Zeitschrift: IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH Kongressbericht

Band: 2 (1936)

Artikel: Nebenspannungen in Dreiecksfachwerken

Autor: Ridet, J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-2735

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 07.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

V 12

Nebenspannungen in Dreiecksfachwerken.

Efforts secondaires dans les ouvrages triangulés.

Secondary Stresses in Triangulated Steel Structures.

J. Ridet,
Ingénieur en Chef Adjoint, Chemins de fer de l'Est, Paris.

1. *Allgemeines.*

In einem früheren Beitrag haben wir die Forschungen behandelt, die wir hinsichtlich der auf die Steifigkeit der Knotenpunktsverbindungen zurückzuführenden Nebenspannungen in den Dreiecksfachwerkbauten aus Eisenbeton angestellt hatten.[1] Unsere Forschungen hatten den Zweck, durch den Versuch gewisse Formeln nachzuprüfen, die den Wert dieser Nebenspannungen angeben. Diese nach zwei verschiedenen Methoden aufgestellten Formeln führen übrigens zu wenig voneinander abweichenden Ergebnissen.

Wie in der erwähnten Arbeit betont, erschien es uns wichtig, ähnliche Versuche an einem stählernen Brückenbauwerk vorzunehmen.

Es konnte von vorneherein als selbstverständlich erscheinen, daß bei einem Fachwerkträger aus Eisenbeton die Nebenspannungen infolge der Einspannung der Stäbe größer seien als bei einem stählernen Fachwerkträger, weil jedes Bauwerk aus Eisenbeton einen monolithischen Körper darstellt, bei dem die Einspannungen sozusagen in vollständiger Weise verwirklicht sind.

Wir werden in der Folge sehen, daß dies nicht zutrifft.

Wir werden hier die Grundsätze nicht wiederholen, die der theoretischen Bestimmung der Nebenspannungen zugrunde liegen, sondern nur die durchgeführten Versuche beschreiben, die erhaltenen Ergebnisse und die daraus zu ziehenden Schlüsse mitteilen.

2. *Auswahl und Beschreibung der Brücke.*

Um zwischen den an einer Eisenbeton- und an einer Stahlbrücke durchgeführten Versuchen einen Vergleich anstellen zu können, war es nötig, daß die beiden Bauwerke Spannweiten gleicher Größenordnung hatten, daß die Hauptträger gleiches System aufwiesen und daß übereinstimmende Verkehrslasten berücksichtigt wurden.

Aus diesen Gründen wurde nach Angabe von Herrn *Cambournac,* Oberingenieur der „Compagnie des Chemins de fer du Nord" (Frankreich), eine

---

[1] Siehe Band 2 der Abhandlungen der Internationalen Vereinigung für Brückenbau und Hochbau (Zürich 1934 — Seiten 254 bis 289).

Brücke der außer Betrieb gesetzten Strecke von Douai nach Leforest gewählt. Die schiefe Brücke von 40 m Lichtweite senkrecht zur Axe des überbrückten Kanales der „Haute-Deule" ist zweigleisig und besteht aus zwei gleichen, voneinander unabhängigen Überbauten.

Tafel I stellt die allgemeine Anordnung eines dieser Überbauten dar.

Die Hauptträger sind parallelgurtige Fachwerkträger (Trapezträger) von 43,54 m Spannweite und 6 m Höhe. Das Geleise ruht vermittelst Schwellen auf zwei Längsträgersträngen, die sich auf Querträger stützen. Die Obergurte der beiden Hauptträger sind durch einen waagrechtliegenden Windträger verbunden.

3. *Meß-Apparate, Anordnung und Befestigung.*

Es wurden die gleichen Apparate verwendet wie anläßlich der Untersuchung der Eisenbetonbrücke, nämlich die Dehnungsmesser von Manet-Rabut, Huggenberger und Mabboux; eine nochmalige Beschreibung der Apparate erübrigt sich.

Die Meßapparate wurden wie folgt angeordnet (Fig. 1):

am Diagonalstab A C in der Nähe des Knotenpunktes C,

am Pfosten B C in der Nähe der Knotenpunkte und in der Mitte M, und

am Diagonalstab B D in der Nähe des Knotenpunktes B und in der Mitte N.

Die Befestigung der Apparate von Manet-Rabut und Huggenberger wird in einfacher Weise mittels der Vorrichtungen, mit denen sie versehen sind, vorgenommen. Tafel II zeigt die für die Mabboux-Apparate hergestellten Sonderbefestigungen.

Die Tafel III bis XI stellen die Anordnung der Apparate in den Querschnitten der Diagonalstäbe und des Vertikalstabes dar. Bei der Befestigung der Apparate wurde tunlichst auf die Möglichkeit der Messung der maximalen Dehnungen in jedem Querschnitt Rücksicht genommen. Mit den Mabboux-Apparaten war eine so vollständige Messung wie mit den andern Apparaten nicht möglich, weil das Lichtraumprofil der Brücke für die Laststellungen der Lokomotiven freigehalten werden mußte, d. h. nicht durch Gerüste versperrt werden durfte. Der Querschnitt der Pfosten weist die besondere Form ⊢┼⊣ auf; da der mittlere Flansch unmittelbar an das Stegblech des Gurtstabes angeschlossen wird, nimmt er direkt die Spannungen auf, die erst mittelbar auf die andern Querschnitteile übertragen werden. Es war deshalb von besonderem Interesse, die Nebenspannungen in jedem Flansch zu messen, wo dies nur immer möglich war. Auf die Bedeutung dieser Messungen werden wir später eintreten.

4. *Durchführung der Versuche.*

Zur Durchführung der Versuche wurde die Brücke durch zwei Lokomotiven mit Tendern von 34 m³ verwendet, die von der gleichen Serie sind, wie jene, die zur Belastung der Eisenbetonbrücke von St. Quen dienten. Das Gesamtgewicht jeder Lokomotive mit Tender betrug 155 t.

Alle Messungen wurden für dieselbe Laststellung durchgeführt, die in den untersuchten Stäben sehr wenig von den maximalen Werten abweichende Spannungen erzeugt; die letzte Tenderaxe stimmte mit der Axe des Pfostens B C überein (Fig. 1); die Last erstreckte sich somit über den größten Teil der Brücke.

Ein dreistöckiges Gerüst war an die Hauptträger angehängt worden, so daß eine bequeme Ablesung der Apparate möglich war.

5. *Ergebnisse und Besprechung der Versuche.*

Die Tabellen der Tafeln Nr. III bis XI geben die mit den einzelnen Apparaten im Laufe der Versuche gemessenen Beanspruchungen in kg/mm² an. Die Meßlängen der verschiedenen Apparate betragen: Manet-Rabut 0,110 m, Huggenberger 0,020 m und Mabboux 0,050 m. Um den Vergleich der Ergebnisse zu ermöglichen, wurden sämtliche Messungen auf die Länge von 0,020 m umgerechnet, so daß jeder Änderung um 1 μ eine Beanspruchung von 1 kg/mm² entspricht.

