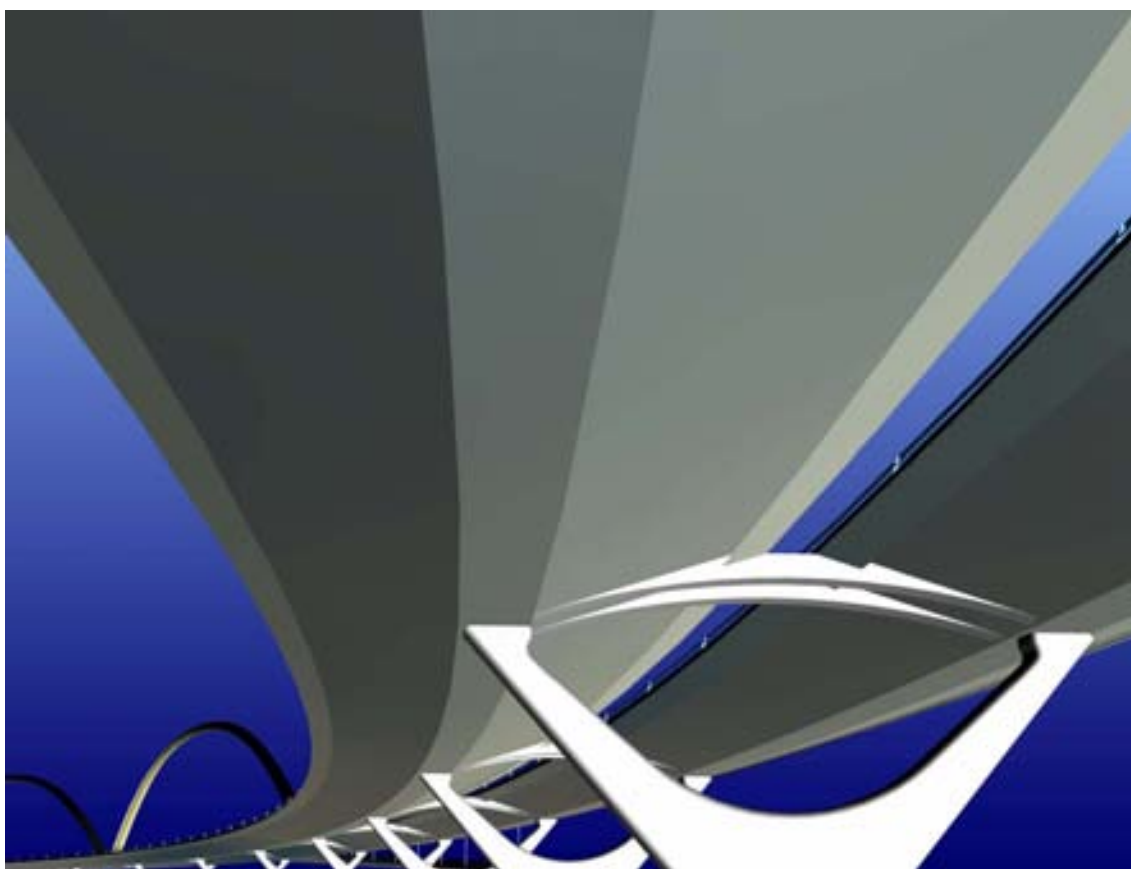


III CONGRESO DE ACHE DE PUENTES Y ESTRUCTURAS

LAS ESTRUCTURAS DEL SIGLO XXI
Sostenibilidad, innovación y retos del futuro



Realizaciones



VIADUCTO CORSO ARGENTINA – PADOVA (ITALIA)

Javier **MANTEROLA ARMISÉN**¹, Antonio **MARTÍNEZ CUTILLAS**²
Silvia **FUENTE GARCÍA**³, Amando **LÓPEZ PADILLA**⁴

¹ Dr. Ing. Caminos, Canales y Puertos. Carlos Fernández Casado, S.L.

