Applications de la préfabrication aux ponts en arc

Autor(en): **Casado, C. Fernandez**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH Kongressbericht**

Band (Jahr): **6 (1960)**

PDF erstellt am: **23.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-6987

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

IV a 1

Applications de la préfabrication aux ponts en arc

Anwendung der Vorfabrikation auf Bogenbrücken

Applications of Prefabrication to Arch Bridges

C. FERNANDEZ CASADO
Dr. Ing., Prof. Ponts en Béton, E. T. S., ICCP., Madrid

Dans le volume XV des Mémoires de l'Association, nous avions publié un travail sous le même titre, dans lequel nous exposions les solutions que nous avions étudiées dans différents projets de ponts. On a construit récemment trois ponts que nous avions déjà mentionnés; la construction du quatrième est avancée. Nous voulons faire allusion ici aux difficultés qu'il a fallu surmonter dans la construction et aux modifications que l'on a introduites lors de celle-ci.

Le premier pont construit, situé sur le canal d'évacuation des crues du barrage de Cubillas, sur la route Madrid-Grenade, a 50 mètres de portée théorique et 12 m de hauteur totale. La structure se compose de quatre arcs tympans verticaux distants de trois mètres, prolongés en encorbellement au-delà des appuis (articulation sur culées) jusqu'au raccordement avec les rives. L'épaisseur des tympans est de 40 centimètres en bordure inférieure et de 20 cm ailleurs; ils sont assemblés par le tablier d'une épaisseur constante de 20 cm, et par 8 poutres transversales et deux dalles verticales aux extrémités. Celles-ci servent également à contenir les remblais.

Au cours de la première étape, on a construit sur le terrain les encorbellements et une partie des tympans en contrepoids, ceux-ci disposés en sorte que l'ouverture initiale soit réduite à 35 m. La stabilité de l'ensemble fut assurée par un diaphragme vertical d'entretoisement (dont le but définitif est le soutènement des terres du remblai) et, pour chacun d'eux, par une bielle d'appui provisoire directement sur la culée (fig. 1).

La seconde étape consista à fermer l'ouverture de 35 m au moyen d'anneaux préfabriqués, montés en deux moitiés comme arcs à articulations (fig. 2) et assemblés par des poutres transversales également préfabriquées. Les articulations provisoires disparaissent; celles des abouts au moment du remplissage du tympan et celle de la clef à la fin de l'ouvrage.

Sur les anneaux et les abouts comme cintre, on a construit en troisième étape le reste du tympan par couches horizontales (fig. 3). La quatrième étape a consisté en l'exécution du tablier par tranches transversales, avec un programme mis au point pour réduire au minimum les moments fléchissants accidentels pendant la construction.

Pour la manœuvre des anneaux on avait prévu d'une part une tour centrale avec des appareils élévateurs et d'autre part de petites grues dans les

