Informes de la Construcción Vol. 16, nº 159
Abril de 1964

Italia

viaducto sobre el río Fiumarella

RICCARDO MORANDI, Prof. Ingeniero

562 - 76

sinopsis

El viaducto sobre el río Fiumarella, que constituye la unión entre Catanzaro y la vía de comunicación de Los dos Mares (Italia), ha entrado recientemente en servicio.

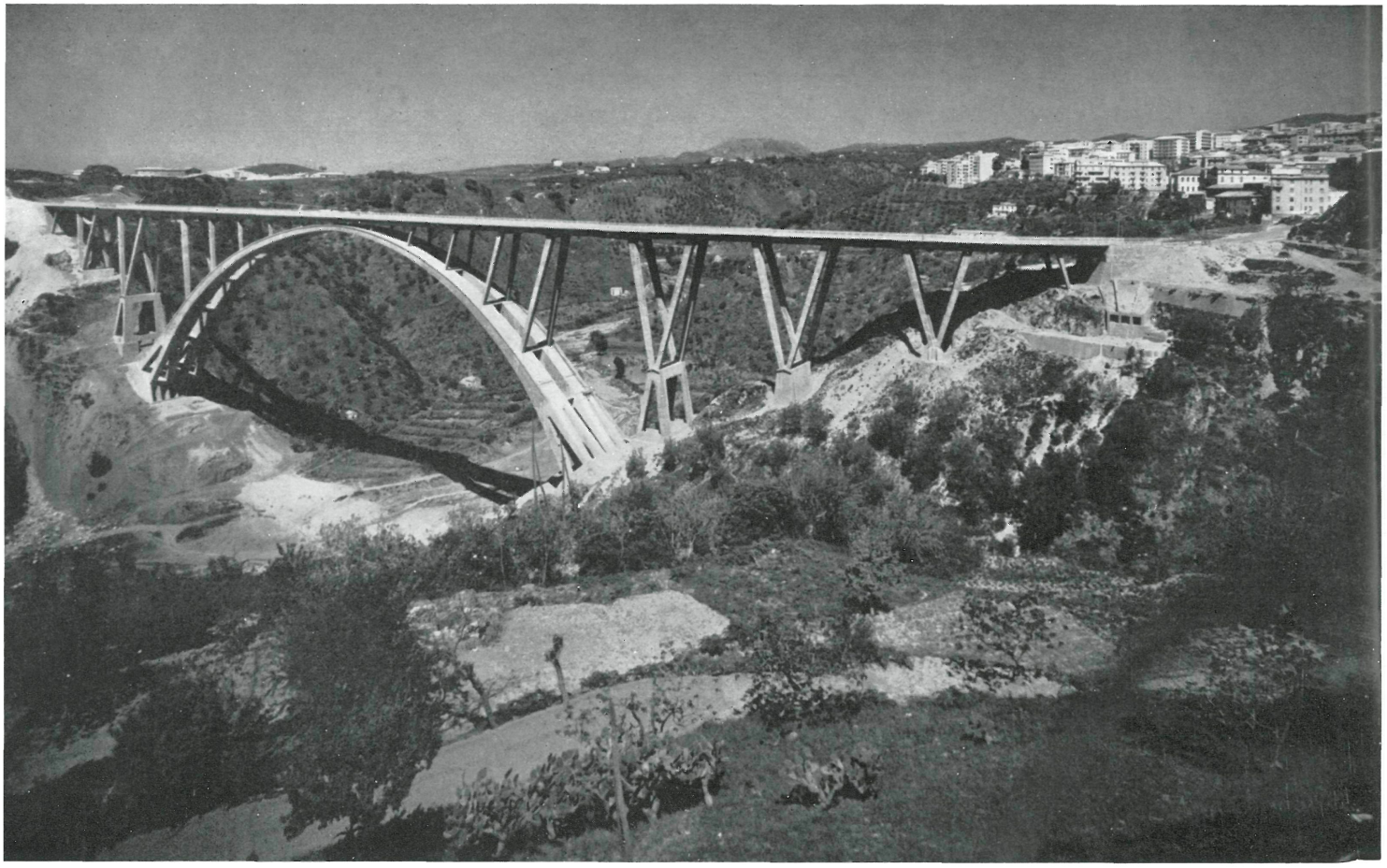
El tramo central, de 231 m de luz teórica y 62 m de flecha, salva el río con un arco de hormigón armado, de sección transversal hueca, formando una estructura tipo cajón. Este arco, junto con una serie de soportes inclinados, esbeltos, soportan el tablero de anchura suficiente para dar paso a una calzada de 10,50 m y dos andenes de 1,50 m de anchura cada uno.

La particularidad de esta obra es su esbeltez, racionalidad de cada una de sus partes estructurales y la inclinación de 15°30' respecto de la vertical de los soportes, que también son del tipo aligerado. Esta inclinación da origen, en los casos de apoyo directo sobre el extradós del arco, a componentes que actúan favorablemente a la estabilidad del arco.

En las proximidades de las impostas, el arco se subdivide en dos partes independientes, espaciadas a 22 m en la parte inferior. Esta disposición tiene por objeto lograr una buena distribución de esfuerzos sobre los cimientos.

El tramo central se compone de dos arcos independientes, de sección celular, en forma de cajón, de 7,50 × 6,60 m de sección máxima en arranques y mínima de 5,25 × 2 m en la clave.

La fibra media del arco tiene 274 m de desarrollo, la forma de una curva de 5.° grado y coincide en muchos de sus puntos con la curva de esfuerzos normales debidos al peso propio, o lo que es igual, con el polígono funicular deducido del peso propio del arco, salvo algún punto de discontinuidad que crean las cargas concentradas y las correcciones introducidas para tener en cuenta la deformación elastoplástica.



© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

Recientemente, se ha terminado la construcción del viaducto sobre el río Fiumarella (Italia). Constituye la unión entre la ciudad de Catanzaro y la gran vía de comunicación llamada de Los dos Mares (Jónico y Tirreno).

Esta obra de fábrica, de manifiesta belleza, salva un valle en cuyo fondo discurre el río Fiumarella. El tablero de esta obra se halla a 115 m de altura respecto al fondo de dicho valle.

El viaducto presenta un arco de hormigón armado, de flecha teórica de 62,12 m, y luz, también teórica, de 231 m. El referido arco soporta el tablero que se extiende en un plano horizontal, de cota 301,5 m, sostenido por una serie de soportes, esbeltos y oblicuos, que gravitan unos directamente sobre el trasdós del arco, mientras que otros lo hacen directamente sobre la margen del valle.

El viaducto tiene una longitud total de 467,10 m, una calzada de 10,50 m de anchura y, además, dos andenes laterales, para peatones, de 1,50 m de anchura cada uno.

Es de notar que la particularidad fundamental de este proyecto la constituye la disposición de soportes oblicuos, cada uno de ellos con su eje inclinado de 15° 30' respecto a la vertical.

Aparte de toda consideración estética y de originalidad de expresión, se resalta que de los soportes que gravitan directamente sobre la margen del valle se saca partido a su oblicuidad, lo que permite mejorar la subdivisión en tramos del tablero y, por tanto, reducir la carga sobre cimientos; además, en aquellos otros que descansan sobre el arco, su oblicuidad da lugar a componentes horizontales sobre el mismo arco que favorecen su propia estabilidad.

El arco, de luz teórica de 231 m y flecha de 66,12, está constituido por dos partes celulares independientes, robustamente arriostradas entre sí y separadas de tal forma que dan una anchura mínima total de 10,50 m en la clave y máxima de 25 m en imposta.

El arco en las proximidades de la imposta se subdivide, a su vez, en dos partes independientes con separación máxima total de 22 m, y en la parte donde se unen, en la imposta, dan una sección total de 22 m de anchura.

A partir de aquí, y procediendo hacia la clave, cada uno de los semiarcos tiene una sección celular constituyendo cajón cerrado, de dimensiones exteriores máximas de 7,50 × 6,60, y mínimas, en la clave, de 5,25 × 2 metros.

Las células están constituidas por dos tabiques de altura y espesor variable (este último de 40 a 50 cm) y dos losas de anchura y espesor también variable (este último de 40 a 65 cm).

La parte celular está atravesada por tantos diafragmas como soportes tiene el tablero y constituye el arriostramiento o unión entre los dos semiarcos.

La zona de imposta está también constituida por cajones, de dimensiones máximas de 3,50 × 3,50 y mínimas de 2,50 × 2,50, y tiene tabiques, de espesor constante, de 60 centímetros.

La fibra media del arco tiene un desarrollo de 274,76 m y presenta un perfil correspondiente a una curva de 5.° grado coincidente, dentro de la mayor posibilidad, con muchos puntos de la curva de esfuerzos normales debidos al peso propio de la obra, es decir, del polígono funicular que origina, salvo algún punto de discontinuidad de dicho polígono, debido a cargas concentradas y a las correcciones introducidas para tener cuenta de la deformación elastoplástica.

La continuidad del arco, durante la construcción de esta obra, fue interrumpida en tres puntos singulares, los cuales constituían otras tantas articulaciones provisionales y, a su vez, tres condiciones para la determinación de la curva de esfuerzos normales debida a la carga permanente de toda la obra.

Estas articulaciones provisionales desaparecieron una vez terminada la obra, modificando el comportamiento del arco al aplicarle las cargas móviles y las variaciones de temperatura.

Teniendo en cuenta el bloqueo de las referidas juntas a la terminación de la construcción del arco, éste puede considerarse como empotrado en los arranques o impostas.

El tablero

El tablero está formado por una serie de trozos continuos, horizontales, que se han solidarizado con los soportes inclinados. El tablero, bajo el punto de vista resistente, se puede considerar constituido por cuatro vigas longitudinales o nervios.

El espesor de estos nervios o vigas varía desde 25 hasta 70 cm, y su altura, desde 1,80 hasta 2,40 m. La parte superior de estos nervios se ha solidarizado con los elementos transversales del tablero mediante una losa de 16 cm de espesor.

