

Edificio del Instituto de Ingenieros

Concreto armado

MEMORIA DE SUS CÁLCULOS PRESENTADA

POR

FERNANDO LABRAIN M.

(Conclusion)

Pisos.—Cálculo de las losas

(Las figuras correspondientes a los pisos aparecieron en el número de Julio)

Segun los datos que se dieron para el cálculo, los pisos serian ensayados con 400 K p: m². En vista de que el pliego aleman establece un aumento de la sobrecarga para las pruebas de recepcion de obras, hemos adoptado una sobrecarga de 300 K: m² para todos los pisos, ménos para la sala de sesiones donde, por poderse aglomerar una mayor cantidad de jente, se ha tomado 400 K: m²; ademas se ha admitido como dato del pliego el peso del concreto de 2 400 Kp:m³.

Para mayor claridad, hemos reunido en un cuadro el cálculo de las losas, encontrándose allí las tasas de trabajo a la compresion del concreto i traccion del fierro, el cálculo del cizalle i adherencia.

Todas las losas, ademas de las barras de traccion en el sentido de la menor luz, tienen en el otro sentido barras de repartición de 7 mm, espaciadas de 20 cm., que no se han tomado en cuenta en el cálculo; sin embargo, en las losas en que la mayor luz es menor de 1,5 veces la otra, se ha calculado tambien esta armadura, por consiguiente tenemos dos clases de losas, que son: armadas en un solo sentido i armadas en dos sentidos.

I.—*Armadas en un solo sentido*.—Son, como ya dijimos, las losas en que la luz mayor es mayor que 1,5 veces la otra; ninguna de éstas es independiente, i muchas de ellas son continuas. Hemos tomado para el valor del momento el valor práctico $\frac{1}{10} p l^2$, en lugar de $\frac{1}{8} p l^2$ correspondiente al caso de simple apoyo.

Respecto del esfuerzo de corte se ha tomado

$$V = \frac{1}{2} p l.$$

II.—*Losas armadas en ambos sentidos*.—Se debieron calcular al valor del momento central:

$$M = \frac{1}{12} p l^2$$

segun las indicaciones del pliego.

No hemos tomado dicho valor del momento:

1.º Porque, segun esto, para una misma luz l , todas las losas de diferente ancho deben recibir un mismo valor del momento, lo que es absurdo.

2.º Con este valor no hai indicacion ninguna del valor del momento central, que se debe tomar para calcular en el otro sentido.

Por otra parte, Kersten en «Construcciones en Concreto Armado» indica que la forma lójica de proceder es la que sigue:

Llamemos M i M' los momentos centrales cuando la losa está armada en un sentido i en ambos sentidos, respectivamente.

Se tiene $M' = \alpha M$; siendo

$$\alpha = \frac{L^4}{L^4 + l^2}$$

L es la mayor luz i l la menor.

En el otro sentido, si son M_1 i M'_1 los valores de los momentos, se tendrá la relacion:

$$M'_1 = \beta M_1$$

siendo $\beta = 1 - \alpha$ esfuerzo de corte máximo.

Para los valores de V , que se encuentran en el cuadro, se ha usado los mismos coeficientes de reduccion.

Para colcular las tasas de trabajo del concreto a la compresion i de fierro a la traccion, hemos adoptado las fórmulas que el citado pliego emplea para el caso de losas trabajando a la flexion.

La adherencia i el cizalle han sido calculados por los métodos corrientes.

El significado de las diversas letras que encabezan las columnas es el siguiente:

N.^o—Número de la losa indicado en los planos.

p. —Carga total por metro cuadrado de losa incluyendo sobrecarga i peso propio.

M.—Valor del momento.

$$M_{10} \quad \text{»} \quad \text{»} \quad \text{igual a } \frac{1}{10} p l^2$$

$$M_{10k} \quad \text{»} \quad \text{»} \quad \text{»} \quad \frac{1}{10} \alpha p l^2 \text{ o } \frac{1}{10} \beta p \frac{l}{2}$$

Siendo α i β los coeficientes ya indicados.

h—d. Altura de la losa desde el borde superior al centro de la armadura.

f._c Cantidad de fierro; las armaduras de todas las losas son barras de 10m/m; por lo que nos hemos limitado a indicar el número de barras por m. de ancho, i la seccion correspondiente.

d. Distancia entre las barras de fierro.

δ_c Tasa de trabajo del fierro.

