ANALISIS DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON ARMADO Y PRETENSADO

Juan Murcia Vela, Catedrático
Antonio Aguado de Cea, Prof. Agregado

Cátedra de Hormigón. Departamento de Estructuras E.T.S.I.C.C.P.
Universidad Politécnica de Barcelona

400-12

INTRODUCCION

El análisis de estructuras de hormigón armado y pretensado constituye en la actualidad tanto por su amplitud como por su tradición una **gran línea** de investigación, la principal hasta la fecha de la Cátedra de Hormigón de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Barcelona. En ella se encuentran implicados, de forma directa, todos los profesores de la Cátedra (Antonio AGUADO, Antonio MARI, Enrique MIRAMBELL y Juan MURCIA) en el momento actual, así como un becario de Formación de Personal Investigador del Ministerio de Educación y Ciencia (Ignacio CAROL).

Esta línea de investigación puede, por su amplitud, subdividirse de hecho en otras líneas o ramas, algunas de las cuales ya se han desarrollado; en otras en las que se empieza a trabajar ahora y, por último, en otras que se iniciarán en función de los medios de todo tipo disponibles.

En cuanto a su tradición, puede decirse que esta línea comienza con una tesis doctoral (Juan MURCIA, 1972), iniciada en el Instituto Eduardo Torroja del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y desarrollada en el Laboratorio de Estructuras de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid, bajo la dirección del Profesor J. A. TORROJA. Al comenzar el funcionamiento de la Cátedra de Hormigón en la Escuela de Barcelona (curso 1975-76), esta línea de investigación se incorpora de hecho a ella a través de J. MURCIA, que entra en la Escuela como profesor responsable de la Cátedra. En años sucesivos se integran otros profesores en la misma, pasando a desarrollar gran parte de su trabajo de investigación, a nivel de tesis doctorales incluso, dentro de esta amplia línea (A. AGUADO, 1980; A. MARI, 1981; I. CAROL, prevista para 1984; E. MIRAMBELL, sin ficha todavía).

Aparte de las publicaciones derivadas de ella, que se incluyen cronológicamente al final, esta línea se plasma también en dos cursos de Doctorado impartidos por la Cátedra y un curso de postgrado en la Universidad Nacional Autónoma de México, también reseñados al final, sin citar, para no ser prolijos, las conferencias, comunicaciones u otros trabajos a que ha dado lugar.

FILOSOFIA, APORTACIONES, APLICACIONES Y FUTURO

En su iniciación y primeros desarrollos no puede hablarse justamente de una lógica interna que informe sus objetivos y guíe sus vías de actuación y de avance; ni siquiera podría hablarse, por supuesto, de línea de investigación en esa etapa.

En efecto, como línea de investigación en ciernes, avanza de forma poco estructurada y hasta balbuceante; en todo caso, en los comentarios finales del primer trabajo (J. MURCIA, 1972; Tomo I, pág. 256) se apuntan, de forma un tanto intuitiva, temas futuros de estudio en la «línea» allí desarrollada (que, por cierto, se vienen confirmando hasta la fecha, afortunadamente).

Desde una **perspectiva actual** y mirando hacia atrás con una visión globalizante y sintetizadora, sí puede, sin embargo, hablarse ya de una estructura de esta línea de investigación, tanto en base a nivel de sus objetivos como a sus propias pautas de actuación y de avance.

En cuanto a los **objetivos**, se parte de dos principios:

— Respuesta a **problemas prácticos concretos** en el campo de las estructuras de hormigón relacionados con el análisis de las mismas (incidiendo no sólo en la fase de **servicios** sino también en el **proceso constructivo** de las obras de hormigón).

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

— Respuesta a **lagunas** o **incoherencias** de tipo teórico, tratando de crear al mismo tiempo una base **coherente** de conocimiento, con claras implicaciones de tipo **docente**, en el amplio sentido de la palabra.

