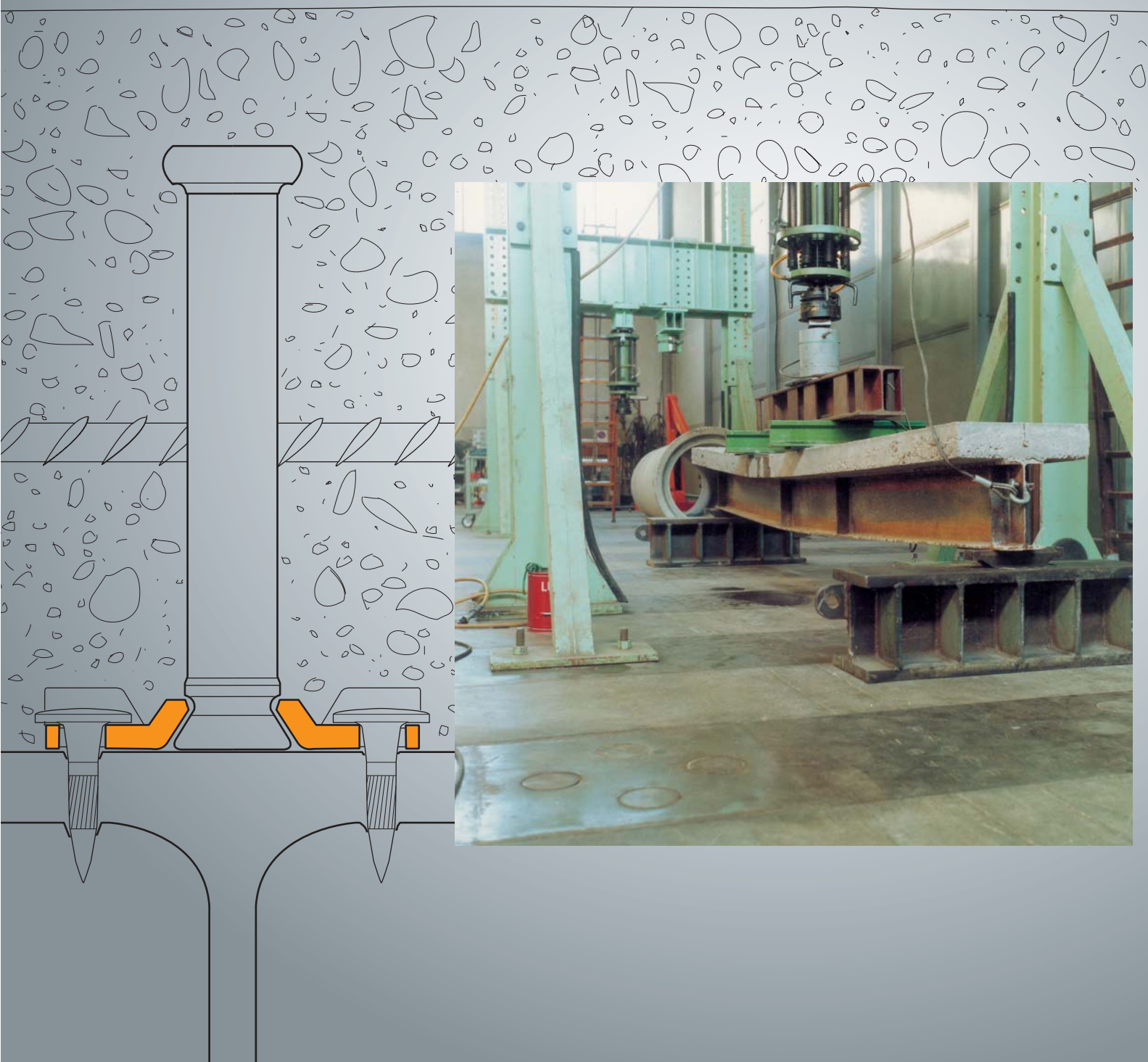


Informe de las pruebas efectuadas en juntas mixtas de acero-hormigón con conectores de pernos fijados a la estructura metálica mediante clavado



TECNARIA

Conectores de perno con cabeza aplicados en frío mediante clavadora neumática

Ingenieros Leo Colossi, Giorgio Romaro,
Studio Romaro, Padua (Italia)

Sumario

Estudio del comportamiento estructural de un nuevo tipo de conector de perno para vigas de forjados, compuestas de acero y hormigón, conectado a la estructura metálica mediante clavos aplicados en frío. El estudio se basa en pruebas experimentales efectuadas en 15 muestras del tipo push-out y en dos con esquema de vigas, que comprenden los casos tanto de losa maciza como de losa moldeada sobre plancha ondulada de acero. Las pruebas efectuadas revelan un funcionamiento óptimo del conector, un dimensionamiento equilibrado de cada una de sus partes y, considerando sus características de seguridad y de funcionalidad en la colocación, demuestran la validez de uso en alternativa a los pernos directamente soldados en la base. El dispositivo de conexión probado presenta una considerable versatilidad de comportamiento a la que se asocian características de adaptación plástica y, por lo tanto, amplias posibilidades de redistribución del esfuerzo.

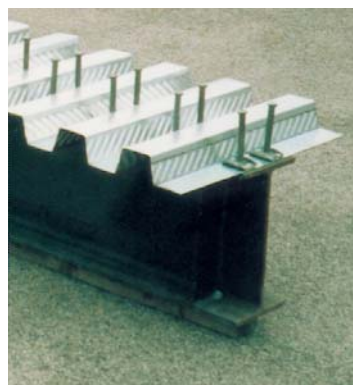
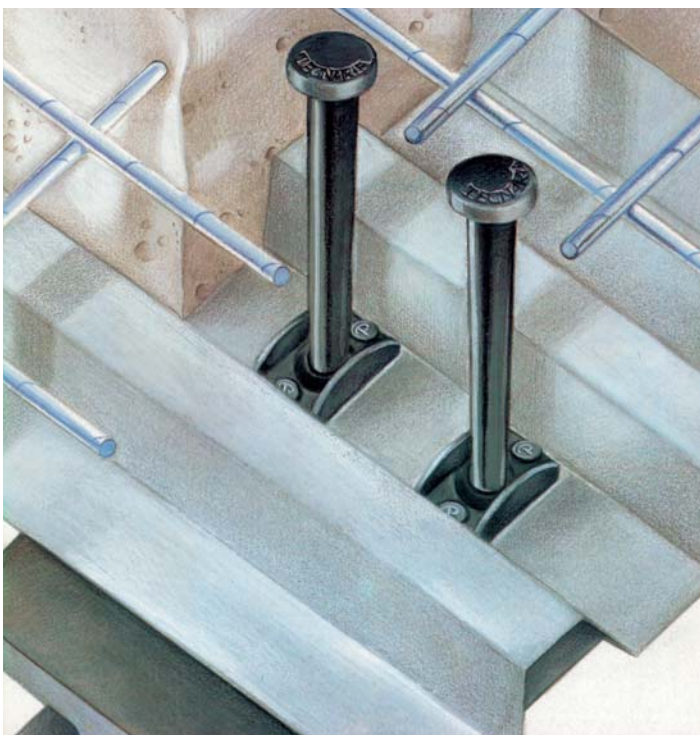
Introducción

