
桥梁养护工程师培训教材

DEFECTS IN
EXISTING
HIGHWAY BRIDGES

公路旧桥病害与检查

叶见曙 编著



人民交通出版社
China Communications Press

桥梁养护工程师培训教材

公路旧桥病害与检查

Defects in Existing Highway Bridges

叶见曙 编著



人民交通出版社

内 容 提 要

本书从桥梁现场检查工作角度出发,对我国公路旧桥常见的典型表观缺陷和病害的现象特征、产生原因及对桥梁结构使用性能的影响作了较为详细的介绍,主要包括:钢筋混凝土与预应力混凝土梁桥、拱桥和钢桥的上部结构,桥面系,桥梁伸缩装置,支座,桥梁墩台,以及桥梁表观缺陷与病害的检查技术。

本书可供从事桥梁养护管理和桥梁检测的工程技术人员学习使用,也可供从事桥梁设计、施工、监理和管理的工作人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

公路旧桥病害与检查 / 叶见曙编著. —北京:人民交通出版社,2012.9

ISBN 978-7-114-10015-4

I. ①公… II. ①叶… III. ①公路桥—病害—检查—技术培训—教材 IV. ①U448.145.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 193463 号

桥梁养护工程师培训教材

书 名:公路旧桥病害与检查

著 作 者:叶见曙

责任编辑:曲 乐 王文华

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757969,59757973

总 经 销:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京交通印务实业公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:13.5

字 数:320千

版 次:2012年9月 第1版

印 次:2012年9月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-10015-4

定 价:45.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

引起桥梁产生病害的因素很多,包括设计、材料、施工、作用(荷载)、工作条件和所处的环境条件等。很多情况下,见到的病害往往是这些因素中某几个因素共同作用的结果。因此,在桥梁现场检查中,为了正确识别桥梁各种病害和判别其对桥梁结构安全性、使用性及耐久性的影响,除了应具备完善的检查作业方法外,更需要对桥梁常见病害的表现特征和成因有一个清楚的认识和了解,以在具体的检查工作中提高技术质量和工作效率,进而为桥梁结构技术状况和承载力评定、维修加固方案的选择等提供正确的病害资料。

本书从桥梁现场检查的实际需要出发,对我国公路与城市道路旧桥常见的、典型的表观缺陷和病害作了较为系统的介绍。全书共分8章,其中第1章至第3章分别为钢筋混凝土与预应力混凝土梁桥、拱桥和钢桥上部结构构件的表观缺陷与病害;第4章至第6章分别为桥面系、桥梁伸缩装置和支座的表观缺陷与病害;第7章为桥梁墩台的表观缺陷与病害;第8章主要介绍了桥梁表观缺陷与病害的检查技术。

对于每种桥梁的表观缺陷与病害,按表现特征、产生原因、对桥梁使用性能的影响顺序介绍,以使读者能直观看到表观缺陷和病害的表现特征与其产生原因之间的关系。在一些表观缺陷和病害对桥梁使用性能的危害性介绍中,本书参考国内外相关桥梁检测规程及文献,介绍了其严重程度分级,可供工程使用参考。另外,为了便于读者对相关问题有进一步理解,书中还介绍了国内进行相应工程研究的资料,这部分内容用楷体字表达。

刘华博士(中铁大桥南京桥隧诊治有限公司)参加编写了第3章和第6章,张峰博士(山东大学桥梁研究所)参加编写了第5章,叶欣(东南大学成贤学院)参加编写了第4章和第8章。东南大学桥梁与隧道工程研究所研究生马莹、张婷、雷笑、俞博、吴高杰、李海生和付一小参加了资料收集、绘图和文稿文字整理工作。

特别感谢安徽省交通运输厅公路管理局朱新实教授级高工、江苏省交通规划设计研究院夏永明教授级高工、哈尔滨工业大学张树仁教授,感谢他们对本书编写稿提出的宝贵意见和建议。

衷心感谢重庆交通大学周建庭教授、江苏省交通科学研究院张宇峰博士为本书提供了相关的照片资料。

在本书编写过程中,得到了交通运输部公路科学研究所和东南大学桥梁与隧道工程研究所的大力支持,作者参考和引用了国内外相关文献的研究成果和技术资料,在此对书中被引用资料(图片)的作者们一并表示感谢。由于作者水平有限,书中若存在不妥或疏漏之处,敬请读者批评指正。

目 录

第 1 章 钢筋混凝土与预应力混凝土梁桥	1
1.1 结构形式与体系特点	1
1.2 梁体混凝土外观缺陷与病害	7
1.3 梁体裂缝.....	22
1.4 钢筋锈蚀与钢筋锈蚀裂缝.....	40
1.5 混凝土碱—集料反应及裂缝.....	53
1.6 混凝土冻融破坏.....	58
1.7 混凝土集料膨胀反应.....	60
本章参考文献	61
第 2 章 拱桥	63
2.1 体系特点与结构形式.....	63
2.2 圯工拱桥外观缺陷与裂缝.....	67
2.3 双曲拱桥外观缺陷与裂缝.....	72
2.4 桁架拱、刚架拱桥外观缺陷与裂缝	79
2.5 系杆拱桥外观缺陷与裂缝.....	88
本章参考文献	94
第 3 章 钢桥	96
3.1 结构形式与体系特点.....	96
3.2 钢桥结构涂层缺陷与病害	100
3.3 钢桥结构连接部位的缺陷与病害	107
3.4 钢板裂纹	112
3.5 钢杆件伤损	115
本章参考文献.....	116
第 4 章 桥面系	117
4.1 桥面铺装外观缺陷与病害	117
4.2 桥面排水系统外观缺陷与病害	128
4.3 人行道、栏杆及护栏外观缺陷.....	132
4.4 桥头引道外观缺陷与病害	137
本章参考文献.....	139
第 5 章 桥梁伸缩装置	141
5.1 桥梁伸缩装置的功能要求	142
5.2 橡胶条伸缩装置	144
5.3 橡胶组合剪切式(板式橡胶型)伸缩装置	146

