Méthode pour améliorer l'état d'équilibre des voûtes

Autor(en): **Miozzi, Eugenio**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE publications = Mémoires AIPC = IVBH Abhandlungen**

Band (Jahr): **1 (1932)**

PDF erstellt am: **27.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-726

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

MÉTHODE POUR AMÉLIORER L'ÉTAT D'ÉQUILIBRE DES VOÛTES

METHODE ZUR VERBESSERUNG DES GLEICHGEWICHTZUSTANDES DER GEWÖLBE

METHOD OF IMPROVING THE EQUILIBRIUM OF ARCHES

Dr. EUGENIO MIOZZI,
Ingénieur en Chef de la ville de Venise.

Avant-propos.

L'étude de l'équilibre des voûtes a été l'objet, ces dernières années, de soins tout particuliers de la part des ingénieurs, et comme résultat de ces études, il nous faut citer un certain nombre de chefs-d'oeuvre.

Le pont qui a été bâti à Brest en France, avec des arches en béton de 190 m. de portée, représente aujourd'hui un record de la technique des constructeurs; et ce record est dû aux études spéciales, élaborées et appliquées par l'ingénieur FREYSSINET, et aux méthodes qu'il a imaginées à cet égard. Ces méthodes particulières consistent à modifier l'équilibre des voûtes (et ce que l'on dit à l'égard des voûtes doit être étendu aussi aux autres constructions) en introduisant des forces nouvelles qui font diminuer les maxima des sollicitations unitaires qui se seraient produites sans leur intervention.

Ces méthodes sont très efficaces et tout à l'honneur de l'ingénieur FREYSSINET, qui fut le premier à les imaginer. Moi-même, j'eus l'occasion d'en faire deux intéressantes applications en Italie; la première, lors de la construction du pont à arches du Soial, sur la voie des Dolomites [1]), et la seconde à l'occasion de la construction d'un pont à travées en béton armé, utilisant intégralement comme armature le pont métallique existant.

A la même époque, j'ai pu obtenir des avantages équivalents dans une construction très intéressante, celle du pont Druso, près de Bolzano, en utilisant des moyens tout différents. J'ai introduit à priori, dans le corps des voûtes, avant le décintrement, des déformations spéciales que j'ai nommées „lésions systématiques".

De la sorte, il m'a été possible de réduire les tensions maxima de 113 à 63 kg/cm², éliminant les tensions secondaires et amenant les voûtes aux conditions d'équilibre les plus favorables, conciliables avec leur nature de voûtes encastrées.

Principes fondamentaux de la méthode des «lésions systématiques».

Considérons pour commencer une voûte encastrée normale. Découpons, dans cette voûte, un petit élément en forme de coin *a b c*. Si les dimensions

---

[1]) Voir les „Annali dei Lavori Pubblici", 1930 — N⁰ 9, 1931 — N⁰ 3.

de cet élément cunéiforme sont assez restreintes, les deux faces isocèles *a c* et *b c* se rapprocheront, sous l'action de l'élasticité de la matière, jusqu'au moment où elles coïncideront, sans occasionner de lésions (dérangements, fissures, troubles) dans le corps de la voûte.

Toutefois, les conditions d'équilibre ne seront plus les mêmes, en particulier à proximité du point *a*, où il y aura un accroissement de la compression et aux environs de *b* et *c*, où nous constaterons une augmentation de la traction.

Nous arrivons au même résultat si, au lieu de découper un coin, lorsque la voûte est terminée et déjà décintrée, nous la construisons en ménageant l'élément cunéiforme *a b c*. Si les faces *a b* et *a c* du coin sont suffisamment rapprochées, elles viendront à coïncider, sous l'effet de l'élasticité du matériau une fois la voûte décintrée.

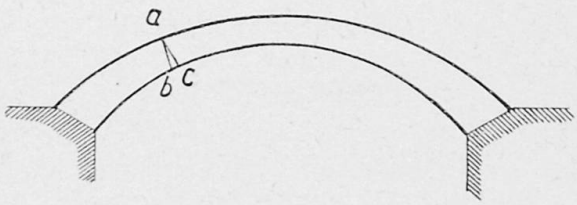

Fig. 1.

Il est donc possible, par ce simple moyen, de construire des voûtes dans lesquelles l'équilibre des forces intérieures n'est plus le même que celui qui est obtenu par les méthodes ordinaires.

