

# aumento de la capacidad flectora de vigas de edificación\*

José Luis Ramírez Ortiz, Prof. Dr. Ing. Industrial

José Manuel Bárcena Díaz, Dr. Ing. Industrial

José Manuel Feijóo Gil, Ing. Industrial

422-17

## sinopsis

Se describen dos métodos de refuerzo de vigas desde el punto de vista del momento flector, continuando con un programa de investigación de refuerzo de pilares y vigas de hormigón armado en edificación, cuyos resultados se han ido publicando en esta revista.

Los dos procedimientos consisten: uno en picado del hormigón de la parte superior, inserción de armaduras de refuerzo y nuevo hormigonado junto con el pegado de una chapa de acero en el fondo de la viga; y otro en exclusivamente el pegado de dos chapas, una en la parte superior y otra en la inferior de la viga.

Los resultados de los ensayos confirman el interés del método y la validez de su método de cálculo y, en lo que sigue, se da la información relativa al planteamiento teórico de los refuerzos, a su realización y a su comportamiento para carga de servicio y rotura.

## INTRODUCCION

En un trabajo anterior, Informes de la Construcción n.º 305, noviembre 1978, explicábamos el comportamiento de dos tipos de refuerzo de vigas: U inferior de hormigón y dos chapas laterales pegadas, que actuaban mejorando la resistencia a esfuerzo cortante y momento flector.

En la presente ocasión describimos otros dos tipos de refuerzo de vigas, más sencillos de ejecución material, proyectados para aumentar la capacidad a la flexión. Uno consiste en el picado de la zona superior de la viga, insertando armaduras de refuerzo y hormigonando nuevamente, labor que puede hacerse cómodamente trabajando sobre el forjado, y en el pegado de una chapa en el fondo de la viga, lo que se logra fácilmente presionando con puntales próximos de abajo arriba. El otro consiste en el pegado de sendas chapas en la cara superior y fondo de la viga, operación que no resulta laboriosa.

Las vigas reforzadas no resultan prácticamente de tamaño superior al original, habiéndose procurado tanto en las dimensiones de las vigas como en los trabajos de refuerzo acercarnos a las condiciones reales de una obra corriente.

\* Trabajo realizado en la Cátedra de Estructuras de la Escuela Superior de Ingenieros Industriales de Bilbao y en los Laboratorios de Ensayos e Investigaciones Industriales «L.J. de Torrónategui» anexos.

Constituye parte de la experimentación de los trabajos de tesis doctoral de J.M. Feijóo Gil.

## DIMENSIONES Y EJECUCION DE VIGAS Y REFUERZOS

### Viga original

Como viga de partida, para sobre ella realizar los refuerzos, se ha proyectado una de sección rectangular  $15 \times 45$  cm y distancia entre apoyos 3,5 m. Dimensionada por el método de los estados límites, según la EH-73, puede soportar una carga teórica de servicio concentrada en el punto medio de la luz de 4,5 t (valor exacto 4,56 t), además del peso propio. Desde el punto de vista del esfuerzo cortante las armaduras estaban sobredimensionadas para, al menos, el 75 % más de esa carga, con objeto de que la rotura tanto de esta viga como de las reforzadas quedara condicionada únicamente por la flexión.

Los materiales de cálculo han sido hormigón de  $f_{ck} = 150$  kg/cm<sup>2</sup>, acero corrugado de  $f_{yk} = 5.000$  kg/cm<sup>2</sup> y los coeficientes de seguridad habituales de  $\gamma_c = 1,5$ ;  $\gamma_s = 1,15$  y  $\gamma_f = 1,6$ .

Partiendo de este elemento, el objeto de este trabajo de investigación ha sido calcular y ensayar dos tipos de refuerzo, utilizando adhesivos: uno mixto (hormigón y chapa de acero) y otro metálico (dos chapas), que proporcionaran un incremento de resistencia superior al 50 %. Los detalles de dimensiones y armado de esta viga original, así como de las reforzadas, pueden verse en la figura 1.

### Refuerzo mixto: hormigón y acero

Ha consistido esta solución en el pegado de una chapa de acero en la parte inferior de la viga y en el picado de la parte superior de hormigón hasta alcanzar el nivel de la armadura, colocación de redondos de refuerzo en la zona comprimida y hormigonado final de dicha cabeza hasta la dimensión primitiva. Se trata pues de un refuerzo de tipo mixto: chapa metálica por una parte y hormigón armado por otra.

El dimensionamiento, tanto de la chapa como de la armadura complementaria de compresión, se ha realizado por el método de los estados límites. De acuerdo con dichos cálculos y la calidad de los materiales empleados reseñada más adelante, la ganancia en resistencia de servicio que esta viga reforzada debiera obtener respecto a la original es del 63 %, es decir, llegar a 7,43 t.

Previamente al pegado la chapa de la zona inferior se ha decapado con una disolución de ácido clorhídrico en agua 1:1, lavando después abundantemente. Al hormigón por su parte se le ha cepillado con cepillo metálico, siguiendo un lavado y tiempo para secado.