Wie bei den Versuchen, die an der Eisenbetonbrücke von St. Quen durchgeführt wurden, kehrten die Zeiger der Apparate nach der Entlastung mit großer Genauigkeit in ihre Ursprungslage zurück.

In der nachstehenden Tabelle sind die Ergebnisse der Berechnung der Nebenspannungen in den Knotenpunkten A und B der drei untersuchten Stäbe. Es sei bemerkt, daß in dieser Tabelle $n_a = n_b$ die Grundspannungen in den Stäben sind und $n = n$ die Nebenspannungen an den Enden A und B der Stäbe bedeuten. Die Tabelle gibt außerdem das Verhältnis der errechneten Neben- und Grundspannungen an. Die Berechnungen wurden nach den Methoden von *de Fontviolant* und von *Pigeaud* durchgeführt.

Bezeichnung der Stäbe		Grundspannungen n_a oder n_b berechnet kg/mm²	Nach Methode de Fontviolant berechnete Spannungen		Nach Methode Pigeaud berechnete Spannungen	
			Nebenspannungen n_A oder n_B kg/mm²	$\frac{n_A}{n_a} \cdot 100$ oder $\frac{n_B}{n_b} \cdot 100$	Nebenspannungen n_A oder n_B kg/mm²	$\frac{n_A}{n_a} \cdot 100$ oder $\frac{n_B}{n_b} \cdot 100$
Gezogener Diagonalstab AC	in A:	— 2,83	± 1,04	37	± 0,79	28
	in B:	— 2,83	± 0,89	31	± 0,79	27
Gedrückter Pfosten BC	in A:	1,81	± 1,15	64	± 1,08	60
	in B:	1,81	± 1,26	70	± 1,13	62
Gezogener Diagonalstab BD	in A:	— 3,27	± 1,28	39	± 1,28	39
	in B:	— 3,27	± 1,30	40	± 1,05	32

Die Daten, die diese Tabelle vermittelt, beziehen sich auf Stabquerschnitte, die im Schnittpunkt der Systemachsen der Gurte mit den Achsen der anderen Stäbe angeordnet sind, als ob es keine Knotenbleche gäbe; die erhaltenen Zahlen ermöglichen das Auftragen von Diagrammen der theoretischen Beanspruchungen in den Tafeln Nr. XII und XIII.

Außerdem geben die Daten der Tabellen der Tafeln Nr. III bis XI nicht den Höchstwert der Nebenspannungen an, denn die Apparate können nicht stets in den am meisten beanspruchten Querschnitten und hier auf den am meisten angestrengten Fasern, d. h. auf den von der neutralen Achse am meisten entfernten

Fasern aufgestellt werden. Um die wirkliche Beanspruchung, die wahrscheinlich in diesen Fasern auftreten wird, zu bestimmen, haben wir angenommen, daß sich die Spannungen linear zwischen den äußersten Fasern jedes Querschnittes ändern, und sind folgendermaßen vorgegangen:

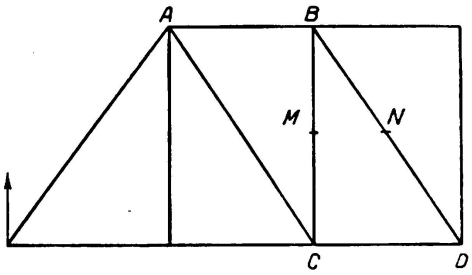


Fig. 1.

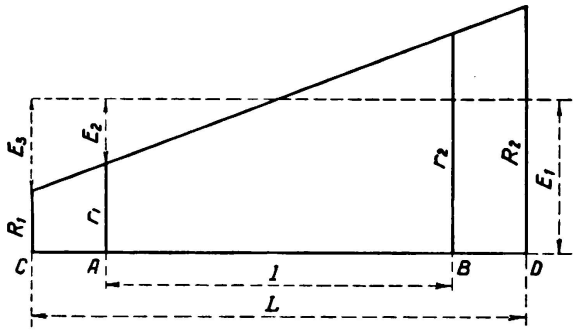


Fig. 2.

An den gemessenen Werten der Beanspruchungen r_1 und r_2 an den Punkten A und B, die um l (Fig. 2) voneinander entfernt sind, haben wir die mittlere Spannung des Stabes abgeleitet, die im übrigen der Grundspannung entspricht und die folgenden Wert hat:

$$E_1 = \frac{r_1 + r_2}{2}.$$

Die Nebenspannung E_2, die sich aus den Messungen ergibt, ist somit:

$$E_2 = \pm (E_1 - r_1),$$

und die höchste Nebenspannung E_3 in den äußersten Fasern C und D, die um L entfernt sind, ist rechnungsmäßig:

$$E_3 = \pm E_2 \cdot \frac{L}{l}.$$

Die Gesamtspannungen in den äußersten Fasern sind somit:

$$R_1 = E_1 - E_3$$
$$R_2 = E_1 + E_3.$$

Die nachstehenden Tabellen geben für die einzelnen Apparate (außer für diejenigen, die in der Mitte der Stablängen angebracht sind, für welche die Nebenspannung sehr gering ist) die Grundspannung n_a oder n_b, die mittlere aus den Messungen resultierende Spannung E_1, die Nebenspannungen E_2 und E_3, den Wert $\frac{E_3}{E_1} \cdot 100$ und endlich die Gesamtspannungen R_1 und R_2 (bezüglich Lage der Apparate siehe Tafeln III bis XI).

