15 AUGUSTUS 1930 — DE INGENIEUR — NUMMER 33

B. BOUW- EN WATERBOUWKUNDE 14.

INHOUD: Het weerstandsvermogen van beton en staal tegen vuur, door E. A. van Genderen Stort. — Werkwijze voor het afdammen van stroomend of aan getijbeweging onderhevig water, door ir. J. de Booy Jr. — Technische mededeelingen voor de Feestvergadering van het Kon. Instituut van Ingenieurs in Zuid Limburg I. — De Eerste Nederlandsche Cement Industrie te Maastricht. — Korte technische berichten: Betonviaduct nabij Berlijn.

Het weerstandsvermogen van beton en staal tegen vuur

door

E. A. VAN GENDEREN STORT.

Bij overwegingen omtrent het voor en tegen van staal of beton als bouwmateriaal, is vaak de meening, dat een betongebouw grooter weerstand aan het vuur biedt dan een stalen gebouw, maatgevend voor de keuze van beton. Het valt echter niet te ontkennen, dat de bouwmeester daarbij vaak blijk geeft van een niet geheel juist inzicht in deze kwestie en zich uitsluitend dus baseert op oppervlakkige redeneering of waarnemingen, in plaats van aan de hand van resultaten van proeven, van statistieken en andere gegevens een zeer uitvoerige studie van dit zeer belangrijke en niet minder gecompliceerde vraagstuk te maken, voor en aleer hij een materiaalkeuze doet.

In mijn opstellen over staal of gewapend beton voor groote gebouwen in het tijdschrift *Bouwbedrijf* van 1929, nummers 11, 12 en 13, heb ik zeer in het kort over deze kwestie geschreven. De belangstelling, die voor deze vluchtige beschouwing bleek te bestaan, motiveerde m. i. een uitvoeriger onderzoek in deze richting.

Het zal allereerst noodig zijn om te trachten een paar belangrijke vragen te beantwoorden en wel:

1. Wat moet men verstaan onder vuurweerstaandvermogen van een materiaal?
2. Waarom moet een gebouw vuurweerstaande eigenschappen bezitten?

Wat de eerste vraag betreft, dient er op gewezen te worden, dat in het algemeen, en niet alleen bij het leekenpubliek maar ook bij deskundigen, wanneer men spreekt over het weerstand bieden aan brand het begrip „Fireproof" naar voren komt. Men zegt dat een gebouw fireproof is, d. w. z. dat het vuur er niet den minsten invloed op heeft en gewoonlijk wordt dit woord in het Hollandsch vertaald door brandvrij, ja zelfs wordt er zoo hier en daar gesproken van onbrandbaar.

Het begrip fireproof of brandvrij dient men geheel te laten varen, want een werkelijk fireproof gebouw of materiaal bestaat niet. Reeds in 1903 werd op het „International fireprevention congress" te Londen de volgende resolutie aangenomen:

> 1) The Congress, having given their careful consideration to the common misuse of the term „fireproof", now indiscriminately, and often unsuitably, applied to many building materials and systems of building construction in use in Great Britain, have come to the conclusion that the avoidance of this term in general business, technical and legislative vocabulary is essential.
>
> 2) The Congress considers the term „fire-resisting" more applicable for general use, and that it more correctly describes the varying qualities of different materials and systems of construction intended to resist the effect of fire for shorter or longer periods, at high or low temperature, as the case may be; and they advocate the general adoption of this term in place of the word „fireproof".

Men zal er dus goed aan doen de begrippen brandvrij, vuurbestand, enz. die men zoo gaarne als Nederlandsche equivalenten voor „fireproof" gebruikt, te laten varen en daarvoor in de plaats te zetten het begrip weerstand biedend aan vuur of vuurweerstaand (fireresisting). Dit begrip duidt dus een eigenschap van een gebouw of een bouwmateriaal aan en heeft slechts een relatieve waarde ten opzichte van temperaturen en brandduur, m. a. w. alle bouwmaterialen, dus ook alle gebouwen worden na korteren of langeren tijd door het vuur aangetast, en de mindere of meerdere weerstand tegen de inwerking van de hitte bepaalt de waarde van het materiaal in een vuurweerstaand gebouw. Daaruit volgt, dat men alleen van een vuurweerstaand bouwwerk kan spreken met betrekking tot een bepaalde hoogste temperatuur en maximalen brandduur, en dat het zeker aanbeveling verdient om de vuurweerstaande vermogens van gebouwen in bepaalde klassen te verdeelen. Het is toch te begrijpen, dat een gewoon woonhuis van b.v. 2 étages, dat geheel vrij staat, niet aan dezelfde eischen zal behoeven te voldoen, wat vuurweerstaand vermogen betreft, als een dicht bevolkte huurkazerne van 12 étages hoog.

Wat de tweede vraag betreft, deze is in het algemeen moeilijk te beantwoorden. Men kan zeggen, dat er vier belanghebbenden zijn bij den meerderen of minderen weerstand, welke een gebouw tegen vuur biedt en wel:

1. de eigenaar van het gebouw;
2. de bewoners of gebruikers van het gebouw;
3. de brandweer, welke dan hier wordt beschouwd als vertegenwoordiger van de gemeentebelangen en de belangen der omwonenden;
4. de assurantiemaatschappijen, die het risico van brand op zich hebben genomen.

Wat het belang van den eigenaar betreft, hierover kan niet definitief uitsluitsel worden gegeven. Wanneer het gebouw in kwestie een fabriek betreft, welke in vol bedrijf is en hooge winsten afwerpt, dan zal het belang van den eigenaar er toe leiden, dat hij een brand als oneconomisch incident beschouwt. De gevolgen van zoo'n brand moeten zoo spoedig mogelijk opgeheven worden en de fabriek weer in bedrijf worden gesteld. Hij zal er dus het grootste belang bij hebben, dat de schade aan het gebouw zoo gering mogelijk is en beperkt blijft tot de ruimte waar de brand is uitgebroken, d. w. z. hij zal er voor moeten zorgen, dat het gebouw een zoo groot mogelijken weerstand biedt aan den invloed van het vuur. Men kan zich echter ook voorstellen, dat het bedrijf in de fabriek niet rendabel is en het bestaan van de industrie door allerlei invloeden bemoeilijkt wordt; gewoonlijk is de eigenaar dan geneigd om brand als een buitenkansje te beschouwen en hij zal er dan geen bezwaar tegen hebben, dat de geheele fabriek afbrandt en vernield wordt, ten einde een zoo hoog mogelijke uitkeering van de verzekeringsmaatschappijen te krijgen. Is het betreffende gebouw een woonhuis of kantoorgebouw, en wordt bij eventueelen brand de schade door verzekering gedekt, dan laat het den eigenaar gewoonlijk koud of het gebouw afgebrand is of niet. In het algemeen bestaat er zelfs een neiging om bij brand een volkomen vernieling te prefereeren, aangezien men met de ontvangen verzekeringspenningen veelal een nieuw en meer rendabel gebouw kan oprichten.

Uit deze paar voorbeelden, die natuurlijk met veel andere aangevuld kunnen worden, blijkt, dat op eenige uitzonderingen na, de eigenaar geen bijzonder belang bij een volkomen vuurweerstaand gebouw heeft.

De bewoners of gebruikers van het gebouw hebben een geheel andere interesse n.l. die van lijfsbehoud. Zij zullen eischen, dat bij het uitbreken van brand het gebouw veilig kan worden verlaten zonder dat zij gevaar loopen in de vlammen om te komen. Voor de gebruikers of bewoners speelt dus het vuurweerstaand vermogen wel een groote rol, doch alleen zoo lang als noodig is om zich in veiligheid te stellen. Er dient hierbij echter te worden opgemerkt, dat deze veiligheid niet in eerste instantie van het vuurweerstaand vermogen afhankelijk is, maar wel van de constructie van het gebouw, de uitgangen, nooduitgangen, brandtrappen, afsluitdeuren, enz. De tragische gebeurtenissen in het Iriquois Theater in Chicago en in het Aschbuilding in New-York hebben dit duidelijk bewezen. Deze beide gebouwen waren in hooge mate vuurweerstaand en eischten toch bij een korten brand honderden slachtoffers (Litt. 1).

Het belang van de brandweer bij het vuurweerstaand vermogen van een gebouw is twee-ledig. Ten eerste moet het met het blusschingswerk belaste personeel zoo min mogelijk gevaar loopen, en ten tweede moet de brand niet op in de nabijheid staande woningen of gebouwen kunnen overslaan.

Het meeste belang hebben de verzekeringsmaatschappijen bij den vuurweerstand van een gebouw. Hoe geringer de schade bij brand is, des te minder behoeven zij uit te keeren en het is dus te begrijpen, dat zij zullen aandringen op de toepassing van materialen en constructie, die de schade ook bij langdurigen brandtijd tot een minimum beperken. Het ligt derhalve op den weg van de verzekeringsmaatschappijen om uitvoerige statistieken over brand te voeren, om nauwkeurig onderzoek te doen naar het vuurweerstaand vermogen van bouwmaterialen en om de hoogte van de premie te berekenen naar de meerdere of mindere schade, welke een gebouw bij brand kan lijden. Ik meen hier te mogen opmerken, dat het verzamelen van dergelijke gegevens in Europa veel te wenschen overlaat, zoodat er nagenoeg geen statistisch materiaal bij Europeesche verzekeringsmaatschappijen verkrijgbaar is. In Amerika, waar de verzekeringsmaatschappijen tot een bond vereenigd zijn, de National Board of Fire Underwriters, staat deze statistiek, enz. op een hooge trap van ontwikkeling. Proeven daarvan vindt men in Litt. 1. Overigens kan worden verwezen naar de vele, door de "Board" uitgegeven tijdschriften en drukwerken, o. a. de *Building Code*. In Europa is het, voor zoover ik weet, alleen Engeland, die in dezelfde richting werkzaam is. De daar bestaande „National Fire Brigades' Association" geeft daartoe op ongeregelde tijden z.g. *Red Books* uit, waarin de ervaringen van branden en brandproeven verzameld worden.

Uit het bovenstaande blijkt onmiddellijk hoe tegenstrijdig vaak de belangen van de 4 belanghebbenden kunnen zijn. Vooral de eigenaar en de verzekeringsmaatschappijen hebben vaak geheel tegengestelde interessen. De eischen, die de brandweer en de bewoners kunnen stellen, gaan vrijwel parallel, maar behoeven uit den aard der zaak niet zoo zwaar te zijn.

Men zou dus wat vuurweerstaand vermogen betreft gebouwen in 3 verschillende soorten kunnen verdeelen en wel:

1. Niet vuurweerstaande gebouwen; dat zijn dezulke, waarbij geen bijzondere aandacht aan brandgevaar is besteed. Zij kunnen vervaardigd zijn op de gewone wijze, zooals dat bij kleine huizen in Holland gebruikelijk is; houten deuren, houten vloeren, enz.

2. Gebouwen, die gedurende korten tijd, b.v. ½ uur, weerstand aan het vuur kunnen bieden. Soortgelijke gebouwen zullen in het algemeen voldoende vuurweerstaand zijn, vooral wanneer men met eigen bluschmiddelen werkt, of wanneer het brandweerwezen in de betreffende gemeente op een zoo hooge trap van ontwikkeling staat, dat binnen korten tijd na het uitbreken van den brand met blusschen kan worden aangevangen. Ook zelfs, wanneer aan deze beide voorwaarden niet voldaan kan worden, maar de constructie van het gebouw er toe leidt, dat de brand tot de plaats van uitbreken beperkt blijft, b.v. door ijzeren deuren, rolluiken e. d. zal het voldoende zijn, wanneer de bouwmaterialen gedurende korten tijd weerstand aan den invloed van het vuur kunnen bieden.

3. Gebouwen met een hoog weerstands vermogen tegen vuur, b.v. gedurende 4 uren.

Uit deze korte inleiding moge blijken hoe gecompliceerd de kwestie van vuurweerstand is en hoe moeilijk het is om bepaalde voorschriften daarover op te stellen. Men kan zich best voorstellen, dat b.v. de bouwpolitie in een gemeente het reeds voldoende vindt, wanneer de dragende gedeelten van een gebouw na ½ uur aan het vuur te zijn blootgesteld, niet bezwijken, d. w. z. dat het gebouw bij een normalen brand blijft staan. Of daarbij echter het materiaal zoo sterk vernield is, dat het gebouw toch zal moeten worden afgebroken, is een kwestie waar de bouwpolitie zich niets van behoeft aan te trekken.

Als ander uiterste zou de verzekeringsmaatschappij kunnen voorschrijven, dat zij onder een vuurweerstaand gebouw een gebouw verstaan, dat, na eenige uren aan een hevigen brand te zijn blootgesteld, niet alleen niet instort, maar zelfs niet afgebroken behoeft te worden. Beide lichamen zouden dan geheel andere voorschriften geven voor hetgeen zij onder het vuurweerstaand vermogen van een gebouw verstaan. De definitie ervan is geheel afhankelijk van de belangen, die de betreffende bij den vuurweerstand heeft.

Als voorbeeld van een dergelijk verschil wordt hier de definitie van een vuurweerstaand gebouw vermeld, zooals die in Duitschland door een ministrieel besluit van 12 Maart 1925 en in Amerika door de „Building Code recommended by the National Board of Fire Underwriters" wordt gegeven.

In Duitschland kent men „feuerbeständige" en „feuerhemmende" bouwconstructies.

> „Als feuerbeständige gelten diejenigen Konstruktionen, welche an sich unverbrennlich sind, unter dem Einflusz des Brandes und des Löschwassers ihre Tragfähigkeit und ihr Gefüge nicht wesentlich verändern und den Durchgang des Feuers geraume Zeit verhindern. Bei der Erprobung einer neuen Konstruktion in den Materialprüfungsämtern wird verlangt, dasz die betreffende Konstruktion einer Feuersglut von 1000° mindestens ½ Stunde lang Widerstand leisten musz.
>
> Als feuerhemmend gelten Bauteile wenn sie ohne sofort selbst in Brand zu geraten, wenigstens ¼ Stunde lang dem Feuer erfolgreichen Widerstand leisten und den Durchgang des Feuers verhindern".

In de Building Code (uitgave 1931, nog niet verschenen!) vindt men:

> „Fireproof-construction", as applied to buildings, means that in which walls are of approved-masonry or reinforced-concrete; and the structural members of which have fire resistance ratings sufficient to withstand the hazard involved in the occupancy, but not less than a 4-hour rating for bearing walls, fire-walls, party-walls, isolated piers, columns, and wall-supporting girders; a 3-hour rating for walls and girders other than already specified, and for beams, floors, roofs and floor-fillings; a 2-hour rating for fire-partitions and in which only incombustible materials are used in the construction of other partitions".

De vraag, die thans beantwoord moet worden, is: welken invloed vuur op staal en beton heeft.

De invloed op staal is vrijwel bekend. Er worden daaromtrent bij verschillende staalsoorten nauwkeurige laboratoriumproeven genomen, waarbij proefstaven, gelijkmatig verhit, worden getrokken en waarbij wordt vastgesteld het verloop van de breukvastheid, de vloeigrens, de rek, enz. Uit dergelijke proeven is bekend geworden, dat bij verhooging van temperatuur de vastheidsgrenzen (breukgrens en vloeigrens) afnemen, terwijl de rek toeneemt. In fig. 1 is voor een bepaalde proefstaaf, waarvan bij kamertemperatuur de breukgrens ongeveer 3850 kg/qcm en de vloeigrens ca. 2500 kg/qcm bedroeg, het verloop van beiden bij temperatuursverhooging tot 600° voorgesteld.

BREUKSPANNING EN VLOEIGRENS IN VLOEISTAAL BIJ TOENEMENDE TEMPERATUUR.

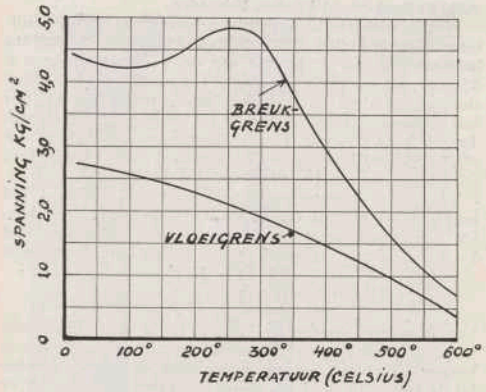


Fig. 1.

Men ziet uit deze voorstelling, dat de breukspanning tot 100° eerst afneemt, daarna tot 250° stijgt en vandaar zeer snel daalt. Het verloop van de vloeigrens is vrij regelmatig en neemt af tot bij 600° praktisch het materiaal plastisch wordt. Uit deze grafiek volgt, dat staal niet zonder meer een vuurweerstaand materiaal kan worden genoemd. Wel is waar dient men in het oog te houden, dat de hier verkregen resultaten gevonden zijn in een laboratorium en de praktische resultaten daarvan nog wel iets afwijken, maar wanneer men aanneemt, dat bij een gebouw de verhitting zoo gelijkmatig plaats vindt als in een laboratorium, dan zou daaruit blijken, dat bij ca. 400° het ijzer niet meer in staat is om de belasting te dragen, althans wanneer deze zoo hoog is dat er een materiaalspanning van ca. 1000 kg per qcm door ontstaat. Immers bij de temperatuur van 400° is de vloeigrens zoo laag gedaald, dat zij gelijk wordt aan de spanning, die in het materiaal heerscht, d. w. z. er is geen zekerheid meer aanwezig en het ijzer rekt of knikt.

