Die Wirtschaftlichkeit steifbewehrter Druckglieder

Autor(en): **Enyedi, Béla**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **1 (1932)**

PDF erstellt am: **27.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-711

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

DIE WIRTSCHAFTLICHKEIT STEIFBEWEHRTER DRUCKGLIEDER

L'ÉCONOMIE DES ORGANES COMPRIMÉS À ARMATURE RIGIDE

THE ECONOMY OF STIFFLY REINFORCED COMPRESSION MEMBERS

Dr. BELA ENYEDI,
Ingenieur, Budapest.

Die Vorteile der steifbewehrten Druckglieder, die als eine Vereinigung der Stahlstützen und der Considère'schen Eisenbetonstützen zu betrachten sind, und nach dem Emperger'schen Additionsgesetz untersucht werden müssen, können in der Baupraxis nur dann zur Geltung kommen, wenn die Verwendung derselben nicht nur in technischer Beziehung einwandfrei ist, sondern auch wirtschaftliche Vorteile bietet [1]).

Die steifbewehrten Druckglieder sind gewöhnlich bedeutend stärker bewehrt, als die Eisenbetonsäulen mit schlaffen Eiseneinlagen, und das größere Eisengewicht ist im allgemeinen nicht wirtschaftlich. Dies ist der Grund dafür, warum die Entwürfe immer mit Mindestgewicht an Eisen ausgearbeitet werden, was nur in speziellen Fällen, aus besonderen Gründen überschritten wird. Dem bedeutend größeren Eisengewicht der steifbewehrten Säulen steht die größere zugelassene Beanspruchung derselben entgegen, und es muß eben nachgewiesen werden, ob die größere innere Spannung die Mehrkosten an Eisen ausgleichen kann, oder nicht.

Die zugelassene Beanspruchung der Rundeiseneinlagen einer Eisenbetonsäule beträgt im allgemeinen nach den Vorschriften der meisten Länder: 15 σ_b, wo σ_b die Beanspruchung des Betons, d. h. etwa 45 kg/cm² ist; die erlaubte Spannung ist daher etwa 675 kg/cm²; auf Grund der bisher ausgeführten zahlreichen Versuche können demgegenüber die steifen Eiseneinlagen bis zur Grenze beansprucht werden, die im Eisenbau als zulässig gilt, d. h. bis etwa 1400 kg/cm², wobei die im Eisenbau übliche und notwendige Abminderung auf Knickung entfällt. Der Unterschied zwischen 675 und 1400 ist so groß, daß durch die Mehrbeanspruchung des Eisens die Mehrkosten derselben in jedem praktischen Fall nicht nur aufgehoben, sondern die steife Bewehrung sich öfter wirtschaftlicher erweisen wird, als die schlaffen Eiseneinlagen.

Um die Wirtschaftlichkeit der steifen Bewehrung nachweisen zu können, müssen die Kosten von Säulen mit verschiedenen Belastungen und Abmessungen miteinander verglichen werden. Die Längsbewehrung der einzelnen Säulen, die aus St. 37, St. 48 und St. 52 hergestellt wird, soll zwischen 1—8% des Betonkernes schwanken. Um den Vergleich der Baukosten zu erleichtern, werden sich dieselben auf 1.0 m Säulenhöhe und 1.0 t Belastung beziehen.

---

[1]) Siehe auch „Zement", Jahrgang 1931, Seiten 955 und 973.

Die Gesamtbelastung der zur Untersuchung einbezogenen Säulen wurde mit 150, 250 bezw. 400 t angenommen. Die untersten Mittelstützen eines 7, 12 bezw. 20 Stock hohen Gebäudes erhalten folgende Belastungskraft. Falls die Stützenentfernung in der Querrichtung 5.5, und in der Längsrichtung 4.5 m beträgt [Abb. 1] und die rollende bezw. die ständige Belastung sämtlicher Decken 450 bezw. 300 kg/m² ist, so wird die Belastung einer Mittelstütze infolge einer Deckenkonstruktion:

$$5.50 \times 4.50\ (450 + 300) = 18.60 \text{ t.}$$

Vorausgesetzt, daß eine Stütze 900 kg wiegt, wird die Gesamtbelastung einer Stütze von einer Decke: $18.60 + 0.90 = 19.50$ t.

