

El nuevo puente de Puerta de Hierro sobre el río Manzanares, en Madrid ¹

III

ESTRIBOS

Uno de los elementos constructivos que requiere cuidadosa atención, en el estudio de un puente oblicuo, son los estribos. En el caso presente, donde la oblicuidad es superior a 45° y la anchura es también extraordinaria, ha sido preciso tenerlo muy en cuenta, no por lo que se refiere al aspecto estético, sino fundamentalmente en cuanto a su función sustentadora y también en cuanto a sus posibilidades de construcción.

Por estos dos motivos se partió del estribo con el ancho que correspondía a las cargas que iba a sustentar, llevando los paramentos transversales hasta los planos verticales que limitan los bordes del puente. Resultaban ángulos muy agudos, que, por un lado, no podían construirse en el cuerpo del estribo, y, por otro, definían verdaderos cuchillos en las termi-

continua sobre columnas. Al tablero, siempre necesario, se le ha dado el espesor suficiente para que, apoyado sobre columnas distribuidas cada 5 m en ambas direcciones, soporte las cargas que van a circular.

Como el ancho de la carretera es 17 metros, caben cuatro columnas, que lo dividen en tres tramos,

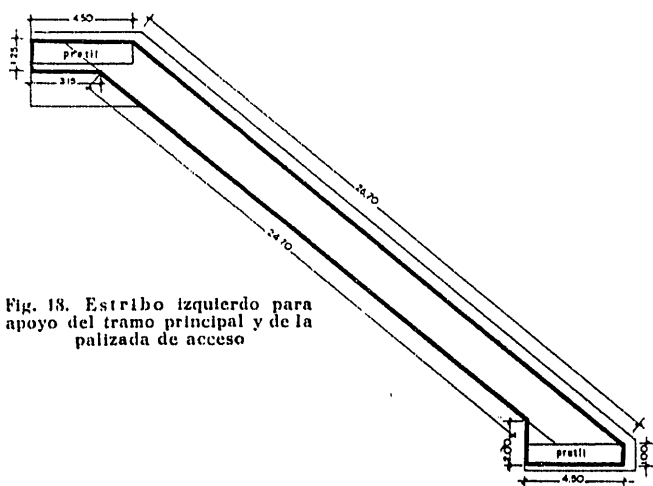


Fig. 18. Estribo izquierdo para apoyo del tramo principal y de la palizada de acceso

quedando fajas en vuelo de un metro a cada lado, las cuales, ampliadas en los 40 cm del cajón para alojamiento de la barandilla verde, completan 1,40 metros, longitud muy próxima a la que las experiencias directas sobre estructuras con recuadros de 5 m han patentizado como más conveniente para aproximarse a las condiciones de losa indefinida.

La circunstancia de estar las aceras 15 centímetros más altas que la calzada ha permitido utilizar este sobrealto y el del afirmado (5 cm) para reforzar en aquellas zonas el espesor de 30 centímetros de la losa, resultando dos vigas de contorno longitudinales con 50 cm de canto y 2,5 m de anchura, que aseguran las condiciones óptimas para el borde de la losa. Queda de este modo plenamente lograda la adecuación de lo funcional en lo estructural.

Como la longitud total de la palizada es de unos 110 metros, se ha dividido en tres partes, mediante dos juntas de dilatación, que cortan transversalmente la estructura, separando zonas de 7 recua-

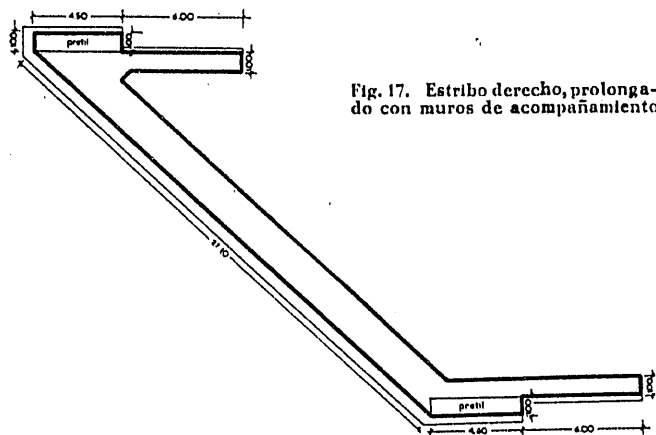


Fig. 17. Estribo derecho, prolongado con muros de acompañamiento

naciones de las losas que en ellos debían apoyarse. Para evitar ambos defectos se han chaflanado estos ángulos, adosando cuerpos paralelepípedicos salientes, sobre los que rematan los pretiles de entrada, que de este modo quedan fuera de la superficie útil del puente, no estrangulando la circulación en las aceras (figuras 19 y 20).

