

## CAPITOLO X

### PONTI A TRAVATA

#### 1. Generalità.

Tra le realizzazioni più interessanti nel dominio delle travi rettilinee sono da annoverare le travate da ponte. In esse si trovano utilizzate « in toto » le teorie fin qui esposte; nulla infatti nel caso dei ponti può essere concesso all'approssimazione, come si usa nello spirito del così detto calcolo « ad abundantiam », ed alla fede, spesso mal riposta, nelle capacità intrinseche di autoadattamento dei materiali e delle strutture. Attesa infatti l'entità delle luci in gioco, il problema delle fondazioni e dei sostegni assume importanza predominante, specialmente in presenza di corsi d'acqua; inoltre con la luce aumentano, come è noto, pressochè quadraticamente i momenti; il più piccolo peso superfluo si risolve quindi in un inutile pericoloso aggravio del quadro tensionale del complesso. Si aggiunga a ciò nelle travate iperstatiche, il gioco dei cedimenti, delle variazioni termiche e del ritiro, i cui effetti statici si esaltano all'aumentare dell'inerzia delle sezioni. E' anche da tener presente che la scarsa iperstaticità del sistema, e la stessa indispensabile raffinatezza del calcolo elastico, riducono le riserve di sicurezza connesse con la plasticità. La necessità di sfruttare al massimo il materiale per ridurre quanto possibile il peso proprio — riduzione, come detto, imposta da esigenze di statica molto più che da considerazioni economiche dirette — si risolve poi in soluzioni esteticamente valide a fortiori, nel rispetto dei canoni classici dell'architettura funzionale. Quasi sempre perciò nelle opere da ponte, in acciaio o in conglomerato, ci si trova dinanzi a travi con sezione sottile. Questa spesso è chiusa, e ciò aumenta la rigidità torsionale, molto utile in presenza di treni di carico eccentrici, riduce i moltiplicatori critici da flessotorsione, ed allontana meglio le aree dall'asse neutro; la sezione chiusa poi risolve spesso in modo razionale il problema dei sottoservizi, e a volte si presta addirittura alla doppia transitabilità.

Per gli stessi motivi di cui sopra, sovente il profilo della trave è variabile, più di rado quello dei ritti.

Nelle fig. 10-1 a b c è riportato il ponte sul Neckarkanal in Heilbronn, in conglomerato precompresso, eseguito nel 1950; è una trave incastrata di 96 m. di luce, in cui il vincolo è realizzato con due campate laterali contrappesate di 19 m. di luce. La sezione è chiusa, costituita da due sole nervature longitudinali, dalla soletta e da una controsoletta continua; il collegamento e l'irrigidimento trasversale sono garantiti da nove setti trasversali.