Querschnitt am Ort der Apparate	Berechnete Grundspannung n_a oder n_b	Gemessene Grundspannung E_1	Gemessene Nebenspannung E_2	Maximale Nebenspannung E_3	$\frac{E_3}{E_1} \cdot 100$	Gesamtspannung R_1	Gesamtspannung R_2
DEHNUNGSMESSER MANET-RABUT							
Oberer Teil							
I—II	+1,81	+1,56	±1,06	±1,88	120	—0,32	3,44
III—IV	+1,81	+1,75	±2,29	±2,60	148	—0,85	4,35
V—VI	+1,81	+1,34	±1,25	±2,22	166	—0,88	3,56
VII—VIII	—3,27	—2,68	±0,82	±0,82	31	—3,50	—2,04
IX—X	—3,27	—2,46	±1,04	±1,04	42	—3,50	—1,42
Unterer Teil							
I—II	+1,81	+1,24	±0,88	±1,56	126	—0,32	2,80
III—IV	+1,81	+1,80	±1,62	±1,84	102	—0,04	3,64
V—VI	+1,81	+1,27	±0,86	±1,53	120	—0,26	2,80
VII—VIII	—2,83	—1,66	±0,16	±0,16	10	—1,82	—1,50
IX—X	—2,83	—1,93	±0,70	±0,70	36	—2,63	—1,23
DEHNUNGSMESSER HUGGENBERGER							
Oberer Teil							
1— 2	+1,81	+1,12	±0,62	±1,10	98	+0,02	+2,22
3— 4	+1,81	+1,38	±0,63	±1,12	81	—0,26	+2,50
5— 6	+1,81	+1,38	±1,38	±1,57	114	—0,19	+2,95
7— 8	+1,81	+1,12	±1,12	±1,27	114	—0,15	+2,39
9—10	+1,81	+0,88	±0,88	±1,56	177	—0,68	+2,44
11—12	+1,81	+100	±0,75	±1,33	133	—0,33	+2,33
13—14	—3,27	—2,62	±0,87	±0,87	33	—3,49	—1,75
15—16	—3,27	—2,12	±0,87	±0,87	41	—2,99	—1,25
17—18	—3,27	—2,12	±0,87	±0,87	41	—2,99	—1,25
19—20	—3,27	—2,38	±0,63	±0,63	26	—3,01	—1,75
Unterer Teil							
1— 2	+1,81	+1,12	±0,62	±1,10	98	+0,02	+2,22
3— 4	+1,81	+0,88	±0,38	±0,67	76	+0,15	+1,26
5— 6	+1,81	+1,25	±1,00	±1,14	91	+0,11	+2,39
7— 8	+1,81	+1,25	±1,25	±1,42	114	—0,17	+2,67
9—10	+1,81	+1,00	±0,50	±0,89	89	+0,11	+1,89
11—12	+1,81	+1,00	±0,50	±0,89	89	+0,11	+1,89
13—14	—2,83	—1,75	±0,50	±0,50	29	—1,75	—1,25
15—16	—2,83	—1,75	±0,50	±0,50	29	—1,75	—1,25
17—18	—2,83	—1,62	±0,63	±0,63	39	—2,25	—0,99
19—20	—2,83	—1,62	±0,63	±0,63	39	—2,25	—0,99

Querschnitt am Ort der Apparate	Berechnete Grundspannung n_a oder n_b	Gemessene Grundspannung E_1	Geemssene Nebenspannung E_2	Maximale Nebenspannung E_3	$\frac{E_3}{E_1} \cdot 100$	Gesamtspannung R_1	Gesamtspannung R_2
			DEHNUNGSMESSER MABBOUX				
			Oberer Teil				
A—B	+1,81	+1,85	±0,55	±0,98	53	0,87	2,83
C—D	+1,81	+1,70	±0,80	±1,42	83	0,28	3,12
E—F	+1,81	+1,95	±1,45	±1,64	84	0,31	3,59
G—H	+1,81	+1,50	±1,30	±1,47	98	0,03	2,97
I—J	—3,27	—2,80	±0,70	±0,90	32	—3,70	—1,90
K—L	—3,27	—3,05	±0,55	±0,71	23	—3,76	—2,34
			Unterer Teil				
A—B	+1,81	+1,40	±0,50	±0,89	63	0,51	2,29
C—D	+1,81	+1,40	±0,60	±1,06	76	0,34	2,46
E—F	+1,81	+1,60	±1,00	±1,14	71	0,46	2,74
G—H	+1,81	+1,50	±1,20	±1,36	91	0,14	2,86
I—J	—2,83	—1,70	±0,20	±0,34	20	—2,04	—1,36
K—L	—2,8[illegible]	—2,20	±0,50	±0,83	38	—3,03	—1,37

Genauigkeit der Messungen.

Die von den Apparaten gemessenen Längenänderungen sind äußerst klein; sie erreichen selten 4 μ. Ein, wenn auch kleiner Fehler der Ablesung wirkt sich in beträchtlichem Maße in den Ergebnissen aus.

Betrachten wir z. B. die Apparate 9—10, die am oberen Teil des Pfostens angebracht sind; die Ablesungen der Instrumente lauteten:

Null für den Apparat 9 und —1,75 für den Apparat 10. Nehmen wir einen Fehler von $^1/_4$ μ bei der Ablesung des Apparates 9 an, und nehmen wir auch an, daß man statt Null hätte lesen müssen —0,25, so hätte man erhalten:

$$E_1 = -1 \qquad E_2 = \pm 0{,}75 \qquad E_3 = \pm 1{,}33 \text{ und } \frac{E_3}{E_1} \cdot 100 = 133 \text{ statt } 177.$$

Wahrscheinlich hat man mit den Mabboux-Apparaten keine derartigen anormalen Unterschiede bekommen, weil die Ablesungen an diesen Instrumenten genauer sind.

Die Prüfung der Tabellen führt zu folgenden Feststellungen:

1. *Vergleich zwischen der berechneten Grundspannung und der gemessenen Grundspannung.*

Die gemessene Grundspannung E_1 in einem Stabe ist um ungefähr 28 % geringer als die berechnete Hauptspannung n_a oder n_b, wobei dieser Prozentsatz als allgemeiner Mittelwert der Abweichungen erhalten wurde.

Der Fall ist übrigens allgemein. Die Differenz zwischen den berechneten und den gemessenen Spannungen rührt nämlich von der Starrheit der Bestandteile der Fahrbahn (Längsträger, Schienen usw.) her, die bei der Berechnung nicht berücksichtigt wird.

2. *Nebenspannungen.*

A. — In den Diagonalstäben. — Die gemessenen Nebenspannungen bleiben hier in normalen Grenzen, und übersteigen nicht 42 % der gemessenen Grundspannung; die Tafel XII zeigt, daß die gemessenen Nebenspannungen stets geringer sind als die errechneten, wobei die mittlere Abweichung ca. 38 % beträgt.

B. — In den Pfosten. — Für die Pfosten liegen andere Verhältnisse vor als für die Diagonalen. Die Ergebnisse, die mit den einzelnen Apparaten erhalten wurden, stimmen hier nicht überein; während die mit den Mabboux-Apparaten gemessenen Nebenspannungen 98 % der gemessenen Grundspannung erreichen, gehen die Manet-Rabut-Apparate bis 166 % und die Huggenberger-Apparate bis 177 %; außerdem sind die Ergebnisse deutlich verschieden, wenn die einzelnen Apparate an demselben Querschnitt angebracht werden.

Die Nebenspannungen erhöhen die Grundspannung übrigens nur um maximal 2,6 kg/mm²; die gesamte Höchstspannung ist 4,35 kg/mm². Man ist somit weit von dem plastischen Bereich entfernt.