Ten slotte moet nog worden vermeld, dat behalve de wijziging van vastheid ook de uitrekking van het ijzer, die ongeveer 0,000012 bedraagt, invloed op het brandweerstaand vermogen van het gebouw kan hebben. Dit is het geval, wanneer een gebouw b.v. uitgevoerd is met een inwendig geraamte en dragende buitenmuren, waarin de balken vast verankerd zijn. Door de uitzetting van het ijzer zullen dan de muren naar buiten gedrukt worden en bedenkelijke scheuren gaan vertoonen. Het draagvermogen van de muren kan daardoor zoo veel verminderd worden, dat instorting het gevolg ervan is.

Wat beton betreft, is de kwestie niet zoo eenvoudig na te gaan, hetgeen wel hoofdzakelijk daaraan moet toegeschreven worden, dat beton, zoowel wat samenstelling als vastheidseigenschappen betreft, een veel minder constant materiaal is dan staal.

Er zijn echter verscheidene materiaalproeven op dit gebied genomen, waarvan men een gedeeltelijk overzicht vindt in de Litt. 2. Van het meeste belang zijn waarschijnlijk de proeven geweest van WOOLSON (Litt. 3). Hoewel de resultaten zeer verschillend zijn, blijkt echter uit a deze proeven, dat beton zich ongeveer op dezelfde wijze gedraagt als staal, d. w. z. bij verhooging van temperatuur neemt de vastheid langzaam af; echter moet er hier op gewezen worden, dat dit uitsluitend geldt voor de drukvastheid. De trekvastheid heeft reeds sneller het nulpunt bereikt. Inmiddels is het voldoende, wanneer men alleen de drukvastheid in beschouwing brengt, aangezien het slechts zelden voorkomt, dat beton op trek behoeft te worden berekend. Verder bleek uit alle proeven, dat de toeslag in de beton een zeer groote rol speelt.

DRUKVASTHEID IN BETON BIJ TOENEMENDE TEMPERATUUR.

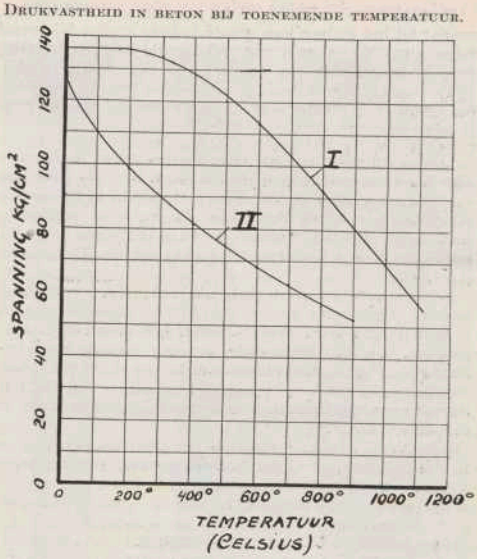


Fig. 2.

In fig. 2 is door de lijnen 1 en 2 het verloop van de drukvastheid van beton bij verhooging van temperatuur aangegeven (proeven van WOOLSON). Lijn 1 geldt voor een beton bestaande uit 1 deel cement, 2 zand en 4 steenslag (graniet, basalt, doleriet, enz.) lijn 2 geldt voor dezelfde samenstelling, maar met een toeslag van kalksteen. De proeven zijn alle genomen op kuben van 10.10.10 cm.

Prof. WOOLSON komt aan het eind van zijn zeer uitvoerige proeven tot de volgende conclusie:

1) That all concrete mixtures when heated throughout to a temperature of 1000° and 1500° F, will lose a large proportion of their strength and elasticity, and this fact must be well remembered in designing.

2) That all concretes have a very low thermal conductivity and therein lies their well-known heat-resisting properties.

3) That as a result of this low thermal conductivity, two to two and a half inches of concrete covering will protect reinforcing metal from injurious heat for the period of any ordinary conflagration (provided, of course, that the concrete stays in place during the fire.)

4) That reinforcing metal exposed to the fire will not convey by conductivity an injurious amount of heat to the embedded portion.

5) That the gravel concrete was not a reliable or safe fire-resisting aggregate.

Ten slotte dient nog te worden opgemerkt, dat het afnemen van drukvastheid van beton minder snel gaat dan het veranderen van de vloeigrens van staal. De trekvastheid in beton neemt echter veel sneller af en is bij een temperatuur van 4 à 500° reeds tot 0 gereduceerd.

Het blijkt dus, dat beton evenmin als staal een vuurweerstaand materiaal kan worden genoemd; echter zijn ook hier de laboratoriumproeven niet als een direct criterium te beschouwen. Men heeft dus de noodzakelijkheid gevoeld om de beide materialen op meer praktische wijze te onderzoeken.

Dergelijke proeven, die in min of meer geperfectioneerde ovens worden uitgevoerd, geven een juister, zij het dan ook nog niet een volkomen juist beeld van het vuurweerstaande vermogen van constructiestukken; zij geven alleen uitsluitsel over het gedrag van het materiaal of het stuk in een idealen brand, waarbij de temperatuur gelijkmatig toeneemt en overal gelijk is en de belasting gedurende de proef zoo groot mogelijk is.

Desalniettemin zijn dergelijke proeven van veel belang, omdat zij het gedrag van groote belaste deelen bij brand laten zien. Vooral zijn van belang die proeven, waarbij het constructiestuk, na een zekeren tijd verhit te zijn, gedurende eenige minuten met water wordt bespoten om zooveel mogelijk met brandblussching rekening te houden.

Dergelijke proeven op onbekleede stalen kolommen zijn het eerst genomen in het laboratorium te Hamburg in 1886, zijn later in Amerika herhaald in 1896 door de American Society of Mechanical Engineers in verbinding met eenige andere vereenigingen, en in 1917 door de National Board of Fire Underwriters en het Bureau of Standards (Litt. 4).

Zij bewezen het reeds bekende feit, dat onomkleede stalen kolommen na korten tijd (20 à 40 minuten) bij temperaturen van 600 à 700° C. onder hun normalen last bezwijken. De laatstgenoemde proeven toonen overigens duidelijk aan, dat slanke kolommen langer weerstand bieden dan korte, hetgeen natuurlijk het gevolg is van het feit, dat de materiaalspanning in een slanke kolom lager is dan in een korte.

Van veel belang zijn vooral de proeven, genomen op bekleede kolommen (Litt. 4). Deze kunnen in drie groepen verdeeld worden en wel:

a) bekleed met metaalgaas waarop cement (ommanteling);
b) bekleed met beton (betonneering);
c) bekleed met metselwerk (inmetseling).

Wat de proeven van groep *a* betreft, bleek de weerstandsduur bij een manteldikte van 1″ (2,5 cm) 1 uur en 7 minuten te bedragen; bij bekleeding met een cementlaag van $1^1/_8$″ (29 mm) bezweek de kolom eerst na 1 uur 24 minuten. De bekleeding met een dubbelen mantel, elk $^7/_8$″ (23 mm) dik met 20 mm luchtruimte, bleek een weerstandsduur van 2 uur 24 minuten op te leveren.

Gebetonneerde kolommen gaven nog veel gunstiger resultaten. Hierbij bleek duidelijk, dat met verschillende soorten toeslag geheel verschillende resultaten worden bereikt. Over het algemeen voldeed een toeslag van kalksteen (Chicago-limestone) het beste. Bij een betondikte van 2″ (5,1 cm) en een menging 1 : 2 : 4 was de weerstandsduur 6 uur 33 minuten en 7 uur 9 minuten, en bezweken de kolommen pas bij een oventemperatuur van resp. 1150° en 1200° C.

Bij een betondikte van 4″ (10,2 cm) en een menging 1 : 3 : 5 en gedeeltelijk 1 : 2 : 4 konden de proeven meer dan 8 uur worden voortgezet zonder dat de kolommen bezweken. De temperaturen in den oven liepen daarbij op tot 1250 à 1300° C.

Er moet hier even worden stilgestaan bij de wijze waarop de kolommen berekend en belast werden.

De toelaatbare spanning in het materiaal werd berekend volgens de formule

$$\sigma = 1125 - 4{,}92\,\lambda$$

Gedurende de proef werd de kolom zoodanig belast, dat deze spanning werkelijk optrad. Wanneer de kolom 8 branduren had doorstaan zonder te bezwijken, dan voerde men onmiddellijk de belasting zoo hoog op, dat de kolom alsnog uitknikte om aldus de zekerheid na 8 branduren te kunnen bepalen.

Op deze wijze vond men voor de hierboven vermelde kolommen de volgende waarden:

Proef No. ...	33	33A	35	41	42
Belasting in t.	54,2	54,2	54,2	47,6	47,6
Kniklast in t	196,0	184,0	158,0	151,0	152,0
Zekerheid ...	3,62	3,40	2,92	3,17	3,19

Hieruit blijkt, dat de kolommen dus na ruim 8 branduren nagenoeg niet van de hitte hadden geleden en hun volle knikzekerheid hadden behouden.

Wat de ommetselde kolommen betreft, waren de resultaten zeer verschillend. Bij toepassing van goede terracotta holsteen van ca. 5 cm dik was de weerstandsduur 3 à $3^1/_2$ uur; bij een dikte van ca. 10 cm ca. $3^1/_2$ à 4 uur. Massieve gipsblokken van 5 cm konden het metaal ca. $2^1/_2$ uur beschermen; bij een dikte van 10 cm bedroeg de weerstandsduur $4^3/_4$ tot $6^1/_2$ uur. Een omkleeding van baksteen van $3^3/_4$″ (9,5 cm) beschermde de kolom 7 uur 13 minuten, alles bij temperaturen van 1000 tot 1200° C.

Van de 6 onderzochte betonkolommen hielden 4 het langer dan 8 uur uit, terwijl 2 binnen de 8 uur bezweken. De kolommen, waarvan de beton een verhouding had 1 : 2 : 4, waren berekend op een toelaatbare drukkracht

$$P = 32\,(F_b + 15\,F_y)$$

voor de verticaal bewapende en

$$P = 46\,(F_b + 15\,F_y)$$

voor de spiraal-bewapende. Evenals bij de stalen kolommen werd direct na de proef de belasting verhoogd tot de kolom bezweek. Er moet nog worden vermeld, dat de bewapening bij de kolom 70 ca. 7 cm onder de oppervlakte lag, bij 72 was deze maat 75 mm bij 74 en 75, 50 mm. Kolom 70 was vierkant, de overige waren rond. Men vond:

Proef No.	70	72	74	75
Belasting in t .	45,8	48,8	58,5	58,5
Kniklast in t .	133,0	113,0	110,0	74,0
Zekerheid	2,91	2,31	1,88	1,26

Er blijkt dus uit, dat de beton zich na een verhitting van 8 uren minder goed hield: de zekerheid van de kolommen is sterk achteruitgegaan. Bovendien bleek het, dat eenigen tijd na aanvang van de proef de beton begon te barsten of andere defecten vertoonde.

Van bijzonder belang zijn nog de proeven (Litt. 4), waarbij de kolommen na een uur verhit te zijn gedurende vijf minuten met waterstralen onder een druk van ca. $3^1/_2$ kg/qcm bespoten werden. Na afkoeling werden de kolommen tot de breuk toe belast, terwijl enkele een overbelasting van 100 % kregen. Bij de stalen kolommen werd zoo mogelijk de mantel verwijderd voor de overbelasting werd aangebracht.

Bij deze proeven behielden de stalen kolommen, die een omkleeding hadden van 2″ beton, bemetseling of 2 × ¾″ cement op metaalgaas alle haar volledig draagvermogen; de bekleeding of bemetseling werd door het bespuiten eenigermate beschadigd.

De betonkolommen bleken ook de proef te kunnen doorstaan, maar door het bespuiten werd de buitenste laag beton van ca. $1^1/_2$ à 2″ dikte nagenoeg geheel verwijderd, zoodat voor het grootste deel de bewapening bloot kwam. In fig. 3 is een bemetselde stalen kolom afgebeeld zooals hij er uitzag na een uur te zijn verhit, na 5 minuten te zijn bespoten en na een overbelasting tot de breuk. Fig. 4 geeft hetzelfde beeld van een betonkolom.

Een tweede groep proeven, welke zeker ook volle aandacht verdienen, zijn die, welke door „The British Fire Prevention Committee" op vloerplaten van beton genomen zijn (Litt. 5). Er werden beproefd 92 platen van ongewapend beton. De afmetingen waren 10′ × 2′9″ × $5^1/_2$″. De platen waren belast met ca. 1100 kg/m². Zij werden gedurende 3 uur eenzijdig aan een temperatuur van ca. 1000° C. blootgesteld en daarna gedurende 2 minuten met water bespoten. De beton had een menging 1 : 2 : 4 en verschillenden toeslag.

Over het algemeen bleken de platen niet aan de gestelde eischen te voldoen. Verschillende storten reeds in na $1^1/_2$

BEKLEED STALEN KOLOM VOOR EN NA DE VUUR- EN WATERPROEF.

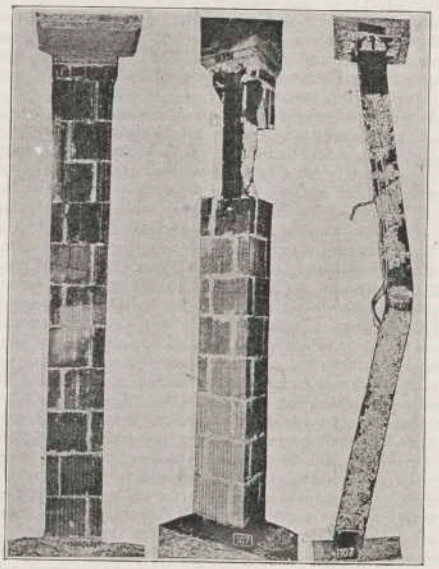


Fig. 3.

BETONKOLOM VOOR EN NA DE VUUR- EN WATERPROEF.

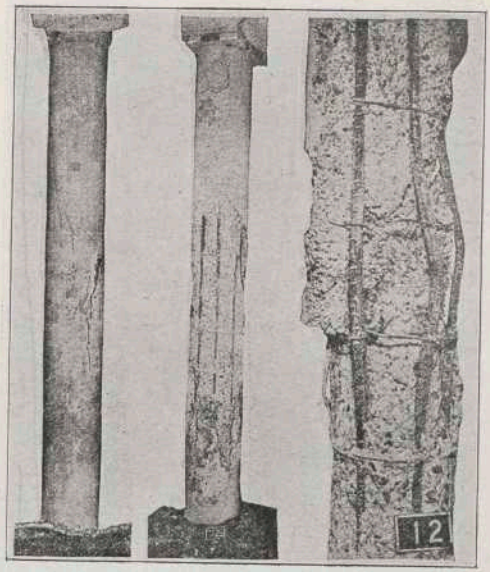


Fig. 4.

branduren en de platen, die de proef doorstonden, bleken veel van hun draagvermogen te hebben verloren.

Er werden verder beproefd 76 platen van gewapend beton, alle 10′ × 10′ groot en belast met 820 kg/m². De betondikte buiten de bewapening was ½″ of 1′.

Van deze 76 platen werden 24 binnen 3 uur door het vuur vernield. De overige platen vertoonden alle groote doorbuigingen tot ongeveer 25 cm.

Men ziet uit deze proeven, dat de op buiging belaste beton veel minder weerstand tegen vuur biedt dan die deelen, welke op druk belast zijn. Dit nu kan geen verwondering wekken. Beton kan een betrekkelijk grooten druk doorstaan maar nagenoeg geen trek. Bij een belasten betonbalk zullen dus in de trekzône scheurtjes ontstaan, die bij verhitting grooter worden en oorzaak zijn dat de temperatuur van de bewapening te hoog wordt. Want ook de niet ingestorte vloerplaten zijn practisch vernield tengevolge van de groote doorbuigingen en de daarbij noodzakelijk optredende scheuren tengevolge van het overmatig rekken der bewapening.

Bekleede stalen balken houden zich in het vuur dan ook veel beter. Ten eerste is de ijzermassa veel grooter en de tijd om deze massa te verhitten is dus langer dan die, welke noodig is voor het verwarmen van de betrekkelijk dunne bewapeningsstaven. Maar bovendien heeft het doorzakken van een balk nog geen breuk tengevolge en er moet heel wat gebeuren voor werkelijk zoo'n balk bezwijkt.

Laboratoriumproeven over den vuurweerstand van bekleede stalen balken zijn mij niet bekend. In Amerika neemt men een volkomen analogie aan met bekleede kolommen, hetgeen wel juist zal zijn, aangezien staal ongeveer evenveel weerstand biedt tegen trek als tegen druk.

Ten slotte dient nog de aandacht gevestigd te worden op de uitzetting van beton door temperatuursverhooging. Ook deze waarde is in hooge mate afhankelijk van de samenstelling van het beton. In het algemeen kan men echter zeggen, dat hij nagenoeg even groot is als die van staal. Dit is wel van voordeel met het oog op de samenwerking tusschen beton en staal bij temperatuursverhooging, maar heeft andere nadeelige gevolgen, zooals straks zal worden aangetoond.

Uit de boven vermelde proeven zou men dus moeten concludeeren, dat goed omkleed staal beter weerstand biedt aan hooge temperaturen dan beton.

Dit geldt nog meer voor balken dan voor kolommen.