J'ajoute, ainsi que je me propose de le démontrer au cours de cette étude, qu'il est parfaitement possible de faire varier à volonté l'équilibre des forces intérieures; et par conséquent, cette méthode nous donne la possibilité de créer des forces „ad libitum", susceptibles de neutraliser les sollicitations parasites [2]). Après avoir atteint cette neutralisation, nous arrivons à la condition d'équilibre la plus complète pour une voûte encastrée. Ce problème admet une solution rigoureuse.

Détermination de la situation des «lésions systématiques».

C'est un fait bien connu, que l'élasticité du matériau, le retrait de l'agglomérant et la baisse de la température causent un rétrécissement de la fibre médiane de l'arche. Ce rétrécissement est l'origine de ces tensions secondaires, dites sollicitations parasites. Ce rétrécissement virtuel peut être considéré comme étant la somme de deux facteurs, dont l'un est constant et l'autre variable.

Le premier facteur que nous pouvons considérer comme constant, à partir d'un certain laps de temps après la fin de l'exécution, est donné:

1° Par le raccourcissement de l'axe sous l'action du poids propre.
2° Par le retrait de l'agglomérant.
3° Par la différence entre la température moyenne annuelle et la température moyenne à l'époque de la construction de la voûte.

Le facteur variable, au contraire, est dû:

1° A l'élasticité de la voûte sous l'action de la charge utile.
2° Aux variations périodiques annuelles de la température autour de la moyenne.

[2]) Voir les „Annali dei Lavori Pubblici", 1931 — N° 12.

Seul le premier facteur sera susceptible d'une compensation. La méthode classique des déformations systématiques consiste à rendre à l'axe de la voûte sa longueur première, celle qu'elle avait avant l'action des dites influences. FREYSSINET atteint ce but en appliquant des martinets à la clef et en faisant diverger les deux demi-arcs jusqu'au moment où la compensation voulue est atteinte. Ensuite, il ferme hermétiquement le joint à la clef.

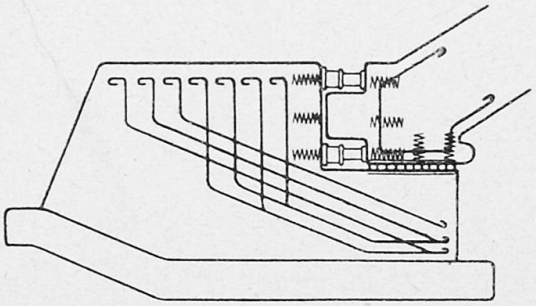

Fig. 2.

On obtient un résultat analogue en rapprochant les deux impostes l'une de l'autre. J'ai appliqué cette méthode lors de la construction du pont du Soial, déjà cité plus haut, en utilisant le dispositif particulier indiqué schématiquement dans la fig. 2.

Supposons donc, pour illustrer ce que je viens de dire, une voûte AB, dont les coussinets d'imposte auraient été rapprochés l'un de l'autre, chacun de la valeur $\varepsilon/2$, pour atteindre le but indiqué.

Admettons maintenant que sous l'action de forces virtuelles quelconques, nous puissions rendre à la voûte sa longueur initiale, comme si son poids n'existait pas et s'il ne s'était produit aucun retrait du béton, ou autres influences provenant de la température.

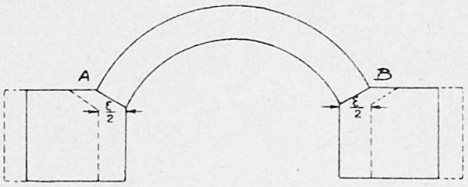

Fig. 3.

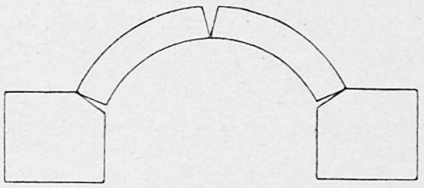

Fig. 4.

Enfin, comme dernière hypothèse, admettons que cette voûte soit monolithique avec articulations uniquement à la clef et aux impostes, au moment de la réalisation de cette déformation virtuelle. Sous l'effet des réactions intérieures la voûte prendra la forme indiquée dans la fig. 4.

Faisons maintenant le raisonnement contraire: supposons avoir construit sur le cintre une voûte comme il est indiqué dans la fig. 4. Lorsque nous aurons effectué le décintrement et que les causes du raccourcissement de l'axe se seront manifestées, la voûte se trouvera dans les conditions de la figure 3; c'est à dire dans les mêmes conditions que l'on aurait pu obtenir en rapprochant les deux coussinets d'imposte, chacun de la quantité $\varepsilon/2$.

