

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

**Band:** 1 (1932)

**Artikel:** Diskussion

**Autor:** Mihailich, V.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-636>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 04.10.2024

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

donné pour  $a$  une valeur extrêmement élevée et presque constante ; ces essais se rapportent à un béton accusant une résistance au cube de  $146 \text{ kg/cm}^2$ , de sorte que pour le béton considéré, on obtient une loi de déformation, qui se traduit par la relation suivante :

$$\sigma_{bt} = 146 \left( 1 - e^{-2090 \varepsilon} \right)$$

Le tableau 1 met en évidence la précision que l'on peut attendre de cette relation.

Le tableau 2 donne des valeurs de  $a$  déterminées sur la base d'autres essais. Ces valeurs sont portées sur une figure et donnent une courbe, qui traduit la relation entre le coefficient  $a$  et la résistance du cube de béton.

### Summary.

It has been shown that it is possible to find, in a manner well in accordance with law, the change of shape in the concrete depending on its compression strength up to the neighbourhood of the crushing load, if the variation in the index  $a$  in the well-known law of change of shape drawn up by W. Ritter,

$$\sigma_{bt} = \sigma_w \left( 1 - e^{-a \varepsilon} \right)$$

can be clearly determined. Putting this equation in another form we have

$$a = \frac{1}{\varepsilon} \log \text{nat} \frac{\sigma_w}{\sigma_w - \sigma_{bt}}$$

In order to show within what limits  $a$  may vary, the measurements of « upsetting » made on various concrete prisms were calculated from. For the measurements of « upsetting » given in n° 227 of the « Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, Zusammenstellung 3, » which hold for concrete with a cubic strength of  $146 \text{ kg/cm}^2$ , the nearly constant and surprisingly high value of  $a = 2090$  was found, so that, for the concrete used, the relation

$$\sigma_{bt} = 146 \left( 1 - e^{-2090 \varepsilon} \right)$$

was determined as the law of change of shape. The accuracy of the deduction is seen from Table 1.

Table 2 contains the values of  $a$  determined from the results of further tests. They are shown plotted in a figure and are connected by a curve. From this the dependence of the index  $a$  on the cubic strength of the concrete is given.

Dr.-Ing. V. MIHAILICH,

Professor an der Technischen Hochschule Budapest.

Dank der finanziellen Unterstützung der Wissenschaftlichen Gesellschaft « Széchenyi » konnten im Laboratorium für Eisenbetonbau an der Technischen Hochschule in Budapest im Schuljahr 1931-32 Versuche mit einer grossen

Anzahl stahlbewehrter Balken von T-förmigem Querschnitt durchgeführt werden. Durch diese Versuche sollte das Verhalten der stahlbewehrten Balken

