

刚构-连续组合梁桥

Ganggou-Lianxu Zuhe Liangqiao

王文涛 主编

人民交通出版社

内 容 提 要

本书以国内首座大跨径预应力混凝土刚构-连续组合梁桥——东明黄河公路大桥为典型结构,结合国内大跨径预应力连续梁、连续刚构的特点,全面介绍了其设计、施工、理论分析、试验研究等各方面的成果。全书共分五章,其内容包括:刚构-连续组合体系的合理桥型选择;设计、施工特点;理论分析及试验、检测技术等。

本书可供公路与城市道路工程技术人员、大专院校师生参考使用。

刚构-连续组合梁桥

王文涛 主编

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号)

各地新华书店经销

三河市新艺印刷厂印刷

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张: 20 插页: 1 字数: 497 千

1995 年 10 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001—3000 册 定价: 26.00 元

ISBN 7-114-02149-6

U·01465

前 言

随着我国公路事业的迅速发展,我国的公路桥梁建设亦突飞猛进,大跨径桥梁特别是大跨径预应力混凝土连续梁、连续刚构在我国大江大河上得到了广泛的应用。目前我国混凝土连续梁最大跨度为云南六库怒江大桥 154m;连续刚构已建成的最大跨度为广东洛溪大桥 180m;正在建设中的黄石长江大桥主跨为 3 孔 245m。

山东东明黄河公路大桥主桥根据黄河上防洪、防冰及黄河冲淤的特点,采用了国内首座长联大跨径预应力混凝土刚构-连续组合体系,一联长 990m。该结构突出了连续梁及连续刚构的优点,为我国长大桥的建设开创了一个良好的先例。

本书以东明黄河公路大桥为典型结构,结合国内多座连续梁、连续刚构桥的设计、施工特点,以及科研测试、理论分析等内容编写而成。本书内容包括:刚构-连续组合体系设计方案的选定;刚构-连续组合梁桥的设计、施工工艺特点;理论分析及试验、测试技术。

本书由参加东明黄河公路大桥建设的山东省交通厅、山东省公路管理局、河南省交通规划勘察设计院、同济大学、郑州工学院、上海市政工程研究所、大桥监理处及河南交通公路工程局、黑龙江路桥公司、山东交通工程公司等设计、施工、监理、教学、科研单位的专家、学者及工程技术人员编写。全书共分 5 章,其中第一章由王文涛、高泓、黄绳武编写;第二章由王用中、万科峰、张世霖编写;第三章由董礼、高泓、王文涛编写;第四章由张士铎、印定安、寿楠椿、江素华、王文涛、竹学叶、周建春等编写;第五章由王文涛、高泓、印定安、史家钧、章夫永、邬妙年等编写。本书主编王文涛,副主编寿楠椿、高泓,全书由王文涛统稿,由王用中主审。

此外,李启炎、智明、蔡霞飞、刘健民、贾西法、马华月、寇永松、刘建华等同志也参加了部分章节的编写工作。本书在编写中得到金成棣教授、王建瑶总工程师、范立础教授、蔡国宏研究员、杨高中高级工程师的大力协助,在此一并致谢。

由于编者水平所限,书中错漏之处在所难免,敬请同行们不吝指教。

王文涛

1993 年 12 月于济南

目 录

第一章 刚构-连续组合梁桥设计方案的选定	(1)
1.1 工程实体简介	(1)
1.2 设计构思与连续梁桥结构体系的组合型式	(4)
1.3 连续梁不同组合体系的结构分析	(7)
1.4 刚构-连续组合梁桥的合理桥型选择	(15)
第二章 主桥上部结构设计	(27)
2.1 主桥箱梁构造设计	(27)
2.2 结构内力计算	(29)
2.3 预应力设计	(54)
第三章 施工特点	(72)
3.1 大直径钻孔灌注桩施工工艺	(72)
3.2 大直径钻孔灌注桩施工测试及质检技术	(74)
3.3 组合斜拉式挂篮技术使用	(76)
3.4 大跨径箱梁施工技术准备	(81)
3.5 箱梁支架施工要点	(86)
3.6 箱梁悬臂浇筑施工工艺要点及质量控制	(89)
3.7 预应力张拉工艺及检测技术	(93)
3.8 大跨径箱梁悬臂浇筑施工挠度控制	(96)
3.9 长联大跨径刚构-连续梁桥多跨一次合拢工艺设计	(97)
第四章 大跨径刚构-连续组合体系的理论分析	(101)
4.1 墩身刚度与结构体系的适应性研究分析	(101)
4.2 刚构-连续组合体系徐变与温度作用的分析	(134)
4.3 刚构-连续组合体系墩身结构空间应力分析	(176)
4.4 箱梁畸变应力分析	(197)
4.5 箱梁剪力滞效应分析	(203)
4.6 合拢前静荷载、风荷载及施工荷载作用下的结构安全度分析	(212)
4.7 箱梁扭转应力分析	(215)
4.8 刚构-连续组合体系箱梁零号块空间应力分析	(225)
第五章 刚构-连续组合梁桥的试验及测试技术	(239)
5.1 薄壁箱梁 4500kN 大吨位群锚锚固体系锚端块局部应力测试分析	(239)
5.2 20000kN 级试桩工艺与测试技术	(268)
5.3 结构体系的静、动载试验与自振特性的测定	(273)
5.4 大跨径刚构-连续薄壁箱梁扭转、畸变、剪力滞效应测试分析	(298)
参考文献	(309)

第一章 刚构-连续组合梁桥设计方案的选定

1.1 工程实体简介

我国首座长联大跨径预应力混凝土刚构-连续组合梁桥——东明黄河公路大桥已于 1993 年 10 月建成。大桥位于山东省菏泽地区和河南省濮阳市之间的黄河河道上。大桥的建成,接通了 106 国道,对中原油田的开发建设,晋煤东运,完善中原地区黄河南北两岸的公路网,促进晋、冀、鲁、豫四省地区经济发展,将发挥重大的政治、经济作用。

1.1.1 桥位选择

根据 106 国道及中原油田基地的地理位置,经过对山东省菏泽地区与河南省濮阳市之间黄河河段(西起渠村分洪闸,东至贾庄险工)35km 范围内的河道调查,选择了高村、菜园集、贾庄三处比选桥位。

该河段行河已有 130 年历史。两岸堤相距约 5~7km,沿河布置有各种防洪工程,河段有冲有淤,仍属淤积型河流,每年平均淤积高度为 0.096m,河床比降 1/8000。由于沿黄防洪工程陆续兴建,该河段河道摆动范围逐渐变小。1971 年至今,主河道稳定在 800~1000m 范围内,主河槽摆动在 200~300m 范围(如图 1-1-1 所示)。

