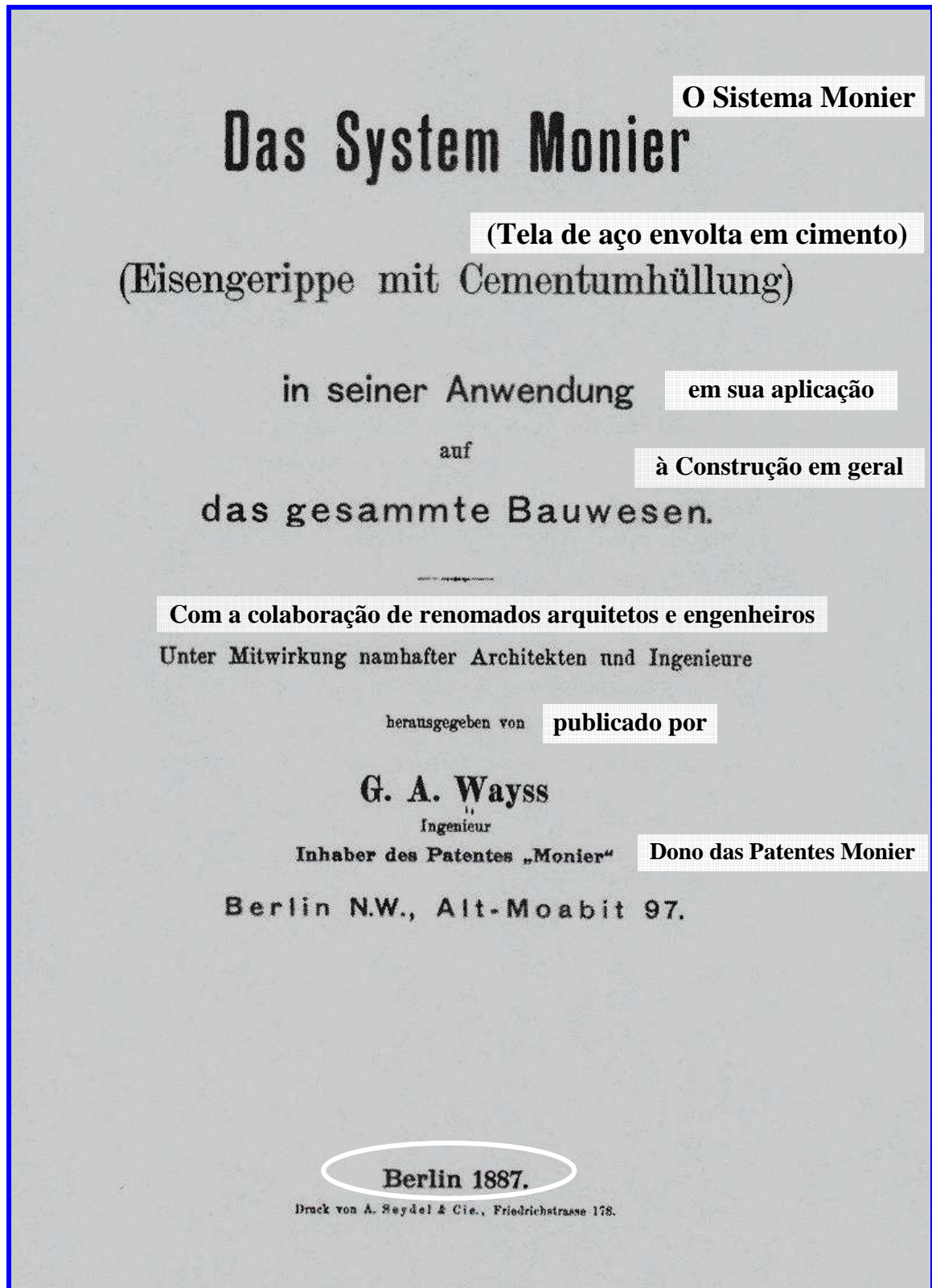




Livro “O Sistema Monier” - Berlin - 1887



Cópia e Reimpressão em 2010

Cópia original da Biblioteca da Universidade da Califórnia
Programa de reimpressão de Livros Históricos Raros.



Teoria de algumas construções importantes

THEORIE

einiger wichtiger Konstruktionen

Tela metálica envolvida com cimento

nach System Monier

Metallgerippe mit Cementumhüllung

nach der von Regierungs-Baumeister M. Koenen im Centralblatt der Bauverwaltung (Jahrgang 1886) angegebenen, mit den Belastungsversuchen übereinstimmenden Berechnungsweise.

Lajes Monier, Carregamento qualquer

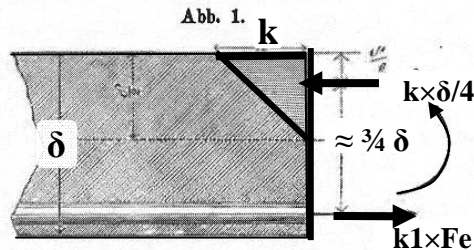
I. Monier-Platten, beliebig belastet.

Monier-Platten, welche wie ein Balken auf zwei Stützen auf Biegung in Anspruch genommen werden, mögen diese eben oder von Auflager zu Auflager beliebig, aber einfach gekrümmt sein, also auch bogenförmige Gebilde, die bei freier Beweglichkeit der Auflager im wagerechten Sinne von nur senkrecht gerichteten Auflagerdrücken getragen werden, also keinen Seitenschub ausüben bezw. für sich in Anspruch nehmen sollen, erhalten Stärke und Eisenquerschnitt nach folgender Festigkeitsberechnung:

Es sei gegeben eine Platte, deren Breite gleich der Längeneinheit und es bezeichne:

- δ die Dicke der Platte,
- F_0 den Eisenquerschnitt,
- M_{max} das grösste Biegemoment,
- k die zulässige Druckspannung des Cementmörtels,
- k_1 die gestattete Zugspannung des Schmiedeeisens;

bringt man die inneren Kräfte, welche das Widerstandskräftepaar ergeben, in der hiernebenangedeuteten Weise in Ansatz (Abb. 1), wobei auf die Zugspannung des Cementmörtels verzichtet ist, so berechnen sich δ und F_0 aus den beiden Gleichgewichtsbedingungen:



Teoria da flexão Estádio II

$[k_1] = \text{kgf} / \text{cm}^2$

$[k] = \text{kgf} / \text{cm}^2$

$[F_e] = \text{cm}^2 / \text{cm}$

$[\delta] = \text{cm}$

$[M_{max}] = \text{kgf.cm/cm}$

$$1. \dots k_1 \cdot F_0 = k \frac{\delta}{4}$$

$$2. \dots k \frac{\delta}{4} \cdot \frac{3}{4} \delta = M_{max}$$

Logo :

$$I. \dots \delta = 2,31 \sqrt{\frac{M_{max}}{k}}$$

$$II. \dots F_0 = \frac{1}{4} \frac{k}{k_1} \delta$$

σ adm. do concreto

σ adm. do aço



III. Protocolos sobre os ensaios de objetos
Monier em Breslau – 16/11/1886

III.

