

EN INCENDIOS EXPANSIONES Y CONTRACCIONES TÉRMICAS

Las deformaciones térmicas en los materiales por el calentamiento durante un incendio pueden provocar el colapso de una estructura. Aquí, las claves para analizar este fenómeno.

RODRIGO ARAVENA
JEFE DE LA SECCIÓN DE PROTECCIÓN
PASIVA Y ENSAYOS DEL ÁREA INGENIERÍA
DE PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO (IPF)
DE DICTUC

EN UN INCENDIO, además de los riesgos para los ocupantes y los múltiples daños que se originan por la combustión de los contenidos, se producen diversos efectos sobre la construcción. Entre éstos, los más estudiados se relacionan con la pérdida de capacidad soportante de los materiales estructurales. De hecho, la disminución de tensiones resistentes (de fluencia y/o de rotura) ante temperaturas elevadas cuenta con abundante documentación. Además, directa o implícitamente forma parte de los requisitos de los códigos de construcción de distintos países. A esto se suma que el concepto “Resistencia al Fuego” se vincula con la capacidad (medida en tiempo) del elemento para soportar la acción de un incendio estándar.

Pero ante un siniestro hay que ir más allá, porque existe un aspecto que habitualmente no se mide en esta clase de ensayos. Se trata

del efecto de las deformaciones térmicas en los materiales por el calentamiento durante un incendio. ¿Por qué no se evalúa? Principalmente por la dificultad de reproducir grandes estructuras en ensayos donde las probetas poseen tamaños acotados.

Las condiciones de borde

Para comenzar con el análisis resulta necesario recordar que los elementos estructurales no actúan de manera aislada, porque forman parte de una estructura con la que interactúan, distribuyendo las cargas de un elemento a otro. Así, un elemento horizontal como una viga se suele modelar en función de sus condiciones de apoyo, siendo el modo más simple de análisis el de una viga simplemente apoyada, con la posibilidad de desplazarse (por deformación) en uno de sus extremos.

Esta última condición de apoyo deslizante suele representarse con el símbolo A de la figura 1.

Por otro lado, la que no permite el desplazamiento se identifica con el símbolo B de la figura 1.

Si una viga en condiciones de "simplemente apoyada", que permite el desplazamiento de uno de los extremos, se somete a un aumento de temperatura ΔT se producirá una deformación ε_T . Un dato relevante consiste en que si la deformación está permitida por la condición de apoyo implica que no se generarán tensiones internas en el elemento. Esta situación se muestra en la figura 1.

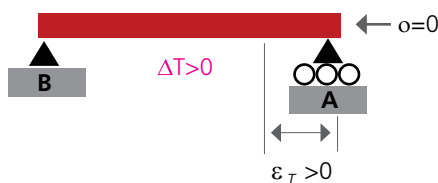


Figura 1: Expansión térmica no restringida.

En cambio, si el elemento calentado posee un apoyo restringido al desplazamiento en sus extremos, al producirse el incendio necesariamente sufrirá tensiones internas como muestra la figura 2.

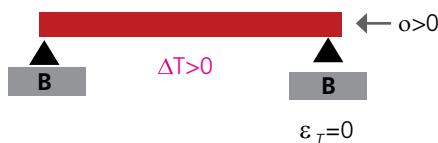


Figura 2: Expansión térmica restringida, se generan tensiones internas.

En rigor, las condiciones de restricción completa no existen, y por ello el comportamiento real de los elementos resulta una mezcla de ambas situaciones. Los elementos estructurales no funcionan en forma aislada, las vigas se conectan a muros y co-

lumnas y éstas, a su vez, se anclan a fundaciones que poseen una rigidez relativa que impide (aunque no totalmente) la expansión térmica. De este modo, se genera un determinado nivel de tensiones internas en todos los elementos.

