

包布利柯夫 Б. В.

118695

技術科學付博士，付教授

鋼筋混凝土橋的現代化構造 和施工方法

姚 玲 森 譯

錢 冬 生 等 校

教師參考室

陳列圖書不得携出室外

中華人民共和國

唐山鐵道學院

1957

5.2742

5/2742

包布利柯夫 Б. В.

技術科學付博士，付教授

鋼筋混凝土橋的現代化構造和施工方法

姚玲森 譯

錢冬生等校

中華人民共和國

唐山鐵道學院

1957

唐山铁道学院印刷厂印

前 言

1956年11月至1957年4月，以斯大林命名的莫斯科铁道运输工程学院的副教授及技术科学副博士B. D. 包布利可夫同志在我院开出了钢筋混凝土桥梁讲座，其目的之一则在帮助我院桥梁教研组和其他有关教研组的教师改进其教学及科学研究，再则在帮助我铁道部科学研究、设计和施工部门的工作者和工程师提高其从事科学研究和生产工作的水平。

对于钢筋混凝土桥梁的现代化构造、计算和施工方法，包布利可夫同志在其讲授中均有足够详细的叙述。对于装配式钢筋混凝土则尤其注重。且所述的还限于现代化构造和施工方法，对于苏联以及外国在最近时期内所完成的或仍在进行中的各种科学研究、试验性设计和生产上的成就也多所称引。

鉴于钢筋混凝土桥，特别是装配式构造的钢筋混凝土桥的设计和推广问题在促进我国铁路新建计划顺利完成方面的巨大意义，现在应铁道部设计和施工单位，还有高等院校有关人员的邀请，将包布利可夫同志所讲的材料稍加扩充，并译成本书“钢筋混凝土桥的现代化构造和施工方法”出版。

唐山铁道学院桥梁教研组主任 錢 冬 生 教授

1957年4月20日于唐山

目 錄

緒 論

鋼筋混凝土在桥梁建築中的作用和意义	1
-----------------------------	---

小跨和中跨的裝配式梁桥

第一章 樁式棧橋	5
第二章 分片的和整孔运送的鐵路橋跨結構	16
§ 1 双片的肋式橋跨結構	16
§ 2 整孔运送的橋跨結構	22
§ 3 橋跨結構抗裂性的保證	25
第三章 預应力鋼筋混凝土鐵路橋跨結構	28
§ 1 在桥梁建築采用預应力鋼筋混凝土的优越性 和重要性。結構的分类	28
§ 2 材料及其特性	29
§ 3 后張拉的橋跨結構	31
§ 4 先（澆筑混凝土之前）張拉的橋跨結構	35
§ 5 在計算預应力橋跨結構时对于混凝土收縮和徐变的計算	46
§ 6 橋跨結構成品的制造和安裝的一些問題	54
第四章 裝配式公路橋跨結構	58
§ 1 分片式橋跨結構	58
§ 2 預应力橋跨結構	62
§ 3 橋跨結構構件計算的特征	65
§ 4 裝配式橋跨結構的制造和架設的一些問題	67
第五章 裝配式墩台	74
§ 1 混凝土塊砌墩台	74
§ 2 鋼筋混凝土塊件墩台	77

第六章	裝配式小型連墩橋	80
§ 1	運輸建築科學研究院(ДБНС)体系的殼形小橋(一作“涵橋”)	80
§ 2	框形墩體小橋	82
§ 3	片形小橋	82
第七章	裝配式跨綫橋	85
§ 1	鐵路跨綫橋	85
§ 2	公路跨綫橋	87

大、中跨度的鋼筋混凝土橋

第八章	梁式橋跨結構	91
§ 1	整體的梁式橋跨結構	91
§ 2	用懸臂法灌注的梁式橋跨結構	97
§ 3	裝配式的梁式和剛架式橋跨結構	105
§ 4	鋼絲束的接头	116
第九章	桁架式橋跨結構	121
第十章	拱式橋跨結構	126
§ 1	整體式拱橋跨結構	126
§ 2	用整體式拱肋和裝配式拱上結構的橋跨結構	136
§ 3	裝配式拱橋跨結構	143
第十一章	МИИТ 構造的預应力橋跨結構	
	工厂制造工藝	168

緒 論

鋼筋混凝土在橋梁建築中的作用和意義

解放了的中國人民在最近這一歷史時期面臨着巨大的任務：在中國共產黨的領導下建設新的社會主義社會，完成深刻而徹底的改造，使自己的祖國成為強大的工業國家。中國人民已清楚地看到並感覺到了在第一個五年計劃的過去幾年中所進行的這種改造的成效。不久前剛開幕的中國共產黨第八次全國代表大會給過去幾年來人民創造性的勞動作了總結並提出了更宏偉的關於第二個五年計劃的建議。

計劃規定了：迅速發展工業和農業；為了逐步按比例地在全國各地區發展經濟，要在我國內地建立起新的工業基地；所有這一切都需要發展全國各地之間的運輸聯系，加強各種交通方式的客、貨運量，其中也包括運量將近總貨物量的80%的鐵路。在今後12年內要將鐵路貨運量增加3倍，客運量增加1倍。因此，在建議里，對於鐵路新綫的建築以及推行新技術並改善工作以提高現有鐵路的運輸能力的問題給了相當的注意。

預定在5年內修建8000~9000公里的新綫鐵路干綫並修建和改建15000~18000公里的最重要的公路干綫。

這裡所以提到公路是因為它們的建設與發展是和鐵路運輸緊密相關的。若鐵路的通過能力需要提高，若鐵路的運輸工作很忙，就需要在巨大的鐵路樞紐和城市里設置立體交叉和複雜的交通聯系，這就要修建跨綫橋，而它在某種程度上就直接與鐵路橋梁工程師發生關係。