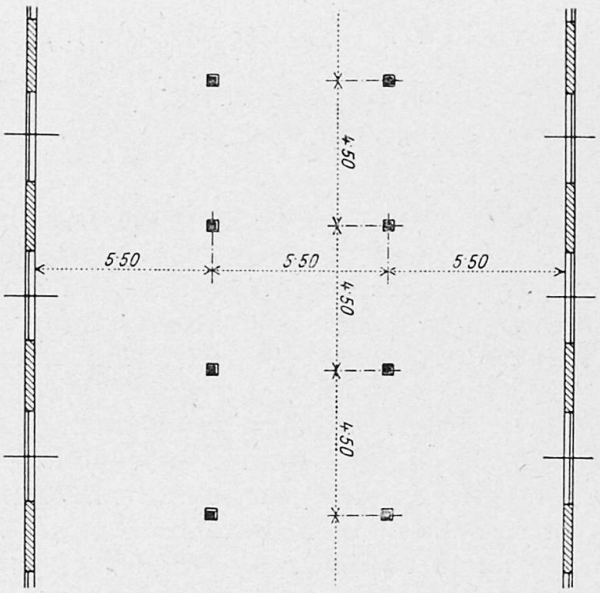

Fig. 1.

Die Belastung einer Stütze im Erdgeschoß — die Decke über dem Erdgeschoß eingerechnet — wird daher:

bei einem	7 Stock	hohen	Gebäude:	8×19.50	$= 156.0$ t
	12 „	„	„	13×19.50	$= 253.5$ t
	20 „	„	„	21×19.50	$= 409.5$ t

Diese Zahlenwerte beweisen, daß die richtige Behandlung solcher Lasten tatsächlich von großer praktischer Bedeutung ist.

Die statische Untersuchung wurde auf Grund der Emperger'schen Formel durchgeführt, wonach die zugelassene Belastung P beträgt:

$$P = F_b' \sigma_b + F_e \sigma_e + \gamma F_u \sigma_u \tag{1}$$

wo σ_b, σ_e bezw. σ_u die zugelassene Beanspruchung des Betons, der Längs- bezw. Querbewehrung und F'_b, F_e bezw. F_u die Querschnittsfläche des Betonkernes, der Längs- bezw. Querbewehrung bedeuten; es ist dabei zu bemerken, daß F_u auf die Längeneinheit der Stütze umgerechnet wurde. Es wird angenommen, daß

$$\sigma_b = 45 \text{ kg/cm}^2 \qquad \gamma = 1.5$$

und die zugelassene Beanspruchung der Längsbewehrung beträgt:

St. 37: $\sigma_e = 1400$ kg/cm²
St. 48: $\sigma_e = 1700$ „
St. 52: $\sigma_e = 2100$ „

Die erlaubte Spannung der Querbewehrung ist mit: $\sigma_u = 1700$ kg/cm² angenommen worden, da zur Umschnürung immer St. 48 verwendet werden kann.

Vorausgesetzt wird, daß die Fläche der Längsbewehrung $100\,x$ Prozent des Betonkernes beträgt:

$$F_e = x F_b' \tag{2}$$

und daß die Fläche der Querbewehrung — F_u — bei sämtlichen, zum Vergleich gelangenden Stützen, genau 1 % des Betonkernes ausmacht:

$$F_u = 0.01\, F_b' \tag{3}$$

Wenn die Werte der Formel 2 und 3 in die Gleichung 1 eingesetzt werden:

$$P = 45\, F_b' + x F_b' \sigma_e + 1.5 \times 0.01\, F_b' \times 1700 = (70.5 + x\,\sigma_e)\, F_b'$$

und angenommen wird, daß $70.5 + x\,\sigma_e = K$ (4)

so wird die Grundformel: $P = K F_b'$ (5)

Der Wert K hängt natürlich nur von dem Prozentsatz und Material der Längsbewehrung ab, er ist daher gewissermaßen als ein konstanter Faktor zu betrachten.

Die Längsbewehrung wird im Folgenden mit 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 und 8 % des Betonkernes aufgenommen, daher:

$$x = 0.01,\ 0.02,\ 0.03,\ 0.04,\ 0.05,\ 0.06,\ 0.07,\ 0.08.$$

Stärkere Längsbewehrung als 8 % des Betonkernes braucht man nicht in Betracht zu ziehen; die starken Eiseneinlagen sind immer dann nötig, wenn die vorgeschriebene Säulenbreite klein ist; in einem solchen Falle spielt die Wirtschaftlichkeit natürlich keine Rolle.

