

las resinas epoxi en las juntas de hormigonado

679 - 2

M. FERNANDEZ CANOVAS,
Ing. de armamento y construcción

sinopsis Como es sabido, las resinas epoxi están resolviendo un gran número de problemas en diferentes campos de la industria. Dentro de la construcción su empleo presenta un interesante porvenir en múltiples aplicaciones.

Las juntas de hormigonado han constituido un problema deficientemente resuelto. Ante la perspectiva de su definitiva solución mediante el empleo de resinas epoxi, el Instituto Eduardo Torroja ha creído conveniente emprender una serie de trabajos experimentales en sus laboratorios de ensayos.

En el presente artículo se da cuenta, en forma resumida, de los ensayos realizados para probar la calidad de las juntas de hormigonado empleando como adhesivo este tipo de resinas y en los que se han hecho intervenir variables, tales como dosificación del hormigón, tratamiento superficial de las juntas, diferencias de edades de los hormigones unidos, etc.

Introducción

Las juntas de hormigonado, siempre han sido causa de fallos en las obras de hormigón. Estas juntas, por muy bien realizadas que estén, son puntos débiles en los que la resistencia de los elementos sufre una caída más o menos acentuada.

Quizá una de las más importantes aplicaciones de las resinas epoxi sea en juntas de hormigonado. Mediante una adecuada formulación y aplicación, pueden conseguirse juntas con resistencia superior a la del mismo hormigón.

Las aplicaciones derivadas de este hecho son muy grandes, ya que no es solamente en elementos estructurales donde se aplica esta propiedad, sino en reparación de grietas, bacheo, reparaciones de obras que han sido objeto de voladuras, puentes, diques, escolleras, etc.

Las formulaciones epoxi, son combinaciones de resina epoxi con un endurecedor y, en ocasiones, con una serie de aditivos que tiendan a darle alguna característica determinada, bien sea flexibilidad, resistencia a la abrasión, coloración, variación de la viscosidad, etc., pudiendo emplearse, para estos fines, flexibilizadores, cargas, pigmentos, agentes tixotrópicos, diluyentes, etc.

Las resinas epoxi se caracterizan por una elevada resistencia a tracción, llegando a valores de hasta 800 kg/cm²; gran resistencia a compresión, con valores que alcanzan los 3.000 kilogramos/cm²; gran adherencia al soporte, propiedad ésta muy interesante por permitir unir

hormigones entre sí, así como metales y otros materiales al hormigón; una gran velocidad en adquirir resistencia, dependiendo ésta de la formulación empleada y de la temperatura; gran resistencia al choque; muy pequeña retracción; etc.

Por otra parte, las resinas epoxi se caracterizan por su elevada resistencia al ataque por agentes químicos, lo que las hace muy adecuadas para revestimientos, no sólo de suelos industriales que hayan de estar sometidos a grandes esfuerzos mecánicos, sino también de aquellos otros en los que sea frecuente el derrame de grasas, aceites, combustibles, etc. También, por esta excelente propiedad, encuentran una favorable aplicación en el revestimiento de depósitos destinados a contener vinos, aceites, leche, y productos alimenticios en general.

Otra de sus buenas propiedades radica en ser plásticos termoestables, es decir, no sufren ablandamiento por efecto del calor. Sin embargo, estas resinas se descomponen con temperaturas relativamente altas, y, por tanto, no deben emplearse en superficies que hayan de estar sometidas a temperaturas superiores a 120°C.

En este artículo sólo se trata de la aplicación de las resinas epoxi a la unión de hormigones de distinta edad, pues es frecuente en el hormigonado el tener que realizar uniones de elementos estructurales después de haberlo tenido que suspender por cualquier motivo, bien sea helada, falta de material, imprevistos, etc.

Por estimar muy interesante este campo de aplicación, es por lo que el Instituto Eduardo Torroja ha realizado todo un plan de ensayos dirigido a comprobar la calidad de estas uniones.