De là, on peut conclure qu'on obtient les mêmes avantages à l'aide de ces 3 joints cunéiformes, intitulés „lésions systématiques", que par la méthode du rapprochement des impostes (construction du pont du Soial), ou celle de l'écartement des deux demi-arcs (méthode classique de FREYSSINET).

Détermination de l'angle d'ouverture des «lésions systématiques».

Désignons dans la figure 5, par un trait continu, l'arc exécuté d'après la méthode normale, et en pointillé la position des deux demi-arcs ayant été soumis à l'action des forces virtuelles.

L'élévation nécessaire à la clef sera:

$$CC' = c - d.$$

Où c est donné par la formule (voir fig. 5):

$$c = \sqrt{(a^2 + d^2 - b^2)}$$

L'angle φ est donné par les deux formules:

$$c = \sin(\alpha + \varphi) \cdot \sqrt{a^2 + d^2}.$$

$$d = \sin\alpha \cdot \sqrt{a^2 + d^2}.$$

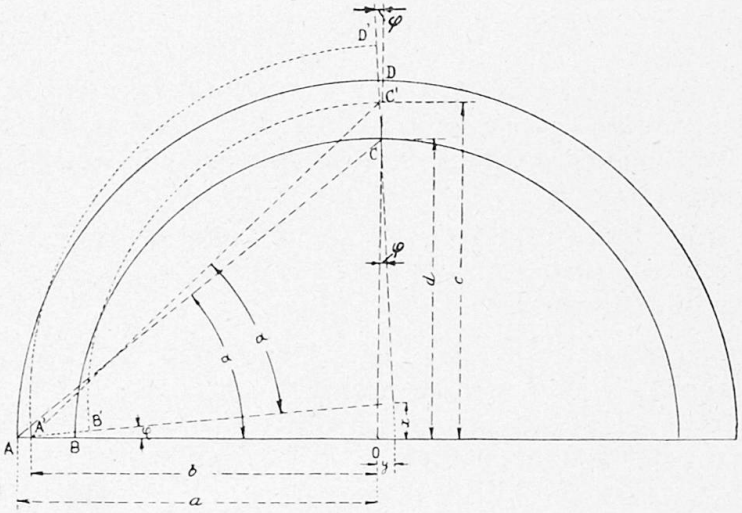

Fig. 5.

Le sinus de l'angle φ peut être obtenu à l'aide des trois équations suivantes:

$$x = (y + b) \cdot \sin\varphi.$$

$$y = (x + d) \cdot \sin\varphi.$$

$$\frac{y}{x} = \frac{c}{a}.$$

d'où l'on tire:

$$\sin\varphi = \frac{ad - bc}{cd - ab}.$$

En examinant la figure 5, on voit que l'angle d'ouverture à la clef doit être le double de l'angle à l'imposte.

Pour sin φ, nous obtenons une valeur de première approximation à l'aide de la formule semi-empirique:

$$\sin\varphi = \frac{\lambda \cdot \varepsilon}{0{,}001 \cdot 2a}$$

dans laquelle on désigne par:

ε, le raccourcissement que l'on devrait donner à la corde, exprimé en mètres.
$2a$, la corde de l'extrados de la voûte.
λ, un coefficient donné par l'abaque, p. 343, en fonction du rapport d/a, où d désigne la flèche de l'extrados moins l'épaisseur de la voûte à la clef et à la demi-corde de l'extrados.

Application des «lésions systématiques» à l'arche centrale du pont Druso.

Le pont Druso est une construction de caractère monumental. Il est composé de trois arches, dont celle du centre mesure 35,50 m. de portée (mesurée d'axe en axe). Le tablier est en ciment armé et mesure 15,50 m. de largeur; il est soutenu par deux arcs jumeaux, selon le système, bien connu, de SÉJOURNÉ.

Chaque arche a 2,50 m. de largeur et comme matériau nous avons utilisé du béton fretté, composé de ciment fondu à haute résistance. La partie extérieure des arches ainsi que le reste du pont est revêtue avec des blocs de porphyre. L'épaisseur de la voûte à la clef est de 1,225 m. et à l'imposte, 1,445 m. La flèche de l'axe de l'arc mesure 2,90 m. et par conséquent, nous avons un coefficient d'abaissement inférieur à 1/9. Cet abaissement remarquable, ainsi que la charge très élevée (largeur du tablier correspondant à une voûte, 7,75 m.) auraient donné de très importantes sollicitations unitaires dans la voûte, si l'on n'avait pas adopté le système des lésions systématiques, décrit plus haut.

