Modelluntersuchungen schiefer Durchlaufplattenbrücken auf Einzelstützen

Autor(en): **Düsterhöft, Heinz**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **23 (1963)**

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-19397

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

Modelluntersuchungen schiefer Durchlaufplattenbrücken auf Einzelstützen[1])

Investigations on Models of Continuous-Slab Skew Bridges on Single Supports

Etude sur modèles réduits de ponts biais à tablier continu reposant sur des appuis isolés

HEINZ DÜSTERHÖFT
Dipl.-Ing., Dresden

Um die Schnittkräfte an schiefen Brückentragwerken mit erträglichem Aufwand an Kosten und Zeit genügend genau beschreiben zu können, werden immer häufiger naturgetreue oder idealisierte Nachbildungen der statischen Systeme solcher Bauwerke zu modellstatischen Untersuchungen verwendet. Der heutige Entwicklungsstand in der Meßtechnik, besonders beim elektronischen Messen mechanischer Größen, gibt dem Bauingenieur dabei die Möglichkeit, sehr kleine Verformungen an Modellen mäßiger Größe zuverlässig und schnell beobachten, registrieren oder speichern zu können.

Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag zur meßtechnischen Lösung von Aufgaben an idealisierten dünnen Plattenmodellen leisten, die mit induktiven Wegaufnehmern in Verbindung mit jeweils einer Meßbrücke zur Kompensation von Anfangszuständen und einem elektronischen Meßverstärker untersucht werden. Es werden die Grundlagen der Krümmungsmessung an schief geschnittenen freien Rändern einschließlich der unmittelbaren meßtechnischen Darstellung von Biegemomenten- und Drillmomenteneinflußfeldern an diesen Rändern erläutert. Sodann wird auf der gleichen Grundlage die unmittelbare Darstellung der Querkräfte und Querkrafteinflußfelder gezeigt. Schließlich wird eine Meßstütze beschrieben, mit deren Hilfe die Stützkräfte und Stützkrafteinflußfelder der Platten sowohl bei elastischer Abstützung einzelner Plattenpunkte als auch bei unnachgiebiger Lagerung meßtechnisch direkt angegeben werden können. Durch Beispiele werden die Ergebnisse bestätigt.

---

[1]) Aus den Arbeiten des Lehrstuhles für Stahlbeton, Spannbeton und Massivbrücken (Prof. Dipl.-Ing. G. Brendel) an der Technischen Universität Dresden.

Biege- und Drillmomente an den freien Rändern

Nach der klassischen Plattentheorie haben die Biege- und Drillmomente folgende Ausdrücke:

$$m_x = -K(w_{xx} + \mu w_{yy}), \tag{1}$$

$$m_y = -K(w_{yy} + \mu w_{xx}), \tag{2}$$

$$m_{xy} = -(1-\mu) K w_{xy} = -\frac{1-\mu}{2} K (w_{uu} - w_{\perp u \perp u}). \tag{3}$$

Das Koordinatensystem $u, \perp u$ ist gegenüber x, y um 45° gedreht.

$$K = \frac{E d^3}{12(1-\mu^2)}, \tag{4}$$

E = Elastizitätsmodul der Platte,
d = Plattendicke,
μ = Querdehnzahl.

Ausgehend von der unverformten Plattenmittelfläche gilt für die Krümmung in x-Richtung der Differenzenausdruck

$$w_{xx} = \frac{w_{n-1} - 2 w_n + w_{n+1}}{\lambda_x^2}, \tag{5}$$

wenn λ_x der Gitterabstand ist (Fig. 1). Analog können auch die Krümmungen in den Richtungen y, u und $\perp u$ durch Vertauschen der Indizes angeschrieben werden. Modellstatische Untersuchungen gehen praktischerweise von der verformten Plattenmittelfläche aus, d. h. die Durchbiegungen werden von einer Basis aus bestimmt, die sich jeweils annähernd parallel zur Tangente des zu untersuchenden Plattenpunktes befindet. Legt man nun in n den Ursprung einer quadratischen Parabel, die auch durch die Plattenpunkte $n-1$ und $n+1$ geht, so erhält man für die Krümmung die aus der Literatur [1], [2], [3] u. a. bekannte Beziehung

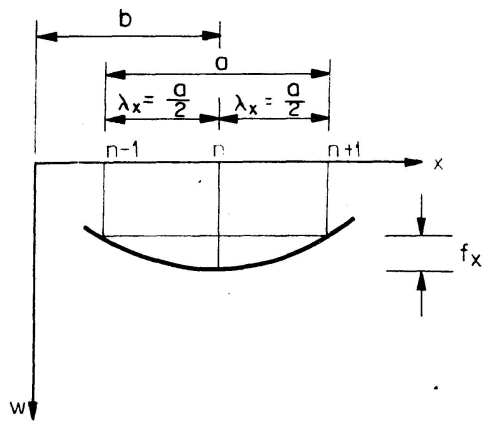

Fig. 1.

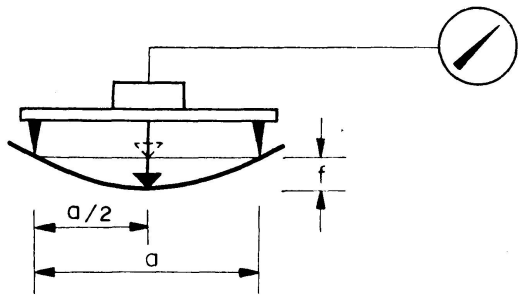

Fig. 2.

$$w_{xx} = -\frac{8 f_x}{a^2}. \tag{6}$$

Darin ist

$$f_x = 2(w_n - w_{n-1})$$

der Biegepfeil über der Meßbasis

$$a = 2\lambda_x,$$

wenn $w_{n+1} = w_{n-1}$ gesetzt wird. Die Meßanordnung zeigt Fig. 2 ohne Meßrichtungszeiger. Eine andere Meßanordnung, mit der die Meßwertanzeige in umgekehrter Meßrichtung auf etwa das Doppelte vergrößert werden kann [4], [5], ist in Fig. 3 dargestellt. Der dabei auftretende Fehler ist vernachlässigbar

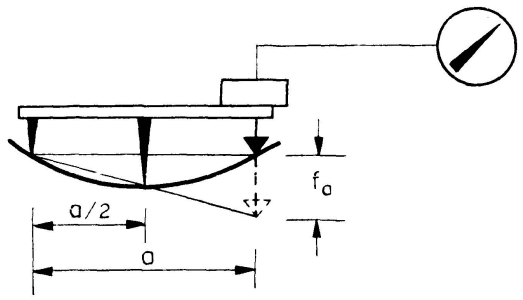

Fig. 3.