En las fotos de las figuras 19 y 20 aparece el estribo izquierdo visto desde aguas arriba y desde aguas abajo, pudiendo apreciarse la sencillez y naturalidad de su disposición al compararlas con la planta del mismo.

PALIZADA DE ACCESO

En la palizada de acceso se ha empleado una estructura típica de hormigón armado: losa



Fig. 19. Vista del estribo izquierdo desde aguas arriba

¹ Véase el número anterior, página 333.

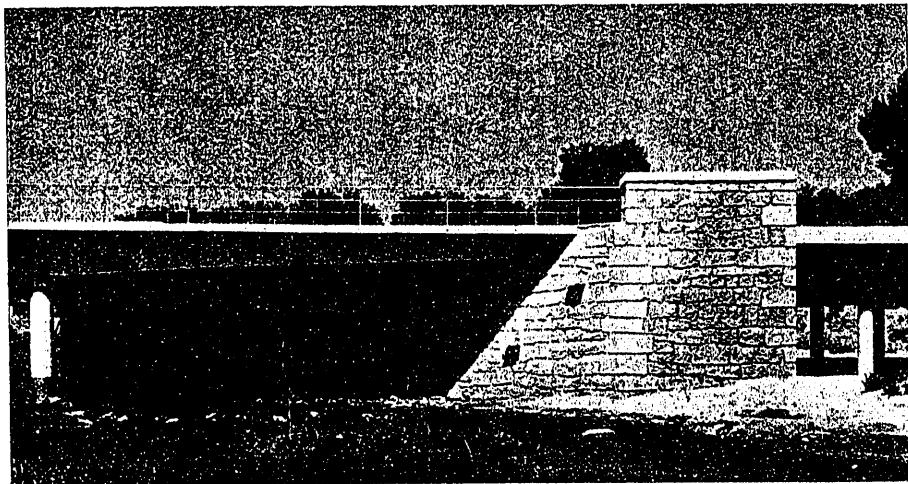


Fig. 20. El estribo izquierdo, visto desde aguas abajo

dros a lo largo del eje del camino. De estas zonas sólo la central es completamente regular, pues en las dos extremas aparecen los picos correspondientes a la oblicuidad del camino y el cauce, lo que no ha sido gran inconveniente, dado el tipo de estructura, pues sobre el estribo del río se apoya directamente la losa, y el problema se redujo a tantear la situación de las primeras columnas para que no quedaran muy despegadas del muro. Del otro lado hemos llevado las columnas hasta la misma ladera del cauce, no existiendo estribo, y únicamente se ha dispuesto una viga-pantalla que rebordea la losa, reforzándola, y llegando hasta el terreno natural, para contener las tierras del terraplén, que precisamente

bordes exteriores libres ya queda establecido cómo resultan reforzados mediante la utilización del sobre-

comienza allí con altura muy reducida.

Por consiguiente, las condiciones en que quedan las extremidades de la losa son, para la primera sección, apoyo sobre plomo en el lado oblicuo, que se refuerza mediante viga de $0,50 \times 0,50$, y contorno libre en los otros tres lados; para la segunda zona, contorno libre en los cuatro lados del rectángulo, y lo mismo en la tercera zona, cuyo borde oblicuo se ha recortado escalonadamente para que no quedara demasiado separado de las columnas (figura 23). Los