Wir wollen nunmehr versuchen, diese Ergebnisse zu erklären, indem wir den Querschnitt untersuchen, in welchem am oberen Teile des Pfostens die Apparate 1—2, 5—6, 9—10 angebracht sind.

a) *Einfluß der Befestigungsart auf die Verteilung der Beanspruchungen in demselben Querschnitt.*

Der Pfosten hat den nebenstehend abgebildeten Querschnitt (Fig. 3); er wird am Steg des Gurtstabes mittels zentral angeordneter Winkel befestigt. Die sechs Apparate wurden wie folgt angebracht:

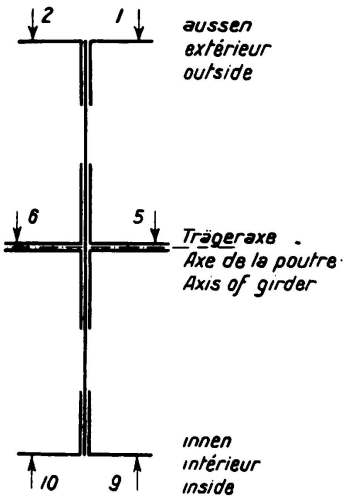


Fig. 3.

1—2 auf der äußeren Seite des Vertikalstabes,
5—6 auf den zentralen Winkeln,
9—10 auf der Innenseite.

Vergleicht man die Werte von E_1 für diese drei Gruppen, so stellt man fest, daß sie 1,12, bzw. 1,38, bzw. 0,88 betragen.

Man schließt daraus unmittelbar, daß sich die Beanspruchung im Pfosten nicht gleichmäßig über den gesamten Querschnitt verteilt; der direkt auf dem Steg befestigte Teil nimmt den größten Anteil auf.

Vergleich mit einem Knotenpunkt in einem Eisenbeton-Bauwerk.

In einem Eisenbeton-Knotenpunkt würde die Verteilung der Beanspruchungen bedeutend besser vor sich gehen, weil die Übertragung der Druck- und Zugkräfte im Innern des Knotenpunktes selber mittels des Eisenbetons und mittels der Einlagen erfolgt. Wenn der Knotenpunkt gut durchgebildet ist, treffen die Elementarkräfte im Knotenpunkt selbst zusammen, wo sie sich aufheben, ohne daß sie sich zusammensetzen, bevor sie übertragen werden; dies erklärt die Tatsache, daß bei Eisenbeton, bei dem der Gedanke des Anschlusses durch Nietenreihen nicht auftritt, die Anbringung von Knotenblechen nicht erforderlich ist. Schließlich sind bei Eisenbeton keine exzentrischen Anschlüsse zu befürchten.

b) *Einfluß der Verbiegung der Hauptträgerebene bei Brücken mit untenliegender Fahrbahn.*

Eine weitere Erklärung dafür, warum die Werte E_1 zwischen Innen- und Außenseite des Trägers merklich schwanken, ergibt sich aus folgendem: Jeder Querträger mit den Vertikalstäben und dem oberen Windverbandspfosten bildet einen Rahmen, der beim Auftreten der Belastung eine Formänderung nach Fig. 4 erleidet; die Vertikalstäbe erhalten in der senkrechten Ebene zum Haupt-

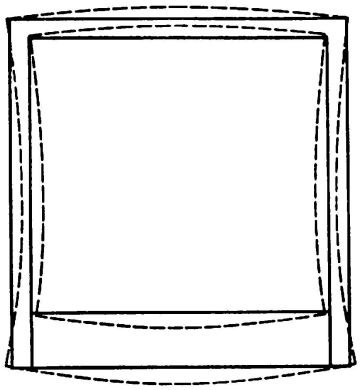


Fig. 4.

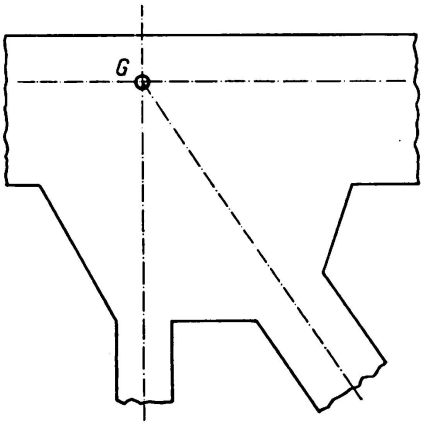


Fig. 5.

träger Biegungsmomente, die an der Innenseite Zug und an der Außenseite Druck erzeugen. Da der Vertikalstab gewöhnlich auf Druck beansprucht ist, ergibt sich, daß die mittlere Beanspruchung $E_1 = 1{,}12$ bei den außen angebrachten Apparaten 1—2 größer ausfällt als die mittlere Beanspruchung $E_1 = 0{,}88$ bei den Apparaten 9—10.

Anderseits haben die Nebenspannungen E_3 für die drei Gruppen die absoluten Werte 1,10, bzw. 1,57, bzw. 1,56, d. h. sie stellen 98 %, bzw. 114 %, bzw. 177 % von E_1 dar. Zu beachten ist, daß die absoluten Werte nicht sehr voneinander abweichen, vor allem die beiden letzten; sie beziehen sich jedoch auf Werte von E_1, die sehr schwanken, woraus sich der sehr hohe Prozentsatz der Nebenspannungen für die Innenflächen erklärt.

c) *Einfluß der Knotenbleche.*

Die Berechnungen der Nebenspannungen werden in der Annahme durchgeführt, daß die Stäbe im Schnittpunkte G ihrer Schwerlinie mit der Schwerlinie des Gurtes eingespannt sind, wobei ihre Länge von Knotenpunkt zu Knotenpunkt gemessen wird. Es ist bei diesen Berechnungen nicht möglich, die wichtigen Knotenbleche zu erfassen, durch die die Gurte, Vertikal- und Diagonalstäbe miteinander verbunden werden (Fig. 5).

1. Es ist wohl selbstverständlich, daß diese Knotenbleche schon aus dem Grunde einen Einfluß ausüben, daß Winkeländerungen laut Berechnungsannahmen nicht vor sich gehen können;

2. des Weiteren, weil der Schlankheitsgrad der Stäbe in starkem Maße schwankt, je nachdem man die Länge zwischen den Knotenpunkten oder den Knotenblechen mißt. So ist der Schlankheitsgrad beim betrachteten Vertikalstab (mittlerer Teil), der in die Berechnungen eingesetzt wurde, 23,5. Er ist jedoch nur 14,5, wenn die Länge zwischen den Knotenblechen angenommen wird. Beim Pfosten der Eisenbetonbrücke in St. Quen, von dem oben die Rede ist, war dieser Schlankheitsgrad 14,0, wenn die Längen zwischen den Knotenpunkten, und 11,1, wenn sie zwischen den Gurtkanten gemessen wurden (Knotenbleche waren nicht vorhanden).

