

cuadernos de

Instituto Eduardo Torroja

CEB

COMITÉ EURO-INTERNATIONAL DU BÉTON

SINTESIS DE TRABAJOS

Informe del Dr. G. Thielen, París.

RESUMEN

Mediante la publicación en 1978 del Código Modelo CEB/FIP para las estructuras de hormigón, el CEB ha reanudado su misión de servir como nexo de unión entre la investigación científica y la aplicación práctica. Aunque, en el pasado, los trabajos se concentraban en la preparación de manuales destinados a facilitar la utilización del Código Modelo, las actividades recientes están dirigidas hacia una extensión del Código Modelo a las estructuras no tradicionales y su aplicación a las situaciones accidentales, así como a la mejora sistemática de los textos reglamentarios. Ello trae consigo no sólo la revisión de su contenido técnico sino también su estudio crítico, desde el punto de vista de la lógica. El presente informe destaca los resultados logrados hasta ahora en las diferentes comisiones y grupos de trabajo de CEB.

1. INTRODUCCION

La promoción de la investigación y desarrollo y la contribución efectiva al avance y progreso en la planificación, diseño, ejecución y mantenimiento de estructuras de ingeniería civil forman parte de los objetivos esenciales que motivan las actividades profesionales de las asociaciones internacionales de ingeniería civil. Aunque el desarrollo de la logística exige estimular y acelerar la determinación para el desarrollo y progreso, el margen para soluciones económicas y fiables está fuertemente restringido debido al aumento de los potenciales de riesgo (inherentes en muchas de las tecnologías avanzadas), a la degradación creciente de las condiciones ambientales y a las cada vez mayores restricciones económicas. Para hacer frente a este desafío, es necesario el esfuerzo de todos.

El Comité Euro-Internacional del Hormigón ha contribuido siempre a estos esfuerzos promocionando la cooperación internacional con el objetivo de traducir los hallazgos científicos y los desarrollos tecnológicos en orientaciones prácticas a seguir. Sirviendo a este objetivo, los programas de trabajo de CEB se han dirigido hacia la interpretación, análisis y síntesis de la investigación, desarrollo y experiencia y la posterior elaboración de guías prácticas en forma de códigos modelo, recomendaciones, manuales, etc.

Con ocasión del último Congreso de la FIP en Londres, en abril de 1978, CEB y FIP presentaron la tercera versión de un Código Modelo para Estructuras de Hormigón (1). Este Código Modelo (un sucesor aventajado de sus predecesores de 1964 y de 1970) encontró mucha aceptación en todo el mundo y ha servido como modelo a diversos códigos estructurales a niveles nacional e internacional.

Tras haber dado un paso importante en la armonización internacional de códigos de hormigón de carácter estructural, el CEB ha seguido adelante en su misión de servir de mediadora entre la investigación científica y la aplicación práctica. Se definieron cuatro categorías principales de programas de trabajo:

- Aplicación del Código Modelo de CEB/FIP.
- Extensión del Código Modelo de CEB/FIP a situaciones accidentales.
- Mejora de los contenidos y presentación.
- Preparación de documentos reglamentarios futuros.

2. APLICACION DEL CODIGO MODELO DE CEB/FIP

De acuerdo con las delegaciones nacionales del CEB, se decidió dejar el Código Modelo tal y como está para el futuro inmediato. Ello permite a la profesión ingenieril aplicarlo a problemas prácticos y proporcionar al CEB las observaciones resultantes. No obstante, siempre se ha considerado indispensable la tarea de proporcionar los medios necesarios para facilitar la comprensión, interpretación y aplicación del Código Modelo. Por consiguiente, algunas actividades de trabajo del CEB han estado al servicio de este objetivo durante los últimos años.

La asistencia para la comprensión e interpretación se ofrece por medio de los Complementos (2) que suministran valiosas explicaciones y justificaciones a las especificaciones del Código Modelo. Una fe de erratas, un índice alfabético y una lista de notaciones facilitan la lectura. Algunas adiciones y propuestas para eventuales enmiendas futuras son una respuesta al continuo desarrollo de los conocimientos.