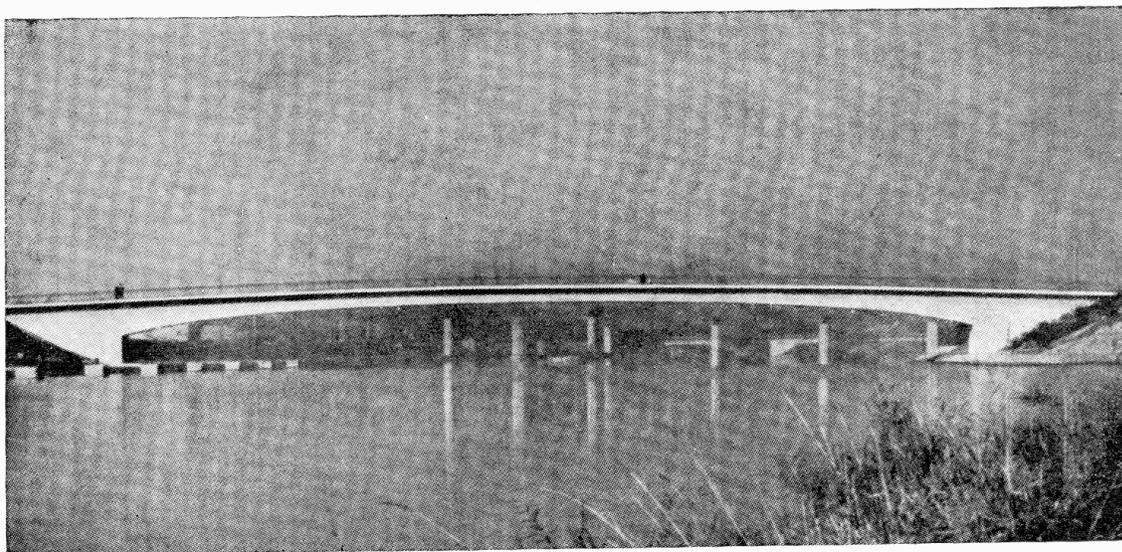
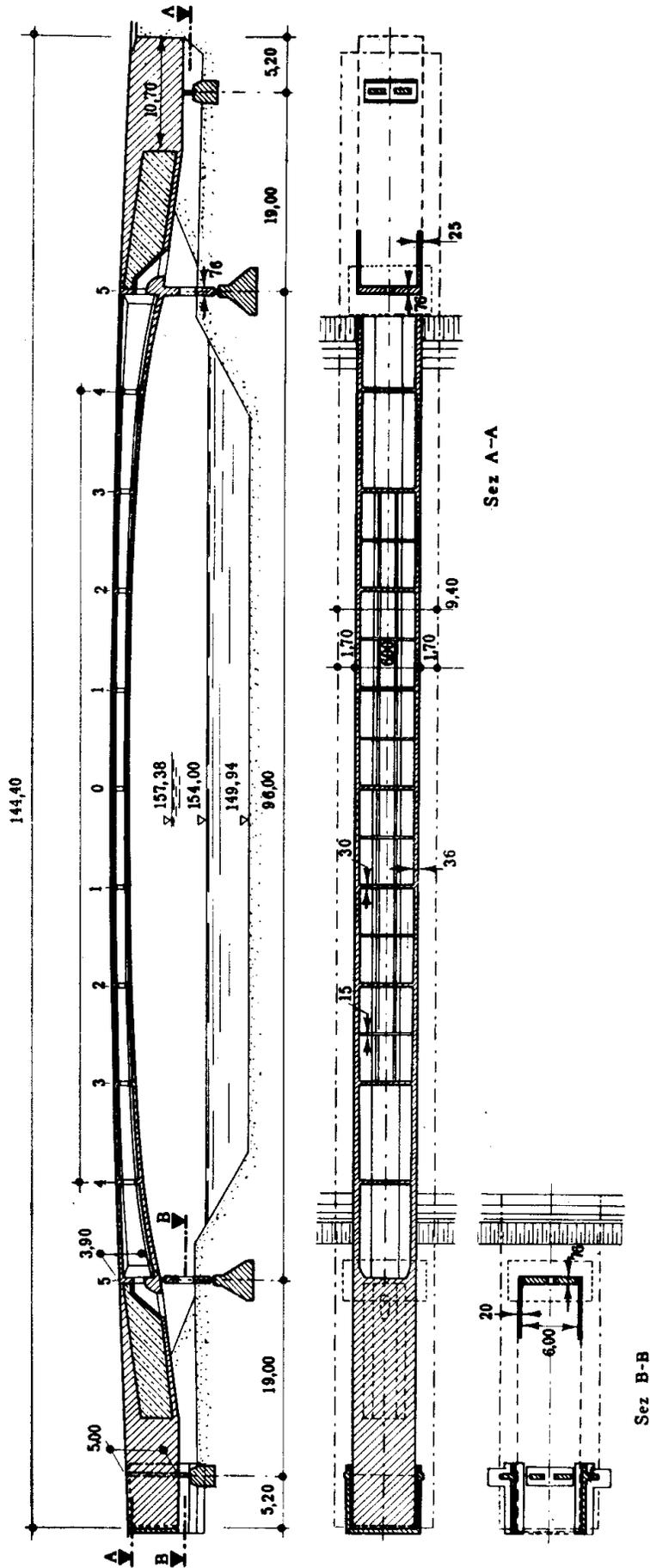


