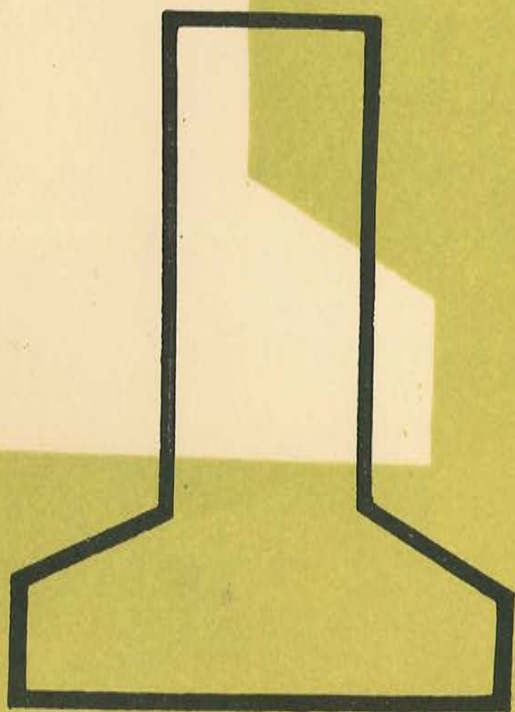


ULTIMAS NOTICIAS SOBRE

# **hormigón pretensado**



BOLETIN NUM. 50 DE LA ASOCIACION ESPAÑOLA DEL HORMIGON PRETENSADO  
DEL INSTITUTO TECNICO DE LA CONSTRUCCION Y DEL CEMENTO

a

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS  
Patronato "Juan de la Cierva" de Investigación Técnica

ULTIMAS NOTICIAS  
Técnicas en Estructuras  
Hormigón Pretensado  
Boletín de circulación limitada

Nº 50

Mayo-Junio 1959



- INSTITUTO TECNICO DE LA CONSTRUCCION Y DEL CEMENTO -

Depósito Legal: M-873-1958

TERCER CONGRESO DE LA FEDERACION INTERNACIONAL DEL PRETENSADO

Berlin, 1958

Tercera Sesión

Informe General

PROGRESOS CONSEGUIDOS EN LA PREFABRICACION DE ELEMENTOS DE HORMIGON PRETENSADO Y EN LOS SISTEMAS UTILIZADOS PARA SU MONTAJE Y COLOCACION EN OBRA

Ponente General: Prof. D. H. New

Inglaterra

Han sido aceptadas, para su publicación, las siguientes comunicaciones:

Informes de los grupos nacionales de Gran Bretaña y Holanda y trabajos particulares de Alemania Oriental, Alemania Occidental (2), Checoslovaquia (2), España, Estados Unidos de Norte América (3), Gran Bretaña (2), Nueva Zelanda, Polonia, Rumania, Rusia (2) y Suiza.

Debe señalarse que, lo mismo que ocurrió con ocasión del II Congreso, no se ha recibido comunicación alguna de determinados países que, no obstante, y según se sabe, han realizado notables trabajos sobre este tema, especialmente en el campo de la prefabricación.



Es de lamentar que, debido a la falta de espacio, algunas contribuciones que contenían interesantes informaciones no han podido ser aceptadas, mientras que otras ha habido que reducirlas considerablemente. La generalización del sistema de presentación de Informes Generales por parte de los diversos Grupos Nacionales, tal como algunos países han hecho, habría mejorado mucho esta situación.

Procesos de prefabricación.— Berditchevski, Svetov y Sklyar, de Rusia (Nº 1), presentan una interesante contribución en la que se describe la prefabricación en gran escala de elementos de hormigón pretensado, mediante el empleo de una máquina para la colocación continua del alambre de pretensado. Los asistentes al II Congreso recordarán, seguramente, una película en la que se daba a conocer este sistema.

Las losas para forjado se construyen sobre una mesa giratoria. Los alambres de pretensado se colocan haciéndolos pasar, bajo tensión, alrededor de una serie de pivotes metálicos, sujetos rigidamente a la mesa y que sobresalen de la placa que se construye. Debido a las muchas vueltas dadas al alambre alrededor de estos pivotes, debe aplicarse un alto coeficiente de seguridad a la rotura para compensar la posible falta de adherencia.

Las vigas se fabrican, generalmente, por parejas, colocando una al lado de la otra. La armadura, continua, pasa a lo largo de una de las piezas, rodea al llegar al extremo una ranura semi

circular, y se introduce en la otra viga. Finalmente, se cortan los alambres en la parte correspondiente a la ranura semicircular del ex tremo, y se obtienen así dos vigas enteramente análogas a las que normalmente se construyen con armaduras ancladas por adherencia. Es te sistema recuerda al empleado, en mayor escala, en el procedimiento Leonhardt, con la diferencia de que aquí el alambre se va tesando a medida que se coloca, mientras que en el sistema Leonhardt se tesa posteriormente.

