

puente sobre la garganta de La Rocca

Dr. ingeniero, ENNIO RUSSO ERMOLLI

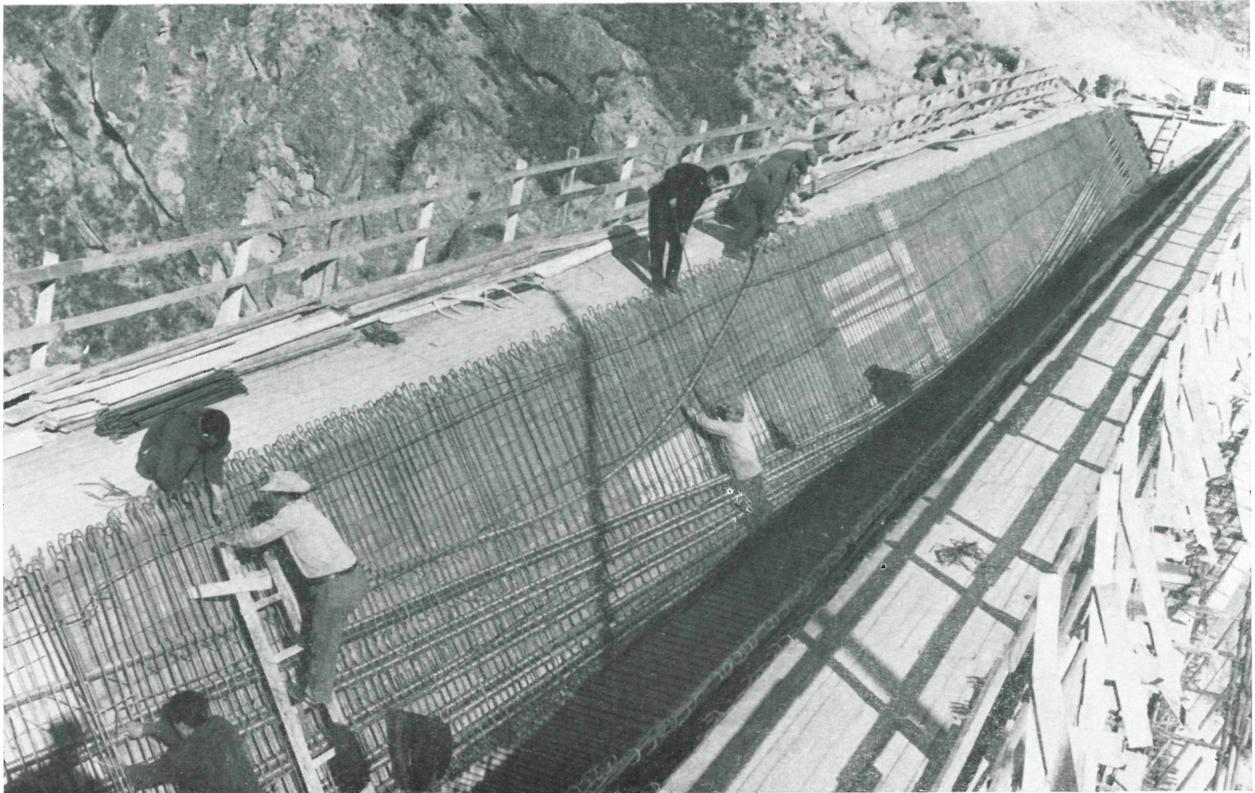
562-111

sinopsis

El puente consta de un solo tramo de 55 m de luz, con sección en V y perfil variable, para acercarse de esta forma a la resistencia uniforme.

La variación de la sección se ha realizado disminuyendo la altura desde el punto medio hacia los apoyos y dejando que las paredes conserven la misma inclinación.

