

现有桥梁抗弯加固技术比较与选择

方明准¹, 李圣慧²

(1.苍南县交通局, 浙江温州 325800; 2.上海市市政工程设计研究总院, 上海市 200092)

摘要:该文对现有桥梁抗弯加固技术进行了总结,介绍了加固原理及施工工艺,对各技术的特点与适用范围进行了比较,同时给出了一些桥梁抗弯加固工程实例。在桥梁加固工程方案选择时,应根据所加固桥梁的结构形式、损伤特点,从适用性、经济性、可行性、耐久性等多个角度进行比较,做出科学、合理的决策,从而取得最好的社会效益和经济效益。

关键词:桥梁; 混凝土; 抗弯加固; 加固技术

中图分类号:U445.72 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2007)02-0035-04

0 前言

随着中国经济的飞速发展,交通运输出现了重载、高速、大流量现代运输结构的发展趋向,公路运输在整个运输体系中占有的比重越来越大。而桥梁是道路的咽喉,现有桥梁(即旧桥)的结构性能、质量状况具有极其重要的地位,但根据公路管理部门大量调查结果分析,现有桥梁存在两大方面的问题:一方面,相当一部分桥梁服务期限已有20~30 a,梁体已出现混凝土破损、剥落、钢筋锈蚀、产生裂缝的现象,桥梁承载能力受到影响;另一方面,由于现在交通量增多,车辆载重增大,部分桥梁承载力明显不足,急需采用加固措施提高其承载力以适应交通需要。全国每年花费在针对桥梁的换梁、日常维修、加固等方面的资金相当可观,加固旧桥将是桥梁工程界一个非常迫切的任务。

目前,针对现有桥梁抗弯承载能力的不足,我国桥梁界的广大工程技术人员进行了大量的研究

工作,并提出了许多切实可行的加固方法,这些方法包括:加大截面法加固、改变结构体系加固、粘钢加固、焊接补筋加固、体外预应力加固、纤维增强复合材料加固等[1]。这些技术有着各自的适用条件和结构类型,在某些特定条件下,具有一定的适用优势。本文对这些加固方法的关键技术及优缺点进行了比较分析,并给出部分加固方法的应用实例。

1 现有桥梁抗弯承载力加固技术

1.1 加大截面法

加大截面法加固是在原桥结构基础上再浇筑一定厚度(或宽度)的钢筋混凝土,增大受弯构件的截面高度(或宽度)及钢筋面积,该方法是对钢筋混凝土桥加固的一种最传统的加固技术。根据加大截面的位置,可以分为顶部加强和底部加强两种情况。顶部加强即采用加厚桥面板或加强铺装层的方法,对混凝土受压区进行补强,增加受压区混凝土的面积及梁的有效高度,从而达到提高刚度、承载力的目的。对于I型或T型梁桥,可选用底部加强,即在梁底加大主梁腹板的高度或在梁侧加大腹板的宽度,并增加纵向受拉钢筋的面

收稿日期:2006-12-08

作者简介:方明准(1971-),男,浙江温州人,工程师,从事桥梁设计工作。

积,桥梁稳定的控制因素为纵向刚度,二阶失稳模态均为梁体扭转失稳。桥梁采用双墩固结明显增加了桥梁纵向刚度,提高了桥梁稳定性,增加了安全储备。

5 结论

根据鞍山路CC3#桥梁的计算分析结果,可以得到以下几点结论与建议:

(1)桥梁在第一施工阶段完成后具有足够的稳定特征值,桥梁分为两个阶段施工是安全可行的,分段长度合理。

(2)相比单墩固结,桥梁采用双墩固结优势明

显,在运营阶段安全储备更为充足。

(3)桥梁设计中采用双墩固结合理,支座预偏心设置大小合适。

(4)墩梁连接方式对曲线桥梁的稳定性影响很大,曲线桥半径、支座偏心值、宽跨比、墩柱刚度等对曲线桥的稳定性影响,需要进一步研究分析。

参考文献:

- [1]姚玲森.曲线梁[M].北京:人民交通出版社,1989.
- [2]邵容光,夏淦.混凝土弯梁桥[M].北京:人民交通出版社,1996.
- [3]李国豪.桥梁结构稳定与振动[M].北京:中国铁道出版社,1992.