En los elementos estructurales compuestos de acero y hormigón (vigas de acero y losa de hormigón) la colaboración mutua de los dos componentes se deja en manos de los oportunos dispositivos de conexión llamados conectores. Los conectores, el más difundido de entre los cuales es el conector de perno soldado por resistencia, representan un punto crítico en la realización de vigas compuestas, sobretudo en el caso de forjados donde, entre la viga de acero y la losa de hormigón, se interpone la plancha ondulada protegida con cincado en caliente. Se ha ideado y realizado un nuevo tipo de conector de perno que se tiene que conectar a la estructura metálica con clavos aplicados en frío (Fig. 1a y 1b) para intentar realizar un sistema de conexión que conserve las características positivas y ya probadas del conector de perno soldado, sin que presente por otra parte los defectos citados anteriormente. Este nuevo tipo de conector de perno, menos el sistema de bloqueo a la estructura de acero, es completamente igual al del tipo soldado (Fig. 2). Se compone de:

a) un perno con cabeza, obtenida por calco en frío de un círculo con un diámetro de 12 mm de acero Fe 360 (según UNI 7070);

b) una placa de base de forma rectangular con dos bordes más rígidos obtenidos mediante torcimientos en frío de una plancha de 3 mm de grosor de acero Fe 360. Su tamaño es tal que permite su uso con las planchas onduladas que se encuentran normalmente en el mercado.

El perno y la placa de base están conectados entre ellos mediante estampado y calco en frío del vástago del perno en el agujero obtenido previamente en el centro de la placa.



1b

Fig. 1b. Conectores clavados a la viga de acero con plancha nervada interpuesta.

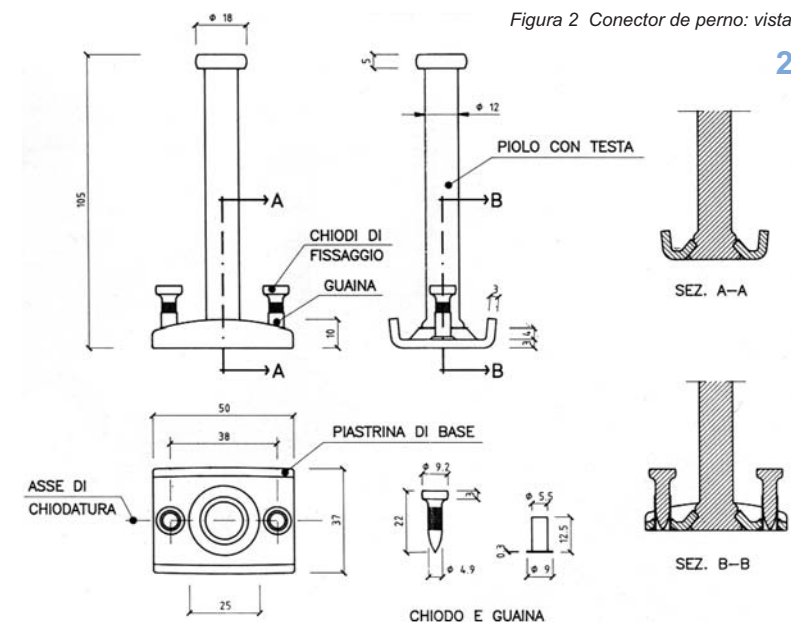


1c

fig.1 c . Particular

1a Fig. 1a. Axonometría del forjado con fijaciones

Figura 2 Conector de perno: vistas y secciones

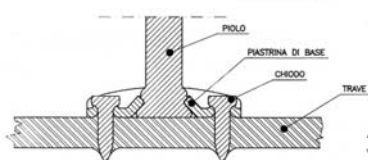


2

SEZ. A-A

SEZ. B-B

CHIODO E GUAINA



3

Figura 3 Detalle de la fijación mediante clavado

La fuerza portante límite del conector y la eficacia de la conexión clavada a la viga de acero se han estudiado de forma experimental siguiendo los procedimientos de las Instrucciones CNR 10016 y, por lo tanto, con la consiguiente posibilidad de encuadrar este nuevo tipo de conector en el ámbito de la normativa vigente en materia. Con este propósito se han efectuado con éxito positivo las clásicas pruebas de doblado del vástago hasta un ángulo de doblado de 90°.



4

Figura 4 Clavadora



5

Figura 5 Conector de perno



6

Figura 6 Clavadora: detalle del sensor magnético

La placa dispone de dos agujeros, en posición diametralmente opuesta respecto al vástago, para permitir la introducción de los dos clavos de fijación y presenta, coincidiendo con los dos agujeros, dos embuticiones hacia arriba; esta solución permite que el material base fluya durante la penetración de los clavos, llenando el vacío inicialmente presente en la embutición (Fig. 3). De esta forma se obtiene el doble resultado de mantener plano el lado de base durante la operación de hincadura de los clavos y de aumentar la carga de agotamiento de la unión clavada;

c) dos clavos de fijación, de material de gran resistencia, que realizan la conexión rígida entre la placa de base (y por lo tanto de todo el conector) y la viga de acero. La hincadura de los clavos se lleva a cabo mediante una clavadora neumática alimentada por compresión (Fig. 4).

El conector se suministra (con superficies rústicas o cincadas en caliente, en función de las exigencias aplicativas) ya montado como se indica en la figura 5 y, por lo tanto, es rápido de usar, precisa sólo un tiempo de aplicación de aproximadamente 10 segundos.