On aurait aussi pu recourir à une seule voûte, au lieu d'adopter deux arcs jumeaux, mais ce système aurait nécessité des fondations continues, et les frais de cette construction auraient dépassé d'environ 400,000 lires italiennes ceux de la construction choisie. L'importance de la somme épargnée justifie donc les mesures prises.

Dans les conditions normales d'exécution, les plus grandes sollicitations auraient été les suivantes, en kilogrammes par cm²:

Tableau 1.

[3]) Section examinée	Cause des sollicitations									
	Charge moyenne		Rétrécissement élastique		Retrait du béton		Variation de la température			
							Entre moyenne annuelle et exécution		annuelles ±15°	
	ext.	int.	ext.	int.	ext.	int.	ext.	int.	ext.	int.
Clef	31,8	31,8	+ 20,11	— 20,1	+ 12,6	— 8,5	— 6,3	+ 4,3	± 19,0	∓ 12,8
Impostes	30,5	30,5	— 38,7	+ 38,7	— 18,7	+ 22,0	+ 9,3	— 11,0	∓ 28,1	± 33,1

Tableau 2.

	Total	
	extérieur	intérieur
Clef	77,2	— 5,3
Impostes	— 46,7	113,3

[3]) Je ferai remarquer que comme axe de la voûte, nous avons choisi le polygone funiculaire des poids dus à la charge moyenne; ceci explique l'égalité des sollicitations dans les deux premières colonnes du tableau 1.

Ainsi qu'on peut s'en rendre compte, il s'agit de sollicitations unitaires très considérables, même pour du béton fretté, confectionné avec du ciment à haute résistance.

La détermination analytique des éléments nécessaires à l'application du système est une chose très simple.

Premièrement, nous avons dû déterminer le raccourcissement virtuel qu'il faut donner à la corde de l'arc, afin de compenser les causes variées des sollicitations parasites.

En second lieu, il a fallu calculer l'élévation nécessaire à la clef et enfin, l'angle d'ouverture des joints à la clef et aux impostes.

1. Raccourcissement virtuel.

a) Rétrécissement élastique ΔL_1.

$$\Delta L_1 = \frac{H}{E} \sum \frac{ds}{A}$$

Dans cette formule nous avons désigné par:

H, la poussée horizontale, provenant du poids propre et de la charge moyenne. $H = 1093{,}846$ kg,

E, le coefficient d'élasticité ($E = 1{,}5.10^9$ kg/m²),

ds, la longueur de chaque élément de voûte,

A, la section moyenne de chaque élément en m², $\sum \frac{ds}{A} = 11{,}07874$.

Il en résulte: $\Delta L_1 = 0{,}0080789$ m.

b) Différence entre la température au moment de l'exécution et la moyenne annuelle.

La température moyenne de la plus chaude journée à Bolzano, localité où se trouve le pont en question, peut être évaluée à 25°, tandis que pour la journée la plus froide de l'année, nous pouvons admettre une température moyenne de $-5°$. La température moyenne annuelle est donc de $+10°$.

La voûte fut achevée par une température de $+5°$: il en résulte que $(t_0 - t_m) = -5°$

$$\Delta L_2 = a \cdot L \cdot (t_0 - t_m)$$

où $a = 0{,}000012$, coéfficient de dilatation du béton,

$L =$ m. 35,50, corde de l'axe de l'arc.

Il en résulte:

$$\Delta L_2 = -0{,}00213 \text{ m.}$$

c) Retrait du béton.

En évaluant le retrait définitif du béton à 0,0004, on a:

$$\Delta L_3 = 0{,}0004 \cdot 35{,}50 \text{ m.} = 0{,}0142 \text{ m.}$$

La somme de ces trois valeurs nous fournit le rétrécissement virtuel total de la corde.

$$\varepsilon = \Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3 = 0{,}0201489 \text{ m} = \underline{2{,}015 \text{ cm}}$$

2. Elévation de la clef.

Celle-ci est donnée par la différence $c - d$, où

$$c = \sqrt{a^2 + d^2 - b^2} \qquad \text{(voir fig. 5)}$$

Dans le cas en question, nous avons:

$$a = 18{,}015 \text{ m.}$$
$$d = 3{,}240 \text{ m.}$$
$$b = 18{,}015 - \frac{0{,}02015}{2} = 18{,}0049 \text{ m.}$$

