

桥梁全预制拼装技术的探索与实践

周良 闫兴非 李雪峰

(上海市城市建设设计研究总院 上海 200125)

摘要:全预制拼装桥梁技术是一套高效、低碳、环保的桥梁建造技术,本文将重点介绍该技术的实践情况。文中首先结合国内外的发展情况,简单介绍了上部结构的预制拼装技术;接着重点介绍了下部结构的预制拼装技术,包括目前国内外预制立柱常见的拼装连接方式和预制拼装立柱的抗震性能。文中最后对全预制拼装技术进行了总结。

关键词:全预制拼装 上部结构 下部结构 抗震性能

1 引言

随着我国桥梁建设的蓬勃发展,桥梁的施工环境越来越受到政府、业主、设计和施工单位的重视,尤其是在城市建设的桥梁。采用传统的以现场浇筑混凝土为主的施工方法,势必会将桥址地面作为施工场地,较长时间的阻断交通,而且施工噪声也无法有效控制,施工设备、辅助设施需要重复配置,造成资源能源消耗大,财力物力浪费多等问题^[1]。如何在保证工程质量的前提下,尽量减少现场混凝土浇筑工程量、减少施工占地和工期,使桥梁建设更环保、少干扰、更安全、高质量及低消耗,是一个必须解决的课题。

全预制化的桥梁结构,是加快施工速度、减少现场污染、实现低碳化建设的有效手段。所谓全预制桥梁,是一种将混凝土桥梁上部 and 下部结构的主要构件在工厂或预制场集中预制、现场拼装的桥梁。其中,根据截面型式、跨径大小等构造特点,桥梁上部结构的主梁采用纵向竖缝划分桥宽、全跨逐梁预制,或采用横向竖缝划分桥跨、全宽节段预制,桥面护栏、分割带等节段预制;桥梁下部结构桥墩的盖梁、墩柱、基桩,以及桥台的台身、挡墙等作为基本构件,分别根据其尺寸大小采用整体预制或节段预制。全预制混凝土桥梁的少数非预制部分,主要为上部结构的联结构造、桥面铺装及下部结构的墩柱底桩顶的承台^[2]。

本文将围绕国内外在全预制拼装桥梁方面进行的探索与实践展开,重点介绍上海市城市建设设计研究总院在下部结构预制拼装方面进行的探索与研究,供各位相关单位参考。

2 上部结构预制拼装

上部结构的预制拼装技术出现较早。自1951年德国工程师Finsterwalder在Lahn河上建造了第一座悬臂浇筑施工的预应力混凝土桥梁,形成了现代意义上的悬臂浇注施工法^[3]。1978年美国佛罗里达州建成的Long Keys(长礁桥101×36m)是首座采用预制节段拼装的体外预应力桥梁,该工程创造了每周架桥108m的施工速度^[4]。我国对预制节段拼装预应力混凝土桥梁的研究始于20世纪60年代^[5]。1966年竣工的成昆铁路旧庄河一号桥便采用预制节段悬臂拼装施工法^[6]。随后随着研究的深入,于2001年3月在上海浏河大桥首次采用专用移动支架实现预制节段逐跨拼装法施工。之后的上海沪闵高架二期工程和苏通大桥等重大工程都是采用节段拼装施工技术。

主梁预制节段的制作方法可分为长线法和短线法。长线法制作就是放置半跨或全跨的制造台座,按照适当的大小分割并制造节段,一旦一跨节段制作完成就被送到存贮场准备去拼装,长线法主要用于主梁不规则的地方,其余绝大多数节段还是较常采用短线法制作。短线法制作每次只涉及到两个节段,只设置一个制造台座,通过倒用制造台座来制作所需数量的节段,短线法的优点在于减少预制场地的面积。短线法的台座数量根据节段制造的总数量来决定。但一般有三种台座:桥墩顶上的所谓零号节段的制造台座、标准节段的制造台座,以及连接以上两种预制节段的连接节段的制造台座。在节段的制造工期内,起控制作用的是标准节段,每个标准台座平均每天