為使建築“又多、又快、又好、又省”，必須特別注意到提高勞動生產率，實行機械化並在考慮建築地區當地條件的情況下提高機械化的水平。

如所周知，橋涵建築占鐵路建築總費用的10%~25%，而大橋建築的期限往往又控制着整個綫路交付營運的日期。

所以，人工結構物，特別是小橋和涵管的工業化建築，就有其特殊意義。

工業化的含意包括下面各點：

- a) 將結構物設計為由塊件（即若干標準的部件）組成的成品；
- b) 採用現代各種機械和施工工藝，在工廠中組織上述塊件的大量生產；
- c) 在建築工地上用機械拼裝由杆件和塊件所組成的結構物。

在橋梁建築中實行工業化就可以解決下列主要的問題：

- a) 由於使整個建築工程歸結為將預制塊件進行安裝的工作，由於可能利用冬季進行施工，建築期限縮短了；
- b) 由於在工廠條件下製造出結構物的杆件和塊件的質量是高的，結構物的質量提高了；

6) 由于免除了在修建小橋涵時所需要的建築工地的裝備（料庫、堆棧、混凝土攪拌裝置、腳手架和模板結構等），建築成本降低了。而建築期限的縮短對於降低成本也有很大影響（15~20%），因為建築期限的縮短會大大減低行政管理開支。

特別有效的是全部採用裝配式結構（基礎、墩台和橋跨結構）的建築，這樣就能充分地顯示其優越性。但應指出，每當解決結構型式和其建築方法的問題時，都應仔細地斟酌現有的當地條件。正如中華人民共和國西部地區新綫上建築人工結構物的實踐所指出的，由於許多地方有着優等質量的石料，同時又感到水泥的缺乏，採用石砌墩台和在某些地區修建石拱橋，就變為經濟合理的了。在山嶺地區，當不可能沿兩側地面運送杆件時，建造石砌的或整體式的混凝土和鋼筋混凝土的涵管及橋梁，也可證明是有利的。在每種具體情況下，問題的解決都要求我們仔細地從經濟上考慮當地的條件，在考慮之前應調查當地材料，運輸道和通道的有無並要研究綫路建築的總日程進度表。所有這些資料都是編制綫路建造施工組織設計的基礎，這種施工組織設計也是最重要的組織和開工的文件。

談到涵管，小橋（跨度小於15.0~18.0公尺）和中橋（跨度為23.0公尺或較大）的裝配式構造時，我們可看到混凝土和鋼筋混凝土的墩台和橋跨結構的塊件。在蘇聯，為了節約機器製造業、發展重工業、運輸業所必需的鋼材起見，目前跨度在23.0公尺以內的橋跨結構物只能用鋼筋混凝土來製造。為要擴大鋼筋混凝土的應用範圍並節省修建中型和大型橋梁時的鋼材消耗，許多科學、設計和建築機構在改進構造、改善製造與安裝工藝方面正在進行着緊張的工作。

對正在開始迅速發展國家重工業和機器製造業的中國來說，節約鋼材的問題具有更重大的意義。所以在科學研究工作計劃中就將有關研究鋼筋混凝土的工作條件、計算理論和創造中、小型與大型橋梁的裝配式鋼筋混凝土新型結構的問題列入首要地位。因此，在現在的講座里僅將涉及到裝配式鋼筋混凝土橋梁。

結構物、塊件和杆件的定型化在裝配式結構物的建造中有着巨大的意義。這個問題對於工廠和工場製造杆件的工作說來尤其重要。可以直接斷言，如果工廠所製造的塊件和杆件的型式與尺寸種類不多，也就是說，工廠採用了少數類型和尺寸的模板、鋼筋、台架與机床，這樣就不僅能夠按“定貨”生產，而且還能夠為“儲備”而生產；在這樣的廠內，生產條件就有利，產品的成本也就不會高。

可以援引鐵道部丰台橋梁工廠作為例子。工廠製造着少數不同尺寸的橋跨結構（普通的和預施應力的），以离心法制成的鋼筋混凝土管樁與電綫杆。結果，工廠在很高的產品質量下勝利地完成了年產量超過12,000立方公尺鋼筋混凝土的計劃。

墩台與橋跨結構物的構造設計不能脫離工廠製造的工藝和現場安裝的方法孤立地進行。可以列舉許多由於沒有考慮到它們因而導致勞動生產率急劇下降，勞動耗費加大和產品價值提高的例子。

例如，為了節約鋼筋混凝土並減輕每片橋跨結構的自重，目前在橋跨結構的中間部分均採用了工字形截面。為了便于拆除模板，應該將所有梁肋的下翼緣作成單面突出的（見圖1）。

这种梁肋的形式使得从箱形内模板上“取出”被灌注好的桥跨結構容易（这种内模板也可用混凝土的模子制成）。

桥跨結構的配筋可以作为第二个例子。在編制設計时应该这样地安排鋼筋：讓它們可由若干平面骨架組成；並要使得这些平面骨架的制造以及随后被連接为立体鋼筋骨架不致引起困难。