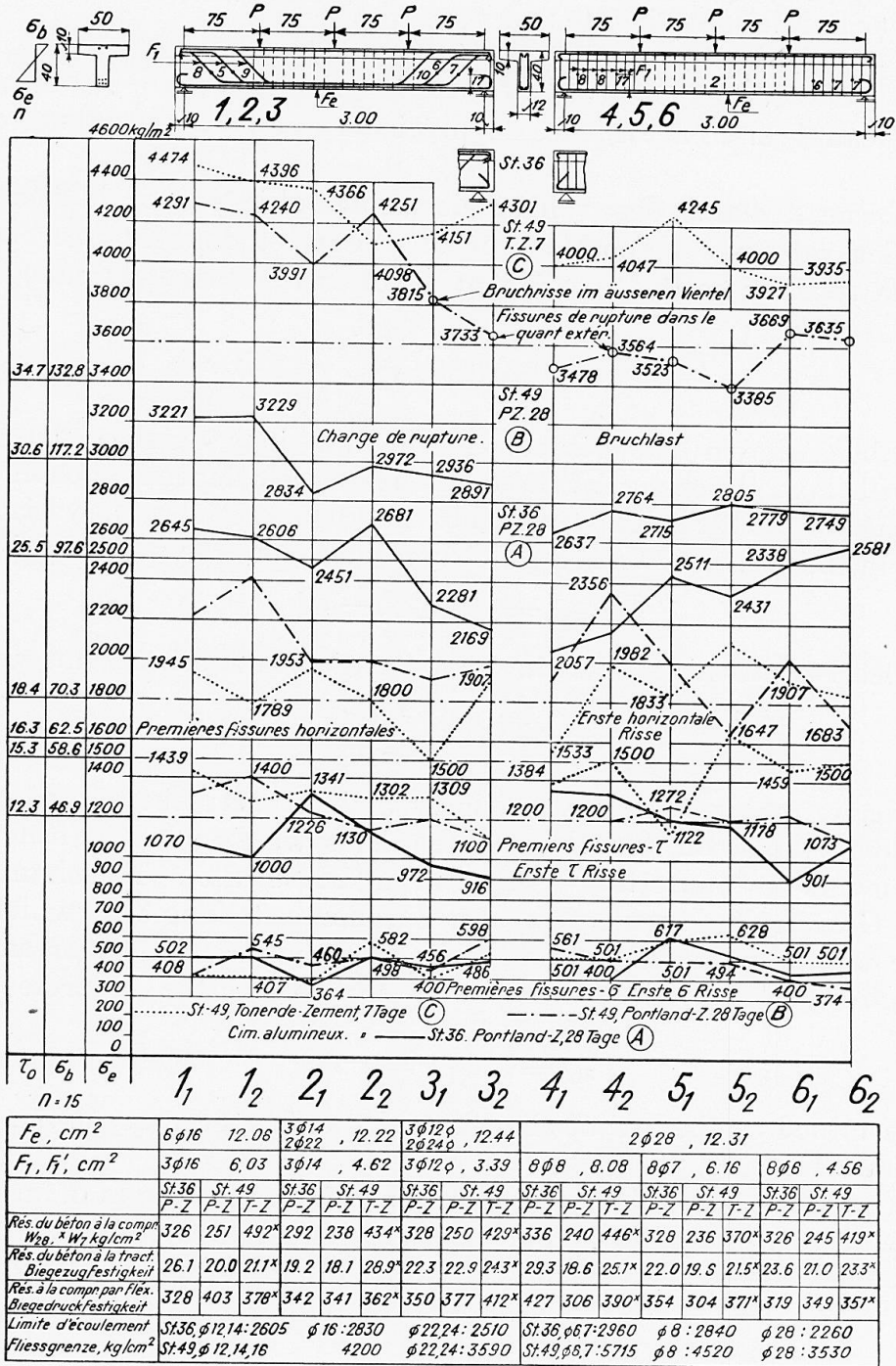


Fig. 1 a.

Fig. 1 a et 1 b. — Bruchrisse im äusseren Viertel = Rupture cracks in outer quarter.

Bruchlast = Breaking load.

Erste horizontale Risse = First horizontal cracks.

Erste Risse = First Cracks.

Tonerde-Zement 7 Tage = Aluminous cement 7 days.

Würfel Festigkeit = Compression strength of concrete.

Biegezugfestigkeit = Bending tensile strength of concrete.

Biegedruckfestigkeit = Bending compression strength of concrete.

Flie遟grenze = Yield point.

bezügl. der Tragfähigkeit und des Zeitpunktes des Auftretens, des Masses und des Charakters der Risse gegenüber jenem der Balken mit Flusseisenbewehrung geprüft werden.