También construyen elementos prefabricados para muros, constituidos por una cuadrícula de elementos de rigidez, que se cru zan en ángulo recto, pasando unos a través de los otros, y que sirve de bastidor a una losa de hormigón armado ordinario, de 2,5 cm de espesor, que lleva como armadura una tela metálica soldada.

Las vigas para cubierta se construyen empleando dos o tres elementos especiales de hormigón que llevan embebidas unas pie zas metálicas de enlace y que permiten la transmisión de las trac- ciones de las alas inferiores. Estas piezas de enlace se unen por medio de unos pasadores, soldados, o no, que se colocan en las unio nes. Gracias a un adecuado trazado del alambre continuo de pretensa do, estas vigas son capaces de resistir, no sólo las sollicitaciones de flexión, sino también los esfuerzos cortantes, especialmente en las proximidades de los apoyos.

Debe señalarse que el procedimiento descrito es particulu



larmente recomendable cuando puede dedicarse toda una fábrica o sección de ella a la producción exclusiva, en gran escala, de un solo tipo de pieza, pero esto daría lugar a una excesiva normalización en las construcciones. Aunque la mayor parte de los congresistas no sean partidarios de esta excesiva uniformidad, las posibilidades que al procedimiento se les ofrecen podrían muy bien servir de estímulo para un cambio de parecer.

El informe del Grupo Británico (Nº 2) comenta las contestaciones enviadas por unas treinta Empresas a un cuestionario que se les remitió con el fin de conocer diferentes detalles sobre los procesos de fabricación que normalmente se utilizan. De dicho informe se deduce que el tipo de alambre que más se emplea para piezas con armaduras ancladas por adherencia es el de 5 mm de diámetro, siguiéndole muy de cerca el de 7 mm. El tamaño máximo de las barras roscadas es de 28 mm de diámetro y, según parece, los cables no se usan generalmente.

El empleo de alambres corrugados está mucho más extendido que el de los anclados mediante bucles o rizados (sin embargo, del trabajo presentado por Base [ Nº 9 ] parece deducirse que este último tipo de anclaje está, actualmente, generalizándose con gran rapidez).

Los máximos pesos y longitudes de las piezas fabricadas por la mayoría de las firmas consultadas son, generalmente, de 5 á

10 t y de 18 m. No obstante, en algunos casos se indican piezas de 34 t de peso y 33 m de longitud.

No parece que el curado al vapor sea normalmente empleado en los procesos de fabricación en serie y, de tratarse de trabajos de gran urgencia, únicamente una firma utiliza el cemento aluminoso. Se indican también algunos valores sobre "pérdidas de tensión" y se hace referencia a lo que, a este respecto, indican las Normas.

En general, se observa una cierta tendencia a la sustitución de las secciones en I por las vigas huecas de sección rectangular, y resultaría muy interesante hacer un estudio comparativo sobre el aspecto económico de esta cuestión.

Como ya se ha indicado anteriormente, es lamentable que por falta de espacio haya habido que eliminar algunos de los trabajos recibidos. Uno de ellos, el de Simonnet (Méjico), describe la fabricación, en grandes cadenas de producción, de vigas de pequeña longitud. La novedad del procedimiento consiste en que los moldes, que son pesados y metálicos, van montados sobre una máquina que circula sobre raíles que corren a lo largo de toda la bancada de fabricación. Colocada la máquina en el lugar adecuado se bajan los moldes a la bancada, y se vierte, sobre los alambres ya tesos, un hormigón muy compacto, sometiénolo a una intensa vibración. Una vez terminado el vertido y vibrado del hormigón, la máquina procede in



mediatamente al desmolde, retirando el molde hacia arriba con un lento movimiento inicial seguido de un brusco descenso, pasando entonces a colocarse sobre la viga siguiente. Seguramente este procedimiento no es aplicable a todo tipo de áridos, pero si así fue se, y siempre que el volumen de producción sea suficientemente grande, parece que puede dar lugar a resultados muy satisfactorios desde el punto de vista económico.

Otro trabajo que no ha podido publicarse es el de Seltenhammer, de Austria, en el cual se describe un procedimiento original para la fabricación de tapas para pozos, radialmente pretensadas. La placa circular de hormigón se mantiene en las cámaras de curado durante un plazo mucho mayor que el normal. A continuación, se calienta al rojo un anillo metálico cuyas dimensiones coinciden exactamente con las de la placa de hormigón, se coloca después la placa en su interior, e inmediatamente se le enfría, antes de que el hormigón pueda ser afectado por el intenso calor. Se indican algunos detalles de los resultados obtenidos en los ensayos realizados sometiendo las piezas así fabricadas a la acción de fuertes impactos. No se dan los valores del esfuerzo de pretensado obtenido mediante este procedimiento ni se dice nada sobre las pérdidas de tensión que, con el transcurso del tiempo, pueden originarse.