² Dr. Ing. Caminos, Canales y Puertos. Carlos Fernández Casado, S.L.

³ Ing. Caminos, Canales y Puertos. Carlos Fernández Casado, S.L.

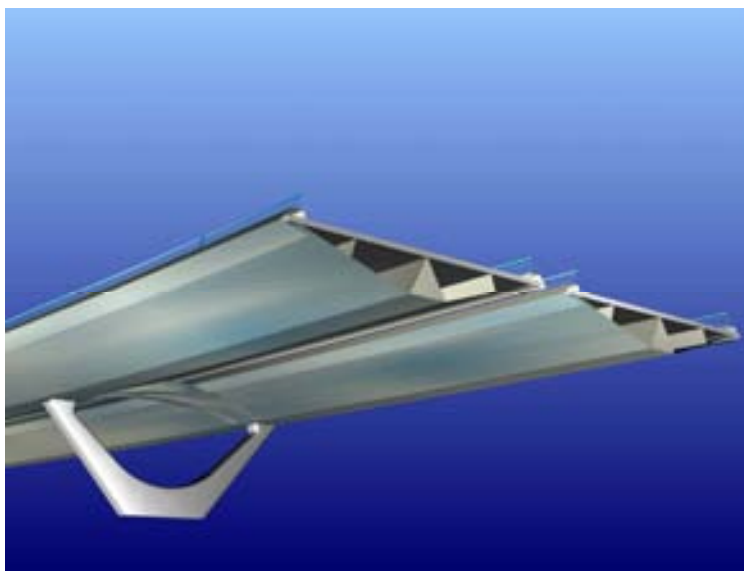
⁴ Ing. Técnico Industrial. Carlos Fernández Casado, S.L.

RESUMEN

Se trata de un viaducto metálico de 543,5 m de longitud y vanos de 51,5 m. Los dos dinteles del tronco se empotran en una única pila. Los ramales cuelgan del tronco sin la presencia de pilas que perturben el conjunto.

PALABRAS CLAVE

Acero, dintel continuo, rampas, cimentación flexible.1.



Este viaducto pertenece a El Nudo Viario Padova-Este y su misión es salvar la interferencia de tráfico con la vía transversal Corso Argentina.

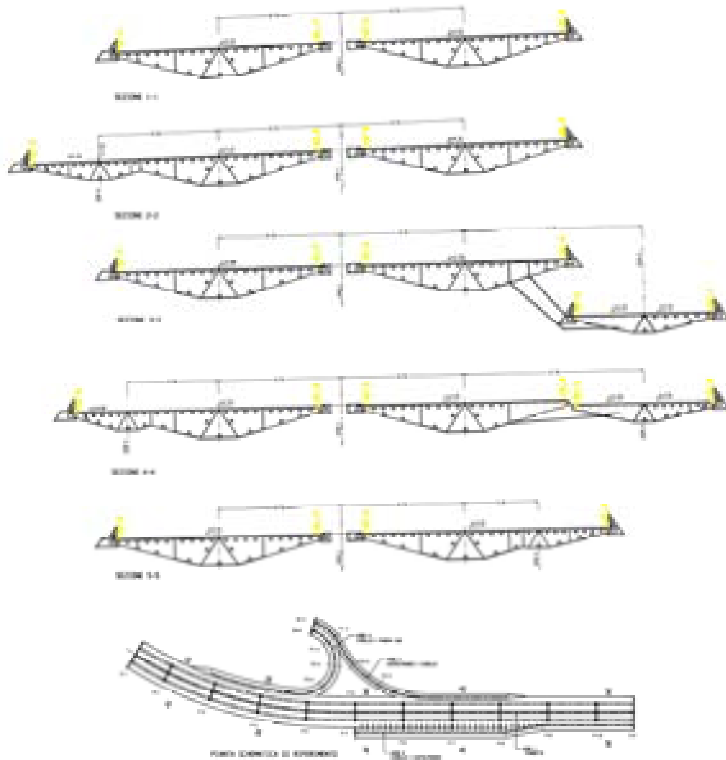
La longitud total del viaducto es de 543.5 metros, en la que el tramo circular ocupa 298 m , y la alineación recta

296 m. La distribución se hace en 11 vanos de luces 40.0-9x51.50-40.0. Cada sentido de circulación discurre por plataformas independientes separadas 1.6 metros.

