

# de la construcción

SEMINARIOS TORROJA sobre TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN Y SUS MATERIALES

## **DIMENSIONAMIENTO DE Puentes METÁLICOS Y MIXTOS BASADO EN DEFORMACIONES**

**Peter Tanner**  
Ingeniero de Caminos, C. y P.  
Instituto Eduardo Torroja  
Madrid

**Juan Luis Bellod Thomas**  
Ingeniero de Caminos, C. y P.  
CESMA Ingenieros  
Madrid

28 enero 1999

Las normas y recomendaciones actuales para el dimensionamiento de estructuras metálicas y mixtas introducen, normalmente, un sistema de clases para caracterizar la ductilidad de las secciones transversales. La clasificación de las secciones se efectúa en función de sus dimensiones geométricas, de las características mecánicas del acero estructural empleado, así como de la distribución de las tensiones. La clase de las secciones determina, finalmente, el método a emplear para el cálculo de las solicitaciones y de la resistencia de la estructura.

En la mayoría de los puentes metálicos y mixtos, las chapas comprimidas de acero (ala y parte del alma) presentan una relación ancho-espesor tal, que las secciones transversales correspondientes pertenecen a la clase de menor ductilidad -secciones esbeltas-, según el sistema de clasificación de las normas modernas. Siguiendo el enfoque de estas normas, estructuras con secciones esbeltas requieren un cálculo de las solicitaciones según la teoría elástica y la resistencia se debe determinar de acuerdo con la misma teoría, teniendo en cuenta, además, los efectos de abolladura. Si una sección transversal presenta un comportamiento elástico, tal y como se asume según el método de

análisis empleado, entonces su modo de rotura es frágil: después de haber alcanzado la resistencia máxima (particularmente frente a un momento flector), ésta disminuye drásticamente con el incremento de las deformaciones (curvaturas). Este comportamiento potencialmente frágil se debe a diferentes fenómenos de inestabilidad posibles en las secciones de acero y, en puentes mixtos, afecta, en primer lugar, a las secciones en las zonas de momento negativo.

El comportamiento de estructuras frágiles resulta muy sensible frente a las incertidumbres de los efectos de las acciones, incluidos los debidos a la fluencia, la retracción, la temperatura, los asientos o los sismos, de forma que su rotura se puede producir repentinamente sin aviso previo, por ejemplo, en forma de deformaciones perceptibles. Además, la fiabilidad de un sistema de comportamiento frágil es considerablemente inferior a la fiabilidad de un sistema análogo, pero con un comportamiento dúctil. Con el fin de evitar que se proyecten y lleguen a construirse estructuras frágiles, los métodos tradicionales de dimensionamiento, basados en un enfoque tensional, se deberían sustituir por un razonamiento en términos de deformaciones unitarias.

En el seminario se presentó un método de dimensionamiento de puentes metálicos y mixtos y que se basa en deformaciones unitarias, permitiendo la evaluación de la ductilidad de las secciones transversales. El método mencionado está destinado a la práctica diaria habitual, contrariamente a los métodos de análisis no lineal y que permiten que se tenga en cuenta, de modo explícito, el comportamiento -dúctil o frágil- de una estructura y cuyos principios básicos, aplicados a puentes metálicos y mixtos, también se presentaron. Debido a que la ductilidad de las secciones transversales depende, básicamente, de la respuesta estructural de los elementos

metálicos comprimidos, se puso especial énfasis en su análisis, introduciendo un método que permite el establecimiento de la relación entre la fuerza de compresión y la deformación unitaria de placas metálicas, con o sin rigidización. Como la probabilidad de fallo de estructuras frágiles es superior a la de estructuras dúctiles, los modelos de carga y de resistencia deberían tener en cuenta la influencia del modo de rotura esperado, dúctil o frágil. Se propuso un procedimiento para la calibración de dichos modelos, aplicando métodos probabilistas de cálculo.

\*\*\*

## **GESTIÓN DE LA PREVENCIÓN EN CONSTRUCCIÓN. APLICACIÓN A LA NORMATIVA VIGENTE**

**César Mínguez Fernández**  
Arquitecto Técnico  
Grupo LAIN  
Madrid

11 febrero 1999

En la exposición se realizó un análisis sobre la legislación vigente referente a:

Ley de Prevención de Riesgos Laborales, Reglamento de los Servicios de Prevención, Disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción, como triángulo de la seguridad sobre el que hay que basarse para todas las actuaciones en temas preventivos en construcción.

