

Astbestcementbuizen voor rioleringen

Asbestcementbuizen hebben een zeer uitgebreid toepassingsgebied en zijn van alle buismaterialen, die er zijn, het meest universeel toepasbaar. Zij worden gebruikt voor het transport van drinkwater, voor gas (ook aardgas) in lage drukken, voor rioolpersleidingen, voor vrijvervalrioleringen (hoofdleidingen), voor binnenhuisriolering, voor mantelpersbuizen door spoordijken en wegen (waardoorheen hogedruk olie- en gasleidingen worden gevoerd), voor transport van industrieel afvalwater (met epoxybescherming), voor transport van poedervormige vaste stoffen bv. cement), voor zinkers, voor mantelbuizen voor afstandsverwarming, voor kabelbeschermingsbuizen, voor duikers in ruilverkavelingen en onder wegen, voor drainagebuizen, voor pneumatisch transport van brieven, zoals die momenteel in Brussel wordt aangelegd, en voor boorbuizen tot 300 m diep met trekvast koppeling. Voor al deze toepassingen kunnen asbestcementbuizen worden benut.

De fabricage van asbestcementbuizen vindt momenteel plaats in een 175 fabrieken in de wereld met circa 350 buizenmachines. Van deze fabrieken behoort een groot aantal, met name in continentaal Europa, Zuid-Amerika en het midden- en verre Oosten tot de Eternit-groep. In Nederland bevindt zich één fabriek van asbestcementbuizen, namelijk de Eternitfabriek te Goor in Overijssel. De buizenmachines, die in continu-dienst draaien (met uitzondering van de weekeinden), fabriceren buizen met diameters van 50 tot 2000 mm. Uit deze grote verscheidenheid van diameters volgt reeds, dat het toepassingsgebied groot is. De fabricage geschiedt door het opwickelen van dunne laagjes van 0,2 mm dik rondom een stalen kern, zodat op deze wijze iedere gewenste

wanddikte op eenvoudige wijze kan worden verkregen. Het is duidelijk dat het assortiment mogelijkheden door deze flexibiliteit vanzelfsprekend groot is.

Materiaaleigenschappen

Over de materiaaleigenschappen van asbestcement wil ik nu enkele belangrijke eigenschappen even kort aanstippen. Allereerst de *dichtheid* van de buis.

Hoewel de buis een behoorlijk groot poriënvolume bezit (ca. 13 %), is de buis toch praktisch gesproken impermeabel, omdat de poriën een uiterst kleine straal hebben (250 Å d.w.z. 250×10^{-7} mm). De capillaire spanningen van het water in de buiswand zijn zo groot, dat de buis volkomen water- en gasdicht is. Vooral dit laatste, de gasdichtheid van asbestcementbuizen, toont duidelijk aan dat de dichtheid van deze buizen groot is.

Onlangs is dit, vooral in het licht van de bomensterfte door aardgas, in het tijdschrift „Gas” door de heren Takens en Gelauw van het VEG-Gasinstituut te Rijswijk weer duidelijk aangetoond. Vooral voor een gezelschap riooldeskundigen is het nuttig nog eens de aandacht er op te vestigen, dat in vele steden van ons land *nog steeds* asbestcementbuizen voor gas worden gebruikt. Deze dichtheid is vanzelfsprekend ook van groot belang voor de toepassing als rioolbuis, omdat de mogelijkheid van het indringen van eventueel agressieve gassen of vloeistoffen in de wand van de asbestcementbuis door deze grote dichtheid sterk wordt verhinderd.

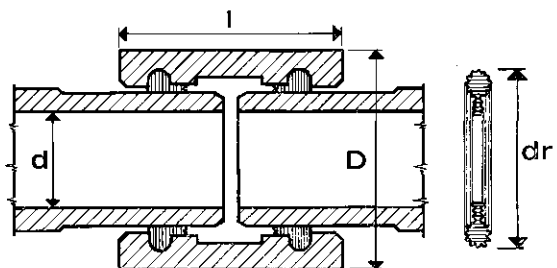
Een tweede eigenschap, die ik hier zou willen bespreken, is de dichtheid van de koppeling. In Nederland geschiedt de verbinding tussen twee asbestcementbuizen met een asbestcementmof en twee rubberringen, komeetringen genoemd naar de vorm van de doorsnede. Voor *alle* toepassingen wordt precies hetzelfde type ring gebruikt, dus voor rioolbuizen worden identieke ringen gebruikt als voor gas en water.