三处比选桥位,北面均为中原油田基地;南面的菏泽地区为油田新开发基地。中原油田地处北金堤滞洪区内,分洪机率为 60~300 年一遇,由于中原油田的存在和发展,分洪的机率是比较小的。现小浪堤工程已上马,北金堤滞洪区就不再分洪。

经过比较,选定菜园集桥位为推荐桥位。从自然地理上比较,菜园集桥位较其它两桥位有如下优点:

1. 堤距最小(4.82km),桥长最短(4.644km)。
2. 河床稳定,上下游均有险工,北面有控导工程,主河槽宽度虽大于高村桥位,但避开了险工,可减少施工难度。
3. 与现有 106 国道连接的南北新接线较短。大桥建成后,将成为两岸地区干线公路网的枢纽。
4. 新桥居于开封和平阴两座黄河公路特大桥之间,布局合理,有利于渡河车辆的合理分流,也有利于黄河防汛和国防战备。

1.1.2 水文与工程地质

在桥位处黄河被堤距 5km 左右的黄河大堤夹持,河道属于游荡型向弯曲型转变的过渡性河段,桥轴线为北西 35°,与水流向基本正交。

桥址附近的高村水文站有 42 年的水文资料可供使用。

桥位处上游有高村险工,下游有贾庄永久性险工,北高滩有半永久性的控导工程,历经 30

余年的整治,桥位处河床及流势已基本稳定。桥位处避开了险工段,两岸高滩有利于施工。

两岸均为冲积平原,桥基土为堆积的第四系地层沉积,厚度在 150m 以上。根据地质钻探资料,50m 以上为亚砂土、亚粘土相间,50m 以下夹有坚硬粘土。

黄河水利委员会要求主河槽部分最大冲刷按 25m 计,边滩部分按 5~10m 计。

本河段在 6 度地震烈度区内。

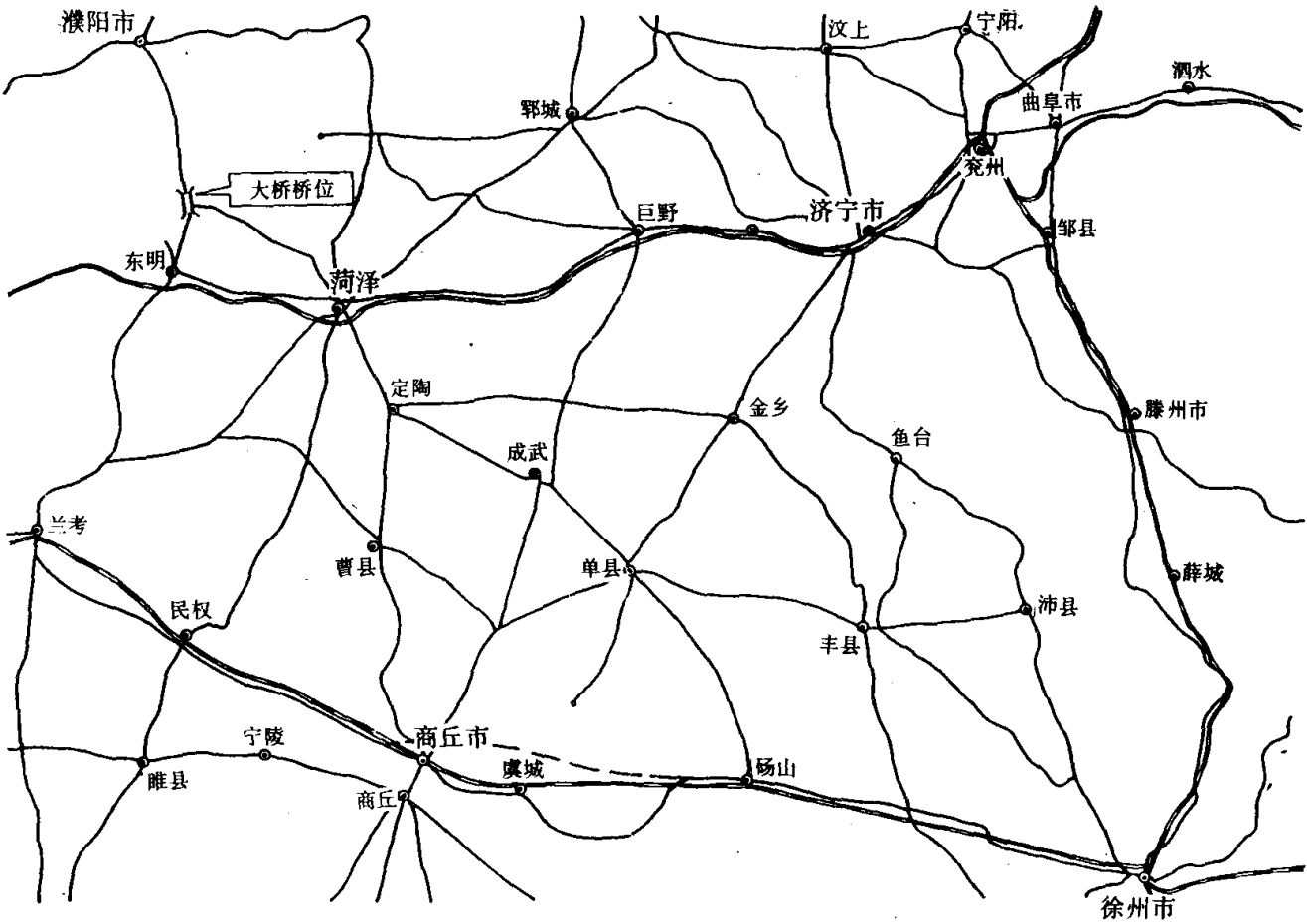


图 1-1-1 大桥桥位

1.1.3 设计技术标准

大桥宽度:18.5m。

设计荷载:汽车-超 20 级,挂车-120。

通航标准:按四级航道通航净宽 44m,通航净高 8m 加预留河床淤高 3.5m 控制设计。

根据黄河水利委员会要求,大桥设计洪水为 300 年一遇,设计流量 25300m³/s,设计水位 68.70m(黄海高程系,下同);校核洪水为 1000 年一遇,相应水位 69.50m(上述水位均已考虑 50 年淤积)。

设计地震烈度:7 度设防。

1.1.4 设计阶段

东明黄河公路大桥采用了项目招标的方式,在全国范围内进行了公开招标,要求以初设、概算投标。经过严格的两阶段评标,中标单位为河南总承包联合体的河南交通规划勘察设计院,由其承担的设计分初步设计、技术设计、施工图设计三个阶段进行,每阶段设计均由甲方组织有关方面的专家进行评审和设计监理。

