

# BOUWEN '67

van traditionele  
naar industriële bouwmethoden

# BÂTIR '67

des méthodes de construction traditionnelles  
vers les méthodes industrielles



N.V. INTERNATIONALE BOUW COMPAGNIE

V/H FA. H. VAN HEESEWIJK – BEST

Nadat enkele jaren geleden verschillende industriële bouwmethoden, te weten het Jawerth systeem, het Lift Slab systeem, het Rottinghuis systeem en het IBC scholenbouwsysteem, in ons bedrijf werden geïntroduceerd, bleek al spoedig dat deze bouwmethoden een uitvoerige omschrijving van de ontwikkelingen en de toepassingsmogelijkheden vereisten.

Na de uitgave van '75 jaar bouwen' dat ter gelegenheid van het 75-jarig jubileum van de IBC werd uitgegeven, hebben wij ons daarom genoodzaakt gevoeld een nieuwe uitgave het licht te doen zien: 'Bouwen '67', waarin wij u een indruk trachten te geven van de IBC en haar bouwmethoden. Onder IBC wel te verstaan IBC en haar dochterondernemingen. Immers vele van de dochterondernemingen leveren een belangrijke bijdrage aan de industriële bouwmethoden.

Daarvan moeten worden genoemd: de woningfabriek, de betonfabriek, de constructiewerkplaats, het installatiebedrijf voor elektrische, sanitaire, c.v. en liftinstallaties, de timmerfabriek, het ontwerp bureau voor staal- en betonconstructies en technische installaties.

Wij prijzen ons gelukkig dat aan deze uitgave, deskundigen uit binnen- en buitenland hun medewerking hebben gegeven.

Voor de buitenlandse medewerking heeft ons verheugd, daar wij hierdoor gebruik kunnen maken van een internationale 'know-how'.

Ter illustratie zijn een aantal foto's van werken opgenomen, die in het afgelopen jaar door ons zijn uitgevoerd.

Wij hopen met deze uitgave een bijdrage te leveren tot een verdere industriële ontwikkeling van de bouwnijverheid.



A. C. VAN HEESEWIJK

DIRECTEUR N.V. INTERNATIONALE BOUW COMPAGNIE  
V/H FA. H. VAN HEESEWIJK

Après l'introduction dans notre entreprise, il y a quelques années, de certaines méthodes de construction industrielles, à savoir le système Jawerth, le système Lift-Slab, le système Rottinghuis et le système IBC de construction d'écoles, il s'avéra rapidement que ces méthodes de construction requéraient une description détaillée de leur évolution et de leurs possibilités d'application.

Après l'édition de '75 jaar bouwen' (75 années de construction), qui fut publiée à l'occasion des 75 années d'existence de IBC, nous nous voyons aujourd'hui forcés d'éditer une nouvelle publication: 'Bâtir '67' dans laquelle nous nous efforçons de donner une impression de IBC et de ses méthodes de construction.

Par IBC, il y a évidemment lieu d'entendre IBC et ses entreprises filiales. En effet, plusieurs entreprises filiales fournissent une contribution importante aux méthodes de construction industrielles.

Parmi elles, il y a lieu de mentionner: la fabrique d'habitations, la fabrique de béton, l'atelier de construction, l'entreprise d'installations électriques, sanitaires, de chauffage central et d'ascenseurs, l'atelier de menuiserie, le bureau d'études pour les constructions en acier et béton et les installations techniques.

Nous nous réjouissons du fait que de nombreux spécialistes tant du pays que de l'étranger, aient accepté de nous prêter leur collaboration. Nous apprécions particulièrement la collaboration étrangère, car elle nous permet de tirer parti d'un 'know-how' international.

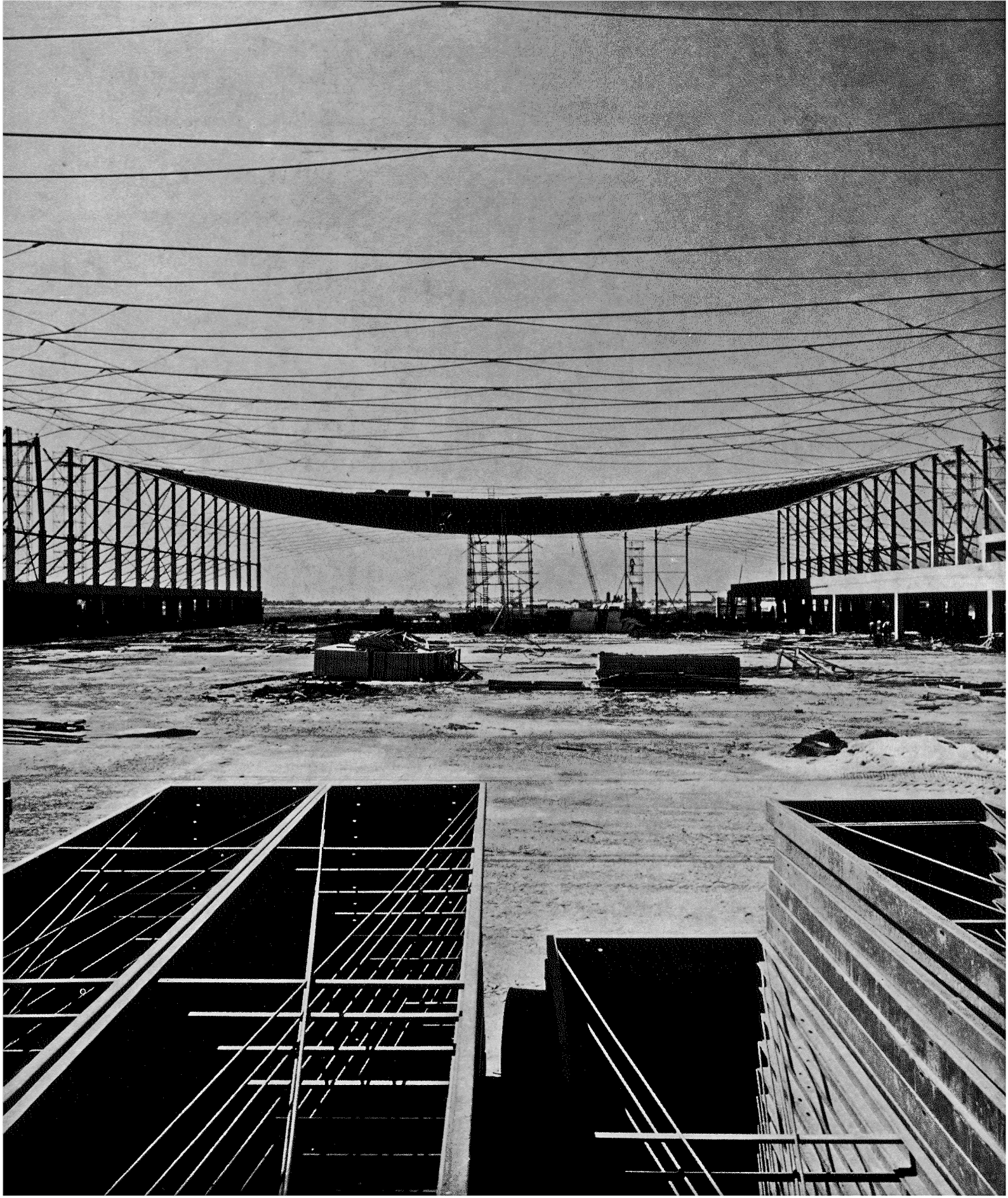
La présente publication est illustrée d'un certain nombre de photos de travaux que nous avons réalisés l'année passée. Nous espérons contribuer ainsi au développement industriel de l'industrie du bâtiment.



A. C. VAN HEESEWIJK

DIRECTEUR DE LA N.V. INTERNATIONALE BOUW COMPAGNIE  
ANC<sup>t</sup> FA. H. VAN HEESEWIJK





# HET SYSTEEM JAWERTH

## LE SYSTÈME JAWERTH

Het vrachtgebouw van de luchthaven Schiphol is ontworpen volgens het systeem Jawerth.

Het bleek, dat een kolomvrije overspanning van 77,00 m gebouwd volgens het systeem Jawerth, grote voordelen zou bieden.

Ook economisch en esthetisch was dit de beste oplossing.

Het vrachtgebouw heeft een oppervlakte van 18.400 m<sup>2</sup>, het kolomvrije middengedeelte is 77 × 156 m.

De verankering van de kabelvakwerken vindt plaats op de betonnen portalen die 4,70 m<sup>1</sup> h.o.h. zijn geplaatst (fig. 1).

Gezien de grondgesteldheid op Schiphol lag een paalfundering voor de hand. Gekozen zijn ca. 10 m lange geprefabriceerde betonpalen met verzwaarde punt, die een draagvermogen van 95 ton hebben.

Door de verankeringsstangen van de kabelvakwerken wordt op de betonnen portalen een trekkracht uitgeoefend waarvan de verticale component maximaal 90 ton bedraagt (bij volle sneeuwbelasting).

Deze trekkracht wordt voor  $\frac{2}{3}$  gecompenseerd door het eigen gewicht van de portalen en de betonnen dakvloer. Het overblijvende deel (ca. 30 ton) wordt opgenomen door één in de grond gevormde paal van ca. 13 m lengte. De 32 Jawerth-kabelvakwerken zijn 77 m lang en liggen hart op hart 4,70 m. Ze zijn opgebouwd uit een bovenkabel van  $\varnothing 48$  mm en een onderkabel van  $\varnothing 30,6$  mm, (voorgespannen) met diagonalen van  $\varnothing 16$  mm. De bovenkabels worden gedragen door 8 m lange kolommen HEA320.

De horizontale kracht van deze kabels wordt in de beide langsegevels door verankeringsstangen  $\varnothing 32$  mm, materiaal staal 80/105, naar de betonconstructie van de nevengebouwen overgebracht en via deze naar de funderingsconstructie. De verankeringsstangen zijn voorzien van koudgewalste schroefdraad. Het materiaal krijgt door deze behandeling een grotere sterkte.

De stang heeft op de plaats waar zich de schroefdraad bevindt een hogere breuklast dan het overige deel en men kan dus de volledige staafdoorsnede benutten.

L'entrepôt de l'aéroport Schiphol est conçu suivant le système Jawerth.

Il s'avéra qu'une portée de 77,00 m, sans colonnes, bâtie suivant le système Jawerth, offrirait de grands avantages.

Du point de vue économique et esthétique, c'était la meilleure solution.

L'entrepôt a une superficie de 18.400 m<sup>2</sup>; la partie centrale, sans colonnes, mesure 77 × 156 m.

L'ancrage des câbles s'effectue sur les portiques de béton qui sont placés à une distance d'axe en axe de 4,70 m (fig. 1).

Vu l'état du sol à Schiphol, une fondation sur pieux s'imposait. On a choisi des pieux en béton préfabriqués, d'environ 10 mètres de longueur, à base renforcée, à capacité de charge de 95 tonnes. Les tiges d'ancrage des câbles exercent sur les portiques en béton une force de traction dont la composante verticale est au maximum de 90 tonnes (poids total avec neige). Cette force de traction est compensée pour les  $\frac{2}{3}$  par le poids propre des portiques et du plancher en béton. Le reste (30 tonnes) est absorbé par un pieu d'environ 13 mètres de longueur formé dans le sol.

