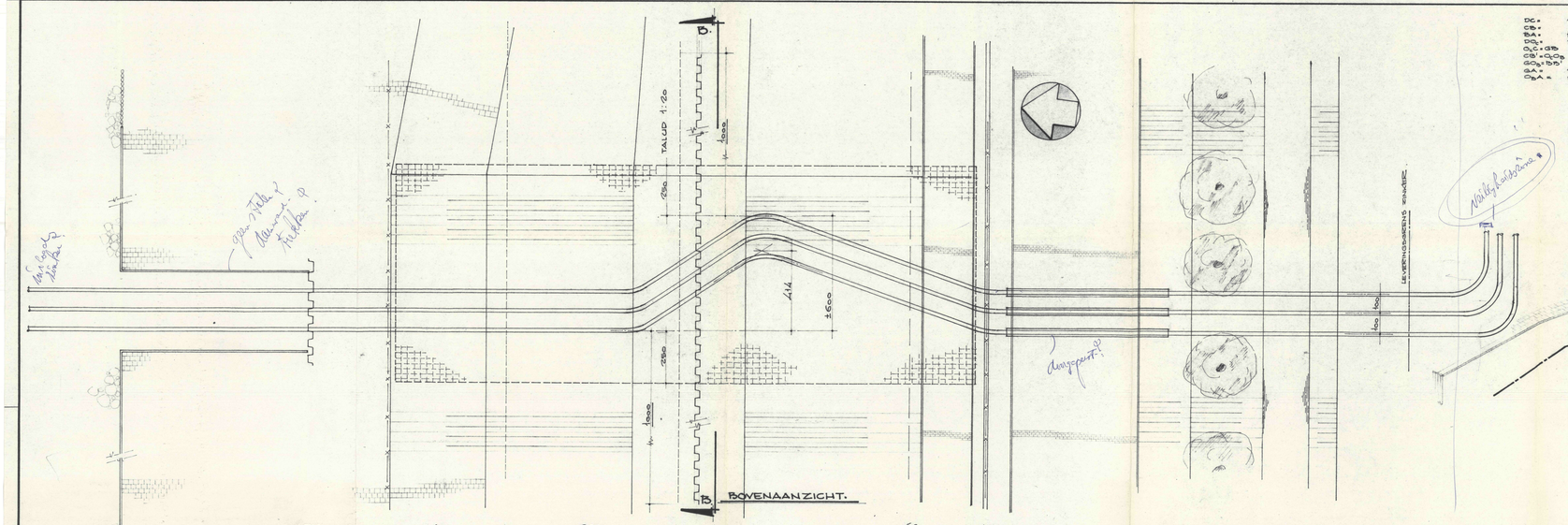
Toeslag → binnenbocht neemt meetgevend!

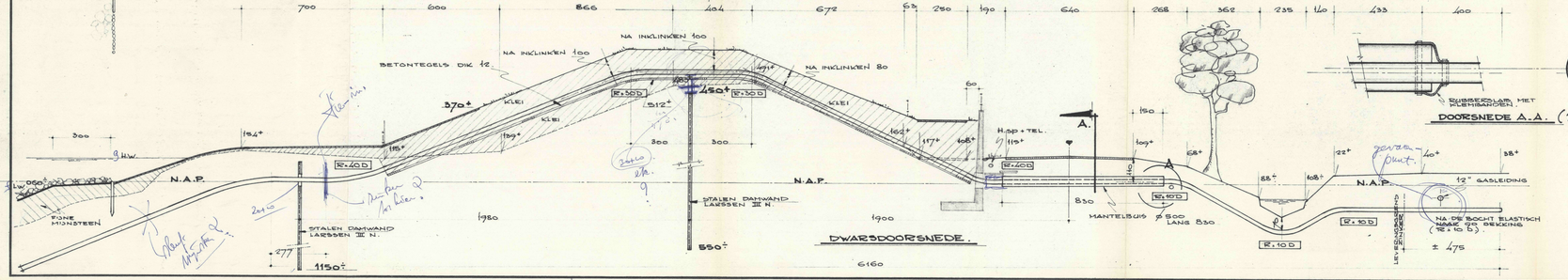
$\sigma_{y.p}$ + reductie $= 937 - 10 = 926$ kg/cm²

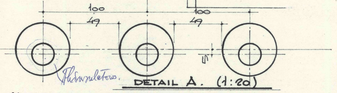
$\sigma_{y\,max} = 926 + 0.873 \times 22\cancel{6}5 - 4 = 922 + 19\cancel{7}6 = 111\cancel{9}8$ kg/cm²