1. 初步设计

在项目招标中,共有四家投标联合体参与投标,他们提出的设计方案,加上建设单位为编制标底而提出的两个设计方案,共有六个初步设计方案,其中主要的三个比较设计方案见表 1-1-1。

初步设计方案比较 表 1-1-1

方 案	混凝土(m³)			钢 材(t)			
	上 部	下 部	合 计	预应力 钢 材	普 通 钢 材		
					上 部	下 部	合 计
钢连续梁桥(VI) 85m+8×105m+85m		14 768	14 768		7 626.5	510.5	8 137
预应力混凝土连续梁桥(III) 55m+9×100m+55m	16 869	56 381	73 250	1 271	1 841	1 223	3 064
预应力混凝土连续梁桥(IV) 70m+7×120m+70m	18 240	42 284	60 524	1 085	1 636	1 448	3 084

在投标过程中,河南投标联合体在投标价保持最低的基础上,主桥设计方案吸取了甲方提出的 70m+7×120m+70m 连续梁方案的优点并加以完善。后甲方与设计单位根据该桥系大跨矮墩及黄河冲淤的特殊水文地质条件,共同提出了 75m+7×120m+75m 刚构-连续组合体系梁式桥跨结构方案;引桥采用比较成熟的 40m、50m 部分预应力“T”型梁;基础采用大直径钻孔灌注桩。该方案被评定为中标选定方案(如图 1-1-2 所示)。

2. 技术设计

主桥桥型按初设审定意见采用 75m+7×120m+75m 刚构-连续组合体系梁式桥。中间四个墩为双墙薄壁墩身,墩顶与箱梁固结;其余四个墩为薄壁空心墩身,墩顶设大吨位钢球型支座;墩基均为高桩承台、钻孔灌注桩基础(如图 1-1-3 所示)。该方案与连续梁方案比较,可降低桥面标高,缩短桩长,四个刚构墩的存在节省了 16 个大吨位支座,减少了由体系转换形成的结构附加内力,并能增强结构整体性,提高全桥抗震能力。

刚构-连续组合体系梁式桥的结构优化设计审定工作主要是对刚构-连续组合体系电算优化结果进行评审,并对箱梁截面形式、梁高等主要细部尺寸以及桩长、桩径、承台厚度、薄壁墩身等设计计算的依据(含计算图式的确定,设计参数的选用,次应力计算及组合,抗震、防裂的结构措施等)和计算方法进行审核;对施工方案的合理性、施工阶段的内力验算及控制指标等进行审核和修正,以便指导施工图设计。

3. 施工图设计

上部结构为单箱单室三向预应力箱梁。箱顶板宽 18.34m,箱底宽 9.0m,顶板设 1.5%横

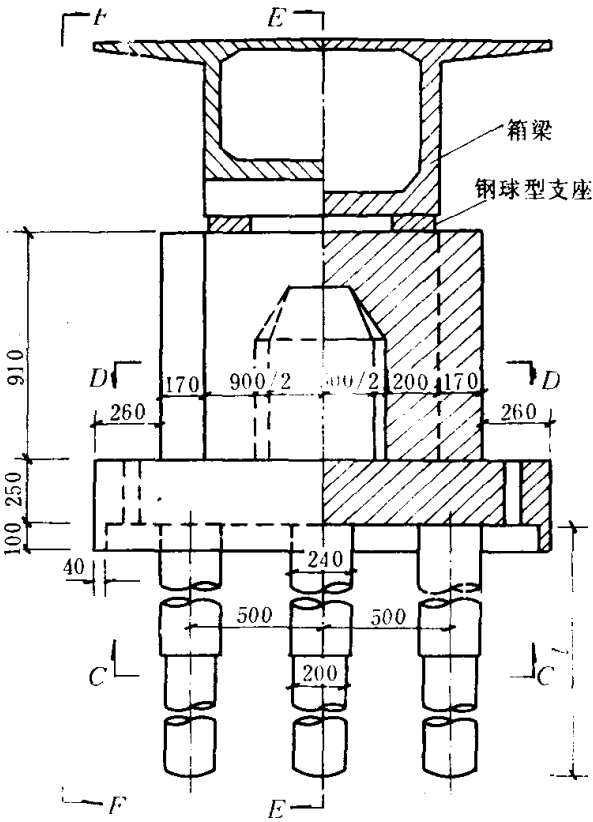


图 1-1-3 主桥桥墩 尺寸单位:cm

坡。箱梁高度跨中由技术设计的 3.0m 减为 2.6m,支点仍用 6.5m,梁底线型按二次抛物线设置。

箱梁采用 50 号混凝土,国产 ASTM250 级 ϕ 15.24 高强低松弛钢绞线,大吨位群锚体系纵向预应力采用。横向预应力体系为 BM 扁平锚和扁平管道,以减小箱顶板厚度;竖向预应力采用国产高强精轧螺纹粗钢筋,在施工中兼作挂篮的后锚点。

下部采用大直径变截面钻孔灌注桩,直径为 ϕ 2.0~2.4m,桩长 83m,薄壁承台。铰支墩顶每墩设 4 个 25 000kN 钢球型支座,刚构处为双墙薄壁固结墩。

桥面横坡为 1.5%,在顶板上形成,上铺 5cm 厚沥青混凝土。

主桥两端大位移量伸缩缝采用毛勒 D3400B 型伸缩装置。

1.2 设计构思与连续梁桥结构体系的组合型式

1.2.1 连续梁桥跨结构体系的发展概况

我国预应力混凝土连续梁桥的建造在近 20 余年来得到了广泛的发展,主要表现在:桥梁的跨越能力不断提高,连续梁桥的结构体系增多;所使用的建筑材料、锚具、支座及伸缩缝等都有新的发展;施工的技术和机具设备不断改进、更新等等。为此,连续梁桥已成为预应力混凝土桥梁的主要桥型之一。

连续梁桥在结构体系上主要分有:连续梁桥、连续刚构桥及刚构-连续组合梁桥等。等截面连续梁桥多用于中等跨径的桥梁,可采用预制安装、顶推法、逐孔施工等方法建造;变截面连续梁桥多用于大跨径预应力混凝土连续梁桥。我国云南省六库怒江桥为三跨一联预应力混凝土连续梁桥,分跨为 85m+154m+85m,支点梁高 8.5m,跨中梁高 2.8m,为目前国内最大跨径变截面连续梁桥。