Die K-Werte wurden auf Grund der Formel 4 den verschiedenen Prozentsätzen und Eisensorten entsprechend berechnet, und in der Tabelle I zusammengestellt.

Tabelle I.

K-Werte.

Stahlbewehrung (%)	K-Werte, wenn die zulässige Spannung		
	1400	1700	2100
	kg/cm² beträgt		
1	84,3	87,3	91,3
2	98,3	104,3	112,3
3	112,3	121,3	133,3
4	126,3	138,3	154,3
5	140,3	155,3	175,3
6	154,3	172,3	196,3
7	168,3	189,3	217,3
8	182,3	206,3	238,3

Der Säulenquerschnitt ist achteckig angenommen; die steife Eisenbewehrung kann aus verschiedenen Formeisen gebildet werden [Abb. 2]. Es wäre möglich gewesen, auch den quadratischen oder kreisrunden Querschnitt im Vergleich einzubeziehen; eine umschnürte Säule wird aber mit quadratischem Querschnitt sehr selten ausgeführt, daher sind auch die Versuche damit lücken-

haft. Der Unterschied zwischen einem kreisrunden und einem achteckigen Querschnitt besteht nur in der Betonschale; da aber der ganze Betonquerschnitt und Umfang, d. h. der Betonbedarf und die Schalungsfläche im Falle gleicher Belastungsfähigkeit bei dem achteckigen Querschnitt größer ist, als bei einem kreisrunden, so ist die runde Säule sicherlich wirtschaftlicher, als die achteckige, und es wurden daher die runden Säulen bei der Untersuchung der Wirtschaftlichkeit außer Acht gelassen.

Es ist auf Grund der Formel 5:

$$F_b' = \frac{P}{K} \tag{6}$$

Wenn der Durchmesser der Kernfläche mit d bezeichnet wird, so wird:

$$F_b' = \tfrac{1}{4} d^2 \pi \tag{7}$$

Aus den Formeln 6 und 7 erhält man:

$$d = \sqrt{\frac{4}{\pi} \frac{P}{K}} \tag{8}$$

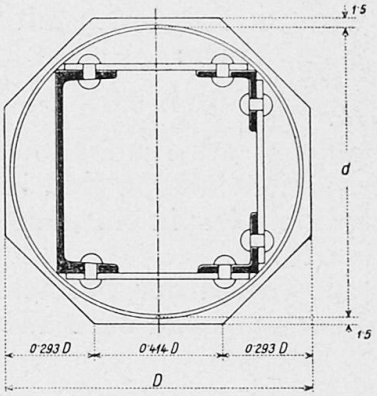

Fig. 2.

Mit Rücksicht darauf, daß die Betonschale wenigstens 1.5 cm dick ist, wird die Breite des achteckigen Querschnittes:

$$D = d + 2 \times 1.5 = d + 3 \tag{9}$$

Die Fläche des Betonquerschnittes ist:

$$F = D^2 - 2 \times 0.293^2 D^2 = 0.8284 D^2 \tag{10}$$

und der Umfang $$U = 8 \times 0.414 D = 3.314 D \tag{11}$$

Es ist selbstverständlich, daß F und U auch den Betonbedarf und die Schalungsfläche der Säule per l. M. darstellen.

Die Fläche der Längsbewehrung beträgt $x F'_b$, während deren Eigengewicht 0.785 $x F'_b$ ist. Das Eigengewicht des Querverbandes (Q), womit die einzelnen Eisenstangen fest verbunden werden, macht ungefähr 3—8 % aus, je nach dem Gewicht und der Stärke der Längseisen, der Breite des Säulenquerschnittes, etc. Das Gewicht der Längsbewehrung ist daher:

$$G_1 = 0.785\, x F_b' + Q \tag{12}$$

Da die Umschnürung 1 % des Betonkernes ist, wird ihr Eigengewicht:

$$G_2 = 0.785 \times 0.01\, F_b' = 0{,}00785\, F_b' \tag{13}$$

Die Querschnittswerte (F'_b, d, D) und der Materialbedarf (F, U, G_1, G_2) der steifbewehrten Säulen sind auf Grund der Formeln 7—13 und der K-Werte berechnet worden, und die Resultate sind in den Tabellen II—IV zusammengestellt.