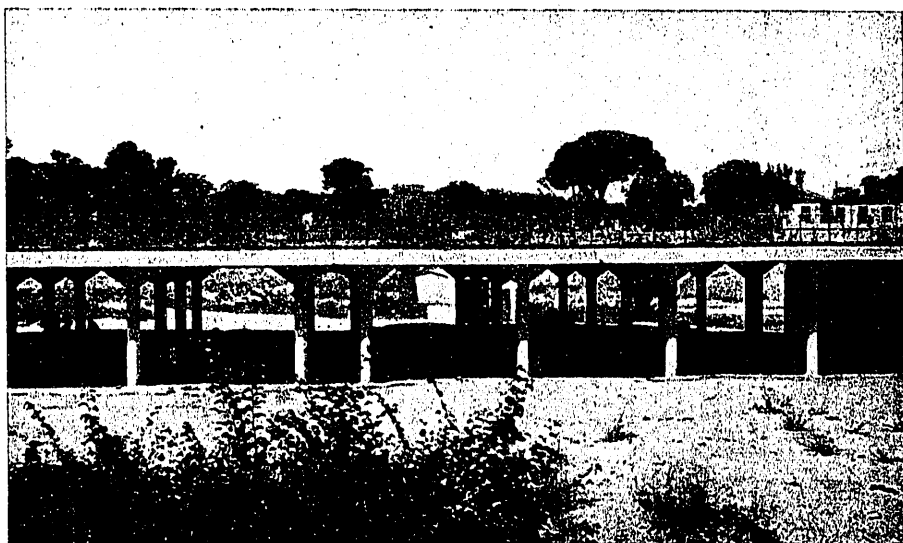


Fig. 21. Vista de la palizada de acceso frente a una junta de dilatación

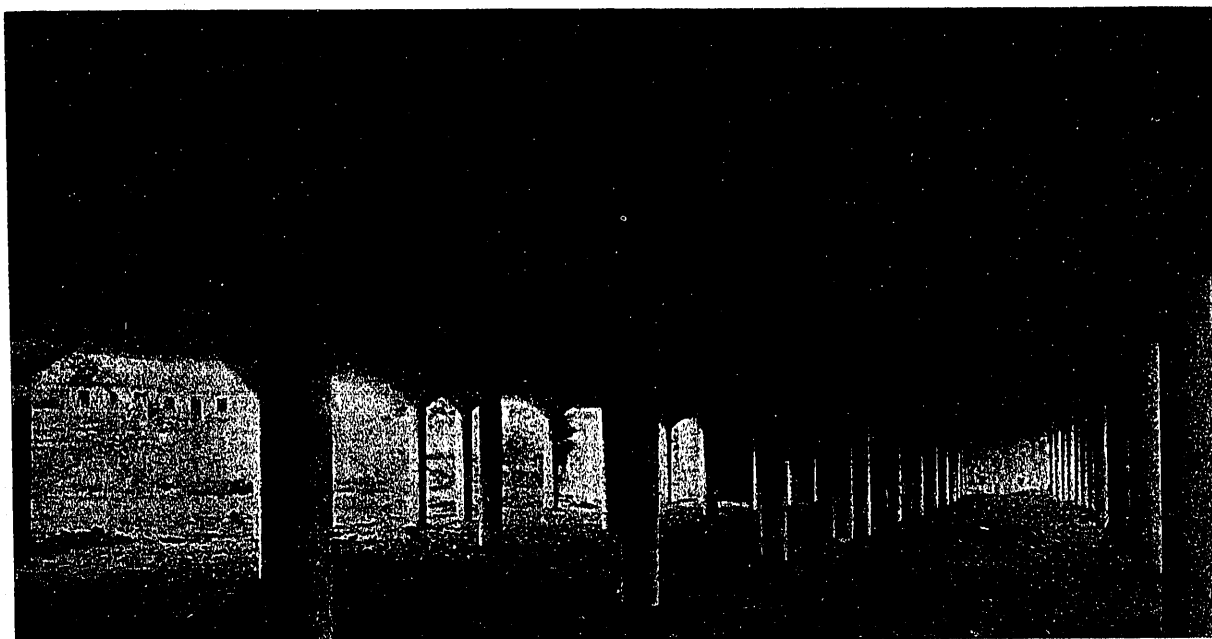


Fig. 22. Zona extrema de la palizada junto al estribo del río

alto de aceras. Los bordes interiores libres, correspondientes a las juntas de dilatación, se refuerzan también mediante aumento de 20 cm del espesor de la losa, que se ganan por la parte inferior en una anchura de un metro a los dos lados de la junta.

Las columnas tienen sección circular de 40 centímetros de diámetro, rematadas por capiteles troncocónicos, que amplían a 2 m el diámetro de la superficie en que se apoya la losa.

Para el cálculo se ha tenido en cuenta el estado actual de la teoría de la losa continua sobre columnas; así, en la distribución de éstas hemos tenido presente las experiencias del profesor Hat, sobre estructuras especialmente construída, para ensayo, cuyos recuadros, de $4,90 \times 4,90$, y capiteles cuadrados con sección de apoyo de $1,90 \times 1,90$, resultan análogos a los de nuestro caso.

También hemos utilizado las experiencias de Ross en los almacenes de Chiasso, que son particularmente interesantes, pues se refieren a la actuación de cargas aisladas, habiéndose deducido las superficies de influencia de las tensiones y flechas en puntos de los planos superior e inferior de la losa, que tiene recuadros de $5,20 \times 5,20$.