Se matizó en la necesidad de realizar la gestión de la prevención en cuanto a:

-Planificación preventiva

-Control de riesgos y condiciones de trabajo. Actuaciones formativas y ergonómicas

Se plantearon las responsabilidades empresariales, en materia de prevención, en lo que se refiere a administrativa, civil y penal.

Se comentaron las infracciones administrativas por incumplimiento de las normas de seguridad.

Suspensión y cierre de los centros de trabajo por inobservancia de las normas de seguridad y las limitaciones de la facultad de contratar con la Administración por las mismas causas.

Por lo que respecta a los Servicios de Prevención, se expusieron las funciones y los tipos de servicio de prevención que marca la Ley.

En cuanto al Real Decreto 1627/97 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, se comentó:

-Realización del estudio de seguridad y salud, así como del estudio básico de seguridad y salud en las obras

-Designación del coordinador de seguridad

-Las funciones de todos los integrantes en un proyecto y en la realización del mismo

-Visado de proyectos

-Información de los trabajadores autónomos

-Información a la autoridad laboral de la apertura del centro de trabajo y del contenido del Plan de Seguridad

-Aviso previo

-Libro de incidencias

Se hizo un extenso planteamiento en cuanto a la economía de la seguridad, matizando sobre:

-Índices de frecuencia y gravedad

-Absentismo

-Costo directo de la seguridad

-Costo indirecto

\* \* \*

## RESTAURACIÓN DE EDIFICIOS HISTÓRICOS ABOVEDADOS

**Francisco Jurado Jiménez**  
Arquitecto  
E. T. S. Arquitectura - UPM  
Madrid

25 febrero 1999

El aspecto más interesante, inquietante y elegante de los edificios históricos es el modo en que se salvan luces y se cubren los espacios mediante el uso de geometrías curvas a compresión: arcos y bóvedas. Con el hilo conductor de la conservación y restauración de arcos y bóvedas, repasamos algunos de nuestros trabajos en este campo, ordenando los distintos casos de máxima a mínima intervención.

### Construcción ex novo de cúpulas

El mayor grado de intervención es cuando se construye por primera vez un recinto abovedado. Seguimos paso a paso el diseño y la construcción de una **bóveda octogonal de 14 m de luz en Arcos de la Frontera, Cádiz**, réplica de la de la cripta del palacio de Carlos V de Granada, y la nueva construcción de la cúpula semiesférica de remate del torreón situado en la esquina del edificio recientemente restaurado en la **esquina Goya-Alcalá de Madrid**.

### Terminación de bóvedas preexistentes

Siguiendo la tipología de bóvedas que ya existen en el subsuelo de la **sinagoga de Sta. María la Blanca, de Toledo**, se construyen otras nuevas para cubrir la excavación arqueológica que se hizo en el interior. Al mismo tiempo, se construyen, a modo de contención de tierras, bóvedas verticales, en todo el perímetro exterior para disponer una cámara bufa y de recogida de aguas.

### Reconstrucciones de arcos y bóvedas

En **Oropesa, Toledo**, se restaura un sistema de arcos de ladrillo, teniendo que reconstruir tres de ellos completamente, dado su estado de ruina. En la iglesia de **Sta. María de Requena, Valencia**, se reconstruye una bóveda con un material nuevo y neutro, respetando el más mínimo resto de la que antes existía; también se termina una cúpula inacabada, se restaura otra barroca y se refuerza la bóveda nervada gótica principal.

### Refuerzos por pérdida de la curvatura

La bóveda gótica principal de la iglesia de **San Juan de Ávila** había descendido 50 cm en su clave, con inversión de curvatura, debido a los desplomes de uno de los muros de apoyo. Se realiza una intervención por el supradós, con la dificultad añadida de no desmontar ni bóveda ni estructura de madera de la cubierta, prácticamente adosada por encima.

### Eliminación de timpanizaciones y falsos apoyos

Intervención en la iglesia de **Sta. María del Salvador de Chinchilla, Albacete**, dejando exentas y con una espectacular entrada de luz, tamizada por ónix, las magníficas bóvedas renacentistas del crucero. Al mismo tiempo se restauran nervios y rosetones del antiguo cimborrio gótico.

