grandes vigas pretensadas

*Copia literal del informe presentado por los Autores
al Congreso Internacional de Pretensado, celebrado
en Berlín, en mayo del presente año.*

832 - 18

vigas trianguladas con pretensado parcial en el taller de laminación de la Ensidesa de Avilés

AMALIO HIDALGO, Ingeniero Director de Obras Civiles de la «Empresa Nacional Siderúrgica»

Profesor de Edificación y Electrotecnia

de la Escuela Superior de Ingenieros de Caminos
CARLOS FERNANDEZ CASADO, Ingeniero consultor de «Huarte y Cia., S. A.»

Profesor de Puentes de la Escuela Superior de Ingenieros de Caminos

Descripción general de la estructura del Tall

Viga reticular y circuitos de pretensado

Procedimientos de cálculo

Ventajas del pretensado en la viga triangular

Comprobaciones y ensayos

Sistema de pretensado y hormigón empleado

Descripción de viga reticular excepcional

Descripción general de la estructura del Taller

1

La planta de Laminación de la Empresa Nacional Siderúrgica de Avilés, está distribuida en ocho naves de unos 30 metros de luz, con longitudes variables hasta 800 metros.

La estructura de las naves está organizada en pórticos longitudinales con pilares a distancias entre 13 y 14 metros.

Estos pilares sostienen las vigas de puente grúa de naves adyacentes y los arcos transversales de las dos cubiertas.

En ciertos casos es preciso duplicar la distancia entre pilares suprimiendo uno intermedio, por lo cual las vigas de puente grúa tienen una luz de 28 m, y además es preciso apoyar en viga de la misma luz las extremidades colaterales de los arcos de cubierta intermedios.

Para cumplir las funciones correspondientes a ambas vigas se han dispuesto unas vigas reticulares utilizando la altura de 4,22 m entre el plano de rodadura del puente y el de apoyo de la cubierta.

2 *Viga reticular y circuitos de pretensado*

La anchura del cordón inferior de la viga queda definida por la situación de los carriles de los puentes grúas, lo que da una gran sección de hormigón, inútil desde el punto de vista de los esfuerzos principales, ya que este cordón trabaja a tracción. Por este motivo se adoptó el sistema de pretensado longitudinalmente, así como las barras inclinadas internas que trabajan a tracción. También trabajan del mismo modo los montantes, pero los esfuerzos son muy pequeños y no precisan de pretensado.

Se tienen, por consiguiente, dos circuitos de pretensado, uno a lo largo del eje del cordón inferior, y otro, enlazando a través de esta misma pieza, las dos inclinadas hacia el centro de la viga. Se combinan ambos en cables de dos tipos: uno recto, a lo largo del cordón inferior, con cabezas en las extremidades de esta pieza, y otro, en ángulo de dos alineaciones con vértice en un nudo intermedio y cabezas en las extremidades opuestas de los cordones inferior y superior, respectivamente. De este modo, tenemos sobradamente cables rectos o de un solo quiebro, de tal modo que, haciendo el tensado para ambas extremidades intermedias que puedan dar pérdidas por cambio de dirección o rozamiento.

PLACA DE 750 x 580 x 15 cm.
 CURVATURA ESFERICA R=168
 CON 35 TALADROS Ø20 m.m.

ANCLAJE INTERIOR

viga tipo

Procedimientos de cálculo **3**

Para el cálculo de las vigas en las diferentes hipótesis de carga y sobrecarga, se utilizó el método de las deformaciones angulares combinadas con las deformaciones de célula por variación de las longitudes de sus barras, que dan lugar a deformaciones transversales de las mismas.

Se planteó el análisis mediante sistema de ecuaciones, llegándose, para cada hipótesis de carga simétrica, a un sistema de 36 con igual número de incógnitas. El método mixto de iteración combinado con el diagrama de Williot, no pudo ser utilizado, pues no se llegaba a una convergencia de los resultados en las diversas etapas.