Voor normale branden kunnen beide bouwwijzen als vuurweerstaand worden gekenmerkt in zooverre, dat zij noch voor de bewoners van het gebouw, noch voor de brandweer of de gemeente eenig gevaar opleveren. Aangezien echter het staal zijn volle draagvermogen heeft behouden, maar beton nog al beschadigd wordt en een groot deel van zijn draagvermogen inboet, is het risico voor den verzekeraar bij toepassing van omkleed staal geringer dan bij toepassing van beton.

De hierboven beschreven proeven zijn alle min of meer laboratoriumproeven, die, zooals reeds gezegd is, onder ideale omstandigheden zijn uitgevoerd. In bijna alle branden zijn de omstandigheden anders: de temperatuur neemt niet regelmatig toe, maar is sterk afwisselend; het verhitte materiaal wordt telkens weer door water getroffen; men heeft niet te doen met één balk of één kolom, maar met een min of meer stijf samenstel van balken en kolommen.

Deze omstandigheden oefenen een slechten invloed uit wat betreft beton en een goeden invloed op staal.

De niet regelmatige verhitting en het herhaaldelijk bespuiten van de gloeiende massa veroorzaakt bij beton scheuren en is oorzaak van het verdwijnen van de buitenste, door het vuur uitgedroogde betonlagen, dus het blootkomen van de bewapening. Bij staal hebben deze omstandigheden alleen tengevolge, dat de temperatuur van het materiaal minder snel toeneemt en de grens van het draagvermogen dus minder snel bereikt wordt. Voorwaarde daarbij is natuurlijk, dat de omkleeding door het bespuiten niet losraakt.

En wat het stijve samenstel der constructie betreft, de elasticiteit van staal brengt mede, dat door de uitzetting door warmte geenerlei schaden aan het geraamte ontstaan.

GESCHEURD KNOOPPUNT VAN EEN BETONCONSTRUCTIE.

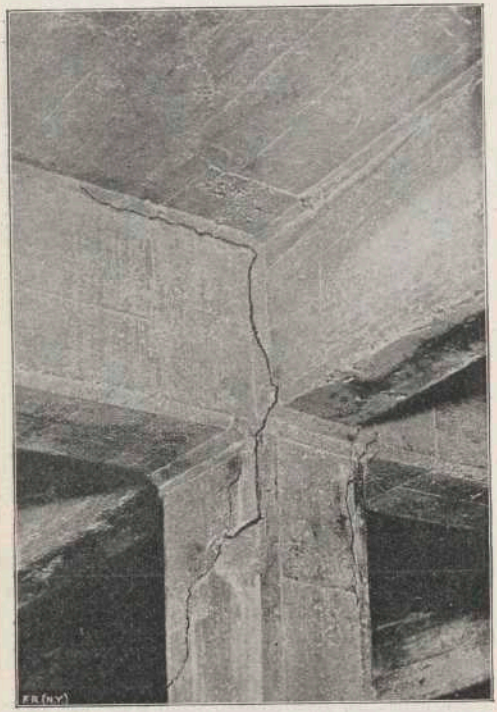


Fig. 5.

Deze deformatie zal bij beton echter scheuren en breuk tengevolge hebben. In fig. 5 is een aldus ontstane typische scheur afgebeeld.

Hieruit zou dus volgen, dat bekleed staal zich beter houdt, dan de proeven doen vermoeden, terwijl beton integendeel tot teleurstelling aanleiding zou geven.

Een vergelijking van de waarnemingen van plaatsgehad hebbende branden zal aantoonen, dat deze conclusie over het algemeen juist is. Te dien einde zullen eenige branden in gebouwen van beton of bekleed staal nader in beschouwing komen.

Het is zeer bezwaarlijk om na den brand van een gebouw in Europa eenigszins exacte schadecijfers in handen te krijgen. De Amerikaansche verzekeringmaatschappijen verzamelen bij groote branden echter uitvoerige statistische gegevens over de schaden; een voorbeeld daarvan vindt men in Litt. 1 op blz. 200. Daar vindt men de schade in percenten van de bouwkosten van elk onderdeel van 8 z.g. „fireproof-gebouwen, welke den brand van Baltimore hebben doorstaan. Deze brand, die op 7 en 8 Februari 1904 de stad teisterde, duurde ca. 40 uren en vernielde ongeveer 2500 gebouwen. Ruim 90 % van deze gebouwen waren gewoon gebouwde huizen van 4 of 5 étages, die door het vuur totaal vernield werden. 27 Gebouwen maakten aanspraak op vuurweerstaande constructie, maar slechts 8 daarvan waren van een in die jaren als doeltreffend geldende bekleeding voorzien. De schade aan de verschillende deelen van de gebouwen, uitgedrukt in percenten van de kosten dier deelen, bedroeg: (zie onderstaande tabel).

De schade aan de geraamten der gebouwen 1, 2 en 8, die op een zoodanige wijze omkleed waren, dat zij ook volgens de tegenwoordige opvattingen nog als volkomen vuurweerstaand zouden worden beschouwd, bedroeg ongeveer 1 % van de opbouwwaarde van de geraamten. De belangrijke schade aan gebouw 5 is wel daaraan toe te schrijven dat de vloeren niet als voldoende vuurweerstaand bij zoo langdurigen brand kunnen worden gekenmerkt.

Deze vloeren bestonden uit I-balken, waartusschen toogjes gemetseld waren en waarover heen een 2″ planken vloer met hard houten dekvloer was gelegd. De ruimte tusschen de toogen en den vloer was niet gevuld, zoodat na het wegbranden van de vloeren, wat een kwestie van eenige uren zal zijn geweest, de bovenste helft van de balken onbeschermd was. Ook de onderflens van deze vloerliggers was niet tegen vuur beschermd, zoodat ook daar directe verhitting plaats vond. Er zijn in de constructie van dit gebouw nog eenige andere fouten aan te wijzen,

Nr.	GEBOUW	Fundamenten	Stalen geraamte	Metselwerk	Inrichting	Afwerking	Algemeene onkosten
1	Union Trust	1,4	1,03	57,2	56,7	98,0	70,0
2	Calvert	0,3	1,2	45,6	82,0	84,0	5,42
3	Herald	4,6	30,67	58,0	82,5	85,5	—
4	Continental	—	9,4	42,5	78,5	94,0	42,0
5	Equitable	—	42,5	69,0	52,0	89,5	77,0
6	Mer. Nat Bank	—	11,6	50,0	45,5	68,0	73,97
7	Maryland Trust	—	6,3	66,0	55,0	82,0	100,0
8	C. & P. Tel. Cr.	3,9	0,74	36,7	53,0	72,5	1,40

die alle tot de beschadiging van het geraamte hebben bijgedragen, maar niet in direct verband staan met de vuurweerstand van het materiaal.

Bij gebouw Nr. 3, wat hierna de meeste schade leed, waren soortgelijke fouten in de vloerconstructie gemaakt. De gebouwen 4, 6 en 7 waren beter uitgevoerd, doch ook hier had men vuurbeschermende constructies toegepast, die in den tegenwoordigen tijd niet meer zouden worden uitgevoerd. Van instorting is overigens bij geen van deze gebouwen sprake geweest. De groote schade aan de geraamten van de gebouwen 3 en 5 is hoofdzakelijk terug te voeren tot het doorzakken van vloeren en het daardoor kromtrekken van kolommen. Van de overige gebouwen zijn de geraamten, na kleine herstellingen, direct weer te gebruiken geweest.

Bij de andere groote branden in Amerika heeft men met gebouwen met stalen geraamten ongeveer dezelfde ervaringen opgedaan, zoodat in het algemeen kan worden gezegd, dat zelfs bij langdurige en felle branden en bij een goede bekleeding volgens den tegenwoordigen stand van de techniek de schade aan stalen geraamten lager is dan 5 % van de opbouwwaarde en gewoonlijk zelfs beduidend daaronder blijft. Alleen bij den brand van San Francisco werd grootere schade geleden, doch nauwkeurige gevolgtrekkingen zijn daaruit niet te maken, omdat men niet weet welk deel van de schade het gevolg is van den brand zelf en welk deel het gevolg is van de aardbeving.

Het is heel moeilijk om nauwkeurige gegevens in handen te krijgen over de schade, welke geleden is bij branden van omkleed stalen gebouwen in Europa of nog liever in Nederland. Het eenige voorbeeld van zoo'n gebouw in Nederland, dat een fellen brand heeft doorstaan en dat mij bekend is, is het Floratheater in de Amstelstraat te Amsterdam, dat in den winter van 1928 op 1929 afbrandde. Een beschrijving van dezen brand vindt men in Litt. 6.

Het „Flora-theater" was het type van een onvolkomen staalbouw. De kapspanten en de geheele balconconstructie met de daaronderstaande kolommen waren van staal, maar rustten op dragende buitenmuren. De kolommen bestonden uit kwadrantstaal met tusschengeklonken strippen; de balconconsóles waren vakwerken, die althans, wat het frontbalcon betreft, een groote overspanning en uitkraging hadden. De kapspanten waren eveneens vakwerken van eenigszins verouderde constructie (slappe trekdiagonalen). Het ijzerwerk was in dragende buitenmuren verankerd.

De kolommen waren bekleed met een cementlaag van ca. 3½ cm dikte, welke vastgehouden werd door een langsbewapening, bestaande uit 8 staaldraden. De balconstructie had een vloer en een plafond, bestaande uit steengaas met cementpleisterwerk. In het plafond waren echter gaten gespaard voor inbrengen van lampen.

Onder aan de kapspanten hing een gewelf van gepleisterd steengaas met in het midden de groote opening voor verlichting en ventilatie. De dakbedekking bestond uit een beschieting met zinkplaten.

De brand in de zaal van het theater brak ca. 5,15 des morgens (12 Februari 1929) uit. Om 8,10 was men den brand meester en kon het materiaal naar de kazernes teruggaan, hoewel het nablusschen nog eenige uren in beslag nam. Men mag dus zeggen dat de eigenlijke brand 3 uren duurde.

Wat de bereikte temperaturen betrof, hierover zijn geen gegevens bekend. Dat deze echter niet laag zijn geweest, blijkt daaruit, dat de drinkglazen, die na de avondvoorstelling op de balustrade waren blijven staan, gesmolten waren. Ook het brandscherm, dat zich overigens goed gehouden had, is helrood-gloeiend geweest. Vermoedelijk zullen de temperaturen dus hooger zijn geweest dan 800°. Men kan dus zeer zeker van een fellen brand spreken.

Hoewel de bescherming van het ijzer eenigszins primitief was, en vooral de constructie (gaten in de bescherming) te wenschen overliet, is aan het ijzerwerk practisch geen schade toegebracht. De kolommen, balken en vakwerken hebben de vuurproef volkomen doorstaan; geenerlei verbuigingen, verwringingen enz. heb ik kunnen constateeren. Alleen de nokgording boven de ventilatie-opening is sterk verbogen. Wel zijn natuurlijk de dragende buitenmuren ontzet en gescheurd, als gevolg van de uitzetting van de staalconstructie.

BALCON VAN HET FLORA-THEATER NA DEN BRAND.

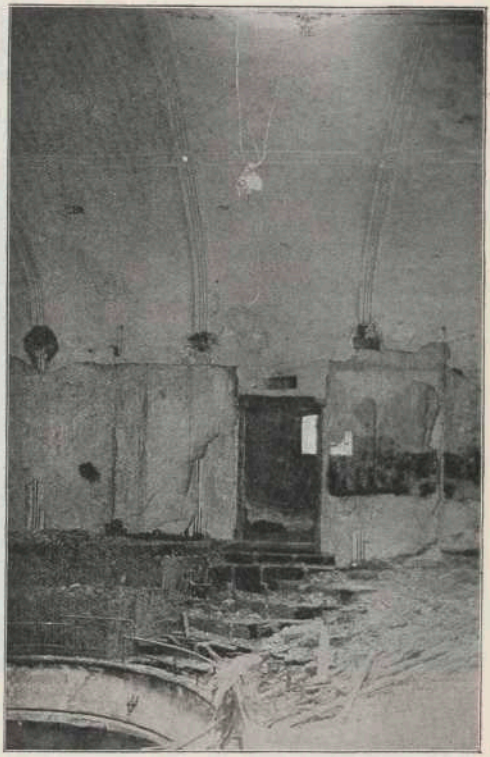


Fig. 6.

Fig. 6 en 7 illustreeren de bovenstaande beschrijving. In fig. 6 ziet men een deel van de balconconstructie en het gewelf onder de kapspanten. Fig. 7 doet den bovenkant van dat gewelf en de kapspanten zien.

Uit de bovenstaande beschrijving moge blijken, dat omkleede stalen gebouwen, zelfs wanneer de omkleeding uit steengaas met een cementlaag bestaat, ernstige branden kunnen doorstaan, zonder belangrijke schade te lijden. Wanneer het geraamte van het gebouw na den brand en na de afkoeling niet verbogen of gedeformeerd is, dan heeft men de zekerheid, dat het in een even goeden toestand verkeert als vóór den brand. Enkele balken, die b. v. doorgezakt zijn, kunnen op eenvoudig wijze door nieuwe worden vervangen. De bekleeding zal waarschijnlijk voor het grootste gedeelte vernieuwd moeten worden, maar het dragende gedeelte van het gebouw blijft in alle gevallen staan en heeft zijn waarde behouden.

Men wil vaak het tegendeel bewijzen door als voorbeeld aan te halen het Paleis van Volksvlijt en daarbij op te merken, dat ook deze staalconstructie voor een groot gedeelte bekleed was en toch geheel is ingestort. Het is misschien niet ondienstig er even op te wijzen, dat de bekleeding daarvan zeker niet een brandweerstaande kon worden genoemd. Deze toch bestond uit zoogenaamd Brabantsch werk en was dus zeer brandbaar. Dat deel van de ijzerconstructie, dat gedeeltelijk met steengaas

KAPSPANTEN VAN HET FLORA-THEATER NA DEN BRAND.

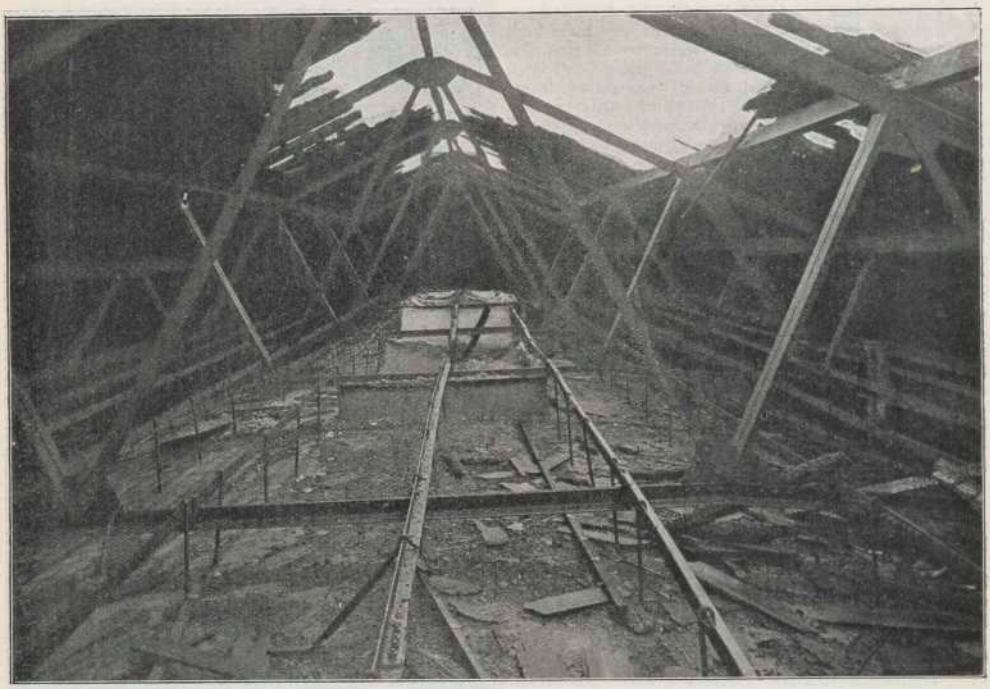


Fig. 7.

en cement was bekleed (tooneel) is blijven staan en heeft geen nadeeligen invloed van het vuur ondervonden.

Om de vraag te beantwoorden hoe of betonnen gebouwen zich in den brand houden, kunnen wij ons ook het allerbeste tot Amerika wenden, ten eerste omdat er de felste branden zijn voorgekomen en ten tweede, omdat in rapporten van commissies van onderzoek of andere deskundigen de meeste gegevens over den toestand van beton na een brand te vinden zijn.

Allereerst moet er op worden attent gemaakt, dat in de groote Amerikaansche branden b.v. dien van Baltimore, geen volledige betongebouwen stonden. Een uitzondering maakte daarop San Francisco, waar zulke gebouwen wel voorkwamen. Zij zijn voor een gedeelte ingestort, maar het is weer zeer moeilijk na te gaan, of deze instorting het gevolg is van den brand of van de aardbeving.

De meeste rapporten, die men over dezen brand vindt, b.v. van prof. SOULÉ, RICHARD HUMPHRY e. a., beschrijven uitsluitend de vuurisoleerende werking van beton, maar deelen weinig of niets mede over den toestand van dit materiaal na den brand. Alleen het rapport van Captain SEWELL (Litt. 7) bevat nadere bijzonderheden. Hij schrijft o. a.