Hemos reunido datos de casi todas las estructuras construídas para puentes de ferrocarril y carretera, entre otros, la palizada para la línea terminal del ferrocarril Soo Line, el viaducto en el parque de

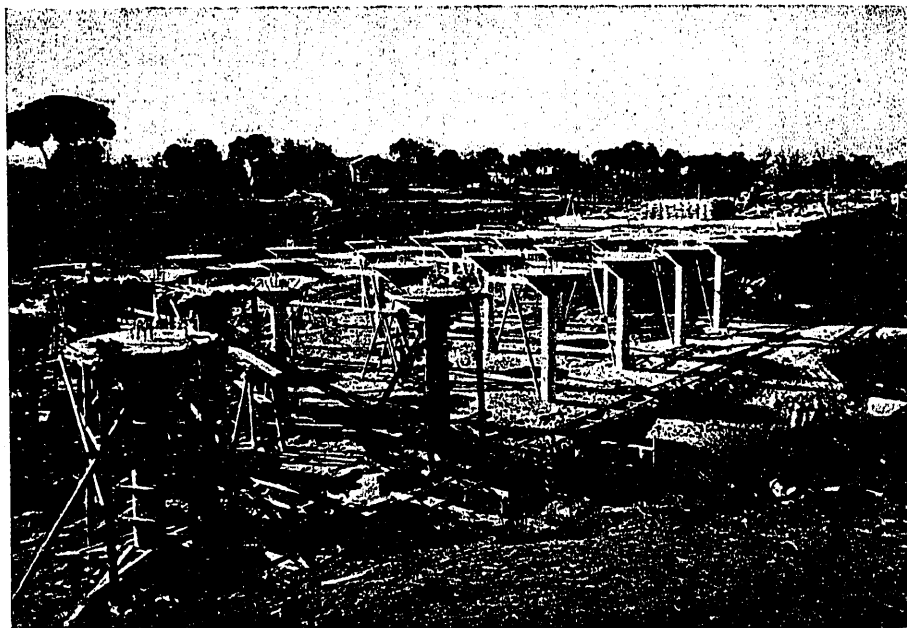


Fig. 23. La palizada, durante construcción (20 enero 1934)

Woodway, el paso superior de carretera sobre el ferrocarril, en la línea Larne del London Midland Rw., algunos cruces de calles construídos recientemente en Norteamérica, etc.

En cuanto a procedimiento de cálculo, nos hemos

F O R J A D O

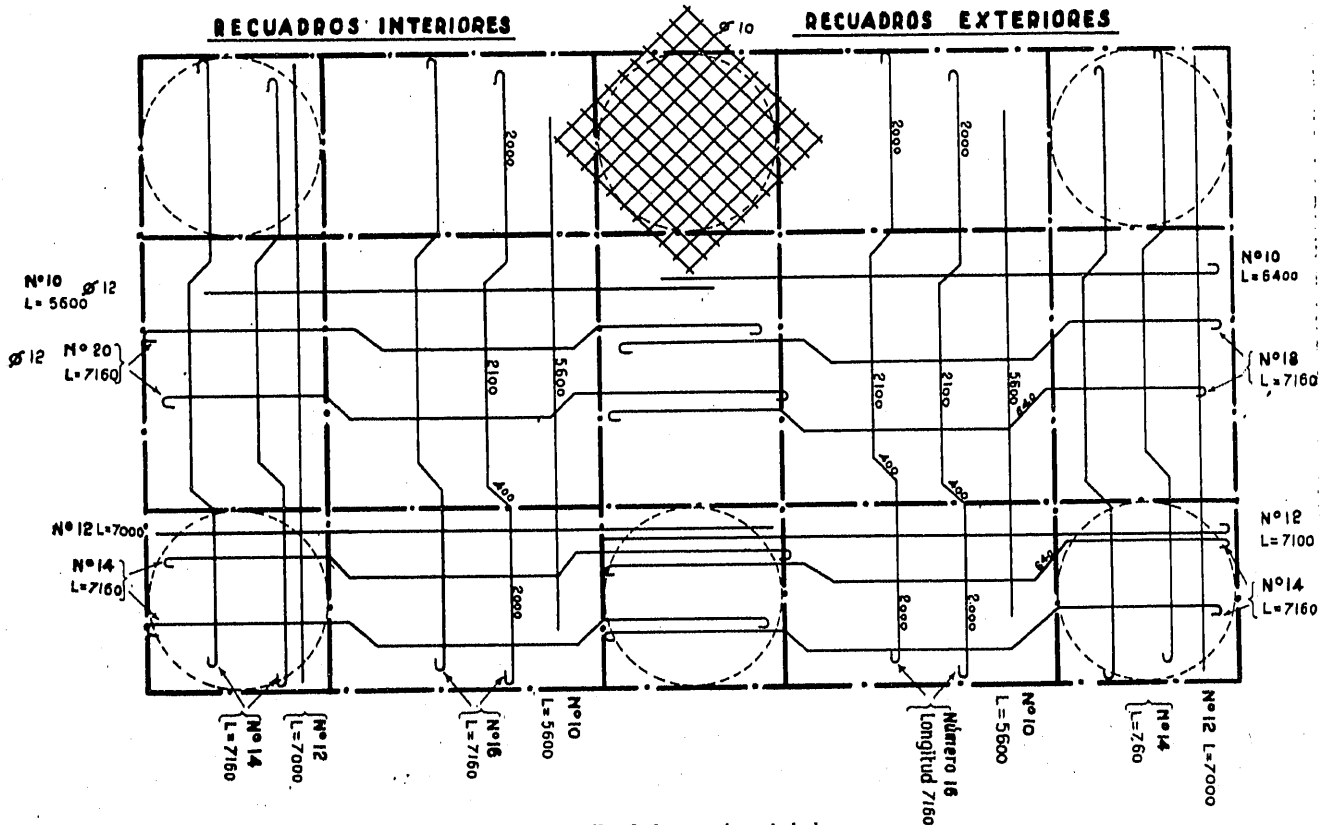
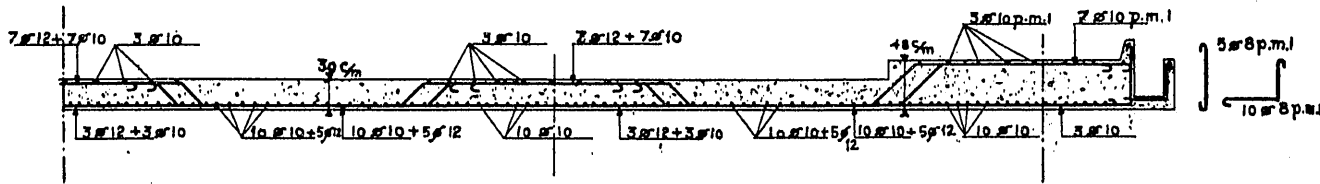