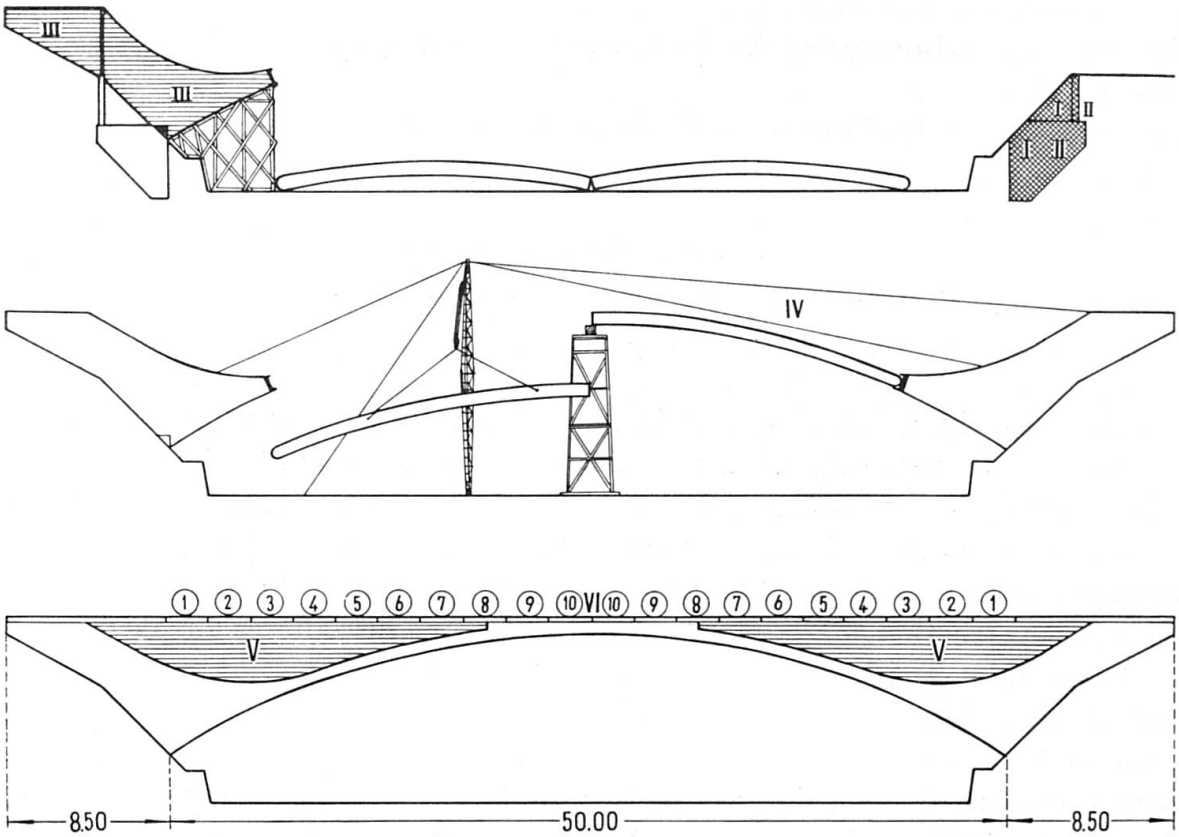

Fig. 1. Schéma du processus de construction du pont de Cubillas.

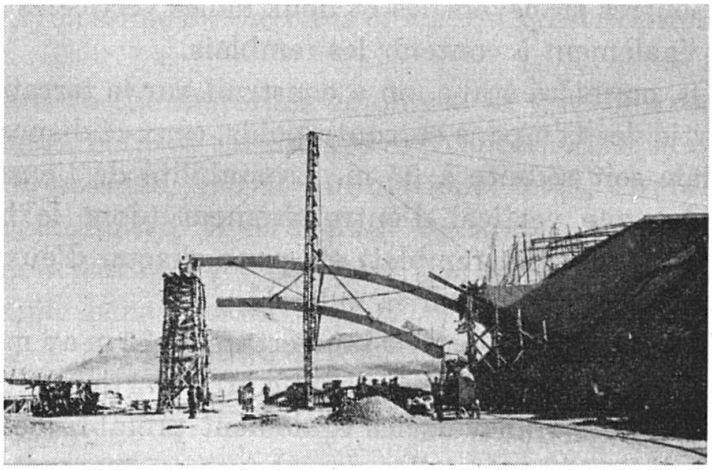

Fig. 2.

abouts pour suspendre les anneaux aux extrémités. L'entrepreneur jugea plus facile d'employer un poteau métallique léger pour monter les anneaux successivement et un échafaudage central en guise d'appui provisoire et de plateforme de manœuvre pour transformer les anneaux en un arc à trois articulations à partir d'une paire de poutres courbes reposant aux extrémités. Les anneaux ont été renforcés au moyen d'un tirant inférieur. La transformation fut faite par groupe de deux anneaux.