> „concrete of any kind which has come through a fire in which the temperature has exceeded 700° or 800° F. is inevitably damaged in all cases, owing to the dehydration of the cement, although it may appear uninjured to the casual observer. This property of concrete, of maintaining a good face in spite of real and serious damage, is likely to lead the layman into dangerous conclusions, and consequently into equally dangerous practice".

Ook het rapport van een commissie van de American Society of Civil Engineers (Litt. 8) schrijft op een soortgelijke wijze.

> „The concrete is dry, and while in many cases hard, yet all the water has been burned out and it may be said to be destroyed, even if able to support weights".

Van buitengewoon belang zijn de waarnemingen, die gedaan zijn bij den brand in de fabrieken van de „Quaker Oats Company" te Peterboro in Canada. Een uitvoerige beschrijving ervan met vele photo's vindt men in Litt. 9. In dit werkje leest men 2 rapporten, uitgebracht door A. J. MYLREA, Inspector, Canadian Fire Underwriters' Association en T. D. Mylrea, Engineer of Tests, City Architects' Department. Er moet allereerst worden vermeld, dat deze brand buitengewoon hevig is geweest. De betongebouwen hebben het dan ook niet langer dan 6 uur uitgehouden en zijn voor het grootste gedeelte volledig ingestort,en daar, waar zij niet ingestort zijn, toch zoodanig beschadigd, dat zij geheel moesten worden afgebroken. Over den toestand van de kolommen zegt A. J. MYLREA:

> „the columns do not seem to have sustained much damage, but upon examination it was found that the surface of the concrete had been calcined to a depth from half an inch to an inch and beyond this, dehydration of the cement extended inward to an undetermined distance".

Wat betreft de vloeren vindt men:

> „There is no doubt, however, as to the condition of the floors for they sagged in practically every panel as may be seen in Figs. 20 to 25. Here, as in the columns, all surfaces have been calcined and large patches of the ceiling surface have fallen to the floor and crumbled into heaps of air-slacked lime. Upon examination of the concrete in numerous places on all stories, the floors were found to have been dehydrated completely through".

Van de in dit citaat genoemde afbeeldingen is in fig. 8 een specimen gegeven. Men ziet hier duidelijk den doorgezakten en beschadigden vloer en de geheel vernielde kolom.

KOLOM VAN DE QUAKER-OATS FABRIEKEN.



Fig. 8.

De schrijvers wijzen er in hun rapporten overigens op hoe geheel verkeerd het is om een betonnen gebouw als „Fireproof" te beschouwen.

Van buitengewoon belang is ook de beschrijving van een brand in een betongebouw dat men vindt in Litt. 10; ook hier komen de rapporteurs tot een zelfde conclusie, hoewel de brand van veel onschuldiger aard was.

De temperaturen kwamen niet veel hooger dan 850° à 950° C. en de brand duurde slechts eenige uren. Ik zou in herhalingen vervallen wanneer ook hier weer gedetailleerd de meeningen van deskundigen werden weergegeven. Men kan echter in het boek vinden een voorbericht en tevens samenvatting, geschreven door den heer ELLIS MARSLAND, die als een expert op het gebied van brand en brandschade bekend staat. (Hij is o. a. secretaris van de International Fire Service Council). Ik citeer uit het voorbericht het volgende:

„Our knowledge of the behaviour of reinforced concrete under fire conditions is gradually extending as reports come to hand from time to time, and it is interesting to observe that the same general features of damage obtain in each successive report, viz. the spalling of concrete, the exposure of the reinforcement in both columns and beams, and the collapse of some of the panels.

The conclusion one is tempted to arrive at is that the aggregate is alone at fault, although the section of the reinforcement with insufficient spacing may also be responsible.

The aggregate used in the building under review was quartz gravel, and a glance at the illustrations will be sufficient to show to what a serious extent the building was damaged by a fire that was not of excessive temperature or duration. In fact, the building will require extensive reconstruction and repair before it is again available for use.

It is also to be noted that the unequal expansion of the concrete frame in those parts of the building where the heat was greatest is responsible for horizontal and vertical cracks.

Owners of property are often led to believe that where reinforced concrete construction is used the damage in case of fire will be very limited, and there is all too great a tendency to generalize when speaking of this form of construction. Unfortunately, however, reinforced concrete, if of unsuitable material from the fire point of view whilst offering a higher degree of fire resistance than some of the older forms of construction, often requires the expenditure of a large sum in „taking down" in addition to the ordinary cost of reconstruction. This is unsatisfactory and affects the economic value of reinforced concrete".

De ervaringen, welke men dus in Amerika met beton als vuurweerstaand materiaal heeft opgedaan, kunnen niet zonder meer gunstig worden genoemd. Ook in Europa blijkt veelal de beton niet aan zulke hooge eischen, welke men meende er aan te kunnen stellen, te voldoen.

J. A. CARP'S GARENSPINNERIJ TE HELMOND NA DEN BRAND.

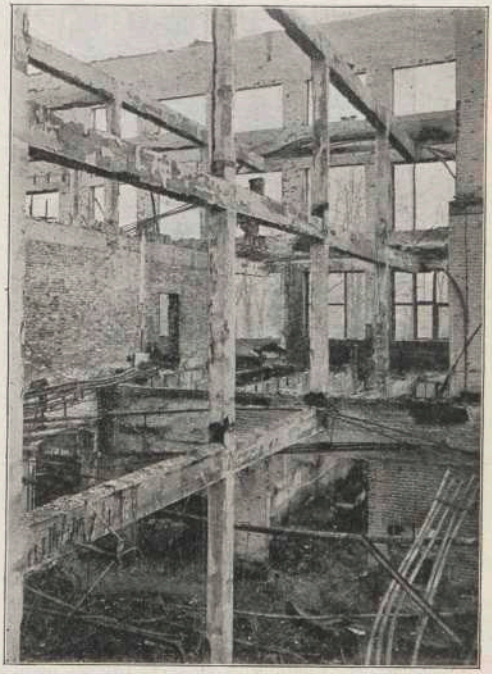


Fig. 9.

Het gebouw van Karstadt te Hamburg, dat voor eenige jaren afbrandde (Litt. 11), moest vrijwel geheel worden afgebroken. Het gebouw in Rotterdam van het „Katoenveem", dat ook eenige jaren geleden afbrandde, is eveneens bijna geheel verwoest en ook het inwendige betongeraamte van de garenfabriek van de firma Carp in Helmond bleek na een betrekkelijk korte, en zeker niet zware vuurproef niet meer als dragende constructie in aanmerking te kunnen komen. Van dezen laatsten brand wil ik nog een paar bijzonderheden mededeelen; door de welwillendheid van de Directie was ik n.l. in staat om het beton eenigermate nauwkeurig te onderzoeken. Het gebouw bestond uit dragende buitenmuren met een inwendig betongeraamte. Over dit geraamte waren houten vloeren gelegd, waarop de machines stonden. Kort na het uitbreken van den brand stortten de vloeren, die doorgebrand waren, naar beneden, zoodat het geraamte vrijwel alleen bleef staan. De temperatuur kan dus onmogelijk hoog zijn geweest en zal vermoedelijk 700° à 750° niet overschreden hebben. Het betongeraamte was dan ook oogenschijnlijk in zeer goede conditie, zooals uit fig. 9 blijkt. Wanneer men echter de balken en de kolommen beklopte, dan kreeg men den indruk, dat zij hol waren. Er was geen sprake van een steenachtigen klank. Dit moet natuurlijk teruggevoerd worden op het feit, dat zoowel de balken als de kolommen gescheurd waren en het bleek dan ook weinig moeite te kosten om stukken van 3 of 4 cm dikte te verwijderen. Fig. 10 doet een kolom zien na een dergelijke behandeling. In fig. 11 ziet men een kolom, waarin de scheuren duidelijk te zien zijn.

Ook bij den brand van de Quaker Oats fabriek, waarvan hier te voren reeds sprake was, heeft men bij de intact gebleven kolommen dezelfde ervaring opgedaan. T. D. MYLREA schrijft o. a. in zijn rapport:

„Curiously enough the shape and appearance of all

KOLOM IN CARP'S GARENSPINNERIJ.



Fig. 10.

KOLOM IN CARP'S GARENSPINNERIJ.

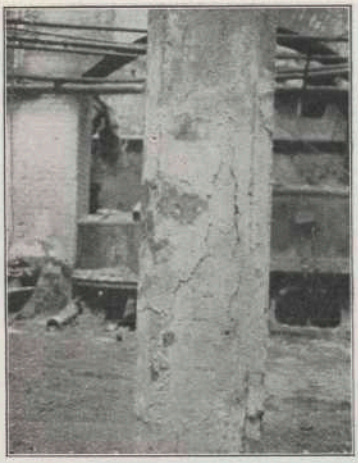


Fig. 11.

columns seem to have been little affected in comparison with the damage they sustained, for neither on the round, square nor octagonal ones was there much spalling. But with the exception of a few columns in the south end of the basement where there was little combustible material, the appearance is very deceptive. When struck they give out a sound like that produced when an empty box is struck, and on all columns a few light blows of a hammer will detach large pieces of concrete outside the hooping".

In het bovenstaande heb ik op grond van mijn waarnemingen en van bestaande literatuur getracht aan te toonen, dat een bekleed stalen gebouw beter en meer weerstand biedt aan het vuur dan een gebouw van gewapend beton. Voor de bewoners of gebruikers zal het weinig uitmaken van welk materiaal het gebouw vervaardigd is. De vuurweerstand van beide constructievormen toch is zoo groot, dat zeker alle aanwezigen bij het uitbreken van brand zich in veiligheid kunnen stellen, althans wanneer de inrichting niets te wenschen overlaat. Voor de assurantie-maatschappijen is de groote vuurweerstand van staalskeletgebouwen wel degelijk van belang en zal vermoedelijk in de toekomst er wel toe leiden, dat de premies ervoor lager zullen worden dan voor betongebouwen. In Amerika en ook in Duitschland worden hierover reeds onderhandelingen gevoerd. Dit wijzigen van de premies zal echter moeten gebeuren op grond van degelijke en uitvoerige statistieken, zooals de Amerikaansche verzekeraars die kennen. Het is te hopen, dat men eerlang in Europa ook zal overgaan tot deskundige beschrijving van door brand getroffen gebouwen, opdat men een overzicht krijgt van den meerderen of minderen vuurweerstand, die een bouwmateriaal biedt.

LITTERATUUR.

1. *Fire prevention and fire protection.* JOSEPH KENDALL FREITAG. Uitgever: John Wiley & Sons, London 1921.
2. *Einflüsse auf Beton.* Prof. Dr. Ing. A. KLEINLOGEL. Uitgever: Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 1925.
3. *Proceedings of the American Society for testing materials.* Vol. 5. 1905.
4. *Fire Tests of Building Columns.* Associated Factory Mutual Fire Insurance Companies, The National Board of Fire Underwriters and the Bureau of Standards, Department of Commerce. Uitgevers: Underwriters' Laboratories, Chicago, Illinois, 1917—1919.
5. *Redbooks of the British Fire Prevention Committee.* Nr. 258. Uitgever: British fire prevention committee, London 1918.
6. *Vuur en Water.* 1929, blz. 32. Uitgever: Johannes Morks, Den Haag. 1929.
7. *United States Geological Survey Bulletin.* Nr. 324, blz. 120.
8. *Transactions of the American Society of Civil Engineers.* Vol. LIX. Blz. 239.
9. *The Fire at the Quaker Oats Company's Premises.* Redbook Nr. 225. Uitgever: British fire prevention committee. London 1918.
10. *Fire in a reinforced concrete Warehouse.* Redbook Nr. 214. Uitgever: British fire prevention committee. London 1918.
11. *Der Bauingenieur* 1929, blz. 613.

Werkwijze voor het afdammen van stroomend of aan getijbeweging onderhevig water

door

ir. J. DE BOOY Jr.,
Directeur van Openbare Werken te Delft.

Mogelijkheden van toepassing *A* ter beperking van het risico bij de afsluiting van de Zuiderzee en *B* voor snelle dichting van dijkdoorbraken.

Van den Hoofdredacteur van *De Ingenieur* mocht ik in 1924 het vereerend verzoek ontvangen een artikel te publiceeren over het mij in 1922 verleende octrooi n°. 6667 betreffende het afdammen van stroomend of aan getijbeweging onderhevig water. Tot mijn groot leedwezen ontbrak mij toen echter de noodige gelegenheid en tijd om aan dat verzoek te voldoen, waarop door ir. R. A. VAN SANDICK het bedoelde octrooi, enkel voorzien van een kort voorwoord in *De Ingenieur* van 1924 n°. 10, is gepubliceerd.

Den laatsten tijd was ik echter in de gelegenheid mijn vroegere denkbeelden nader uit te werken, zoodat thans daaromtrent het onderstaande kan worden medegedeeld.

Teneinde niet in herhaling te vervallen, mag ik voor de teekeningen en de algemeene beschrijving wel verwijzen naar de publicatie in *De Ingenieur* van 1924 n°. 10 en hierbij volstaan met een kort overzicht van het principe van bedoelde werkwijze.

De groote moeilijkheid bij de afsluiting van stroomende wateren is de vernielende werking van dit water. Daarbij komt, dat bij afdammingen de stroomsnelheid in den regel toeneemt naarmate de af te dammen opening verkleind wordt. Het vraagstuk, hoe aan het ruwe geweld van het stroomende water weerstand kan worden geboden, is moeilijk en in enkele gevallen zelfs onoplosbaar. Mocht het gelukken dit moeilijke vraagstuk zoodanig te vervormen dat het teruggebracht wordt tot de vraag: „Hoe moet worden weerstand geboden aan een beperkte waterdrukhoogte zonder strooming, dus aan bepaalden statischen druk," dan zou de moeilijkheid zijn omzeild en zou de oplossing zeer eenvoudig zijn.

Een zoodanige vervorming is n.m.m. zeer zeker mogelijk. Men heeft daartoe slechts achtereenvolgens naast elkander op den bodem neer te laten primitieve uitwateringssluizen met beweegbare waterkeeringen (b.v. schuiven). Zijn de waterkeeringen geopend, dan stroomt het water onbelemmerd door de sluizen, zoodat door den stroom nagenoeg geen weerstand wordt ondervonden, (het doorstroomingsprofiel wordt slechts met ongeveer $^1/_{10}$ gedeelte verminderd) waardoor men rustig kan doorwerken totdat alle sluizen naast elkander zijn gesteld en goed aaneensluitend en waterdicht aan elkander zijn verbonden.

Is nu de geheele af te sluiten opening van deze sluizen voorzien, en is een behoorlijke aansluiting van de sluizen op den bodem verzekerd, dan worden op een gegeven dag, liefst op het moment, dat er geen of weinig stroom is, alle schuiven tegelijk neergelaten en is daarmede de afsluiting volbracht. Op de constructie werken dan verder alleen de statische krachten (waterdruk enz.) en dient zij (de constructie) daarop te zijn berekend. Doordat geen stroom meer plaats vindt, kan de verdere dam of dijkconstructie (b.v. door opspuiting met zand) zonder eenige moeite snel worden uitgevoerd.

Het voordeel van deze werkwijze is dus hierin gelegen, dat, indien een goede waterdichte aansluiting op den bodem is verkregen, de constructie niet berekend behoeft te zijn op het ruwe geweld van het opgestuwde en tot zeer snelle strooming gebrachte water, doch enkel weerstand behoeft te bieden aan een bepaalde waterdrukhoogte.

De toepassing van dit denkbeeld is door mij voor de volgende gevallen nagegaan.

A. Waar thans aller oogen zijn gericht op het groote nationale werk, n.l. de afsluiting der Zuiderzee, ligt het voor de hand, dat door mij in de eerste plaats is onderzocht op welke wijze bij de afsluitingswerken met succes van bovenstaande werkwijze gebruik gemaakt zou kunnen worden.

B. Een volgende toepassing der werkwijze is nagegaan voor een geval, waarbij door het geweld van het stroomende water veel moeilijkheden worden ondervonden, n.l. bij dijkdoorbraken, hetzij tengevolge van den druk van het buitenwater, hetzij (in oorlogstijd) tengevolge van plaatselijke vernieling door vijandelijke springmiddelen.

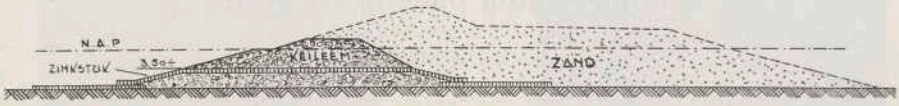
A. Mogelijkheid van toepassing ter beperking van het risico bij de afsluiting der Zuiderzee. In tegenstelling met de vroegere voorstellen (nl. volledige afsluiting van het sluitgat door betonconstructies) wordt thans voorgesteld om, in combinatie met de keileemafsluiting, slechts een deel van het sluitgat met behulp van betonconstructies te dichten.

Beschrijving der huidige plannen en voorstel ter beperking van het risico.

De afsluitdijk der Zuiderzee moet worden gelegd in een sterk aan getijbeweging en aan stroom onderhevig gedeelte der Zuiderzee. Naarmate een grooter deel van den dijk gereed komt, treedt in het overschietende gedeelte een feller stroom op. Deze stroomsnelheid neemt in zoodanige mate toe, dat het niet mogelijk is alle deelen van den dijk op dezelfde wijze aan te leggen. Voor het laatste gedeelte aan te leggen dijk zal deze stroomsnelheid zóó groot worden, dat speciale maatregelen voor den aanleg moeten worden genomen. De openingen in den dijk, wier dichting tot het laatste is uitgesteld en waarbij zeer speciale maatregelen voor den dijkaanleg moeten worden genomen, vormen te zamen de sluitgaten. De afsluiting van de sluitgaten moet worden beschouwd als het essentieele gedeelte van de afsluiting van de Zuiderzee.

