

# Planmässige Versuche an Decken aus Stahlträgern mit Eisenbetonplatten

Autor(en): **Blévat, J.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **2 (1936)**

PDF erstellt am: **11.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-2846>

## **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.

## V9

### Planmäßige Versuche an Decken aus Stahlträgern mit Eisenbetonplatten.

### Essais systématiques sur planchers constitués de poutrelles métalliques surmontées de dalles en béton armé.

### Systematic Tests on Floor Systems Comprising Reinforced Concrete Slabs on Steel Girders.

J. Blévoit,

Ingénieur des Arts et Manufactures, Paris.

In der vorliegenden Abhandlung werden kurz die Ergebnisse wiedergegeben, die bei planmäßigen Versuchen erhalten wurden, welche das Bureau Securitas zusammen mit dem Office Technique pour l'Utilisation de l'Acier über die Festigkeit von Decken aus Stahlträgern mit Eisenbetonplatten angestellt hat. Diese Versuche sind in den ersten Monaten des Jahres 1935 in den neuen „Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics“ ausgeführt worden.

Die Wirkungsweise der Decken mit eingehüllten Trägern müßte, wie man von vornherein annehmen möchte, derjenigen von Bauteilen aus Eisenbeton entsprechen, wenn die Verbindung zwischen den Walzprofilen und dem Beton wirksam gewährleistet ist; da aber die auf der Wirkung der Haftfestigkeit beruhenden Vorgänge noch wenig erforscht sind, hielten wir jede theoretische Untersuchung dieser Frage für zu unsicher und nur planmäßige, bis zum Bruch getriebene Versuche für geeignet, nützliche Aufschlüsse zu geben.

Wir haben daher für verschiedene Arten von Decken aus Stahlträgern mit aufbetonierten Eisenbetonplatten festzustellen versucht, inwieweit man darauf rechnen kann, daß die Festigkeit des Betons und des Stahles gleichzeitig in ähnlicher Weise zur Wirkung kommen, wie bei den Bauteilen aus Eisenbeton. Um die einzelnen Festigkeitsfaktoren, die gewöhnlich ins Auge zu fassen sind, getrennt zu untersuchen, haben wir zwei Versuchsreihen an jeder Deckenart ausgeführt: Die erste hatte in erster Linie den Zweck, den Sicherheitskoeffizienten und die Bedingungen für den Widerstand gegen Biegemomente zu bestimmen; die zweite sollte insbesondere der Untersuchung des Einflusses der Querkräfte dienen.

Die Beschreibung der Versuchsdurchführung und die Ergebnisse der Versuche sind in allen Einzelheiten in den Berichten des „Centre d'Etudes Supérieures de l'Institut Technique“ wiedergegeben (Jahrgang 1934/35, 22. Sitzung). Wir fassen sie im Folgenden zusammen:

## I. Arten der untersuchten Decken.

Wir haben die Verhältnisse entsprechend denjenigen gewählt, wie sie bei den Decken der üblichen Wohnungsbauten vorliegen. Die Querschnitte der Versuchskörper sind auf den beigefügten Skizzen wiedergegeben (Fig. 1). Alle Versuchskörper enthalten je zwei Träger: — I NP 10 für die ersten, I NP 12 für die folgenden — die in 0,80 m Abstand angeordnet und von einer 4,5 cm starken Platte überdeckt werden. Die Gesamthöhe ist bei allen Decken dieselbe, nämlich  $h = 14,5$  cm.

Versuchskörper Nr. I weist eine Betonplatte auf, die unmittelbar auf den oberen Flansch der Walzprofile aufbetoniert ist. Wir hielten es für lehrreich, eine solche Decke zu untersuchen, um nach Möglichkeit eine untere Grenze für die Bedingungen festzulegen, unter denen noch ein Zusammenwirken zwischen Beton und Stahl möglich ist. Der Probekörper Nr. V weist Träger NP 12 auf, die nur mit ihrem oberen Teil auf 2 cm in die Betonplatte eingreifen. Alle anderen Proben besitzen Schrägen, welche den Steg der Träger bis zum Ansatz des unteren Flansches umgeben. Bei den Proben IV und VIII sind Rundeisen von 6 mm angebracht, die durch in den Steg gestanzte Löcher greifen, in die Deckenplatte hinaufgeführt und dort umgebogen sind.

