

专题情报资料

国外预应力钢筋混凝土桥 资料选编

第二辑

弯、坡、拱及新桥型

79—10

交通部科学技术情报研究所

1979年12月

专题情报资料

国外预应力钢筋混凝土桥 资料选编

第二辑

弯、坡、拱及新桥型

79 — 10

交通部科学技术情报研究所

1979年12月

目 录

1. 长谷大桥的施工	(1)
2. 岩大桥预应力混凝土上部构造的设计	(15)
3. 钢筋混凝土箱形弯梁桥的结构性能	(26)
4. 钢筋混凝土箱形弯梁桥的极限强度	(37)
5. 速日峰桥的设计和施工	(49)
6. 预应力钢筋混凝土桥	(60)
7. 澳大利亚的预应力钢筋混凝土桥梁	(65)
8. 钢筋混凝土横梁斜撑高架桥	(71)
9. 捷克斯洛伐克公路干线上的高架桥	(72)
10. 赤谷川桥的设计	(74)
11. 赤谷川桥的施工	(87)

长谷大桥的施工

日本 富田俊彦

重信孝臣 著

一、前言

长谷大桥是一座三跨连续预应力混凝土箱型梁曲线桥。它是岩国美和线(一般县级道路)改建工程的一个组成部分,修建在山口县玖珂郡美和町长谷地区。

在确定上部结构型式的时候,由于考虑到本桥是曲线桥;有两个地方要跨越原有道路;以及架桥地点的实际情况,于是提出了各种方案。根据经济性、施工、美观和建成后的维修管理等各方面条件进行了研究比较。最后,采用了三跨连续预应力混凝土箱型梁及先张法预应力混凝土简支板梁(图1)。关于架设的方法,由于桥墩的高度很高,达40米,于是就采用迪维达格施工法进行悬臂式架设。

本资料主要介绍了有关用迪氏法进行曲线桥施工的情况。

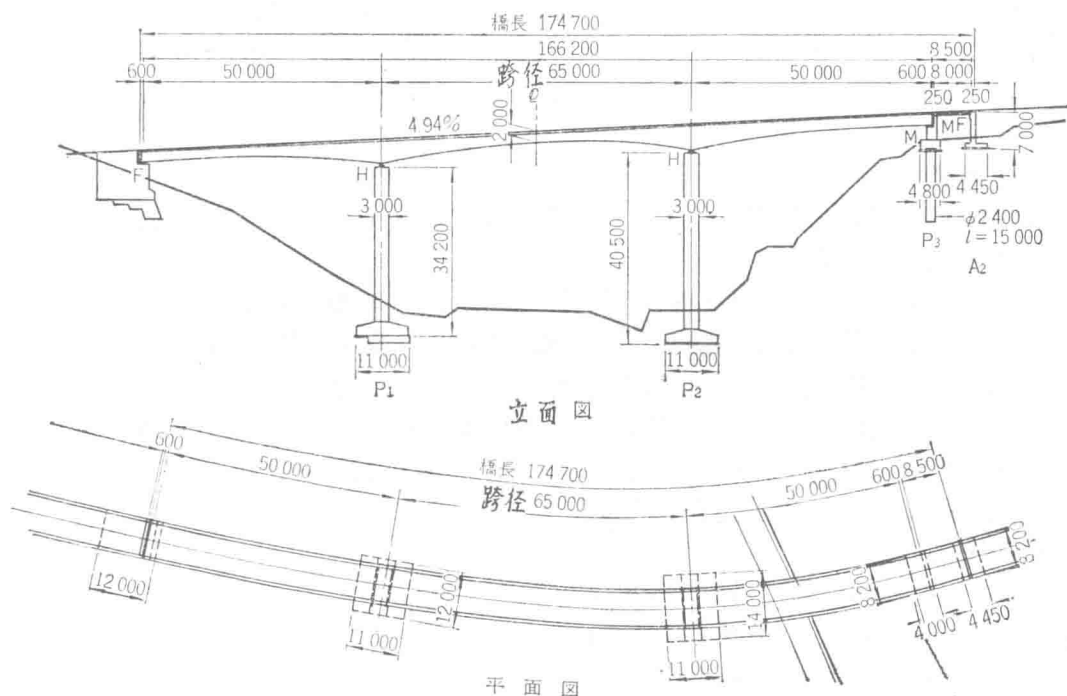


图1 长谷大桥桥型图

二、工程概要

- (1) 工程名称
- (2) 线路名称
- (3) 建桥位置

长谷大桥桥梁改建工程
一般县级道路岩国美和线
山口县玖珂郡美和町长谷

臂施工(图2)。

2. 预应力钢材的选定

在曲线桥中,如果主梁节段沿着法线方向划分,那么预应力钢筋的每一根钢索的切断长度就不同,因而使计算和复核其数量变得繁杂。

因此,在曲线桥中,如果采用只能在工厂进行切断或螺纹加工的预应力钢筋,那么钢筋过长或过短都会影响施工和工期。所以,很多地方都是利用预应力钢丝作为曲线桥的预应力钢材。但是,采用预应力钢丝,在施加预应力时,混凝土的抗压强度必须达到270公斤/厘米²,要大于采用预应力钢筋所要求达到的230公斤/厘米²。当然这个强度间的差值还关系到养生设备,但是在工程进度上,每一节段有0.5~1天的差距。另外,因为预应力钢丝大多是在混凝土硬化后插入的,所以也担心发生未预计到的问题。

