Die Statik im Stahlbetonbau

Beyer, Kurt

Berlin [u.a.], 1956

Zahlenbeispiel

urn:nbn:de:hbz:466:1-74292

Symmetrischer Stockwerkrahmen mit drei Pfosten. Symmetrisch zugeordnete Knotendrehwinkel φ_J, χ_J, symmetrisch zugeordnete Stabdrehwinkel ϑ_i, ν_i (Abb. 330).

Belastung der äußeren Pfosten und der Riegel. Umordnung der Belastung in den symmetrischen und den antimetrischen Anteil.

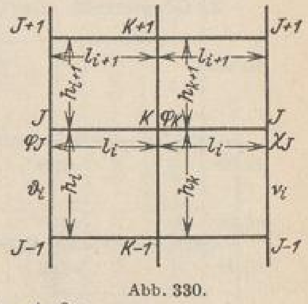


Abb. 330.

$$\left.\begin{aligned} \mu_J &= \frac{\varphi_J - \chi_J}{2}, & \mu_K &= 0, \\ \varrho_J &= \frac{\varphi_J + \chi_J}{2}, & \varrho_K &= 2\,\frac{\varphi_K}{2}, \\ \mu_i &= \frac{\vartheta_i - \nu_i}{2} = 0, & \varrho_i &= \frac{\vartheta_i + \nu_i}{2} = \psi_i. \end{aligned}\right\} \qquad (602)$$

Symmetrischer Anteil: $\varrho_J = 0, \quad \mu_J = {}^{(1)}\varphi_J = -{}^{(1)}\chi_J + 0;$

$$\varrho_K = {}^{(1)}\varphi_K = 0, \qquad \psi_i = {}^{(1)}\vartheta_i = {}^{(1)}\nu_i = 0.$$

Die statischen Bedingungen für die äußeren Kräfte an der Kette ${}^{(1)}\Gamma_J$ und den Bewegungszustand $\dot\mu_J = 1$ mit $\dot\varphi_J = 1$, $-\dot\chi_J = 1$ werden nach (597) auf S. 357 angeschrieben.

$${}^{(1)}a_{J(J-1)} = -2\left(\frac{2}{h_i'}\right), \quad {}^{(1)}a_{JJ} = -2\left(\frac{4}{l_i'} + \frac{4}{h_i'} + \frac{4}{h_{i+1}'}\right), \quad {}^{(1)}a_{J(J+1)} = -2\left(\frac{2}{h_{i+1}'}\right),$$

$${}^{(1)}a_{J0} = -2\,(M_{J0}^{(i)} + M_{J0}^{(\bar i)} + M_{J0}^{(\overline{i+1})}).$$

Antimetrischer Anteil: $\mu_J = 0, \quad \varrho_J = {}^{(2)}\varphi_J = {}^{(2)}\chi_J + 0;$

$$\varrho_K = {}^{(2)}\varphi_K + 0, \qquad \psi_i = {}^{(2)}\vartheta_i = {}^{(2)}\nu_i + 0.$$

Die statischen Bedingungen ${}^{(2)}\delta A_J = 0$, ${}^{(2)}\delta A_K = 0$, ${}^{(2)}\delta A_i = 0$ für die äußeren Kräfte an den Stabketten ${}^{(2)}\Gamma_J$, ${}^{(2)}\Gamma_K$, ${}^{(2)}\Gamma_i$ erhalten dieselbe Form wie die Gleichungen (599) bis (601) beim Stockwerkrahmen mit vier Pfosten. Dasselbe gilt bis auf die folgenden Angaben auch von deren Vorzahlen:

$${}^{(2)}a_{KK} = -2\left(\frac{4}{l_i'} + \frac{2}{h_k'} + \frac{2}{h_{k+1}'}\right), \quad {}^{(2)}a_{Ki} = {}^{(2)}a_{(K-1)i} = 2\left(\frac{3}{h_k'}\right), \quad a_{K(i+1)} = 2\left(\frac{3}{h_{k+1}'}\right),$$

$${}^{(2)}a_{ii} = -2\left(\frac{12}{h_i'} + \frac{6}{h_k'}\right), \quad {}^{(2)}a_{K0} = -2\,M_{K0}^{(i)}, \quad {}^{(2)}a_{i0} = 2\,(M_0^{(\bar i)} + h_i \sum_J^N W_K).$$

Der Ansatz für den symmetrischen Anteil ist wiederum dreigliedrig, der Ansatz für den antimetrischen Anteil wird nach S. 357 aufgelöst.