El modelo unidimensional presupone un calentamiento uniforme del elemento, factible en materiales de alta conductividad térmica como el acero. Para materiales con mayor capacidad aislante, es decir, con menor conductividad térmica como el hormigón, el modelo es distinto y presupone la existencia de gradientes de temperatura que generan además de deformaciones lineales, curvaturas. Un aspecto que se relaciona estrechamente con esto, se observa en el comportamiento de las puertas cortafuego y especialmente el uso de zonas vidriadas en ellas, tópico que se abordará en futuros artículos.

Expansión lineal

Todos los materiales al ser calentados sufren de expansión térmica, su análisis se simplifica haciéndolo unidimensional (a lo largo de un elemento viga o columna) mediante la siguiente expresión:

$$\Delta L = L \alpha \Delta T$$

Siendo:

ΔL = expansión del elemento debida al aumento de temperatura.

L = longitud del elemento.

α = coeficiente de dilatación térmica

ΔT = aumento de temperatura.

El mismo modelo también se expresa como:

$$\varepsilon_T = \alpha \Delta T$$

Con:

ε_T = expansión térmica unitaria.

EN SUS
PROYECTOS
APROVECHE LA
MÁXIMA
TECNOLOGÍA
DE

PANELES METECNO



> AISLACIÓN TÉRMICA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

> AISLACIÓN ACÚSTICA

> RESISTENCIA AL FUEGO

CUBIERTAS Y REVESTIMIENTOS

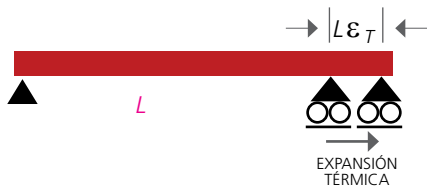


LÍDER MUNDIAL EN
FABRICACIÓN DE
PANELES METÁLICOS
AISLADOS

metecno
we invented it

Avenida Nueva Industria 200, Quilicura, Santiago, Chile
Teléfono: (56-2) 438 7500 Fax: (56-2) 438 7590
E-mail: info@metecno.cl www.metecno.cl





Un ejemplo de esto se aprecia en una viga de acero de 4 m de largo y utilizando a $\alpha = 0,012 \text{ mm/m}^\circ\text{C}$. El siguiente gráfico muestra la expansión térmica lineal para distintos aumentos de temperatura:

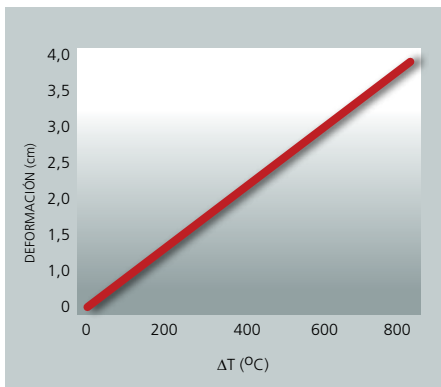


Gráfico 1: Expansión térmica

De acuerdo al estudio, se producen deformaciones del orden de 1 cm para aumentos de temperatura de 200°C. En un elemento de acero de 10 cm² de sección se requeriría de una carga de tracción de unas 50 toneladas para producir la misma expansión.

Pandeo Local

Una arista del tema de las deformaciones térmicas se aprecia en el surgimiento de zonas afectadas por pandeo local en los elementos calentados. En efecto, las restricciones a la expansión térmica necesariamente implican el aumento de las tensiones internas, que puede provocar este mecanismo de falla local estructural. La siguiente figura muestra un conjunto de vigas calentadas durante un experimento, se observa un alto nivel de deformaciones



Figura 3: Pandeo local en vigas.

(pandeo) en el borde de la viga (figura 3).

En la foto se refleja que tanto la columna como la losa colaborante superior restringen la expansión de la viga, es decir que ésta se somete a un estado de cargas de compresión. Se generan pandeos por expansión térmica cuando hay aumentos de temperatura de entre 150°C a 200°C.

Las conexiones

Como se mencionó anteriormente, los elementos estructurales interactúan entre sí a través de conexiones. Cuando un elemento "viga" es calentado, intentará expandirse y, de acuerdo a la rigidez relativa será la magnitud de esa deformación. A su vez, esto será incidente en el desarrollo de pandeo local. Además, la expansión también generará un incremento de tensiones en la conexión, que podría llevar a su falla (figura 4).