En lo que atañe a las propias **líneas de actuación y de avance**, puede apuntarse lo siguiente:

— Se considera que en el análisis de estructuras se integran dos campos o ámbitos, en principio independientes: **lo mecánico** y **lo geométrico** (J. MURCIA, 1979). Dentro de una concepción causa-efecto, estos dos campos paralelos se mantienen en las diferentes fases:

  a. En la entrada del análisis, en la que las **acciones** sobre la estructura son tanto de tipo mecánico (cargas y, en general, todo aquello que se pueda reducir a fuerzas y momentos), como geométrico: deformaciones (como incrementos y gradientes de temperatura o retracción) y desplazamientos (como asientos de apoyo).

  b. En el desarrollo del análisis, en el que deben satisfacerse condiciones mecánicas (equilibrio) y geométricas (compatibilidad) que, siendo independientes en principio, se relacionan a través de las condiciones tenso-deformacionales propias del material o materiales de la estructura.

  c. En la salida del análisis, en la que interesan tanto **resultados** de carácter mecánico (esfuerzos, reacciones, tensiones, etc.) como geométrico (flechas, giros, curvaturas, deformaciones, etc.).

— En virtud de lo anterior, la visión que se tiene del análisis trata de **superar el sesgo mecánico** tradicional del análisis de estructuras, que se relaciona en gran medida con una primaria preocupación resistente («que la estructura no se caiga») en términos tensionales. Esto es bastante discutible en la actualidad por distintos motivos, a los que se une el hecho de que los materiales estructurales reales plastifican más o menos al final, con lo que puede bastar, en la práctica, con asegurar el equilibrio (J. MURCIA, 1979).

— Para las estructuras lineales se integran el análisis a nivel **sección** con el análisis a nivel **estructura**, de forma que el primero conduce a las condiciones tenso-deformacionales (diagramas momento-curvatura y otros análogos) que, en el segundo, ligan las condiciones mecánicas con las geométricas o, dicho de otro modo, los sistemas de esfuerzos equilibrados con los de deformadas compatibles (J. MURCIA, 1979).

— Dentro de las estructuras de hormigón se **integran** las de **hormigón armado** y las de **hormigón pretensado**; así y no sólo en lo conceptual, la primera técnica es un caso particular y singular de la segunda (pretensado nulo). Cabe señalar que, en la actualidad, este es el planteamiento que se aplica también desde el punto de vista docente en la Cátedra.*

— Al mismo tiempo, se integran el análisis en situación de **servicio** y el análisis en situación de **rotura** ya que, como es sabido, en las normativas actuales se distinguen estados-límites en ambas situaciones.

— Según esta visión del análisis de estructuras, las aproximaciones en **primer orden** y en **segundo orden** quedan también integradas, permitiendo, al mismo tiempo, detectar el origen de la no linealidad del análisis que, para pequeñas deformaciones, viene dado (J. MURCIA, 1979) por la:

  — no linealidad del material, en el caso de primer orden,

  — no linealidad intrínseca respecto a las acciones que influyen en los esfuerzos axiles de las piezas (aunque el material sea lineal) en el caso de segundo orden.

  Para las estructuras de hormigón, debido a la no linealidad del material, el análisis es siempre no lineal, salvo situaciones particulares; por ejemplo: análisis de estructuras de hormigón pretensado en clase I en situación de servicio.

— El desarrollo del análisis no lineal puede plantearse como una superposición de problemas lineales (aprovechando el conocimiento que se tiene y la potencia del análisis lineal), mediante iteraciones que tienden a ajustar aquellas condiciones que no son lineales: material, en primer orden; equilibrio y material, en su caso, en segundo orden, hasta encontrar una situación en que se llega a su cumplimiento (A. MARI - I. CAROL - T. COLOMER, 1979) (A. AGUADO, 1981) (A. AGUADO - J. MURCIA, 1980a, 1980c) (A. MARI, 1981) (A. AGUADO - J. MURCIA - A. MARI, 1981) (A. MARI - J. MURCIA - A. AGUADO, 1982)

* *«Planteamiento hormigón armado-hormigón pretensado y tendencias futuras de la normativa», J. Murcia (véase Hormigón y Acero, n.º 150).*

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

(A. MARI - J. MURCIA, 1982b)
(I. CAROL, 1984).

