

Italia **los viaductos de la autopista** **SAVONA-CEVA**

RICCARDO BRAGGIO, Dr. ingeniero

sinopsis

La autopista Savona-Ceva constituye el tramo final de la gran arteria europea, llamada del séptimo meridiano, que se extiende de Hamburgo a Savona pasando por Suiza y entrando en Italia a través del San Bernardo. Este tramo Ceva-Savona, de una altitud media que rebasa los 400 m, presenta todas las características de un trazado de montaña, con abundantes obras de fábrica, túneles y fuertes excavaciones, gracias a las cuales las curvas y pendientes son suaves y practicables. Las estructuras son muy variadas y cada uno de los lotes ha sido motivo de un concurso, si bien la dirección técnica de obras redactó un anteproyecto, replanteó el eje y ordenó la toma de datos sobre el terreno. Si a ello añadimos que en las zonas de ubicación de las obras más importantes se realizaron sondeos de reconocimiento, comprenderemos mejor la unificación lograda.

Los concursos se apoyaron en una serie de condiciones y datos que las empresas licitantes podían comprobar recorriendo el trazado replanteado. Una de las condiciones principales consistió en el empleo preferente de soportes formando castillete y de planta trapezoidal, con la idea de acoplar mejor los tableros en los múltiples viaductos con eje curvo.

514 - 52

Como el número de viaductos es grande, el autor resume las características más importantes de los de mayor interés y se extiende en consideraciones de interés general aplicables a todas ellas.

trazado

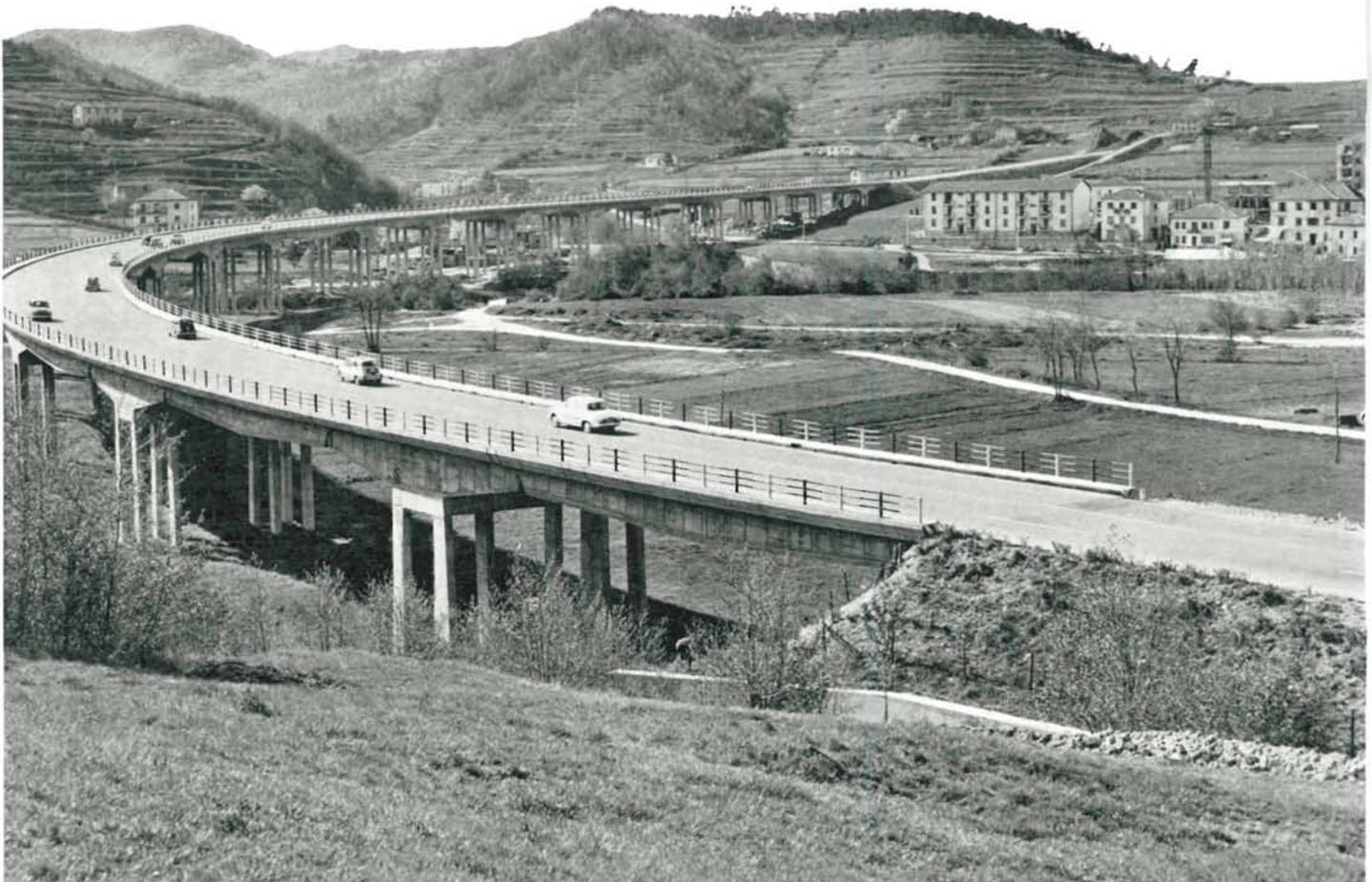


Generalidades

En la gran vía de comunicación llamada del séptimo meridiano, que partiendo de Hamburgo atraviesa Suiza, entra en Italia por el gran túnel de San Bernardo y termina en el puerto italiano de Savona, en la famosa Riviera mediterránea, está a punto de acabarse el terminal, italiano, de Ceva-Savona (Italia).

El tramo Ceva-Savona, de cuyos viaductos se ocupa el autor, constituye un ejemplo clásico de autopistas de montaña por los accidentes orográficos que atraviesa su trazado, y, como consecuencia, ésta es la razón de las numerosas obras de fábrica realizadas.

Se advertirá, por tanto, el particular interés concedido a las directrices generales que sirvieron de base a los distintos proyectistas para conseguir la mayor continuidad en toda la construcción. Entre las obras más importantes se encuentran 129 viaductos y unos 4 km de túnel repartidos entre 23 galerías.



El trozo de autopista a que nos referimos tiene 42 km de longitud, pendiente máxima del 4 por 100, curvas de radio mínimo de 150 m con curvas de transición entre tangentes de entrada y curva, pendientes transversales máximas del 6 por 100, 10,50 m de anchura de calzada y andenes de 0,75 metros.