连续刚构是墩梁固结的连续结构,它利用高墩的柔度来适应结构由预应力、混凝土收缩、徐变和温度变化所引起的位移。著名的澳大利亚给特威(Gateway)桥,中跨 260m,墩高 40 余米,采用双壁柔性墩;我国广东洛溪桥为四跨一联连续刚构桥,最大跨径 180m;正在施工的湖北黄石长江大桥为五跨一联的预应力混凝土连续刚构桥,中孔跨径 245m,连续长度 1060m,其结构设计与施工达到国际先进水平。桁架体系的连续刚构近年来在我国已建成多座,如福建省水口大桥采用下承式三角桁体系的连续刚构,中孔跨径为 160m。

刚构-连续组合梁桥是连续梁桥与连续刚构桥的结合,通常是在一联连续梁的中部数孔采用墩梁固结的刚构,边部数孔为设置支座的连续结构。它从结构上又可分为在主跨跨中设铰、其余各跨梁连续和全联梁不设铰的组合梁桥两种形式,后者通常称为刚构-连续组合梁桥。带铰的刚构-连续组合梁桥有著名的德国本道夫(Bendorf)桥,该桥为七孔一联,主孔跨径 208m,主孔的两个墩为墩梁固结,跨中设铰,其余各墩顶设置支座。此外还有日本浦户桥(主孔跨径 230m)和浜名桥(主孔跨径 240m),其结构型式与本道夫桥雷同。刚构-连续组合梁桥的典型实例有瑞士的比艾施纳(Biaschina)桥,该桥为六跨一联变截面刚构-连续组合梁桥,跨径为 58m+85m+140m+160m+140m+62m,桥建于深河谷,桥墩高差甚大,中间两个高墩(约 100m)采用墩梁固结,其余各墩较低,相对主墩刚度要大,则在墩顶设置滑动支座。山东东明黄河公路大桥是我国首次建造的预应力混凝土刚构-连续组合梁桥,主桥为九跨一联,中部四个墩采用墩梁固结,两侧其余各墩在墩顶设置双排支座,开创了刚构-连续组合梁桥结构体系在我国桥

梁建设当中应用的先例。

1. 2. 2 刚构-连续组合梁桥的特点

刚构-连续组合梁桥的主要优点是在大跨连续结构中,减少了大型桥梁支座和养护上的麻烦,减少了桥墩及基础工程的材料用量,适应在有较高桥墩的连续结构中。其主要特点有:

1. 在受力方面,上部结构仍为连续梁特点,但必须计入由于桥墩受力及混凝土收缩、徐变、温度变化引起的弹性变形对上部结构内力的影响。桥墩因需有一定柔度,所受弯矩有所减小,而在墩梁结合处仍有刚构受力特点。

2. 墩梁固结有利于悬臂施工,同时也避免了更换支座,在结构上常选用变截面主梁。

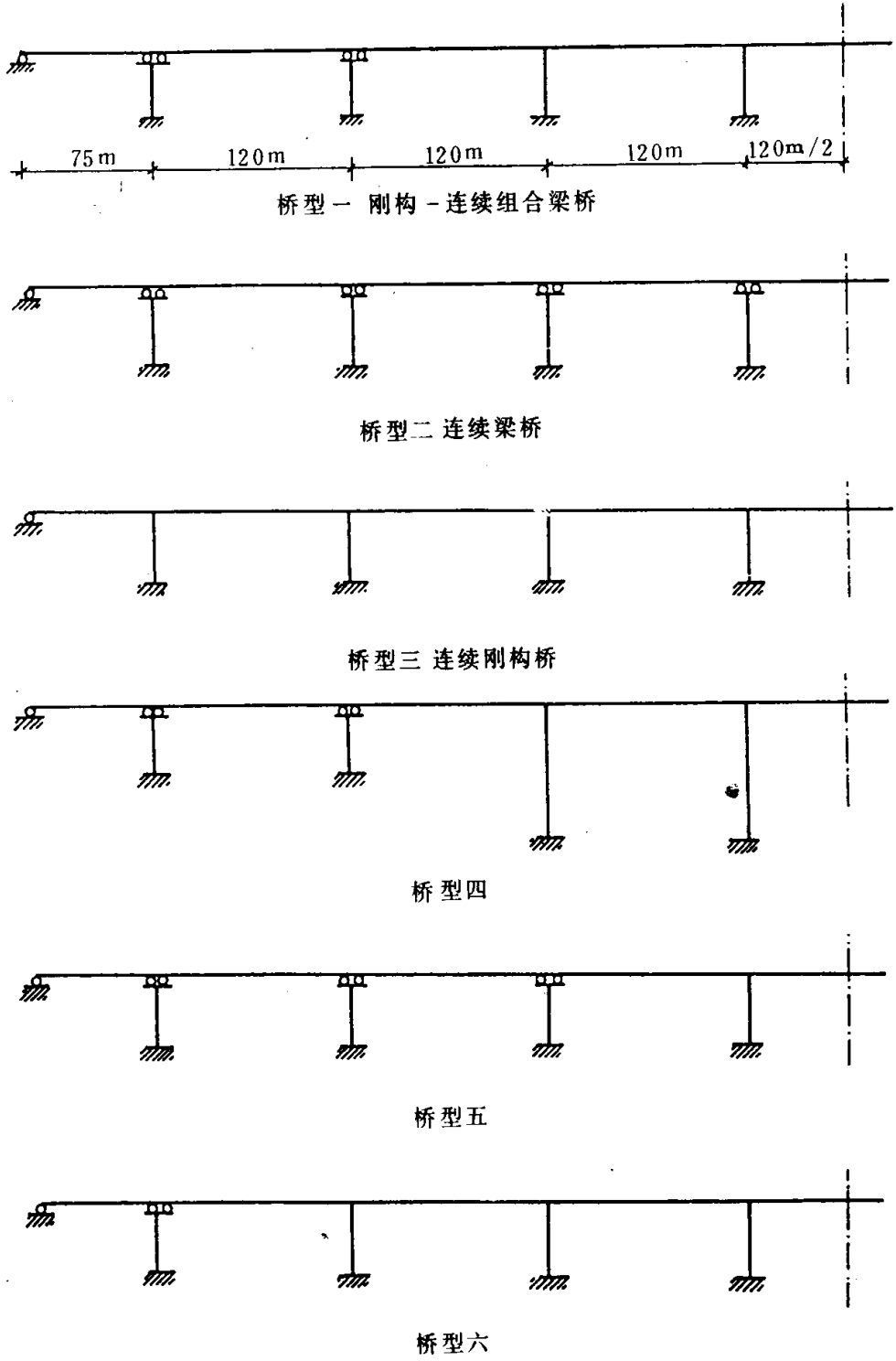


图 1-2-1 进行结构体系分析的各种计算图式

- 3. 伸缩缝设置在连续结构的两端,要求两端的位移量不应相差太大。
- 4. 为保证结构的水平稳定性,桥台处通常需设置控制水平位移的挡块。

1.2.3 设计构思

通过上述分析,可以看出刚构-连续组合梁桥在大跨连续梁结构中是具有相当竞争能力的桥型。在地势较平坦的江河上通过方案比较,选取刚构-连续组合梁桥,并采用变换桥墩刚度的方法增加连续刚构部分桥墩的柔度,可解决大跨径、低矮长联桥型的设计难题。