En cuanto a las **aportaciones** de esta línea de investigación puede decirse que, como ya es de esperar después de comentar su estructura, afectan tanto al ámbito del análisis de estructuras en general como al del hormigón en particular. Un resumen de las mismas, sin entrar en detalles que no hacen al caso, podría ser, en orden aproximadamente cronológico, el siguiente:

— Generalización del análisis lineal de estructuras bajo todo tipo de acciones, incluyendo las deformaciones impuestas. En particular, generalización del concepto de línea de influencia (herramienta de cálculo muy útil) extendiéndola a dichas acciones y desarrollo de métodos de cálculo de tales líneas (J. MURCIA, 1972, 1975b, 1975c).

— Inclusión del pretensado, como un sistema singular de cargas con unas propiedades muy particulares, dentro de toda la problemática del análisis estructural:

  Propiedades teóricas y prácticas del pretensado y sus efectos (esfuerzos isostáticos e hiperestáticos de pretensado, etc.). Cálculo de los esfuerzos hiperestáticos de pretensado a partir de los isostáticos y, en particular, mediante utilización de líneas de influencia. (J. MURCIA 1972, 1975a, 1975b).

— Análisis de secciones reales de hormigón armado y pretensado mediante un tratamiento separativo de las secciones netas de acero y hormigón, especialmente útil para poder tratar adecuadamente la reología de cada material por separado, y, en particular, la fluencia del hormigón (J. MURCIA, 1975e, 1976).

— Análisis lineal en el tiempo de estructuras de hormigón armado y pretensado, considerando la retracción y la fluencia del hormigón, y aplicando para ésta el modelo de viscoelasticidad lineal:

  — Aproximación numérica, introduciendo estas deformaciones como impuestas mediante un procedimiento paso a paso en el tiempo (también se considera la relajación del acero de pretensado y la interacción suelo-estructura en el tiempo) (J. MURCIA, 1972, 1975d).

  — Aproximación analítica, introduciendo la retracción como deformación impuesta y la fluencia como propiedad tenso-deformacional del material. (J. MURCIA, 1978, 1980).

— Análisis no lineal de estructuras en primer orden mediante superposición de casos lineales, introduciendo deformaciones impuestas virtuales. Aplicación a las estructuras de hormigón armado (vigas continuas, pórticos simples o múltiples, etcétera) (A. AGUADO, 1980) (A. AGUADO - J. MURCIA, 1980a, 1980b).

— Análisis no lineal de estructuras en segundo orden, superponiendo casos (A. MARI, 1981) (A. MARI - J. MURCIA - A. AGUADO, 1982) (A. MARI - J. MURCIA, 1982b):

  a) material lineal;

  b) material no lineal. Aplicación a las estructuras de hormigón armado (pórticos simples o múltiples, traslacionales e intraslacionales).

— Comportamiento de secciones de hormigón pretensado hasta rotura, a partir de la fuerza de neutralización P_n: diagramas momento-curvatura (J. MURCIA - A. MARI, 1982a).

— Análisis no lineal de estructuras de hormigón sometidas a acciones de tipo geométrico (deformaciones, especialmente las debidas a temperatura y desplazamientos, asientos en los apoyos). Influencia de sus efectos en servicio y rotura (vigas continuas, pórticos múltiples, etc.) (A. AGUADO - J. MURCIA, 1980c) (A. AGUADO - A. MARI - E. PENON, 1982a, 1982b).

— Análisis no lineal de estructuras de hormigón pretensado, mediante el método de las deformaciones impuestas (vigas continuas, estructuras porticadas, etc.). Comportamiento hasta rotura. (A. AGUADO - A. APARICIO - E. MIRAMBELL - J. MURCIA, 1983).

— Análisis no lineal de estructuras mediante superposición de casos lineales, introduciendo esfuerzos virtuales (método dual al de las deformaciones impuestas) (I. CAROL-J. MURCIA, 1984).

— Análisis no lineal de estructuras de hormigón, en segundo orden y en el tiempo, considerando la fluencia del hormigón de una manera afinada y el proceso constructivo. Aplicación a las estructuras en altura. (I. CAROL, 1984).

— Análisis como el anterior, considerando también la interacción suelo-estructura, a lo largo del tiempo (I. CAROL, 1984).