Das Material der verwendeten Träger war von der handelsüblichen Sorte

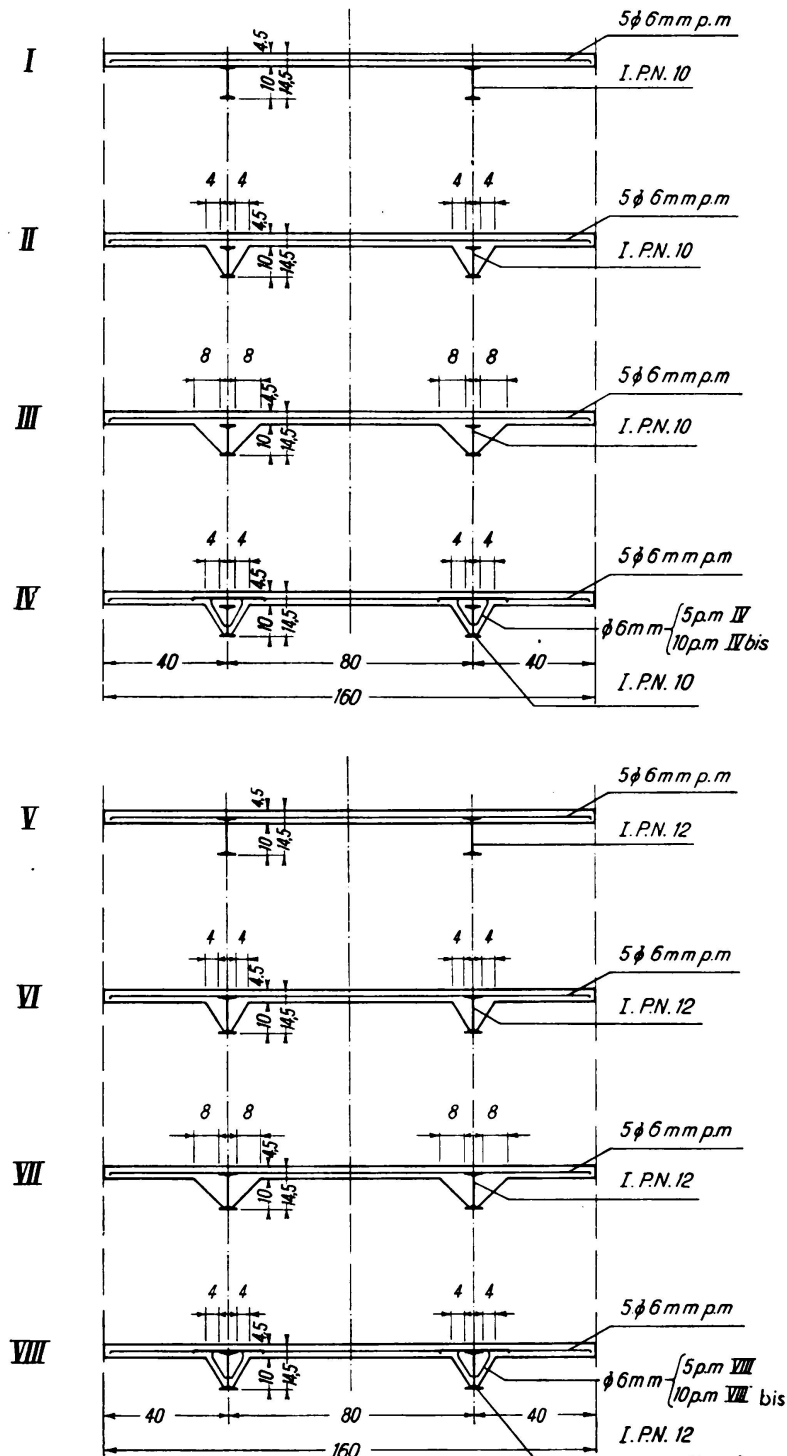


Fig. 1.