Statische Untersuchung eines symmetrischen Stockwerkrahmens mit vier Pfosten (Abb. 331); Binderabstand: 5,20 m.

1. Geometrische Grundlagen. Die Stablängen und die Trägheitsmomente der Querschnitte sind in Abb. 331 eingetragen. $J_c = 38{,}2$ dm^4. Die auf drei Stellen abgerundeten reziproken Werte der reduzierten Stablängen gelten als fehlerfreie geometrische Grundlage der Untersuchung.

Index	1/red. Länge		Index	1/red. Länge	
	Riegel	Pfosten		Riegel	Pfosten
a	0,167	0,562	h	0,314	0,787
b	0,167	0,340	i	0,314	0,455
c	0,167	0,254	k	0,314	0,341
d	0,167	0,254	l	0,314	0,341
e	0,167	0,198	m	0,314	0,254
f	0,167	0,085	n	0,314	0,106
g	0,105	0,059	r	0,211	0,059

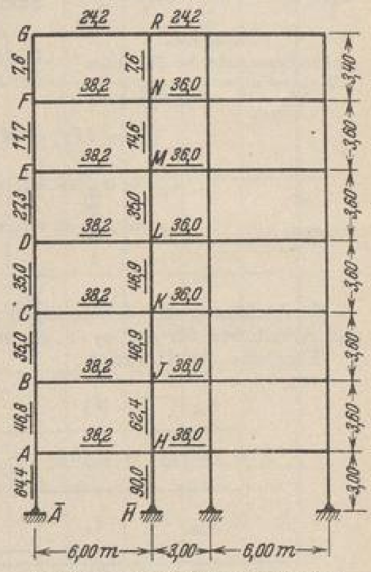


Abb. 331. Die unterstrichenen Zahlen bedeuten die Trägheitsmomente in dm^4.

A. Symmetrie der Belastung.

Lösung nach S. 357 mit $\varphi_J = -\chi_J$, $\varphi_K = -\chi_K$, $\vartheta_i = 0$, $\nu_i = 0$ (Abb. 329).

2. Geometrisch überzählige Größen des Ansatzes.

$$\mu_J = \tfrac{1}{2}(\varphi_J - \chi_J)\,, \qquad \mu_K = \tfrac{1}{2}(\varphi_K - \chi_K)\,,$$

so daß

$$\varphi_J = -\chi_J = \mu_J\,, \qquad \varphi_K = -\chi_K = \mu_K\,.$$

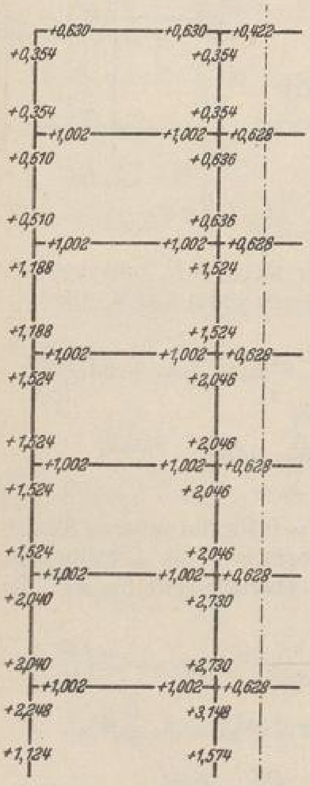


Abb. 332.
Anschlußmomente des Zustandes Σ_1 ($\mu_A = \mu_B = \cdots = \mu_R = 1$).

3. Matrix der statischen Bedingungen (597) u. (598). Entwicklung der Vorzahlen der Gleichungen:

$$a_{AA} = -2\left(\frac{4}{h'_a} + \frac{4}{l'_a} + \frac{4}{h'_b}\right) = -8{,}552\,;$$

$$a_{AB} = -2\left(\frac{2}{h'_b}\right) = -1{,}360\,; \qquad a_{AH} = -2\left(\frac{2}{l'_a}\right) = -0{,}668\,;$$

$$a_{KC} = -2\left(\frac{2}{l'_c}\right) = -0{,}668\,; \qquad a_{KJ} = -2\left(\frac{2}{h'_k}\right) = -1{,}364\,;$$

$$a_{KL} = -2\left(\frac{2}{h'_l}\right) = -1{,}364\,;$$

$$a_{KK} = -2\left(\frac{2}{l'_k} + \frac{4}{h'_k} + \frac{4}{h'_l} + \frac{4}{l'_c}\right) = -8{,}048\,.$$

Ergebnis der vollständigen Rechnung auf S. 361.