Het gevolg hiervan is — de koppeling is immers ook dicht bij drukleidingen voor gas en water — dat ook voor vrijvervalriolering een *absolute* dichtheid van de koppeling wordt gegarandeerd. Dit is vooral in het licht van de steeds hogere eisen, die aan de waterverontreiniging worden gesteld in ons land van groot belang. Tot voor kort was er geen wet op de waterverontreiniging en was

Afb. 1 - Rioolbuizen \varnothing 1200 worden gelegd.



Afb. 2 - Komeetkoppeling.



er geen behoefte aan om grote aandacht te schenken aan de verbindingen van de in de riolering gebruikelijke buismaterialen. Naast een probleem van verontreiniging van de grond door niet-dichtende verbindingen komt het economische probleem om de hoek kijken van een leiding onder de grondwaterspiegel, die bij niet goede dichte verbindingen als een drainagebuis fungeert, waardoor al dit extra lekwater moet worden afgevoerd, verpompt en gereinigd. Een laatste facet is het aantal verbindingen. Bij de toepassing van asbestcement-rioolbuizen is het aantal verbindingen aanzienlijk lager dan bij andere materialen, omdat de buizen 5 m lang zijn.

Een volgende eigenschap van asbestcementbuizen, die hier moet worden genoemd, is de *slijtweerstand*. Vooral met het oog op de toepassing van asbestcementbuizen als rioolbuizen zijn uitgebreide slijtproeven genomen, die hebben aangetoond, dat met normale afvoeren in een stedelijk rioolnet deze buizen meer dan 100 jaar in gebruik zullen zijn, voordat van een noemenswaardige afslijting sprake is. Deze hoge slijtweerstand wordt met name veroorzaakt door de asbest, die zeer slijtvast is en o.a. ook voor remvoeringen van auto's wordt gebruikt maar tevens door de grote dichtheid en sterkte van het verharde asbestcement.

Over de hydraulische eigenschappen heb ik weinig meer toe te voegen, aan wat de heer Kop hierover in zijn voordracht heeft gezegd.

Aantasting en bescherming

De grondstoffen voor asbestcementbuizen zijn: asbest, cement en water. De asbestvezel — een magnesium of ijzer- en natriumsilikaat — is chemisch onaantastbaar, maar de verharde cement zou in een zuur milieu kunnen worden aangetast.

Over het algemeen zal huishoudelijk afvalwater een basisch karakter hebben en is aantasting uitgesloten, doch bij een zuurgraad met een pH-waarde van kleiner dan 6 — althans gedurende langere perioden — moet op aantasting van het calciumhydroxyde of calciumcarbonaat worden gerekend.

Doch bij deze aantasting speelt opnieuw de dichtheid van het materiaal een grote rol. Deze dichtheid verhindert het binnendringen van het zuur in de wand van de buis, terwijl de asbestvezel, die niet wordt aangetast, een beschermende laag vormt. Voor de bescherming van de *buitenzijde* van asbestcementbuizen in zure gronden worden de buizen uitwendig behandeld met een steenkoolteerpek, die een volkomen afdoende bescherming geeft. Ik herinner hier aan een uitspraak van dr. Louwe Kooymans op de vorig jaar gehouden Corrosiedagen, dat zijn laboratorium (het waterleidinglaboratorium Zuid in Breda) vroeger veel werk had aan het bepalen van de zuurgraad van bepaalde gronden teneinde vast te kunnen stellen of en zo ja welke bescherming voor asbestcementbuizen moest worden toegepast. Sinds de verschijning van steenkoolteerpek is volgens dr. Louwe Kooymans deze bron van inkomsten voor zijn laboratorium geheel opgedroogd. Het is niet nodig om de binnenwand van de buizen tegen normaal huishoudelijk afvalwater te beschermen. Door de dichtheid behoeft aantasting niet te worden gevreesd. Een bitumen- of koolteerpeklaag is dan ook niet nodig, hoewel die wel — op de fabriek — zou kunnen worden aangebracht. Voor het transport van zuur water — bv. industrieel afvalwater — kunnen de buizen van een epoxylaag worden voorzien. In de Eternit-fabrieken zijn daartoe speciale installaties aanwezig, die

deze laag — van over het algemeen 300 mikron — zonder oplosmiddel kunnen opbrengen.