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

En lo que respecta a las **aplicaciones**, esto es, aportaciones de cara a la práctica directa, en el proyecto y la ejecución de obras de hormigón, cabe apuntar de forma esquématica las siguientes:

— Cálculo de estructuras de hormigón pretensado, considerando la retracción y la fluencia: proceso constructivo y situación de servicio, donde puede ser especialmente importante el conocimiento tanto de la progresión de flechas y giros como de la redistribución diferida de esfuerzos. (Por ejemplo, puentes construidos por voladizos sucesivos in situ o dovelas prefabricadas).

— Dimensionamiento de estructuras hiperestáticas de hormigón pretensado, mediante líneas de influencia de los esfuerzos hiperestáticos de pretensado en función de los isostáticos (fuerza y trazado de la armadura activa), reduciendo el número de tanteos y evitando el cálculo del sistema de cargas de pretensado (en particular, la componente repartida normal al trazado).

— Cálculo de estructuras de hormigón armado y pretensado (vigas continuas, pórticos de todo tipo), en servicio y en rotura, para la adecuada aplicación de la nueva metodología de los estados-límite (de utilización, como deformabilidad o rotura por flexocompresión, cortante, etc.) Comprobación y criterios de dimensionamiento. Las acciones sobre la estructura pueden ser cargas de todo tipo, movimientos (asientos de apoyo, por ejemplo) o deformaciones impuestas, como variaciones (diarias, estacionales, etcétera) o gradientes (soleamiento, por su función, etc.) de temperatura o la propia retracción del hormigón.

— Cálculo de estructuras de hormigón armado y pretensado en segundo orden, sobre todo —estructuras porticadas o no de gran altura— en relación con el estado-límite último de pandeo (global o local), considerando en el tiempo la fluencia del hormigón de manera afinada, la interacción suelo-estructura y el proceso constructivo. Comprobación y criterios de dimensionamiento. Las acciones sobre la estructura pueden ser también de cualquier tipo.

Dadas las características de esta línea de investigación es evidente que, aparte de las relativas al campo de las obras de hormigón, existen otras aplicaciones para las estructuras en general (metálicas, pretensadas o no, mixtas, etcétera), en paralelo con las mencionadas anteriormente.

Para dar una idea de la continuidad y proyección de **futuro** de esta línea, mencionaremos únicamente algunos puntos:

— Profundizar en el estudio de los criterios de dimensionamiento y proyecto derivados del análisis y otros factores (economía, ejecución, durabilidad, funcionalidad, estética, etc.). Optimización de estructuras de hormigón (A. MARI - D. CHOUDUHOURY - A. C. SCORDELIS - J. MURCIA - A. AGUADO, 1984).

— Entronque con otras metodologías de análisis de estructuras, en particular con el método de los elementos finitos, con vistas básicamente a estudiar el comportamiento de estructuras de hormigón en dos aspectos bien distintos (A. MARI - E.C. CHAN - A.C. SCORDELIS, 1984) (A. MARI, 1984).

  — Comportamiento básico de piezas de hormigón, considerando los diferentes factores de todo tipo que intervienen.

  — Análisis no lineal y en el tiempo de estructuras de hormigón armado y pretensado de dos y más dimensiones.

— Consideración de los efectos dinámicos, interacción dinámica suelo-estructura y aplicación al análisis y diseño sísmicos de estructuras de hormigón.

— Relacionar el análisis con la seguridad en su sentido moderno, esto es, probabilista, de cara a una optimización racional basada **realmente** en el binomio seguridad-economía.

RECONOCIMIENTOS

En el período de tiempo en que se viene desarrollando esta línea de investigación se han recibido, en relación con ella, aparte de otras coyunturales o de menor cuantía, las siguientes ayudas:

— Beca de Formación de Personal Investigador del M.E.C., durante dos años (Juan MURCIA, Laboratorio de Estructuras, Escuela T. S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid).

— Beca para la realización de Tesis Doctoral del I.N.A.P.E., durante tres años (Antonio MARI, Cátedra de Hormigón, Escuela T. S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Barcelona).

— Créditos sin interés para la realización del Doctorado, por parte del Colegio Oficial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos concedidos a A. AGUADO y A. MARI.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

— Beca de Formación de Personal Investigador del M.E.C. desde 1981 (Ignacio CAROL, Cátedra de Hormigón, Escuela T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Barcelona).