Volgens mededeeling van den Directeur-Generaal der Zuiderzeewerken zullen deze sluitgaten te zamen 4 km lang worden, waarvan een lengte van 1½ km zal voorkomen in het Oostelijk gedeelte van den afsluitdijk, n.l. bij de stroomgeul genaamd de Middelgronden en over een lengte van ± 2½ km in het Westelijk deel, n.l. bij de stroomgeul de Vlieter. De sluitgaten zijn geprojecteerd ter plaatse van de stroomgeulen, omdat daar een groot gedeelte van de waterbeweging der Zuiderzee plaats vindt, welke waterbeweging men tot het laatste moment toe zoo weinig mogelijk wil verstoren. De voorgenomen werkwijze in de sluitgaten is als volgt. De beide diepe geulen, de Middelgronden en de Vlieter worden eerst „beteugeld", d.w.z. onder water wordt door storting van keileem eerst een drempel (n.l. een onder water gelegen dam) in die geulen gevormd, welke tegen uitschuring beschermd wordt door extra zware en extra sterke zinkstukken. De drempel krijgt over een lengte van 300 m een breedte van 48 m en een hoogte (onder water) van 4.50 m — N.A.P. en over de verdere lengte een breedte van 40 m en een hoogte (onder water) van 3,50 m — N.A.P. Van de beteugeling zijn thans gereed de onderwater-dammen bij de Middelgronden, terwijl de beteugelingsdammen in de Vlieter nu in uitvoering zijn. De constructie dezer dammen is zoodanig, dat zij zonder bezwaar de winterstormen kunnen doormaken. Is nu de dijk buiten de sluitgaten gereed gekomen (naar verwachting omstreeks 1931), dan wordt

KEILEEMDAM MET VERDERE AFWERKING. (schetsmatig aangegeven).
Dwarsdoorsnede.



Schaal 1: 1000.
Fig. 1.

in het volgende seizoen (1932) op den totaal 4 km lange drempel een dam van keileem gestort, die tot boven den waterspiegel reikt, waarmede dus de waterstroom zal zijn afgesloten, zoodat in het dan stilstaande water het definitieve dijksprofiel gemakkelijk (in hoofdzaak door zandopspuiting) zal kunnen worden aangebracht. Voor toelichting hiervan wordt verwezen naar fig. 1.

Een bezwaar, hetwelk aan deze werkwijze is verbonden, is, dat de keileemdam tijdens het storten op geen enkele wijze tegen te sterke stroomen is beschermd. Wel is waar is de keileem tegen een vrij groote stroomsnelheid bestand, hetgeen ook bij de afsluiting van het Amsteldiep kon worden waargenomen, doch er zijn natuurlijk grenzen. Aangenomen, wordt, dat bij normaal weer de keileemdam van den stroom geen hinder zal hebben. Indien echter bij een hevigen storm de waterspiegel wordt opgezet, als al het water naar de nauwe openingen van te zamen 4 km wordt opgedrongen en een zeer sterke stroom en golfslag ontstaat, is er m.i. slechts een zeer geringe kans, dat de onbeschermde dam onaangetast zal blijven. Door de Directie der Zuiderzeewerken wordt aangenomen, dat de werkzaamheden zijn geëindigd vóór 15 Augustus van het sluitingsjaar, na welken datum de meer ernstige zomerstormen zijn te wachten. Wie echter zal kunnen garandeeren, dat extra hevige stormen in het sluitingsjaar niet juist eerder, b.v. in het begin van Augustus zullen optreden? Gelukt het niet om de door zoo'n ontijdigen storm aangebrachte schade vóór het einde van het werkseizoen te herstellen, dan zal de onder water gelegen en onafgewerkte keileemdam den winter moeten doormaken en is de kans zeer groot, dat de dam door de zware winterstormen in zijn geheel zal worden weggeslagen. In het nieuwe seizoen zal dan moeten worden begonnen met dezelfde kwade kansen als in het vorige.

De kansen van vernieling beperken zich niet alleen tot een mogelijk optreden van een hevigen zomerstorm. Integendeel, er zijn verschillende andere factoren, die tot noodlottige gevolgen kunnen leiden. Zoo kan het zijn, dat, door het lang aanhouden van ruw weer in het voorjaar, in het sluitingsjaar pas later met het werk begonnen kan worden, dan waarop gerekend is. Zoo kan ook een onverwacht laat optredende voorjaarsstorm de eerste keileemstortingen op den drempel wegspoelen. Ook is het mogelijk, dat door aanhoudend minder gunstig zomerweer geruimen tijd niet met volle kracht zal kunnen worden gewerkt. Tenslotte zijn arbeidsconflicten niet uitgesloten, hetzij bij het werk zelf, hetzij bij den aanvoer van grondstoffen. Al deze opgesomde factoren kunnen even zoovele mogelijke oorzaken zijn van zoodanige vertraging der oplevering, dat deze pas na 15 Augustus plaats heeft, dus in het tijdperk, waarin de zware zomerstormen zijn te verwachten.

Wel is waar zal de schade steeds worden beperkt tot de keileemopstorting zelf, en zal de met zinkstukken beschermde drempel niet behoeven te worden aangetast, doch de kosten der vernieling zouden reeds buitengewoon groot zijn. Bovendien is de mogelijkheid, dat het geheele werk van één seizoen in den winter zou worden weggespoeld, op zich zelf wel zoo bijzonder onaangenaam en voor ons nationaal gevoel zoo pijnlijk, dat n.m.m. alles dient te worden aangewend om dat te voorkomen.

Natuurlijk zullen door de Directie der Zuiderzeewerken zoodanige maatregelen zijn genomen, dat reserve in tijd aanwezig is, doch de werkwijze brengt mede, dat deze reserve slechts beperkt kan zijn.

Nu is het juist het voordeel der door mij aanbevolen constructies, dat deze reserve daarbij geheel naar wensch en naar behoefte kan worden uitgebreid. Natuurlijk zou de volledige en maximum reserve worden verkregen, indien de volle 4 km sluitgat voorzien werd van de hulpsluisjes, doch nu de keileem als dichtingsmateriaal goed heeft voldaan komt het mij voor, dat het uit practisch oogpunt niet noodig en uit een kosten-oogpunt zelfs zeer bedenkelijk zou zijn om het volle sluitgat van de betonconstructies te voorzien.

Daarom wordt thans voorgesteld, om *in tegenstelling met hetgeen vroeger is beoogd*, slechts een deel van het sluitgat van de betonconstructies te voorzien en dus de hulpsluisjes slechts te bezigen *in combinatie met en als aanvulling van* de constructie met de keileemstorting. Teneinde deze nieuwe toepassing van de hulpsluisconstructie (n.l. als aanvulling) nader toe te lichten, kan het navolgende worden vermeld.

Nemen wij een oogenblik aan, dat voor de dichting van 1 km sluitgat door middel van keileemstorting gemiddeld een volle maand werktijd noodig is, dan zou de tijd van de sluiting op 4 maanden zijn te stellen. Stellen wij verder eens, dat van de 4 km sluitgat er 2 km gedicht zullen worden door keileemstorting en 2 km door het sluiten der doorstroomingsopeningen van de tevoren geplaatste primitieve betonsluizen, dan is voor de storting van de 2 km keileemdam 2 maanden noodig, terwijl voor de sluiting van de schuiven van de 2 km betonconstructies slechts enkele uren tijd is vereischt. Daardoor is de tijd noodig voor het afsluiten van het geheele sluitgat practisch teruggebracht tot 2 maanden. Men is dus 2 maanden eerder met de afsluiting gereed, zoodat men klaar komt lang voordat de gevaarlijke stormen worden verwacht, terwijl eventueele schade door ontijdige stormen in die 2 maanden kunnen worden hersteld. Men heeft dus door toepassing der hulpsluisjes een extra reserve aan tijd gekregen van 2 maanden. Telt men deze reserve op bij de reserve, waarop alreeds was gerekend bij toepassing der keileemstorting, dan blijkt, dat door de toepassing van slechts 2 km betonconstructies de veiligheid en onafhankelijkheid der afsluiting reeds in ruim voldoende mate verzekerd is.

Zelfs is het de vraag, of ook niet b.v. door slechts 1 km dezer constructies aan te brengen nog een voldoende veiligheid wordt verkregen. Daardoor zou worden bereikt, dat de noodige werktijd voor de eigenlijke sluiting toch nog met een maand zou kunnen worden bekort, welke tijd als extra reserve is aan te houden en voor eventueel herstel van schade beschikbaar is. De meest gewenschte verhouding tusschen lengte keileemstorting en lengte hulpsluisconstructies zou bij eventueele toepassing aan de hand van de verschillende gegevens door de Directie dezer werken nader kunnen worden bepaald. Om niettemin eenigszins de gedachte te kunnen bepalen zal in het navolgende worden ondersteld, dat hiervoor een lengte van $\pm 1\frac{1}{2}$ km zou worden aangehouden. Een schematische voorstelling van de toepassing der hulpsluisjes, in het begin van het sluitseizoen en vlak na de afsluiting, is in fig. 2 en fig. 3 weergegeven.

Nadere omschrijving der voorgestelde constructie.

Als constructie-eenheden (zie fig. 4, 5 en 6) voor de toepassing van de door mij aanbevolen werkwijze zijn gedacht primitieve hulpsluisjes van gewapend beton ter breedte van 8 m en ter lengte van 20 m. De bodemplaat

SCHEMATISCHE VOORSTELLING VAN EEN SLUITGAT IN HET SLUITSEIZOEN VÓÓR DEN AANVANG DER SLUITINGSWERKZAAMHEDEN.
A = dunne opstaande wanden der hulpsluizen, die den waterstroom niet tegenhouden, (bovenplaat weggedacht).

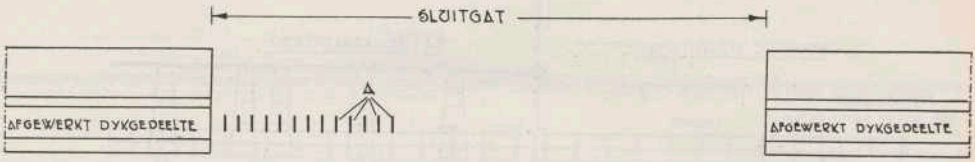


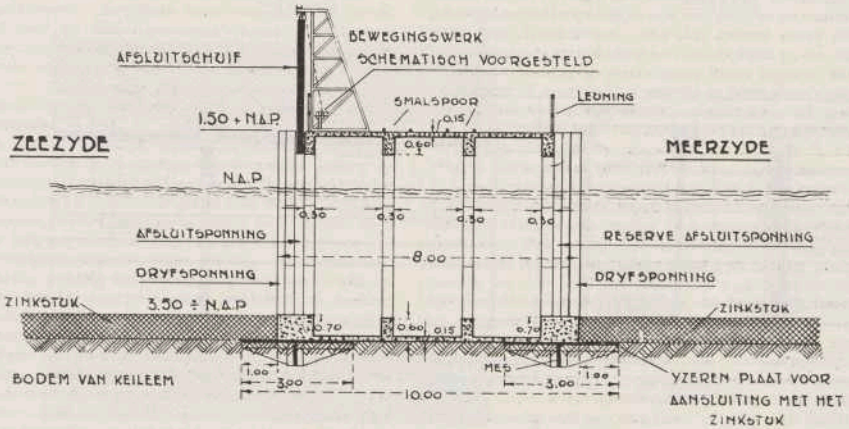
Fig. 2.

SCHEMATISCHE VOORSTELLING VAN EEN SLUITGAT DIRECT NA HET SLUITEN.



Fig. 3.

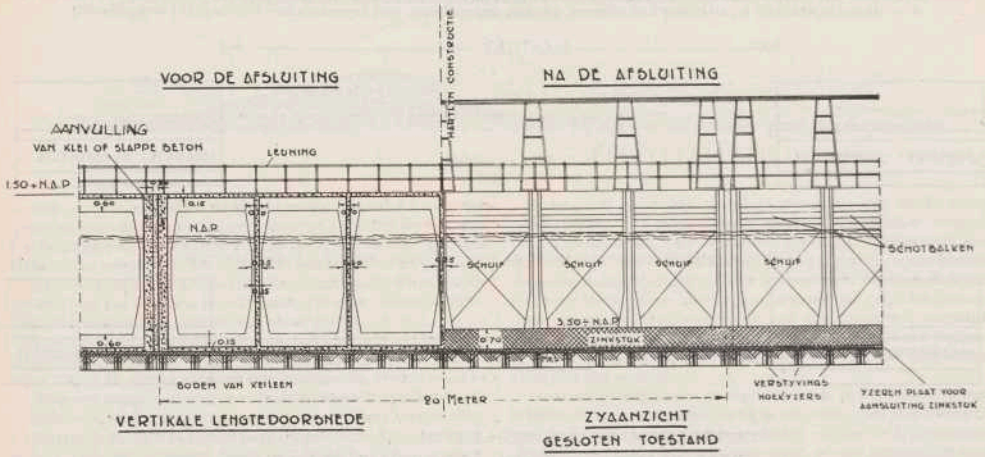
DWARSDOORSNEDE DER HULPSLUIZEN.



Schaal 1: 150
Fig. 4.

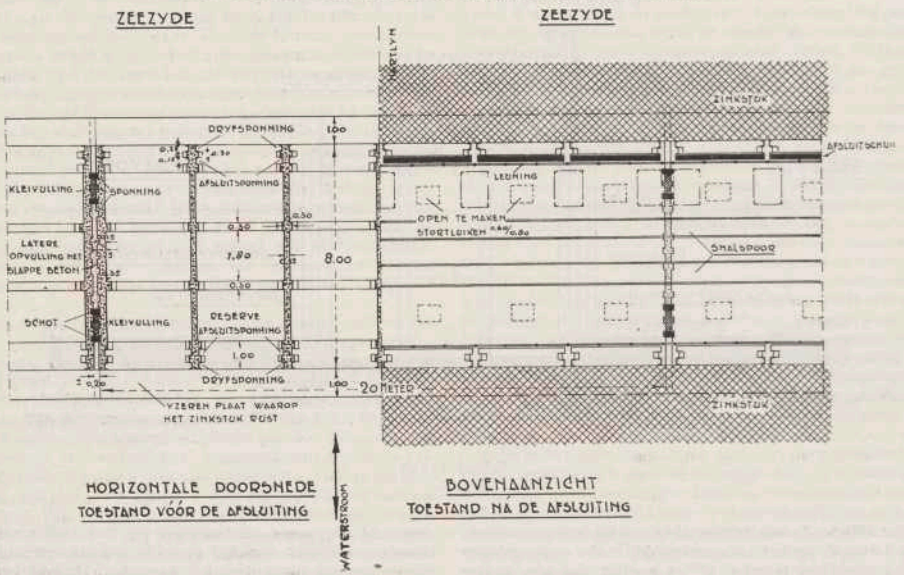
van het sluisje, die een oppervlakte van 20 × 8 m inneemt, komt te liggen op het keileem van den onder water gelegen beteugelingsdam. Daartoe is het noodig dat ter plaatse van het hulpsluisje de bezinking van den keileem beteugelingsdam wordt weggelaten. De bodemplaat is aan de voor- en achterzijde voorzien van een drempel, waarvan de bovenkant gelijk komt met den bovenkant van de bezinking van den beteugelingsdam, welke meerendeels op 3,50 m — N.A.P. is gelegen. Om een goede aansluiting op den bodem te verkrijgen, is de bodemplaat aan de onderzijde aan weerskanten voorzien van een ijzeren mes, hoog 0,60 m. Voorts is de betonbodemplaat aan de onderzijde voorzien van een dikke ijzeren plaat, die 1 m zijdelings uitsteekt. Op deze uitstekende plaat komt nu te rusten het uiteinde van het zinkstuk, hetwelk den beteugelingsdam verder afdekt. Hierdoor wordt een doorgaande afdoende bescherming van den beteugelingsdam verkregen en ook een voldoende waterdichte afsluiting ter plaatse van het sluisje. Op de bodemplaat zijn, (evenwijdig aan de stroomrichting) opgericht de beide eindwanden en 5 tusschenwanden, tusschen welke 7 wanden zich de zes doorstroomingsopeningen van het hulpsluisje bevinden. De wanden zijn aan de bovenzijde verbonden door de bovenplaat, waarvan de bovenkant gelegen is op 1,50 m boven N.A.P. De bovenplaat, groot 20 × 6,60 m, is om constructieve redenen iets minder breed gedacht dan de bodemplaat. De bovenplaat is in de eerste plaats noodig om aan het geheel de noodige stijfheid te verschaffen, doch is verder dienstig als werkterrein, o.m. voor de bediening der schuiven en schotbalken. Precies aan de voor- en achterzijde van de wanden is een sponning (drijfsponning) aangebracht, dienende voor het geleiden van een tijdelijke waterdichte afsluiting, die uit schotbalken bestaat. Het is n.l. de bedoeling, dat deze betonconstructie wordt vervaardigd in een haven of werf en daarna drijvend wordt gebracht naar de plaats van bestemming, waarna de ijzerconstructie voor het ophangen der afsluitschuiven en het bewegingswerk dezer schuiven wordt aangebracht. Het drijvend ma-

VERTICALE LENGTEDOORSNEDE EN ZIJAANZICHT DER HULPSLUIZEN.