5.4	钢制支承式伸缩装置	149
5.5	模数支承式伸缩装置	151
5.6	桥梁伸缩装置有关病害与缺陷检查方法简介	153
	本章参考文献	155
第6章	支座	156
6.1	板式橡胶支座	156
6.2	盆式橡胶支座	160
	本章参考文献	164
第7章	桥梁墩台	166
7.1	结构形式与体系特点	166
7.2	表观缺陷与病害	174
7.3	混凝土桥墩裂缝	183
7.4	混凝土桥台裂缝	186
	本章参考文献	189
第8章	桥梁表观缺陷与病害的检查技术	190
8.1	桥梁病害产生的基本原因	191
8.2	桥梁病害与表观缺陷检查	193
	本章参考文献	207

第1章 钢筋混凝土与预应力混凝土梁桥

钢筋混凝土梁桥为我国公路中小跨径桥梁的主要桥型之一,而预应力混凝土梁桥常用于中、大跨径桥梁中。由于钢筋混凝土和预应力混凝土梁桥受力体系明确,无论是采用预制装配施工方法还是现浇混凝土(整体现浇或节段悬臂现浇)施工方法,施工工艺相对成熟,故在桥梁工程中广泛应用。

本章主要介绍桥梁钢筋混凝土与预应力混凝土梁(板)的表观缺陷、病害及裂缝,而对混凝土桥桥面、伸缩装置、支座和墩台的病害及成因分析分别详见第4章~第7章。

1.1 结构形式与体系特点

1.1.1 简支梁(板)桥

1) 结构形式

钢筋混凝土及预应力混凝土简支梁板桥,即上部结构由两端简单支承在墩台上的承重梁(板)构成的桥梁,它是梁式桥中应用最早、使用最广泛的一种桥型。简支梁属静定结构,且相邻桥孔各自单独受力,故最易设计成各种标准跨径的装配式构件。鉴于多孔简支梁板桥各跨构造和尺寸划一,因而能简化施工管理工作,并降低施工费用。图1-1为简支梁(板)桥基本结构。

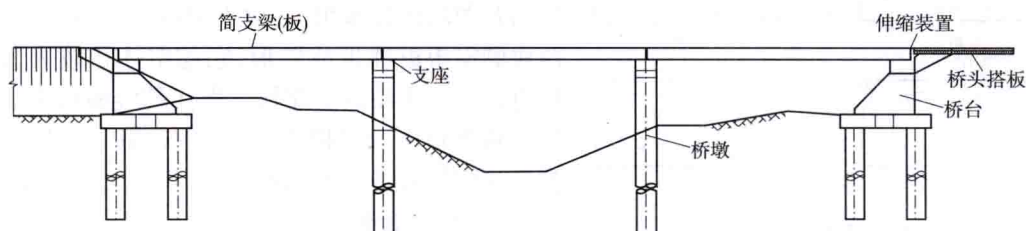


图 1-1 简支梁(板)桥基本结构

钢筋混凝土及预应力混凝土简支梁(板)桥分为简支板桥和简支肋梁桥两类。

(1) 简支板桥

板桥是小跨径钢筋混凝土和预应力混凝土桥中最常用的形式之一,因建成的上部构造的外形像一块板,故习惯称之为板桥,其主要特点是构造简单,施工方便,而且建筑高度较小。从力学性能上分析,钢筋混凝土板位于受拉区的混凝土开裂后,混凝土材料不但不能发挥作用,反而增大了结构的自重,当跨度稍大时就显得笨重而不经济,因而,钢筋混凝土简支板桥的跨径一般只在10m以下。预应力混凝土简支板,由于预应力的作用以及采用高强材料,大大改善了结构使用的工作性能,故在工程上一般常用于10~20m跨径的简支板桥上。

简支板桥按施工方式可分为整体式简支板桥(桥梁上部结构全宽采用整体板)和装配式

简支板桥。

整体式简支板桥上部结构常用的截面形式有矩形整体实心板[图 1-2a)]和整体矮肋板[图 1-2b)]两种。

整体式矩形实心板具有形状简单、施工方便、建筑高度小、结构整体刚度大等优点,一般采用整体板现浇混凝土施工,因此需在桥下搭设满堂支架,施工耗材较多。为了减轻自重,将截面受拉区稍加挖空做成矮肋式的板截面。整体式简支板可以灵活用于小跨径的斜板和异形板桥中。

