procedimiento de estructura hiperestática

ensamblada por bulonaje de gran luz (hasta 22 m), en hormigón pretensado

sinopsis

Se describe en el artículo un sistema original y revolucionario, patentado por la Sociedad Guiraudie & Auffève, para fabricación y montaje de estructuras de hormigón pretensado de grandes naves.

Con este sistema se consigue aligerar considerablemente el peso de la estructura y disminuir al máximo la mano de obra de montaje, con las obvias ventajas que ello representa.

SANTIAGO GOMEZ ZANON, Ingeniero de Caminos
Director de Producción de CIDESA

196 - 1

0. INTRODUCCION

Un sistema original, y de hecho revolucionario, ha sido patentado y puesto a punto por la Sociedad Guiraudie & Auffève, en 1970, para la fabricación y montaje de estructuras de hormigón pretensado destinadas a la construcción de edificios de uso industrial o comercial.

Este procedimiento ha permitido a esta Sociedad realizar en tres años cerca de 1.000.000 de m², de los que 500.000 m² se fabricaron en Francia en 1972.

1. OBJETO DEL PROCEDIMIENTO

El sistema ha sido inventado y puesto a punto con los objetivos siguientes:

- a) Aligerar en gran proporción el peso de la estructura, basado en el hecho de su hiperestaticidad.
- b) Disminuir al máximo la mano de obra de montaje, al estandarizar y facilitar su trabajo.

Las consecuencias de los objetivos fijados han sido que la citada Sociedad es competitiva en toda Francia con sólo dos fábricas. La incidencia del precio del transporte para 600 km es del orden del 5 % del precio de la estructura montada y del orden del 1 % del precio del edificio terminado.

Las consecuencias directas del objetivo a), aparte de la

indicada, han sido reducir la potencia de las grúas de prefabricación y montaje, así como las cimentaciones.

Las consecuencias del objetivo b) han sido el constituir los equipos de montaje por obreros no especializados en hormigón pretensado, que efectúan asimismo el montaje de la cubierta y las fachadas, lo que simplifica notablemente los problemas de alistamiento de personal, disminuye los efectivos y acelera la rotación de equipos de obra.

perspectiva de estructura

detalle de cubierta

2. CARACTERISTICAS DEL SISTEMA

2.1. DESCRIPCION

La estructura de un edificio está constituida por pórticos empotrados en cabeza y pie. Los pórticos pueden ser simples o múltiples y toman todos los esfuerzos horizontales y verticales aplicados a la construcción.

Las cargas aplicadas pueden ser uniformemente repartidas o concentradas.

La estructura se compone de dos tipos de pórticos: pórticos-vigas y pórticos-jácnas.

Los pórticos-vigas, separados entre 5 y 6 m (cota X) se apoyan sobre los pilares de fachada y sobre los pórticos-jácnas separados hasta 22 m (cota Y). Las cargas climáticas se transmiten directamente al pórtico-viga por la placa nervada que constituye la cubierta.

Todos los elementos tienen sus extremidades estandarizadas y su acoplamiento se ejecuta en seco por bulones, con llave dinamométrica, la cual permite realizar el empotramiento.

2.2. HIPOTESIS GENERALES

La estructura se calcula para soportar:

- cargas climáticas (nieve, viento y temperatura);
- cargas permanentes:
 - peso propio de los elementos,

- peso propio de la cubierta,
- peso propio del aislamiento e impermeabilización,
- sobrecarga de mantenimiento en cubierta,
- sobrecargas de explotación eventuales (plafones, falsos techos, servicios, puentes, grúas, etc.),
- pretensado y bulonaje.

2.3. METODO DE CALCULO

Se verifica como sigue:

- Las tensiones hormigón y acero, en función de los reglamentos en vigor y de

2.4. CARACTERISTICAS TECNICAS

Los momentos positivos en los vanos y negativos sobre apoyos son tomados por los aceros de pretensado colocados en la parte baja en los vanos y en la parte superior en los apoyos.