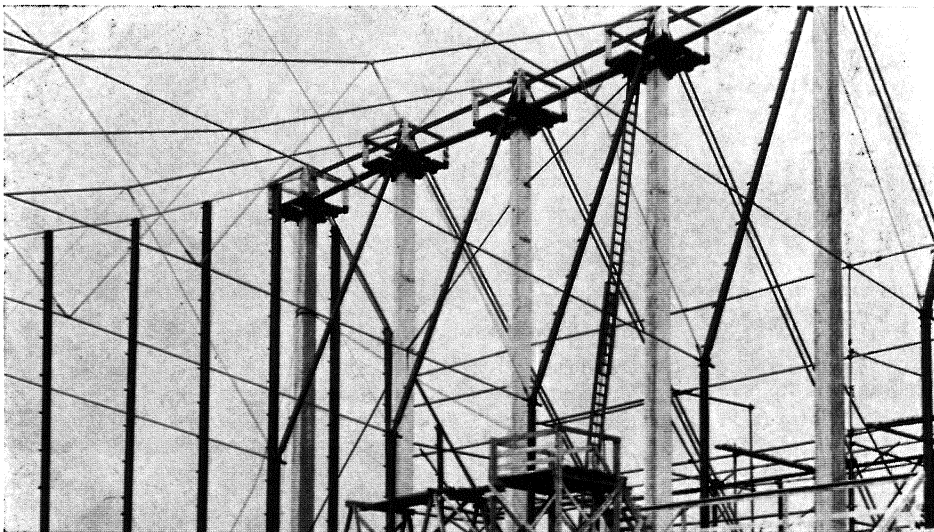
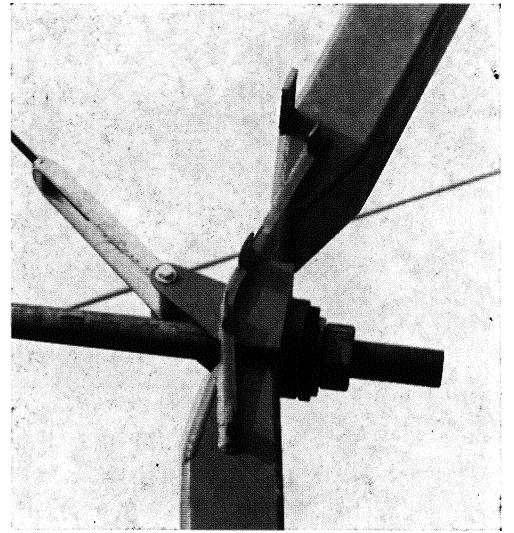
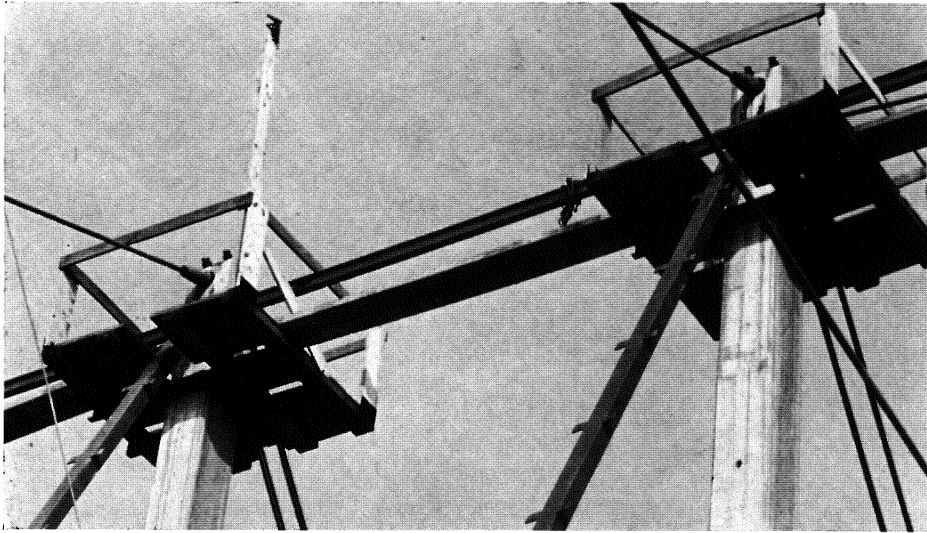
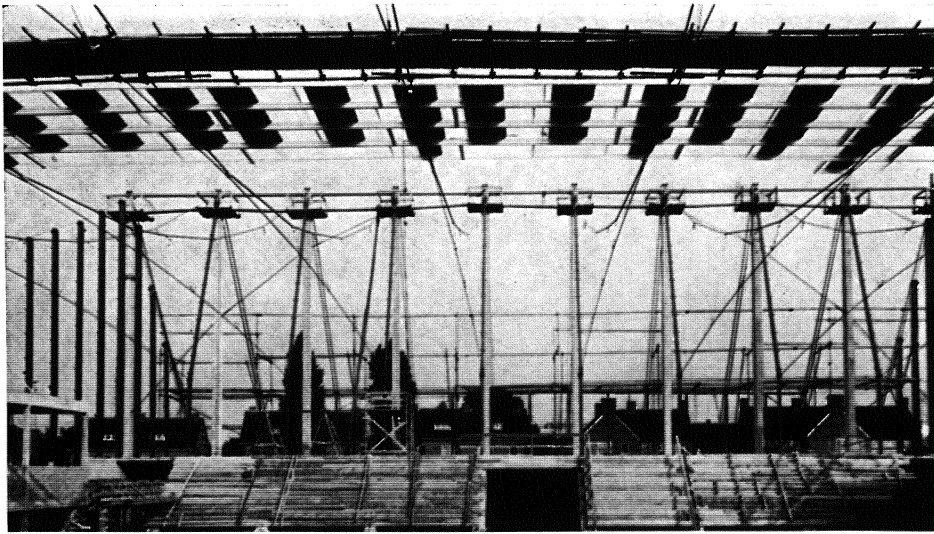
Les 32 treillis de câbles Jawerth ont une longueur de 77 m et leur distance d'axe en axe est de 4,70 m. Ils sont constitués par un câble supérieur de 48 mm de diamètre et par un câble inférieur de 30,6 mm de diamètre, précontraints à l'aide de diagonales de 16 mm de diamètre. Les câbles supérieurs sont portés par des colonnes HEA320, de 8 mètres de longueur.

La force horizontale de ces câbles est transmise dans les deux pignons longitudinaux par des tiges d'ancrage de 32 mm de diamètre, en acier 80/105, à la construction en béton des bâtiments voisins et, par l'intermédiaire de ceux-ci, aux fondations. Les tiges d'ancrage sont munies de filets forcés à froid. Ce traitement communique au matériau une grande résistance mécanique.

A l'endroit de la partie filetée, la tige a une plus grande résistance à la rupture que dans la partie restante, ce qui permet donc de se baser sur toute la section de la tige.

Fig. 1, Vrachtgebouw Centraal Verkeersareaal van de Luchthaven Schiphol. Hangdak in het systeem Jawerth met een vrije overspanning van 77 m<sup>1</sup>. Architect: E. A. Riphagen, hoofd Bouwkundige Dienst N.V. Luchthaven Schiphol

Fig. 1. Entrepôt des installations de trafic centrales de l'aéroport Schiphol. Toit suspendu, système Jawerth, à portée libre de 77 mètres. Architecte: E. A. Riphagen, chef du Service d'Architecture de la S.A. Aéroport Schiphol



Constructie details van de Jawerth dakconstructie van de Sport- en Muziekhal te Kerkrade.

Détails de construction de la toiture Jawerth du hall de sports et de concerts à Kerkrade



## De kabelvakwerken

Het systeem Jawerth bestaat uit bouwelementen, die op de meest economische wijze belast zijn, nl. gelijkmatig op trek over hun volle doorsnede. Tussen twee of meer punten wordt een kabel opgehangen, die het dak draagt.

Met schuine trekstangen is een onderkabel convex tegen deze bovenkabel voorgespannen. De voorspanning varieert met de belasting op het dak en is zo gekozen, dat deze voor de grootste belasting (eigen gewicht + sneeuwbelasting) klein, maar nog niet geheel nul is.

Neemt de belasting op het dak toe, dan zal de kracht in de bovenkabel toenemen, maar de voorspanning zal gelijktijdig dalen en daardoor zal de kracht in de bovenkabel minder toenemen. Doordat de voorspanning en de dakbelasting omgekeerd evenredig zijn, zal de kracht in de bovenkabel veel minder variëren dan het geval is bij een vrijhangende niet voorgespannen kabel en zijn de vormveranderingen dienovereenkomstig kleiner. Dit is van belang voor de keuze van de kabels. Voor een kabel is niet alleen de maximale belasting bepalend maar ook de maximale belastingswisseling.

Voor hangbruggen wordt hier een waarde  $\Delta\sigma = \text{max. } 25,0 \text{ kg/mm}^2$  aangehouden.

Bij de berekening van een hangdak houdt men rekening met de vormverandering ten gevolge van belasting (theorie II). Men maakt gebruik van het gunstige effect, dat de deformatie geeft. Neemt de belasting toe, dan zal door de kabelverlenging en door de verplaatsing van de bevestigingspunten de doorhang, hier zeeg genoemd, toenemen. Deze vergrote constructiehoogte heeft tot gevolg dat bij toenemende belasting de kracht niet evenredig, doch in mindere mate toeneemt. Dit draagt bij tot verminderde krachtwisseling in de kabels en geeft een veiligheid, die in werkelijkheid groter is dan de nominale veiligheid.

In de in fig. 2 opgenomen diagrammen ziet men duidelijk de wisseling van de kabelkracht met de daarbij optredende doorbuigingen voor gegeven belastingen.

- A. voor een vrijhangende kabel, volgens theorie I. (Geen vormverandering ten gevolge van belasting).
- B. Voor een vrijhangende kabel, volgens theorie II.
- C. Voor systeem Jawerth.

Op het eerste gezicht zou men de voorspanning tot stand willen brengen door middel van verticale hangers (Fig. 4A). Deze vormen met de kabels vierhoeken, die geen weetstand bieden aan asymmetrische vervormingen.

De eerste verbetering is de verbinding van de boven- en onderkabel in het midden met een kabelklem (Fig. 4B). Deze klem is berekend

## Les treillis des câbles

Le système Jawerth se compose d'éléments de construction qui sont sollicités aussi économiquement que possible, à savoir uniformément à la traction sur toute leur section. Un câble, supportant le toit, est suspendu entre deux ou un plus grand nombre de points.

A l'aide de tirants, un câble inférieur précontraint est tendu, suivant une courbure convexe, contre ce câble supérieur. La précontrainte varie avec la charge sur le toit et est choisie de façon que, pour la plus grande charge (poids propre + neige), elle soit petite, mais pas encore nulle.

Lorsque la charge sur le toit augmente, la force exercée sur le câble supérieur augmente également, mais en même temps la précontrainte diminue, ce qui réduit l'augmentation de la force exercée sur le câble supérieur. La précontrainte et la charge sur le toit étant inversement proportionnelles, la force exercée sur le câble supérieur variera bien moins que dans un câble librement suspendu sans précontrainte et, de ce fait, les déformations sont moindres. Cette particularité est d'importance pour le choix des câbles. Toutefois, pour un câble, ce n'est pas uniquement la charge maximale qui est déterminante, mais bien la variation maximale de la charge.