Debido a la suficiente planicidad de la cara inferior de la viga se ha aplicado la resina pura tanto a la chapa como al hormigón, dejando un cierto tiempo para que las superficies ganaran algo en viscosidad antes de ponerlas en contacto. Se ha hecho presión de abajo arriba contra la chapa en puntos muy próximos repartidos a lo largo de la viga, manteniéndola 24 horas. A pesar de todos los cuidados es inevitable algún escurrimiento de la resina por los bordes longitudinales de la chapa, habiéndose comprobado después de los ensayos alguna pequeña zona de estos bordes que no había quedado adherida.

En la parte superior de la viga se ha picado el hormigón hasta descubrir la armadura (constructiva) y se han colocado las dos barras de refuerzo sujetas dentro de dos medios estribos en U enchufados lateralmente por debajo de la armadura inicial. Después se ha hormigonado esta zona sin dar ningún producto a la superficie de contacto del hormigón antiguo y nuevo. El refuerzo se ha hecho en situación de viga descargada.

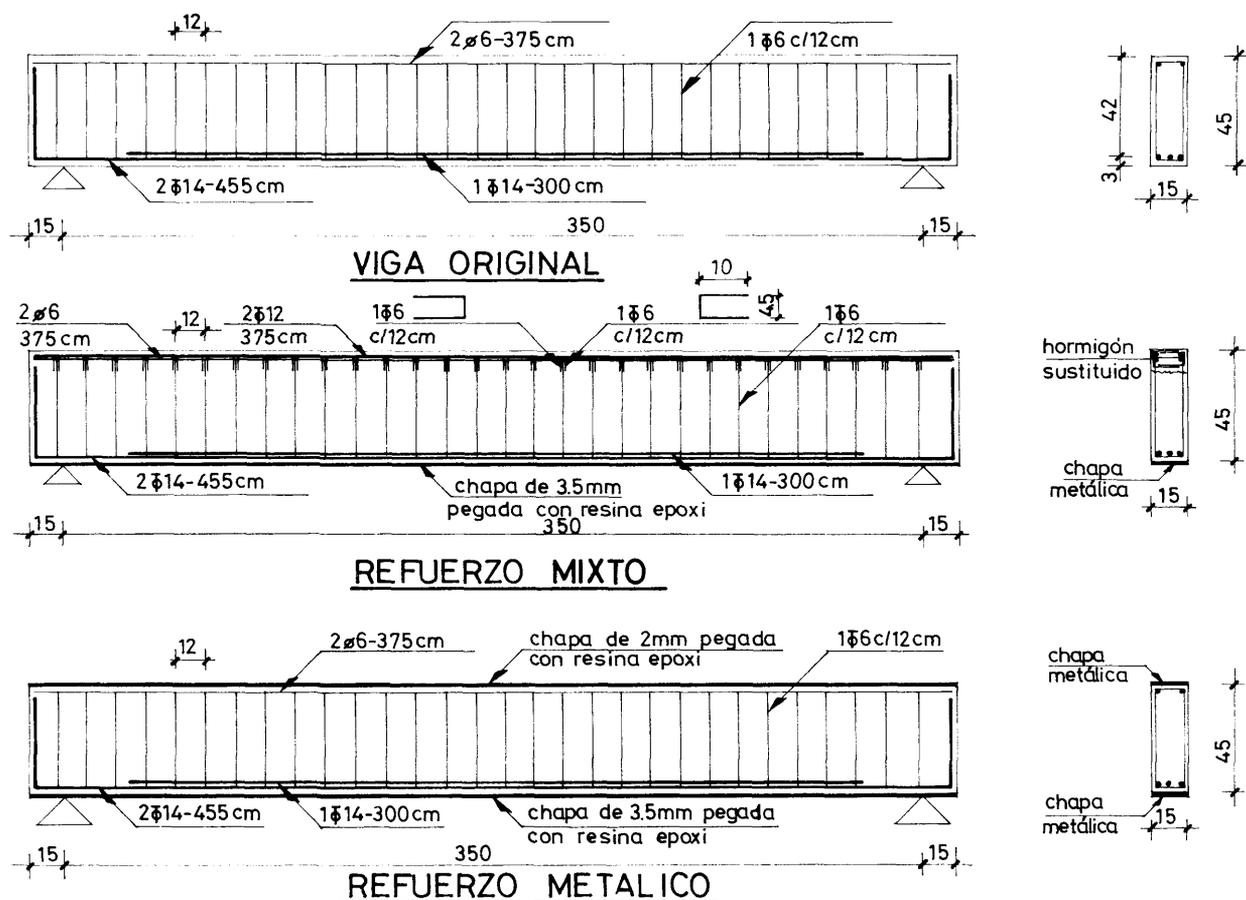


Fig. 1

## Refuerzo metálico

Este se ha realizado pegando dos chapas en la parte inferior y superior de la viga. El cálculo del espesor de ambas ha sido realizado por el método de los estados límites. Teniendo en cuenta la calidad real de las chapas la ganancia de resistencia de servicio de la viga reforzada respecto a la sin reforzar debiera ser de alrededor del 51 %, es decir llegar a valer 6,9 t.

La chapa inferior se ha pegado de idéntica manera a la explicada en el sistema anterior. Para el pegado de la superior se ha seguido una variante ya que la irregularidad de la superficie superior del hormigón aconsejaba interponer entre chapa y hormigón un mortero de igualación. Por ello se ha dado resina pura a la superficie del hormigón y de la chapa y luego se ha preparado un mortero de resina y arena especial que se ha echado sobre la superficie del hormigón antes de aplicar la chapa.

