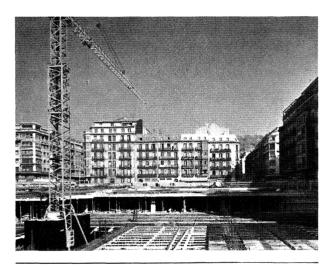
FORJADOS: ESTADO DE LA CUESTION

J. Calavera

Dr. Ingeniero de Caminos

473-1



INTRODUCCION

El campo de los forjados es uno de los que más problemas de calidad y seguridad se ha venido planteando desde muy antiguo en nuestro país. Es ya un tópico hacer referencia a esto y evidentemente la responsabilidad alcanza a casi todos los sectores de personas relacionados con la construcción y resultan sumamente escasas las actuaciones encaminadas a clarificar y solucionar el problema.

En lo que sigue pasamos revista, con un cierto detalle, a los aspectos fundamentales de la cuestión, analizando la situación del problema y sus causas, sugiriendo algunos posibles caminos para remediar esa situación.

No es necesario detallar la importancia del forjado en cuanto a su comportamiento estructural, la abundancia de la producción y la antigüedad de su uso. Todo ello debería haber conducido, a través de la experiencia acumulada y de las investigaciones que debieron haberse realizado, a una calidad y seguridad altas. La situación es exactamente la contraria y, exceptuando muy contados casos, la calidad de nuestros forjados oscila de mediocre a pésima.

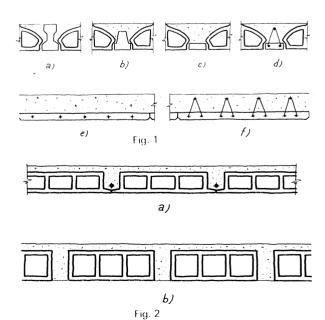
TIPOLOGIA

El forjado es, con toda seguridad, la pieza estructural con la que se inició la prefabricación en España. La solución de viguetas de hormi-

gón armado (fig. 1-a) comenzó en los años treinta. Con independencia del interés económico de la solución, debe destacarse que fue un elemento que permitió alcanzar una gran seguridad en la construcción rural. Este tipo de construcción usaba frecuentemente la solución de muros portantes y su riesgo principal estaba en los forjados. La nueva solución, al confiar la seguridad a piezas realizadas en fábrica bajo control cuidadoso, independizaba en gran medida la seguridad de la construcción de la calidad de la ejecución in situ. Los tiempos eran otros, los fabricantes pocos, la competencia razonable y las Normas conservadoras.

Todo cambia a continuación de la guerra civil. La escasez de materiales, especialmente de cemento y acero, afecta seriamente a la calidad pero además la propia calidad de esos materiales es deficiente en muchos casos. El número de fabricantes aumenta. Las patentes y tipos se multiplican.

Una equívoca exigencia urbanística encaminada a limitar las alturas (que no las limitó en absoluto) introdujo una característica, la de escasez de canto, que será ya en adelante un defecto típico de los forjados españoles. La figura 1 indica esquemáticamente los tipos de forjado más frecuentemente usados en España. La referencia (1) contiene información abundante sobre esto.



A partir de los años sesenta se introduce en el país el sistema de forjado bidireccional o forjado sin vigas. La figura 2 muestra secciones típicas. Más adelante comentaremos las razones válidas y las menos válidas que condujeron a un intenso uso de este tipo de forjado.

LA ESTRUCTURA DEL SECTOR FABRICANTE

Los pocos Fabricantes de la época inicial, se transformaron rápidamente en un número enorme, lo que naturalmente condujo a un tamaño excesivamente pequeño en la mayoría de las Empresas y a unas instalaciones deficientes e incapaces de producir piezas de buena calidad.

En muchos casos la Empresa no rebasaba los 10 obreros. Junto a esto algunas pocas instalaciones podían contarse entre las mejores de Europa, con producciones realmente importantes y excelente calidad.

LA TECNIFICACION DEL SECTOR FABRICANTE

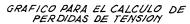
La estructura atomizada que hemos apuntado en el apartado anterior, tenía que conducir por fuerza a que la mayoría de las Empresas estuviesen escasamente dotadas en cuanto a personal técnico y, en muchos casos, no tuviesen personal técnico de ninguna clase.

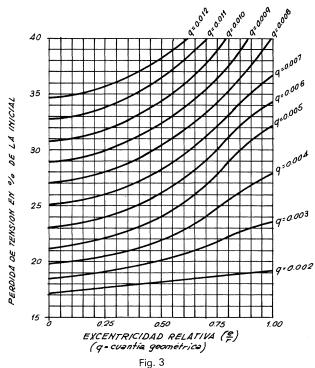
Esta anormalidad se dio incluso en las fábricas de forjados pretensados, que, al manejar una técnica más delicada, necesitaban una mayor tecnificación.