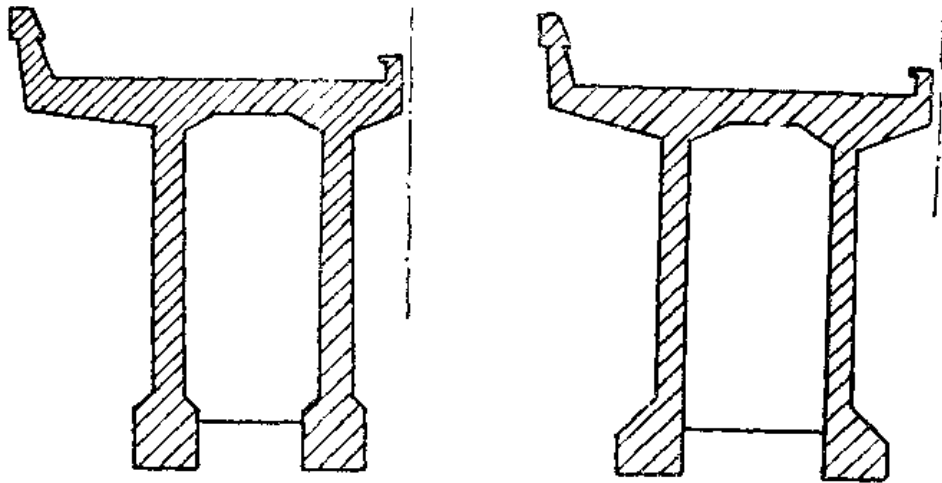


圖 1

同时还應該使各杆件的重量和用來安裝杆件的現有吊車的起重能力相配合。在中國，目前广泛地采用了起重能力为 65 吨的架桥机。这种起重能力相当于 $l=24.00$ 公尺的預应力桥跨結構的一个塊件的重量。目前正在進行着將其起重能力加强至 80 吨和創建一种起重能力为 130 吨的架桥机的設計工作。这样就可以增加桥跨結構的長度，加大墩台塊件的尺寸並減少其塊數。

在目前，不論对墩台或桥跨結構而言，在小孔徑的桥梁方面，裝配性的原則已成功地被体现了。樁式棧桥和铁路運輸建筑科学研究所（ДННС）的大型塊件的“涵桥”，都是这方面的典范，它們的墩台和桥跨結構都是裝配式的。

在其他構造形式的桥梁中，墩台構造問題还未很好解决。虽有許多建議，但並非均皆做过，即使做过，哪也做得不多。

为了減輕塊件重量，高强度混凝土（标号达 600 公斤/平方公分），变截面低合金鋼鋼筋以及 $\phi 5$ 公厘的高强度鋼絲（極限强度达 18,000~20,000 公斤/平方公分）均得到了广泛采用。用这些新材料就能够制出更輕、腹壁更薄的桥跨結構物，換句話說，在同样重量之下可以使跨度加長。

預应力鋼筋混凝土結構是目前最先進的結構，在具有所必需的抗裂安全系數之下，它能充分地利用各种新材料的强度特性，这样就使桥梁結構更能抵御大气因素的有害作用。在苏联，科学研究机构和生產部門創造性的合作之下对这类結構進行着系統的研究，拟制了这类結構的新的制造工艺並擴大其应用范围。

創建大中桥的裝配式結構並且將其运用于实践是当前全体桥梁工作者最重要的任务。無論在國外或是在苏联，在桥梁建筑的實踐中都可以举出許多現有桥梁結構在大胆

和創造性設計方面的出色的例子。最近开始修建的敖加河大跨度鐵路橋，其中裝配式拱式橋跨結構的跨度就長達 150 公尺。

用懸臂法（橋跨中不要任何腳手架）灌筑預應力鋼筋混凝土橋跨結構正在被成功地应用于若干大跨度橋之修建中。國外已有許多用這種方法建造成的橋梁。在莫斯科市內跨越莫斯科河的“汽車工廠”城市橋梁也將用這種方法來建。對於在克拉斯諾雅爾斯克城跨越叶尼塞河的城市橋梁也曾提出過極其有趣且合理的預應力鋼筋混凝土梁橋的方案，它的跨度是 100 公尺和 140 公尺並將採用橫向分成節段的裝配式橋跨結構。

墩台的裝配式結構的研究与应用不僅對於小橋而且對於中橋和大橋也有重大意義。曾經提出過的有許多不同類型的裝配式墩台，特別是對於小跨度者。對於中型和大型的跨度，現有的一些建議還很少在建築實踐中用過。

正在修建中的武漢長江大橋可以用來作為高樁承台之樁地基上的橋墩構造的例子。這裡並不涉及其詳細細節，只是應該指出，在這座橋梁的建造中解決了許多很重要、很複雜的大橋橋墩基礎建造的問題。這種解決辦法（指大直徑鋼筋混凝土管柱而言）可能和其他橋梁中廣泛採用。

應該在研究既有的結構物及關於它們在建造和使用荷載下工作的材料的基礎上，進行必要的修改，改善它們的結構和建造方法，提出新型結構和新的制造工藝，修正計算方法，減低不適當的、過高的安全系數。所有這些將會促進裝配式的鋼筋混凝土結構在大中橋梁中的運用。

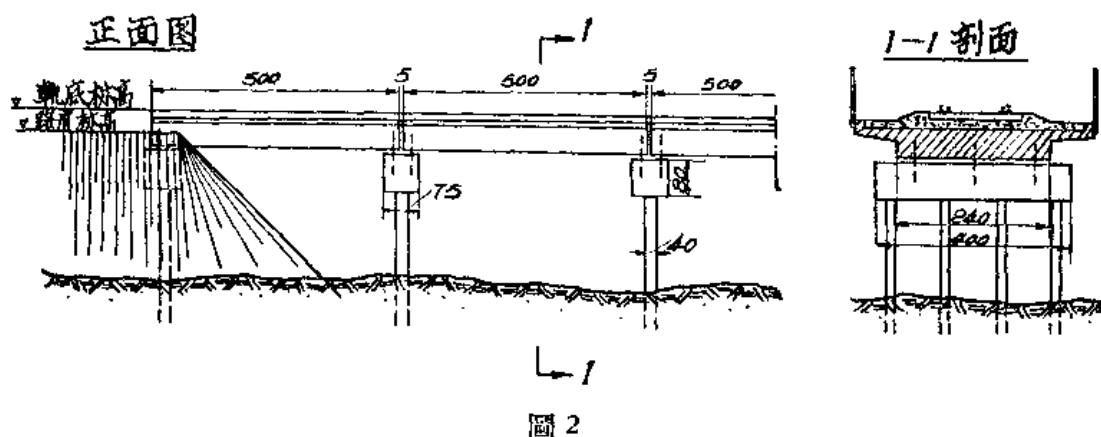
小跨和中跨的裝配式梁桥

第一章 樁式棧桥

樁式棧桥是高度符合建筑工業化原則的結構。在这种桥梁，用打入土壤至要求貫入度的鋼筋混凝土樁作为墩台，樁頂用鋼筋混凝土樁帽——承台联結，整孔或分片运送的鋼筋混凝土桥跨結構就安裝在承台的上面。用这个結構可以完全屏棄哪在建筑时需要挖基坑以及進行墩台塊件的运送、砌筑和灌筑混凝土的重型墩台。