装配式简支板桥的截面形式有装配式矩形实心板截面[图 1-3a)]和装配式矩形空心板截面[图 1-3b)]两种。

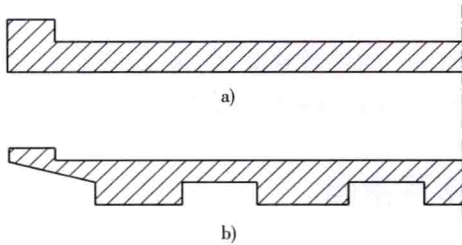


图 1-2 整体式简支板常用截面形式

a)整体实心板;b)整体矮肋板

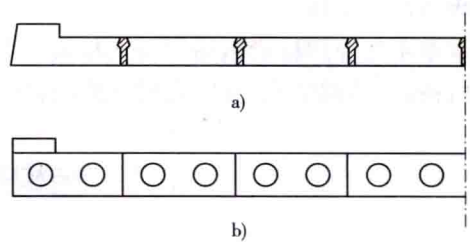


图 1-3 装配式简支板常用截面形式

a)实心板;b)空心板

装配式空心板截面中间挖空形式很多,图 1-4 为几种公路桥梁常用的空心板截面形式。挖成单个较宽的孔洞,其挖空体积最大,块件质量也最轻,但在顶板内要布置一定数量的横向受力钢筋。图 1-4a)的顶板略呈微弯形,可以节省一些钢筋,但模板较图 1-4b)要复杂些。图

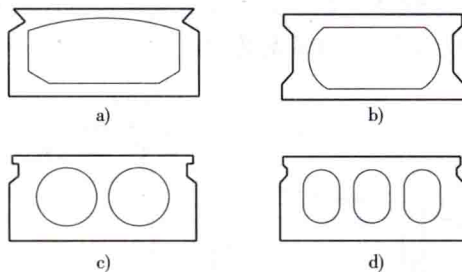


图 1-4 空心板常用截面形式

1-4c)挖成两个正圆孔,当用无缝钢管作芯模时施工方便,但其挖空率较小。图 1-4d)的芯模由两个半圆及两块侧模板组成,对不同厚度的板只要更换两块侧模板就能形成空形,它挖空体积较大,适用性也较好。采用高压充气气囊代替金属或木芯模,尽管具有制作及脱模方便的优点,但是,形成的内腔形状因气囊变形不如模板好,且施工中易发生气囊上浮,定位困难。

采用先张法预应力混凝土板时,具有预制台座的有效利用率高等优点,故应用较为广泛。

(2) 简支肋梁桥

简支肋梁桥的上部结构由主梁、横隔梁和桥面板等部分组成。主梁是桥梁的主要承重构件,横隔梁保证各根主梁相互结成整体,以提高桥梁的整体刚度;主梁的上翼缘构成桥面板,组成行车(人行)的平面,承受车辆(人群)荷载的作用。

简支肋梁按截面形式分为 T 形梁、I 字形梁和 II 形梁。

图 1-5a)为钢筋混凝土 T 形梁桥上部结构的典型横截面。因配筋多采用焊接钢筋骨架,故梁肋为矩形截面。图 1-5b)为预应力混凝土 T 形梁的横截面。梁肋下部作成马蹄形,以便布置预应力钢筋和承受预压应力。图 1-5c)和 d)为预制预应力混凝土 T 梁的翼板和横隔板采用现浇混凝土横向联结形成上部结构的示意图。工程界一般把图 1-5e)和 f)所示的预制装配

组合式肋梁统称为 I 形组合梁。

2) 受力特点

在竖向荷载作用下[图 1-6a)], 简支梁(板)截面产生相应的弯矩[图 1-6b)]和剪力[图 1-6c)], 同时产生相应的梁(板)下挠变形[图 1-6d)]。多跨简支梁(板)中, 相邻各跨梁(板)各自单独受力, 且结构内力不受支座不均匀沉降的影响。

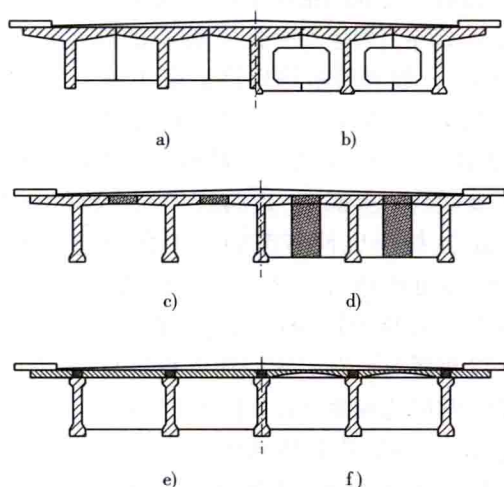


图 1-5 装配肋梁式简支梁桥截面形式

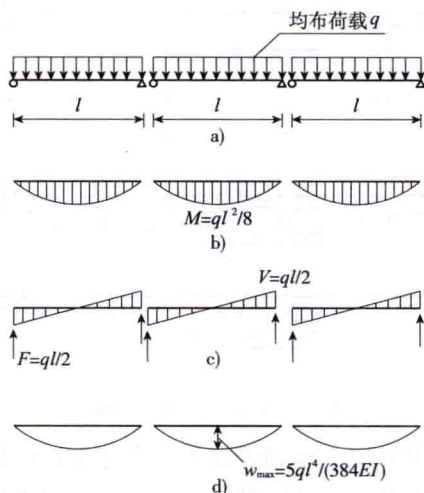


图 1-6 简支梁在均布荷载作用下内力及变形图

在桥梁正常使用状况下, 钢筋混凝土简支梁(板)是带裂缝工作的, 但是裂缝宽度不得超过限值。而预应力混凝土简支梁(板)视设计要求而定: 对全预应力混凝土构件和部分预应力混凝土 A 类构件, 不应出现梁(板)的受力裂缝; 对部分预应力混凝土 B 类构件, 允许出现弯曲裂缝, 但裂缝的最大宽度也不得超过相应的限值。