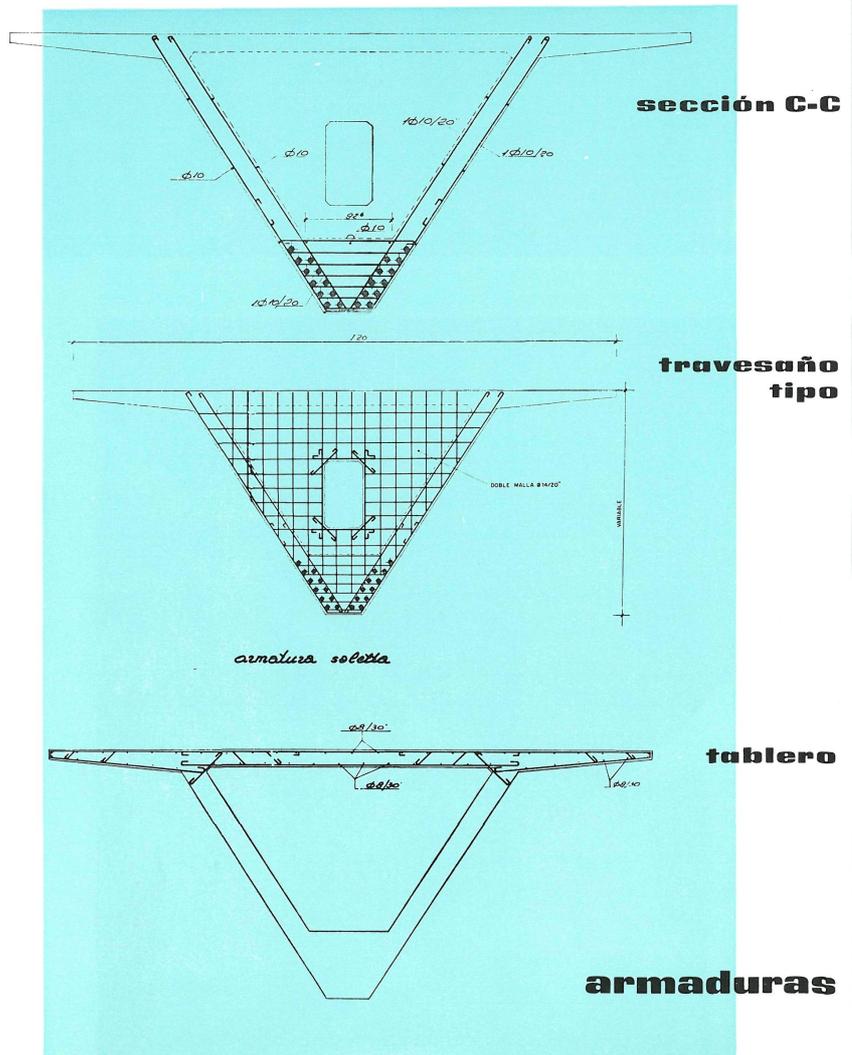
La armadura de precompresión, formada por 22 cables de 42 \varnothing 6, sistema BBRV, está alojada en



el vértice inferior de la V; avanzando hacia los apoyos, los cables se elevan a lo largo de las paredes, anclándose todos en los extremos. Tal disposición ha permitido mantener los ángulos de elevación dentro de valores muy bajos (máximo valor, $5^{\circ} 10'$) y limitar, por tanto, las pérdidas por rozamiento, ya que, dada la longitud de los cables, esto constituía una notable limitación en el aprovechamiento de los aceros.

En efecto, de las medidas efectuadas durante las operaciones de tensión se han encontrado pérdidas por rozamiento modestas, variables del 9 al 12 por 100.

En la región subcentral de Italia —en medio de la cadena de los Apeninos— hay un puente, de hormigón armado precomprimido, de aspecto notable, que atraviesa una garganta rocosa (garganta de La Rocca), en Castelverrino (Campobasso). El citado puente se nos presenta a simple vista más sencillo de lo que es en realidad. Parece constar únicamente de una viga de hormigón, ligeramente curvada en su intradós



y totalmente desprovista de elementos accesorios, incluso de pasamanos. Esto constituye la primera sorpresa, ya que podía suponerse que el borde superior de la estructura servía de antepecho, con lo que no habría necesidad de barandilla, como ocurre en el puente de Kingsgate, en Durham.

