

fig. 17.

curva de los momentos máximos se pueda representar por una parábola. De la ecuación vertical de la parábola

$$57. \eta = \frac{\xi^2}{s^2} \cdot f$$

se puede derivar que empleando n hierros de la misma sección el hierro i se puede doblar para la compensación del máximo momento en la distancia de

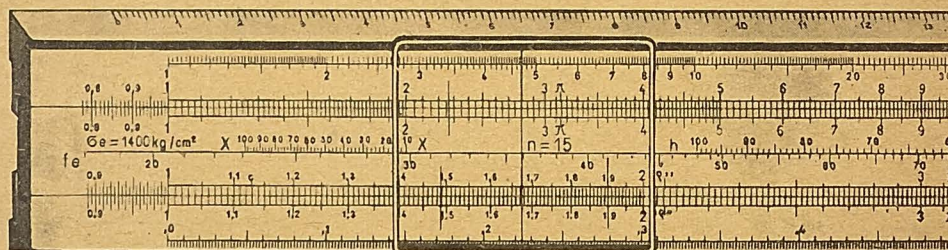
$$58. x_i = \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{i} = x_1 \sqrt{i} \quad (i = 1, 2 \dots n)$$

A los de nuestros lectores que aún no se han familiarizados con el empleo de la regla de cálculo, recomendamos nuestra publicación

LA REGLA DE CÁLCULO Y SU EMPLEO

en venta en todas librerías y casas de artículos de dibujo.

Regla de cálculo sistema NESTLER - Hoffmann



Esta regla de cálculo **no** lleva las escalas siguientes:

(1-s/3) sobre el bisel (descrita en página 9 de este folleto bajo 2).

$\omega (h_s/d)$ $\min \varphi (h_s/d)$ en el borde superior de la regla (escalas 3a y 3b, pág. 2).

30% - 0,8 **división roja** en el lado izquierdo de la reglilla.

ω_R y ω_D en el canto lateral (escalas 9 y 10 pág. 3).

Las escalas que las dos reglas sistema Dr. Schäfer y sistema Hoffmann tienen común son **A B C y D**, descritas en pág. 5 y 6, así como **las escalas h y fe** sobre la reglilla y **X 100 - 10 X** en la parte izquierda de la reglilla.

Los cálculos de los ejemplos 11-21 (páginas 9-14) pueden ser ejecutados de la misma manera con ambas reglas, así como todos los otros cálculos en que no se necesita las escalas especiales que distinguen la regla sistema Dr. Schäfer.

NESTLER

Regla de Cálculo Especial

para

la construcción de vigas hormigón y para
cálculos estádicos

«Sistema NESTLER - Dr. Ing. Schäfer»

y «Sistema NESTLER - Hoffmann»

Edición: ALBERT NESTLER A.G., LAHR/SCHW. (ALEMANIA)

Prefacio.

En vista de las calidades de acero que se fabrican actualmente y de las tensiones correspondientes admitidas, se construye la presente regla en dos modelos: una para las tensiones de $\sigma_s = 1200$ de un lado de la reglilla y la de $\sigma_s = 1400$ del otro.

Una otra regla lleva de un lado la escala para $\sigma_s = 1500$, y del otro la para $\sigma_s = 1800$ y puede emplearse mediante un dispositivo especial del cursor para los cálculos con las tensiones de 2000 kg/cm^2 y 2400 kg/cm^2 . La diversidad de las escalas hace necesario la construcción de dos reglas diferentes.

En las presentes reglas, el ingeniero de hormigón posee un auxilio, que le facilita en gran manera el cálculo de perfiles de hormigón y la verificación del mismo. Los valores de r , t , s ($1-s/3$), ω y φ_{min} están trazados entre los límites que bastan para todos los casos que se presentan en práctica de manera que todos los cálculos se puedan efectuar directamente y que los valores que ocurren en el cálculo se pueden determinar sin dificultad. Empleando esta regla de cálculo, se puede prescindir de todas las tablas; nuestro instrumento da los valores con mayor precisión y sin que faltan interpolaciones.

La determinación de cualesquier secciones simétricas se puede reducir lógicamente al examen de la sección rectangular de 1 m de ancho y este es el procedimiento que se explica en el presente folleto.

Resulta de nuestras investigaciones que solamente el momento de flexión M_s (respecto a la armazón de los hierros de tracción) domina totalmente la determinación de las secciones de las construcciones de hormigón. Los valores de r y t se extienden prácticamente al intervalo de 0 a 1. Se puede prescindir de la tabla de coeficientes que a veces exige interpolaciones fastidiosas. El alcance de la escala para la tensión ha sido extendida hasta $\sigma_b = 100 \text{ kg/cm}^2$.

También el cálculo exacto de los pisos con nervaduras con o sin considerar las presiones de hormigón es muy sencillo. Para este problema se ha hecho uso de una ecuación, desarrollada por el Dr. Pucher. La determinación

de la altura h mediante la regla es muy fácil, porque los valores $s = \frac{x}{h}$ y $\frac{1}{s}$ se pueden colocar directamente en la regla.

Especialmente fácil es la determinación de pilas oprimidas en el centro, eso vale no solo para la determinación de F_b y F_s sino que también para el examen de la rotura. Frente al grado de disminución λ , se puede leer exactamente el valor de rotura ω .

La determinación de perfiles en presencia de flexiones con fuerza axial ha sido expuesta con referencia a los trabajos de Mörsch. Las fórmulas más importantes para la construcción de hormigón armado se encuentran en el revés de la regla.

Las escalas de ω_R y ω_D en el borde vertical de la regla serán apreciadas por la simplificación del cálculo que ellas ofrecen. Por conclusión he de decir: Aunque ofrezca nuestra regla una simplificación notable del cálculo, no por ello deben tratarse los problemas con superficialidad.

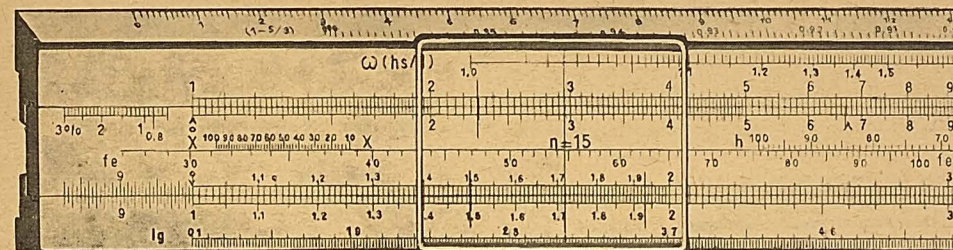
Nos consta que el estudio de las bases teóricas se hace de manera bastante superficial y que se descuida casi totalmente el de los materiales y de los ensayos.

La presente instrucción supone perfecto conocimiento de todos las particularidades de la construcción de hormigón armado como se puede desprender de los trabajos de Mörsch, Domke, Graf etc.

En cuanto a las dimensiones, nos hemos basado en las de Mörsch.

Frankfurt a. Main, Enero 1938.

Doctor Ing. Schäfer.



La Regla de Cálculo

«Systema Nestler - Dr.-Ing. Schäfer»

Para aprovechar en toda su extensión las explicaciones que siguen, el conocimiento de la regla de cálculo y de las bases de la construcción de hormigón armado es indispensable.

Especialmente se deben conocer las fórmulas siguientes:

$$\begin{aligned} \text{I) } h &= r \sqrt{\frac{M}{b}} & \text{II) } f_s &= t \sqrt{\frac{M}{b}} \cdot b & \text{III) } x &= sh & \text{IV) } z &= h - \frac{x}{3} = (1-s/3) h \\ & & & & & & & \text{V) } F_b &= \frac{\omega P}{\sigma_b (1 + 15 \varphi)} \end{aligned}$$

Por lo tanto, nuestra regla lleva especialmente las escalas para r , t , s ($1-s/3$), ω y $(1 + 15 \varphi)$.

A demás del valor ω de rotura, ocurren también los valores de φ para la armadura mínima de pilas gruesas, dependiendo así como ω del grado de disminución $\lambda = \frac{h_s}{d}$. Debe llevar la regla por lo tanto una escala que indica

sin complicación alguna el porcentaje de armazón correspondiente al grado de disminución h_s/d . Para facilitar las explicaciones damos en primer lugar una descripción de las escalas con su empleo y con sus correspondientes números. Estos números no se han grabado en la regla puesto que no se les necesita para el uso corriente. Para el estudio se puede hacer un esbozo de las escalas con sus correspondientes números.

A. Descripción de la Regla.

1. La escala en milímetros en el borde achaflanado de la regla.

2. La escala ($1-s/3$). s constituye el valor de la ecuación $x = s \cdot h$. Si se coloca el trazo medianero del cursor en un valor de la escala D (descrita ulteriormente) se puede leer en la escala superior del borde achaflanado el valor de $1-s/3$ con una precisión de 4 decimales. Se recomienda, no obstante, de no calcular con una «precisión» exagerada sino de contentarse con 3 decimales.

Ejemplo 1. $s = 0,30$ ($1-s/3 = 0,90$).

Regla de cálculo sistema NESTLER-Hoffmann
Por detalles véase página 24 de este folleto.

3 a) La escala ω para pilas esbeltas oprimidas en el centro con simple armazón de corchetes, es decir la escala de las funciones de los valores de rotura. El grado de disminución $\lambda = \frac{h_s}{d}$ se lee en la escala D (véase fig. 1) y se leerá bajo el trazo del cursor en la escala 3 a la función ω .

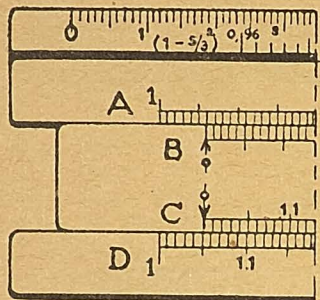


fig. 1.

Ejemplo 2. $\frac{h_s}{d} = \frac{480}{25} = 19,2; \omega = 1,21.$

Los valores de esta escala son grabados en parte roja, en parte negra. La parte roja indica que la sección está demasiado reducida y que falta obtener el permiso especial de las autoridades competentes (véase las prescripciones alemanas § 27, 1 c). Es también menester considerar si sea suficiente la solidez del hormigón.

La escala 3 b. La escala de armazón φ para pilas regordetes con armazón de corchetes simples. Según las prescripciones oficiales § 27 a, pilas regordetes deben ser provisto de una armazón mínima por ser consideradas como construcción de hormigón armado.

Exactamente como en el ejemplo antecedente el grado de esbeltez se coloca en la escala D y en la escala 3 b se lee el porcentaje mínimo φ de armazón.

Ejemplo 3. $\frac{h_s}{d} = \frac{450}{60} = 7,5$
 $\min \varphi = 0,65\%$

Escala A } la escala logarítmica de dos unidades de 12,5 cm cada una
 Escala B } que llevan casi todas las reglas.

Escala 4. Esta escala contiene los valores de $(1 + 15 \varphi)$ necesarios para el cálculo de pilas oprimidas en el centro. Por motivos que se explican más en adelante, esta escala está trazada hacia la izquierda, es decir en sentido inverso. Esta disposición permite en muchos casos de continuar las divisiones sin transposición de la reglilla. Es natural que los trazos iniciales de las escalas B y 4 coincidan.