Para su aplicación la pistola neumática está provista de la correspondiente pinza magnética a la cual se adhiere el conector con una sencilla operación manual (Fig. 6). El conector propuesto presenta estáticamente las mismas características de prestaciones que los pernos soldados, con además una serie de ventajas desde el punto de vista aplicativo, ya que:

- la fijación a las vigas metálicas no está influida por la presencia de la plancha ondulada, que se encuentra entre la placa de base y la viga, formando un conjunto estructural de conector - plancha ondulada - viga;
- la fijación no está influida por el tratamiento superficial de las partes conectadas (pintura o cincado) y es independiente de las condiciones climáticas existentes en el momento de su realización (humedad y baja temperatura que en cambio hacen difícil la conexión mediante soldadura);
- la mano de obra necesaria no es de tipo especializada;
- las herramientas para la fijación, la clavadora y el compresor, se puede transportar fácilmente y por otra parte un único compresor puede alimentar varias clavadoras situadas incluso a una distancia considerable;
- el control del éxito del clavado puede llevarse a cabo simplemente a vista;
- en caso de necesidad, los conectores se encuentran disponibles con cincado en caliente de un grosor no inferior a las 3 micras.

Modalidad de estudio experimental

El estudio experimental efectuado con muestras tenía la finalidad de valorar la resistencia al desplazamiento de los conectores con pruebas de desplazamiento estándar (push-out tests) y con pruebas en un elemento estructural típico formado por una viga de acero con una losa colaboradora de hormigón sobresaliente.

Descripción de las muestras

El estudio experimental se ha llevado a cabo en 15 muestras del tipo push-out y dos del tipo vigas. Tanto en las muestras push-out como en las del tipo vigas se han experimentado los dos casos con losa de hormigón de grosor constante y con losa de hormigón con el intradós moldeado por la presencia de la plancha ondulada. Las planchas onduladas utilizadas son las que se indican en la figura 7 y son representativas de los tipos usados normalmente en las aplicaciones prácticas.

Las muestras utilizadas para las pruebas push-out tienen características conformes a las indicaciones de las Instrucciones CNR 10016 relativas a las vigas compuestas y se ilustran en las figuras 8 y 9. Están formadas por un perfil HEA 180 conectado a las dos losas de hormigón mediante ocho conectores de perno fijados a las alas del propio perfil. Las losas tienen un grosor global de 12 cm en las muestras sin plancha ondulada y en las muestras con plancha HI-BOND 55/080 y grosores de 12 y 14 cm en las muestras con plancha ALUFLOOR 90/630. Están encofradas con tres barras transversales y cuatro barras longitudinales, todas con un diámetro de 16 mm.

El tipo de conectores y el tipo de losa realizada para los diversos modelos se describen en la tabla 1 y en las figuras 10, 11, 12, 13 y 14. Los conectores están colocados a veces con el eje de clavado de la placa paralelo a los elementos ondulados y a veces con el eje de clavado ortogonal a los elementos ondulados. Esto sirve para valorar su influencia sobre la fuerza portante límite del conector; en particular las probetas de las figuras 10 y 11 que difieren entre ellas sólo por la orientación distinta de la placa de base.

Las muestras del tipo viga compuesta, que corresponden al esquema de la figura 15, están formadas por un perfil IPE 300 al que está conectada una losa de hormigón con un grosor de 12 cm y 50 cm de ancho. El esquema distributivo de los conectores y la tipología de la plancha ondulada, utilizada en una de las dos muestras, se encuentran representados en las figuras 16 y 17. Tanto en la muestra con plancha ondulada como en la de losa de grosor constante, los conectores se han colocado en pares con paso longitudinal de 15 cm; en las losas se han colocado armaduras de distribución compuestas de una de $\varnothing 6$ transversal con interejos de 15 cm y de cuatro de $\varnothing 6$ longitudinales.

La disposición de los conectores es la misma para las dos vigas, con el eje de clavado de la placa paralelo al eje de la viga.

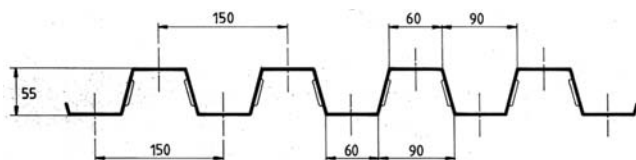
Las características mecánicas de los materiales utilizados se han controlado mediante pruebas de tracción y de compresión; por lo que se refiere al hormigón de las losas se ha determinado el valor medio de la resistencia cúbica, iguales a 38,5 Mpa, mediante rotura de seis probetas cúbicas con ángulo de 15 cm.

Para determinar las características mecánicas del acero de las vigas, al final de la prueba se han extraído dos probetas de la platabanda de cada viga; sobre ellas se han efectuado las pruebas de tracción obteniendo resultados conformes a las características del acero Fe 360 según UNI 7070.

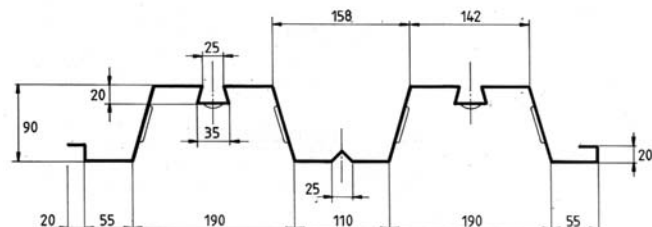
Tabla 1 Resumen de las características de las muestras para las pruebas de push-out.