FIG. 10-1 a

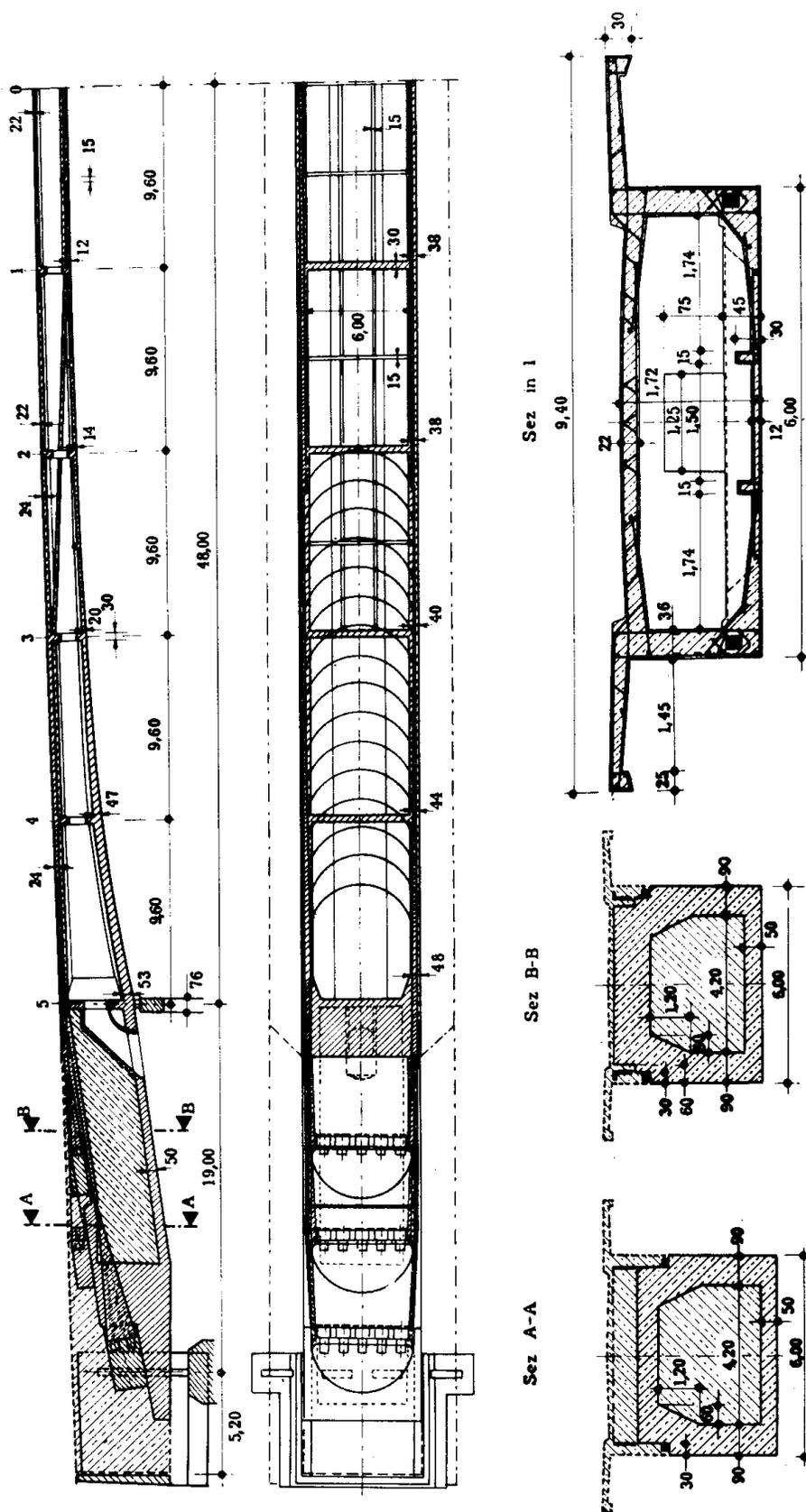
Nella fig. 10-2 a si osserva il ponte sulla Mosella a Coblenza, progetto di U. Finsterwalder, ricostruito nel 1953; esso è continuo (fig. 10-2 b) su tre luci di 101,47 — 113,90 — 122,85 m, più due travi laterali contrappesate che hanno funzione di incastro; le tre travi presentano uno snodo in mezzeria. Nella fig. 10-2 c è riportata la sezione trasversale, nella fig. 10-2 d il particolare dell'articolazione di mezzeria, nella fig. 10-2 e uno dei ritti intermedi. Nella fig. 10-2 f è schematizzato il procedimento costruttivo; il getto si effettua a tronchi successivi, dalle due parti di ciascuno dei ritti; ogni tronco, una volta maturo, si salda mediante cavi di precompressione alla struttura già eseguita. Si risparmia così la centina, sostituita (fig. 10-2 g) da un castelletto volante; il suddetto sistema esecutivo, detto «a cannocchiale», è ormai di uso comune; esso presuppone ritti molto robusti, cementi a rapida presa, nonché una perfetta conoscenza del comportamento viscoso del materiale. Il procedimento è particolarmente indicato quando si opera su fiumi o canali navigabili, o quando si prevedono piene in corso d'opera.

Gli esempi fatti danno un'idea sommaria di una struttura da ponte, e delle difficoltà di calcolo connesse; per esempio, nel ponte di Coblen-



(da Mörsch)

FIG. 10-1 b



(da Mörsch)

FIG. 10-1 c

za il peso proprio del concio generico è sopportato dalla mensola cui il concio si salda, il peso della massicciata è sostenuto dalle mensole lunghe quanto la semiluce, mentre il carico accidentale agisce dopo che le mensole sono state collegate dai pendoli di mezzeria. Così per il