現今在苏联鉄路上采用的樁式棧桥，其樁帽有兩種式样：整体式樁帽——承台（列寧格勒桥梁設計所設計的）和裝配式承台（桥工总局中央設計局所設計的）。

用整体式承台的桥墩是由被打成一排的四根 40×40 公分的鋼筋混凝土樁組成（圖2）。樁打入要求的深度后，鑿掉它的多余長度，並用在現場灌筑的、截面为 75×80 公分的鋼筋混凝土樁帽——承台來联結樁头。在灌筑混凝土时，应在承台內緊密地埋置精確布置的銷釘。版式桥跨結構就支在承台上，並用插在埋于版內的 $d=68$ 公厘瓦斯管中的銷釘使桥跨結構連牢在承台上。安裝完畢后就用水泥砂漿將管子填滿。



这样使桥跨固定在墩台上的方法能保證縱向力傳遞于所有的墩台上，並使得整个桥梁建立比較大的剛性。当桥梁的高度在 6.0 公尺以內，跨長在 5.0 公尺以內时，桥梁構造是可用的。然而，当填土高度大于 4.0 公尺时，关于單排樁墩縱橫向穩定是否足够的問題的研究还是不够的。

上述結構的缺点有二：整体式墩帽的混凝土圬工体积很大，为了固定桥跨結構必須非常精確地布置銷釘。

用裝配式承台的桥墩是由 4~8 根 35×35 公分被打成一或二排且頂部用裝配式鋼筋



照片 1 鐵路樁式棧橋

混凝土承台聯結起來的樁所組成。橋台則是由 8 根這樣的樁和裝配式承台組成(圖 3)。橋墩的裝配式承台由兩個部件組成。下部件是 40 公分厚的鋼筋混凝土版, 為了使樁穿過, 該版具有若干 40×40 公分的穿孔(圖 4)。在打樁時, 此版可作為保證樁位精確的導向版。在灌筑砂漿後, 它們並能保證使樁固定在承台內。借在版與樁間打入四個金屬

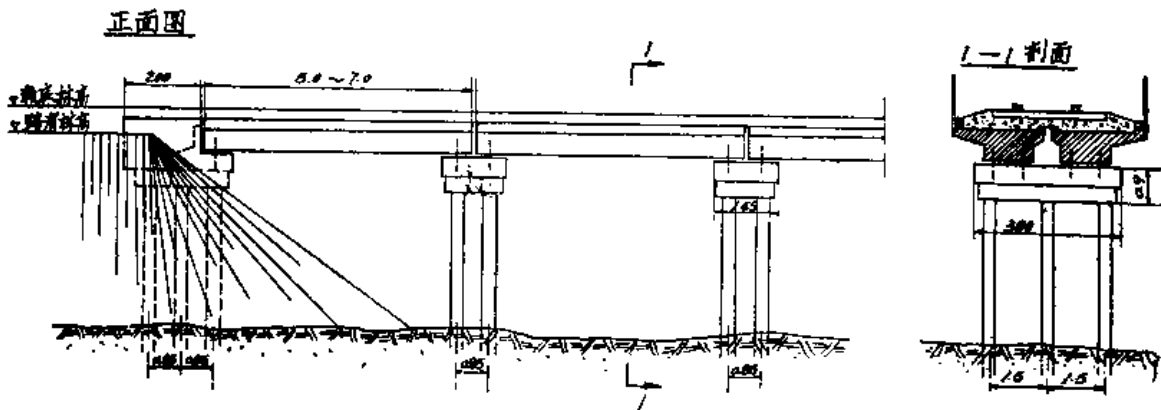


圖 3

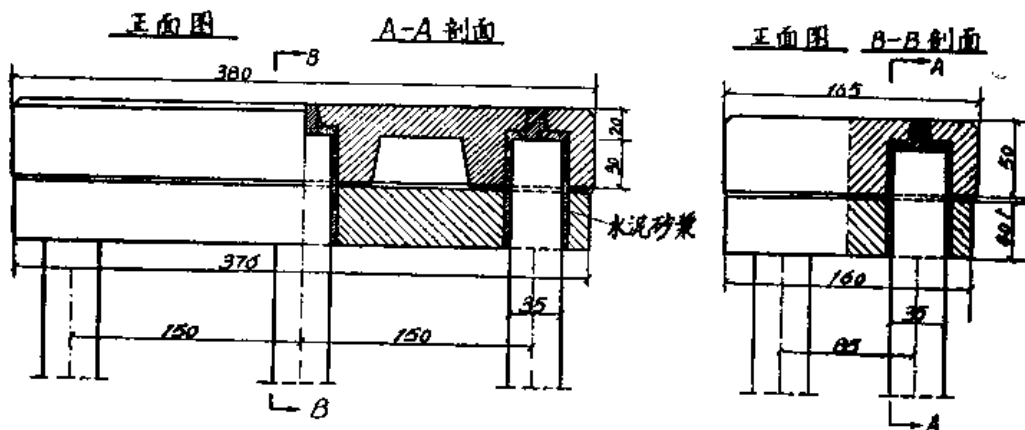


圖 4

楔子（圖 5）並用高標號快硬水泥砂漿灌縫的方法使樁固定。

上部件是鋼筋混凝土版，厚 50 公分，直接放在下面的版上。在該版的底部有若干 40×40 公分並深 30 公分的槽口，所有的樁頭均插入到槽口中（圖 4）。為了減輕版重，版上還挖有凹槽。在上部版內還設有專門的孔眼，以便灌注水泥砂漿而（照片 2）將槽