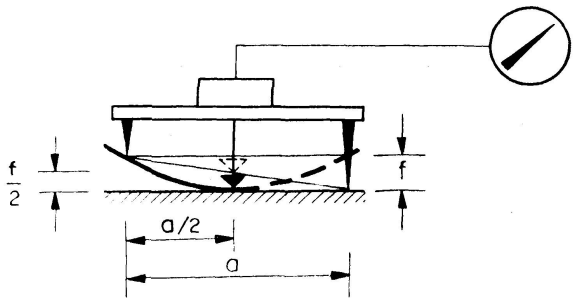

Fig. 4.

klein. Die Krümmung in x-Richtung lautet daher mit dem äußeren Biegepfeil f_{ax}

$$w_{xx} = \frac{4 f_{ax}}{a^2}. \tag{7}$$

Die experimentelle Bestimmung der Krümmungen an den schiefen Rändern ist nun auf sehr einfache Weise lösbar. Man denkt sich die Biegefläche über den Randpunkt hinaus polarsymmetrisch zu ihrer Normalen fortgesetzt. Die auf die im Randpunkt konstruierte Tangentialebene bezogenen Durchbiegungen der Biegefläche sind dann ebenfalls polarsymmetrisch zu diesem. Wie an jedem anderen Plattenpunkt, sind die Krümmungsmesser nach Fig. 2 und Fig. 3 auch an Randpunkten mit ankonstruierter Tangentialebene zu verwenden. Sie registrieren nur jeweils Meßwerte der halben Größe (Fig. 4 und 5). Eine Variation zu Fig. 5 ist auch die direkte Befestigung des Krümmungsmessers am Randpunkt (Fig. 6). Die Genauigkeit der Messungen hängt ab von der Größe der Meßbasis im Verhältnis zur Krümmung und vom Krümmungsverlauf der Biegefläche. An Wendepunkten sind die Fehler am größten. Dafür sind an diesen Stellen die absoluten Meßwerte sehr klein, so daß die Fehler keine Bedeutung haben. In Bereichen der Krümmungsmaxima hingegen kommt die getroffene Annahme der Wirklichkeit sehr nahe.

In Fig. 7 und Fig. 8 sind konstruktive Lösungen für das Anklemmen einer

Tangentialebene bzw. eines Meßwertaufnehmers angegeben. Bei kreisrunder Klemmfläche läßt sich der durch das Klemmen entstehende abmindernde Einspannungsgrad

$$e = \frac{f \parallel \text{ mit Tangentialebene}}{f \parallel \text{ ohne Tangentialebene}} \tag{8}$$

parallel zum Rande bestimmen und für alle anderen Meßrichtungen verwenden.

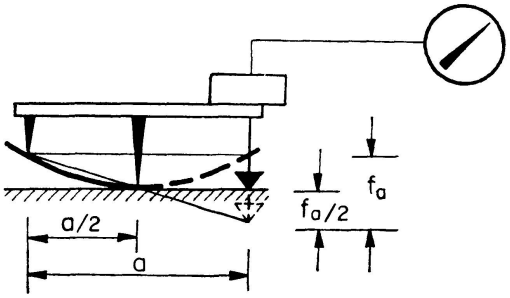

Fig. 5.

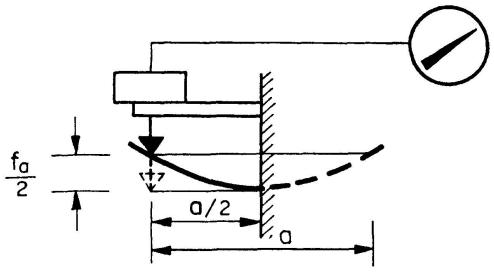

Fig. 6.

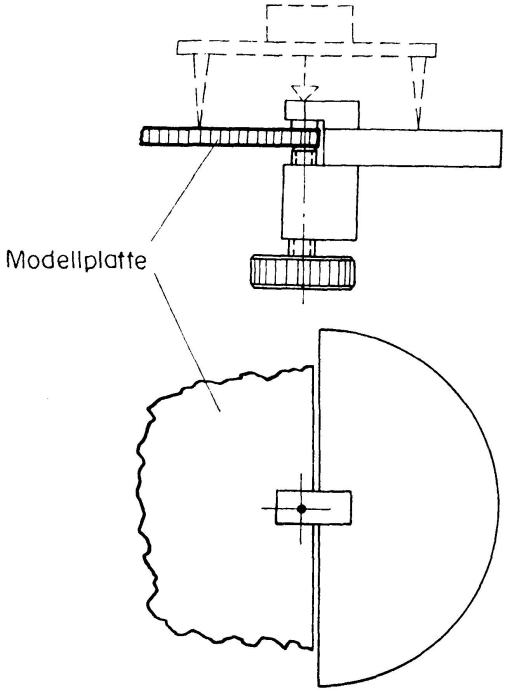

Fig. 7.

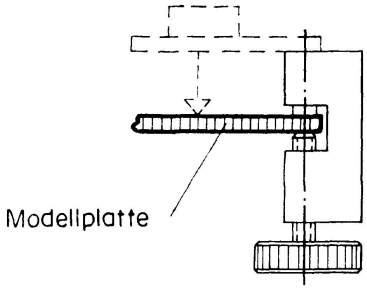

Fig. 8.