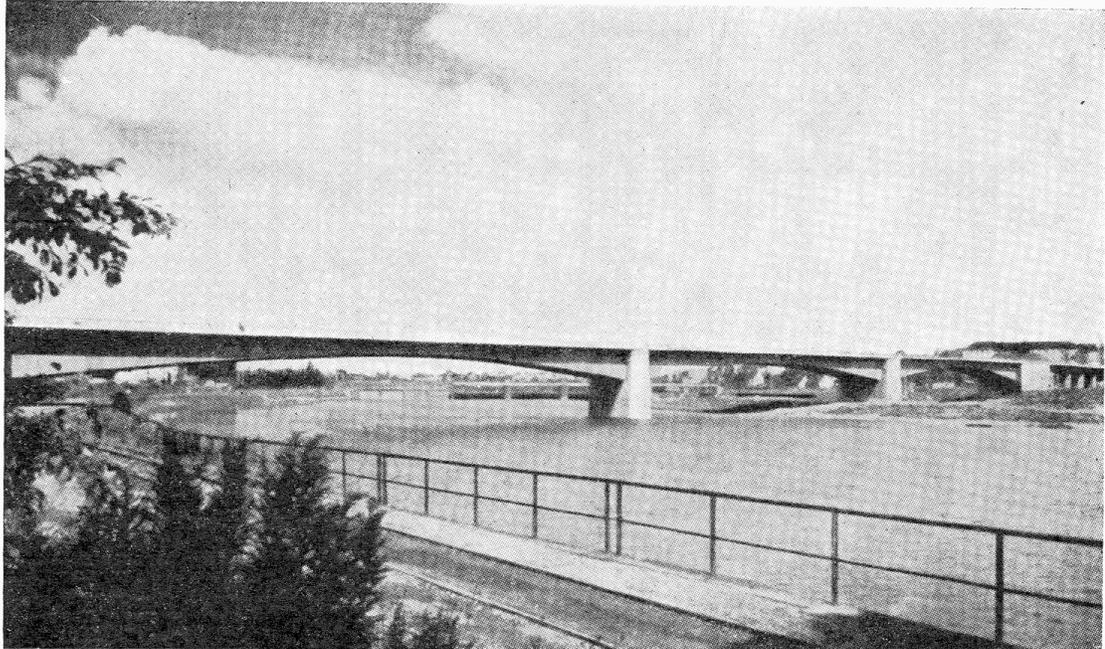
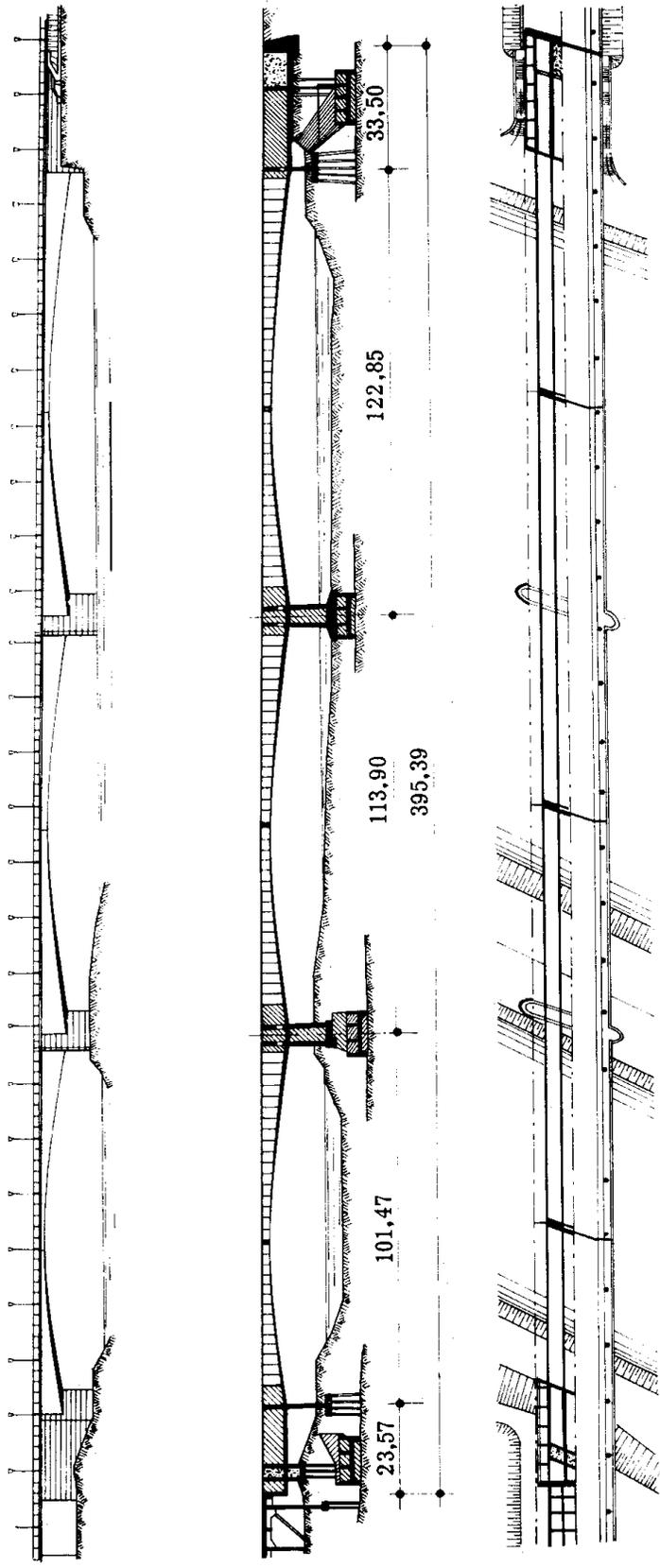