EL PROYECTO DE LAS PIEZAS PREFABRICADAS

La variedad de los grados de tecnificación de los fabricantes (desde el grado nulo hasta excelentes equipos técnicos) se correspondió con la calidad de proyecto de las piezas. Como lo que predominaba era lo mediocre, mediocres fueron en general las calidades de los proyectos. En muchos casos los errores de proyecto eran fruto de la ignorancia. El origen estaba en la utilización de personal no técnico para el proyecto, o en personal técnico con conocimientos insuficientes.

En otros casos se trataba simple y llanamente de falsificaciones en los cálculos. Un buen ejemplo de ello era y es el porcentaje de pérdidas de tensión en la armadura pretesa. Mientras algunos fabricantes adoptaban pérdidas totales del 10% otros se acercaban al 30%. El gráfico de la figura 3 tomado de la referencia (2) es orientador al respecto. Con las cuantías





normales las pérdidas son del 20 al 25% y con cuantías altas pueden superar el 30%. En muchas ocasiones el deseo lógico de un aprovechamiento completo de las colecciones de moldes conduce a cuantías medias y altas. El examen del gráfico citado muestra claramente que una cifra de pérdidas del 10% es imposible en viguetas pretensadas.

LA DUALIDAD HORMIGON ARMADO-HORMIGON PRETENSADO

Algunos Técnicos, especialmente los más jóvenes, se sorprenden al registrar el hecho de que bastantes Proyectistas y Directores de Obra ponen obstáculos al empleo de forjados pretensados y se inclinan claramente hacia los forjados armados. Surgen en seguida varias prequintas:

¿Por qué una técnica que se considera segura para los grandes puentes, depósitos, etc. no se considera segura para un forjado?

¿Cómo un proceso que durante la fabricación somete a la pieza a esfuerzos generalmente peores que los de servicio, es considerado peligroso?

La razón de esta contradicción aparente hay que buscarla en la destecnificación de muchos fabricantes. Es obvio que la técnica del pretensado es perfectamente segura. Pero tres consideraciones son esenciales para su empleo:

- Se utilizan materiales de muy alta resistencia, que necesitan una mayor capacidad técnica para su fabricación y empleo.
- El instante de la transferencia de la fuerza de pretensado, de la mesa a las piezas, es crítico para la calidad del producto, pues a través de la adherencia conseguida condiciona la capacidad resistente de la pieza.
- Bajo una fisuración perjudicial, la pieza pretensada es más sensible a la corrosión que la armada. Esto obliga a un estudio especialmente cuidadoso de las condiciones de fisuración. La costumbre (intencionada o no) de infravalorar las pérdidas, conduce a tener en la fibra inferior tracciones muy superiores a las «teóricamente» esperadas y, con frecuencia, a fisuraciones peligrosas en servicio.

Ha sido la ignorancia de estos puntos la que ha conducido a numerosos accidentes de forjados pretensados y a la formación de esa falsa imagen del forjado pretensado como solución peligrosa. No sólo un forjado pretensado, si está correctamente proyectado y construido, no es peligroso, sino que en determinados casos y ambientes es la única solución posible en hormigón.

LA INTERVENCION DE LA ADMINISTRACION

A lo largo del tiempo la Administración ha intervenido en distintos aspectos relacionados con la fabricación de piezas prefabricadas para forjados y con la utilización de las mismas.

Por parte del Ministerio de Industria la intervención se ha centrado fundamentalmente en dos aspectos: El primero fue el de la exigencia de un Técnico responsable al frente de cada fábrica. El segundo, la fijación de unos determinados coeficientes de seguridad.

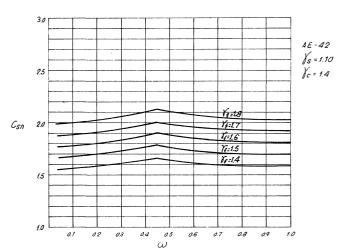
Por lo que se refiere a la exigencia del Técnico, al no ser debidamente comprobada se redujo en muchos casos a un mero cumplimiento formal, haciendo figurar oficialmente como Técnicos responsables a personas que realmente no intervenían para nada en la fabricación.

El establecimiento de unos niveles mínimos de coeficiente de seguridad tuvo la ventaja de dar claridad desde el punto de vista legal a los casos de fallos y accidentes, pero pocas ventajas más, pues el Ministerio de Industria no poseía, naturalmente, los medios para una verificación efectiva del cumplimiento (*). Hoy este requisito legal del Ministerio ha de entenderse que está anulado por las Instrucciones EH-80 y EP-80, y a la luz de las teorías de cálculo se-

miprobabilístico actualmente en uso carecería de sentido, pues establecía los coeficientes de seguridad en sentido determinista.