Tab. 1

Muestra tipo	Número de muestras probadas	Altura conectores (mm)	Moldeo losa de perno	Grosor losa (cm)	Dirección eje de clavado
C1	3	105	Losa maciza	12	Paralelo eje viga
C2	3	105	HI-BOND 55	12	Paralelo eje viga
C3	3	105	HI-BOND 55	12	Ortogonal eje viga
C4	3	105	ALUFLOOR 90	12	Ortogonal eje viga
C5	3	130	ALUFLOOR 90	14	Ortogonal eje viga



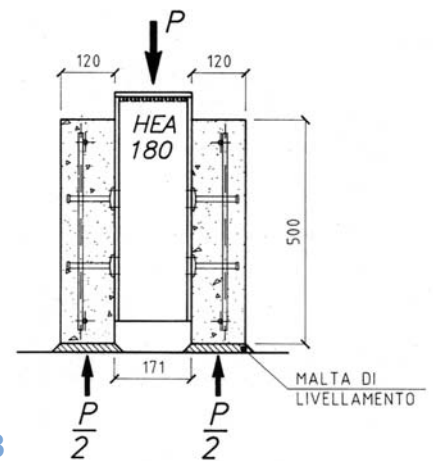
HI-BOND 55/0,8



ALUFLOOR 90/630

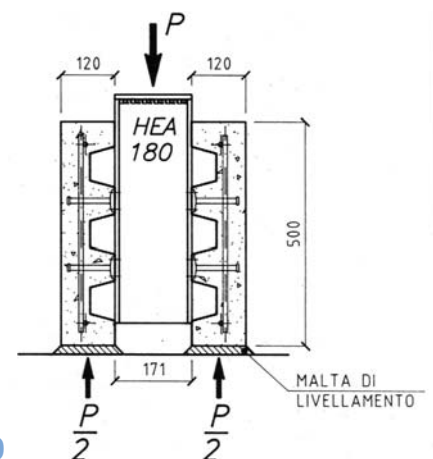
7

Figura 7 Planchas onduladas utilizadas en las



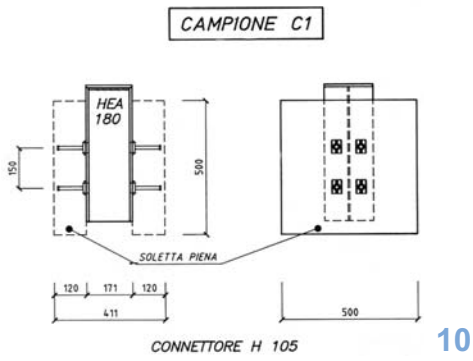
8

Figura 8 Muestras con losas

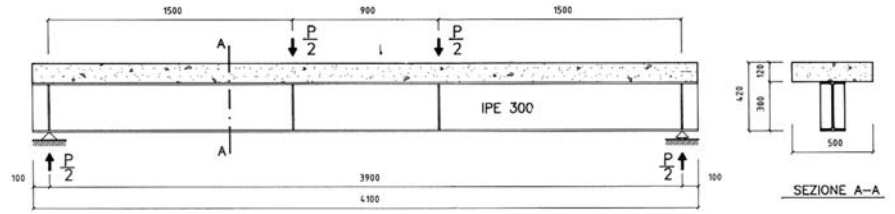


9

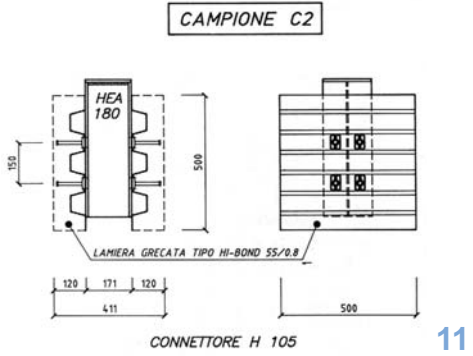
Figura 9 Muestras con plancha ondulada



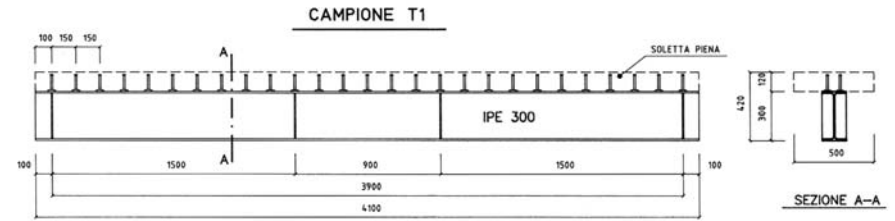
10



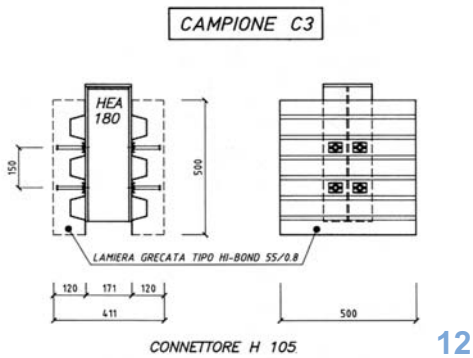
15



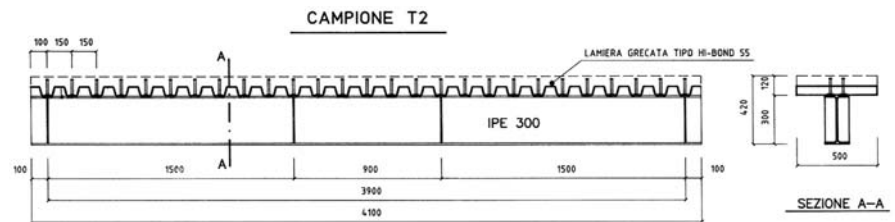
11



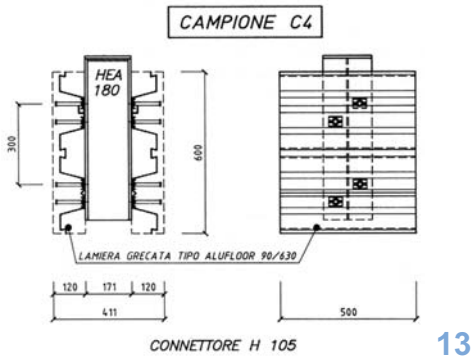
16



12



17



13

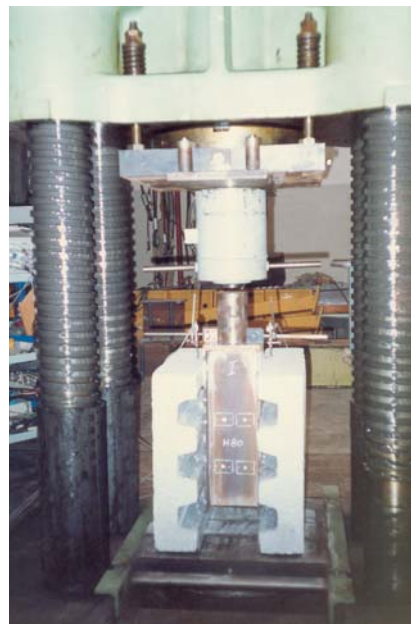


Figura 10 Muestras del tipo C1

Figura 11 Muestras del tipo C2

Figura 12 Muestras del tipo C3

Figura 13 Muestras del tipo C4

Figura 14 Muestras del tipo C5

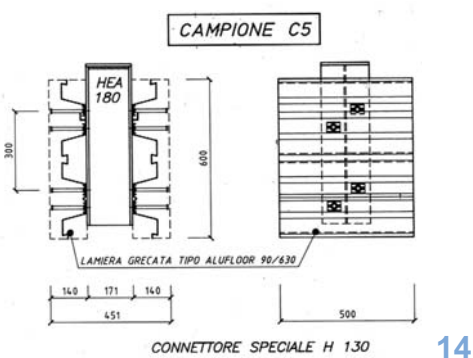
Figura 15 Esquema estático de las muestras del tipo viga

Figura 16 Muestras del tipo T1

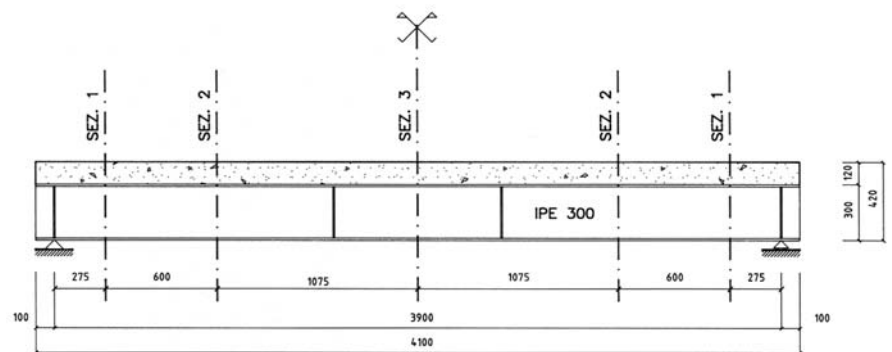
Figura 17 Muestras del tipo T2

Figura 18 Prensa para pruebas

Figura 19 Instrumentos en las muestras del tipo viga



14



SEZ. 1 E 2: SEZIONI DI MISURA DELLO SCORRIMENTO TRAVE-SOLETTA
SEZ. 3: SEZIONE DI MISURA DELLA DEFORMAZIONE

19

Modalidad de prueba

Las pruebas se han efectuado en el Laboratorio del Instituto de Ciencia de las Construcciones de la Universidad de Padua. En particular, las pruebas de desplazamiento estándar (push-out tests) se han desarrollado con control de los desplazamientos viga-losas medidos mediante dos comparadores de inductancia, uno por cada losa, y asumiendo como valor del desplazamiento la media aritmética de los dos valores medidos. La carga se ha aplicado mediante una prensa del tipo Amsler, nivelando con argamasa el plano de contacto entre losas y el plano de apoyo de la prensa (Fig.18). El valor de la carga aplicada se ha controlado automáticamente mediante una celda de carga Hottinger de 1000 kN, con precisión de