在桥梁的使用阶段, 钢筋混凝土和预应力混凝土简支梁(板)会产生下挠变形, 但不应超过设计计算值; 尽管桥梁支座(含有桥梁墩台基础)不均匀沉降对钢筋混凝土和预应力混凝土简支梁(板)的结构内力没有影响, 但由于桥梁的墩台基础引起的支座不均匀沉降过大时, 会影响桥面的使用性能, 甚至造成梁(板)端部区域局部损伤, 因而桥梁墩台基础的不均匀沉降差值不得大于设计规范要求。

由于简支梁(板)是静定结构, 混凝土收缩和徐变对预应力混凝土简支梁(板)的影响主要是预应力损失和梁(板)的长期变形。

1.1.2 连续梁(板)桥

1) 结构形式

随着交通运输特别是高等级公路的迅速发展, 要求行车平顺舒适, 多伸缩缝的静定梁桥就不能满足这个要求, 而超静定结构的连续梁桥具有结构刚度大、变形小、伸缩缝少和行车平稳、舒适等突出优点, 同时, 工程上对桥梁跨径增大、减小下部结构和基础施工工程量的需求以及曲线梁桥建设, 使得连续梁桥得以迅速发展。

钢筋混凝土连续梁桥的适用跨径为 15 ~ 30m, 当跨径进一步增大时, 结构自重产生的弯矩

迅速增大,使得钢筋混凝土连续梁梁体混凝土易开裂。因而,在中、大跨径的连续梁桥中广泛采用预应力混凝土连续箱梁。

预应力混凝土连续梁可以根据跨径大小、桥位和工程现场情况而采用先简支后连续、在支架上整体现浇混凝土以及节段悬臂浇筑(拼装)混凝土等施工方法。

(1) 连续板桥

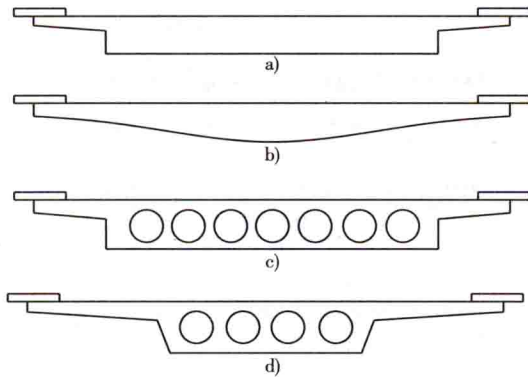


图 1-7 常用连续板桥截面图

用装配式预制混凝土梁来建造连续板桥,在施工中,不仅需要桥纵向板受力体系转换,而且还需要进行各板横向连接形成上部结构整体。因而,材料用量一般比整体式要多,而且整体性也差一些。

在立交工程中,特别是高架桥上,也有用整体式连续板桥的。除了纵向设计成变截面外,沿横向往往也可做成厚度变化的单波或双波截面的板桥;用单根墩柱支承或用 Y 形墩支承,如图 1-8 所示,以增大桥下净空,少占用土地,形成优美的造型,但施工难度较大。

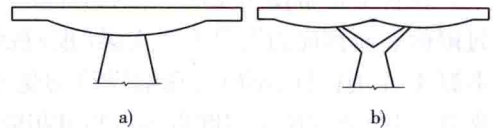


图 1-8 城市高架板桥纵断面图

(2) 连续梁桥

钢筋混凝土连续梁桥跨度不大时,通常采用多梁式 T 形截面,T 形截面一般采用矮 T 形截面带宽翼板的结构形式[图 1-9a)],也可采用宽外翼板的 II 形梁[图 1-9b)]。当需要采用箱形断面时,也是低矮的多室箱[图 1-9c)],很少采用宽的单室箱。在图 1-9 中, b_1 为梁跨中截面肋宽, b_2 为支点区段梁截面肋宽, $b_2 > b_1$ 。

预应力混凝土箱形梁在大跨径连续梁桥中已普遍使用,由于闭口的箱形截面具有很大的抗扭刚度和横向抗弯刚度,对弯桥和斜桥也很有利。图 1-10a)是装配式小箱梁(多梁式)的典

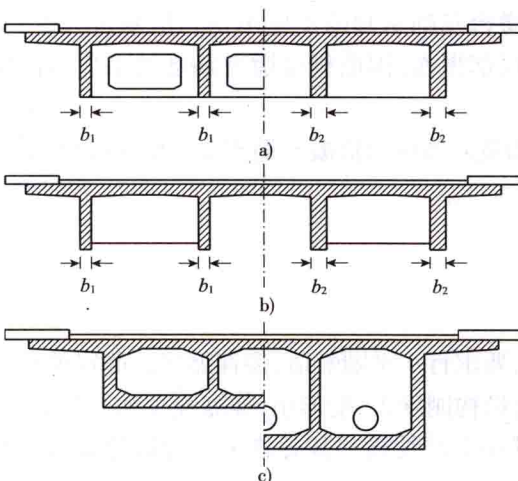


图 1-9 钢筋混凝土连续梁典型横断面图

型截面,图 1-10b)是装配式组合箱梁(多梁式)的典型截面;图 1-10c)是由 I 字梁拼装成的多室箱梁横截面;图 1-10d)是整体箱梁截面(直腹板)。连续箱梁截面一般有单箱单室、单箱双室、单箱多室等,图 1-11 为斜腹板箱梁截面示意图。