Tenslotte in de opsomming van materiaaleigenschappen noem ik de mechanische sterkte-eigenschappen van Eternitbuizen, een tangentiale treksterkte van minimaal 225 kg/cm², een ringbuigtreksterkte van 450—600 kg/cm² en een axiale druksterkte van 600—800 kg/cm². Een belangrijke eigenschap, die niet bij alle buismaterialen voorkomt is dat de sterkte-eigenschappen in de tijd toenemen, bij asbestcementbuizen zelfs tot 25% toe.

In het kader van het Nederlands-Normalisatie-Instituut is commissie 119-a bezig met het opstellen van kwaliteitseisen voor asbestcement-rioolbuizen. Een voorstel zal hopelijk dit jaar nog worden gepubliceerd.

Rioolpersleidingen

De Keuringseisen nr. 17 van het KIWA voor persleidingen voor gas, water en rioolwater gelden momenteel nog, maar zullen binnenkort worden vervangen door een nieuw normblad, dat enige maanden geleden ter kritiek is gepubliceerd (NEN 3262).

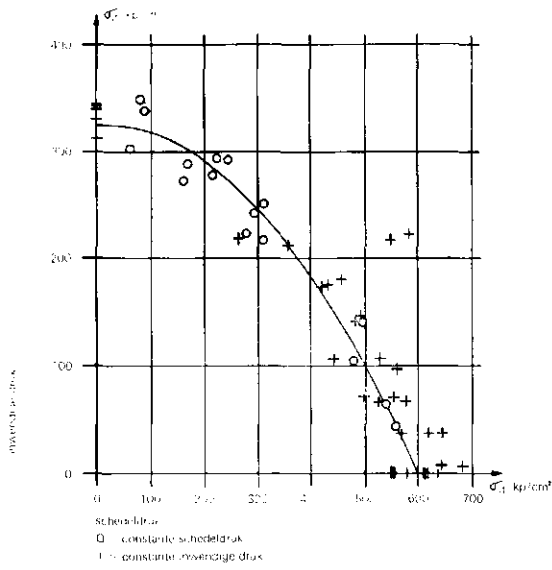
Een belangrijke wijziging ten opzichte van de oude keuringseisen 17 is de klasse-indeling van de buizen. Deze was klasse 5, 10, 15, 20 en 25 voor werkdrukken van 2½, 5, 7½, 10 en 12½ ato. en dat wordt nu buizen voor een werkdruk van 4, 6, 8, 10, 12 ato. De oude klasse-indeling was *alleen* op asbestcementbuizen van toepassing en dit wakte de verwarring met andere buismaterialen, waar men een andere benaming gebruikte, in de hand. Het wordt nu duidelijker, omdat de gebruiker eigenlijk alleen de werkdruk interesseert, terwijl de oude klasse-indeling gebaseerd was op tweemaal de werkdruk, nl. die druk, waarop *alle* buizen worden afgeperst voordat zij de fabriek verlaten. Dit laatste blijft overigens gehandhaafd, alleen de benaming wijzigt.

Een ander facet is dat van persleidingbuizen met diameters boven 400 mm geen wanddikten meer worden vastgelegd, zoals tot nu toe gebruikelijk was (hoewel *niet* door KIWA-eisen voorgeschreven). De afnemer moet voortaan de in- en uitwendige belastingen van de buis opgeven aan de fabrikant, waarna deze een wanddikte vaststelt (en die vanzelfsprekend eventueel met berekeningen moet kunnen verdedigen).

De wanddikten van de buizen met grotere diameters

Aandachtig gehoor op het congres.





Afb. 3 - Beproeving asbestcementbuizen volgens Mosler en Oechsner.

worden nu voortaan veel flexibeler aangepast aan de belastingsituatie dan voorheen, toen afgerond werd naar de eerstvolgende klasse-buis.

De buis moet echter ook berekend kunnen worden. Er waren vanzelfsprekend altijd al theorieën te vinden over de berekening van asbestcementbuizen, maar de laatste jaren is er goed schot in gekomen.