En el plan de ensayos realizado, se han estudiado las siguientes variables:

- dosificación del hormigón;
- edad del hormigón;
- tratamiento superficial de la junta.

Como elemento de comparación de los resultados de todos los ensayos sobre juntas epoxi se han hecho unas uniones de hormigón sin adhesivo epoxi, realizándose éstas por el procedimiento prescrito en la Instrucción H.A.-61.

1 Influencia de la dosificación del hormigón

Al permanecer constante la relación agua/cemento, pero variable la relación cemento/árido, se podía esperar que variase la adherencia de la formulación al hormigón, ya que podían variar la porosidad de hormigón, su rugosidad superficial, etc. Desde este punto de vista, estimamos que sería interesante realizar ensayos con hormigones diferentes, por ejemplo, 300, 400 y 500 kg de cemento por metro cúbico de hormigón. En cada caso, el hormigón de las dos piezas pegadas sería el mismo.

Para realizar estos ensayos se fabricaron seis probetas de $10 \times 15 \times 120$ cm, con cada uno de los hormigones señalados anteriormente. En el momento de la rotura, el hormigón de la mitad de cada una de las probetas tenía 56 días de edad y el de la otra mitad era de 28 días.

A la superficie de la junta no se le sometió a ningún tratamiento, realizándose la unión con la superficie tal y como había quedado después del hormigonado.



Fig. 1

La rotura de la pieza pegada se realizó por flexión. Para esta operación se colocó la pieza apoyada en sus dos extremos, y la presión se ejerció por medio de dos rodillos que transmitían idéntica carga a la viga (fig. 1). De esta forma se tenía una zona central, dentro de la cual caía la junta, que estaba sometida, por tanto, a un momento flector constante, con lo cual todo el espacio comprendido entre los dos rodillos transmisores de esfuerzos trabajaba en idénticas condiciones.

La viga se fue cargando progresivamente por medio de bidones que se llenaban de agua a una velocidad determinada, y se midió la carga de rotura, así como la distancia a que se encontraba la rotura de la sección pegada.

Los valores obtenidos son:

TABLA I

Probeta Núm.	Dosificación de cemento (kg/m ³)	Tensión de rotura (kg/cm ²)	Posición de la rotura	Probeta Núm.	Dosificación de cemento (kg/m ³)	Tensión de rotura (kg/cm ²)	Posición de la rotura	Probeta Núm.	Dosificación de cemento (kg/m ³)	Tensión de rotura (kg/cm ²)	Posición de la rotura
1		17,1	hormigón nuevo	1		35,3	hormigón nuevo	1		37,0	hormigón nuevo
2		16,0	» »	2		29,0	junta	2		36,5	» »
3		20,0	» »	3		37,0	hormigón nuevo	3		37,0	» »
4	300	18,8	» »	4	400	36,5	» »	4	500	35,6	» »
5		21,2	» »	5		36,2	» »	5		39,1	» »
6		23,4	» »	6		29,0	junta	6		35,9	» »
Media		19,4		Media		33,8		Media		36,8	