在直桥上,箱梁的跨中处一般可不设横隔板;在弯、斜桥中,箱梁的端横隔板一般比直桥的厚,此外,箱梁跨中也宜设横隔板。

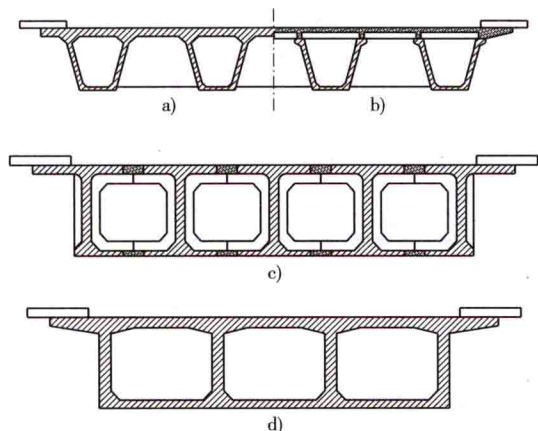


图 1-10 箱梁截面形式

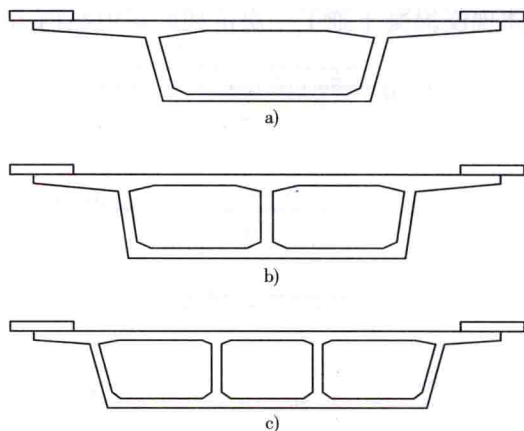


图 1-11 斜腹板箱梁截面形式

2) 受力特点

在竖向荷载作用下,连续梁的受力基本特点是梁截面上产生的弯矩和剪力沿本联连续梁全长产生连续不断的效应,一跨梁受到竖向荷载作用,相邻跨及本联其余各跨均有影响(图 1-12)。由图 1-12 可见,在竖向荷载作用下跨间为正弯矩,弯矩峰值较同样跨径的简支梁小,但中间支点的反力增加;在中间支点的梁段出现负弯矩;竖向荷载作用跨的跨中下挠值较同样跨径的简支梁小,且相邻跨梁出现向上变形。

连续梁为超静定结构,预应力混凝土连续梁除恒载和车辆、人群等作用会在截面产生内力外,预加力、混凝土收缩和徐变、支座及墩台基础不均匀沉降、温度变化(主要是温度梯度作用)都会在截面上产生次内力。由于次内力是由连续梁的次反力引起的,故连续梁的截面次弯矩在跨间是直线变化。图 1-13 为两等跨布置直线预应力钢束的预应力混凝土连续梁,由预加力 N_p 作用产生的截面内力,其中 M_1 为初弯矩,初剪力 V_1 为零; M_2 和 V_2 分别为次弯矩和次剪力; M_N 和 V_N 分别为预加力在连续梁截面产生的总弯矩和总剪力, $M_N = M_1 + M_2$, $V_N = V_1 + V_2$ 。

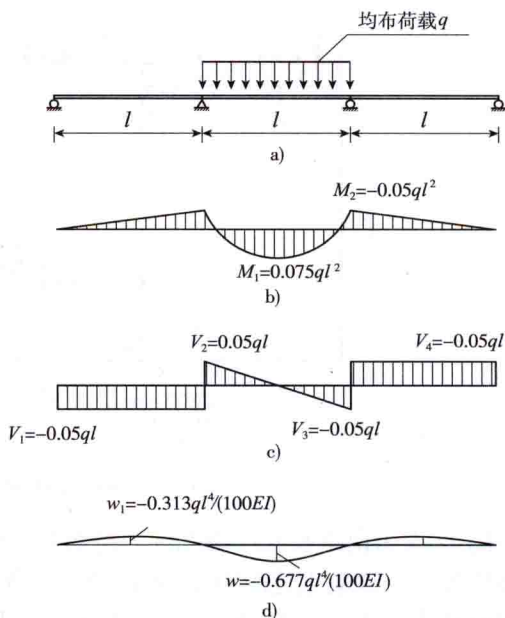


图 1-12 等截面连续梁在均布荷载作用下的内力及变形图

预应力混凝土连续梁成桥状态结构内力(恒载内力)与桥梁采用的施工方法和施工顺序有关,特别是分段施工方法。采用整体现浇混凝土施工一次落架的连续梁,其成桥结构恒载内力与施工过程无关^[22],但分段施工方法为悬臂现浇(拼装)混凝土施工法、逐段施工法和逐跨施工法的成桥结构恒载内力与整体现浇混凝土施工一次落架的恒载内力相差较大,而逐跨施工法(必须选择恒载弯矩零点为接缝)和顶推施工法的成桥状态结构内力与整体现浇混凝土施工一次落架的梁恒载内力相近。