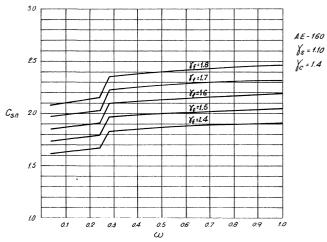
La relación entre los coeficientes de seguridad nominales y los valores de los coeficientes de mayoración se indica en las figuras 4 y 5 procedentes de la referencia (3).

Otras dos actuaciones de la Administración se realizaron a través del antiguo Ministerio de la Vivienda, englobado hoy en el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. La primera de ellas fue la publicación de la Norma MV-101 «ACCIONES EN LA EDIFICACION».



HORMIGON ARMADO, CON ARMADURA DE COMPRESION PARA CUANTIAS SUPERIORES A LA CRITICA

Fig. 4



HORMIGON PRETENSADO CON CUANTIAS PUDIENDO SUPERARALA CRITICA

Fig. 5

(*) Hay que decir, en elogio del Ministerio de Industria, que nunca cayó en la fácil tentación de intentar crear un Organismo capaz de realizar la inspección, lo que hubiera aumentado inútilmente el número de Funcionarios sin resolver tampoco el problema.

Dicha norma contribuyó poderosa y eficazmente a clarificar el mercado, aunque sólo en uno de sus aspectos. Durante muchos años había sido práctica normal por parte de muchos Fabricantes abaratar aparentemente sus ofertas falseando las cargas. Por citar un ejemplo, no único ni aislado, en la zona de Barcelona era práctica frecuente el calcular el forjado para una carga total de 350 kg/m² en viviendas, cuando la carga total real oscila de 500 a 650 kg/m². Como en general este dato no era corregido por el Proyectista al calcular la estructura, la realidad es que en este momento existen en España muchos edificios cuyos soportes tienen coeficientes de seguridad que en lugar de oscilar de 2 a 2,4, oscilan de 1,2 a 1,5 y cuya capacidad resistente está fundamentalmente confiada a la no ocurrencia de las cargas previstas.

La Norma, en poco tiempo, consiguió centrar el problema y prácticamente la picaresca de falsear los datos de carga ha desaparecido o ha quedado reducida a lo sumo al 10%. La actuación de la Administración fue, en este caso, un ejemplo de cómo puede alcanzar resultados eficaces cuando se propone objetivos alcanzables con los medios de que dispone. Por desgracia el ejemplo no es frecuente.

La segunda actuación del Ministerio de la Vivienda fue el establecimiento, con carácter obligatorio, de la llamada «Autorización de Uso». Este documento, emitido por la Dirección General de Arquitectura, representa la conformidad de la Administración a un conjunto de datos técnicos suministrados por el fabricante. Estos datos se estiman suficientes para que con ellos el Proyectista pueda calcular un forjado utilizando cada marca y tipo concretos. El documento ha recibido fuertes y numerosas críticas. En nuestra opinión no todo en él ha sido tan negativo como se pretende establecer. La simple exigencia de la Memoria de Cálculo del Sistema, como trámite previo para la obtención de la Autorización de Uso, obligó a cerrar a bastantes fabricantes que estaban fabricando productos absurdos y peligrosos. Otros muchos tuvieron que hacer un estudio técnico, aunque fuera mínimo, de sus fabricaciones. Esto fue claramente beneficioso y el número de accidentes, aunque siguiera siendo elevado, se redujo de manera importante.

La faceta negativa, se debe a la crónica costumbre de nuestra Administración de creer que para solucionar algo basta legislar, sin vigilar luego el cumplimiento de lo legislado. En general esto no se debe más que al interés de muchos políticos en explotar el éxito inicial que supone cualquier legislación correctora de abusos, dejando a sus sucesores el enojoso problema de que esa legislación no se cumpla. En

otros casos se trata simplemente de incapacidad para prever los medios necesarios para el cumplimiento de una responsabilidad, o del simple juego de inventar nuevas funciones que permitan justificar aumentos de plantillas. En nuestro caso concreto, lo cierto es que el estudio y concesión de las Autorizaciones de Uso recayó en un equipo altamente capacitado pero sumamente escaso y, las críticas han surgido con motivo de autorizaciones concedidas a sistemas erróneos. Si se tienen en cuenta los medios asignados a la misión, los resultados fueron sorprendentemente buenos. Lo que ha fallado no ha sido el equipo encargado de la misión. El fallo está en el planteamiento del asunto. Una concesión de Autorizaciones de Uso (o una revisión general como la que enfrentamos en estos momentos) supone para la Administración un gran esfuerzo muy puntual, que luego se reduce a la aparición de nuevos sistemas o a alguna modificación de los existentes. Lo primero exige medios enormes durante un corto tiempo y lo segundo unos medios reducidos con carácter permanente. Era un ejemplo típico de Control de Proyecto, para el que la Administración debió haber recurrido a organizaciones privadas que le ayudasen a cubrir su punta de trabajo, realizando para cada sistema una revisión completa y detallada.