如上所说,不同的预应力钢材各有不同的优缺点,所以在选定钢索时,包括考虑现场的条件必须慎重。本桥采用 $\phi 26\text{mm}$ (SBPC 95/120)预应力钢筋作为悬臂钢索和斜钢索,采用 $\phi 8\text{mm}$ 预应力钢丝作为边孔和中孔的连续钢索。另外,用 $\phi 7\text{mm}$ 预应力钢丝作为桥道板内的横向张拉钢筋。

四、施 工

1. 现场情况

本桥在上部工程动工时的现场情况如下。

(1) 道路改建工程,在左岸(起点)桥台一侧尚未完成,右岸(终点)桥台一侧建成了宽度为7.0米的道路。另外,3号桥墩布置在现有道路的旁边;

(2) 由现有公路到1号墩和2号墩,修建宽度为4.0米的施工用道路;

(3) 因为从2号国道到现场的进场公路,有一部分宽度狭窄的地方,混凝土浇灌挂车能够通行,而起吊能力在35吨以上的汽车起重机不能运进来。

根据上述的条件所采用的临时设备示于图3。

2. 施工顺序

本桥按下述顺序进行了施工(图4)。

(1) 安装2号桥墩旁边的升降机(电梯)和塔式起重机。

(2) 2号墩墩顶上的主梁节段在脚手架上进行施工。悬臂钢索张拉后拆除脚手架,组拼挂篮。与此平行地进行桥墩旁边的电梯和塔式起重机的架设。

(3) 利用架设车交替地进行2号墩两侧悬臂节段的施工。与此平行地在脚手架上进行1号墩顶上节段的施工。

(4) 1号墩两侧悬臂节段,利用架设车交错地进行施工。拆除2号桥墩旁边的电梯和塔式起重机。在此之后,对2号墩与3号墩间的脚手架部分进行施工。

(5) 拆除1号墩两侧的架设车、电梯和塔式起重机。此后,对左岸桥台(A_1)和1号墩间的脚手架部分进行施工。与此平行地进行先张法简支板梁桥部分的施工。

3. 临时设备

(1) 起吊设备

采用迪氏法修建桥梁,从桥墩顶部开始施工时,必须要有起吊设备。像本桥这种型式的曲线桥,起吊设备的选定是特别复杂的。本桥是通过对于塔式起重机、Y型缆索起重机、自行式旋臂起重机等进行研究比较后,结果选定了起吊能力为2吨、作业半径为25.0米的混凝土塔式起重机和汽车起重机。

