COMPORTAMIENTO FRENTE A LA ACCION DEL FUEGO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO DRAGADOS-PLASTBAU

Luis Miguel Elvira Martín, Laboratorio del Fuego. Dep. de Maderas, INIA
Fco. Javier Jiménez Peris, Laboratorio del Fuego, Dep. de Maderas, INIA
Jesús Rodríguez Santiago, Dragados y Construcciones, S. A.

193-14

1. CONSIDERACIONES PREVIAS

La resistencia al fuego de un elemento constructivo portante viene determinada por el tiempo, expresado en minutos, durante el cual es capaz de mantener las condiciones de estabilidad mecánica, aislamiento térmico, estanquidad a las llamas y ausencia de gases inflamables ante la acción de un incendio, según lo establecido en la norma NBE-CPI-82 (1); o dicho de otra forma, es el tiempo en que dicho elemento permanece cumpliendo sus funciones aún a pesar de la acción del fuego.

Su determinación puede llevarse a cabo por métodos teóricos o experimentales existiendo también tabulaciones en códigos y publicaciones especializadas que contienen el valor de la resistencia al fuego de los elementos constructivos comúnmente utilizados.

En el sistema Dragados-Plastbau, la combinación de materiales que forman sus componentes principales, muros y forjados, no ha permitido conocer el valor de su resistencia al fuego ni por procedimientos teóricos de cálculo ni mediante las tabulaciones antes indicadas, por lo que se ha procedido por la vía experimental, mediante ensayos de laboratorio.

En la Tecnología de Ensayos del Fuego y dentro del ámbito legislativo español, la Norma Básica de la Edificación-Condiciones de Protección contra Incendios en los Edificios NBE-CPI-82 (1) indica el «grado de resistencia al fuego» que debe presentar cada parte de un local o de la construcción, en función de los efectos que se presume podrían sufrir en caso de incendio.

Estos grados corresponden a elevaciones de temperatura en función del tiempo que se determinaron después de numerosas observaciones efectuadas en incendios reales.

La curva de estas elevaciones de temperatura en función del tiempo llamada «curva normalizada temperatura-tiempo» es prácticamente la misma en todos los países que tienen normativa sobre Tecnología de Ensayos del Fuego en la construcción (2).

Ella está dada por la ecuación:

$$T = T_o + 345 \, Log_{10} (8t + 1)$$

donde:

t = tiempo, expresado en minutos.

T = temperatura a 10 cm de la muestra en el tiempo t, medida en º C.

T_o = temperatura inicial en º C, constante para cada ensayo.

En el artículo 3.1.3. de la norma citada (1) se establecen los grados de clasificación de resistencia al fuego. En la normativa francesa se admite la clasificación 1/4 de hora mientras que en la española se eleva a 1/2 hora el mínimo tiempo de cumplimiento para poder clasificar el elemento ensayado.

La respuesta de las muestras, que se ensayan a escala real, frente a la acción del fuego, se de-

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

termina en función de los criterios siguientes (2):

a) Estabilidad mecánica.
b) Estanquidad a las llamas.
c) Aislamiento térmico.
d) Emisión de gases inflamables.

Así, en función de estos criterios, los elementos se juzgan de acuerdo a su grado de:

- Estabilidad al fuego - criterio a.
- Parallamas - criterio a + b + d.
- Cortafuegos - criterio a + b + c + d.

Sobre esta base y teniendo en cuenta la experiencia previa del Laboratorio del Fuego del INIA y de otros laboratorios extranjeros en este campo, se planteó un programa de ensayos para valorar el comportamiento frente al fuego de los muros y forjados del sistema Dragados-Plastbau.

2. MUESTRAS ENSAYADAS

Se prepararon cinco muestras que reproducían a escala real los elementos principales del sistema y cuyas caracteristicas se resumen en las dos primeras columnas de la tabla 1.

En primer lugar se ensayó un muro D-P II con un número de pilares de hormigón armado representativo del utilizado habitualmente en los edificios. Posteriormente se ensayaron dos muros D-P I, uno de ellos con una capa de terminación de yeso de 2,0 cm de espesor, con el fin de conocer su comportamiento con y sin dicha protección adicional. Todos los muros se construyeron a partir de varios paneles unidos entre sí mediante el solapo de sus mallas, lo que permitió reproducir las uniones de estos elementos tal y como se realizan en las construcciones reales.