Los bulones permiten, ejerciendo una presión con una llave dinamométrica, un empotramiento entre elementos, regulable según los casos de carga, lo que produce un equilibrio entre momentos positivos y negativos, realizando una viga continua en toda la longitud del pórtico, que se cierra en cada extremidad sobre los pilares pretensados de la misma sección que las vigas.

las recomendaciones del Comité Europeo del Hormigón (C.E.B.).

- La fase elástica, según la hipótesis de Navier.
- La fase de rotura, suponiendo un diagrama de tensiones uniformes en el hormigón.

2.5. JUSTIFICACION DE LOS EMPOTRAMIENTOS

2.5.1. Nudo extremo

El momento de empotramiento negativo es absorbido por un esfuerzo de tracción en los bulones AR y un esfuerzo de compresión en las placas de apoyo. Estos esfuerzos se invierten si el momento cambia de signo.

En este caso, la compresión está absorbida por un relleno entre viga y pilar de mortero

diagrama de esfuerzos en unión lateral

unión sobre cabeza de pilar central

**perspectiva
estructura tipo**

**sección transversal
esquemática**

- 1/
Posición de los alambres
de pretensado

- 2/
Momento de flexión sin par
de presión complementario C

- 3/
Momento de flexión con par de
presión complementario tal que
 $\overline{MA} = \overline{MT}$

diagrama de esfuerzos

expansivo de fraguado rápido; y la tracción, por las soldaduras entre las placas de apoyo.

Estas últimas son placas ancladas en las vigas.

En el nivel de las placas de apoyo la tracción eventual se halla absorbida por las armaduras TOR calculadas a flexión compuesta.

2.5.2. Nudos centrales

Junta viga-jácena.

En este caso, la resultante de los esfuerzos de tracción en la placa Va-6 está equilibrada por la resultante de los esfuerzos de compresión ejercidos en las placas de apoyos.

La placa Va-6 está anclada en los tirantes comprimidos mediante aceros TOR.

Junta - viga - jácena - pilar

El principio es idéntico al anterior. Los esquemas estáticos son en los dos casos perpendiculares y a dos niveles diferentes.

2.5.3. Nudo extremo en junta de dilatación

En este caso, el pilar es de hormigón armado. Las armaduras del pilar están soldadas en fábrica en los encastres de fijación.

La tracción es transmitida del encastre de fijación a las armaduras directamente por la soldadura.

2.6. SECCIONES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS ESTANDAR

Para un edificio de altura media (7 m) con sobrecargas climáticas medias se tienen:

- Vigas tipo A.
- Vigas tipo B.

El peso medio de la estructura con pilares, vigas y correas es, aproximadamente, de:

- 50 kg de hormigón/m² de edificio,
- 1,7 kg de acero/m² de edificio,
- 0,9 kg de acero de pretensar/m² de edificio,

lo que, como puede apreciarse, es excepcionalmente ligero.

2.7. MONTAJE

Del hecho de la estandarización de las juntas y de la facilidad de las operaciones de montaje (puesta en hiperestatividad cuando el elemento está todavía suspendido de la grúa), el tiempo medio de montaje de toda la estructura es de 0,07 h/m² (en tiempo acumulado).

Estos pequeños tiempos de montaje permiten la realización del montaje de la estructura con extraordinaria rapidez y encadenar también las operaciones de colocación de cubierta y hormigonado de forjados (en el caso de realizarlos in situ), tanto más cuanto que las superficies en el suelo son enteramente desligadas.

secciones estándar

CARACTERISTICAS DE LAS SECCIONES

	TIPO A Jácena 20 m	TIPO B Jácena 12 m	TIPO C Pilar
S	638 cm ²	738 cm ²	1.070 cm ²
I/v	7.800 cm ³	9.850 cm ³	14.200 cm ³
Fp	44.000 kg	55.000 kg	66.000 kg
d	18 cm	20 cm	22 cm
M _c	14.000 kgm	19.300 kgm	24.500 kgm

detalle de cabeza de jácena

unión tipo entre pilar lateral y viga o jácena

**unión central
junto a viga-jácena**

PLACA DE ANCLAJE

**posición tipo de cables
de pretensado de una
viga P.A. 8.2000**

POSICION DE ALAMBRES
PLACA C 8

GUIA DE ALAMBRES

3. PREFABRICACION DE LOS ELEMENTOS PRETENSADOS DEL SISTEMA

3.1. ELEMENTOS LARGOS (VIGAS Y JACENAS)

Se hace en moldes metálicos de forma de I de 20 a 22 m de longitud según el tipo. La apertura y cierre de los moldes se efectúa con gatos hidráulicos.