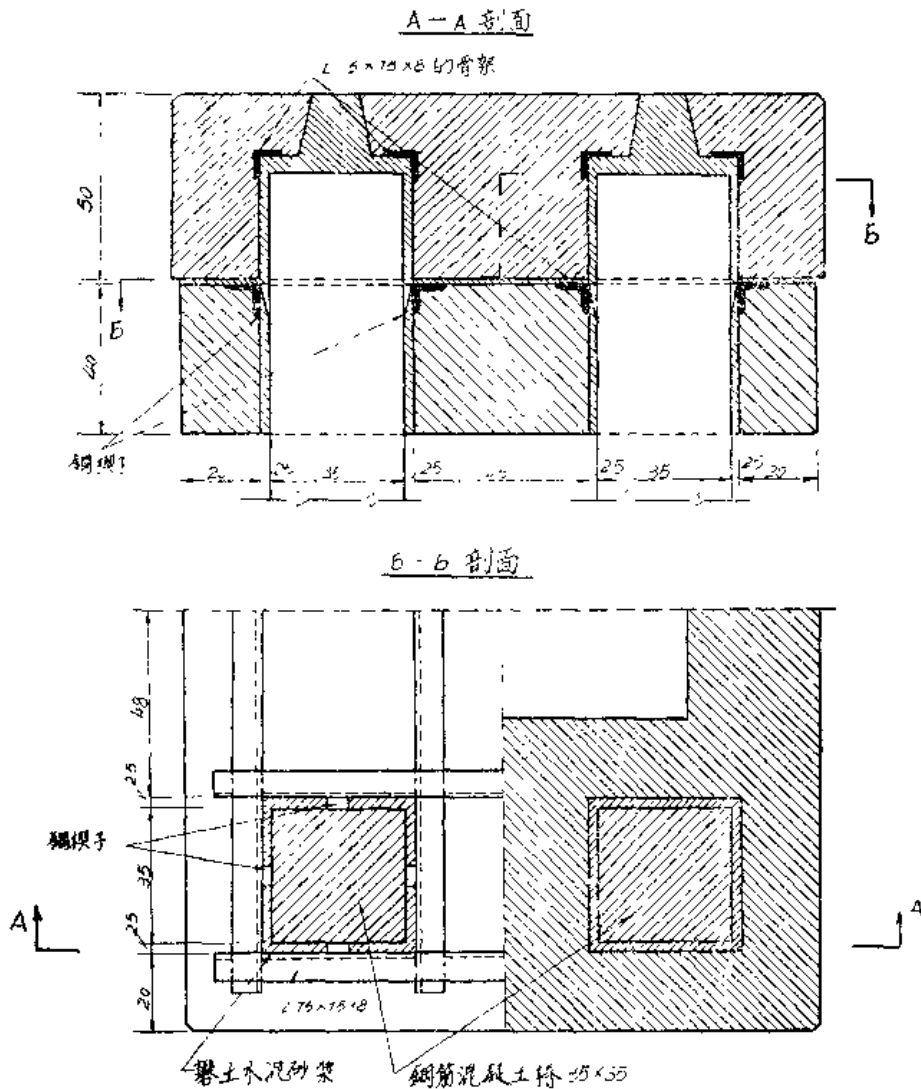


圖 5

口和樁之間的空隙填筑成整體。連成整體以後，上版就加強了樁在承台內的固着作用，這也就可以增加橋梁的剛度，並將壓力分配到各樁。照片 2 表示一個制就的橋墩。

為了加固下部版的孔壁和上部版的槽壁，在混凝土內埋置用鋼筋 $75 \times 75 \times 8$ 組成的小框架和特種鋼筋（圖 5）。

橋台亦具有兩個部件，具有穿孔的下部版和帶有側牆和槽口的上部版（圖 6）。使其聯成整體的作用和方法與前面所述的（對於橋墩的）相類似。

上述的橋梁結構適用於填土高度 5.0 公尺以內和跨度在 7.0 公尺以內的場合下。

但若稍加變更，也可用到填土更高和跨度更大的場合。如對於跨度達 16.5 公尺，填土高為 8~10 公尺以及在有流水或流冰的情況下，就可在橋墩的下部（從地表面至高水位以上 0.5 公尺）用帶有孔洞以便穿樁的 0.4 公尺厚的若干塊版所組成的實體結構。橋墩的上部仍是由若干根鋼筋混凝土柱構成，它們也就是垂直打入的樁的延伸部分。為了承受水平力並使橋墩獲得更大的剛度起見，在墩台基礎上除了垂直樁外還打有斜度為 1:4