Se ensayaron también dos forjados, el primero de los cuales correspondía a un forjado de cubierta D-P I con unas armaduras inferiores de refuerzo Ø6/0,20 y una capa de terminación de yeso de 1,5 cm de espesor, fabricado a partir de varios paneles unidos mediante el solapo de sus mallas. El segundo forjado ensayado fue uno de hormigón armado tipo Cádiz con un canto y unas armaduras acordes con la separación entre los apoyos del horno en donde se ensayó.

3. PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO

Los muros se ensayaron en un horno vertical de ladrillo refractario revestido en su interior con material aislante y con una boca útil de 2,90 × 2,81 m, dotado con tres quemadores de impulsión con una potencia de hasta 400.000 kcal/h cada uno, alimentados por propano. Los forjados se ensayaron en un horno horizontal de ladrillo refractario revestido en su interior con material aislante y con una boca útil de 3,70 × 1,63 m, dotado con dos quemadores de impulsión de ca-

TABLA 1

Resultados de los ensayos del fuego

ENSAYO	DIMENSIONES	CARGAS	RESUMEN DEL ENSAYO	CLASIFICACION DEL ELEMENTO CONSTRUCTIVO	
				RESISTENCIA AL FUEGO	PARALLAMAS
MURO D.-P.II Pilares H.A. cada 0,60 m. (4 Ø10 y EØ6/0,15) Vigas zuncho de Hormigon en bordes sup. e inf. (4Ø8 y EØ6/0,15)	H=3,40 m b=3,30 m h=0,28 m	13,6 t/m	A las 2h. 19 min. se alcanzó un ΔT= 180° (*) prolongándose el ensayo hasta las 3 h.	RF 120	180
MURO D.-P.I Capa de 2cm de yeso	H=3,40 m b=3,30 m h=0,15 m	7,6 t/m	A las 2 h. 19 min. se alcanzó un valor medio ΔT=140° (*) prolongándose el ensayo hasta las 3 h.	RF 120	180
MURO D.-P.I	H=3,40 m b=3,30 m h=0,13 m	7,6 t/m	A las 1 h. 17 min. se alcanzó un valor medio ΔT=140°(*) y la inestabilidad mecánica	RF 60	60
FORJADO CADIZ Nervios de 0,12 m. de ancho cada 0,60m. Capa de compresion de 0,05 m. Recubrimiento de las armaduras 1,5 cm. Placa de yeso-carton de 10 mm.	L=3,68 m b=1,60 m h=0,21 m	0,400 t/m²	A las 1 h. 36 min. se alcanzó un ΔT=180°(*) prolongándose el ensayo hasta las 2 h. 15 min. Flecha final en centro vano = 2,5 cm	RF 90	120
FORJADO D.-P.I Capa de 1,5 cm de yeso	L=3,68 m b=1,60 m h=0,145 m	0,150 t/m²	A las 3h. 40min. se alcanzó ΔT=180°(*) y el ensayo se dió por terminado. Flecha final en centro vano=11,5 cm	RF 180	180
(*) VALORES MEDIDOS EN TERMOPARES EN LA CARA NO EXPUESTA AL FUEGO					

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

racterísticas similares a los anteriores. En ambos casos las muestras se situaron en la boca de los hornos con una cara expuesta al fuego y se sellaron con lana mineral las uniones entre ellas y el horno.

Los ensayos comenzaron con la aplicación de cargas que producían en los elementos constructivos estados tensionales similares a los correspondientes a su situación de servicio en los edificios (tabla 1). Los muros fueron sometidos a cargas centradas de compresión aplicadas mediante dos cilindros hidráulicos a través de una viga metálica que repartía la carga uniformemente en todo su borde superior (fig. 1). En los forjados, que estaban apoyados en sus bordes más cortos sobre muros de ladrillos refractarios, se introdujeron cargas lineales a todo lo ancho del elemento situadas aproximadamente a tercios de la luz con un valor tal que producían el mismo momento flector máximo que las cargas equivalentes uniformemente repartidas (fig. 2).

Posteriormente, las muestras fueron sometidas al programa térmico normalizado (2) controlado automáticamente por ordenador, registrándose de forma continua la temperatura en el horno con seis termopares emplazados en diferentes puntos de su interior.