Querschnitte der untersuchten Versuchskörper.

(Elastizitätsgrenze etwa  $30 \text{ kg/mm}^2$ , Bruchfestigkeit etwa  $40 \text{ kg/mm}^2$ ). Die Güte des Betons ist durch zahlreiche Probeentnahmen festgestellt worden, welche die Druck- und Zugfestigkeit der verwendeten Mischungen zeigten.

## II. Versuchsanordnungen.

### A. Biegeversuche:

Diese sind an Probekörpern von  $4,00 \text{ m}$  Stützweite vorgenommen worden; die Belastungen wurden entsprechend der beigefügten Skizze (Fig. 2) mit Hilfe

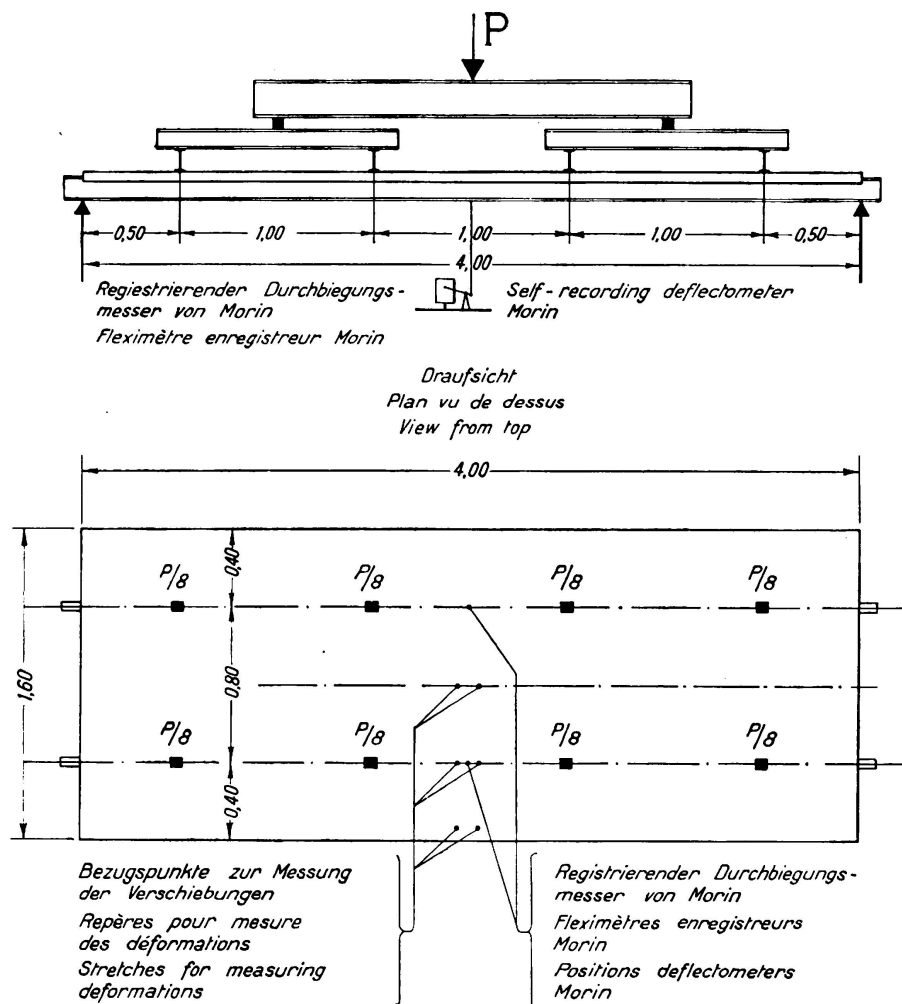


Fig. 2.