— Beca de Ayuda a la Investigación del CIRIT para el curso 1982-83 (Generalitat de Catalunya) a Enrique MIRAMBELL (Cátedra de Hormigón, Escuela T. S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Barcelona).

— Beca Fullbright - M.E.C. durante el curso 1982-83 (A. MARI, Civil Engineering Department - University of California at Berkeley).

BIBLIOGRAFIA

1. MURCIA, J. (1972). **Estudio del cálculo de estructuras pretensadas hiperestáticas mediante líneas de influencia. Aplicación al cálculo de la redistribución de esfuerzos a lo largo del tiempo.** Tesis Doctoral. E.T.S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid. 2 Tomos, 262 y 264 pp.

2. MURCIA, J. (1975 a). Una introducción al análisis estructural del pretensado. **Revista de Obras Públicas** n.° 3117, pp. 13-19.

3. MURCIA, J. (1975 b) Cálculo de estructuras a partir de esfuerzos y deformaciones impuestas. Líneas de influencia. **Revista de Obras Públicas** n.° 3119, pp. 169-176.

4. MURCIA, J. (1975 c) Métodos de cálculo de las líneas de influencia a partir de esfuerzos y deformaciones impuestas. **Revista de Obras Públicas** núms. 3124 y 3125, pp. 549-566, pp. 661-668.

5. MURCIA, J. (1975 d) Análisis en el tiempo de estructuras hiperestáticas de hormigón pretensado. **Monografía n.° 325 del Instituto Eduardo Torroja,** 110 pp.

6. MURCIA, J. (1975 e) Tratamiento en sección no fisurada, de la sección homogeneizada de hormigón y acero, a partir de la neta de hormigón. **Hormigón y Acero** n.° 114, pp. 23-30.

7. MURCIA, J. (1976) Cálculo de la fuerza de neutralización en secciones de hormigón pretensado. **Hormigón y Acero** n.° 119-120, pp. 83-88.

8. MURCIA, J. (1978) Estudio analítico de la influencia de las deformaciones diferidas en estructuras lineales isostáticas de hormigón. Pérdidas diferidas de pretensado. **Hormigón y Acero** núms. 130-131-132, pp. 169-180. (También **publicación ES001 de la Escuela T. S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Barcelona,** 22 pp.).

9. MURCIA, J. (1979) Reflexiones sobre las bases del análisis de estructuras. **Revista de Obras Públicas** n.° 3178, pp. 153-165. (También **Publicación ES002 de la Escuela T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Barcelona,** 31 pp.).

10. MARI, A. CAROL, I. (1979) COLOMER, T. Análisis de elementos comprimidos de hormigón armado. Diagramas de interacción para soportes esbeltos. **Publicación ES005 de la Escuela T. S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Barcelona,** 69 pp.

11. AGUADO, A. (1980) **Estudio del análisis no lineal de estructuras de hormigón mediante superposición de problemas lineales en deformaciones.** Tesis Doctoral. Escuela T. S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Barcelona. 2 Tomos, 204 y 204 pp.

12. MURCIA, J. (1980) Estudio analítico en el tiempo de estructuras de hormigón armado y pretensado por retracción y fluencia. **Monografía n.° 363 del Instituto Eduardo Torroja,** 111 pp. (También **Publicación ES006 de la Escuela T. S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Barcelona,** 152 pp.).

13. AGUADO, A. y MURCIA, J. (1980 a) Análisis no lineal de estructuras a partir de casos lineales en deformaciones impuestas. **Hormigón y Acero** n.° 136, pp. 45-60 (También **Publicación ES007 de la Escuela T. S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Barcelona,** 29 pp.).

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

14. AGUADO, A. y MURCIA, J. (1980 b) Aplicación del método de las deformaciones impuestas para analizar el comportamiento no lineal de estructuras hiperestáticas de hormigón. **Hormigón y Acero** n.° 137, pp. 71-85. (También **Publicación ES008 de la Escuela T. S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Barcelona,** 31 pp.).

15. AGUADO, A. y MURCIA, J. (1980 c) Nonlinear analysis of concrete structures by imposed deformation method. Application to the study of load and temperature effects. **C.E.B. Commission II «Structural Analysis».** Venezia, octubre 1980.