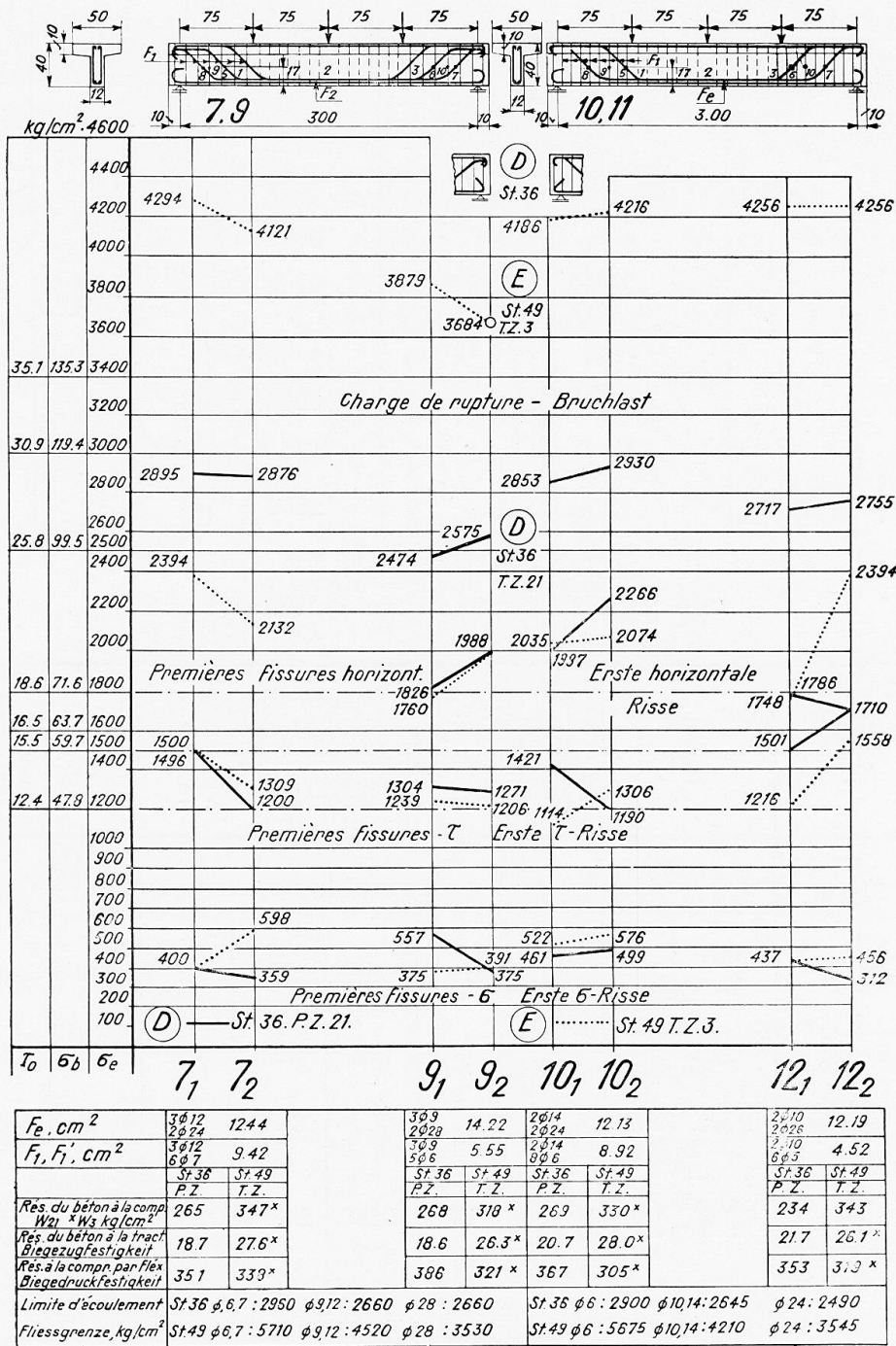


Fig. 1 b.  
(Même légende que fig. 1 a page précédente).

Ausserdem hatten die Versuche den Zweck, durch direkte Spannungsmessungen an den aufgebogenen Eisen und an den Bügeln, die Frage zu klären, ob die in üblicher Weise berechnete Schubbewehrung vermindert werden könnte.

Balken	$\sigma_e$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_b$ kg/cm <sup>2</sup>	$\tau_o$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_e^s$ kg/cm <sup>2</sup>	F <sub>1</sub>	
					Bügel	Schrägeisen
1	1200	46.2	12.1	1277	—	1
2	»			1663	—	0.766
3	»			2252	—	0.562
4	»	46.9	12.3	1387	1	—
5	»			1817	0.766	—
6	»			2456	0.562	—
7	»	47.5	12.4	1191		1
9	»			2009		0.587
10	»	46.9	12.1	1244		1
12	»			2362		0.515

Fig. 2.

Balken = Beam.

Etrier = Bügel = Stirrup.

Barre recourbée = Schrägeisen = Inclined bars.

Serie.	Eisen	Beton	Sand (5 mm)	Schotter (3-25)	Sandteile < 1 mm Gewicht %	Zementfestigkeit kg/cm <sup>2</sup>		Wasser-Zementfaktor	Würfelfestigkeit kg/cm <sup>2</sup>	Biegezugfestigkeit kg/cm <sup>2</sup>	Biegedruckfestigkeit kg/cm <sup>2</sup>
						Druck	Zug				
A	St. 36	Port. Zem 28 Tage.	1 : 1.5	43	43	584	299	0.65	323	23.7	353
B	St. 49	Port. Zem 28 Tage.	1 : 1.1	43	43	584	299	0.69	243	20.0	347
C	St. 49	Tonerde Zem 7 Tage.	1 : 1.1	43	43	606	315	0.71	431	24.0	377
D	St. 36	Port. Zem 21 Tage.	1 : 1.1	43	43	444	274	0.69	259	19.8	364
E	St. 49	Tonerde Zem 3 Tage.	1 : 1.1	43	43	526*	27.6*	0.71	335	27.0	321

Fig. 3.

Acier = Eisen = Steel.

Béton = Beton = Concrete.

Ciment alumineux = Tonerde-Zement = Aluminous cement.

Ballast = Schotter = Rubble.

Poids = Gewicht = Weight.

Résistance du ciment = Zementfestigkeit = Strength of cement.

Compression = Druck = Compression.

Traction = Zug = Tensile

Rapport eau/ciment = Wasser-Zementfaktor = Water cement factor.

Résistance à la compression = Würfelfestigkeit = Strength of cube.

Résistance du béton à la traction par flexion = Biegezugfestigkeit = Bending tensile strength.

Résistance du béton à la compression par flexion = Biegedruckfestigkeit = Bending compression strength.