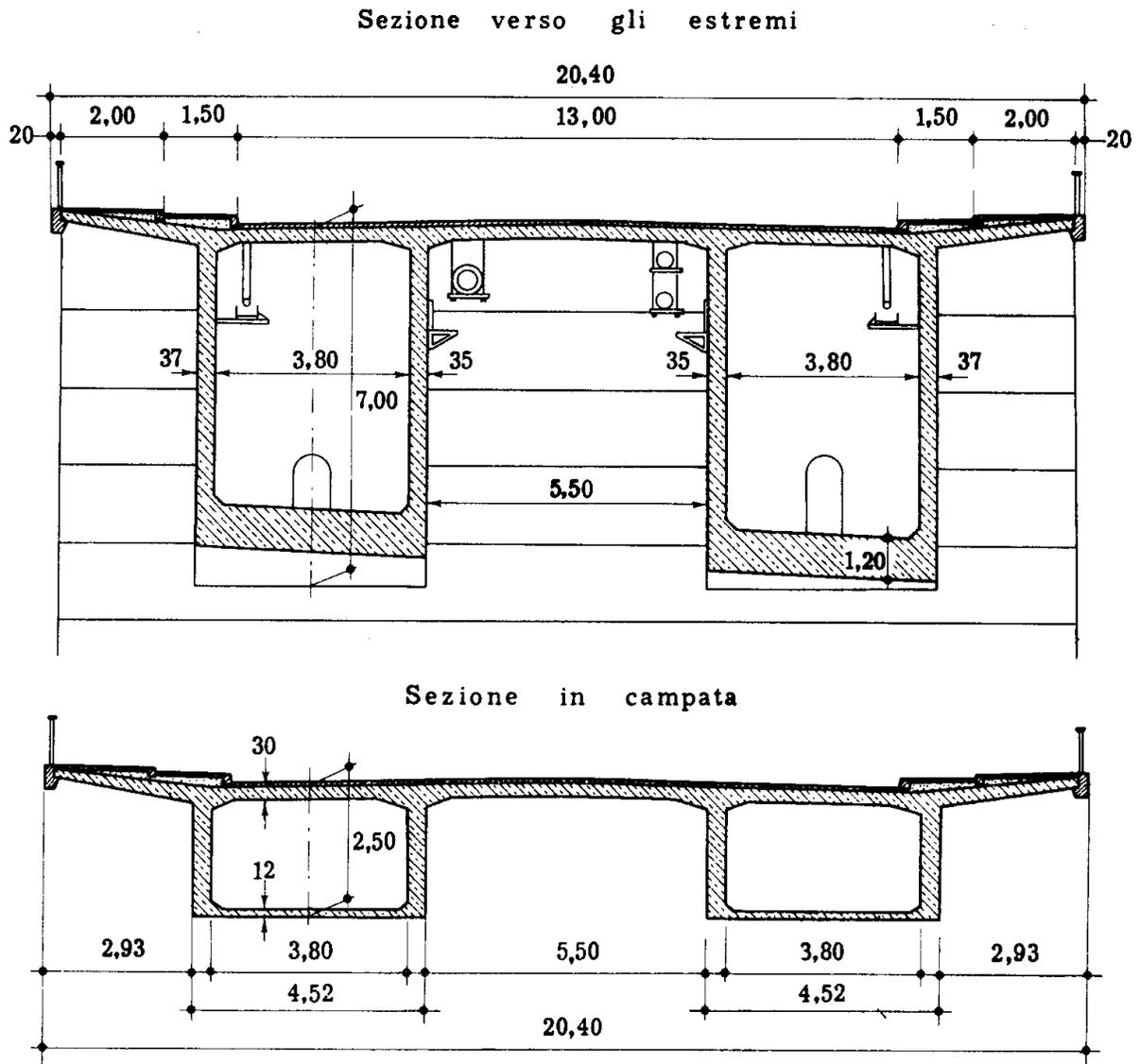
FIG. 10-2 a

peso proprio la struttura è isostatica, e può sopportare, senza inconvenienti seri, modesti cedimenti dei piloni; per il carico accidentale invece entra in conto la continuità; le variazioni termiche uniformi ed il ritiro non giocano alcun ruolo.



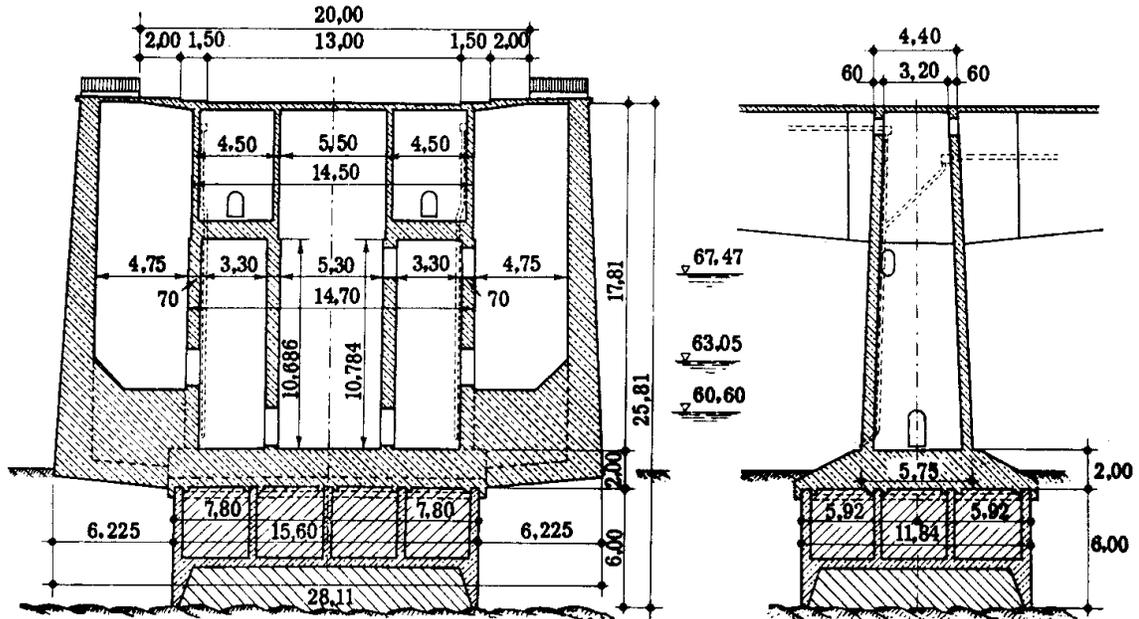
(da Mörsch)