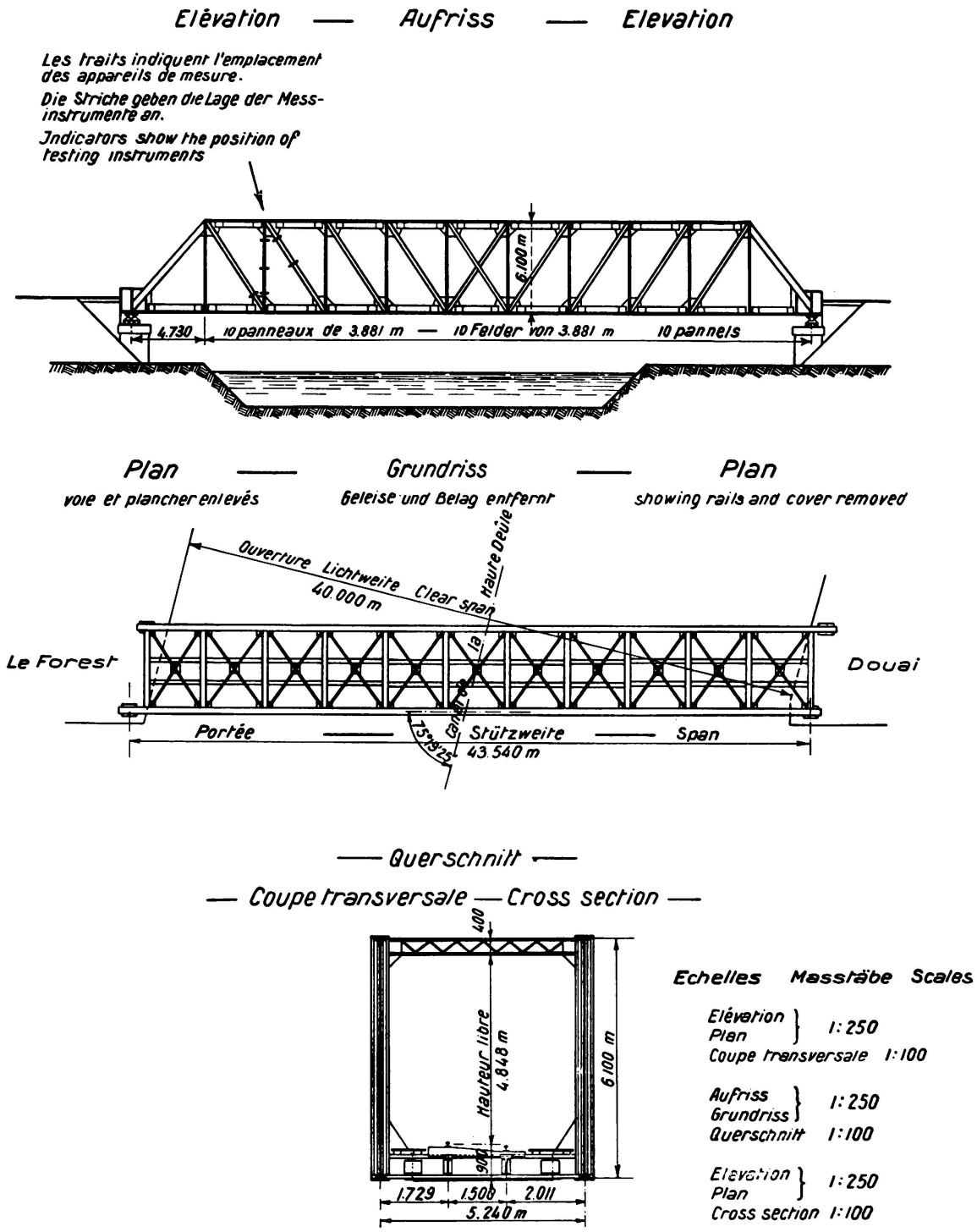
Bei den Diagonalen wurde in die Berechnung der Schlankheitsgrad mit 17,7 eingesetzt; der wirkliche Schlankheitsgrad war 11,9.

3. Endlich kann man sich fragen, ob das Knotenblech mit seinen Befestigungsnieten und seiner Steifigkeit, die von Punkt zu Punkt variiert, die Druck- und Zugkräfte wohl gemäß den Systemlinien überträgt, die wir ins Auge gefaßt haben.

Bei gut durchgebildeten Anschlüssen sind die Nietreihen bezüglich der Stabachse (für Pfosten und Diagonalen) zentriert.

Die im Knotenblech fortgesetzten Stäbe erleiden eine veränderliche Steifigkeit. Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß sich die steiferen Stabteile an der Kraftübertragung stärker beteiligen, kann sich im Knotenblech eine unklare Spannungsverteilung ergeben.

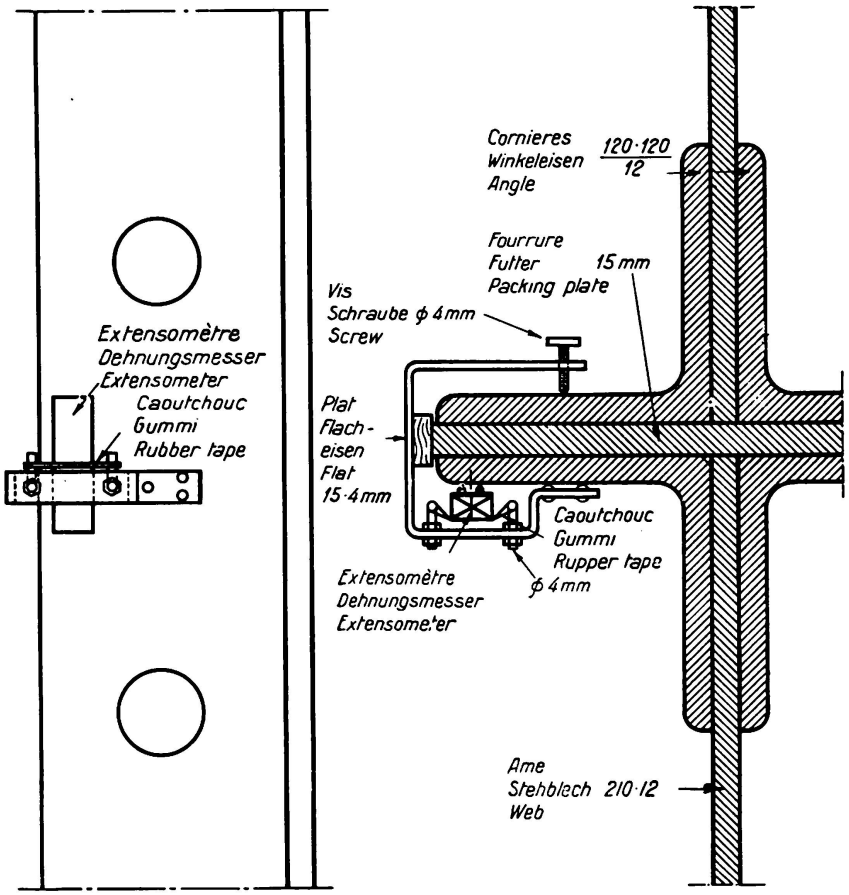
Aus diesem Grunde sollten photoelastische Untersuchungen an Knotenblechen nicht an scheibenförmigen Modellen durchgeführt werden, wie dies gewöhnlich geschieht, sondern an Modellen, bei denen die tatsächlichen Querschnittformen richtig nachgeahmt werden.