lectura de 0,1 kN. El empleo de la celda de carga ha sido necesario para transmitir directamente la señal a la minicentral extensimétrica conectada al plotter para el trazado del diagrama carga-desplazamiento. Todas las herramientas de detección han sido suministradas por la Hottinger. Las pruebas en las vigas compuestas se han efectuado midiendo, además de la flecha en medianería, las deformaciones y los desplazamientos en algunas secciones (Fig. 19). En particular:

- las deformaciones en la sección de medianería (secc. 3) mediante el empleo de extensómetros eléctricos aplicados en la cara superior de la losa y en las platabandas de la viga de acero;
- el desplazamiento viga-losa coincidiendo con las secciones 1 y 2, mediante comparadores de inductancia.

La velocidad de aplicación de la carga en las pruebas de desplazamiento estándar se ha establecido respetando las Instrucciones CNR 10016, es decir, hasta el punto que fuera capaz de llegar al agotamiento en no menos de 15 minutos, aproximadamente 12,15 mm/h.

Resultados del estudio experimental

Pruebas de desplazamiento estándar (push-out tests)

El estudio experimental de las muestras del tipo push-out se ha llevado a cabo registrando el diagrama carga-desplazamiento y observando por cada tipología de muestras la dinámica a través de la que se llega al agotamiento de la conexión. En las figuras 20, 21, 22, 23 y 24 se muestran las curvas de carga-desplazamiento de las muestras del tipo C1, C2, C3, C4 y C5 en las que cada curva representa las curvas registradas de forma experimental por cada tipo de muestra (se recuerda que por cada tipo se han efectuado tres pruebas sobre tres muestras iguales) y en las que se indica de forma ordenada el valor de la carga total aplicada a la muestra. El análisis de las curvas carga-desplazamiento y de las modalidades de agotamiento permite observar que tanto la carga máxima como el mecanismo de rotura de los conectores varía considerablemente en función de la presencia o no de la plancha ondulada y en función de la forma de los elementos ondulados. En particular:

- las muestras C1 relativas al caso de losa de hormigón de grosor constante y sin plancha ondulada, presentan el valor más alto de la carga de agotamiento (350 kN de media)