La anchura total de cada una es de 16.0 metros

El canto es de 2.0 metros y la anchura superior es de 14.60. Su forma de artesa se consigue con una platabanda inferior y dos almas inclinadas. El tablero es totalmente metálico

Los apoyos de los dos tableros se realizan sobre diez pilas en forma de "V". Cada pila es común a los dos tablero reuniéndolos con brazos inclinados.



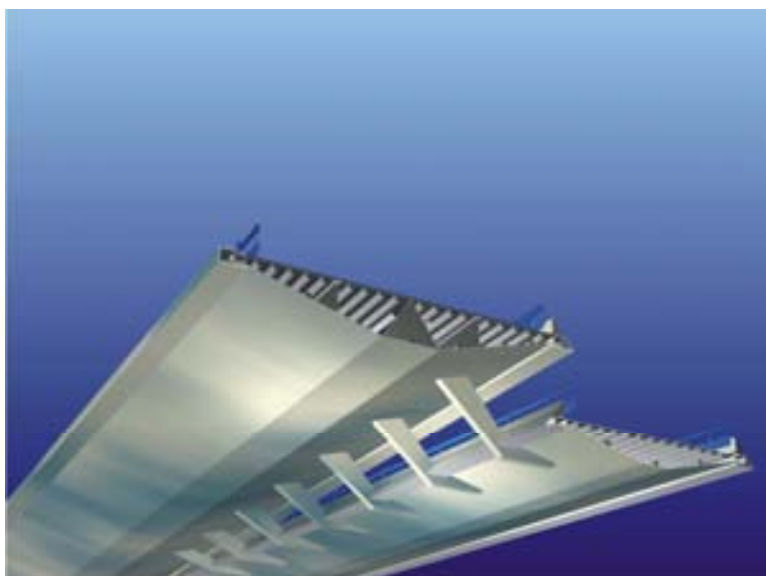
Este hecho ha creado dos problemas importantes que creemos haber resuelto adecuadamente. Para evitar un travesaño superior que arriostre las dos pilas inclinadas y así poder posar el tablero sobre la pila con libertad de desplazamientos longitudinales, hemos empotrado pila y dintel, con lo que el arriostamiento transversal se realiza automáticamente a través del tablero. Las dilataciones del conjunto del puente se producen, sin crear esfuerzos significativos debidos a la flexibilidad de un muy

mal suelo de cimentación.

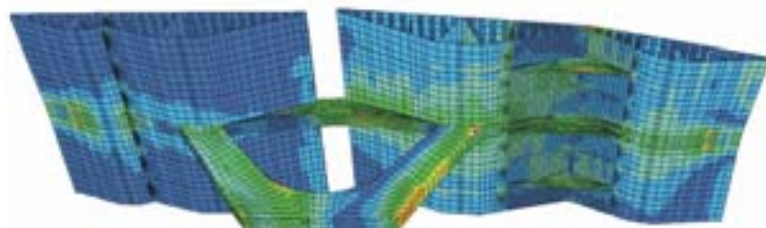
Pero además la presencia de los enlaces que desembocan en el tronco, los cuales están empotrados en el tronco, determinan flexiones transversales muy diferentes sobre la pila que solo su empotramiento con el dintel ha resuelto adecuadamente. Y este es uno de los problemas que esta disposición ha ayudado a resolver adecuadamente. Los enlaces suponen generalmente un elemento perturbador en la estructuración general del viaducto principal.

