REHABILITACIÓN DE UN EDIFICIO CON ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO AFECTADO PARCIALMENTE POR UN INCENDIO

R. HUSNI

Facultad de Ingeniería - Universidad de Buenos Aires, Argentina.

1. INTRODUCCIÓN

Las construcciones están potencialmente expuestas a la acción del fuego, lo que en caso de presentarse puede generar altas temperaturas y de acuerdo al tiempo de actuación, ocasionar daños de distinto nivel, hasta provocarles su destrucción total.

El nivel de daños que se genera en su estructura depende de una serie de distintos factores.

Entre los más importantes se encuentran: el diseño y los materiales empleados en su construcción, los elementos almacenados en su interior, el tiempo de permanencia del fuego y hasta intervienen factores climáticos, como, por ejemplo, la intensidad del viento.

Los daños menores que no afecten significativamente las estructuras portantes, solo requerirán para su reutilización, trabajos de recuperación.

Como contrapartida, la evaluación de aquellas que se encuentren muy afectadas por la acción del fuego, en general conducen a la recomendación de su demolición parcial o total, particularmente cuando las deformaciones se manifiestan en forma significativa o, su consolidación provisoria, para eventualmente proceder a su reconstrucción.

La rehabilitación de una construcción se plantea en aquellos casos con daños intermedios, que en general, afectan parcialmente su estructura y en un grado intermedio.

En estos casos la mayor dificultad radica en la evaluación del estado de la estructura luego de extinguido el incendio, para poder diseñar los trabajos adecuados que le restituya condiciones de confiabilidad aceptables.

El caso que se presenta se encuentra en esta última situación, con algunas singularidades que condicionaron tanto los estudios previos como la propuesta de su rehabilitación.

Se trata de un edificio de vivienda de 14 pisos, con una galería comercial desarrollada en la Planta Baja y el Primer Piso, emplazado en el ámbito de la Ciudad de Buenos Aires, Argentina y cuya fachada se muestra en la Fig. 1

Figura 1. Fachada parcial del edificio

El edificio se vio afectado por un incendio en la unidad de vivienda del 2do Piso contrafrente, como consecuencia de la combustión inicial de un cortinado en razón de su proximidad a un calefactor. El fuego se desencadenó durante la noche y dejó como consecuencia las dos víctimas fatales que habitaban la unidad.

Por la situación expuesta, el foco del fuego que se inició de noche en el lugar donde dormían las víctimas, extendiéndose rápidamente al resto de los ambientes, estimando que pudo ser extinguido luego de más de 4 hs desde su inicio.

Este hecho y el contenido fácilmente inflamable de la vivienda explican la extensión y la magnitud de los daños generados.

Cabe mencionar que para la evaluación, no se disponía de planos ni memorias de cálculo de la estructura, lo que impuso una fuerte restricción a la hora de plantear la rehabilitación

2. RELEVAMIENTO Y EVALUACIÓN DE DAÑOS

El incendio dejó como consecuencia, daños de distinta naturaleza en sus componentes estructurales, algunos de los cuales comprometían seriamente la estabilidad de la edificación, que se mantuvo en servicio.

Fig.2.a Vista exterior de la unidad afectada

Fig.2.b Vista interior

La Fig.2.a muestra parcialmente la fachada exterior del contrafrente del edificio, en la zona mas afectada, con un pórtico de apeo de las columnas del sector, de 17,50 m de luz sin columnas de apoyo intermedias y la Fig. 2.b, una imagen del interior de la unidad dañada, luego de despejados los escombros que se generaron

Fig. 3 a y b Daños típicos de losas y del dintel del pórtico del contrafrente del edificio

Los daños en las losas se circunscribían a sectores locales, superficiales con pérdida de los recubrimientos, descascamientos y las armaduras afectadas .

Las tonalidades del hormigón (rosado y gris claro) denotaban que en algunos sectores el hormigón había alcanzado altas temperaturas.

La Fig.3a muestra los daños estructurales típicos que presentaban las losas y la Fig. 3.b, en la viga del pórtico de apeo mencionado.