Una vez aplicada se han colocado sobre ella pesos regularmente espaciados, y para evitar que se escurriera el mortero de resina del espacio, a veces grande, entre chapa y superficie primitiva del hormigón, se colocaban unos resaltes laterales que hacían de encofrado y evitaban pérdidas del mortero y, por tanto, zonas sin contacto entre chapa y hormigón.

## MATERIALES UTILIZADOS

### Hormigones

Para la confección de las vigas objeto del ensayo se han utilizado los áridos calizos de machaqueo que son habituales en Vizcaya. El tamaño máximo ha sido de 30 mm para las vigas y 12 mm para los refuerzos.

El contenido en finos de la arena empleada ha sido del 13,3 %, nivel muy frecuente en las canteras de la zona, aunque supera ampliamente el 5 % que admite la Instrucción EH-73.

La composición de los hormigones, siguiendo el método de Fuller, fue la siguiente:

	Viga original	Refuerzo
Guijo (12-30 mm) .....	60 %	—
Guijillo (5-12 mm) .....	—	50 %
Arena (0-5 mm) .....	40 %	50 %
Cemento (kg) .....	350 (P-350)	300 (P-450)
Agua/cemento .....	0,8	1,0
Cono de Abrams (cm) .....	9	11
Aspecto .....	Plástica	Fluida

Para controlar la calidad de estos hormigones se confeccionaron probetas cilíndricas normalizadas cuyos resultados medios pueden verse en el cuadro 1.

CUADRO 1

### RESISTENCIA DE LOS HORMIGONES EMPLEADOS (kp/cm<sup>2</sup>)

Identificación	Viga original			Refuerzo		
	1	2	3	1	2	3
Viga número .....						
Valor medio .....	158,8	142,0	138,4	148,9	157,4	145,9
Media general .....	146,4			150,7		

## Armaduras

Las armaduras longitudinales y estribos fueron de acero corrugado del tipo AE 50F con las siguientes características de ensayo:

	En viga original	En refuerzos
Límite elástico kg/mm <sup>2</sup> .....	56,0	61,0
Carga de rotura kg/mm <sup>2</sup> .....	68,8	69,0
Alargamiento % .....	17,0	18,0

## Chapas de refuerzo

Fueron de acero dulce, calidad A37, confirmada por los ensayos realizados.

## Cola

Para unir chapas y hormigón se ha utilizado la resina epoxi Nitobond E, en unos casos pura y en otros en forma de mortero, mezclada con arena que facilita en dosis adecuada la casa fabricante. El mortero se ha utilizado, como antes se ha descrito, en capa intermedia para compensar irregularidades de la superficie de hormigonado de forma más económica que con resina pura, y para reducir la fluencia.

## DESARROLLO DE LOS ENSAYOS DE FLEXION

Las nueve vigas utilizadas en las pruebas, tres originales y seis reforzadas, se han ensayado en la Plataforma de Ensayo de Estructuras de los Laboratorios «L. J. de Torrónategui» en las siguientes condiciones (fig. 2):

- Apoyos biarticulados, uno de ellos deslizante, separados 3,5 m.
- Carga aplicada en el centro de la luz, concentrada en una longitud de 10 cm, transmitida a la viga a través de una placa metálica de asiento mediante un gato de 20 t y equipo hidráulico de precisión.
- Medición de flechas por comparadores centesimales en el centro del vano y próximo a los apoyos para poder corregir un eventual asiento de los mismos.
- Determinación de tensiones mecánicas en armaduras y chapas de refuerzo por medio de extensometría óhmica.

El proceso de carga ha sido de subida hasta valor próximo a la carga de servicio volviendo a cero y reanudando la carga a continuación hasta llegar a la rotura.

A lo largo de los sucesivos incrementos de carga se registraban flechas, tensiones mecánicas y número, abertura y altura de fisuras.

Los cuadros 2, 3 y 4 resumen una serie de valores significativos, deducidos de los ensayos, que discutiremos en los siguientes apartados.

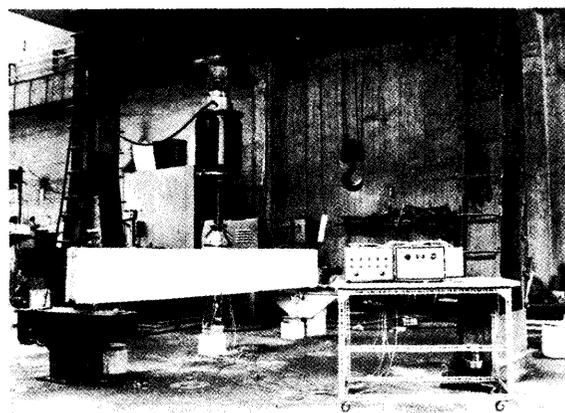


Fig. 2.—Viga dispuesta para su ensayo.

## RESISTENCIA, FISURACION Y FORMA DE LAS ROTURAS

Los métodos de refuerzo han resultado eficaces mejorando la resistencia de rotura de la viga original en un 50 % el mixto y en un 37 % el metálico. Sin embargo estos resultados han quedado por debajo de las cifras esperables teóricamente a través del cálculo (60 % y 49 % respectivamente) como puede observarse en el cuadro 4.