Voor gietijzeren buizen publiceerde Schlick [2] een studie over hun berekening bij gelijktijdig optredende in- en uitwendige belastingen. Door het optreden van inwendige waterdruk in de buizen ontstaat een tangentiële trekspanning in de buiswand. Deze trekspanning is voor dunwandige buizen over hun doorsnede praktisch gelijk. Door het optreden van uitwendige krachten (grond- en verkeersdruk) ontstaan buigtrekspanningen in de buiswand, die bij de tangentiële spanningen moeten worden gesuperponeerd. Het rekenkundig superponeren van deze spanningen is minder juist, maar Schlick ontdekte wel een verband tussen het breukstadium bij gecombineerde belastingen. Schlick belaste de buizen door:

- de inwendige druk gelijk te houden en de buis door schedeldruk tot breuk te belasten;
- de uitwendige schedeldruk gelijk te houden en de buis door uitwendige waterdruk gelijk te houden.

Er ontstaat een wolk van punten, waarlangs een kromme kan worden getekend.

Voor asbestcement zijn dezelfde proeven ook genomen, met name in Duitsland en in Rusland, waaruit bleek dat dezelfde experimentele formule ook voor asbestcementpersleidingbuizen opgaat.

Nu wij dit verband kennen tussen in- en uitwendige druk in het breukstadium, zijn de veiligheidsfactoren veel exacter vast te leggen, dan vroeger het geval was [3]. Immers als wij eerlijk zijn, moeten wij erkennen, dat het toen veelal zo ging, dat men bij een bepaalde werkdruk een hoge veiligheidscoëfficiënt aannam in het vertrouwen dat er dan nog genoeg sterkte over was om grond- en verkeerslasten over te brengen. De nieuwe methode leidt beslist tot een meer verantwoord materiaalgebruik. Door de ISO wordt deze theorie voor asbestcementbuizen nu ook voorgesteld. Deze materie komt in september in München in discussie op een ISO-congres.

Asbestcement rioolbuizen

De toepassing van asbestcementbuizen voor *rioleringsdoeleinden* zouden wij kunnen onderscheiden in:

- binnenhuisriolering;
- hoofdrionen;
- duikers;
- drainagebuizen;
- een speciale toepassing van hoofdrionen, nl. buizen op palen.

Voor binnenhuisriolering zijn asbestcementbuizen reeds zeer lang in gebruik in de diameters 60 tot en met 200 mm. Verschillende systemen van koppeling van de buizen worden toegepast, maar daar zullen wij nu niet verder op ingaan.

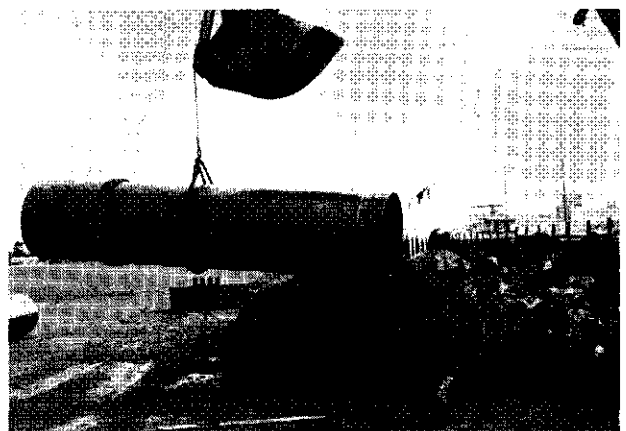
Een belangrijk voordeel van asbestcement binnenhuisriolering is de bestandheid tegen watertemperatuur van 100° C.

Over een aantal eigenschappen van asbestcementbuizen voor hoofdrionen, zoals dichtheid, slijtweerstand en corrosiebestendigheid is hiervoor reeds gesproken. De gegarandeerde sterkte van rioolbuizen tussen twee lijnbelastingen (dus tussen twee platte vlakken) is te zien in tabel I. De minimale kruinbelasting *P* wil in dit verband zeggen, dat de gemiddelde breukbelasting van een serie kruindrukproeven, verminderd met de standaarddeviatie tenminste de aangegeven waarden zal bereiken [4]. Deze waarden zijn niet direct te vergelijken met sterktecijfers van bv. betonbuizen, omdat deze op een heel andere wijze worden beproefd, nl. via een drielijsbelasting, die hogere uitkomsten geeft. In de praktijk is er (of mag er niet zijn) natuurlijk nooit een lijnbelasting, waardoor de belasting waarbij breuk optreedt tweemaal zo hoog is. De flexibiliteit speelt tenslotte ook een rol, maar daarover heeft de heer Wetzorke reeds het een en ander meegedeeld.