Tafel I.

Brücke über den Haute-Deule-Kanal in Douai (Strecke Douai-Laforest)

Übersicht



Tafel II.

Versuche an der Brücke in Douai.

Befestigung der Dehnungsmesser Mabboux an den Pfosten.

(Mittlere Winkeleisen).

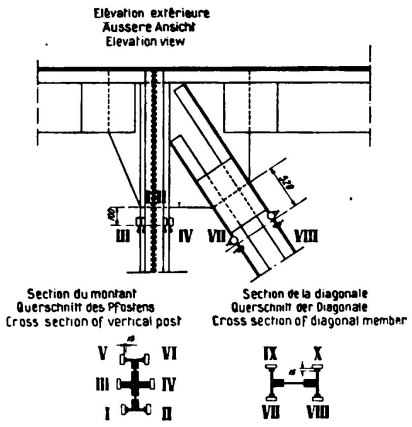
Oberer Teil des Trägers

Dehnungsmesser Manet-Rabut

(Meßlänge 0,02 m)

Tafel III.

	Lage der Instrumente		Spannungen in kg/mm² — Zug + Druck: Messung	Rechnung
Pfosten	Äußere Winkeleisen	I	+ 0,50	+ 1,43
		II	+ 2,63	+ 2,19
	Mtttlere Winkeleisen	III	— 0,54	+ 1,22
		IV	+ 4,04	+ 2,40
	Innere Winkeleisen	V	+ 0,09	+ 1,43
		VI	+ 2,59	+ 2,19
Diagonale	Äußere Winkeleisen	VII	— 3,50	— 3,98
		VIII	— 1,86	— 2,56
	Innere Winkeleisen	IX	— 3,50	— 3,98
		X	— 1,41	— 2,56



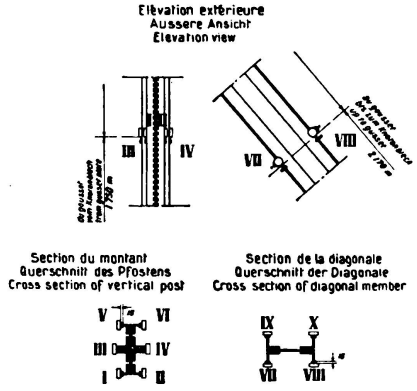
Mittlerer Teil des Trägers

Dehnungsmesser Manet-Rabut

(Meßlänge 0,02 m)

Tafel IV.

	Lage der Instrumente		Spannungen in kg/mm² — Zug + Druck: Messung	Rechnung
Pfosten	Äußere Winkeleisen	I	+ 1,54	+ 1,81
		II	+ 1,27	+ 1,81
	Mittlere Winkeleisen	III	+ 1,59	+ 1,81
		IV	+ 1,45	+ 1,81
	Innere Winkeleisen	V	+ 1,77	+ 1,81
		VI	+ 1,36	+ 1,81
Diagonale	Äußere Winkeleisen	VII	— 2,36	— 3,33
		VIII	— 2,63	— 3,21
	Innere Winkeleisen	IX	— 2,41	— 3,33
		X	— 2,54	— 3,21



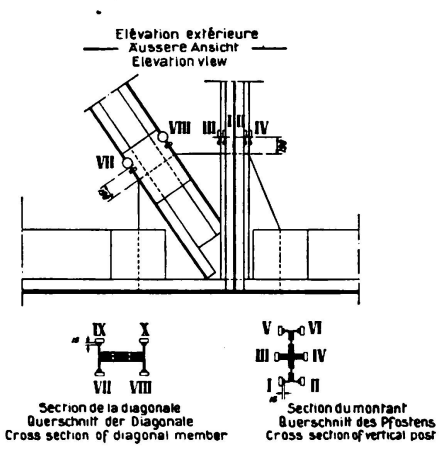
Unterer Teil des Trägers

Dehnungsmesser Manet-Rabut

(Meßlänge 0,02 m)

Tafel V.

	Lage der Instrumente		Spannungen in kg mm² — Zug + Druck: Messung	Rechnung
Pfosten	Äußere Winkeleisen	I	+ 2,13	+ 2,14
		II	+ 0,36	+ 1,48
	Mittlere Winkeleisen	III	+ 3,41	+ 2,33
		IV	+ 0,18	+ 1,29
	Innere Winkeleisen	V	+ 2,13	+ 2,14
		VI	+ 0,41	+ 1,48
Diagonale	Äußere Winkeleisen	VII	— 1,50	— 2,37
		VIII	— 1,82	— 3,29
	Innere Winkeleisen	IX	— 1,23	— 2,37
		X	— 2,63	— 3,29



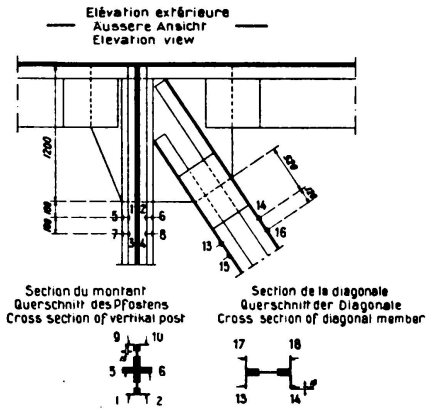
Oberer Teil des Trägers

Dehnungsmesser Huggenberger

(Meßlänge 0,02 m)

Tafel VI.

	Lage der Instrumente		Spannungen in kg/mm² — Zug + Druck: Messung	Rechnung
Pfosten	Äußere Winkeleisen ⅄	1	+ 0,50	+ 1,43
		2	+ 1,75	+ 2,19
		3	+ 0,75	+ 1,45
		4	+ 2,00	+ 2,17
	Mittlere Winkeleisen	5	0	+ 1,22
		6	+ 2,75	+ 2,40
		7	0	+ 1,25
		8	+ 2,25	+ 2,37
	Innere Winkeleisen Æ	9	0	+ 1,43
		10	+ 1,75	+ 2,19
		11	+ 0,25	+ 1,45
		12	+ 1,75	+ 2,17
Diagonale	Äußere Winkeleisen ⅄	13	— 3,50	— 3,98
		14	— 1,75	— 2,56
		15	— 3,00	— 3,94
		16	— 1,25	— 2,60
	Innere Winkeleisen Æ	17	— 3,00	— 3,98
		18	— 1,25	— 2,56
		19	— 3,00	— 3,94
		20	— 1,75	— 2,60



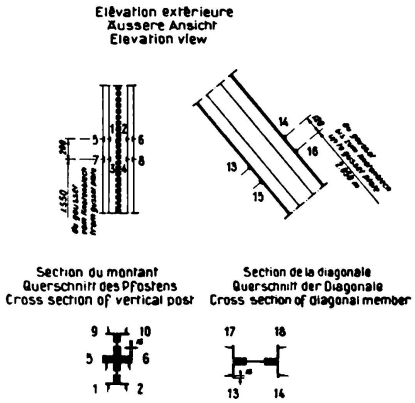
Mittlerer Teil des Trägers

Dehnungsmesser Huggenberger

(Meßlänge 0,02 m)

Tafel VII.