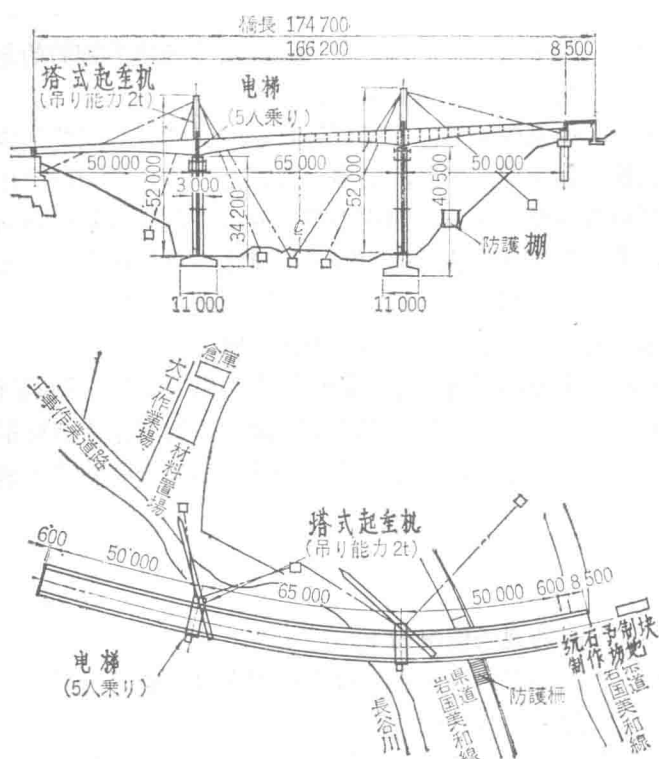


图 3 临时设备的配置、架设图

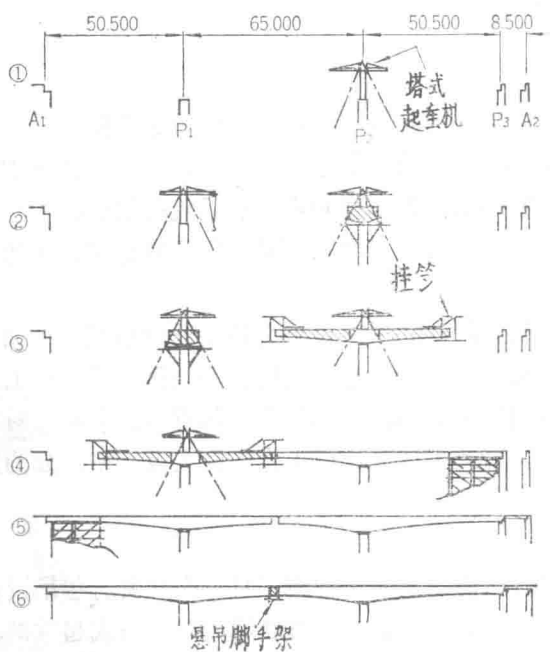


图 4 施工顺序

(2) 升降设备

本桥的升降设备（能乘坐 5 人的电梯）设置在 1 号墩和 2 号墩处。

(3) 动力设备

动力电源需要下列的容量。

塔式起重机 (2 台)	$11\text{千瓦} \times 2 = 22\text{千瓦}$	} 84\text{千瓦}
电 梯 (2 台)	$11\text{千瓦} \times 2 = 22\text{千瓦}$	
电 弧 焊 机 (2 台)	$15\text{千瓦} \times 2 = 30\text{千瓦}$	
振捣器及其它	10 千瓦	

4. 桥墩顶上节段的施工

桥墩顶上主梁节段的施工，可分为两种不同型式。一种是利用桥墩顶上面的上部结构（ $l = 11.0$ 米）的脚手架进行施工。另一种是为了能够承受悬臂施工时的不平衡力矩，利用桥墩和上部结构临时固结的临时支承和临时钢索进行施工。

(1) 脚手架

桥墩顶上的脚手架通常考虑有如下的型式。

- (a) 用预应力钢筋或螺栓将金属支撑架联结在桥墩上作为脚手架；
- (b) 将 H 型钢预埋在桥墩顶部作为脚手架；
- (c) 由地面上拼装起来的立柱式脚手架。

本桥由于桥墩高度很高（ $H = 40.0$ 米），于是采用了用预应力钢筋将金属支撑架联结在桥墩上的 (a) 型脚手架。

施工方法是将在 $\phi 26\text{mm}$ 的预应力钢筋插入在桥墩施工时预埋的 $\phi 40\text{mm}$ 的导管中，用预应力钢筋固紧金属支撑架，在它上面并排地放置 H 型钢作为主梁，用来作为拼装模板的支架。也就是想用支撑架与混凝土表面的摩擦力来承受脚手架的竖直荷载。但是对于脚手架，则应将摩擦系数定为 0.5 来决定钢筋的根数，以确保安全。

(2) 临时支承

为了将架设中的梁与桥墩临时固结，并保证梁的稳定性，临时支承和临时钢索一起，都是必需而且重要的构件。

另外，在主梁架设完成后临时支承必须撤除。因此，要求它不仅在架设过程中的内力十分安全，而且在构造上要容易撤除。本桥的临时支承的尺寸见图 5。混凝土的强度采用 $\sigma_{28} = 400$ 公斤/平方厘米。为了便于撤除，作如下的考虑：

- (a) 在桥墩和临时支承的接触面上涂了涂料；
- (b) 临时支承的表面作了精加工，在临时支承和主梁的接触面上涂了乙烯树脂；
- (c) 临时支承的加强钢筋不作成一个整体，而按 1 米切断来进行配置。

虽然作了上述的考虑，但要撤除还是有困难的。即使撤除一个地方仍需要用 2 周时间。其主要原因：

- (a) 临时钢筋，当它的张力撤消后仍不能撤去，而成为障碍；
- (b) 临时支承的混凝土很坚硬；
- (c) 因为是高空作业，工作效率不高。

今后，可以考虑采用下面几个办法：第一，对于钢筋，采用在其张力撤除后能够容易撤掉的联结方法；第二，不管是钢筋还是混凝土也要放入薄层组合板或聚氯乙烯，以便切断连

系；第三，因为是施工荷载，容许压应力定为 $\frac{\sigma_{ck}}{2}$ ，可取 $\sigma_{ck}=270\sim300$ 公斤/厘米²，以便减小临时支承的断面尺寸。

(3) 模板

模板的底板用钢模板，除此以外用木材。底模板的支架为了使得主梁的下缘倾斜，用90×90的角钢装配成格子形状，外模板用90×45的木材制成骨架，面板采用胶合板，在脚手架上拼装。另外，内模在横向采用骨架作成镶板进行拼装。

(4) 混凝土

在桥墩顶上的上部结构（主梁节段）混凝土施工时，除了确保混凝土达到设计强度及早期强度以外，为了避免在硬化时由于混凝土的线收缩而产生的裂缝，进行了各种配合比试验。通过试验，能够确保所定的混凝土强度的最小水泥用量和使用混凝土泵时，所需的坍落度定为10±2厘米（表-2）。

表—2 混凝土的配制（混凝土设计强度 $\sigma_{ck}=400$ 公斤/厘米²）

混凝土标准配合情况	骨料尺寸 (毫米)	水灰比 W/C (%)	坍落度 (厘米)	细骨料率 (%)	重量 (公斤/米³)					备 注
					水	水 泥	细 骨 料	粗 骨 料	掺 合 剂	
	20	44.7	10	39.0	179	400	663	1083	1.00	桥墩顶上支撑脚手架的部分
	20	41.9	8	37.5	176	420	632	1104	1.05	悬臂施工的主梁节段