De lengte van de asbestcement-rioolbuizen is 5 m en boven de 1200 mm 4 m, de diameters van 15 tot 200 cm. Het gewicht is door de kleine wanddikte gering. Een buis Ø 30 cm weegt *per stuk* (5 m lang) 130 kg, een buis Ø 50 cm 325 kg, Ø 1 meter 1,2 ton en een Ø 1,5 m 2,5 ton per buis. Het transport van de buizen, het uitrijden van de buizen langs de sleuf en de montage is daardoor eenvoudig en kan snel geschieden. De hoekverdraaiing van de komeetkoppeling is groot, waarbij de verbinding absoluut waterdicht blijft.

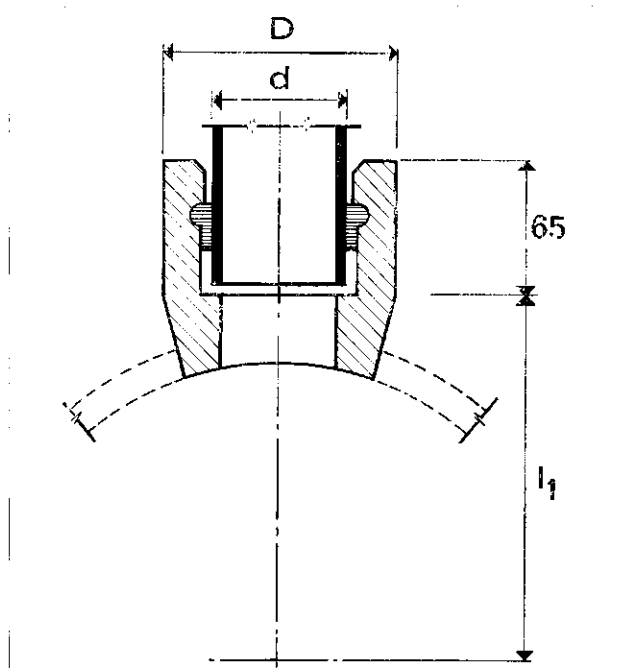
Het aanboren van buizen ten behoeve van een inlaat voor een huis- of kolkaansluiting zal normaal op de

Rioolpersleidingbuis Ø 800 mm.



TABEL I - Vereiste kruindrukbelasting.

Inwendige diameter	Standaardklasse		Superklasse	
	wanddikte in mm	P in kg/m'	wanddikte in mm	P in kg/m'
150	8	2000	10	3000
200	9	2250	11	3000
250	11	2500	12	3000
300	13	2750	14	3500
350	14	3000	16	4000
400	16	3250	18	4250
450	18	3500	20	4500
500	19	3750	22	4750
600	23	4500	26	5750
700	26	5000	30	6500
800	30	5500	34	7250
900	33	6000	37	7750
1000	36	6500	41	8500
1100	38	6500	43	8750
1200	40	6750	46	9000
1300	43	7250	48	9250
1400	46	7500	51	9250
1500	49	7750	54	9500
1600	52	8000	57	10000
1700	55	8250	60	10500
1800	58	8750	64	11000
1900	61	9250	67	11500
2000	64	9750	70	12000



Afb. 5 - Inlaat in Eternit-rioolbuis voor PVC-huis- of kolkaansluiting.

fabriek geschieden, maar kan ook op het werk plaatsvinden.

In de buis wordt een conisch gat geboord, waarna een geprefabriceerde inlaat er in wordt geplaatst en vastgelijmd. Er zijn inlaten beschikbaar voor een aansluiting op asbestcement ABR-buizen, op grèsbuizen en op PVC-buizen. De inlaat kan op elke willekeurige plaats worden gezet, maar in verband met de grote hoeveelheid merken die er dan ontstaan, is standaardisatie sterk aan te bevelen.