Biegeversuch.

eines Belastungshebels aufgebracht, der eigens für derartige Versuche in den Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics ausgebildet worden ist.

Während der Versuche haben wir die elastischen Durchbiegungen mit Hilfe von Schreibgeräten gemessen, die unter den Trägern in Feldmitte angeordnet waren. Wir haben ferner mit Hilfe des Huggenbergerschen Dehnungsmessers die elastischen Verkürzungen des Betons an der Oberseite und die Dehnungen der unteren Flansche der Stahlträger zu ermitteln gesucht.

### B. Schubfestigkeitsversuche.

Diese bezweckten die Ermittlung der Bruchbedingungen für die verschiedenen Versuchstypen, für den Fall, daß in der Nähe der Auflager Einzellasten angreifen. Wir wollten feststellen, ob etwa ein Gleiten des Trägers in seiner Betonhülle infolge Überwindung der Haftfestigkeit oder eine anderweitige Trennung der Platte vom Träger eintritt.

Diese Versuche wurden an Probekörpern von 2,00 m Länge angestellt. Dabei wurden die Einzellasten nacheinander in der Nähe der beiden Enden mit Hilfe der Pressen der kräftigen Belastungsmaschine, die kürzlich in den Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics angefertigt worden ist, angesetzt.

### III. Versuchsergebnisse:

#### A. Biegeversuche:

Die bei den Biegeversuchen an den Probekörpern von 4,00 m Spannweite erzielten Ergebnisse sind in der nachstehenden Tabelle I zusammengefaßt.

Tabelle I.

Nr. des Prüfkörpers	Beton			Bruchmoment in mkg	Grenze des elast. Verhaltens in mkg	Durchbiegung in mm unter P = Gesamtlast			Spannungen unter P = 4 t			
	Alter Tage	Druck kg/cm <sup>2</sup>	Zug kg/cm <sup>2</sup>			2 t	4 t	6 t	σ <sub>b</sub> gerechnet	σ <sub>b</sub> gemessen	σ <sub>e</sub> gerechnet	σ <sub>e</sub> gemessen
									kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/mm <sup>2</sup>	kg/mm <sup>2</sup>
				je Träger								
I	29	270	23	1350	800	15						
II	28	280	23,4	2915	1550	5,05	9,8	16				
III	40	315	26,4	2680	1550	5,4	10,4	16	58,5 50	69 46,5	16,1 16,8	14,3
IV	20	255	20	2340	1550	6,2	12,9	19,5	58,5 50	58,5 39	16,1 16,8	15,8
V	31	325	27	3330	2050	5,2	10,4	15,5	51 42,5	52 34,7	13,3 13,8	11,3
VI	23	280	22,5	3162	2050	4,8	9,6	15,1	51 42,5	52 34,7	13,3 13,8	11,3
VII	23	225	20	2910	2050	4,75	10	15,5	51 42,5	50 33,3	13,3 13,8	11,5
VIII	20	275	18	3020	2050	5	10,2	15,6	51 42,5	52 34,7	13,3 13,8	15

Bei allen untersuchten Bauteilen, mit Ausnahme der Probe Nr. I, war die Verbindung zwischen dem Beton und den Walzträgern bis zum Bruch wirksam gewährleistet. Letzterer erfolgte ganz nach dem bekannten Vorgang beim Bruch von Eisenbetonkörpern auf Grund der Folgen der übermäßigen Zugbeanspruchung des Stahls: Unter dem Einfluß der starken Dehnung des Stahles verlagerte sich die neutrale Faser nach der Oberseite der Betondecke hin, die dabei durch übermäßigen Druck zu Bruch ging.