Ejemplo 4. Se debe confirmar en la regla la magnitud del divisor para $\varphi = 0,8\%$. Esta asciende a $1 + \frac{0,8}{100} \cdot 15 = 1,12.$

Escala 5. Esta escala, se la llamamos escala x . Si se ha encontrado mediante la escala h , cuya descripción sigue, la altura estática h , correspondiente a un determinado valor σ_b , se coloca el trazo principal del cursor en la misma tensión de hormigón en la escala x y se lee en la escala D el valor de x en centímetros.

De las investigaciones ulteriores resultará que x se puede presentar también en la forma de $x = a \sqrt{\frac{M}{b}}$, a estando igual a rs . El valor de a no varía sino poco, lo que puede desprenderse de la regla y se puede por lo tanto emplear para la determinación aproximada de x . (Véase la obra de Domke sobre la construcción de hormigón armado.)

Escala 6. Esta escala importante h es la de los valores de r trazados en la misma proporción que la escala C y derivándose de la ecuación $h = r \sqrt{\frac{M}{b}}$.

Puesto que el valor de n , como ya se ha mencionado, queda constante, r depende de σ_b y de σ_s . Para los valores de importancia práctica de σ_s se han trazado escalas especiales 1200 — 1400 — 1500 — 1800 en la reglilla de la regla. Las escalas llevan las marcas que les corresponden y calculando, es menester evitar confusiones en servirse de las tensiones.

Si σ_s está determinado para un cierto caso, r está, en su escala de la

reglilla, solamente dependiente de σ_b . Para una determinación correcta de r , leer en la escala C el valor de σ_b , con el cual ha sido determinado r .

Ejemplo 5. $\sigma_b/\sigma_s = 40/1200$. En este caso $r = 0,411$. Colocando en la escala C el valor de $r = 0,411$, se averiguará que el valor para $\sigma_b = 40 \text{ kg/cm}^2$, se encuentra bajo el mismo trazo del cursor. Esta coincidencia no obstante se encuentra solamente con el empleo de la escala 1200 lo que se ha siempre de tomar en consideración.

Ejemplo 6. $\sigma_b/\sigma_s = 60/1800$. Se coloca $\sigma_b = 60 \text{ kg/cm}^2$ en la escala h para $\sigma_s = 1800 \text{ kg/cm}^2$ y se averiguará que le corresponde para $r = 0,335$.

Hay también que mencionar que la escala h está trazada en sentido inverso puesto que al crecer σ_b , disminuye la altura h .

Escala 7. Esta escala es la de los valores f_s . En ella están trazados los valores t combinándose con la escala C y resultando de la ecuación $f_s = t \cdot \sqrt{\frac{M}{b}}$.

escribiendo así la fórmula para f_s en vista de la simplificación del cálculo.

Dependiente t así como r en presencia de σ_s constante, solamente de σ_b , es válido en sentido correspondiente lo que se ha dicho para la escala 6.

Basándose en los ejemplos dados, se puede averiguar que a $t = 0,228$ corresponde $\sigma_b/\sigma_s = 40/1200$ y a $t = 0,186$ $\sigma_b/\sigma_s = 60/1800$.

La escala C es la escala normal de 25 cm de la reglilla y la escala D la idéntica en la regla.

Escala 8. La escala de las mantisas. Si se coloca en la escala D cualquier número, se puede leer en la escala 8 la mantisa del sistema de Briggs. Puesto que esta escala es equidistante, se la puede emplear para la lectura del valor $(1-a)$ si $0 \leq a \leq 1$ es dado. El valor de a corre de izquierda a derecha y es representado por cifras negras. Mediante la fila inversa de cifras rojas se lee en coincidencia con a también el valor de $(1-a)$.

Ejemplo 7. $a = 0,356$, lectura: $(1-a) = 0,644$. En el borde vertical de la regla se encuentran las escalas siguientes que nos ayudan a simplificar sensiblemente los cálculos.

Escala 9. Sea ξ una fracción decimal, pongamos, basándonos, en las indicaciones de Müller, Breslau: $\omega_R = \xi - \xi^2 = \xi \cdot (1 - \xi)$. El valor de ξ se coloca en la escala 8 y ω_R se lee en la escala 9.

Ejemplo 8. Dado $\xi = 0,20$; lectura $\omega_R = 0,16$.

Escala 10. Sea ξ una fracción decimal, tendremos como precedentemente:

$$\omega_D = \xi - \xi^3 = (1 + \xi) \cdot \omega_R = \xi \cdot (1 - \xi) \cdot (1 + \xi)$$

La colocación y la lectura se efectúa como en el ejemplo precedente.

Esta función presta servicios notables en la determinación de líneas influyentes y de los miembros de carga según la ecuación de Bertot-Clapeyron.

Escala 11. El cursor de la regla para acero de construcción de tipo corriente. Las reglas para este tipo llevan la marca $\sigma_s = 1200$ y le $\sigma_s = 1400 \text{ kg/cm}^2$ y su cursor tiene las marcas siguientes.

a) para el valor de $7/8$. Si se coloca el trazo central en la escala D en el valor de h , se lee en la misma escala el valor aproximado de $z = 7/8 \cdot h$

Ejemplo 9. $h = 8,0 \text{ cm}$; lectura $z = 7,0 \text{ cm}$.

b) La marca $\emptyset$ para el diametro y la sección de una barra redonda. Colocando este trazo en el diametro (escala D) se lee en coincidencia con la marca F en la escala A la sección de la barra redonda correspondiente, y si F es dado, se encuentra en la escala A en coincidencia con la marca kg/m el peso en kg/m de cualquier barra.

Ejemplo 10. Dado $d = 2,0 \text{ cm}$; lectura $F = 3,14 \text{ cm}^2$
 g (peso) = $2,47 \text{ kg/m}$.

Escala 12. El cursor de la regla para tensiones altas permite el empleo de la escala para 1800 también para los cálculos con las tensiones $\sigma_s = 2000$ y $\sigma_s = 2400 \text{ kg/cm}^2$.

Lleva el cursor para este fin dos marcas 18/20 y 18/24. Hay que observar que solamente la escala 1800 debe emplearse para el cálculo de las tensiones superiores. Se explicará el procedimiento más en adelante.

Escala 13. En el revés de la regla hay ecuaciones de ocurrencia frecuente en la construcción de hormigón armado. Se puede suponer que no faltan explicaciones detalladas. Dirigimos la atención del lector a las medidas de las nervaduras, las cuales a menudo se construyen de bastante escasez.

B. El cálculo con la regla.

Antes de explicar los detalles de cálculo, consideremos otra vez los valores r , t , s en las ecuaciones I—II—III y VI. Recordemos que con el valor constante de $n = \frac{E_c}{E_b}$, el valor de

$$1. x = \frac{n}{n + \sigma_b/\sigma_c} \cdot h = s \cdot h$$

depende solamente de la proporción de las tensiones σ_b y σ_c y por lo tanto tiene la misma magnitud para las proporciones análogas σ_c/σ_b ; s es un número abstracto. Para cálculos prácticos se escribe:

$$2. v = \frac{\sigma_c}{\sigma_b}$$

pudiendo abreviar la fórmula como sigue

$$3. \boxed{s = \frac{n}{n + v}} \quad \left(\begin{array}{l} s = s(v) \\ \text{léase } s \text{ dependiente de } v. \end{array} \right)$$

Para la función r tenemos

$$4. r = \sqrt{\frac{2}{\left(1 - \frac{s}{3}\right) s \cdot \sigma_b}}$$

Asentando en esta ecuación para s su valor según ecuación 3 y para σ_b el según ecuación 2, se obtiene la fórmula deseada para r :

$$5. \boxed{r = \sqrt{\frac{6(n+v)^2 v}{(2n+3v)n\sigma_c}}} = r(\sigma_b, \sigma_c)$$

Para indicar que con n constante el valor de r depende solamente de σ_b y σ_c (pero no de su sola proporción) se emplea la fórmula $r = r(\sigma_b, \sigma_c)$.

Añadimos para la dimensión la observación siguiente. En la ecuación 5 para r ; no hay indicación de la dimensión para n y v . Si se inserta en la ecuación 1 para h los valores de $M = \text{kg/m}$, $b = m$ y $\sigma_c = \text{kg/cm}^2$, se obtiene h en centímetros. Esta determinación la desarrollamos como sigue:

$$Di(h) = Di\left(r \sqrt{\frac{M}{b}}\right) = \sqrt{\frac{1}{\text{kg/cm}^2}} \cdot \sqrt{\frac{\text{kgm}}{m}} = \underline{\text{cm}}$$

La ecuación siguiente nos da la sección de las barras expuestas a la fuerza de tracción.

$$6. f_c = \sqrt{\frac{3n}{2(2n+3v)v\sigma_c}} \cdot \sqrt{\frac{M}{b}} \cdot b_m$$

Si se quiere calcular con las mismas dimensiones como arriba para $\sigma_c = \text{kg/cm}^2$, $b = \text{metros}$ y $M = \text{kg/m}$, las investigaciones demuestran que el valor de b_{metros} se debe multiplicar en la ecuación 6 por 100. Con el fin de obtener valores manuales para t , se coloca el factor 100 bajo el primer radical, y por lo tanto se escribe:

$$6a. f_c = \sqrt{\frac{15000 \cdot n}{(2n+3v)v\sigma_c}} \cdot \sqrt{\frac{M}{b}} \cdot b_m = t \cdot \sqrt{\frac{M}{b}} \cdot b_m$$

si

$$7. \boxed{t = \sqrt{\frac{15000 \cdot n}{(2n+3v)v\sigma_c}}} = t(\sigma_b, \sigma_c)$$

En las páginas que siguen, se calculará siempre con las unidades siguientes:

$h, x, a, h', d \dots \text{etc.} = \text{cm}$
$f_c = \text{cm}^2; \quad M = \text{kgm}; \quad b = \text{Metros}$
$\sigma_b, \sigma_c = \text{kg/cm}^2; \quad \text{fuerzas en kg.}$

a) **Determinación de la altura h y de la armazón f_c de placas de hormigón.** Esta determinación de preferencia se explica por un ejemplo. El ancho de las placas sea 1 metro.

Ejemplo 11. Dado: $M = 428 \text{ kgm}; \quad b = 1,0 \text{ m}$
 $\sigma_b/\sigma_c = 40/1200 \text{ kg/cm}^2$

a determinar h y f_c .

Con el proceder ordinario se habría obtenido:

$$h = 0,411 \sqrt{428} = 8,5 \text{ cm};$$

$$f_c = 0,228 \sqrt{428} = 4,72 \text{ cm}^2; \quad d = 10 \text{ cm}$$

En nuestra regla se coloca el trazo inicial de la escala B en coincidencia con $M = 428$ de la escala A y se lee en coincidencia con las marcas para la tensión de hormigón dada $\sigma_b = 40 \text{ kg/cm}^2$ los valores $h = 8,5 \text{ cm}$, $f_c = 4,72 \text{ cm}^2$ y $x = 2,84 \text{ cm}$ en la escala D . Si se coloca el trazo del cursor en $h = 8,5 \text{ cm}$, se encuentra el valor aproximado $z = \frac{7}{8} \cdot 8,5 = 7,43 \text{ cm}$.