δ_b Tasa de trabajo del concreto,

Debemos advertir que, siguiendo las indicaciones de Mörsch, hemos fijado como valores limites las tasas 1000/40, por consiguiente el concreto con que se haga los pisos deberá dar a la ruptura segun las normas prusianas.

$$R_t = 6 \times 40 = 240$$

Esta tasa es susceptible de conseguirse con un concreto 1 : 2 : 4, hecho con buenos materiales.

V_{\max} . Valor del esfuerzo de corte máximo.

h— $\alpha \frac{X}{3}$ Brazo de palanca del par resistente.

τ_0 Tasa de trabajo por cizalle.

U. Superficie lateral de toda la armadura por m. c.

τ_1 Tasa de trabajo por adherencia.

Cuando una misma losa sirve para cubrir vanos de diferentes luces, la luz con que se ha calculado es la luz teórica mayor correspondiente, tomada de centro a centro de muro o nervio.

N.º	Lnz	P	M	h- α	h	f_e	d	δ_a / δ_b	V máx.	$h - \alpha - \frac{x}{3}$	τ_0	U	τ_1	
1	2,075	4,92	$M_{10} = 212$	6,5	8	$\omega = 5$	$\omega = 3,93$	20	1000/34	495	5,75	0,86	15,7	5,5
2	3,10	5,40	$M_{10\alpha} = 382$	8,5	10	$\omega = 6,66$	$\omega = 5,23$	15	990/35	618	7,52	0,82	20,95	3,93
	4,00	5,40	$M_{10\alpha} = 224$	7,5	10	$\omega = 5$	$\omega = 3,93$	20	840/27	281	6,68	0,42	15,70	2,68
3	2,475	5,40	$M_{10} = 332$	8,5	10	$\omega = 6,06$	$\omega = 4,75$	16,5	930/31	668	7,55	0,885	19,5	4,6
4	3,25	5,88	$M_{10} = 622$	10,5	12	$\omega = 8,68$	$\omega = 6,82$	11,5	1000/36,5	956	9,28	1,03	27,30	3,8
5	3,90	5,88	$M_{10k} = 470$	10,5	12	$\omega = 6,66$	$\omega = 5,23$	15	945/30	603	9,37	0,64	20,95	3,04
	4,00	5,88	$M_{10k} = 447$	9,5	12	$\omega = 6,9$	$\omega = 5,41$	14,5	975/33	560	8,43	0,665	21,70	3,06
6	2,75	5,88	$M_{10} = 445$	10,5	12	$\omega = 6,9$	$\omega = 5,41$	14,5	870/28	810	9,36	0,865	21,70	3,98
7	2,70	5,40	$M_{10} = 394$	8,5	10	$\omega = 7,15$	$\omega = 5,6$	14	1000/35,5	729	7,52	0,97	22,45	4,4
8	3,50	5,88	$M_{10k} = 576$	10,5	12	$\omega = 8$	$\omega = 6,27$	12,5	1000/34,5	825	9,30	0,89	25,30	3,51
	5,00	5,88	$M_{10k} = 295$	9,5	12	$\omega = 5$	$\omega = 3,93$	20	875/24,5	294	8,56	0,34	15,70	2,19
9	3,00	5,88	$M_{10} = 530$	10,5	12	$\omega = 7,41$	$\omega = 5,81$	13,5	965/33	883	9,33	0,95	23,30	3,79
10	3,65	6,36	$M_{10} = 850$	12,5	14	$\omega = 10$	$\omega = 7,85$	10	980/35	1 160	11,04	1,05	31,42	3,69
11	3,20	5,88	$M_{10k} = 490$	10,5	12	$\omega = 7,15$	$\omega = 5,61$	14	940/30,5	782	9,35	0,84	22,45	3,72
	4,00	5,88	$M_{10k} = 320$	9,5	12	$\omega = 5$	$\omega = 3,93$	20	950/26,5	387	8,56	0,45	15,70	2,89
12	1,50	5,88	$M_2 = 662$	10,5	12	$\omega = 9,53$	$\omega = 7,48$	10,5	985/38	883	9,22	0,96	29,90	3,20

Cálculos de los nervios

Antes de explicar el método de cálculo que se ha seguido, es necesario hacer una observación respecto al ancho de la losa que se admite como formando parte de la viga, o sea como cabeza de la T. El ancho más admitido por las normas prusianas es $\frac{1}{6}$ de la luz del nervio a cada lado de éste. Aunque, a primera vista, puede parecer lo más conveniente considerar este ancho máximo, no siempre resulta así, porque, aunque se obtiene una menor altura para los nervios, aumenta mucho la cantidad de fierro usado tanto en la armadura principal como en la secundaria.