Tabelle II.

Abmessungen und Materialbedarf der Säulen, wenn die Belastung 150 t ist.

Zahlenwerte der Säulen		Zulässige Spannung der Längsbewehrung (kg/cm²)	Die steife Stahlbewehrung hat den perzentuellen Wert von							
			1	2	3	4	5	6	7	8
			des Betonkernes							
Fläche (F'_b) des Kernes	cm²	1400	1780	1525	1335	1187	1068	973	892	823
		1700	1718	1437	1237	1085	967	872	793	728
		2100	1643	1336	1125	972	857	765	692	630
Breite (d) des Kernes	cm	1400	47.6	44.1	41.3	38.8	36.9	35.2	33.7	32.4
		1700	46.8	42.8	39.7	37.2	35.1	33.3	31.8	30.5
		2100	45.7	41.2	37.8	35.2	33.1	31.2	29.7	28.3
Breite des Querschnittes (D)	cm	1400	50.6	47.1	44.3	41.8	39.9	38.2	36.7	35.4
		1700	49.8	45.8	42.7	40.2	38.1	36.3	34.8	33.5
		2100	48.7	44.2	40.8	38.2	36.1	34.2	32.7	31.3
Materialbedarf der Säulen pro lauf. M. an: Beton (F)	m³	1400	0.212	0.183	0.163	0.145	0.132	0.121	0.112	0.104
		1700	0.206	0.174	0.151	0.134	0.120	0.109	0.100	0.093
		2100	0.197	0.162	0.138	0.121	0.108	0.097	0.089	0.081
Schalung (U)	m²	1400	1.68	1.56	1.47	1.38	1.32	1.27	1.22	1.17
		1700	1.65	1.52	1.41	1.33	1.26	1.20	1.15	1.11
		2100	1.62	1.47	1.35	1.27	1.20	1.13	1.08	1.04
Steife Bewehrung (G_1)	kg	1400	14.63	25.02	32.69	38.69	43.45	47.47	50.65	53.37
		1700	14.11	23.52	30.25	35.35	39.23	42.36	44.98	47.11
		2100	13.49	21.82	27.48	31.57	34.71	37.12	39.12	40.73
Umschnürung (G_2)	kg	1400	13.96	11.96	10.47	9.32	8.38	7.64	7.00	6.46
		1700	13.48	11.27	9.71	8.52	7.59	6.84	6.22	5.72
		2100	12.88	10.48	8.83	7.63	6.73	6.01	5.43	4.95

Die Formeln haben die Abmessungen des Betons und Eisenquerschnittes ergeben, die in einem praktischen Fall natürlich aufzurunden sind. Die in den Tabellen II—IV eingetragenen Querschnittswerte dürfen aber nicht abgerundet werden, weil der Vergleich der Baukosten nur mit den theoretischen Werten möglich ist. Wenn z. B. die ideellen Eisenflächen bis zum Flächeninhalt der nächsten, in Betracht kommenden Walzprofile vergrößert worden wären, dann hätte dadurch die Kontinuität der Endresultate stark gelitten.

Wenn der Einheitspreis für Beton K_b, Schalung K_s, steife Längsbewehrung K_e und Umschnürung K_u ist, so sind die Herstellungskosten pro t Belastungskraft und für 1 lfd. m Säule:

$$\frac{1}{P}\left[FK_b + UK_s + G_1 K_e + G_2 K_u\right] \tag{14}$$

Die Einheitspreise wurden mit Verhältniszahlen angenommen und zwar für Beton mit 10.000 Einheiten, so daß die Umrechnung in jede Währung leicht erfolgen kann.

Tabelle III.

Abmessungen und Materialbedarf der Säulen, wenn die Belastung 250 t ist.