Un aspecto, a nuestro juicio obvio, pero al parecer poco meditado, es que el hecho de que la Administración revise la Memoria de Cálculo y apruebe tanto ésta como los restantes datos contenidos en la Autorización de Uso, la hace compartir la responsabilidad con el Autor de los cálculos en caso de un accidente. En qué medida se comparte la responsabilidad es tema dependiente de cada caso y juzgarlo no corresponde a la Administración sino al Poder Judicial. La Administración debiera, para futuros planteamientos, considerar con suma atención este aspecto.

LA CALIDAD REAL DE LOS PRODUCTOS

Lo dicho hasta aquí ya habría permitido vaticinar que el sistema conduciría a la abundancia de productos de mala calidad. En algunos casos los fallos han alcanzado niveles cómicos aunque tengan en sí un valor más bien anecdótico. Por ejemplo, en el peritaje de una construcción dañada (por cierto, un edificio de lujo), la armadura del forjado estaba constituída por cable del habitual en los frenos de bicicleta. Con carácter, en cambio, más sistemático se han venido registrando piezas con hormigón deficiente, empleo incontrolado de aditivos, sistemas de calefacción incorrectamente aplicados y, sobre todo, condiciones defectuosas de fisuración que condujeron a corrosión de las armaduras. En otros casos se ha producido la corrosión directa por insuficiente recubrimiento o por empleo de recubrimientos, que, siendo geométricamente correctos, estaban constituidos por hormigón poco compacto o poco rico.

En bastantes casos la mala calidad estaba ya potencialmente en los defectos del propio proyecto.

EL PROYECTO DEL FORJADO

En teoría, la Autorización de Uso estaba destinada a permitir que cualquier Proyectista, a partir de unas piezas prefabricadas concretas, pudiera proyectar el forjado. En esquema, el proceso abarca las etapas siguientes:

- Cálculo de esfuerzos.
- Selección de las piezas prefabricadas.
- Eventual cálculo de las armaduras de momentos negativos.
- Comprobación del esfuerzo cortante.
- Comprobación del esfuerzo rasante.
- Comprobación de flechas.

La verdad es que, en la práctica, lo usual es que el cálculo, no ya sólo de las piezas prefabricadas, sino también del conjunto del forjado, lo hagan los Técnicos del Fabricante. Esto es lógico y es habitual en prefabricación, puesto que son los Técnicos del Fabricante los que mejor conocen su sistema. Se entiende que la coordinación con el Proyectista del resto de la estructura funciona perfectamente.

Sin embargo, en España y por lo que se refiere a los forjados, la situación se presenta con muy particulares características:

- Los planos del forjado se suelen redactar cuando ya la obra está adjudicada. Es decir, que el cálculo se realiza cuando la figura oficial del Proyectista ha terminado su labor. Generalmente los planos y memoria de cálculo del forjado no vienen firmados por ningún Técnico responsable. Parece que lo lógico es que fueran firmados por el Técnico del Fabricante y posteriormente conformados por el Director de Obra. Sin embargo no suele ser así y la práctica general es que son planos que entran en la obra sin firmar.
- Son muchas las Firmas Fabricantes de Forjados que emplean para la realización de los cálculos estructurales personal sin titulación técnica legalmente válida e, incluso, personal no técnico.
- El que los planos vayan sin firmar permite a quien calcula el forjado situarse en posiciones excesivamente optimistas respecto a los

materiales no prefabricados y respecto a los niveles del control de ejecución. Por ejemplo, es frecuente que el Fabricante del forjado adopte en sus planos $\gamma_c = 1.5$ $\gamma_s = 1.1$ para el hormigón in situ y la armadura de momentos negativos, abaratando así «aparentemente» el coste de la solución, aunque sabe perfectamente que lo más probable es que no se controle en obra el hormigón ni el acero. En realidad, al amparo de la irresponsabilidad que encierra el no firmar cálculos ni planos, está jugando con la gravísima responsabilidad que recaería sobre la Dirección de Obra en caso de accidente.