Pour les ponts suspendus, on a admis, pour cette variation de charge, une valeur  $\Delta\sigma = \text{max. } 25 \text{ kg/mm}^2$ .

Dans le calcul d'un toit suspendu, on tient compte de la déformation résultant de la charge (théorie II). On tire parti de l'effet avantageux inhérent à la déformation. Lorsque la charge augmente, par suite de l'allongement du câble et du déplacement des points de fixation, la flèche deviendra plus grande.

Par suite de cette plus grande hauteur de la flèche, lors d'une augmentation de la charge, la force n'augmente pas proportionnellement mais dans une mesure moindre. Cela contribue à une réduction des variations des forces exercées sur le câble et assure une marge de sécurité qui, en fait, est plus grande que la marge de sécurité nominale.

Les diagrammes de la fig. 2 montrent nettement les variations des forces exercées sur le câble, et les flèches correspondantes, pour des sollicitations données.

- A. Pour un câble librement suspendu, selon la théorie I. (Pas de déformation sous l'effet de la charge).
- B. Pour un câble librement suspendu, selon la théorie II.
- C. Pour le système Jawerth.

A première vue, on serait tenté de créer la précontrainte à l'aide de tirants verticaux (Fig. 4A). Ceux-ci forment, avec les câbles, des quadrilatères qui n'offrent aucune résistance aux déformations asymétriques.

Une première amélioration est l'assemblage

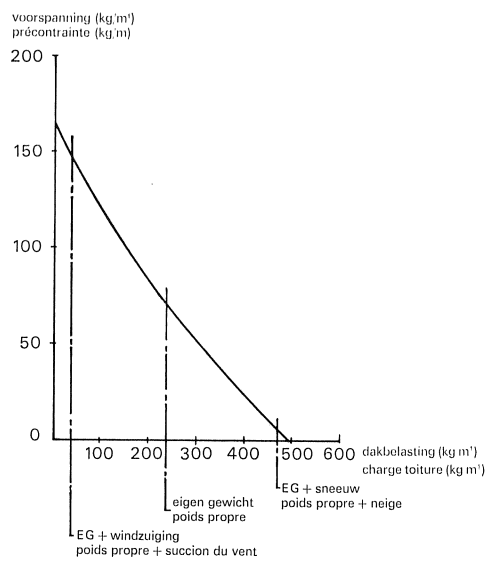
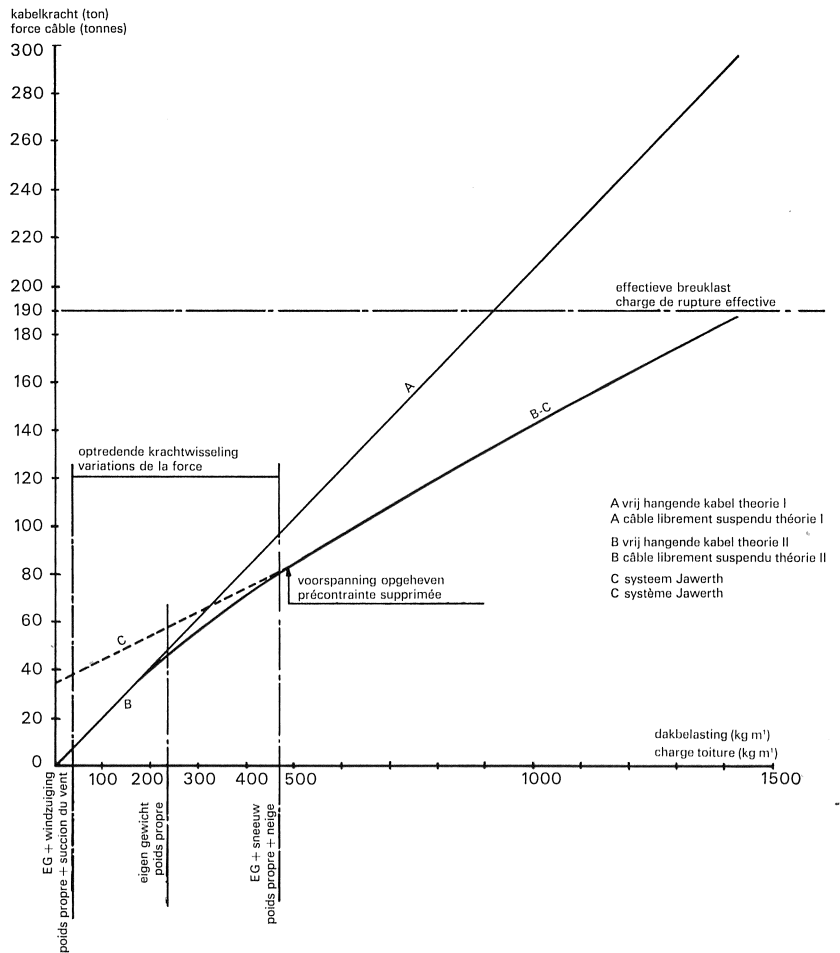
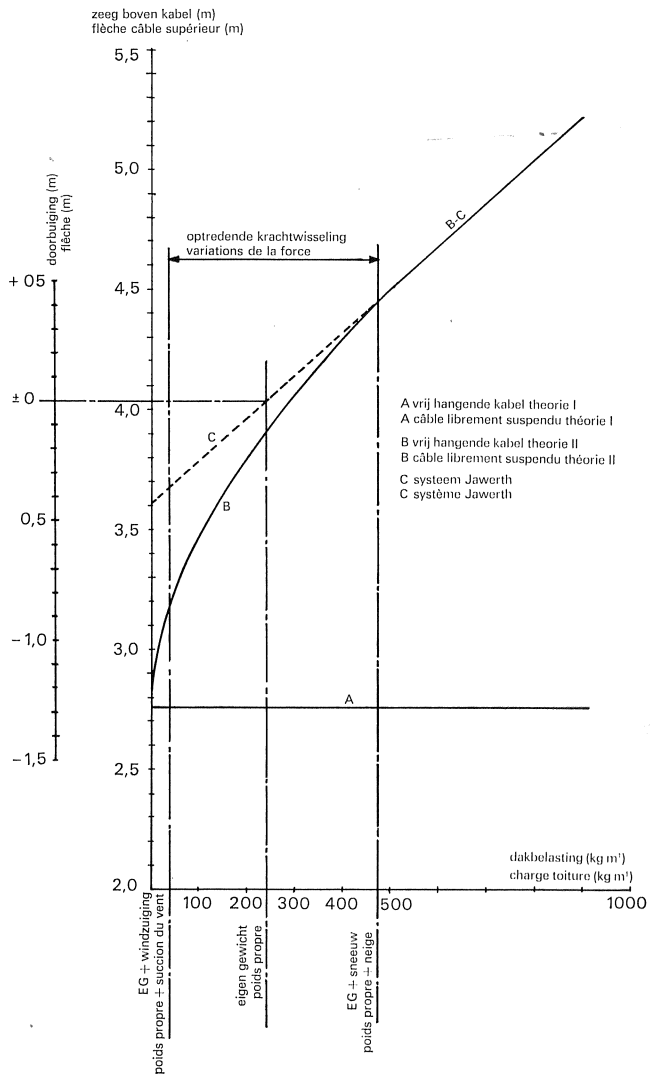


Fig. 2

op een maximale sneeuwlast over het halve dak. Door het aanbrengen van schuine trekstangen tussen de kabels, ontstaat een vakwerk van aaneengesloten driehoeken (Fig. 4C).

De resultaten van de metingen, die verricht werden aan modellen die achtereenvolgens op de bovenbeschreven drie manieren uitgevoerd werden, laten duidelijk de verschillen zien in deformatie voor het midden en  $\frac{1}{4}$  deelpunten bij asymmetrische belasting (Fig. 3). Hangdaken verschillen principieel totaal van traditionele dakconstructies en wij kunnen hier geen profijt trekken van een lange ervaring.

Daarom dient elk onderdeel nauwkeurig onderzocht en berekend te zijn.

### Statistische berekening

De statistische berekening, die uitvoerig beschreven is in o.a. Der Stahlbau 5/1959, gaat uit van de bekende differentiaal-vergelijking

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{q}{H}$$

Hieruit volgen na uitwerking van de vergelijking voor booglengte,

$$S = \int \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx,$$

du câble supérieur et du câble inférieur, au milieu, à l'aide d'un serre-câble (Fig. 4B). Ce serre-câble est calculé pour un poids de neige maximal sur la moitié du toit. L'utilisation de tirants obliques entre les câbles fournit un treillis de triangles adjacents (Fig. 4C).

Les résultats de mesures effectuées sur des modèles, réalisés successivement des trois manières décrites ci-dessus, montrent nettement les différences en déformations au milieu et aux quarts divisionnaires dans le cas d'une charge asymétrique (Fig. 3).

En principe, les toits suspendus diffèrent totalement des constructions traditionnelles et nous ne pouvons tirer aucun parti d'une longue expérience. Aussi chaque organe doit-il être examiné et calculé très minutieusement.

### Calcul statique

Le calcul statique, qui est décrit en détail entre autres dans Der Stahlbau 5/1959, part de l'équation différentielle connue:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{q}{H}$$

On en déduit, après développement de l'équation donnant la longueur de l'arc:

$$S = \int \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx,$$

Fig. 3

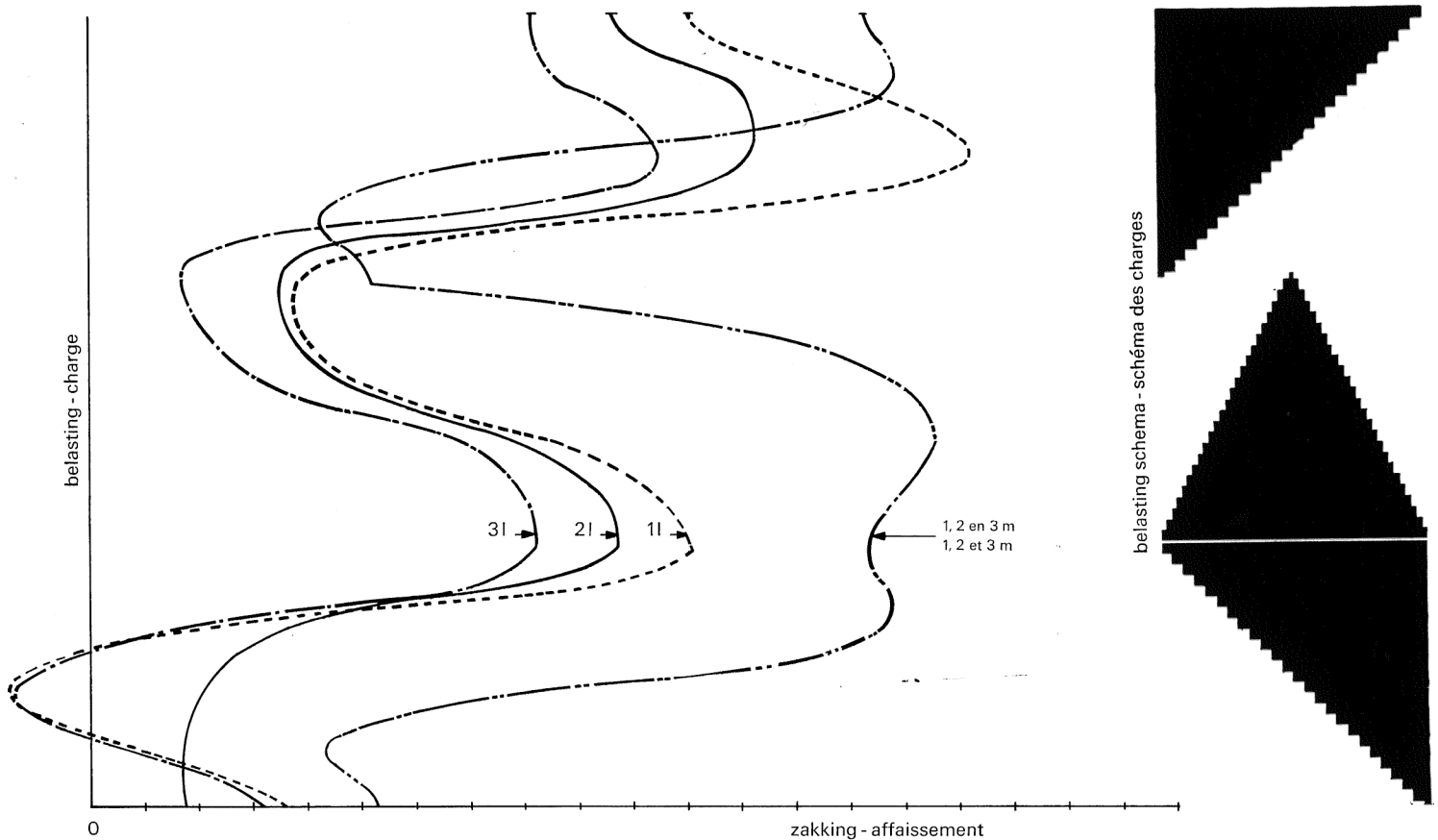


Fig. 4A

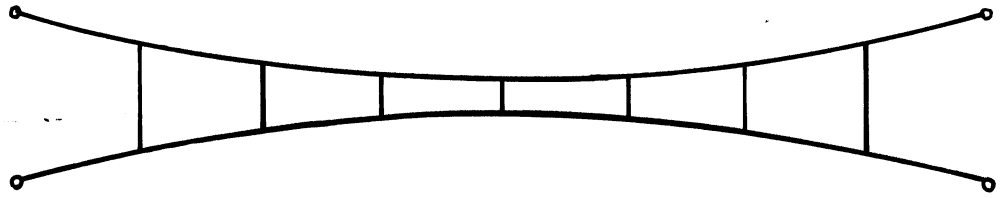


Fig. 4B

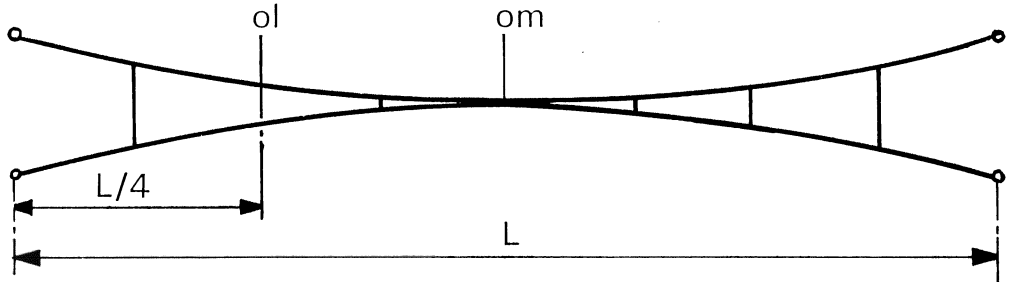


Fig. 4C



in een Taylor-reeks voor gelijkmatige belasting de vergelijkingen:

$$f_1 = \sqrt{\left[ \left( l_0 + \frac{8 f_0^2}{3 \cdot l_0} \right) \left( 1 + \frac{K \cdot q \cdot l_1^2 - 8 V_0 f_1}{8 \cdot f_1 \cdot EF} + t\omega \right) - l_1 \right] \frac{3 \cdot l_1}{8}} \dots \dots \dots$$

$$f_0 = \sqrt{\left[ \left( l_1 + \frac{8 f_1^2}{3 \cdot l_1} \right) \left( 1 - \frac{K \cdot q \cdot l_1^2 - 8 V_0 f_1}{8 \cdot f_1 \cdot EF} + t\omega \right) - l_0 \right] \frac{3 \cdot l_0}{8}} \dots \dots \dots$$

Hierin is

- $f_0$  = Zeeg in uitgangsstadium
- $f_1$  = Zeeg na belasting
- $l_0$  = Theoretische overspanning in uitgangsstadium
- $l_1$  = Theoretische overspanning na belasting
- $q$  = Belastingintensiteit
- $V_0$  = Voorspanning voor  $f_0 = 0$
- $E$  = Elasticiteitsmodulus
- $F$  = Oppervlakte kabeldoorsnede
- $t$  = Temperatuurverschil
- $\omega$  = Temperatuurscoëfficiënt

$$K = \frac{2}{3} + \frac{1}{3} \sqrt{1 + \frac{V^2}{H^2}}$$

en une série de Taylor, pour une charge uniforme, les équations

$$f_1 = \sqrt{\left[ \left( l_0 + \frac{8 f_0^2}{3 \cdot l_0} \right) \left( 1 + \frac{K \cdot q \cdot l_1^2 - 8 V_0 f_1}{8 \cdot f_1 \cdot EF} + t\omega \right) - l_1 \right] \frac{3 \cdot l_1}{8}} \dots \dots \dots$$

$$f_0 = \sqrt{\left[ \left( l_1 + \frac{8 f_1^2}{3 \cdot l_1} \right) \left( 1 - \frac{K \cdot q \cdot l_1^2 - 8 V_0 f_1}{8 \cdot f_1 \cdot EF} + t\omega \right) - l_0 \right] \frac{3 \cdot l_0}{8}} \dots \dots \dots$$

Dans ces équations:

- $f_0$  = flèche initiale
- $f_1$  = flèche après application de la charge
- $l_0$  = portée dans le stade initial
- $l_1$  = portée après application de la charge
- $q$  = intensité de la charge
- $V_0$  = module d'élasticité
- $F$  = surface de la section du câble
- $t$  = différence de température
- $\omega$  = coefficient de température

$$K = \frac{2}{3} + \frac{1}{3} \sqrt{1 + \frac{V^2}{H^2}}$$

In deze formule is:

V = de verticale reactie van de kabelkracht  
H = de horizontale reactie van de kabelkracht

De constante som van de zeeg van boven- en onderkabel is bekend en daarmee hebben wij alle gegevens, die nodig zijn voor het oplossen van de vergelijkingen.

De uitwerking kan zeer goed geschieden door een elektronische rekenmachine, wat zeer tijdbesparend werkt.

De twee eerste vakwerken, die met behulp van een computer berekend zijn, werden ter controle ook op de conventionele wijze door-gerekend.

De overeenkomst tussen de uitkomsten was frappant.

#### De invloed van verschillende belastingen

Voor de vrachthal op Schiphol zijn de volgende belastingen doorgerekend:

Eigen gewicht dak, incl. kabels	50,2 kg/m <sup>2</sup>
Sneeuw over het gehele dak	50 kg/m <sup>2</sup>
Sneeuw over het halve dak	50 kg/m <sup>2</sup>
Windzuiging	42,5 kg/m <sup>2</sup>
Temperatuurwisseling van +12 tot -30° C.	
Breukbelasting	300 kg/m <sup>2</sup>

Als windbelasting is hier de stuwdrukwaarde voor hoge windbelasting aangehouden, 85 kg/m<sup>2</sup>, hetgeen overeenkomt met een windsnelheid van 37 m/sec.

Noch de TGB noch buitenlandse normen geven voor hangdaken voor gesloten gebouwen de coëfficiënt *c* aan.

Een vergelijking met de voorschriften voor lessenaarsdaken en uitgevoerde modelproeven hebben geleid tot een coëfficiënt *c* = -0,5. Voor de dakranden werd deze waarde vergroot tot 1,2.

De belasting op de bovenkabel voor eigengewicht + sneeuw verhoudt zich tot de belasting voor eigengewicht als:

$$\frac{50,2 + 50}{50} = 2,0.$$

Dezelfde verhouding voor de kracht in de bovenkabel bedraagt:

$$\frac{81,70}{57,74} = 1,41.$$

De voorspanning vermindert hierbij van 17,30 kg/m<sup>2</sup> tot 3,28 kg/m<sup>2</sup>.

Dans cette expression:

V = réaction verticale de la force exercée sur le câble

H = réaction horizontale de la force exercée sur le câble.

La somme constante de la flèche du câble supérieur et de celle du câble inférieur est connue, de sorte que nous disposons de toutes les données nécessaires pour résoudre les équations.

La résolution de la manière classique demanderait énormément de temps mais elle peut s'effectuer à l'aide d'une calculatrice électronique.

Pour les deux premiers treillis, qui furent calculés à l'aide d'une calculatrice électronique, on effectua aussi les calculs de la manière classique, à titre de contrôle.

En procédant au tracé graphique pour divers treillis, on trouva une excellente concordance des résultats.

#### L'influence de diverses charges

Pour l'entrepôt de Schiphol, on a tenu compte dans les calculs des charges suivantes:

Poids propre du toit, câbles inclus	50,2 kg/m <sup>2</sup>
Neige sur toute la surface du toit	50 kg/m <sup>2</sup>
Neige sur la moitié du toit	50 kg/m <sup>2</sup>
Force de succion due au vent	42,5 kg/m <sup>2</sup>
Variations de la température entre	+12 et -30° C
Charge de rupture	300 kg/m <sup>2</sup>

Comme charge du vent, nous avons considéré la poussée pour une forte sollicitation par le vent, 85 kg/m<sup>2</sup>, ce qui correspond à une vitesse du vent de 37 m/sec.

Ni le TGB, ni les normes étrangères ne donnent le coefficient *c* pour des toits suspendus de bâtiments fermés.

Une comparaison avec les prescriptions pour les toits en pupitre et des essais effectués sur des modèles ont conduit à un coefficient *c* = -0,5. Pour les bords des toits, cette valeur fut portée à 1,2. La sollicitation du câble supérieur par le poids propre + neige est à la sollicitation par le poids propre comme:

$$\frac{50,2 + 50}{50} = 2,0.$$

Le même rapport pour les forces exercées dans le câble est:

$$\frac{81,70}{57,74} = 1,41.$$

La précontrainte tombe alors de 17,30 kg/m<sup>2</sup> à 3,28 kg/m<sup>2</sup>.



Hieruit blijkt dat voor een belastingstoename van 50 kg/m<sup>2</sup> de voorspanning 14,0 kg/m<sup>2</sup> zakt.

Dit betekent dat 50—14 of 72% van de toegevoerde belasting door de bovenkabel opgenomen wordt en 28% door een spanningsvermindering in de onderkabel.

Voor windzuiging is, ten gevolge van de niet lineaire verhouding tussen kracht en doorbuiging, de krachttoename in de onderkabel groter dan de krachtafname voor een overeenkomstige sneeuwbelasting.