4. Nachprüfung der Vorzahlen der Matrix. Die Summe der Vorzahlen einer Gleichung $\delta A_J = 0$

$$a_{J\Sigma} = \sum_{K=A}^{K=R} a_{JK}$$

kann als virtuelle Arbeit der Anschlußmomente aus $\mu_A = \mu_B = \cdots = \mu_R = 1$ (Zustand Σ_1, vgl. Abb. 332) an der mit $\dot{\mu}_J = 1$ angetriebenen kinematischen Kette Γ_J nachgeprüft werden, z. B.

$$a_{L\Sigma} = -2\,(M_L^{(\bar{l})} + M_L^{(d)} + M_L^{(l)} + M_{L'}^{(\bar{m})}) = -10{,}400\,.$$

Die Summe $a_{\Sigma\Sigma}$ aller Vorzahlen der Matrix kann ebenfalls als virtuelle Arbeit der Stabendmomente des Zustandes Σ_1 an der mit $\dot{\mu}_A = \dot{\mu}_B = \cdots = \dot{\mu}_R = 1$ angetriebenen kinematischen Kette geprüft werden. Sie ist demnach gleich der negativen Summe der Stabendmomente an den Knoten.

5. Belastungsglieder a_{J0} für senkrechte Belastung der Seitenfelder mit $q = 2{,}08$ t/m. Der geometrisch bestimmte Anteil $M_{J0}^{(h)}$ der Anschlußmomente ist bei allen belasteten Riegelstäben gleich.

$$-M_{A0}^{(a)} = M_{H0}^{(a)} = \frac{q \cdot l^2}{12} = \frac{2{,}08 \cdot 6{,}0^2}{12} = 6{,}24 \text{ mt}\,,$$

$$a_{A0} = a_{B0} = a_{C0} = a_{D0} = a_{E0} = a_{F0} = +2 \cdot 6{,}24 = +12{,}48\,,$$

$$a_{H0} = a_{J0} = a_{K0} = a_{L0} = a_{M0} = a_{N0} = -2 \cdot 6{,}24 = -12{,}48\,,$$

$$a_{G0} = a_{R0} = 0\,.$$

6. Auflösung der Gleichungen durch Iteration nach Abschn. 30. Die Iteration stützt sich auf Annahmen für $\mu_B, \mu_C \ldots \mu_R$ in $\delta A_A = 0$, z. B. $\mu_B = 0, \mu_C = 0 \ldots \mu_R = 0$.

Ergebnis der Iteration:

μ_A	μ_B	μ_C	μ_D	μ_E	μ_F	μ_G
+ 1,2775	+ 1,5850	+ 1,8206	+ 1,8652	+ 2,8981	+ 5,8147	− 1,2650

μ_H	μ_J	μ_K	μ_L	μ_M	μ_N	μ_R
− 0,8997	− 1,1331	− 1,2823	− 1,3424	− 2,0746	− 3,9995	+ 0,6842

	μ_A	μ_B	μ_C	μ_D	μ_E	μ_F	μ_G	μ_H	μ_J	μ_K	μ_L	μ_M	μ_N	μ_R	a_{J0}	$\sum a_{JK}$
A	− 8,552	− 1,360						− 0,668							+ 12,48	− 10,580
B	− 1,360	− 6,088	− 1,016						− 0,668						+ 12,48	− 9,132
C		− 1,016	− 5,400	− 1,016						− 0,668					+ 12,48	− 8,100
D			− 1,016	− 4,952	− 0,792						− 0,668				+ 12,48	− 7,428
E				− 0,792	− 3,600	− 0,340						− 0,668			+ 12,48	− 5,400
F					− 0,340	− 2,488	− 0,236						− 0,668		+ 12,48	− 3,732
G						− 0,236	− 1,312							− 0,420	0	− 1,968
H	− 0,668							− 12,528	− 1,820						− 12,48	− 15,016
J		− 0,668						− 1,820	− 8,960	− 1,364					− 12,48	− 12,812
K			− 0,668						− 1,364	− 8,048	− 1,364				− 12,48	− 11,444
L				− 0,668						− 1,364	− 7,352	− 1,016			− 12,48	− 10,400
M					− 0,668						− 1,016	− 5,472	− 0,424		− 12,48	− 7,580
N						− 0,668						− 0,424	− 3,912	− 0,236	− 12,48	− 5,240
R							− 0,420						− 0,236	− 2,156	0	− 2,812