混凝土泵采用达氏110B型，沿塔式起重机的塔架设置45米高的管道，用100~110公斤/厘米²的压力进行压送。按照计划，每日能够浇注墩上部分的混凝土110立方米。另外，在浇注混凝土时还注意到以下几点：

- (a) 将混凝土左右均衡地由低处向高处进行浇灌；
- (b) 在梁腋下面的底板混凝土浇灌满以后再浇灌腹板下部的混凝土；
- (c) 当混凝土浇注到腹板大约一半高时，如要向上浇灌，在底板的梁腋附近不要用震捣器；
- (d) 在桥墩顶上的预应力钢筋、普通钢筋布置密集之处，避免将泵的排出口插入，并要特别仔细地进行绑扎。
- (e) 对于腹板，由于套管、钢筋布置很密，在使用震捣器时，要十分注意套管的移动及损坏。

关于混凝土的养生。为了防止混凝土浇灌后水分蒸发，撒布了Kurehalon液（商品名，是日本吴羽公司生产的一种化学剂——译者注），经几小时的养生后，盖上草垫，进行洒水养生，使混凝土硬化时产生的内部温度控制在65℃以下。

(5) 临时钢索

主梁节段由于是交错地进行悬臂施工，于是产生了不平衡的力矩。此外，由于主梁是沿曲线方向延伸的，因此产生了扭矩，使支承处的外侧和内侧，作用的力不相等。

临时钢索的计算，是在最不利的不平衡力矩和扭矩共同作用下，在临时支承中仍然保持压应力的条件来确定预加应力的。

上述内容的有关计算如下：

在本桥的情况下，当 № 16 节段施工后，在撤除 № 15 节段一侧的架设车时，是最不利的状态(图 5)。

(a) 顺桥方向不平衡力矩和轴力

$$N = \sum W_i + W_w = 1100.6 + 50 = 1150.6 \text{ 吨}$$

$$M = W_w \times L = 50 \times 31.5 = 1575 \text{ 吨} \cdot \text{米}$$

式中：N——轴力(吨)；

W_i ——节段重量(吨)；

W_w ——架设车重量(吨)；

L——由支承到架设车的距离(米)；

M——不平衡力矩(吨·米)。

(b) 扭 矩

$$M_{Tn} = \sum_{i=1}^n W_i S_i + W_w S_i = 770 \text{ 吨} \cdot \text{米}$$

式中： M_{Tn} ——扭矩；

S_i ——第 i 号节段的水平偏离量(米)*。

(c) 临时支承的形状和各项截面系数

顺桥方向的各项截面系数

$$A = 4.00 \times 1.2 = 4.8 \text{ 米}^2;$$

$$I = \frac{4}{12} (2.50^3 - 1.30^3) = 4.476 \text{ 米}^4;$$

$$Z = \frac{I}{y} = \frac{4.476}{1.25} = 3.581 \text{ 米}^3$$

横桥方向的各项截面系数：

$$A = 4.8 \text{ 米}^3;$$

$$I = \frac{2}{12} \times 0.6 \times 4.0^3 = 6.4 \text{ 米}^3$$

$$Z = \frac{6.4}{2.0} = 3.2 \text{ 米}^3$$

$$l_p = 0.074 \text{ 米}。$$

式中 l_p 为预应力钢筋对于中性轴的偏心距离。

(d) 荷载作用下临时支承的弯曲应力

由不平衡力矩产生的弯曲应力；

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{Z} = \frac{1150.6}{4.8} \pm \frac{1575}{3.581} = 680 \text{ 吨/米}^2 \text{ 及 } -200 \text{ 吨/米}^2$$

由扭矩产生的弯曲应力：

$$\sigma_0 = \frac{M_0}{Z} = \frac{770}{3.2} = 241 \text{ 吨/米}^2 \text{ 及 } -241 \text{ 吨/米}^2$$

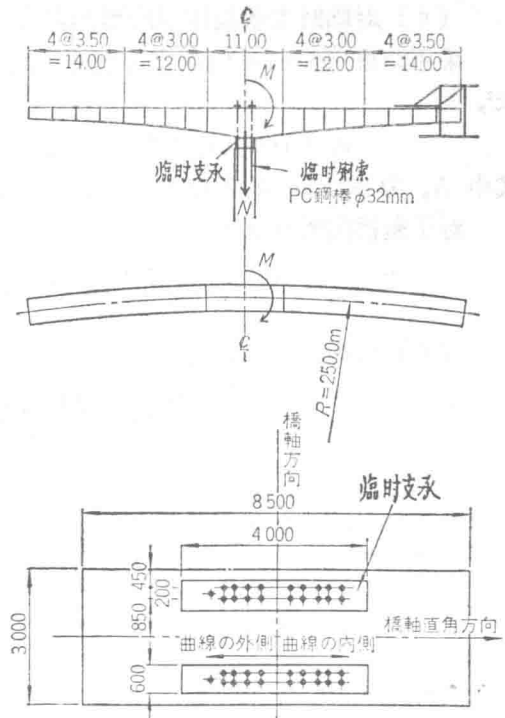
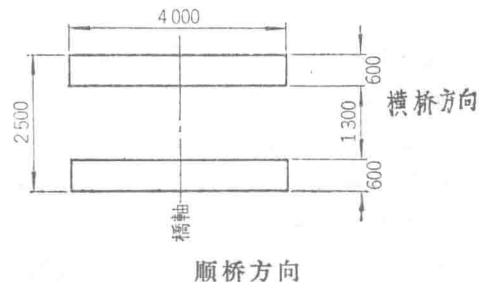