Le second pont réalisé fut un pont-aqueduc à huit travées en arc de 20 m de portée, chacune avec deux anneaux de 60×25 supportant au moyen de

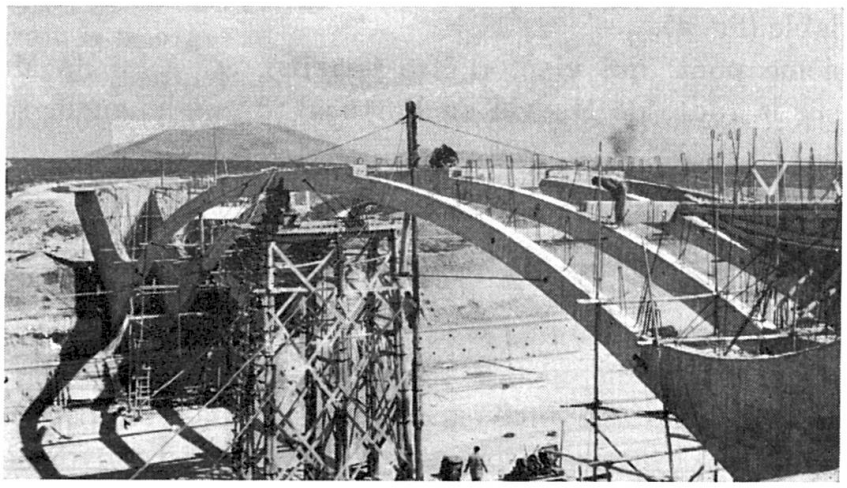

Fig. 3. Ossature préfabriquée du pont de Cubillas.

Fig. 4. Ossature préfabriquée et poteau métallique de montage de l'aqueduc de Cubillas.

cadres transversaux la section du canal. On a préfabriqué et monté indépendamment les anneaux avec les petits piliers des cadres, ensuite les poutres transversales également préfabriquées. On avait projeté le montage en groupant préalablement sur le sol les arcs et leurs entretoises, pour élever ensuite l'ensemble, mais il a été beaucoup plus simple de faire la manœuvre comme au pont de Cubillas: on utilisa un simple poteau métallique contreventé et légèrement incliné pour monter successivement les deux arcs d'une travée. Ces arcs avaient une stabilité et une rigidité transversale fort satisfaisante, pouvant rester isolés avec de simples appuis aux extrémités. Pour régler leur comportement initial et éviter les poussées non compensées contre les piles pendant la construction, les arcs ont été prévus munis de tirants provisoires, avec tenseur réglable (fig. 4).

Le troisième pont, qui vient d'être terminé, est celui de Mérida sur le Guadiana, sur la route de Madrid au Portugal, d'une longueur totale de 550

