

Rotonda de Engordany en Escaldes, Andorra

Engordany's roundabout, Andorra

Leonardo FERNÁNDEZ TROYANO

Dr. Ingeniero de Caminos
Carlos Fernández Casado S.L.
Director general
cfcsl@cfcsl.com

Guillermo AYUSO CALLE

Ingeniero de Caminos
Carlos Fernández Casado S.L.
Ingeniero
gayuso@cfcsl.com

Lucía FERNÁNDEZ MUÑOZ

Ingeniero de Caminos
Carlos Fernández Casado S.L.
Ingeniero
luciafm@cfcsl.com

RESUMEN

La rotonda de Engordany se encuentra a la salida del pueblo de Escaldes en Andorra, en la antigua carretera hacia La Massana. Tiene 2 carriles de circulación y un ramal.

Es una estructura mixta situada sobre un desfiladero del río, lo que obligó a apoyarse en ambas orillas y en la pared del desfiladero mediante un elemento de hormigón anclado en la roca. De él parten cuatro pilares circulares de 1 m de diámetro que se abren radialmente en planta para sostener el borde interior de la rotonda.

La rotonda tiene un diámetro exterior de 44,6 m y un diámetro interior de 18 m.

ABSTRACT

Engordany's roundabout is located at Escaldes village way out, in Andorra, in the former road towards La Massana. It has 2 traffic lanes and a branch.

It is a composite structure placed over a gorge of the river, which forced to rest on both shores and on the wall of the gorge by means of an element of concrete anchored in the rock. Four circular pillars of 1 m of diameter came out from it, and they open in a radial way in plant to support the interior edge of the roundabout.

The roundabout has an outside diameter of 44,6 m and an inside diameter of 18 m.

PALABRAS CLAVE: Rotonda, estructura mixta.

KEYWORDS: Roundabout, composite structure.

1. Planteamiento general de la estructura

La rotonda de Engordany se encuentra a la salida del pueblo de Escaldes en Andorra, en la antigua carretera hacia La Massana. Tiene 2 carriles de circulación y un ramal. Esto es debido a que en la carretera que une Escaldes con La Massana era necesario poder realizar un cambio de sentido, ya que hasta la ejecución de esta estructura en el caso de querer dar la vuelta había que llegar hasta La Massana (figura 1). A su vez se requería disponer un ramal, con una luz de 22 m aproximadamente, para realizar la futura conexión con la zona del hospital.



Figura 1. Situación previa a la obra

La rotonda está situada sobre un desfiladero del río con unas paredes muy verticales lo que ha obligado a hacer una estructura singular. La rotonda tiene un diámetro exterior de 44,60 m e interior de 18 m, siendo el círculo interior tangente a la carretera existente (figura 2). Como ya hemos indicado antes, se ha dispuesto un ramal que se apoya en el otro lado del desfiladero.



Figura 2. Vista de la estructura

Esta morfología da lugar a plantear tanto un sistema de apoyo, como un proceso de construcción particular. Desde un principio se quiso realizar una estructura lo más ligera posible para poder

ejecutar su construcción de la forma más simple y con los medios más reducidos posibles, por lo que se ha optado por una estructura mixta acero-hormigón.

2. Descripción de la estructura

A continuación se describen las diferentes partes que componen la estructura.

2.1. Estribos

Dónde y cómo apoyar la estructura fueron dos de los puntos fundamentales en el proyecto. La morfología del terreno es muy abrupta y en el lado de la carretera la roca es muy vertical. Esto ha llevado a proyectar un macizo de hormigón del que salen 4 pilares metálicos en los que se apoya el tablero. A su vez el estribo en esta zona queda situado casi en la misma vertical que el macizo, por lo que la estructura no está compensada, por lo que se ha proyectado una viga de hormigón de 3,5 m de ancho y 1,2 m de canto en la que se empotra el tablero, salvo en la zona central que tiene un canto de 2,50 m coincidiendo con la geometría del tablero. La viga de hormigón se ancla al terreno mediante anclajes de 18Ø0,6" con una inclinación de 45° cada 840 mm (figura 3).