图 5 临时钢索的布置



*注：原文误为“由支承到各节段的距离”，已改正——译者注。

(e) 对临时支承起作用的预加应力

采用38根 $\phi 32\text{mm}$ 的预应力钢筋作为临时钢索。如果设有效拉应力为 $\sigma_{pe}=66$ 公斤/毫米², 则

$$P_e = n \cdot A_p \cdot \sigma_{pe} = 38 \times 804.2 \times 66 = 2016.9 \text{ 吨}$$

式中 A_p 为 $\phi 32\text{mm}$ 的预应力钢筋的截面积。

对于顺桥向的有效预应力

$$\sigma_{ee} = \frac{P_e}{A} = \frac{2016.9}{4.8} = 420 \text{ 吨/米}^2$$

(f) 横桥向的有效预应力

$$\sigma_{ee} = \frac{P_e}{A} \pm \frac{P_e \cdot l_p}{Z_0} = \frac{2016.9}{4.8} \pm \frac{2016.9 \times 0.074}{3.2} = 467 \text{ 吨/米}^2$$

及373吨/米²

(g) 临时支承弯曲应力的合成

曲线的内侧:

$$\Sigma \sigma = 680 + 241 + 420 = 1341 \text{ 吨/米}^2 \approx \frac{4000}{3} \text{ 吨/米}^2$$

曲线的外侧:

$$\Sigma \sigma = -200 - 241 + 467 = 26 \text{ 吨/米}^2 > 0$$

5. 悬臂架设部分

主梁悬臂架设部分的施工, 是在脚手架施工的桥墩顶部的主梁上, 拼装架设车, 浇注了主梁的悬臂节段混凝土后, 再向前推进架设车。以后就反复按这个作业程序进行。架设车用塔式起重机进行拼装。用塔式起重机和汽车起重机进行拆除。另外, 主梁节段的划分是顺着易于施工的法线方向。

(1) 架设车

在曲线桥上, 架设车的移动必须沿着曲线方向进行。因为主梁有横坡, 于是, 对于架设车, 就要考虑横坡的影响。另外, 对于纵坡(4.94%)也作了考虑(图6)。

(a) 方向转换

使钢轨的前端沿着圆心方向前进, 沿着这个方向移动架设车时, 容易转换方向。

(b) 对于横坡的考虑

对于4~0%的横坡, 用敷设硬枕木(在12~28厘米的范围内调整)的方法架设车安装水平。由于沿横桥方向安设了底板支承梁, 在梁和调整底板用的千斤顶之间插入了异形金属板, 使其悬吊构件不承受水平力。

(c) 对于纵坡的考虑

对于4.94%的纵坡, 由于只使用前千斤顶和后千斤顶还不能将架设车安装水平, 因此, 前千斤顶重新垫入块件, 而后千斤顶上下改变安装位置, 以便将架设车能够沿纵向安置水平。

(2) 模板

主梁悬臂施工部分的模板, 与桥墩顶上节段一样, 除底板以外全部用木材。

外模板, 采用45×90的木料做成骨架(骨架用螺栓联结), 与桥墩顶上已建成的主梁断面和道板相衔接, 钉上12毫米厚的胶合板, 在架设车上拼装。内模板分成底板的腋板、腹

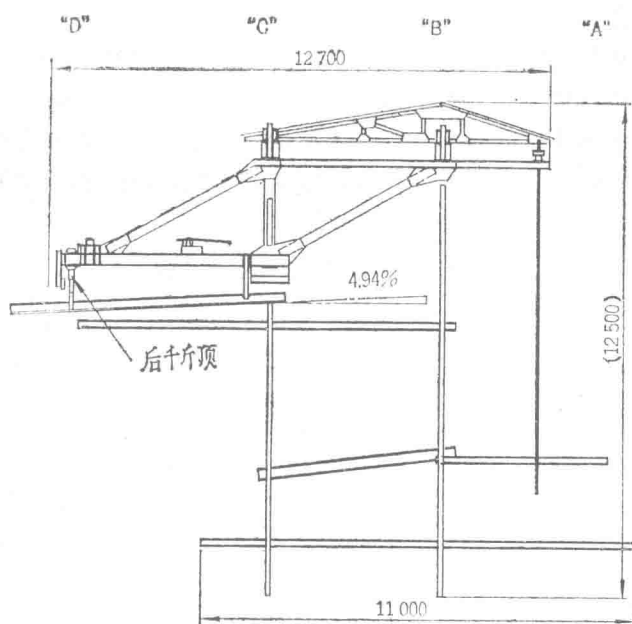


图-6(a)