En introduisant ces valeurs dans la formule, on obtient:

$$c - d = 3{,}240 - 3{,}395 = 0{,}055 \text{ m.}$$

Fig. 6

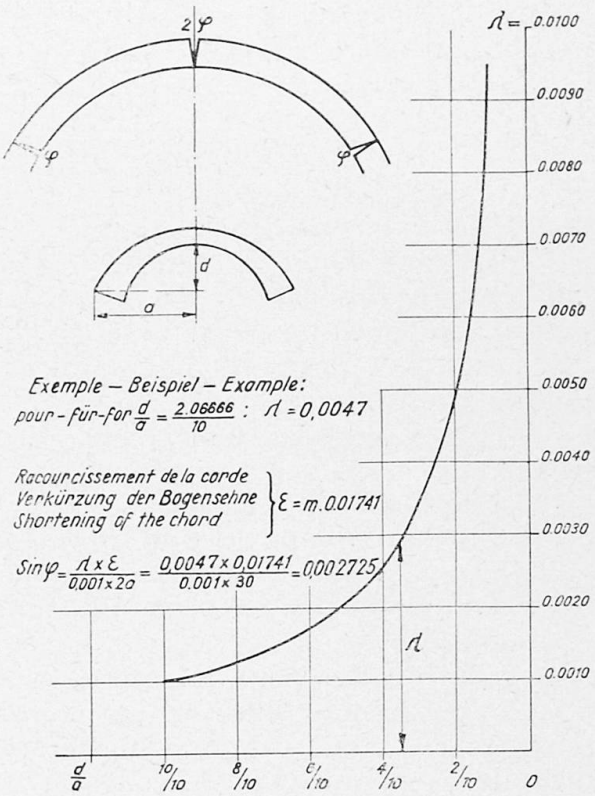

Fig. 7.

3. Ouverture des joints.

a) A l'aide de l'abaque ci-joint, nous trouvons pour:

$$\frac{d}{a} = \frac{3{,}240}{18{,}015} = \underline{0{,}17985}$$

la valeur $\underline{\lambda = 0{,}0053}$

En introduisant dans la formule

$$\sin\varphi = \frac{\lambda \cdot \varepsilon}{0{,}001 \cdot 2a}$$

les valeurs respectives, à savoir:

$$\varepsilon = 0{,}02015 \text{ m.}$$
$$2a = 36{,}03 \text{ m.}$$

on trouve

$$\underline{\sin\varphi = 0{,}002964.}$$

La voûte a une épaisseur à la clef de 1,225 m., ce qui nous donne une ouverture

$$\Delta s_1 = 2 : 0{,}002964 : 1{,}225 = 0{,}00728 \text{ m.}$$

Aux impostes, l'épaisseur de la voûte mesure 1,445 m., donc:

$$\Delta s_1 = 0{,}002964 \cdot 1{,}225 = 0{,}00428 \text{ m.}$$

b) En appliquant la formule

$$\sin\varphi = \frac{ad - bc}{cd - ab}$$

où les coéfficients ont des valeurs déjà déterminées, on obtient:

$$\underline{\sin\varphi = 0{,}003052.}$$

Ceci nous donne les valeurs suivantes:

ouverture à la clef	0,00747 m.
ouverture aux impostes	0,00441 m.

Dans ces conditions, les sollicitations unitaires maxima à la clef et aux impostes seront les suivantes:

Tableau 3.

Section examinée	Cause des Sollicitations											
	Charge moyenne		Rétrécissement élastique		Retrait du béton		Variation de la temp. $t_o - t_m$		Variation de la temp. autour de la moyenne annuelle		Total maximum	
	ext.	int.	ext.	int.	ext.	int.	ext.	int.	ext.	int.	ext.	int.
Clef	31,8	31,8	—	—	—	—	—	—	19,0	12,8	50,8	19,0
Impostes	30,5	30,5	—	—	—	—	—	—	28,1	33,1	2,4	63,6

Abréviations:
t_0 = température moyenne au moment de l'exécution,
t_m = température moyenne annuelle,
ext. = extrados,
int. = intrados.

Si l'on compare ce tableau 3 avec le précédent, qui résumait les sollicitations maxima dans le cas d'une exécution normale, on voit que la compression maximum a été réduite de 113,3 kg/cm² à 63,6, c'est à dire presque de la moitié, et les sollicitations de traction qui étaient de 46,7 kg/cm² ont été annullés [4]).

Dans la pratique, les maxima ainsi déterminés, sont encore susceptibles de quelques modifications, et cela pour les raisons suivantes:

1° Variation de la charge autour de la charge moyenne, ce qui peut occasionner soit un raccourcissement, soit un allongement de l'axe.