Probe Nr. I ist die einzige, bei der vor dem Bruch eine Trennung zwischen Platte und Träger festgestellt wurde. Diese Trennung zeigte sich in Trägermitte bei einer Belastung von  $P = 1000$  kg. Bei allen anderen Probekörpern ist die

Zusammenarbeit von Stahl und Betonplatte bis zum Bruch unter denselben Bedingungen wirksam gewesen, wie bei den Decken aus Eisenbeton mit Rundeiseneinlagen:

Für die nach den üblichen Rechenverfahren mit  $n = 10$  und einer zulässigen Höchstspannung von  $12 \text{ kg/mm}^2$  ermittelten zulässigen Momente liegt die Bruchsicherheit zwischen 3,15 und 3,9.

Die Prüfung der während der Versuche von den Biegunsmessern aufgezeichneten Diagramme ermöglichte es, die Grenzen des elastischen Verhaltens der verschiedenen Deckenarten unter bestimmten Belastungsanordnungen festzulegen. Die hierbei ermittelten Kräftepaare entsprechen einer nach den üblichen Verfahren errechneten Beanspruchung des Stahles in der Größenordnung von  $27 \text{ kg/mm}^2$ , also einer Beanspruchung, die nahe der Elastizitätsgrenze des Stahles liegt.

Die Messung der Verkürzungen an der Oberseite der Betonplatte und der Dehnungen des unteren Flansches der Stahlträger hat es uns ermöglicht, unter Zugrundelegung eines Elastizitätsmoduls von  $22 \times 10^3 \text{ kg/mm}^2$  die Beanspruchung des Stahles zu bestimmen und daraus die Beanspruchung des Betons abzuleiten, indem nacheinander  $n = 10$  und  $n = 15$  angenommen wurde. Wir haben ferner für verschiedene Belastungen die Beanspruchungen des Betons und des Stahles berechnet, wobei wiederum für  $n$  nacheinander die Werte 10 und 15 angenommen wurden. Die dabei erhaltenen Ergebnisse sind in den letzten Spalten der obigen Tafel zusammengefaßt; sie zeigen eine befriedigende Übereinstimmung der aus den Formänderungen berechneten und der unmittelbar unter Zugrundelegung von  $n = 10$  ermittelten Beanspruchungen. Diese Übereinstimmung ist mindestens ebenso gut, wie in dem Fall von Eisenbetonkörpern mit Rundeiseneinlagen. Die üblichen Rechenverfahren für gewöhnliche Eisenbetontragwerke können also auch auf die Berechnung der Decken mit einbetonierten Trägern angewendet werden.

### B. Widerstand gegen Schubkräfte.

Die bei den Versuchen erhaltenen Ergebnisse sind in der Tabelle II zusammengestellt.

Bei Versuch Nr. I erfolgte eine Trennung der Platte vom Träger bei einer Belastung in der Größenordnung von 4 t, jedoch konnten wir kein Längsgleiten in der Nähe des Auflagers beobachten; es scheint also, daß zur Erhöhung der Sicherheit derartiger Systeme Maßnahmen, die lediglich zur Verhinderung des Gleitens bestimmt sind, wie die Verwendung von auf den oberen Flansch aufgeschweißten Flacheisen, weniger wirksam sind als solche, welche eine Verankerung des Trägers an der Betonplatte ermöglichen, und zwar entweder mit Rundeisen, die durch in den Steg gestanzte Löcher greifen, oder mit Windungen, die auf den oberen Flansch der Träger geschweißt sind.

Bei allen anderen Versuchen wurde der Bruch nach dem Auftreten von Zugrissen im Beton dadurch herbeigeführt, daß der Stahl sich stark dehnte und infolgedessen der Beton übermäßige Druckbeanspruchungen erlitt. Das Ablösen an Trägerenden ist nur beim Bruch infolge sehr bedeutender Formänderungen

aufgetreten. Die Bruchschubkraft liegt mindestens in der Größenordnung von 7 t bei den Versuchskörpern mit Trägern NP 10 und von 9 t bei den Versuchskörpern mit Trägern NP 12.

Tabelle II.