Schaal 1: 200.
Fig. 5.

HORIZONTALE DOORSNEDE EN BOVENAANZICHT DER HULPSLUIZEN.

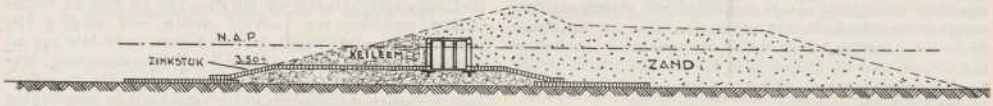


Schaal 1: 200.
Fig. 6.

ken der constructie geschiedt door het inlaten van de schotbalken in de drijfsponning, hetgeen zorgvuldig en zooveel mogelijk waterdicht moet geschieden, terwijl overhoopt binnenkomend water door een sterke pomp wordt weggezogen. Is de constructie precies boven de plaats waar zij moet neerkomen, dan wordt het op de juiste plaats neerzakken verkregen door het langzaam inlaten van water. De beide messen dringen dan in den bodem, waardoor een voldoend waterdichte en vaste stand wordt verkregen. Dan worden de schotbalken verwijderd en kan het water ongehinderd de opening doorstroomen. Is het eerste hulpsluisje opgesteld, dan wordt een tweede er naast neergelaten met eenige tusschenruimte, b.v. 0,10 à 0,20 m.

In de sponningen aan de buitenzijde der eindwanden worden dan houten schotten ingelaten, die zoo noodig precies op maat bewerkt, zich aan den afstand en de ligging van de beide eindwanden kunnen aanpassen. Deze houten schotten worden, zoo mogelijk, b.v. door voorzichtig inslaan, nog eenigszins in den bodem gedreven. De tusschenruimte tusschen de houten schotten wordt opgevuld met klei en na voldoende zetting ook met beton, waardoor een krachtig geheel wordt verkregen. Achter de drijfsponning bevindt zich zoowel aan de voor- en achterzijde van het hulpsluisje een tweede sponning. Aan de zeezijde dient deze sponning om de eigenlijke waterdichte afscheiding te geleiden, welke afscheiding gedacht is te bestaan uit een

Afsluiting door hulpsluizen en de verdere afwerking van den dijk. (schetsmatig aangegeven).
Dwarsdoorsnede.



Schaal 1: 1000
Fig. 7.

houten of ijzeren schuif van 3,50 m hoogte. Is deze schuif neergelaten, dan komt de onderkant op 3,50 m — N.A.P. en de bovenkant tot op N.A.P. Boven N.A.P. wordt de waterdichte afsluiting verkregen door boven de schuif neer te laten schotbalken, die door gebruik te maken van den laagwaterstand, in den drooge kunnen worden aangebracht. Het neerlaten van de waterdichte afsluiting zal dus bij voorkeur dienen te geschieden op het moment van stroomstilstand, hetwelk aan het laagwater op zee voorafgaat. De tweede afsluitsponning aan meerzijde (zijde van het IJsselmeer) kan gebruikt worden voor het inlaten van schotbalken, indien men plaatselijk om een of ander reden (b.v. als een der schuiven aan de voorzijde is beschadigd) gaarne nog een tweede of extra (reserve) afsluiting zou wenschen te hebben. Inmiddels moet de ophangconstructie en het bewegingswerk der schuiven worden aangebracht. Het is niet noodig de schuiven zelve spoedig te monteeren, integendeel men zal deze, teneinde geen vat te geven aan stormen enz. zoo kort mogelijk vóór de afsluiting aanbrengen. Tenslotte kan vermeld, dat in de bovenplaat hier en daar openingen moeten voorkomen om de latere zandvulling gemakkelijk te kunnen laten plaats vinden, welke openingen door uitneembare luiken worden afgesloten.

De constructies zijn berekend op de ongunstigste belastinggevallen. Zoo is o.m. de eisch gesteld, dat de betonconstructie voldoende sterk moet zijn om den waterdruk te weerstaan en om de momenten op te nemen, indien de geheele constructie uitsluitend op de 20 m van elkander gelegen uiteinden op den ondergrond zou dragen, hetgeen een aanname is, welke feitelijk te zwaar is. Teneinde met het oog op het drijvend aanvoeren toch niet te groot gewicht te verkrijgen, is een constructie ontworpen van balken en platen, waarbij de balken de groote en de platen alleen kleine krachten en momenten hebben op te nemen. De platen konden daardoor zeer licht worden, doch niettemin is nergens een geringere dikte dan 15 cm aangehouden. Waar de constructie zoodanig is, dat de stroom en de golfslag er slechts zeer weinig vat op hebben, is zij tegen de zwaarst te verwachten stormen bestand.

De betonconstructie zal dienen te worden vervaardigd geheel of gedeeltelijk in dokken, zooals thans geschiedt voor de gewapend beton caisson kademuren voor de Merwehaven te Rotterdam. Aldaar wordt gemiddeld in een week tijd een caisson van 40 m lengte, 11,40 of 13,40 m breedte en 12,85 of 14,85 m hoogte gereed gemaakt. Aannemende dat voor de zooveel kleinere betonsluisjes 80 m lengte per week kan worden afgeleverd, zou voor 1½ km noodig zijn een werktijd van 1500 : 80 = 19 weken. Met de noodige voorbereiding kan dus voor den bouw der betonconstructies op een tijd van 5 à 6 maanden worden gerekend.

Zijn in de sluitgaten de keileemdammen, lang tezamen 2½ km, gestort, en heeft men in de 1½ km lange keten van hulpsluisconstructies alle schuiven en bovenliggende schotbalken neergelaten, dan is daarmede de feitelijke afsluiting tot stand gebracht. Waar geen waterstroom meer plaats vindt, kan nu de dijk verder, hoofdzakelijk door zandopspuiten, in stilstaand water worden uitgebouwd (zie fig. 7).

Beschouwingen omtrent de voorgestelde constructie.

Het is duidelijk, dat met de voorgestelde constructies het risico tot de aller kleinst mogelijk proportie is teruggebracht. Van uitschurende krachten, doorstroomend water en golfslag is niets te vreezen, omdat vóór de afsluiting de stroom en de golfslag geen noemenswaardigen invloed op de in alle opzichten sterk ontworpen constructie hebben en omdat er na de afsluiting geen stroom en geen golfslag meer doorgelaten worden. Aan de statische krachten, optredende, doordat het buitenwater hooger kan staan dan het binnenwater en omgekeerd, kan de constructie zonder eenig bezwaarweerstand bieden. Omtrent de onderloopsheid valt op te merken, dat de betonconstructie een innig verband met den ondergrond heeft, doordat zij direct op dezen grond rust en nog een tweetal messen heeft, die 0,60 m diep in den bodem dringen. Het buitenwater zal daardoor en door de goede aansluiting van het zinkstuk op de constructie een moeilijken weg moeten afleggen vóórdat het door den ondergrond heen het benedenwater bereikt. Nu bestaat de ondergrond (de hulpsluisjes worden op den beteugelingsdam gesteld) uit keileem. Van dit materiaal is de zeer kenmerkende eigenschap, dat het buitengewoon bestand is tegen de uitschurende werking van stroomend water. Stel na de afsluiting dat onverhoopt het water onder de bodemplaat der hulpsluisjes een weg zou vinden van buitenwater naar binnenwater, dan zal, vooral waar de weg, die dit water moet afleggen zoo bemoeilijkt is, de snelheid van doorstrooming toch zoodanig klein blijven, dat van wegvoering of wegschuring van de keileem geen sprake is. Een eventueele geringe onderloopsheid kan dus geen gevaar en is verder bij de opwerking van het dijkslichaam van geen praktische beteekenis.

Op te merken is voorts, dat de kans op onderloopsheid bij de betonconstructie geringer is dan bij de constructie, welke verkregen wordt door keileemstorting op den beteugelingsdam en wel, omdat de keileemstorting moet geschieden op een doorgaand zinkstuk, hetwelk, daar het gedeeltelijk bestaat uit rijshout en gedeeltelijk uit zware steenen, uit den aard der zaak niet volkomen waterdicht kan zijn. Deze onvolkomenheid zal hoogstwaarschijnlijk niet hinderlijk zijn voor de zandopspuiting, die na de afsluiting plaats heeft, doch opgemerkt dient te worden, dat wat onderloopsheid betreft, de betonconstructie beduidend meer zekerheid geeft dan de keileemstortmethode.

Voorts dient vermeld, dat de toepassing der hulpsluisjes den eventueelen omvang van beschadiging vermindert. Immers een zeer ontijdige storm kan bij 4 km keileemstorting schade aanrichten over een lengte van 4 km. Zijn er echter maar 2½ km keileemstorting, dan beperkt de schade zich (aangezien de betonconstructie tegen den storm bestand is) tot hoogstens een lengte van 2½ km.

Verder valt op te merken, dat, indien een 4 km lange keileemstorting wordt aangebracht door de volle 4 km op te trekken in eenige even hooge lagen, het doorstroomingsprofiel vermindert naarmate de hoogte van den dam toeneemt. Zijn evenwel van de 4 km er 1½ km lengte aan hulpsluisjes, dan blijft over die 1½ km het doorstroomingsprofiel volledig intact. De door dit profiel gaande sterke stroom zal het niveau-verschil tusschen de waterspiegels aan de buiten- en binnenzijde van het sluitgat zoodanig beïnvloeden, dat dit geringer zal zijn dan het niveauverschil, dat zou zijn ontstaan, indien ook de 1½ km als keileemstorting in lagen omhoog zou zijn gewerkt. Daardoor zal de stroomaanval op de 2½ km keileemstorting geringer zijn. Men kan zelfs van de hulpsluisjes gebruik maken ter bescherming van de 2½ km keileemdam in het geval, dat een storm losbreekt op het moment, dat de keileemdam boven water is, doch nog niet verdedigd. Ook in dat geval zal men, door het langer openhouden van de

schuiven in de hulpsluisjes, kunnen bevorderen, dat het niveau verschil van buiten- en binnenwater geringer wordt, waardoor de aanval op de onverdedigde keileemstorting wordt verminderd. In het algemeen zal men dus, nadat de keileemstorting boven water is uitgekomen, goed doen het sluiten van de hulpsluisjes korten tijd uit te stellen tot de keileemstorting eenigermate tegen de stormaanvallen bestand zal zijn gemaakt.

Een bijkomstig voordeel van de betonconstructie is, dat dicht bij het meest kritieke punt een werkterrein en aanlegterrein voor schuiten enz. aanwezig is. Er kan een smalspoortje op gelegd worden voor materiaalvervoer, welk spoortje eventueel over de gereedgekomen keileemdammen verbinding kan geven met de reeds gereedgekomen dijksgedeelten en den vasten wal.

Ten slotte meen ik nogmaals te moeten opmerken, dat, indien eventueel tot toepassing dezer constructie wordt besloten, het noodig is dat op de plaats waar later de hulpsluisjes zullen komen geen zinkstukken worden aangebracht. Mocht het echter, b.v. in verband met den vergevorderden stand der werkzaamheden, niet mogelijk zijn de doorgaande bezinking plaatselijk te onderbreken, dan is de constructie met eenige wijziging toch nog wel toe te passen, waarbij men als volgt te werk kan gaan.

Op den bovenkant van den beteugelingsdam wordt over de volle breedte of nagenoeg de volle breedte een laag keileem gestort en wel zoodanig, dat de holle ruimten van het zinkstuk zooveel mogelijk zijn gevuld en daarboven een vlak oppervlak is verkregen. De bovenkant van het vlak zal dan een weinig (b.v. 40 cm) boven den bovenkant van het zinkstuk komen te liggen. Op dat bovenvlak (van de keileemstorting) worden dan de betonsluisjes neergelaten, die aan de onderzijde niet van messen kunnen worden voorzien, doch die, ter verzekering van den vasten stand, aan de binnenzijde d.w.z. tusschen de balken van de bodemplaat in (en niet hooger reikende dan de bovenkant balken) met zware steen of met magere beton kunnen worden bestort. Men zal dan ter weerszijden van de sluis en ter afdekking van de nieuwe keileemlaag weer zinkstukken aan dienen te brengen, die de verbinding moeten vormen tusschen de betonconstructies en de (oude) zinkstukken van den beteugelingsdam.

Als bezwaar tegen deze gewijzigde werkwijze kan, behalve de meerdere kosten, worden aangevoerd, dat de doorstroomingshoogte met ongeveer 1 m zal worden verminderd, waartegenover men echter, indien men het doorstroomingsprofiel niet wenscht te verkleinen, de lengte van het sluitgat eenigermate zou kunnen vergrooten.

Door een en ander staat n.m.m. de gewijzigde constructie in bruikbaarheid en doeltreffendheid bij de ongewijzigde ten achter.

Kosten.

Een berekening van kosten kan bij den thans door mij gemaakten beperkten en schematischen opzet uit den aard der zaak slechts zeer globaal zijn. Om eenigszins de gedachten te bepalen, is het volgende opgesteld.

Aan de hulpsluisjes wordt per strekkenden meter verwerkt 6,2 m³ gewapend beton. Voor de bepaling van den eenheidsprijs per m³ kan een vergelijking worden gemaakt met de kosten der gewapend beton caissons voor de Merwehaven te Rotterdam. Aldaar is het maken 1865 m¹ caisson kademuur van 14,85 m hoogte en 13,40 m breedte en van 712 m¹ caissonkademuur van 12,85 m hoogte en 11,40 m breedte aangenomen voor ƒ 3,470.000.— gesteld in het werk. Per m¹ caisson komt dit gemiddeld op ± ƒ 1.350.— en per m³ gewapendbeton kost dit werk ruim ƒ 40.—. Voor de hulpsluisjes is gerekend op ongeveer een gelijk percentage ijzer (wapening + messen enz.) als voor de caissons in Rotterdam. Aangezien echter de constructie (balken en platen) bewerkelijker is en het transport over zee kostbaarder zal zijn, dient voor de sluisconstructie de eenheidsprijs hooger te zijn. Een eenheidsprijs van ƒ 60.— per m³ kan echter geacht worden aan den veiligen kant te zijn. De kosten aan gewapendbeton voor de hulpsluisjes zouden dan worden 6,2 × ƒ 60 = ƒ 372 per m¹. Hierbij dient te worden gevoegd de kosten van de schuiven met ophangconstructie en wirdwerken en van de schotbalken, waarvoor een post te stellen van rond ƒ 150 per m¹. Anderzijds wordt door de betonconstructie per m¹ uitgespaard 8 m² zinkstuk en 6,2 m³ keileemstorting, hetgeen een besparing geeft ± ƒ 35 per m¹. De meerdere kosten van 1 m¹ betonhulpsluisje (gerekend in vergelijking met de keileemstorting) zullen dus ongeveer bedragen ƒ 372 + ƒ 150 — ƒ 35 = ƒ 487 of rond ƒ 500 per m¹. Voor 1½ km betonsluisjes worden dus de meerdere kosten 1500 × ƒ 500 = ƒ 750.000. Hierin is echter nog niet verdisconteerd de omstandigheid, dat bij de betonsluisjes de grondvulling (zand en keileem) kan worden gestort in stilstaand water in plaats van in zeer snel stroomend water. De hierdoor verkregen besparing is uiterst moeilijk te ramen, doch zal ongetwijfeld niet onbeduidend zijn. Daarom is het bedrag ad ƒ 750.000 voor 1½ km als een maximum te beschouwen, zoodat de kosten bij uitvoering waarschijnlijk aanmerkelijk lager zullen blijken te zijn. Tegenover de meerdere uitgaven, welke overigens ten opzichte van de ruim 120 millioen gulden, welke de afsluitdijk zal kosten, slechts een klein percentage vormen, staan de betere werkwijze en de mogelijkheid om het risico van de afsluiting geheel naar wensch en behoefte te kunnen verkleinen.

B. Mogelijkheid eener snelle afsluiting van dijkdoorbraken.

Dijkdoorbraken kunnen op tweeërlei wijze geschieden en wel in gewone tijden door den invloed van het hooge water, en in oorlogstijd door vernieling tengevolge van vijandelijke springmiddelen (bommen uit vliegtuigen). In beide gevallen is echter het gevolg ervan, dat het lager gelegen land inundeert met al de schadelijke en onaangename gevolgen daaraan verbonden. Tegen het watergeweld bij een flinke doorbraak is de ingenieurskunst tot nog toe vrijwel machteloos geweest. Wat daarvan de ruineuse gevolgen zijn en zijn geweest, behoeft nauwelijks nader te worden betoogd. Men behoeft zich slechts te herinneren de groote doorbraak in Noord-Holland, toen een groot deel van Noord-Holland werd overstroomd en waar de verdere voortgang van de inundatie slechts met de grootste moeite kon worden gestuit; men behoeft slechts te denken aan de ruïne van het Land van Maas en Waal in 1926 om overtuigd te worden van de groote ellende, die deze watersnoodrampen over ons land kunnen brengen. Door de ontwikkeling van het vliegtuig als bommenwerper dient ook gerekend te worden op vernieling van dijken door bommen bij vijandelijke luchtaanvallen. Verschillende onzer polders zouden op die wijze tot inundatie kunnen worden gebracht. Misschien is dit nog niet eens het ergste en is het vermoedelijk van nog grooter nadeel, indien onze legermacht op een kritiek oogenblik, door vijandelijke inundatie, tot opgeven eener voordeelige stelling zou kunnen worden gedwongen.