La solución, en viga única simplemente apoyada con 55 m de luz, ha sido impuesta por la configuración del terreno en la zona que había que atravesar. En efecto, la estrechez de la garganta, el carácter torrencioso de las aguas que corren por ella y las importantes avenidas que se presentan en ciertas épocas del año, desaconsejaron la instalación de pilas en el lecho. Además, los terrenos afectados por la obra estaban constituidos por formaciones tobáceas considerablemente degradadas, lo que hacía inadecuadas las soluciones estáticas de empuje, a no ser que previamente se recurriera a obras costosas para sanear los terrenos agrietados. Por todos estos motivos se ha preferido la solución isostática.

Debido a la luz del puente y, considerando la dificultad de colocación de elementos prefabricados, ha sido preciso recurrir al sistema de lanzamientos sucesivos.

Está formado por una viga única con sección en V y perfil variable, con objeto de obtener así una resistencia uniforme.

La anchura total del tablero es de 7,20 m, volando lateralmente sobre la viga 1,60 m a cada lado de ella. Estos voladizos presentan en la ensambladura un espesor de 25 cm. El tablero, con luz de 4 m, tiene un espesor de 20 centímetros.

El espesor de las paredes laterales es de 25 cm. Sólo en las proximidades de los extremos, a lo largo de 4,70 m, los espesores se han ampliado a 45 centímetros.

El conjunto cobra rigidez por medio de diafragmas transversales, colocados cada 5 m, en los cuales se han abierto huecos con objeto de que todo el interior de la viga resulte practicable.

La variación de la sección se ha realizado disminuyendo la altura desde el plano medio hasta los apoyos y dejando que las paredes laterales conserven la misma inclinación. Esto ha significado, dada la forma en V de la sección, el progresivo ensanchamiento del fondo de la viga cajón desde el centro hacia los apoyos (pasa de 50 cm en el plano medio a 1,90 m sobre los apoyos). La altura total entre los mismos puntos varía de 3 a 1,90 metros.

En la zona media, y en el encuentro inferior de las dos paredes inclinadas, se forma un nudo, donde se pueden alojar los 22 cables que constituyen la armadura de precompresión. Avanzando hacia los apoyos, los cables se elevan a lo largo de las paredes, anclándose todos en el diafragma extremo. Esta disposición ha permitido conseguir ángulos de elevación de valores pequesísimos (el cable más inclinado presenta en proyección vertical una elevación de sólo 5° 10'), limitando, como consecuencia, las pérdidas por rozamiento, lo cual, dada la longitud de los cables, constituía una notable ventaja en el agotamiento de los aceros.

La estructura se apoya sobre estribos mediante almohadillas de caucho al neopreno, en cinco capas, proyectadas para permitir desplazamientos horizontales de 25 milímetros.

La cimbra, realizada con tubulares Dalmine, ha requerido un estudio esmerado, debiendo soportar el peso total, que es de unas 9 t/m lineal.

El cemento empleado para la construcción del puente es del tipo 730 producido en las fábricas de Guardiaregia. Los áridos empleados en la fabricación del hormigón son de naturaleza caliza y provienen de la cantera de Carpinone. Se ha adoptado una granulometría discontinua, determinada por el método de Vallette, con una dosificación de cemento de 400 kg/m³. Pruebas preliminares realizadas en laboratorio han confirmado la manejabilidad de la pasta, detalle muy importante cuando se trabaja con granulometría discontinua.

Durante la colocación de la estructura, que ha durado 13 días, se efectuaron seis tomas de muestras diarias, hasta completar 78 probetas de 16 × 16 × 16, que fueron cargadas a los 28 días. También se tomaron varias probetas con el fin de obtener indicaciones sobre su comportamiento durante la operación.