Fig. 24. Detalles de la armadura de la losa

servido de todos los que actualmente se encuentran en vigor, lo que nos ha permitido hacer un estudio comparativo de los mismos, habiendo deducido co-

Considera varios casos de carga uniformemente repartida, y prepara unas tablas de las que pueden deducirse los valores de los momentos flectores longi-

SECCION POR LA MITAD DE LOS RECUADROS



SECCION POR LA LINEA DE COLUMNAS

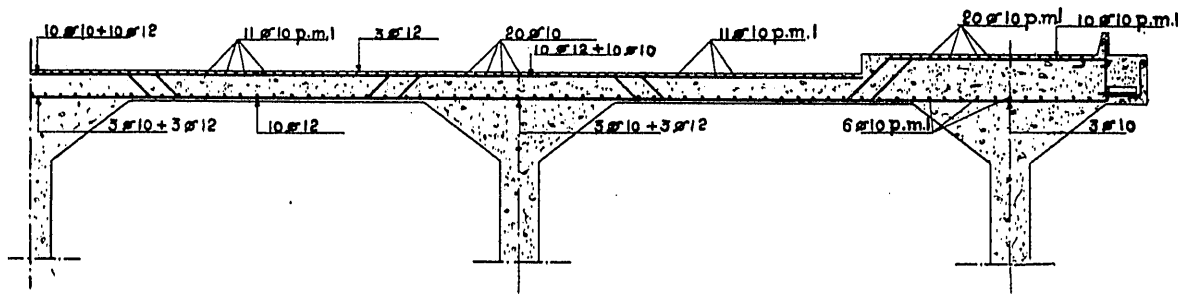


Fig. 25. Detalles de la armadura de la losa

mo más adecuados el de Lewe, el de Marcus y el de los pórticos virtuales. Expondremos brevemente el fundamento y modo de operar de cada uno de

tudinales y transversales en puntos de la losa a décimas partes de la luz. De estas tablas hemos utilizado las que corresponden a carga total, carga en filas alternadas de recuadros y carga en un solo recuadro, que nos proporcionan hipótesis muy adaptadas a las de distribución de trenes de carga en el puente

Marcus resuelve la ecuación diferencial de Lagrange por el método de diferencias finitas, mediante desarrollo en serie de Fourier, valiéndose de una intuición muy feliz, denominada *analogía de la membrana*, existente entre la losa trabajando a flexión y la membrana cargada con pesos proporcionales a los momentos flectores. La membrana se sustituye por una malla reticular, en que los hilos son tangentes a la superficie de la membrana, y por esta razón se denomina a su método como del tejido elástico, aplicable a toda clase de losas y, entre ellas, a la continua sobre apoyos aislados. Considera dos tipos de estructura, con ca-