Cimientos

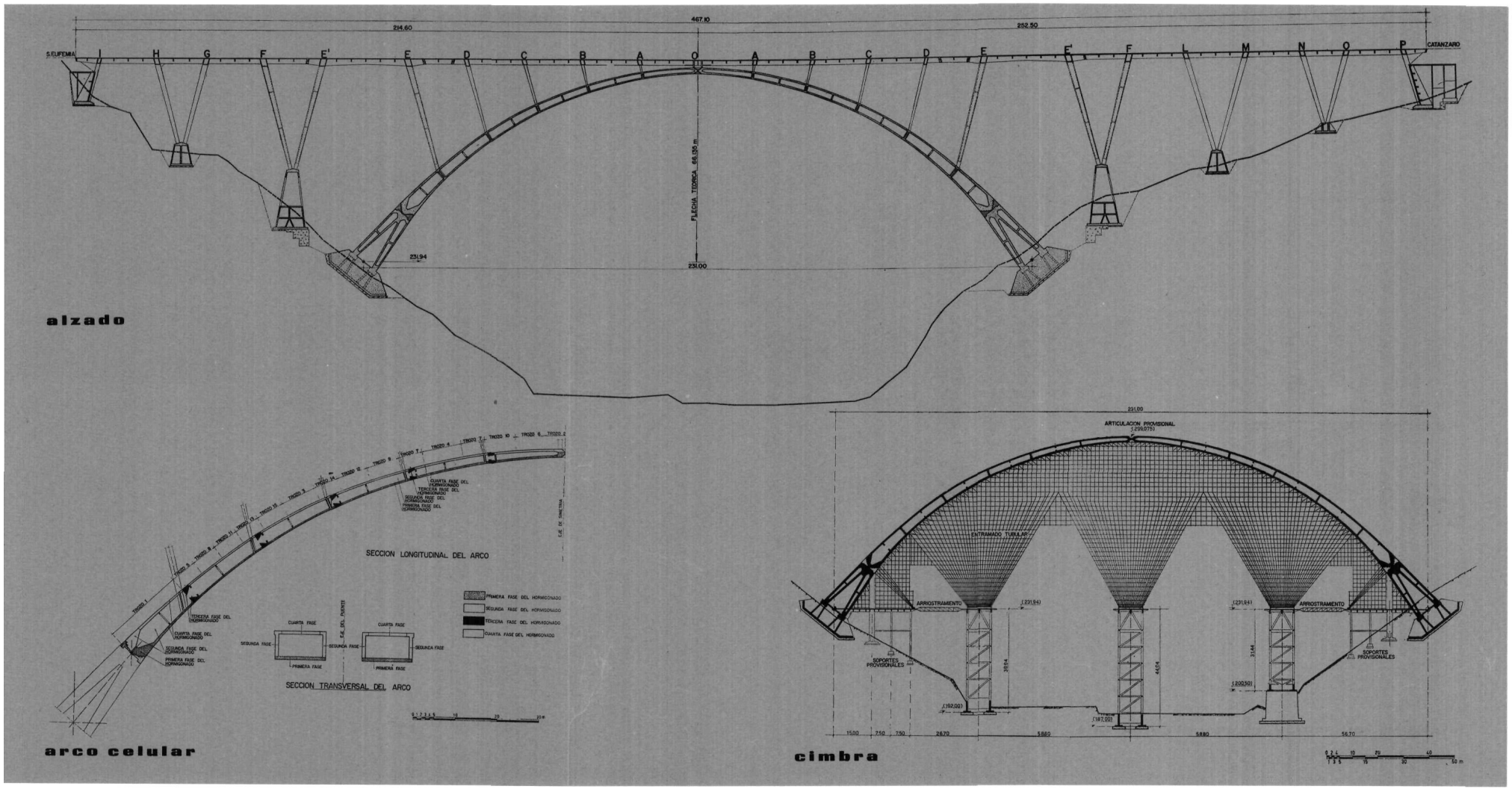
Una de las dificultades observada en la realización de esta obra fue la variabilidad del terreno en que descansa, ya que, mientras la margen derecha del valle está constituida por una formación pórfido-cuarcífera, la otra margen se caracteriza por la presencia de la filadiosicidad de los esquistos y de las rocas graníticas; estas últimas francamente fracturadas con presencia, en algunos puntos esporádicos, de fenómenos que dan lugar a la formación de arcillas.

Por tal razón, la construcción de cimientos en la margen izquierda del valle ha sido precedida de una serie de inyecciones de consolidación que han absorbido unos 25.000 quintales de cemento.

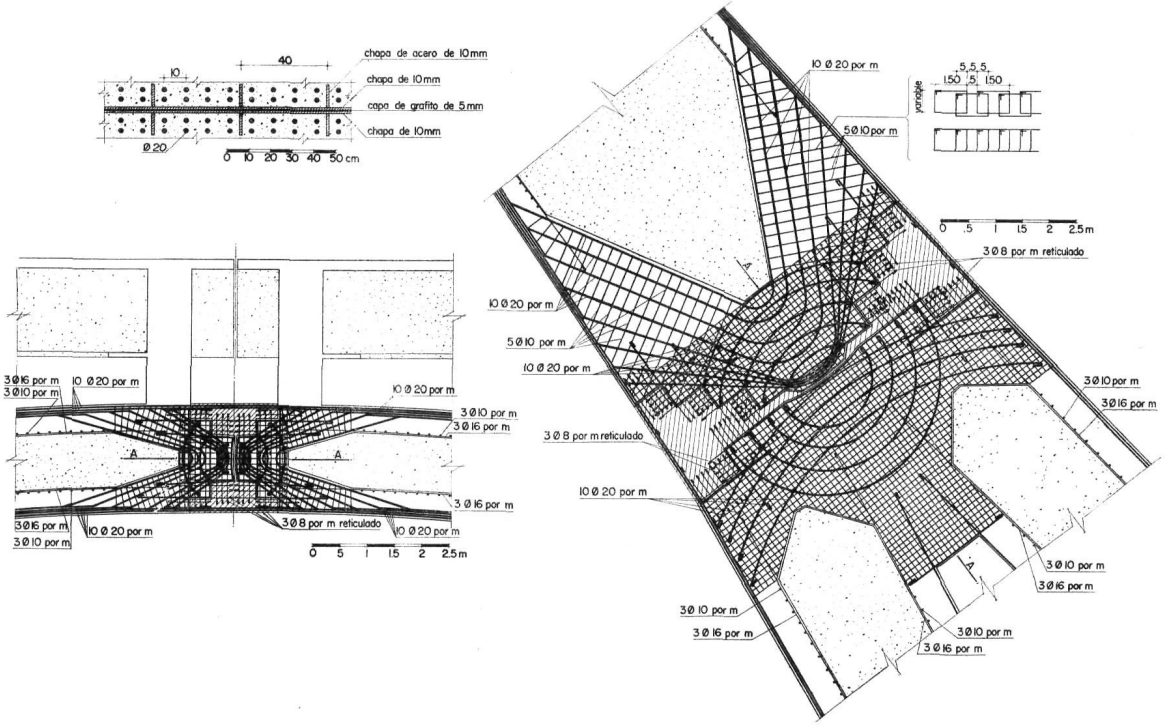
La carga unitaria admitida para este terreno se ha mantenido en todos los casos inferior a 30 kg/cm².