Figura 3. Vista de la viga y las reservas de los anclajes antes del hormigonado

La conexión entre el tablero y la viga se realiza mediante chapas perforadas para la transmisión del cortante y barras de pretensado de 50 mm de diámetro en la zona superior para recoger los momentos negativos existentes. A su vez el tablero se empotra en la viga conectándola mediante 2 barras de pretensado de diámetro 50 mm por cada anclaje al terreno (figura 4).



Figura 4. Vista de la viga con la chapa y barras donde se conecta la estructura

En la zona de apoyo del ramal se ha planteado un estribo cerrado convencional.

2.2. Estructura inferior



Figura 5. Vista del encofrado del macizo de hormigón

Como se ha indicado la estructura se apoya en la pared del desfiladero mediante 4 pilares metálicos de 1 m de diámetro que se empotran en el tablero y a su vez están empotrados en un macizo de hormigón con forma de bellota que se dispone en la roca (figura 5). Los pilares se conectan a la bellota mediante 4 barras de pretensado de 40 mm de diámetro (figura 6). Uno de los puntos a tener en cuenta en este macizo es la disposición de las barras para el anclaje de los pilares para evitar interferencias entre ellas.

A su vez el macizo de hormigón está anclado a la

roca mediante 4 anclajes de $9\varnothing 0,6"$. La disposición de estos anclajes se ha realizado teniendo en cuenta la resultante de fuerzas que llegan al macizo, de forma que se introduzca la carga de la forma más perpendicular posible a la roca.

Uno de los puntos a considerar en la ejecución de este elemento es que hay que disponer las barras de conexión de las pilas con el macizo en su posición definitiva, por lo que hubo que realizar un replanteo de las mismas muy preciso. A su vez se empleó un hormigón autocompactable en este elemento tanto por la geometría que complicaba vibrar el hormigón, como por evitar introducir vibradores que pudieran modificar la posición de las barras.



Figura 6. Vista del macizo con los pilares

2.3. Tablero

Dada la forma irregular de la estructura se ha planteado un cajón metálico multicelular que abarca toda la superficie, no existiendo voladizos de la losa de hormigón. Se ha dispuesto un canto constante en la estructura metálica en toda la estructura de 1,20 m salvo en la zona del anillo interior en el que variamos el canto hasta 2,30 m (figura 7). Sobre esta estructura metálica se hormigona una losa de 0,20 m de canto conectada mediante pernos. Como encofrado perdido para la losa se ha empleado chapa grecada, dada la geometría tan irregular es la solución que mejor se adapta.

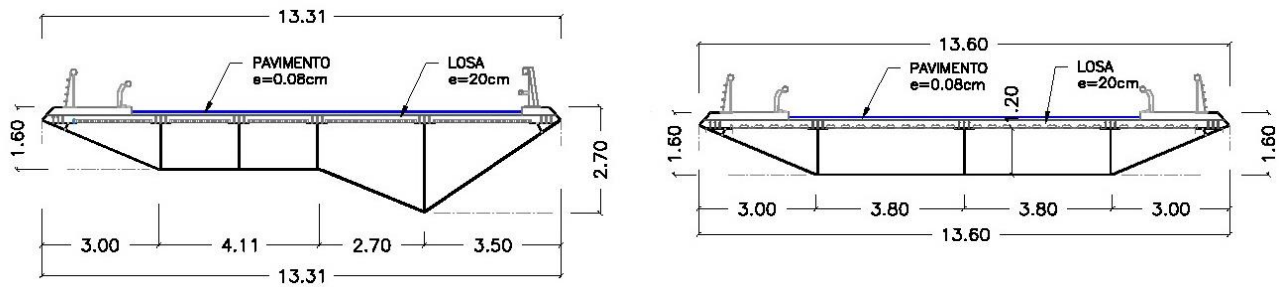


Figura 7. Secciones del tablero

Interiormente se disponen diafragmas para transmitir correctamente las cargas por la estructura (figura 8). Para realizar el cálculo de este tablero se ha realizado un modelo de elementos finitos tipo placa reproduciendo toda la estructura. Con esta geometría pensamos que es la única forma de poder analizar esta estructura.