Ejemplo 12. Dado: $M = 428 \text{ kgm}; \quad b = 1,0 \text{ m}$
 pero $\sigma_b/\sigma_c = 40/1800$
 a determinar h y f_c .

Después de haber colocado exactamente la reglilla, se lee en coincidencia con la marca 40, $h = 9,67 \text{ cm}$; $f_c = 2,69 \text{ cm}^2$ y $x = 2,42 \text{ cm}$.

Los ejemplos dados pueden considerarse como típicos. En la práctica se ha dado casi siempre a demás del momento de flexión la altura h y la tensión admisible σ_c y hay que determinar f_c .

La operación se efectúa como sigue:

Se coloca el trazo inicial o final de la escala B en el valor M en la escala A .

Entonces se coloca el trazo del cursor en el valor de h en la escala D y se lee el valor correspondiente σ_b o en la escala h . Con este valor de σ_b se encuentra inmediatamente el valor de f_c .

Ejemplo 13. Dado: $M = 570 \text{ kgm};$
 $h = 10,5 \text{ cm}$
 $\sigma_c = 1800 \text{ kg/cm}^2$
 a determinar f_c .

Se coloca el trazo final de la escala B en 570 y el trazo del cursor en 10,5 cm

de la escala D . Entonces se lee en la escala h el valor correspondiente de $\sigma_b = 43 \text{ kg/cm}^2$ y después de haber transpuesto el trazo inicial de la reglilla en 570, se lee frente a $\sigma_b = 43$ de la escala f_c el valor de f_c en la escala D sea $3,31 \text{ cm}^2$.

Ejemplo 14. Dato: $M = 350 \text{ kgm}; \quad h = 8,5 \text{ cm}$
 $\sigma_c = 1400 \text{ kg/cm}^2$
 a determinar f_c .

Mediante la escala $\sigma_c = 1400 \text{ kg/cm}^2$, se obtiene con la colocación análoga a la precedente, la coincidencia de $h = 8,5 \text{ cm}$ y de $\sigma_b = 37,5 \text{ kg/cm}^2$ y el valor de la armazón de $3,26 \text{ cm}^2$.

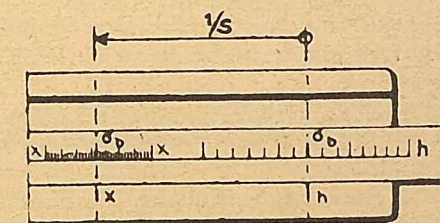


fig. 2.

Para el cálculo práctico y para el contraste se recomienda respecto al uso de las tablas el esquema siguiente si h , M y σ_e son conocidos:

$$h = 8,5 = 0,454 \sqrt{350}, \quad \sigma_b/\sigma_e = 37,5/1400, \quad d = 10 \text{ cm}, \quad f_e = 3,26 \text{ cm}^2$$

Se habrá percibido que el uso de la regla de cálculo permite prescindir de interpolar en las tablas.

b) **Determinación de la distancia de la línea neutra x .** Según la ecuación III x se presenta de costumbre en la forma de un producto $x = s \cdot h$. Para el uso práctico se sustituye esta fórmula por

$$8. \quad x = s \cdot h = \frac{h}{\frac{1}{s}}$$

En vez de la multiplicación de h por s , la ecuación 8 da el mismo valor de x mediante la división de h por $\frac{1}{s}$. Como σ_e se puede escoger según las exigencias, s y naturalmente también $\frac{1}{s}$ dependen solamente de σ_b . Supongamos h determinado por la marca σ_b de la escala h . Efectuando según fig. 2 la división de $\frac{1}{s}$ (logarítmicamente, sustracción) en la escala D , se puede leer en D frente a este trazo el valor de $x = \frac{h}{(1/s)} = s \cdot h$. La totalidad de los trazos $1/s$ así determinados forma la escala x . Para el ejercicio damos dos ejemplos.

Ejemplo 15. Dado: $M = 480 \text{ kg/m}$; $\sigma_b/\sigma_e = 40/1200$; $b = 1,0 \text{ m}$
a determinar h , $f_e \cdot x$.

Se coloca el trazo inicial de la escala B en 480 de la escala A y se lee en la escala D sucesivamente:

$$h = 9,0 \text{ cm}; \quad f_e = 5,0 \text{ cm}^2; \quad x = 3 \text{ cm}.$$

Ejemplo 16. Dado: $M = 480 \text{ kg/m}$; $h = 9,0 \text{ cm}$; $\sigma_e = 1800 \text{ kg/cm}^2$
a determinar σ_b , f_e , x .

Este problema ocurre más frecuentemente en la práctica.

Con la misma colocación de la reglilla (para $\sigma_e = 1800$) se lee frente a $h = 9,0 \text{ cm}$ en sentido inverso $\sigma_b = 46,7 \text{ kg/cm}^2$, $f_e = 3,27 \text{ cm}^2$, $x = 2,52 \text{ cm}$.

Claro es que x se puede determinar de h y de una tensión determinada.

c) **Los valores s , $1/s$ y $(1-s/3)$.** Respecto a las investigaciones acerca de perfiles de doble armazón, placas a costillas, flexión con fuerza axial, finalmente a la determinación de los esfuerzos cortantes y de adhesión, es indispensable conocer a fondo la derivación de estos valores.

a) **Determinación del valor de s .** Nos consta que el valor de $1/s$ en la reglilla depende de determinados valores de σ_b y σ_e , se encuentra entre las marcas para σ_b de las escalas de h y de x en la misma proporción de las escalas C y D y debe suponerse conocido. Si se coloca la reglilla en la posición según la ilustración 3, haciendo coincidir el valor de σ_b de la escala h con el trazo final de la escala D , se leerá frente a σ_b de la escala x en la escala D el valor de s . Esto se puede comprobar de dos maneras diferentes. En los ejemplos

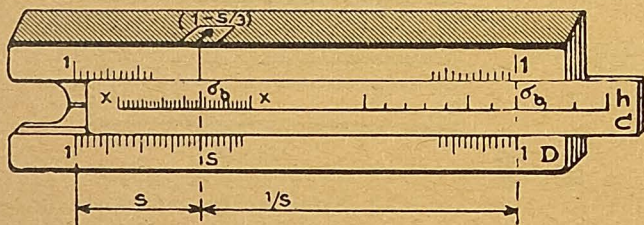


fig. 3.

15 y 16 hemos averiguado que con h dado y con una tensión proporcional dada el valor de x está determinado $x = s \cdot h$. Supongamos $h = 10,0 \text{ cm}$ y hagamos coincidir σ_b de la escala h , se puede leer frente a σ_b de la escala x el valor x en cm. Puesto que $s = \frac{x}{h}$ y $h = 10,0 \text{ cm}$, se averigua que con esta colocación de la reglilla se puede leer frente a σ_b de la escala x en la escala

D el valor de s ; la división por 10 siendo cosa facilísima. Se puede derivar el procedimiento también como sigue: Supongamos que el valor de s sea a determinar y lleve la designación de y . Pues que y y $1/s$ comprenden la unidad logarítmica entera, su producto debe ser igual a 1, es decir $y \cdot \frac{1}{s} = 1$ de lo que se deriva que $y = s$.

β) **Determinación numérica del valor $\frac{1}{s}$.** Como se desprende de las explicaciones precedentes, el valor de $\frac{1}{s}$ es conocido solamente como distancia. El valor numérico se obtiene como sigue: La marca de σ_b de la escala x se coloca frente al trazo inicial de la escala D . Frente al mismo σ_b de la escala h se lee el valor numérico de $\frac{1}{s}$. Esta colocación

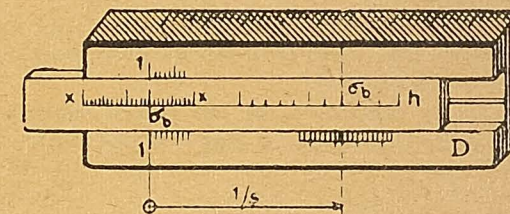


fig. 4.

es de importancia especial para la determinación de la altura de pisos a nervaduras cuya explicación daremos más en adelante.

γ) **Determinación del valor de $(1-s/3)$.** La colocación de la reglilla es la que se representa en la fig. 3. Verticalmente al valor s se encuentra en la escala 2 el valor de $(1-\frac{s}{3})$. La lectura se efectúa mediante la colocación del trazo del cursor en s y determinación del resultado bajo el trazo de índice lateral en la escala 2 (borde achaflanado) de la regla.

Ejemplo 17. Dado: $\sigma_b/\sigma_e = 40/1200$

$$\text{a determinar, } s, \frac{1}{s}, (1-\frac{s}{3})$$

se encuentra mediante la división para $\sigma_e = 1200 \text{ kg/cm}^2$

$$s = 0,333 = \frac{1}{3} \quad (1-\frac{s}{3}) = 0,889; \quad \frac{1}{s} = 3,000$$

Ejemplo 18. Dado: $\sigma_b/\sigma_e = 60/1800$ a determinar $s, \frac{1}{s}, 1-\frac{s}{3}$
se lee

$$s = 0,333; \quad (1-\frac{s}{3}) = 0,889; \quad \frac{1}{s} = 3,000$$

Se percibirá que con proporciones iguales de $v = \sigma_e/\sigma_b$ (ecuación 2, pag. 8) los valores de $s, \frac{1}{s}$ y $(1-\frac{s}{3})$ son idénticos.

d) **Determinación de los momentos de perfiles rectangulares de armazón simple.** Como en nuestra regla todas las investigaciones se basan en la consideración de un perfil rectangular de la altura h y del largo $b = 1,0 \text{ m}$, la determinación de los momentos de perfiles rectangulares y de la armazón correspondiente es importantísima.

Para el momento de tensión admisible resulta de la ecuación 1 el valor de

$$9. \quad M_z = \left(\frac{h}{r} \right)^2 \cdot b.$$

Por consiguiente tenemos en nuestra regla la colocación de la reglilla: La marca σ_b de la escala h se coloca frente al valor h de la escala D , es decir formación del valor $\frac{h}{r}$, entonces se lee frente al trazo final de la escala B en la escala A el momento de flexión admisible M para el ancho de $b = 1,0 \text{ m}$ y frente a σ_b de la escala f_e el valor de la armazón correspondiente. Para cualquier ancho, el momento de flexión y la correspondiente armazón es en proporcionalidad lineal con el valor encontrado para $b = 1,0 \text{ m}$.

Ejemplo 19. Dado: Una viga rectangular $h/b = 51/25$ cm
 $\sigma_b/\sigma_s = 65/1200$

á determinar 1) el momento de tensión admisible con armazón simple
 2) la armazón necesaria.

