

Construcción

Ensayo de mampostería de ladrillos

Extracto de la memoria del "Bureau of Standards"

por la señorita ELISA B. BACHOFEN

INGENIERO CIVIL

La resistencia a la compresión de los macizos de mampostería de ladrillos ha sido objeto de muchas e importantes investigaciones. Hasta hace poco no habían sido usadas máquinas de ensayo que tuvieran una suficiente capacidad como para poder ensayar en ellas macizos tales como los usados ordinariamente en la práctica i por tanto se han encontrado grandes dificultades al querer aplicar las leyes deducidas de dichos ensayos, a las construcciones en general.

En 1914 el Comité Técnico del «National Bricks Manufacturer's Association», reconociendo la necesidad de hacer extensivos los ensayos a macizos de dimensiones usuales en la práctica, auspició una serie de ensayos con la cooperación del «Bureau of Standards». Dado que los macizos ensayados tenían dimensiones hasta de $0.75 \times 0.75 \times 3.00$ m., los resultados obtenidos son de aplicación general. Los ladrillos empleados, así como los morteros i métodos de trabajo, corresponden a tres tipos distintos.

Antes de proceder a la descripción de métodos usados i resultados obtenidos por estos recientes ensayos haremos una breve reseña de los efectuados anteriormente.

Ensayo Howard

Este ensayo tuvo por objeto la investigación de la influencia de los diferentes morteros, las clases de ladrillos i manufactura, en la resistencia de los macizos de mampostería de ladrillos.

Una variedad introducida fué la de colocar los ladrillos de canto i romper las juntas cada tres o cuatro hileras en lugar de a cada hilera. Los macizos tenían una sección variable de 0.20×0.20 a 0.40×0.40 i la altura estaba comprendida entre

0.60 m. i 3.60 m. Catorce de estos modelos fueron construídos con mortero compuesto de cemento Rosendale i arena en la relación 1:2. La resistencia resultó ser variable con la altura del macizo, variando de 12.5 a 18.1 % de la resistencia de los ladrillos. Empleando ladrillos comunes y el mismo mortero en macizos de iguales dimensiones a los anteriores, la resistencia resultó ser de 7.8 a 17.6 %, creciendo esta resistencia al colocar los ladrillos de canto i rompiendo las juntas cada 3 ó 6 hileras. Los resultados de estos ensayos se consignan en el cuadro I, tomado del «Burr's Elasticity and Resistance of the Materials of Engineering».

Ensayo Mac Gregor

El objeto propuesto fué la investigación de las proporciones de cemento i cal más convenientes, i sus efectos en la resistencia de los macizos.

Los modelos ensayados componían siete grupos de macizos de 0.20×0.20 m. de sección i 213 cm. de altura. A su vez cada grupo comprendía nueve modelos, cada uno de ellos construído con morteros distintos en lo que respecta a las proporciones de las partes. De estos nueve modelos, tres se ensayaron a los 7 días, otros 3 a los 28 días i los tres restantes a los 90 días, habiéndose empleado en su construcción ladrillos recocidos. También se ensayaron macizos construídos con ladrillos comunes, cada uno de ellos con mortero distinto i a los 28 días. De los ensayos se dedujo que al emplearse morteros compuestos de un volumen formado de 50 % de cemento i 50 % de cal i 3 volúmenes de arena, la resistencia del macizo aumentaba. El cuadro II que resume los resultados, ha sido tomado del «Bulletin of Hydrated Lime Bureau of the National Lime Manufacturing Association».

Ensayo Mac Caustland

Esta investigación se efectuó con una serie de catorce macizos de 33×33 cm. de sección i 203 cm. de alto, los cuales estaban reforzados lateralmente, en las juntas horizontales con chapas de acero, flejes de hierro i alambre tejido.

El mortero empleado estaba compuesto de cemento portland i arena en la relación 1:3; los ladrillos tenían una resistencia de 262 kilog. por cm^2 . En el cuadro III puede verse la influencia de los refuerzos en los macizos.