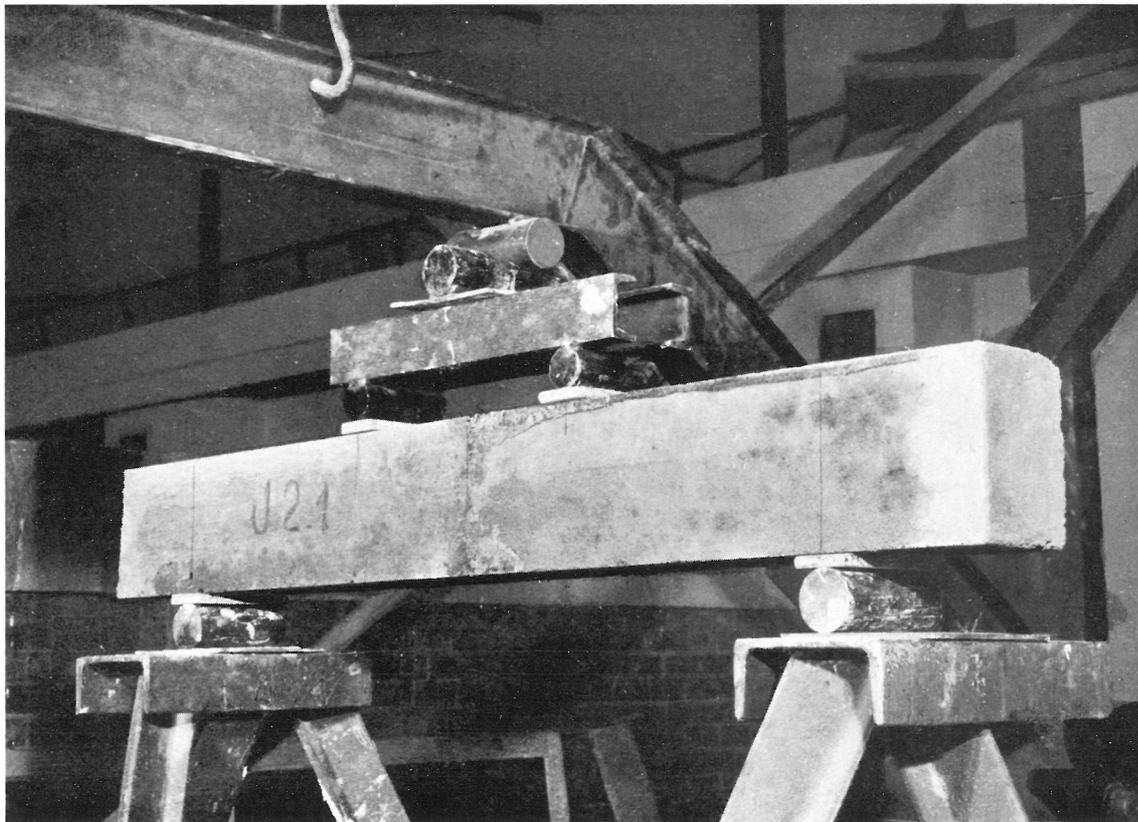


Fig. 2

Según puede apreciarse en la tabla anterior, a pesar de las variaciones de la relación cemento/árido, la junta sigue siendo buena, ya que las probetas se rompieron, en general, fuera de la junta y como era de esperar en la parte del hormigón más joven, que es la que tenía, como es lógico, menores resistencias.

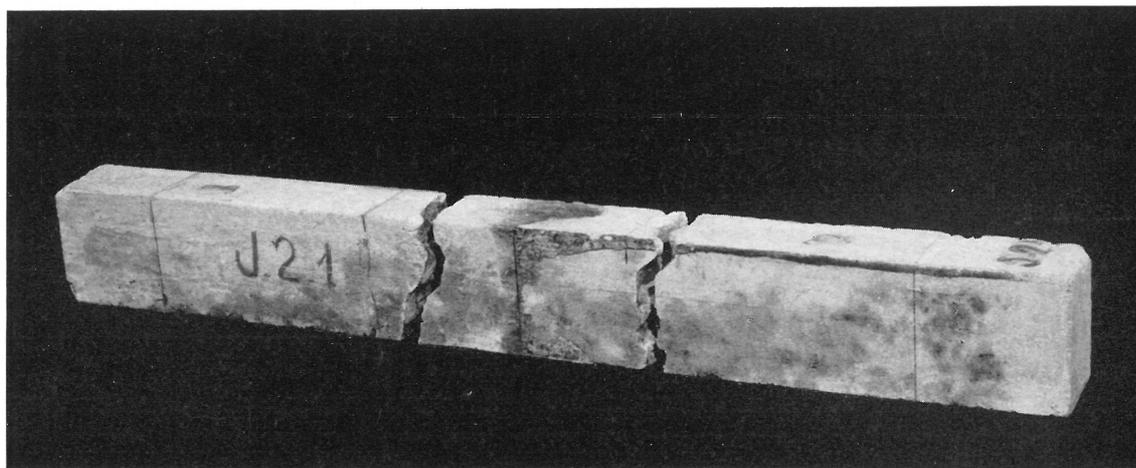


Fig. 3

Como se ve en la tabla, las roturas que tuvieron lugar en la junta fueron motivadas por cargas más reducidas que en las demás probetas. Analizadas las causas que ocasionaron estas roturas, se observó que fueron debidas a una deficiencia en la ejecución del pegado.