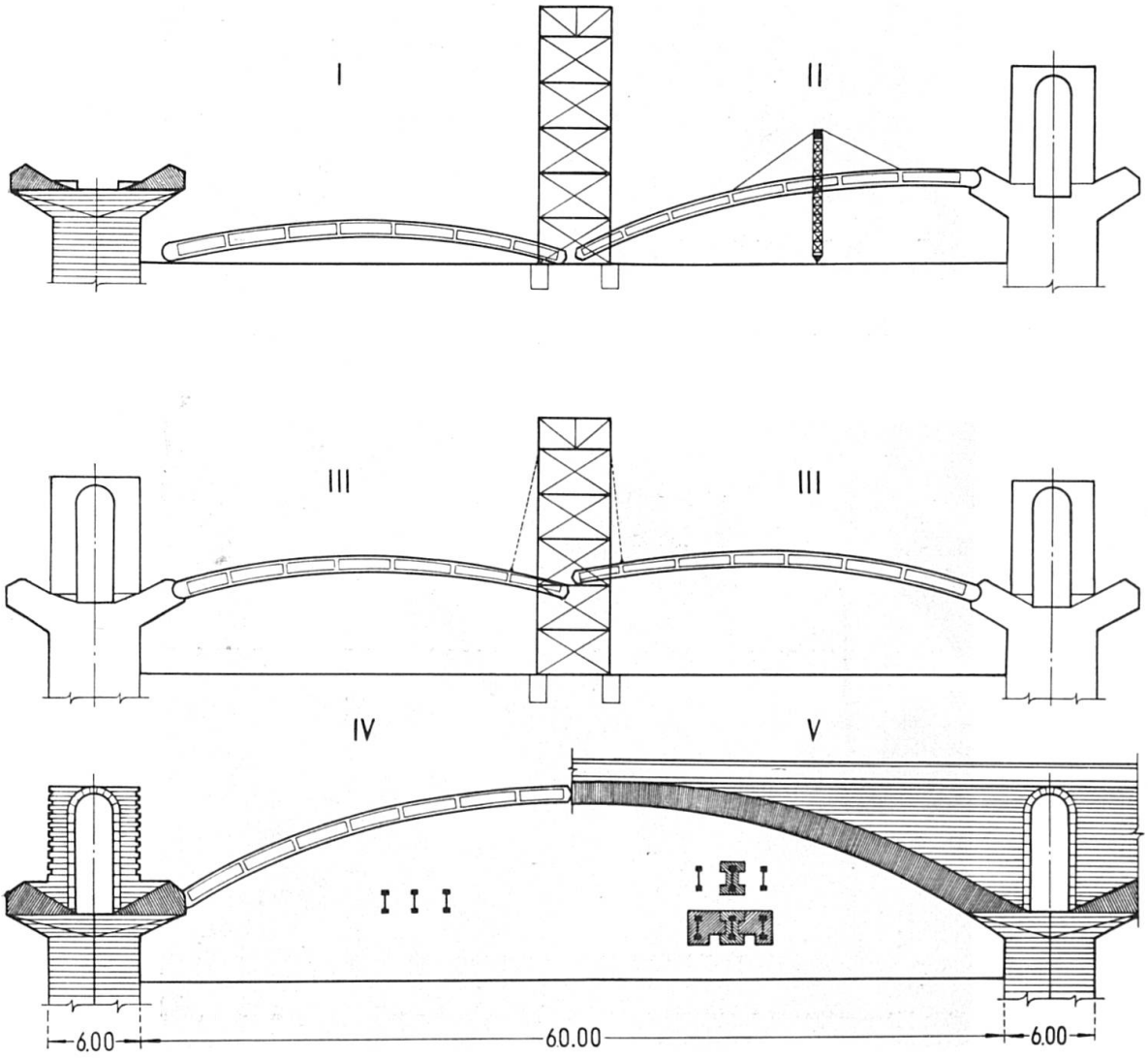

Fig. 5. Schéma du processus de construction du pont de Mérida.

mètres environ, avec 8 arcs de 60 m de portée libre et une largeur totale de 19 m. Chaque travée est formée de deux voûtes de 4,50 m de largeur et écartées de 6 m, qui elles-mêmes se composent chacune de trois anneaux autocintres préfabriqués. Ces anneaux en béton armé ont été moulés sur le sol et élevés ensuite au moyen d'une tour métallique située au centre de la travée (fig. 5).

Les anneaux ont été bétonnés en position verticale et approximativement dans leur plan définitif. Dans les travées, dans l'eau, on a construit préalablement des îles artificielles après avoir renoncé au transport par flottage, étant donné que la profondeur de l'eau était insuffisante.

La première opération de montage consista à amener l'extrémité de chaque demi-anneau à sa position sur les abouts de pile. Un boulon d'un diamètre de 50 mm assurait la fixation et permettait la rotation nécessaire pour amener le demi-anneau à sa position définitive.

La seconde opération de montage prévue dans le projet initial consistait en l'élévation des anneaux, reposant d'un côté sur les articulations giratoires, par moitiés et par groupes de deux demi-anneaux extérieurs. L'anneau central devait être monté une fois l'ossature d'un arc à trois articulations formée par les groupes d'anneaux extérieurs. L'ensemble n'était autostable qu'avec les trois anneaux complets, ce qui exigeait un contreventement de câbles au moment où deux anneaux seulement étaient entrelacés. Mais une fausse manœuvre abattit le contreventement pendant l'élévation du troisième anneau, ce qui provoqua l'écroulement des trois, heureusement sans qu'il y eût à déplorer d'accident de personne.

Cet accident eut comme suite le changement du système; on remplaça les deux grues derrick utilisées pour l'élévation de chacun des groupes de demi-anneaux par une seule tour centrale dotée d'une puissance suffisante pour élever simultanément les quatre groupes de trois demi-anneaux. Cette tour possédait une grande stabilité et résista à des crues importantes du fleuve dans les travées (fig. 6).