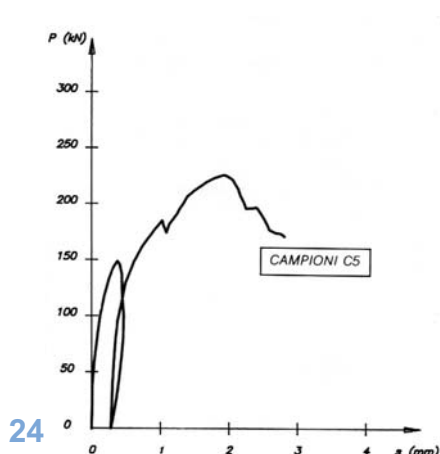
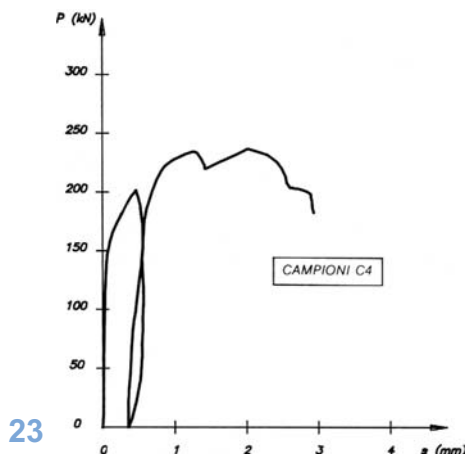
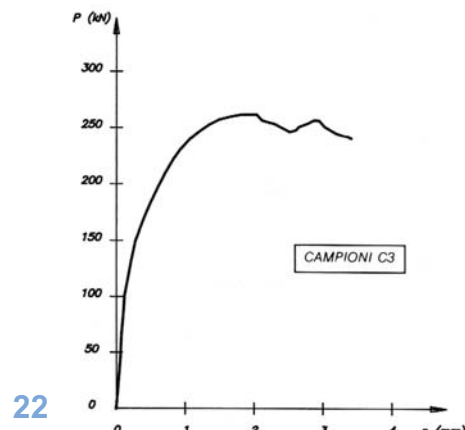
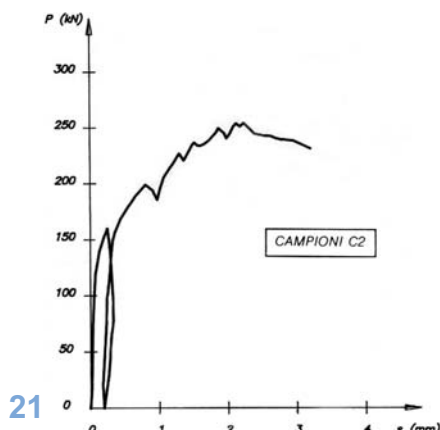
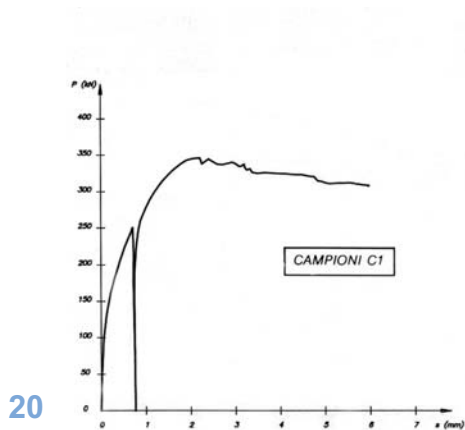


Figura 20 Diagrama carga-desplazamiento para las muestras C1

Figura 21 Diagrama carga-desplazamiento para las muestras C2

Figura 22 Diagrama carga-desplazamiento para las muestras C3

Figura 23 Diagrama carga-desplazamiento para las muestras C4

Figura 24 Diagrama carga-desplazamiento para las muestras C5

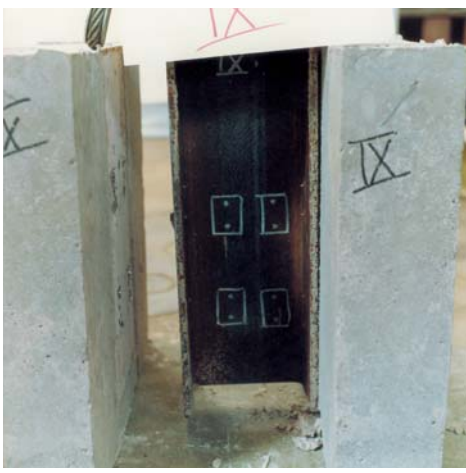
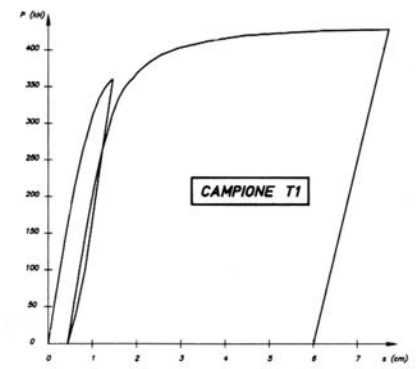


Figura 25 Agotamiento de las muestras del tipo 25



Figura 26 Agotamiento de las muestras del tipo C2-C3



26

Figura 28 Diagrama carga-flecha para la muestra T1

Tab.2

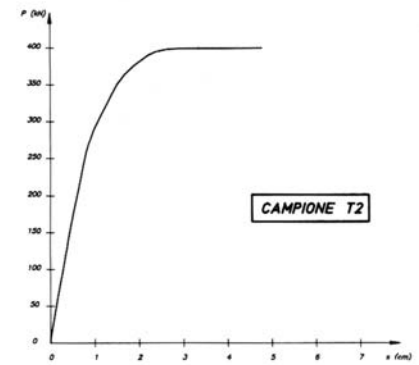
Tabla 2 Resumen de los resultados de las pruebas push-out.

Muestra	P_{max} (kN)	P_{Cmax} (kN)	S_{max} (mm)
C1	350	43.8	6.0
C2	260	32.5	3.0
C3	265	33.1	3.5
C4	240	30.0	3.0
C5	225	28.1	2.5



27

Figura 27 Agotamiento de las muestras del tipo C4-C5



29

Figura 29 Diagrama carga-flecha para la muestra T2

que corresponde a 43,8 kN por cada conector, mientras el desplazamiento máximo medido ha resultado de 6,0 mm de media. En las muestras C1 el agotamiento se ha producido por separación de los conectores que han permanecido fijamente retenidos por la losa. Esta separación se ha producido algunas veces por truncamiento de los clavos, otras por desgarramiento (recalcado) del borde del agujero en la placa de base y otras por separación de la placa de base del perno. Esto confirma un buen equilibrio de las características resistentes del conjunto - placa de base más clavos - obtenido mediante repetidos análisis y pruebas experimentales precedentemente efectuadas en numerosas muestras de varias medidas y características mecánicas. Analizando todavía la curva carga-desplazamiento relativa a las muestras C1 se observa que se alcanza un desplazamiento elevado (aproximadamente 6 mm) con una flexión de la carga limitada. Esto demuestra un comportamiento de tipo dúctil (esencialmente dúctil para los primeros 2 mm de desplazamiento en correspondencia del cual se ha alcanzado la carga máxima) debido a la deformación plástica del clavo y de la placa de base antes del agotamiento causado por la separación de los conectores de la viga;