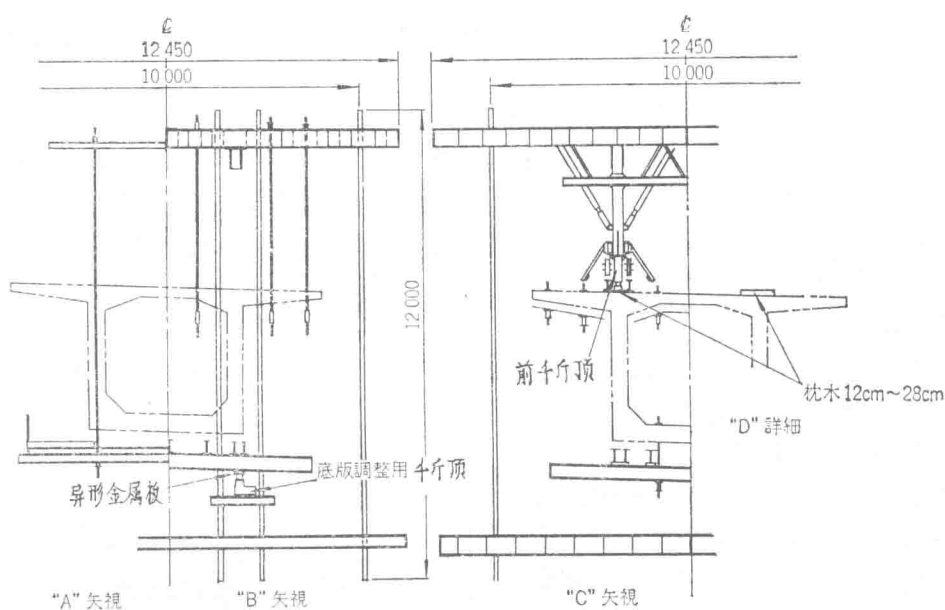


图 6.(b)

板、顶板等几部分。底板腋板、腹板的模板，横向做成骨架，组拼成3.6~4.0米的镶板。为了厚度有变化的顶板，把骨架作成铰接结构，并能够转动，面板的每个断面要有所改变。虽然把悬臂施工的主梁节段的平面线形做成了按照节段的道路中心线连接成的多边形，但是，节段的接头部分由于使用木模板，所以仍然能够顺利地进行施工。

(3) 预应力钢筋

主梁的悬臂施工部分采用了 $\phi 26\text{mm}$ 的预应力钢筋 (SBPR95/120)。当初还担心采用预应力钢筋在施工上会有困难，其实没有任何障碍，能够施工。

(4) 混凝土

关于悬臂施工部分的混凝土配合比,为了早期得到施加预应力所必需的强度,缩短主梁节段制作的周期,于是将桥墩顶上的主梁节段的混凝土配合比作了改变(见表—2)。

另外，由于确保混凝土浇注时的坍落度 8 厘米，于是，经过 2 天的养生，就完全能够达到施加预应力所必需的强度。混凝土浇注使用塔式起重机，浇注能力为每小时 5~6 立方米。

关于主梁悬臂节段的制作周期如表一3所示。

表一3 1 个周期的标准工程

作业内容	1	2	3	4	5	6	7	8
混凝土浇注								
养 生								
施加预应力								
架设车移动								
拼 装 模 板								
配置钢筋 (预应力钢筋)								

6. 边孔的脚手架

边孔19.0米长度采用有支架施工。脚手架利用汽车起重机进行拼装。混凝土分为腹板以下部分和顶板两次浇灌。采用与桥墩顶上主梁节段相同的混凝土配合比,利用混凝土泵进行浇注。

(1) 脚手架

脚手架的立柱采用方形,以每一根立柱的容许支承力为20吨来确定立柱的根数。纵梁采用 $588 \times 300 \times 12$ 的H型钢,用硬木垫块将H型钢垫成4.9%的纵坡、4.0%的横坡。由于使H型钢倾斜设置,于是,立柱成为承受水平力的结构,对此加设了连接构件,还从脚手架基础和下部结构上伸出连接构件,以便能安全地承受水平力。

(2) 模 板

脚手架上的模板,重复使用2次,作成采用间隔90厘米的托臂支撑和栓梁的结构。另外,悬臂节段的前端和道板用异形钢筋联结起来。

7. 合拢节段的施工

合拢节段的施工有采用架设车的方法和使用悬挂脚手架的方法。但像本桥这样从架设车到地面的高度很高时,最好是采用悬挂脚手架,它可以减轻脚手架的总重,并容易撤除。这是因为在合拢节段的混凝土浇注后,撤除架设车有困难,对安全方面也是不利的。本桥的拆除方式是用2台起重机将底板和模板一起吊下来。