Protokolle über die Versuche an Monier-Objecten in Breslau.

A.

Breslau, den 16. November 1886.

Auf Ersuchen der Firma Gebr. Huber, Inhaberin des Monier-Patentes für die Provinzen Schlesien und Posen, wurden heute auf deren Grundstück, Nendorfstrasse Nr. 63 hier, in Gegenwart der mitunterzeichneten Baubeamten und Privatarchitekten in Gemeinschaft mit dem städtischen Branddirektor sowie einer grösseren Anzahl Fachgenossen eingehende Belastungs- und Feuerproben mit Monier-Konstruktionen vorgenommen, welche die folgenden Resultate ergaben.

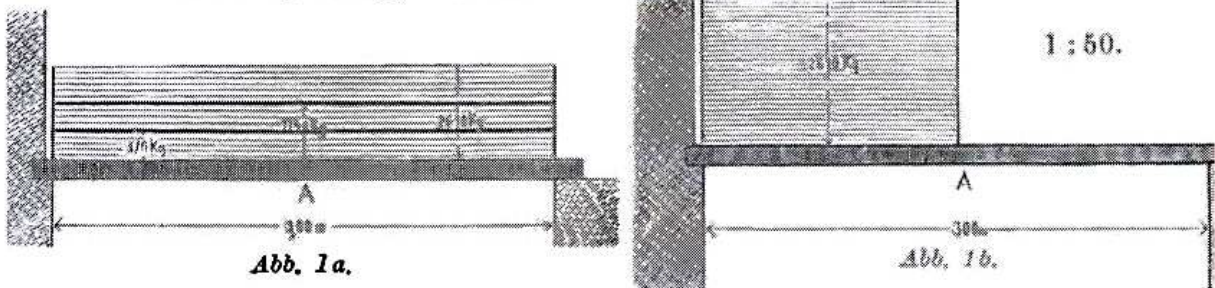
Ensaio em lajes
armadas em uma
direção

I. Belastungsproben.

Als Belastungsmaterial dienten gleichmässig geformte Cementfliesen von 30 cm □, 3 resp. 7 cm stark. Das Durchschnittsgewicht der ersteren wurde mit 5,8 kg, das der letzteren mit 12,6 kg ermittelt. Die Breite der belasteten Fläche war bei sämtlichen Versuchsobjekten durch 3 Plattenbreiten auf 90 cm bestimmt worden.

1.

Es wurde eine gerade 8,5 cm starke, 1,00 m breite Platte mit 2 Stützen frei aufliegend, bei 3,00 m weiter Spannung, belastet.



Belastungsergebnisse

a) bei gleichmässiger Belastung.

Last im Ganzen	Last pro lfd. m bei 0,90 m Breite	Durchbiegung in der Mitte der Platte
870 kg	322 kg	0,5 mm
1740 -	644 -	2,5 -
2610 -	966,6 -	4,5 -

b) bei einseitiger Belastung
der linken Plattenhälfte

2610 kg	1933,3 kg	5,8 mm
---------	-----------	--------



Três itens eram questionados no novo material “Cimento Armado”

1. A umidade do concreto poderia acelerar a corrosão das barras de aço.
2. A eventual falta de aderência entre o concreto e as barras de aço.
3. A diferença de deformação do concreto e do aço durante uma variação de temperatura.

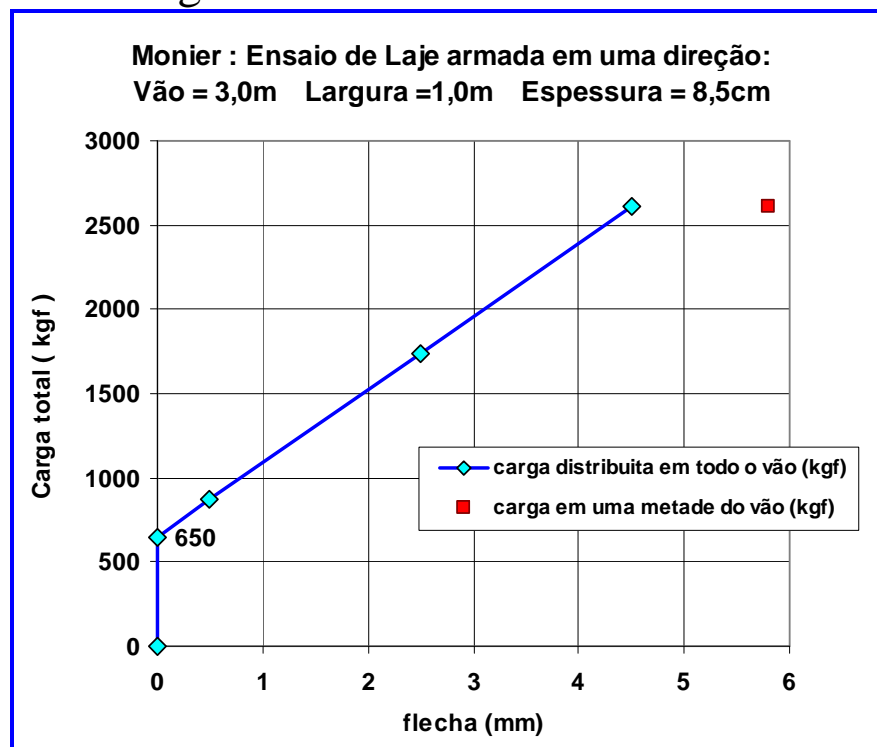
A firma Wayss & Freytag realizou, durante 20 anos, muitos ensaios para eliminar essas dúvidas. Hoje se sabe que a alcalinidade (pH=12 a 13) do cimento hidratado protege o aço contra a corrosão, que a aderência do aço e do concreto é boa (melhor ainda nas barras com nervuras) e que o concreto e o aço têm o mesmo coeficiente de dilatação (e de contração) térmica.

Exemplo : Ensaios de Lajes de Cimento armado.

Dimensões da laje ensaiada:

Vão L = 3,0m ; Largura b=1,0m ; Espessura e=8,5cm

Carga total x flecha no meio do vão



Momento fletor de fissuração :

$$M_{\text{fiss.}} = \frac{qL^2}{8} = \frac{Q_{\text{total}} \times L}{8} = \frac{650 \text{ kgf} \times 3,0\text{m}}{8} = 244 \text{ kgf.m}$$

$$\sigma_{\text{tração no concreto}} = \frac{M_{\text{fiss.}}}{W} = \frac{244 \text{ kgf.m}}{\frac{1,0\text{m} \times (0,085\text{m})^2}{6}} = 20 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} = 2,0 \text{ MPa}$$

A tensão de fissuração do concreto foi de 2,0 MPa o que faz supor uma resistência média à compressão de $f_c = 15 \text{ MPa}$, ou mais.