Para determinar la dispersión de los resultados se recurrió a la representación de Henry, obteniéndose los resultados siguientes:

media aritmética, 385 kg/cm²;
desviación media, 26 kg/cm²;
desviación media relativa, 6,7 %.

La alineación de los puntos representativos de las sumas de frecuencia es satisfactoria, lo que demuestra que la distribución de los resultados puede considerarse «normal».

Para la armadura de precompresión se han empleado 22 cables de 42 alambres \varnothing 6, sistema BBRV.

Los ensayos sobre las muestras de acero han suministrado los siguientes valores medios:

- resistencia a rotura, 180 kg/mm²;
- límite en el 0,2 %, 168 kg/mm²;
- límite en el 0,1 %, 164 kg/mm²;
- alargamiento en rotura, 8 %.

Todas las pruebas de laboratorio se han realizado en el Istituto di Scienza delle Costruzioni della Facoltà d'Architettura de Nápoles:

Durante la ejecución de la obra se efectuaron controles sobre las operaciones de precompresión, con el fin de confrontar los valores calculados en proyecto con los obtenidos durante la ejecución.

Se procedió en primer lugar a tesar 4 cables de la primera capa, aplicándoles una tensión de 100 kg/mm². Tal operación se realizó por un solo extremo. Los alargamientos medidos fueron de 253 mm, por término medio.

Diez días después se efectuó una nueva operación de tesado en dichos cables, trabajando desde el otro extremo. Previamente se midió la tensión a que estaba sometido el cable, que era de 93 kg/mm². Se aumentó entonces a 112 kg/mm², y los alargamientos resultantes alcanzaron 39 mm, por término medio.

Después de otros diez días se renovó la operación. Sobre la primera extremidad de la viga, la tensión fue de 97 kg/mm², elevada después a 112 kg/mm², con un alargamiento equivalente a 17 mm. Sobre la segunda extremidad, inmediatamente después de esta operación, la tensión resultó ser de 105 kg/mm², elevándola a 112 kg/mm², con un alargamiento de 10 milímetros.

Por tanto, se tuvo un alargamiento total de 319 milímetros.

De los controles efectuados también sobre otros cables, tesados todos hasta un valor final de 112 kg/mm², se dedujeron los valores medios de los alargamientos y de las pérdidas por rozamiento. Estos valores, junto con los calculados teóricamente, se expresan en el siguiente cuadro:

CAPA	DATOS DE CALCULO		DATOS EXPERIMENTALES	
	Alargamiento (mm)	Pérdida por rozamiento (%)	Alargamiento (mm)	Pérdida por rozamiento (%)
1	303,8	13,6	319	8,3
2	304,4	14,2	322	9,1
3	305,6	14,8	328	10,6
4	306,2	15	324	11,9
5	306,8	15,6	323	12,4
6	307,8	15,8	325	12,2

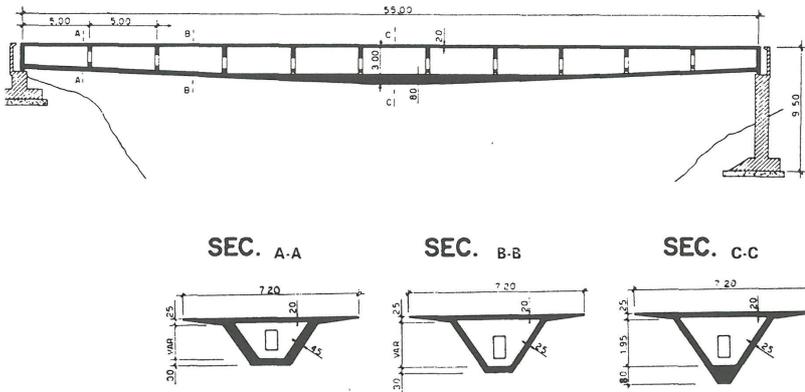
$$f_d = \frac{2}{1.000} \text{ por metro;}$$

$$f_e = 0,25 \text{ por radián.}$$

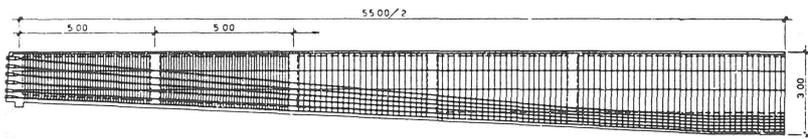
Del examen de los datos suministrados se revela que los valores calculados para la pérdida por rozamiento son levemente superiores, mientras que para el alargamiento hay una aproximación notable.