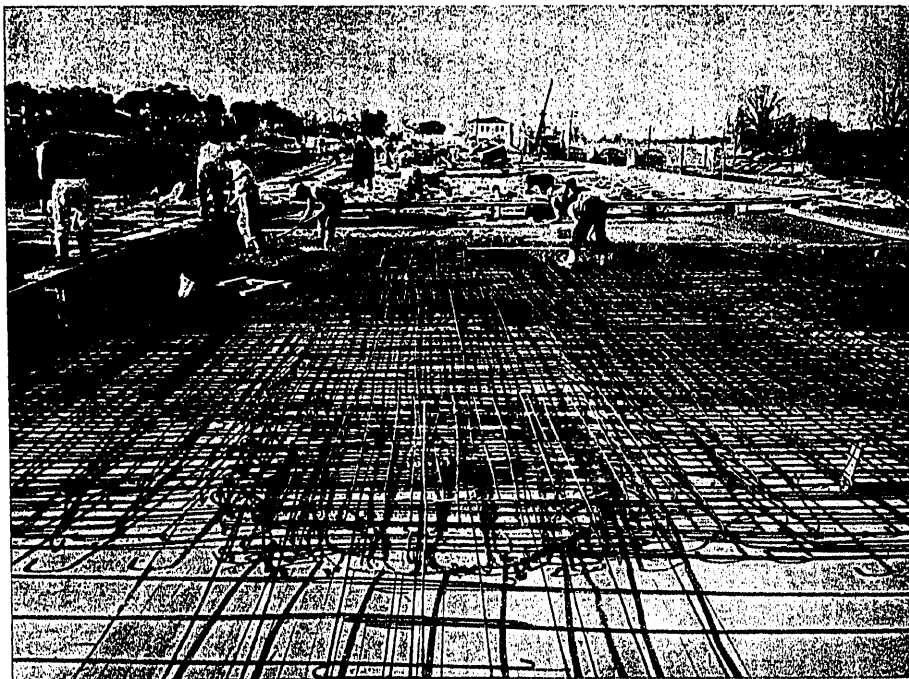


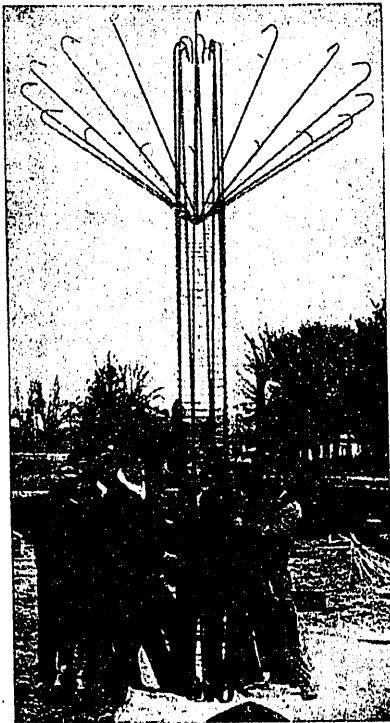
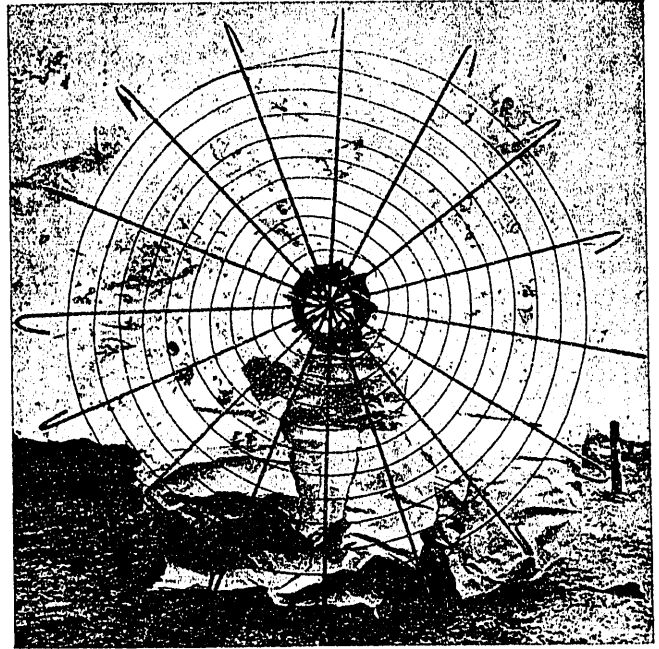
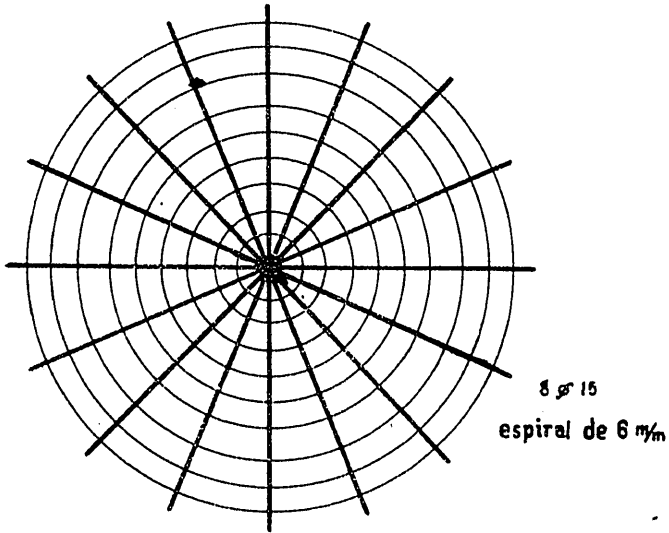
Fig. 26. Vista de la armadura de la losa