La aplicación práctica del Código Modelo se muestra en un Manual de Cálculo especial (3) que explica, con numerosos ejemplos de cálculo (que abarcan virtualmente todos los problemas, incluso los más complejos), cómo proyectar y dimensionar estructuras de hormigón que sigan las especificaciones del Código Modelo. Además, unas comparaciones con diversos códigos nacionales permiten calibrar las diferentes especificaciones con experiencia.

En relación con la durabilidad, el CEB ha preparado un informe del estado actual de la tecnología (21) que proporciona una breve descripción técnica de los procesos de deterioro físico, químico y biológico, describe sus consecuencias estructurales y expone los conocimientos existentes en lo que concierne a métodos y medidas para evitar o controlar un deterioro prematuro. El objetivo del CEB en el campo de la durabilidad es investigar y elaborar principios y normas para el proyecto de estructuras de hormigón duraderas. En este sentido, una primera y muy importante tarea es salvar el gran vacío existente entre los resultados de la investigación científica de los materiales y la información requerida para el proyecto, construcción y mantenimiento de las estructuras de hormigón. Habida cuenta de que la durabilidad de las estructuras de hormigón no sólo viene afectada por las adecuadas especificaciones a seguir durante su período de proyecto y construcción, sino también por las medidas y acontecimientos que tengan efecto durante su vida de servicio, la normativa práctica orientadora debe cubrir todos los períodos en la vida de una estructura, desde la planificación y diseño a la ejecución, uso y demolición final. Para alcanzar este objetivo, es de gran importancia una colaboración efectiva entre las diferentes asociaciones nacionales e internacionales.

Una mejor comprensión de los requisitos estructurales y unas adecuadas definiciones de los estados límites correspondientes ayudarán también a mejorar los criterios que rigen en la elección del grado apropiado de pretensado. Las actividades de trabajo coordinadas entre el CEB y la FIP deben permitir la mejora de las insuficiencias actuales. Por ejemplo, una aclaración sobre los criterios de la capacidad de servicio y durabilidad de estructuras pretensadas es esencial para proporcionar una mejor normativa de proyecto en lo que respecta a los estados límites de decompresión y de formación de fisuras. Recomendaciones para el diseño práctico de estructuras pretensadas basadas en el Código Modelo, y preparadas por un grupo de trabajo de la FIP, están incluidas en las Actas del Congreso de Estocolmo.

En el campo del análisis estructural, se hacen muchos esfuerzos para ofrecer la normativa necesaria para la aplicación de procedimientos modernos basados en ordenadores. El interés básico del CEB en este campo ha sido siempre la selección crítica de métodos analíticos adecuados para describir el comportamiento estructural en términos de sollicitaciones representativas, que sean consistentes y compatibles con los modelos de resistencia. Una adecuada modelación geométrica y de los materiales, técnicas de soluciones apropiadas, disposiciones satisfactorias de entrada y de salida y los medios pertinentes que permitan la apropiación crítica y la comparación de los resultados, son los criterios aplicados en los procedimientos analíticos avanzados.

En la referencia (22) puede encontrarse una contribución al estado actual de la tecnología en el campo del análisis estructural, tratando, además de los métodos no lineales avanzados, de los métodos aproximados preparados para cálculos manuales sencillos.

Un grupo de trabajo especial está encargado de la preparación de un informe orientativo sobre la evaluación de los efectos estructurales causados por acciones térmicas ambientales normales y el dimensionamiento para estos efectos. El examen de estados realistas de temperaturas, que actúan sobre la estructura, la definición de efectos térmicos importantes (teniendo en cuenta las transferencias de temperaturas no estacionarias), la consideración, de posibles relajaciones de esfuerzos debidas al desarrollo de la figuración y a deformaciones que dependen del tiempo y la propuesta de normas adecuadas para la forma de armado y dimensionamiento de elementos, constituyen los objetivos principales de este grupo de trabajo.