Nu is het bijzondere, dat tot nog toe al zulke rampen lijdelijk moesten worden aangezien. Aan een dadelijke dichting van een ernstige doorbraak viel tot nog toe niet te denken. Gewacht moest worden tot een zoodanigen val van het buitenwater, dat met gebruikmaking van de tot nog toe bekende methoden weer met de herstelling kon worden aangevangen. Deze wachttijd neemt vaak eenige maanden in beslag. Het komt mij daarom voor, dat een methode, welke de mogelijkheid opent om onmiddellijk na de doorbraak tot de dichting over te gaan, in een nijpende behoefte voorziet.

Voor de dichting is vereischt, dat de plaats van doorbraak door de in drijvenden toestand aan te voeren hulpsluisjes te bereiken is. Er zal geen tijd aanwezig zijn om de hulpsluisjes in gewapend beton te maken. Men zal daartoe beter ijzer kunnen gebruiken en zal daarvoor bij voorkeur niet te groote constructie-elementen gebruiken. Zeer goed

DOORBRAAK VLAK VOOR DE AFSLUITING.

A = aansluiting aan den dijk. B = Dunne opstaande wanden v. d. sluispontons (de bovenplaat is weggedacht).

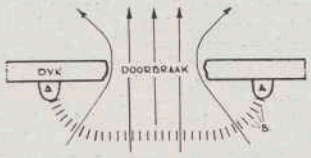


Fig. 8.

DOORBRAAK KORT NA DE AFSLUITING.

A = aansluiting aan den dijk. B = dunne opstaande wanden v. d. sluispontons (de bovenplaat is weggedacht). C = doorgaande rij schuiven of andere waterkeerende afsluitingen.

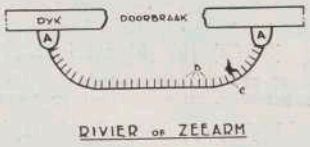


Fig. 9.

zouden daartoe zijn te bezigen ijzeren pontons, b.v. van 8 m lengte, 6 m breedte en 3,50 à 4 m hoogte, door 3 tusschenschotten verdeeld in 4 compartimenten, elk van 2 m breedte, waarvan de voor- en achterwand wegneembaar zijn. Men zal de bodemplaat van de pontons aan de voor- en achterzijde bij voorkeur voorzien van messen, b.v. van 30 cm hoogte. Verder zal men de bodemplaat aan de voor- en achterzijde dienen te voorzien van een verhooging (drempel) b.v. van 50 cm, die ten doel heeft later een goede aansluiting en steun te geven aan een bestorting van steen en grond, welke in de plaats treedt van het zinkstuk hetwelk voor de gewapend betonconstructie is aangegeven. De bovenplaat zal weer dienst kunnen doen als werkterrein. De werkwijze bij een doorbraak zal nu kunnen zijn als volgt.

Wordt een doorbraak gesignaleerd, dan worden daar zoo spoedig mogelijk heen gedirigeerd het benoodigde aantal pontons, benevens de noodige zandbakken, onderlossers, schuiten met stortsteen, zandzakken, enz. Inmiddels wordt het terrein verkend en gezocht naar de plaats, waar de pontons het best zullen kunnen worden opgesteld. Dit zal meestal zijn aan de buitenzijde (rivierzijde) van de doorbraak, omdat hier in den regel de minst oneffen bodem wordt aangetroffen. (Uiterwaarden). Eventueele groote oneffenheden, die men niet kan ontloopen, zal men zooveel mogelijk zien te egaliseeren door grondopvulling der lagere gedeelten. Voorts zal men de plaats zoo kiezen, dat men niet te dicht bij de eigenlijke stroomversnelling in het doorbraakgat komt. Is de juiste ligging vastgesteld, dan zal men de eerste ponton varen boven de vastgestelde plaats en door waterinlaat laten zinken. De messen grijpen dan in den bodem, waardoor een goede aansluiting op den ondergrond wordt verkregen. Hierna worden de voor- en achterschotten weggenomen, zoodat de stroom ongehinderd door de 4 openingen van het aldus geformeerde uitwateringssluisje kan passeeren. Daarna wordt de tweede ponton aangevoerd en op dezelfde wijze neergelaten en van voor- en achterschotten ontdaan. De tusschenruimte tusschen de zijwanden van de eerste en tweede ponton worden dan zorgvuldig dichtgewerkt, waarna men overgaat tot het aanvoeren van de derde ponton, enz. Terwijl de keten van uitwateringssluisjes zich aldus vormt, zal men, om het onderloops worden tegen te gaan, aan de voor- en achterzijde een bestorting van stortsteen en van grond aanbrengen, van zoodanige hoogte, dat de bovenkant gelijk komt met den bovenkant van de verhooging (drempel) van de bodemplaat. Ter verhooging van de stabiliteit kan ook in de pontons zelve stortsteen aangebracht worden, mits niet hooger dan tot de hoogte van de drempels. De aansluiting met den oever kan worden verkregen door bestorting of opvulling met zandzakken, waartegen weinig bezwaar bestaat, omdat de stroom voldoende doorstroomingsprofiel vindt door de openingen van de pontonsluizen en dus door de bestorting of door de opvulling niet noemenswaard zal worden opgestuwd. (Zie fig. 8). Is de keten van pontons gereed, dan worden op een gegeven oogenblik alle openingen in de pontons door het (tusschen sponningen) neerlaten van schuiven of ijzeren schotten of wel op andere wijze afgesloten, en is daarmede het doorbraakgat gedicht. (Zie fig. 9).

Direct na de afsluiting zal zooveel mogelijk grond, steenen of zandzakken worden gestort, welke over het bovenvlak (werkterrein) worden aangevoerd, of wel daar reeds opgestapeld zijn geweest. Ook aanvoer met zandbakken levert dan geen bezwaar op, omdat direct na de afsluiting geen stroom meer door het doorbraakgat trekt en de bakken dus rustig naar de bestemde plaats gevaren kunnen worden. Men zal nu gemakkelijk een hulpdijk kunnen optrekken en wel hetzij ter plaatse van de pontons, hetzij er voor of er achter. In beide laatste gevallen komen de pontons betrekkelijk gemakkelijk weer vrij om voor een volgende doorbraak weer dienst te kunnen doen.

Ik ontveins mij niet, dat ook aan deze werkwijze moeilijkheden zijn verbonden, en dat zij zelfs in sommige gevallen niet toepasselijk zal zijn. Daar staat tegenover, dat zij in verschillende andere gevallen zeer zeker zal kunnen worden toegepast, gevallen waarvan de dadelijke dichting vroeger als hopeloos werd beschouwd.

Een moeilijkheid vormt het spoedig gereed krijgen van de pontons. Hoewel in noodgevallen dergelijk ijzerwerk in een groote fabriek wel spoedig gereed is te maken, verdient het m.i. toch aanbeveling om zoo mogelijk reeds in gewone tijden hiervan verschillende in voorraad te hebben en denk ik daarbij aan ons bekend Corps Pontonniers en vraag ik mij af, of het geen aanbeveling verdient dit corps, mede met het oog op het boven gesignaleerd defensie-belang, te voorzien van een voldoend aantal (b.v. 50) pontons met uitneembare zijwanden. Het voordeel van het stationneeren van de pontons bij dit corps is, dat het in de gelegenheid is de pontons ook voor andere doeleinden te gebruiken (b.v. voor het slaan van hulpbruggen e.a.) en dat er in gewone tijden voldoende mee kon worden geoefend, waardoor in tijden van nood, niet alleen de pontons, doch ook de geroutineerde bediening direct ter plaatse kan worden gerequireerd. De krachtige medewerking van het corps Pontonniers en Torpedisten bij den watersnood in 1926 heeft bewezen, dat in kritieke tijden op deze organisatie kan worden gerekend, en schijnt het alleszins aanbevelenswaardig de nuttige functie van dit corps met een belangrijk element te verhoogen. Ik meen dan ook dit denkbeeld bij de betrokken autoriteiten in ernstige overweging te mogen geven.

Hoewel het aantal mogelijke toepassingen van de nieuwe werkwijze zeer groot is en dus bezwaarlijk in dit korte bestek is te behandelen, vertrouw ik toch, door de nadere beschouwing van de beide gevallen A en B te hebben aangetoond, dat bovenstaande werkwijze voor de afsluiting van snelstroomende en aan getijbeweging onderhevige wateren, vele nieuwe mogelijkheden opent.

Indien het mij is mogen gelukken daarvoor de noodige belangstelling te wekken, dan zal daarmede het doel van deze uiteenzetting volledig zijn bereikt.

Technische Mededeelingen voor de Feestvergadering van het Kon. Instituut van Ingenieurs in Zuid-Limburg 4-6 September 1930.

I.

De Eerste Nederlandsche Cement Industrie (ENCI) te Maastricht.

Inleiding tot een bezoek aan de fabrieken, nabij Maastricht, op 4 September 1930.

In Januari 1927 werd te Maastricht bij St. Pieter, langs het kanaal van Maastricht naar Luik met den bouw van de fabrieken der Eerste Nederlandsche Cement Industrie „ENCI" een aanvang gemaakt en in Augustus 1928, dus ruim 1½ jaar later, kon de productie reeds ter hand worden genomen. — In dit tijdsverloop was voor den bouw van de verschillende gebouwen ongeveer 25.000 m³ beton, 2.000 t armatuurijzer en 25.000 t constructieijzer verwerkt, terwijl 10.000 m² dakbedekking werd gelegd. — De fabriek heeft een dag-capaciteit van 1000 t en een gemiddelde jaarcapaciteit van ongeveer 300.000 t cement en behoort, wanneer men haar vergelijkt met de buitenlandsche cementfabrieken, tot een der grootste en best geoutilleerde fabrieken van Europa.

De beide voornaamste grondstoffen voor de cementindustrie zijn kalk, dat in den vorm van mergel, krijt of tufsteen verwerkt is, en klei.

De mergel wordt ter plaatse uit de St. Pieterberg ontgonnen. Deze ontginning voor de „ENCI" gaat met behulp van springstof, waarna de losse stukken door een lepelbagger met een inhoud van 3½ m³ in groote kipkarren worden geladen. Dagelijks zijn voor de fabricage ruim 1700 t mergel noodig.

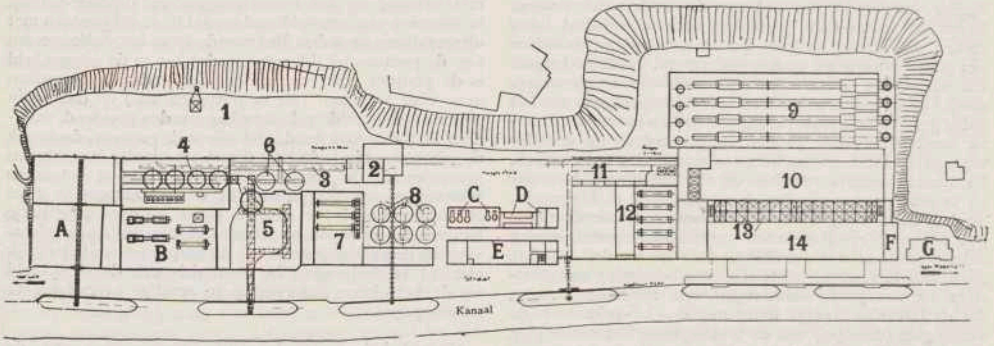
Wat de klei betreft, het groote aantal kleisoorten waarvan de samenstelling en eigenschappen zeer sterk verschillen, maakt het bijzonder moeilijk om de juiste soort te vinden; toch is dit voor het verkrijgen van prima cement mede een der hoofdpunten. Een voor de fabricage geschikte kleisoort treft men in de nabijheid van de fabriek niet aan; deze grondstof wordt dan ook van elders aangevoerd. — Verder worden voor de cement-fabricage nog gebezigd Pyrietasch Fe_2O_3 en Gips $CaSO_4$. Deze eerste grondstof is een afvalproduct van de zwavelzuurfabrieken en wordt dus van deze fabrieken betrokken; de gips wordt per schip vanuit Frankrijk aangevoerd. — Pyrietasch, een product, hetwelk ± 85 % ijzeroxide bevat, wordt met een tweeledig doel aangewend; ten eerste verbetert de qualiteit van het cement door de toevoeging, ten tweede wordt de sintering van den klinker er door bevorderd. Ten opzichte van de — overigens noodzakelijke — toevoeging van gips heerscht over het algemeen een groot misverstand; is de algemeene meening, dat gips het cement sneller doet verharden, niets is minder waar! Gips wordt toegevoegd om den bindtijd te regelen, maar heeft juist integendeel tot resultaat dat het cement — langzamer — bindt. Waarschijnlijk ontstaat hier de verwarring, doordat aangenomen wordt, dat de gips in gebranden staat wordt gebruikt; toegevoegd wordt gipssteen, die ongebrand tezamen met de klinker wordt gemalen. — Tevens zij nog opgemerkt, dat de in het bedrijf benoodigde hoeveelheden steenkolen, ca. 300 t per dag, geleverd worden door de Limburgsche mijnen.

Zoowel voor de klei als voor de pyrietasch, de gips en de steenkolen, zijn afzonderlijke losinrichtingen geconstrueerd en op het terrein uitgestrekte opslagplaatsen aanwezig, zoodat, indien de aanvoer der grondstoffen stagnatie zou ondervinden, voldoende hoeveelheden opgeslagen zijn om het bedrijf geruimen tijd gaande te houden.

Het bedrijf.

De afgegraven mergel wordt in een zeer zwaar geconstrueerde mergelbreker gebroken. Een transportband voert de gebroken mergel tot boven de vier mergelsilo's, welke een gezamenlijken inhoud hebben van 400 t. Onder elk silo is een regelbaar verdeel-apparaat aangebracht, dat de mergel aan de vier slibkuipen toevoegt. (fig. 2). In deze slibkuipen, achtkantige, 3 m diepe en ongeveer 9 m wijde, van beton vervaardigde kuipen, welke aan de binnenzijde tegen afslijten met een zéér harde steensoort bemetseld zijn, wordt onder toevoeging van water de gemalen mergel innig gemengd met de vereischte hoeveelheid klei en pyrietsach tot de z.g. „dikpap". Centrifugaalpompen persen nu deze dikpap, die een watergehalte van 38 % heeft naar groote cylindrische plaatijzeren papreservoirs. Deze reservoirs, waarvan er twee zijn opgesteld, en die een hoogte hebben van 16 m bij een diameter van 9 m, dienen voor reserve. De pap wordt eerst nog in kogelmolens zeer fijn gemalen (z.g. „fijnpap"). Deze kogel-

PLATTEGROND DER FABRIEK.



1. Mergelgroeve met electr. lepelbagger.
2. Mergelbrekerij.
3. Transportband voor gebroken mergel.
4. Slibkuipen.
5. Kleiopslagplaats met ontlaad-inrichting.
6. Ruwpapbassins.
7. Papmolens.
8. Fijnpapbassins.
9. Draaiovens.
10. Klinkerdepot, inhoud 40.000 t.
11. Gipsopslagplaats m. ontlaad-inrichting.
12. Cementmolens.
13. Cementsilo's, inhoud 15.000 t.
14. Verzakkingsgebouw m. laadinrichting.

Verdere bijbehoorende inrichtingen.

A Kolenopslagplaats.
B Kolendroogtrommels en Kolenmolens.
C Compressoren.
D Schakelstation met Transformatoren.
E Werkplaats.
F Laboratorium.
G Kantoorgebouw.

Fig. 1.

SLIBKUIPEN.

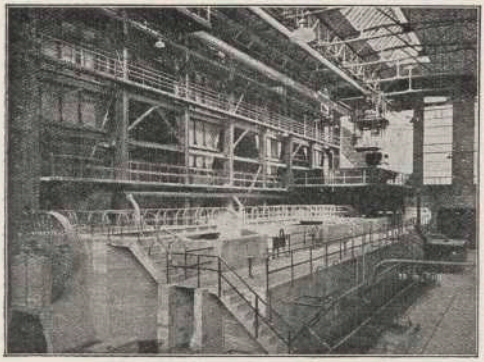


Fig. 2.

DRAAIOVENS VAN ACHTEREN GEZIEN.