Durante el ensayo se medían, de forma también continua, las temperaturas de la cara no expuesta al fuego de los forjados y los muros mediante la colocación de 5 u 8 termopares respectivamente. La estanquidad a las llamas se controlaba visualmente y mediante la aproximación de un algodón a 20 ó 30 mm de cada fisura durante un tiempo de 10 a 30 segundos controlándose que dicho algodón no iniciaba la combustión.

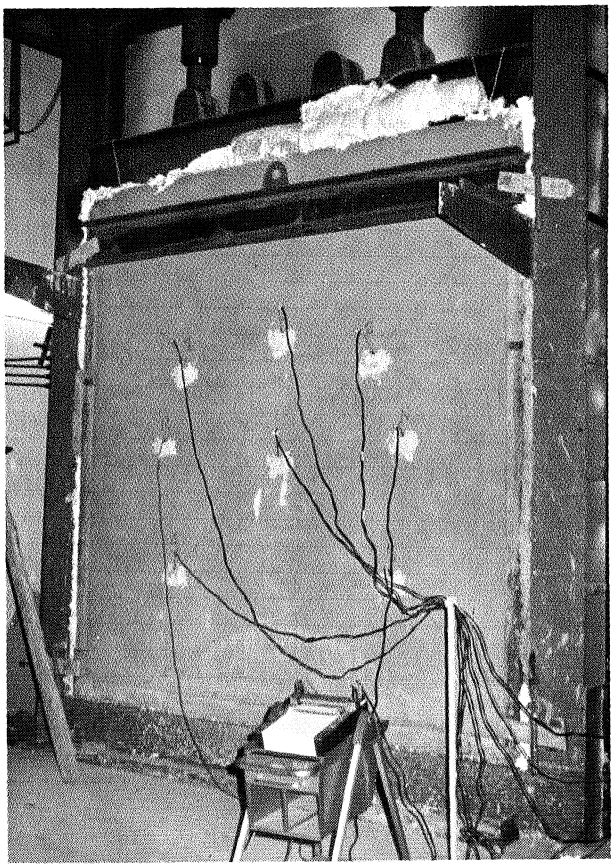

Fig. 1. – Ensayo de un muro D-P II bajo carga en el horno vertical.

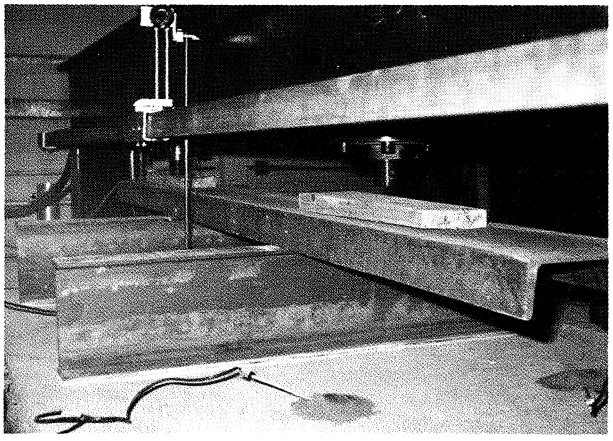

Fig. 2. – Ensayo de un forjado de hormigón bajo carga en el horno horizontal.

En los forjados se llevó a cabo un seguimiento de la evolución de la flecha en centro del vano durante la acción del fuego lo que permitió conocer su velocidad de variación y el valor máximo alcanzado.

4. RESULTADOS

En todas las muestras ensayadas se perdió en primer lugar la condición de aislamiento térmico (incremento de temperatura en la cara no expuesta de 180º en un punto o de 140º C como valor medio en toda ella). Sólo en el caso del muro D-P I sin revestimiento de yeso se alcanzó también de forma casi simultánea su inestabilidad mecánica. En los otros casos el ensayo se detuvo por mutuo acuerdo cuando todavía se mantenían las condiciones restantes.

En la parte central de la tabla 1 se resumen los resultados de los ensayos y en la misma tabla se indica también la clasificación de los elementos estructurales del sistema deducida de estos ensayos, señalando su «resistencia al fuego», tiempo en minutos del mantenimiento de todas las condiciones exigidas y el valor «parallamas», tiempo en minutos del mantenimiento de todas las condiciones excepto la del aislamiento térmico.