2 Influencia de la edad del hormigón

Interesaba conocer si la diferencia de edades entre el hormigón antiguo y el nuevo tenía influencia en la resistencia de la unión, es decir, si la unión mediante resina epoxi es igualmente buena en el caso de las juntas diarias de construcción que en el caso de juntas estacionales.

Se unieron hormigones con diferencias de edades de 1, 7, 28 y 120 días, realizándose todos los ensayos a los 28 días de realizada la unión.

Con el hormigón de 300 kg/m³ se fabricaron series de seis probetas, de 10 × 15 × 120 cm, cuya segunda mitad se hormigonó cuando la primera tenía 1, 7, 28 y 120 días.

A la superficie de la junta pegada no se le sometió a ningún tratamiento, realizándose la unión con la superficie tal y como había quedado después del hormigonado.

Las figuras 1, 2 y 3 corresponden a la probeta número 3, rota a 7 días de realizada la junta. La rotura que se aprecia en la parte derecha de la probeta (fig. 3) fue ocasionada por la caída de las dos mitades de la pieza desde el aparato de ensayo hasta el suelo.

Los valores obtenidos de las roturas son:

TABLA II

Probeta Núm.	Edad del hormigón al hacer la junta (días)	Tensión de rotura (kg/cm ²)	Posición de la rotura	Probeta Núm.	Edad del hormigón al hacer la junta (días)	Tensión de rotura (kg/cm ²)	Posición de la rotura
1		23,4	Hormigón viejo	1		17,1	Hormigón nuevo
2		24,5	»	2		16,0	»
3		23,4	Hormigón nuevo	3		20,0	»
4	1	17,1	Hormigón viejo	4	28	18,8	»
5		20,0	Hormigón nuevo	5		21,1	»
6		18,8	»	6		20,0	»
Media		21,2		Media		19,4	
1		—	Rota por caída	1		20,0	Hormigón nuevo
2		19,4	Hormigón nuevo	2		23,4	»
3		18,8	»	3		17,1	»
4	7	20,8	»	4	120	18,8	Hormigón viejo
5		24,8	»	5		16,6	»
6		—	Rota por caída	6		20,0	»
Media		20,9		Media		19,3	

De los valores obtenidos, se deduce que la edad del hormigón no tiene influencia sobre la resistencia de la junta.

En las probetas en que la edad del hormigón al hacer la junta era de 1 día, la rotura se producía indistintamente por el hormigón nuevo o por el viejo. En las demás, la rotura se produce siempre por el hormigón nuevo, ya que por ser el de menor edad es, lógicamente, de menor resistencia.

En las probetas cuya diferencia de edad es de 120 días, aparecen roturas indistintamente por el hormigón nuevo y por el viejo. Esta anomalía se investigó, observándose que, por error, las medias probetas más viejas tenían una relación agua/cemento mayor que las confeccionadas con el hormigón nuevo.

3 Influencia del tratamiento superficial

Para comprobar la influencia de la rugosidad superficial sobre la resistencia a tracción de la unión se dieron cuatro tratamientos distintos a las superficies del hormigón más antiguo, que consistían en: un alisado con llana o paleta, dejado tal y como quedaba después de colado el hormigón; un picado antes de extender el adhesivo para descarnar la superficie; y un pulimentado.

Con un hormigón de 300 kg/m³ se fabricaron series de seis probetas, de 10 × 15 × 120 cm, cuya segunda mitad se hormigonó cuando la primera tenía 28 días.