La modelación realista de las propiedades de los materiales se somete a consideración en dos grupos (23). El primero de estos grupos ha propuesto principios básicos y supuestos prácticos como orientación para la descripción analítica de las leyes constitutivas y las envolventes de rotura de hormigón ordinario bajo estados de esfuerzos bi y tridimensionales y el segundo grupo está revisando los métodos existentes de predicción de plastodeformaciones sobre la base de datos experimentales cuidadosamente seleccionados.

Las recomendaciones RILEM/CEB/FIP para aceros de armaduras de hormigón armado, publicadas en una primera edición, en abril de 1978, están actualmente bajo revisión en un grupo de trabajo del CEB y se han presentado a la RILEM las modificaciones propuestas a las normas RC2 «Ensayo de tracción», RC4 «Ensayo de doblado-desdoblado» y RC5 «Ensayo de adherencia (beam-test)».

Mientras que todas las actividades antes citadas tratan de la estructura durante su período de proyecto y de construcción, algunos nuevos programas de trabajo tratan de un marco concepcional y de las herramientas operativas para el nuevo diseño de estructuras dañadas. A este respecto, se recogen y analizan daños estructurales particulares. Los resultados previstos de este análisis de daños contribuirán a una mejor identificación de lagunas en las normas de diseño y a la definición de las medidas necesarias y los criterios pertinentes para control y mantenimiento.

5. MEJORA DE LA DEFINICIÓN Y PRESENTACIÓN DE LOS DOCUMENTOS REGLAMENTARIOS

Además de la frecuente actualización y mejora del contenido técnico de los documentos reglamentarios, tendrá que prestarse una mayor atención a mejorar su calidad concepcional. El incremento del rango de códigos y de recomendaciones observado en el pasado exige, de hecho, una reconsideración de los conceptos tradicionalmente desarrollados. Las consideraciones conceptuales comprenden la entidad de información requerida en el proceso de toma de decisión que sirve de guía a la planificación, diseño, ejecución y uso de estructuras de ingeniería. El CEB ha preparado una amplia gama de estudios (24) que tratan de conceptos avanzados. Además de un análisis de recientes desarrollos sobre los principios generales relativos a la garantía de calidad y fiabilidad y de estudios pormenorizados sobre el fundamento teórico y la importancia práctica de los formatos de fiabilidad basados en el probabilismo, se ha desarrollado un concepto de carácter prestacional que sirve de guía para la definición y la presentación de documentos reglamentarios.

En primer lugar, el proceso de construcción completo está esquematizado por las fases consecutivas de planificación, proyecto, ejecución y explotación, a las que se añade la garantía de la calidad que cubre a las cuatro. Sobre la base de esta esquematización, se identifican documentos regulatorios necesarios para servir de guía al proceso de construcción (25). Para este propósito se distinguen dos tipos diferentes de documentos: Códigos y Manuales. La información que ha de presentarse en códigos debe comprender los conceptos básicos así como los criterios y requisitos estructurales, mientras que los manuales contienen los procedimientos y prescripciones que se estima satisfacen la comprobación de las características requeridas de desempeño estructural.

El meollo de los códigos de construcciones estructurales son los principios que definen los requisitos estructurales y que identifican los criterios de desempeño correspondientes, con lo que se explican las intenciones inherentes al proyecto. Van acompañados por normas asignadas a los diferentes criterios de desempeño y que se compilan como criterios de proyecto, de construcción y de explotación. Dichas normas contienen las especificaciones y las estipulaciones detalladas que sirven de guía al proyecto, armado de elementos, construcción, control, mantenimiento y reparación de estructuras de hormigón.