En el trabajo de Price, de Estados Unidos (Nº 3), se



trata, principalmente, de la fabricación de varios tipos de piezas provistas de armaduras ancladas por adherencia formando cadenas de gran longitud, procedimiento aplicado particularmente a elementos de sección en doble T y pretensados mediante cables de 7 alambres. La demanda de estas piezas ha aumentado tan rápidamente que en la actualidad son más de doscientas las fábricas que se dedican a esta producción. Se estudian también en este trabajo las dificultades con que se tropieza al tratar de impedir diferencias en las con-traflechas de elementos análogos, problema que, lógicamente, debe afectar en general a todos los fabricantes.

Se indica en este informe que, con el fin de reducir el número de obreros especializados necesarios, se observa en la actualidad una tendencia general a sustituir los procesos de producción en cadena por los de pos-tesado, que parecen más ventajosos desde el punto de vista económico. Este hecho no aparece reflejado en ninguno de los trabajos procedentes de otros países.

Gerwick, de Estados Unidos (Nº 4), hace la interesante observación de que, a causa de las dificultades que suponía el traslado de un punto a otro, dentro de la fábrica, de las pesadas vigas destinadas a la construcción de puentes, se ha llegado a la conclusión de que resulta más económico construir estas vigas utilizando bancadas de la longitud estricta para cada unidad y en las cuales las piezas, en lugar de colocarlas en línea, se disponen paralelamente unas al lado de las otras. Se discute el sistema utilizado para el pre

tensado que consiste en doblar hacia arriba, en las proximidades de los extremos de las piezas y mediante adecuados dispositivos de anclaje, los cables que constituyen la armadura. Se describe también el empleo de un procedimiento acelerado de curado que consiste en colocar, sobre las piezas, unas campanas perfectamente herméticas alimentadas con vapor. Se ha podido comprobar que este dispositivo proporciona resultados mucho más satisfactorios que el empleo de lonas o toldos encerados para cubrir las piezas durante el período de curado.

Smith, de Estados Unidos, se ocupa del desarrollo de la técnica del pretensado en Norteamérica, así como de las ventajas que presentan los métodos de prefabricación en relación con los de hormigonado "in situ". Expone, detalladamente, las características de un taller destinado a la fabricación de elementos de hormigón pretensado empleando grandes cadenas de producción.

Vondracek, de Checoslovaquia (Nº 6), describe la fabricación de tuberías de hormigón, pretensadas longitudinalmente mediante una serie de alambres rectos, aislados unos de otros, y radialmente empleando un solo alambre continuo arrollado en espiral. Mediante un tratamiento térmico adecuado se puede reducir el tiempo de curado de estas piezas.

Stanek, de Checoslovaquia (Nº 7), señala que resulta más económico montar un taller en obra para la fabricación de gran-



des vigas, que enviar éstas, a través de largas distancias, desde un almacén central.

Kirchknof, de Alemania Occidental (Nº 8), describe la fabricación en obra de vigas, de más de 30 m de luz, pretensadas mediante armaduras ancladas en los extremos. Hace notar que este procedimiento evita el tener que transportar las piezas desde el lugar de su fabricación al de ubicación de la obra, lo cual presenta, en general, serias dificultades.

#### Desarrollo de la adherencia

Este tema es de importancia fundamental para todos los fabricantes de piezas de hormigón pretensado con armaduras ancladas por adherencia. A él se refieren los trabajos presentados por Base, de Gran Bretaña (Nº 9), y Ratz, Holmjanski y Kolner, de Rusia (Nº 10), trabajos que, por su interés, son dignos de un detenido estudio.

Desde el punto de vista del fabricante, la comunicación de Base tiene una particular importancia, puesto que el 60 por ciento de los ensayos que en él se describen han sido realizados en las propias fábricas y en las condiciones normales de trabajo. Para estos ensayos se utilizó un tipo de elongómetro mecánico especialmente proyectado para su empleo en obra. La otra comunicación se basa principalmente en estudios teóricos combinados con ensayos en laboratorio. Sin embargo, las conclusiones que de ella se desprenden son

de un gran interés.

En ambos trabajos se demuestra que la resistencia del hormigón influye notablemente sobre la adherencia, hecho este que no debe nunca olvidarse cuando se intenta aplicar el pretensado a hormigones de relativamente baja resistencia. A este respecto, en el trabajo de Base se indica que la longitud necesaria para el anclaje es mayor en los alambres situados en la cabeza superior de la pieza que en los que van alojados en la cabeza inferior, lo que se explica teniendo en cuenta la menor compacidad que normalmente adquiere el hormigón situado en dicha cabeza superior, debido al proceso de fabricación.