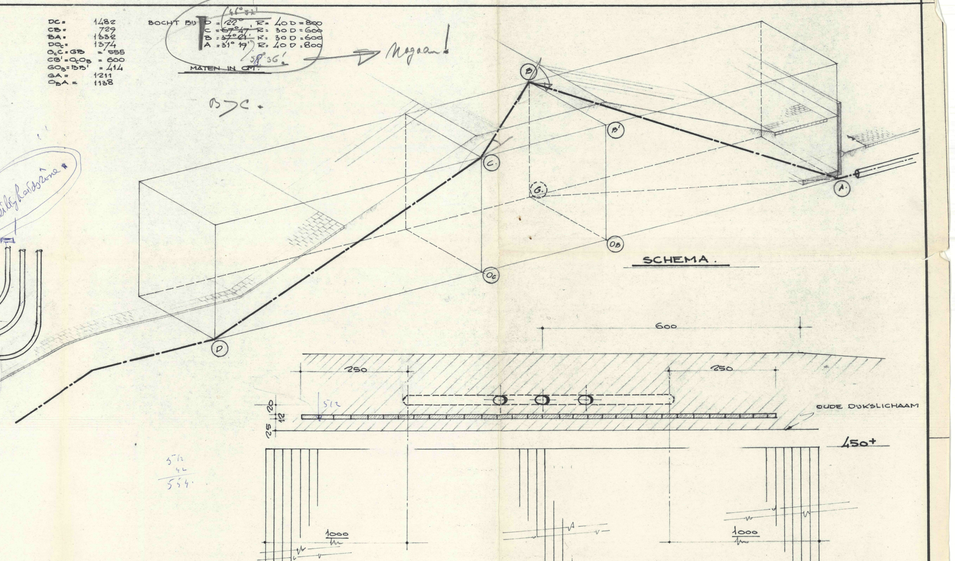
Spanningscombinatie:

Daar $\tau \approx 0$, is $\sigma_2 = \sigma_{x\,max} = 985$ kg/cm² en $\sigma_1 = \sigma_{y.max} = 111\cancel{9}8$ kg/cm² < 1206 kg/cm²









STAALKWALITEIT A.P.I. – 5L. GRADE B
DIAM. GEMV. ø 8 5/8" 219 mm
WANDDIKTE 3/8" 9,52 mm
SPANNING: STREUK = 4220 kg/cm²
STUIK = 2460 kg/cm²
WERKDRUK MAX 85 kg/cm²
PERSDRUK 120 kg/cm²

WIJZIGINGEN

WERK:

ONDERDEEL:
BIJLAGE BEREKENING DIJKSKRUISING 3ST 8" LEIDINGEN MET SPUIDIJKEN.
ZUIDOEVER

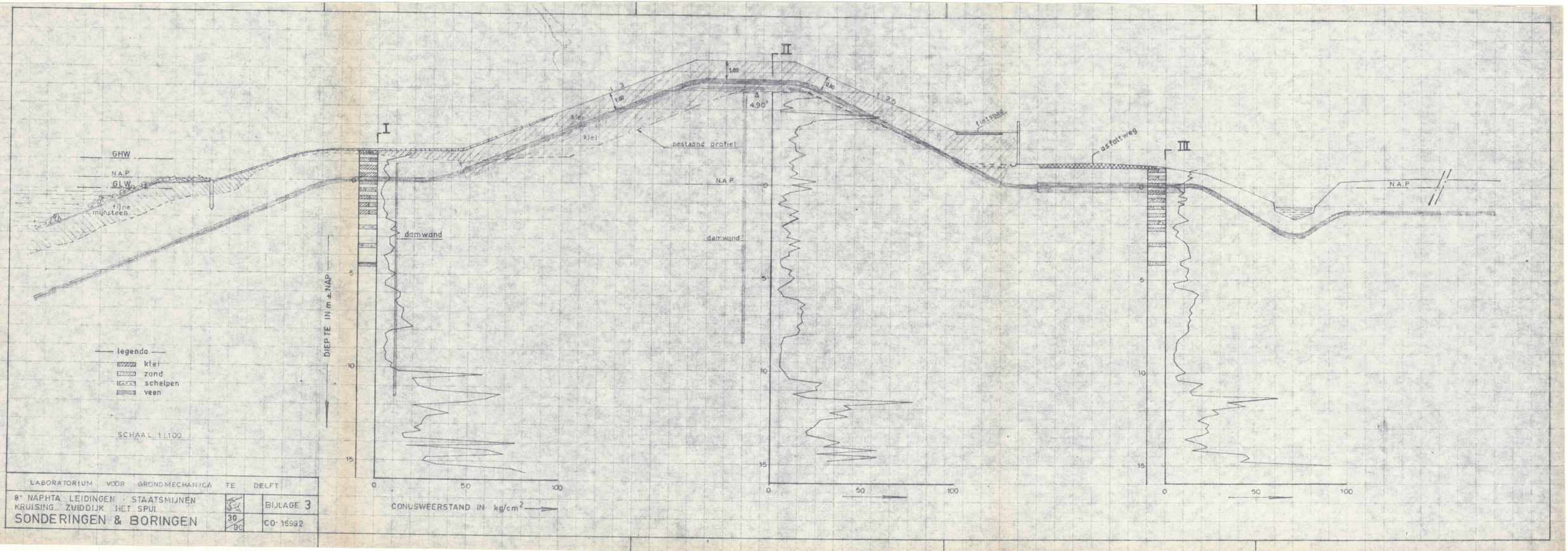
RAADGEVEND INGENIEURSBUREAU
Bish & Partners n.v.
KONINGINNEGRACHT 84-88, TEL. 116234*, 's-GRAVENHAGE

GETEKEND
GECONTR.
GEZIEN

SCHAAL: 1:100 & 1:50 1:20

WERK No: W670

BLAD No: 1.



LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

8" NAPHTA LEIDINGEN · STAATSMIJNEN
KRUISING ZUIDDIJK HET SPUI

SONDERINGEN & BORINGEN

30/90

BIJLAGE 3

CO 16992