1.2.4 体系组合型式(以东明黄河大桥为典型桥跨方案)

- 1. 参照东明黄河大桥的结构体系和构造尺寸,分别计算在恒载、活载和温度变化等荷载作用下,桥梁控制截面的内力、挠度和墩顶位移(桥型一);
- 2. 对于同样分跨和尺寸的连续梁结构体系(桥型二)和连续刚构体系(桥型三),分别计算在上述各种不同荷载作用下,桥梁控制截面的内力、挠度和墩顶位移,与刚构-连续组合梁桥进行结构性能对比;
- 3. 增加墩梁固结孔的桥墩高度(桥型四),进行同等条件结构内力分析,探讨墩高对结构内力的影响;
- 4. 在刚构-连续组合梁桥结构体系中,变换不同的连续梁跨数和不同的连续刚构跨数(桥型五、桥型六),分析连续、刚构不同组合对结构性能的影响。图 1-2-1 为所研究分析的各体系桥梁结构的计算图式,图 1-2-2 为计算结构内力及挠度、水平位移的控制截面。

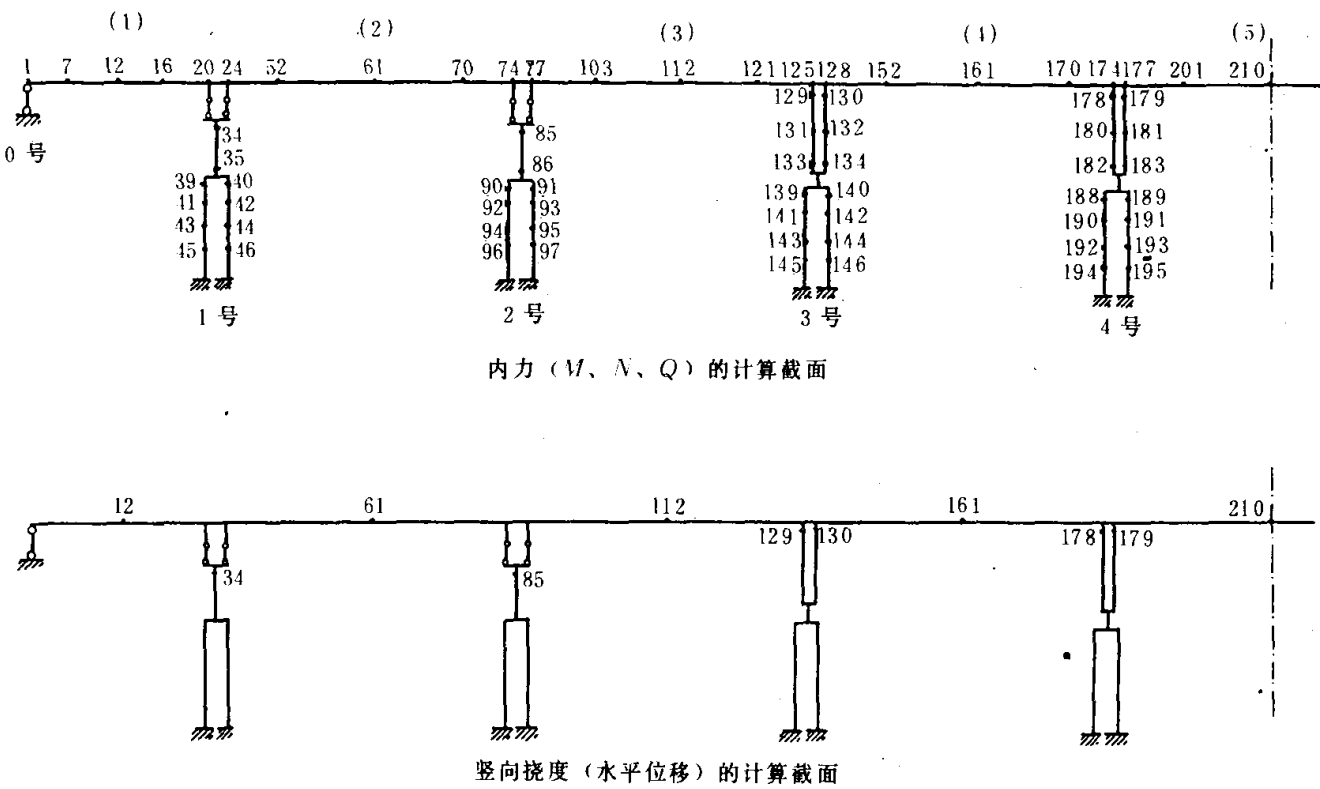


图 1-2-2 内力和位移的计算截面

(1)、(2)……桥跨分孔号;0号、1号……墩台编号;1、7……计算控制截面编号

计算的内容包括内力和位移。内力有结构自重、二期恒载、汽车、人群、挂车以及温升 20℃、温降 30℃时结构控制截面的 M 、 N 、 Q ;位移包括跨中截面的挠度和墩顶处的水平位移。在桥梁结构体系分析中,考虑了结构与地基的共同作用,采用桩基等代法,对桩基的等代

结构进行电算。

综上所述,在结构体系分析中,为取得同等的比较条件,在计算中有如下假定:

1. 所有桥型的结构分孔和主梁结构均取相同的结构尺寸;
2. 所有桥型的相关结构,用一致的材料标号,各桥型采用同一的温度变化取值;
3. 各桥型中,设有支座的桥墩构造及尺寸均相同,墩梁固结的桥墩构造及尺寸亦均相同;
4. 各桥型下部结构钻孔桩与地基的共同作用条件相同。

由此可见,在结构体系分析中,各种桥型结构的分孔、结构尺寸和外荷载均选用同一数值。通过对结构内力、位移的数值大小进行比较,当内力和位移的数值大即反映该结构体系如要限定其结构内力和位移,采取同样结构安全度时,则需要加大截面或采用其他技术措施满足要求。本节暂不对各体系做定量的经济分析,其经济指标待后面做技术设计时再深入计算分析。

1.3 连续梁不同组合体系的结构分析

1.3.1 不同体系的结构内力分析假定与计算内容

在连续梁桥中,选取了刚构-连续组合梁桥、连续梁桥和连续刚构三种不同的体系进行结构内力计算。计算是在西门子机上进行的,使用平面杆系程序,分别给出主要控制截面弯矩内力的汇总表,其中表 1-3-1 为刚构-连续组合梁桥,表 1-3-2 为连续梁桥,表 1-3-3 为连续刚构桥。