La tensión de hormigón de $\sigma_b = 65$ kg/cm² de la escala h (escala $\sigma_s = 1200$) se coloca frente á $h = 51$ cm de la escala D . Por consiguiente para $b = 0,25$ m.

1) el momento de flexión admisible $M_s = 0,25 \cdot 32200 = 8060$ kg/m
 2) la armazón necesaria $f_s = 0,25 \cdot 61,9 = 15,48$ cm²

Se leerá también: 3) $x = 22,9$ cm 4) $s = 0,448$ cm 5) $(1 - s/3) = 0,851$

6) $z = h - \frac{x}{3} = 0,851 \cdot 51,0 = 43,4$ cm.

Con la marca auxiliar para $z \approx \frac{7}{8} h$, se puede leer el valor aproximado de 44,6 cm. Este ejemplo es de importancia particular para las investigaciones que seguirán.

e) **Examen de un perfil rectangular de doble armazón.** El perfil de doble armazón se puede determinar fácilmente según las ecuaciones 12, 13 y 14 dadas en el revés de la regla. Se hará mención de estas formulas más adelante examinando los perfiles para tensión y fuerza axial. Basta mencionar en esta parte de nuestro tratado que por motivos prácticos la tensión sola puede considerarse como caso especial de la tensión con fuerza axial. En este caso se supone la aproximación hacia cero de la fuerza normal y de la excentricidad c hacia ∞ de manera que el producto Nc tenga el valor determinable $M = M_s \cdot M$ significa el momento axial, es decir el momento de tensión propio y M_s el momento con la armazón. Puesto que la fuerza normal se extiende hacia ∞ y N hacia cero, se puede considerar en este caso el momento M_s con referencia á la armazón de los hierros tensiles igual al momento axial.

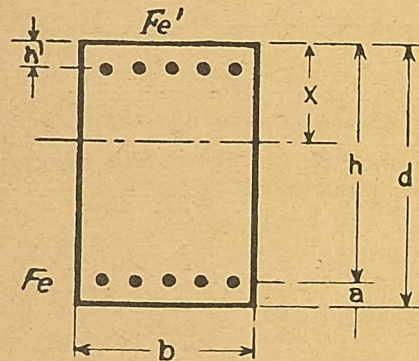


fig. 5.

Por este motivo, las ecuaciones mencionadas, en las cuales $N = 0$, son válidos generalmente.¹

En cuanto a las derivaciones 12—13—14 véase el capítulo correspondiente de Mörsch «Der Eisenbetonbau».

N siendo igual a 0 las ecuaciones se presentan en la forma de

$$10. F_s = F_{sb} + \frac{M - M_s}{\sigma_s (h - h')}$$

$$11. F'_s = \frac{M - M_s}{\sigma_s (h - h')} \cdot \frac{\sigma_s}{n \sigma_b} \cdot \frac{x}{x - h'} = \frac{M + M_s}{\sigma_s (h - h')} \cdot \frac{(h - x)}{(x - h')}$$

$$12. z = \frac{M}{F_s \cdot \sigma_s}$$

En estas ecuaciones F_{sb} es aquella parte de la armazón tensil que corresponde á M_s , es decir á aquel momento de flexión que el perfil puede recibir sin armazón de presión. La significación de las otras marcas debe ser conocida.

Nota ¹. La derivación arriba mencionada es más conocida en la estática práctica de lo que parece. Solamente se ha de pensar en la determinación de una carga suelta, derivandose de la ecuación carga = presión multiplicado por la superficie. En sentido físico, tal carga no puede obrar sino como carga sobre una determinada superficie, la damos no obstante como carga sobre un punto. Si se considera la carga como dada, en las ecuaciones precedentes, la presión debe extenderse hacia ∞ como la superficie se extiende hacia 0.

La operación la explicamos por un ejemplo que se encuentra también en las obras de Mörsch.

Ejemplo 20. Dado: $M = 7800$ kg/m; $b = 0,20$ m;
 $h = 57,0$ cm; $\sigma_b/\sigma_s = 50/1200$ kg/cm²
 á determinar F_s , F'_s y z .

Conforme a las instrucciones dadas en d) se lee sin más $M_s = 5460$ kg/m; $F_{sb} = 0,20 \cdot 45,7 = 9,14$ cm²; $x = 21,9$ cm.

Por consiguiente como $N = 0$

$$F'_s = 9,14 + \frac{7800 - 5460}{1200 \cdot (0,570 - 0,035)} = 9,14 + \frac{3,63}{3,63} = 12,77 \text{ cm}^2$$

$$F'_s = 3,63 \cdot \frac{1200}{15 \cdot 50} \cdot \frac{21,9}{18,4} = 6,90 \text{ cm}^2$$

la fuerza de palanca interior asciende según ecuación 12 en el reverso de la regla á

$$z = \frac{M_s}{F'_s \cdot \sigma_s} = \frac{78000}{12,77 \cdot 1200} = 50,8 \text{ cm}$$

f) **Dimensiones de pisos á nervios con doblados sencillos.** Según las circunstancias, es decir para altura de construcción libre o prescrita, hay varios procedimientos y se da una descripción más en adelante.

a) **El piso á nervaduras se calcula como un perfil rectangular maciso.** El calculo en estas condiciones es muy sencillo, pero da valores utilizables, solamente si la distancia de la línea neutra y la altura del piso no se diferencia sino poco. Puesto que en nuestra regla, la distancia de la línea neutra x se puede leer sin más, se puede examinar si se emplea este procedimiento al menos con una aproximación bastante segura.

Suposición x considerablemente mayor que d . Siendo σ_b la tensión de hormigón armado que corresponde al perfil maciso rectangular, x la distancia de la línea neutra y $\Delta\sigma_b$ la tensión adicional, por la cual se aumenta σ_b (porque no existe una zona inferior de presión de hormigón) se debe emplear la formula siguiente.

$$13. \sigma_b + \Delta\sigma_b \leq \sigma_{b \text{ adm.}}$$

Para motivos de seguridad se determina $\Delta\sigma_b$ en base de la itendicidad de la superficie de las partes sombreadas en la figura 7.

Con un cálculo sencillo se obtiene

$$14. \Delta\sigma_b \leq \frac{(x - d)^2}{x \cdot d} \cdot \sigma_b$$

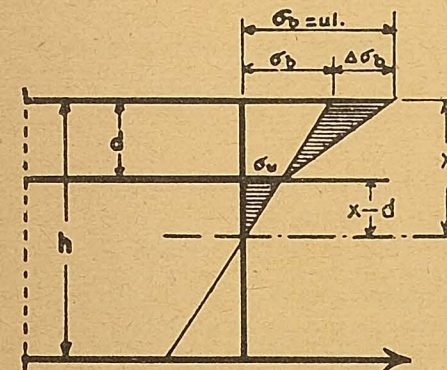


fig. 7.

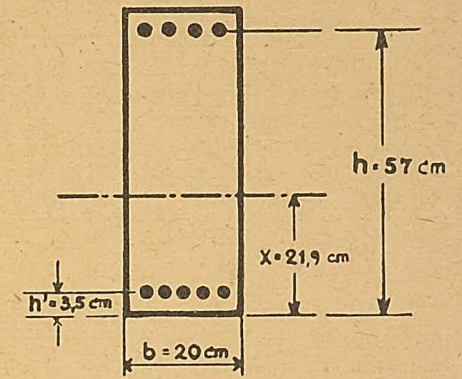
$$15. \sigma_b \left[1 + \frac{(x - d)^2}{x \cdot d} \right] \leq \sigma_{b \text{ adm.}}$$

Por lo tanto, en este caso se puede admitir el procedimiento simplificado.

β) **La altura estática h y la armazón de un piso á nervaduras se han de determinar observando dadas tensiones σ_b , σ_s .** Si se puede descuidar las tensiones de presión del nervio entre la superficie, inferior del piso y la línea neutra se puede emplear según Pucher la fórmula siguiente:

$$16. h = \frac{M}{\sigma_b \cdot b \cdot d} + \frac{d}{2} \cdot \frac{1}{s} + \frac{d}{2} - \left(\frac{d^2}{4 s \cdot h} \right)$$

fig. 6.



El último miembro entre paréntesis contiene la altura estática otra vez en el denominador. Puesto que la influencia de este miembro casi siempre es muy pequeño, se lo puede descuidar o añadir. Para indicar eso rayamos el valor aproximado y escribimos $\bar{h}$

$$17. \bar{h} \approx \frac{M}{\sigma_b \cdot b \cdot d} + \frac{d}{2} \cdot \frac{1}{s} + \frac{d}{2} = \bar{h}$$

Si se quiere considerar en la ecuación 16 el cuarto miembro entre paréntesis, se puede insertar para $\bar{h}$ el valor de $\bar{h}$ según ecuación 17. Puesto que en nuestra regla se puede leer el valor de $1/s$ como cualquier otro número, la determinación de las ecuaciones 16 y 17 es sencillísima. Para simplificar se han trazado en el revés de la reglilla tablas para las tensiones de ocurrencia frecuente de acero σ_a y de hormigón, σ_b es decir

$$18. \frac{d}{2s} + \frac{d}{2}$$

Se limita por consiguiente la determinación de la altura de un piso a nervaduras al cálculo del primer miembro y a la adición del valor según fórmula 18.

Si se quiere obtener un determinado valor de h , se divide M por $b \cdot d$ y experimenta con diferentes valores, de σ_b y con los valores de la tabla hasta de encontrar la altura deseada. El perfil de hierro resulta de la ecuación

$$19. F_e = \frac{M}{\sigma_e \left[h - \frac{d}{2} + \frac{d^2}{6(2sh - d)} \right]}$$

Si en esta ecuación el miembro

$$20. \frac{d^2}{6(2sh - d)} = \frac{d^2}{6(2x - d)}$$

se descuida, por ser de mínimo influencia, se obtiene la ecuación sencilla recomendada por Mörsch

$$21. F_e = \frac{M}{\sigma_e \left(h - \frac{d}{2} \right)}$$

Esta ecuación se encuentra en el revés de la regla.

γ) **Determinación del momento de flexión y de la armazón correspondiente** admisibles para una sección dada de piso a nervaduras con $x > d$. Sea dado el perfil eficaz en sentido estático y σ_b , σ_e . Hay que determinar el momento de flexión admisible M_z que puede contrastar el perfil, observando las tensiones dadas σ_b , σ_e y la armazón dada F_e . Puesto que no se complica el cálculo por eso, se deben tomar en consideración las tensiones en las nervaduras. Para pilas altas (Puentes y flexiones con fuerza axial) eso es necesario en todo caso.

Puesto que la capacidad de carga de un perfil uniforme es proporcional en su extensión a su largo y que la influencia de la zona de presión que falta si $x > d$, puede calcularse por sustracción del momento que falta del perfil rectangular total, la investigación entera se basa en un cálculo de un perfil rectangular maciso de 1 m de largo.

Las explicaciones necesarias se han dado en párrafo d), les falta solamente un complemento respecto a la zona de presión que en el presente caso no existe. Se la tome en cuenta sustrayendo de la capacidad del perfil maciso rectangular con los valores básicos de b , h , σ_b , σ_e el complemento de la zona de presión que no existe y que corresponde igualmente a un perfil rectangular con los valores básicos $(b - b_o)$, h_u , σ_u , σ_e .