Statt der Krümmungsmesser lassen sich in gleicher Weise Biege- und Drillmomentenmesser [4], [5] zur unmittelbaren Darstellung von Momenten und Momenteneinflußfeldern an Randpunkten anbringen. Fig. 9 stellt eine an ein Aluminiummodell angeklemmte Tangentialebene mit angesetztem Biegemomentenmesser dar, während Fig. 10 denselben am Rande des Modells befestigt zeigt. Wird ein Biegemomentenmesser mit einer langen Meßbasis (a) und einer kurzen ($\sqrt{\mu}\, a$) verwendet, so ist dabei zu beachten, daß die kurze Meßbasis um den Betrag

$$a'' = a\,(1 - \sqrt{\mu})\,(1 - \sqrt{e}) \tag{9}$$

vergrößert werden muß. Setzt man (6) für die x-Richtung und analog für die y-Richtung durch Vertauschen der Indizes in (1) ein, so erhält man mit (8)

$$m_x = \frac{K_b}{e} f_{bx}, \tag{10}$$

worin

$$K_b = -K \frac{8}{a^2}$$

und

$$f_{bx} = f_x + \mu f_y$$

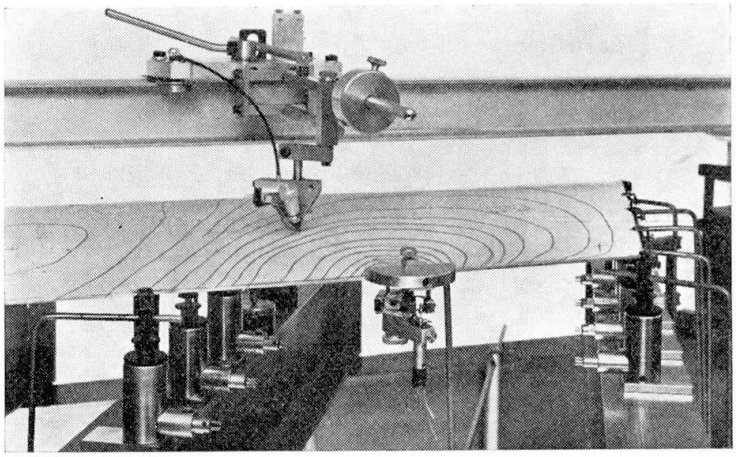

Fig. 9.

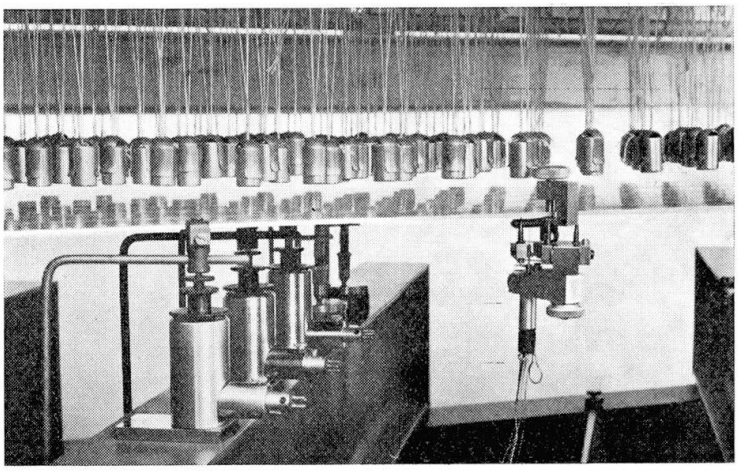

Fig. 10.

bedeuten. Ebenso erhält man mit (2) und (6) nach Vertauschen der Indizes in (6)

$$m_y = \frac{K_b}{e} f_{by} \tag{11}$$

mit

$$f_{by} = f_y + \mu f_x$$

und mit (3) und (6) nach Vertauschen der Indizes in (6)

$$m_{xy} = \frac{K_d}{2\,e} f_d \tag{12}$$

mit $$K_d = -(1-\mu)\,K\frac{8}{a^2}$$

und $$f_d = f_u - f_{\perp u}.$$

Nach der Meßanordnung nach Fig. 3 ist neben (8) anstelle der Gl. (6) die Gl. (7) nach entsprechender Vertauschung der Indizes in die Gl. (1), (2) und (3) einzusetzen.

Ein Einflußfeld für m_x in der Mitte des freien Randes einer 60° schiefen Zweifeldplatte auf 3×5 Einzelstützen ist in Fig. 15 dargestellt. Bezeichnend für den Differenzencharakter des Meßgitters ist die Lage des Maximalwertes neben dem Meßpunkt. Für den Fall, daß a_x gegen Null geht, fällt das Maximum mit dem Aufpunkt zusammen, wie es die strenge Lösung verlangt. In Fig. 18 sind die Hauptmomente einer 30° schiefen Zweifeldplatte auf 3×3 Einzelstützen unter gleichmäßig verteilter Belastung angegeben.