Enige andere hulpstukken zijn: lange komeetmoffen, komeetmoffen onder hoek, bochten, muurstukken, stoppen, verloopstukken en overgangstukken. Tevens worden inspectieschachten gemaakt om het rioolsysteem te completeren. Deze worden in twee uitvoeringen geleverd: asbestcement-inspectieschachten, die volkomen waterdicht zijn en licht in gewicht. Ter plaatse moet hierbij een betonfundering worden gestort. Of beton-inspectieschach-

ten met een ingestort muurstuk met een groef voor de komeetring. Ook ronde betonputten kunnen worden gemaakt.

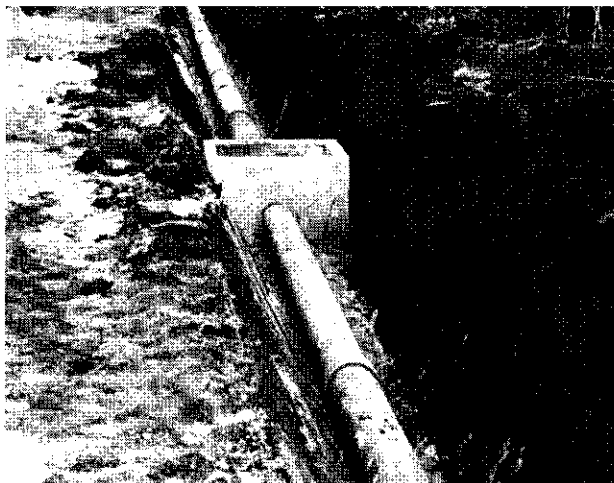
Duikerbuizen

Ook in de cultuurtechniek worden vele buizen gebruikt. Bij duikers in dammen en onder wegen kunnen asbestcementbuizen ook van nut zijn. De voordelen zijn hier met name het lichte gewicht en de grote lengte en geen gevaar voor brosheid wegens lage temperaturen van de buiseinden, die in sloten uisteken.

Duikers langer dan 5 m moeten worden samengesteld uit meerdere buizen verbonden door een komeetmof, een losse asbestcementmof, waarbij de ruimte tussen buis en mof wordt dichtgezet door cementspecie, bitumenweefsel of iets dergelijks, of een rubbermof.

Voor duikers onder wegen worden ook veelvuldig asbestcementbuizen gebruikt, onder en langs rijkswegen en

Afb. 6 - Asbestcement riool Ø 250 mm met beton inspectie-schachten.



Afb. 7 - Inspectie-schacht van asbestcement.





Afb. 8 - Duikerbuis \varnothing 300 mm van 5 m lengte.

vooral bij verkeerspleinen, zoals Oudenrijn. Hierbij wordt over het algemeen de komeetmof gebruikt.

Bij de wegebouw kan ook een ander type buis worden gebruikt, nl. de drainagebuis. Deze buis wordt aan de bovenzijde voorzien van loodrecht op de as van de buis staande gleuven.

Aan de onderzijde is het systeem dicht, zodat een volkomen afvoer verzekerd is. Voor het draineren en afvoeren van het hemelwater in de middenberm en langs hoofdwegen wordt dit type momenteel in België op grote schaal toegepast. Deze buis is dus tegelijkertijd een drainagebuis en een regenwaterriool.

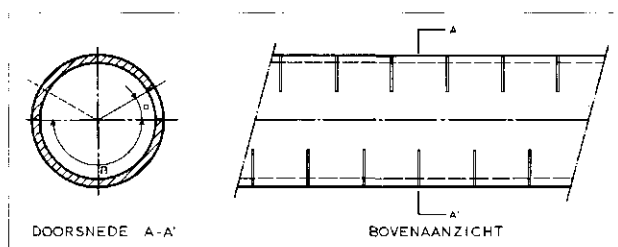
Buizen op palen

Tot slot de asbestcementbuizen op palen. Eternit heeft in 1968 bij het Instituut TNO voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies te Rijswijk een serie proeven laten uitvoeren om het gedrag van asbestcementbuizen te bepalen bij een belasting op palen. Daartoe zijn een serie buizen \varnothing 400 en \varnothing 600 van 5 m lang opgelegd op twee paaljukken, waarbij de oplegpunten zodanig zijn gekozen, dat een zo gunstig mogelijke momentenverdeling voor de langsbuiging ontstaat. De buizen zijn vervolgens onder een gelijkmatig verdeelde belasting van een zandkist gebracht. Aan de onderzijde lagen de buizen op twee betonblokken met een beddingshoek van 120° . De breedte van de oplegblokken was 40 cm, terwijl ook een aantal buizen zijn beproefd met een oplegbreedte van 20 cm, en ook enige op een houten juk met wiggen van 20 cm breedte. De ronding van de betonblokken werd steeds aangepast aan de buitendiameters van de buis door middel van een 2 cm dikke aangegoten mortelvoeg.