1. 计算结构内力的目的在于体系分析,为此计算的图式为运营状态的结构体系,不考虑施工过程的内力叠加和施工状态的结构内力计算。

2. 对于外荷载的选用,自重和二期恒载是按全桥宽度进行计算的;汽车-超 20 级活载按四列车计算,并根据规范要求乘以 0.7 的系数,汽车和挂车荷载按规范规定车距排列加载;计算中考虑了温度上升、温度下降对结构内力的影响。

3. 图 1-2-2 中已示出刚构-连续组合梁桥(桥型一)截面的划分、节点的编号顺序,其他桥型的截面编号大体类同,但由于结构体系不同,主要在桥梁下部结构的截面编号与桥型一的编号略有不同,桥型二和桥型三的截面编号可参见表 1-3-2 和表 1-3-3,其他结构体系的截面编号,在以后的各有关图表中示出。

4. 内力计算的内容有 M 、 N 、 Q 。为节省篇幅,文中仅对弯矩内力列表汇总,至于 N 、 Q 对结构的影响,将在各结构体系内力对比分析中表明。

5. 内力的符号:梁的弯矩仍以下缘受拉为 $+M$,上缘受拉为 $-M$;墩柱与桩基础的规定是,单柱墩左侧受拉为 $+M$,双柱墩的左墩左侧受拉为 $+M$,右墩则规定右侧受拉为 $+M$,双排桩基础弯矩的正负号与双柱墩相同;桥墩柱的轴向力以受拉为正,剪力以顺时针方向为正。

1.3.2 不同结构体系的内力分析

在不同结构体系的内力分析中,采取了两种内力组合,其中组合一为自重、二期恒载、人群荷载与汽车-超 20 级荷载的组合;组合二为自重、二期恒载与温度变化的内力组合,挂车组合内力因不控制不再列出。桥型一、桥型二及桥型三的 M 、 N 、 Q 内力组合见图 1-3-1、图 1-3-2、图 1-3-3 所示。

通过三种结构体系的内力对比,可以得出:

桥型一主要控制截面弯矩内力汇总(单位:kN·m)

表 1-3-1

截面号	位 置	自重弯矩	二期恒载	汽车-超 20 级	人群荷载	温升 20℃	温降 30℃	挂车-120
7	(1)跨 l/4	60 656	9 240	16 229	4 601	-630	944	9 202
12	(1)跨 l/2	26 397	3 967	21 140	6 600	-1 537	2 305	10 837
20	1 号墩顶主梁	-392 764	-52 133	-49 963	-19 356	-3 044	4 521	-15 585
24	1 号墩顶主梁	-434 045	-56 729	-61 015	-23 113	851	-1 272	-19 598
61	(2)跨 l/2	114 539	15 366	26 558	8 481	-2 126	3 188	12 860
74	2 号墩顶主梁	-512 095	-65 325	-65 858	-25 722	-5 084	7 665	-19 629
77	2 号墩顶主梁	-502 019	-64 256	-64 012	-25 541	-11 077	16 612	-17 817
112	(3)跨 l/2	101 474	13 984	25 025	7 999	5 638	-8 457	12 106
125	3 号墩顶主梁	-470 064	-60 540	-71 464	-26 991	22 349	-33 521	-23 475
128	3 号墩顶主梁	-490 175	-63 071	-69 119	-26 899	-28 576	-42 857	-21 040
161	(4)跨 l/2	101 865	13 957	22 750	6 942	-4 764	7 147	12 027
174	4 号墩顶主梁	-477 671	-61 334	-67 935	-26 090	29 409	-44 109	-21 503
177	4 号墩顶主梁	-483 729	-62 159	-63 031	-23 571	3 879	-5 811	-21 459
210	(5)跨 l/2	101 632	13 941	22 906	7 020	-3 412	5 117	12 034
34	1 号墩墩顶	47 431	5 161	26 533	9 403	-4 162	6 243	10 115
35	1 号墩墩身底	47 431	5 156	26 533	9 403	-4 162	6 243	10 115
40	1 号墩桩顶	-2 367	-257	-1 328	-471	1 121	-1 682	-506
85	2 号墩墩顶	-11 273	-1 196	-28 436	-10 425	6 699	-10 049	-10 056
86	2 号墩墩身底	-11 274	-1 196	-28 436	-10 425	6 699	-10 049	-10 056
91	2 号墩桩顶	574	60	1 423	522	577	-866	503
130	3 号墩墩顶	-8 098	-1 043	-3 903	-1 487	-6 870	10 306	-1 246
134	3 号墩墩身底	5 894	759	3 283	1 260	6 475	-9 713	1 025
140	3 号墩桩顶	-5 952	-763	-10 171	-3 942	-16 571	24 857	-3 095
179	4 号墩墩顶	-6 145	-795	-4 308	-1 681	-2 789	4 184	-1 290
183	4 号墩墩身底	4 170	540	3 693	1 454	2 642	-3 964	1 072
189	4 号墩桩顶	-1 774	-241	-10 560	-4 164	-6 424	9 635	-3 061

注:上述内力汇总为桥梁部分主要荷载产生的内力,与实际结构的内力汇总值不同,以下各表均同。

桥型二主要控制截面弯矩内力汇总(单位:kN·m)

表 1-3-2

截面号	位 置	自重弯矩	二期恒载	汽车-超 20 级	人群荷载	温升 20℃	温降 30℃	挂车-120
7	(1)跨 l/4	60 514	9 221	16 413	4 695	-1 021	1 532	9 205
12	(1)跨 l/2	26 049	3 921	21 603	6 836	-2 491	3 738	10 844
20	1 号墩顶主梁	-393 434	-52 224	-52 736	-20 811	-4 937	7 348	-15 541
24	1 号墩顶主梁	-435 261	-56 891	-66 376	-25 661	-2 522	3 785	-20 064
61	(2)跨 l/2	115 088	15 439	27 311	8 902	-597	895	12 774
74	2 号墩顶主梁	-509 747	-65 012	-68 483	-27 465	1 351	-2 020	-18 683
77	2 号墩顶主梁	-497 689	-63 682	-70 030	-27 998	813	-1 224	-19 124
112	(3)跨 l/2	99 551	13 734	28 153	9 299	172	-259	12 892