- Un defecto adicional grave en la mayoría de los planos de forjados es la ausencia de detalles constructivos, especialmente por lo que se refiere a los enlaces del forjado a las vigas. En otros casos no se trata de ausencia de detalles, sino de detalles constructivos erróneos.
- Mención especial merece, desde el punto de vista del Proyecto, el caso de los llamados forjados sin vigas. El método de cálculo previsto tanto en la Instrucción EH-73 como en la EH-80 no es válido más que para soportes en malla rectangular. Incluso en ese caso y cuando se trata de edificios sometidos a acciones horizontales, el método necesita correcciones.

Sin embargo, este método se aplica indiscriminadamente a edificios altos y bajos y, en muchos casos, mediante asimilaciones de dudosa validez se intenta aplicarlo a edificios cuyos soportes no forman malla rectangular. En este último caso el único camino es el cálculo en ordenador, pero ese cálculo es relativamente caro y en general los Fabricantes procuran evitarlo.

LA SELECCION DE OFERTAS

Punto esencial en la mala situación presente. Los Fabricantes que trabajan con buena calidad ven con tristeza cómo sus ofertas son sistemáticamente rechazadas en favor de soluciones de mala calidad pero más baratas. En la mayor parte de las obras, es realmente el Constructor el que selecciona la marca de forjados y, es triste decirlo, casi siempre lo único que considera es el precio. Ni la existencia de Técnicos en la Empresa Constructora ni la presencia de la Dirección de Obra parecen ser capaces de modificar esta desastrosa costumbre.

En este caso aparece uno de los aspectos negativos, a menudo olvidados, de las Autorizaciones de Uso, Sellos de Conformidad, etc. y es el de uniformar la calidad al límite mínimo. En efecto, una solución mediocre, pero poseedora de la Autorización de Uso, es, en la práctica, considerada técnicamente tan buena como cualquier otra. Esto es injusto y la injusticia viene por dos vías diferentes. En primer lugar, la Autorización de Uso la poseen todos los Fabricantes, y por las razones que dijimos, ha sido otorgada en ocasiones a sistemas defectuosos. En segundo lugar, la Autorización ampara a las piezas en sí, pero no al conjunto del forjado. Cuando se trata de comparar dos soluciones, el argumento de que al poseer ambas la Autorización de Uso son técnicamente equivalentes y, por lo tanto, debe seleccionarse la más barata, es rotundamente falso.

En muchos casos la competencia comercial, que ha llegado a ser durísima, empuja a ciertos fabricantes a reducciones en las hipótesis de carga y en los coeficientes de seguridad, mientras que otros respetan escrupulosamente la Normalización vigente. Sólo una revisión seria de las Memorias de Cálculos y de los Planos de las distintas soluciones permite realizar una selección correcta.

LA RESPONSABILIDAD DEL PROYECTO DE LAS PIEZAS

En principio, la responsabilidad del proyecto de las piezas es evidentemente del Técnico que calculó la colección, quien generalmente es un Técnico del Fabricante. Sin embargo, la aparición de la figura de la Autorización de Uso modifica este concepto, ya que al reservarse la Administración la revisión y aprobación de cada sistema de forjados, es obvio que comparte la responsabilidad en caso de error.

El tema es importante y debe entenderse en sentido amplio. Así por ejemplo, en el caso de forjados de semiviguetas, en los que la revisión ha de alcanzar no sólo a las piezas prefabricadas sino también a las secciones compuestas de hormigón in situ y pieza prefabricada, es claro que la resistencia al esfuerzo rasante debe ser analizada. De acuerdo con EH-80 y EP-80 el Fabricante debe demostrar experimentalmente que este requisito se cumple. Dudamos que en la mayoría de los casos se haga así.

LA RESPONSABILIDAD DEL PROYECTO DEL FORJADO

Este es un tema mucho más espinoso. En la mayoría de los casos el Proyectista indica en sus planos un forjado tipo, pues comúnmente no desea (o no puede desde el punto de vista legal) indicar una marca comercial concreta.

Después de adjudicada la obra, suele ser de hecho el Constructor el que selecciona el forjado, en la mayoría de los casos con una vaga aprobación de la Dirección de Obra. Interesa destacar aquí, para claridad de lo que sigue, que a partir de este momento, aunque los papeles de Proyectista y Director de Obra recaigan en una misma persona física, la única presencia es la de la Dirección de Obra. Sentado esto, debe considerarse que los planos del forjado, como cualquier otro plano de la estructura, deberían en principio ir firmados por el Proyectista y si el cálculo lo realizó un Técnico distinto del Proyectista, con capacidad legal para esa actividad, deberían ir firmados por ambos. Tal como hemos visto, en el momento en que se calcula el forjado y se redactan los planos, hace tiempo que terminó la misión del Proyectista. Parece que lo lógico es que sea el Director de Obra el que revise y firme la conformidad de los planos, si es que los realizó el Fabricante; y parece asimismo obligado que el Técnico del Fabricante (que debería estar legalmente capacitado para calcular estructuras) firme también los planos. Pues bien, eso no ocurre casi nunca. La práctica habitual es que los planos de forjado circulan por la obra, salvo pocas y respetables excepciones, sin firma de ningún Técnico legalmente responsable y, a lo sumo, con el membrete de la marca comercial del Fabricante.