Die Aussendimensionen aller Balken sind einander gleich. Der Querschnitt der gezogenen Eiseneinlagen ist in der Balkenmitte bei allen Balken fast der Gleiche. Die Daten für alle Balken enthält Fig. 1<sub>a</sub> u. Fig. 1<sub>b</sub>. Auf Grund der Schubbewehrung in den äusseren Vierteln der Balken sind aber vier Gruppen zu unterscheiden. In diesen aus 3-3 Balken gebildeten Gruppen ist die Schubbewehrung eine derartige, dass der Querschnitt der Schubeiseneinlagen stufenweise abnimmt. Fig. 2.

Tension de rupture = Bruchfestigkeit = Breaking strength  $\sigma_c$  kg/cm<sup>2</sup>.

Serie	Acier Eisen Steel	Poutre. Balken. Beam.									
		1	2	3	4	5	6	7	9	10	12
A	St. 36. P.Z. 28	3225	2903	2914	2700	2760	2764				
		1	1	1	1	1	1				
B	St. 49. P.Z. 28	4265	4121	3774*	3527*	3454*	3652*				
		1.322	1.420	1.294	1.306	1.251	1.321				
		1.345			1.293						
C	St. 49. T.Z. 7	4435	4232	4226	4024	4123	3931				
		1.375	1.458	1.450	1.490	1.494	1.422				
		1.428			1.468						
D	St. 36. P.Z. 21							2885	2525	2892	2736
								1	1	1	1
E	St. 49. T.Z. 3							4208	3782*	4201	4256
								1.459	1.498	1.453	1.556
								1.479		1.504	

Fig. 4.

Fünf Arten von Beton kamen zur Anwendung, so dass sich fünf Serien A, B, C, D, E unterscheiden lassen, wie dies Fig. 3. zeigt.

Alle Betonarten enthalten 270 kg Zement für den m<sup>3</sup> fertigen Beton. Die Dehnungen der Eisen wurden in der Balkenmitte und in den Vierteln, wie auch an den Schrägeisen und Bügeln mittels Tensometer-Huggenberger gemessen. Ausserdem wurden noch die Betonverkürzungen an der oberen und unteren Seite der Platte, an vier Stellen des mittleren Balkenquerschnittes gemessen. Mittels Messuhren wurden die Durchbiegungen in den Lastenebenen gemessen.

Die Resultate der an 52 Plattenbalken vollzogenen Versuche können folgendermassen zusammengefasst werden :