En la comunicación rusa se hace notar que, al aumentar la profundidad de los resaltos, se mejora la adherencia, pero que debe estudiarse la influencia que la altura de estos resaltos puede ejercer sobre la resistencia a la fatiga de la pieza.

Se deduce también que la adherencia de los alambres colocados por parejas es tan buena como cuando se colocan aislados unos de otros, y que los cables constituidos por alambres retorcidos dan resultados muy satisfactorios, especialmente en comparación con los alambres lisos, cuando se utilizan hormigones de baja resistencia. Base señala que las barras corrugadas y torsionadas de 16 milímetros de diámetro pueden muy bien utilizarse para armaduras ancladas por adherencia, siempre que pueda contarse con una longitud de anclaje de 75 cm por lo menos.



En ambos trabajos se estudia el estado de tensiones que se origina en las zonas de anclaje, así como las longitudes necesarias para la adherencia de alambres de diferentes diámetros. En el caso de alambres delgados, antes de alcanzarse la distribución final de tensiones se produce, en una zona muy próxima al extremo de la pieza, una fuerte concentración de esfuerzos.

No parece que la adherencia experimente sensibles variaciones con el transcurso del tiempo. No obstante, la influencia de este factor es mayor en los alambres lisos que en los corrugados. Base indica que cuando los alambres se sueltan bruscamente de los anclajes se observa un importante aumento de la longitud de adherencia y encarece la necesidad de realizar una cuidadosa compactación del hormigón que rodea a la armadura en los extremos de la pieza, con el fin de asegurar la buena calidad que, en esta zona, se requiere en el hormigón para que sea capaz de absorber los fuertes esfuerzos de adherencia que en ella se originan. La evidencia de esta necesidad es tan patente que no se juzga necesario insistir sobre el particular.

Base señala algunos valores de las tensiones registradas en un mismo plano vertical en las proximidades de los extremos de una viga, e indica que los cercos destinados a absorber estas tensiones deben concentrarse junto a dichos extremos colocándolos con una separación mínima. Gerwick, de Estados Unidos (Nº 4), también recomienda la colocación de cercos verticales para evitar que

se produzcan fisuras longitudinales, pero sugiere que tales cercos deben mantenerse no sólo en los extremos, sino también hasta una cierta distancia a partir de ellos.

### Largueros de puentes

Un cierto número de los trabajos recibidos se ocupa del tema de las vigas para puentes, y señalan que, en este campo, es de prever un amplio desarrollo de las aplicaciones de la técnica del hormigón pretensado, sobre todo teniendo en cuenta que, lógicamente, en los próximos años, la mayor parte de los países se han de ver obligados a ampliar considerablemente tanto sus líneas férreas como sus carreteras.

Sutherland, de Nueva Zelanda (Nº 11), indica como se ha conseguido en su país llegar a interesar a los contratistas locales, en la nueva técnica de los puentes pretensados, ya que generalmente han sido reacios a toda innovación. Las ideas que exponen pueden ser de gran utilidad para todos los ingenieros que intenden introducir esta técnica en análogas circunstancias. Describe varios tipos de puentes utilizados en Nueva Zelanda, construidos a base de dovelas prefabricadas, que pesan de 3 a 6 toneladas cada una, y que se han pretensado "in situ" dejando entre cada dos piezas consecutivas una junta, de 2,5 cm de espesor, rellena con mortero de cemento aluminoso. En el montaje de estos puentes se invierten, solamente, unas 12 horas y, generalmente, suelen también pretensarse transversalmente.



Gerwick, de Estados Unidos (Nº 4), trata de la construcción de grandes vigas enterizas para puentes, con un peso de hasta 85 t y 36 m de longitud, que se han pretensado con armaduras ancladas por adherencia. Incluye algunos detalles sobre los procedimientos utilizados para el transporte de estas largas y pesadas vigas, tanto por mar como por tierra.

Price, de Estados Unidos (Nº 3), se ocupa de la construcción de grandes vigas cajón para puentes y, lo mismo que en el trabajo de Gerwick, se hace mención de un nuevo procedimiento de pretensado que consiste en doblar hacia arriba, en las proximidades de los extremos de las piezas, los cables de pretensado que, posteriormente, han de quedar anclados por adherencia. Indica que para los métodos de postesado se utilizan, preferentemente, barras roscadas, cables Freyssinet o alambres, en cuyos extremos se forma una cabeza por estampado en frío.

Abeles, de Gran Bretaña (Nº 12), describe los tipos de puente ~~normalizados adoptados por~~ los ferrocarriles británicos (Región Oriental). Para luces pequeñas se han elegido una serie de vigas de sección en T invertida, sobre las cuales, una vez colocadas "in situ", se hormigona un tablero de hormigón armado formando así una estructura compuesta. Estas vigas en T invertida se pretensan parcialmente, y en ellas la máxima tensión de tracción admisible es de 45 kilogramos por centímetro cuadrado, excepto para los pasos superiores en donde la tensión de tracción debe ser nula. Para luces supe

riores a los 18 m resulta más ventajoso el empleo de vigas-cajón aligeradas y prefabricadas.