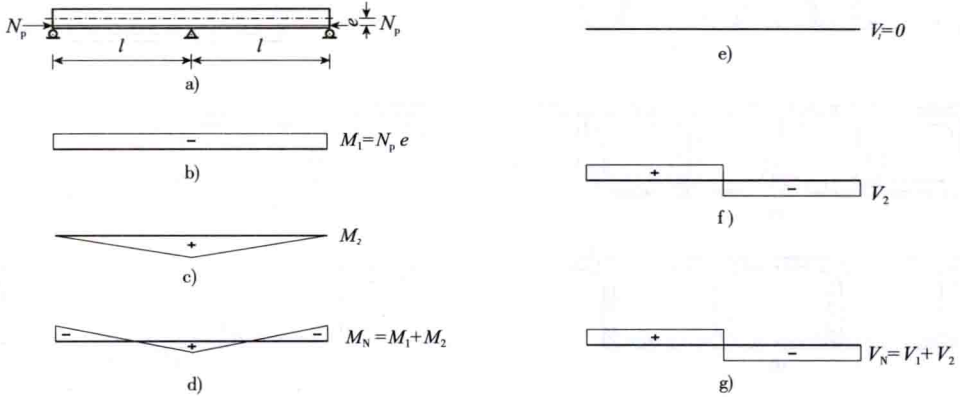


图 1-13 预应力引起连续梁截面的次内力与总内力图

变截面预应力混凝土连续梁在中间支座附近的梁高度增大,会降低梁跨中的弯矩^[1](图 1-14)。同时,在中间支座附近的变高度梁段,由于弯矩的作用,会在梁截面产生附加剪应力。

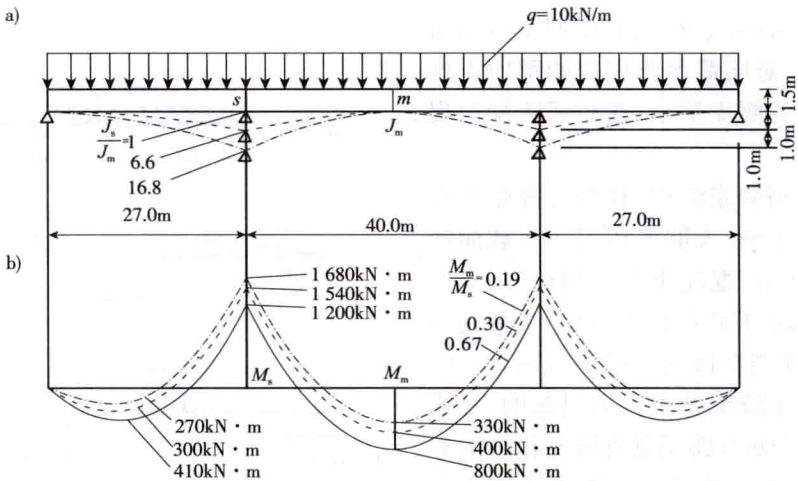


图 1-14 三跨连续梁惯性矩变化对梁弯矩的影响^[1]

图 1-15 为南京长江二桥北汊大桥照片。图中远处为北汊大桥主跨 $90\text{m} + 3 \times 150\text{m} + 90\text{m}$ 变高度预应力混凝土连续箱梁,采用节段悬臂现浇混凝土施工方案建造。而图中近处为北汊大桥引桥 $7 \times 50\text{m}$ 的等高度预应力混凝土连续箱梁桥,旱地桥跨采用满堂支架现浇混凝土施工,水中桥跨采用移动模架法现浇混凝土施工建造。



图 1-15 南京长江二桥北汉大桥连续梁全景

1.2 梁体混凝土表观缺陷与病害

1.2.1 表观缺陷

1) 蜂窝

(1) 表现特征

由于梁体混凝土表面局部酥松,水泥浆少,骨料之间存在空隙没有有效地填满水泥浆,因而形成蜂窝状的孔洞现象(图 1-16)。

在钢筋混凝土与预应力混凝土梁板体表面,形成的蜂窝往往还伴随着钢筋外露(图 1-17)。

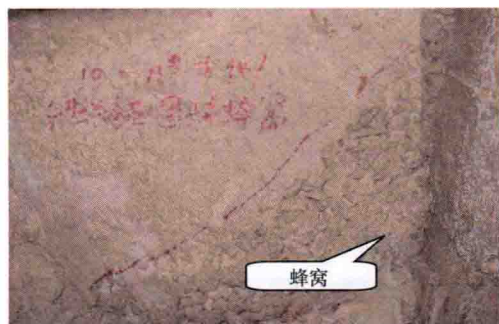


图 1-16 梁体混凝土蜂窝



图 1-17 梁体混凝土蜂窝与露筋

(2) 产生原因

梁体混凝土出现蜂窝这种表观缺陷,主要是桥梁施工中控制不严造成的,具体原因如下:

- ①浇筑梁体混凝土施工时,混凝土振捣不实或漏振;
- ②模板空隙未堵好或模板支设不牢固,振捣混凝土时模板移位,造成严重漏浆而形成蜂窝;
- ③混凝土保护层设置不足,钢筋紧贴模板,混凝土无法包裹钢筋造成蜂窝及露筋。

(3) 对桥梁使用性能的影响

出现蜂窝现象表明梁体混凝土局部不密实且强度低,空气中的水汽及二氧化碳等易通过其进入混凝土内部,促使混凝土碳化及钢筋锈蚀,加速梁体混凝土劣化,影响梁体混凝土耐久性,当有露筋现象时情况更严重。