Esta ha sido la causa por la que se ha creído oportuno repartir los esfuerzos del arco, correspondientes a la imposta, por medio de cuatro elementos independientes que transmiten el referido esfuerzo al estribo.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es



© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es



detalle de las articulaciones provisionales

Métodos constructivos

Proyecto de la cimbra.—Puesto que desde el primer momento se adoptó el principio de que la estructura se hormigonaría sobre una cimbra provisional compuesta de un entramado tubular de acero, se planteó la cuestión de si debía adoptarse semejante cimbra de dimensiones notables y cuál debería ser el criterio para proceder a su dimensionamiento en forma tal que se llegase a dimensiones no excesivamente dispares de las correspondientes a otras aplicaciones similares actualmente experimentadas.

Es de notar que las mayores cimbras empleadas hasta la actualidad, en Italia, son las que corresponden al puente sobre el río Aglio, en un paso superior para la Carretera del Sol, de 164 m de luz y, aproximadamente, 70 m de altura sobre el río, y la correspondiente al puente sobre el río Sambro, también de la Carretera del Sol, obra que tiene una flecha aproximada de 60 metros.

En estos dos casos las dimensiones de las cimbras son ligeramente inferiores y se ha empleado, en su construcción, el tipo de cimbra «denominado en abanico», cuyo complejo de soportes radiales convergentes se dispuso en forma tal que la referida convergencia tuviese lugar en puntos singulares de apoyo convenientemente dotados de robustos cimientos.

El complejo de estos soportes, cada uno de ellos constituido con un solo tubo de acero sin soldadura alguna, ha sido arriostrado entre sí en dos direcciones para evitar estados de inestabilidad elástica debida a la carga en punta.

La parte superior del perfil del arco de la cimbra está constituida por una serie de tubos, también de acero, que se han solidarizado entre sí y enrasado convenientemente para constituir el apoyo de la estructura.

El plan general de las distintas fases que ha experimentado el hormigonado de la obra constituye, evidentemente, una premisa extensible a toda investigación necesaria para llegar al proyecto general del sistema de hormigonado que debía seguirse en este complejo. Debe considerarse, en primer lugar, que las uniones entre estos tubos, de longitud necesariamente modesta, se realiza por medio de juntas cuya fijación no excluye corrimientos diferenciales eventuales en el momento de la transmisión de las cargas.

De ello se desprende que la determinación «a priori» de las deformaciones de los distintos elementos puede variar debido a los corrimientos antes mencionados, tanto más sensibles cuanto más largos sean los elementos, así como cuanto mayor sea el número de juntas.

Otro aspecto delicado de este tipo de cimbra radica en la necesidad de un montaje muy cuidado, especialmente en lo que se refiere a la alineación de los distintos elementos.

Un apoyo de una cimbra de grandes dimensiones y de altura de decenas de metros, aunque los elementos estén unidos en justos intervalos, puede presentar condiciones de solicitaciones excesivas correspondientes a flexiones debidas a la imperfección del montaje. Semejantes flexiones pueden ser producidas también por deformaciones ligeramente *horizontales, determinantes de acciones a lo largo del eje.*

Así, pues, y como ejemplo de una acción típica horizontal en el arco incompleto es aquella que deriva de componentes horizontales transmitidas a la cimbra procedentes de la parte más próxima a la imposta, notablemente inclinada respecto al plano horizontal.

Estas acciones determinan solicitaciones de compresión en los elementos horizontales de unión que el proyectista de la cimbra puede disponer en número y posición oportuna en el caso de grandes luces, las cuales se hallan sometidas a acortamientos y consiguientes deformaciones en los distintos soportes solidarizados a dichos elementos horizontales.

Las grandes cimbras se hallan sometidas a la acción del viento, ya que el gran número de elementos tubulares opone una gran resistencia al viento, especialmente cuando éste sopla en dirección normal al eje longitudinal de la estructura.

Esta y otras razones aconsejaron no aumentar indefinidamente las dimensiones de la cimbra tubular de acero y a proceder con mucha atención al examinar la influencia de las solicitaciones consideradas como secundarias, cuyo conjunto, en una obra de consideración, puede determinar serios inconvenientes.

Ciñéndonos al caso del viaducto de la Fiumarella se ha intentado reducir a un mínimo las dimensiones de la cimbra tubular de acero, particularmente apoyándose en la experiencia obtenida en obras provisionales, de hormigón armado, que son siempre más caras y además se hallan destinadas a una demolición sucesiva, pero que poseen características previsibles en lo que a la rigidez respecta. Se quería que la cimbra no alcanzase una altura superior a los 60 m y, por tanto, que los cinco abanicos—dos de imposta y tres centrales—se apoyasen sobre otros tantos soportes de hormigón armado que llegasen hasta el fondo del valle.

El arco se ha dividido en tres partes distintas: dos laterales, correspondientes cada una a unos 15 m de cuerda, unidas, por un lado, a los cimientos de imposta y, por el otro, a robustos soportes verticales de hormigón armado; y una parte central, correspondiente a una luz aproximada de 201 m, que se apoya en la cimbra metálica montada con tres articulaciones. El criterio fundamental en que se ha basado el proyecto de toda la estructura provisional puede resumirse así:

1. **Soporte vertical de apoyo de hormigón armado.**—Disponen de cimientos suficientemente profundos para evitar cualquier acción de descalce que las avenidas del río Fiumarella pudiera provocar.

La solicitación máxima ha sido de 2 kg/cm² en la capa aluvial, habiendo tenido en cuenta la acción producida por un viento de 150 km de velocidad y actuando sobre una superficie equivalente a la del tercio de la total de la cimbra.