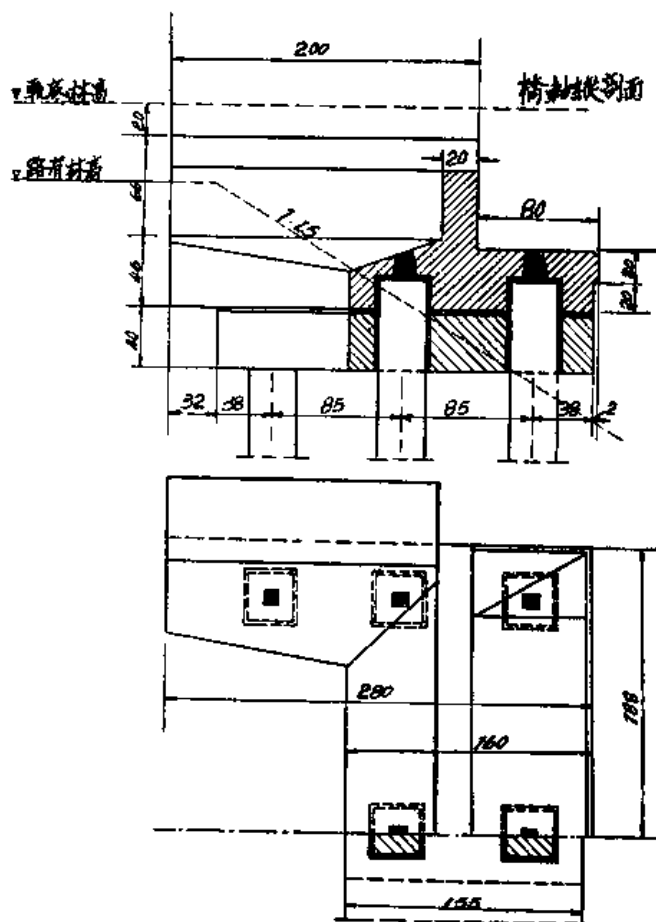


圖 6



照片 2 橋墩

的斜樁，在下承台的版內則有斜孔以保證其傾斜度（圖 7）。圖 8 為在不同高水位情況下水中橋墩結構的例子。圖 9 表示在填土高度為 10.0 公尺時的橋台構造。目前，在蘇聯的鐵路上已建築有一系列構造與此相類似的橋梁。

樁與裝配式承台間接頭的可靠性是上述橋梁結構最重要的問題。為了研究這個問題莫斯科鐵道運輸工程學院橋梁教研組曾試驗了橋墩的樁與裝配式承台上下部版的連結試件。曾經將 60 個按較小尺寸制成的上述結構的模型（圖 10）的試件加以試驗，試驗是用快硬的和普通的礫土水泥砂漿在各種不同令期下進行。杆件是用“300”號混凝土制成。在試驗室內僅用 500 噸的壓力機試驗了靜力荷載。用示壓計和引伸計測量了柱與版的相對變位和其各別的變形。