图 1-18 麻面

2) 麻面

(1) 表现特征

梁体混凝土表面局部缺水水泥浆且仅有细集料、粗集料的粗糙面,或者表面有许多麻点小凹坑的现象。一般情况下,钢筋未外露(图 1-18)。

(2) 产生原因

产生麻面的原因主要是梁体混凝土施工技术粗糙造成的,可能的原因如下:

- ①混凝土配合比不合理,水灰比过大或过小;
- ②模板表面粗糙或清理不干净,拆模时混凝土

表面被黏损而出现麻面;

③木模板浇筑混凝土前没经过湿润或湿润不够,浇筑混凝土时与模板接触的那部分混凝土,水分被模板吸去,使其表面失水过多出现麻面;

④钢模板隔离剂涂刷不均匀或局部漏刷,混凝土表面被黏损而形成麻面;

⑤模板接缝拼装不严密,浇筑时漏浆,混凝土表面沿板缝位置出现麻面;

⑥泵送混凝土气泡多,若未对混凝土进行二次振捣,气泡未消散,一部分气泡停留在模板表面形成麻点。

(3) 对桥梁使用性能的影响

混凝土麻面为混凝土表面的缺陷,对结构受力影响不大,但局部混凝土内缺水水泥浆,影响其耐久性和混凝土梁体外观。

3) 空洞

(1) 表现特征

混凝土空洞是指深度超过钢筋的混凝土保护层且没有集料和水泥浆的内部空穴。从外观上看,其表面可能与其他密实混凝土无多少差异,其中有的是在施工中已经修补过的(图 1-19),但用小铁锤敲击时会有空洞声。

另外,深度较浅的空洞可能会出现外壳混凝土剥离,使钢筋和空洞外露(图 1-20)。

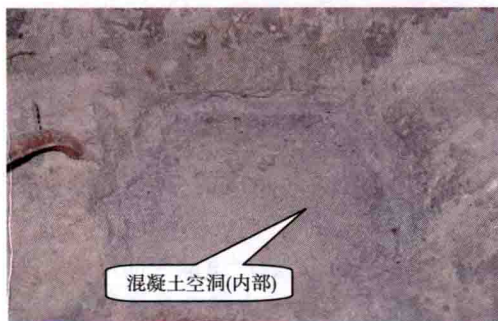


图 1-19 混凝土空洞

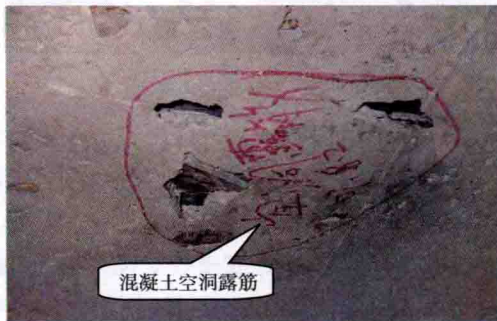


图 1-20 混凝土空洞露筋

(2) 产生原因

在梁体或某些部位,钢筋布置密集,钢筋间距过小,使混凝土粗集料被卡住,仅有少量拌和料(砂浆)下落,加之未能充分振捣混凝土,甚至漏振而形成空洞。

钢筋与侧模板之间净距偏小,也会同样造成钢筋与侧模板之间的混凝土空洞。

(3) 对桥梁使用性能的影响

混凝土空洞的存在削弱了结构的有效截面,对结构受力有影响。

4) 露筋

(1) 表现特征

在钢筋混凝土梁体上,主要是其受力主筋或箍筋没有被混凝土包裹而外露面(图 1-21)。

在预应力混凝土梁体中,一般是其非预应力钢筋外露面(图 1-22)。

(2) 产生原因

露筋现象的产生主要在于梁体或构件的混凝土浇筑施工操作不当,具体的原因可能如下:

- ①混凝土浇筑时,振捣器碰撞钢筋,使钢筋垫块移位,造成钢筋紧贴模板或钢筋被移位,致使拆模后露筋;
- ②未设混凝土保护层厚度垫块,或垫块脱落,造成钢筋紧贴模板;
- ③结构断面较小,钢筋过密,混凝土水泥浆不能填满钢筋周围,使该处产生露筋;
- ④因配合比问题或现场自由倾落混凝土拌和料时垂直高度超过限值,造成混凝土产生离析,浇捣部位缺浆或沿模板缝隙严重漏浆,造成露筋。

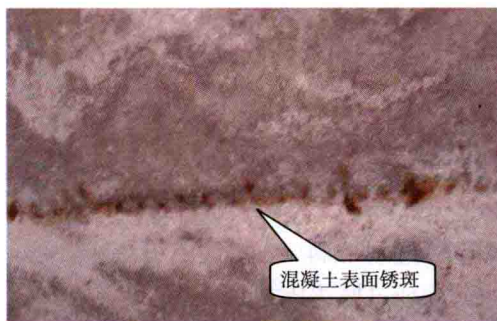


图 1-21 混凝土表面锈斑



图 1-22 钢筋外露锈蚀

(3) 对桥梁使用性能的影响

露筋的出现极易产生钢筋锈蚀,并引起钢筋锈蚀裂缝和混凝土剥离。

5) 缝隙夹层

(1) 表现特征

混凝土内存在的,并在构件表面呈现水平方向或垂直方向的松散混凝土夹层(图 1-23)。常出现在整体现浇构件的施工缝、悬臂施工节段箱梁接缝等位置,外观可见混凝土结合不好,常有缝隙或夹有杂物。