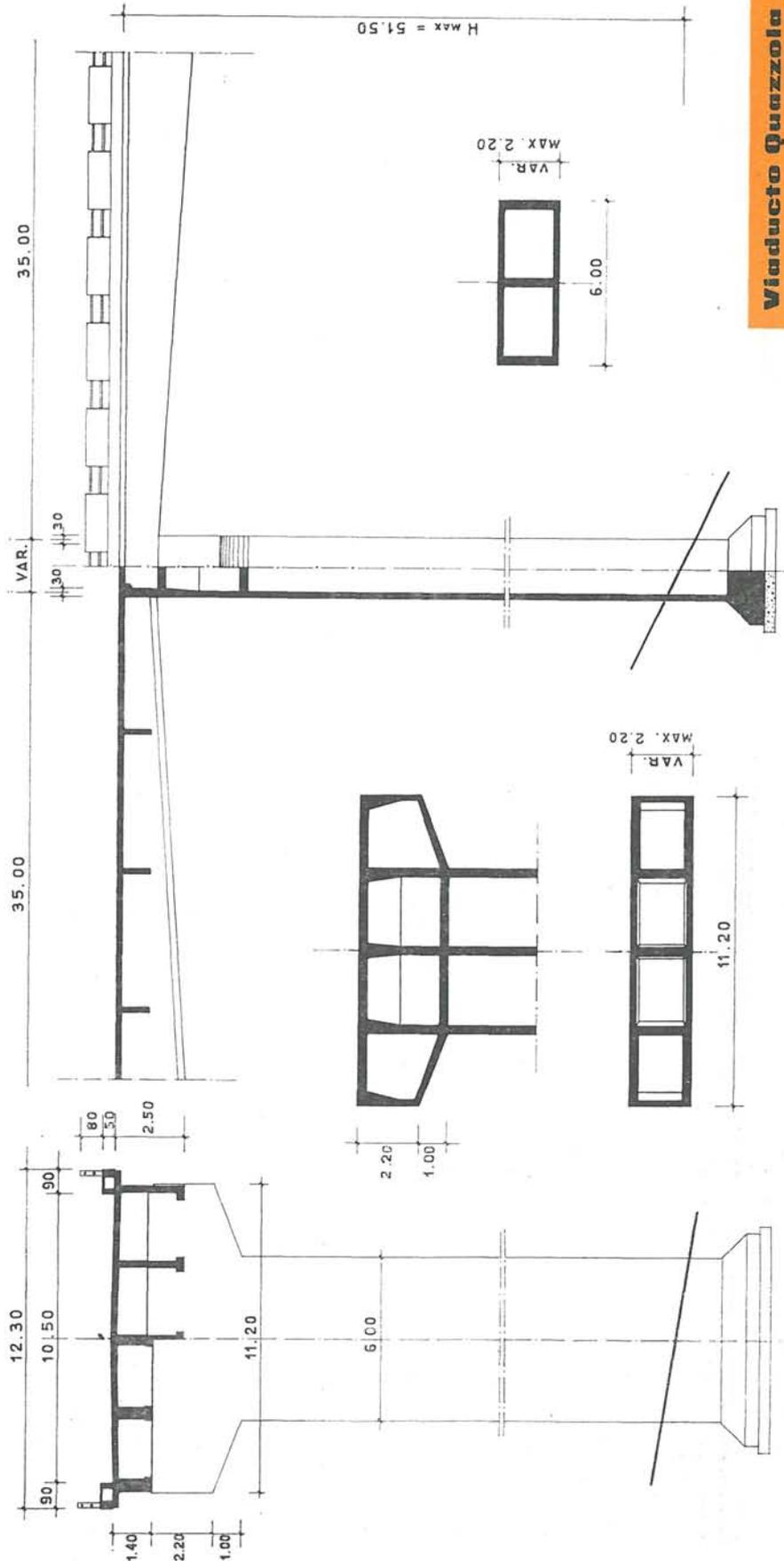
Las cotas altimétricas varían, de 15 m en Savona a 400 m de media, con puntas de hasta 660 m en la mayor parte de este trozo.

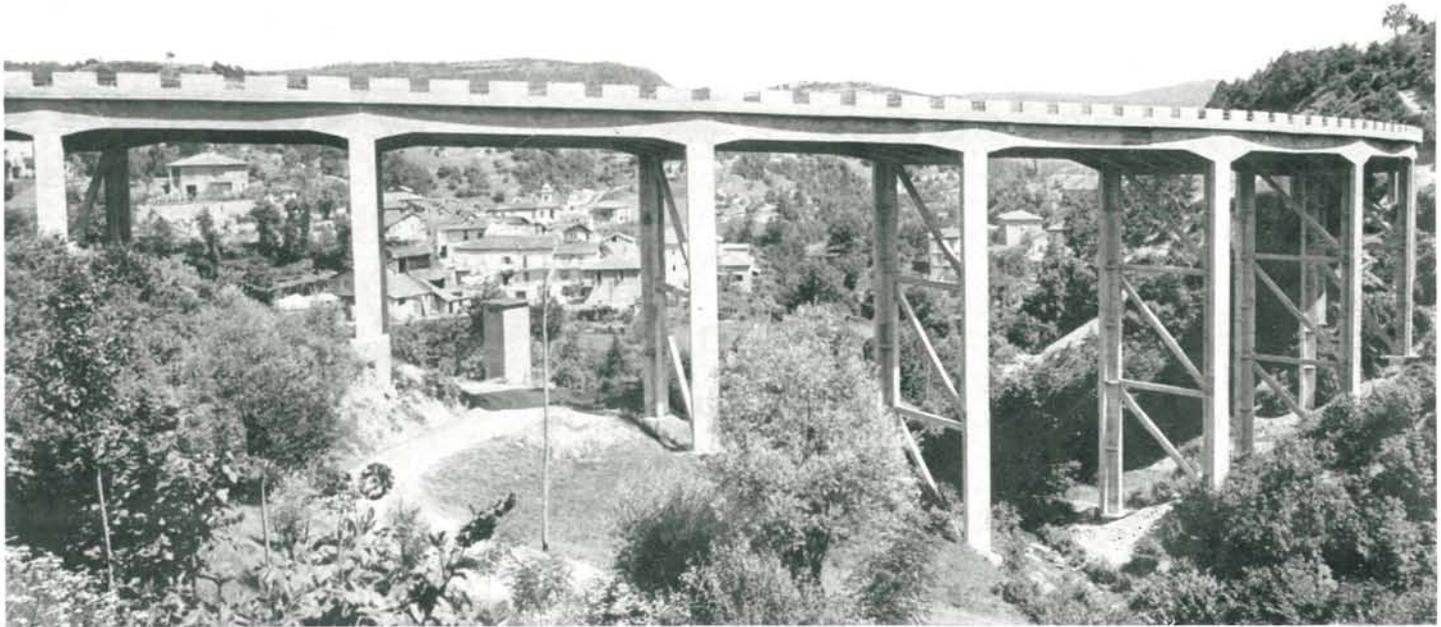
El terreno presenta facies muy variadas: esquistoso—en las profundas vaguadas—, margosos, estratificados y hasta eruptivos, buenos en general y sin aguas o infiltraciones nocivas.

El proyecto de la autopista se debe a la Divisione Costruzioni e Impianti FIAT, bajo las directrices del Dr. Ing. Vittorio Bonadè. La dirección de las obras ha recaído en el autor de este artículo.

Durante los trabajos topográficos para el levantamiento de una poligonal próxima al eje del trazado, se recogieron toda una serie de datos—calidades de terreno, accesibilidad al trazado, aprovisionamientos posibles, canteras, agua, etc.—de gran utilidad para los encargados de proyectar. También se realizaron una serie de sondeos para conocer el terreno, en profundidad, en los parajes donde se preveían obras de fábrica cuyos estribos requieren un apoyo estable.

La obra se ha subastado en 11 trozos, siguiendo el sistema de alzada en lo que respecta a obras de mayor importancia, y con mejoras de precios unitarios en los movimientos de tierras en obras de menor importancia. Como el trazado había sido previamente replanteado, las empresas licitantes podían recorrerlo y completar detalles para estimar su pliego. Fueron favorecidas con la adjudicación once empresas, o, lo que es lo mismo, una para cada trozo.





Viaducto Splinzei.

Antes de convocar el concurso, la entidad comitente procedió a la realización de una serie de obras provisionales con objeto de que las once empresas pudiesen empezar los trabajos seguidamente de haberles sido notificada la adjudicación. Estas obras consistieron: en la reparación o construcción de caminos de acceso de montaña, con una longitud global de 7 km; unos 10 km de líneas de energía eléctrica, 26 puestos de transformación, estaciones de bombeo para el suministro de agua, derivaciones de líneas de alta tensión, líneas telefónicas, etc.

Las empresas adjudicatarias han construido, además, otros 20 km de caminos de acceso. A pesar de lo accidentado del terreno, ninguna de las empresas constructoras se decidió al montaje de teleféricos.

Los trozos de túnel llevan una calzada de 10,50 m de anchura y 7,80 m de altura libre sobre la rasante. El túnel de mayor longitud es el de Pione, con 774 m. El espesor general del revestimiento es de 0,60 m, aunque hay trozos de hasta 1 m. Los arcos son rebajados.