La deformación prevista para estos soportes sobre el plano horizontal que pasa por su extremidad superior debía ser menor de 3 centímetros.

La solicitación máxima con la hipótesis de una adopción de hormigón de alta resistencia y acero tipo AQ. 50, debía ser la máxima reglamentaria.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

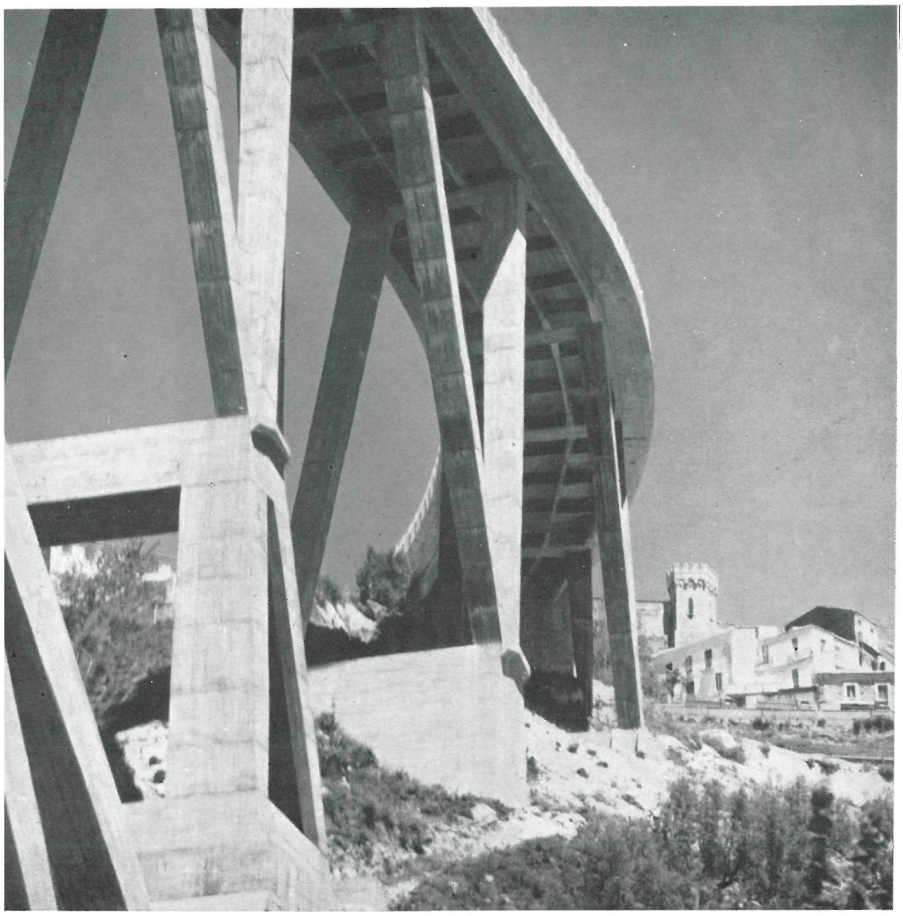
Hormigonado del arco.

2. **Cimbra tubular de acero.**—Está constituida por tubos «mannesman» de 60 mm de diámetro. La tensión unitaria de compresión admitida no debía ser superior a 1.600 kg/cm², teniendo en cuenta el coeficiente apropiado de esbeltez y un juicioso coeficiente de seguridad de la estabilidad elástica por carga ejercida en punta.

Se necesitaba también determinar la acción en los distintos elementos de la cimbra metálica y los caballetes de apoyo de hormigón armado durante las distintas fases sucesivas en que se iba a realizar el hormigonado, utilizando para ello las acciones más desfavorables, así como la particular absorción de acciones horizontales derivadas de la inclinación de los distintos trozos del arco no terminado, por medio de tirantes metálicos especiales unidos a los bloques de cimientos de la imposta.

Debían adoptarse dispositivos para desmontar la cimbra en forma tal que permitiesen regular el descenso gradual y lento de la estructura provisional, de manera que se produjese, según una ley preestablecida, la aparición de tensiones internas en el hormigón.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es



Trozo en curva de transición. Estribo del arco.

Se hacía necesario también eliminar las tensiones anormales debidas a deformaciones accidentales de la cimbra en el caso de arco incompleto, utilizando interrupciones de su rigidez y sin renunciar al auxilio de la transmisión de esfuerzos normales dirigidos hacia la articulación de imposta. Debía tenerse en cuenta asimismo la eliminación, mediante un sistema de vientos convenientemente tesados, de las deformaciones que rebasasen un cierto límite, debidas al viento de velocidad supuesta, que, como se dijo anteriormente, actuaría normalmente a la cimbra y con una velocidad aproximada de 150 kilómetros por hora.

