体外预应力在长浜里立交桥上的应用实施

郁锦刚
(沪杭高速公路〈上海段〉工程建设指挥部)

0、引言

传统的体内预应力不但加厚混凝土梁的断面而且施工较为复杂,这不利因素对于大跨径连续结构和连续梁长桥尤为明显。体外预应力则能够减轻上部结构重量,施工速度亦可加快,其经济合理性较为突出,是现代桥梁设计一个发展项目。我国体外预应力技术的发展相对滞后,经过调研,1990 年建成的福州洪塘大桥滩孔引桥在施工中采用了体外预应力技术,施工后体外钢束全部压浆封锚并用明槽混凝土现浇使之与梁体固结,既不能更换钢束也使主梁工作性能不同于体外预应力结构。除此之外,尚无见到有关这方面连续梁桥工程实用实例的报导。1996 年沪杭高速公路(上海段)工程建设指挥部和上海市政工程设计研究院、上海市建筑科学研究院立项专题研究体外预应力在 PC 连续箱梁上的应用,成功地完成了沪杭高速公路上长浜里立交桥的施工。

1、立项目的、目标和要求

1.1 立项目的

开展本项目的研究,目的是把国外的先进技术推广到国内应用,并且有条件有能力使这项技术早日得到成熟发展,应用于大跨径桥梁。

1.2 目标和要求

转向块试验:确定合理的转向块结构形式与构造设计

预应力体系:预应力防腐技术,锚具及预应力张拉工艺等研究

实　　桥:选择分离式立交桥作为试验桥梁,测试设计荷载作用下桥梁的应力及变形,验证设计方法及安全可靠度。

2、研究内容和技术关键

2.1 研究内容

(一)转向块试验(极限荷载);

(二)体外预应力工艺技术研究;

(三)实桥加载试验(设计荷载);

(四)小型梁的破坏试验;

(五)体外预应力的设计技术(试验桥)。

3、工程概况

长浜里立交桥位于上海市金山区枫泾镇,是一座跨越沪杭高速公路的体外预应力混凝土连续箱梁桥,采

© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

用体外束与体内束混合式预应力，跨径布置为 35m + 44m + 35m，全长 119.7m，桥宽 16m，双向四车道，设计荷载汽车－20 级，挂车－100 验算，设计车速 60km/n，地震基本烈度按 7 度设防。箱梁截面形状为单箱双室，中心线处梁高 2m，悬臂段长 4m，C50 混凝土，墩台处横梁宽 1.2m，并且开设两个人孔。

4、设计、研究安排

1996 年 3 季度，项目开题

1996 年 4 季度～1997 年 1 季度，资料收集、调研并初步确定计算方法及初步设计、技术设计、模型设计

1997 年 2 季度～1997 年 3 季度，小梁转向块试验及体外预应力工艺试验

1997 年 3 季度～1998 年 1 季度，试验连续梁设计施工

1998 年 3 季度，现场实桥荷载试验

1998 年 4 季度，总结鉴定

5、施工

5.1 下部结构

桩基采用钢筋混凝土方桩，断面 45×45cm，桩长 36.20m、37.20m，沉桩采用 7t 柴油打桩机，桥墩上设置盆式支座，桥台上设置测力支座（根据需要可进行调整）。

5.2 上部结构

采用满膛支架现场浇筑施工。连续箱梁混凝土断面分上下两次浇筑，长度方向分三次浇筑。

转向块（包括墩顶横梁）预埋钢管定位精度要求高、箍筋密、定位牢固准确，环箍紧套钢管，高强度细石子混凝土浇筑，并用插入式振动棒振捣密实。

体外预应力束安装主要有穿束、张拉、防护处理三个阶段。穿束可将每束 12 根带 PE 护套的钢铰线分层穿，然后组合成整体，每隔 1.5～2.0m 用胶带绑扎定位，在穿束过程中必须及时准确地套上相关部件并将两层聚四氟乙烯板固定在转向块预埋无缝钢管的外露部分。张拉时宜采用先单根拉至初应力再整束张拉至控制应力的方法，使各根钢铰线受力基本均匀，达到张拉控制应力时，两端钢铰线的伸长值相差不得大于 30mm。纵向预应力束张拉顺序为体外预应力束张拉到 $0.6R^6$，体内预应力束一次张拉到位，体外预应力束再从 $0.6R^6$ 张拉至 $0.78R^6$。张拉完毕后的防护处理包括：锚具连接钢管灌注建筑结构膏、预埋无缝钢管与锚具连接筒（短段）内填建筑脂，各转向块间钢束用两层玻璃纤维带加两层水柏油包裹及各管道口用热收缩套加热固定。考虑今后检测换束需要，锚具外露钢绞线须留有工作长度并套上防护罩，内注建筑脂保护。全桥 6 束体外预应力束从放盘、编束、穿束、张拉到防护处理的施工期为 20d。

6、实桥荷载试验

为检验工程试验实桥的整体结构工作性能，验证设计方法以及制作与施工工艺技术，长浜里立交桥进行了静载与动载试验。

6.1 静载试验

6.1.1 工况 1，静载，张拉阶段。支架未拆除，体外束全部分别从零张拉至 $0.6P_b$ 和从 $0.6P_b$ 张拉至 $0.78P_b$（P_b 为公称破坏力），检测钢筋环箍、转向块和转向块周边梁体顶、底板及腹板的混凝土应力；

6.1.2 工况 2，静载，设计荷载。采用 8 辆二轴自卸载重车装满砂石料作为试验压重荷载，每辆车重 20T（含车自重），测试边跨跨中、支点处及主跨跨中三个截面位置的挠度和截面应力；

6.1.3 工况 3，动载。一辆载重单车（重 20T）以 20km/h～35km/h 车速沿顺桥向行驶，检测桥梁竖向动力特性；

© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

6.1.4 工况4,动载。一辆载重单车(重20T)后轴越过15cm高方木后刹车,一次跳车荷载。

实桥静载、动载试验结果表明,长浜里立交桥承载能力满足设计荷载汽车-20级,挂车-100的荷载等级使用要求。

7、经济效益和社会效益分析

体外预应力技术将预应力束放在截面外部,可布置成较好的流线型,能减少摩阻损失,提高预应力体系的效率,改进施工质量。节省施工时间是施工单位的重要经济问题,由于体内预应力结构在截面内往往布置大量的钢束,而且弯道也多,密布的钢束往往造成混凝土浇注的困难,并且灌浆质量也难以保证,而且导致施工工期的延长。体外预应力结构以及其钢束成形好、灌浆易、施工方法的简便、施工速度的加快、施工质量的提高使施工单位取得了良好的经济效益。长浜里立交桥是采用体外预应力束与体内预应力束混合式预应力的体外预应力混凝土连续箱梁桥,平行比较全部采用体内预应力束连续箱梁,从混凝土用量分析,体外预应力混凝土箱梁桥比体内预应力混凝土箱梁节约9.5%。体外预应力还便于检测、复拉和更换钢束,而不破坏结构,可增加钢束,提高构件的承载能力,易于补强加固,便于养护单位今后能较准确掌握桥梁的使用情况,采取有效的养护维修方案,节约养护费用,显示一定的社会效益。

© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.