Cuando por determinadas circunstancias se hace preciso conseguir estructuras muy esbeltas aún a costa de la economía de la obra, pueden reducirse los cantos recurriendo a las estructuras construídas por fases sucesivas, en las cuales el pretensado y el verti-do del hormigón se realiza en dos veces. En la primera, el hormigón se somete a una compresión superior a los  $210 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que en la segunda se utilizan cables con trazado poligonal para compen-sar las pérdidas producidas por la retracción y las deformaciones lentas.

En un Apéndice se dan detalles acerca de un ensayo de carga realizado sobre un puente construido en varias fases, en Cooks Green Lane, cerca de Clacton, Essex. Se hace notar la satisfactoria distribución de cargas entre las distintas vigas obtenida, a pesar de no haberse realizado pretensado transversal.

Stanek, de Checoeslovaquia (Nº 7), trata de la fabrica-ción de vigas de más de 49 m de longitud para puentes. Las de más de 25 m se construyen a base de dovelas prefabricadas que, posteriormen-te, se unen monolíticamente mediante el pretensado. Se dan detalles sobre los sistemas Baraba y Horel, de pretensado, que son los más comunmente empleados en Checoeslovaquia. Se describe también el proce-



dimiento utilizado para el montaje de estas vigas utilizando puentes provisionales tipo Bailey.

En el informe del Grupo Británico (Nº 2), se describe la pasarela construída en Eel Pie Island, Twickenham, que consiste en dos vigas en arco, de 49 m de luz, constituidas por una serie de elementos prefabricados, los cuales, una vez colocadas "in situ", se solidarizan mediante el pretensado.

El informe de la STUVO, de Holanda, trata, principalmente de los métodos empleados para conseguir la continuidad de las piezas en los apoyos. Indica que el empleo de armaduras ordinarias con este fin no resulta satisfactorio, debido a que la retracción y deformación lenta de las vigas que concurren en el apoyo originan tensiones que dan lugar a la aparición de fisuras. Se recomienda que, para reducir la fisuración, se disminuya la anchura de la cabeza superior de las vigas, ensanchándolas por su parte inferior y armándolas después, como antes se ha indicado, con redondos de acero dulce ordinario. Debe hacerse notar que este método, si bien puede disminuir los efectos de las deformaciones lentas, parece presentar los mismos inconvenientes que el anteriormente indicado.

Se discute brevemente el tipo de puente con arranques en voladizo para la suspensión del tramo central (Viga Gerber), utilizado en la construcción del puente de Amstel y del que se hizo referencia en los trabajos presentados al II Congreso.

También se menciona en el informe el puente de Klapro zen, en el cual se han utilizado vigas de 20m, simplemente apoyadas para formar una estructura continua de 100 m de longitud. Para conseguir la continuidad se dispuso, en la cabeza superior de las vigas, una ranura para el alojamiento de un cable recto que, corriendo a lo largo de los 100 m de longitud del puente, fué finalmente tesado por sus extremos, dando a la estructura la requerida continuidad.

En el muelle para el transbordador de Amsterdam, que fué visitado por los asistentes al II Congreso, se obtiene la continuidad sobre los apoyos mediante el empleo de unas armaduras cortas suplementarias, de pretensado, que unen los extremos de las vigas pasando por encima del apoyo común.

Finalmente, el informe describe los métodos utilizados para obtener la continuidad mediante cables colocados transversalmente sobre los apoyos. En el primer método, las vigas se solapan lateralmente sobre el apoyo, enlazándose mediante una junta longitudinal a través de la cual se aplica, posteriormente, un pretensado transversal. El rozamiento así originado hace que el conjunto de las dos vigas actúe como un todo monolítico creando una verdadera continuidad. Una modificación de este método consiste en colocar un forjado, pretensado en el sentido longitudinal del puente, entre las alas superiores de las vigas. Introduciendo después un pretensado transversal de costura del forjado



atravesando las cabezas superiores de los largueros, se crea un fuerte enlace entre las vigas que las obliga a trabajar solidariamente. Un tercer método se basa en el tipo de puentes en voladizo y losa suspendida en la parte central, pero para asegurar la continuidad se introduce un pretensado transversal entre los extremos de las vigas adyacentes y una serie de elementos prefabricados, yuxtapuestos, a modo de bridas o cubrejuntas.

### Pilotes

En el informe del Grupo Británico (Nº 2), se señala que los pilotes pretensados permiten llegar a mayor profundidad de hincia que los armados si se mantiene la igualdad de las restantes condiciones y se utiliza el mismo martinete.