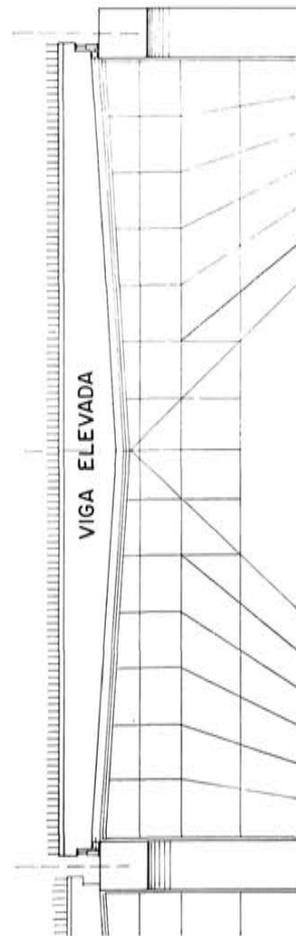
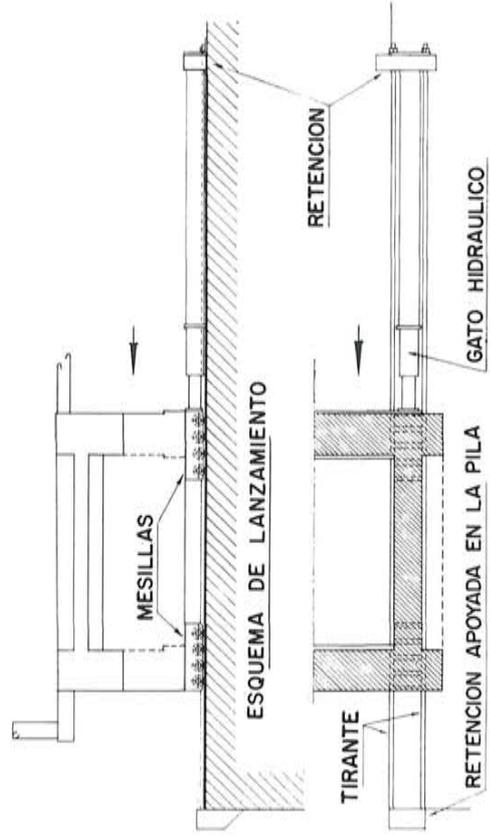
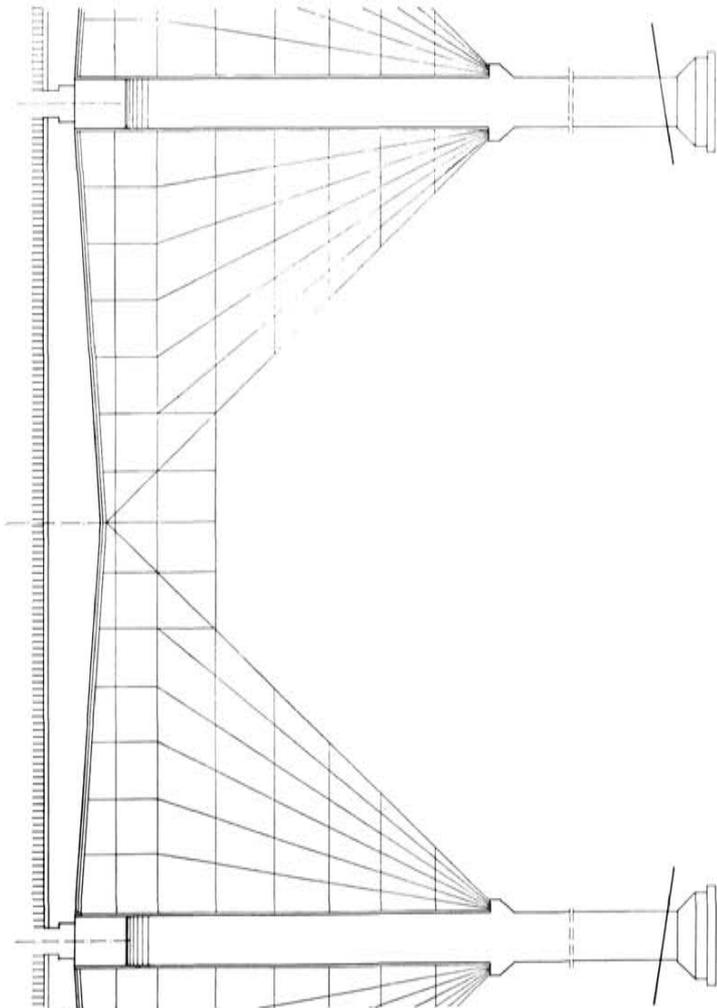
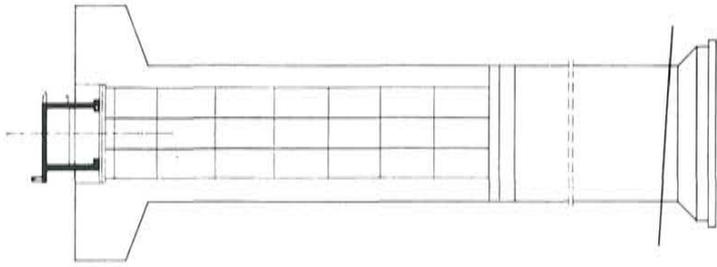
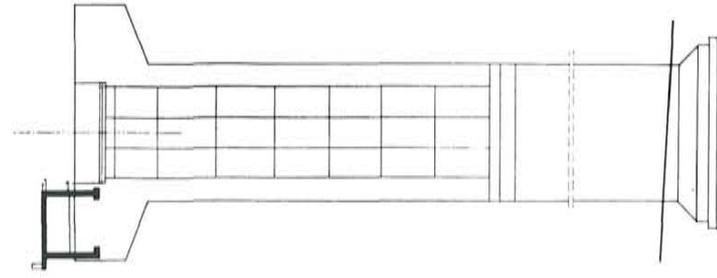
La excavación en los túneles se hizo con una galería guía superior seguida de una destroza para conseguir la sección proyectada. Los dos túneles de mayor longitud dispondrán de una instalación de alumbrado artificial con lámparas de vapor de sodio.

Viaductos

Los viaductos constituyen el 40 por 100 del valor total estimado para la autopista y son las obras más notables por sus dimensiones, variedad y forma.

El criterio seguido al proyectar estas obras fue el de tramos simplemente apoyados en soportes de tipo castillete, de pequeñas luces, con objeto de lograr el mayor reemplazo posible de entramados auxiliares, encofrados y armaduras metálicas.

Los soportes en castillete pueden tener planta trapezoidal, lo que permite acoplarse suavemente a los trazados con eje en curva, cosa muy frecuente en nuestro caso. La solución de tramos simplemente apoyados se impuso, toda vez que con ella se pueden paliar favorablemente los efectos de asientos diferenciales en los soportes donde el terreno carece de la debida consistencia. Los arcos únicamente se han empleado en un viaducto con tramos de 70 m de luz y en el de Millesimo, el cual salva con dos tramos paralelos, de 90 m de luz y 27 m de flecha, el pantano del salto de Falck.



**Viaducto Quazzola
lanzamiento de vigas**

Alguna de las empresas constructoras propusieron el empleo de vigas Gerber, poco sensibles al asiento diferencial de soportes. Los tramos continuos sólo se han empleado en obras secundarias. En algunos viaductos, los soportes están constituidos por estructuras de hormigón en celosía.

Generalidades del cálculo

Las cargas accidentales admitidas corresponden a las normas del Ministerio de Obras Públicas para grandes vías de comunicación y de interés militar. Como la calzada, de 10,50 m de anchura, se ha subdividido en tres bandas de circulación, se ha jugado con ellas para llegar a las condiciones más desfavorables de carga disponiendo 400 kg/m² en los andenes, dos trenes indefinidos con vehículos de 12 t en dos de las tres bandas, y en la tercera un tren indefinido de tractores y remolques de 19,5 y 42 t, respectivamente, y, como variante, un tren con vehículos de 32 t o, también, un conjunto aislado formado por un tractor y un remolque de 19,5 y 55 t, respectivamente.