El dintel del pórtico presentaba pérdidas importantes del recubrimiento de las armaduras y signos evidentes de haberse afectado la capa inferior de la armadura principal y sus estribos, ambos con curvaturas en las zonas mas afectadas y con sectores de armaduras sin adherencia al hormigón.

Fig. 4 a y b Daños de los parantes del pórtico del contrafrente del edificio

En las fig 4 a y 4b se ilustran los daños de las caras interiores de los parantes del pórtico, en el caso del parante de la fig. 4b particularmente importante dado que allí se inició el fuego.

La Fig. 5a muestra el estado de una columna interior muy afectada al igual que una de las vigas del entrepiso, en el sector que recibió la mayor carga de fuego, con un tiempo de intensa actividad, estimado de 3 horas.

La columna presentaba las armaduras de una de sus caras curvadas por efecto de la dilatación impedida por la presencia de los estribos, fisuración y desprendimientos, todos localizados aproximadamente en

el tercio de la altura, donde la incidencia del fuego resultó, mayor. Se estimó una pérdida de su capacidad portante del orden del 40 al 45 %.

Fig.5.a Columna muy afectada

Fig.5.b Viga con fisuras visibles

En la Fig. 5b se muestra una viga interior, de 7m de luz, que presentaba las típicas fisuras de corte inclinadas aproximadamente 45 grados.

3. TRABAJOS REALIZADOS

Por la magnitud del daño y el riesgo que implicaba para la edificación, la columna mas afectada debido a la magnitud de la pérdida de capacidad portante estimada, se procedió a repararla con la mayor premura posible. Fig.6a, b y c.

Fig.6.a Columna en reparación, 5.b, operación de curado y 5.c, Columna una vez terminada

Debido al estado de afectación de la columna solo se procedió a realizar una limpieza superficial, luego se la encamisó en las $\frac{3}{4}$ parte inferior con un anillo perimetral de hormigón de 15 cm de espesor de calidad H30 (30 Mpa) colocado con superfluidificante, (Fig.5.a)

El anillo contaba con su correspondiente armadura vertical y estribos densificados. Luego de 24 hs de mantener el encofrado se procedió al curado durante 5 días más, empleando mantas humedecidas que la envolvían en su totalidad. (Fig.5.b).

Para finalizar se completó el hormigonado de la parte superior, asegurando un perfecto calce con las losas y las vigas que descargan en ella.

Previamente se realizó para dicho sector el tratamiento superficial típico de escarificación, limpieza y humedecimiento, adicionándole además conectores de corte para mejorar la transferencia de la carga de la parte sana al nuevo anillo incorporado. El curado de la parte superior también se mantuvo durante 5 días empleando un procedimiento similar al anterior. (Fig. 5.c.)

Por la importancia que también revestía para la estabilidad del edificio, la viga del pórtico del contrafrente mereció un estudio particularizado.

A través de las evaluaciones realizadas, se estimaron las posibles temperaturas alcanzadas dentro de la masa del hormigón y su desarrollo en profundidad.

Debido a que sus barras de acero fueron elaboradas mediante tratamientos en frío, se decidió un refuerzo, que contemplaba el recrecido de los parantes y en el dintel, la adición de armaduras de flexión, equivalentes a las existentes en la capa inferior muy afectada y de estribos para transferir los esfuerzos de corte.

Se comenzó por escarificar toda la superficie perimetral, donde se alojarían las nuevas armaduras, Fig.7 a y b, de manera de contar con una superficie sana y rugosa.

Fig.7 a y b Tratamiento superficial del hormigón

Posteriormente se adicionaron nuevas armaduras en ambos parantes, generando su continuidad para recomponer el nudo del pórtico. Fig.8 a, b y c

Fig 8 a, b Armaduras de los parantes

Fig 8 c Armaduras del dintel

Las armaduras del dintel se posicionaron para posteriormente, colocar los correspondientes estribo, anclados en la parte superior de la viga mediante perforaciones rellenas con mortero epoxi. Fig. 9 a y b.