Figura 8. Vista del interior del tablero durante la construcción

El tablero está empotrado en la viga que se ha construido en el lado de la carretera antigua, apoyado en 4 apoyos de neopreno en el estribo del ramal y empotrado en las 4 pilas que salen del macizo inferior.

3. Proceso de construcción

La localización de la estructura a la salida del pueblo de Escaldes y lo angosto de la carretera antigua nos llevó a pensar un proceso de construcción con los medios auxiliares más pequeños posibles. Como hemos indicado anteriormente se planteó una estructura metálica que se troceó en 59 partes, de forma que pudiera ser transportada y montada lo más fácilmente posible.

El tablero se realizó mediante el procedimiento de avance en voladizo (figura 9), con la particularidad de la geometría de las piezas en las que se dividió.

En primer lugar se construyó la viga donde se empotra la estructura. Esta fase es una de las que más interferencia tuvo con el tráfico de la carretera ya que la ocupación era muy grande por lo que hubo que cortar uno de los carriles.



Figura 9. Montaje de una de las piezas

Seguidamente se procedió a la construcción de la estructura inferior. Dada la orografía, situación y geometría del macizo fue una de las fases más complicadas. El macizo se realizó con un encofrado metálico fabricado para este proyecto. Una vez hormigonado el macizo se procedió a la realización de los anclajes al terreno.

Los trabajos en el estribo 2, a donde llega el ramal, se empezaron simultáneamente pero no eran el camino crítico, dado que no era necesario tenerlo terminado hasta que llegase la estructura metálica, que era en las fases finales.

El montaje del tablero fue otra de las fases más complejas, ya que al realizarlo mediante avance en voladizo hubo que realizar un control geométrico muy exhaustivo durante el montaje de cada una de las piezas. El tablero se dividió en

piezas de un tamaño que fuera posible transportar hasta la obra. El condicionante era poder introducir las piezas por el centro de Andorra en horario nocturno.

La zona de la rotonda se dividió en sectores circulares, y el resto se hizo considerando los factores de transporte anteriormente citados.

El proceso de montaje del tablero consistió en primer lugar en montar las piezas que estaban unidas a la viga de borde. Una vez terminado se procedió a hormigonar la losa de esa zona de forma que pudiera emplearse para la colocación de la grúa que debía montar las piezas que conforman el anillo de la rotonda. Seguidamente se montaban las piezas que forman la parte central de la rotonda hasta tenerla cerrada. Para montar las diferentes piezas se empleó una grúa que colocaba la pieza y a la vez se nivelaba. Una vez en posición se realizaba un porcentaje de la soldadura de la pieza, que se definió para poder soltar la pieza de la grúa, y luego se terminaba de hacer el resto de soldadura. Cuando se terminó de cerrar la rotonda se hormigonó la losa sobre toda ella para poder disponer la grúa en la punta para el montaje del ramal. La zona exterior de todo el tablero se montó al final para poder garantizar una correcta geometría del borde.



Figura 10. Montaje de una de las pilas

Las pilas sobre las que se apoya el tablero se colocaban a la vez que el sector del tablero a la que estaba conectada (figura 10). Las pilas estaban divididas en dos partes: el fuste y la zona de empotramiento en el tablero. Ésta última iba soldada en la pieza correspondiente del tablero, soldándose con el fuste de la pila una vez estaba en posición.



Figura 11. Imagen de la estructura ya apoyada en el estribo 2 y con la zona exterior montada

Ficha técnica

Proyecto: Carlos Fernandez Casado, S.L. – SUPORT Enginyers Consultors, S.A.

Dirección de obra: SUPORT Enginyers Consultors, S.A. – Carlos Fernandez Casado, S.L.

Constructora: Cevalls S.A. Grup Heracles

Taller metálico: URSSA