De las cifras del cuadro 3 se desprenden la eficacia frente a la fisuración y el aumento de la rigidez de la viga con los refuerzos. Para las nuevas cargas de servicio de las vigas reforzadas la flecha es del orden del 80 % de la correspondiente a la viga original en situación de servicio.

En cuanto a la forma de las roturas puede decirse en primer lugar que las vigas originales han roto por agotamiento del hormigón comprimido en el centro de la viga (figura 3).

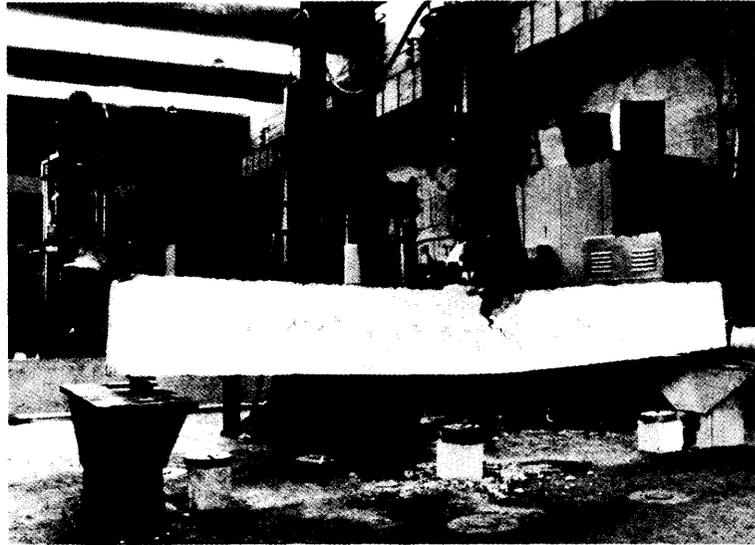


Fig. 3.—Rotura de viga original.

### CUADRO 2

#### RESUMEN RESULTADOS SIGNIFICATIVOS DE LOS ENSAYOS

Estado viga ensayada	Carga rotura (kg)	Carga de fisuración (kg)		Flecha carga servicio (mm)	Tensiones para carga de servicio (kg/cm <sup>2</sup> )			
		Comienzo	Ancho 0,3 mm		Armaduras originales	Armaduras refuerzo	Chapa de refuerzo	
							Chapa inferior	Chapa superior
Original ....	11.510	4.000	7.000	4,5	2.320	—	—	—
	12.100	2.000	9.000	4,5	2.493	—	—	—
	11.750	4.500	6.000	4,1	2.463	—	—	—
Valores medios ..	11.783	3.500	7.333	4,4 (4,5 t)	2.425 (4,5 t)	—	—	—
Refuerzo mixto .....	17.310*	5.500	13.000	3,4	1.740	—1.299	1.711	—
	17.070	4.000	14.000	3,8	1.773	—1.389	1.621	—
	18.620	6.000	12.000	3,5	1.707	—1.212	1.918	—
Valores medios ..	17.663	5.166	13.000	3,6 (7,4 t)	1.740 (7,4 t)	—1.300 (7,4 t)	1.750 (7,4 t)	—
Refuerzo metálico ...	14.940*	6.000	12.000	3,9	1.437	—	1.424	—1.061
	17.550	6.000	12.000	3,9	1.540	—	1.579	—1.239
	16.000	6.000	12.000	3,1	1.283	—	1.577	— 820
Valores medios ..	16.150	6.000	12.000	3,6 (6,9 t)	1.420 (6,9 t)	—	1.520 (6,9 T)	—1.040 (6,9t)

\* Defectos en el pegado.

CUADRO 3

**RELACION DE COMPORTAMIENTO ENTRE VIGA  
REFORZADA Y SIN REFORZAR PARA ALGUNOS  
PARAMETROS DEL ENSAYO**

PARAMETRO CONSIDERADO	TIPO DE REFUERZO	
	MIXTO	METALICO
Carga de rotura .....	1,50	1,37
Carga inicio fisuración .....	1,48	1,71
Carga para fisuración 0,3 mm .....	1,77	1,64
Flecha carga servicio respectiva ...	0,82	0,77
Flecha para la carga de servicio de la viga original .....	0,44	0,46