Las cinco rampas que sirven para enlazar el viaducto principal con las vías inferiores, suponen, en cualquier obra de puente, una gran dificultad añadida, pues la adecuación formal y resistente entre vías tan dispares resulta bastante difícil. Y este hecho es el que ha constituido uno de los retos que nos hemos

propuesto vencer en esta obra y que también ha servido para configurar el diseño.



Pero de entre las rampas hay que distinguir dos tipos. El primero supone un enlace con el dintel de rampas que proviene de un trazado muy exterior al viaducto principal y que únicamente al final se une tangencialmente al mismo.

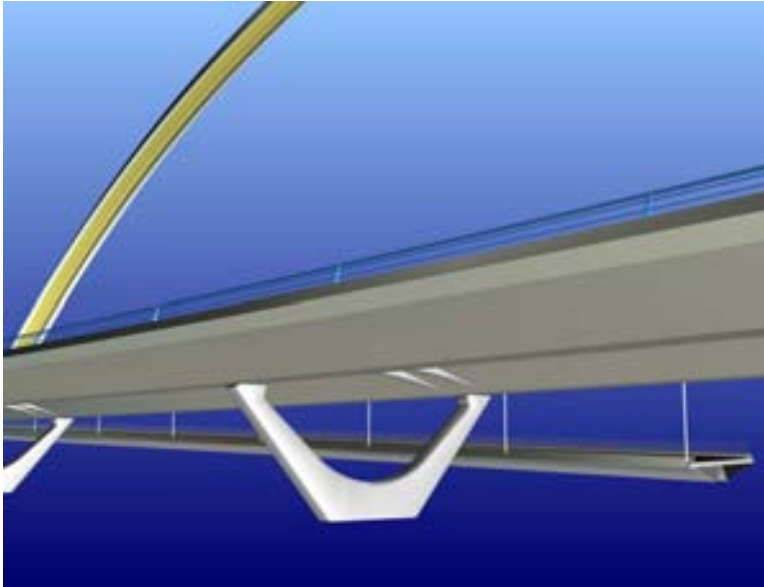


El segundo tipo es la rampa que se desarrolla junto al viaducto y paralela al mismo.

En ambos casos hemos tomado la opción de que las pilas de ambas estructuras no se interfieran. Esto significa que en los enlaces que se separan rápidamente del tronco empiezan a aparecer pilas cuando éstas están alejadas del viaducto principal. En la rampa que se desarrolla paralela al viaducto se deben eliminar las pilas pues es imposible la no interferencia visual.

Esto ha supuesto un problema resistente añadido formidable, pues las rampas se apoyan en el viaducto principal a lo largo de toda su tangencia, normalmente muy larga, sin ayuda de pilas, y las torsiones que se producen en el mismo son muy importantes.

Este efecto se hace especialmente significativo en el enlace que se desarrolla paralelo al viaducto principal, que ha sido necesario colgarlo del mismo para evitar esa superposición visual y resistente de soportes tan desiguales.



El cuelgue se pensó como tal en el primer diseño pero esta sustentación no controlaba el giro torsional de los ramales rectos. Por esta razón hubo que disponer costillas transversales que no solo transmitiesen la carga de las rampas al tronco, sino que

además transmitiese momento transversal, el cual controlaba el giro del tablero.

Los ramales al encontrarse con el tronco van penetrando en su interior de una manera natural, tan natural como ocurre en las vías de circulación superiores que sustentan.

VIADUCTO CORSO ARGENTINA EN PADUA

Javier MANTEROLA ARMISÉN

Dr.Ingeniero de Caminos

Carlos Fernandez Casado, S.L.

jmanterola@cfcsl.com

Silvia FUENTE GARCÍA

Ingeniero de Caminos

Carlos Fernandez Casado, S.L.

sfuente@cfcsl.com

Antonio MARTINEZ CUTILLAS

Dr.Ingeniero de Caminos

Carlos Fernandez Casado, S.L.

amartinez@cfcsl.com

Amando LOPEZ PADILLA

Carlos Fernandez Casado, S.L.