Nr. des Prüfkörpers	Beton			Bruchschub- kraft in kg	Entsprechendes Biegemoment in mkg
	Alter Tage	Druck kg/cm <sup>2</sup>	Zug kg/cm <sup>2</sup>		
I	29	340	27	4 675	1170
II	28	340	27	8 450	2175
III	40	305	24	8 300	2080
				6 900	2080
IV	23	260	19,4	8 300	2080
				7 900	2350
IV bis	20	225	20	8 050	2160
				8 800	2640
V	30	340	27	10 500	2620
				9 000	2700
VI	34	275	26	9 650	2420
				8 600	2580
VII	30	230	19	10 300	2570
				11 900	3570
VIII	20	280	20	12 500	3120
				12 800	3850
VIII bis	20	225	20	12 600	3150
				13 200	3950

### C. Verteilung der Druckspannungen in der Platte.

Wir haben die Durchführung dieser Versuche dazu benutzt, zu ermitteln, in welcher Weise sich die Druckspannungen in der Platte verteilen. Die meisten derzeitigen amtlichen Vorschriften bestimmen wohl, welche Maße für die Breite des Druckbereichs in Trägermitte anzunehmen sind, geben aber keine genaue Regel für den Fall, daß die Höchstmomente, hervorgerufen durch große Einzelasten, in Querschnitten nahe den Auflagern auftreten.

Wir haben in erster Linie festgestellt, daß bei den 4 m langen Versuchskörpern die an der Oberseite der Platte in Trägermitte gemessenen Verkürzungen (Fig. 2) auf die ganze Breite der Platte gleich groß waren. Die Druckspannungen sind also durchaus gleichförmig verteilt.

Bei Anbringung von Formänderungsmessern in der Nähe der Auflager haben wir über den Trägern größere Verkürzungen als an den Rändern festgestellt. Unsere Messungen — deren Beschreibung hier im einzelnen zu weit führen würde — haben gezeigt, daß man die folgende einfache Regel anwenden kann: Wenn man durch zwei Geraden, die mit der Richtung der Träger Winkel von 30 bis 35° bilden, gedankemäßig die Breite der Drucktafel abgrenzt, so ergeben sich die für die einzelnen Querschnitte nach den üblichen Methoden berechneten Druckspannungen, wenig verschieden von den über dem Träger gemessenen Höchstbeanspruchungen.

### Schlußfolgerungen.

Zusammenfassend ergibt sich aus den angestellten Versuchen, daß bei den geprüften Decken — mit Ausnahme des Versuches I — die Normalspannungen nach den für die Eisenbetondecken gewöhnlich angewendeten Verfahren berechnet werden können. Die Übereinstimmung zwischen den so berechneten Beanspruchungen und den wahren Beanspruchungen ist mindestens ebenso befriedigend wie bei den Bauteilen aus Eisenbeton. Diese Verfahren führen zu einem Sicherheitskoeffizienten von der Größenordnung 3,5.

Bezüglich der tangentialen Spannungen haben die Versuche gezeigt, daß bei den untersuchten Querschnitten — mit Ausnahme von I — die Tragfähigkeit praktisch nicht durch die Größe dieser Haftspannungen, sondern durch die Höhe der Normalspannungen begrenzt ist.

Es ist zu bemerken, daß diese Ergebnisse mit gutem Beton erzielt worden sind. Wenn man die Widerstandsfähigkeit des Betons ausnutzen will, muß dieser Werkstoff so sorgfältig verarbeitet werden, daß man mit voller Gewißheit auf eine hohe Festigkeit rechnen kann, genau wie bei der Ausführung der Arbeiten in Eisenbeton.

Die vorstehenden Folgerungen halten wir nur dann für zutreffend, wenn die Querschnitte denen der Versuchskörper gleichen, bei denen insbesondere die neutrale Achse der Unterseite der Platte einerseits und dem oberen Flansch des Trägers andererseits nahe liegt. Wir beabsichtigen, diese Ergebnisse durch Versuche zu vervollständigen, die wir nächstens an Querschnitten anstellen werden, die von den vorstehenden verschieden sind.