(2) 产生原因

混凝土的缝隙夹层主要是在桥梁施工期间产生的,可能的原因如下:

- ①在浇筑混凝土前,没有认真处理好施工缝表面,没有充分湿润已结硬混凝土面,与之接触部分的新浇筑混凝土水分被已结硬混凝土吸收,造成新浇筑混凝土水分流失而形成缝隙夹层;
- ②对施工部位的新浇筑混凝土振捣不够;
- ③对空心板等有内模施工的空心混凝土结构,浇筑其底板混凝土是从内模两外侧进入且

无法进行混凝土振捣,由内模两侧进入的混凝土在底部相汇处极易产生混凝土缝隙夹层;

④已结硬混凝土的施工缝表面的施工杂物未加以清理,连续浇筑新混凝土使之形成混凝土的缝隙夹层。

图 1-24 所示为桥墩墩柱与盖梁之间的缝隙夹层照片,由图 1-24 可见,在交界处其施工杂物未清理,造成交界处混凝土缝隙夹层的形成及进一步的混凝土开裂。



图 1-23 箱梁顶板缝隙夹层



图 1-24 墩柱与盖梁交界处的混凝土缝隙夹层

(3) 对桥梁使用性能的影响

缝隙夹层成为结构或构件混凝土开裂的薄弱环节。

6) 剥落

(1) 表现特征

构件混凝土表面水泥砂浆层流失而造成集料外露的现象。

(2) 产生原因

①施工方面,由于与模板面相平行方向的泌水,造成混凝土拌和料中细颗粒离析;模板不吸水,施工时温度低,拌和物泌水性大及细集料不足,浇筑速度过快或过振,构件混凝土表层品质较差。

②桥梁营运期间,桥梁的混凝土构件直接被雨水冲刷部分出现表面混凝土水泥浆流失。图 1-25a) 为一座使用了 25 年的双曲拱桥主拱圈边肋表面出现的混凝土剥落现象,现场观察到主拱圈边肋的外表面及在其上的拱板混凝土上表面,因直接受到雨水冲刷而出现表面水泥砂浆剥落流失,粗集料外露的现象。图 1-25b) 为一座钢筋混凝土板梁桥的板表面大面积剥落现象,剥落面上粗集料外露。



a)



b)

图 1-25 混凝土表面剥落

(3)对桥梁使用性能的影响

剥落对构件混凝土耐久性有较大影响。剥落按水泥砂浆流失程度^[10]可分为轻度剥落(水泥砂浆流失深度小于6mm,已可见到集料),中度剥落(水泥砂浆流失深度达到6~12mm,集料间水泥砂浆已流失),重度剥落(水泥砂浆流失深度达12~15mm,集料完全暴露)和严重剥落(水泥砂浆与集料均流失,且深度达到25mm以上,钢筋已完全暴露)。

7) 预制板间铰缝混凝土不密实与破坏

(1) 表现特征

预制装配式钢筋混凝土和预应力混凝土空心板间铰缝内混凝土不密实,在车辆荷载作用下,桥面出现沿铰缝位置的纵向裂缝和破坏(图1-26),铰缝下端封缝混凝土脱落的破坏现象(图1-27)。



图1-26 铰缝破坏导致桥面铺装的纵缝与破坏



图1-27 板缝混凝土脱落

(2) 产生原因

①空心板采用了浅铰缝[图1-28a]。现浇铰缝混凝土本身数量少且高度不大,施工中难以振捣,混凝土不密实甚至不饱满,实际强度低,同时相邻空心板外侧面之间的缝窄而深,人工振捣混凝土困难,粗集料无法进入,仅有少量水泥砂浆流入。在车辆荷载作用下,铰缝混凝土易被破坏,其下部封缝混凝土脱落。

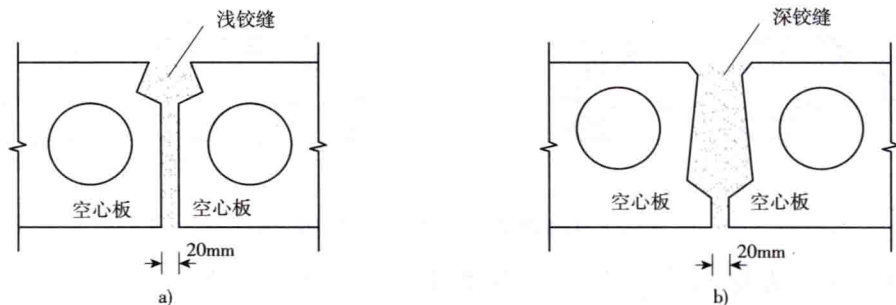


图1-28 空心板铰缝形式示意图

与浅铰缝相比,深铰缝[图1-28b]构造有较大改善,但仍出现了铰缝混凝土脱落的缺陷。主要是铰缝混凝土仍采用普通混凝土或小石子混凝土,水灰比不大,由于深铰缝中还设置了较多的钢筋,现浇铰缝混凝土振捣困难,致使铰缝内混凝土不密实,甚至有较大空隙,实际强度达不到与预制空心板混凝土强度一致的要求。加之浇筑混凝土后养生不到位,会产生许多混