Temperatuurswisselingen hebben geen werkelijke inwerking op de zeeg, ze worden bijna geheel door variaties in de kabelspanningen opgevangen. Een globale berekening toont de grootte van deze spanningen aan.

We gaan uit van twee kabels met gelijke doorsnede en onbeweeglijke bevestigingspunten. De E-modulus ligt gewoonlijk op  $1,6 \cdot 10^6$ , de treksterkte op 150 kg/mm<sup>2</sup>.

De spanningvariatie wordt dan ongeveer:

$$\Delta\sigma = \omega \cdot E = 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 1,6 \cdot 10^6 = 19,2 \text{ kg/cm}^2/^\circ\text{C}.$$

Dit geeft bij 40° temperatuurswisseling:

$$\Delta\sigma_{40} = 40 \cdot 19,2 = 768 \text{ kg/cm}^2$$

Dit is 5% van de breukspanning.

Een zo grote temperatuurswisseling is voor de in de hal gelegen kabels nauwelijks denkbaar en het blijkt dus duidelijk dat de temperatuursinvloed van ondergeschikt belang is.

Het kabelsysteem werd bovendien gecontroleerd voor een belasting van 300 kg/m<sup>2</sup>.

De kracht in de bovenkabel is hiervoor 187,39 ton.

Dit is minder dan de minimale effectieve breuklast, die 190 ton bedraagt.

De veiligheid ten opzichte van de grootste belasting, eigen gewicht + sneeuw is hiermede

$$> \frac{300}{100,2} \approx 3$$

Een asymmetrische belasting blijkt kleinere krachten te geven dan een gelijkmatig verdeelde belasting van dezelfde intensiteit.

## De kabels

De kabels zijn opgebouwd uit geheel verzinkte gepatenteerde koudgetrokken draden  $\varnothing 4,4$  mm. Elke draad is verzinkt met 200 gr/m<sup>2</sup>. Gepatenteerd geeft hier aan dat de gewalste draden voorverwarmd worden tot 800 à 1000°C en daarna in een lood- of zoutbad afgekoeld worden tot ongeveer 500°C.

De draden worden vervolgens koud door een treksteen getrokken, waarbij de diameter vermindert en de draden een glad en dicht oppervlak krijgen. Dit koud trekken geeft een

Il en résulte que, pour une augmentation de 50 kg/m<sup>2</sup> de la charge, la précontrainte diminue de 14,0 kg/m<sup>2</sup>. Cela implique que (50—14)/50 soit 72% de la charge appliquée sont absorbés par le câble supérieur et 28% par une réduction de la contrainte dans le câble inférieur.

Pour l'effet de succion du vent, par suite de la relation non linéaire entre la force et la flèche, l'augmentation de la force exercée sur le câble inférieur est plus grande que la diminution de la force pour une charge de neige correspondante.

Des variations de température ne ressortent pas d'effet notable sur la flèche; elles sont pour ainsi dire entièrement compensées par des variations de contrainte dans les câbles. Ces contraintes peuvent être déterminées par un calcul approximatif.

Considérons deux câbles de même section, à points de fixation immobiles. Normalement, le module E est de  $1,6 \cdot 10^6$  et la résistance à la traction de 150 kg/mm<sup>2</sup>.

La variation de contrainte est alors, approximativement

$$\Delta\sigma = \omega \cdot E = 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 1,6 \cdot 10^6 = 19,2 \text{ kg/cm}^2/^\circ\text{C}.$$

Pour une variation de température de 40° C, la contrainte varie donc de:

$$\Delta\sigma_{40} = 40 \cdot 19,2 = 768 \text{ kg/cm}^2$$

et est donc égale à 5% de la tension de rupture.

Une aussi grande variation de température est à peine imaginable pour les câbles montés dans le hall et il s'avère donc que l'influence de la température est d'importance secondaire.

Le système de câbles fut en outre contrôlé pour une charge de 300 kg/m<sup>2</sup>. La force dans le câble supérieur est alors de 187,39 tonnes. Cette valeur est inférieure à la charge de rupture minimale effective qui est de 190 tonnes.

La marge de sécurité pour la charge maximale, poids propre + neige est de ce fait

$$> \frac{300}{100,2} = \approx 3$$

Il s'est avéré qu'une charge asymétrique provoque de plus petites forces qu'une charge de même grandeur, uniformément répartie.

## Les câbles

Les câbles sont constitués par des fils de 4,4 mm de diamètre, entièrement zingués, étirés à froid suivant un procédé breveté. Chaque fil est zingué avec 200 gr/m<sup>2</sup>. Suivant ce procédé breveté, les fils laminés sont préchauffés à une température de 800 à 1000°C puis refroidis dans un bain de plomb ou de sel jusqu'à environ 500°C.

Les fils sont ensuite tréfilés à froid dans une filière, ce qui réduit leur diamètre et leur assure une surface lisse et compacte. Ce tréfilage à

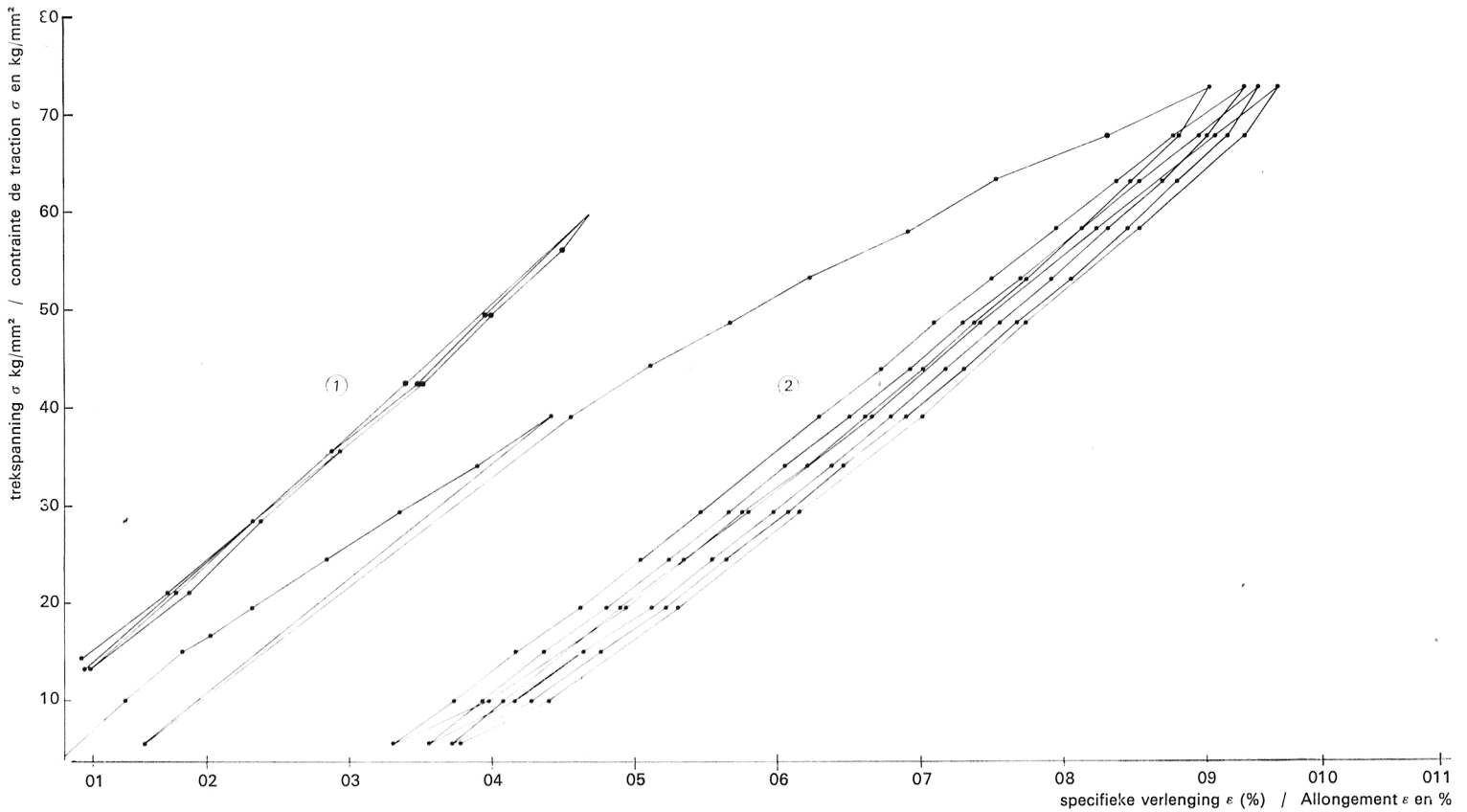


Fig. 4. Spanning-rekdiagram  
 1 kabel  $\phi$  57 voorgerek met 92,5 t  
 2 kabel  $\phi$  28,5 niet voorgerek

Fig. 4. Diagramme traction-allongement  
 1 câble de  $\phi$  57 pré-tendu sous 92,5 t  
 2 câble de  $\phi$  28,5 sans tension préalable

hogere treksterkte aan de draden, maar een lagere breukrek. Tevens heeft het een inwendige spanning tot gevolg.

Door invloeden van buitenaf, zoals trekbelasting en temperatuursinvloed, wordt deze spanning gedeeltelijk opgeheven en dit veroorzaakt o.a. de kruip in het staal.

De temperatuursinvloed is vooral van belang bij hogere temperaturen, maar is reeds aanzienlijk bij kamertemperatuur.

Uit onderzoekingen aan hangbruggen is gebleken, dat voor kabels opgebouwd uit draad met een treksterkte van 140–160 kg/mm<sup>2</sup>, de kruip na 10 jaar 0,101‰ bedroeg voor een spanning bij eigengewicht gelijk = 32,7 kg/mm<sup>2</sup>.

Van veel groter belang dan de kruip is het rekken van de kabels. Dit is een plastische deformatie, die ontstaat doordat de draden in de kabel, gedurende de trekbelasting, de voor een bepaalde kracht meest gunstige ligging innemen. Het zich eventueel tussen de draden bevindende smeermiddel wordt hierbij naar buiten gedrukt. De rek is afhankelijk van kabelopbouw, slaglengte, vulmiddel, belastingtype en lastintensiteit.

Belast men een kabel de eerste keer, dan draagt de blijvende verlenging na opheffing van deze belasting: 0,1–1%.

Wat hebben kruip en rek nu voor invloed op de voorspanning?

De computer geeft aan dat een verhoging van

froid assure aux fils une plus grande résistance à la traction mais réduit leur allongement à la rupture. D'autre part, il crée une certaine tension interne.

Cette tension est partiellement supprimée par des influences extérieures telles que la sollicitation à la traction et l'influence de la température, ce qui provoque entre autres du trainage dans l'acier.

L'influence de la température est particulièrement importante aux températures élevées, et elle est déjà notable à la température ambiante normale.

Des recherches effectuées sur des ponts suspendus ont prouvé que, pour des câbles constitués par des fils à résistance à la traction de 140–160 kg/mm<sup>2</sup>, le trainage est, après 10 ans, de 0,101‰ pour une tension provoquée par le poids propre égal à 32,7 kg/mm<sup>2</sup>.