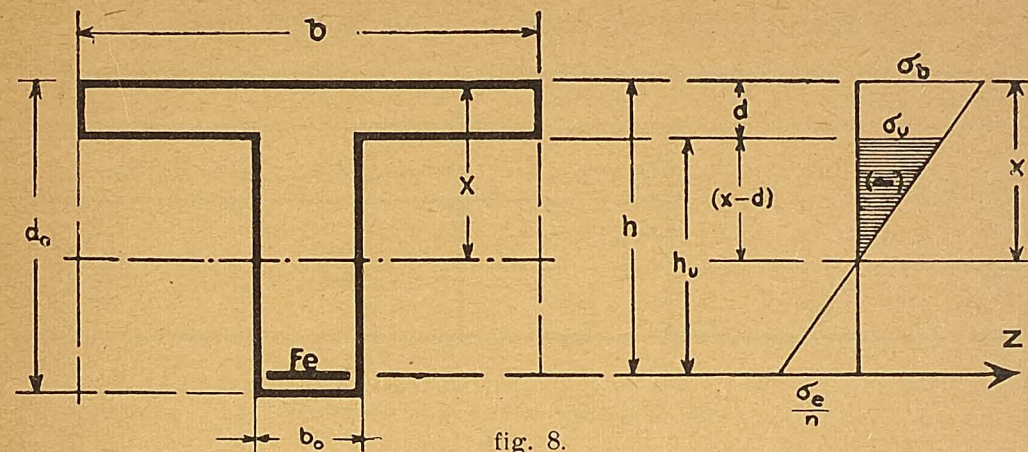


fig. 8.

Se explica el procedimiento por un ejemplo.

Ejemplo 21. Dado el perfil de un piso a nervaduras con

$$\begin{aligned} h &= 64,0 \text{ cm}; & d &= 12,0 \text{ cm}; & h_u &= 64 - 12 = 52,0 \text{ cm} \\ b &= 1,70 \text{ m}; & b_o &= 0,30 \text{ m} \\ \sigma_b/\sigma_e &= 50/1200 \text{ kgm/cm}^2 \end{aligned}$$

Con la colocación de la reglilla descrita en d pag. 11 se lee para la sección macisa:

$$\begin{aligned} M_z \text{ maciso} &= 1,70 \cdot 34\,300 = + 58\,300 \text{ kgm} \\ F_e \text{ maciso} &= 1,70 \cdot 51,25 = + 87,1 \text{ cm}^2 \\ x &= 24,6 \text{ cm} \\ x - d &= 24,6 - 12,0 = 12,6 \text{ cm} \\ \sigma_u &= \frac{50,0 \cdot 12,6}{24,6} = 25,6 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Deducción con } \sigma_u, \sigma_e, h_u &= 25,6/1200/52,0 \\ \Delta M_z &= - (1,70 - 0,30) \cdot 7\,670 = - 10\,700 \text{ kgm} \\ \Delta F_e &= - 1,40 \cdot 13,42 = - 18,8 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_z &= 47\,600 \text{ kgm} & F_e &= + 68,3 \text{ cm}^2 \\ \text{Momento de las fuerzas interiores } z &= \frac{47\,600\,000}{68,3 \cdot 1200} = 58,3 \text{ cm} \\ \left(h - \frac{d}{2} \right) &= 58,0 \text{ cm} \end{aligned}$$

Se debe convencer que se lee correctamente el valor de $x_u = x - d$ correspondiente a σ_u .

Para la ejecución práctica se recomiendan las tablas siguientes.

I. Considerando las tensiones en la nervadura.

Dado:	$h =$	$d =$	$h_u =$	$b =$	$b_o =$	$\sigma_b/\sigma_e =$
Lectura:	$M_{zV} \cdot b \cdot M_{10} = +$		$F_{eV} = b \cdot F_{e10} = +$		$x =$	$x - d =$
	$\Delta M_z = (b - b_o) M_{u10} = -$		$\Delta F_e = (b - b_o) F_{u10} = -$		$\sigma_u \cdot \frac{\sigma_b}{\sigma_e} (x - d) =$	
Para el total	$M_z =$		$F_e =$		$z = \frac{M}{\sigma_e \cdot F_e} =$	

II. Descuidando las tensiones en la nervadura.

Dado:	$h =$	$d =$	$h_u = h - d =$	$b =$	$\sigma_b / \sigma_e =$
Lectura:	$M_{v,1,0} = +$	$f_{e,1,0} = +$	$x =$	$x - d =$	$\sigma_u = \frac{\sigma_b}{x} (x - d) =$
	$M_{u,1,0} = -$	$f_{u,1,0} = -$	$z = \frac{M}{\sigma_e \cdot f_e} =$		
Para $b = 70$: $M_{z,1,0} =$	$f_{e,1,0} =$				

Con cualquier ancho b tenemos

$$M_z = b \cdot M_{z,1,0} = \dots \quad F_e = b \cdot f_{e,1,0} \dots$$

Con estas determinaciones se ha encontrado el momento de flexión M_z al que el perfil sin armazón de presión puede resistir. Si un momento dado M o M_e (véase en e) es mayor que M_z , la diferencia de los momentos $M_e - M_z$ debe ser compensada por una armazón especial F'_e o ΔF_e como se lo ha explicado en e). Por lo tanto se puede prescindir de otras explicaciones.

Esta determinación sencillísima de M_z que se da por la primera vez en este folleto, es apropiada también para el examen de una viga a nervadura relativo a la tensión con fuerza axial de la misma manera sencilla que la de un perfil maciso rectangular. Con estos pocos trazos (especialmente de la tabla II) se domina el material entero de todas las tablas conocidas sin ninguna interpolación.

g) **Determinación de las dimensiones de pilas oprimidas en el centro.** La base de la determinación se forma por la ecuación:

$$22. F_b = \frac{\omega \cdot P}{\sigma_b (1 + 15 \varphi)} \quad (\varphi = \frac{F_e}{F_b} \text{ porcentaje de armazón}) \text{ y el cálculo con}$$

nuestra regla es sumamente fácil. Para este fin se forma en primer lugar con la suposición de $\omega = 1,0$ el valor de P/σ_b en la escala A. Si este cociente cae a la izquierda, el resultado se puede leer sin más, colocando el trazo del cursor en el porcentaje φ de la escala roja 4, como valor de F_b . Si el perfil de apoyo es cuadrado, se puede leer con la misma colocación del cursor en la escala C el largo de un lado. Con el largo mínimo de la pila así determinada, se forma en la escala D el grado de disminución, frente a este valor se lee en la escala 3a el valor de ω . Si este valor es mayor que 1,0 es menester repetir el cálculo, si $\omega > 1,25$ la pila puede considerarse como muy delgada en vista de las prescripciones oficiales. En varios países la ejecución se admite excepcionalmente por la policía. Véase Prescripciones del Deutsche Ausschuss für Eisenbeton Par. 27, 1 c.

Finalmente el trazo medianero 1 de la escala B se hace coincidir con F_b de la escala A y frente al porcentaje de armazón en la escala B se encuentra en la escala A la armazón necesaria F_e .

Ejemplo 22. Dado: $P = 46\,000 \text{ kg}$; $\sigma_b = 35 \text{ kg/cm}^2$
 $\varphi = 0,8\%$; $h_s = 4,20 \text{ m}$
 a determinar: $F_b = s^2$; F_e y ω .

Con el fin de obtener el número exacto de cifras formando el valor de $s = \sqrt{F_b}$ el valor de $P = 46\,000 \text{ kg}$ se coloca en la parte derecha de la escala A. La tensión de $\sigma = 35 \text{ kg/cm}^2$ se coloca en la parte izquierda de la escala B de la reglilla frente a P. Con el cursor se sigue dividiendo hacia la izquierda, es decir el trazo del cursor se coloca en 0,8%. Con esta colocación se lee en la escala A el valor de $F_b = 1175 \text{ cm}^2$ y en la escala D el lado $s = \sqrt{1175} = 34,3 \text{ cm}$ redondeado por motivos prácticos a $s = 35,0 \text{ cm}$.

La armazón $F_e = \frac{0,8}{100} \cdot 1175 = 9,4 \text{ cm}^2$ se encuentra en la escala A. El grado de disminución en la escala D para

$$\frac{h_s}{d} = \frac{420}{35} = 12 \quad \omega = 1,0$$

h) **Pilas regordetes** ($\omega \equiv 1$). Se designan de pilas regordetes las de un grado de disminución menor a 10. En parte estas pilas tienen un perfil mayor de lo que sea necesario. Con el fin de poder emplearlas como construcciones armadas, deben ser provistas de una armazón mínima dependiente de su grado de disminución. Según el par. 27, 1a de las prescripciones oficiales, el porcentaje mínimo tiene para $h_s/d = 5$ el valor de 0,5% y alcanza con el crecimiento lineal con $h_s/d = 10$ el valor de 0,8% que queda constante. d en nuestra fórmula siempre significa el menor lado de un perfil rectangular.

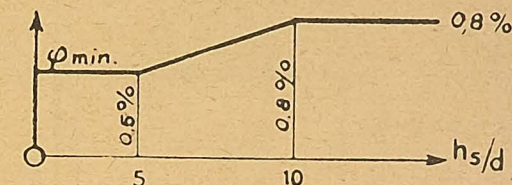


fig. 9.

Con el fin de determinar el porcentaje de armazón $\varphi_{\min}$ se forma el grado de disminución h_s/d en la escala D como en el ejemplo precedente y el resultado $\varphi_{\min}$ se lee en la escala 3b.

Respecto a las posibilidades que pueden ocurrir, se tratará de dos casos:
Caso 1. Conservando una tensión de hormigón admisible σ_b , la pila debe recibir el mínimo de armazón. Tenemos como dados P , σ_b y $\omega = 1$. Con la suposición de un valor $\varphi_{\min}$ que parece apropiado, se encuentra con la primera operación

$$F_b = \frac{P}{\sigma_b (1 + 15 \varphi)}$$

y por consiguiente la correspondiente dimensión de d . Con este valor se forma el grado de disminución y se lee el valor de $\varphi_{\min}$ que le corresponde. Si este valor es menor o igual al que hemos dado arriba, el cálculo se puede considerar exacto; en lo contrario se debe repetirlo.

Ejemplo 23. Dado: $P = 130\,000 \text{ kg}$; $\sigma_b = 45 \text{ kg/cm}^2$; $h_s = 2,80 \text{ m}$.
 a determinar: F_b y F_e .

Con la suposición de $\varphi = 0,5\%$ se obtiene sin más $F_b = 2680 \text{ cm}^2$; $s/s = 52/52 \text{ cm}$; $F_e = 13,4 \text{ cm}^2$; $h_s/d = \frac{280}{52} = 5,4$; $\varphi_{\min} = 0,522\%$.

Por motivos constructivos se ha elegido $8 \text{ } \varnothing 16 = 16,1 \text{ cm}^2$; la construcción tiene $\varphi_{\min} = \frac{100 \cdot F_e}{F_b} = \frac{1610}{2680} = 0,6\%$.