	ϱ_A	ϱ_B	ϱ_C	ϱ_D	ϱ_E	ϱ_F	ϱ_G	ϱ_H	ϱ_J	ϱ_K	ϱ_L	ϱ_M
A	− 8,552	− 1,360						− 0,668				
B	− 1,360	− 6,088	− 1,016						− 0,668			
C		− 1,016	− 5,400	− 1,016						− 0,668		
D			− 1,016	− 4,952	− 0,792						− 0,66	
E				− 0,792	− 3,600	− 0,340						− 0,66
F					− 0,340	− 2,488	− 0,236					
G						− 0,236	− 1,312					
H	− 0,668							− 15,040	− 1,820			
J		− 0,668						− 1,820	− 11,472	− 1,364		
K			− 0,668						− 1,364	− 10,560	− 1,36	
L				− 0,668						− 1,364	− 9,86	− 1,01
M					− 0,668						− 1,01	− 7,98
N						− 0,668						− 0,42
R							− 0,420					
a	+ 6,744							+ 9,444				
b	+ 4,080	+ 4,080						+ 5,460	+ 5,460			
c		+ 3,048	+ 3,048						+ 4,092	+ 4,092		
d			+ 3,048	+ 3,048						+ 4,092	+ 4,09	
e				+ 2,376	+ 2,376						+ 3,04	+ 3,04
f					+ 1,020	+ 1,020						+ 1,2
g						+ 0,708	+ 0,708					

7. Superposition der Anteile der Stabendmomente aus Belastung und Formänderung nach (530)

$$M_C^{(\bar c)} = \qquad 1/h'_c \cdot (4\,\varphi_C + 2\,\varphi_B) = \qquad 0{,}254 \cdot 10{,}4524 \quad = +2{,}655 \text{ mt},$$
$$M_C^{(c)} = M_{C0}^{(c)} + 1/l'_c \cdot (4\,\varphi_C + 2\,\varphi_K) = -6{,}24 + 0{,}167 \cdot 4{,}7178 \quad = -5{,}452 \text{ mt},$$
$$M_C^{(\bar d)} = \qquad 1/h'_d \cdot (4\,\varphi_C + 2\,\varphi_D) = \qquad 0{,}254 \cdot 11{,}0128 \quad = +2{,}797 \text{ mt},$$
$$M_N^{(\bar n)} = \qquad 1/h'_n \cdot (4\,\varphi_N + 2\,\varphi_M) = \qquad 0{,}106\,(-20{,}1472) = -2{,}136 \text{ mt},$$
$$M_N^{(f)} = M_{N0}^{(f)} + 1/l'_f \cdot (4\,\varphi_N + 2\,\varphi_F) = +6{,}24 + 0{,}167\,(-\ 4{,}3686) = +5{,}510 \text{ mt},$$
$$M_N^{(n)} = \qquad 1/l'_n \cdot 2\,\varphi_N \qquad = \qquad 0{,}314\,(-\ 7{,}9990) = -2{,}512 \text{ mt},$$
$$M_N^{(\bar r)} = \qquad 1/h'_r \cdot (4\,\varphi_N + 2\,\varphi_R) = \qquad 0{,}059\,(-14{,}6296) = -0{,}863 \text{ mt}.$$

Die Rechnung wird für alle Stabknoten durchgeführt und das Ergebnis in der linken Hälfte der Abb. 333 eingetragen. Der Betrag für $pl^2/8 = 9{,}36$ mt und $pl^2/12 = 6{,}24$ mt dient als Vergleich.