2° Retrait du béton plus important que celui que nous avons supposé.

3° Variations éventuelles de la température dépassant la valeur maximum admise.

Toutefois, les deux premières causes n'ont que peu d'influence pour le pont en question, et elles en ont moins encore pour les ponts de plus grande portée où le poids propre a une prépondérance absolue sur la charge accidentelle.

D'autre part, les causes ayant pour effet d'augmenter les efforts, existent aussi bien dans le cas d'une exécution normale, que dans le cas d'une exécution avec déformations et lésions systématiques, et par conséquent cette amélioration, dont nous venons de faire part dans les calculs précédents, subsiste toujours.

Mode d'exécution.

La préparation des joints ouverts à coin est une chose très simple. Au pont Druso, ils furent exécutés de la manière suivante:

Joints d'imposte: Le coussinet d'imposte est en béton fretté. Les fers d'armature inférieurs s'arrêtent à peu de distance de la surface du joint; les fers d'armature supérieurs, au contraire, continuent sur une longueur d'environ trois mètres (voir fig. 8).

On a poli la surface avec de la pierre ponce, et ensuite, on a appliqué une feuille de plomb d'un millimètre d'épaisseur, soigneusement battue et roulée pour obtenir une surface parfaitement lisse et plane.

[4]) Dans toutes ces évaluations, les sollicitations unitaires ont été déterminées comme s'il s'agissait d'une voûte construite avec un matériau homogène, ce qui n'est en réalité pas le cas. On aurait dû procéder par les méthodes connues, adaptées à ce cas, mais la comparaison aurait été plus compliquée. Suivant l'hypothèse que nous avons faite (matériau homogène), la confrontation en découle plus clairement.

Ensuite, on a bétonné le premier segment de la voûte, en ayant bien soin de fretter fortement le béton aux environs du joint.

Deux poutrelles qui traversent la culée et le premier segment, ont été reliées entre elles par un appareil spécial qui, agissant sur les deux poutrelles, permet de rapprocher les deux bords de l'intrados.

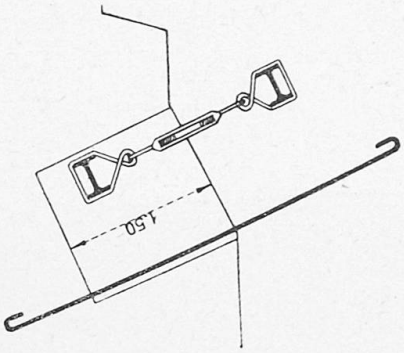

Fig. 8.

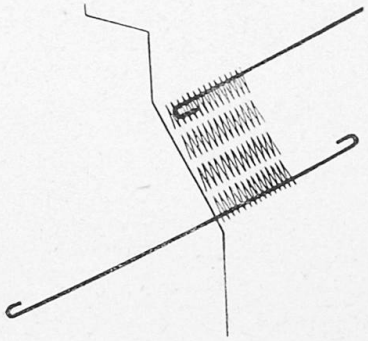

Fig. 9.

Après avoir préparé les choses comme nous venons de l'indiquer, on a attendu la prise complète du béton. Ces travaux préliminaires étant terminés, on a enfilé les coins dans le joint d'intrados. Dans la figure, les coins ne sont pas dessinés à l'echelle réelle. En réalité, ces coins avaient une longueur de 80 cm. sur 16 cm. de largeur. La partie tranchante était aussi mince qu'une lame de couteau, tandis que l'épaisseur du coin, à l'extrémité opposée, mesurait 1 cm.

Pour ouvrir le joint, on a introduit dans la fente 10 de ces coins, répartis sur une largeur de 2,50 m., à une distance de 15 cm. environ l'un de l'autre. Au préalable, ils avaient été soigneusement enduit de graisse.

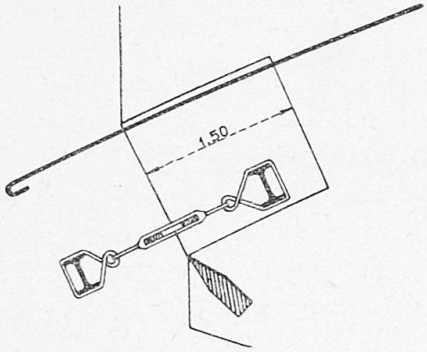

Fig. 10.