Resulta de estas investigaciones que las pilas satisfacen a las prescripciones oficiales.

Caso 2. Este caso se presenta si la pila ha sido construida en un perfil excedente lo necesario.

En la ecuación $F_e = \varphi_{\min} \cdot F_b$ se inserta para F_b solamente el perfil estático necesario. Puesto que las dimensiones están fijas, d y con h_s también $\varphi = \varphi_{\min}$ son conocidos. Por consiguiente resulta en este caso con P , σ_b , F_b , d , h_s , $\varphi = \varphi_{\min}$ dado

$$F_e = \frac{\varphi \cdot P}{\sigma_b (1 + 15 \varphi)}$$

Ejemplo 24. $P = 140,0 \text{ t}$; $\sigma_b = 35 \text{ kg/cm}^2$;
 $F_b = 70 \cdot 70 = 4900 \text{ cm}^2$; $h_s = 280 \text{ cm}$; $d = 70 \text{ cm}$.

Para el perfil de hormigón resultaría $\sigma_b = \frac{140\,000}{4900} = 28,6 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{b \text{ adm.}}$
 Por lo tanto se forma $\frac{h_s}{d} = \frac{280}{70} = 4,0$ y se encuentra $\varphi_{\min} = 0,50\%$; por consiguiente la armazón necesaria es: $F_e = \frac{0,50 \cdot 140\,000}{100 \cdot 35 (1 + 15 \cdot 0,50)} = 18,6 \text{ cm}^2$

Para el cálculo de F_c se hace uso de la escala 4.

i) **Flexión con fuerza axial:** Con el fin de hacer resaltar la estructura interior de las ecuaciones desarrollados más en adelante, unas relaciones deben mencionarse especialmente. Sea la forma de perfil cargado simétrica al plano de flexión ($C_{xy} = 0$) o cualquier otra.

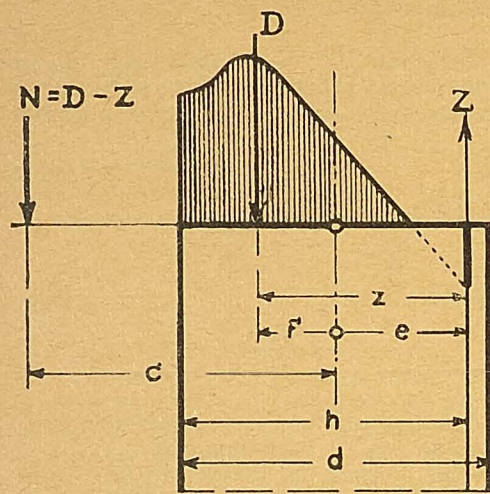


fig. 10.

Si se reemplaza en la ecuación 24 la fuerza de tracción Z por su valor $D - N$ según ecuación 23 se obtienen

$$26. N \cdot c = D(f + e) - N \cdot e.$$

$$27. N \cdot (c + e) = D(f + e) = D \cdot z = M_c.$$

En este caso M_c es igual al momento de flexión de las fuerzas exteriores, representadas por $N(c + e)$ respectivamente al momento de las tensiones de presión interiores, representadas por $D(f + e)$ respecto a la armazón de los hierros tensiles.

Si se supone eficaz la fuerza normal N en su distancia axial c y si se añade la misma fuerza en la misma y en la dirección opuesta en la armazón de tracción, las fuerzas de dirección opuesta N forman un par de componentes de la magnitud de 28. $N(c + e) = M_c$ que en combinación con los componentes restantes eficaces en la armazón, es igual a la fuerza normal N en la distancia axial- c .

Resumiendo se puede decir según la figura 12 para la explicación del cálculo:

a) Las fuerzas de tensión interiores efectivas o supuestas efectivas D y Z son, en el sentido estático, equivalentes a la fuerza normal N en la distancia de $c = \frac{M}{N}$ del eje a que se refieren.

b) La fuerza normal N , eficaz en la distancia de c , es idéntica a si misma obrando sobre la armazón de tracción en combinación con su momento M_c respecto a la armazón de tracción.

c) El momento M_c en combinación con la fuerza normal N es idéntico a las fuerzas efectivas interiores D y Z en su relativa posición. Estas relaciones se re-

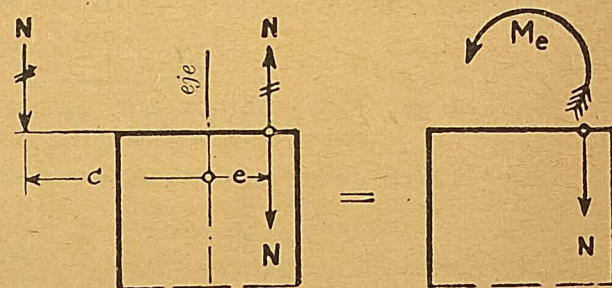


fig. 11.

En el caso más general de flexión plana, obra en el perfil una fuerza normal N , un momento axial M y una fuerza transversal Q . Con el fin de facilitar las explicaciones, se supone N , ser la fuerza de presión. No se considera la influencia de la fuerza transversal. Las tensiones normales resultando de la fuerza normal N y del momento axial M se representan en la figura 10 y se han agregado a sus resultantes: fuerza de presión D y fuerza de tracción Z según la posición y la magnitud. De esta manera se obtienen las relaciones siguientes:

$$23. N = D - Z.$$

$$24. N \cdot c = D \cdot f + Z \cdot e = M \cdot d \cdot h.$$

$$25. c = \frac{M}{N}$$

presentan otra vez en la figura 12. Si se considera que M_c es también igual al momento de las fuerzas exteriores sobre la armazón de tracción, se obtiene el resultado siguiente: El perfil que debe sostener la flexión con fuerza axial debe calcularse como si fuese influido del momento de flexión M_c y de la fuerza N en la armazón.

La fuerza N pasa inmediatamente en la armazón de tracción. El momento de flexión M_c es sostenido por el perfil como de costumbre. Resulta de estas investigaciones que una armazón de presión F'_c , solamente sea necesaria si el perfil de hormigón por si solo no puede recibir el momento M_c sin exceder la tensión admisible σ_b . La armazón de presión F'_c por lo tanto corresponde a la diferencia de los momentos $M_c - M_s$ exactamente como se ha explicado en e) pag. 12 con las investigaciones de un perfil de armazón doble. Resulta de estas relaciones que en todos los problemas dados, que se extienden a todos los ramos de la construcción de hormigón armado, el momento de flexión hace un papel predominante. En los ejemplos precedentes se ha considerado N siempre como fuerza de presión y no hay ninguna modificación si N es una fuerza de tracción.

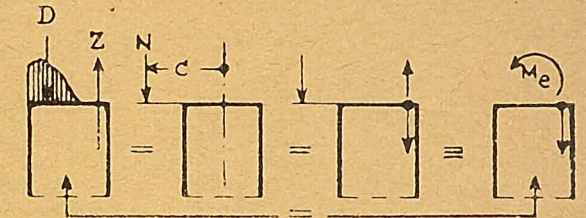


fig. 12.

El valor de M_c es el mismo solamente hay que atender al signo de N en la formula de $\Delta F_c = \frac{N}{\sigma_c}$. También en el revés de la regla se han representado las relaciones geométricas para su fácil examen.

En el caso general, es decir con doble armazón F'_c se obtiene:

$$28. F_c = F_{sb} + \frac{M_c - M_s}{\sigma_c (h - h')} \cdot \frac{N}{\sigma_c} \quad \begin{array}{l} - \text{ con presión axial} \\ + \text{ con tracción axial} \end{array}$$

$$29. F'_c = \frac{M_c - M_s}{\sigma_c (h - h')} \cdot \frac{\sigma_c}{n \sigma_b} \cdot \frac{x}{(x - h')}$$

De las ecuaciones 27 y 23 resulta para la distancia entre centro de tracción y de presión:

$$30. z = \frac{M_c}{D} = \frac{M_c}{Z \pm N} = \frac{M_c}{\sigma_c F_c \pm N} \quad \begin{array}{l} + \text{ si } N = \text{presión} \\ - \text{ si } N = \text{tracción} \end{array}$$

Con presión axial $D = Z + N$ (véase ecuación 23) con tracción axial $D = Z - N$. En conformidad se han de poner los signos indicados en la ecuación 30. Para el empleo práctico se resume:

1) La armazón F_c resulta de los exponentes:

a) $F_{sb} = F_{sa} \cdot b$ por el momento de flexión M_s que el perfil puede sostener sin armazón, de presión, es decir, solamente admitiendo las tensiones de presión y de tracción normales.

β) el momento de diferencia $\Delta M = M_c - M_s$.

γ) de la fuerza normal de la armadura de tracción.

2) La armazón F'_c corresponde solamente al excedente de los momentos $\Delta M = M_c - M_s$ y se necesita solamente cuando el perfil de hormigón no puede compensar totalmente la presión D del momento M_c . Finalmente se debe advertir que con presión axial la distancia

$$31. c + e = \frac{D}{N} \cdot z$$

siempre debe ser mayor de z , si $Z = \sigma_c \cdot f_c$ debe ser positivo. Volveremos más adelante sobre este particular.

Ejemplo 25. Flexión con presión axial (según Mörsch).

$h = 46,0 \text{ cm}$	$b = 40,0 \text{ cm}$	$h' = 4,0 \text{ cm}$	$N = 9524 \text{ kg}$
$c = 0,63 \text{ m}$	$M_e = 9524 \cdot (0,63 + 0,21) = 8000 \text{ kgm}$	$\sigma_b/\sigma_e = 40/1200$	

Según las instrucciones en d) y e) se determina por lectura:

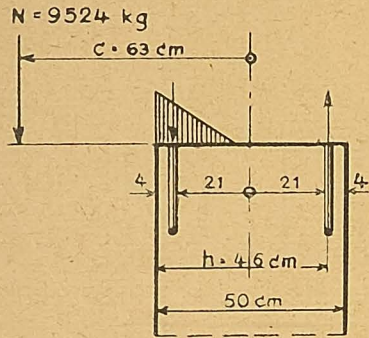


fig. 13.

$$\begin{aligned}
 M_e &= 12\,555 \cdot 0,40 = 5010 \text{ kg/m} \\
 F_{ab} &= 25,55 \cdot 0,40 = 10,22 \text{ cm}^2 \\
 x &= 15,33 \text{ cm} \\
 \text{Por consiguiente} \\
 F_e &= 10,22 + \frac{8000 - 5010}{1200 (0,46 - 0,04)} - \frac{9524}{1200} = \\
 &= 10,22 + 5,92 - 7,94 = 8,20 \text{ cm}^2 \\
 F'_e &= 5,92 \cdot \frac{1200 \cdot 15,33}{15 \cdot 40 \cdot 11,33} = 16,0 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Ejemplo 26. Flexión con tracción axial (según Mörsch).