Los cálculos de la obra se han realizado únicamente en previsión de tráfico civil, ajustando las características a las de una carretera de segunda categoría.

sección longitudinal



armadura



Los valores máximos de la tensión normal en la sección media son:

— en tensión:	$\left\{ \begin{array}{l} \sigma' = 47,9 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma = 152,4 \text{ »} \end{array} \right.$
— en ejercicio:	
— en recepción:	$\left\{ \begin{array}{l} \sigma' = 84,8 \text{ »} \\ \sigma = 58,6 \text{ »} \end{array} \right.$
	$\left\{ \begin{array}{l} \sigma' = 113,1 \text{ »} \\ \sigma = 17,9 \text{ »} \end{array} \right.$

El valor máximo de la tensión tangencial, teniendo en cuenta las solicitaciones a torsión provocadas por la excentricidad transversal de las sobrecargas, alcanza el valor:

$$\tau = 24,5 \text{ kg/cm}^2.$$

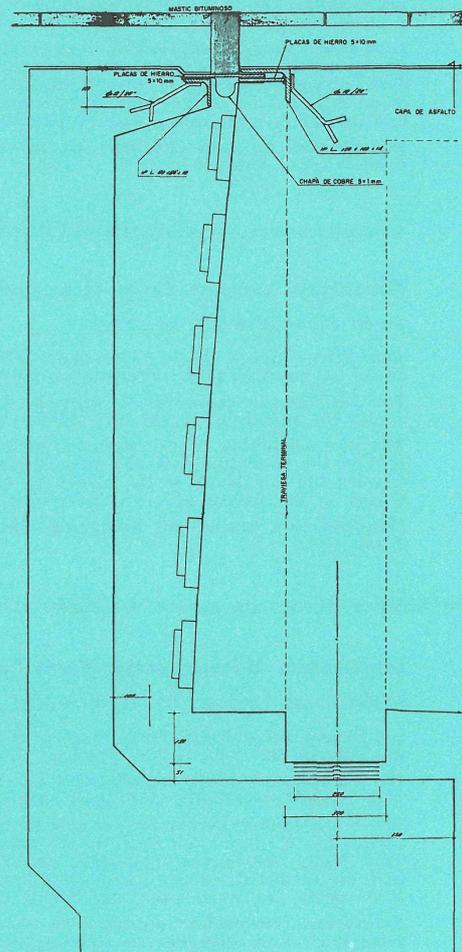
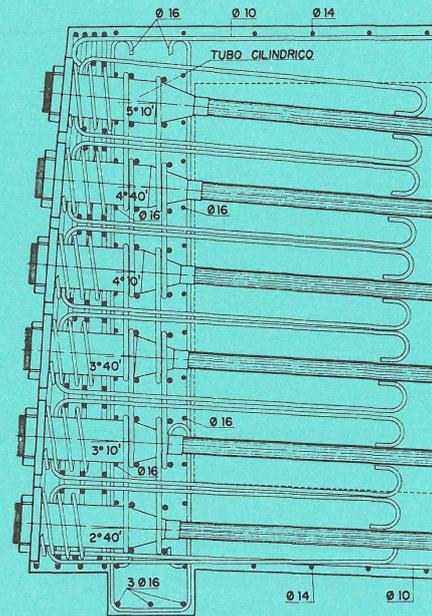
Los trabajos, adjudicados a la A. S. C. Alto Trigno, han sido realizados por la empresa Antonio Miconi dell'Aquila.