Ensayo Kreuger

Fué realizado por el profesor H. Kreuger de la Escuela Superior Técnica de Estocolmo i aunque efectuado en pequeños modelos, ha conducido a buenos resultados. Algunos de los en-

sayos se refieren particularmente a investigar los efectos de las cargas excéntricas. Los modelos ensayados tenían una sección de 60 cm², i la altura variaba de 0.15 m. a 0.80 m. Con ladrillos de varios tipos i morteros compuestos de cal y arena (1:3) la resistencia resultó ser de 18.5 a 26.5 % de la de los ladrillos. Se notó también, que según que los modelos fueran ensayados a los 28 días o al año de ser construídos, la resistencia de los ladrillos variaba de 33 a 165 %, mientras la de los macizos solo de 6 a 17 %. La introducción de alambre tejido en cada junta la aumentaba en un 88 a 100 %. Los cuadros IV, V, VI, VII tomados del Clay Worker resumen los resultados de estos ensayos.

Ensayos realizados por el Bureau of Standards i el National Brick Manufacturer's Association

Los principales fines propuestos en estas investigaciones según el programa previamente establecido, fueron:

- 1.º) Influencia de la calidad de los ladrillos
- 2.º) Influencia de la calidad y composición de los morteros.
- 3.º) Influencia de los métodos de manufactura.

A estos efectos los ladrillos se clasificaron en cuatro clases:

- A) Vitrificados — Resistencia a la compresión: 250 Kg/cm². Porcentaje de absorción menor al 5 %.
- B) Recocidos. — Resistencia a la compresión 175 Kg/cm². Absorción menor al 12 %.
- B) Comunes (medio cocidos). — Resistencia a la compresión 100 Kg/cm². Absorción menor al 12 %.
- D) Ladrillos de clase inferior. Poco cocidos.

En cuanto a los morteros, los tres tipos a ensayarse eran los siguientes:

- A) Cemento Portland i arena 1:3.
- B) Cal hidráulica i arena 1:3, con 5 % de cemento.
- C) Cal hidráulica i arena 1:3.

En la construcción se adoptaron diversas maneras de colocar los ladrillos. Los macizos fueron construídos sobre chapas de acero cuidadosamente niveladas a fin de que aquéllos resultaran perfectamente verticales. La altura de ellos era de 3.00 m. i el número de hileras variaba entre 41 i 46 según el espesor de los ladrillos empleados, siendo las juntas de un espesor variable entre 9 mm. i 1 cm.

CUADRO I (1)

N.º	Alto del macizo	Sección del macizo	COMPOSICIÓN DEL MORTERO	Peso Kg./m. ³	Resistencia kg./mm. ²
1	0.406	412.90	Cal, arena 1 : 3	2201.04	1.77
2	2.032	412.90	id. id.	2138.56	1.32
3	0.406	412.90	Cemento Portland, arena 1 : 3	2183.42	2.65
4	0.406	412.90	id. id.	2138.56	1.58
5	0.610	929.03	Cal, arena 1 : 3	—	1.36
6	0.610	929.03	id. id.	—	1.34
7	3.048	929.03	id. id.	2106.53	1.06
8	3.048	929.03	id. id.	2002.40	1.27
9	0.610	929.03	Cemento Portland, arena 1 : 3	—	2.58
10	3.048	929.03	id. id.	2116.74	1.90
11	0.406	412.90	Cal, arena 1 : 3	2172.20	1.72
12	2.032	412.90	id. id.	2140.17	1.08
13	0.610	929.03	id. id.	—	1.51
14	0.610	929.03	id. id.	—	1.44
15	2.972	929.03	id. id.	2106.52	0.79
16	3.048	929.03	id. id.	1178.61	1.12
17	3.048	929.03	Cemento Portland, arena 1 : 3	2008.52	1.41
18	2.641	1651.60	id. id.	—	1.91
19	3.048	1651.60	id. id.	—	1.32

(1) Este cuadro y los siguientes, en el original están expresados en unidades del sistema inglés; de aquí que al convertir dichos valores al sistema métrico decimal, hayan resultado valores fraccionarios.