### Recuperación de la continuidad

En algunas bóvedas, como las de la iglesia de **San Jerónimo el Real de Madrid**, sólo es necesario volver a dar continuidad a sus piezas, rejuntando o inyectando, puesto que su forma prácticamente no se ha alterado.

### Mejora de la seguridad estructural

La realización de una sofisticada intervención -monitorizada- de postensado en los arcos del crucero de la iglesia de **San Prudencio de Talavera de la Reina, Toledo**,

reconduce el polígono de presiones de aquéllos, mejorando la seguridad de esta impresionante estructura.

#### Sólo se observa y se mide

Cuando el sistema de arcos y bóvedas no necesita intervención estructural, la restauración se limita a controlar deformaciones y a reparar "caries" o deterioros locales de las piezas que la componen. Es el caso del **acueducto romano de Segovia**.

\*\*\*

### **EFFECTO DEL AMBIENTE EN LA CORROSIÓN DE LAS ARMADURAS DEL HORMIGÓN**

**José Javier Sarría Odiaga**  
Dr. Arquitecto  
Instituto Eduardo Torroja  
Madrid

11 marzo 1999

El hormigón, además de aportar unas prestaciones mecánicas muy amplias, ha demostrado poseer una durabilidad adecuada para la mayoría de los usos a los que se le destina.

La durabilidad del hormigón puede ser, pues, muy dilatada. Sin embargo, al igual que la piedra natural, se puede ver afectado por distintos tipos de deterioro, ya que a pesar de su apariencia de material denso y pétreo, resulta permeable a líquidos y gases. Esto es debido a la red de poros que se genera en su interior, ocasionada por el exceso de agua de amasado. Después del fraguado, el agua queda retenida en el interior o se evapora pero conforma una red de capilares que, junto con las burbujas de aire ocluido, constituyen el camino de entrada a los agentes exteriores.

La presencia de agua o humedad es el factor común a los diferentes tipos de deterioro que puede sufrir la pasta de cemento, a excepción del deterioro mecánico. El transporte de agua a través del hormigón viene determinado por el

tipo, tamaño y distribución de los poros y por las fisuras (micro o macro fisuras). Además, la penetración en el hormigón de gases ácidos como el CO<sub>2</sub> o el SO<sub>2</sub>, o la penetración de cloruros procedentes de sales de deshielo o ambientes marinos, pueden acabar produciendo corrosión en las armaduras.

Se puede afirmar que el volumen total de poros y la distribución de sus tamaños tiene una repercusión directa en dos propiedades básicas del hormigón: su resistencia y su permeabilidad, si bien hay que tener en cuenta que el establecimiento de modelos microestructurales generales que permitan predecir la resistencia a la penetración de agentes agresivos en el hormigón es una tarea compleja, debido a la heterogeneidad del material y a su carácter evolutivo en el tiempo.

El objetivo fundamental del estudio realizado que aquí se presenta, es el de alcanzar un mejor conocimiento de la evolución de la velocidad de corrosión en elementos estructurales de tamaño real en condiciones de exposición natural a la atmósfera, para así poder predecir con más exactitud el llamado período de propagación del fenómeno corrosivo y, por tanto, su vida útil residual.

Se trata, pues, de cuantificar con más precisión las variaciones que se producen en la velocidad de corrosión de la armadura por los cambios climáticos (humedad relativa y temperatura) propios de los ciclos día-noche y por los ciclos estacionales. Para ello se ha abordado el seguimiento de la velocidad de corrosión de elementos -por medio de armaduras despasivadas por la carbonatación o por los cloruros- que están expuestos a la atmósfera de Madrid y en general no protegidos por la lluvia. Estos elementos estaban fisurados o no por la propia corrosión.

Asimismo, en paralelo, y como complemento para simular la situación real del hormigón estructural, se ha abordado la medida de la velocidad de

corrosión en elementos de tamaño real que presentaban fisuras transversales a la armadura, para estudiar cómo afectaban diversas aberturas de fisura a la velocidad de corrosión, cuando la corrosión se provoca por la llegada de cloruros o de la carbonatación.

Es conocido que las variaciones diarias de temperatura inducen cambios paralelos en la humedad relativa de la atmósfera. Así, temperaturas altas inducen bajas humedades relativas y la disminución de la temperatura por la noche, eleva el contenido en humedad produciendo incluso condensaciones. Estos ciclos diarios y las variaciones estacionales, era de esperar que provocaran variaciones en la velocidad de corrosión (Icorr). Ahora bien, dadas las rápidas variaciones, se desconocía qué valores podía tomar la Icorr y si, por tanto, su valor permanece constante o se atenúa con el tiempo, como pasa en elementos metálicos directamente expuestos a la atmósfera.