ϱ_M	ϱ_N	ϱ_R	ψ_a	ψ_b	ψ_c	ψ_d	ψ_e	ψ_f	ψ_g	a_{J0}	$\sum a_{JK}$
			+ 6,744	+ 4,080							+ 0,244
				+ 4,080	+ 3,048						− 2,004
					+ 3,048	+ 3,048					− 2,004
						+ 3,048	+ 2,376				− 2,004
−0,668							+ 2,376	+1,020			− 2,004
	−0,668							+1,020	+0,708		− 2,004
		−0,420							+0,708		− 1,260
			+ 9,444	+ 5,460							− 2,624
				+ 5,460	+ 4,092						− 5,772
					+ 4,092	+ 4,092					− 5,772
−1,016						+ 4,092	+ 3,048				− 5,772
−7,984	−0,424						+ 3,048	+1,272			− 5,772
−0,424	−6,424	−0,236						+1,272	+0,708		− 5,772
	−0,236	−3,844							+0,708		− 3,792
			−32,376							+68,70	−16,188
				−19,080						+70,56	0
					−14,280					+57,60	0
						−14,280				+44,64	0
+3,048							−10,848			+31,68	0
+1,272	+1,272							−4,584		+18,72	0
	+0,708	+0,708							−2,832	+ 5,78	0

Die Anschlußmomente, bei belasteten Stäben unter Berücksichtigung der äußeren Kräfte, führen durch die Momentengleichungen der Stäbe zu den Querkräften. Diese liefern die Längskräfte aus den Gleichgewichtsbedingungen an den Knoten. In Abb. 333 sind auf der rechten Seite die Längs- und Querkräfte angegeben.

8. Nachprüfung der Rechnung nach S. 331. Die Summe der Stabendmomente ist an jedem Knotenpunkt Null, z. B. am Knotenpunkt N

$$\sum M_N = -2{,}136 + 5{,}510 - 2{,}512 - 0{,}863 = -0{,}001 \approx 0\,.$$

B. Antimetrie der Belastung.

Lösung nach S. 358 mit $\varphi_J = \chi_J$, $\varphi_K = \chi_K$, $\vartheta_i = \nu_i$ (Abb. 329).

2. Geometrisch überzählige Größen.

$$\varrho_J = \tfrac{1}{2}(\varphi_J + \chi_J)\,, \qquad \varrho_K = \tfrac{1}{2}(\varphi_K + \chi_K)\,, \qquad \psi_i = \tfrac{1}{2}(\vartheta_i + \nu_i)\,,$$

so daß

$$\varphi_J = \chi_J = \varrho_J\,, \qquad \varphi_K = \chi_K = \varrho_K\,, \qquad \vartheta_i = \nu_i = \psi_i\,.$$

3. Matrix der statischen Bedingungen (599) bis (601). Entwicklung der Vorzahlen der Gleichungen $\delta A_A = 0$, $\delta A_K = 0$.

$$a_{AA} = -2\left(\frac{4}{l'_a} + \frac{4}{h'_a} + \frac{4}{h'_b}\right) = -8{,}552\,,$$

$$a_{AB} = -2\left(\frac{2}{h'_b}\right) = -1{,}360\,; \qquad a_{AH} = -2\left(\frac{2}{l'_a}\right) = -0{,}668\,,$$

$$a_{Aa} = \;\; 2\left(\frac{6}{h'_a}\right) = +6{,}744\,, \qquad a_{Ab} = \;\; 2\left(\frac{6}{h'_b}\right) = \;\; 4{,}080\,,$$

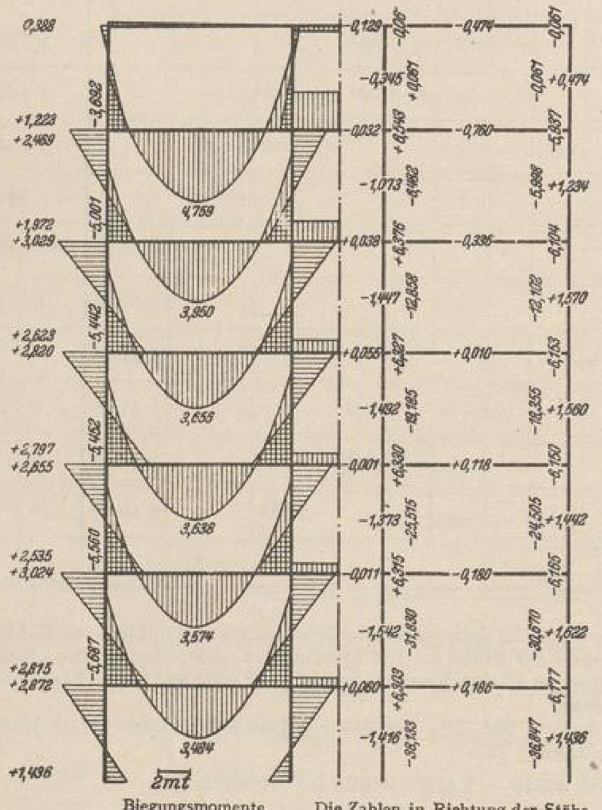
$$a_{KK} = -2\left(\frac{4}{l'_c} + \frac{4}{h'_k} + \frac{4}{h'_l} + \frac{6}{l'_k}\right) = -10{,}560\,,$$