Se hace observar que para que un pilote pueda ser hincado profundamente es necesario que el hormigonado se haga con el máximo cuidado, compactando bien el material y escuadrando perfectamente las caras extremas. Como ejemplo se citan los pilotes huecos utilizados en la construcción de la fábrica de gas de Beckton, los cuales tenían 23 m de longitud y sección octogonal de 50 cm entre caras opuestas.

Se describe también una bancada de pretensado, de 132 metros de longitud, construida, a cielo abierto, en la Refinería de Fawley para la fabricación de pilotes de 25 x 25 cm de sección y de 11 a 14 m de longitud. Esta instalación se adaptó, posterior

mente, a la fabricación de pilotes huecos, de sección circular, de 45 a 55 cm de diámetro y 20-27 m de longitud. Los machos de los mol des de estas piezas estaban constituidos por una delgada lámina me tállica.

Price, de Estados Unidos (Nº 3), se ocupa también de la fabricación de pilotes pretensados de sección hueca. Para formar el aligeramiento central, unas veces se utilizan tubos cilíndricos de cartón de fibra que se dejan perdidos en el hormigón, y otras, tubos de goma que se recuperan una vez desinflados. Indica que en la construcción de los pilotes pretensados con armaduras ancladas por adherencia se emplean, invariablemente, cables formados por 7 alambres. Para los pilotes de gran diámetro con armaduras postesas, se utilizan piezas cilíndricas prefabricadas que, posteriormente, se solidarizan ~~unas con otras~~ mediante el pretensado. No se dan detalles sobre el tipo de junta que se forma entre cada dos piezas consecutivas, ni sobre las condiciones de hinca, informes ambos que hubie sen sido de gran interés.

Empalme "in situ", mediante el pretensado de piezas prefabricadas

Este tema ha sido ya discutido parcialmente al tratar de los largueros de los puentes.

En el informe de la STUVO, de Holanda (Nº 13), se hace un estudio comparativo entre este método y el de construcción de es tructuras completas monolíticas. Llama la atención sobre la necesi



dad de vigilar cuidadosamente el curado en las juntas, punto esto muy importante y que, en general, se descuida. Para evitar las juntas defectuosas y la fisuración a que podrían dar lugar, se propone disponer una armadura en la cara frontal de cada una de las piezas que forman la junta. Sin embargo, parece que esta medida ha de resultar muy costosa, y que, por otra parte, no existe ninguna razón particular que impida formar la junta de un modo satisfactorio. Sería interesante conocer la opinión mantenida sobre este problema por otros especialistas.

En la actualidad se construyen bastantes edificios considerando sus estructuras como hiperestáticas en los que únicamente se emplean pequeños bloques prefabricados que se solidarizan entre sí una vez colocados utilizando el pretensado. Entre ellos cabe citar un garaje en s'Hertogenbosch, en el cual los pilares se mantenían en posición debidamente arriostrados, hasta colocar los elementos transversales de la estructura. Posteriormente se unían estos elementos a los pilares por medio del pretnsado y se retiraba el arriostramiento provisional. Otro ejemplo, muy notable es una fábrica de papel en Warmer en la que la estructura, incluyendo los soportes, muros, grúa, viguería y paneles para los muros y cubierta, se construyó a base de bloques pequeños de hormigón, prefabricados, los cuales una vez colocados "in situ", se pretensaron para formar un conjunto perfectamente monolítico. Generalmente, no se coloca armadura ordinaria de acero dulce más

que bajo los anclajes y en las m<sup>o</sup>nsulas.

La construcción de edificios por este procedimiento exige, naturalmente, medios auxiliares muy ligeros y reducidos, pero en cambio tiene el inconveniente de que el trabajo que es necesario realizar en la propia obra es muy considerable. Frecuentemente, puede resultar más ventajoso utilizar una maquinaria más pesada para poder manejar piezas prefabricadas que lleguen a la obra formando elementos de mayores dimensiones. Parece que antes de adoptar este procedimiento que, como se ha indicado, complica considerablemente los trabajos que hay que realizar "in situ", debe estudiarse detenidamente el aspecto económico del problema. También en este caso convendría conocer lo que, sobre este particular, opinan otros especialistas.

Ros, de Suiza (N<sup>o</sup> 14), describe una estructura de hormigón pretensado construida en Finlandia para la nave de calderas y sala de turbinas de una central eléctrica. Las vigas y soportes de esta estructura están constituidos por una serie de elementos de 2 metros de longitud, con juntas intermedias de 2 cm de espesor. En este informe se da cuenta del sistema utilizado para tesar las armaduras por parejas de alambres una vez terminados los soportes. También se dan detalles acerca de las vigas trianguladas, de madera, sobre las que se colocan los distintos elementos prefabricados de que se compone la viga para pretensarlos después y crear el monotetismo.