Tabelle Tabela de Lajes

der Plattenstärken und der Gewichte für Spannweiten von
0,70 bis 3,00 m und Belastungen von 150 bis 1200 kg
a. d. qm.

Vão (m) Spannweite	2,3 m		2,4 m		2,5 m		3,0 m	
	δ mm	G kg/qm	δ mm	G kg/qm	δ mm	G kg/qm	δ mm	G kg/qm
150	29	67	31	72	32	74	38	88
200	33	76	35	81	37	85	44	101
250	38	88	39	90	41	95	49	113
300	42	97	48	99	45	104	54	125
350	45	104	47	108	49	113	58	133
400	48	110	50	115	52	120	62	142
450	51	117	53	122	55	127	66	151
500	53	122	56	129	58	133	70	160
550	56	129	58	133	61	140	73	168
600	59	136	61	140	64	147	76	174
650	61	140	64	147	67	154	80	184
700	63	145	66	151	69	158	83	190
750	66	151	68	156	71	162	86	197
800	68	156	70	160	73	163	88	202
900	72	165	75	172	78	179	94	216
1000	75	172	79	181	82	188	99	227
1100	79	181	83	190	86	197	104	240
1200	83	190	86	197	90	206	108	248

p gleichmässig vertheilte Last.

δ Plattenstärke. — G Gewicht der Platten.

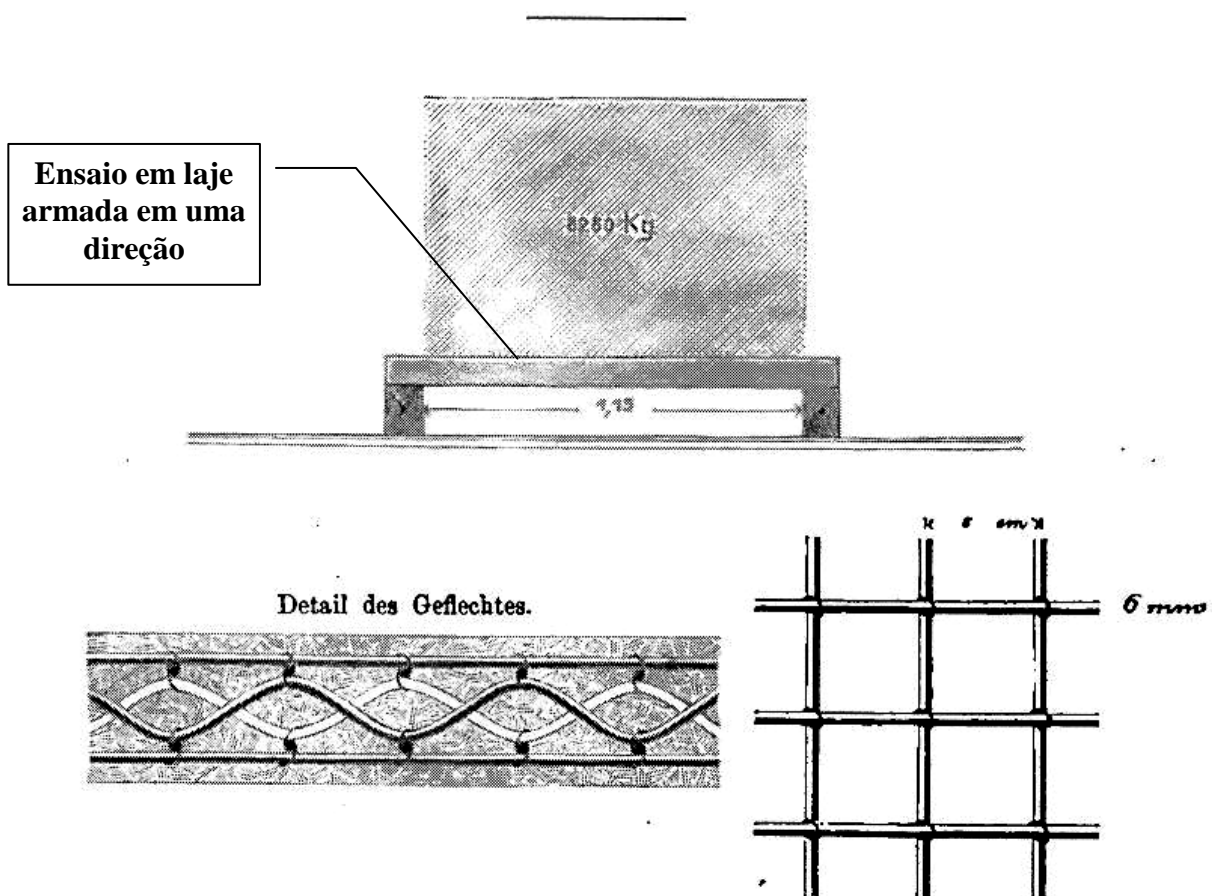
- p = carga distribuída uniforme (kgf/m^2)
- δ = espessura da laje (mm)
- G = Peso da laje (kgf/m^2)
- vão (Spannweite) = 2,3m a 3,0m



Protokoll

Über die Belastungsprobe einer nach dem System **Monier**
in der Fabrik des Herrn **G. A. Wayss**, Berlin, Chaussee-
strasse 36/37, angefertigten Cementplatte

am 14. Mai 1886, Nachmittags zwischen 3 und 6 Uhr.



Die mit A bezeichnete Platte hatte folgende Abmessungen:

1,35 m Länge, 0,8 m Breite und 0,09 m Dicke

und nach einem vorhandenen Muster eine zweifache, gitterartige und unter einander verbundene Drahteinlage.

Dimensionen
der Platte.

A laje tem as seguintes dimensões :

Comprimento: 1,35m ; Largura =0,80m ; Espessura =0,09m

A armadura em cada face é uma malha de 6mm cada 5cm



Durch dieselbe sollte die Zweckmässigkeit der Anwendung derartiger Platten für grosse Belastungen bei nur zulässiger flacher Ueberdeckung bei kleineren Spannweiten, im Speciellen in dem, den Unterzeichneten vorliegenden Fall: der Abdeckung eines grossen Wasserleitungsrohres von rot. 0,9 m Lichtweite zum Schutz gegen die event. Einwirkung einer darüber fahrenden grössten Dampfwalze des Berliner Magistrats mit einer Maximalbelastung von rot. 10,000 kg durch die Hauptwalze nachgewiesen werden.

Zweck der Belastung.

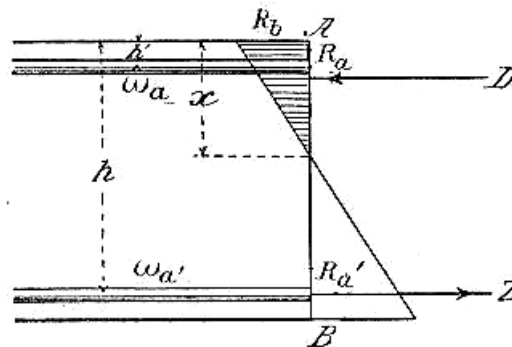
Foi testada a possível aplicação dessa laje como tampa, com cerca de 0,9m de vão, em uma vala de adutora de água na cidade. Serviria como proteção para a adutora quando da passagem de veículos pesados.