可以制造一个节段。

3 下部结构预制拼装

相对上部结构的预制拼装技术而言,下部结构的预制拼装发展较晚,其难点在于接缝的抗震性能。第一座采用预制拼装桥墩技术建造的典型桥例是美国1978年开始建造的Linn Cove高架桥,该桥下部桥墩预制节段采用有粘结后张预应力筋联接,环氧接缝构造,增强耐久性,通过采用预制拼装技术顺利解决了环境制约与工程进度等问题,成为预制拼装技术应用的一个典型工程范例。随后在美国、加拿大一些地震危险性低的地区,预制拼装桥墩技术应用逐渐增多,例如位于美国科罗拉多州的Vail Pass桥梁的下部桥墩就采用了有粘结后张预应力筋连接,如图1所示。随着人们对预制拼装立柱抗震性能的进一步研究,立柱的预制拼装技术开始在一些地震危险区进行应用。2011年建成的美国I-5 Grand Mount to Maytown I/C 2-span Precast Girder Bridge是第一座考虑抗震性能的采用预制拼装技术建造下部桥墩的桥梁工程,如图2所示。

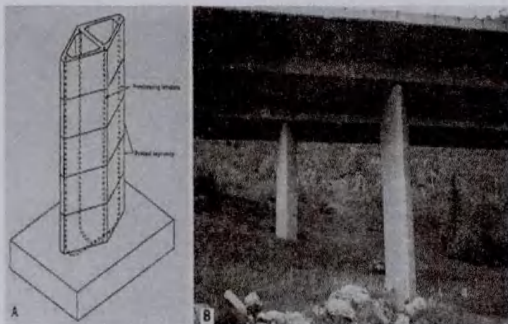


图1 Vail Pass桥梁

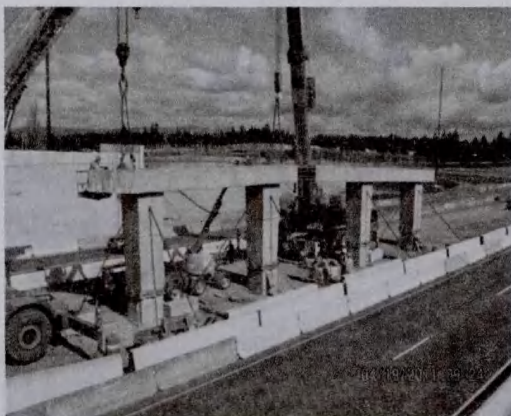


图2 美国I-5 Grand Mount to Maytown Stage 2桥

3.1 预制立柱常用连接方式

目前国内外采用的立柱的预制拼装技术大致有以下几种:

(1) 采用有粘结后张预应力筋联接构造

有粘结后张预应力筋联接构造往往配合砂浆垫层或环氧胶接缝构造实现节段预制桥墩的建造,方案中的预应力筋可采用钢绞线或精轧螺纹钢等高强度钢筋,见图3所示。该构造特点是预应力筋通过接缝,实际工程应用较多,设计理论和计算分析以及施工技术经验成熟;不足是墩身造价相对传统现浇混凝土桥墩要高许多,同时现场施工需对预应力筋进行张拉、灌浆等操作,施工工艺复杂,施工时间较长。

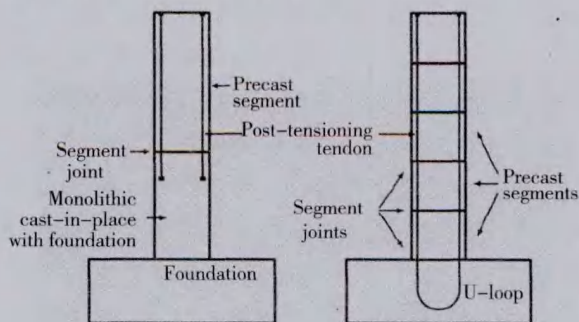


图3 有粘结后张预应力筋联接构造图

(2) 灌浆套筒连接

预制墩身节段通过灌浆联接套筒连接伸出的钢筋,在墩身与盖梁或承台之间的接触面往往采用砂浆垫层,墩身节段之间采用环氧胶接缝构造,见图4所示。构造特点是施工精度要求较高,现场施工所需时间短,同时也不需要张拉预应力筋,现场工作量显著减小,其正常使用条件下的力学性能与传统现浇混凝土桥墩类似,因此具有一定的经济优越性。国外应用经验看,低地震危险区已开始广泛应用,高地震危险区域的应用和科学研究还在进行中。

(3) 灌浆金属波纹管连接

该连接构造常用于墩身与承台或墩身与盖梁的连接,预制墩身通过预埋于盖梁或承台内的灌浆金属波纹管连接墩身内伸出的钢筋,在墩身与盖梁或承台之间的接触面往往采用砂浆垫层,墩身节段之间采用环氧胶接缝构造,见图5所示。该构造现场施工时间短,但需要满足纵筋足够的