CUADRO 4

**COMPARACION ENTRE LOS VALORES PREVISIBLES  
POR CALCULO Y LOS RESULTADOS DE LA ROTURA\***

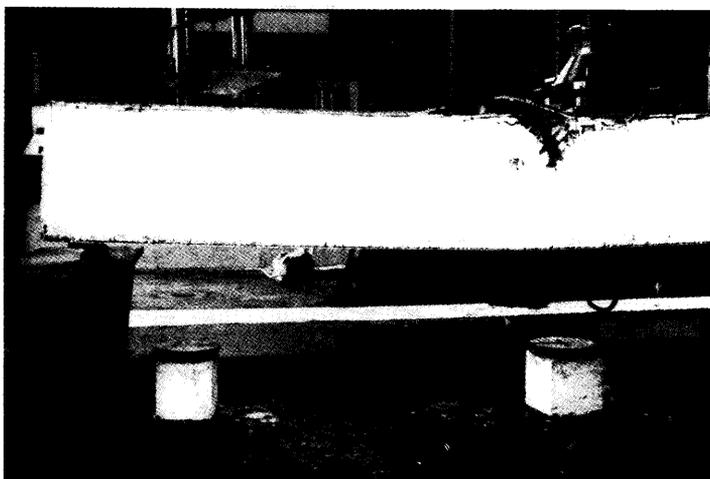
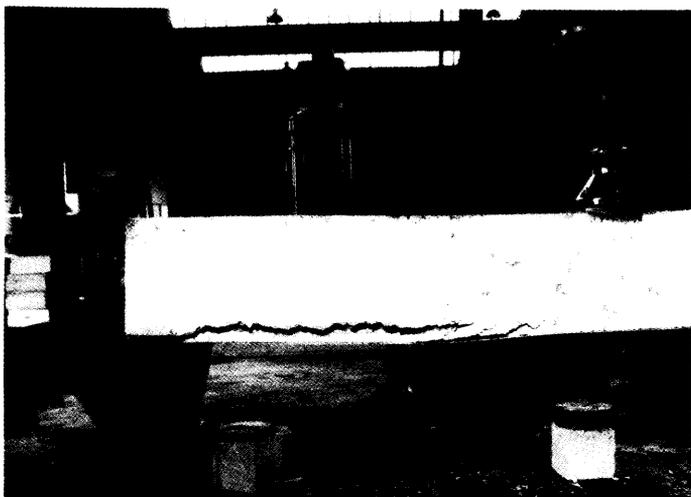
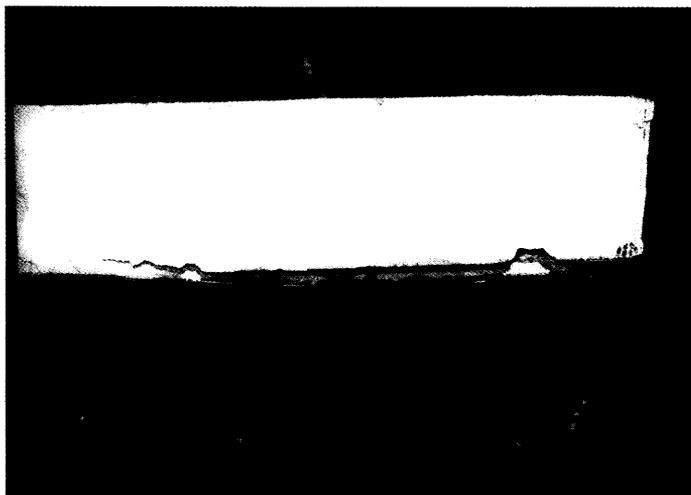
Parámetro considerado	Valor teórico	Valor real	Porcentaje del real sobre el teórico
Carga de rotura viga ori- ginal (kg) .....	12.810	11.073	92 %
Carga de rotura con re- fuerzo mixto (kg) .....	20.540	17.660	86 %
Carga de rotura con re- fuerzo metálico (kg) ....	19.060	16.150	85 %
Cociente carga de rotura viga refuerzo mixto/viga original .....	1,60	1,50	—
Cociente carga de rotura viga refuerzo metálico/ viga original .....	1,49	1,37	—

\* Los valores de rotura previsible por cálculo se han calculado multiplicando el momento de servicio por  $\gamma_c$  y corrigiendo el resultado suponiendo un coeficiente de cansancio de 0,95 al ser el proceso de ensayo de corta duración.

El que no coincidan los aumentos teóricos de resistencia de este cuadro respecto a los dados en el planteamiento inicial de los refuerzos se debe a que allí, como es normal en todo cálculo, se ha considerado un coeficiente de cansancio de 0,85.

Las reforzadas por el método mixto han roto por la zona inferior reforzada con la chapa. En un caso en que se había producido un defecto de encolado se despegó la chapa (figura 4) y en los otros dos la chapa inferior arrastró una capa de unos tres centímetros de hormigón pegado a ella que se separó de la parte inferior de la viga por esfuerzo rasante (figura 5). Estas roturas pueden catalogarse como bruscas. Como dato de interés se puede decir que el cálculo del esfuerzo rasante entre chapa inferior y hormigón para este momento de rotura arroja un valor entre 8 y 9 kg/cm<sup>2</sup>, que resulta bajo pues al haber arrastrado la chapa al hormigón dicha tensión debiera haberse aproximado, creemos, al de resistencia a tracción del hormigón, 16 kg/cm<sup>2</sup> en nuestro caso.

Pudiera explicar el fenómeno el hecho de que para evitar que la chapa inferior quedara cogida por los rodillos de apoyo, impidiéndose un posible deslizamiento, se cortó con un disco de esmeril muy cerca de los apoyos, lo que inevitablemente creó una pequeña indentación en el hormigón. Es posible que aquí se haya producido una concentración de tensiones y haya sido punto de arranque de una rotura progresiva desde el apoyo hacia el centro (figura 5). Lo que sí pone en guardia esta forma de rotura es respecto a la comprobación de rasante, que debe hacerse por cálculo, en estos refuerzos, contando con un bajo valor de agotamiento a este tipo de esfuerzo, de acuerdo con nuestros resultados del orden del 50 % de la resistencia a tracción del hormigón.



