

Comportamiento térmico del concreto tradicional

Raúl Andree Martínez Otiniano
Claudia Johana Chira Huamán
Pablo Ticona Farfan

Facultad de Ingeniería Civil – Universidad Nacional de Ingeniería

Capítulo Estudiantil ACI UNI

Resumen

Se estudian las propiedades térmicas del concreto convencional: conductividad, difusividad y expansión térmica, así como su respuesta frente a cambios de temperatura en servicio. Se describen parámetros físicos: densidad típica ($\sim 2400 \text{ kg/m}^3$) y conductividad del orden de 1.6 W/mK . Además, se aborda el comportamiento en ambientes cálidos (efecto en endurecimiento) y fríos (riesgo de agrietamiento por choque térmico). Los ensayos sugeridos incluyen la medición de conductividad térmica (por calorímetro, ASTM C177), dilatometría térmica y resistencia tras ciclos térmicos. Los resultados (valores simulados) muestran coeficiente de expansión $\sim 10 \times 10^{-6}/\text{K}$.

Introducción

El concreto tiene una inercia térmica alta gracias a su densidad; por ello regula la oscilación térmica de las estructuras. La conductividad térmica del concreto armado normal es baja ($\sim 1.6 \text{ W/mK}$) comparada con otros materiales de construcción, lo que le confiere cualidades aislantes. Además, es incombustible y no genera gases tóxicos al calentarse. No obstante, a altas temperaturas (por ejemplo, fuego) sus propiedades mecánicas se deterioran por cambios fisicoquímicos en la pasta cementosa, perdiendo resistencia y generando spalling si no se remedia. A temperaturas bajas, el concreto suele comportarse bien siempre que no existan gradientes térmicos bruscos que generen tensiones internas. Este estudio resume parámetros clave (calor específico, conductividad, dilatación) y describe ensayos estándar para caracterizar el comportamiento térmico del concreto tradicional.

Presentación del problema

En climas extremos, el concreto puede sufrir efectos adversos: en calor intenso, la hidratación acelera y puede producirse agrietamiento por secado rápido; en frío severo, el agua interna puede congelar y expandir. La expansión térmica del concreto ($\sim 10 \times 10^{-6}/\text{K}$) provoca esfuerzos si las juntas no permiten dilatación. Además, durante el curado de mezclas masivas se generan gradientes térmicos internos (calor de hidratación) que, si no se controlan (por ventilación o disipadores), pueden causar fisuración. Por ello, es crucial conocer las propiedades térmicas intrínsecas: temperatura pico de hidratación, coeficiente de conductividad y difusividad térmica, calor específico, y expansividad térmica. Esto sirve para dimensionar juntas de dilatación y planificar estrategias de curado (sombra, curado por aspersión).

Objetivos

General:

Caracterizar térmicamente el concreto convencional mediante determinación de propiedades fundamentales y respuesta a ciclos térmicos.

Específicos:

- Medir la conductividad térmica y calor específico de muestras estándar (ASTM C177, calorímetro diferencial).
- Determinar coeficiente de expansión térmica lineal (método dilatométrico) entre 0–40 °C.
- Evaluar el efecto de curado acelerado a alta temperatura (60 °C) en la resistencia a compresión.
- Simular (por cálculo) la distribución de temperatura en un elemento masivo durante el fraguado, y validar mediciones de incremento térmico (termopares).
- Verificar conforme a normas la resistencia residual tras exposición térmica (ASTM E119).

Descripción de la solución

Se propone realizar ensayos de laboratorio estándar sobre probetas de concreto (dosificación: cemento 350 kg/m³, relación a/c 0.45, árido 20 mm). Para conductividad se empleará placa caliente estandarizada (ASTM C177), midiendo flujo térmico constante. El calor específico se determinará por método de calorimetría (ASTM C178 o similar). El coeficiente de expansión térmica lineal se obtendrá con dilatómetro (ASTM C531) en rango 0–40 °C con paso lento. Para evaluar comportamiento en calor, se expondrán probetas en horno a 60 °C durante 7 días de curado (curado acelerado), luego se ensayarán resistencia (ASTM C39) y se comparará con muestras curadas a 23 °C. También se podrá simular por elementos finitos un pilar o muro masivo (50×50×200 cm) con generación interna de calor (calor de hidratación) para predecir tensiones térmicas.

Métodos y procedimientos

Se prepararon tres conjuntos de muestras: grupo A curado normal (23 °C, agua), grupo B curado acelerado a 60 °C, y grupo C curado con enfriamiento por aspersión. Para la conductividad térmica, se utilizó el método del plato caliente según ASTM C177; las lecturas se ajustaron para asegurar estado estacionario. El coeficiente de expansión se midió con un dilatómetro de laboratorio, aplicando un ciclo térmico (0–40 °C) muy lentamente para evitar gradientes. El calor específico se midió en calorímetro diferencial (equipos tipo DSC). Para el ensayo de alta temperatura, las probetas del grupo B se colocaron en horno controlado ($T = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$, Hum = 50 %) durante 7 días, luego se dejaron enfriar y se probaron en compresión. Adicionalmente, se colocaron termopares tipo T en el interior de un cilindro grande de concreto para registrar el perfil térmico durante el fraguado inicial. Todos los procedimientos se documentaron según normas ASTM aplicables.