$$a_{KC} = -2\left(\frac{2}{l'_c}\right) = -0{,}668\,, \qquad a_{KJ} = -2\left(\frac{2}{h'_k}\right) = -1{,}364\,,$$

$$a_{KL} = -2\left(\frac{2}{h'_l}\right) = -1{,}364$$

$$a_{Kc} = \;\; 2\left(\frac{6}{h'_k}\right) = +4{,}092\,, \qquad a_{Kd} = \;\; 2\left(\frac{6}{h'_l}\right) = +4{,}092\,.$$

Ergebnis der vollständigen Rechnung auf S. 362/3.



Biegungsmomente. Die Zahlen in Richtung der Stäbe bedeuten die Längskräfte, die quergestellten Zahlen die Querkräfte.

Abb. 333.

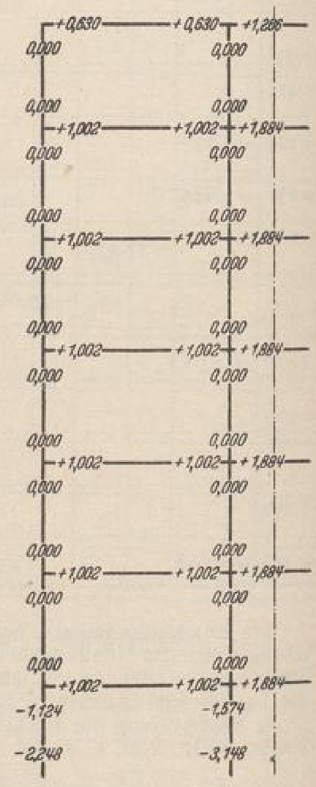


Abb. 334.
Anschlußmomente des Zustandes Σ_1
$(\varrho_A = \varrho_B = \cdots = \varrho_R = \psi_a = \psi_b = \cdots = \psi_g = 1)$.

4. Nachprüfung der Vorzahlen der Matrix. Die Summe der Vorzahlen einer Gleichung $\delta A_J = 0$ oder $\delta A_b = 0$

$$a_{J\Sigma} = \sum_{K=A}^{K=N} a_{JK} \quad \text{oder} \quad a_{b\Sigma} = \sum_{K=A}^{K=N} a_{bK}$$

kann als virtuelle Arbeit der Anschlußmomente aus $\varrho_A = \varrho_B = \cdots \varrho_R = \psi_a = \psi_b = \cdots \psi_g = 1$ (Zustand Σ_2, vgl. Abb. 334) an der mit $\dot\varrho_J = 1$ oder $\dot\psi_b = 1$ angetriebenen kinematischen Kette Γ_J oder Γ_b nachgeprüft werden, z. B.

$$a_{L\Sigma} = -2\,(M_L^{(\bar l)} + M_L^{(d)} + M_L^{(l)} + M_L^{(\bar m)}) = -5{,}772\,,$$

$$a_{a\Sigma} = +2\,(M_{\bar A}^{(\bar a)} + M_A^{(\bar a)} + M_{\bar H}^{(\bar h)} + M_H^{(\bar h)}) = -16{,}188\,.$$

Die Zeilensummen $a_{b\Sigma} \cdots a_{g\Sigma}$ sind Null, da der Zustand Σ_2 Pfostenendmomente nur an den Pfosten $\bar a$ und $\bar h$ erzeugt. Die Summe $a_{\Sigma\Sigma}$ aller Vorzahlen der Matrix besteht daher auch nur aus der negativen Summe der Riegelanschlußmomente und der positiven Summe der Pfostenendmomente bei $\bar a$ und $\bar h$.

$$a_{\Sigma\Sigma} = 62{,}500 = -2\,(-25{,}854) - 2\,(-5{,}396) = 62{,}500\,.$$

5. Belastungsglieder bei Eintragung einer waagerechten Belastung aus Wind $w = 1$ t/m in den Randknoten.

Knotenlasten in t:

W_A	W_B	W_C	W_D	W_E	W_F	W_G
3,3	3,6	3,6	3,6	3,6	3,5	1,7

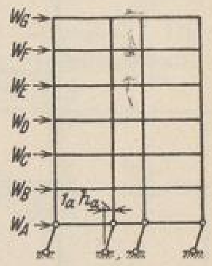


Abb. 335.
Kinematische Kette Γ_a.

$$a_{A0} = a_{B0} = \cdots = a_{R0} = 0\,.$$

$$a_{a0} = \dot 1_a\, h_a \sum_A^G W_K = 3{,}0 \cdot 22{,}9 = 68{,}70\,; \qquad a_{b0} = \dot 1_b \cdot h_b \sum_B^G W_K = 3{,}6 \cdot 19{,}6 = 70{,}56\,.$$

$$a_{c0} = 57{,}60\,; \qquad a_{d0} = 44{,}64\,; \qquad a_{e0} = 31{,}68\,; \qquad a_{f0} = 18{,}72\,.$$

$$a_{g0} = \dot 1_g \cdot h_g\, W_G = 3{,}4 \cdot 1{,}7 = 5{,}78 \text{ (Abb. 335)}.$$

6. Auflösung der Gleichungen. Nach der Anweisung auf S. 357 können zunächst die unbekannten Stabdrehwinkel ψ aus den Gleichungen $\delta A_J = 0$ eliminiert werden, so daß 14 Gleichungen mit 14 Unbekannten entstehen. Diese werden durch Iteration gelöst. Die Anfangswerte ergeben sich durch Auflösung der voneinander unabhängigen dreigliedrigen Ansätze, die bei Vernachlässigung der äußeren Glieder erhalten werden.

Die Iteration kann sich aber auch auf eine erste Näherungslösung des vollständigen Ansatzes mit 21 Gleichungen stützen, um die langwierige Elimination zu umgehen. Dabei wird mit Vorteil das Ergebnis der angenäherten Berechnung der ψ_i nach Abschn. 51 verwendet.

Ergebnis der Iteration:

ϱ_A	ϱ_B	ϱ_C	ϱ_D	ϱ_E	ϱ_F	ϱ_G
7,810	9,482	8,015	6,191	4,669	2,706	1,238
ϱ_H	ϱ_J	ϱ_K	ϱ_L	ϱ_M	ϱ_N	ϱ_R
6,408	7,215	6,011	4,544	2,878	1,253	0,423
ψ_a	ψ_b	ψ_c	ψ_d	ψ_e	ψ_f	ψ_g
5,618	11,294	11,558	9,183	7,385	6,871	3,446

7. Superposition der Anteile der Stabendmomente aus Belastung und Formänderung nach (530):

$$M_C^{(\bar c)} = 1/h'_c \cdot (4\,\varphi_C + 2\,\varphi_B - 6\,\psi_c) = -4{,}654 \text{ mt}\,,$$
$$M_C^{(c)} = 1/l'_c \cdot (4\,\varphi_C + 2\,\varphi_K \qquad) = +7{,}362 \text{ mt}\,,$$
$$M_C^{(\bar d)} = 1/h'_d \cdot (4\,\varphi_C + 2\,\varphi_D - 6\,\psi_d) = -2{,}707 \text{ mt}\,,$$
$$M_N^{(\bar n)} = 1/h'_n \cdot (4\,\varphi_N + 2\,\varphi_M - 6\,\psi_f) = -3{,}229 \text{ mt}\,,$$
$$M_N^{(f)} = 1/l'_f \cdot (4\,\varphi_N + 2\,\varphi_F \qquad) = +1{,}741 \text{ mt}\,,$$
$$M_n^{(n)} = 1/l'_n \cdot (4\,\varphi_N + 2\,\varphi_N \qquad) = +2{,}361 \text{ mt}\,,$$
$$M_n^{(\bar r)} = 1/h'_r \cdot (4\,\varphi_N + 2\,\varphi_R - 6\,\psi_e) = -0{,}874 \text{ mt}\,.$$

Bei einer Windbelastung von 0,125 t/m² und einem Binderabstand von 5,2 m ist $w = 5{,}2 \cdot 0{,}125 = 0{,}65$ t/m. Dabei entstehen die Stabendmomente der Abb. 336. Diese bestimmen die für jeden Pfosten oder Riegel konstanten Querkräfte, aus denen dann die Längskräfte in Verbindung mit den Lasten W_K durch die Bedingungen für das Gleichgewicht am Stabknoten (522) berechnet werden. Die Längskräfte der Riegel im Mittelfeld sind infolge Antimetrie der Belastung Null.