锚固长度,其力学性能与传统现浇混凝土桥墩类似。目前国外已有少数桥梁使用这种连接构造进行施工,地震高危险区域内应用较少,其抗震性能如何目前仍在研究中。

(4) 插槽式连接

插槽式连接构造如图6所示,已在一些桥梁工程中得到应用,主要用于墩身与盖梁、桩与承台处的连接,与灌浆套筒、金属波纹管等相比,优点是所需施工公差可以大一些,现场需要浇筑一定的混凝土。

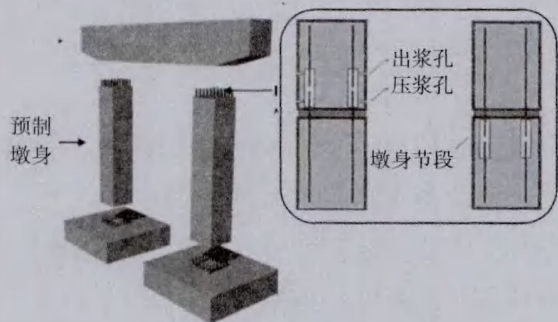


图4 预制拼装桥墩和灌浆联接套筒联接构造图

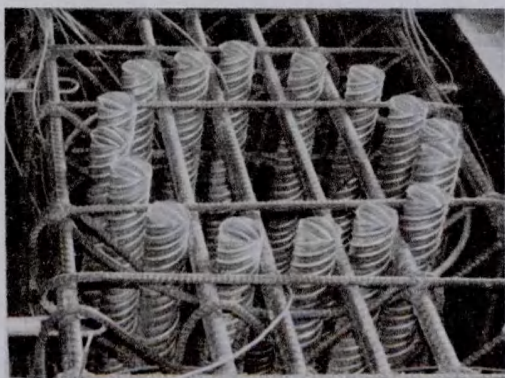


图5 灌浆金属波纹管连接

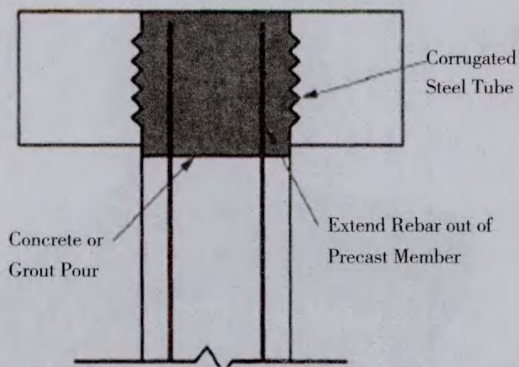


图6 插槽式连接构造

(5) 钢筋焊接或搭接并采用湿接缝

预制拼装桥墩预先伸出一定数量的钢筋以便

与相邻构件预留钢筋搭接,需设临时支撑,钢筋连接部位需通过后浇混凝土(湿接缝)方式连接,这也是目前国内较多采用的节段拼装桥墩的设计思路。采用该构造建造桥墩,力学性能往往与传统现浇混凝土桥墩类似,但湿接缝的存在会增加施工时间和现场钢筋搭接、浇注的作业量,从快速施工角度考虑,该方案存在一定不足。

(6) 承插式连接

承插式接缝联接构造是将预制墩身插入基础对应的预留孔内,插入长度一般为墩身截面尺寸的1.2~1.5倍,底部铺设一定厚度的砂浆,周围用半干硬性混凝土填充。优点是施工工序简单,现场作业量少,不足是接缝处的力学行为如何,特别是抗震性能如何,尚需进一步研究,国内北京积水潭桥采用该联接构造建造,美国一些桥梁也采用该连接构造进行建造。