Deveria resistir à passagem de um rolo compressor da Prefeitura de Berlin, pesando 10 000 kg.

- Com um carregamento de 4 000 kg, a flecha era de 6mm a 7mm.
- Com um carregamento de 8 000 kg, (8700 kgf/m²) a flecha era de 12mm e não haviam fissuras ou qualquer dano.

Cálculo das tensões no estágio II

Ver formulação no Anexo nas páginas 17 e 18.



$$m = E_a/E_c = 10$$

$$\text{Armadura : } w_a = w_{a'} = 16 \text{ferros } 6\text{mm} = 16 \times 0,283 \text{ cm}^2 = 4,53 \text{ cm}^2$$

$$\text{Largura : } b = 80\text{cm} ; \text{ Altura útil : } h = 9\text{cm} - 1\text{cm} = 8\text{cm} ; h' = 1\text{cm}$$

Posição da linha neutra x:

$$x = -\frac{m(w_a + w_{a'})}{b} + \sqrt{\left(\frac{m(w_a + w_{a'})}{b}\right)^2 + \frac{2m}{b}(h \times w_{a'} + h' \times w_a)}$$

$$x = -\frac{10 \times (4,53\text{cm}^2 + 4,53\text{cm}^2)}{80\text{cm}} + \sqrt{\left(\frac{10 \times (4,53\text{cm}^2 + 4,53\text{cm}^2)}{80\text{cm}}\right)^2 + \frac{2 \times 10}{80\text{cm}} \times (8\text{cm} \times 4,53\text{cm}^2 + 1\text{cm} \times 4,53\text{cm}^2)} =$$

$$x = 2,25\text{cm}$$



Tensão de compressão no concreto :

$$R_b = \frac{6 \times M \times x}{b \times x^2 \times (3h - x) + 6 \times w_a \times m \times (x - h') \times (h - h')} =$$

$$R_b = \frac{6 \times 115000 \text{ kgf.cm} \times 2,25\text{cm}}{80\text{cm} \times (2,25\text{cm})^2 \times (3 \times 8\text{cm} - 2,25\text{cm}) + 6 \times 4,53\text{cm}^2 \times 10 \times (2,25\text{cm} - 1\text{cm}) \times (8\text{cm} - 1\text{cm})} = 138,5 \text{ kgf/cm}^2$$

$$R_b = 138,5 \text{ kgf/cm}^2 = \sigma \text{ concreto}$$

Tensão na armadura inferior tracionada:

$$R_{a'} = \frac{R_b \times (h - x) \times m}{x} = \frac{138,5 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right) \times (8\text{cm} - 2,25\text{cm}) \times 10}{2,25\text{cm}} = 3539 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right) = \sigma \text{ tração}$$

Tensão na armadura superior comprimida:

$$R_a = \frac{R_b \times (x - h') \times m}{x} = \frac{138,5 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right) \times (2,25\text{cm} - 1\text{cm}) \times 10}{2,25\text{cm}} = 769 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right) = \sigma \text{ compressão}$$

Tensão de cisalhamento nos apoios :

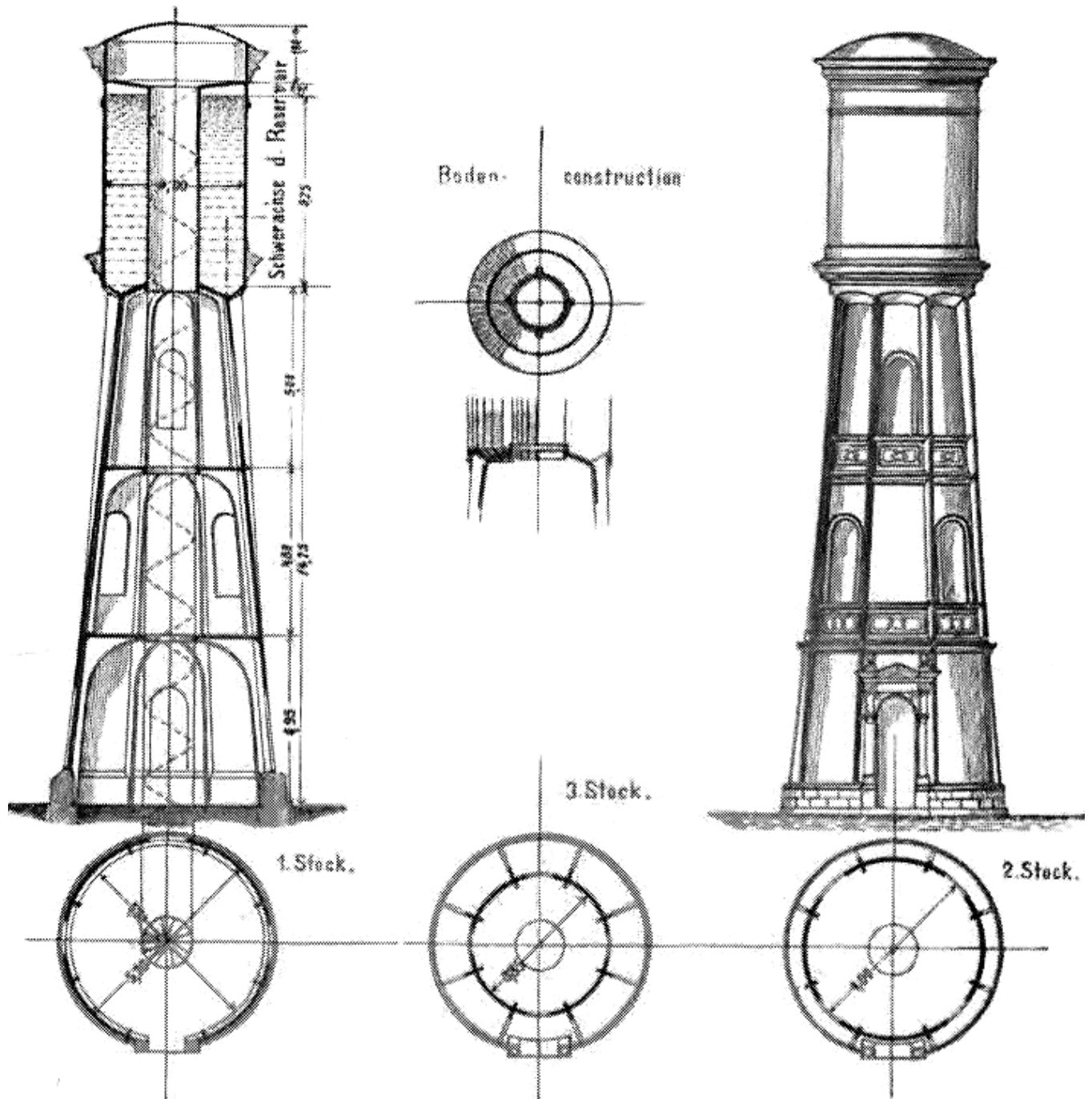
$$\tau = \frac{Q}{b \times z} = \frac{4000 \text{ kgf}}{80\text{cm} \times 7,2\text{cm}} = 6,9 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right) < 8 \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right)$$

- Segundo o relatório do ensaio, para um carga total de 8 000 kg , (8700 kgf/m²), a flecha era de 12mm e não haviam fissuras ou qualquer dano.

