

Nuevos métodos de cálculo avanzado para estructuras de acero inoxidable

Tanto los Eurocódigos como las demás normativas internacionales, adoptan métodos de cálculo constituidos por dos pasos: (1) un análisis estructural donde se determinan los esfuerzos de cálculo de cada elemento que conforma la estructura, y (2) la verificación de la resistencia de estos elementos utilizando las expresiones de cálculo proporcionadas en las diferentes normativas. Además, estos métodos se basan en el concepto de elemento, y suponen que las estructuras fallan cuando se alcanza el agotamiento del elemento más solicitado. Aunque estos métodos estén más que consolidados, presentan ciertos problemas puesto que requieren comprobaciones de resistencia para cada componente y múltiples combinaciones de carga, y no capturan la redistribución plástica de esfuerzos, dando lugar a procesos de verificación largos y a predicciones demasiado conservadoras de la resistencia del sistema en estructuras que cuentan con

cierta redundancia. Este hecho resulta especialmente lesivo para materiales estructurales que presentan costes iniciales más elevados, como son las estructuras metálicas en general.

No obstante, gracias a los recientes avances en las herramientas de análisis estructural basadas en el método de los elementos finitos y la mejora de la capacidad de los ordenadores de sobremesa, hoy en día es posible predecir de manera muy precisa la resistencia y modo de fallo de las estructuras de acero inoxidable. Esto hace posible proyectar estas estructuras como sistemas completos en lugar de como un conjunto de elementos aislados, propiciando un cambio de paradigma en el cálculo estructural, y dando lugar a los nuevos métodos directos basados en sistemas que constituirán la base de las nuevas generaciones de normativas internacionales, incluyendo los Eurocódigos.

Estos nuevos métodos avanzados de cálculo, permiten simplificar enormemente el proceso de

verificación de las estructuras y resultan en soluciones más ligeras y económicas, puesto que aprovechan mejor su capacidad de redistribución de esfuerzos, hecho que resulta especialmente ventajoso para estructuras proyectadas en acero inoxidable. El proceso de cálculo puede resumirse de la siguiente manera:

- 1) crear un modelo avanzado de elementos finitos que tenga en cuenta todos los aspectos que influyen en la resistencia de la estructura (imperfecciones geométricas iniciales, tensiones residuales, efectos de segundo orden, modelos de material no lineales),
- 2) aplicar las cargas de cálculo mayoradas Q_{Ed} de acuerdo con las combinaciones de acciones requeridas (ver Figura 1),
- 3) realizar un análisis avanzado no lineal de la estructura, tal y como se muestra en la Figura 2, y determinar la resistencia característica de la estructura completa R_k , asumida como la resistencia última del sistema F_u , a partir de la curva carga-desplazamiento de la estructura (ver Figura 3),

4) comprobar que esa resistencia característica R_k , minorada por el factor parcial de seguridad para el sistema $\gamma_{M,s}$, sea mayor que las cargas de diseño Q_{Ed} , $R_k/\gamma_{M,s} \geq Q_{Ed}$.

Debe tenerse en cuenta que, al emplear un método directo de cálculo basado en sistemas, el factor parcial de seguridad $\gamma_{M,s}$ que debe utilizarse en la comprobación es aquel que corresponde al sistema completo, el cual tiene en cuenta el efecto de las diferentes incertidumbres en la respuesta del sistema global, y es en principio diferente de los factores $\gamma_{M,i}$ para elementos actualmente recogidos en los Eurocódigos. Por ello, los factores de sistema $\gamma_{M,s}$ deben calibrarse mediante análisis de fiabilidad independientes para garantizar que se cumplan los requisitos de fiabilidad de las estructuras proyectadas.