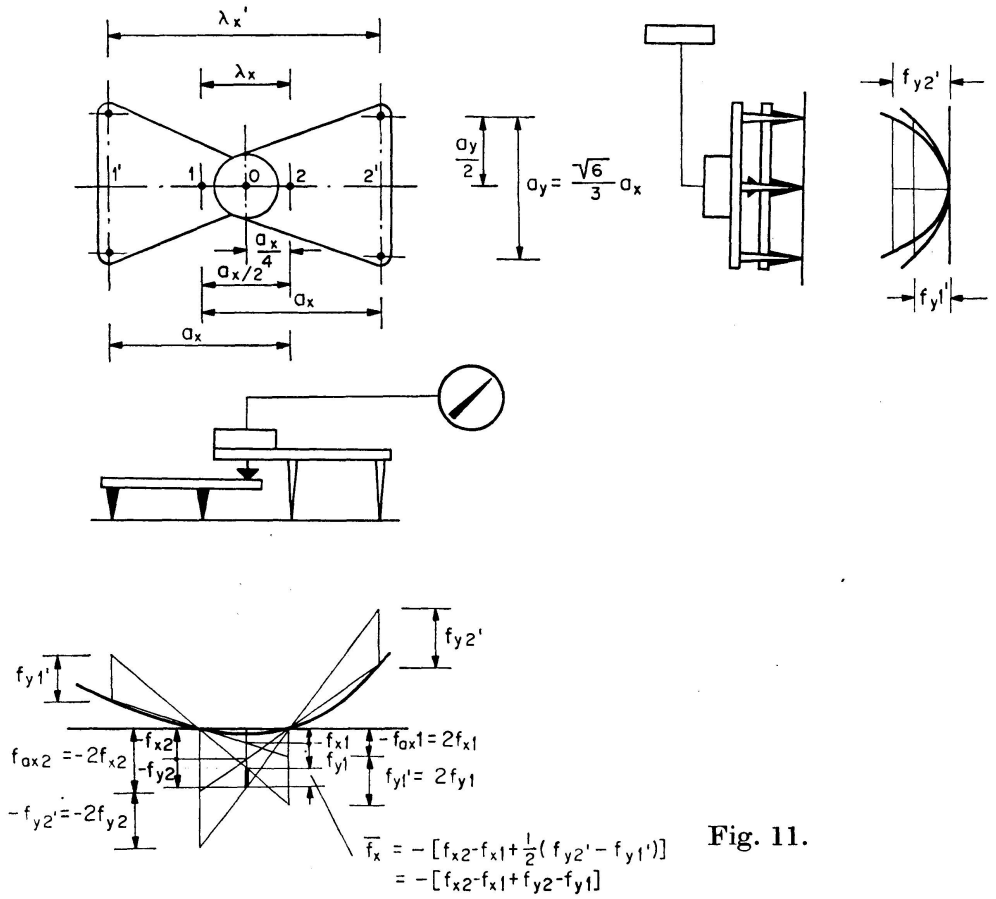

Fig. 11.

Querkräfte

Die zuverlässige Bestimmung der Querkräfte hat besonders bei Platten, die auf Einzelstützen gelagert sind, eine gewisse Bedeutung. Wie nachstehend gezeigt wird, läßt sich unter Verwendung der Meßanordnungen nach den Fig. 2

und 3 nach sinnvoller Zuordnung der Formänderungsanteil der Plattenquerkraft zu einem einzigen Meßwert mechanisch überlagern.

Die Querkraft in x-Richtung ist nach der Plattentheorie

$$q_x = -K\,(\Delta\, w)_x\,. \tag{13}$$

In Differenzenschreibweise hat sie die Form

$$q_x = -K\,\frac{\Delta\, w_2 - \Delta\, w_1}{\lambda_x}, \tag{14}$$

wenn der Laplacesche Operator $\Delta\, w = w_{xx} + w_{yy}$ an zwei Plattenpunkten 1 und 2, welche den Meßpunkt 0 im Abstande von je $\lambda_x/2$ einschließen, bestimmt wird. Durch Einsetzen der Gl. (6) für die x-Richtung und nach Vertauschen der Indizes für die y-Richtung in (14) erhält man

$$q_x = K\left[\frac{8}{\lambda_x\, a_x^2}\,(f_{x\,2} - f_{x\,1}) + \frac{8}{\lambda_x\, a_y^2}\,(f_{y\,2} - f_{y\,1})\right]. \tag{15}$$

Aus mechanischen Gründen ist es zweckmäßig, den zweiten Klammerausdruck an anderen Plattenpunkten 1′ und 2′ jeweils im Abstande $\lambda_x'/2$ vom Meßpunkt 0 zu bestimmen

$$q_x = K\left[\frac{8}{\lambda_x\, a_x^2}\,(f_{x\,2} - f_{x\,1}) + \frac{8}{\lambda_x'\, a_y^2}\,(f'_{y\,2} - f'_{y\,1})\right]. \tag{16}$$

λ_x, λ_x', a_x und a_y können in folgender Weise miteinander verknüpft werden:

$$\lambda_x = k_x\, a_x\,, \tag{17}$$

$$\lambda_x' = k_x'\, a_x\,, \tag{18}$$

$$k\, k_x\, a_x^2 = k'\, k_x'\, a_y^2\,. \tag{19}$$

k bzw. k' drücken die Übertragungsverhältnisse der an den Punkten 1, 2, 1′ und 2′ gewonnenen Meßwerte nach dem Meßpunkt 0 aus. Gl. (16) verändert sich mit den vorstehenden Beziehungen zu

$$q_x = K\,\frac{8}{k_x\, a_x^3}\,[k\,(f_{x\,2} - f_{x\,1}) + k'\,(f'_{y\,2} - f'_{y\,1})]\,. \tag{20}$$

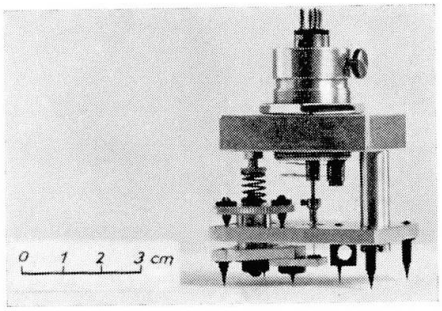

Fig. 12.

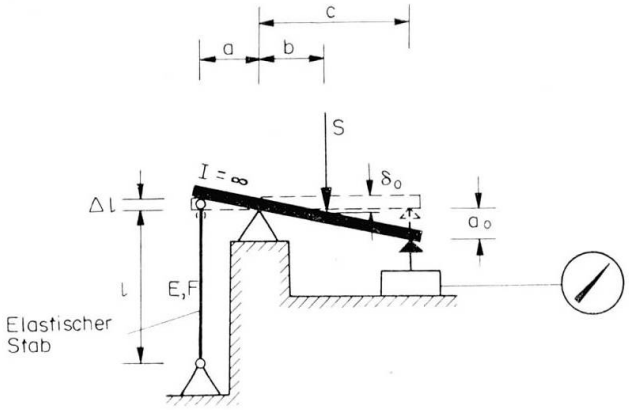

Fig. 13.