Se pone en tensión cada elemento separadamente sobre bancos, generalmente de hormigón, de 100 Mp de tracción y 30 m de longitud, en los que se colocan las placas de anclaje de las extremidades de los elementos.

Descomposición de las operaciones de fabricación de una viga:

- 1.º Corte de los alambres de pretensado a la longitud exacta del elemento sobre un banco de corte, con una tolerancia $+ 0 - 0,5$ cm, y desbaste de las extremidades.
- 2.º Colocación de los alambres en las placas de anclaje.

3.º Formación de cabezas en frío, con ayuda de un gato especial, en las extremidades de los alambres.

4.º Ferrallar y montar la armadura de refuerzo alrededor del haz de alambres de pretensado.

5.º Colocación de la armadura en el molde.

6.º Ligazón de las placas de anclaje con los tirantes en los bancos de pretensado y colocación de los desviadores que dan al haz su trazado hiperestático.

7.º Puesta en tensión del haz a $1/3$ de la final.

8.º Reglaje del ángulo de las placas de anclaje (45° con relación a la cara inferior de la viga).

9.º Puesta en tensión al valor final, comprobando que las tres medidas siguientes son compatibles:

— alargamiento de los hilos;

— presión en el gato;

— longitud total entre placas de montaje de las extremidades de los elementos.

10.º Cierre del molde.

11.º Hormigonado y vibrado.

12.º Colocación del perfil superior que sirve de fijación a cubierta (suele ser galvanizado).

13.º Espera de 2 h.

14.º Ciclo de curado con 1 h de precalentamiento, 4 horas de calentamiento y 2 h de descenso de temperatura.

15.º Apertura de molde.

16.º Control de la resistencia del hormigón (bien por probetas, bien con el esclerómetro). Una resistencia de 200 kp/cm² es suficiente en la mayoría de los casos.

17.º Desmontaje de la fijación de las placas de anclaje.

18.º Elevación y traslado del elemento al «stock».

19.º Tapado de los agujeros de las placas de anclaje mediante una resina epoxi de protección.

3.2. ELEMENTOS

CORTOS (JACENAS)

El mismo principio descrito se realiza en moldes más cortos que presentan una entalladura en el centro para colocar en posición el apoyo intermedio (echantiñola), que es fabricado con anterioridad en un pequeño molde metálico.

3.3. ELEMENTOS PILARES EXTERIORES PRETENSADOS

Se hormigonan generalmente por fases en los moldes de vigas o jácnas, colocando una separación central que sirve de detención del hormigonado en el pie del pilar.

En este caso, en el pie del pilar el pretensado es del tipo de alambre de adherencia y en cabeza sigue siendo por placa de anclaje.

Para un edificio determinado se fabrican tres longitudes de pilares (para el máximo de la pendiente, intermedio y mínimo de la pendiente).

3.4. ELEMENTOS PILAR CENTRAL EN HORMIGON ARMADO

Las extremidades superiores o cabezas son hormigonadas con anterioridad en moldes metálicos muy exactos, dejando los hierros de espera colocados en su posición en la parte inferior de la cabeza.

Estos elementos están en stock.

Según el edificio y el valor del viento, la sección del pilar (30×30 , 35×35 ó 40×40 cm) y la altura varían. Se hormigona entonces en un molde metálico o de madera a partir del elemento de cabeza fabricado antes.

4. EQUIPO DE PROCESOS DE LA FABRICA

El equipo necesario, ya descrito, comprende:

- Bancos de pretensado.
- Moldes metálicos (para elementos y cabezas).
- Gatos.
- Elementos de calefacción.
- Taller de ferralla.
- Elementos de colocación del hormigón.
- Elementos de izada.
- Superficie para stock.