Comentário de E.C.S.Thomaz : *Sendo a tensão no aço, na barra tracionada, igual a 3539 kgf/cm², certamente existiam fissuras no concreto. O que ocorre é que, com o pequeno espaçamento de 5cm entre as barras da armadura, a abertura da fissura é pequena e foi considerada “imperceptível”.*



Abb. 28.



Reservatório elevado, padrão para várias obras, com 60 000 litros.

- A fundação foi calculada com o reservatório cheio e vazio, e com a atuação do vento nas duas situações.



Comentário ao final do Livro “Das System Monier” de 1887.

IV. Anhang.

Aufnahmen nach der Natur von einigen Bauausführungen und Anlagen nach Monier's System.

Von solchen Bauwerken, auf die im Vorstehenden wohl Bezug genommen ist, die aber dem Fachmann nach der vorausgegangenen Darstellung der Monier'schen Bauweise nichts Neues bieten, sollen nachfolgend nur Schaubilder nach photographischen Aufnahmen gegeben werden, um den Nachweis zu liefern, dass die Cement-Eisen-Konstruktionen bereits in grösseren Ausführungen die praktische Probe bestanden haben.

Mögen sie allen Denen, welche aus Scheu vor dem Neuem es vorziehen beim Alten zu bleiben, zeigen, dass die Praxis schon ihr Urtheil über die Monier'sche Bauweise gefällt hat. Wir wissen, dass es ohne Versuche mit dem Neuem, sofern es nur vernünftig erscheint, keinen Fortschritt in der Technik giebt!

IV. Anexo

Fotos segundo os tipos de execução de obras e instalações segundo o Sistema de Monier.

Veremos apenas fotos daquelas obras, que já mostramos anteriormente, mas que, no entanto, para um Técnico não apresenta nada de novo nas demonstrações do processo de Monier, para comprovarmos que a Construção “Cimento + Aço” já passou na prova prática de grandes realizações.

Possam elas mostrar a todos aqueles que, por temor diante do Novo, preferam permanecer no Antigo, que a Prática já se mostrou favorável ao processo construtivo de Monier.

Nós sabemos que sem Experiências com o Novo, desde que pareçam sensatas, não acontece nenhum progresso na Técnica.



Fotos do Livro “Das System Monier”

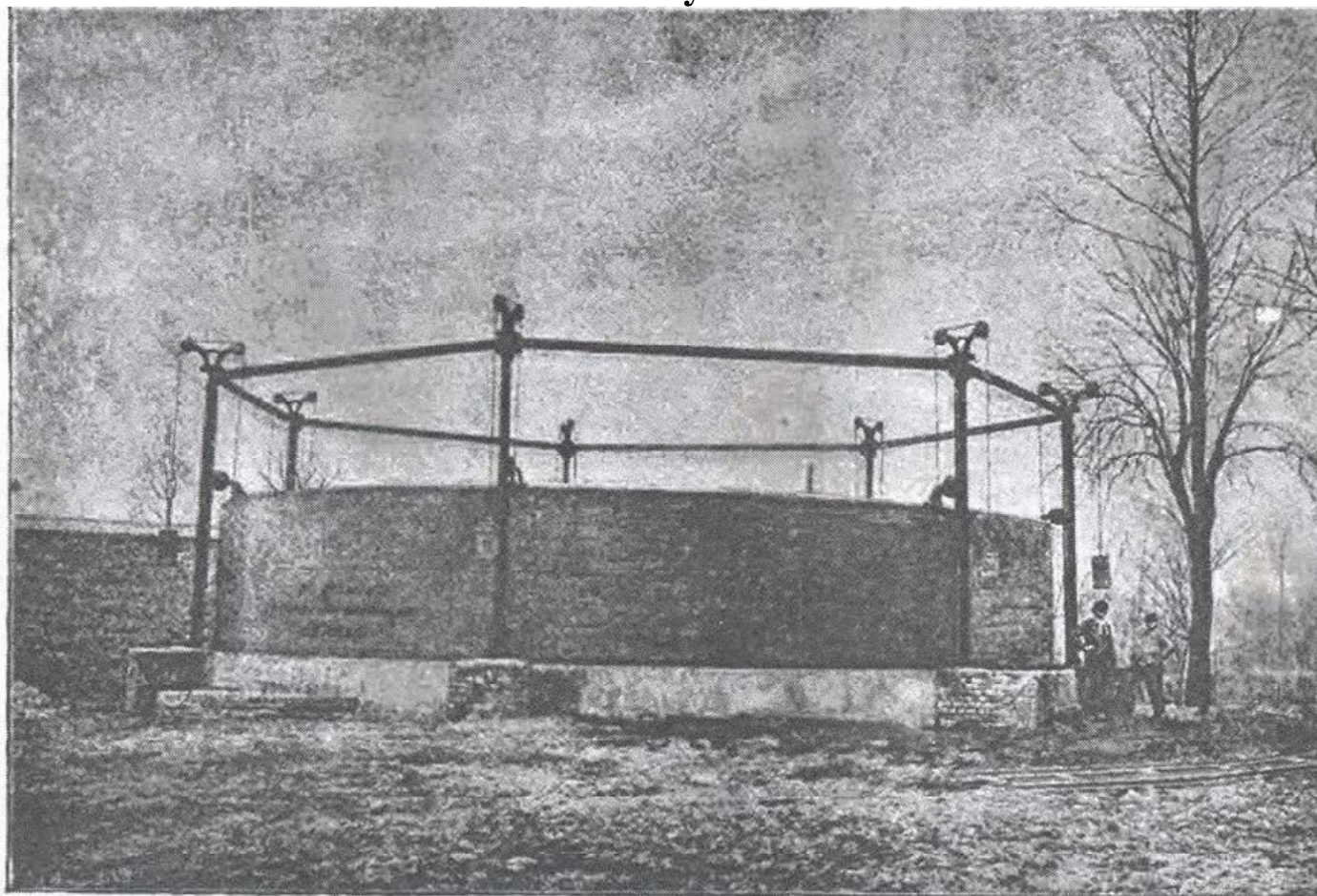


Canalanlage in Offenbach a/Main.