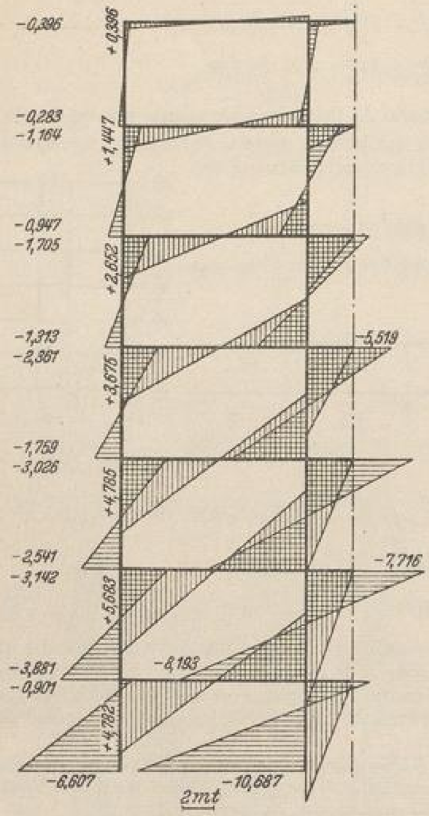


Abb. 336.

8. Nachprüfung der Rechnung. Die Richtigkeit der Ergebnisse ist bewiesen, wenn die Bedingungen $\delta A_J = 0$ und $\delta A_c = 0$ durch die Stabendmomente erfüllt sind.

$$\delta A_N = -2{,}098 + 1{,}132 + 1{,}535 - 0{,}568 = -0{,}001 \approx 0,$$

$$\begin{aligned}\delta A_b &= \dot{1}_b \cdot 2\,(M_A^{(\bar{b})} + M_B^{(\bar{b})} + M_H^{(\bar{i})} + M_J^{(\bar{j})}) + 1_b h_b \sum_B^G W_k, \text{ (Abb. 337)}\\ &= 2(-3{,}881 - 3{,}142 - 8{,}193 - 7{,}716) + 3{,}6 \cdot 0{,}65 \cdot 19{,}6\\ &= -45{,}864 + 45{,}864 = 0.\end{aligned}$$

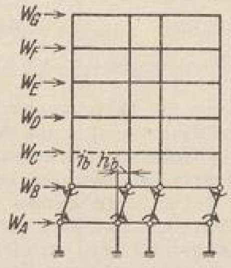


Abb. 337.

43. Die Berechnung der Anschlußkräfte aus den Drehwinkeln τ der Endtangenten.

Der Verschiebungszustand eines Stabwerks mit r freien Knoten und t abgestützten Stabenden kann nach S. 306 auch durch die Verdrehung $\tau_J^{(h)}$ der Endtangenten der Stäbe (h) am Knoten J relativ zu dem verformten Stabnetz $\overline{J'K'}$ beschrieben werden (Abb. 285). Die unbekannten Winkel $\tau_J^{(h)}$ treten im Ansatz an die Stelle der Knotendrehwinkel φ_J, so daß darin $f = f_1 + s_2$ (vgl. S. 313) unabhängige Komponenten ψ_c und $2\,s$ Drehwinkel $\tau_J^{(h)}$, zusammen also $2\,s + f$ unbekannte Komponenten auftreten. Sie sind an den r Stabknoten durch $(2\,s - r - t)$ Kontinuitätsbedingungen

$$\tau_J^{(h)} + \vartheta_h = \tau_J^{(h+1)} + \vartheta_{h+1}, \tag{603}$$

an den abgestützten Stabenden durch t geometrische oder statische Randbedingungen $\varphi_A = 0$ oder $M_A = 0$ verknüpft und müssen $r + f$ Gleichgewichtsbedingungen $\delta A_J = 0$, $\delta A_c = 0$ erfüllen, welche für die Komponenten φ_J, ψ_c gelten. Zur Berechnung der $2\,s + f$ unbekannten Komponenten stehen ebenso viele Gleichungen zur Verfügung. Die Lösung ist eindeutig (Abb. 338). Dasselbe gilt auch für Stabwerke, deren Elemente (g) durch reibungslose Gelenke mit den Stabknoten G verbunden sind. An die Stelle der Kontinuitätsbedingungen (603) treten hier statische Bedingungen $M_G^{(g)} = 0$. Die