Enfriamiento

Por otro lado, una vez que la estructura es enfriada, se produce una contracción por el descenso de la temperatura⁽¹⁾. Así, al intentar volver los elementos a su posición original, realiza un esfuerzo adicional sobre la conexión con riesgo de colapsar en ese momento (figura 5).

Este último comportamiento representa un especial riesgo para los trabajos de extinción de bomberos, porque se presentan colapsos estructurales cuando el incendio ya está controlado, debido al enfriamiento de las estructuras.

Ensayos

Los niveles de deformaciones térmicas (y las tensiones generadas) dependen de una compleja interacción entre la geometría de la estructura, sus dimensiones, conexiones y los

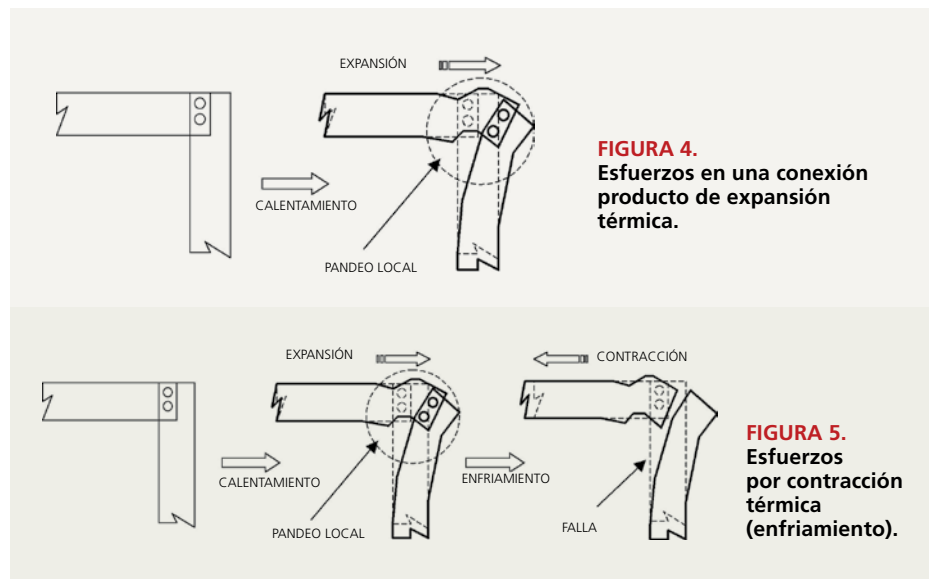


FIGURA 4. Esfuerzos en una conexión producto de expansión térmica.

FIGURA 5. Esfuerzos por contracción térmica (enfriamiento).

Los niveles de deformaciones térmicas (y las tensiones generadas) dependen de una compleja interacción entre la geometría de la estructura, sus dimensiones, conexiones y los flujos de calor impuestos por el incendio.



Inmediatamente luego del ensayo RF, la muestra se somete a los efectos de un chorro de agua normalizado.

flujos de calor impuestos por el incendio. Tal situación no logra ser plasmada en los ensayos de resistencia al fuego (RF), que cumplen con la función de representar los efectos de un incendio estándar sobre probetas de dimensiones normalizadas.

Un avance en el enfriamiento se aprecia en la incorporación de la denominada prueba de chorro de agua ("Hose Stream Test"), incorporada en algunas normas de ensayos⁽²⁾ RF usadas en Estados Unidos.

El objetivo de esta prueba consiste en someter al material, inmediatamente tras la exposición al incendio estándar, al efecto de enfriamiento, impacto y erosión provocado por un chorro de agua normalizado en su presión y duración. La prueba no apunta a reproducir el trabajo de bomberos, porque no existe un modo único para atacar el incendio.