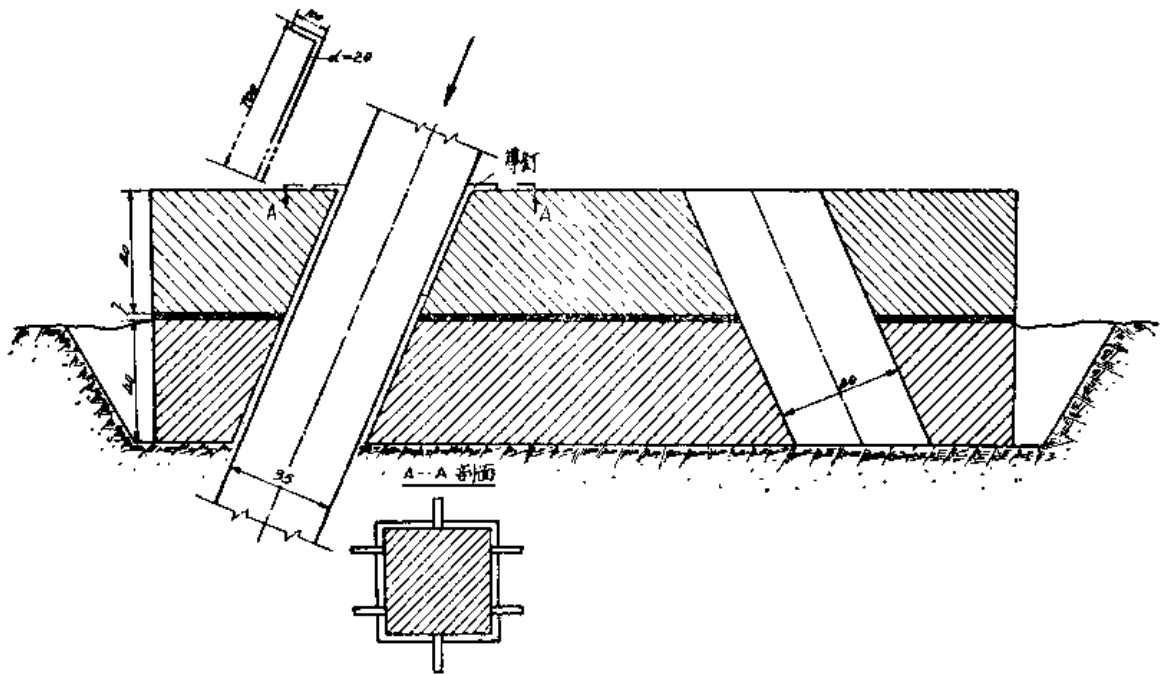


圖 7

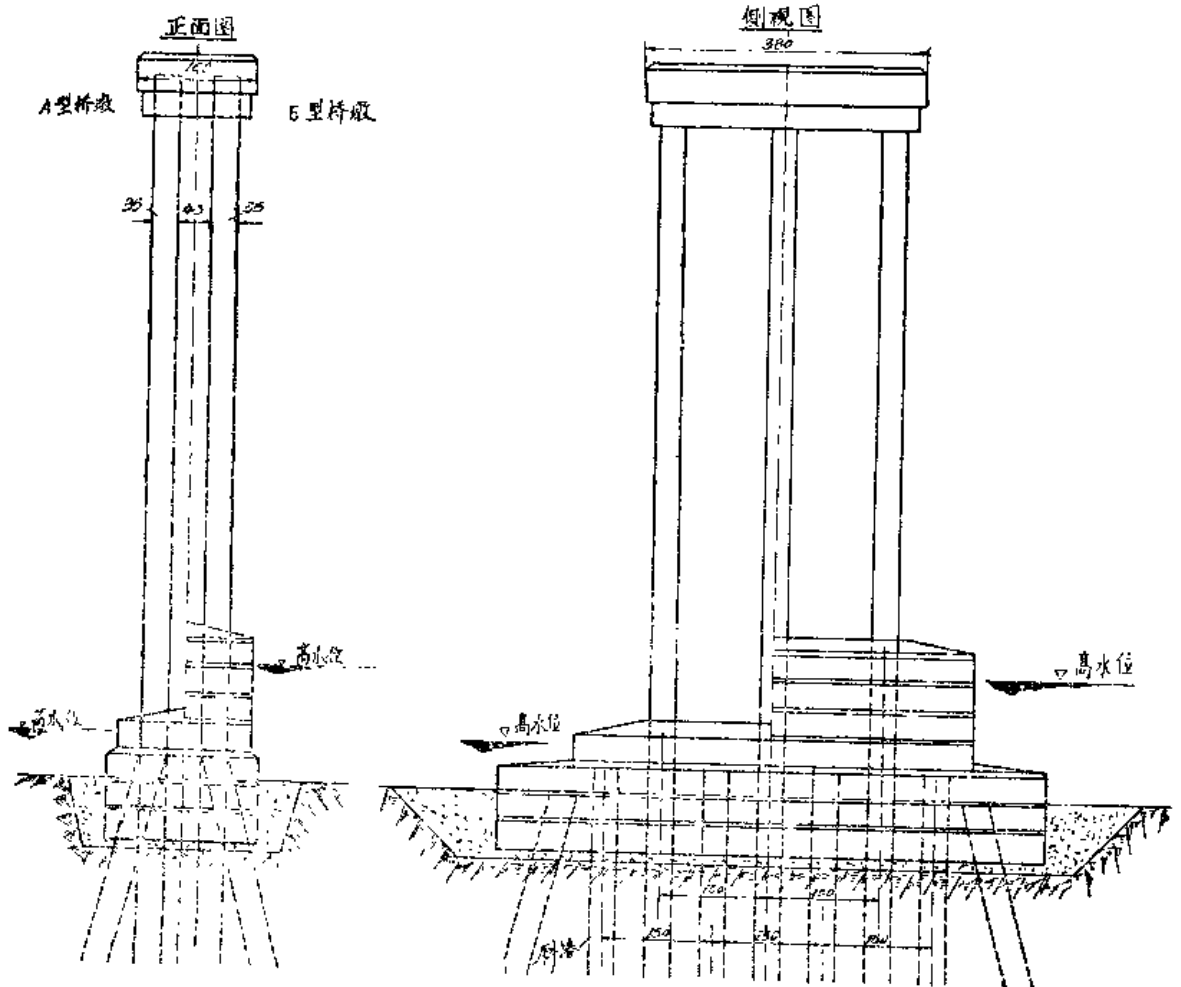


圖 8

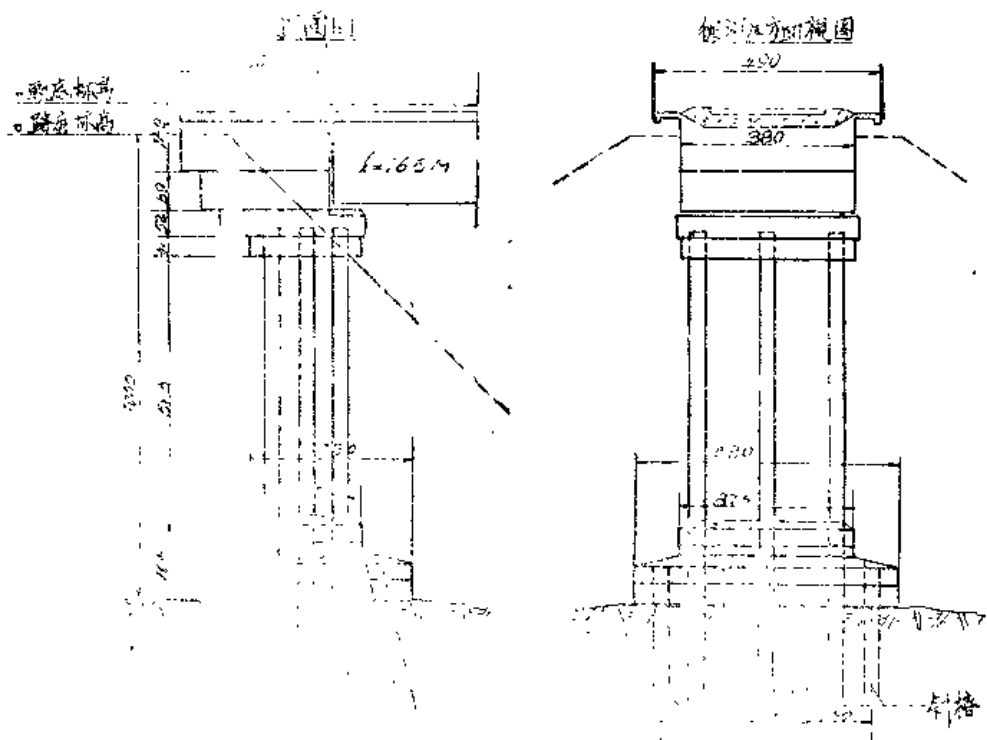


圖 9

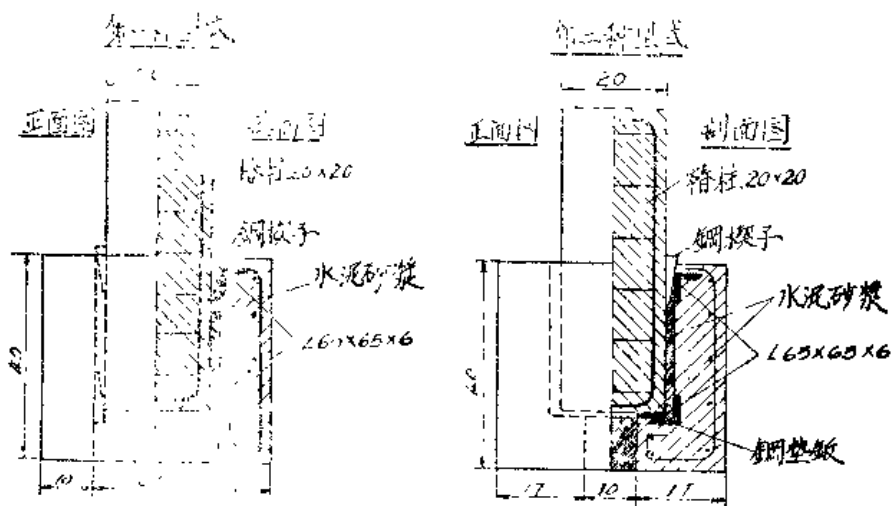


圖 10

試驗指出：

- a) 在靜荷載作用下，接头完全能保證連結的強度；
- б) 第一種型式接头（“直通的”）的承載強度是由水泥砂漿與短柱粘結的強度決定的。接头能保證豎直杆件之間的剛性聯系；
- в) 第二種型式接头（“U形”）的承載強度是由豎直杆件（短柱，樁）的強度決定的；
- г) 為了將其連結成整體必須採用含水泥量較多的砂漿（1.5 : 1.0），水灰比對

于第 I 种型式的接头用 $\frac{W}{C} = 0.35$ ，对于第 II 种型式的接头用 $\frac{W}{C} = 0.45$ 。

除了已指出接头質量較高的試驗研究以外，曾經在墩台第一次加載时期以及在使用过程中对它進行了观察。

观察指出：建成的桥在第一次加載时，其樁並無任何沉落。只是在运用开始一个半月后，曾發現了 3~5 公厘的沉落，此沉落沒有進一步加大。同时也曾發現桥台有向河岸方面輕度的傾斜，傾斜的數值則是在所進行的測量的精度限界之內。

在动力試驗时，自动記錄儀顯示墩台有 0.2~0.3 公厘的彈性沉落，並有平均振幅是 0.3 公厘的水平振動。所試驗的桥的高度則是 3.5 公尺。