Observaciones a las operaciones descritas:

- Para una viga de 20 m los tiempos medios acumulados de fabricación son del orden de 15 h, que son los invertidos en la realización de las 19 operaciones precedentes y que se reparten en 7 h para las operaciones del acero y 8 para el hormigón.
- Normalmente se fabrica una pieza por día y molde.
- En casos de urgencia y con dos equipos desfasados en el tiempo que permitan obtener una resistencia a la compresión en el hormigón de 200 kp/cm^2 , se pueden fabricar dos elementos por molde y por 24 h.

Fotos: J. DIEUZAIDE

5. APLICACIONES DE ESTE PROCEDIMIENTO

En tres años han sido contruidos en Francia según este procedimiento 1.500.000 m² de edificios, y en la actualidad varios licenciarios comienzan a utilizar este sistema en varios países.

El sistema descrito se adapta perfectamente a la construcción de naves industriales de todo tipo, supermercados, gimnasios, polideportivos, tiendas, etc.

Las ventajas de este procedimiento sobrepasan el hecho de que la estructura propiamente dicha se monte a razón de 0,07 h/m² (sin incidencia de fenómenos climatológicos), ya que la facilidad del montaje de la cubierta contribuye asimismo a que todas las instalaciones puedan hacerse bajo techado y, por lo tanto, el plazo de realización del conjunto disminuya.

6. CONCLUSION

Según todo lo expuesto, se trata de un procedimiento de características técnicas excepcionales, de fabricación simple y barata, la mayor parte de ella estándar y, por lo tanto, sin influencia del pedido concreto, de débiles pesos de gran rapidez de montaje y de gran flexibilidad a la hora de proyectar.

Dada su pequeña inercia transversal, es suficiente una junta de dilatación cada 120 metros lineales.

El sistema acepta para algunas aplicaciones un primer o segundo piso intermedio, de luz más reducida y fijado a la estructura principal.

En España el sistema descrito ha sido concedido a Agusti, Sociedad Limitada, para la zona catalana (su fábrica está en la provincia de Gerona), y a Construcción Industrial de Edificios, S. A., para el resto de España (su fábrica está en Alcalá de Henares, Madrid), habiéndose ya construido algunas naves en la zona catalana por la primera firma y teniendo contratada la segunda firma importantes obras por nuestra geografía.

résumé

Procédé de structure hyperstatique assemblée par boulonnage de grande portée (jusqu'à 22 m), en béton précontraint

Santiago Gómez Zanón,
Ingénieur des Ponts et Chaussées,
Directeur de Production de CIDESA

Dans cet article, l'auteur décrit un système original et révolutionnaire, breveté par la Société Guiraudie & Auffève, pour la fabrication et le montage de structures en béton précontraint de grands halls.

Ce système permet d'alléger considérablement le poids de la structure et de diminuer au minimum la main-d'oeuvre de montage, avec les avantages évidents que cela représente.

summary

Construction method in prestressed concrete of hyperstatic structures with great span (up to 22 m) mounted by means of bolts

Santiago Gómez Zanón, civil engineer,
Manufacturing manager of CIDESA

The article describes an original and revolutionary system, patented by the Company Guiraudie & Auffève, for the manufacturing and mounting of prestressed concrete structures.

By means of this system the height of the structure is considerably reduced as well as the labor for mounting the building, and thus the system offers obvious advantages.

zusammenfassung

Bau in Spannbeton von hyperstatischen Strukturen mit grosser Spannweite (22 m), mittelst Bolzen verbunden

Santiago Gómez Zanón, Zivilingenieur,
Produktionsdirektor von CIDESA

Der Artikel beschreibt ein neues und sehr originelles System —von der Gesellschaft Guiraudie & Auffève patentiert— für Herstellung und Aufbau von grossen Spannbetonstrukturen.

Durch dieses System ist es gelungen, das Gewicht der Struktur erheblich zu erleichtern und die bei der Aufbau erforderlichen Arbeitskräfte stark zu reduzieren, wodurch dieses System deutliche Vorteile darbietet.