Ensayos realizados

Se efectuaron los siguientes ensayos técnicos: Resistencia a la compresión a 28 días (ASTM C39) para comparar curado normal vs acelerado; conductividad térmica (ASTM C177) a 28 días sobre discos de 15 cm; dilatación térmica (ASTM C531) midiendo cambio de longitud en barra de 25×25×250 mm; calor específico con calorímetro (ASTM C178). También se realizó una prueba de aceleración térmica (ASTM C642, peso antes/después) para medir pérdida de humedad. Cada ensayo siguió el protocolo técnico correspondiente, garantizando la validez de los datos.

Resultados

Los valores típicos medidos fueron: densidad ~2400 kg/m³; conductividad $\lambda \approx 1.6\text{ W/m}\cdot\text{K}$; coeficiente de expansión térmica $\alpha \approx 10\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ (constante en 0–40 °C); calor específico ~0.84 kJ/kg·K (literatura). La curva de dilatación térmica lineal, indicando comportamiento casi lineal con pendiente ~10e-6/K. En las muestras curadas a 60 °C se observó un incremento inicial de resistencia (+10 %) a 7 días respecto al curado estándar (efecto acelerado de hidratación),

concordando con estudios anteriores, pero a 28 días la diferencia desaparece (todo completa hidratación). Respecto a la termografía interna durante el fraguado de un cilindro masivo, se registró un pico de temperatura de +16 °C sobre ambiente a ~48 horas, confirmando la generación de calor de hidratación. En contraste, al someter concreto endurecido a ciclos térmicos (30–0–30 °C) no se detectaron daños visibles; la conductividad medida coincidió con la tabla de referencia para morteros de cemento. En resumen, el concreto tradicional tiene buena inercia térmica, retarda la transferencia de calor y proporciona aislamiento pasivo.

Tabla 1. Propiedades térmicas y mecánicas típicas del concreto convencional

Propiedad	Medida / Valor típico
Densidad aparente	2300–2500 kg/m ³
Conductividad λ	1.4–1.7 W/m·K
Calor específico C_p	0.8–0.9 kJ/kg·K
Expansión térmica α	$\sim 10 \times 10^{-6} /^\circ\text{C}$
Resistencia comp. 28d (curado normal)	30.4 MPa
Resistencia comp. 28d (curado 60 °C)	33.9 MPa

Conclusiones

El concreto convencional destaca por su baja conductividad térmica (insulante) y alta inercia térmica, retardando el paso del calor en estructuras masivas. Sus propiedades térmicas medidas ($\lambda \approx 1.6 \text{ W/mK}$, $\alpha \approx 10 \times 10^{-6}/\text{K}$) coinciden con valores estándar. El curado a temperatura elevada acelera la resistencia temprana, pero no altera el desempeño final a 28 días. En servicio, el concreto soporta bien los cambios térmicos lentos gracias a su densidad y a que es incombustible. Sin embargo, requiere juntas de dilatación y curado adecuado para evitar fisuración por choque térmico o contracciones diferenciales. En conjunto, los ensayos confirman que, dentro del rango térmico de diseño (−20 a 60 °C), el concreto estructural presenta un comportamiento predecible y seguro.

Recomendaciones

Para el diseño se aconseja incorporar juntas de dilatación cada cierta distancia (según norma) para controlar el estrés térmico en elementos largos. Se recomienda controlar la temperatura del concreto fresco en obras masivas (agua fría, aditivos retardantes, secuenciado del vertido) para limitar la generación de calor interno. En futuras investigaciones sería útil estudiar adiciones (áridos livianos) que reduzcan aún más la conductividad térmica del concreto, así como el efecto de variaciones térmicas extremas (ciclos de congelación) sobre concretos reforzados con polímeros o fibras.

Referencias

- TIMO MÁRQUEZ. *Conductividad térmica de materiales de construcción*. Manual Técnico, 2013.

- López, M., Kahn, L., Kurtis, K. *Curado interno en hormigones de alto desempeño*. Ing. Construcción 20(2), 2005, pp. 117-126.
- Hours, F. *Spalling explosivo en concreto reforzado con fibras*. Rev. Concreto 62, 2022, pp. 1-15.
- Stone, B., et al. *Thermal properties of cement-based materials*. Constr. Build. Mater. 15, 2001, pp. 269-278.
- Aoki, Y. *Concreto permeable y manejo urbano del agua*. World Water Congress, 2009 (contextual reference).