在計算上述結構的桥梁时（主要是墩台的計算），尚有一系列的假定，其最重要的可述之于下：

a) 路基填土的水平压力按主动土压力的公式（庫倫公式）計算，樁的受力寬度按直徑的二倍計，擋碴部分則按其全寬計；

此項压力系由桥台和第一桥墩內所有的各根樁平均分担；

b) 計算樁时，假定樁在地面之下 1.5 公尺处固定，而在承台內則是鉚接；

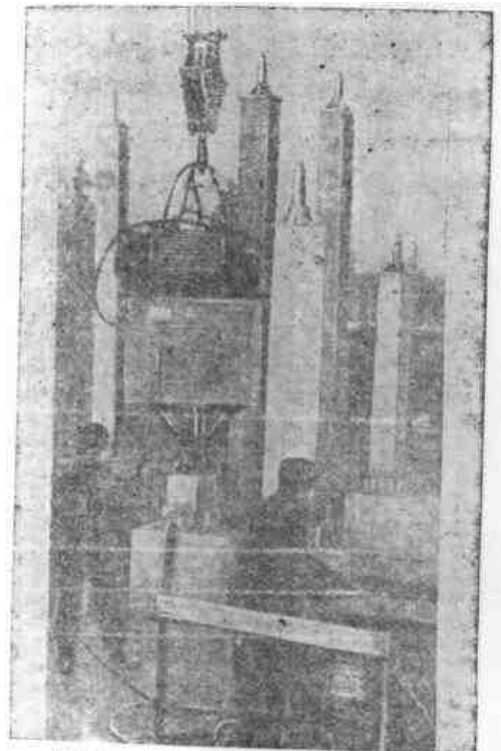
c) 制动力系由所有的墩台平均分担。

在使用震动打樁机沉樁的过程中，現有不少經驗公式可用來尋求樁所达到的承載能力，在这些公式中含有震动打樁机，樁、土壤的因素，並且还包括有一系列系數。測量出樁的最后沉落速度和电动机的能量消耗以后，就可算出所沉的樁的極限荷載數值。若在沉樁將近終了时將樁的沉落速度和振幅（以公分計）測出，則該荷載也可得到。

为了确定一系列系數，不管在怎样优越的条件下，都必須進行試驗性的沉樁，並对各該樁進行靜力的加載試驗。

應該說明，虽然在沙質土中震动沉樁不会引起任何困难，但在粘性的和卵石質的土質中沉樁是困难的，它並且需要震动打樁机的电动机达持久的工作，而現今所用的电动机尚不能滿足这种要求（用繞阻式轉子的吊車马达），马达將會很快發熱。因此，在这种场合下，必須十分謹慎，不时使其間息的工作。

为了克服表層土壤內的障碍（卵石或粘土層等），建議在土壤中構成孔穴。为此，可使用長約 3~4 公尺的“先鋒”樁，它們可用金屬或鋼筋混凝土制造，它具有加强的端头，端尖並有平滑的傾斜面。这样的樁容易击入土中，同时易用吊車將它拔出。在構成的孔穴中，將基樁插入，並再用一般方法沉樁。



照片 3 用震动打樁机打樁