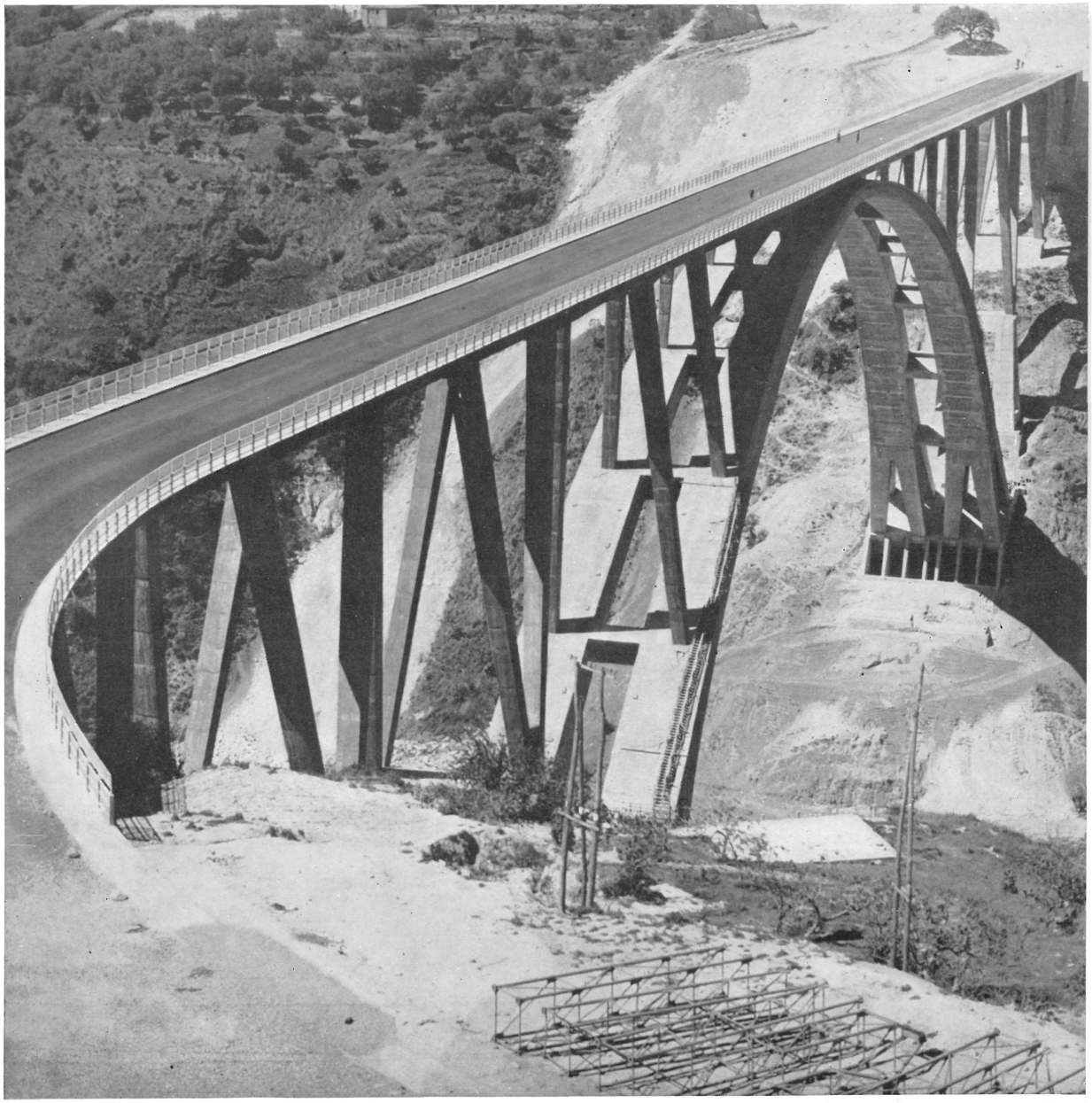
3. **Plan general de hormigonado.**—El plan general de hormigonado, como se dijo anteriormente, ha condicionado el proyecto de la estructura provisional y se ha concebido habiendo admitido, en primer lugar, que el referido hormigonado debía realizarse con perfecta simetría respecto al plano vertical que pasa por la clave del arco. Este plan se compone de las siguientes partes:

Primera fase: Hormigonar, en primer lugar, los cimientos correspondientes a la imposta y el trozo de arco comprendido entre dicha imposta y la articulación lateral. Para mantener esta última prácticamente inmóvil se debía construir un soporte vertical, de hormigón armado, que se apoyase directamente sobre el terreno y robusto cimiento.

Segunda fase: Hormigonado de la rosca del intradós del arco siguiendo el orden progresivo de la serie natural de números. Esta rosca inferior se compone de varias bandas independientes y entre las cuales se han dejado huecos de 30 cm. La anchura de cada una de estas bandas es inferior a 5 m, y el hormigonado se ha realizado de tal modo que, hasta la terminación de la quinta fase sucesiva, la referida rosca no debía someterse a ningún esfuerzo normal que, en este caso, hubiese resultado bastante peligroso por no ser coplanario con el plano de contacto de la articulación.

Tercera fase: Hormigonado de los tabiques verticales siguiendo la progresión de los números naturales, como se puede apreciar en los dibujos. Los nervios se han hormigonado dejando en ellos una serie de estricciones de sección (articulaciones) para poder reducir en la rigidez dichos puntos. Todo ello con objeto de permitir una cierta posibilidad de rotación de las distintas partes de estos nervios en el caso de una deformación anormal eventual de la cimbra soportable.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es