- las muestras C2 y C3 relativas al caso de losa con intradós moldeado por la presencia de la plancha ondulada del tipo HI-BOND 55 han tenido una carga de agotamiento medio de 260 y 265 kN respectivamente, que corresponde a 32,5 y 33,1 kN por cada conector; el desplazamiento máximo medido ha resultado de 3,0 e 3,5 mm de media. En las muestras C2 y C3 el agotamiento se ha producido por hundimiento local del recubrimiento de hormigón sobre los conectores (Fig. 26), un hundimiento que ha iniciado con la rotura de la parte de losa próxima a la placa de base del conector y que ha causado el alejamiento entre la sección de encaje perno-losa y la propia placa de base. Como consecuencia se ha desarrollado para el conector un comportamiento con viga con inflexión doblemente encajada que al amplificarse ha provocado el agotamiento tanto de la conexión clavada (algunas veces con salida de los clavos por efecto palanca) como del recubrimiento de hormigón del conector. Para las muestras C2 y C3 el análisis de los resultados también denota un comportamiento dúctil hasta un desplazamiento de aproximadamente 2 mm (esencialmente dúctil para aproximadamente 1 mm en cuya correspondencia se alcanza una carga igual a aproximadamente 0,8 de la carga máxima) debida inicialmente sólo a la deformación plástica de los clavos y de la placa de base, y sucesivamente también a la deformación de flexión del perno consiguiente al inicio del proceso de rotura local del hormigón;

- las muestras C4 y C5, relativas al caso de losa con intradós moldeado por la presencia de la plancha ondulada del tipo ALUFLOOR 90, han presentado una carga de agotamiento media de 240 y 225 kN respectivamente, que corresponde a 30,0 y 28,1 kN para cada conector; el desplazamiento máximo medido es igual a 3,0 y 2,5 mm. En las muestras C4 y C5 el agotamiento se ha producido por hundimiento de la losa (Fig. 27), un hundimiento que ha iniciado con la aparición de grietas transversales (es decir, paralela a la dirección de los elementos ondulados) en las secciones de grosor mínimo y ha continuado con una rotación, alrededor de un eje horizontal, de cada tramo de losa comprendida entre dos elementos ondulados sucesivos.

Con el desplazamiento se ha llegado al agotamiento por separación del conector, debido a la salida y al corte de los clavos. Del análisis de los resultados es posible hipotizar también para las muestras C4 y C5 un comportamiento dúctil limitadamente a un desplazamiento de aproximadamente 1 mm al que corresponde una carga igual a aproximadamente 0,8 de la carga máxima. La tabla 2 resume los resultados de las pruebas push-out en relación con la carga máxima $P_{\text{máx.}}$, con la carga máxima por cada conector $P_c \text{ máx.}$ y al desplazamiento máximo medido $S_{\text{máx.}}$.

Pruebas de flexión

Para las pruebas de flexión se han utilizado dos muestras del tipo viga compuesta, formadas por un perfil IPE 300 al que está conectada una losa de hormigón (fig. 15,16 y 17). Las pruebas se han efectuado controlando la flecha en medianería de la viga y el desplazamiento viga-losa en dos secciones características colocadas a 30 y a 60 cm de los apoyos y en las secciones de los extremos. En las figuras 28 y 29 se muestran los diagramas carga-flecha. En ellos se ve que la carga máxima para las dos muestras es casi igual (superior a 400 kN) y está asociada a la aparición de la fluencia del perfil de acero coincidiendo con la platabanda inferior tensa. Tanto en el caso de losa maciza (muestra T1) como en el de losa sobre plancha nervada del tipo HI-BOND55, el desplazamiento viga-losa ha resultado ser irrelevante en todos los puntos de medida, y con retorno perfectamente elástico hasta una carga de más de 200kN. En la muestra T1, con carga de 360 kN se ha producido un desplazamiento viga-losa de 0,3:-0,4 mm con un residuo en la descarga de 0,1:-0,2 mm. Por otra parte, hasta la carga de más de 200 kN se obtiene un comportamiento lineal en los diagramas carga-deformación. La flecha que coincide con la carga $P = 200$ kN ha resultado ser de 5,6 mm en la muestra T1 y de 6,1 mm en la muestra T2. Todos los datos experimentales coinciden con el análisis teórico llevado a cabo según la norma CNR 10016-85 relativa a las vigas compuestas de acero y hormigón. Por lo que se refiere al comportamiento de las dos muestras, se pueden hacer las siguientes observaciones. En la muestra t1 con losa maciza se nota que el agotamiento se ha producido por fluencia del perfil de acero coincidiendo con una carga máxima de 430 kN, y no se nota la aparición de grietas en la losa de hormigón. Las fig. 30, 31 y 32 se refieren a la carga de la muestra T1 en la fase inicial y a la aparición del agotamiento. También en la muestra T2, con losa sobre plancha nervada, el agotamiento se ha producido por fluencia del perfil de acero y coincidiendo con una carga máxima de 400 kN. En este caso se ha percibido la aparición de grietas transversales de la losa que se han manifestado cuando se estaba alcanzando la carga máxima. Las fig. 33,34 y 35 se refieren a la carga de la muestra T2.

Análisis de los resultados

Las pruebas realizadas, pruebas de desplazamiento estándar y pruebas de flexión, se refieren a modelos con losas macizas y modelos con losas moldeadas sobre plancha ondulada. Para las dos tipologías, el análisis de las pruebas permite obtener indicaciones importantes sobre el comportamiento estructural del nuevo tipo de conector de perno.