Dado: $M_e = 6000 (0,335 - 0,065) = 1620 \text{ kg/m}$
 $N = 6000 \text{ kg}$ (tracción)
 $b = 1,0 \text{ m}$ (losa macisa)
 $d = 16,0 \text{ cm}$; $h = 14,5 \text{ cm}$
 $h' = 1,5 \text{ cm}$

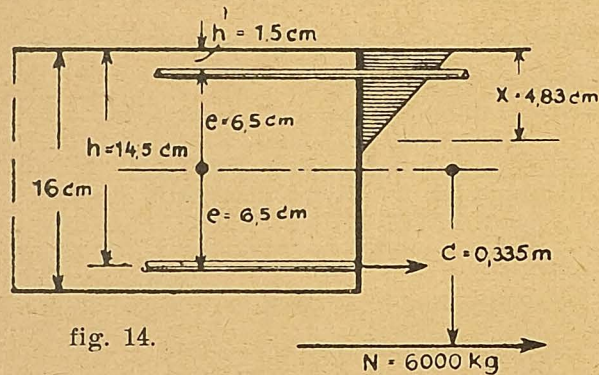


fig. 14.

$$\begin{aligned}
 h - h' &= 13,0 \text{ cm} = 0,13 \text{ m} \\
 \sigma_b/\sigma_e &= 40/1200 \text{ (en Mörsch } 40/1000)
 \end{aligned}$$

Por lectura:
 $M_e = 1240 \text{ kg/m}$
 $F_{ab} = 8,03 \cdot 1,0 = 8,03 \text{ cm}^2$
 $x = 4,83 \text{ cm}$
 $x - h' = 4,83 - 1,50 = 3,33 \text{ cm}$

Por consiguiente:
 $F_e = 8,03 + \frac{1620 - 1240}{1200 \cdot 0,13} + \frac{6000}{1200} = 8,03 + 2,44 + 5,0 = 15,5 \text{ cm}^2$
 $F'_e = 2,44 \cdot \frac{1200 \cdot 4,83}{15 \cdot 40 \cdot 3,33} = 7,1 \text{ cm}^2$

Estas investigaciones nos demuestran que se pueden insertar los valores exactos de h , e , h' en el cálculo, si se debe reducir al mínimo $F_e + F'_e$, se deben tomar informaciones en la correspondiente literatura.

Para completar nuestras explicaciones, damos algunas informaciones relativas al perfil de armazón unilateral. Suplicamos al lector examinar atentamente las diferentes reflexiones.

a) Flexión con presión axial.

Dado: M , N , c , b , σ_b , σ_e á determinar: h y F_e .

Basándose en la figura 15 y en las precedentes determinaciones se forma el momento de flexión y se obtiene la ecuación

$$h = r \sqrt{\frac{M_e}{b}} = r \sqrt{\frac{N \cdot (c + \eta \cdot h/2)}{b}} \quad \eta = \frac{2e}{h} \approx 0,95 \div 1,00$$

después de unas transformaciones

$$32. \quad h_{cm} = \frac{N_{kg} \cdot r^2}{4 b_{cm}} \cdot \eta \left[1 + \sqrt{1 + \frac{4 c_{cm}}{N r^2 \cdot \eta^2}} \right]$$

$$33. \quad F_e = \frac{N}{\sigma_e (3 - s)} \left[3 \frac{c}{h} + 3 \left(\frac{\eta}{2} - 1 \right) + s \right]$$

Las tensiones de σ_b , σ_e según las ecuaciones no pueden utilizarse, es decir la ecuación No 33 no da valores positivos para F_e , sino si resulta

$$34. \quad 3 \frac{c}{h} + 3 \left(\frac{\eta}{2} - 1 \right) + s > 0$$

El valor positivo significa que la indicación de la tensión según fig. 15, sea exacta (N fuera de D) es decir que

$$35. \quad c + e - z > 0$$

Si se pone, por motivos de seguridad, con presión axial $\eta = 1$ y para la simplificación del cálculo

$$36. \quad \frac{N r^2}{4 b} = k \text{ y } 36, a) \frac{c}{h} = \varepsilon$$

entonces las ecuaciones 32 y 33 se transforman en

$$37. \quad h = k \left[1 + \sqrt{1 + \frac{4 c}{k}} \right]$$

$$38. \quad F_e = \frac{N}{\sigma_e (3 - s)} \left[3 \varepsilon - \frac{3}{2} + s \right]$$

Si inversamente se ha dado h , se obtiene para la determinación de un valor utilizable de F_e en sentido retrógrado de las ecuaciones precedentes

$$39. \quad r = \sqrt{\frac{2 b h}{N (1 + 2 \varepsilon)}}$$

En la fórmula 34 se elige el valor de s de manera que satisfaga á esta condición y luego se obtiene como tensión utilizable

$$40. \quad \sigma_b = \frac{6}{r^2 s (3 - s)} \quad (\text{examinar } \sigma_b \leq \sigma_{b \text{ adm.}})$$

$$41. \quad \sigma_e = \frac{1 - s}{s} n \cdot \sigma_b$$

Ejemplo 27. Dado: $N = 10\,000 \text{ kg}$ $M = 5000 \text{ kg/m}$

$$c = 0,50 \text{ m} \quad b = 0,40 \text{ m}$$

$$\sigma_b/\sigma_e = 40/1200$$

á determinar con armazón unilateral h , F_e .

Con la suposición de $\eta = 0,95$ se forma la ecuación 36

$$k = \frac{10\,000 \cdot 0,411^2}{4 \cdot 40} = 10,56$$

y entonces según ecuación 32

$$h = 10,56 \cdot 0,95 \left[1 + \sqrt{1 + \frac{4 \cdot 50,0}{10,56 \cdot 0,95^2}} \right] = 10,02 \left[1 + \sqrt{1 + 21,0} \right] = 57,0 \text{ cm}$$

$$F_e = \frac{10\,000}{1200 (3,0 - 1/3)} \left[3 \cdot \frac{50,0}{57,0} + 3 \left(\frac{0,95}{2} - 1 \right) + \frac{1}{3} \right] = 4,33 \text{ cm}^2$$

Con las dimensiones así determinadas se obtiene

$$M_e = 10\,000 \cdot (0,50 + 0,27) = 7\,700 \text{ kg/m.}$$

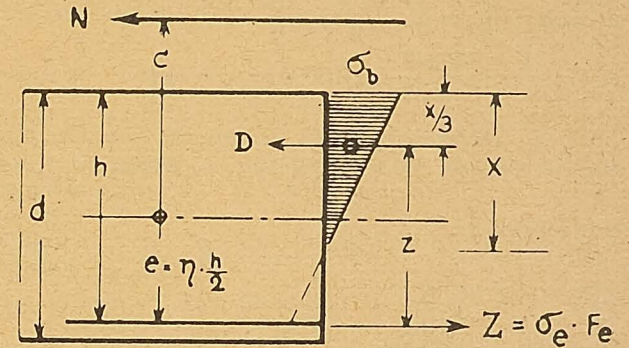


fig. 15.

En la regla se lee para $\sigma_e = 1200$.

$$M_s = 19\,300 \cdot 0,40 = 7\,700 \text{ kg/m.} \quad M_s - M_e = 0$$

$$F_e = F_{sb} - \frac{N}{\sigma_e} = 31,65 \cdot 0,40 - \frac{10\,000}{1200} = 4,33 \text{ cm}^2$$

Considerando las fuerzas interiores se obtiene

$$F_e = \frac{1}{\sigma_e} \left[\frac{M_s}{z} - N \right]$$

$$z = h - \frac{x}{3} = h - \frac{s \cdot h}{3} = \frac{8}{9} \cdot 57,0$$

$$F_e = \frac{1}{1200} \left[\frac{7700 \cdot 9}{8 \cdot 0,57} - 10\,000 \right] = 4,33 \text{ cm}^2$$

k) **Determinación del perfil con cualesquiera tensiones σ_b/σ_e dadas con la escala de la reglilla σ_{sg} para la tensión del hierro.** La solución sencillísima de este problema se realiza mediante las ecuaciones 5, 6 y 6a (pag. 8 & 9). Si se escribe en ecuación 5 debajo del radical

$$42. \frac{6(n+v)^2 v}{(2n+3v)n} = \alpha(v) \text{ (léase}$$

alfa de v = expresión de v) $\alpha(v)$ dependiente solamente de la proporción de tensión v (véase ecuación 2) y la ecuación 5 se escribe

$$43. r = \sqrt{\frac{\alpha(v)}{\sigma_{sg}}} \sigma_e \text{ correspon-}$$

diente a σ_{sg} que se encuentra en la escala de la regla. Si hemos de determinar ciertas dimensiones con los valores dados σ_b, σ_e a resolver con la escala σ_{sg} se forma en primer lugar la proporción

$$44. v = \frac{\sigma_e}{\sigma_b} = \frac{\sigma_{sg}}{\sigma_v}, \text{ es decir } 45. \boxed{\sigma_v = \frac{\sigma_{sg}}{\sigma_e} \cdot \sigma_b}$$

y se encuentra la tensión para el cálculo de σ_v que tiene los mismos valores con σ_{sg} como σ_b con σ_e . Para obtener el valor exacto de $r(\sigma_b, \sigma_e)$ se debe multiplicar la raíz en la ecuación 43 por $\sqrt{\frac{\sigma_{sg}}{\sigma_e}}$ y se obtiene

$$45. r(\sigma_b, \sigma_e) \sqrt{\frac{\alpha(v)}{\sigma_{sg}}} \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{sg}}{\sigma_e}} = r(\sigma_v, \sigma_{sg}) \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{sg}}{\sigma_e}}$$

las expresiones para $r(\sigma_b, \sigma_e)$ o $r(\sigma_v, \sigma_{sg})$ que hacen resaltar la respectiva derivación, sin duda son comprensibles.

Si se pone en la ecuación 7 la expresión

$$46. \frac{15\,000 \cdot n}{(2n+3v) \cdot v} = \beta(v)$$

las explicaciones precedentes se pueden examinar exactamente y se obtiene

$$47. t(\sigma_b, \sigma_e) = \sqrt{\frac{\beta(v)}{\sigma_{sg}}} \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{sg}}{\sigma_e}} = t(\sigma_v, \sigma_{sg}) \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{sg}}{\sigma_e}}$$

Ejemplo 28. Se ha de determinar con la escala $\sigma_{sg} = 1200 \text{ kg/cm}^2$ un perfil para $\sigma_b, \sigma_e = 50,1500 \text{ kg/cm}^2$. Se encuentra

$$\sigma_v = \frac{1200}{1500} \cdot 50 = 40 \text{ kg/cm}^2$$

$$r(50,1500) = 0,411 \sqrt{\frac{1200}{1500}} = 0,367$$

$$t(50,1500) = 0,228 \sqrt{\frac{1200}{1500}} = 0,204$$

Ejemplo 29. Con la escala $\sigma_{sg} = 1800 \text{ kg/cm}^2$ se debe determinar el perfil para $\sigma_b, \sigma_e = 50,2000 \text{ kg/cm}^2$. Se encuentra

$$\sigma_v = \frac{1800}{2000} \cdot 50 = 45 \text{ kg/cm}^2$$

$$r(50,2000) = r(45,1800) \cdot \sqrt{\frac{1800}{2000}} = 0,423 \sqrt{\frac{1800}{2000}} = 0,402$$

$$t(50,2000) = t(45,1800) \cdot \sqrt{\frac{1800}{2000}} = 0,1442 \sqrt{\frac{1800}{2000}} = 0,137$$

Ejemplo 30. Dado: Dado el perfil de una placa de $M = 1130 \text{ kg/m}$; $W_{b28} \geq 225 \text{ kg/cm}^2$; $\sigma_b/\sigma_e = 90/2000 \text{ kg/cm}^2$.