8. 栏杆缘石的构造

本桥的缘石,如图7所示,它的外侧采用预制块件。其理由如下。

(a)本桥的缘石施工期是在1月~2

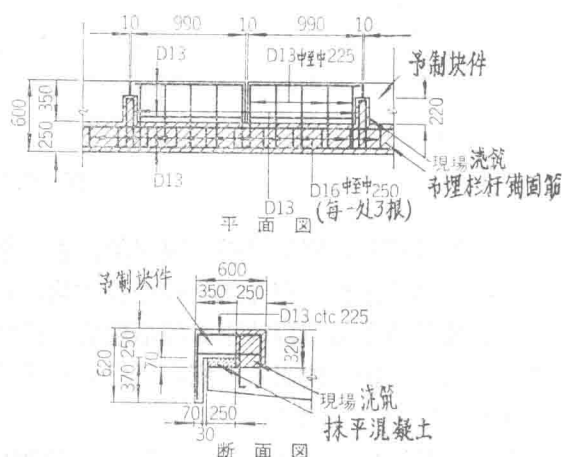


图7 预制缘石构造详图

月, 预计气温会很低, 这就必须用蒸气养生, 但在地面以上45米高处的全部缘石进行养生是不容易的。采用预制块件就使养生工作变得容易了。

(b) 在悬臂梁桥的缘石施工中不需要常用的平板车。

(c) 施工速度快。利用块件制作的时间, 能够缩短冬季施工的工期。

根据以上理由, 采用了预制块件, 施工的结果: 在施工主梁的同时制作了缘石块件, 并采用特殊的小车简便地进行了块件的安装。于是, 冬季施工用一半的时间就完成了。而且养生效果也是良好的。

五、施工进度安排

大桥的施工进度安排如图 8 所示。



图 8 上部结构施工进度安排表

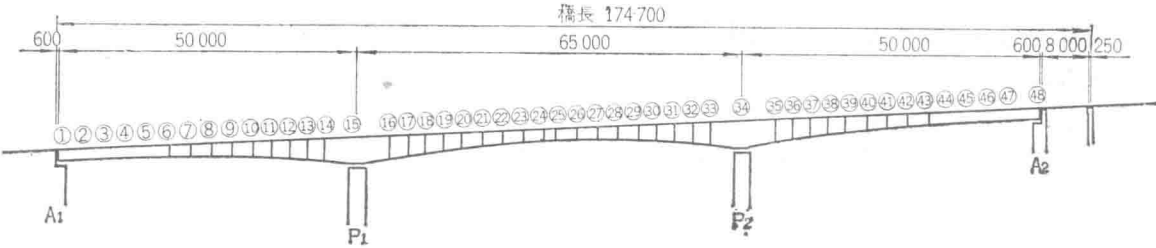
六、关于上翘量

1. 各主梁节段前端的上翘量

上翘量的计算采用了如下的假定:

(a) 设主梁的弹性模量 $E = 350,000$ 公斤/厘米², 桥墩的弹性模量 $E = 300,000$ 公斤/厘米²。

表—4 桥跨结构完成时设计高与实测高的差值桥长174,700毫米



	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
竣工时的设计高	225,413	225,596	225,779	225,961	226,144	226,329	226,505	226,681
由徐变及桥面荷载产生的挠度	0	-0.4	-0.4	-0.3	0	0.5	0.9	1.0
桥跨结构完成时的设计高	225,413	225,596	225,779	225,961	266,144	226,330	226,506	226,682
实测高	225,413	225,582	225,763	225,946	226,128	226,326	226,497	226,678
桥跨完成时设计高和实测高的差	0	-14	-16	-15	-16	-4	-9	-4
	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯
竣工时的设计高	226,858	227,033	227,185	227,335	227,486	227,637	227,914	228,190
由徐变及桥面荷载产生的挠度	0.9	1.1	0.8	1.0	0.6	0.5	0	5.1
桥跨结构完成时的设计高	226,859	227,034	227,186	227,336	227,487	227,638	227,914	228,195
实测高	226,857	227,036	227,194	227,342	227,492	227,647	227,918	228,200
桥跨完成时设计高和实测高的差	-2	2	8	6	5	9	4	5
	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑	㉒	㉓	㉔
竣工时的设计高	228,342	228,492	228,643	228,794	228,970	229,146	229,319	229,492
由徐变及桥面荷载产生的挠度	7.8	10.4	12.8	14.8	16.6	17.8	18.8	19.0
桥跨结构完成时的设计高	228,350	228,502	228,656	228,809	228,987	229,164	229,338	229,511
实测高	228,356	228,512	228,665	228,825	229,003	229,177	229,347	229,519
桥跨完成时设计高和实测高的差	6	10	9	16	16	13	9	8
	㉕	㉖	㉗	㉘	㉙	㉚	㉛	㉜
竣工时的设计高	229,590	229,763	229,936	230,109	230,282	230,430	230,578	230,727
由徐变及桥面荷载产生的挠度	19.0	18.8	17.8	16.6	14.8	12.8	10.4	7.8
桥跨结构完成时的设计高	229,609	229,782	229,954	230,126	230,297	230,443	230,588	230,735
实测高	229,618	229,792	229,967	230,126	230,314	230,460	230,604	230,734
桥跨完成时设计高和实测高的差	9	10	13	0	17	17	16	-1