Conectores de perno utilizados con losas macizas

De la prueba sobre la muestra c1 y C y con referencia a las instrucciones CNR10016 relativas a las vigas compuestas, se obtiene para el perno único un valor de la carga límite igual a $P_d = 0,8 \times 43,8 \text{ kN} = 35,0 \text{ kN}$. Este valor es muy superior al normal para los correspondientes pernos provistos de cabeza y conectados con soldadura. En efecto, para el perno de 12 mm de diámetro y de longitud superior a los 48 mm de acero Fe 360, la norma proporciona una resistencia al corte de $P_d = 18,6 \text{ kN}$. Puesto que la complejidad del perno del conector que se examina es idéntica a la de los pernos soldados, la mayor resistencia se tiene que atribuir en buena parte a la placa de base (fig. 2) que gracias a los bordes más rígidos constituye ella misma un elemento de conexión. Por lo que se refiere a la prueba de flexión efectuada sobre la muestra T1, la flecha in medianería ha resultado de 0,4 cm con una carga externa de 150 kN, que para la viga que se examinaba puede considerarse como carga de servicio. La flecha medida coincide con la correspondiente flecha teórica (calculada por conexión infinitamente rígida) que es igual a 0,34 cm por deformación de flexión y 0,07 cm por deformación de corte. La coincidencia entre flecha teórica y flecha medida demuestra que la conexión entre viga y losa es completa por lo menos hasta una carga que corresponde a la carga de servicio. Esto coincide también con el hecho de que hasta una carga de aproximadamente 200 kN el desplazamiento medido entre viga y losa es prácticamente irrelevante. Con referencia de nuevo a la carga de 150 kN el esfuerzo cortante en cada conector de perno resulta por cálculo igual a 16,3 kN que es mayor que el valor admisible para pernos soldados ($P_{\text{amm}} = 18,6 \cdot 1,5 = 12,4 \text{ kN}$) pero todavía inferior al valor admisible para los conectores sometidos a examen ($P_{\text{amm}} = 35 \cdot 1,5 = 23,3 \text{ kN}$). Se concluye que este nuevo tipo de conector de perno permite, frente a los análogos conectores de perno soldados, una considerable reducción de la cantidad utilizada.

Conectores de pernos utilizados con losas moldeadas sobre planchas onduladas

De las pruebas sobre las muestras C1, C2, C3, C4 y C5 y refiriéndose todavía a las instrucciones CNR 10016, se obtienen los valores de la carga límite P_d , por cada conector, que se muestran en la tabla 3. En la tabla 3 se muestra también el coeficiente (η') de deterioro de fuerza portante límite respecto al mismo conector en presencia de losa maciza. Calculando en cambio este coeficiente de deterioro a partir de la relación:

Muestra del tipo	Dirección del eje de clavado	Plancha ondulada	Carga límite P_d (kN)	η'	η
C1	Paralelo eje-vigas	HI-BOND55	26.0	0.74	0.75
C2	Ortogonal eje-vigas	HI-BOND55	26.0	0.76	0.75

Tabla 3 Resumen de las cargas límite con coeficiente de deterioro

Tab.3

$$\eta = \frac{0,85}{\sqrt{n_c}} \cdot \frac{b_l}{h_l} \left[\frac{h_p - h_l}{h_l} \right]$$



Fig. 30 Muestra T1 instrumentado para la prueba. 30



Fig. 31 Muestra T1 bajo carga de prueba. 31



Fig. 32 Muestra t1, losa todavía entera después del agotamiento de la viga de acero. 32



Fig. 33 Muestra T2 instrumentado para la prueba. 33



Fig. 34 Muestra t2 después del agotamiento de la viga de acero: detalle en medianería. 34

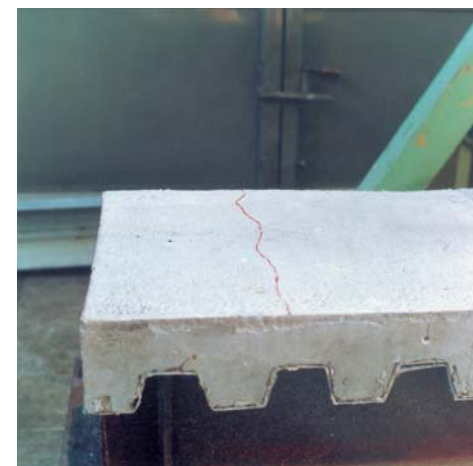


Fig. 35 Muestra t2 después del agotamiento de la viga de acero: detalle del apoyo. 35

que reproduce la normativa CNR 10016 con referencia a conectores de perno, y con el significado de los que se indican, se encuentran los valores reproducidos en la última columna de la tabla 3. De la comparación de los valores numéricos se deduce fácilmente el óptimo acuerdo entre los valores de deterioro obtenidos experimentalmente (h') y los de norma (h), un acuerdo no casual pero que depende del hecho que el nuevo tipo de conector es todavía un conector de perno. Por lo que se refiere a la prueba de flexión efectuada sobre la muestra T2, la flecha de medianería ha resultado ser de 0,43 cm con una carga externa de 150 kN que, como en el caso de la muestra con losa maciza, puede considerarse como carga de servicio. También en este caso la flecha medida coincide con la flecha teórica correspondiente (calculada para conexión infinitamente rígida) que es igual a 0,36 cm para deformación de flexión y a 0,07 cm para deformación de corte. Por lo tanto, incluso en el caso de losa moldeada sobre plancha ondulada se obtiene que la conexión es completa por lo menos hasta la carga de servicio. La medida del desplazamiento entre viga y losa, que ha resultado prácticamente irrelevante hasta una carga de aproximadamente 200 kN, lo confirma. Por lo que se refiere a la fuerza portante límite del conector que se examina, también en el caso de losa moldeada sobre plancha ondulada se obtiene un claro aumento de las prestaciones en relación con el análogo conector de perno soldado.

Conclusiones

El nuevo tipo de conector de perno ha demostrado que puede garantizar un sistema de conexión seguro y, sobretodo gracias a la presencia de la placa de base, más resistente que la análoga conexión efectuada con pernos soldados. En todos los casos los conectores han asegurado una conexión del tipo rígida y en las losas macizas su conexión se ha demostrado del tipo dúctil; sólo en el caso de planchas onduladas con elementos ondulados muy amplios (muestras C4 y C5) se han verificado roturas poco dúctiles que evidentemente tienen que relacionarse con la configuración de la plancha. En el caso de las planchas normalmente utilizadas en los forjados (muestra T2) se ha detectado un comportamiento dúctil y una correspondencia óptima con los datos teóricos de cálculo. En conjunto el nuevo tipo de conector de perno une, a prestaciones estáticas claramente superiores a las del correspondiente conector de perno soldado (por la presencia de la placa de base que constituye un tope posterior al corte de desplazamiento) la ventaja de la conexión en frío mediante clavadora neumática que, además de garantizar una conexión uniforme e independientemente de las condiciones ambientales y de tratamiento superficial, permite interponer sin ninguna dificultad las usuales planchas onduladas de soporte de la colada.