Canalização em Offenbach / Main - Diâmetro 1,80m



Foto do Livro “Das System Monier”



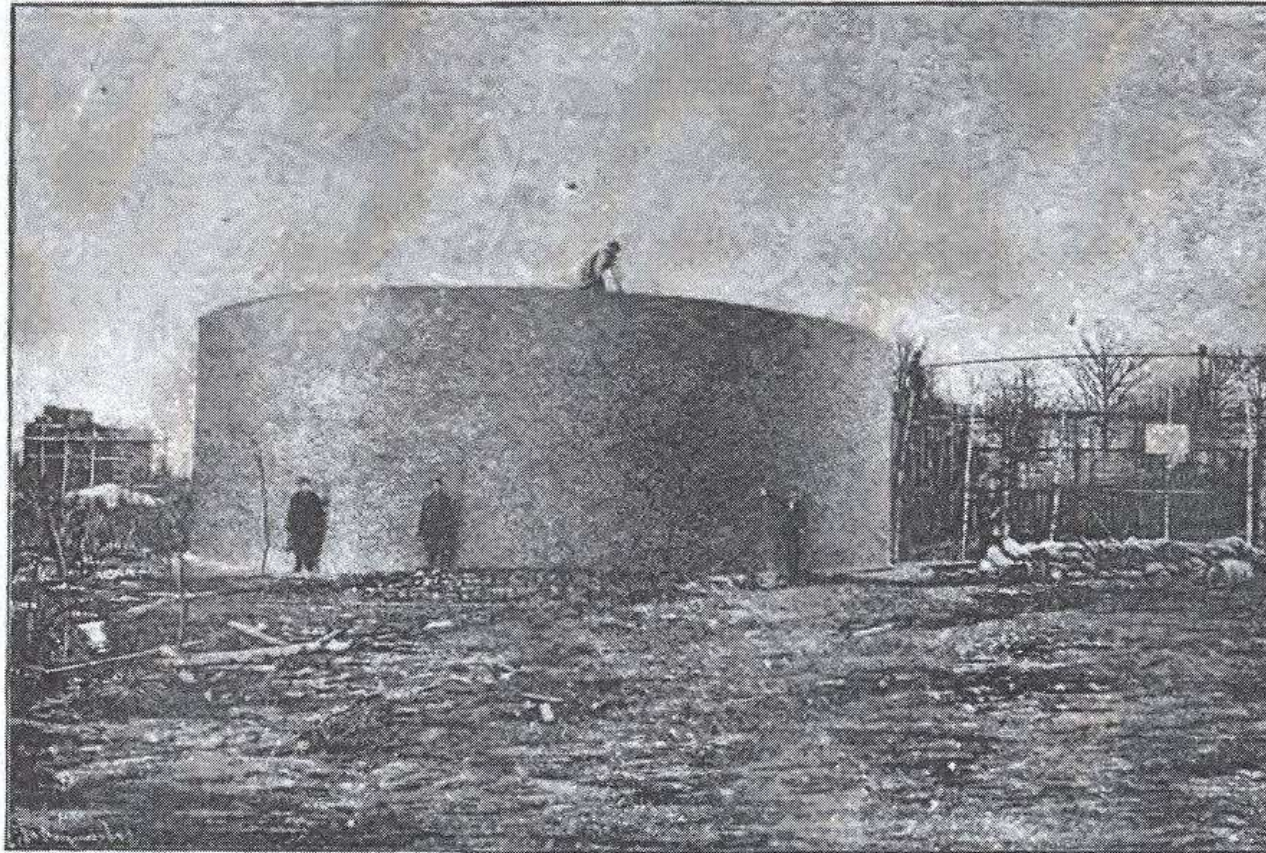
Gasometer-Behälter

ausgeführt in der Spiritusbrennerei und Hefefabrik zu Moutières-les-Amiens (Somme).
Durchmesser 10,00 m; Höhe 4,00 m. Inhalt 340000 Liter.

Reservatório de gás – Diâmetro 10,00m - Altura 4,00m - Volume 340 000 litros



Foto do Livro “Das System Monier”