CUADRO II

COMPOSICIÓN DEL MORTERO	Proporción del mortero		Epoca de ensayo días	Resistencia kg. mm. ²	
	Volumen	Peso		Ladrillo recocido	Ladrillo común
Cemento Portland - Arena	1 : 3	100-300	7	1.85	
			28	1.97	0.82
			90	1.97	
Cemento Portland 0.90 - Cal hidráulica 0.10 - Arena 3.....	1 : 3	90-4-300	7	2.18	
			28	2.33	0.84
			90	3.12	
Cemento Portland 0.85 - Cal hidráulica 0.15 - Arena 3	1 : 3	85-6-300	7	1.03	
			28	2.87	0.93
			90	3.02	
Cemento Portland 0.75 - Cal hidráulica 25 - Arena 3	1 : 3	75-10-300	7	2.19	
			28	2.44	1.18
			90	2.92	
Cemento Portland 0.50 - Cal hidráulica 0.50 - Arena 3.....	1 : 3	50-20-300	7	1.90	
			28	2.18	0.91
			90	2.69	
Cemento Portland 0.25 - Cal hidráulica 0.75 - Arena 3.....	1 : 3	25-30-300	7	1.38	
			28	1.66	0.73
			90	1.91	
Cal hidráulica - Arena	1 : 3	40-300	7	1.08	
			28	1.31	
			90	1.37	

CUADRO III

N.º	CLASE DE JUNTA	Resistencia	
		Total kg.	kg/mm. ²
1	Cemento Portland - Arena 1 : 2.....	87.994	0.808
2	id.	90.720	0.832
3	Flejes de hierro cada 4 hileras.....	61.873	0.669
4	» » » » 4 »	71.122	0.647
5	» » » » 6 »	58.970	0.548
6	» » » » 8 »	64.634	0.583
7	Alambre tejido cada 2 hileras.....	87.091	0.799
8	» » » » »	94.349	0.841
9	» » » hilera.....	127.915	1.170
10	id.	108.864	1.012
11	Flejes de hierro cada 4 hileras	128.926	0.724
12	» » » » »	87.772	0.805
13	» » » » »	73.483	0.684
14	» » » » »	64.865	0.603

CUADRO IV

Influencia de la resistencia de los ladrillos

(Mortero: cal-arena 1 : 3). — Epoca de ensayo: 28 días

N. ^o de macizos ensayados	Alto en cm.	Ancho en cm.	ESFUERZO DE COMPRESIÓN		PORCENTAJE DE RESISTENCIA de los LADRILLOS en los MACIZOS		
			Ladrillos kg/mm. ²	Macizos kg/mm. ²	Mínimo	Máximo	Término medio
5	86.36	25.40	1.35	0.29	19.3	23.7	21.3
4	86.36	24.13	1.76	0.47	23.7	29.5	26.5
3	83.82	24.13	2.84	0.62	20.0	24.3	21.8
5	85.09	24.13	3.73	0.69	15.0	21.2	18.5
4	78.74	24.13	5.01	1.35	24.7	26.2	25.5
5	77.49	24.13	6.04	1.28	17.5	21.6	19.5

CUADRO V

Influencia del mortero. — Epoca de ensayo: 28 días

N. ^o	ESFUERZO DE COMPRESIÓN		Mortero	Esfuerzo de compresión de los macizos kg/mm. ²
	Ladrillos kg/mm. ²	Mortero kg/mm. ²		
1	2.84	0..	Arena seca	0.52
2	2.84	0.03	Cal - arena..... 1 : 3	0.52
3	2.84	0.25	Cemento - cal - arena 1 : 2 : 9	1.00
4	2.84	0.49	„ „ „ 1 : 1 : 6	1.29
5	2.84	0.90	„ „ „ 2 : 1 : 9	1.19
6	2.84	1.15	„ „ „ 1 : 2 : 7	1.36
7	2.84	1.84	Cemento - arena 1 : 3	1.40