积。此方法关键是必须保证新旧混凝土良好的结合,应将混凝土结合面凿毛洗净,或埋设钢筋剪力键,该方法工艺成熟,对截面刚度提高非常有效,承载力提高也较明显,并且计算简单,可参照普通混凝土构件。

作为最为传统的加固技术,其具有以下特点及适用条件:

(1)工艺简单,适用面广、计算方法成熟。

(2)刚度、承载力提高效果显著。

(3)自重增加、降低桥下空间、施工周期长、施工空间大、湿作业时间长、影响交通。

(4)由于加厚部分使桥梁自重和恒载增加较多,因此只适用于较小跨径并对空间要求不高的板梁桥、T形梁桥的加固。

1.2 改变结构体系

改变结构体系加固是在原桥结构增设附加构件或者进行技术改造,改变原桥梁的受力体系或传力途径,使得结构受力变得更加合理,达到加固的目的。

常用的措施有以下几种:

(1)连续加固法:简支体系改变为连续体系,将多跨简支梁在支座连接处连接成整体,减小荷载作用下跨中弯矩和挠度,提高原桥的承载能力。

(2)减小跨径法:在桥梁跨径范围内增设支架或桥墩,减小跨径,使简支梁变为组合结构或连续梁。

(3)结构变换法:将原梁式结构通过构件的增设,转变为拱式结构或斜拉结构,例如文献[2]报道了一座梁式桥改建成斜拉桥的成功案例见(见图1),原桥为主跨138m的预应力混凝土悬臂箱梁桥,随着时间的变化,存在箱梁剪切裂缝及跨中悬臂严重下挠问题,通过在该桥主跨原支点处安装桥塔,从桥塔至主跨跨中锚固斜拉索,成功对该桥进行了体系转换加固,减小了原结构的挠度、提高了承载能力,加固后桥类似于部分斜拉桥结构。

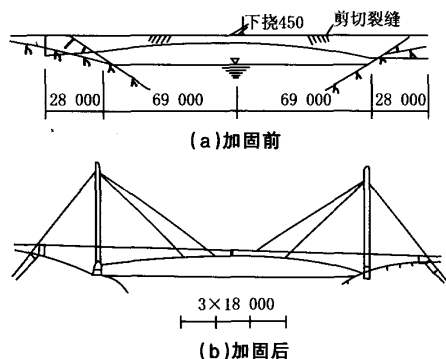


图1 加固前、后的体系转换(单位:mm)

改变结构体系加固一般对结构体系有着重大的改变,其具有以下特点及适用条件:

(1)承载力提高大、结构内力通常有着根本性的变化。

(2)施工复杂,工程量较大,只有在较复杂的情况下,才可考虑结构体系转换。

(3)适用于超重车辆通行情况的临时加固以及承载力提高较大的情况。

1.3 粘钢加固

粘贴钢板法就是采用环氧树脂或建筑结构胶,将钢板粘贴在钢筋混凝土结构物的受拉缘或薄弱部位,与既有结构形成整体,以提高和增强原刚度、限制裂缝的进一步扩展,从而达到提高桥梁承载力的目的。粘钢加固中的粘结钢板,与原钢筋一起承担外荷载的作用,在加固设计时,粘结钢板可以换算为钢筋面积,用以承受新增荷载的作用,计算比较简单。粘钢加固的关键是保证粘结钢板与原桥梁受弯构件的整体性,确保在构件极限承载力以前不会发生粘结钢板与混凝土胶结面之间的粘结破坏或锚固长度不足的粘结破坏。

粘钢加固新技术与传统的加固技术相比,具有以下优缺点及适用条件:

(1)施工简便、周期短、不改变截面尺寸、不增加重量。

粘钢加固施工工艺简单,施工所需的场地,空间较小,不需要大型施工器具,施工速度快,对桥面交通影响较小,加固钢板所占空间小,基本不改变截面外形尺寸及原有净空,对结构的美观影响较小,加固后原结构的截面和重量增加甚微,也不需要建筑物的基础及其它部位进行连锁加固或补强。

(2)加固效果显著、工艺成熟、经济合理。

具有良好的强度、刚度,加固梁具有良好的延性,结构承载力提高较大,加固效果显著,粘钢加固已经经历了一定的发展阶段,工艺较为成熟,耗用材料较少,是一种经济合理的抗弯加固方法。

(3)较差的抗腐蚀性能、抗疲劳性能、易发生粘结破坏。

粘钢加固由于外贴材料为钢材,其耐潮湿及耐化学腐蚀性较差。在车辆反复荷载的作用下,胶结材料的抗疲劳性能较差,在桥梁加固中,必须严格控制胶结材料的施工工艺,同时,需要依赖锚固措施方可保证粘贴牢固,除考虑足够的锚固长度外,为避免钢板在自由端脱胶拉开或混凝土保护层撕裂,端部可用夹紧螺栓固定或设置U形箍板等,并在粘结钢板上按一定的间距用螺栓固定,

确保钢板与混凝土之间的共同工作。

(4) 适用范围及条件。

粘钢加固的优缺点决定了其适用范围及条件。粘钢加固常适用于因桥梁设计疏忽、施工不当或钢筋腐蚀等引起的受力钢筋面积不足,结构达不到设计承载能力;荷载等级提高引起桥梁承载力需要提高;桥梁承载力降低或变形过大、裂缝宽度超过允许值等。由于钢材及胶结材料的特性,一般要求环境温度不超过 60°C ,相对湿度小于 70%,对于环境比较恶劣的桥梁工程,一般需要采取防腐等保护措施。为保证粘结的可靠性,要求混凝土强度不低于 C15。粘钢加固的施工受结构形状的影响较大,有的情况施工难度很大,甚至无法施工。

1.4 纤维复合材料加固

纤维增强复合材料 (FRP, Fibre Reinforced Plymer) 加固是 20 世纪 80 年代以来美、日等发达国家研发并应用在土木工程中的新型加固补强技术,已在桥梁结构中得到广泛应用。我国自 20 世纪 90 年代引入该项加固技术,进行了大量的试验研究,同时,其加固效果得到了桥梁加固工程实践的验证。目前,开发应用的 FRP 主要有碳纤维 (CFRP)、玻璃纤维 (GFRP)、芳纶纤维 (AFRP) 以及复合纤维 (如 CFRP、GFRP 复合)。CFRP 材料的弹性模量高但延性差、造价高;GFRP 弹性模量低但延性好、造价低;复合纤维可以做到取长补短,发挥不同纤维的长处,已经得到初步的试验研究。目前,桥梁抗弯加固中主要采用的是 CFRP,但 CFRP 的价格限制了其应用推广。FRP 在抗弯加固中可以应用的材料形式有布材、板材及筋材等,其中以布材应用最为广泛。

FRP 加固对提高受弯构件的抗弯能力特别有效^[2],已有的试验研究表明,FRP 加固对既有梁极限抗弯承载力的提高可达 60% 左右。在梁体底部或受拉部位,通过环氧树脂胶结材料粘贴纤维布 (板) 或嵌入纤维筋,可以与原结构内的钢筋共同承受拉力,充分利用纤维的高强度,能有效地提高梁体截面受拉部位的抗拉能力,增大受压区高度,从而提高桥梁的抗弯承载力。通过合理的设计,在基本上不改变梁体的截面尺寸和重量情况下,能提高原梁体承载力。但是,FRP 加固存在多种脆性粘结破坏模式,如混凝土-胶界面破坏、胶-CFRP 界面破坏等,此类破坏模式影响 FRP 材料发挥系数、制约其在抗弯加固中的推广应用。实际工程中,通过保证一定的构造措施来避免此类破坏模式的发生。