16. MARI, A. (1981) **Análisis de estructuras de hormigón armado y pretensado en teoría de segundo orden.** Tesis Doctoral. Escuela T. S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Barcelona. 380 pp.

17. AGUADO, A., MURCIA, J. y MARI, A. (1981) Nonlinear Analysis of Concrete Structures by the Imposed Deformation Method. Comparison with Experimental Results. **«Colloquium on Advanced Mechanics of Reinforced Concrete»** I.A.B.S.E., A.S.C.E., C.E.B., R.I.L.E.M., Delft, junio 1981. Proceedings, pp. 255-262.

18. MARI, A., MURCIA, J. y AGUADO, A. (1982) Second order analysis of reinforced concrete frames. Enlarged Meeting C.E.B. Commission II «Structural Analysis». Pavia, October 1981. **Bulletin d'information n.° 153 C.E.B.** Avril 1982, pp. 183-197.

19. AGUADO, A., MARI, A. y PENON, E. (1982 a) Nonlinear analysis for thermal effects and support displacement on frame concrete structures. Enlarged Meeting C.E.B. Commission II «Structural Analysis». Pavia, October 1981. **Bulletin d'information n.° 154 C.E.B.** Avril 1982, pp. 195-208.

20. AGUADO, A., MARI, A. y PENON, E. (1982 b) Análisis de estructuras de hormigón frente a acciones directas e indirectas, teniendo en cuenta la no linealidad del material. **Hormigón y Acero** n.° 145, pp. 9-18.

21. MURCIA, J., MARI, A. (1982 a) Diagramas M-c, de secciones de hormigón pretensado, a partir de la fuerza de neutralización, P_n. **Hormigón y Acero** n.° 144, pp. 139-148.

22. MARI, A., MURCIA, J. (1982 b) Análisis en segundo orden de estructuras de hormigón armado. **Hormigón y Acero** n.° 145, pp. 49-64.

23. AGUADO, A., APARICIO, A., MIRAMBELL, E. y MURCIA, J. (1983) Nonlinear Behaviour of Statically Indeterminate Prestressed Concrete Structures. **N.C.P.C. Symposium Co-sponsored: ACI, ASCE, CEB, CPCI, FIP, IABSE, PCI.** July 4-6, 1983. Waterloo University. Ontario. Canadá.

24. MARI, A., CHAN, E. C. y SCORDELIS, A.C. (1984). «Nonlinear Geometric, Material and Time Dependent Analysis of Reinforced and Prestressed Concrete Three Dimensional Frames». Artículo aceptado para el **«Second International Conference on Numerical Method for Nonlinear Problems».** Barcelona.

25. MIRAMBELL, E., MARI, A. y AGUADO, A. (1984). «A simple method for nonlinear analysis of concrete structures. Application to a real case.» Artículo aceptado para el **«Second International Conference on Numerical Methods for Nonlinear Problems».** Barcelona.

26. MARI, A. (1984) «Nonlinear Finite Element Analysis of Reinforced and Prestressed Three Dimensional Concrete Frames.» **Research Report. SESM Division.** University of California at Berkeley. (En preparación).

27. MARY, A., CHOUDHOURY, D. y SCORDELIS, A.C. (1984) «Design of Bridge Columns under Deformation Induced Forces.» **Research Report, SESM Division,** University of California at Berkeley. (En preparación).

28. CAROL, I. y MURCIA, J. (1984). «Transfer Moments Method for Nonlinear Analysis of Structural Bar Systems. Application to Reinforced Concrete Structures». **International Conference on Computer Aided Analysis and Design of Concrete Structures.** Split.

29. MURCIA, J., AGUADO, A. y MARI, A. (1984) «Towards a Unified Comprehensive System in The Design of Reinforced and Prestressed Structures». Presentada al **Congreso de la I.A.B.S.E.** de Vancouver.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

30. CAROL, I. (1984) **Análisis y criterios de proyecto de estructuras de edificación en altura, considerando la interacción y propiedades no lineales y diferidas de estructura y terreno, efectos de segundo orden y procedimiento constructivo.** Tesis Doctoral. Escuela T. S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Barcelona (se presentará en 1984).

31. MURCIA, J. (1984) **Análisis de estructuras lineales de hormigón armado y pretensado** (libro en preparación para ser publicado en 1984).