Resumen:

Este viaducto pertenece a El Nudo Viario Padova-Este y su misión es salvar la interferencia de tráfico con la vía transversal Corso Argentina. La longitud total del viaducto es de 543.5 metros. El tablero es totalmente metálico. Los apoyos de los dos tableros se realizan sobre diez pilas en forma de "V". Cada pila es común a los dos tableros recogiénolos con brazos inclinados.

Palabras Clave: .

Enlace urbano. Puente pórtico con pilas integrales. Tablero metálico con losa ortótropa.

1. Descripción del viaducto

Las estructuras del nudo viario de Padua Este incluyen un viaducto principal sobre el que discurre el vial Corso Argentina y tres ramales laterales, uno de acceso al viaducto y dos de salida. Se describen a continuación por separado cada una de ellas.



Fig. 1

2. Viaducto principal

El viaducto principal se encuentra en un tramo del trazado en el que en planta se enlaza un círculo de radio 400 m con una alineación recta. La longitud total del viaducto es de 543.5 metros, en la que el tramo circular ocupa 253 m, y la alineación recta 290.5 m. La distribución se hace en 11 vanos de luces 40.0+9x51.50+40.0. Cada sentido de circulación discurre por plataformas independientes separadas 2.0 metros. La anchura total de cada una es de 15.50 metros, distribuida en tres carriles de 3.75 metros, dos arcenes de 1.75 y 0.50 m y dos franjas laterales de 1.00 m para la colocación de las barreras, entre ambas calzadas va situado un pasillo de mantenimiento. La plataforma presenta un peralte del 2,5% en la zona recta, y en el tramo circular variable con un máximo del 7%. El peralte es en los dos siempre hacia el mismo lado de manera que las dos plataformas se encuentran en el mismo plano.

Cada plataforma la forma un tablero continuo de acero en sección cajón. El cajón se forma con una viga metálica en forma de artesa con almas intermedias sobre la que se dispone una losa ortótropa también metálica. En las zonas de incorporación de los ramales al tablero principal se le adosan los cajones de las estructuras de los ramales, de forma que se crea una plataforma única, cuya definición se describe en los apartados de los correspondientes ramales.

El cajón metálico es de acero tipo S355 con límite elástico 355 N/mm². El canto es de 2.00 metros y la anchura superior es de 15.50 m.

Su forma de artesa se consigue con una platabanda inferior de 2.70 metros y dos almas inclinadas 15.7° de 6.16 m. En su interior se disponen a lo largo de todo el viaducto dos almas verticales separadas 6.30 metros entre ellas de manera que se pueda transportar la célula central por carretera una vez soldada, dejando una holgura de 10 cm de chapa a cada lado.



Fig. 2



Fig. 3

En las zonas de apoyos, a lo largo de 15 metros a cada lado de las pilas se disponen almas inclinadas intermedias de forma que se optimiza la cantidad de acero en función de los anchos eficaces correspondientes a cada zona. Estas almas centrales parten de los extremos de la chapa inferior y van a unirse en el eje de la chapa superior. De esta forma, interiormente se crean cinco células en las zonas de apoyos y tres en los centros de vano.

Tanto las chapas de la losa ortótropa como las almas inclinadas exteriores y de la platabanda inferior se rigidizan longitudinalmente con

rigidizadores cerrados y las almas inclinadas interiores con medios perfiles IPE. Transversalmente la sección se rigidiza cada 3.15 m con diafragmas que tienen también la misión de impedir la distorsión de la sección transversal.

El apoyo de los dos tableros se realiza sobre diez pilas en forma de V. Cada pila es común a los dos tableros empotrándose en ellos.