	Lage der Instrumente		Spannungen in kg/mm² — Zug + Druck: Messung	Rechnung
Pfosten	Äußere Winkeleisen ⅄	1	+ 1,25	+ 1,81
		2	+ 1,00	+ 1,81
		3	+ 1,50	+ 1,85
		4	+ 1,50	+ 1,77
	Mittlere Winkeleisen	5	+ 1,25	+ 1,81
		6	+ 0,75	+ 1,81
		7	+ 1,25	+ 1,88
		8	+ 1,00	+ 1,74
	Innere Winkeleisen Æ	9	+ 1,00	+ 1,81
		10	+ 0,75	+ 1,81
		11	+ 1,25	+ 1,85
		12	+ 1,00	+ 1,77
Diagonale	Äußere Winkeleisen ⅄	13	— 2,00	— 3,33
		14	— 2,25	— 3,21
		15	— 2,25	— 3,29
		16	— 2,25	— 3,25
	Innere Winkeleisen Æ	17	— 2,25	— 3,33
		18	— 2,50	— 3,21
		19	— 2,25	— 3,29
		20	— 2,25	— 3,25



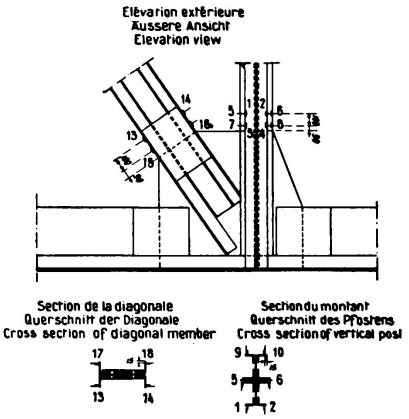
Unterer Teil des Trägers

Dehnungsmesser Huggenberger

(Meßlänge 0,02 m)

Tafel VIII.

Lage der Instrumente			Spannungen in kg/mm² — Zug + Druck: Messung	Rechnung
Pfosten	Äußere Winkeleisen ⅄	1	+ 1,75	+ 2,14
		2	+ 0,50	+ 1,48
		3	+ 1,25	+ 2,16
		4	+ 0,50	+ 1,46
	Mittlere Winkeleisen	5	+ 2,25	+ 2,33
		6	+ 0,25	+ 1,29
		7	+ 2,50	+ 2,36
		8	0	+ 1,26
	Innere Winkeleisen Æ	9	+ 1,50	+ 2,14
		10	+ 0,50	+ 1,48
		11	+ 1,50	+ 2,16
		12	+ 0,50	+ 1,46
Diagonale	Äußere Winkeleisen ⅄	13	— 1,25	— 2,37
		14	— 2,25	— 3,29
		15	— 1,25	— 2,34
		16	— 2,25	— 3,32
	Innere Winkeleisen Æ	17	— 1,00	— 2,37
		18	— 2,25	— 3,29
		19	— 1,00	— 2,34
		20	— 2,25	— 3,32



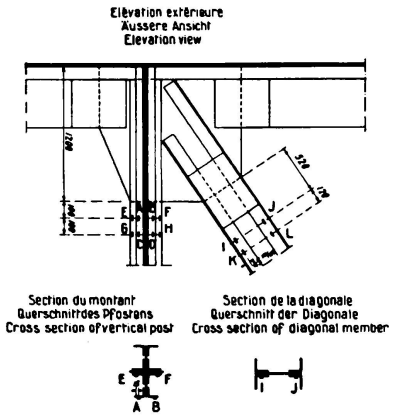
Oberer Teil des Trägers

Dehnungsmesser Mabboux

(Meßlänge 0,02 m)

Tafel IX.

Lage der Instrumente			Spannungen in kg/mm² — Zug + Druck: Messung	Rechnung
Pfosten	Äußere Winkeleisen ⅄	A	+ 1,30	+ 1,43
		B	+ 2,40	+ 2,19
		C	+ 0,90	+ 1,45
		D	+ 2,50	+ 2,17
	Mittlere Winkeleisen	E	+ 0,50	+ 1,22
		F	+ 3,40	+ 2,40
		G	+ 0,20	+ 1,25
		H	+ 2,80	+ 2,37
Diagonale	Anliegende Winkelschenkel ⅄	I	— 3,50	— 3,82
		J	— 2,10	— 2,72
		K	— 3,60	— 3,79
		L	— 2,50	— 2,75



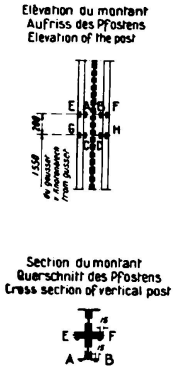
Mittlerer Teil des Trägers

Dehnungsmesser Mabboux

(Meßlänge 0,02 m)

Tafel X.

Lage der Instrumente			Spannungen in kg/mm² — Zug + Druck: Messung	Rechnung
Pfosten	Äußere Winkeleisen AV	A	+ 1,60	+ 1,81
		B	+ 1,10	+ 1,81
		C	+ 1,50	+ 1,85
		D	+ 1,60	+ 1,77
	Mittlere Winkeleisen	E	+ 1,70	+ 1,81
		F	+ 1,25	+ 1,81
		G	+ 1,80	+ 1,88
		H	+ 1,50	+ 1,74