L'accident amena également la réalisation d'une série d'essais sur modèle réduit pour étudier les conditions de stabilité des anneaux au moment initial

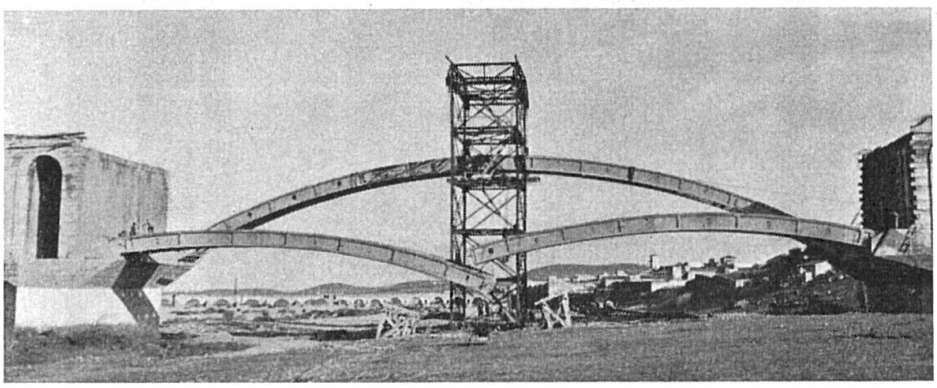

Fig. 6.

et aux moments postérieurs, vu qu'il fallait opérer par augmentations successives de la capacité portante des anneaux pour parvenir à la section totale de la voûte qui absorbe les anneaux en son intérieur. On peut voir sur la figure la disposition des appareils pendant les essais destinés à déterminer la répartition initiale de la charge entre les différents anneaux, en tenant compte des déplacements horizontaux de l'ensemble (fig. 8).

Sur la figure, on voit les différentes phases de l'exécution de l'auto-cintre. La figure représente l'opération de l'élévation de la moitié des demi-anneaux d'une travée, la seconde moitié se trouvant déjà dans sa position définitive; la figure correspond à la dernière manœuvre d'élévation dans la troisième travée, avec la travée voisine en cours de bétonnage (fig. 7).

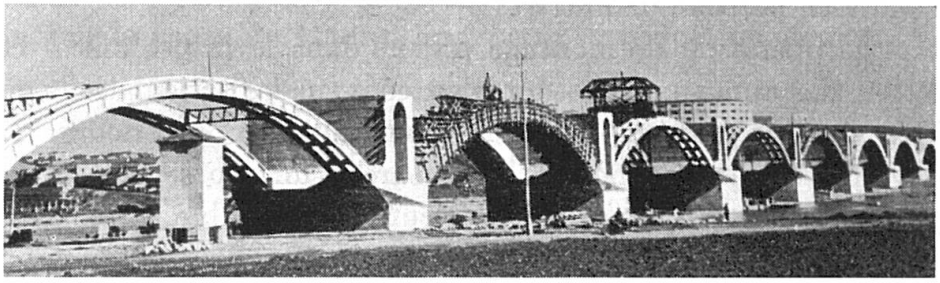

Fig. 7.

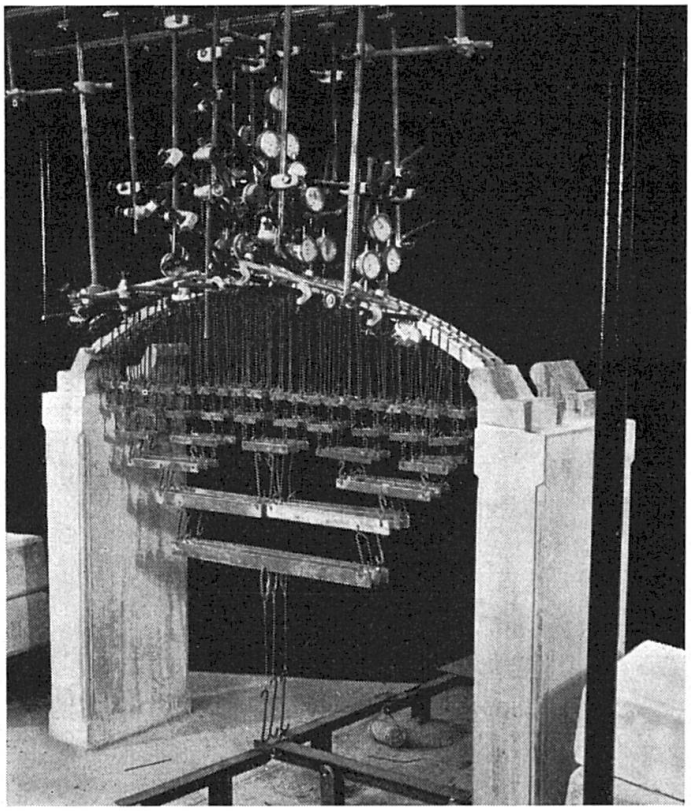

Fig. 8.