ellos. Lewe resuelve de un modo exacto la ecuación diferencial de la losa plana indefinida, considerando las reacciones uniformemente distribuidas en la superficie del capitel de sección rectangular.

piteles poco o muy desarrollados, y en cada uno estudia los casos de carga en todos los recuadros, en los de filas alternadas, etc.

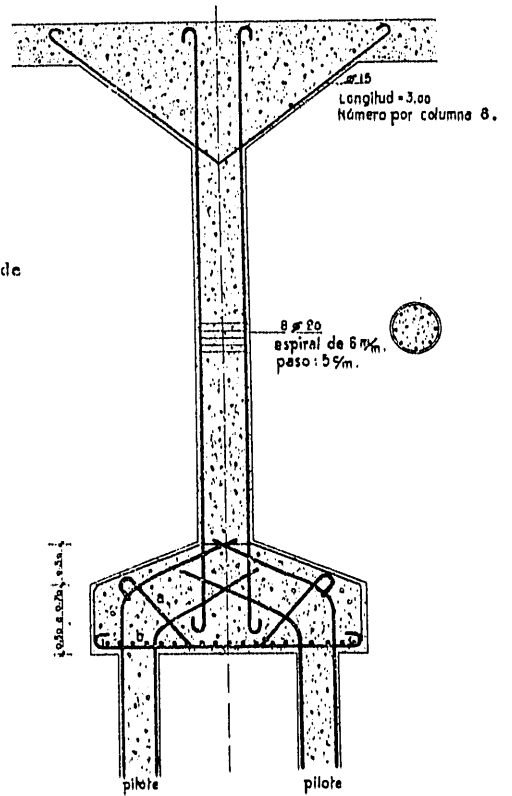
El método de los pórticos virtuales, que admite el

DETALLE CAPITEL

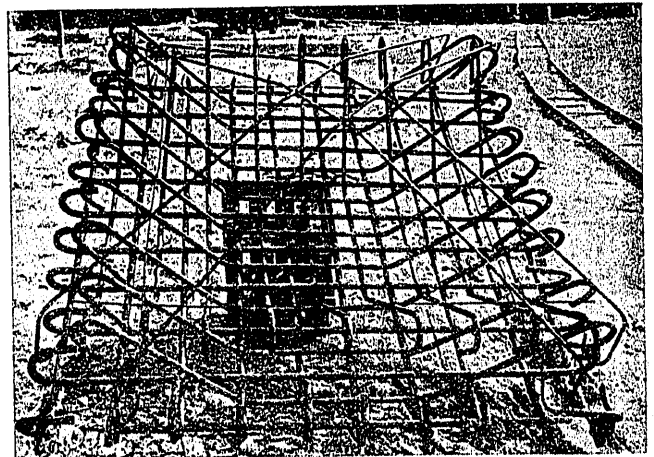
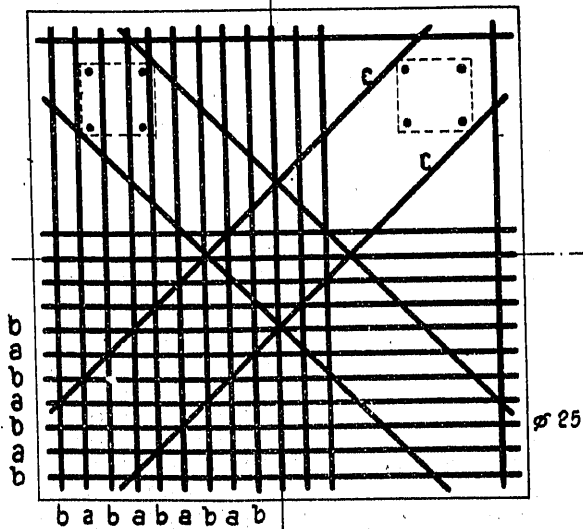