La estabilidad del tablero frente a cargas excéntricas que la sección de la pila no es capaz de aportar se resuelve uniendo los dos tableros en la proximidad de la pila. Esto se realiza mediante una viga cajón transversal metálica de ancho 1.40 metros, al igual que las pilas, y canto variable de 2.00 metros en el arranque a la altura de la platabanda inferior a 1.30 metros en el eje. El momento torsor que las cargas excéntricas provocan se transmite a lo largo del tablero hasta las pilas donde se convierte en un par de reacciones verticales iguales y contrarias entre los fustes de la pila gracias a la flexión de este elemento de unión. Esta flexión es reducida por el efecto favorable que producen los cables de pretensado transversal dispuestos de extremo a extremo del tablero en la zona de las pilas.



Fig. 4

altas hasta 13.40 m en la pila más baja. La sección de cada fuste de la pila es un cajón de acero de límite elástico 490 N/mm².

Las pilas se empotran en su parte superior en el tablero, y en la inferior en encepados de 2.20 metros de ancho y altura variable sobre pantallas de 1.50 metros de espesor. La longitud de estas últimas es de aproximadamente 40.0 m. Para evitar la disposición de apoyos en la cabeza de las pilas, todo el desplazamiento del tablero debido a la variación de temperatura y cargas horizontales se confía a la flexibilidad del conjunto pila-cimentación. Por lo que se transmiten tanto a las pilas como a las pantallas unos considerables momentos longitudinales, y debido a la estructura aperturada aparecen en el tablero esfuerzos axiales significativos.

Los estribos son muros de hormigón armado cimentados sobre pilotes de 1.20 m de diámetro. Sobre el relleno de tierras se dispone una losa de transición de hormigón armado de 5.0 metros de longitud y 0.30 m de canto apoyada en el muro de guarda del estribo.

Con el fin de enfatizar toda la obra se han proyectado tres grandes arcos de iluminación con una luz de 154.50 m cada uno y una altura en clave de 24.80 m. La estructura resistente está formada por una sección triangular isósceles, con una altura que varía desde 1.50 m en los arranques hasta 0.80 m en clave. Los diafragmas transversales se disponen cada 3.25 m. En cada uno de los lados del triángulo se dispone un rigidizador longitudinal abierto a todo lo largo de la estructura. Con el fin de aumentar la rigidez frente a las acciones horizontales de viento se disponen chapas verticales complementarias en la zona de arranques.

3. Ramales Ejes 3 y 4 (Castelfranco-Casello y Casello-Padua Sur)

Los ramales de Ejes 3 y 4 forman parte de un enlace tipo trompeta que conecta el viaducto principal con la alineación Casello-Padua centro.

El ramal del Eje 3 de tipo semidirecto da salida desde el viaducto a Padua Sur. El ramal de Eje 4 de tipo lazo da acceso desde Casello hacia el viaducto dos vanos después desde el final del anterior. Los dos confluyen en la proximidad de un estribo común formando un vial único que enlaza con la alineación citada.

Las pilas tienen un ancho de 1.40 metros en sentido longitudinal. En sentido transversal su geometría se define con dos brazos de sección rectangular inclinados hacia el eje del viaducto y unidos entre sí con dos curvas circulares una por la parte inferior, unida al encepado y otra superior por debajo del tablero que forma la riostra. La inclinación de las caras exteriores de las pilas es de 55° y la de las interiores de 48°. La circunferencia que une ambos brazos en la parte superior tiene 38 metros de radio y el de la parte inferior varía entre 5.80 y 8.90 metros de radio según la altura de pila. La distancia entre arranques de las caras exteriores de los dos brazos de la pila a la altura del encepado varía desde 10 m en las pilas



Fig. 5

El trazado en planta del ramal de eje 3 presenta un tramo que discurre paralelo y a nivel del viaducto principal donde las secciones de una y otra estructura se unen como se ha citado anteriormente, hasta enlazar con un tramo circular de radio 100 m seguida de otro de 44 m de radio. En la zona curva se convierte en una estructura independiente. La longitud total es de 230.2 m, de la cual 103.5 corresponden a la zona común viaducto principal-ramal (zona unida en lo sucesivo) y el resto 126.7 m, a una estructura separada (zona independiente en lo sucesivo). Esta última se distribuye en 4 vanos de 27-36-36-27.7 m. En la zona próxima al estribo las plataformas de ambos ramales se unen mediante una riostra que recoge las torsiones de ambos tableros.