Se colocaron los moldes de los parantes y se llenaron con hormigón de calidad H30 (30 Mpa). Luego de retirados los moldes se mantuvo un curado húmedo durante 5 días.

Finalmente se limpió y humedeció la superficie escarificada, se colocaron los moldes en el perímetro de la viga, Fig.10.a, y se llenaron con hormigón también calidad H30 en ambos casos con la incorporación de super fluidificante

Fig.9.a Colocación de nuevas armaduras

Fig.9.b Detalle de las armaduras colocadas

Luego de 24 hs se procedió a retirar los moldes manteniendo el curado húmedo con mantas, durante 5 días adicionales. Fig.10.b.

Fig.10 a Encofrado del dintel del pórtico

Fig 10 b. curado del hormigón

Tal como se comentó anteriormente algunas vigas interiores presentaban fisuras diagonales y pérdida de capacidad portante a flexión.

A los efectos de recuperar la integridad de la sección de dichos elementos de hormigón se procedió a la limpieza de todos los elementos afectados, y al sellado de las fisuras mediante la inyección con resina epoxídica, la que por su baja viscosidad fluye fácilmente, llenando la totalidad de la fisura.

El proceso de inyección a presión, requirió el confinamiento de la grieta y el empleo de boquillas de manera que al inyectar a presión el material desde la boquilla inferior, se produjera el desborde por la parte superior, reiterando el proceso hasta completarlo en toda su altura.

Previamente a la inyección, se limpió la fisura con aire comprimido.

En algunos casos la fisura era pasante, por lo que la inyección se realizó desde ambas caras laterales, en otros no y la inyección se realizó solamente desde la cara afectada Fig.11 a y b.

El refuerzo final para restituirle capacidad de corte, incluyó el agregado de flejes de chapa.

de acero en forma de U, dispuestos transversalmente a la viga, fijados con adhesivo de epoxídico y tornillo en la parte superior. Fig.12.a y Fig.12. b.

Fig. 11 a y Fig. 11 b Sellado de fisuras mediante la inyección de resina epoxi

La reparación de la viga finalizó restituyéndole capacidad de resistir esfuerzos de flexión, y consistió en el agregado de flejes de chapa de acero de 3 mm de espesor y un ancho de 8 cm, también fijados con adhesivo en base a epoxy.

Fig.12 a y Fig. 12 b Colocación de flejes transversales de refuerzo

Previamente se escarificó la capa de hormigón superficial, se limpió y se aplicó un mortero de epoxy para nivelar las superficies, debido al sobre espesor que fijaban los flejes transversales colocados con anterioridad. Fig.13 a y b

Fig.13 a y Fig.13 b Colocación de refuerzos de flexión.

La limpieza superficial de los flejes de acero a los efectos de eliminar óxido, polvo, grasa, que pudieran afectar un buen pegado se realizó mediante lijado mecánico en el mismo lugar donde fueron colocados ni bien finalizado dicho procedimiento.

Los flejes se fijaron mediante tornillos de ajuste en los extremos Fig.13.a, asegurando su posicionado y un buen contacto a presión mediante tirantes de madera y puntales metálicos con rosca de ajuste Fig.13.b.

Por último se procedió a recomponer la aptitud de las losas afectadas, algunas de las cuales se encontraban preventivamente apuntaladas.

Fig.14 a Remoción de partes debilitadas

Fig.14 b Colocación de refuerzos de flexión

El tratamiento consistió en eliminar todas las partes flojas Fig.14 a, incluyendo sectores que por su coloración denotaban haber soportado altas temperaturas, la incorporación de nuevas barras de acero fijadas en sus extremos en escuadra dentro de perforaciones rellenas con mortero de epoxídico.

Luego se trataron las superficies de contacto donde se requería material de aporte, controlando que resulten rugosas, sanas y limpias, para finalmente ser completadas manualmente con un micro hormigón de consistencia plástica aplicado manualmente y terminado con el uso de llana metálica.