1) Die Tragfähigkeit der Balken ist bei Ueberschreitung der Fliessgrenze

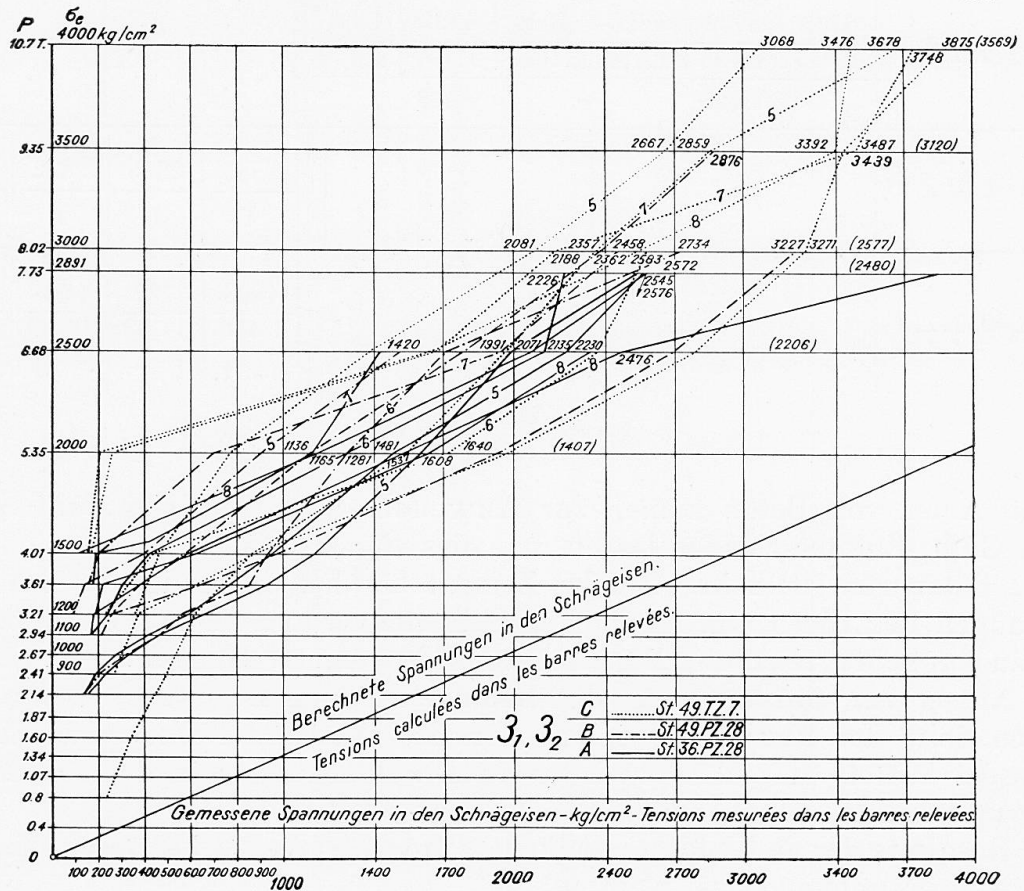
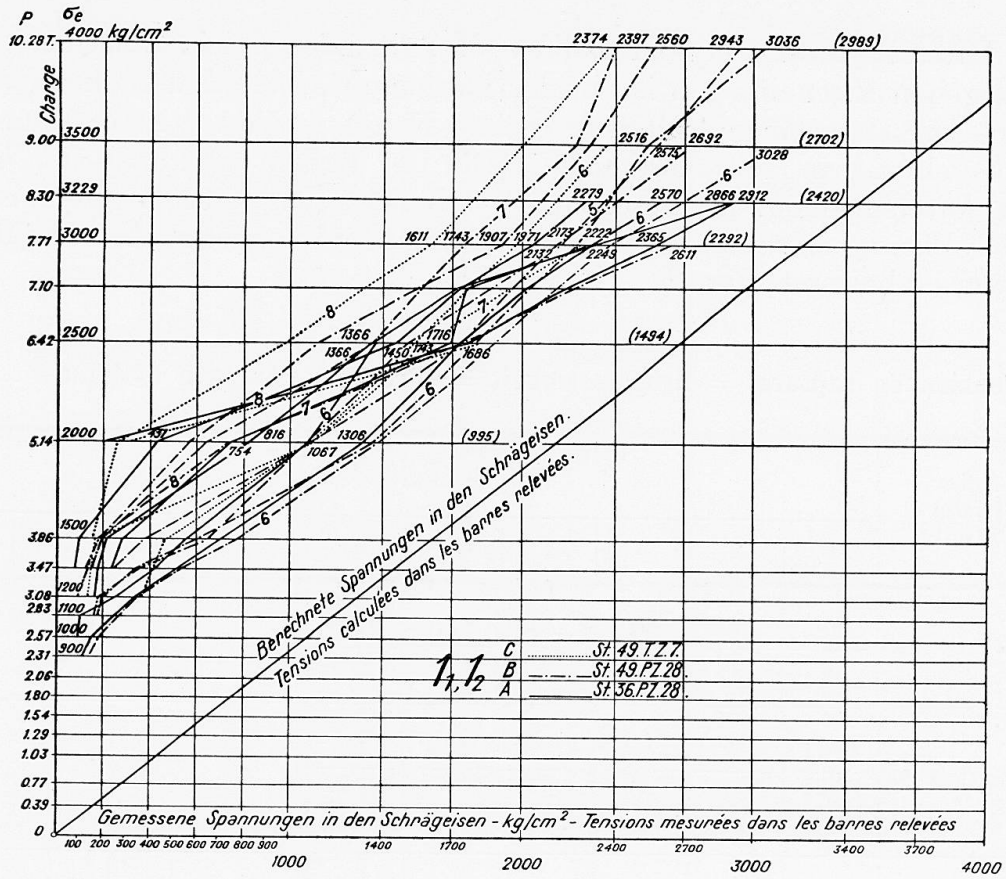


Fig. 5 et 6.

Berechnete (gemessene) Spannungen in den Schrägeisen  
= Calculated (measured) stresses in the inclined bars.

der Eiseneinlagen an der Stelle des grössten Momentes erschöpft. Ausnahmen bilden nur die Balken 4, 5, 6 der Serie B (St. 49, P. Z. 28), bei denen das Ende