A las superficies de las juntas se les hicieron los siguientes tratamientos:

- ninguno;
- alisado con paleta;
- picado;
- pulido.

Los valores de las resistencias a rotura obtenidos son:

TABLA III

Probeta Núm.	Tratamiento de la junta	Tensión de rotura (kg/cm ²)	Posición de la rotura	Probeta Núm.	Tratamiento de la junta	Tensión de rotura (kg/cm ²)	Posición de la rotura
1	Ninguno	17,1	Hormigón nuevo	1	Picado	23,4	Hormigón nuevo
2		16,0	» »	2		17,7	» »
3		20,0	» »	3		20,8	» »
4		18,8	» »	4		21,1	» »
5		21,1	» »	5		17,7	» »
6		23,4	» »	6		—	Rota por caída
Media		19,4		Media		20,1	
1	Alisado con paleta	20,0	Hormigón nuevo	1	Pulimentado	21,1	Hormigón nuevo
2		17,1	» »	2		17,1	» »
3		20,0	» »	3		15,4	» »
4		17,1	» »	4		15,4	» »
5		14,8	» »	5		17,1	» »
6		17,1	» »	6		20,0	» »
Media		17,1		Media		17,7	

Según se deduce de la tabla anterior, el tratamiento superficial no tiene influencia apreciable en la resistencia de la junta, ya que todas las roturas tuvieron lugar fuera de la misma y en la mitad correspondiente al hormigón nuevo, como era de esperar. No obstante, la superficie tratada por picado lógicamente debe dar lugar a mejores juntas, por ser precisamente la superficie de la misma mayor que en los otros casos.

4 Testigo

Como elemento de comparación de todos los ensayos anteriores se hizo una serie de seis probetas de $10 \times 15 \times 120$ cm, con hormigón de 300 kg/m^3 , en las que se efectuó la unión sin adhesivo de resina utilizando el procedimiento prescrito en la Instrucción H.A.-61.

En estas probetas se ejecutó la unión cuando el primer hormigón tenía 28 días de edad y se efectuó la rotura a los 28 días de haber realizado la junta.

A la superficie de la junta pegada no se le sometió a ningún tratamiento, realizándose la unión con la superficie tal y como había quedado después del hormigonado.

Los valores obtenidos son los que se indican en esta tabla:

TABLA IV

Probeta Núm.	Tensión de rotura (kg/cm^2)	Posición de la rotura
1	21,1	Junta
2	20,5	»
3	15,4	»
4	17,1	»
5	13,1	»
6	17,7	»
Media	17,4	

Como se ve en la tabla anterior, el fallo se produjo siempre por la junta con tensiones relativamente altas, debido al esmero que se había puesto al realizar la unión.

5 Materiales empleados

A. Formulación epoxi

En estos ensayos se empleó la resina Araldite, facilitada por la casa Ciba. El endurecedor y flexibilizador fue, asimismo, facilitado por la misma casa.

Las formulaciones empleadas que se indican en esta tabla, cuyas cifras corresponden a partes en peso, fueron las aconsejadas por la casa Ciba:

TABLA V

Hormigón de kg/m^3	300	400	500
Araldite GY-250	100	100	100
Flexibilizador 13123	50	50	50
Endurecedor HY-960	7	9	10

Según se observa en la tabla anterior, las proporciones de Endurecedor HY-960 son variables y mayores para los dos últimos hormigones. Esto es debido a que los dos citados hormigones se fabricaron en invierno y el primero en verano. Debido a la diferencia de temperaturas ambientes entre unos y otros ensayos, la casa Ciba recomendó cambiar la proporción de Endurecedor de acuerdo con los cambios de temperatura.

La aplicación de la formulación en todos los casos se hizo con brocha.

B. Hormigones

Los hormigones utilizados en las probetas se dosificaron por el método de Fuller, empleándose en ellos una grava rodada de 40 mm de tamaño máximo y una arena de río.

La compactación se efectuó en todos los casos mediante picado por barra.