Un point beaucoup plus important que le trainage est l'allongement des câbles. C'est une déformation plastique qui est due au fait que, pendant la sollicitation à la traction, les fils du câble prennent la position la plus avantageuse. Le lubrifiant éventuellement prévu entre les fils est chassé vers l'extérieur. L'allongement est tributaire de la constitution du câble, du pas, du moyen de remplissage, du type de charge et de la grandeur de la sollicitation.

Lorsqu'on charge un câble pour la première

de temperatuur met 7°C de voorspanning bij sneeuwbelasting 2,5 kg/m<sup>2</sup> moet dalen.

7° Temperatuursverandering geeft een lengteverandering:

$$\Delta L = 7 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} = 0,08\text{‰}$$

Kiest men de voorspanning zó dat deze voor sneeuwbelasting 2,5 kg/m<sup>2</sup> bedraagt dan zal, als de kruip een waarde bereikt heeft van 0,08‰, de voorspanning tijdens sneeuwbelasting nul worden en het vakwerk verliest zijn stabiliteit.

De voorspanning moet daarom niet te klein gekozen worden.

Om grotere kabelverlengingen ten gevolge van het rekken te voorkomen, worden de kabels door de fabrikant voorgerek.

Hierdoor is vóór de montage van de kabels het grootste deel van de blijvende rek ontstaan (Fig. 4).

Uit onderzoekingen is gebleken, dat een voorgerekte kabel sneller en eenvoudiger in een homogeen elastische toestand overgaat dan een niet voorgerekte kabel.

Deze toestand wordt door voorgerekte kabels bij ongeveer 35 kg/mm<sup>2</sup> bereikt, een spanning die reeds overschreden wordt bij een onbelast dak.

Het voorrekken bestaat hieruit dat de kabel in zijn volle lengte op een voorspanbaan aan een wisselende trekkracht wordt blootgesteld.

Deze kracht bereikt een waarde die 50% van de breuklast is, een waarde die later in het bouwwerk nooit bereikt wordt.

Het voorrekken wordt voortgezet totdat de totale rek van de drie laatste belastingen minder is dan 0,06‰.

Uit proeven is gebleken dat het effect van het voorrekken niet verloren gaat door opspoelen op een haspel of transport.

Na het voorrekken worden op de belaste kabel merken aangebracht op de plaatsen, waar later de kabel- en diagonaalklemmen gemonteerd worden. Dit merken gebeurt met een nauwkeurigheid van ca. 1 mm.

De berekende breuklast van een kabel is het produkt van de totale staaldoorsnede en de treksterkte van de draden.

De werkelijke of effectieve breuklast is afhankelijk van de kabelopbouw.

Deze blijkt uit trekproeven en ligt gewoonlijk 10% lager dan de berekende breuklast.

Dit komt doordat de draden niet geheel gelijkmatig en axiaal belast worden en bovendien vervormen onder belasting.

De toegepaste bovenkabels zijn opgebouwd uit 6 lagen draden  $\phi 4,4$  mm, treksterkte 155 kg/mm<sup>2</sup>, totaal 91 st. (Fig. 5).

De staaldoorsnede heeft een oppervlakte van 1380 mm<sup>2</sup> en hiermede wordt de berekende breuklast  $1380 \times 0,155 = 214$  ton.

De effectieve breuklast bedraagt 190 ton.

De onderkabel bestaat uit 37 draden  $\phi 4,4$  mm, 4 lagen (Fig. 6).

Hier zijn draden met een lagere trekvastheid

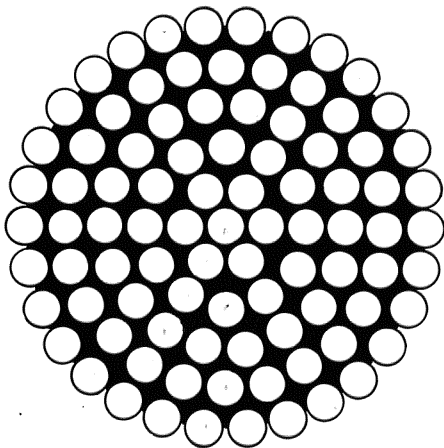


Fig. 5

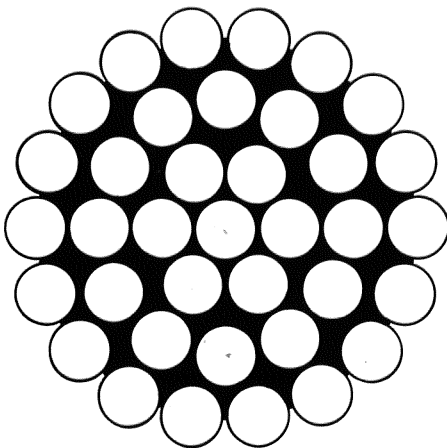


Fig. 6

fois, l'allongement permanent, après la suppression de cette charge, est de 0,1 à 1%.

Quelles sont les influences du traînage et de l'allongement sur la précontrainte?

De calculs effectués à la calculatrice électronique il résulte qu'un accroissement de température de 7°C entraîne une baisse de 2,5 kg/m<sup>2</sup> de la précontrainte correspondant à la charge provoquée par la neige.

Une variation de 7° de la température entraîne une variation de longueur:

$$\Delta L = 7 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} = 0,08\text{‰}$$

Lorsqu'on choisit la précontrainte de façon qu'elle soit de 2,5 kg/m<sup>2</sup> sous l'effet de la neige, lorsque l'allongement a atteint une valeur de 0,08‰, la précontrainte pendant la sollicitation par la neige sera devenue nulle et le treillis aura perdu sa stabilité.

En vue d'éviter de plus grands allongements du câble dus à l'extension, le fabricant soumet les câbles à une extension préalable.

De cette manière, la plus grande partie de l'allongement permanent s'est produite avant le montage (Fig. 4).

Des recherches ont prouvé qu'un câble soumis à une extension préalable parvient plus rapidement et plus facilement dans un état élastique homogène qu'un câble n'ayant pas été soumis à ce traitement.

Pour des câbles ayant subi une extension préalable, cet état est obtenu à 35 kg/mm<sup>2</sup> environ, une tension qui est déjà dépassée lorsque le toit n'est pas chargé.

L'extension préalable consiste à exposer le câble, dans toute sa longueur, dans un banc d'étrépage, à une force de traction variable. Cette force atteint une valeur égale à 50% de la charge de rupture, une valeur qui ne sera donc jamais atteinte par la suite dans le bâtiment.

L'extension préalable est poursuivie jusqu'à ce que l'allongement, au cours des trois dernières sollicitations, soit inférieur à 0,06‰. Des essais ont prouvé que l'effet de l'extension préalable ne se perd pas lors de l'enroulement sur une bobine ou lors du transport.

Après l'extension préalable, on munit le câble, soumis à sollicitation, de repères aux endroits où seront montés par la suite les serre-câbles et les serre-diagonales. Ce repérage s'effectue exactement à moins de 1 mm près.

La charge de rupture réelle ou effective est tributaire de la constitution du câble. Elle est déterminée par des essais de traction et est normalement inférieure de 10% à la charge de rupture calculée.

Cela provient de ce que la sollicitation des fils n'est pas absolument uniforme ni axiale et que les fils se déforment sous la sollicitation. Les câbles supérieurs utilisés sont constitués par 6 couches de fils de 4,4 mm de diamètre, résistance à la traction 155 kg/mm<sup>2</sup>, au total 91 fils (Fig. 5).

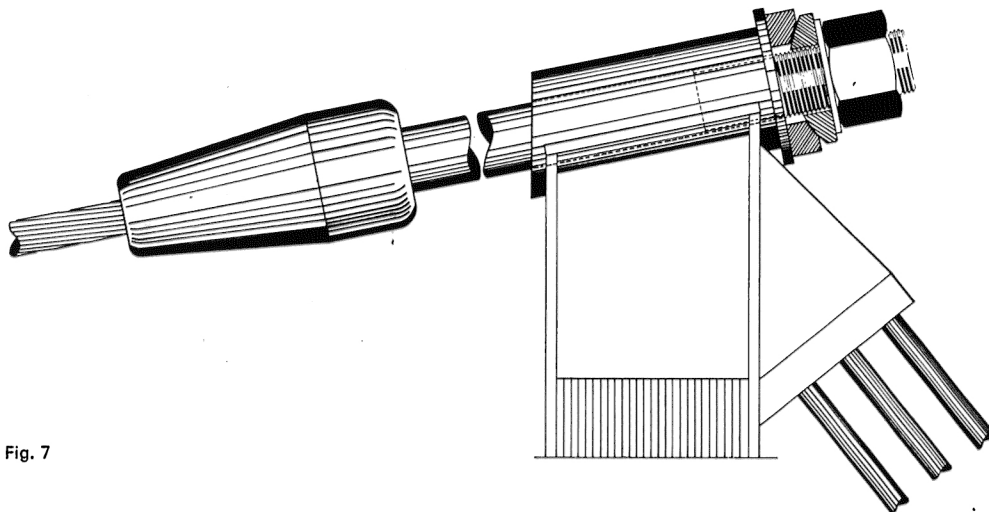


Fig. 7

toegepast nl.  $120 \text{ kg/mm}^2$ . Bij een gegeven breuklast geeft dit een kabel met grotere staaldoorsnede.

Het voordeel hiervan is dat de onderkabel minder vervormt onder de wisselende belastingen en de spanningswisseling in de bovenkabel minder wordt.

### Kabelkoppen

Om een kabel in zijn ophangingspunten te kunnen bevestigen is deze aan beide einden voorzien van een kabelkop. Er zijn daarbij twee gangbare types. Afhankelijk van de manier van bevestigen op de kabel, onderscheidt men aangegoten en aangepaste koppen.

Voor de bovenkabel zijn aangegoten, voor de onderkabel aangepaste kabelkoppen toegepast.

De aangegoten kop (Fig. 7 en Fig. 8) bestaat uit een gietstalen cilinder met een doorlopend concentrisch kanaal, dat de vorm heeft van

La section de l'acier a une surface de  $1380 \text{ mm}^2$  et, de ce fait, la charge de rupture calculée est de  $1380 \times 0,155 = 214$  tonnes. La charge à la rupture effective est de 190 tonnes. Le câble inférieur comporte 37 fils de 4,4 mm de diamètre, 4 couches (Fig. 6).

Ici, on utilise des fils à plus petite résistance à la traction, à savoir  $120 \text{ kg/mm}^2$ . Pour une charge de rupture donnée, ce câble a une plus grande section d'acier. L'avantage est que le câble inférieur se déforme moins sous des sollicitations variables et des variations de tension dans le câble supérieur.

### Têtes de câble

Afin de pouvoir fixer le câble en ses points de suspension on l'a muni, aux deux extrémités d'une tête de câble. Il existe à cet effet deux types courants. Selon le mode de fixation au câble, on distingue les têtes à fixer par moulage et celles à fixer par pressage. Pour le câble supérieur, on utilise des têtes à fixer par moulage et, pour le câble inférieur, des têtes à fixer par pressage.