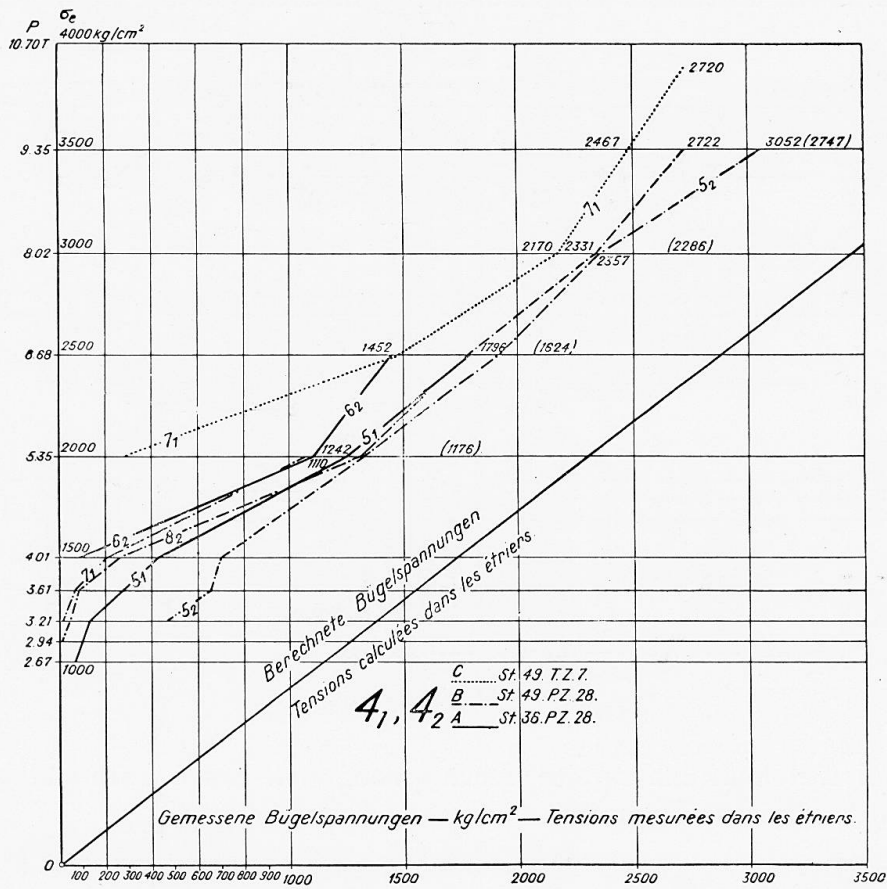


Fig. 7.

Berechnete (gemessene) Bügelspannungen = Calculated (measured) stresses in the stirrups.

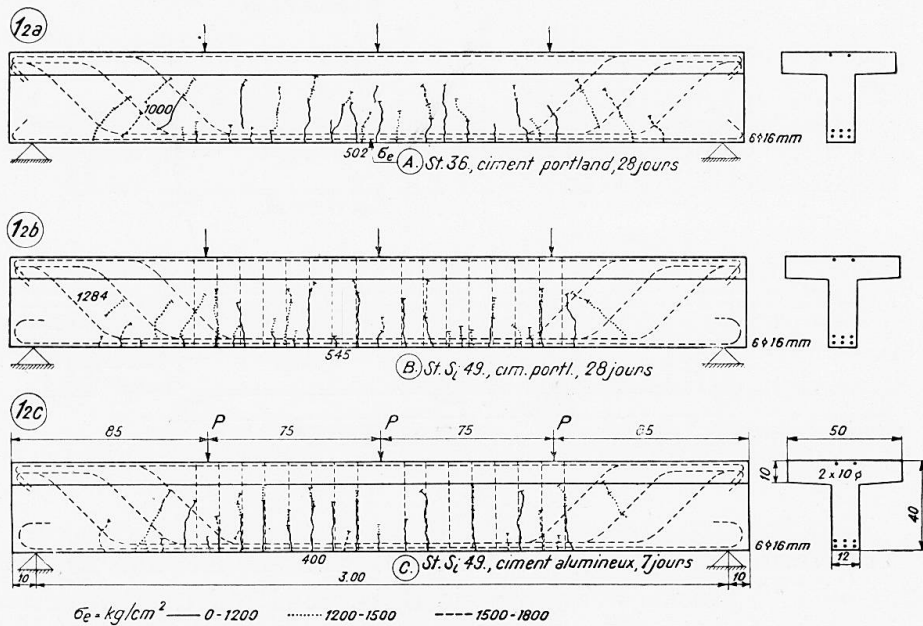


Fig. 8.

Ciment alumineux, 7 jours = Tonerdezement, 7 Tage = Aluminous Cement, 7 days.



des Tragvermögens mit Rissen im äusseren Viertel verbunden war, wobei gleichzeitig wagrechte Risse und solche, die eine starke Beanspruchung der Haken beweisen, auftraten. Eine Ausnahme bildet auch der Balken Nr. 3. der