Del informe del Grupo Británico (Nº 2) se deduce que las juntas, de unos 2,5 cm de espesor, ~~rellenadas~~ con mortero seco, constituyen la práctica más frecuentemente empleada. Se llama la atención sobre la necesidad de efectuar un cuidadoso calafateado en las mismas, y se hace notar que el "emplastecido" de las juntas no da buen resultado porque origina fuertes tensiones locales con la consiguiente aparición de fisuras.

Según este informe no es conveniente emplear cemento aluminoso para el relleno de las juntas, ya que es muy probable que el interior de la junta quede mal curado, tama que convendría discutir por su interés.

También se insiste sobre la necesidad de disponer los conductos para los cables con toda precisión para facilitar el paso de los alambros a través de las juntas formadas entre las distintas piezas.

Se citan en el informe varios ejemplos, entre los que destaca, por su interés, el hangar del aeropuerto de Gatwick, cuya estructura está constituida por una serie de cerchas paralelas, de 32 m de luz, unidas entre sí mediante un pretensado transversal a través de las correas para enlazar sus cabezas superiores. Estas cerchas se apoyan sobre vigas en celosía, de 43 m de luz, que salvan los vanos de las grandes puertas del hangar.

La fábrica de Southampton es un buen ejemplo de aplica-

ción del sistema de voladizos con tramo central suspendido a la construcción de edificios. La fotografía que reproduce el tramo central de una de las vigas principales con sus elementos de rigidez utilizados para apoyo de las vigas secundarias, ofrece un gran interés.

Las vigas de 31 m de luz empleadas en East Kilbride son análogas a las utilizadas en la construcción del hangar del aeropuerto de Londres, ya descritas en uno de los trabajos presentados al Segundo Congreso. Como estas vigas se han proyectado para una sobrecarga mayor, su espesor de alma es de 12,5 cm en lugar de 10.

Barredo, de España (Nº 15), describe la construcción de vigas para cubiertas constituidas por una serie de elementos prefabricados pretensados conjuntamente. Cada uno de estos elementos tiene 1,53 m de longitud, y va provisto de conductos para el paso de los cables. Estos conductos se forman con unas barras de acero que se colocan en el molde y se retiran un poco antes de terminar el fraguado del hormigón. Contrariamente a lo que ocurre en las vigas de East Kilbride y del aeropuerto de Londres, en las vigas Barredo los conductos para los alambres se hallan siempre aproximadamente en igual posición con lo que se consigue que los cables sigan un trazado recto de uno a otro extremo de la viga. La variación adecuada de la profundidad del baricentro de las armaduras se consigue modificando las dimensiones de los



distintos elementos que integran la viga. Las dovelas centrales son más anchas y de mayor canto que las que forman los extremos. Este procedimiento, que indudablemente tiene sus ventajas, elimina el efecto favorable que para el esfuerzo cortante producen los cables levantados. Para reducir las tracciones originadas por dicho esfuerzo, se dispone solamente, del esfuerzo horizontal de pretensado.

Halmagiu, de Rumania (Nº 16), describe detalladamente la fabricación de vigas trianguladas de hormigón formadas con elementos prefabricados que se solidarizan mediante el pretensado. Expone también varios ejemplos interesantes de la aplicación de este método en distintas obras.

Un trabajo de Bychawski y Eimer, de Polonia, que desgraciadamente no ha podido ser publicado, sugiere que, en estos tipos de piezas, el pretensado debe ser aplicado cuando el material de relleno de las juntas tiene todavía consistencia plástica. Expone también algunas ideas sobre la distribución de tensiones, basándose en la teoría de los líquidos viscosos. Aunque el sistema de rellenar en seco las juntas formadas entre elementos adyacentes que, después se pretensan conjuntamente está muy extendido y parece dar resultados totalmente satisfactorios, sería interesante recoger nuevas opiniones sobre las posibles ventajas que puede proporcionar la aplicación del método en este trabajo propuesto para resolver el complejo problema de las juntas.

Estructuras compuestas.— Las referencias directas sobre estructuras compuestas de elementos pretensados, prefabricados, y piezas de hormigón armado ordinario, trabajando conjuntamente, son escasas. Ello se debe principalmente, en opinión de los autores, a que este procedimiento constructivo se ha generalizado tanto que resulta difícil encontrar en él alguna novedad interesante digna de mención.

No obstante, en el informe del Grupo Británico se hacen algunos comentarios sobre el particular, y se indica que en la actualidad suelen emplearse, cada vez con más frecuencia, superficies rugosas o transversalmente dentadas para transmitir los esfuerzos cortantes horizontales que se desarrollan en la unión entre los hormigones de diferente edad. También se menciona otro procedimiento que consiste en el dentado de estas superficies de unión, pero como quiera que en la práctica este método no suele dar buen resultado, sería conveniente discutir si resulta aconsejable seguir utilizándolo.