Las vigas que se reforzaron por el sistema metálico de las dos chapas rompieron por agotamiento del hormigón en la zona de compresión, despegándose en un caso la chapa comprimida poco antes de la rotura (figura 6). La rotura no sucede de manera brusca.

### DEFORMABILIDAD DE LAS VIGAS

Las curvas medias carga-deformación de los tres tipos de vigas ensayadas están representadas en la figura 7. Constan de varios tramos comprendiendo el proceso de subida hasta la proximidad de la carga de servicio, la vuelta a cero y posterior aumento progresivo de carga hasta la rotura.

Las vigas reforzadas tienen para su carga admisible respectiva de servicio una flecha incluso menor (alrededor del 80 %) de la correspondiente a la viga de partida. Para igualdad de carga las vigas reforzadas presentan flecha de un orden mitad.

Fig. 4.—Rotura refuerzo mixto por despegue de chapa.

Fig. 5.—Rotura refuerzo mixto por rasante en hormigón.

Fig. 6.—Rotura refuerzo metálico.

## REPARTO DE CARGA ENTRE VIGA ORIGINAL Y REFUERZOS

En las figuras 8 y 9 aparecen representadas las variaciones de fatigas en las armaduras y refuerzos por medio de extensómetros óhmicos con los diversos niveles de carga.

En el cuadro número 5 se ha calculado, en función de las tensiones en la armadura de la viga de hormigón original, el reparto aproximado de cargas entre viga original y refuerzo.

CUADRO 5

Tipo de refuerzo	% DE LA CARGA TOTAL SOPORTADA EN LA FASE DE			
	CARGA DE SERVICIO		DOBLE CARGA DE SERVICIO	
	Original	Refuerzo	Original	Refuerzo
Mixto .....	42	58	60	40
Metálico .....	40	60	54	46

Se desprende de las cifras obtenidas que la colaboración del refuerzo disminuye a medida que aumenta la carga y una mayor participación del refuerzo metálico respecto al mixto en la absorción de la carga exterior.

## CONCLUSIONES

Ambos métodos de refuerzo se han probado eficaces para el fin que se diseñaron: aumento de la capacidad en momento flector de una viga dada. De todo lo anterior podemos destacar las siguientes consideraciones:

- Los procedimientos de refuerzo han tenido un buen comportamiento y el pegado chapa-hormigón ha sido fiable por la regularidad y nivel de resultados en las tres vigas de cada tipo ensayadas, máxime cuando no se han extremado los cuidados que deben exigirse a la preparación de superficies de acero y hormigón a unir por medio de resinas. Son procedimientos rápidos que no exigen deterioro previo a la estructura y no varían la dimensión del elemento reforzado.
- El método de cálculo de los estados límites resulta muy adecuado para el cálculo de estos refuerzos; no así el método clásico que prevé unas resistencias muy inferiores a la realidad.

Sin embargo habría que introducir un coeficiente de seguridad adicional de 1,1 para mayor precisión de cálculo ya que los resultados de los ensayos han sido algo menores que los esperables por cálculo.

- Aunque quizá pueda tratarse de un problema provocado en nuestros ensayos por una entalla local que haya desencadenado el inicio de las roturas bruscas observadas en las vigas reforzadas por el sistema mixto, nos parece recomendable en tanto no se obtienen otros resultados, vigilar muy cuidadosamente el valor del rasante en el plano del encolado manteniéndolo en un valor de agotamiento del orden del 50 % de la resistencia a tracción del hormigón.
- La flecha de las vigas reforzadas no crea ningún problema ya que ha sido incluso menor que la de la viga de partida, para las respectivas cargas de servicio.