La obra ha sido proyectada por el autor del artículo y la dirección de los trabajos la ha llevado el Dr. Ing. Goffredo Volpe.

La obra duró tres meses.

La tensión de los cables se ha realizado en tres fases.

anclajes en extremo



detalle de apoyo

Las características del tablero son:

- hormigón, 0,48 m³/m²;
- acero ordinario, 37,02 kg/m²;
- acero especial, 29,18 kg/m²;
- en forma de cajón, 2,82 m²/m².

El costo de la obra, incluyendo la cimbra y excluyendo los estribos, ha sido de 21.500.000 liras (2.397.250 pesetas), que supone un costo por m² de tablero de 54.000 liras (6.021 pesetas).

Traducido y adaptado por A. Barbero.

résumé ● summary ● zusammenfassung

Pont sur la gorge de La Rocca

Ennio Russo Ermolli, Dr. ingénieur

Ce pont est constitué par une seule travée de 55 m de portée, dont la section est en V et le profil variable, afin de se rapprocher le plus possible de la résistance uniforme.

La variation de la section a été réalisée en diminuant la hauteur du centre vers les culées et en laissant que les parties latérales conservent la même inclinaison.

L'armature de précompression, formée par 22 câbles de 42 \varnothing 6, système BBRV, est logée au sommet inférieur du V. Les câbles, avançant vers les appuis, s'élèvent tout au long des parties latérales et s'ancrent aux extrémités. Cette disposition a permis de maintenir les angles d'élévation dans des valeurs très faibles (valeur maximale 5° 10') et de réduire, par conséquent, les pertes par frottement, car, étant donné la longueur des câbles, cela constituait une limitation importante pour l'utilisation des aciers.

En effet, les mesures effectuées durant les opérations de mise en tension ont décelé de faibles pertes par frottement, variant entre 9 et 12 %.

Bridge over the garganta de La Rocca

Ennio Russo Ermolli, Dr. Eng.

This bridge has a single 55 m span, whose cross-section is V shaped, and of variable size, in order to approach as far as possible to a uniformly stressed structure.

The variation in cross-section depends on a reduction of height, from the span centre towards the abutments, whilst the thickness of the box section remains constant.

The post-tensioning reinforcement consists of 22 cables, of 42 mm diam., BBRV system. They run along the bottom part of the V section, but rise towards the top of the section as they approach the abutments. This arrangement enables the curvature of the cables to be kept very low, and consequently the friction losses are also minimal. Owing to the length of the cables, such losses would have been substantial in a normal design.

Measurements during the tensioning operations have shown that friction losses were in fact small, varying between 9 and 12 %.

Brücke über der Schlucht von La Rocca

Ennio Russo Ermolli, Dr. Bauingenieur

Die Brücke besteht aus einem einzigen Abschnitt von 55 m Spannweite, mit V-Querschnitt und veränderlichem Profil, um sich so der einheitlichen Festigkeit zu nähern.

Die Veränderung des Querschnittes wurde durch Verminderung der Höhe vom Mittelpunkt gegen die Stützen hin und durch Beibehaltung derselben Neigung der Wände erzielt.

Die Vorverdichtungsarmatur, bestehend aus 22 Kabeln 42 \varnothing 6, System BBRV, befindet sich im unteren Scheitelpunkt des V; gegen die Stützen hin erheben sich die Kabel längs der Wände, wobei alle an den Enden verankert sind. Diese Anordnung gestattete es, die Erhöhungswinkel auf sehr tiefen Werten zu halten (Höchstwert 5° 10.) und die Reibungsverluste einzuschränken, denn im Hinblick auf die Länge der Kabel, stellte die eine beträchtliche Begrenzung der Ausnützung der Stähle dar.

Es wurden tatsächlich aufgrund der während der Spannoperationen durchgeführten Messungen bescheidene, von 9 bis 12 Prozent schwankende Reibungsverluste festgestellt.