Zahlenwerte der Säulen			Zulässige Spannung der Längsbewehrung (kg/cm²)	Die steife Stahlbewehrung hat den perzentuellen Wert von							
				1	2	3	4	5	6	7	8
				des Betonkernes							
Fläche (F_b') des Kernes		cm²	1400	2970	2545	2230	1980	1780	1620	1485	1372
			1700	2865	2400	2060	1805	1610	1450	1320	1210
			2100	2740	2225	1875	1620	1425	1273	1150	1048
Breite (d) des Kernes		cm	1400	61.5	57.0	53.4	50.3	47.6	45.5	43.4	41.8
			1700	60.4	55.4	51.3	48.0	45.3	43.0	41.0	39.3
			2100	59.1	53.2	48.9	45.5	42.6	40.2	38.3	36.5
Breite des Querschnittes (D)		cm	1400	64.5	60.0	56.4	53.3	50.6	48.5	46.4	44.8
			1700	63.4	58.4	54.3	51.0	48.3	46.0	44.0	42.3
			2100	62.1	56.2	51.9	48.5	45.6	43.2	41.3	39.5
Materialbedarf der Säulen pro lauf. M. an	Beton (F)	m³	1400	0.346	0.298	0.264	0.235	0.212	0.195	0.179	0.167
			1700	0.333	0.283	0.245	0.216	0.192	0.175	0.160	0.148
			2100	0.320	0.262	0.223	0.195	0.172	0.154	0.141	0.129
	Schalung (U)	m²	1400	2.14	1.99	1.87	1.77	1.68	1.61	1.54	1.49
			1700	2.10	1.93	1.80	1.69	1.60	1.52	1.46	1.40
			2100	2.06	1.86	1.72	1.61	1.51	1.43	1.37	1.31
	Steife Bewehrung (G_1)	kg	1400	24.73	42.23	55.30	65.27	73.12	79.77	85.15	89.70
			1700	23.83	39.79	50.99	59.37	66.06	71.18	75.47	78.99
			2100	23.12	36.76	46.31	53.16	58.28	62.31	65.57	68.20
	Umschnürung (G_2)	kg	1400	23.30	19.95	17.48	15.55	13.95	12.71	11.65	10.77
			1700	22.48	18.83	16.16	14.15	12.63	11.37	10.35	9.50
			2100	21.50	17.45	14.70	12.70	11.17	10.00	9.03	8.23

Die Einheitspreise sind:

Beton		10.000
Schalung		500
Längsbewehrung	St. 37	8.000
„	St. 48	9.000
„	St. 52	10.000
Umschnürung		9.000

Die Schalung ist scheinbar gegenüber dem Beton zu billig angenommen; es muß aber beachtet werden, daß die Säulen in jedem Geschoß dieselben Abmessungen haben und daher die Schalung in jedem Geschoß unverändert benützt werden kann. Mit höherem Schalungspreis fiele übrigens der Vergleich für die steifbewehrten Säulen günstiger aus, weil die üblichen Eisenbetonsäulen größere Querschnittsflächen und dementsprechend auch größere Schalungsflächen benötigen, als die Säulen mit steifer Bewehrung. Die Längsbewehrung ist natürlich bedeutend billiger als eine Stahlsäule, da die Bearbeitung des Materials, die aus dem Einbau einiger Querverbindungen besteht, bedeutend weniger und einfacher ist und durch Schweißen noch weiter verbilligt werden kann.

Die Herstellungskosten der Säulen nach Formel 14 sind in der Tabelle V zusammengestellt; in Abb. 3 wurden die Säulenpreise graphisch aufgetragen, woraus die Gesetzmäßigkeit der Änderungen ersichtlich ist.

Tabelle IV.

Abmessungen und Materialbedarf der Säulen, wenn die Belastung 400 t ist.