续上表

截面号	位 置	自重弯矩	二期恒载	汽车-超 20 级	人群荷载	温升 20℃	温降 30℃	挂车-120
125	3号墩顶主梁	-478 479	-61 631	-69 954	-28 013	-472	711	-19 315
128	3号墩顶主梁	-482 982	-62 132	-70 556	-28 177	-204	313	-19 247
161	(4)跨 $l/2$	105 489	14 408	30 219	9 906	-69	104	14 195
174	4号墩顶主梁	-507 880	-65 046	-69 979	-28 550	26	-36	-17 906
177	4号墩顶主梁	-508 465	-65 113	-68 020	-28 521	40	-56	-15 696
210	(5)跨 $l/2$	102 205	14 024	30 396	9 954	20	-31	14 292
34	1号墩墩顶	48 040	5 242	27 624	9 926	-2 486	3 730	10 208
35	1号墩墩身底	48 039	5 242	27 624	9 926	-2 486	3 730	10 208
40	1号墩桩顶	-2 397	-261	-1 383	-497	1037	-1556	-511
85	2号墩墩顶	-13 499	-1 491	-31 176	-12 175	578	-867	-9 253
86	2号墩墩身底	-13 499	-1 491	-31 176	-12 175	578	-867	-9 253
91	2号墩桩顶	685	75	1 561	609	884	-1 326	463
137	3号墩墩顶	5 028	561	33 065	12 727	-295	443	10 279
138	3号墩墩身底	5 028	561	33 065	12 727	-295	443	10 279
140	3号墩桩顶	-241	-27	-1 656	-637	927	-1 391	-514
186	4号墩墩顶	-2 789	-321	-32 345	-12 702	51	-76	-9 419
187	4号墩墩身底	-2 789	-321	-32 345	-12 702	51	-76	-9 419
189	4号墩桩顶	149	16	1 620	636	910	-1 365	472

桥型三主要控制截面弯矩内力汇总(单位:kN·m) 表 1-3-3

截面号	位 置	自重弯矩	二期恒载	汽车-超 20 级	人群荷载	温升 20℃	温降 30℃	挂车-120
7	(1)跨 $l/4$	67 957	10 111	14 290	3 888	9 739	-14 608	8 537
12	(1)跨 $l/2$	44 213	6 090	16 282	4 859	23 764	-35 643	8 930
20	1号墩顶主梁	-357 545	-47 936	-48 094	-16 793	46 743	-70 113	-19 330
24	1号墩顶主梁	-469 190	-61 140	-62 846	-23 378	-74 608	111 908	-21 321
61	(2)跨 $l/2$	105 941	14 375	20 911	6 405	-7 805	11 709	10 845
74	2号墩顶主梁	-478 690	-61 046	-63 790	-23 832	84 750	-127 126	-21 519
77	2号墩顶主梁	-494 576	-63 529	-64 536	-24 192	-27 241	40 859	-21 584
112	(3)跨 $l/2$	98 916	13 621	21 319	6 603	-7 418	11 128	10 864
125	3号墩顶主梁	-463 452	-59 605	-64 508	-24 189	58 643	-87 958	-21 510
128	3号墩顶主梁	-481 728	-61 983	-65 244	-24 666	-2 075	3 107	-21 556
161	(4)跨 $l/2$	99 733	13 697	22 530	6 833	-8 944	13 415	12 012
174	4号墩顶主梁	-471 647	-60 598	-64 914	-24 503	41 266	-61 897	-21 506
177	4号墩顶主梁	-476 636	-61 276	-64 984	-24 529	21 071	-31 607	-21 536
210	(5)跨 $l/2$	99 427	13 663	22 582	6 858	-9 230	13 844	12 013
34	1号墩墩顶	-15 063	-1 885	-3 290	-1 203	-13 743	20 614	-1 162
38	1号墩墩身底	11 734	1 464	2 655	978	12 681	-19 022	918

原
书
缺
页

2. 主梁的负弯矩控制截面,对于组合一荷载,三种结构体系的负弯矩相差不大,在组合二中,桥型三的负弯矩明显的更大一些。
3. 对于桥梁的下部结构,桥型二在组合一荷载、桥型三在组合二荷载时要稍大些。
4. 对于轴力的影响,主梁部分桥型三要大一些;桥梁下部结构,则桥型二在桥梁中部几个桥墩的轴力要大些。