de un lazo con un tramo circular con radio 35. que enlaza con un tramo de que discurre paralelo y a nivel del viaducto principal donde las secciones de una y otra estructura se unen como en el caso anterior. La longitud total es de 197.3 m, de la cual 104.4 m corresponden a la zona común viaducto principal-ramal y el resto 92.9 m, a una estructura independiente. Esta última se distribuye en 4 vanos de 21.68-27-27-17.22 m.

La anchura de la plataforma del ramal del eje 3 en la zona independiente es de 8.5 metros, distribuidos en una calzada de 4,0 metros, dos arcenes, uno de 1,0 m y otro de 1,50 m y dos bandas laterales de 1.0 m para la colocación de barreras y del paseo de mantenimiento. En las zonas donde se une con el viaducto principal la anchura total de la plataforma es de 18.5 metros. Esto es un sobrecancho de 3.0 m con respecto a la plataforma normal del viaducto principal necesaria para incluir un nuevo carril.

La anchura de la plataforma del ramal del eje 4 en la zona independiente es de 11.0 metros, distribuida en dos calzadas de 3.50 metros, dos arcenes de 1,0 metro y dos bandas laterales, de 1.0 m para la colocación de barreras. En las zonas donde se une con el viaducto principal la anchura total de la plataforma es de 21.75 metros. Esto es un sobrecancho de 6.25 m con respecto a la plataforma normal del viaducto principal necesaria para incluir dos nuevos carriles.

En la zona independiente están formados por un tablero continuo de acero en sección cajón. Al igual que en el viaducto principal el cajón se forma con una viga artesa metálica con almas interiores y una losa ortótropa. El canto del cajón metálico es de 1,30 m y la anchura superior es de 8.5 m en el ramal del eje 3, y 11 m en el



Fig. 6

del eje 4. La forma de artesa se consigue con dos almas exteriores inclinadas con la plataforma 18° y 13° respectivamente. En ambos casos hay dos almas interiores centrales similares a la solución del viaducto principal en las zonas de apoyos. Las almas intermedias verticales sólo se disponen en el ramal del eje 4, separadas 4.40 metros entre sí. La rigidización longitudinal es similar a la tipología utilizada en el viaducto principal.

Transversalmente la sección se rigidiza con diafragmas cada 3.15 m en las zonas rectas o de radio amplio y a 3.00 m en la zona con curvas cerradas.

El apoyo del tablero se realiza mediante neoprenos de 0.75 m de diámetro sobre pilas circulares de hormigón armado de 0.85 m de diámetro. El apoyo en las pilas es único, con lo que la estabilidad frente a cargas excéntricas se consigue con el empotramiento del tablero por un lado a unirse al viaducto principal y por otro disponiendo una riostra en el estribo que une ambos tableros, para lo cual es necesario realizar una riostra transversal en la sección del tablero sobre este elemento.

Cada pila se cimienta sobre un único pilote de 1.20 de diámetro, interponiendo entre pila y pilote un encepado de 1.0 m de canto y 1.70 m de lado

4. Ramal eje 2 (Casello-Castelfranco)

El ramal de eje 2 forma parte de un enlace en lazo que da acceso al viaducto principal en el tablero en dirección a Castelfranco.

El tablero de este ramal está colocado paralelo al viaducto principal y tiene una longitud de 298 m, de los cuales 160 m corresponden a un tramo independiente sujeto mediante soportes metálicos inclinados de un extremo del cajón principal, y 138 m a un tramo en el que el ramal está unido al tablero principal.