Las cargas dinámicas se han aumentado para atender a los efectos dinámicos, con un coeficiente determinado por:

$$\frac{16}{40 + L},$$

donde L representa la luz del tramo, expresada en metros.

También se han tenido en cuenta las sobrecargas parasitarias, como, por ejemplo, las de la presión hidrostática cuando la estructura se halla eventualmente sumergida, empujes de tierras, acciones térmicas y de retracción, acción del viento con dirección horizontal a razón de 250 kg/m² para el caso de obra descargada y de 150 kg/m² con la obra sobrecargada totalmente.

Tratándose de obra cargada la superficie de los vehículos móviles opuesta al viento se considera equivalente a un rectángulo de la longitud de la estructura y de 3 m de altura colocado a 0,50 m de altura sobre el plano de la calzada.

Para la determinación de la fuerza centrífuga se ha empleado la fórmula:

$$F_c = P \frac{f + h}{1 - fh},$$

siendo P el peso sobre el neumático, f es el coeficiente de rozamiento impuesto de 0,45 y h representa la sobreelevación transversal de la calzada, expresada en metros por metro de calzada. Para la determinación de la fuerza centrífuga se toma en consideración dos autovehículos de 12 t, sucesivos, y sin aplicación de incremento dinámico alguno.

La acción de frenado se equiparó a una fuerza horizontal equivalente al 1/20 del tramo cargado con 400 kg/m² y extendido a todo el viaducto, y, además, el 30 por 100 del peso del eje más cargado de un vehículo por banda de circulación.

Ejecución

La mayoría de los entramados auxiliares fueron levantados con elementos tubulares. Los encofrados utilizados están, en su mayoría, constituidos a base de paneles. Todo el hormigón fresco fue vibrado, por lo que no han sido necesarios encofrados de ninguna clase.

La construcción de los soportes de tipo celular se realizó con encofrados deslizantes, evitando así el empleo de entramados exteriores. Una de las empresas ha normalizado las luces de los tramos con vigas de 10 y 20 m, disponiendo de elementos de suspensión auxiliares apoyados en ménsulas salientes a cada lado de los soportes y cuyo montaje se efectuó con ayuda de cabrestantes que descansaban sobre el propio tablero. En estos tramos solamente se han utilizado los entramados tubulares auxiliares de suspensión en los viaductos con soportes del tipo castillete.

La empresa Sogene ha evitado el empleo de entramados auxiliares recurriendo al corrimiento transversal de los dos pares de vigas que cierran cada uno de los tramos. Las vigas de estos últimos van provistas de los correspondientes rodillos de apoyo, sobre carriles, para su translación lateral, maniobra que se ha verificado con sencillez y prontitud gracias a unos gatos de émbolo y aceite a presión.

En el gran viaducto de Quazzola, la cimbra descansó sobre un entramado tubular apoyado sobre ménsulas previstas en los soportes. El entramado auxiliar ocupaba, transversalmente, la tercera parte de la anchura del tablero. Estas ménsulas mostrarán, una vez terminada la obra, su misión inicial de apoyo auxiliar.

En algunos viaductos de menor altura, los entramados tubulares auxiliares descansaban sobre raíles para poderlos trasladar, después de terminar un tramo, al próximo inmediato, y así sucesivamente. En otros, el entramado correspondía a la mitad, en anchura, del tablero, por lo que se empezaba y terminaba la primera mitad y después se corría el entramado para terminar la otra mitad, repitiendo esta operación en cada uno de los tramos.

Los áridos, siempre que fue posible, se obtuvieron de los depósitos que los ríos forman en sus tramos más tranquilos; otras veces provenían de las excavaciones para la plataforma o canteras próximas. Además se montó una central de lavado-machaqueo, preparación y clasificación de áridos. La arena se extrajo de varios ríos, algunos de ellos a gran distancia del lugar de ubicación del viaducto en que iba a emplearse.

Gran cantidad del cemento empleado fue transportado a granel. Casi todas las empresas adjudicatarias montaron centrales hormigoneras muy mecanizadas y con facilidades para la carga de los vehículos que transportaban el hormigón fresco a la obra. En uno de los lotes, el transporte del hormigón se realizó por medio de bombas que colocaban el hormigón a través de tuberías valiéndose de aire comprimido; en otras empresas, además de este procedimiento, se utilizaron vagonetas y vehículos automotores.

Todo el hormigón colocado en obra fue sometido a un riguroso control, obteniendo probetas que se rompían en el laboratorio.

Descripción de obras

En los once lotes se han construido unos 20 viaductos de importancia y otros que llamaremos de menor consideración. Debido a la modalidad del concurso de proyectos de ejecución, las características de estas obras son bastante variadas, por lo que sólo se reseñan las que presentan estructuras notables.

El **viaducto Case Svizzere**, que es el más importante del lote I, se halla ubicado en el principio de la autopista. Esta estructura se compone de tramos de vigas continuas, de 14 m de longitud y espaciadas a 1,90 m. La obra es de hormigón armado, según proyecto del ingeniero Guido Benzi, de Torino.

El **viaducto Passeggi**, que salva el río del mismo nombre, se haya comprendido en el lote II. Los soportes son del tipo castillete, de planta trapezoidal y con el lado mayor de 10 m. Sus tramos, de 30 m de luz, se salvan con vigas de 20 m apoyadas sobre ménsulas de 5 m que arrancan a uno y otro lado de cada soporte.

Las juntas de dilatación se hallan en la parte central de los soportes. El frente extremo de las ménsulas termina en un plano inclinado, con objeto de absorber, sin agrietamientos, los movimientos provocados por los asientos. La obra tiene una longitud total de 104 m y la altura sobre el valle es de 38 metros. Se montó un blondín para el transporte de materiales, operación que se complementó con vehículos automotores que circulaban sobre un camino auxiliar construido al objeto.

La obra fue proyectada por el ingeniero Riccardo Terletti.

El **viaducto de Quazzola** se halla en el lote III y salva el río del mismo nombre. Su línea es esbelta y su forma es la más interesante de todos los de la autopista. Tiene 254 m de longitud total, subdividida en siete tramos de 35 m de luz cada uno y una altura sobre el fondo del valle de 50 metros.