Dans ce même pont, on a utilisé la préfabrication pour l'exécution de la dalle qui recouvre le vide longitudinal de 6 m entre les deux voûtes jumelles de chaque travée. On a construit une dalle précontrainte en sections de 1,50 m de longueur en utilisant deux moules métalliques sur des fonds en bois reposant sur le terrassement pour la première travée et sur les travées antérieures pour les suivantes. Les dalles sont placées avec leur axe dans la position définitive et sont transportées à leur emplacement final suspendues à un pont élémentaire qui se déplace sur deux voies longitudinales dans le couronnement des voûtes jumelles (fig. 9).

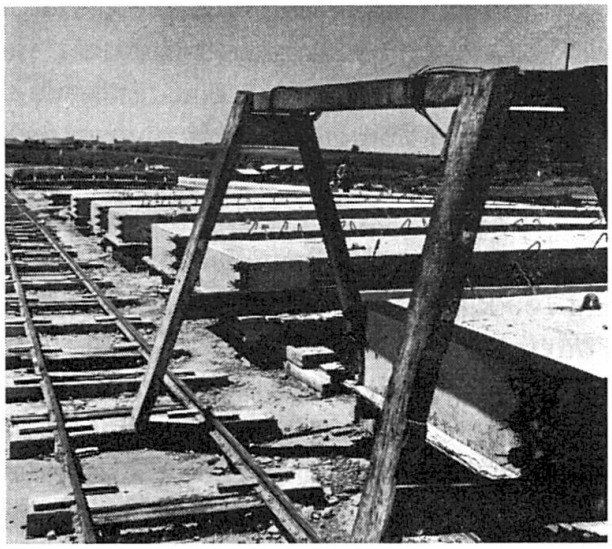

Fig. 9. Dalles précontraintes préfabriquées, Pont de Mérida.

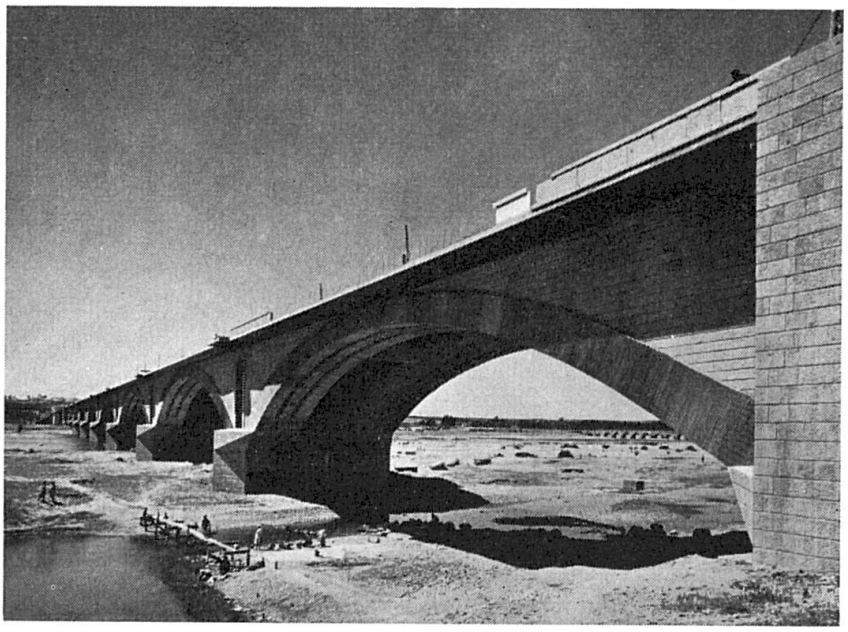

Fig. 10. Le pont de Mérida actuellement.