续表—4

	③③	③④	③⑤	③⑥	③⑦	③⑧	③⑨	④⑩
竣工时的设计高	230,875	231,146	231,418	231,566	231,714	231,863	232,011	232,184
由徐变及桥面荷载产生的挠度	5.1	0	0.5	0.6	1.0	0.8	1.1	0.9
桥跨结构完成时的设计高	230,880	231,146	231,419	231,567	231,715	231,864	232,012	232,185
实测高	230,864	231,147	231,429	231,572	231,722	231,873	232,015	232,183
桥跨完成时设计高和实测高的差	-16	1	10	5	7	9	3	-2
	④①	④②	④③	④④	④⑤	④⑥	④⑦	④⑧
竣工时的设计高	232,357	232,529	232,702	232,885	233,068	233,250	233,433	273,616
由徐变及桥面荷载产生的挠度	1.0	0.9	0.5	0	-0.3	-0.4	-0.4	0
桥跨结构完成时的设计高	232,358	232,530	232,703	232,885	233,068	233,251	233,433	233,616
实测高	232,354	232,522	232,698	232,870	233,052	233,051	233,428	233,616
桥跨完成时设计高和实测高的差	-4	-8	-5	-15	-16	-17	-5	0

注)：1.单位为毫米。
2.测点高为主梁中心处上缘的高度。

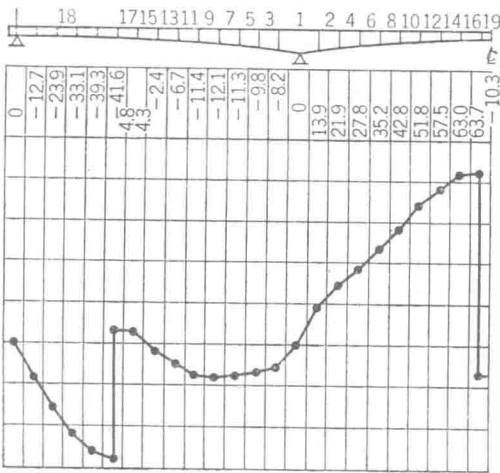


图9 各主梁节段上翘量(单位:毫米)

(b)设混凝土的徐变系数 $\phi = 2$ 。在不同的结构体系中按不同的徐变系数 ϕ 进行。

在悬臂施工结束时的T型刚构体系中只进行 $\phi = 0.5$ 。边孔合拢后成为单悬臂梁式的体系中只进行 $\phi = 0.5$ 。成为三孔连续的结构体系时就只进行 $\phi = 1.0$ 。

根据以上的假定计算出的结果示于图9。在这个数值中还包含着由于不平衡力矩而产生的挠度。关于上部结构完成时的设计高与实测高的比较可参见表—4。

2. 对于悬臂施工时扭转变位的研究

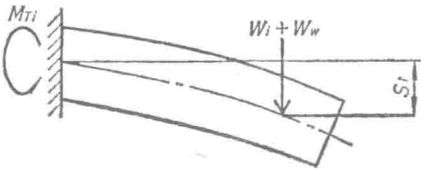
本桥因为是曲线型桥(平面曲线半径 $R = 250.0$ 米),而在悬臂施工时,由于主梁节段的重量和挂篮(架设车)的重量而产生的

扭矩,引起主梁发生扭转变形。

根据 San-Venant 的简单扭转理论,对于这个扭转变形进行了研究。

$$M_{Ti} = (W_i + W_w) \cdot S_i$$

式中: M_{Ti} —在第 i 号节段产生的扭矩(吨—米);
 W_i —第 i 号节段的重量(吨);
 W_w —挂篮的重量(吨);
 S_i —第 i 号节段的水平偏离量(米)。



* 原文中误为 M_{Tn} , 已改正——译者注。

由此可得，在第 i 号节段施工时，在第 n 号节段位置处产生的扭矩：

$$M_{Tn} = \sum_i W_i \cdot S_i + W_w \cdot S_i$$

扭转角、扭转变位分别为：

$$\theta = \frac{M_T}{GI_t}; \quad \theta' = l \cdot \theta; \quad \delta = \theta' \cdot a$$

式中：

- θ 、 θ' —扭转角（弧度）；
- G —剪切弹性模量（0.43 E）；
- I_t —截面扭转惯性矩（米⁴）；
- δ —扭转变位（米）；
- a —到形心的距离。

将扭转角及扭转变位的计算结果列于表—5。

主梁的最后一个节段悬臂施工时，最后节段的扭转变位为1.7毫米。可以认为这个值是能够忽略的。

表—5

SEC	M _t (吨·米)	I _t (米 ⁴)	θ (rad)	ΔL (米)	θ' (rad)	δ (米)
1	385.0	19.5622	$\times 10^{-5}$ 1.348	5.5	$\times 10^{-5}$ 7.419	$\times 10^{-5}$ 29.656
2	338.3	14.9291	1.433	3.0	4.299	17.196
3	296.9	12.2102	1.616	3.0	4.848	19.392
4	255.5	9.9779	1.701	3.0	5.103	20.412
5	214.0	8.1808	1.738	3.0	5.214	20.856
6	169.2	6.6901	1.680	3.5	5.880	23.520
7	120.8	5.5112	1.456	3.5	5.096	20.384
8	72.5	4.7140	1.022	3.5	3.577	14.308
9	24.2	4.2257	0.381	3.5	1.334	5.336
合 计	—	—	—	—		171.060

七、后 记

以上，对于长谷大桥的施工简要地作了介绍，本桥由于是利用迪氏法修建的曲线桥，于是，在施工计划作了慎重的研究后，工程再动工兴建的。结果，工程进行得很顺利，已按预定计划于1978年3月完成。

周义武译自（日）《桥梁と基础》1978年5月号
金东永校。