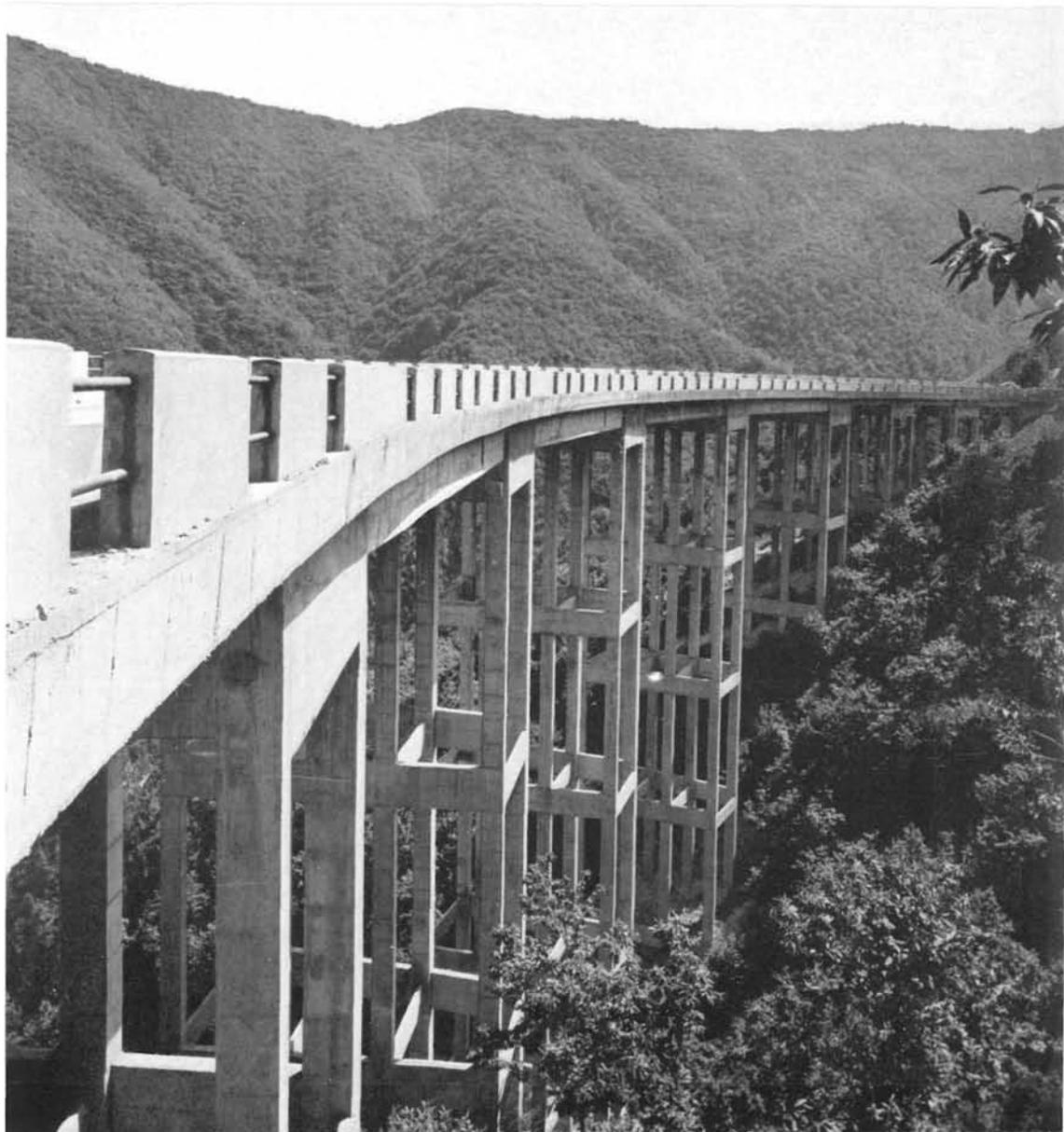
El proyecto de ejecución se debe al ingeniero Matteo Costantino, de Roma. Los soportes, huecos, son de 2 x 6 m en planta y, dada su gran altura, resultan muy esbeltos. Las cinco vigas, de sección trapezoidal, tienen 1,4 m de canto en los apoyos y 2,50 m en la parte central. Las dos vigas extremas, laterales, han sido corridas para llevarlas a su posición definitiva mediante un dispositivo montado sobre ruedas.

Esta obra está construida a base de hormigón armado con acero de alto límite de elasticidad. Para la construcción se montó un blondín.

El **viaducto Teccio**, situado en el lote IV, lleva un eje en curva y salva una vaguada profunda y de gran pendiente.

Los soportes son del tipo castillete, formando cuatro tramos de 20 m de luz cada uno y otros cinco de sólo 10 m. Su desarrollo total es de 178 m. La altura máxima de los soportes es de 45 m. Fue proyectado por el ingeniero Alfredo Passero, de Nápoles.

La calzada se ha soportado con cinco vigas, hormigonadas en obra y arriostradas transversalmente cada 5 m. El hormigonado se realizó sobre una cimbra metálica móvil. Los transportes de materiales se hicieron sobre una pista construida a este fin.



Viaducto Teccio.

El **viaducto Prato Rosso**, perteneciente al lote V, está situado en las proximidades de Altare. Los soportes son del tipo castillete. El tablero está formado por siete vigas longitudinales solidarizadas con dos losas. Esta estructura conserva su estabilidad gracias a la presencia de articulaciones en los puntos donde los momentos flectores cambian de signo, por lo que, en cada tramo central, hay dos articulaciones y una en los tramos exteriores. La longitud total de la obra es de 108 m y su altura varía de 10 a 20 metros.

Para el transporte del hormigón se construyó un camino auxiliar.

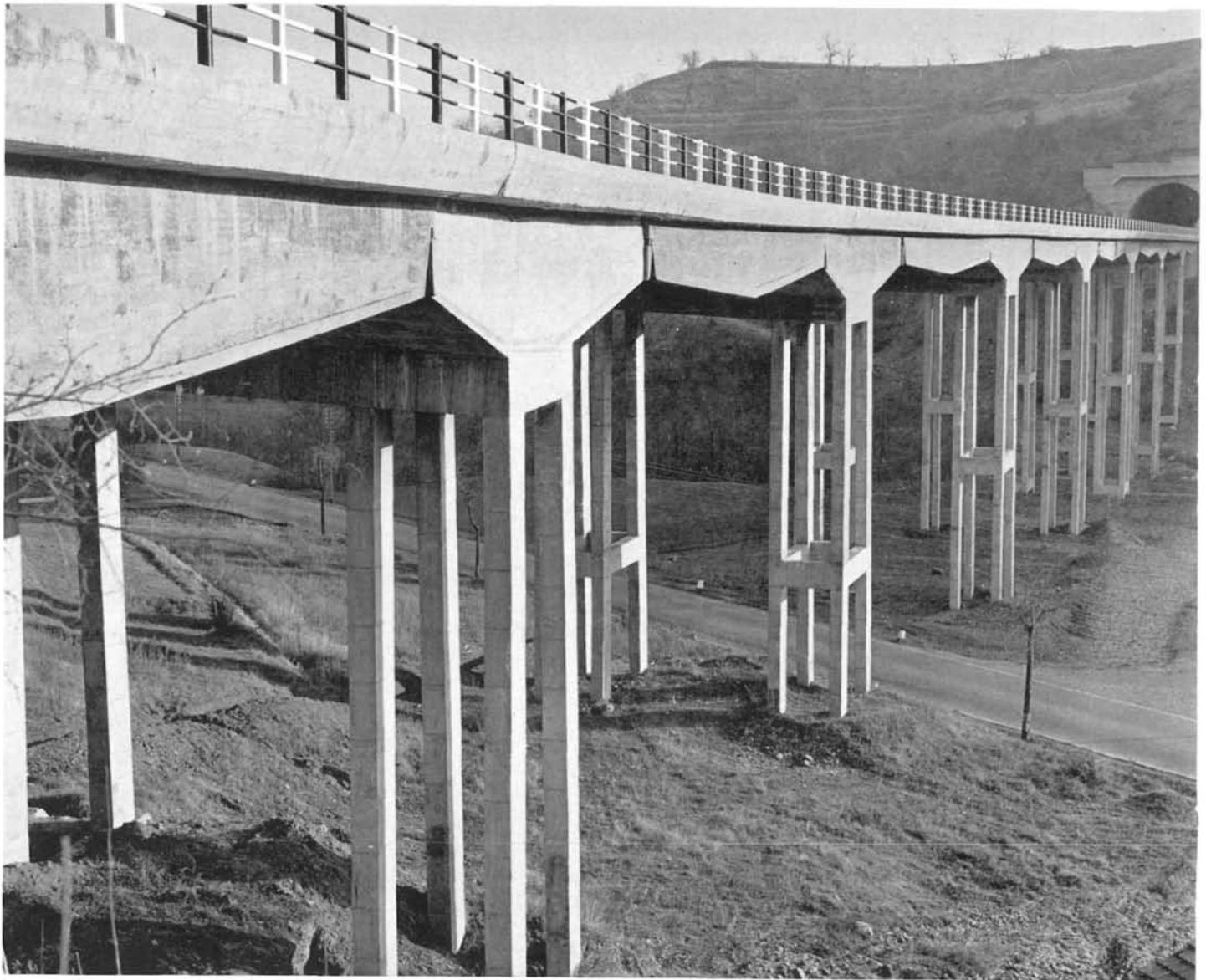
Esta estructura la proyectó el ingeniero Pierantonio Papini, de Milán.

El **viaducto Bormida de Mallare**, comprendido en el lote VI, se halla en las proximidades de Ferrania.

Está soportado con castilletes de hormigón armado. Su longitud, de 203 m, se ha subdividido en tramos de 15 y 25 m de luz, que se salvan con vigas simplemente apoyadas.