A determinar h, f_e . El cálculo se efectúa mediante la reglilla para $\sigma_{sg} = 1800 \text{ kg/cm}^2$. Se encuentra $\sigma_v = \frac{1800}{2000} \cdot 90 = 81 \text{ kg/cm}^2$ y se coloca mediante el trazo inicial de la reglilla en la escala A el valor de $M = 1130 \text{ kg/m}$. Con la colocación de la marca 18/20 del cursor en $\sigma_v = 81 \text{ kg/cm}^2$ de las escalas h, f_e, x se lee $h = 8,50 \text{ cm}$; $f_e = 7,70 \text{ cm}^2$; $x = 3,43 \text{ cm}$. Como el procedimiento es el mismo para pasar de $\sigma = 1800$ a $\sigma_e = 2400$, se puede prescindir de un ejemplo.

En general no es necesario ni aun práctico calcular los valores r y t según las ecuaciones 45 y 47. Si σ_e es conocido según ecuación 45, $r(\sigma_v, \sigma_{sg})$ y $t(\sigma_v, \sigma_{sg})$ se obtiene sin más en la escala C frente a σ_v de las escalas h, f_e .

Se coloca el factor bajo el radical para $\frac{M}{b}$ escribiendo

$$48. h = r(\sigma_v, \sigma_{sg}) \sqrt{\frac{\sigma_{sg}}{\sigma_e} \cdot \frac{M}{b}} = r(\sigma_v, \sigma_{sg}) \sqrt{\frac{M_v}{b}}$$

$$49. \frac{M_v}{\sigma_e} = \frac{\sigma_{sg}}{\sigma_e} M \text{ También es válido.}$$

$$50. f_e = t(\sigma_v, \sigma_{sg}) \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{sg}}{\sigma_e} \cdot \frac{M}{b}} \cdot b_m = t(\sigma_v, \sigma_{sg}) \cdot \sqrt{\frac{M_v}{b}} \cdot b_m$$

Si calculamos el ejemplo 30 otra vez según estas ecuaciones formamos en la escala A

$$M_v = \frac{\sigma_{sg}}{\sigma_e} \cdot \frac{M}{b} = \frac{1800}{2000} \cdot 1130 = 1020 \text{ kg/m.}$$

Colocando el trazo inicial de la reglilla B en este valor, se lee mediante el trazo del cursor, colocandolo en $\sigma_v = 81 \text{ kg/cm}^2$ los valores de h, f_e y x .

La marca roja no se emplea en este procedimiento.

Las ecuaciones desarrolladas, también se pueden emplear en sentido inverso, si son dadas M, h y σ_e . En este caso las determinaciones se efectúan en sentido inverso y deben explicarse por las ecuaciones 48, 49, 50.

Se forma en la escala A el valor de $\frac{M_v}{b} = \frac{\sigma_{sg}}{\sigma_e} \cdot \frac{M}{b}$, se coloca el trazo inicial de la escala B y el trazo del cursor en este valor en h y se lee en la escala h, σ_v . Con este valor se encuentra sin más f_e y x .

$$51. \quad h = r(\sigma_v, \sigma_{zg}) \sqrt{\frac{\sigma_{zg} \cdot M}{\sigma_e \cdot b}}$$

$$52. \quad \sigma_b = \frac{\sigma_e}{\sigma_{zg}} \cdot \sigma_v$$

$$53. \quad f_e = t(\sigma_v, \sigma_{zg}) \sqrt{\frac{\sigma_{zg} \cdot M}{\sigma_e \cdot b}} \cdot b_m$$

Se recomienda de leer el ejemplo precedente en sentido inverso para acordarse de ello para futuros casos.

Empleo con Flexión con Presión Axial.

Dados: M_e , N , b , h , h' , σ_b , σ_e .

A determinar: F_e y F'_e con la escala de la reglilla σ_{zg} .

Examinando las ecuaciones 28 y 29 se averiguará que el problema entero se limita en determinar M_z , F_{zb} y x . El cálculo se efectúa empleando las ecuaciones 48, 49 y 50

Se forma, como precedentemente

$$54. \quad \sigma_v = \frac{\sigma_b}{\sigma_e} \cdot \sigma_{zg}$$

Si se coloca la marca σ_v de la escala h en la altura h de la escala D , se lee según ecuación 48 en la escala A frente al trazo final de la escala B

$$55. \quad h = r(\sigma_v, \sigma_{zg}) \sqrt{M_{vz} \cdot 1,0}$$

designando $M_{vz 1,0}$ el momento admisible M_v para el largo de 1,0 m. Con la misma colocación de la reglilla o con la colocación del trazo inicial se lee frente a σ_v la armazón f_{ez} para 1,0 de largo y x . Entonces se puede determinar fácilmente M_z en la escala A o D .

$$56. \quad M_z = b_m \cdot \frac{\sigma_e}{\sigma_{zg}} \cdot M_{vz 1,0}$$

Así obtenemos todos los valores en general y encontramos mediante el procedimiento normal basándonos en las ecuaciones 28 y 29 (o 13/14 en el revés de la regla los valores de F_e y de F'_e .

Para resumir damos el esquema:

Dado: $M_e = \dots$	$N = \dots$	$b = \dots$	$h = \dots$	$h' = \dots$	$\sigma_b/\sigma_e =$
I) $\sigma_v = \frac{\sigma_{zg}}{\sigma_e} \cdot \sigma_b =$ II) $M_{vz 1,0} =$ lectura.					
III) $M_z = b_m \cdot \frac{\sigma_e}{\sigma_{zg}} \cdot M_{vz 1,0} = \dots$					
IV) $f_{ez} = t(\sigma_v, \sigma_{zg}) \sqrt{M_{vz 1,0}} =$ solamente lectura					
V) $x =$ lectura, por consiguiente					
VI) $F_e = f_{ez} \cdot b_m + \left[\frac{M_e - M_z}{\sigma_e (h - h')} \right] \left(\frac{+}{-} \right) \frac{N}{\sigma_e}$					
VII) $F'_e = \left[\frac{M_e - M_z}{\sigma_e (h - h')} \right] \frac{\sigma_e}{n \sigma_b} \frac{x}{x - h'}$					

Estos resultados se deben explicar por algunos ejemplos.

Ejemplo 31. El perfil según figura 16 no debe tener con un largo de 30 cm sino una altura de 50,0 cm. Con respecto a la distribución de la armazón y su reducción entre los límites admisibles se la determina para una tensión de presión $\sigma_e = 40 \text{ kg/cm}^2$ y para tres tensiones de hierro diferentes $\sigma_e = 1200, 685, 900 \text{ kg/cm}^2$.

Dado: $M_e = 7200 \text{ kg/m}$; $N = 10\,000 \text{ kg}$; $b = 0,30 \text{ m}$

$h = 47,0 \text{ cm}$; $h' = 3,0 \text{ cm}$

a) $\sigma_b/\sigma_e = 40/1200$. Determinación con la escala $\sigma_e = 1200 \text{ kg/cm}^2$.

Se lee sin más:

$M_z = 3930 \text{ kg/m}$; $f_{zb} = 0,30 \cdot 26,1 = 7,85 \text{ cm}^2$; $x = 15,7 \text{ cm}$, por consiguiente

$$F_e = 7,85 + \frac{7200 - 3930}{1200 \cdot 0,44} - \frac{10\,000}{1200} = 7,85 + 6,2 - 8,33 = 5,72 \text{ cm}^2$$

$$F'_e = 6,2 \cdot \frac{1200}{15 \cdot 40} \cdot \frac{15,7}{12,7} =$$

15,30 "

$$F_e + F'_e = 21,02 \text{ cm}^2$$

$\beta)$ $\sigma_b/\sigma_e = 40/685$. Calculado con $\sigma_{zg} = 1200 \text{ kg/m}^2$

$$\sigma_v = \frac{1200}{685} \cdot 40 = 70 \text{ kg/cm}^2; M_{vz 1,0} = 30\,500 \text{ kg/m}$$

$$M_z = 0,30 \cdot \frac{685}{1200} \cdot 30\,500 = 5200 \text{ kg/m}$$

$$f_{ez} = 64,0 \text{ cm}^2; x = 22,0 \text{ cm}$$

$$F_e = 0,30 \cdot 64,0 + \frac{7200 - 5200}{685 \cdot 0,44} - \frac{10\,000}{685} =$$

$$= 19,2 + 6,63 - 14,6 = 11,23 \text{ cm}^2$$

$$F'_e = 6,62 \cdot \frac{h - x}{x - h} = 6,62 \cdot \frac{25}{19} = 8,73 \text{ "}$$

$$F_e + F'_e = 19,96 \text{ cm}^2$$

$\gamma)$ $\sigma_b/\sigma_e = 40/900$. Calculado con $\sigma_{zg} = 1800 \text{ kg/cm}^2$

$$\sigma_v = \frac{1800}{900} \cdot 40 = 80 \text{ kg/cm}^2; M_{vz 1,0} = 30\,600 \text{ kg/m}$$

$$M_z = 0,30 \cdot \frac{900}{1800} \cdot 30\,600 = 4590 \text{ kg/m}$$

$$f_{ez} = 41,7 \text{ cm}^2; x = 18,8 \text{ cm}$$

$$F_e = 0,30 \cdot 41,7 + \frac{7200 - 4590}{900 \cdot 0,44} - \frac{10\,000}{900} =$$

$$= 12,51 + 6,60 - 11,11 =$$

8,00 cm²

$$F'_e = 6,60 \cdot \frac{900}{15 \cdot 40} \cdot \frac{18,8}{15,8} =$$

11,80 "

$$F_e + F'_e = 19,80 \text{ cm}^2$$

Las investigaciones precedentes nos demuestran de que manera sencillísima puede hacerse el examen de los perfiles, excepta la ecuación 32 y 33 no se necesitan presupuestos aproximados o interpolaciones.

Son válidas las mismas reglas para el examen de pisos a nervaduras. Después de la determinación de M_z , la investigación según f_e y γ se prosigue como lo hemos explicado.

b) Empleo de las escalas ω_R y ω_D . Estas funciones cuyos argumentos se extienden solamente de 0—1 son aptas de gran manera para facilitar y simplificar los cálculos, especialmente para la determinación de los momentos de las líneas de influencia y de tensión, para la evaluación de las ecuaciones Bertot-Clapeyron y para la solución de ecuaciones diferenciales.

m) Distribución de la armazón contra esfuerzo cortante. La determinación de esta armazón sencillísima, por la primera vez ha sido publicado