Für den Klammerausdruck lassen sich Meßanordnungen finden, die zu einem resultierenden, am Meßpunkt 0 abzulesenden Verschiebungsmeßwert

$$\bar{f}_x = k(f_{x2} - f_{x1}) + k'(f'_{y2} - f'_{y1}) \tag{21}$$

führen. Die Querkraft kann man somit in der kurzen Form darstellen

$$q_x = \bar{K}_x \bar{f}_x \tag{22}$$

mit

$$\bar{K}_x = K \frac{8}{k_x a_x^3}.$$

Durch Vertauschen sämtlicher Indizes in den Gl. (13) bis (22), d. h. praktisch durch Drehen der Meßanordnung um 90°, erhält man die Querkraft in y-Richtung

$$q_y = \bar{K}_y \bar{f}_y \tag{23}$$

mit

$$\bar{K}_y = K \frac{8}{k_y a_y^3} = \bar{K}_x = \bar{K}.$$

In Fig. 11 ist eine Möglichkeit für die Darstellung von f_x angegeben. Dabei sind

$$k'_x = k_x + 1, \qquad k' = \frac{k}{2}.$$

Gl. (19) verändert sich damit in

$$k_x a_x^2 = \frac{k_x + 1}{2} a_y^2. \tag{24}$$

Daraus folgt für die Bestimmung der Meßbasis in y-Richtung

$$a_y = \sqrt{\frac{2 k_x}{k_x + 1}}\, a_x. \tag{25}$$

Wählt man $k_x = \frac{1}{2}$, so ist die Meßbasis

$$\underline{a_y = \frac{\sqrt{6}}{3} a_x,} \tag{26}$$

während für $k_x = 1$

$$a_y = a_x \tag{27}$$

ist. Fig. 12 zeigt einen Querkraftmesser nach der oben beschriebenen Meßanordnung. Nach dem Andrücken an das Modell mittels Schneidenhebels, der in die Halteöse greift, die sich an einem der mittleren Setzstifte befindet und ebenfalls schneidenförmig ausgebildet ist, können sich die beiden Meßgruppen reibungsfrei gegenseitig verschieben und ungehindert der Plattenverformung folgen. In der Mitte erkennt man den induktiven Meßwertaufnehmer, dessen

Spulensystem an der einen und dessen magnetischer Tauchanker an der anderen Meßgruppe befestigt sind. Ein Einflußfeld für $q_x l$ in Feldmitte einer 60° schiefen Zweifeldplatte auf 3×5 Einzelstützen ist in Fig. 16 dargestellt.

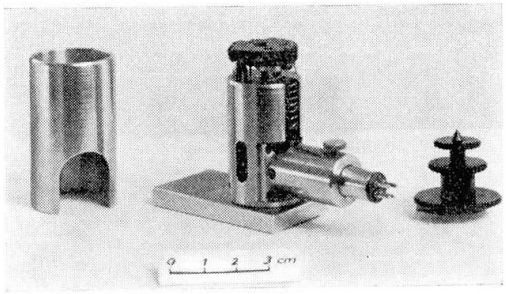

Fig. 14.

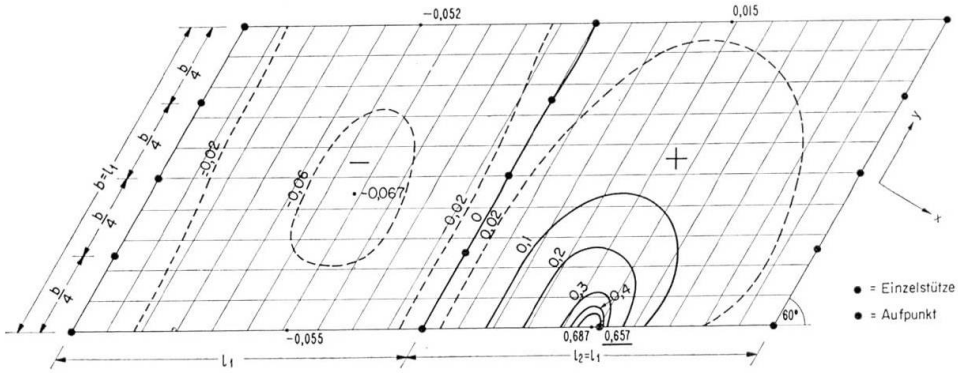

Fig. 15.

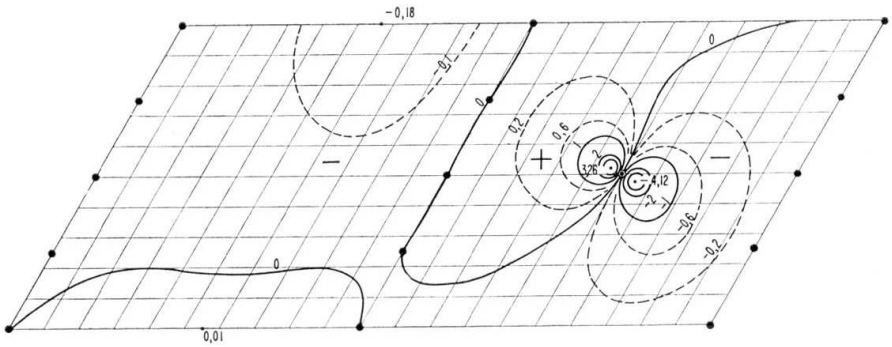

Fig. 16.

Stützkräfte

An punktförmig abgestützten Plattenmodellen lassen sich die Stützkräfte auf experimentellem Wege nach der Beziehung

$$S = \frac{\delta_0}{\delta_1} \tag{28}$$

bestimmen, wenn die Stütze während des Meßvorganges entfernt wird [2]. S ist die gesuchte Stützkraft, δ_0 die Verschiebung des abzustützenden Platten-

punktes in Richtung S unter der äußeren Belastung der Platte und δ_1 die Verschiebung des gleichen Plattenpunktes unter der Last $S=1$. Bei dieser Methode treten bei der Untersuchung dünner Plattenmodelle mit größeren Stützenabständen besonders an den Plattenecken wegen der damit verbundenen großen Durchbiegungen meßtechnische Schwierigkeiten auf. Zweckmäßiger ist es, an der Stelle der entfernten Stütze eine elastische anzubringen [6], welche die großen Durchbiegungen verhindern und das Einhalten der Bedingungen der Plattentheorie gewährleisten soll. Gemessen werden dann die Verschiebungen des elastischen Verbundsystems Stütze-Platte. Nachstehend wird gezeigt, wie man mit solch einem Verbundsystem in Verbindung mit einem starren Hebel praktisch jede beliebige Elastizität der Lagerung, auch eine praktisch starre Stützung, erzeugen und messen kann. Fig. 13 veranschaulicht die Wirkungsweise der Meßstütze. Unter der Einwirkung der Stützkraft S auf den Hebel wird der elastische Stab gespannt und eine Verschiebung des abgestützten Plattenpunktes erzeugt in der Größe

