

## ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO SISMICO DE ESTRUCTURAS PORTICADAS DE HORMIGON COMPUESTAS POR PIEZAS PREFABRICADAS UNIDAS POR MEDIO DE ARMADURAS POSTESAS\*

José I. Alvarez Baleriola

Dr. Ing. de Caminos  
I.E.T.c.c.

Director de la tesis

José Antonio Torroja

Dr. Ing. de Caminos  
E.T.S.I.C.C.P.

409-3

LA utilización del hormigón pretensado como material para la construcción de estructuras que han de soportar fundamentalmente acciones de tipo gravitatorio ha sido aceptado desde hace muchos años, desarrollándose rápidamente sus aplicaciones debido a su idoneidad para proyectar con él estructuras más económicas y estéticas, y a su adaptabilidad a las técnicas de industrialización de la construcción.

Sin embargo, el uso de elementos resistentes de hormigón pretensado como estructura principal para soportar las acciones sísmicas tanto en estructuras porticadas como en pantallas no ha tenido una aceptación tan rápida, e incluso, hoy día, se sigue cuestionando su idoneidad, en estos casos, por parte de algunos ingenieros y arquitectos.

El presente estudio tiene como objetivo profundizar en algunos de los aspectos menos conocidos y experimentados que plantea la resistencia sísmica de edificios con estructura prefabricada de elementos lineales unidos por medio de armaduras postesas, tanto en lo relativo a su comportamiento general como estructura porticada de hormigón pretensado como en cuanto a los detalles destinados a garantizar un buen comportamiento sismorresistente de las zonas

(\*) Esta tesis fue presentada el 19 de noviembre de 1980 en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid, defendida y aprobada con la calificación de sobresaliente «cum laude» el 22 de junio de 1981.

críticas de la estructura, en las que se supone que se formarán rótulas plásticas al sufrir los efectos de un sismo de alta intensidad. También se ha perseguido la obtención de información relativa a la demanda de ductilidad que los sismos provocan en este tipo de estructuras, en comparación con otras similares de hormigón armado y en concreto con los niveles de aceleración previstos por la Norma Sismorresistente española PDS-1-74.

La obra se encuentra dividida en cuatro partes bien diferenciadas:

En la primera parte se efectúa una introducción general y se pasa revista a la bibliografía existente hasta diciembre de 1979, centrandose el tema en la resistencia sísmica de las estructuras pretensadas prefabricadas y, en especial, en cuanto al comportamiento dúctil de modelos a escala real de uniones exteriores viga-columna prefabricados unidos con armaduras postesas ante cargas cíclicas alternadas de alta intensidad.

También en esta primera parte se efectúa una aclaración de los conceptos más importantes que se utilizan en la tesis, como: diagramas momento-curvatura, diagrama momento-rotación, ductilidad, factor de ductilidad, rótula plástica, absorción y disipación de energía, degradación de rigidez y resistencia, etcétera.

En la segunda parte se hace un estudio sobre simulación con ordenador del comportamiento cíclico de secciones de hormigón armado y pretensado ante cargas cíclicas alternadas de alta intensidad. Para ello se comienza definiendo los diagramas teóricos y experimentales oportunos que modelizan el comportamiento  $\sigma - \epsilon$  de los diversos materiales que intervienen y se concluye con la presentación de programas que permiten obtener diagramas momento-curvatura de secciones rectangulares de hormigón armado o pretensado ante cargas monótonas o cíclicas alternadas (ver figura 1).

En la tercera parte se realiza un estudio desde los puntos de vista de la ductilidad y la absorción y disipación de energía, el comportamiento real de las secciones que componen la unión entre vigas y pilares prefabricados de hormigón, unidos por medio de armaduras postesas, representando por medio de modelos experimentales la unión exterior