Op het zand van de zandkisten werd d.m.v. een hydraulische vijzel de belasting aangebracht tot dat breuk trad. De breuk trad altijd eerst bij een steunpunt op.

In tabel II ziet u de resultaten van de proeven op buizen

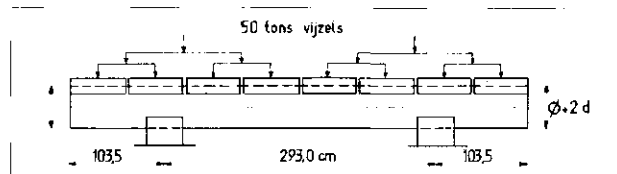
Afb. 9 - Principe asbestcement drainagebuis.



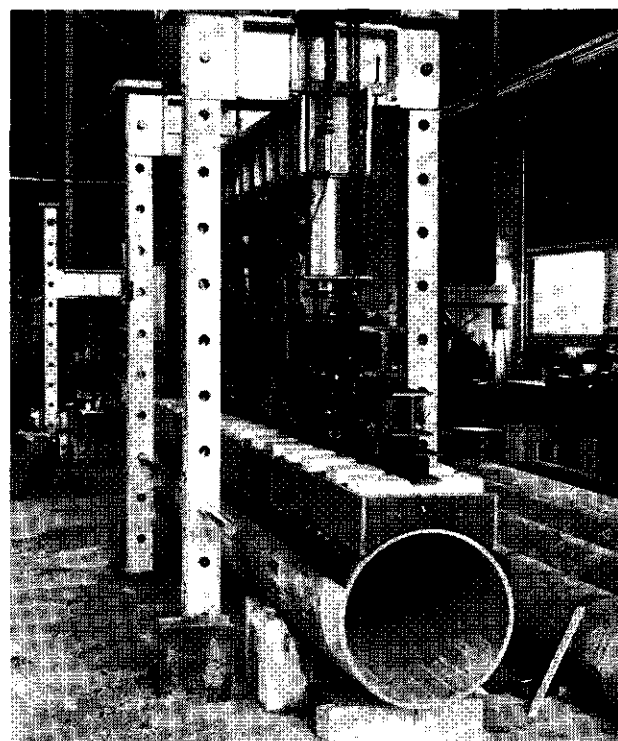
TABEL II - Gegevens en proefresultaten van Eternitbuizen op palen.

No.	inw. diam. in cm	gemeten wanddikte in mm	breedte ondersteuning in cm	uitvoering ondersteuning	bezwijkbelasting in tf totaal	per m' buis
1	40	15,1	40	beton	32,9	6,58
2	40	17,1	40	beton	35,8	7,16
3	40	15,4	40	beton	31,2	6,24
4	40	24,7	40	beton	74,3	14,86
5	40	20,5	40	beton	64,5	12,90
6	40	22,1	40	beton	60,4	12,08
7	40	22,7	20	beton	59,0	11,80
8	40	22,6	20	beton	61,4	12,28
9	40	21,8	20	beton	49,4	9,88
10	40	21,5	20	hout	41,0	8,20
11	40	22,4	20	hout	44,5	8,90
12	40	22,1	20	hout	50,7	10,14
13	40	28,5	40	beton	90,9	18,18
14	40	28,9	40	beton	101,0	20,20
15	40	28,5	40	beton	97,9	19,58
16	60	24,8	40	beton	59,5	11,90
17	60	24,6	40	beton	59,5	11,90
18	60	23,7	40	beton	50,2	10,04

met verschillende wanddikten. De bezwijklasten liepen van 31,2 ton voor een normale Standaardklasse rioolbuis tot meer dan 100 ton voor een 10 ato-buis. Er zijn ook duidelijke verschillen merkbaar in de resultaten door een andere opleggingsconstructie. Uiteraard is de situatie bij het steunpunt zeer belangrijk. Immers alle krachten moe-



Afb. 10 - Overzicht proefopstelling.



ten daar de buis verlaten, waardoor een zeer gecompliceerde belastingtoestand ontstaat.