Ante cualquier defecto o accidente resulta claro que, mientras en la situación teórica de la doble firma de Director de Obra y Técnico del Fabricante, la responsabilidad sería compartida, con fuerte incremento hacia este último, en la situación habitual la responsabilidad recae enteramente en el Director de Obra, quien prácticamente no ha intervenido en el tema.

LA RESPONSABILIDAD DE LA CALIDAD DE LAS PIEZAS PREFABRICADAS

Nos referimos ahora a piezas acordes con lo previsto en la Autorización de Uso, pero que, por defectos en los materiales o en la fabricación, resulten defectuosas.

Parece evidente que al tratarse de un producto industrial que llega terminado a obra y producido en una fábrica que, al menos en teoría, está supervisada por un Técnico, la responsabilidad debería corresponder en el aspecto civil a la firma fabricante y, en el penal, al Técnico del Fabricante. Sin embargo, dada la parquedad de nuestro Código Civil respecto al tema, el asunto ha de regirsé en muchos casos por el criterio del Juez. En algunas ocasiones se ha considerado como responsable a la Dirección de Obra, por entenderse que debía verificar la calidad de las piezas recibidas. Esto no parece ra-

zonable pues el control de las piezas no es fácil de hacer en obra.

LA RESPONSABILIDAD DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES INCORPORADOS EN OBRA Y DE LA EJECUCION

Es claro que en este caso se trata de aspectos que caen por entero bajo la responsabilidad de la Dirección de Obra y del Constructor.

Debe señalarse aquí un caso particular importante, que es el de la omisión de la armadura transversal especificada como obligatoria tanto en la antigua Instrucción EH-73 como en las actualmente vigentes EH-80 y EP-80. Son muchos los Fabricantes de Forjados que en sus planos omiten esta armadura, con el fin de abaratar su oferta. La ausencia de esta armadura, aparte de crear inconvenientes de muy variados tipos, tiende a producir fisuras en los tendidos de techos, al permitir la flexión independiente de unas viguetas respecto a sus contiguas. La responsabilidad en este caso, de acuerdo con lo que antes vimos, recae por entero sobre la Dirección de Obra y no será compartida por el Constructor, ya que éste argumentará que esa armadura no figuraba en los planos.

De acuerdo con nuestra experiencia, esta armadura, que es obligatoria en España desde 1973, se omite en un 80% de los edificios. Si se piensa que su coste es del orden del uno por mil del coste del edificio y que su trascendencia en la calidad es grande, puede deducirse en qué condiciones de competencia descontrolada se está moviendo el forjado en nuestro país.

LA NORMATIVA Y SU CUMPLIMIENTO

Cabe preguntarse, si la calidad de nuestros forjados es con frecuencia baja, cuál es la situación con respecto a la Normativa.

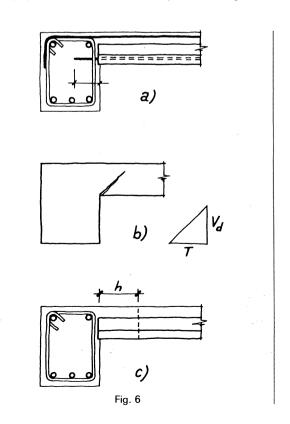
Por lo que se refiere a la Autorización de Uso, todos los fabricantes la tienen, con los defectos en algunos casos que ya hemos apuntado. Es frecuente a veces que, por cambio de características mecánicas de las armaduras, que van elevándose a lo largo del tiempo, algunos fabricantes suministren productos que no corresponden a sus Autorizaciones de Uso.

En cuanto a las Instrucciones EH-80 y EP-80, su contenido referente a forjados es ciertamente escaso, pero no más escaso que los de las Instrucciones vigentes en la mayoría de los países. Ya hemos señalado que en puntos concretos e importantes, como es el de la armadura transversal, las Instrucciones se violan en un porcentaje elevadísimo de casos.

En general sin embargo, los puntos de más frecuente conflicto surgen en los enlaces del forjado al resto de la estructura.