INFORMES

— Informe relativo al comportamiento de la estructura del Edificio de Control de la Central Nuclear de Ascó, Grupo II, frente a los levantamientos del terreno. 2 Tomos. Realizado por A. AGUADO, A. MARI, E. MIRAMBELL y J. MURCIA. Octubre 1982.

— Informe relativo a la deformación de la Estructura del Edificio de Control de la Central Nuclear de Ascó, Grupo II, frente a los levantamientos del terreno. Realizado por A. AGUADO, A. MARI, E. MIRAMBELL y J. MURCIA. Marzo 1983.

CURSOS DE DOCTORADO

— **Fundamentos teóricos del comportamiento tenso-deformacional del hormigón. Análisis de estructuras de hormigón en el tiempo.** Impartido por J. MURCIA durante el curso 1974-75 en la Escuela T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Santander y los cursos 1975-76, 1976-77, 1977-78 en la Escuela T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Barcelona.

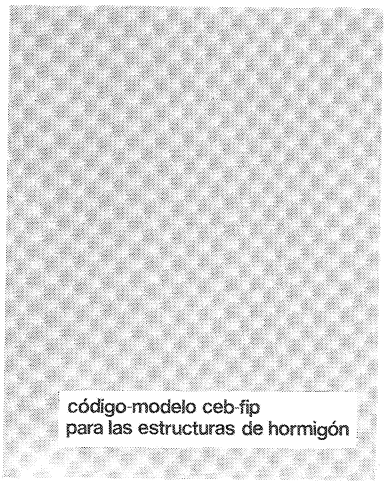
— **Análisis no lineal de estructuras de hormigón; criterios de dimensionamiento.** Impartido por A. AGUADO, J. MURCIA y A. MARI durante los cursos 1980-81, 1981-82 y 1982-83 en la Escuela T. S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Barcelona.

OTROS CURSOS

— **Análisis de estructuras lineales de hormigón armado y pretensado.** División de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. Impartido por J. MURCIA y A. AGUADO en noviembre de 1981.

* * *

publicaciones del I.E.T.c.c.



El Instituto Eduardo Torroja, miembro activo tanto del Comité Eurointernacional del Hormigón (CEB), como de la Federación Internacional del Pretensado (FIP), ha tomado a su cargo la traducción y edición de esta importante normativa.

Aunque presentado con el título de «Código Modelo CEB/FIP 1978» este documento incorpora los dos primeros volúmenes de este «Sistema Unificado Internacional de Reglamentación Técnica de Ingeniería Civil». El primer volumen de este «Sistema Unificado» es el denominado «Reglas comunes Unificadas para los diferentes tipos de obras y materiales», donde se exponen los criterios y formatos de seguridad a que han de ajustarse los diferentes Códigos (estructuras de hormigón, estructuras metálicas, estructuras mixtas, estructuras de albañilería y estructuras de madera), que han de configurar la totalidad del antedicho sistema.

El segundo volumen es propiamente el Código Modelo para las Estructuras de Hormigón. Fruto de la colaboración de dos asociaciones del prestigio del CEB y la FIP, desde mediados de los 60, incorpora los avances científicos y tecnológicos producidos en los últimos años sin detrimento alguno de la claridad y operatividad que deben presidir un código que pretende ser, ante todo, un auxiliar práctico para los técnicos de la construcción.

El Código sigue en su estructura las reglas más o menos clásicas: una primera parte dedicada a los datos generales para el cálculo (propiedades de los materiales, datos relativos al pretensado, tolerancias); en segundo lugar se presentan las reglas de proyecto estructural (acciones, solicitaciones, estados límites últimos y de utilización, reglas de detalle para el armado); y, por último, ejecución, mantenimiento y control de calidad.

También incluye reglas para estructuras con elementos prefabricados y estructuras de hormigón con áridos ligeros. Los Anejos del Código se refieren a: terminología, proyecto mediante la experimentación, resistencia al fuego, tecnología del hormigón, comportamiento en el tiempo del hormigón y fatiga.

Un volumen encuadernado en cartoné, de 21 × 30 cm, compuesto de 340 páginas, Madrid, mayo 1982.

Precios: España 2.500 ptas. Extranjero 36 $ USA.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es