Para el hormigonado de esta obra se instaló una central hormigonera y de preparación y clasificación de áridos. El proyecto de ejecución fue redactado por el ingeniero Franco Jaccio, de Turín.

En otros lotes se han construido obras de este mismo tipo proyectadas por el mismo ingeniero.



Viaducto Nanta.

El **viaducto Bormida de Pallare** pertenece al lote VII y se encuentra en las cercanías de Carcare. Su eje forma una curva de 300 m de radio. Se trata de una de las obras de fábrica más interesantes de esta autopista.

Los soportes, aporticados, tienen sus montantes tipo castillete. La luz media de cada tramo es de 34 m entre ejes de soportes y se salva con vigas de 20 m, ya que los soportes rebasan 5 m a uno y otro lado de su eje.

Las vigas son de perfil trapezoidal, 1,20 m de canto en los apoyos y 1,70 m en su zona central. El desarrollo total del viaducto es de 580 m y tiene una altura que varía de 10 a 15 metros.

El **viaducto de Bormida de Millesimo**, que salva el embalse de la presa Falck, tiene su eje en línea curva de 150 m de radio. Los soportes en los tramos laterales están constituidos por dos montantes arriostrados entre ellos con elementos diagonales y horizontales, mientras que en la zona central soportan al tablero dos arcos de 90 m de luz cada uno. El trazado tiene un arco de espiral de Searles, con objeto de reducir la curvatura del eje en la parte comprendida entre estos dos arcos.

Los nervios de los arcos tienen una sección en forma de doble T de $1,80 \times 2,20$ m en la clave y de $1,80 \times 4,50$ m en imposta. La longitud total del viaducto es de 301 m y su altura es de 28 m. La cimbra de los arcos, apoyada en bases fijas, se ha montado con elementos tubulares metálicos. Los cimientos descansan sobre un banco de arena.

Esta obra fue proyectada por el ingeniero Eugenio Jaccod.

El **viaducto Splinzei**, que salva el río del mismo nombre, está en las proximidades de Valzemola.

Viaducto Nanto

Los soportes están formados por dos montantes, de sección en forma de T, arriostrados con elementos diagonales. Esta estructura es una de las pocas que disponen de vigas longitudinales continuas, disposición adoptada por apoyarse sobre un banco rocoso firme que garantiza asientos despreciables.

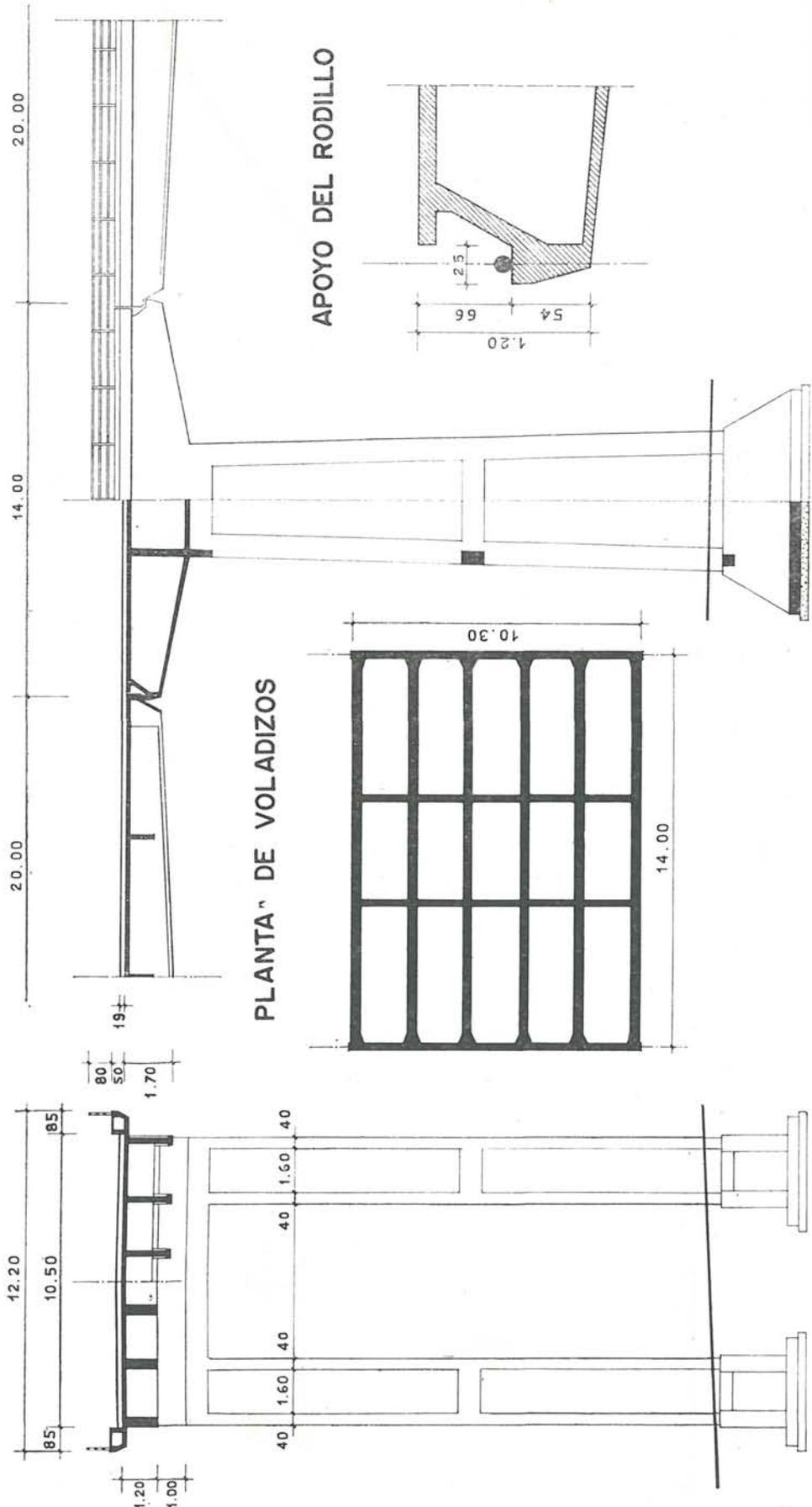
El eje del viaducto es una línea curva de 150 metros de radio mínimo. En las tangentes se ha intercalado una curva de transición con arcos de lemniscata.

