Comportamiento de Conectores de Cortante Tipo Tornillo en Secciones Compuestas con Lámina Colaborante.

Luis Ernesto Erazo Hernández[1], Maritzabel Molina Herrera[2]

Palabras clave: ensayo push-out, modelación numérica, elementos finitos, sección compuesta, tornillo.

RESUMEN

En Colombia, durante los últimos años, se ha incrementado el uso de sistemas de sección compuesta acero-concreto con conectores de cortante en sistemas de entrepiso metálicos. Este incremento se debe a las grandes ventajas que ofrece dicho sistema constructivo respecto al sistema tradicional; en términos de reducción de costos y rapidez de ejecución, adicional a esto la práctica constructiva en el país adapta diferentes alternativas como solución al mecanismo de transferencia de fuerzas entre los componentes del sistema, tales como barras corrugadas, perfiles tipo channel y tornillos entre otros.

Asegurar un óptimo funcionamiento ante cargas gravitacionales en sistemas de entrepisos en construcción compuesta depende en gran medida del mecanismo de transferencia de carga entre el acero del perfil y el concreto de la losa, y es allí donde los conectores de cortante asumen un nivel de jerarquía notable sobre el conjunto de elementos que conforman un sistema estructural compuesto.

Surgió entonces la necesidad de analizar el comportamiento de los conectores tipo tornillo en sección compuesta con la inclusión de lámina colaborante, siempre y cuando, la normatividad vigente solo permite su uso para losas macizas, debido a la ausencia de ensayos que permitan determinar el comportamiento estructural y la capacidad de los mismos, siendo de gran utilidad para este análisis los resultados obtenidos en la aplicación del ensayo push-out sobre probetas experimentales y la simulación numérica mediante elementos finitos de las condiciones de este ensayo.

Esta investigación presenta los resultados de la evaluación del comportamiento de conectores tipo tornillo, con la inclusión de un tablero metálico en el sistema de construcción compuesta y la incidencia que presentan variables tales como: la variación del diámetro del conector, la posición de la lámina colaborante paralela o perpendicular con respecto al eje del perfil, la separación entre conectores en una misma sección y la posición débil o fuerte del tornillo ante la fuerza de corte, en un amplío componente experimental, conformado por sesenta y tres (63) probetas, y veintiún (21) modelos numéricos por el método de los elementos finitos (MEF) asociados a la configuración de las probetas experimentales.

En el documento final, producto del trabajo desarrollado en la modalidad de Tesis de Maestría se presentan entre otros, los siguientes aspectos:

- La configuración geométrica, las especificaciones técnicas de los materiales y la caracterización de los materiales empleados en la elaboración de las 63 probetas que conformaron el componente experimental, esquematizados en la Ilustración 1, y una breve descripción del montaje y los equipos utilizados en la ejecución del ensayo push-out.

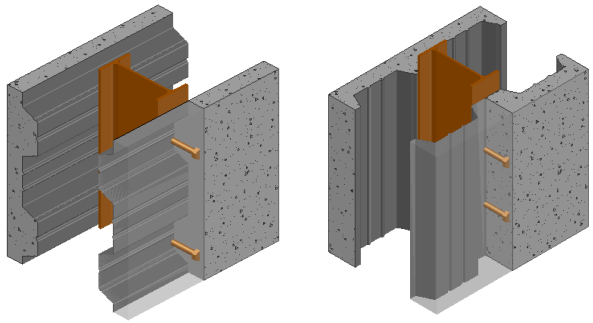


Ilustración 1. Esquema probetas experimentales.

- Los resultados de la modelación numérica: curvas de respuesta estructural y distribución de esfuerzos principales (Ilustración 2), de los veintiún (21) modelos por el MEF, etapa inicial que llevo un tiempo total de un

[1] Ingeniero Civil, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Magister en Estructuras, Universidad Nacional de Colombia. Correo electrónico: leerazoh@unal.edu.co

[2] Ingeniera Civil, Magister en estructuras, Universidad Nacional de Colombia. Master en métodos numéricos para cálculo y diseño de la ingeniería, Universidad Politécnica de Cataluña. Doctorado en Análisis estructural, Universidad Politécnica de Cataluña. Profesor Asociado, Universidad Nacional de Colombia, Colombia. Correo electrónico: mmolinah@unal.edu.co

(1) año, dados los problemas de convergencia numérica asociados al análisis de materiales compuestos y el tiempo de procesamiento computacional que demandaba cada modelo.