Zahlenwerte der Säulen		Zulässige Spannung der Längsbewehrung (kg/cm²)	Die steife Stahlbewehrung hat den perzentuellen Wert von des Betonkernes							
			1	2	3	4	5	6	7	8
Fläche (F_b') des Kernes	cm²	1400	4740	4070	3565	3170	2850	2590	2375	2190
		1700	4580	3830	3300	2890	2575	2320	2110	1935
		2100	4385	3565	3000	2590	2280	2035	1840	1677
Breite (d) des Kernes	cm	1400	77.8	72.0	67.4	63.6	60.3	57.5	55.0	52.8
		1700	76.4	69.9	64.8	60.7	57.3	54.5	51.9	49.7
		2100	74.8	67.3	61.8	57.5	54.0	50.9	48.4	46.2
Breite des Querschnittes (D)	cm	1400	80.8	75.0	70.4	66.6	63.3	60.5	58.0	55.8
		1700	79.4	72.9	67.8	63.7	60.3	57.5	54.9	52.7
		2100	77.8	70.3	64.8	60.5	57.0	53.9	51.4	49.2
Materialbedarf der Säulen pro lauf. M. an: Beton (F)	m³	1400	0.542	0.467	0.411	0.367	0.333	0.304	0.279	0.258
		1700	0.523	0.441	0.381	0.336	0.302	2.274	0.250	0.230
		2100	0.503	0.410	0.348	0.303	0.269	0.241	0.219	0.201
Schalung (U)	m²	1400	2.68	2.48	2.33	2.21	2.10	2.01	1.92	1.85
		1700	2.63	2.41	2.25	2.11	2.00	1.91	1.82	1.74
		2100	2.58	2.33	2.15	2.01	1.89	1.79	1.70	1.63
Steife Bewehrung (G_1)	kg	1400	40.09	68.44	89.55	105.83	118.55	128.92	137.59	144.77
		1700	38.70	64.36	82.74	96.20	106.79	115.37	121.82	127.54
		2100	37.63	59.66	74.96	85.92	94.23	100.78	105.89	110.17
Umschnürung (G_2)	kg	1400	37.20	31.90	27.95	24.87	22.35	20.30	18.63	17.18
		1700	35.90	30.10	25.90	22.67	20.20	18.20	16.55	15.17
		2100	34.40	27.95	23.55	20.30	17.88	15.95	14.43	13.15

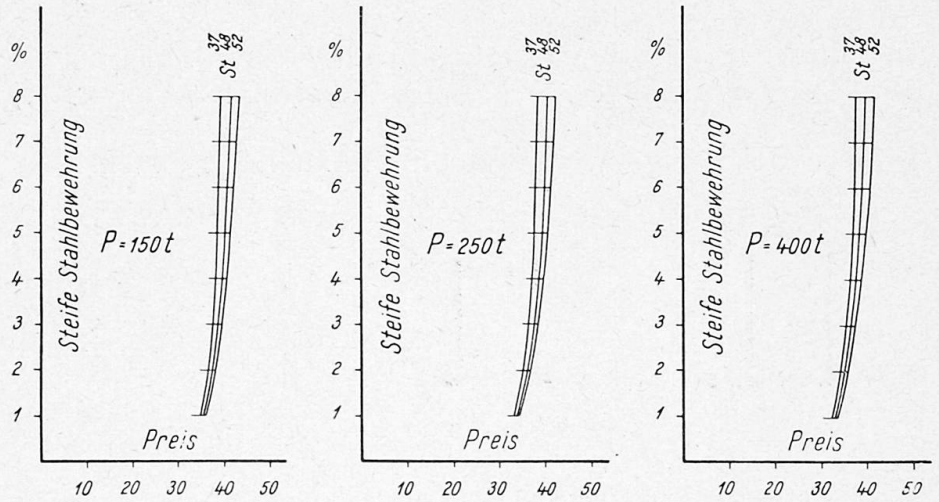

Fig. 3.

Steife Stahlbewehrung — Armature rigide — Stiff reinforcement.
Preis — Prix de revient — Cost.

Der Vollständigkeit wegen wurden auch die Abmessungen und Kosten der üblichen Eisenbetonsäulen [Abb. 4] und Stahlstützen [Abb. 5] ermittelt; die Eisenbetonsäule ist mit quadratischem Querschnitt ausgebildet, und mit

Tabelle V.

Preis der steifbewehrten Säulen für eine Belastung: 1.0 t und pro l. M.

Die Belastung der Säule war (t)	Zulässige Spannung der Stahlbewehrung (kg/cm²)	Preis der Säulen, wenn die steife Stahlbewehrung den perzentuellen Wert von							
		1	2	3	4	5	6	7	8
		des Betonkernes hat, pro l. M.							
150	1400	35.90	37.90	39.50	40.50	41.40	42.20	42.80	43.20
	1700	35.80	37.60	38.70	39.70	40.30	40.70	41.30	41.60
	2100	35.30	36.50	37.30	37.90	38.40	38.60	38.80	39.00
250	1400	34.40	36.60	38.30	39.40	40.30	41.20	41.70	42.20
	1700	34.20	36.30	37.60	38.50	39.30	39.70	40.20	40.60
	2100	33.90	35.20	36.20	36.90	37.30	37.60	37.90	38.10
400	1400	33.40	35.60	37.40	38.70	39.70	40.50	41.10	41.60
	1700	33.20	35.30	36.80	37.80	38.60	39.30	39.70	40.00
	2100	33.00	34.40	35.50	36.20	36.70	37.10	37.40	37.60

Rundeisen und Bügeln bewehrt. Die Stahlstützen sind aus je zwei U-Eisen und nötigenfalls aus je zwei Eisenblechen zusammengestellt. Die Baukosten dieser Säulen, die sich ebenfalls auf 1.0 m Säulenlänge und 1.0 t Belastung beziehen, sind in der Tabelle VI eingeschrieben.