Vista superior del viaducto

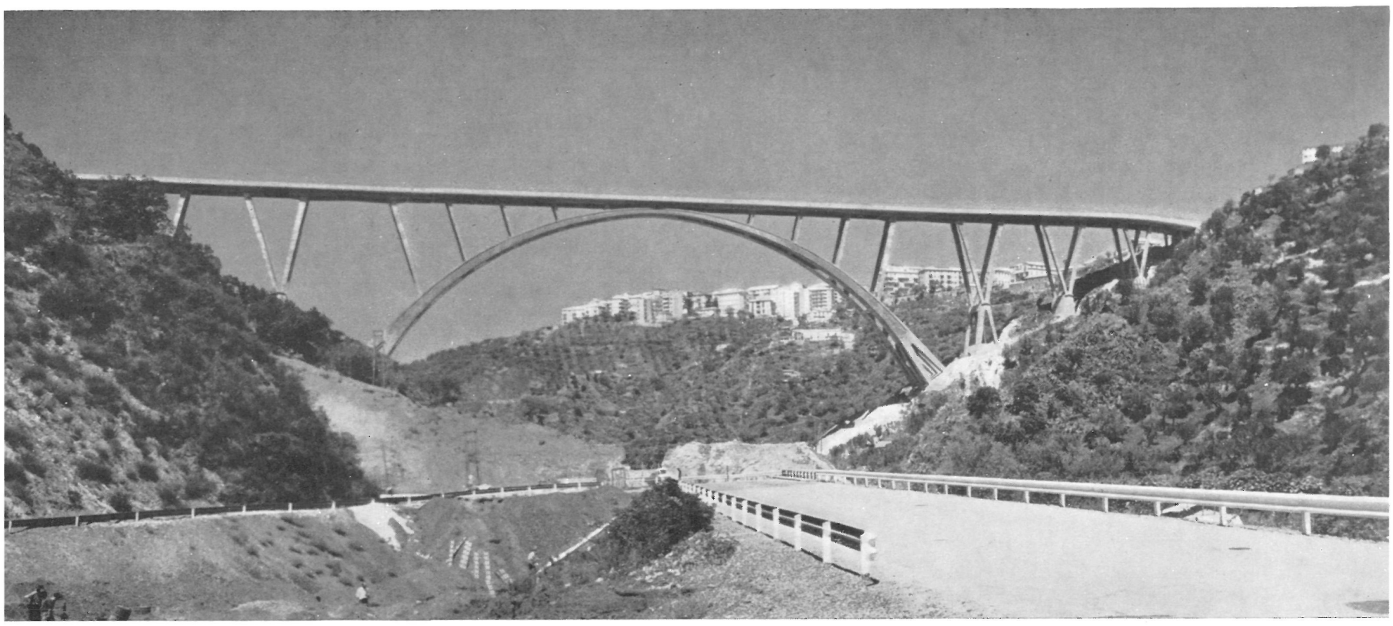
Cuarta fase: Bloqueo de todas estas estricciones a lo largo de los nervios, constituyendo, con ello, la continuidad, a excepción de las dos articulaciones de imposta y la de la clave.

Quinta fase: Hormigonado de la losa superior de cierre de la sección celular, siguiendo una progresión idéntica a la que antes se ha indicado para el hormigonado de nervios, y blocando simultáneamente los huecos que previamente se habían dejado en la losa inferior.

Establecidos los criterios anteriormente expuestos, la cimbra metálica y su proyecto ha sido confiado a la Sociedad interesada. Esta, que redactó un proyecto muy cuidado de ejecución y montaje, debía terminarse a los seis meses de su comienzo y emplear 2.000 t de tubos metálicos y, como consecuencia, unas 245.000 juntas especiales.

La cimbra, durante el período de ejecución, ha estado expuesta más de una vez a tempestades de viento con una velocidad de hasta 140 km/h. El comportamiento de los distintos elementos que componen la cimbra ha sido similar al que del cálculo se había deducido, sin que se produjese inconveniente alguno.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es



Paso inferior.

A partir del 5-12-1960 hasta el 12-3-1961 se ha procedido al hormigonado del arco siguiendo los planes generales establecidos y anteriormente mencionados.

El hormigonado del trozo de arco comprendido entre la articulación lateral y la imposta ha necesitado de 4.302 m^3 de hormigón y se ha realizado sin interrupción, a excepción de alguna nocturna accidental con la ayuda de dos turnos diarios de trabajo, de diez horas cada uno, y con una producción media diaria de 85 metros cúbicos.

Durante todo el período del hormigonado, la cimbra ha estado sometida a una observación continua de cuatro estaciones de nivelación que empleaban instrumentos de precisión de otra estación taquimétrica. Se dispuso, además, que un equipo especializado de montadores vigilase, sin interrupción, todas las juntas de la cimbra y se hallase en condiciones de intervenir rápidamente a la menor indicación de imperfección en cualquier junta. A tal objeto, todo el complejo que constituye el entramado de la cimbra estaba artificialmente iluminado.

Toda esta estructura provisional no ha presentado ninguna deformación anormal, por lo que no se ha producido desperfecto durante el hormigonado y curado en cada una de las distintas fases.

Cuando faltaban quince días para la terminación de la obra de hormigonado, y con objeto de facilitar la uniformidad tensional, dada la posible variación del módulo de elasticidad del hormigón, se procedió a la operación de desmontar la cimbra. Esta operación ha exigido de todos aquellos dispositivos necesarios para que la cimbra y todo su complejo descendiese, uniforme y escalonadamente, de acuerdo con las previsiones.

En particular, la parte móvil de los cajones de arena y, por tanto, los tramos de madera, y las placas de madera sobre las que se apoyaban las bases de los distintos soportes de la cercha que, a su vez, descansaba sobre la arena contenida en cajones de hormigón armado, se han graduado previamente de forma que cada graduación representase un submúltiplo de la deformación media presumible de la línea que constituye el eje del arco y en correspondencia con cada uno de los ejes de los distintos abanicos. Tales graduaciones han sido calculadas suponiendo una deformación del orden del 20 por 100 del arco.

El descimbre se ha llevado a cabo descendiendo la cimbra en conjunto a razón de una graduación por cada dos horas. De tal manera se intentó obtener una variación lenta en los estados tensionales internos de la estructura. Al llegar a la tercer graduación, la clave del arco se hallaba ya libre y la separación total entre la cimbra y la estructura se efectuó en el transcurso de la cuarta graduación.

Todo se ha realizado con gran regularidad. La arena salía de los cajones que la contenían con auxilio de chorros de agua a presión que llegaban al interior de los cajones y atravesaban los agujeros en ellos dispuestos a tal objeto.

Las deformaciones observadas en el arco han sido del tipo llamado congruente, observándose, durante el hormigonado de la sección de la clave, un descenso aproximado de 40 mm, correspondiente a la deformación elástica de la cercha. Inmediatamente después de desmontar la cimbra, el arco sufrió un descenso ulterior de 35 mm. Este último dato corresponde a un módulo medio aparente de elasticidad del hormigón de 380.000 kg/cm^2.