La tête à fixer par moulage (Fig. 7 et 8) est constituée par un cylindre en acier coulé, percé d'un canal concentrique continu, en forme de cône tronqué. Le plus petit diamètre

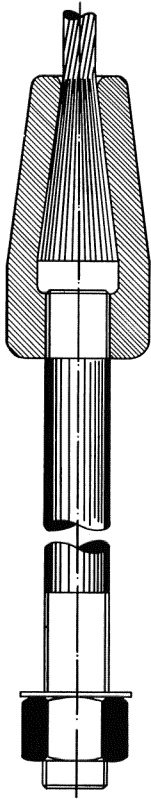


Fig. 8

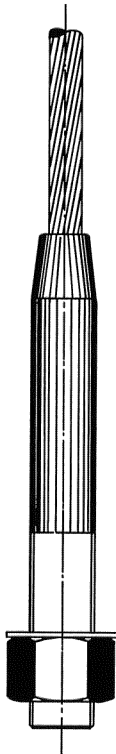


Fig. 9

een afgeknotte kegel. De kleinste diameter van deze kegel is iets groter dan de kabeldiameter. Hier wordt de kabel ingevoerd en op een bepaalde afstand met draad afgebonden. Het vrije gedeelte van de kabel wordt losgewikkeld, zodat een kwast ontstaat. Deze kwast plaatst men in de kegelvormige opening en dan vult men de tussenruimte na voorverwarming van de kop met bijv. 99,995% zuiver zink.

Tijdens het aangieten wordt de temperatuur van het zink en de kop door een verwarming, geregeld met een thermostaat, op 450° gehouden. Deze voorverwarming heeft géén schadelijke invloed op de kabel.

Na afkoelen kan men de aan het kabeleind gevormde kegel vrijmaken en controleren of alle draden goed vastgegoten zijn.

In een dergelijke kabelkop treden echter bepaalde zettingen op, afhankelijk van het gebruikte aangietmateriaal, de voorverwarmingstemperatuur, lengte en hoek van de aangietkegel.

Een goed aangietmateriaal is zuiver zink.

Stelt men hoge mechanische eisen, dan is zink met 5% Cu te prefereren.

Loodlegeringen geven catastrofaal grote zettingen en zijn alleen bruikbaar voor tijdelijke belastingen en speciaal als het aangieten in de buitenlucht moet gebeuren, waarbij men geen goede voorverwarming en temperatuurscontrole kan bereiken.

Een aangepaste kabelkop (Fig. 9) is een stalen huls die in een speciale pers op het kabeleinde geperst wordt. Dit type kop, dat slanker en vaak goedkoper is dan een gegoten kop, kan alleen voor dunnere, uit niet te veel lagen opgebouwde kabel gebruikt worden.

De kabelfabrikant, die ook de koppen monteert, garandeert dat deze minstens dezelfde breuklast hebben als de kabel in kwestie. Ter controle voert men altijd een proefbelasting uit op enige kabelkoppen.

### De kabelklemmen

Om weerstand te kunnen bieden aan asymmetrische deformaties is, zoals reeds genoemd, het kabelsysteem voorzien van een middenklem en schuine trekstangen. Deze trekstangen zijn verbonden met op de kabels bevestigde klemmen.

De kabelklemmen bestaan uit een beugel met twee halve voeringen.

Deze onderdelen zijn vervaardigd uit een strenggeperste aluminiumlegering en worden met voorspanbouten op de kabels bevestigd. Door nu deze bouten met een registrerende momentsleutel aan te draaien brengt men een controleerbare voorspankracht in de klembeugel aan. Deze kracht neemt later, na belasting, door de dwarscontractie van de kabels iets af (Fig. 10).

de ce cône, est légèrement plus grand que le diamètre du câble. On y introduit le câble et on le ligature sur une certaine longueur. On déroule l'extrémité du câble, ce qui fournit un faisceau. On introduit ce faisceau dans l'ouverture conique et après un chauffage préalable de la tête, on remplit l'espace subsistant par exemple de zinc à degré de pureté de 99,995%.

Pendant la coulée, la température du zinc et de la tête est maintenue à 450° par un chauffage réglé par thermostat. Ce chauffage préalable n'exerce aucune influence nuisible sur le câble.

Après refroidissement, on peut dégager le cône formé à l'extrémité du câble et vérifier si tous les fils sont bien 'pris'.

Dans une telle tête de câble se produisent des masselotes tributaires du matériau de moulage utilisé, de la température de préchauffage, de la longueur et de l'angle du cône de moulage.

Le zinc pur constitue un excellent matériau de moulage. Lorsqu'on impose des conditions particulièrement sévères, un alliage de zinc et de 5% de cuivre mérite la préférence. Des alliages de plomb provoquent des masselotes catastrophales et ne sont utilisables que pour des sollicitations temporaires, et en particulier lorsque le moulage doit s'effectuer à l'air libre, cas dans lequel on ne saurait guère recourir à un bon chauffage préalable ni procéder à un bon contrôle de la température.

Une tête de câble pressée (Fig. 9) est un manchon ou fourreau d'acier que l'on presse sur l'extrémité du câble à l'aide d'une presse spéciale. Ce type de tête, plus élané et souvent meilleur marché qu'une tête coulée, ne se prête qu'à l'emploi pour des câbles plus minces, ne comptant pas un grand nombre de couches.

Le fabricant de câbles, qui se charge aussi du montage des têtes, garantit que la charge de rupture de ceux-ci est au minimum égale à celle du câble en question. A titre de contrôle, on procède toujours à une sollicitation d'essai sur quelques têtes de câble.

### Les serre-câbles

Afin de pouvoir résister à des déformations asymétriques, le système de câbles est muni d'un serre-câble central et de tirants obliques. Ces tirants sont reliés à des pinces fixées aux câbles.

Les serre-câbles sont constitués par un étrier à deux demi-garnitures. Ces organes sont réalisés en un alliage d'aluminium pressé en toron, et sont fixés aux câbles à l'aide de boulons tendeurs. En serrant ces boulons à l'aide d'un clef enregistrant le moment exercé, on introduit dans l'étrier de serrage une force de précontrainte contrôlable. Cette force diminue quelque peu par la suite, après sollicitation, sous l'effet de la contraction transversale des câbles (Fig. 10).

Lorsqu'on connaît le coefficient de frottement

Weet men nu de wrijvingscoëfficiënt tussen kabel en profiel, dan is eenvoudig uit te rekenen bij welke kracht de klem gaat glijden.

Onder andere in Duitsland zijn ten behoeve van de bruggenbouw uitgebreide proeven uitgevoerd met kabelklemmen. Deze proeven werden echter genomen met de gigantische kabels die voor hangbruggen gebruikt worden en zijn daarom niet geschikt voor onze kleinere hangdak-kabels.

Om de klemmen zo economisch mogelijk te kunnen berekenen, werden door Jawerths ingenieurbureau verschillende proeven uitgevoerd en de wrijvingscoëfficiënt berekend. Vaak blijken de kabels enigszins vet te zijn, meestal is dat 't smeermiddel dat bij het vervaardigen gebruikt wordt.

Voordat de klemmen gemonteerd worden, bestrijkt men dan de kabel op die bewuste plaats met carborundumpoeder.

### Het toegepaste elementdak

Op de bovenkabels zijn met klembeugels stalen dakelementen bevestigd. Ze bestaan uit een raam van koud gebogen profiel en worden met bouten onderling verbonden.

Het dak is een door een rechthoek begrensd gebogen vlak en kan dus geheel gedekt worden met rechthoekige elementen, zonder dat men gebruik maakt van passtukken.

De op de kabel bevestigde elementen vormen in de lengterichting van het dak een doorgaande ligger met in elk veld een scharnier. Dit geeft kleine momenten en doorbuigingen als voor een balk op een oneindig aantal steunpunten.

Om de lengteverandering van de dakbedekking te verminderen zijn de scharnieren zo hoog mogelijk in de 105 mm hoge ramen aangebracht.

De elementen, die 4,7 m<sup>2</sup> groot zijn, worden slechts op één punt aan de betreffende kabel bevestigd. Dit geeft een vlotte montage.

Een dilatatievoeg, aangebracht in het midden van dak en wanden, beperkt de lengteveranderingen door temperatuurswisselingen in de 156 m lange loads.

De beide kopgevels vinden hun bovenste opleggingspunt in het dakvlak. Om windlasten van deze gevels via het dak naar in de langsgewels aangebrachte windverbanden over te kunnen brengen, is elk dakelement voorzien van diagonalen en kan het dak als schijf beschouwd worden.

Dwars op de 1 m brede elementen worden h.w.c. platen aangebracht, 5 cm dik en gewapend met houten latten. Hierover wordt een traditionele 2-laags dakbedekking aangebracht.

De h.w.c. platen zorgen voor thermische isolatie en geluiddemping in de hal.

Uit akoestisch oogpunt is de concave dakvorm gunstig.

entre le câble et le profil, il n'est pas difficile de calculer la force sous l'effet de laquelle la pince glissera. Des essais très poussés ont été effectués, entre autres en Allemagne, sur des serre-câbles pour les besoins de la construction des ponts. Toutefois, ces essais furent effectués sur les câbles gigantesques utilisés pour les ponts suspendus, de sorte qu'ils ne fournissent pas de résultats que l'on peut utiliser pour nos câbles beaucoup plus petits pour toits suspendus.

En vue de pouvoir calculer les serre-câbles aussi économiquement que possible, le bureau d'études de Jawerth a procédé à divers essais et a calculé le coefficient de frottement.

Bien souvent les câbles sont quelque peu gras; c'est généralement du lubrifiant qui est utilisé pendant le cordage. Dans ce cas, avant de procéder au montage des serre-câbles, on saupoudre le câble, en cet endroit, de poudre de carborundum.

### Le toit en éléments utilisés

Aux câbles supérieurs sont fixés, à l'aide d'étriers, des éléments de toit en acier. Ces éléments sont constitués par un cadre en profilé plié à froid et sont assemblés entre eux par des boulons.

Le toit est une surface incurvée, limitée par un rectangle, et peut donc être couvert entièrement d'éléments rectangulaires sans qu'il y ait lieu de recourir à des pièces rapportées.

Les éléments fixés aux câbles forment dans la direction longitudinale du toit une travée continue comportant une charnière dans chaque champ. Cela fournit de petits moments et de petites flèches comme dans le cas d'une poutre à nombre infini de points d'appui.

Afin de supprimer la variation de longueur du recouvrement du toit, les charnières sont disposées aussi haut que possible dans les cadres de 105 mm de hauteur.

Les éléments, de 4,7 m<sup>2</sup> de surface, ne sont fixés qu'en un seul point au câble correspondant. Cela assure un montage rapide. Un joint de dilatation prévu au milieu du toit et des murs limite les variations de longueur sous l'effet de fluctuations de température dans le hall de 156 mètres de longueur.

Le point d'appui supérieur des deux pignons de tête se trouve dans le plan du toit. Afin de pouvoir transmettre les charges du vent sur ces pignons par l'intermédiaire du toit vers les assemblages contre-vents prévus dans les pignons longitudinaux, chaque élément de toit est muni de diagonales et le toit peut être considéré comme une poutre-cloison.

Pérpendiculairement aux éléments de 1 m de largeur, on dispose des plaques bois-laine-ciment (b.l.c.) de 5 cm d'épaisseur, armées de lattes en bois. Le tout est recouvert d'une garniture de toit classique, en deux couches.