Wenn die Herstellungskosten der steifbewehrten Eisenbetonsäulen mit denjenigen der üblichen Eisenbeton- und Stahlstützen verglichen werden, dann beweisen die Endresultate folgendes:

1. Eisenbetonsäulen sind immer wirtschaftlicher als Stahlsäulen, obwohl die beiden Bauweisen nicht gleichwertig sind, da die Stahlsäulen noch gegen Rost- und Feuersgefahr zu schützen sind.
2. Die steifbewehrten Eisenbetonsäulen sind nur dann wirtschaftlicher als die üblichen Eisenbetonsäulen, wenn die steife Bewehrung nicht mehr als 2—3 % des Betonkernes beträgt.
3. Die edleren Stahlsorten vermindern die Herstellungskosten.
4. Durch stärkere Längsbewehrungen erhöhen sich die Herstellungskosten.
5. Größere Belastung vermindert die Herstellungskosten.

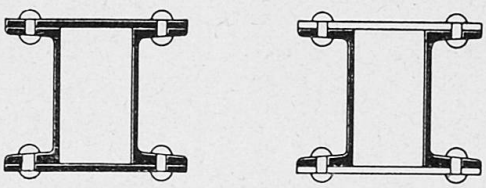

Fig. 4.

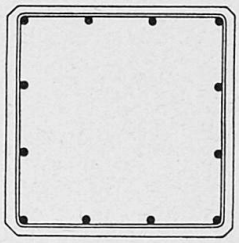

Fig. 5.

Theoretisch wäre eigentlich zu erwarten, daß die Säulenpreise pro t von der Belastung, die zur Grundlage der Berechnung dienten, unabhängig sind; der Grund dafür, warum dies nicht der Fall ist, liegt darin, daß die Betonschale, die Schalung und die Querverbindung der Bewehrung mit der Belastung in nicht linearem Verhältnisse stehen.

Falls mit anderen Einheitspreisen gerechnet wird, ist zu erwarten, daß in den Endresultaten sich gewisse Verschiebungen ergeben. Die allgemeinen

Regeln aber, die oben in den Punkten 1—5 zum Ausdruck gebracht sind, werden dadurch nicht geändert.

Tabelle VI.
Preis der Eisenbeton- und Stahlsäulen für eine Belastung von 1.0 t und pro l. M.

Preis der Säule		Die Belastung der Säule war (*t*)		
		150	250	400
aus Eisenbeton		40.00	37.50	35.70
aus Stahl, wenn die zulässige Spannung war (kg/cm²)	1400	74.80	66.40	64.60
	1700	72.00	64.20	62.40
	2100	69.60	65.20	57.80

Auf Grund der obigen zahlenmäßigen Resultate ist es erforderlich, daß steife Bewehrung und edleres Stahlmaterial verwendet werden soll, jedoch nicht mit zu großem Prozentsatz. Steife Bewehrung kann man schon bei mittelgroßer Belastung einbauen, während hochwertiger Stahl nur bei großer Belastung gewählt werden kann.

Bei stärkeren Stahlbewehrungen erhöhen sich die Herstellungskosten der Säulen; die Erhöhung ist aber so gering, daß dieser Nachteil durch den bedeutend kleineren Raumbedarf der Säulen ausgeglichen erscheint. Wenn zum Beispiel die Belastung 250 t beträgt, und 2 % Längsbewehrung aus St. 48 verwendet werden, dann erfordert der achteckige Säulenquerschnitt eine Breite von 58.4 cm. Falls aber 8 % Längsbewehrung eingebaut wäre, dann wäre die erforderliche Säulenbreite nur 42.3 cm. In diesem Falle kann man aber 38 % an Raum gewinnen, wobei der Herstellungspreis nur 12 % höher wird. Es ist klar, daß es gegebenenfalls zweckmäßig sein kann, stärkere Längsbewehrung zu verwenden, da die kleinere Säulenbreite dem Bauherrn öfter erhebliche Vorteile bietet.