FIG. 10-2 b





Sezione di una pila



Sez. longitudinale

Sez. trasversale

FIG. 10-2 e

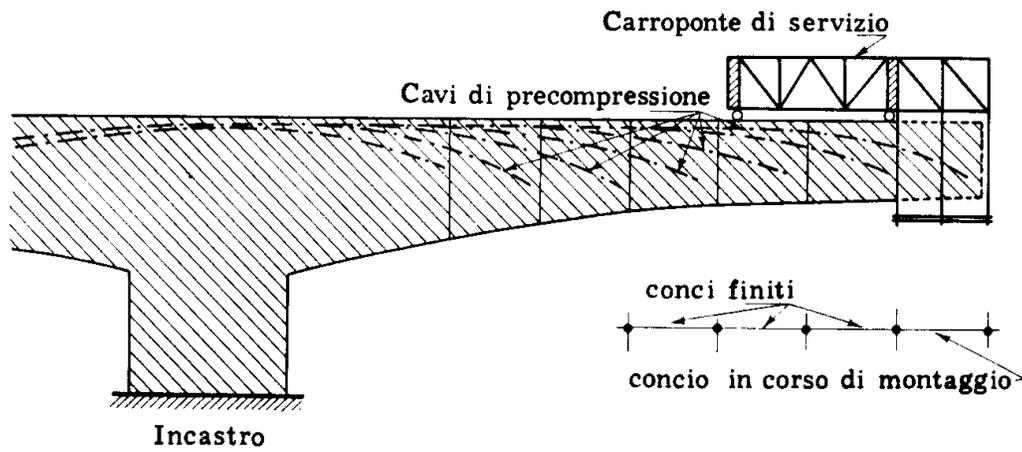


FIG. 10-2 f

(da Mörsch)