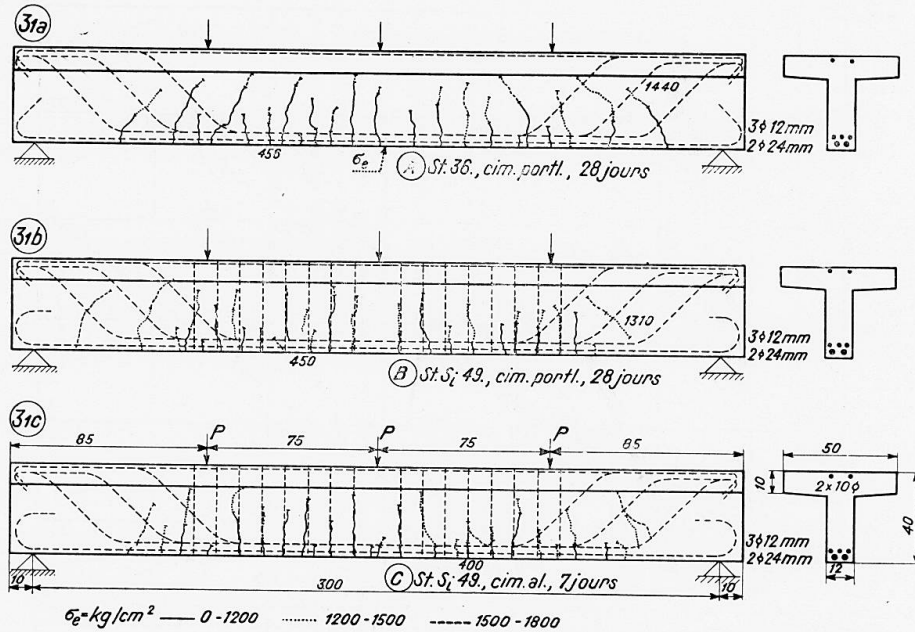


Fig. 9.

Serie B, bei welchem das zweite der aufgebogenen Eisen unmittelbar vor der Aufbiegung zu fließen begann.

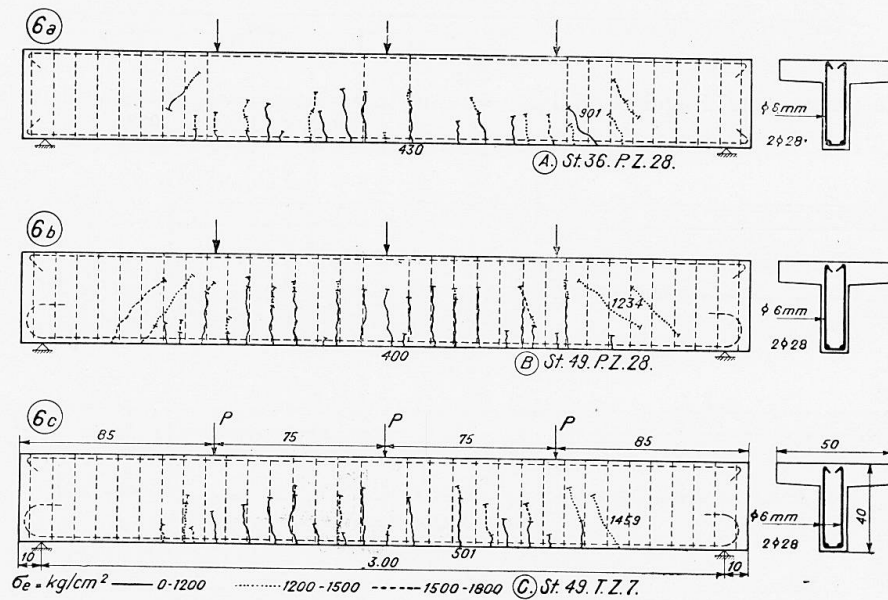


Fig. 10.

2) Das Tragvermögen der stahlbewehrten Balken ist um 29,3-34,5, respektive 42,8-50,4 % grösser bei der Serie B, resp. C und E, als die der Balken mit Flusseisenbewehrung. (Fig. 4.) Diese Zunahme entspricht bei Serie C und E der höheren Fließgrenze des Siliciumstahles. Die Fließgrenze des Silicium-

stahles war nämlich um 43,0-56,2 % grösser als die des Flusseisens (Fig. 1<sub>a</sub>, 1<sub>b</sub>).

Die Würfel Festigkeit des Betons der Serie B (P.-Z.) war im Durchschnitt nur 243 kg/cm<sup>2</sup>, dagegen die der Serie C und E (Tonerde-Z.) 431, resp. 335 kg/cm<sup>2</sup>.

3) Von den Balken mit Stahlbewehrung haben die der Serie C — welche mit dem höhere Festigkeiten aufweisenden Tonerdezement angefertigt waren — und zwar die Balken 1, 2, 3 um 6,15 %, die Balken 4, 5, 6 um 13,6 % höhere Tragfähigkeit ergeben, als die der Serie B aus Portlandzementbeton. Es scheint der Tonerdezementbeton, mit einer grösseren Würfel Festigkeit, eine grössere Haftung am Eisen zu entwickeln.

Zu bemerken ist, dass der Tonerdezementbeton eine kleinere Biegedruckfestigkeit aufweist, als die Würfel Druckfestigkeit (Fig. 3).

4) Die Verminderung des Querschnittes der Schubbewehrung von 43,8-48,5 % beeinflusste nicht das Tragvermögen der Balken. Ausnahme davon bildet der Balken Nr. 3 der Serie B und der Balken 9<sub>2</sub> der Serie E (Fig. 4).

Die an den Schrägeisen und Bügeln vollzogenen Dehnungsmessungen ergaben, dass die Beanspruchungen kleiner sind, als die in üblicher Weise berechneten (Fig. 5, 6, 7).