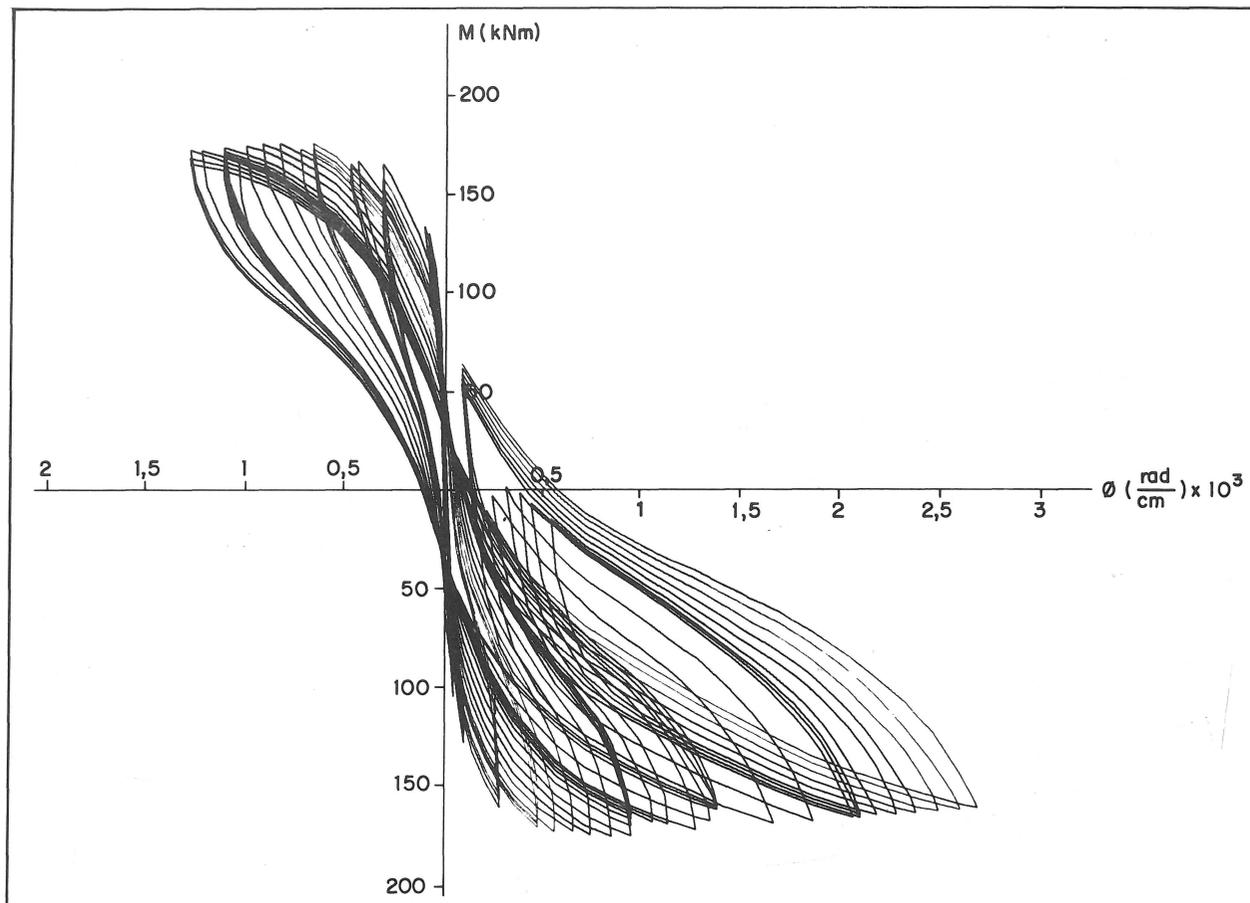
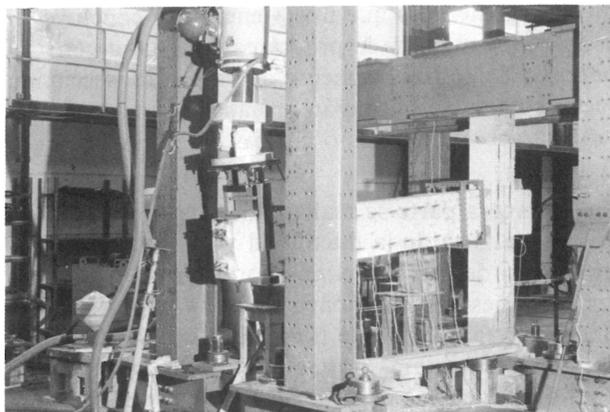


Fig. 1.--Resultado de la aplicación del programa «ciclo» a los datos del ensayo 3.

viga-pilar de un edificio prefabricado con elementos lineales. Los ensayos de laboratorio correspondientes a estos modelos se llevaron a cabo en la Nave de Ensayos Mecánicos del IETcc (ver fotografía). De los resultados (ver figura 2) de esta experimentación se obtuvo un modelo simplificado del comportamiento de secciones de hormigón pretensado ante cargas de tipo sísmico (ver figura 3).

La cuarta parte presenta la generación artificial con ordenador de acelerogramas acordes con la Norma PDS-1-74 y su aplicación al estudio



comparativo de las respuestas de sistemas de un grado de libertad con diversos tipos de comportamiento incluido el de hormigón pretensado. En esta parte se efectúa asimismo, un estudio sobre la demanda de ductilidad que provocan en los sistemas tanto los acelerogramas artificiales calculados como los correspondientes a los sismos reales de Taft N-21-E de 1952 y El Centro N-S de 1940.

Las conclusiones principales de estos trabajos son las siguientes:

1. Las juntas de mortero entre elementos lineales de hormigón prefabricados situadas en zonas críticas, donde se forman rótulas plásticas, pueden poseer un comportamiento satisfactorio si se confinan para evitar pérdidas de material.
2. Las juntas estrechas ( $\simeq 2,5$  cm) no confinadas tienen mal comportamiento, por lo que su uso debería ser penalizado en los códigos. No existe suficiente evidencia sobre las juntas anchas ( $\simeq 10$  cm) no confinadas.
3. Por motivos constructivos parece aconsejable utilizar juntas anchas.