Aunque algunas normativas internacionales como AISI 360, EN 1993-1-14 y AS/NZ 4100 incluyen versiones preliminares de estos métodos directos basados en sistemas, generalmente no prescriben valores para los factores de sistemas necesarios

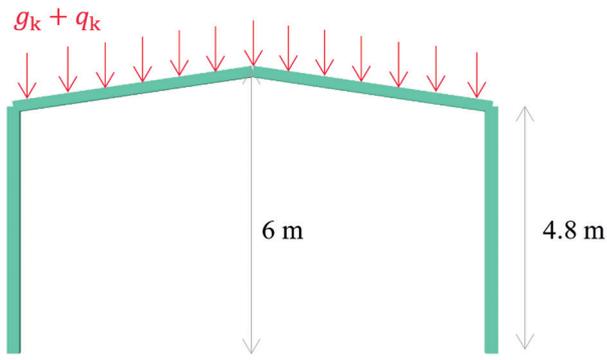


Figura 1. Modelo de elementos finitos de un pórtico de acero inoxidable con cargas de diseño aplicadas.

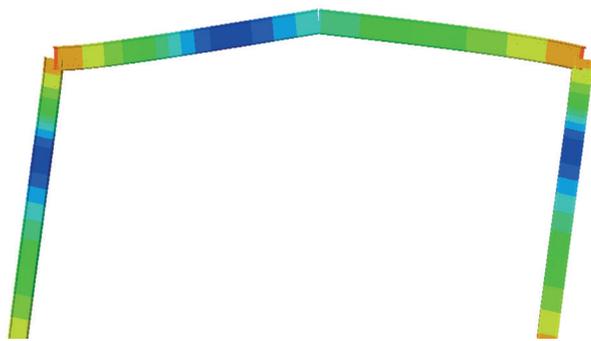


Figura 2. Deformada de un pórtico de acero inoxidable tras un análisis avanzado no lineal por elementos finitos.

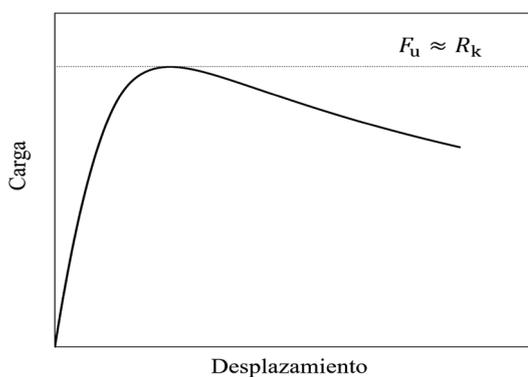


Figura 3. Curva carga-desplazamiento de la estructura a partir de un análisis avanzado de elementos finitos.

actualmente, y la fiabilidad de las estructuras proyectadas utilizando estos nuevos métodos debe demostrarse de manera independiente. Asimismo, debe tenerse en cuenta que, en su estado actual, estos nuevos métodos no consideran las comprobaciones asociadas a la verificación de las uniones, sino que asumen que tanto su resistencia como su ductilidad son suficientes para alcanzar el estado límite último de las estructuras, y deben comprobarse utilizando las expresiones actuales de verificación. No obstante, una vez estos nuevos métodos estén completamente desarrollados podrán llevarse a cabo también las verificaciones que correspondan al fallo de las uniones directamente desde el análisis.

En vista de que ni el marco normativo europeo ni el resto de normativas internacionales incluyen factores parciales de

sistema $\gamma_{M,s}$ para el cálculo directo de estructuras de acero inoxidable, el proyecto de investigación NewGeneSS (financiado por la Unión Europea a través del Programa MSCA-Horizon 2020 bajo el contrato de subvención nº 84239) se ha centrado en la calibración de estos factores de sistema para contribuir a un diseño más eficaz y seguro de las estructuras de acero inoxidable bajo diferentes tipos de carga, de manera que se puedan explotar las ventajas adicionales que presenta este material en términos de durabilidad. También se han desarrollado unas recomendaciones pre-normativas de cálculo para contribuir a la extensión e implementación de estos nuevos métodos de cálculo del futuro, las cuales pueden descargarse de manera gratuita a través de la página web del proyecto

www.newgeness.com.

FUENTE / SOURCE :

Itsaso Arrayago^a, Kim J.R. Rasmussen^b, Hao Zhang^b, Esther Real^a
^a Universitat Politècnica de Catalunya (UPC),
 Dpto. Ingeniería Civil y Ambiental, España
^b The University of Sydney, School of Civil Engineering, Australia