Figs. 27 a 32. Detalles de las armaduras de una columna

DETALLES DE UNA COLUMNA



DETALLE ZAPATA



Reglamento alemán actual, consiste en desintegrar virtualmente la estructura, cortando a la losa por las líneas medias de los recuadros a los dos lados de una fila de columnas, y considerar los pórticos, que así resultan con dintel formado por todo el ancho de un recuadro de losa y pilares los realmente existentes, cargados, en la hipótesis correspondiente, con la carga total. Los momentos flectores que resultan se reparten en el ancho de la losa, de acuerdo con ciertos coeficientes que se fijan en el citado Reglamento. Por este método hemos podido estudiar hipótesis de sobrecarga muy diversas, y considerar, además, los efectos de variación de temperatura y asiento de los apoyos.

La armadura de la losa (figuras 24, 25 y 26) se ha estudiado de modo a simplificar la construcción, empleando reducido número de plantillas y combinando los hierros rectos y doblados para que, de un modo automático, el armado de las zonas centrales produzca, por superposición, el armado de las zonas entre capite-

les y, sobre éstos, donde los momentos son más elevados y requieren armadura más importante. Hemos procurado emplear barras de calibre reducido, con objeto de no perder altura útil, pues se superponen cuatro capas de barras, y, además, evitar que se produzca la rotura inicial por retracción de fraguado, que deja inútil la zona de tracción, que, aunque no se tiene en cuenta en los cálculos, constituye una ayuda muy eficaz en la resistencia de las losas.

Las columnas llevan una armadura longitudinal constituida por 8 redondos de 20 milímetros y una en espiral con alambre de 6 mm a 5 cm de paso (figuras 27 y 28). Los capiteles se arman con 8 barras de 15 mm, en forma de varillaje de paraguas, que se monta independientemente y se lleva a su posición definitiva durante el hormigonado del fuste de la columna (figuras 29 y 30).

La cimentación de todas las columnas se ha realizado sobre pilotes de hormigón armado, reunidos mediante una zapata muy rígida del mismo material (figuras 31 y 32).

Carlos FERNANDEZ CASADO
Ingeniero de Caminos

Unificación de señales en las carreteras españolas¹

IV

Algunas señales que pueden ser complementarias de las aceptadas en los Convenios internacionales

CAMBIO DE RASANTE

El cambio de rasante con pérdida de visibilidad

de los puntos más peligrosos de la misma. Nuestro vigente Reglamento de Circulación Urbana e Interurbana le concede la importancia que realmente le corresponde, dedicándole las siguientes disposiciones especiales:

Artículo 5.º ... "en los cambios de rasante que

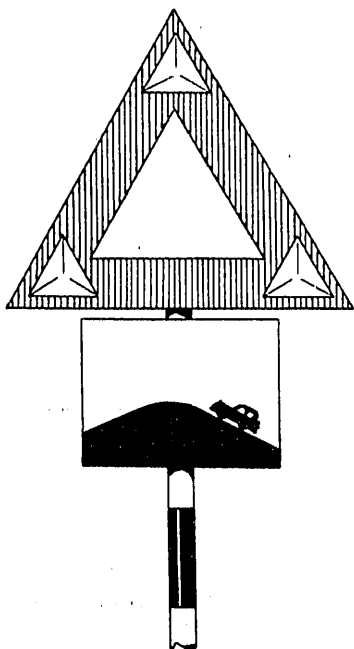


Fig. 35. Señal especial para cambio de rasante con ocultación rápida de la carretera

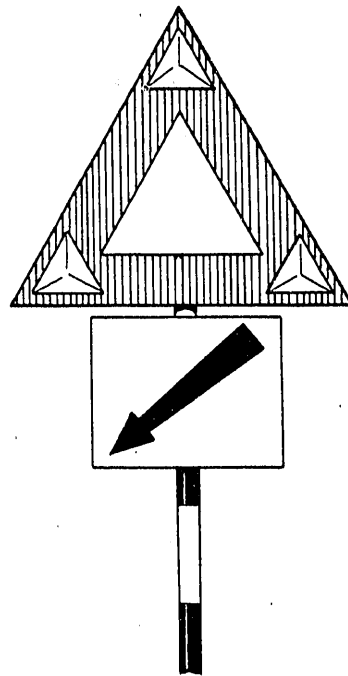


Fig. 36. Señal para indicar exactamente el punto peligroso

por ocultación rápida de la carretera constituye uno

¹ Los artículos anteriores se publicaron en los números de 15 de junio, 1 de julio y 1 de septiembre del pasado año.

oculten rápidamente la carretera y desde cien metros antes del punto de cambio, como mínimo..., sólo podrán circular los vehículos de modo que dejen libre