CUADRO VI

Influencia de la altura de los macizos

(Mortero : cal-arena 1 : 3)

N.º	Resistencia de los ladrillos kg/mm. ²	Ancho del macizo cm.	Relación entre el ancho y el alto	Resistencia de los macizos kg/mm. ²	N.º	Resistencia de los ladrillos kg/mm. ²	Ancho del macizo cm.	Relación entre el ancho y el alto	Resistencia de los macizos kg/mm. ²
1	2.29	27	4.3	1.65	10	2.29	27	43.4	0.62
2	»	»	8.7	1.63	11	»	»	48.8	0.53
3	»	»	13.0	1.36	12	»	»	53.2	0.55
4	»	»	17.4	1.14	13	»	»	57.5	0.45
5	»	»	21.7	0.77	14	»	»	61.8	0.49
6	»	»	26.4	0.72	15	»	»	65.8	0.46
7	»	»	30.7	roto	16	»	»	69.7	0.46
8	»	»	35.4	0.55	17	»	»	74.5	0.49
9	»	»	39.5	0.62	18	»	»	78.8	0.49

CUADRO VII

Efecto de las cargas excéntricas. — (Mortero : cal-arena 1 : 3)

Alto cm.	Ancho cm.	ESFUERZOS		CARGA MÁXIMA	
		Ladrillos kg/mm. ²	Mortero kg/mm. ²	Concéntrica kg/mm. ²	Excéntrica kg/mm. ²
82.82	23.88	2.84	0.035	0.63	0.29
83.82	23.88	3.94	0.035	0.86	0.40
78.74	23.88	4.99	0.035	1.30	0.60

CUADRO VIII

MACIZOS (Mortero: cemento-arena)										
N.º	DATOS DE CONSTRUCCIÓN			RESULTADO DE LOS ENSAYOS						RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE LADRILLO
	Tipo de ladrillos	N.º de hileras	MORTERO	Alto m.	Época de ensayo	Área cm.²	Carga máxima ton.	Carga máxima kg/mm.²	Módulo de elasticidad	
1	A	46	Cemento - arena 1 : 3	3.00	días 30	6000	1143	1.97	1757	Resist. a la comp. De plano kg/mm.² 8.43
2	A	46	»	»	36	6000	1156	1.93	2250	De canto kg/mm.² 6.26
3	A	46	»	»	30	6000	1223	2.04	2250	Coeficien. de rotura 1.37
4	B	45	»	»	32	5522	777	1.41	1582	Porcentaje de absorción 4.08
5	B	45	»	»	32	5710	832	1.46	1406	7.46
6	B	44	»	»	33	6103	374	0.61	586	7.46
7	C	41	»	»	29	6606	238	0.36	492	5.16
8	C	41	»	»	29	6723	263	0.39	515	16.28
9	C	41	»	»	32	6606	299	0.46	375	16.28
(Mortero: cal-cemento)										
10	A	45	15 % Cal - 85 % Cemento -	3.00	90	5426	1456	2.67	2460	Resist. a la comp. De plano kg/mm.² 8.41
11	A	45	Arena 1 : 3.....	»	90	5426	1186	2.26	2144	De canto kg/mm.² 7.07
12	A	45	»	»	90	5426	1119	2.32	2460	Coeficien. de rotura 1.95
13	B	45	»	»	33	5858	723	1.24	1089	Porcentaje de absorción 1.28
14	B	44	»	»	32	6200	380	0.61	527	7.46
15	B	45	»	»	30	5665	701	1.24	1152	15.16
										7.46

(Concluirá)