Se estudiaron con todo detalle las torsiones y flexiones transversales producidas por los puentes grúas que actúan excéntricamente, aplicándose el método de distribución de momentos en estructuras espaciales de FERNÁNDEZ CASADO.

«Cálculo de estructuras reticulares», 7.ª edición, Madrid, 1957. Y «Calcul des grandes ossatures à noeuds rigides», París, 1954 (traducción, Dunod).

Ventajas del pretensado en la viga triangular

4

Una gran ventaja del pretensado en estructuras trianguladas, reside en la reducción de los esfuerzos secundarios al suprimir los alargamientos de las barras, con lo cual todas las deformaciones de célula son homogéneas y se reducen mucho las flexiones transversales en las barras.

Comprobaciones y ensayos 5

Para comprobar los resultados del cálculo y asegurarse de las condiciones de trabajo de las vigas, especialmente por acción de los puentes grúas, se hizo un estudio en modelo reducido a escala 1/10, donde se estudiaron todas las hipótesis de carga, llevándose a *rotura* un modelo por elevación gradual de la carga de cubierta en el centro del cordón superior y otro por elevación de la del puente grúa. En el primer caso se llegó a una carga de nueve veces la real, apareciendo las primeras grietas, al superar el triple de dicha carga, comenzando la rotura de hilos de pretensado antes de llegar a seis veces.

Sistema de pretensado y hormigón empleado

6

El pretensado de la viga se llevó a cabo por el sistema español BARREDO, que utiliza grupos de tres alambres pretensados individualmente y anclados juntos mediante cuña triangular. Los alambres son de 5 mm con 150 kg/cm^2 de resistencia a rotura, tensados hasta 110 kg/mm^2 inicialmente, para contar con una resistencia efectiva de 100 kg/mm^2 . El hormigón, de 350 kg de supercemento con áridos en cuatro tamaños y relación agua/cemento de 0,43, dió una resistencia mínima de 520 kg/cm^2 a los veintiocho días. Las vigas empezaron a construirse en mayo de 1956, habiendo en la actualidad 16 vigas.

viga K-103

ALZADO

SECCIÓN A-A.

DETALLE CABEZA.

VISTA-B-B.

En la hipótesis de puente de grúa no se llegó a consecuencias, ya que se produjo la rotura accidental a consecuencia de un fallo en el sistema de disposición de cargas, cuando se había pasado de cuatro veces la carga equivalente.

Se midieron flechas, inclinaciones de los cordones superior e inferior, deformaciones de barras entre nudos y deformaciones unitarias en el centro de las barras. Se observó una proporcionalidad casi perfecta hasta el triple de las cargas de cálculo.

Este ensayo se complementó con un ensayo directo en obra, realizando las cargas de peso de cubierta y puente grúa mediante gatos hidráulicos, observándose un acuerdo perfecto de flechas entre el cálculo analítico, el modelo y la realidad, así como una proporcionalidad perfecta en el margen de variación hasta las cargas normales durante la experiencia en la viga real.

7 Descripción de viga reticular excepcional

También se ha construido una viga trapecial con función parecida a las anteriores, para sostener puentes grúas a dos alturas diferentes y dos arcos de cubierta en cada una de las dos naves adyacentes, pretensándose únicamente el cordón inferior. La disposición se indica en las figuras. Su luz es de 29 metros y su altura total 9.875 metros.

Colaboradores Proyecto:

José María Ortuño, Ingeniero de Obras Civiles de ENSIDE-SA.—Luis Huarte Goñi, Ingeniero de HUARTE Y CIA., S. A.

Empresa Constructora:

HUARTE Y CIA., S. A.

Construcción:

Enrique Romero, Fidel Arenas e Ignacio Mercadal, Ingenieros de HUARTE Y CIA., S. A.

Sistema pretensado:

BARREDO.—MADRID.