Les plaques b.l.c. assurent l'isolement ther-



Fig. 10







Sport- en Muziekhal te Kerkrade. Hangdaksysteem  
Jawerth met een vrije overspanning van 61 m  
Architect: Laurens Bisscheroux te Heerlen

Hall de sports et de concerts à Kerkrade. Toit suspendu,  
système Jawerth, à portée libre de 61 mètres  
Architecte: Laurens Bisscheroux, Heerlen



Het geluid, dat in de hal ontstaat en tegen het dak reflecteert, zal niet zoals bij convexe daken het geval is (bogen, koepels enz.), naar het midden geconcentreerd worden, doch naar de wanden verspreid worden. Bovendien zal het uit h.w.c. platen bestaande plafond een groot gedeelte van het geluid absorberen.

### De dakbedekking

Is echter de traditionele dakbedekking bestand tegen de lengteveranderingen die in de bovenkabel ontstaan?

De literatuur behandelt slechts beperkt de breukrek en dichtheid van dakvilt bij lage temperaturen e.d.

Volgens DIN 52128 moet de fabrikant echter 2% breukrek garanderen.

Men kan ook de conclusie trekken uit de vergelijking tussen een traditioneel dak en een hangdak.

Als vergelijkingsobject kunnen wij een staalconstructie nemen in een onverwarmd gebouw. Als wij aannemen dat de nuttige belasting een spanning veroorzaakt van 1200 kg/cm<sup>2</sup> en de temperatuur 30°C zakt, dan wordt de lengteverandering:

$$\Delta L = \frac{1200}{2,1 \cdot 10^4} + 30 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} = 0,93\text{‰}$$

Voor ons hangdak rekent men als volgt:

De computer geeft voor de vrachtlods op Schiphol onderstaande kabelkrachten:

Voor eigen gewicht 57,74 t  
temp. + 12°C

Voor eigen gewicht + sneeuw 86,02 t  
buitentemp. -30°C  
binnentemp. -10°C

$$\Delta L = \frac{(86,02 - 57,74)}{13,8 \cdot 1,6 \cdot 10^3} = 1,28\text{‰}$$

Deze specifieke verlenging is minder dan 10% van de waarde die de fabrikant garandeert.

In Engeland, Frankrijk en andere landen heeft men goede ervaringen met de dakbedekking van onverwarmde gebouwen, die gelegd is op 3 m lange dakelementen.

Men kan hieruit de conclusie trekken, dat voor ons systeem de traditionele dakbedekking met goed gevolg gelegd kan worden op elementen, die een afmeting hebben van

$$\frac{1,28}{0,93} \cdot 3 \text{ m} = 2,20 \text{ m.}$$

Voor de vrachthal zijn 1 m brede dakelementen toegepast.

tout est recouvert d'une garniture de toit classique, en deux couches.

Les plaques b.l.c. assurent l'isolement thermique et l'amortissement du bruit dans le hall.

La forme concave du toit est particulièrement favorable au point de vue acoustique. Le bruit produit dans le hall et qui est réfléchi par le toit ne sera pas concentré vers le centre comme c'est le cas pour les toits convexes (arcs, coupoles, etc.) mais sera réparti vers les murs. De plus, une grande partie du bruit sera absorbée dans le plafond constitué par des plaques b.l.c.

### La garniture de toit

La garniture de toit classique est-elle à même de supporter les variations de longueur qui se produisent dans le câble supérieur?

Dans les publications techniques on ne trouve que peu de données relatives à l'allongement à la rupture et à l'étanchéité du carton bitumé aux basses températures, etc.

D'après les normes DIN 52128, le fabricant doit cependant garantir un allongement à la rupture de 2%.

On peut aussi tirer une conclusion de la comparaison entre un toit classique et un toit suspendu.

Comme objet de comparaison, prenons une charpente dans un bâtiment non chauffé. Si l'on admet que la charge utile provoque une contrainte de 1200 kg/cm<sup>2</sup> et que la température baisse de 30°C, il en résulte une variation de longueur:

$$\Delta L = \frac{1200}{2,1 \cdot 10^4} + 30 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} = 0,93\text{‰}$$

Pour le toit suspendu, on procède de la manière suivante:

A l'aide de la calculatrice électronique, on a déterminé pour le hall de Schiphol, les forces suivantes dans les câbles:

Pour le poids propre 57,74 t  
température +12°C

Pour le poids propre + neige 86,02 t  
température extérieure -30°C  
température intérieure -10°C

$$\Delta L = \frac{(86,02 - 57,74)}{13,8 \cdot 1,6 \cdot 10^3} = 1,28\text{‰}$$

Cet allongement spécifique est inférieur à 10% de celui que le fabricant garantit.

En Angleterre, en France et dans d'autres pays, on a obtenu d'excellents résultats avec la garniture de toit de bâtiments non chauffés, posée sur des éléments de toit de 3 m de longueur.

On peut en conclure que, pour notre système, on peut poser, sans le moindre risque, la garniture de toit classique sur des éléments

$$\text{mesurant } \frac{0,93}{1,28} \cdot 3 \text{ m} = 2,20 \text{ m.}$$

Pour le hall de l'entrepôt, on a utilisé des éléments de toit de 1 m de largeur.

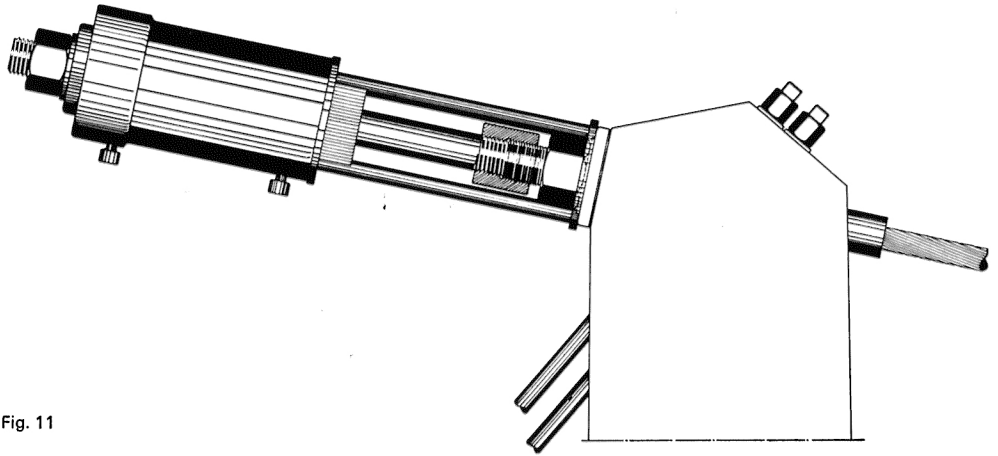


Fig. 11

### De montering

De kabels zijn voorzien van nauwkeurig aangebrachte merken, op de plaatsen waar de klemmen gemonteerd moeten worden.

De plaatsen voor deze merken, alsmede de lengten van de kabels en diagonalen worden door een computer berekend.

Bij deze berekening wordt de bovenkabel als parabool, de onderkabel als polygoon ingezet. Men kan nu op de grond het gehele kabelvakwerk nauwkeurig monteren voor het berekende belastingsgeval: montering.

De twee bevestigingszijden worden achtereenvolgens opgehesen en aangebracht. De kabelkoppen zijn voorzien van schroefdraad en stelmoer (Fig. 11).

Aan één zijde wordt aan de boven- en onderkabelkop een vijzel met geijkte manometer aangebracht. Men spant, totdat de berekende kabelkrachten bereikt worden. Dan zijn ook de juiste voorspanning en zeeg ontstaan. Deze voorspanning is de grootst optredende en zakt na montage van de dakelementen tot de berekende waarde.

Door de spanning in de diagonalen en de kabelzeeg te meten, heeft men een controle dat de toegevoerde krachten overeenstemmen met de berekeningen.

### Le montage

Les câbles sont munis de repères prévus exactement aux endroits où les pinces doivent être montées.

Les emplacements de ces repères, ainsi que les longueurs des câbles et des diagonales sont calculés à l'aide d'une calculatrice électronique.

Pour le calcul, le câble supérieur est considéré comme une parabole et le câble inférieur comme un polygone.

Toute la charpente de câbles peut être montée minutieusement sur le sol pour le cas de sollicitation calculé.

On hisse et met en place successivement les deux côtés de fixation. Les têtes de câble sont munies d'une partie filetée et d'un écrou de serrage (Fig. 11).

D'un côté, on dispose un vérin avec manomètre étalonné à la tête du câble supérieur et à celle du câble inférieur. On tend jusqu'à l'obtention des forces calculées dans le câble. On a alors aussi obtenu la précontrainte et la flèche désirées. Cette précontrainte est la précontrainte maximale qui tombera, le montage terminé, à la valeur calculée.

La mesure de la tension dans les diagonalen et de la flèche du câble permet de vérifier si les forces sollicitantes concordent avec celles calculées.

## COLOFON

'Bouwen '67' werd als jaarboek uitgegeven door de N.V. Internationale Bouw Compagnie v/h Fa. H. van Heesewijk te Best

tekst	ing. David Jawerth M. H. Tholenaar ing. Th. van Groenendael
vertaling	Zweeds-Nederlands: B. A. Kroonder Frans: E. J. Clément, Ing. Techn. A.I.I.C.
foto's	<b>Cas Oorthuys</b> J. Hegeman te Helmond (blz. 60 en 61), Centraal Bureau Luchtkartering (blz. 72 en 73) Harry Canisius, Geleen (blz. 81) en eigen archief IBC (blz. 6, 56, 66, 67, 68, 69, 70 en 71)
literatuur	ir. N. A. J. Hooijmaaijer. Het 'Lift-Slab' Systeem (Weekblad 'De Ingenieur' no. 51, 1965) Jan L. Andersson, Dimensionering av Liftslabs med hänsyn till genomstansning Lift-slab design & construction, Techn. Bulletin no. 70-12; United States Lift slab association Lift-slab, the Youtz-Slick method of construction; Engineering manual, United States Lift slab corporation CUR-Rapport 29A
layout	Joop de Nijs GKf
druk	Meijer Wormerveer n.v.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotocopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgeefster.

## COLOPHON

'Bâtir 1967' a été édité par la S.A. Internationale Bouwcompagnie anct. Firme van Heesewijk à Best

texte	Ing. David Jawerth M. H. Tholenaar ing. Th. van Groenendael
traduction	Suédois-Néerlandais: B. A. Kroonder Néerlandais-Français: E. J. Clément, Ing. Techn. A.I.T.C.
photographies	<b>Cas Oorthuys</b> J. Hegeman à Helmond (pag. 60 et 61), Bureau Central Photographie Aérienne (pag. 72 et 73) Harry Canisius, Geleen (blz. 81) et archives IBC (pag. 6, 56, 66, 67, 68, 69, 70 et 71)
bibliographie	ir. N. A. J. Hooijmaaijer, Het 'Lift-Slab' Systeem (Weekblad 'De Ingenieur' no. 51, 1965) Jan L. Andersson, Dimensionering av Liftslabs med hänsyn till genomstansning Lift-slab design & construction, Techn. Bulletin no. 70-12; United States Lift slab association Lift-slab, the Youtz-Slick method of construction; Engineering manual, United States Lift slab corporation Rapport CUR 29A
mise en page	Joop de Nijs GKf
imprimé par	Meijer Wormerveer n.v. - Pays-Bas

Aucun extrait de cette publication ne peut être multiplié ni rendu public par imprimé, photocopie, microfilm ou d'une autre manière, quelle qu'elle soit, sans l'autorisation écrite préalable de l'éditeur.