La anchura total de la plataforma en el tramo independiente es de 11,00 m distribuida en dos calzadas de 3,50 m, dos arcenes de 1,00 m y dos bandas laterales de 1.00 m para la colocación de una barrera.

El tablero de este ramal es un cajón metálico de 1,30 m de canto, de sección transversal en artesa con caras muy inclinadas similar a la del ramal del eje 4 que se ha descrito anteriormente.



Fig. 7



Fig. 8

El tablero se suspende lateralmente del tablero del viaducto principal cada 6.30 m con elementos formados por sección cajón metálica de acero de límite elástico 490 N/mm^2 de 0.40 m de ancho que arrancan con 1.20 m de canto de la chapa inferior del tablero principal a la altura del alma vertical y sujetan el tablero del ramal por el borde con canto de 0.80 m.

La sujeción lateral del tablero introduce en éste una torsión impuesta. La forma de recoger ésta, así como la que provocan las cargas excéntricas es con un doble empotramiento en el estribo y en el tablero principal. En el primero es necesario disponer un doble apoyo para convertir la torsión en un par de fuerzas verticales. En el segundo se realiza de forma similar a como se

consigue la estabilidad los dos tableros del viaducto principal. Se une el tablero del ramal al tablero principal con una viga transversal que recoge las torsiones del primero y las convierte en flexión transversal sobre el viaducto

5. Construcción



Fig. 9

Perforación y hormigonado de las pantallas y pilotes de las cimentaciones de las pilas y estribos

Construcción de las vigas de atado incluyendo la estructura de anclaje y apoyo de las pilas principales de los viaductos. La excavación se realizará con tablestacas.

Construcción de los estribos.

Montaje de las pilas principales incluyendo los diafragmas transversales.

Montaje de los vanos de los viaductos principales por medio de apeos provisionales cimentados. Para que los elementos de izado no sean muy grandes se ha previsto una subdivisión de los vanos en tres partes iguales.

Para realizar las soldaduras frontales del tablero y las pilas, son necesarios apeos provisionales en las mismas, ya que el tablero y pila no son estables hasta que los dos viaductos que confluyen en ella están contruidos. Como consecuencia de la concepción del viaducto totalmente empotrada será preciso que la presentación y soldadura del vano a la pila frontal, según el sentido de avance de la construcción, se realice una vez montado el vano con el fin de poder garantizar las tolerancias mínimas de construcción y montaje.



Fig. 11

En el desarrollo del proyecto se ha tenido presente las condiciones de construcción del viaducto. El diseño de la sección transversal, con la disposición de las almas principales, se ha previsto la fabricación del núcleo del cajón principal en taller y su posterior transporte para completar los vuelos in situ y realizar posteriormente su montaje. En los planos se ha detallado la secuencia de construcción y montaje en los que se ha tenido en cuenta los desvíos provisionales de tráfico con el fin de interferir lo menor posible el flujo viario de la zona. Las fases principales de construcción y montaje son las siguientes:

Construcción en taller del núcleo principal del cajón de los viaductos y rampas

Montaje a pie de obra del resto de los elementos de la sección transversal de los cajones.



Fig. 10

Montaje de las rampas de acceso, una vez montados los viaductos principales. La rampa 2 necesitará apeos provisionales para realizar las soldaduras de unión de los elementos de cuelgue al viaducto principal.

Tesado de los cables de pretensado de las vigas transversales sobre pilas.

Montaje de los arcos de iluminación por tramos sobre apeos dispuestos en el tablero.

Montaje de las defensas e impostas del tablero y todo el sistema de drenaje.

Ejecución de las terminaciones.

FICHA TÉCNICA:

Nombre de la obra: Viaducto Corso Argentina en Padova

Promotor: Comune di Padova

Autor del proyecto: Javier Manterola, Antonio Martínez, Silvia Fuente, Amando López

Empresa consultora: Carlos Fernández Casado, S.L., Net Engineering y Turrini

Empresa constructora: Cimolai