Los resultados que se presentan se centran en el estudio realizado de la evolución de la velocidad de corrosión, en función de los cambios climáticos de temperatura y humedad relativa, tanto en estructuras fisuradas como no fisuradas y tanto en estructuras contaminadas con cloruros como carbonatadas.

-----

#### **SIPAC 99**

**Salón Internacional de Patrimonio Cultural**  
Santiago de Compostela, 22 al 25 septiembre 1999

El objetivo principal de este certamen es difundir y potenciar el importante papel social y económico que la gestión y conservación del Patrimonio Cultural desempeña. Prosiguiendo la línea iniciada en su primera edición, el SIPAC 99 se constituye en un espacio en el que se darán cita las más destacadas instituciones, empresas, técnicos e investigadores con el fin de establecer

una visión interdisciplinar de este amplio sector.

El SIPAC se configura como un marco ideal para la difusión de iniciativas y proyectos de toda empresa o institución que desarrolle su actividad en este campo y en un foro de discusión e intercambio de los últimos avances teóricos, técnicos y metodológicos.

Información:

<http://www.ctv.es/pcg.htm> E-mail: [palaciocong.galicia@icg.servicom.es](mailto:palaciocong.galicia@icg.servicom.es)

\*\*\*

**I Edición de los Premios "Carreteras" de Periodismo 1999**

La Asociación Española de la Carretera (AEC) convoca la I edición de los

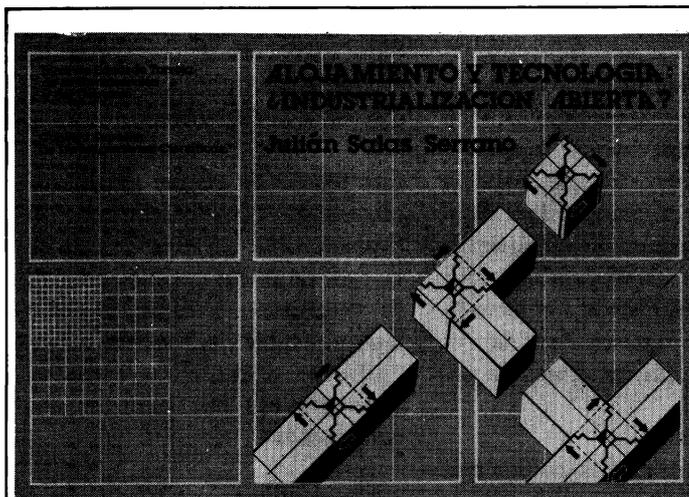
Premios "Carretera" de Periodismo, de ámbito nacional.

Información:

Asociación Española de la Carretera  
Marta Rodrigo  
Goya, 23 4º dcha. 28001 Madrid  
Tel: 91 577 99 72 - Fax: 91 576 65 22  
e-mail: [mrodrigo@aecarretera.com](mailto:mrodrigo@aecarretera.com)

\*\*\*

## Publicaciones del Instituto Eduardo Torroja-CSIC



### **ALOJAMIENTO Y TECNOLOGIA: ¿INDUSTRIALIZACION ABIERTA?**

JULIAN SALAS, ING. IND. (I.E.T.c.c.)

Un volumen de 160 páginas, 109 figuras y 16 tablas. Tamaño 240 × 168 mm. Encuadernado en rústica.

#### **SUMARIO:**

Prólogo Prof. G. Ciribini.

#### **Introducción**

Capítulo 1.—La industrialización en las proclamas y manifiestos de arquitectura.

Capítulo 2.—¿Réquiem por la construcción industrializada?

Capítulo 3.—Algunos conceptos básicos.

Capítulo 4.—¿Proyecto tradicional, construcción industrializada?

Capítulo 5.—Componentes.

Capítulo 6.—La coordinación dimensional hoy.

Capítulo 7.—Flexibilidad, intercambiabilidad y catálogos.

Capítulo 8.—Industrialización, normativa y calidad.

Capítulo 9.—Reflexiones finales.

**publicación del  
INSTITUTO EDUARDO TORROJA**