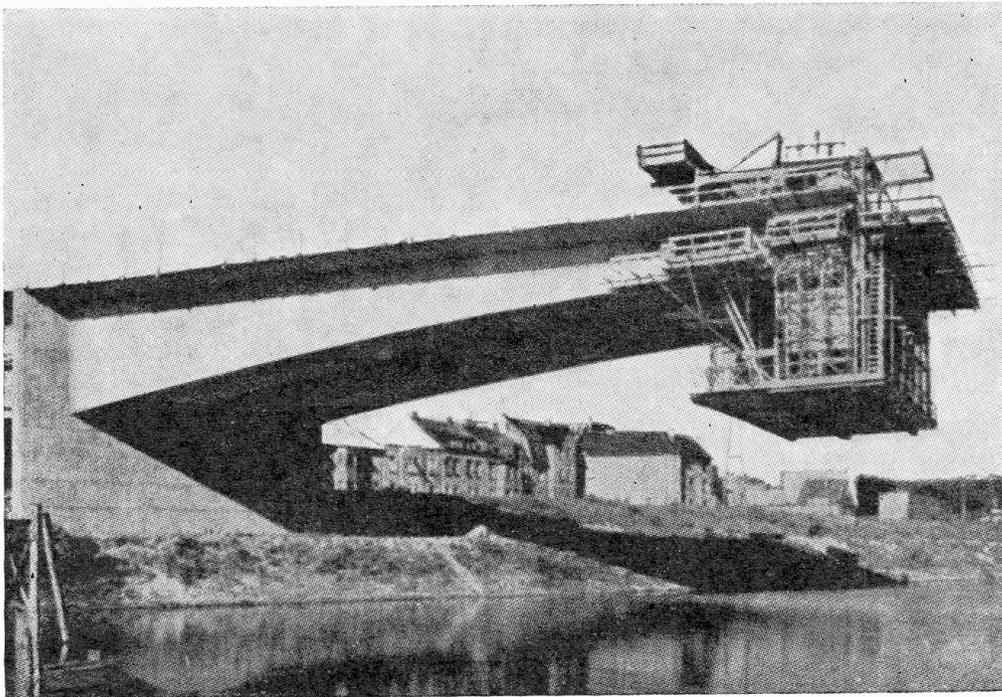


FIG. 10-2 g

## 2. La suddivisione in luci parziali.

I problemi connessi con l'economia di una struttura da ponte sono numerosi, e quasi sempre risolvibili solo per raffronto tra varie soluzioni di massima; queste generalmente non sono in numero elevato, attese le molte condizioni imposte in pratica al progettista. In alcuni casi soltanto può darsi qualche indicazione in ordine a determinate questioni; classica per esempio è quella relativa alla più conveniente suddivisione in luci parziali. Sia  $S_s$  il costo di una spalla,  $S_r$  il costo di un ritto,  $S_t$  il costo di una campata,  $l$  la luce totale,  $n$  il numero di campate. Si può porre, in funzione di  $n$ ,

$$S_s = \text{cost}$$

$$S_r = c_1 + c_2 \frac{l}{n} \quad (\text{a})$$

$$S_t = c_3 \frac{l}{n} + c_4 \left( \frac{l}{n} \right)^2 .$$

Il costo totale  $S$  è perciò, nell'ipotesi che tutti i ritti siano uguali, e così tutte le travi,

$$\begin{aligned} S &= 2S_s + (n - 1)S_r + nS_t = \\ &= 2S_s + (n - 1)c_1 + (n - 1)c_2 \frac{l}{n} + c_3 l + c_4 \frac{l^2}{n} . \end{aligned}$$

La condizione

$$\frac{dS}{dn} = 0$$

porge

$$c_1 + c_2 \frac{\ell}{n^2} - c_4 \frac{\ell^2}{n^2} = 0$$

da cui

$$n = \sqrt{\frac{c_4 \ell^2 - c_2 \ell}{c_1}} . \quad (b)$$

Se si suppone  $c_2 = c_3 = 0$ , dalle (a) e (b) si trae

$$S_r = c_1$$

$$S_t = c_4 \frac{\ell^2}{n^2}$$

$$n = \sqrt{\frac{c_4 \ell^2}{c_1}}$$

$$S_t = c_1 = S_r .$$

Ciò significa che la condizione di minimo costo si attinge quando il costo di una campata è uguale a quello di un ritto.

Questa proposizione semplicissima, ed universalmente nota, è in realtà nulla più di una vaga indicazione, per il modo stesso in cui è stata tratta. Essa però si presta ad utili considerazioni di ordine qualitativo: la luce economica della campata parziale è tanto maggiore quanto più sono alti i ritti, quanto peggiore è il terreno di fondazione, quanto più rudimentali sono le attrezzature per la formazione dei ritti, e in genere quanto più elevato è il rapporto di qualità fra la tecnologia esecutiva della trave e quella dei ritti. E' ovvio poi che tutto è condizionato da problemi idraulici — ingombro delle pile, profilo di rigurgito, scalzamenti ed erosioni di fondo — ed anche estetici; in genere è di più gradevole sensazione un ponte con pochi ritti e lunghe campate, secondo alcuni ancor meglio se i primi come le seconde di profilo variabile.

### 3. La trave appoggiata.

Anche per una trave appoggiata, che è il tipo di struttura più semplice, il calcolo di progetto non può essere eseguito che paragonando più



ad S (il termine elastico, che vuole significare «calcolato in fase elastica», è in realtà, nel caso particolare di struttura isostatica, superfluo); la conoscenza del dominio elastico limite  $D_{tS}$  in S (dominio contenuto nella curva luogo di tutte le coppie di valori MT per cui in un punto della sezione si attinge la soglia plastica) permette di ottenere, nel modo noto, il coefficiente  $s_g$  relativo a tutti i carichi, o soltanto a quelli accidentali. Il procedimento suddetto è dovuto a Sparacio (\*).

I treni di carico previsti dai regolamenti sono costituiti nella quasi totalità da assiemi di forze concentrate, corrispondenti agli assi di locomotori, carri ferroviari, autocarri, rimorchi, rulli compressori, etc., previsti isolati o in colonna. Si risparmiano molte fatiche assimilando tali treni a stese uniformi di carico ripartito; così operando si commettono errori tanto più piccoli quanto più piccolo è il rapporto tra la distanza di due forze concentrate e la luce. Per piccole luci, perciò, la suddetta assimilazione può comportare scarti notevoli dal vero.