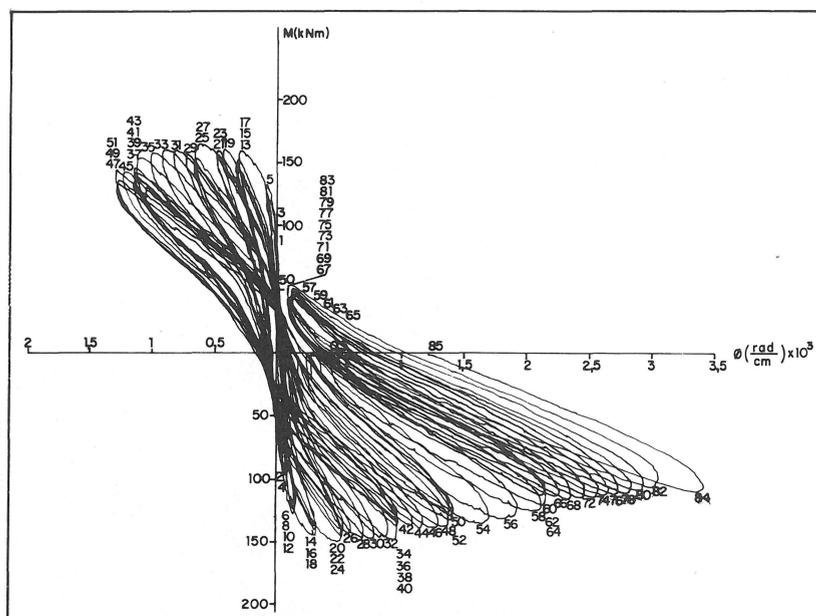


Fig. 2.—Diagrama momento-curvatura media, ensayo 3.

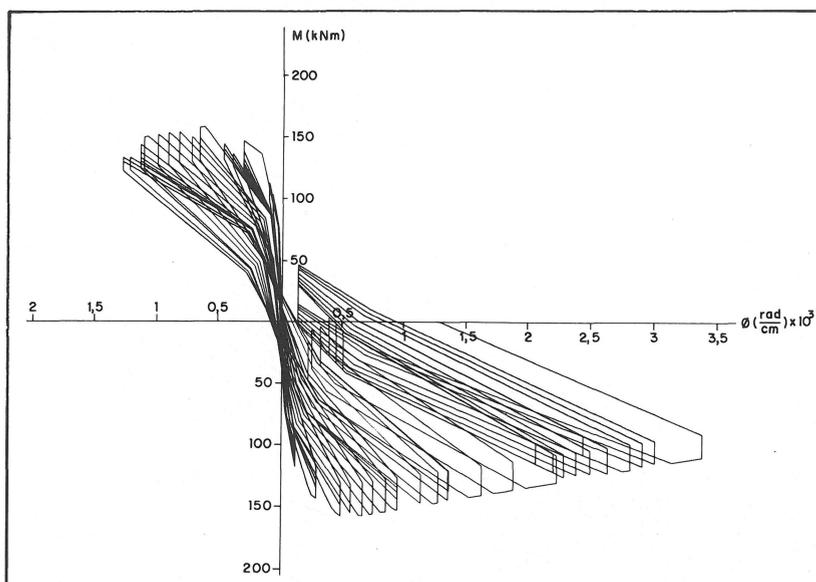


Fig. 3.—Resultado de la aplicación del programa «model» a los datos del ensayo 3.

4. La cuantía de armadura transversal necesaria en la zona de la junta de mortero es pequeña si la cuantía de armadura longitudinal es baja (comportamiento dúctil).
5. La disipación de energía por histéresis de estos elementos puede ser considerable para altas deformaciones, si no, es reducida.
6. La pérdida de rigidez global de estas estructuras ante cargas sísmicas puede ser muy considerable.
7. Las deformaciones permanentes de estas estructuras ante cargas sísmicas son muy ligeras, mientras que las recuperables pueden llegar a ser extraordinariamente grandes.
8. Es necesario prestar especial atención a la posible interacción entre elementos estructurales y no estructurales con este tipo de sistemas.
9. La demanda de ductilidad en desplazamientos de una estructura de hormigón pretensado puede ser del orden del 30 % superior a la de una estructura equivalente de hormigón armado.
10. Dada la demanda de ductilidad que provocan los sismos severos en estructuras de hormigón pretensado y armado, calculados de acuerdo con la Norma PDS-1-74, deberán modificarse los códigos de hormigón EH y EP en el sentido de dotar instrucciones para efectuar un diseño dúctil de las secciones críticas.