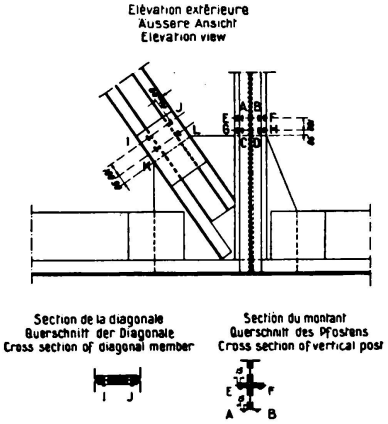
Unterer Teil des Trägers

Dehnungsmesser Mabboux

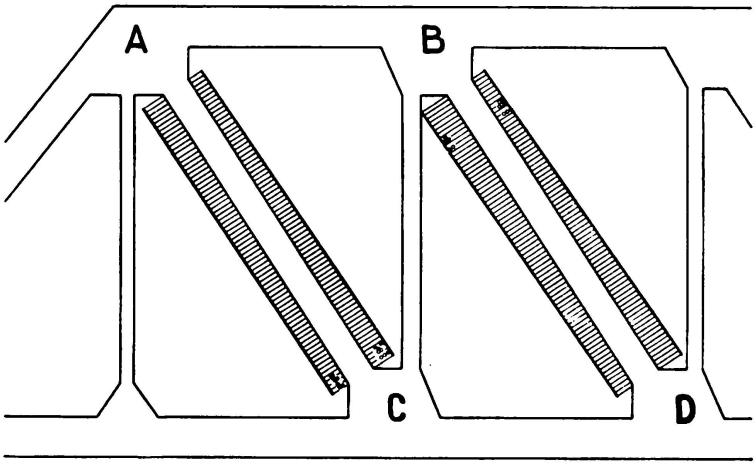
(Meßlänge 0,02 m)

Tafel XI.

Lage der Instrumente			Spannungen in kg/mm² — Zug + Druck: Messung	Rechnung
Pfosten	Äußere Winkeleisen AV	A	+ 1,90	+ 2,14
		B	+ 0,90	+ 1,48
		C	+ 2,00	+ 2,16
		D	+ 0,80	+ 1,46
	Mittlere Winkeleisen	E	+ 2,60	+ 2,33
		F	+ 0,60	+ 1,29
		G	+ 2,70	+ 2,36
		H	+ 0,30	+ 1,26
Diagonale	Anliegende Winkelschenkel AV	I	— 1,50	— 2,55
		J	— 1,90	— 3,11
		K	— 1,70	— 2,54
		L	— 2,70	— 3,12



Effort principal calculé dû à la surcharge seule: Diagonale A-C: - 2.83 kg/mm²
Diagonale B-D: - 3.27 kg/mm²
Berechnete Hauptspannungen infolge allein der Verkehrslast: Diagonale A-C: 2.83 kg/mm²
Diagonale B-D: 3.27 kg/mm²
Calculated stresses due to external loadings only: Diagonal member A-C: -2.83 kg/mm²
Diagonal member B-D: -3.27 kg/mm²

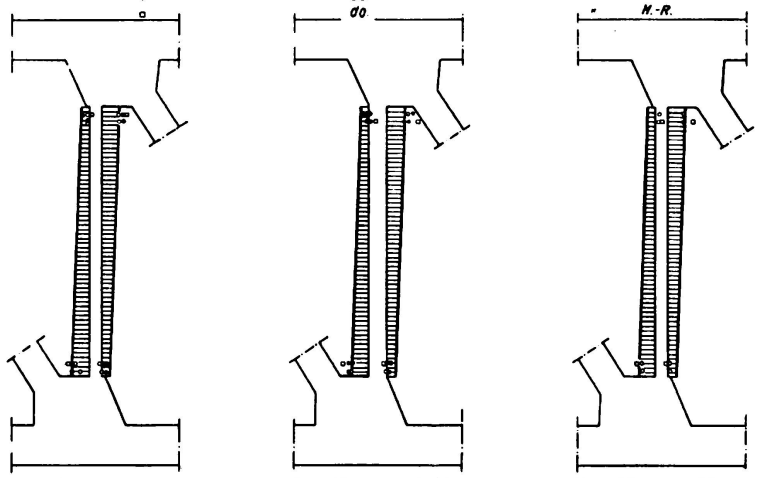


Tafel XII.

Legende:
—— Effort total calculé (principal et second.) et dû à la surcharge seule 2e méthode
∘ Efforts mesurés (principal et second.): app. Habboux
∘ do. : app. Huggenberger
∘ do. : app. Manet-Rabut

Illustration:
—— Calculated total stresses (princip. and second.) due to traffic load only
∘ Observed stresses (princip and second): M. instrum
∘ do. : H "
∘ do. : M-R "

Erklärungen: Total berechnete Spannungen (Haupt- und Nebenspannungen) und infolge allein der Verkehrslast (2. Methode)
∘ Gemessene Spannungen (Haupt- und Nebenspannungen): Messapp. M.
∘ " do. " H.
∘ do. " M.-R.



Cornières avants
Vordere Winkeleisen
Angles in front

Cornières centrales
Mittlere Winkeleisen
Central angles

Cornières arrières
Hintere Winkeleisen
Rear angles

Montant B-C — Pfosten B-C — Vertikal post B-C

Echelle des longeurs 1:1.25
Echelle des efforts 1 mm = 1.25 kg/mm²
Längenmasstab 1:1.25
Kräftemasstab 1 mm = 1.25 kg/mm²
Scale 1:1.25
Scale of stresses 1 mm = 1.25 kg/mm²

Effort principal calculé dû à la surcharge seule: + 1,81 kg/mm²
Berechnete Hauptspannungen infolge allein der Verkehrslast: + 1.81 kg/mm²
Calculated stresses due to external loadings only: + 1.81 kg/mm²

Tafel XIII

Zusammenfassung.

Die Versuche haben gezeigt, daß:

1. bei den Diagonalen die gemessenen Nebenspannungen von der gleichen Größenordnung sind wie die berechneten, und daß sie bei den verschiedenen benützten Apparaten verhältnismäßig wenig schwanken. Der Einfluß der Knotenbleche ist bei Diagonalen weniger groß als bei Pfosten. Hierdurch wird erhärtet, was übrigens auch aus anderen Gründen gerechtfertigt erscheint, daß es besser ist, möglichst Hauptträger mit schrägen Stäben in V-Form zu wählen und samit Pfosten zu vermeiden.

2. Bei den Pfosten wechseln die gemessenen Nebenspannungen stark mit den einzelnen Typen von Meßapparaten; bei gewissen Apparaten und gewissen Querschnitten erreichen die Nebenspannungen 177 % der gemessenen Grundspannung. Dies kann herrühren von:

a) der allgemeinen Anordnung des Tragsystems, die nicht ohne Einfluß auf die Verteilung der Kräfte über die ganze Querschnittsfläche ist;

b) dem Vorhandensein großer Knotenbleche, die zur Befestigung der Pfosten an den Gurten dienen.

Vergegenwärtigen wir uns deshalb den Versuch, der früher auf der Eisenbetonbrücke in Form eines Dreiecksfachwerkes durchgeführt wurde, so stellen wir fest, daß die Nebenspannungen bei Eisenbetonbrücken weniger beträchtlich sind als bei Stahlbrücken.

Dies muß anscheinend auf das Nichtvorhandensein von Knotenblechen im Eisenbeton-Bauwerk und auf die gute Übertragung der Spannungen im Knotenpunkt zurückgeführt werden.

Leere Seite
Blank page
Page vide