Wie ersichtlich, ist die steife Druckbewehrung überhaupt nicht unwirtschaftlich; im Gegenteil, es gibt Fälle, in denen sie ganz beträchtlich billiger ist als die übliche Eisenbetonsäule. Bei Stahlskelettbauten bietet die Umschnürung und Einbetonierung der Stahlsäule besonders große technische und wirtschaftliche Vorteile, und auch gegenüber schlaffen Eiseneinlagen können steife Längseisen mit wesentlichen Vorteilen verwendet werden.

Zusammenfassung.

Die Wirtschaftlichkeit der steifbewehrten Druckglieder wurde bisher nirgends nachgewiesen, obwohl für die Praxis dies ebenso wichtig ist, wie die technischen Eigenschaften des genannten Säulensystems. Der Verfasser hat auf Grund des zuerst von Emperger aufgestellten Additionsgesetzes Säulen entworfen, die verschiedene Belastung — 150, 250, 400 t — erhalten, und mit verschiedenem Prozentsatz bewehrt sind. Die Resultate wurden miteinander und mit den Kosten der gleich starken Stahlstützen und Eisenbetonsäulen verglichen. Um den Vergleich zu erleichtern, sind die Herstellungs-

kosten sämtlicher Säulen auf 1.0 m Länge und 1.0 t Belastung bezogen. Die Endresultate beweisen, daß Eisenbetonsäulen immer wirtschaftlicher sind als reine Stahlsäulen, umsomehr als die Stahlsäulen noch gegen Rost- und Feuersgefahr geschützt werden müssen. Die steifbewehrten Eisenbetonsäulen hingegen sind nur dann wirtschaftlicher als die üblichen Eisenbetonsäulen, wenn die steife Bewehrung nicht mehr als 2—3 % des Betonkernes beträgt. Die edleren Stahlsorten und größeren Belastungen vermindern, die stärkeren Längsbewehrungen erhöhen die Herstellungskosten.

Résumé.

L'économie des membrures en compression à armature rigide n'a été jusqu'ici démontrée nulle part, bien qu'étant aussi importante pour la pratique que les propriétés techniques de ce système de colonne. S'appuyant sur la loi d'addition énoncée par Emperger, le premier, on a établi le calcul de colonnes pour différentes charges — 150, 250, 400 t. — et divers pourcentages d'armatures. Les résultats de ces calculs ont été comparés entre eux ainsi qu'avec les frais de construction de montants en acier et de colonnes en béton armé de même capacité de charge. Pour faciliter les comparaisons, on a rapporté les prix de revient de toutes les colonnes à l'unité de longueur — 1 mètre — et à l'unité de charge — 1 tonne.

Les résultats prouvent que les colonnes en béton armé sont toujours plus économiques que les montants en acier, bien que les deux types de construction soient d'inégale valeur du fait que les montants en acier doivent encore être protégés contre la rouille et le feu.

Les colonnes en béton à armature rigide ne sont plus économiques en comparaison aux colonnes en béton armé ordinaire que si l'armature rigide ne dépasse pas 2 à 3 % du béton. Le prix de revient diminue avec les qualités d'acier les meilleures et les plus fortes charges unitaires; il augmente avec les fortes armatures longitudinales.

Summary.

The economy of the stiffly reinforced compression members has nowhere as yet been proved, although in practice this is just as important as the technical properties of the mentioned column system. Based on the addition law first advanced by Emperger, columns are designed which receive different loads — 150, 250, 400 tons — and have different percentages of reinforcement; further, the results are compared with each other and with the costs of equally strong steel supports and reinforced concrete columns. In order to make the comparison easier, the cost of constructing all columns refer to a length of 1 metre and a load of 1 ton. The final results show that reinforced concrete columns are always more economical than steel columns, although the two methods of construction are not equal in value, since the steel columns have still to be protected against the risk of rusting and of fire. The stiffly reinforced concrete columns are only more economical than reinforced concrete columns of the usual type when the stiff reinforcement does not amount to more than 2—3 % of the concrete core. The higher-grade steels and greater loads reduce the cost of construction, whilst the stronger longitudinal reinforcement increases it.