$$\delta_0 = \left(\frac{b}{a}\right)^2 \kappa_s S. \tag{29}$$

Darin ist

$$\kappa_s = \frac{l}{E F}.$$

Am Ende des Meßhebels c erscheint der Meßwert

$$a_0 = \frac{c}{b} \delta_0, \tag{30}$$

so daß (29) übergeht in

$$a_0 = \frac{c\,b}{a^2} \kappa_s S. \tag{31}$$

Infolge $S=1$ erhält man

$$a_1 = \frac{c\,b}{a^2} \kappa_s 1. \tag{32}$$

Beteiligt sich die Platte an der Gesamtverformung des Verbundsystems, so nimmt diese infolge ihrer von der Lage des abzustützenden Plattenpunktes und der Plattensteifigkeit abhängigen elastischen Konstanten κ_p den Stützkraftanteil S_p auf, wenn sich der Plattenpunkt um

$$\delta_{0p} = \kappa_p S_p \tag{33}$$

verschiebt. Die Meßstütze erhält dann den Stützkraftanteil S_s bei einer Verschiebung

$$\delta_{0s} = \left(\frac{b}{a}\right)^2 \kappa_s S_s. \tag{34}$$

Wegen
$$\delta_{0p} = \delta_{0s}, \tag{35}$$
$$S_p + S_s = S \tag{36}$$
und
$$a_0 = a_{0s} = \frac{c\,b}{a^2}\,\kappa_s\,S_s \tag{37}$$

kommt man mit (31) auf

$$a_0 = \frac{c\,b}{a^2}\,\frac{\kappa_s}{\left(\frac{b}{a}\right)^2 \frac{\kappa_s}{\kappa_p} + 1}\,S, \tag{38}$$

ebenso für $S = 1$ auf

$$a_1 = \frac{c\,b}{a^2}\,\frac{\kappa_s}{\left(\frac{b}{a}\right)^2 \frac{\kappa_s}{\kappa_p} + 1}\,1. \tag{39}$$

Ist nun b/a oder κ_s/κ_p sehr klein, d.h. ist der Abstand der Stützkraft vom Hebeldrehpunkt oder die Plattensteifigkeit vernachlässigbar klein gegenüber den anderen Größen, so wirkt sich die Verschiebung des Plattenpunktes nicht mehr meßbar auf den Biegezustand des Plattenmodelles aus. Man hat praktisch eine starre Lagerung. c/a kann immer so festgelegt werden, daß ausreichend große Meßwerte a_0 erzeugt werden können. Bestimmt man die Stützkraft mit

$$S = \frac{a_0}{a_1}, \tag{40}$$

so brauchen κ_s, κ_p, a, b und c nicht bekannt zu sein. Für andere elastische Lagerungen sind die eben genannten Größen in geeigneter Weise unter Beachtung des Modellgesetzes [7] S. 25 festzulegen.

In Fig. 14 ist eine Meßstütze mit Pendel mit den Daten

$$\begin{aligned} a &= 0{,}3 \text{ cm}, \\ b &= 0{,}3 \text{ cm}, \\ c &= 3{,}0 \text{ cm}, \\ l &= 3{,}0 \text{ cm}, \\ E &= 2{,}1 \cdot 10^6 \text{ kp/cm}^2, \\ F &= 0{,}00783 \text{ cm}^2 \ (\varnothing\ 0{,}1 \text{ cm}) \end{aligned}$$

zu sehen. Zur besseren räumlichen Anordnung ist der Hebel c nach unten geführt. Die Verschiebungen a_0 werden waagrecht gemessen. In Fig. 9 sind mehrere Meßstützen unter einem Aluminiummodell von ca. 2 mm Dicke in Mindestabständen von 10 cm zu sehen. Eine gegenseitige Beeinflussung der Stützkräfte ist nicht feststellbar, so daß die Meßstützen als unverschiebliche Lager betrachtet werden können. Ein Einflußfeld für eine Stützkraft einer 30° schiefen Zweifeldplatte auf 3×3 Einzelstützen ist in Fig. 17 dargestellt.

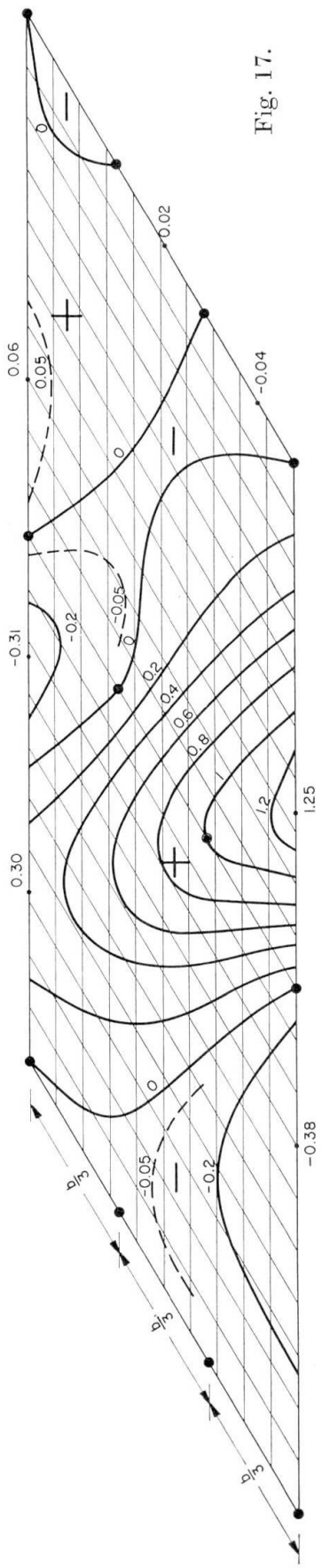

Fig. 17.