También, se hacen algunas indicaciones sobre el problema de los esfuerzos cortantes, tema éste sobre el que por su gran importancia, sería de desear una más amplia información.

El informe se extiende también a las pérdidas de pretensado originadas por la diferente retracción de los hormigones fabricados en dos fases distintas, y se llega a la conclusión de que, aún reconociendo la realidad de este efecto, dada su pequeña influencia, puede ser prácticamente despreciado,



En la construcción de los tableros del North Viaduct, Clifton Bridge y Nottingham, se han empleado estructuras compuestas. En la comunicación de Abeles, de Gran Bretaña (Nº 12), se trata también de este tipo de estructuras al describir la construcción de puentes fabricados en fases sucesivas empleando vigas en T invertida.

Varios.-- En el informe de la STUVO, de Holanda (Nº 13), se describe la sala de la N.V. Philips, de Acht, en cuya construcción se emplearon elementos prefabricados de dimensiones exactamente determinadas para permitir un cierto juego de las rótulas dentadas de los apoyos extremos. Merece especial mención el hecho de que el cajado de las dovelas extremas sobre el apoyo se rellenó, finalmente, con betón para facilitar los corrimientos y que entre dicho apoyo y los elementos extremos se colocaron placas de plomo. Sería de gran interés estudiar si, para estos fines, resulta más conveniente emplear placas de plomo o de mortero.

Zielinski, de Polonia (Nº 17), manifiesta que el empleo de las vigas normales pretensadas permite utilizar solamente el 50% de las posibilidades totales que ofrece el material, proponiendo que se adopte un tipo de pieza, en forma de arco atirantado, cuyo empleo se halla muy extendido en Polonia y con el cual se han obtenido resultados muy favorables en la construcción de vigas para cubiertas de luces comprendidas entre los 15 y los 50 metros.

Buhrer, de Alemania Occidental (Nº 18), describe un mé

todo para construir cubiertas laminares empleando placas prefabricadas de hormigón que se montan sobre un encofrado y después de rellenadas las juntas se pretensan para crear el conjunto monolítico que constituye la cubierta laminar.

Mlosch, de Alemania Oriental (Nº 19), describe un procedimiento para el pretensado de elementos de hormigón para cubiertas y los métodos utilizados en la formación de las juntas entre las distintas piezas.

Conclusión.-- Las distintas comunicaciones recibidas demuestran que el avance efectuado en las aplicaciones del hormigón pretensado, desde el último Congreso, es muy satisfactorio. En general, dicho progreso afecta principalmente al tamaño y peso de las piezas y a los sistemas empleados en su fabricación, que por cierto han experimentado sensibles mejoras. Pero no parece que pueda hablarse del desarrollo de técnicas totalmente nuevas.

Esto es, en cierto modo, lógico, ya que hay que tener en cuenta que todavía existen muchos problemas (por ejemplo: el desarrollo de la adherencia; las tensiones verticales en los extremos de las piezas; el comportamiento de las juntas entre los sucesivos elementos; la construcción de apoyos económicos de resultados satisfactorios; la continuidad sobre los soportes), de los cuales aún queda mucho por estudiar, y que hasta que dichos problemas no queden resueltos no es probable que puedan obtenerse avances espectaculares en otras direcciones.



No hay duda de que, sin embargo, habrá muchos detalles en los distintos países que, aunque pequeños en sí mismos, podrían ser de gran interés para los asistentes a este Congreso. Todos estos pequeños, pero valiosos datos informativos, únicamente pueden ser aprovechados si se recogen en un informe general redactado por el correspondiente Grupo Nacional.

El autor ha propugnado, desde hace muchos años, la adopción de este sistema, y desea formular de nuevo el ruego de que, al establecer las normas que en el próximo Congreso han de regir, se tome en consideración su propuesta. Con ello, además, se evitaría el tener que rechazar algunos trabajos y reducir drásticamente otros, lo cual supone siempre una grave responsabilidad para el que tiene que hacerlo.

Hay que tener en cuenta que el principal objetivo de estas Reuniones es dar a conocer, de una forma precisa y fácilmente asimilable, todos aquellos datos que puedan resultar de utilidad a los técnicos de los diferentes países, y que la obligación de todos nosotros es procurar dar las mayores facilidades para el logro de este fin.

El autor ha procurado destacar todos aquellos datos que ha considerado de particular interés, especialmente para los que trabajan en la prefabricación de elementos de hormigón preten-

sado, y espera que, en la discusión que a continuación de la lectura de este informe va a iniciarse, serán aportados nuevos y útiles detalles sobre todos o algunos, al menos, de los temas que en esta Sesión se estudian.