Tanto las articulaciones como los cimientos han sufrido deformaciones absolutamente despreciables. La articulación de la clave ha experimentado una rotación de 0° 1', de acuerdo con el descenso correspondiente.

El descenso total en la clave fue de unos 75 mm, contra los 100 mm previstos, y para los cuales se había proyectado el trazado de la línea del eje.

El arco ha sido proyectado por el autor de este trabajo en colaboración directa con el Gabinete Técnico de la Administración Provincial de la ciudad de Catanzaro (Italia), y ha sido ejecutado por la Empresa Sogene. La cimbra fue proyectada y adjudicada a la Sociedad Dalmine Innocenti.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc) http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Viaduc sur la Fiumarella

Morandi, ingénieur.

Le viaduc sur la Fiumarella qui sert d'union entre Catanzaro et la voie de communication des deux Mers (Italie) est entré récemment en service.

La travée centrale de 231 m de portée théorique et de 62 m de flèche, franchit la rivière à l'aide d'un arc, en béton armé, de section transversale creuse, formant une poutre de type caisson. Cet arc, joint à une série de supports inclinés, élancés, supportent le tablier de largeur suffisante pour une chaussée de 10,50 m et deux trottoirs de 1,50 m de largeur chacun.

La particularité de cet ouvrage est son élancement, sa rationalité de chacune de ses parties structurales et l'inclinaison de 15° 30' des supports, par rapport à la verticale. Cette inclinaison donne naissance, dans les cas d'appui direct sur l'extrados de l'arc, à des composants qui agissent favorablement sur la stabilité de l'arc.

A proximité des impostes, l'arc se divise en deux parties indépendantes, séparées à 22 m entre elles dans la partie inférieure. Cette disposition a pour objet d'assurer une bonne distribution des efforts sur les fondations.

La travée centrale est composée de deux arcs indépendants, de section cellulaire, en forme de caisson, dont la section maximum est de 7,50 sur 6,60 m à la base et la section minimum de 5,25 sur 2 m à la clé.

L'axe moyen de l'arc, de 274 m de portée, a la forme d'une courbe de 5ème degré et coïncide, en beaucoup de ses points, avec la courbe d'efforts normaux dus à son propre poids, ou bien ce qui revient au même, avec le polygone funiculaire déduit du propre poids de l'arc, sauf quelques points de discontinuité créés par les charges concentrées et les corrections introduites pour tenir compte de la déformation élastico-plastique.

Viaduct over the Fiumarella river

Morandi, engineer.

The viaduct over the Fiumarella river, which links Catanzaro and the Two Seas lines of communication, has recently been opened to the public.

The central arch has a theoretical span of 231 m and a maximum rise of 62 m. It bridges a river, and is made of reinforced concrete. The cross section is a hollow rectangle. The arch supports a pallisade of inclined, slender columns, upon which rests the deck. This is sufficiently wide to accommodate a pavement, 10.5 m wide, and two sidewalks, each 1.5 m wide.

This project is remarkable because of the slender, logical design of each of its structural components, and also because the columns have a slope of 15° 30' with respect to the vertical. This inclination causes the columns to transmit to the outer surface of the arch loading components which tend to improve the stability of the bridge.

Near the springers, the arch branches out into two legs, which at the base are distanced 22 m apart. This arrangement gives a better distribution of the loads on the foundations.

The central span consists of two independent arches, the box section of which is 7.5×6.6 m at the springers, and 5.25×2 m at the crown. The neutral axis of the arch, whose total length is 274 m, corresponds to a fifth degree curve, such that at many points it is coincident with the funicular of forces due its own weight. Only at certain points is there some discontinuity, due to the concentrated loads and the corrections which have been applied to allow for the elastoplastic deformation of the material.

Viadukt über dem Fiumarella

Morandi, Ingenieur.

Der Viadukt über dem Fluss Fiumarella, der die Verbindung zwischen Catanzaro und der Strasse de Los dos Mares (Italien) herstellt, wurde kürzlich dem Betrieb übergeben.

Der mittlere Brückenabschnitt mit einer theoretischen Spannweite von 231 m und 62 m Durchbiegung überquert in Form eines Bogens aus Stahlbeton den Fluss. Der Querschnitt dieses Bogens ist hohl und bildet die Form eines Kastens. Dieser Bogen zusammen mit einer Anzahl schräger und schlanker Stützen, trägt einen 10,50 m breiten Fahrdamm mit zwei je 1,50 m breiten Bürgersteigen.

Die Besonderheit dieses Bauwerkes liegt in der schlanken und rationellen Form seiner Struktur und in der Neigung von 15° 30' seiner Stützen, die auch von leichter Bauart sind. Diese Neigung verursacht in den direkten Auflagerpunkten der äusseren Gewölbefläche günstige Einflüsse auf die Stabilität des Bogens.

In der Nähe der Kämpfersteine teilt sich der Bogen in zwei unabhängige Teile, die im unteren Teil 22 m voneinander entfernt sind. Diese Anordnung hat den Zweck, eine gute Verteilung der Kräfte auf die Fundamente zu erreichen.

Der mittlere Abschnitt setzt sich aus zwei unabhängigen Bögen zusammen, die einen rechteckigen Querschnitt mit der maximalen Grösse von 7,50×6,60 m in den Ausgangspunkten und der minimalen Grösse von 5,25×2 m im Scheitel haben.

Die Spannungsnullinie des Bogens von 274 m hat die Form einer Kurve fünften Grades und stimmt in vielen Punkten mit dem Seilpolygon des Eigengewichtes des Bogens überein, mit Ausnahme von einigen Unregelmässigkeiten, die durch die konzentrierten Belastungen und durch Verbesserungen gebildet werden, um die elastisch-plastische Verformung zu berücksichtigen.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc) http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es