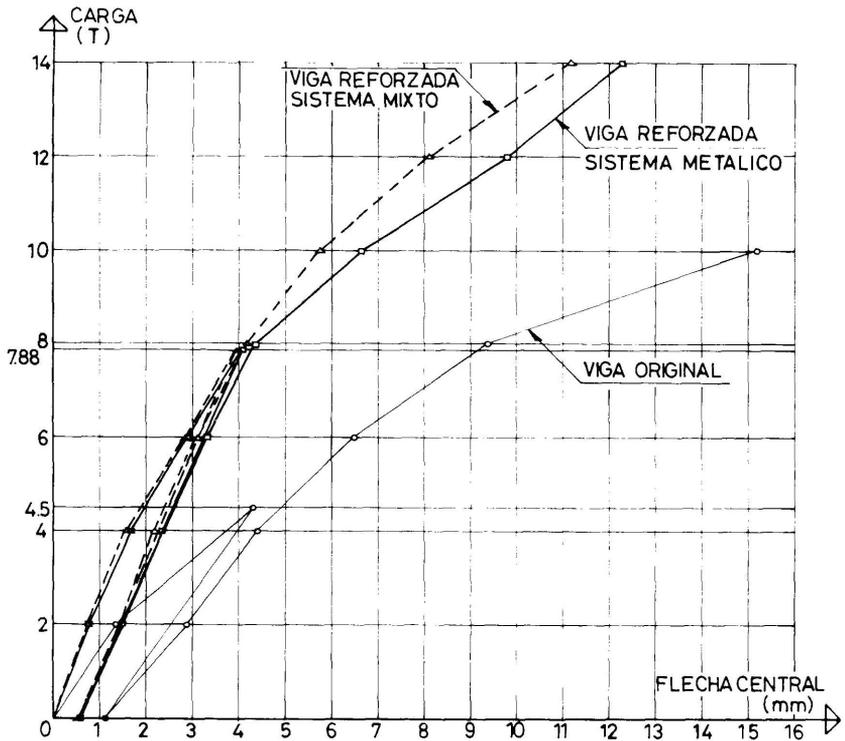


Fig. 7

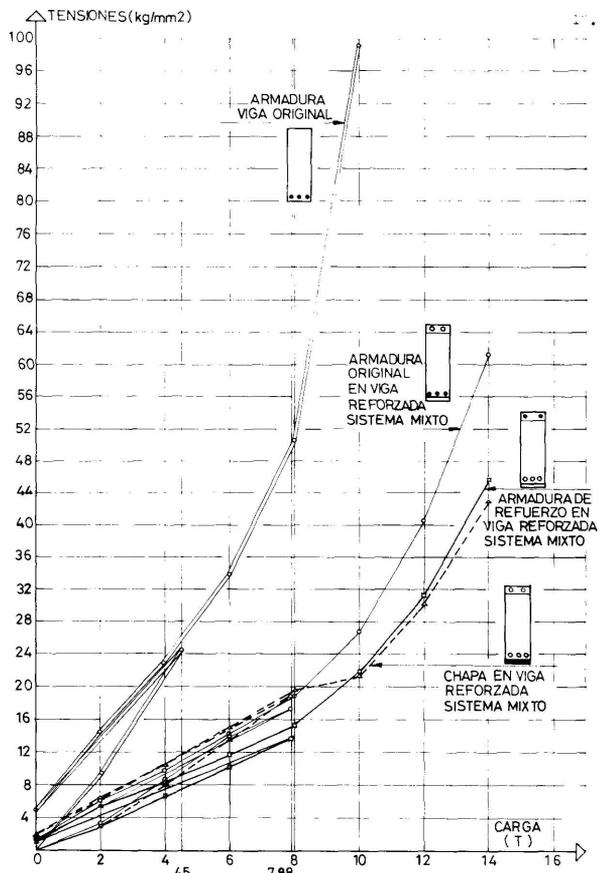


Fig. 8

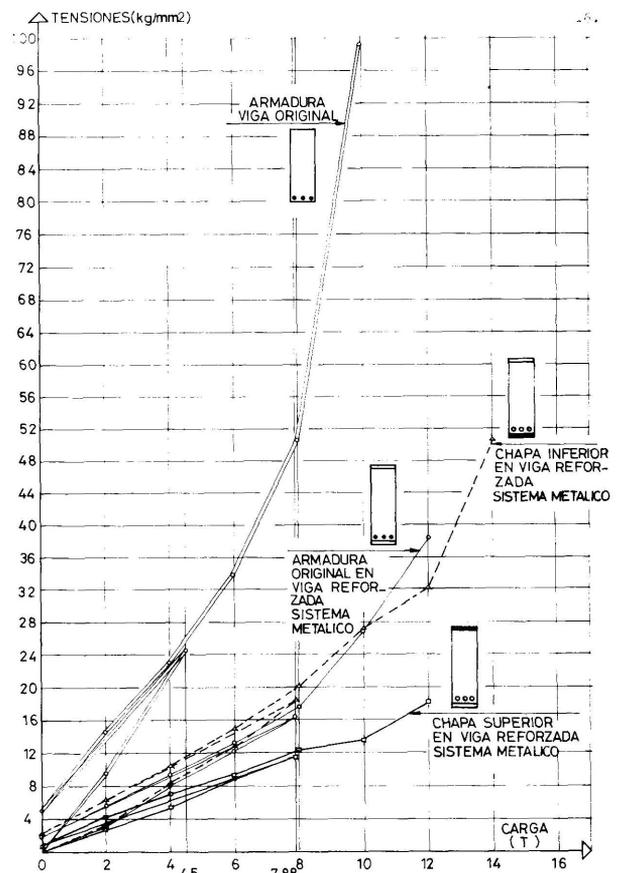


Fig. 9

## bibliografía

1. L'HERMITE, R. y BRESSON, J.: «Béton armé par collage d'armatures». Colloque RILEM, U.T.I., Paris, septembre 1967, Eyrolles, 1971, vol. II, p. 175.
2. DARDARE, J.: «Etude des contraintes de cisaillement-glisement dans les éléments composites soumis à la flexion». Centre d'Etudes et de Recherches de l'Industrie du Béton Manufacturé. Monographie 1, junio 1970.
3. BRESSON, J.: «Nouvelles recherches et aplicaciones concernant le collage dans les structures. Béton plaqué». Ann. Institut Technique Bâtiment et T.P. Paris, febrero 1971.
4. SIDNEY y JOHNSON: «Deterioro, conservación y reparación de estructuras». Ed. Blume, Labor, S. A. Madrid-Barcelona 1973.
5. BURKHARDT, P.; HERTIG, P., y AESHUMANN, H. U.: «Experiences sur les poutres mixtes en acier béton liées à l'aide d'adhésifs époxydes». Materiaux et Constructions (RILEM). Paris, julio-agosto, 1975. p. 261.
6. RAMIREZ, J. L. y BARCENA, J. M.: «Eficacia resistente de pilares de hormigón armado de baja calidad reforzados por dos procedimientos diferentes». Informes de la Construcción, núm. 272, julio 1975. Colloquium RILEM, «Comportement en service des ouvrages en béton». Lieja, 406, junio 1975.
7. BERGHOLTK y HANSEN, T. C.: «Cracking and repair of a reinforced concrete structures following reinforcement corrosion due to chloride contamination of aggregate». Colloquium RILEM, «Comportement en service des ouvrages en béton». Lieja, 406, junio 1975.
8. RAMIREZ, J. L.; BARCENA, J. M., y FEIJOO, J. M.: «Comparación resistente de cuatro métodos de refuerzo de pilares de hormigón armado». Informes de la Construcción, núm. 290, mayo 1977.
9. TOMLINSON, E.: «Reinstatement of a fire damaged building». Fire prevision science technology, número 15, agosto 1976. pp. 22-26.
10. FISHER, J. M.: «Repair of damaged reinforced concrete structures». Concrete. Londres, marzo 1976.
11. CRUMPTON, Carl F.: «Research on maintenance of concrete structures». Public Works, septiembre 1976, pp. 90-92.
12. FERNANDEZ CANOVAS: «Patología y Terapéutica del hormigón armado». Dossat, 1977.
13. RAMIREZ, J. L.; BARCENA, J. M. y FEIJOO, J. M.: «Dos métodos de refuerzo y su comportamiento en vigas de hormigón armado de edificación». Informes de la Construcción n.º 305. Noviembre 1978, pp. 53-64.
14. BARREDO, C.: «Algunos casos de refuerzo de estructuras por pretensado o pre-deformación». IX Asamblea Técnica Nacional de la A.E.P. 2-6 octubre 1978. Hormigón y Acero núms. 130-131-132, 1.º, 2.º y 3º trimestre 1979.

## résumé

### AUGMENTATION DE LA CAPACITE DE FLEXION DES POUTRES DE BATIMENT

**José Luis Ramírez Ortiz**, Prof. Dr. Ing. Industriel.  
**José Manuel Bárcena Díaz**, Dr. Ing. industriel  
**José Manuel Feijóo Gil**, Ing. industriel

Les auteurs font une description de deux méthodes de renforcement des poutres du point de vue du moment de flexion. Cette description est suivie d'un programme de recherche sur le renforcement des piliers et des poutres en béton armé dans le bâtiment, dont les résultats ont été publiés dans cette revue.