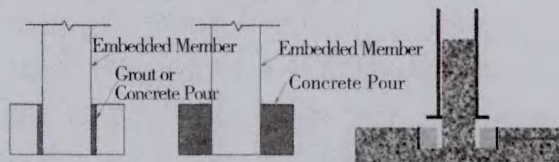


图7 承插式立柱拼装

此外,近年来国内外一些研究人员还提出其它一些类型的预制墩身节段联接构造,如增设耗能钢筋联接构造、混合式连接构造等,但由于种种限制条件,目前仍处于学术研究阶段。

3.2 预制拼装立柱的抗震性能

预制立柱的抗震性能是阻碍全预制拼装技术在地震高危险区域桥梁中应用的一个技术难题,为了实现全预制拼装技术的全面推广应用,必须对预制拼装立柱的抗震性能展开深入的研究。本文以典型实际工程桥墩构造为原型,选取了套筒(Coupler)、波纹管(Duct)和有粘结预应力筋三种预制拼装连接方式,进行了矩形实心节段预制立柱的低周反复水平加载缩尺试验研究,通过对不同构造细节下节段预制立柱试件的拟静力试验和有限元数值分析,研究了不同构造方式下节段预制立柱的滞回特性、延性变形、接缝处的非线性力学行为、损伤和破坏机理等。试验情况如图8所示。其中一组试件的破坏形态如图9所示。

(下转第38页)

阻尼器均需进行表1所列试验项目,且两种不同型号的阻尼器随机抽取各一个进行密封磨损试验。

按照国外的惯例,所有的检验项目均应在工程师在场的情况下进行或由工程师认可的独立第三方试验室进行。并且建设方和业主在阻尼器的招标时应根据检测的试验项目评估生产厂商提供的检测试验方案及试验设备的能力,这些对于出力较小的阻尼器较容易满足,从实际工程经验来看,当阻尼器速度大于4000kN且阻尼器的速度大于0.5m/s时,对阻尼器的检测试验设备要求很高,目前国内试验设备的能力略显不足,设计者在选用阻尼器型号时需考虑这方面的影响。

5 结语

阻尼器作为一种减振消能产品在国内工程上得到了广泛应用,但目前我国现行的相关设计、

检测规范,都没对阻尼器的质量控制进行明确的说明和规定以方便使用者的查取和业主的决断,达不到对阻尼器质量控制的目的。结合国外规范及某客运专线大跨铁路桥梁所用阻尼器实际工程提出的检验项目,探讨了阻尼器应进行的相关型式检验和出厂检验,可为以后阻尼器的质量控制及检验测试相关规范的建立提供参考。

参考文献

- [1] 中铁第一勘察设计院集团有限公司. 高烈度地震区大跨桥梁抗震关键技术研究[R]. 西安院中铁第一勘察设计院集团有限公司, 2014.3.
- [2] UNIEN15129, Anti-seismic devices, November, 2009.
- [3] AASHTO LRFD Bridge Construction Specifications, Section 32- Shock Transmission Units, Interim, 2002.
- [4] 马良喆, 陈永祁. 江阴长江大桥用液体粘滞阻尼器的测试鉴定和结果初分析[J]. 建筑结构, 2007, 37(增刊): 31-34.

(上接第17页)



(a) 加载前 (b) 加载后
图8 试件实际加载图及加载变形后的图



图9 试件的破坏形态

试验结果表明,采用套筒(Coupler)、波纹管(Duct)预制拼装连接构造的桥墩与传统现浇混凝土桥墩相比,具有相近的抗震性能,可满足预期抗震性能的要求,有粘结预应力筋连接预制拼装桥墩具有现浇混凝土桥墩相近的变形能力,

但耗能能力较弱。此外,通过计算分析、连接装置试验、整批试件的制作和运输过程的研究表明,套筒(Coupler)和波纹管(Duct)两种预制拼装连接方式,从立柱总体受力、构造连接、抗震性能和整个施工工艺细节可以满足当前设计和施工的要求,可用于工程实践;

4 结论

全预制化桥梁施工技术,不仅能很好的控制工程质量,而且能加快施工速度、减少现场污染,同时也符合低碳化、和谐社会的发展要求,将是一套高效、低碳、环保的桥梁建造技术。全预制化桥梁施工技术的提出,将为全行业低碳化的推广打下坚实的基础。

参考文献

- [1] 周良. 城市高架桥设计施工技术及其工程实例[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
- [2] 李国平. 全预制混凝土桥梁技术概论[C]. 第十八届全国桥梁学术会议论文集. 2008.
- [3] Walter, P.J. and Muller, J.M., Construction and Design of Prestressed Concrete Segmental Bridges [M]. 1982: Wiley Interscience publication.
- [4] 袁伯永, 盛兴旺. 桥梁工程[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2001.
- [5] 赵霞. 预制节段体外预应力混凝土梁桥设计中有关问题的研究[D]. 武汉理工大学, 2006.
- [6] 成昆铁路技术总结委员会. 成昆铁路[M]. 北京: 人民铁道出版社, 1980.