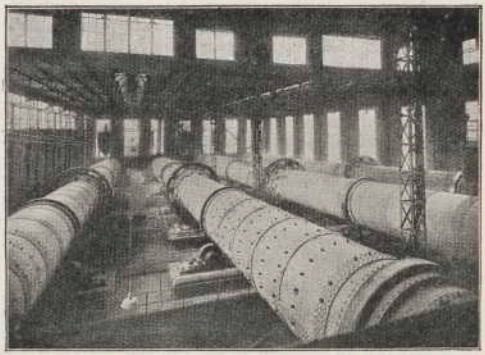


Fig. 3.

molens zijn 13 m lange en 2 m wijde plaatijzeren cylinders, aan de binnenzijde met silixsteenen tegen afslijting bekleed. De beide holle wanden, waardoor de toe- en afvoer van het maalproduct plaats vindt, rusten in zware kussenblokken. Deze molens worden aangedreven door een electro-motor via een tandwiel-overbrenging. De fijnpap wordt door middel van pompen naar een van de zes fijnpapreservoirs geperst, die geheel overeenkomstig de hierboven aangegeven ruwpapreservoirs zijn gebouwd; de inhoud dezer reservoirs dient weder als voorraad. Uit deze reservoirs persen pompen door lange leidingen de pap naar een 35 m hooger gelegen reservoir, dat bij de draaiovens is opgesteld; van hieruit wordt de pap in de draaiovens gespoten. Deze ovens, (fig. 3) waarvan er vier in gebruik zijn gesteld, hebben een lengte van 70 m en een doorsnede van 2,7 tot 3,6 m. De aandrijving der ovens (fig. 4) geschiedt door een 50 pK electromotor en een dubbele tandwieloverbrenging. De pap stroomt bij het hoogst liggende gedeelte in den oven terwijl de brandstof bij het laagst liggende gedeelte ingeblazen wordt, zoodat de pap en de rookgassen in tegengestelde richting zich voortbewegen. Het binnenste gedeelte van den oven heeft over een lengte van 50 m een diameter van 2.70 m. Hierop volgt een zich conisch verwijdend gedeelte waar, bij een temperatuur van 1400° C. het sinteren, d. i. het aaneenbakken van de klei- en mergel-deeltjes plaats grijpt en waar de z.g. cementklinker zich vormt. De snelle koeling van den klinker, die in de sinterzone zooals reeds is vermeld, een temperatuur van 1400° C. heeft en bij het verlaten van den oven afgekoeld is tot ongeveer 100° C., is mogelijk doordat het laatste gedeelte van den ovenmond omgeven is met een koelmantel, waardoor voortdurend water circuleert. — Als brandstof voor de ovens wordt fijnkool gebruikt. Deze kolen worden eerst gedroogd in twee cylinders, ieder 16 m lang en een doorsnede van 1,8 m. Van daaruit komen de droge kolen in twee molens van 12 m lengte en een doorsnede van 2 m, waar zij tot poeder gemalen worden. Door middel van perslucht wordt de poederkool naar de silo nabij de draaiovens geperst, om van hieruit door middel van een in den draaioven mondende buis, met behulp van zware ventilatoren in de vuurzône te worden geblazen. De voor de verbranding benoodigde lucht wordt in de eerste plaats door deze ventilatoren, verder door zich aan de voorzijde der draaiovens bevindende kleppen geregeld. De vier ovens hebben ieder een gemiddelde dag-productie van 250 t klinker. De klinker wordt naar de klinkerhal getransporteerd, welke een capaciteit van 40.000 t heeft. Door in den bodem van de klinkerhal aangebrachte stootopeningen wordt de klinker weder afgetapt en naar de cementmolens getransporteerd. Tijdens dit transport wordt de noodige gips geheel automatisch toegevoegd. De 5 cementmolens zijn van de zelfde grootte

AANDRIJFINRICHTING DRAAIOVENS.

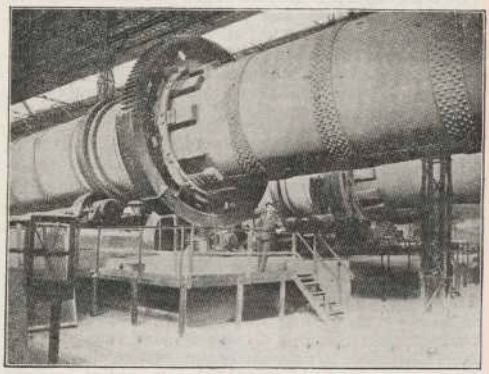


Fig. 4.

en type als de kolenmolens. Na het verlaten van de cementmolens is het product gereed. Het gemalen cement wordt op geheel pneumatischen weg naar de silo's getransporteerd, welke een gezamenlijke capaciteit van 15000 t hebben. — In totaal zijn er 36 silo's waarvan 24 voorraad-silo's zijn en 12 in gebruik zijn als z.g. paksilo's. Door een pneumatische inrichting wordt vanuit de verschillende voorraad-silo's een bepaalde hoeveelheid cement afgetapt, krachtig dooreen gemengd en naar een van de paksilo's geperst; hieruit eerst wordt het cement naar de zakken- of vaten-vulmachines getransporteerd. In bedrijf zijn vier automatische zakkenvul-machines, systeem BATES, die ieder slechts door één man bediend, ruim 500 zakken van 50 kg per machine per uur vullen. De vaten-vulmachines, waarvan er in totaal 4 in bedrijf zijn, vereischen meerdere handgrepen en hebben een capaciteit van 150 t per 8 uren. Voor de verlading per schip is langs de kade een betonnen laadbrug geconstrueerd, waarop 4 verrijdbare snelheffende kranen, ieder met een hefvermogen van 2 t, in bedrijf zijn.

Ter bestrijding van het aan elke cementfabriek verbonden euvel, n.l. het verwekken van stof, zijn kosten noch moeite gespaard en onder nauwgezette contrôle van de betrokken autoriteiten zijn dan ook de allermodernste ontstoffingsmachines in gebruik gesteld. — De gassen uit de draaiovens en van de kolendroogketels worden electrisch ontstoft (systeem COTTEREL-MÖLLER) met een nuttig effect van 99 %. — In de cementmolens, de kolen-

molens, de pakmachines, de zakkenklop-machines, kortom overal waar zich stof kan voordoen, wordt de lucht door de modernste mechanische filters afgezogen en gereinigd.

De naar de fabriek teruggezonden zakken worden geteld en dan in zakkenklop-machines gereinigd. Deze machines waarvan er twee in bedrijf zijn, zijn horizontaal opgestelde, roteerende trommels, waar men de zakken inwerpt. De gereinigde zakken gaan uit de machine op een transportband, waar zij gesorteerd en nog eens geteld worden. De beschadigde zakken komen in de zakken-reparatieafdeeling. In deze afdeeling worden tevens de zakken, die op de Bates-machines gevuld moeten worden aan het boveneinde dichtgenaaid en met een loodje verzegeld. — Aan de onderzijde der zakken bevindt zich een kleine opening, waardoor de vulling plaats heeft, en die zich vanzelf onder den druk van het cement sluit.

De electrische installatie.

In een openlucht transformator-station, waar de stroom van buitenaf wordt ontvangen, zijn twee transformatoren opgesteld van 70.000/3000 V, elk van een vermogen van 6500 kVA, waarvan één in bedrijf is en één als reserve is opgesteld. Door kabels is de fabriek met haar railsysteem op deze transformatoren aangesloten.

De benoodigde perslucht wordt geleverd door drie groote en twee kleine direct door electro-motoren aangedreven roteerende compressoren.

Om alle voorkomende repatatiën, die aanleiding kunnen zijn tot groote bedrijfsstoringen zoo mogelijk te kunnen verhelpen, is bij de fabriek een ruime en goed geoutilleerde werkplaats ingericht.

Het laboratorium.

Kan in het algemeen reeds worden aangenomen dat — welk materiaal ook wordt vervaardigd — geen industrie een goed product kan afleveren zonder afdoende contrôle op de te verwerken grondstoffen, bij de cementindustrie geldt dit wel zeer in het bijzonder. Moet de samenstelling van het mengsel der beschreven ruwpap-reservoirs nauwkeurig chemisch worden vastgesteld en geregeld, de samenstelling van dat van de fijnpap-reservoirs vereischt reeds de meeste zorg, wil het eindproduct geen afwijkingen in kwaliteit opleveren. Ook de samenstelling van de te verwerken kolen, de pyrietasch, de gips, kortom alles wat tot de vorming van den cementklinker benoodigd is, moet onder onafgebroken chemische contrôle blijven onderworpen, teneinde afwijkingen in de kwaliteit tijdig te kunnen voorkomen. Slechts een eerste-klas chemisch laboratorium stelt de fabrieksleiding in staat een regelmatig product af te leveren. — Behalve een chemische contrôle vereischt de fabrikage ook de contrôle op de met het cement te verkrijgen resultaten. Ook hieraan dient alle aandacht te worden besteed, teneinde bij de geringste afwijking in trek- of drukvastheid, bindtijd, enz. tijdig de noodige maatregelen te treffen. In een aan de fabriek gelegen gebouw zijn dan ook zoowel voor het chemisch als voor het technisch onderzoek laboratoria ingericht, voorzien van de nieuwste vindingen op dat gebied en van de nieuwste machines.

Naast de voorgeschreven beproevingen worden daar tevens uitvoerige proeven genomen om de belangrijkste eigenschappen van het cement in het algemeen te bepalen en vinden ook practische proeven op de bij het verwerken van cement voor betonwerken te verkrijgen resultaten plaats. Voor het laatste onderzoek is een afzonderlijke, zéér zware hydraulische pers opgesteld, waarmede betonblokken van 30 × 30 × 30 cm worden beproefd.

Ter controleering van eigen proeven laat de fabriek haar eindproduct bovendien nog op regelmatigen tijd door een der bekende proefstations onderzoeken.

KORTE TECHNISCHE BERICHTEN.

Betonviaduct nabij Berlijn.

In 1928 zijn eenige gewapendbeton-viaducten van de Berliner Vorortbahn in uitvoering gekomen, waarvan de grootste een straat van 22 m breedte onder een hoek van 65° overwelft. Er werd een doorrijhoogte van 4.60 m voorgeschreven.

In verband met de geringe constructiehoogte werd eerst een drie-scharnierboog voorgesteld. Bezwaren werden gemaakt in verband met de ondervonden moeilijkheid om het topscharnier waterdicht te houden gedurende het spoorwegbedrijf. Een ingeklemde boog had het bezwaar van te groote spanningen, daar slechts een peil van $^1/_{12}$ tot $^1/_{15}$ van de overspanning mogelijk was.

Ten slotte bleef alleen de mogelijkheid over van een tweescharnierportaal, welke het voordeel had kleine zakkingen te kunnen opnemen, zonder te groote spanningen te veroorzaken.

Fig. 1 geeft een van de vier portalen weer, die een breedte hebben van 70 cm en 1.75 h. o. h. uit elkaar liggen. Tusschen de balken ligt een 25 à 30 cm dikke rijvloer.

De vleugelmuren zijn los van de brug uitgevoerd. De toe te laten spanningen bedroegen 40 en 800 kg/cm², en bij inachtname van remkrachten, temperatuurveranderingen en krimp 52 en 1000 kg/cm². De grootste schuifspanning bedroeg 12 kg/cm², welke geheel door ijzer werd opgenomen. Vandaar het groot aantal opgebogen bewapeningsstaven.

Het scharnier bestaat uit stroken lood, welke op het cylindrisch gevormde fundamentoppervlak werd geklopt. De deelen daarnaast werden met leem bestreken, om aanhechting te voorkomen.

(*Die Bautechnik*, 11 Juli 1930.) SB.

DOORSNEDE OVER EEN DER PORTALEN.

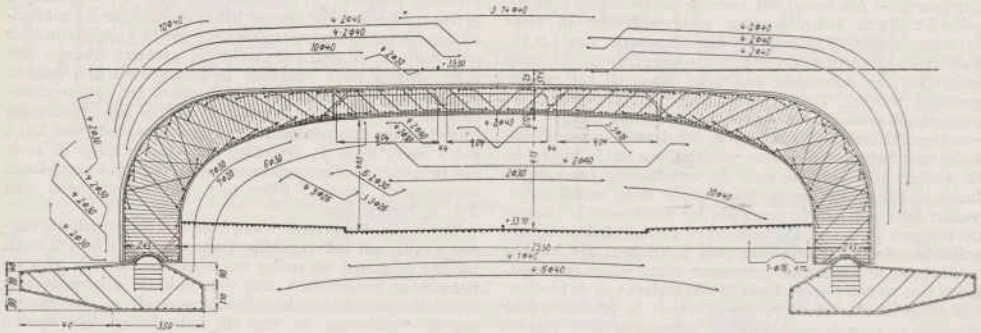
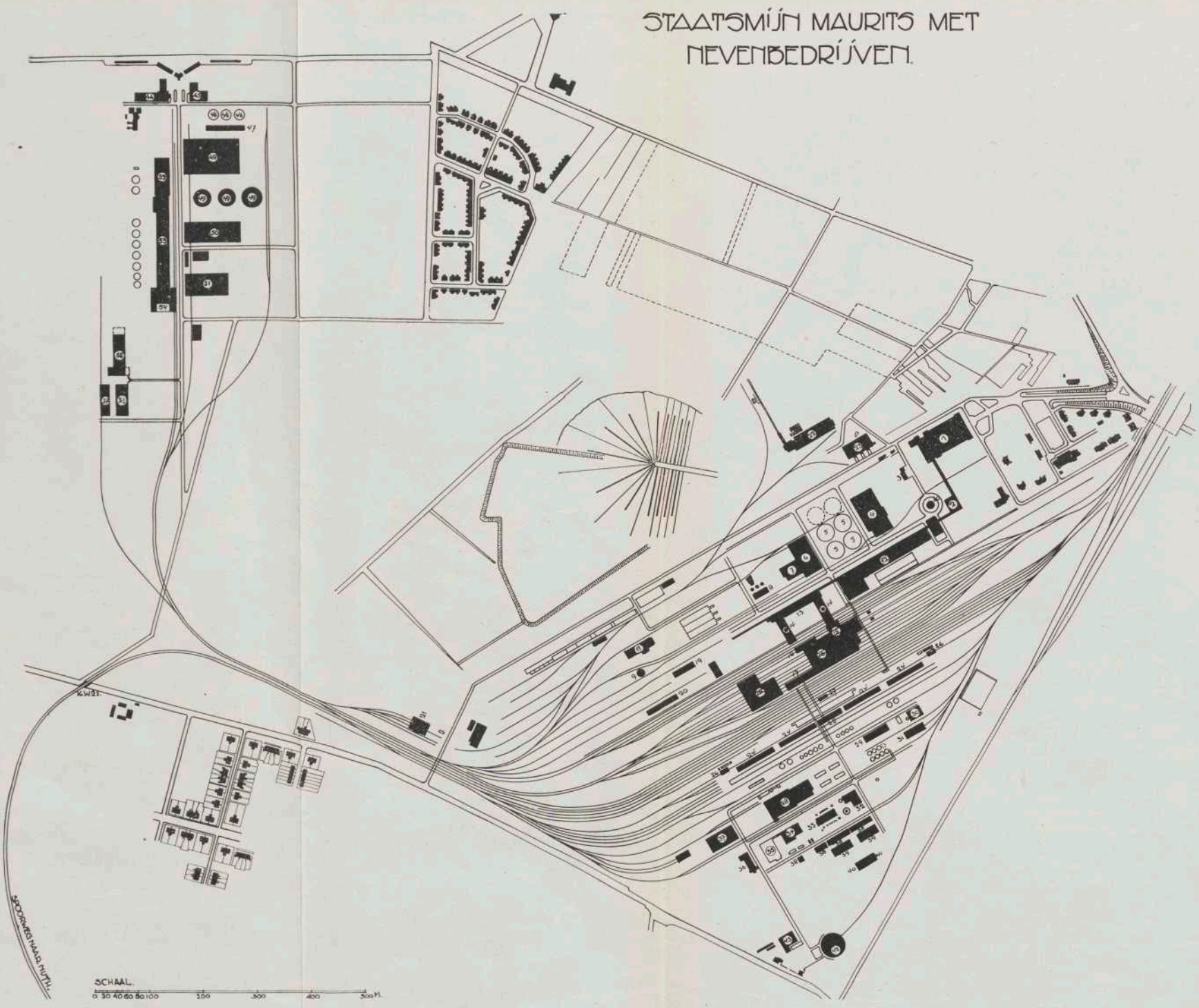


Fig. 1.



PLAAT I. Behoort bij het art. van ir. A. E. DINGER over: De bovengrondsche werken van S. M. Maurits in De Ingenieur 1930 no. 34.



VERKLARING.

A. Mijn.

1. Hoofdgebouw met badgebouw en magazijn.
2. Lampisterie.
3. Garage.
4. Gebouw voor door gas gedreven luchtcompressoren.
5. Koeltorens.
6. Electrische Centrale.
7. Ketelhuis.
8. Waterreiniging.
9. Mijnwatertoren.
10. Drinkwatertoren.
11. Poederkoolmaalcentrale.
12. Werkplaats.
13. Gebouw voor omvormers en ventilatoren.
14. Schachtbokken.
15. Losvloer en zeverij.
16. Wasscherijen.
17. Menggebouw.
18. Bunkergebouw.
19. Zagerij voor mijnhout
20. Railzagerij.
21. Locomotiefloods.
22. Steenfabriek.
23. Rijwielbergplaats.

B. Cokesfabriek.

24. Cokesovens.
25. Fijnkolenbunkergebouw.
26. Bluschtorens.
27. Cokeszeverij.
28. Ammoniakfabriek en zoutloods.
29. Naphtalinefabriek.
30. Teerdestillatie.
31. Pekkoelpannen.
32. Ketelhuis.
33. Pompengebouw.
34. Benzolfabriek.
35. Benzolreservoirs.
36. Laboratorium.
37. Werkplaats en magazijn.
38. Koelwerken.
39. Zuiverhuizen.
40. Gascompressorgebouw voor gasdistributie.
41. Natte gaszuivering.
42. Gashouder.
43. Bad- en schaftlokaal.

C. Stikstofbindingsbedrijf.

44. Laboratorium.
45. Badgebouw.
46. Koeltorens.
47. Pompengebouw.
48. Gasscheidingsgebouw.
49. Gashouders.
50. Synthesegebouw.
51. Werkplaats.
52. Sulfaatfabriek.
53. Zoutloods.
54. Zoutverlading.

D. Zwavelzuurfabriek.

55. Looden kamer- en torengebouw.
56. Ovengebouw.
57. Pyrietloods

Fig. 1.