La précontrainte a été réalisée au moyen du système Barredo avec des câbles droits formés de fils de 5 mm répartis en groupes de trois et ancrés au moyen de coins triangulaires. La liaison des éléments a été assurée dans chaque travée au moyen d'une précontrainte longitudinale grâce à 5 câbles de trois fils disposés dans les ouvertures que l'on avait laissées dans les dalles. Le support des dalles était assuré provisoirement par des tronçons de fers ronds de 30 mm qui permettaient le déplacement, dû au raccourcissement produit par l'effort de précontrainte, des éléments. A la fin, on a injecté du mortier dans toutes les gaines et dans la zone se trouvant au-dessous des appuis de la dalle.

On a étudié au laboratoire un élément de dalle de grandeur naturelle afin d'observer les pertes de précontrainte pendant une période de six mois. Après cet essai, on a soumis la dalle à des charges croissantes, jusqu'à la rupture.

Nous avons obtenu une perte presque constante de 15% pour tous les câbles. Le coefficient de fissuration relatif à la charge de service était de 1,8 et le coefficient de sécurité à la rupture de 2,2, rupture produite par l'écrasement du béton à la compression sans rupture d'aucun fil. D'après cela, nous avons tendu les aciers (140/170 kg/mm^2) à une contrainte initiale de 120 kg/mm^2 pour assurer toujours 100 kg/mm^2.

Le contrôle de l'ouvrage a été obtenu, d'une part, au moyen d'éprouvettes cubiques de 20 cm (deux par dalle), et d'autre part en essayant directement les pièces. On a soumis quatre dalles (1% de l'ensemble) à un essai de rupture et trente-cinq (10% de l'ensemble) à un essai de charge de service, en mesurant les flèches au centre et aux quarts de la portée ainsi que les inclinaisons aux extrémités. On a utilisé le même dispositif qu'au laboratoire, c'est-à-dire un vérin hydraulique pour appliquer une charge centrale unique.

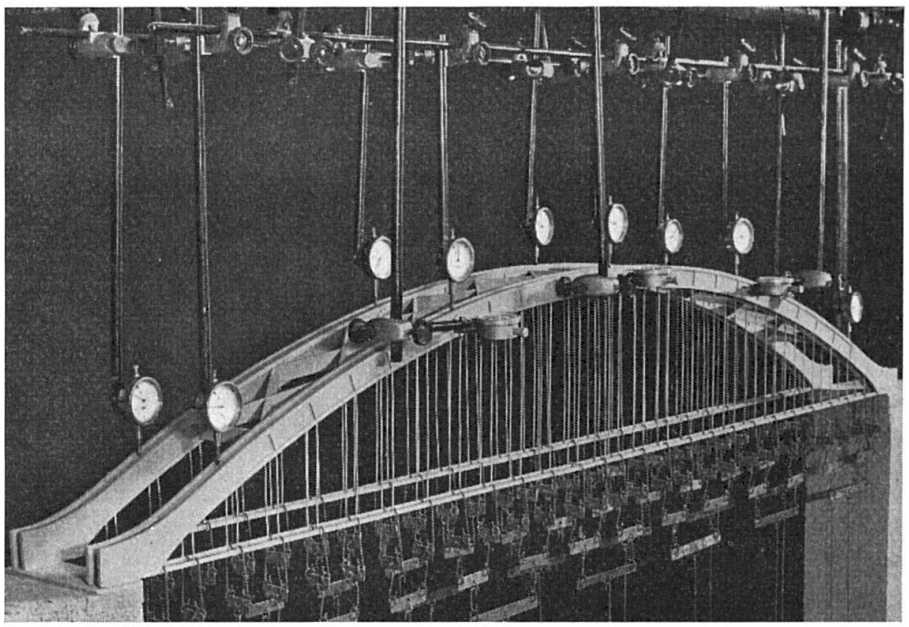

Fig. 11. Modèle réduit pour aider au montage du pont du Tinto.

Le quatrième pont actuellement en construction est celui de San Juan del Puerto sur le Tinto. Il est du genre du pont en arc avec tirant, de 108,8 m de portée théorique, et un tablier suspendu de 10,0 m de largeur totale. Tous les éléments du pont vont être préfabriqués; le tablier ainsi que le tirant et les suspentes précontraints.