Voellmy heeft in 1943 in Zürich een serie asbestcementbuisen ook op deze wijze beproefd en daar een berekeningswijze uit gedestilleerd [5]. Wij hebben getracht na te gaan of de huidige kwaliteit buizen aan deze berekeningsmethode voldoet. De gevonden spanningen zijn volgens verwachting hoger dan bij Voellmy maar de berekeningsmethode lijkt bruikbaar. De resultaten zijn nu uitgezet in een grafiek met op de abscis de wanddikte van de buis in mm en op de ordinaat de bezwijkbelasting in ton per buis. Voor de buis ϕ 400 blijkt een rechte lijn getrokken te kunnen worden, die de uitkomsten verbindt. De gevonden formule van deze lijn is $P = 5e - D$.

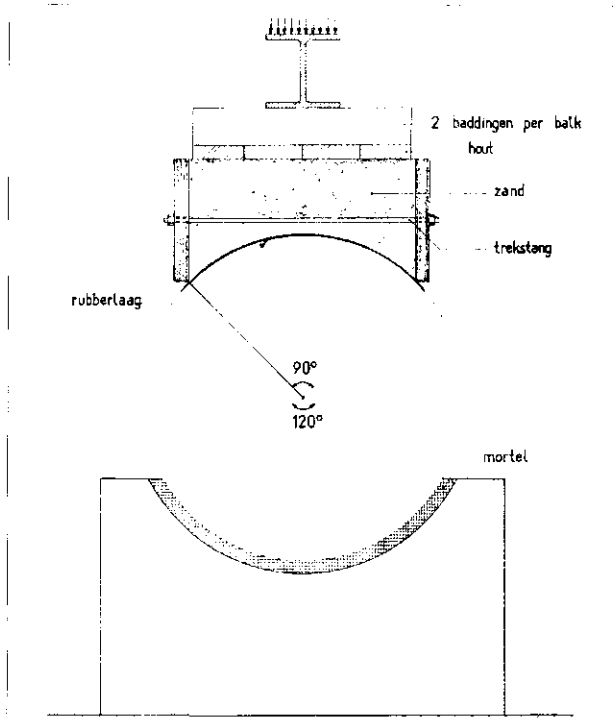
Wanneer wij deze formule ook bepalen voor de buis ϕ 600 blijken de gevonden resultaten van de proeven ook op deze lijn te liggen. De stippellijnen voor ϕ 800 en ϕ 1000 zijn eveneens uitgezet, waarbij in proeven zou moeten worden aangetoond, dat deze extrapolatie juist is. Kleinere diameters dan 400 zijn uiteraard ook mogelijk. Hier speelt de langsbuiging echter een verhoudingsgewijs grote rol, zodat deze de wanddikte gaat bepalen en niet de belastingtoestand ter plaatse van het steunpunt.

Met deze proevenserie is aangetoond, dat asbestcementbuisen zeer goed geschikt zijn voor toepassing op palen. Het spreekt vanzelf, dat de ligging van de asbestvezel in de buis hiervoor in hoofdzaak verantwoordelijk is.

Uit binnenlandse en buitenlandse onderzoeken en ervaringen met asbestcementbuisen blijkt een snelle ontwikkeling in de toepassing van deze buizen en rioleringsstelsels. Het veelzijdige materiaal asbest-cement biedt ook voor het transport van rioolwater een eenvoudige en duurzame oplossing.

Literatuur

1. Delestré, A. en Wagenmaker, F., *Bescherming van asbestcementbuisen*. „Water”, september 1968.



Afb. 11 - Belastingstelsel.

- Schlick, W. J., *Supporting Strengths of Cast-Iron Pipe for Water and Gas Service*, Bulletin 146. Iowa/State College, Ames Iowa 1940.
- Wagenmaker, F., *Nieuwe berekeningsmethode asbestcementpersleidingbuisen*. „H₂O”, november 1968.
- Rioolbuisen, hydraulische eigenschappen en berekening van gronddrukken en verkeersbelastingen*, uitgave Eternit, Amsterdam 1968.
- Voellmy, *Bemessung und Bruchsicherheit von Rohrleitungen insbesondere von Eternitleitungen*. Schweizerische Bauzeitung 1943, 15-16-17.

Afb. 12 - Resultaten van de proeven.