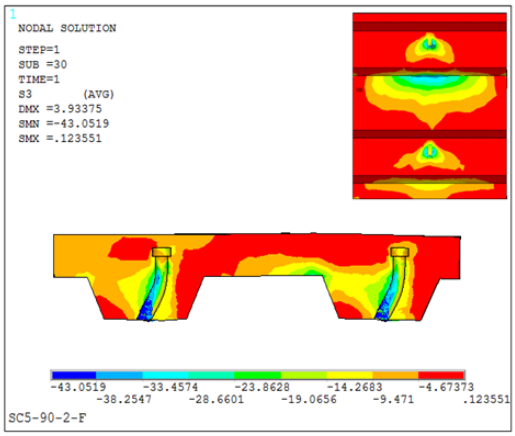


Ilustración 2. Distribución de esfuerzos principales.

- El análisis de los resultados obtenidos en la etapa experimental de la investigación, presentando para cada uno de los veintiún (21) modelos: un consolidado de las curvas Carga vs Desplazamiento (Ilustración 3), una descripción cuantitativa del comportamiento mecánico y mediante registro fotográfico detallado se resaltan los aspectos más importantes de los patrones de fractura observados en las pruebas de carga, tal como se muestra en la Ilustración 4.

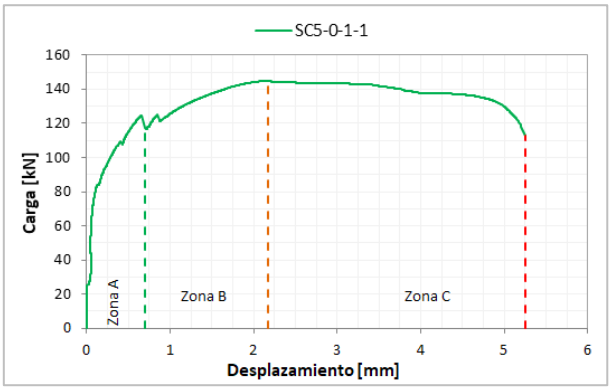


Ilustración 3.Curva Carga vs Desplazamiento ensayo.

- Un análisis comparativo de las cargas de falla para por tornillo; obtenidos tanto en la simulación numérica, como en la fase experimental, y posteriormente, se establece un paralelo entre estos resultados y la formulación de la resistencia establecida por la NSR-10 para espigos con lámina colaborante y de tornillos en losa maciza.

- Finalmente, se realiza la comparación estadística de esfuerzos por tornillo, estimando la correlación de proporcionalidad que existe entre los esfuerzos, la separación y el diámetro del tornillo, mediante una ecuación general de diseño.



Ilustración 4. Patrón de fractura probeta.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en las diversas etapas de la investigación permiten establecer el comportamiento y la capacidad estructural de los conectores tipo tornillo para sistemas de entrepiso con lámina colaborante con una óptima aproximación, elementos que tienen un gran aporte para el análisis y diseño de estructuras compuestas en Colombia que utilicen este tipo de conectores.

Con la metodología de la modelación aplicada se resolvieron problemas de convergencia numérica asociados al análisis de materiales frágiles en sistemas compuestos; debido a la concentración de esfuerzos en las zonas aferentes a los conectores, de ahí que esta metodología se convierte en una excelente herramienta para la ejecución de simulaciones para futuras investigaciones que estudien el comportamiento de sistemas compuestos similares.

Mediante un análisis estadístico con los datos experimentales obtenidos para las probetas con lámina paralela al perfil y separaciones de 8, 16 y 30 cm, se obtuvo una aproximación numérica al comportamiento de los conectores tipo tornillo en sección compuesta con lámina colaborante, en términos del coeficiente α_β y el exponente β, en la ecuación para la regresión exponencial:

$$Q_n = 0.21 A_{cp} (f'_c E_c)^{0.5} \left(\frac{S}{\emptyset}\right)^{0.11}$$

Garantizando la resistencia requerida en la conexión soldada del conector, el análisis de los patrones de falla descritos en el componente experimental, permite relacionar un comportamiento dúctil de la sección compuesta asociado a la fluencia y el endurecimiento por deformación del conector, y un carácter frágil inducido por la fisuración y/o fallas locales en el concreto, que afectan la estabilidad global del sistema y reducen la capacidad del tornillo.