Chaque arc a une section en caisson rectangulaire avec deux plans de suspentes. Il va être décomposé en deux anneaux à section en double T, correspondant aux deux parois du caisson, ayant chacun son système de suspentes et son tirant indépendant. Chaque anneau se décompose en quatre tronçons pour obtenir des pièces faciles à manier. Le projet avait prévu un atelier de préfabrication sur la rive droite et le transport des éléments par flottage, mais nous avons décidé de placer l'atelier sur le terrassement d'arrivée pour être à l'abri des crues du fleuve.

On a réduit l'ouverture de montage de 15 m en avançant en console sur 7,5 m à partir de chaque extrémité. La longueur des demi-arcs est de l'ordre de 50 m; ils seront construits en direction longitudinale, unissant les deux anneaux des parois d'un arc uniquement par des diaphragmes transversaux. Ces éléments, appuyés sur la plateforme de la route et sur la culée et débordant la console, seront lancés longitudinalement au moyen d'un ponton soutenant l'extrémité débordant sur le fleuve; un chariot, à l'autre extrémité, la portera jusqu'à son articulation provisoire située au bout de la console.

La manœuvre consistant à hisser les extrémités intérieures des anneaux pour les unir en une articulation provisoire à la clef se fera au moyen d'une tour métallique centrale capable d'élever simultanément quatre paires de demi-anneaux et de les soutenir pendant la transformation qui en fera deux arcs à trois articulations. On procédera simultanément au montage des suspentes et du tirant provisoire; le tirant provisoire sera métallique à section en caisson et sera utilisé ensuite comme gaine pour les câbles de précontrainte.

La troisième phase du montage sera la suivante: construire la section en caisson des arcs en bétonnant les dalles supérieures et inférieures, compléter le tirant avec sa section de béton, appliquer la précontrainte à l'ensemble et injecter finalement les caissons métalliques.

La dernière phase du montage est l'exécution du tablier divisé en poutres transversales dans les plans des suspentes et en dalles en tranches longitudinales dont la liaison sera assurée sur place.

Résumé

On passe en revue une série de ponts en arc construits en utilisant la préfabrication des anneaux. Certains de ces anneaux ont aussi servi comme cintre (pont de Mérida), d'autres sont restés comme arcs définitifs (pont-aqueduc de Cubillas), il y en a enfin qui ont été complétés pour arriver à une

section définitive en caisson (pont du Tinto) ou pour former les diaphragmes verticaux d'un arc-tympan (pont de Cubillas).

On décrit aussi la construction d'une plaque longitudinale en béton précontraint dans le pont de Mérida par le moulage préalable de sections de 1,50 m de longueur, liées ensuite par précontrainte longitudinale.

Zusammenfassung

Es wird eine Anzahl von Bogenbrücken beschrieben, die mit Hilfe von vorfabrizierten Bogenringen erstellt wurden. Diese Bogenringe wurden zum Teil gleichzeitig als Lehrgerüst verwendet (Brücke bei Mérida), oder auch direkt als definitive Bogen vorgesehen (Aquädukt bei Cubillas). Als weitere Anwendung werden solche Bogenscheiben bei der Brücke über den Tinto als Wände der an Ort vervollständigten Kastenquerschnitte gebraucht, und schließlich dienten sie bei der Brücke bei Cubillas zur Bildung der Tragwände einer Brücke mit geschlossenem Aufbau.

Ferner wird die Herstellung einer Fahrbahnplatte aus vorfabrizierten, vorgespannten Stücken von 1,50 m Länge beschrieben, die durch nachträgliche Längsvorspannung zum Zusammenwirken gezwungen werden.

Summary

A series of arch bridges is reviewed which were constructed using moulded ribs. Some of these ribs also served as centering (Mérida bridge), others remained as the final arches (Cubillas aqueduct bridge), while others were completed to give a final caisson-type section (Tinto bridge) or to form the vertical diaphragms of a spandrel arch (Cubillas bridge).

A description is also given of the construction of a longitudinal slab of prestressed concrete in the Mérida bridge by using precast sections, 1.50 m in length, connected together by longitudinal prestressing.