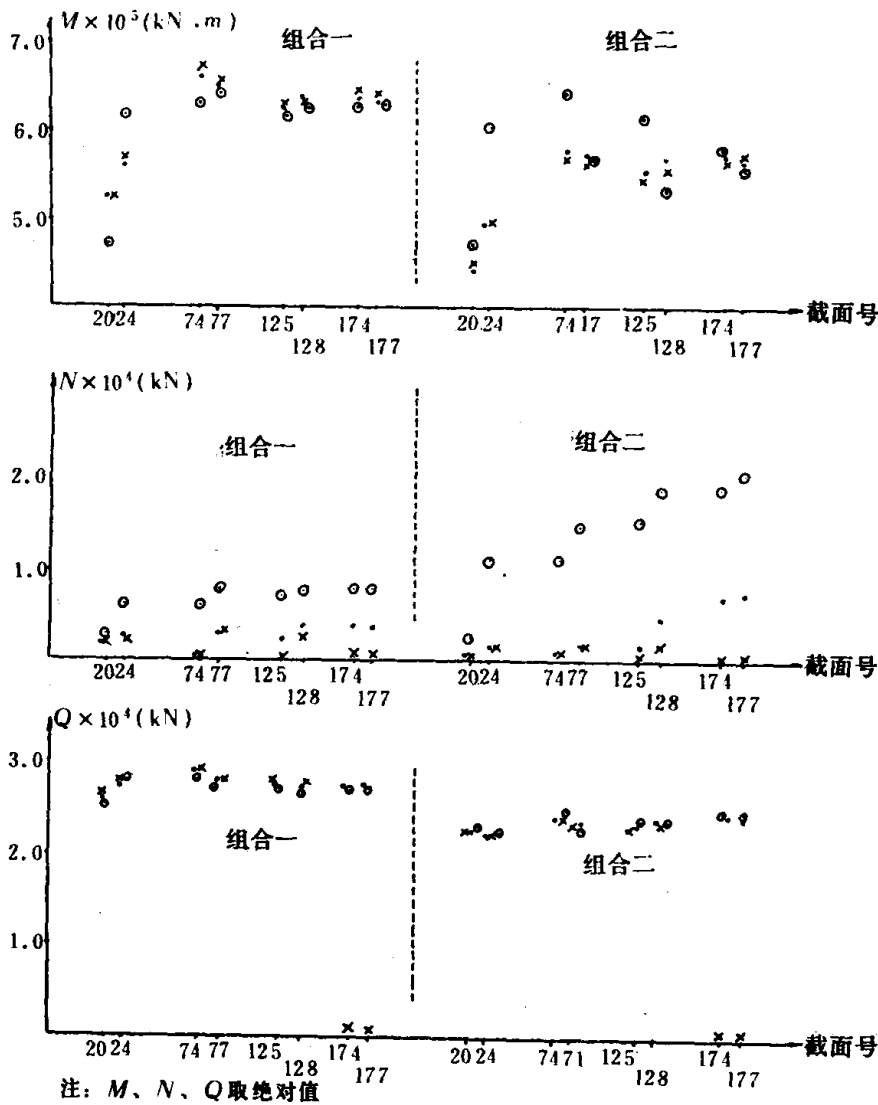


图 1-3-2 桥型一、二、三主梁支点控制截面 M、N、Q 内力比较

5. 主梁正弯矩控制截面的剪力,桥型三在组合二中明显要大些;主梁负弯矩控制截面的剪力,三种不同结构体系的剪力数值相差不大。
6. 桥梁下部结构的剪力,桥型三要大些。
7. 上述连续梁桥的三种不同结构体系内力分析中,无论是弯矩、轴力和剪力,总体上讲,刚构-连续组合梁桥要比连续梁桥及连续刚构桥略小一些。

1.3.3 不同结构体系的位移分析

在结构位移计算中,主要计算了两种位移,一种是主梁最大的竖向挠度,一种是桥墩与桩基的水平位移。表 1-3-4、1-3-5、1-3-6 给出了桥型一、桥型二和桥型三主要控制截面的位移汇总,其中主梁竖向挠度选取主梁跨中截面,桥墩水平位移选取桥墩顶部截面。位移的符号取用:竖向挠度以向下为正;水平位移以向右为正。图 1-3-4 是桥型一、桥型二与桥型三在自重与二

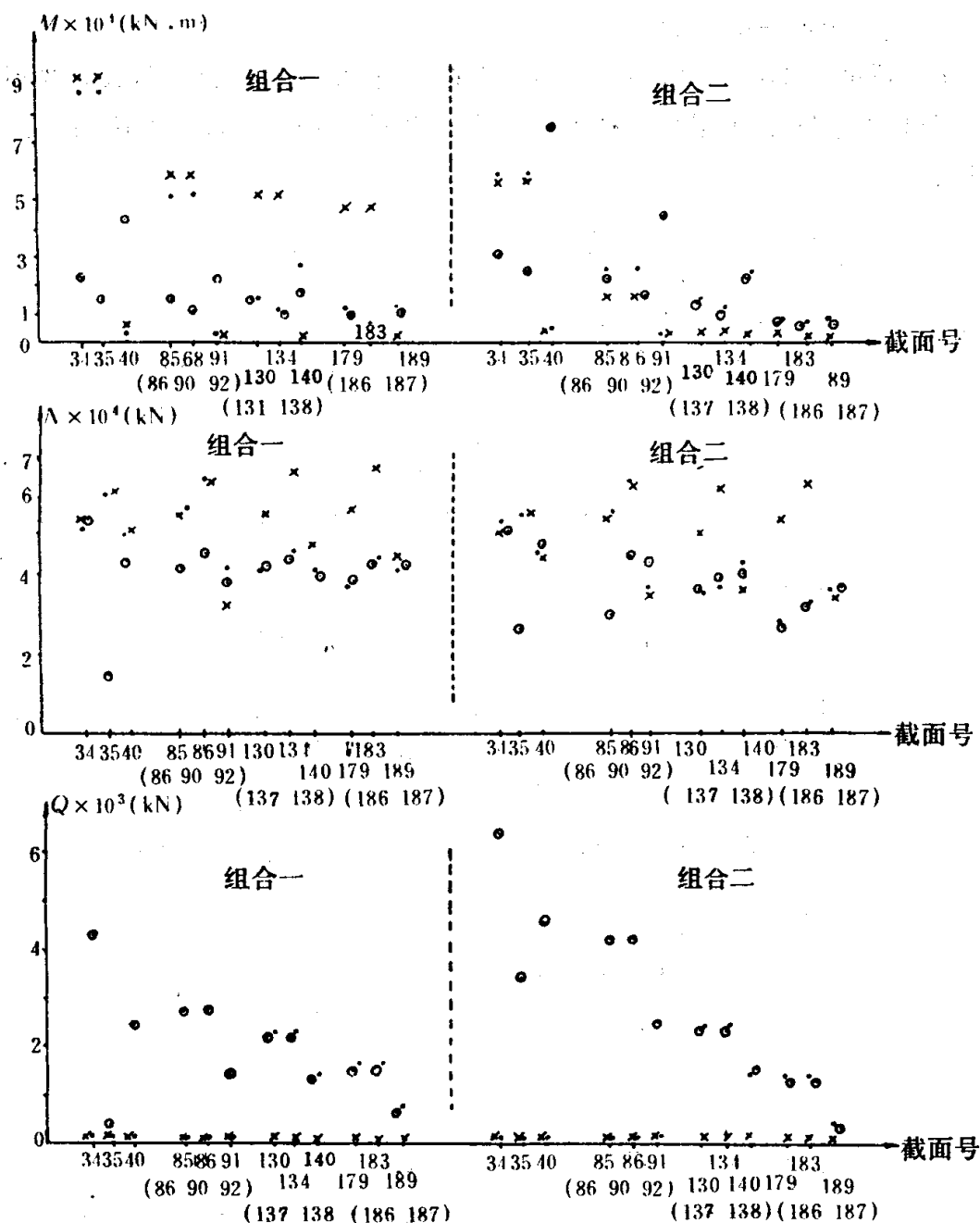


图 1-3-3 桥型一、二、三桥墩控制截面 M 、 N 、 Q 内力比较

期恒载作用下的位移示意图。

三种不同结构体系的位移对比分析见图 1-3-5 所示。在结构位移分析中,分别示出自重、二期恒载、人群荷载与汽车-超 20 级荷载的组合(组合一)和自重、二期恒载与温度变化的荷载组合(组合二)引起的位移,通过对比可以得出:

1. 对于连续刚构桥,两端 $l=75\text{m}$ 边跨的跨中竖向挠度要比桥型一、桥型二的竖向挠度大。
2. 中部 $l=120\text{m}$ 的各跨跨中竖向挠度,在组合一荷载时,连续梁桥要大些;在组合二荷载时,三种不同结构体系的主梁跨中竖向挠度相差不大。
3. 桥墩顶部水平位移,在组合一荷载时,连续梁桥结构体系要大些;在组合二荷载时,连续刚构桥的 33、34、85、86 截面要稍大些,对于 129、130、178、179 截面,则刚构-连续组合梁桥比连续、刚构结构体系略大些。
4. 从三种不同结构体系在主梁跨中竖向挠度和墩顶水平位移的总体分析中可以得出:刚