Recientemente, DICTUC, a través de su Área Ingeniería de Protección contra el Fuego (IPF), implementó este ensayo de chorro de agua, transformándose en el primer laboratorio de Sudamérica con estas capacidades. Estas pruebas suelen ser contratadas por empresas que, además de cumplir con la legislación nacional, aspiran a satisfacer exigencias internacionales, tanto por requisitos de corporaciones multinacionales como de pólizas de seguro. ■

www.dictuc.cl

- (1) Lo habitual es que se produzcan deformaciones "plásticas" que no son recuperables.
 (2) Entre otras:
 - ASTM E119: "Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials"
 - NFPA 252: "Standard Methods of Fire Tests of Door Assemblies"
 - UL 10C: "Positive Pressure Fire Tests of Door Assemblies"

**PARA VIVIENDA
MEJOR ALUMINIO**



**MOLDAJES DE ALUMINIO
SUPERFICIES LISAS Y TEXTURADAS**



MÁS LIVIANO

18 a 20 Kg por m²

MÁS PRECISO

3 mm en 20 pisos

MÁS DURABLE

3.000 usos promedio

AHORRO EN MANO DE OBRA

Hasta 70% menos horas hombre que otros sistemas metálicos

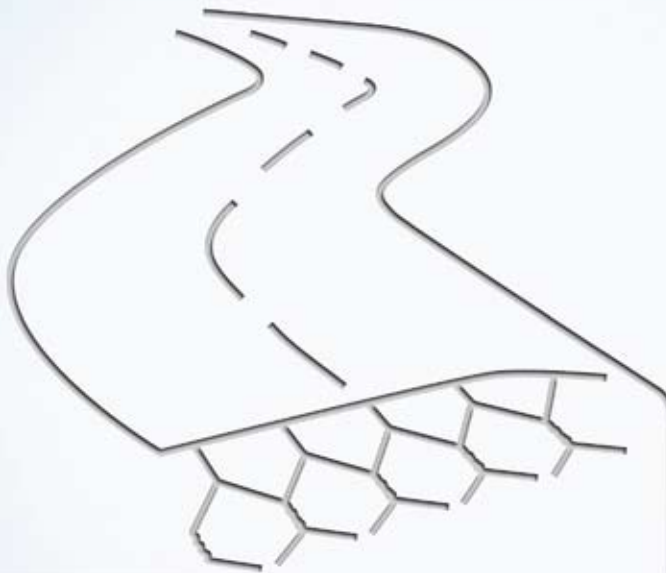
La forma precisa para reducir costos



Distribuidor para Chile
 Francisco Larrain Chaux,
 Cel: 09-8410268
 flch@mi.cl - www.fosterforms.com

Para obras viales, soluciones integrales en las que puede confiar.

Mesh-Track, Sistema BITUFOR, Refuerzo con Malla de Acero para la Rehabilitación de Pavimentos.



Este sistema consiste en el refuerzo de los pavimentos en mal estado, con una malla de alambre de acero con cables de refuerzo, que se adhiere al camino con slurry seal y luego, se cubre con una nueva carpeta de rodado de asfalto.



Con su preferencia, estamos presentes.



Filtro Línea Filtro Antincrustante



CALIDAD Y RESPALDO



Manejamos el agua... para que viva feliz.

Filtro de Línea

90 micras. Se limpia accionando la manilla roja superior. Durante la limpieza el flujo de agua no se interrumpe.

Filtro Anti-Incrustante y Anti-Corrosivo

Elimina las incrustaciones calcáreas y la corrosión en Calefont y Calderas Murales.

Equipo Osmosis Inversa

Entrega Agua Pura y Sana, sin contaminantes tales como insecticidas, pesticidas o hervicidas, baja en metales y sin bacterias. Se instala bajo el lavaplatos.

Equipo Ablandador de Agua

Para uso domiciliario. Eliminan la cal del agua.

Productos Fabricados en Alemania, Italia y Francia



Equipo Osmosis Inversa Equipo Ablandador Agua

Tel.: 489 8100 - ventas@nibsa.com

www.nibsa.com

NUEVA LINEA

LOXON
ALTO DESEMPEÑO

Quando pienses en **PRODUCTIVIDAD** para la construcción... piensa en **LOXON** de Sherwin Williams