De esta forma, la presentación sigue un concepto prestacional que difiere notablemente de los conceptos relativos a los procedimientos y prescripciones, más comunes en los códigos actuales, y que se adapta mejor al proceso racional de razonamiento inherente a un proceso de toma de decisión de ingeniería competente. Es la aptitud de una estructura para satisfacer sus requisitos funcionales la que determina la definición del objeto y la presentación de los documentos reglamentarios. En un código basado en el comportamiento (desempeño), todos los criterios que afectan a un requisito estructural particular se reúnen y se presentan en una forma que refleje su contribución mutua a su cumplimiento. Proporcionan normas orientativas para la modelación del ambiente y de la construcción, especificación de los métodos analíticos y/o experimentales para una evaluación a priori de la prestación estructural, inclusión de reglas para el armado de elementos estructurales, ejecución y explotación y con la indicación de las medidas pertinentes de garantía de la calidad.

El CEB espera que estos esfuerzos conceptuales conducirán finalmente a una nueva generación de documentos reglamentarios que sean más adaptables a las diferentes clases de problemas y menos restrictivos para la innovación y el desarrollo.

6. CONCLUSIONES

De acuerdo con su misión original (que no era otra sino la síntesis de la investigación y la preparación de una guía orientativa práctica), el CEB se ha concentrado actualmente en una mejora y una terminación de los documentos reglamentarios. La mejora significa la elaboración de formatos y conceptos más lógicos y la preparación de información técnica avanzada; la terminación significa la elaboración de la información que falta, particularmente en el campo de nuevos problemas estructurales y de situaciones accidentales.

Para servir a estos objetivos, el CEB confía en la colaboración efectiva con las demás asociaciones internacionales de ingeniería civil.

REFERENCIAS

1. «Código Modelo para estructuras de hormigón».
2. «Complementos al Código Modelo de CEB/FIP de 1978» (Boletín CEB 139).
3. «Aplicación del Código Modelo de CEB/FIP de 1978» (Boletín CEB 144).
4. «Flexión y compresión» (Boletín CEB 141).
5. «Pandeo e inestabilidad» (Boletín CEB 123).
6. «Efectos estructurales del comportamiento del hormigón en función del tiempo» (Boletín CEB 142).
7. «Fisuración y deformaciones» (Boletín CEB 143).
8. «Tecnología de la ferralla» (Boletín CEB 140).
9. «Principios generales sobre garantía de calidad para estructuras» y «Principios generales sobre fiabilidad para el proyecto estructural».
10. «Hormigón estructural bajo acciones sísmicas» (Boletín CEB 131-132).
11. «Informe sobre métodos de evaluación de la piroresistencia de elementos estructurales de hormigón».
12. «Proyecto de estructuras de hormigón para condiciones sísmicas» (Boletín CEB 133).
13. «Proyecto de estructuras de hormigón para condiciones sísmicas» (Boletín CEB 149).
14. «Proyecto de estructuras de hormigón para piroresistencia» (Boletín CEB 145).
15. «Apéndice de Código Modelo de CEB/FIP para piroresistencia».
16. «Propiedades del hormigón y del acero en condiciones de incendios».
17. «Consideraciones sobre cómo conseguir un comportamiento estructural óptimo de edificios de hormigón bajo un ataque con bombas incendiarias».
18. «Pandeo e inestabilidad» (Boletín CEB 155).
19. «Modelos de resistencia y diseño de elementos estructurales» (Boletín CEB 146).
20. «Armado de elementos de estructuras de hormigón» (Boletín CEB 150).
21. «Zonas de anclaje» (Boletín CEB 151).
22. «Industrialización de armaduras» (Boletín CEB 152).
23. «Durabilidad de las estructuras de hormigón» (Boletín CEB 148).
24. «Análisis no lineal de estructuras de hormigón» (Boletín CEB 153-154).
25. «Propiedades de resistencia mecánica y deformación del hormigón» (Boletín CEB 156).
26. «Preparación conceptual de códigos futuros» (Boletín CEB 147).
27. «Informe sobre control de calidad y garantía de calidad para estructuras de hormigón» (Boletín CEB 157).