和传统的加固技术相比,FRP 加固技术具有明显综合优势及特点:

(1) 轻质、高强、施工便捷、不受构件形状限制、不改变截面尺寸。

FRP 具有高强度、高弹模、质量轻等特点,不增加荷载,无需大型施工机械,施工空间要求小、速度快,不影响交通,能适应各种结构外形的抗弯加固而不改变构件外形尺寸。

(2) FRP 加固对原结构不产生损伤。

FRP 加固是通过粘结材料将 FRP 粘贴在混凝土表面,不会对既有结构产生新的破坏。

(3) 优异的耐久性能。

FRP 及其粘结材料可以抵抗各种外部酸、碱、盐介质的腐蚀,特别在受弯构件底部存在裂缝的情况下,可以阻止水的进入,保护钢筋不锈蚀、抑制混凝土的碳化,提高既有结构的耐久性。

(4) 裂缝修复、刚度提高效果不明显、防火性能差。

FRP 加固由于其加固材料截面较小的抗弯惯性矩,其对旧桥既有裂缝无闭合效果,对挠度减小、裂缝开展没有显著作用。

图 2 为某梁跨中抗弯承载力 CFRP 加固,其加固工艺简单、施工速度快。FRP 自应用于桥梁加固以来,作为一种新的加固方法,由于 FRP 材料的优异物理、力学和化学性能,且其价格也逐渐降低,在桥梁加固实践中,必将得到进一步的应用发展。

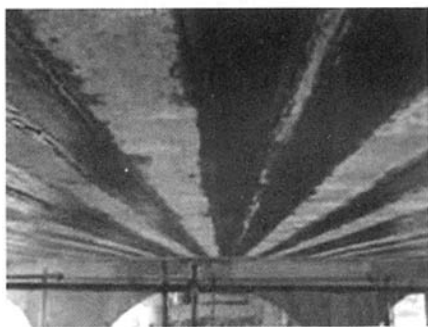


图 2 CFRP 对某旧桥梁底抗弯加固施工

1.5 体外预应力加固

体外预应力是相对体内预应力而言的^[4],体外预应力加固是将预应力束布置在主体结构之外对结构构件或整体进行加固的方法,其实质是采用内力调整原理,通过预应力束作为后张施工工具,在梁体外施加预应力以卸除梁体及其桥面铺装的恒载所产生的内力,并起到闭合裂缝、减小挠度的有益效果,从而改善既有结构的正常使用性

能,同时,极大地提高其极限承载能力。

体外预应力加固体系一般由体外预应力束、锚固体系和转向块等部件组成[5],预应力束的几何形式有直线型、折线形以及曲线型等,跨中部分布置于梁的下缘,满足正截面抗弯强度要求,锚固位置根据实际加固桥梁的工程条件确定,可以锚固于梁端、腹板或梁顶,预应力束可采用螺纹钢、钢绞线、高强钢丝以及高强纤维复合材料,由于钢绞线等防腐措施的改进、锚喷混凝土的应用及复合材料筋材锚具的成功开发,体外预应力加固技术得到了更加广泛的应用,在桥梁加固改造方面,作为一种主动的结构加固技术,其裂缝闭合及位移反拱的效果是其它任意一种加固方法所不具备的,并能有效消除其他加固方法中所特有的应力滞后现象,其独特的优势产生特定的适用环境,受到广大加固技术人员的青睐。

体外预应力加固体系的本质特点是预应力筋与梁体混凝土之间没有粘结,预应力筋与结构混凝土在同一截面处的变形并不协调。体外预应力加固中,所施加体外预应力的的大小决定旧桥裂缝闭合的效果,亦决定桥梁在荷载作用下的刚度改善情况,即可以根据裂缝的闭合需求、跨中挠度反拱的需求来确定所施加的预应力度。体外预应力加固的关键在于预应力束两端的成功张拉及锚固,张拉的操作空间、锚具反力的可靠传递是这一方法最重要的两点适用条件。研究表明,体外预应力加固,对旧桥抗弯极限承载力可提高30%~40%,不计反拱效果,挠度可减小40%。