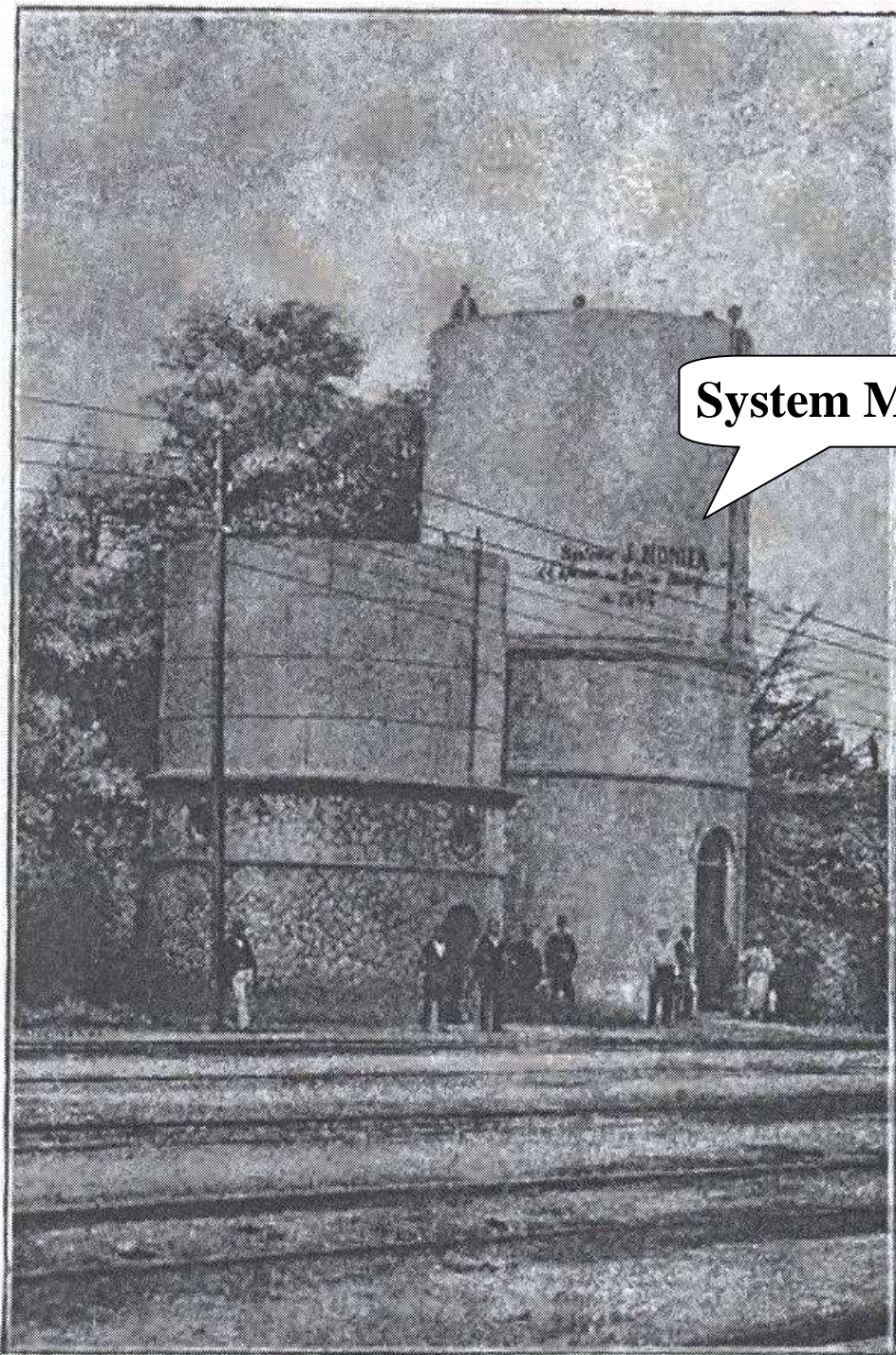
Reservoir

für die Gesellschaft der Wasserwerke (Société Générale des Eaux) zu Paris, ausgeführt zu Sevres aux Bruyeres.
Durchmesser 16,00 m; Höhe 5,00 m. Inhalt 2000000 Liter.

Reservatório de água : Diâmetro 16,00m – Altura 5,00m - Volume 2 000 000 litros.



Foto do Livro “Das System Monier”



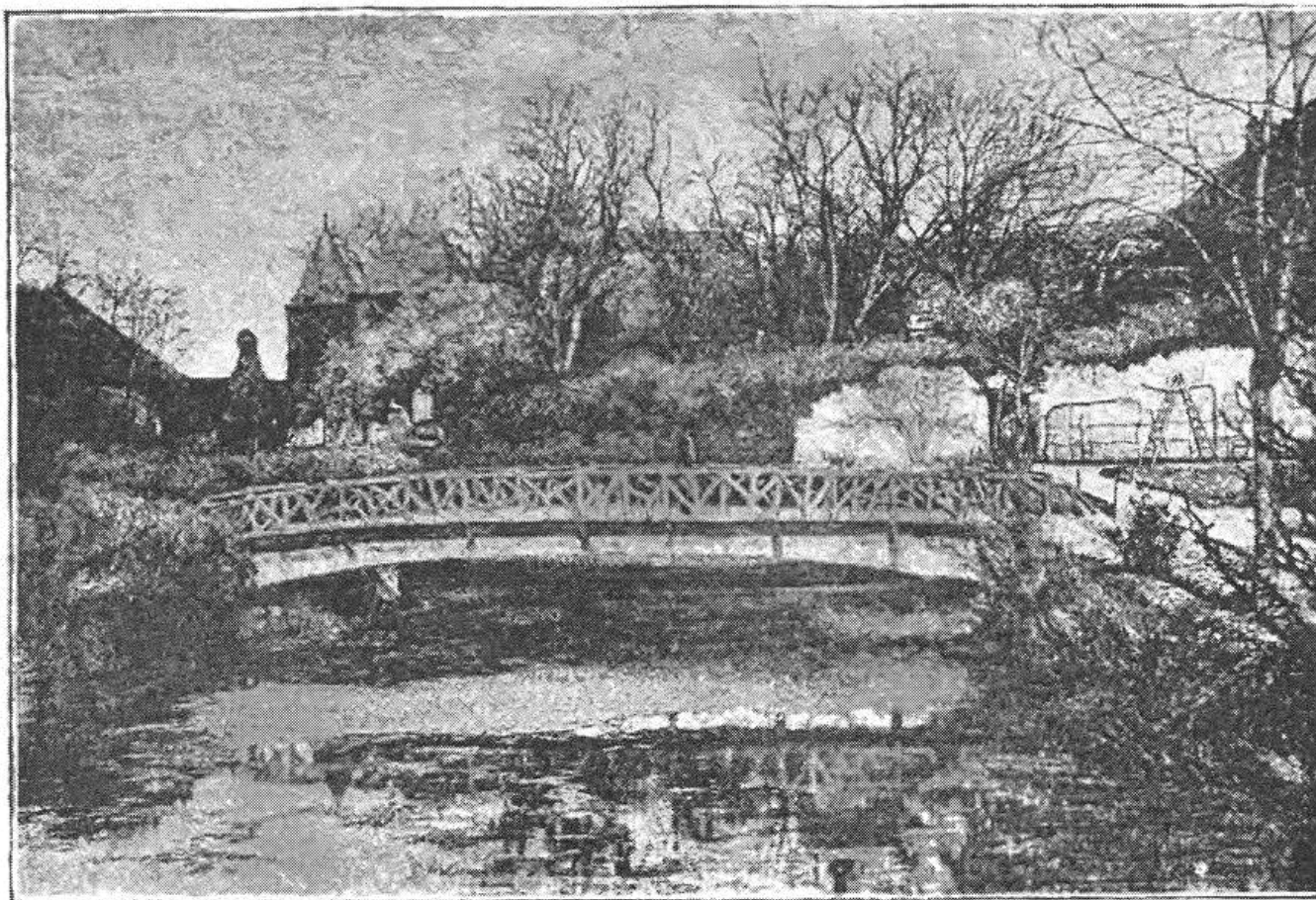
System Monier

Reservoir
ausgeführt für die West-Eisenbahn-Gesellschaft zu Alençon
(Departement Orne).
Inhalt 180 C.-M.

Reservatório - Volume 180 000 litros



Foto do Livro “Das System Monier”