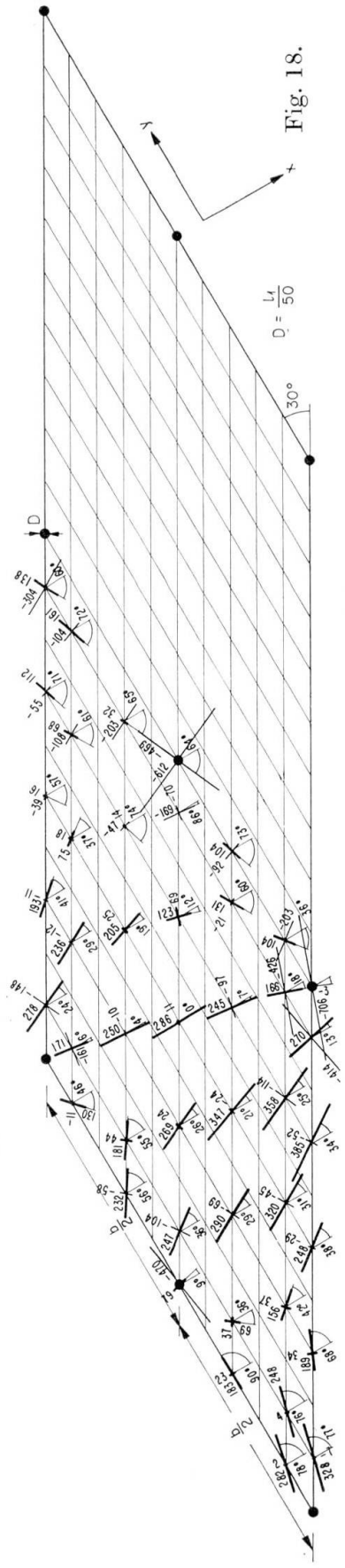

Fig. 18.

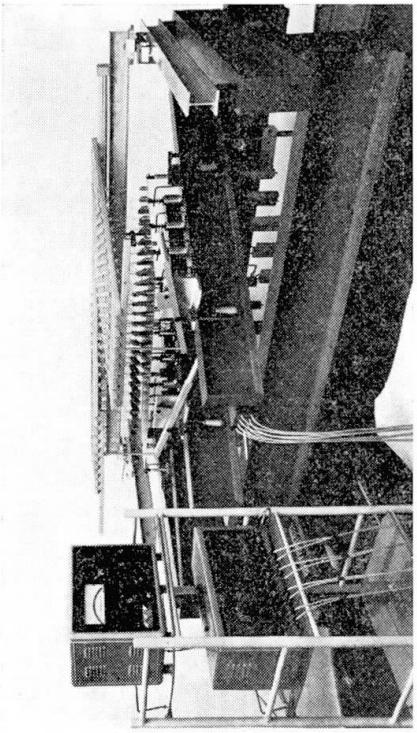

Fig. 19.

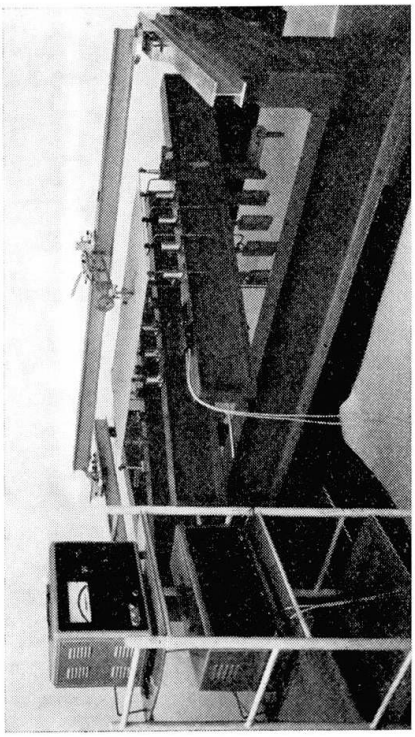

Fig. 20.

Modell und Modellaufbau

Die untersuchten Plattenmodelle sind aus dem leicht beschaffbaren Aluminium 99,6% (weich) und haben die geometrischen und elastischen Kennwerte

$b = l_1 = l_2 = 40$ cm,	$b = l_1 = l_2 = 50$ cm,
$d_{mittel} = 0{,}206$ cm,	$d_{mittel} = 0{,}202$ cm,
$\varphi = 60°$,	$\varphi = 30°$,
$E = 799\,000$ kp/cm²,	$E = 740\,000$ kp/cm²,
$\mu = 0{,}34$.	$\mu = 0{,}30$.

Fig. 19 veranschaulicht den Aufbau eines Modelles. Eine feste Stütze (ganz links), eine Kippstütze (ganz rechts) und im übrigen Pendelstützen, alle kegelförmig zugespitzt, halten das Modell in reibungsfreier Lage. Die im Bild erkennbaren Meßstützen sind ebenfalls Pendelstützen. Der besseren Lagerung dienen an die Modellplatte angeklemmte oder angeklebte kreisrunde Stützkörper von 1,0 cm Durchmesser, welche horizontal durchbohrt und mit einer Schneide versehen sind. Mittels belasteter Drahtbügel, die ebenfalls schneidenförmig angeschärft sind und in die Ösen der Stützkörper greifen, läßt sich das Modell einwandfrei und sehr schnell aufbauen. Soweit die Krümmungsmeßgeräte nicht direkt an den Rand des Modelles geklemmt werden, werden sie mittels angeschärftem Drahtbügel und einer Feder mit langem Federweg von unten an das Modell gedrückt. Dadurch kann die Belastung des Modelles von oben erfolgen.

Ebenfalls in Fig. 19 sowie in Fig. 9 ist die Belastungseinrichtung zur Erzeugung von Einflußfeldern zu sehen [8]. Die ortsveränderliche Einzellast wird durch einen Wagen, der auf einem allseitig verfahrbaren Schienensystem läuft, geführt und über ein Rad in die Platte geleitet. Das Rad ist vertikal durch ein gelenkig angeordnetes Stabparallelogramm und horizontal durch eine Nachlaufvorrichtung (Teewagenprinzip) allseitig frei beweglich und überträgt somit keine Nebenkräfte. Durch Verschieben der Last am Stellhebel wird die Größe derselben bestimmt. Das Messen der Einflußfelder geht so vor sich: Statt der Einheitslast $P = 1$ werden die Lasten

$$R_b = \frac{K_b}{e} m \quad \text{für } m_x\text{-}, m_y\text{-Einflußfelder,} \tag{41}$$

$$R_d = \frac{K_d}{e} m \quad \text{für } m_{xy}\text{-Einflußfelder,} \tag{42}$$

$$\bar{R} = \bar{K}\, l\, m \quad \text{für } q_x l\text{-}, q_y l\text{-Einflußfelder,} \tag{43}$$

$$R_s = \frac{S}{a_1} m \quad \text{für } S\text{-Einflußfelder} \tag{44}$$

aufgebracht. m ist ein beliebiger, möglichst in runden Zahlen wählbarer Maßstab. Unter diesen Lasten stellen, falls $m = 1$ gewählt wird, die Ablesungen am Anzeigegerät bereits die Einflußordinaten dar, also

$f_{bx}(R_b), f_{by}(R_b)$	Einflußordinaten für m_x, m_y,
$f_d(R_b)$	Einflußordinaten für m_{xy},
$\bar{f}_x(\bar{R}), \bar{f}_y(\bar{R})$	Einflußordinaten für $q_x l, q_y l$,
$a_0(R_s)$	Einflußordinaten für S.