该方法具有以下特点及适用范围、条件:

(1)效果好、提高抗裂度、修正桥梁线型、调整原构件的受力状况。

体外预应力加固提高旧桥承载能力幅度较大,提高抗裂度,可使梁体裂缝减小甚至闭合,其独特的反拱作用可用于修正桥梁线型。因此,对于裂缝开展较大或梁体部分下挠过大引起桥梁设计线型变化的旧桥加固,体外预应力方法具有无法比拟的优势。

(2)交通影响小、附加重量小、对原结构损伤小、影响小。

在加固过程中,可以实现不中断交通或短时限制交通,基本不增加原有桥梁自重,对原桥结构损伤较小,可以做到不影响桥下净空,且不增加路面标高。

(3)布置灵活、主动性强。

预应力筋的布置可以加固桥梁的工程条件,布置线型,可与外弯矩图形相似,预应力度选择

可以灵活适应加固的需要。

(4)科技含量高、技术要求高。

体外预应力加固需要有效的锚固措施,需要专业的队伍施工。

(5)施工复杂、需要可靠的锚固条件。

体外预应力加固在张拉及锚固方面稍显复杂,且必须具有可靠的预应力传递路径,限制了该加固方法的使用。

2 桥梁抗弯承载力加固方法的选用原则

(1)交通影响小。

桥梁加固的一个明显特征是既有旧桥位于交通运输线之上,加固施工不能中断路面交通或尽量减小对交通的影响,这是桥梁加固技术需致力追求的目标,也是方法选择应该考虑的一个重要方面。评价一个方案的经济性,不能仅看加固工程的直接费用,还必须考虑其对交通、社会的间接影响。

(2)针对性。

选择桥梁加固方式时,必须考虑旧桥现状、承载能力减弱的程度以及日后交通量,每一实际的桥梁加固设计都有其独特的工程特性,各种加固方法具有各自的优势及适用条件,方案的设计必须针对所加固桥梁对象来进行,对某一桥梁的最优加固方案不一定是另一座桥梁的最优方案。

(3)经济性、可行性、耐久性。

加固方案应考虑施工快、耗费少、工艺简单、技术上可行、有较好耐久性等方面的要求。方案的经济性比较需要从材料、机械、人工、后期维护及对间接费用等多方面进行考虑;每一加固方案的可行程度必须结合现场的施工条件来评价;耐久性需要考虑车行荷载的疲劳特性、桥梁所处的环境腐蚀情况。在所有符合条件的方案中应力求简单,不易采用过于复杂的加固形式。

(4)灵活性。

如果采用加固补强的方式并不是经济简单的方式,不排除桥梁的部分或全部重建,不局限于加固措施。

3 结论

我国桥梁在不同的时期按不同的技术标准修建,随着桥梁服务期的延长,车辆的超载、钢筋的腐蚀等多种原因致使现有桥梁出现了不同程度的损坏,公路管理部门应根据桥梁结构的损坏程度,采用合理的加固技术。本文所述加固技术已经在许多桥梁结构加固工程实践中得到了成功应用,

斜交空心板梁桥裂缝检测与分析

王 剑, 王修勇

(湖南科技大学土木工程学院, 湖南湘潭 411201)

摘 要: 裂纹、裂缝是混凝土结构常见的缺陷之一。引起混凝土开裂的原因很复杂, 实际上每一条的裂缝的产生均由几种因素组合作用而成。该文根据某市内斜交桥的特点, 从荷载、收缩、温度、构造等方面对该桥的空心板梁处裂缝产生的原因进行了简单分析。

关键词: 空心板梁; 裂缝分析; 斜交桥

中图分类号: U446.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-7716(2007)02-0039-04

0 引言

随着交通运输事业的发展, 尤其是近年来高速公路、城市立交和高架道路的日益增多, 斜交桥得到了越来越广泛的应用。由于桥位处的地形限制, 或者由于高级公路对线形的要求而将桥梁做成斜交。斜交桥的设计计算比直线正交桥复杂, 在受力特性方面与正交桥有着很大的区别, 因此, 斜交桥的开裂原因分析经常困扰工程技术人员。