Uno de los pocos autores que se pronuncia sobre esta materia es Kersten, i llega a la conclusión que las proporciones más convenientes son

$$b = 2h$$

que hemos tomado nosotros.

Para determinar los valores de X , δ_e , y δ_n , se han usado las fórmulas indicadas en el pliego para los diferentes casos, según que el eje neutro haya caído en el nervio o dentro de la losa.

Hemos llamado c la abscisa donde el valor del esfuerzo de corte produce en el nervio un trabajo al cizalle de $4,5K \text{ cm}^2$. Esta se ha calculado según las indicaciones hechas en uno de los ejemplos del Pliego. Respecto de las dobladuras de las barras, hemos seguido el método preconizado por Salinger, que consiste en cubrir el lugar de momentos, al mismo tiempo que, según las indicaciones de Kersten, estas barras se distribuyen para resistir el esfuerzo de corte.

No nos ha parecido necesario seguir las indicaciones de Mörsch, de dar una mayor inclinación a la primera barra doblada, pues las vigas no van a resistir grandes esfuerzos, i, suponiendo que no existiesen éstas, las tasas de trabajo al cizalle en la sección donde quedan dobladas las primeras barras, son casi siempre menores que las admitidas por el pliego prusiano.

Hechas estas observaciones, pasamos a indicar el significado de los signos que encabezan las diversas columnas.

N.º Es el número del nervio indicado en la planta del piso respectivo.

Luz. Largo del nervio de eje a eje de muro.

Σp . Sobrecarga por metro corrido de nervio.

M. Momento máximo.

$h-\alpha$. Distancia desde la superficie superior del nervio al eje de la armadura.

h . Altura del nervio, comprendido el espesor de la losa.

b . Ancho de la losa considerado como cabeza del T.

d . Espesor de la losa.

b° . Ancho del nervio.

f^e . Sección total del fierro.

δ^e / δ^b . Tasas de trabajo a la flexión, del concreto i del fierro.

V. Esfuerzo de corte máximo.

e. Brazo de palanca del par resistente.

T_o . Tasa de trabajo al cizalle, sin tomar en cuenta las barras dobladas ni la armadura secundaria.

T. Esfuerzo de adherencia.

e. Valor indicado ya.

Z. Esfuerzo que reciben las barras dobladas.

f'_e . Sección de las barras dobladas.

N.º Luz	Σp	M	h	$h-\alpha$	h	b	d	b ₀	f _e	δ_e/δ_b	V	e	τ_0	τ_1	c	Z	f _e		
1	4	1 550	2 480	30	35	70	10	20	6	ϕ 15	10,60	873/27,5	3 100	26,80	5,78	4,09	0,45	408 2 ϕ 15	3,54
2	4	2 550	4 080	30	35	70	10	20	9	ϕ 15	15,60	975/39,7	5 100	26,33	9,67	4,56	1,07	3 910 4 ϕ 15	7,07
3	7,20	1 450	7 512	40	45	90	10	20	7	ϕ 20	21,09	958/35,9	5 220	35,75	7,3	3,3	1,38	2 765 3 ϕ 20	9,32
4	6,75	1 400	9 612	45	50	100	12	20	8	ϕ 20	25,14	940/33,4	6 910	40,76	8,47	3,36	4 ϕ 20	12,57*
5	3	1 100	1 760	25	30	60	12	15	5	ϕ 15	8,84	900/31	2 220	22,16	6,62	4,4	0,70	1 050 2 ϕ 15	3,54
6	5	1 700	4 250	35	40	80	12	20	8	ϕ 15	14,14	962/29,4	4 250	31,18	6,82	3,62	0,85	1 312 4 ϕ 15	7,07
7	5,60	1 850	9 440	45	50	100	12	20	8	ϕ 20	25,14	923/32,8	7 380	40,76	9,03	3,63	4 ϕ 20	12,57

NOTA.—En caso de cambiar el diámetro de los fierros, deberá hacerse en forma tal que no disminuya ni la sección, ni el perímetro total; lo mismo para las barras dobladas.

* Esta viga recibe otras dos que le producen cargas concentradas.