Die Ableseskala ist jetzt zum genauen Einmessen ausgezeichneter Größen (Schichtlinien) verwendbar. Beim Verfahren der Last in jeweils günstigen Schnitten wird jede gekreuzte Schichtlinie mit der Signiereinrichtung auf eine auf das Modell aufgelegte Zeichenunterlage festgehalten. Nach Beendigung der Messung werden die Markierungen gleicher Ablesung zu Linien verbunden. Diese Methode ist äußerst genau und zeitsparend. Sie kann von einer Person ausgeführt werden, da die Last beim Führen nicht berührt wird und das volle Augenmerk dem Ablesegerät gewidmet werden kann.

Den Aufbau des Modelles für gleichmäßig verteilte Belastungen zeigt Fig. 20. Jedes Feld wird mit einhundert Einzellasten, die an je einem verstellbaren Rost dreifädig aufgehängt sind, belastet. Das feldweise Aufsetzen der Belastung erfolgt mittels Handhebel. Der Rost ist ohne Schwierigkeiten anderen Grundrissen anpaßbar und kann sehr schnell mit der Einzellast für Einflußfelder vertauscht werden.

Als Meßgeräte finden eine umgebaute Dehnungsmeßanlage DG 2 des VEB Technisch-Physikalische Werkstätten Thalheim in Verbindung mit einem speziellen Umschaltgerät des VEB Schwingungstechnik und Akustik Dresden für induktive Aufnehmer Verwendung. Die Durchführung aller mechanischen Arbeiten lag in den Händen von Herrn Dieter Seifert, dem an dieser Stelle besonderer Dank gebührt.

Literatur

1. E. Schmidt: «Modellversuche zur Bemessung von Baukonstruktionen.» Schweizerische Bauzeitung 67 (1949), Nr. 39, S. 555—561.
2. G. Franz: «Modellmessungen an schiefen Platten.» Deutscher Beton-Verein e. V., Vorträge zur 51. Hauptversammlung 1954.
3. H. Vogt: «Die statische Behandlung schiefwinkliger Brücken.» Beton — De Ingenieur 67 (1955), Nr. 8, Bl. 15—21.
4. W. Andrä, F. Leonhardt und R. Krieger: «Vereinfachtes Verfahren zur Messung von Momenteneinflußflächen bei Platten.» Der Bauingenieur 33 (1958), H. 11, S. 407—414.
5. H. Weigler und H. Weise: «Modellstatisches Verfahren zur Aufnahme von Einflußflächen von Platten.» Beton- und Stahlbetonbau 54 (1959), H. 5, S. 123—128.
6. W. Andrä und F. Leonhardt: «Einfluß des Lagerabstandes auf Biegemomente und

Auflagerkräfte schiefwinkliger Einfeldplatten.» Beton- und Stahlbetonbau 55 (1960), H. 7, S. 151—162.
7. H. Homberg, H. Jäckle und W. R. Marx: «Einfluß einer elastischen Lagerung auf Biegemomente und Auflagerkräfte schiefwinkliger Einfeldplatten.» Der Bauingenieur 36 (1961), H. 1, S. 19—26.
8. G. Brendel und H. Düsterhöft: «Schiefe punktgelagerte Durchlaufplatten.» Forschungsbericht 1960, unveröffentlicht.

Aufnahmen: TU Dresden, Hochschul-Film- und Bildstelle.

Zusammenfassung

Es werden neue Möglichkeiten der modellstatischen Untersuchung dünner Platten auf Einzelstützen beschrieben. Zunächst wird auf der Grundlage der Krümmungsmessung die unmittelbare Bestimmung der Krümmungen, Momente und Momenteneinflußfelder an schiefen freien Rändern angegeben. Sodann wird auf der gleichen Grundlage die unmittelbare Darstellung der Querkräfte und Querkrafteinflußfelder mittels eines neuen Querkraftmessers gezeigt. Schließlich wird eine Meßstütze zur Bestimmung der Auflagerkräfte vorgeführt, die sich für beliebige elastische, also auch für eine praktisch starre Lagerung variieren läßt. Die Darlegungen werden durch Meßergebnisse an schiefen Zweifeldplatten auf Einzelstützen bekräftigt.

Summary

New possibilities of static tests on models of thin plates mounted on single supports are indicated. The direct determination, on the basis of curvature measurements of curvatures, moments and their influence surfaces on the free edges of a skew plate is first of all described. Then, by means of the same fundamental principles, the direct measurements of shear forces and their influence surfaces by means of a new shearing-force measuring instrument is explained. Lastly, a new column for measuring reactions at supports, which enables a change to be made at will from an elastic to a rigid support, is presented. The considerations advanced are confirmed by the results of measurements made on two-span skew plates on single supports.

Résumé

L'auteur passe en revue les possibilités nouvelles offertes par l'étude sur modèles réduits de dalles minces reposant sur des appuis isolés. Il décrit d'abord la détermination directe des courbures, des moments et de leurs surface d'influence pour les bords libres de dalles biaises, en partant de la

mesure des courbures. Sur les mêmes bases, la détermination directe des efforts tranchants et de leurs surfaces d'influence a été rendue possible par un appareil de mesure des efforts tranchants. Il est enfin présenté un appareil pour la mesure des réactions d'appui, pouvant être utilisé aussi bien pour des appuis élastiques que rigides. L'exposé est illustré par des résultats de mesures effectuées sur des dalles biaises à deux travées, reposant sur des appuis isolés.