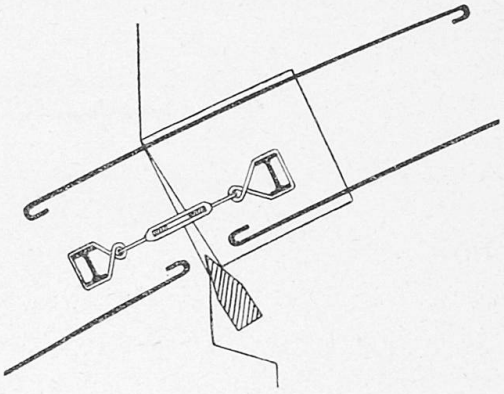

Fig. 11.

Un ouvrier, muni d'une masse, a enfoncé simultanément tous les 10 coins, en ayant soin de frapper régulièrement et toujours avec la même intensité. De la sorte, on a réussi à introduire les coins d'une manière absolument régulière, sans secousse aucune et au bout d'une heure à peu près, on obtenait la divergence voulue entre les bords de l'intrados, c'est à dire 4,5 mm.

Dans les espaces libres, entre une lame et l'autre, on a introduit d'autres coins, beaucoup plus obtus et plus courts et ne pénétrant dans la fente que de quelques centimètres environ. Les deux faces du coin en contact avec le béton étaient recouvertes d'une légère couche de plomb.

En frappant successivement et uniformément sur ces „coins de maintien", on a pu augmenter la distance entre les bords de la voûte et extraire les coins

d'ouverture. Ce travail terminé, la divergence entre les bords de l'intradoxe mesurait 4,8 mm.

On a mis alors en fonction les deux tendeurs, afin de reserrer les deux bords contre les coins. Cette opération de fermeture était nécessaire pour éviter qu'un affaissement éventuel du cintre, pendant l'exécution de la voûte, puisse augmenter l'amplitude de la fente. Ce système de coins et de tendeurs formait un monolithe pratiquement rigide; la distance toutefois se réduisit à 4,5 mm.

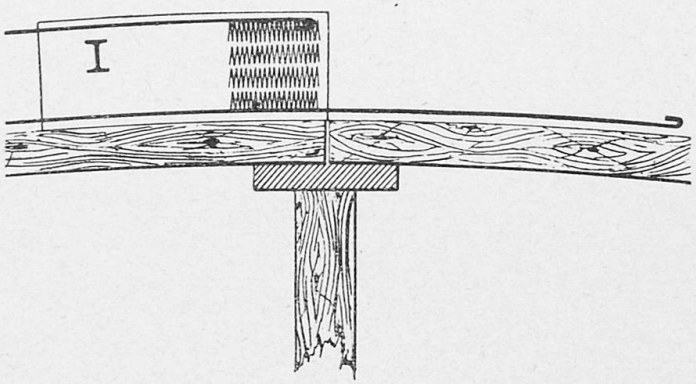

Fig. 12.

Cette réduction est due essentiellement à l'aplatissement du plomb qui recouvrait les coins de maintien.

Pour l'ouverture des joints à la clef, on a procédé d'une manière toute semblable. On a effectué premièrement la jetée du segment de gauche, en ayant bien soin de laisser dépasser les fers d'intrados de trois mètres environ, tandis que ceux de l'extrados s'arrêtaient à peu de distance de la surface. Même pour ce joint, les parties en contact ont été confectionnées en béton fretté.

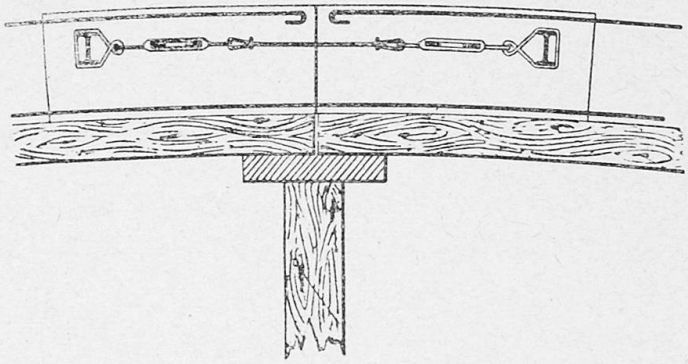

Fig. 13.

Après avoir poli la surface du joint et fixé une plaque en plomb, on a coulé le deuxième demi-arc. Ce travail terminé, on a écarté les deux bords du joint à l'aide des coins d'ouverture pour introduire ensuite les coins de maintien. Une fois en place, on a reserré les deux bords au moyen des extenseurs fixés aux poutrelles, obtenant ainsi une ouverture à l'extrados de 7,5 mm.