同时, 在混凝土工程结构或构件中, 裂缝是工程中一个带有普遍性的问题。混凝土在各种外部荷载和变形作用下会产生裂缝, 当混凝土裂缝的宽度超过规范规定的限值时, 将会影响构件和建筑物的适用性和耐久性, 不仅有损外观、降低建筑结构的整体性和刚度, 而且减小了抵抗荷载作用的能力, 同时造成钢筋外露、腐蚀, 影响持久强度和耐火性。严重时将影响到结构的承载能力和稳定, 造成构件断裂, 建筑物倒塌等重大事故^[1]。

混凝土空心板是桥梁上部的一种常用的结构形式, 由于其采用空心截面, 减少了混凝土用量和自重, 加之结构性能好、施工方便等诸多有利因素而被高速公路、城市立交广泛使用。但混凝土空心板裂缝却经常困扰着工程技术人员, 不管什么样的桥, 其梁板都有不同程度的裂缝, 降低了工程的

耐久性, 问题严重的还会给工程质量造成隐患, 因此, 裂缝问题不容忽视^[2]。

为了进一步加深对斜交桥混凝土空心板裂缝的认识, 尽量避免工程中出现危害较大的裂缝, 本文以某市斜交桥的裂缝检测为例, 对斜交桥的受力特点和空心板梁出现裂缝的原因进行了分析, 为今后裂缝分析和防治提供参考。

1 工程概况

某市高架桥位于市内的咽喉地段, 是一座跨铁路斜交桥。该桥采用等截面预制混凝土空心板梁, 总体布置为 16 m + 16 m + 16 m, 全长 48 m。设计荷载为汽 -20、挂 -100, 人群荷载 3.5 kN/m², 设计时速 60 km/h。全桥分为两跨, 单跨由 11 块空心板梁组成, 桥面宽度 22.684 m, 其中单侧人行道宽度为 2.75 m。上部构造采用空心板斜腹式梁, 无横隔板, 与铁路线斜交, 平均梁高 0.8 m, 板梁采用 C30 混凝土。箱梁采用现场预制方法施工, 为一简支梁体系。

随着国内经济的发展, 坐落在某市咽喉地段的高架桥的运能也有很大提高。最近, 在对该桥进行检测工作中发现, 桥面出现了很大纵向裂缝, 裂缝沿着空心板缘纵向贯通整片梁; 部分空心板梁的底板上出现裂缝, 裂缝多出现在靠近桥梁跨中部位, 多呈竖直状, 个别桥梁裂缝长度较大。该桥于 1994 年建成, 至今, 大桥已使用 12 年, 空心板梁的截面形状见图 1。为了控制裂缝的发展, 减轻

收稿日期: 2006-11-02

作者简介: 王剑(1979-), 男, 湖南常德人, 研究生, 从事大跨度桥梁结构静动力分析与设计理论研究工作。

但也不乏失败的例子, 不同加固技术具有相应的适用范围及条件, 在实际工程实践中, 应根据所加固桥梁的结构形式、损伤特点, 从适用性、经济性、可行性、耐久性等角度进行比较, 做出科学、合理地选择, 应破除一种加固方法作为万能方法普遍应用的现象。

参考文献

[1] 张开鹏, 蒋玉龙, 曾雪芳. 桥梁加固的发展与展望[J]. 公路,

2005.

[2] 龚志刚编译. 采用斜拉索体系加固普特桑德预应力混凝土悬臂梁桥[J]. 世界桥梁, 2003.

[3] 匡志平, 王皓波, 赵强. 碳纤维加固桥梁结构技术的应用[J]. 同济大学学报, 2001.

[4] 胡志坚, 郭友, 谭金华. 体外预应力混凝土结构研究现状与展望[J]. 公路交通科技, 2006.

[5] 艾军, 史丽远. 公路梁桥体外预应力加固设计与施工方法研究[J]. 东南大学学报, 2002.