Durante la ejecución de estos ensayos se llevó a cabo una inspección visual de las muestras y las observaciones efectuadas así como los resultados obtenidos se recogieron en los informes escritos de cada uno de ellos.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

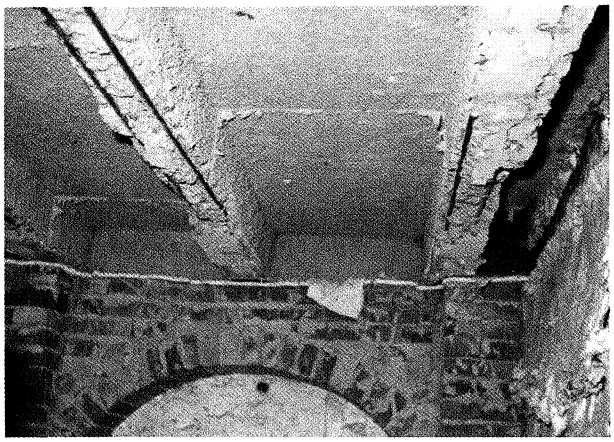

Fig. 3. – Aspecto de la cara inferior del forjado de hormigón después de la realización del ensayo.

Tanto los muros como los forjados fueron examinados con posterioridad a la realización de estos ensayos para conocer con más detalle el efecto sobre ellos de la acción del fuego. La fig. 3 muestra el aspecto del forjado Cádiz ensayado, por su cara inferior apreciándose la pérdida del yeso-cartón y de los aligeramientos de poliestireno, así como la rotura del recubrimiento de hormigón de la cara inferior de los nervios del forjado, en la zona que no tenían armaduras transversales.

5. CONCLUSIONES

Estos ensayos han permitido clasificar los elementos de este sistema constructivo atendiendo a su comportamiento frente al fuego. De los valores obtenidos se deduce la viabilidad de su empleo como elementos estructurales y de cerramiento de edificios de dos y cinco plantas con muros D-P I y D-P II respectivamente, así como de su empleo como elementos de cerramiento de edificios de mayor altura con estructuras convencionales.

En la tabla 2 se resumen los valores de resistencia al fuego de algunos elementos constructivos convencionales (1). Comparando las tablas 1 y 2 se observa que los elementos que forman el sistema Dragados-Plastbau tienen valores de resistencia al fuego de un orden de magnitud similar al de elementos de hormigón o cerámica empleados en construcción.

TABLA 2

Valores de la resistencia al fuego de algunos elementos constructivos (NBE-CPI-82)

ELEMENTO CONSTRUCTIVO		CAPA DE 1,5 cm. YESO	CAPA DE 1,0 cm YESO
MURO DE LADRILLO			
Macizo de 11,5 cm. de espesor	RF. 120	RF. 180	
Hueco de 11,5 cm. de espesor	RF. 90	RF. 120	
MURO HORMIGON ARMADO			
Canto 16 cm. y recubrimiento de armaduras 2,5 cm.	RF. 120	RF. 180	
Canto 14 cm. y recubrimiento de armaduras 1,5 cm.	RF. 90	RF. 120	
LOSA MACIZA HORMIGON ARMADO			
Canto 12 cm. y recubrimiento de armaduras 3,0 cm.	RF. 90		RF. 120
Canto 15 cm. y recubrimiento de armaduras 5,5 cm.	RF. 180		RF. 240
FORJADO DE VIGUETAS Y BOVEDILLA			
Canto 17,5 cm.; ancho nervio 10 cm.; recubrimiento armadura 5,5 cm.	RF. 180		
Canto 14 cm.; ancho nervio 8 cm; recubrimiento armadura 3,0 cm.	RF. 90	RF. 120	

BIBLIOGRAFIA

1. MOPU: «Condiciones de protección contra incendios en los edificios». Norma NBE-CPI-82, 1982.

2. IRANOR: «Ensayo de la resistencia al fuego de las estructuras y elementos de construcción». Norma UNE 23093-81, 1981.

3. ELVIRA, L. M. y JIMENEZ, F. J.: «Comportamiento al fuego de materiales y estructuras». Monografía n.º 37, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1982.

4. JIMENEZ, F. J.: «Estructuras de madera laminada encolada. Su resistencia al fuego. Informatización de los ensayos». 1er Encuentro Internacional de Centros de Investigación del Fuego, ITSEMAP, Avila, 1986.

5. INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION (ISO): «Fire-resistance tests-Elements of Building Construction», ISO 834 (1975).

* * *

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es