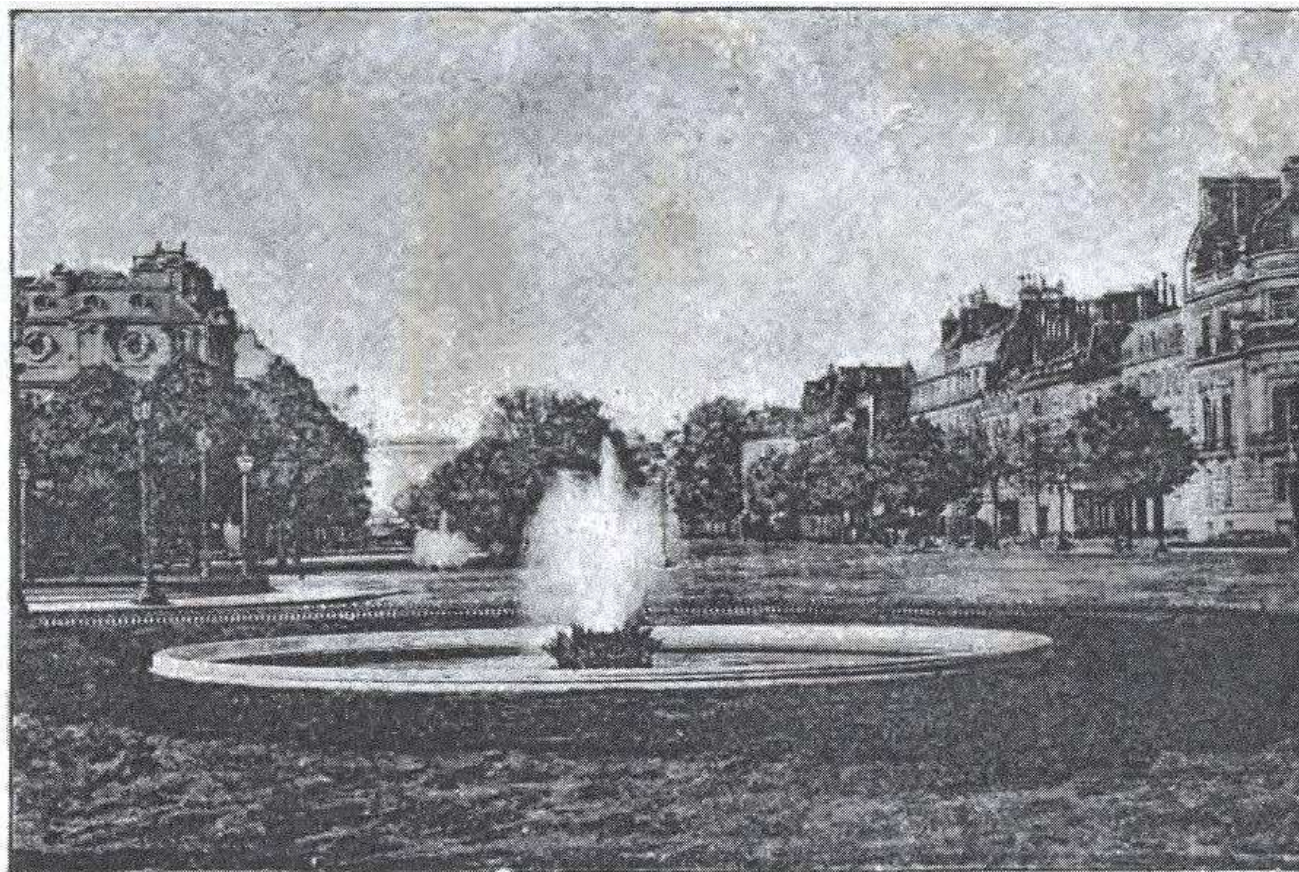
Dorfbrücke

ausgeführt auf der Besizung des Herrn Marquis Tilière im Schlossparke zu Chazelet, Indre.
Länge 16,50 m; Breite 4,00 m.

Primeira ponte em cimento armado do mundo ! (Vão =16,50m ; Largura =4,00m)



Foto do Livro “Das System Monier”



Springbrunnen-Bassin in Paris
nach System Monier.

Lago em cimento armado de um chafariz em Paris.



Livro de Emil Mörsch

Diretor da firma Wayss & Freytag, depois professor da
Universidade Técnica de Stuttgart, Alemanha.

LE BÉTON ARMÉ ÉTUDE THÉORIQUE ET PRATIQUE

TRADUIT DE L'ALLEMAND

Avec Essais et Constructions de la Maison Wayss et Freytag

PARIS

1909

SECTION RECTANGULAIRE A DOUBLE ARMATURE

Il convient quelquefois de disposer, dans la zone comprimée du béton une seconde armature qui, du reste, n'est que peu importante dans la plupart des cas. On admet comme dans la méthode de calcul dont nous venons de parler, que la coefficient d'élasticité E_b du béton est constant.

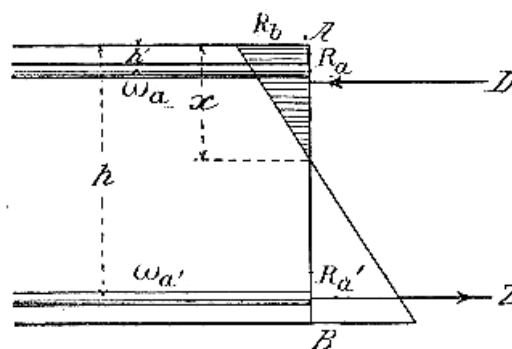


Fig. 80.

L'égalité des efforts de compression et de traction qui subit une section transversale (fig. 80) peut être exprimée par l'équation suivante :

$$\omega_a' \cdot R_a' = \frac{b}{2} \cdot R_b \cdot x + \omega_a \cdot R_a \quad (1)$$

On néglige la petite diminution de section due à la présence de l'arma-



ture dans la zone comprimée du béton. La déformation plane de la section transversale donne ensuite :

$$\frac{R_b}{E_b} : \frac{R_a'}{E_a} = x : (h - x) \quad (2)$$

$$\frac{R_b}{E_b} : \frac{R_a}{E_a} = x : (x - h') \quad (3)$$

$$M = R_b \cdot \frac{x \cdot b}{2} \cdot \left(h - \frac{x}{3} \right) + \omega_a \cdot R_a (h - h') \quad (4)$$

Ces 4 équations permettent de déterminer les 4 inconnues x , R_a' , R_a et R_b , lorsqu'on connaît les autres quantités.

Des équations (2) et (3) résulte, avec $\frac{E_a}{E_b} = m$

$$\circledast \quad R_a' = \frac{R_b \cdot (h - x) \cdot m}{x} \quad (5)$$

$$\circledast \quad R_a = \frac{R_b \cdot (x - h') \cdot m}{x} \quad (6)$$

Ces valeurs, introduites dans l'équation (4), donnent l'équation du 2^e degré en x

$$x^2 + 2 \cdot x \cdot m \cdot \frac{\omega_a + \omega_a'}{b} = \frac{2 \cdot m}{b} (h \cdot \omega_a' + h' \cdot \omega_a) \quad (7)$$

On arrive au même résultat en exprimant la condition que la ligne neutre doit passer par le centre de gravité de la section fictive, dans laquelle les sections de fer sont remplacées par des sections en béton m fois plus grandes ; le centre de gravité doit donc tomber sur la limite de la zone comprimée du béton.

$$\circledast \quad x = -\frac{m(\omega_a + \omega_a')}{b} + \sqrt{\left(\frac{m(\omega_a + \omega_a')}{b} \right)^2 + \frac{2 \cdot m}{b} (h \cdot \omega_a' + h' \cdot \omega_a)} \quad (8)$$

Cette valeur de x , introduite dans l'équation (4), permet de calculer R_b :

$$\circledast \quad R_b = \frac{6 \cdot M \cdot x}{b \cdot x^2 \cdot (3h - x) + 6 \cdot \omega_a \cdot m (x - h') (h - h')} \quad (9)$$

On calcule ensuite R_a et R_a' à l'aide des équations (5) et (6). En faisant $\omega_a = 0$ dans les équations (7) et (9), on retrouve les formules de la page 84, pour le calcul des poutres à une seule armature.

+++