Das Tragvermögen der Balken Nr. 3 ist in der Serie A um 9,6 %, in der Serie C um 4,7 % kleiner, als die der Balken Nr. 1, aber dies ist in erster Linie der niedrigen Fließgrenze der stärkeren Eisen zuzuschreiben.

5) Die ersten Zugrisse sind bei  $\sigma_e = 342-628$  kg/cm<sup>2</sup> beobachtet worden. Bei  $\sigma_e = 1200$  kg/cm<sup>2</sup> wiesen auch die Balken mit Flusseisen viele Risse auf. Die Risse haben bis  $\sigma_e = 1800$  kg/cm<sup>2</sup> bei stahlbewehrten Balken eine Stärke von Haarrissen (Fig. 8, 9, 10). Bei  $\sigma_e = 3600$  kg/cm<sup>2</sup> hatten diese Risse eine Stärke von beiläufig 0,1 mm. Die bei der Grenze von  $\sigma_e = 1800$  kg/cm<sup>2</sup> beobachteten Risse waren grösstenteils, etwa zweidrittel von ihnen, schon bei  $\sigma_e = 1200$  kg/cm<sup>2</sup> vorhanden, die Risse sind also nach Anzahl und Ausdehnung mit wachsendem Zug des Eisens bis zur Grenze von  $\sigma_e = 1800$  kg/cm<sup>2</sup> nur in geringem Masse gewachsen.

### Traduction.

Grâce à l'assistance matérielle de la Société Scientifique « Széchenyi » on a pu faire procéder par les soins du Laboratoire pour le Béton Armé de l'Université des Sciences Techniques à Budapest, à des essais sur un grand nombre de poutres à section en T, avec armatures en acier doux, et en acier siliceux. Ces essais avaient pour but de faire des comparaisons entre des poutres avec armatures en acier siliceux et d'autres poutres avec armatures en acier doux, essais portant sur leur capacité de charge, sur l'apparition des fissures et sur leur nature, ainsi que sur l'étendue de ces dernières. En outre, grâce à des mesures directes des tensions dans les barres cintrées et dans les étriers, ces essais devaient élucider la question de savoir si la section des armatures de cisaillement, calculée suivant la méthode habituelle, pouvait être réduite.

Les résultats des essais effectués sur 52 poutres sont actuellement à notre

treinte par rapport à la contrainte de traction croissante des aciers (Fig. 8, 9, 10).

### Zusammenfassung.

1) Die stahlbewehrten Plattenbalken stehen solchen mit Flusseiseneinlagen, was die Rissebildung anbelangt, nicht viel nach und haben bei Nutzlast noch eine Stärke von Haarrissen, so dass es auch bei stahlbewehrten Plattenbalken begründet erscheint, die zulässigen Beanspruchungen mit Rücksicht auf die höhere Fließgrenze des Stahles zu erhöhen, vorausgesetzt, dass der Beton eine Mindestdruckfestigkeit von  $335 \text{ kg/cm}^2$  aufweist.

2) Der in der üblichen Weise berechnete Querschnitt der Schubbewehrung liesse sich bei Balken auf zwei Stützen mit Stahlbewehrung um rund ein Drittel vermindern.

### Résumé.

1) En ce qui concerne la sécurité contre les fissures, les poutres à section en T avec armatures en acier siliceux ne sont guère inférieures à celles dont les armatures sont en acier doux. Donc, il semble raisonnable d'augmenter les taux de travail admissibles pour les poutres à section en T avec armatures en acier siliceux, dans la mesure où s'élève la limite d'écoulement, à condition que la résistance à la compression du béton soit de  $335 \text{ kg/cm}^2$  au minimum.

2) La section des armatures de cisaillement, calculée suivant la méthode courante, pourrait être diminuée du tiers environ, en cas des poutres à deux appuis avec armatures en acier siliceux.

### Summary.

1) Rafts with girders reinforced with high-carbon steel bars are not much inferior to those with low-carbon steel bars, as far as cracking is concerned, and at working load they have only hair cracks, so that it seems justifiable also for rafts with girders reinforced with high-carbon steel bars to increase the permissible stresses in accordance with the higher yield point of the high-carbon steel, provided that the concrete has a cube-strength of at least  $335 \text{ kg/cm}^2$ .

2) The cross-section of the shearing reinforcement computed in the usual way, may be reduced by about one-third in beams on two supports and reinforced with high-carbon steel.

E. SUENSON,

Professor, Kopenhagen.

Die plastische Nachwirkung macht sich besonders bei grossen, kreuzbewehrten Platten bemerkbar.

Fig. 1 zeigt eine Platte von 16 cm Dicke mit  $850 \text{ kg/m}^2$  ständiger Last. Die Durchbiegung dieser Platte ist im Laufe von einigen Jahren um ca. 4 cm