C'est de cette façon que l'on a exécuté les joints ouverts à la clef et aux impostes, et pour éviter que des matières étrangères puissent s'y introduire, on les a calfatés superficiellement avec de la poix spéciale.

Ensuite, on a abordé la construction des parois verticales. Des vérifications successives ont démontré que pendant la construction, il n'y avait eu aucun changement dans les trois joints préparés de la sorte, quoique le cintre se fût affaissé à la clef d'un centimètre environ.

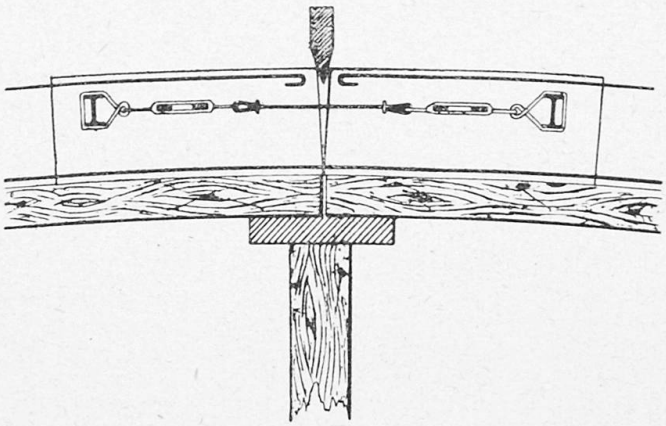

Fig. 14.

Avant de décintrer, on a enlevé d'abord la poix bouchant les joints, puis les coins de maintien. D'un examen minutieux des ouvertures, il est résulté que les joints n'avaient pas bougé. Au moment où le cintre s'abaissa, les ouvertures se refermèrent progressivement et complètement. Les frais pour ces opérations, comparés au prix de revient de l'ouvrage complet, sont vraiment insignifiants.

Conclusion.

Par la méthode des „Lesions Systématiques", on obtient des résultats remarquables; le constructeur peut à son gré disposer de la position de la courbe des pressions et obtenir, par conséquent, la meilleure condition d'équilibre pour une voûte.

Dans le cas mentionné, les sollicitations unitaires ont été réduites de 50%.

On obtient ces résultats sans frais, par des procédés faciles, qui ne présentent aucun danger.

Je crois que cette méthode constitue un réel progrès pour l'exécution des voûtes, et qu'elle vaut la peine d'être prise en considération.

Résumé.

L'auteur rappelle brièvement les méthodes dues à M. Freyssinet et comportant des modifications aux conditions d'équilibre des voûtes, par introduction d'éléments nouveaux permettant de réduire les sollicitations maxima.

Il expose le principe, introduit par lui, des „lésions systématiques", qui correspondent à des déformations introduites avant le décintrement des voûtes; ces lésions permettent de neutraliser les tensions secondaires. L'auteur passe ensuite à l'exposé pratique qui a été fait de cette méthode à la construction de l'arche centrale du pont Druso, à Venise.

Cette intéressante méthode permet au constructeur du pont d'agir sur la position de la courbe des pressions et de réaliser les meilleures conditions d'équilibre. La très large réduction des sollicitations que l'on peut ainsi obtenir est d'autant plus intéressante que ce procédé est très économique et sûr.

Zusammenfassung.

Der Verfasser erinnert kurz an das von M. Freyssinet eingeführte Prinzip der Zustandsänderung von Gewölben, durch dessen Anwendung die Größtwerte der Beanspruchungen bedeutend herabgesetzt werden können.

Die vom Verfasser eingeführte, ebenfalls auf Beseitigung der „parasitären Spannungen" abzielende Methode der „systematischen Einschnitte", erlaubt die notwendigen Eingriffe im Gewölbe schon vor dem Ausrüsten vorzunehmen. Ihre rechnerische und praktische Anwendung wird anhand der Drusobrücke in Venedig besprochen.

Die Möglichkeit der Beeinflussung der Lage der Drucklinie erlaubt dem Brückenbauer, die besten Spannungsverhältnisse herbeizuführen und auf diese Weise eine wesentliche Materialersparnis zu erzielen.

Summary.

The autor refers to the excellent results which have been obtained through the systematic adoption of artificial deformations, i. e. to the improvement in the stability of large bridges by introducing forces or deformations which compensate, or at least greatly reduce, the stresses arising from "parasitic" straining.

He shows that corresponding results may be obtained as well by making certain definite incisions in the arch body, "systematic incisions", executed before taking off the centering.

Describing the recent successful application of this method in the case of the Druso Bridge in Venise, he shows how the stresses can be diminished and economical advantages realised.