Presupuesto para la construccion de la albañilería de concreto armado i varios otros trabajos en el Instituto de Ingenieros de Chile

N.º	DESIGNACION	Unidad	Cantidad	Precio por unidad	Valor parcial
<i>Albañilería de concreto armado:</i>					
1	Cimientos de concreto armado, en mezcla de 1 : 2, 5 : 5 i fierro s/g detalle.....	m ³	24	\$ 58	\$ 1 392
2	Muros del subsuelo 1 x 2, 5 x 5.	m ³	117	110	12 870
3	Piso del primer piso (1 x 2 x 4).....	m ²	352	19	6 668
4	Planos inclinados de las escaleras (1 x 2 x 4) de 0,10 de espesor.....	m ²	46	20	920
5	Muros del primer piso (1 x 2, 5 x 5) i de 0,15 de espesor, termino medio.....	m ²	796	21	16 716
6	Piso del segundo piso (1 x 2 x 4).....	m ²	353	20	7 060
7	Muros interiores del segundo piso (1 x 2, 5 x 5) de 0,10 de espesor.....	m ²	426	18	7 668
8	Muros de fachada del segundo piso (1 x 3 x 6) de 0,30 de espesor.....	m ²	100	40	4 000
9	Vigas del hall.....	m l	16	25	400
10	Columnas de fachada.....	nº	6	150	900
11	Entablamiento i consolas, 0,30 espesor.....	m ²	21	50	1 050
12	Cornisas de fachada.....	m l	14	35	490
13	Armadura del hall.....	m l	19	30	570
14	Vigas.....	m l	6	30	180
15	Bóveda escalera de 0,10 espesor.....	m ²	22	55	1 210
16	Pináculos.....	nº	2	50	100
17	Muros del Salon de Sesiones, de 0,5 de espesor, término medio.....	m ²	459	22	10 098
18	Losas del salon.....	m ²	70	30	2 100
19	Bóveda del salon, de 0,10.....	m ²	23	60	1 580
20	Arco del salon.....	ml	27	35	945
21	Moldura del salon, id. id. circular.....	m l	22	40	880
22	Pechinas del salon.....	m ²	13	30	390
23	Cúpula del salon de 0,10.....	m ²	42	60	2 520
24	Borde de linterna, circular.....	m l	10	45	450
Suma.....					\$ 81 157

NOTA.—El Instituto proveerá al contratista del fierro i del cemento necesario.
 Son en total 528 m³ de albañilería de concreto armado; de modo que resulta un precio de \$ 153,70 el m³.
 Del valor total de la albañilería de concreto armado se descontará el fierro invertido a razón de \$ 0,21 el kilo.
 El cemento se descontará a razón de \$ 14 el barril de 180 kilos.

1.^a—GASTOS VARIOS QUE FORMAN PARTE DEL CONTRATO

N.º	DESIGNACION	Unidad	Cantidad	Precio por unidad	Valor parcial
1	Desmontes de tierra, incluso extraccion de escombros, de 1,80 m de profundidad....	m ³	483,57	\$ 5	\$ 2 417,85
2	Zócalo de piedra.....	m ²	20,16	75	1 512
3	Revestimiento piedra puerta entrada.....	m ²	16,50	120	1 980
	Suma.....				\$ 5 909,85

2.^a—PARTIDA DE GASTOS VARIOS

N.º	DESIGNACION	Unidad	Cantidad	Precio por unidad	Valor Parcial
1	Escavaciones, incluso extraccion de escombros.....	m ³	42,96	\$ 5	\$ 214,80
2	Zocaladura de concreto (1 x 4 x 8) en muros vecinos	m ³	42,96	42	1 804,32
3	Alzaprimado, incluso division de madera de dos pisos en el costado sur i refuerza de un pabellon ya cargado	m ²	173,37	14	2 427,18
4	Demolicion i extraccion de escombros de la muralla de adobes del costado sur.....	m ²	192,92	4	771,68
5	Remiendo de entablado de pisos i prolongacion de envigados incluso guarda-polvos.....	m ²	31,80	4	127,20
6	Remiendo de entablados de cielo con prolongacion de vigas, tijerales i cortinas....	m ²	63,60	4	254,40
7	Estucos	m ²	109,15	4,50	491,17
8	Empapelados	m ²	124,96	0,40	49,98
9	Pintura al óleo sobre muros i cielos.....	m ²	289,96	1,80	521,92
10	Enlucidos.....	m ²	124,96	0,60	74,97
11	Arreglo de callerizas, adoquinado.....				300
	Suma.....				\$ 7 037,62

FERNANDO LARRAIN M.