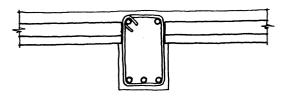
En la figura 6-a se indica, a título de ejemplo, un detalle de enlace de un forjado de semivigueta a una viga de fachada. Si consideramos la posibilidad de una fisura a 45° tal como se indica en la fig. 6-b, el equilibrio exige que la armadura sea capaz de anclar a la viga una fuerza igual al cortante. Esto exige que la armadura de la vigueta (con o sin vigueta que la acompañe) entre en la viga una cierta longitud I. Es claro que temas como éste no figuran en la Instrucción, pero debe considerarse que una Instrucción no es un libro de texto. El asunto ha sido tratado, en cambio, en las Normas Tecnológicas, que adoptan la solución indicada en la fig. 6-c. Vaya por delante nuestro aprecio por la NTE de forjados unidireccionales, que consideramos un documento importante para la mejora de calidad de los forjados. pero vaya también nuestra discrepancia en este tipo de enlace. Al adoptar un macizado igual al canto y no exigir anclaje de la armadura, ésta se ancla a través de la vigueta en el macizado y no en la viga. La estabilidad del apoyo queda por tanto condicionada a la resistencia a tracción del hormigón, cosa a nuestro juicio arriesgada sobre todo si la distancia de juntas es grande, el curado escaso, etc.

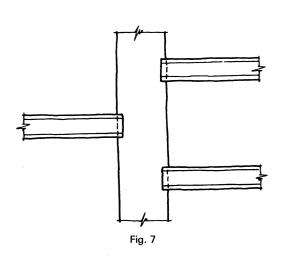
Un segundo detalle que ocasiona daños con frecuencia, se indica en la fig. 7. Se trata de un apoyo continuo de un forjado de viguetas



semirresistentes. Una mala costumbre frecuente es no cuidarse de enfrentar sensiblemente las viguetas. Salvo que la viga sea muy ancha, o se dispongan amplios macizados en el forjado a ambos lados de la viga, las compresiones originadas por el momento flector de apoyo no se pueden encauzar de las semiviguetas de un vano a las del otro, con lo cual en definitiva el momento negativo en el apoyo es muy inferior al correspondiente a la armadura colocada. Correlativamente aumentará el de vano, con mayores flechas y fisuración excesiva.

Un tercer punto de incumplimiento frecuente es el indicado en la figura 8. Constituye probablemente el defecto de ejecución más generalizado en nuestros forjados y consiste en que la armadura de momentos negativos no tiene asegurada su posición 1 mediante sistemas eficaces y acaba durante el hormigonado en la posición 2, con la consiguiente necesidad de proceder al refuerzo del forjado. Una de las ventajas adicio-





nales de la armadura transversal es que permite atar a ella la de momentos negativos, impidiendo descensos apreciables de ésta.

Existe en cambio en la actualidad un problema de mala calidad en los forjados que tiene su origen, en parte, en la Normativa (EH-80 y EP-80). Se trata del caso de que la deformabilidad del forjado, admisible para éste, no es compatible con la rigidez de las tabiquerías y éstas se fisuran. El problema es grave y no es sólo un problema de nuestro país. Lo que ocu-

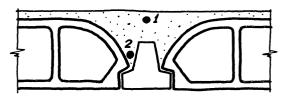


Fig. 8

rre es que en España se está presentando con abundancia y gravedad excepcionales por nuestra crónica costumbre de emplear forjados con muy poco canto. El tema se agrava simultáneamente por tres vías:

- Al manejar cada vez mejores materiales es posible dimensionar piezas de menor sección, que son suficientemente resistentes pero no suficientemente rígidas.
- Al progresar las Normas de cálculo, también ello contribuye a un mayor aprovechamiento de las secciones.
- Las necesidades de luces mayores crecen continuamente. Hace veinte años un forjado de 6 m de luz era poco frecuente. Hoy es usual.

Todo ello ha conducido a que las reglas de limitación de flechas de nuestras Instrucciones no resulten ya válidas y hay que pensar en su revisión. Es fácil por otro lado darse cuenta de que una limitación lineal de la flecha en función de la luz, del tipo:

$$f \leq \frac{1}{k}$$

no podrá ser mantenida en el futuro y habrá que adoptar relaciones algo más complicadas.

LOS SELLOS DE CONFORMIDAD

En España existe desde hace años un sello de conformidad para viguetas de forjado, denominado CIETAN, organizado conjuntamente por la Asociación Nacional de Fabricantes ANDECE y por el Instituto Eduardo Torroja. La concesión y vigilancia del sello se realiza por una Comisión en la que están representados todos los sectores interesados y en particular los Colegios Profesionales y la Administración. El instrumento técnico del Sello es el propio Instituto Torroja. En nuestra opinión la marcha del Sello ha sido muy satisfactoria desde el punto de vista de la calidad y recientemente el sello CIETAN ha sido homologado por el MOPU. Sin embargo, la situación no es tan satisfactoria para los propios fabricantes. El tener concedido

el Sello significa disponer de una fábrica bien equipada y fabricar con procedimientos correctos, y eso supone un mayor coste. Competir en esas condiciones con quienes no tienen instalaciones tan eficaces ni procedimientos de fabricación tan correctos, es tarea prácticamente imposible. Ante esta situación caben dos posibilidades si queremos que el Sello y la calidad que representa, sobrevivan:

- Una posibilidad es que la Administración y los Colegios Profesionales, a través de los Directores de Obra, den preferencia al uso de forjados con Sello. La experiencia en este sentido es pésima. En particular, la inmensa mayoría de los Directores de Obra, que tanto se han lamentado durante muchos años de la mala calidad de los forjados, ni aislada ni corporativamente han hecho nada por ayudar a un Sello que precisamente nació para dar calidad.
- La segunda posibilidad, que a nuestro juicio es la que puede funcionar, es rebajar en las Instrucciones correspondientes los coeficientes de seguridad a los forjados con Sello. No se trata, en absoluto, de reducir la seguridad en esos forjados, sino de reducir los coeficientes de seguridad en forjados que sean fabricados bajo el control que supone el Sello, de forma que la seguridad sea análoga a la de los forjados fabricados sin esos controles.

Es evidente que si los Fabricantes que poseen el Sello no encuentran una ventaja económica en esa posesión, acabarán abandonándolo.

APUNTES PARA EL FUTURO

De acuerdo con lo expuesto, parece claro que se necesitan varias actuaciones para colocar la calidad de los forjados en el nivel adecuado. A continuación se pasa revista a las que parecen más urgentes y aconsejables:

- Exigencia de Técnicos al frente de la fabricación y verificación de su presencia real en fábrica el tiempo necesario.
- La publicación de las Instrucciones EH-80 y EP-80 obliga a cambiar el tipo de fichas de las Autorizaciones de Uso. Según nuestras noticias el MOPU está trabajando en el tema y como todos los sistemas de forjados han de ser revisados para la concesión de la nueva Autorización de Uso, es una excelente ocasión para una revisión completa y detallada de todos los forjados y en especial de las Memorias de Cálculo.

En particular, y para los forjados de semiviguetas, la cuestión del esfuerzo rasante debe ser seriamente estudiada, ya que bastantes forjados están trabajando con tensiones rasantes inadmisibles.

- Un punto importante es introducir en las nuevas Autorizaciones los conceptos de módulo de flecha separadamente para cargas breves y cargas de larga duración.
- Es necesario ampliar y revisar las especificaciones contenidas en las Instrucciones EH-80 y EP-80. En especial lo concerniente a esfuerzo cortante y rasante necesita modificaciones sustanciales. Lo relativo a detalles constructivos y enlaces debe ser incluido. En este sentido la Comisión Permanente del Hormigón está organizando un Grupo de Trabajo sobre el tema.
- El Ministerio de Industria, bien directamente o a través de sus Entidades Colaboradoras (lo que parece más racional) debe realizar inspecciones sistemáticas de las Fábricas, revisando los ensayos diarios de control y realizando esporádicamente ensayos de contraste.
- Los Fabricantes de Forjados, cuando calculen el forjado, deben entregar los planos firmados por un Técnico legalmente capacitado, acompañando a los planos la correspondiente memoria de cálculo. Estos planos no deben enviarse a obra sin el conforme del Proyectista o del Director de Obra, según sea el caso.
- La Administración y los Colegios Profesionales deben proteger el empleo de productos con el Sello CIETAN, mediante alguno de los procedimientos anteriormente apuntados.
- Si los Proyectistas no indican el forjado en el Proyecto, por no inclinarse por una marca comercial determinada, deben al menos especificar claramente la calidad técnica exigible.
- La selección del tipo de forjado no debe hacerse sin un estudio detallado de la calidad técnica de las ofertas disponibles.

Este estudio técnico debe ser previo a la toma en consideración de los costes. En este sentido es fundamental que se comunique previamente a los distintos Fabricantes consultados los niveles de coeficientes de seguridad y valores de las acciones que deberán tenerse en cuenta, con el fin de que las distintas ofertas estén redactadas sobre bases técnicas homogéneas.

BIBLIOGRAFIA

- (1) LOZANO, G.: «Forjados y losas de piso». Ediciones G.L.A. Gijón 1977.
- CALAVERA, J. «Cálculo, Construcción y Patologia de Forjados de Edificación». INTEMAC. Madrid 1981.
- (3) CALAVERA, J. «El Coeficiente de Seguridad y el Momento de Rotura Nominales como bases de juicio para el control de piezas mediante ensayos a rotura por flexión». Hormigón y Acero n.º 130/131/132 (1979).