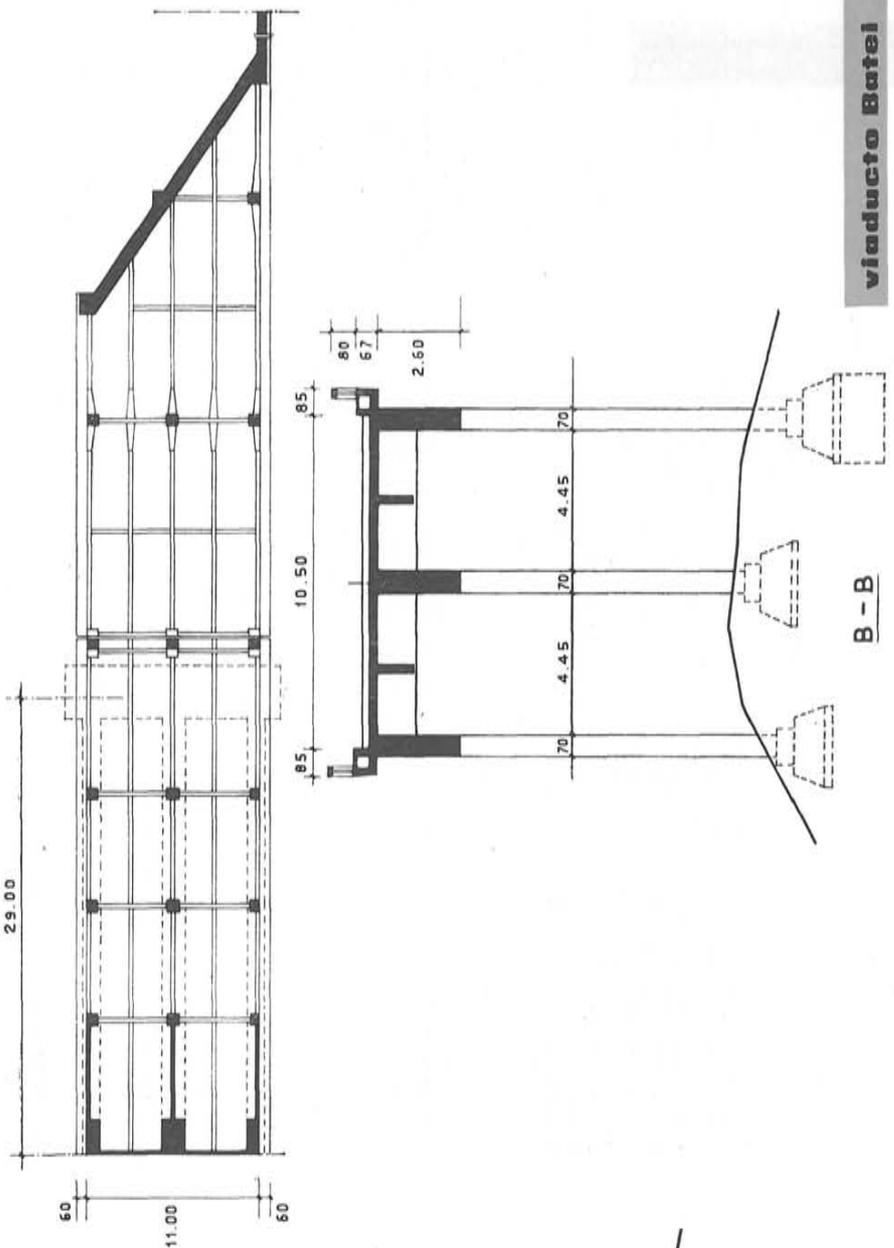
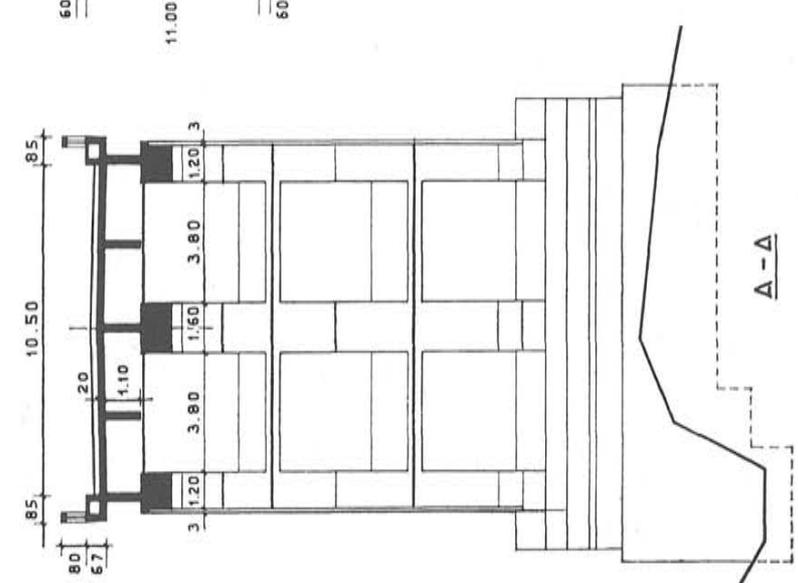
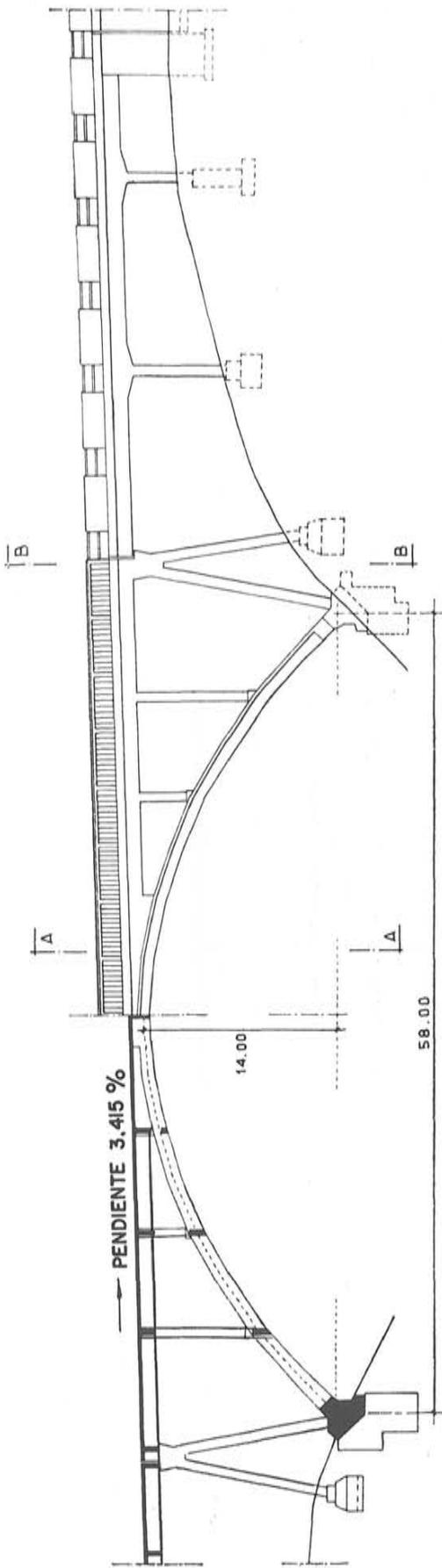
Su longitud total es de 203 m, subdividido en tramos de 13,75 a 24,50 metros de luz, y fue proyectado por los ingenieros Eugenio y Livio Norzi, de Turín.

Viaducto Tine. Esta obra, que corresponde al lote IX, se halla situada en las inmediaciones del castillo Roccagnale.