Las roturas se hicieron en todos los ensayos a los 28 días de haber realizado la unión.

Las dosificaciones en peso de los distintos hormigones empleados son:

TABLA VI

Hormigón de kg/m ³	300	400	500
Cemento	300	400	500
Agua	150	200	225
Arena	930	830	810
Grava	1.130	1.010	990

6

Fabricación, conservación y rotura de las probetas

Para estos ensayos se utilizaron probetas prismáticas con sección rectangular de 10 cm de anchura, 15 cm de canto y 120 cm de longitud.

Se hormigonaron primero medias probetas, es decir, unos prismas de 10 × 15 × 60 cm. Estas medias probetas se conservaron en cámara a $21 \pm 1^\circ\text{C}$ de temperatura y una humedad relativa superior al 95 por 100 hasta dos días antes de la fecha a que correspondía hormigonar las otras medias probetas. Llegado este momento, se sacaron las medias probetas de la cámara, se las dejó secar dos días y se extendió sobre la superficie de unión de las medias probetas existentes la formulación, hormigonándose acto seguido las otras medias probetas.

Las probetas completas se volvían a pasar a la cámara de curado. Transcurridos 28 días, se procedía a su rotura por flexotracción. Esta se verificaba colocando la probeta sobre apoyos cilíndricos separados a 90 cm. La carga se aplicaba progresivamente en la forma descrita anteriormente y por medio de dos rodillos separados 30 cm entre sí, y a 15 cm de la junta aproximadamente (fig. 2).

Les résines époxi dans les joints de bétonnage

M. Fernández Cánovas, ingénieur d'armement et de construction

Il est bien entendu que les résines époxi résolvent un grand nombre de problèmes dans de différents domaines de l'industrie. Dans la construction leur emploi présente un avenir intéressant en bon nombre d'applications.

Les joints de bétonnage ont constitué un problème incomplètement résolu. Devant la perspective de sa définitive résolution grâce à l'emploi de résines époxi, l'Institut Eduardo Torroja a jugé intéressant d'entreprendre une série de travaux expérimentaux dans ses laboratoires d'essais.

Cet article traite, d'une façon succincte, des essais réalisés pour vérifier la qualité des joints de bétonnage en employant comme adhésif ce type de résines et dans lesquels on a fait intervenir des variables, telles que le dosage du béton, le traitement superficiel des joints, les différences d'âges des bétons unis, etc.

Epoxi resins in concreting joints

M. Fernández Cánovas, armaments & construction engineer

As is well known, epoxi resins are overcoming a large number of problems in various fields of industry. In construction their use promises to be useful in many aspects.

Concreting joints is a problem which is not well solved. Faced with the possibility that this difficulty can be finally settled by the use of epoxi resins, the Eduardo Torroja Institute has decided to undertake a number of experimental investigations at its research laboratory.

In the first article a brief account is given of the tests carried out to ascertain the quality of concreting joints, using this type of resin as adhesive. A number of conditions have been introduced in the form of variables, such as concrete proportioning, external treatment of joints, age difference of the joined concretes, etc.

Die Epoxiharze in den Betonfugen

M. Fernández Cánovas,

Wie man weiss, die Epoxiharze lösen eine grosse Zahl von Probleme in verschiedenen Gebieten der Industrie. Im Bauwesen zeigt seine Anwendung eine interessante Zukunft in zahlreichen Anwendungen.

Die Betonfugen bilden ein Problem, das nicht gut gelöst ist. Um dieses Problem durch die Anwendung von Epoxiharz zu lösen führt das Institut Eduardo Torroja eine Reihe von Forschungsversuche in seinem Versuchslabor durch.

Im vorliegenden Artikel stellt man die durchgeführte Versuche dar, um die Qualität der Betonfugen zu probieren, wenn man dieser Typ von Harzen als Klebstoff benutzt und in denen verschiedene Variabel wie Dosierung von Beton, die Behandlung von den Fugen, Altersunterschied von gebundenen Beton, usw. eingeführt sind.