In presenza di carichi accidentali uniformemente ripartiti di valore  $a$  il diagramma  $M_{a \max}$  coincide con il diagramma dei momenti dovuti al ca-

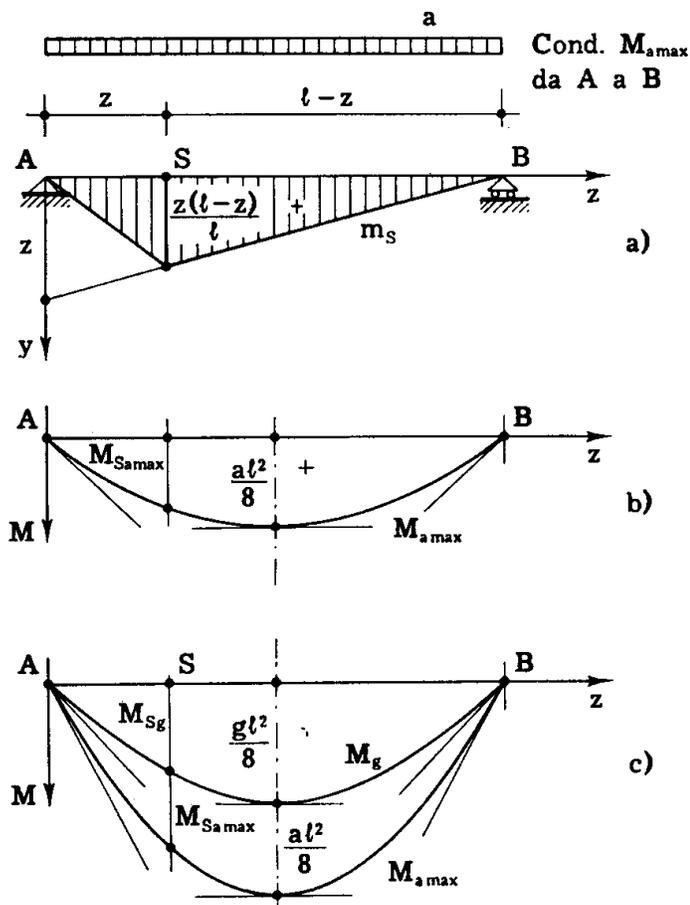


FIG. 10-4

rico accidentale esteso su tutta la luce (fig. 10-4). Dalla linea d'influenza

(\*) Se il carico accidentale è assimilato ad uniforme, i domini  $D_g$  sono parallelogrammi.

del taglio si deduce che il taglio massimo in una generica sezione S è

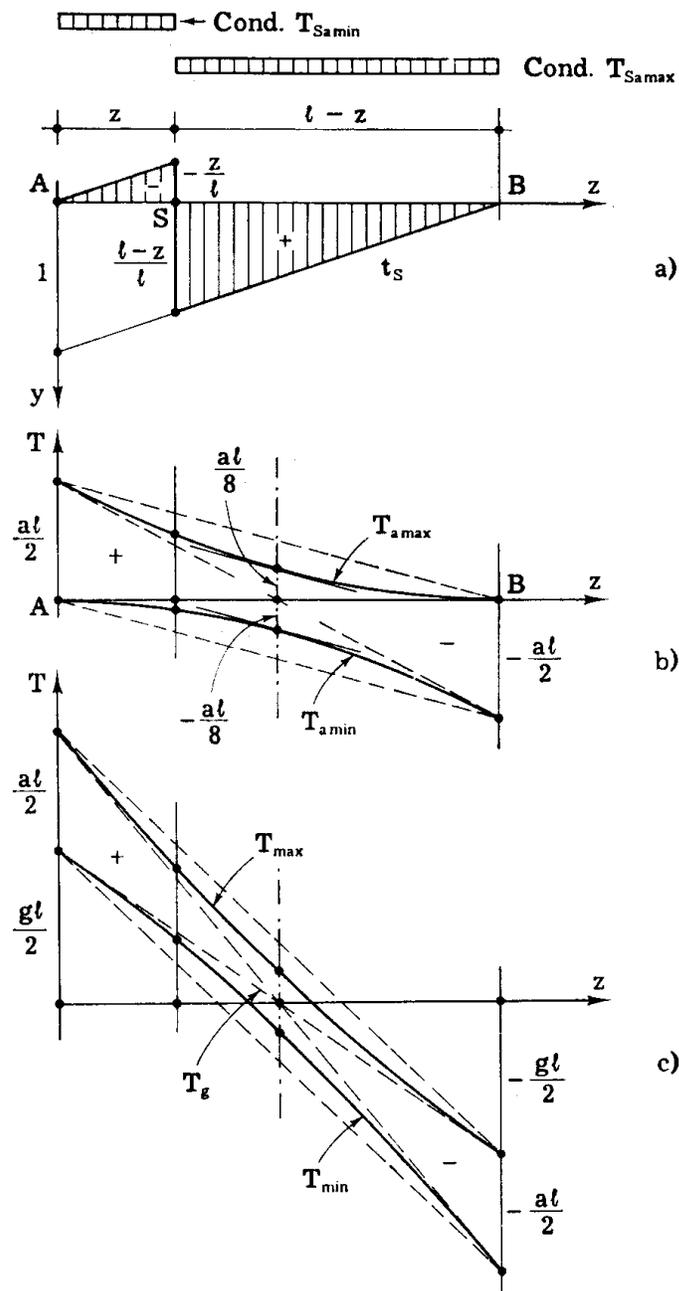


FIG. 10-5

provocato dal carico accidentale esteso dalla sezione S all'appoggio B di destra, ed è fornito da

$$T_{S a \max} = \frac{(l-z)^2}{2l} a ; \quad (c)$$