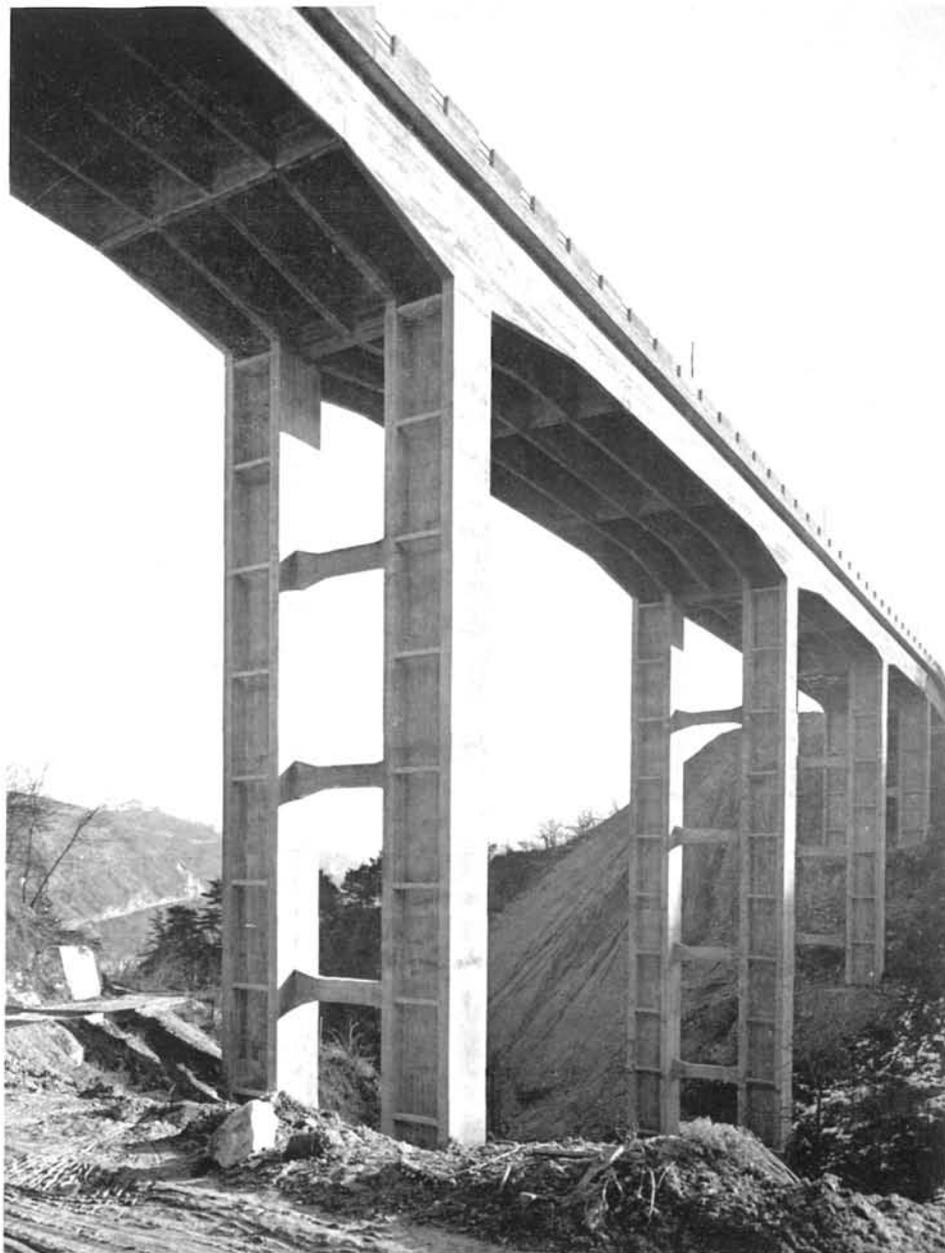
Los soportes se componen de dos montantes, de sección en forma de doble T, convenientemente arriostrados con elementos horizontales. El tablero tiene algunas articulaciones que rompen la continuidad de los elementos longitudinales. Consta de cinco tramos arriostrados transversalmente cada 12 m. El central con 40 metros de luz, y la de los dos adyacentes es de 30 metros.

La longitud total es de 156 m, y los dos soportes centrales tienen 43 metros de altura. Fue proyectado por los ingenieros Eugenio y Livio Norzi, de Turín.





viaducto Batel



Viaducto Tine.

El **viaducto Chiappa**, que salva el río del mismo nombre, tiene una longitud total de 246 m y los soportes centrales se elevan unos 35 m sobre el nivel de la parte más baja. Fue proyectado por el ingeniero Livio Norzi, de Turín, y la ejecución corrió a cargo de la empresa constructora SACOP, de Roma.

Los soportes están constituidos por dos montantes de sección en forma de T, arriostrados con elementos diagonales. El tramo tipo tiene 20 m de luz, con articulaciones en los puntos en que se invierten los momentos flectores.

Para el transporte de materiales se instaló un blondín, de torre móvil, equipado con señalización telefónica y megáfonos, que permitieron se pudiera utilizar en toda clase de maniobras, aun durante los días de niebla.

El hormigonado del tablero se realizó con una cimbra de celosías que se cambia de lugar con ayuda del blondín. Para la preparación del hormigón se montó una central automática en las proximidades de un estribo.

Los depósitos de áridos, central hormigonera y cabina de mando del blondín se protegieron contra las inclemencias del tiempo con tinglados cerrados, lo que permitió el desarrollo normal del trabajo aun durante la estación invernal. Para dar acceso a la obra se construyó un camino.

Traducido y adaptado por J. J. Ugarte.

Les viaducs de l'autoroute Savone-Ceva

Riccardo Braggio, Dr. ingénieur.

L'autoroute Savone-Ceva constitue le tronçon final de la grande voie européenne, dite du septième méridien, qui va d'Hambourg à Savone en passant par la Suisse et qui entre en Italie par le Saint Bernard.

Ce tronçon Ceva-Savone, d'une altitude moyenne qui dépasse les 400 m, présente toutes les caractéristiques d'un tronçon de montagne comprenant d'abondants ouvrages, tunnels et grandes excavations, grâce auxquelles les courbes et les côtes sont douces et praticables. Les structures sont très variées et chaque lot a été soumis à un concours, bien que la direction technique des ouvrages ait rédigé les premiers projets, implanté l'axe et ordonné la prise de données sur le terrain. Si à cela nous ajoutons que sur la zone d'emplacement des ouvrages les plus importants furent réalisés des sondages de reconnaissance, nous comprendrons mieux l'unité réalisée.

Les concours furent appuyés sur une série de conditions spécifiques que les entreprises concurrentes à l'adjudication avaient la possibilité d'amplifier sur place. Une des conditions principales était l'emploi, de préférence, de supports en forme de pylônes trapézoïdaux, dans l'idée d'une meilleure union des tabliers avec les multiples viaducs à axe courbe.

Étant donné le grand nombre de viaducs, l'auteur résume les caractéristiques les plus importantes de ceux qui présentent le plus d'intérêt et s'étend en considérations d'intérêt général applicables à toutes.

The Viaducts on the Savona-Ceva Motor Road.

Riccardo Braggio, Dr. engineer.

The Savone-Ceva motor road is the last section of the great European highway, known as the seventh meridian. It extends from Hamburg to Savona, crosses Switzerland, and enters Italy at Saint Bernard's.

This last section has a mean height of more than 400 m, and all the characteristics of a mountain road. It involves a large number of tunnels, cuttings, and embankments, thanks to which the curves and slopes are gentle. The structures supporting the road are of many kinds, and each type has been separately allocated to contractors, although an initial project was prepared by the technical directors of the whole scheme. This initial project included the choice of the road axis and the obtention of information on the subsoil. Along the more important sections of the road special soundings were carried out, so that there was a considerably unity of initial planning.

The arrangement for awarding contracts involved a number of conditions and data which the bidding contractors could check over the proposed site of the motor road. One of the principal conditions required the use of supports in the form of groups of columns with a trapezoidal plan distribution. The purpose of this was to fit better the decks of the large number of viaduct decks, which have a curved outline.

As there are many such viaducts, in this article the author summarises the more significant details, and describes the most important general features.

Die Viadukte der Autobahn Savona-Ceva

Dr. Riccardo Braggio, Ingenieur.

Die Autobahn Savone-Ceva stellt das letzte Stück der grossen Europastrasse mit dem Namen «Siebenter Meridian» dar, die von Hamburg über die Schweiz und den Sankt Bernhard nach Savona (Italien) geht.

Dieses Autobahnstück zwischen Ceva und Savona wurde in einer mittleren Höhe von 400 m über dem Meeresspiegel gebaut und weist die typischen Merkmale einer Bergstrasse mit Hangmauern, Tunneln und so weiter auf, wodurch die Kurven und Gefälle einfach zu befahren sind. Dieses gigantische Projekt wurde in einzelne Teilprojekte eingeteilt, die jeweils getrennt zur Ausschreibung gelangten und dementsprechend verschiedenartig konstruiert sind. Die technische Leitung entwarf das Vorprojekt, legte die Achse fest und gab die Datenaufnahme über das Gelände in Auftrag. In den Strecken, wo die wichtigsten Bauwerke entstehen sollten, wurden sogar Bodenuntersuchungen durchgeführt.

Den Ausschreibungen lagen Bedingungen und Daten zugrunde, die von den Teilnehmerfirmen an Ort und Stelle nachgeprüft werden konnten. Eine der Hauptbedingungen war die Verwendung von trapezförmig angeordneten Stützen, die eine bessere Verbindung der Vielzahl von Viadukten mit kurvenförmigen Achsen bewirken sollten.

Da die Anzahl der Viadukte gross ist, werden nur die Hauptcharakteristiken der bedeutendsten von ihnen zusammengefasst. Im übrigen behandelt der Autor des Artikels allgemeine Probleme, die für alle gleich gelten.