Les deux procédés consistent, l'un, dans le piquage du béton de la partie supérieure, l'insertion d'armatures de renforcement et un nouveau bétonnage avec la fixation d'une tôle en acier au fond de la poutre, l'autre, exclusivement, dans la fixation de deux tôles, l'une sur la partie supérieure et l'autre sur la partie inférieure de la poutre.

Les résultats des essais confirment l'intérêt de ces procédés et la validité de leur méthode de calcul. Ces résultats sont complétés par l'information relative à l'exposé théorique des renforcements, à leur réalisation et à leur comportement pour charge de service et de rupture.

## summary

### INCREASE IN THE DEFLECTION CAPACITY OF BUILDING BEAMS

**Prof. Dr. José Luis Ramírez**,  
Industrial Engineer  
**Dr. José Manuel Bárcena Díaz**,  
Industrial Engineer  
**José Manuel Feijóo Gil**,  
Industrial Engineer

Two methods for reinforcing beams are described from the point of view of the bending moment, continuing with a research program on the reinforcement of pillars and beams executed in reinforced concrete, the results of which have been progressively published in this periodical.

The two procedures consist of: one - chipping of the concrete of the top part, insertion of reinforcement frames and fresh concrete with the adhering of a steel plate in the bottom of the beam; two - exclusively the adhering of two plates, one in the top part and the other in the lower part of the beam.

The results of the tests confirm the interest for building of the method and the validity of its method of calculation and, in the following part, the information relative to the theory of the reinforcements put forth, their execution and behavior for usage and breaking loads is given.

## zusammenfassung

### ERHOEHUNG DER BIEGEFAEHIGKEIT DER BALKEN IM BAUWESEN

**Dr. José Luis Ramírez Ortiz**, ingeniero  
**Dr. José Manuel Bárcena Díaz**, ingeniero  
**José Manuel Feijóo Gil**, ingeniero

Es werden zwei Methoden zur Verstärkung von Balken vom Gesichtspunkt des Biegemomentes her beschrieben, um mit einem Forschungsprogramm zur Verstärkung von Pfeilern und Stahlbetonbalken im Bauwesen fortzufahren, dessen Ergebnisse bereits in dieser Zeitschrift veröffentlicht wurden.

Die beiden Verfahren bestehen darin: eins in der Aufräuhung des Betons im oberen Teil, Einlegung von Bewehrungen zur Verstärkung und erneute Betonierung zusammen mit der Verklebung eines Stahlbleches am Balkenboden; das zweite sieht ausschliesslich das Ankleben von zwei Blechen vor, eins an der oberen Seite, das andere an der unteren Seite des Balkens.

Die Versuchsergebnisse bestätigen das Interesse der Methode und die Gültigkeit der Berechnungsmethode, und nachstehend werden Auskünfte bezüglich der theoretischen Einführung der Verstärkungen, der Ausführung sowie des Verhaltens derselben unter Betriebs- und Bruchlasten gegeben.