4. CONSIDERACIONES FINALES

En el caso presentado de un edificio en altura construido con estructura independiente de hormigón armado y cerramientos no portantes de albañilería, afectado por un incendio, fue posible plantear su rehabilitación por que el nivel de daños generados por el incendio no fueron muy extendidos ni altamente destructivos y particularmente por no haberse alcanzado niveles de deformación irreversibles ni presentar pérdidas de capacidad portante que no pudieron ser restituidas.

A partir del conocimiento que se tiene del comportamiento de los materiales resistentes bajo la acción de las altas temperaturas que puede generar el fuego, como fueron los empleados en la estructura afectada, hormigón y acero, se puede estimar razonablemente la pérdida de la capacidad portante de los elementos afectados.

A partir de allí la recuperación se planteó con los recursos de los refuerzos típicos para los distintos elementos estructurales de hormigón armado como ser, el recrecido de secciones de hormigón con incorporación de armaduras, aplicado a columnas y el portico de apeo, el sellado de fisuras con resinas epoxídicas, para el caso de las vigas donde también se incorporaron refuerzos para solicitaciones de corte y flexión mediante flejes de chapa de acero exteriores adheridos con epoxy.

Sin embargo problemas similares, pueden conducirnos a soluciones y desarrollos distintos en función de las condiciones particulares del problema, los recursos económicos y medios disponibles, las prestaciones particulares requeridas y a veces hasta la premura en solucionarlos. Como ejemplo alternativo, es el empleo de fibras de carbón en lugar de flejes de chapa de acero como refuerzos exteriores para soportar esfuerzos de flexión y corte mencionados.

La rehabilitación de las estructuras de hormigón armado afectadas por un incendio requieren de una buena interpretación de las condiciones en que se encuentra luego de extinguido el fuego y conocimiento de los materiales, técnicas, equipamiento y recursos posibles de utilizar para reforzarlas. Es imprescindible interpretar los casos donde se deba actuar con urgencia para consolidar los elementos muy comprometidos, y en todos los otros analizar alternativas de solución viables, evaluar su costo, planificar el desarrollo en todos sus detalles establecer el adecuado control y poner en juego el atributo esencial de nuestra profesión, la creatividad y el ingenio.

5. REFERENCIAS

- ACI - American Concrete Structures. *Concrete Repair Guide, Part.6 Committee 546R*.
- ACI - American Concrete Structures. *Standard Specification for Repairing Concrete with Epoxy Mortars. Committee 503*
- ACI - American Concrete Structures. *Repairs of Concrete Structures, Assessments, methods and Risks. SCM 21*
- Calavera, J. (2005), *Patología de Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado*. Tomos 1 y 2. INTEMAC 2005
- Carbonell de Masy, M. (1996). *Protección y Reparación de Estructuras de Hormigón*. Ediciones Omega.
- Emmons Peter, H. (1994), *Concrete, Repair and Maintenance Illustrated*. R.S.Means Company, INC.
- Fernandez Cánovas M. (1994), *Patología y Terapéutica del Hormigón Armado*. Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos.
- FIB Bulletin N°17 (2002) *Management, maintenance and strengthening of concrete structures*. Technical report. April 2002.
- FIB Bulletin 44. (2008), *Concrete Structure management: Guide to ownership and good practice*. Task Group 5.3. February 2008.
- GEHO-CEB Grupo español del hormigón (1994). *Colegio de Ingenieros de caminos canales y puertos, ATEP. Reparación y Refuerzo de Estructuras de Hormigón. Guía FIP de buena práctica*.
- Helene, P., Pereira, F. (2007). *Rehabilitación y Mantenimiento de Estructuras de Concreto*. Sao Paulo.
- Red Rehabilitar CYTED. (2003), *Manual de Rehabilitación de Estructuras de Hormigón. Reparación Refuerzo y Protección*. Degussa Construction Chemicals.
- Ripani, M. (2016), *Modelización computacional no local y análisis del hormigón en altas temperaturas*. Bs.As. Facultad de Ingeniería. UBA.