

文章编号:1006-7329(2001)05-0085-06

江阴长江大桥 B 标工程施工总结^{*}

董 莹

(中港集团第二航务工程局二公司, 重庆 400042)

摘要:详细介绍了中国第一跨度的江阴长江大桥 B 标施工中采用的先进施工工艺和管理措施,如索塔施工三维坐标法测量,人工小药量挖孔桩,下塔柱翻模施工,大体积混凝土浇注温度控制,塔柱斜爬模施工等,可供大型桥梁施工时参考。

关键词:索塔基础;塔柱;横梁;连续箱梁;施工技术;施工管理

中图分类号:U445

文献标识码:A

1 工程概况

江阴长江公路大桥位于江苏省江阴与靖江市之间,是一座跨越长江的钢悬索桥,主跨 1 385 m,为目前中国第一、世界第四大跨度桥梁。大桥按六车道高速公路标准设计,桥下通航净高 50 m,可通过 5 万 t 级巴拿马散装货船。包括南北岸引桥和接线在内,建设里程 5.18 km。

中港二航局二公司总承包 B 标工程。合同价为:15 534.241 2 万元,清单价为:13 508.035 8 万元。合同工期 20 个月。

B 标工程范围包括南塔工程、南引桥工程、南锚体工程。

1.1 南塔工程

南塔工程由南塔基础和索塔组成。

1) 南塔基础由 24 根 $\varnothing 3$ m 的大直径钻孔嵌岩桩组成,平均桩长 35 m 左右。在 -20 m 以上采用双壁钢护筒失效处理,桩周摩阻力降到几乎为零。桩顶设 $25 \times 30.5 \times 6.0$ m 的两个承台,承台之间用 $14.91 \times 12.0 \times 5.0$ m 的强大系梁连接。

南塔基础主要工作量:山体开挖 $56\,615\text{ m}^3$,基础混凝土方量 1.57 万 m^3 ,钢筋 807 t,钢管用量 620 t。

2) 索塔由塔柱、横梁和塔冠组成的门式框架结构,主要承受由索鞍传下的垂直荷载。塔柱采用空心结构,从上至下共设有上、中、下三道横梁。塔柱底的平面尺寸 14.5×6 m,塔柱顶的平面尺寸 8.5×6 m。塔柱顶标高 192.926 m。上、中、下三道横梁高度均为 11 m,宽度随柱宽而改变,横梁侧距柱边缘保持 0.5 m 等距。三道横梁的预应力锚头均埋于柱身内。上、中、下横梁各设 30、48、96 束预应力钢束。桥塔主要工作量:混凝土: $19\,420\text{ m}^3$; 钢筋: 3 971.3 t; 钢绞线: 158.3 t; OVM15-19 型锚: 192 套。

1.2 南引桥工程

南引桥由下部构造和上部构造组成,上部结构为 $60+60+40$ m 的三跨等截面预应力连续箱梁全长 160 m,全桥横向由双幅分离的连续箱梁组成。箱梁为三向预应力钢筋混凝土结构,采用单箱单室断面,顶面宽度 16.55 m,底面宽 8.00 m,箱梁中轴线处梁高 3.0 m,为等高连续梁。箱梁内纵向、横向布设预应力钢束,竖向布设高强精轧螺纹钢。锚具为 OVM 和 YGM 锚。

下部结构:桥墩基础为挖孔桩矩形基础,桥墩墩身采用实体墩,下部尺寸为 3.0×6.0 m,上部 8

* 收稿日期:2001-08-30

作者简介:董莹(1944-),男,四川成都人,教授级高级工程师,主要从事桥梁、施工技术与管理。

m 范围内由 6 m 按圆曲线 $R=32.5$ m 变化至 8m。桥台采用 U 形桥台。1[#]墩设固定支座。

南引桥主要工作量:混凝土:7 040 m³; 钢筋:429 t; 钢绞线:174.8 t; OVM 锚具:864 套; YGM 锚具:2 744 套。

1.3 南锚体工程

南锚体为重力式嵌岩锚,盒式结构。外形尺寸为高 42.614 m,最大长度 53.25 m,宽度 48.5 m。其尺寸之大,在世界悬索桥中屈指可数。主要由锚块、鞍部、中墙、侧墙等组成。盒中及锚体外侧基坑回填混凝土压重及嵌固。南锚体主要是将二根主缆 640 000 kN 拉力均匀地扩散到锚体混凝土中,再经基础传递到地基。南锚为大体积混凝土结构,混凝土总量:11.8 万 m³,其中锚体 4.8 万 m³,回填混凝土 7.0 万 m³。钢绞线 153 t,钢筋 1 500 t,钢结构 300 t。

1996 年 12 月 28 日签订承建 B 标段工程的合同协议书在合同协议补充文件第 1 条中业主明确了“奖励和处罚”的阶段工期为:(1)南塔桩基工程完成:第 9 个月末;(2)南塔塔身完工:第 20 个月末。

在完成合同现场交接等手续后,业主于 1996 年 1 月 18 日下达了 B 标工程的开工令。

2 工程特点

1) 工程规模大、工期短。按合同工期仅 20 个月,B 标混凝土总量 160 000 m³,钢材 8 200 t。其中底部混凝土量 42 000 m³,钢材 6 200 t,另外有大量土石方开挖及附属工程。这种超常规的工期,带来超常规的投入及技术措施、组织措施。

2) 技术难度大、技术含量高。锚体和索塔的质量要求远比一般桥梁高得多,体积大得多,索塔 11 m 高的三道横梁支撑系统的设计,特别下横梁重达 4 000 t,如何防止大体积混凝土开裂等都是技术难度大、保证工期质量的关键。

3) 由于低价中标施工,资金缺口十分严重。如何在有限资金情况下确保施工的正常运转,组织好资金调度,带动各项生产要素有机结合,也是非一般工程可比的。

3 施工技术指导思想

南塔工程是我国目前桥塔工程中体积最大的工程。南塔主要承受索鞍传下的垂直荷载,索鞍上的钢悬索规定在 120 年内不能变换。因此南塔基础和塔柱工程质量好坏,直接影响到整个大桥的安危。“百年大计、质量第一”,“质量是大桥的生命”是我们搞好 B 标工程施工技术的指导思想。在这个思想指导下我们作了以下工作:

3.1 基本技术路线

充分发挥水工施工技术的优势,借鉴国内外大型桥塔施工经验。根据南塔工程特点,在超大型桥塔施工中采用高水平、高起点的施工技术和相应的设备。通过施工实践,把新技术、科研成果与传统施工技术相结合,形成自己一套超大型桥塔施工的基本技术。

3.2 始终坚持技术超前的工作方法

在施工中我们始终坚持技术超前,以超前的技术研究和准备指导下一步的施工。对一些复杂的技术总是邀请专家咨询,或技术人员走出去参观学习的办法。对一些关系全桥工程的重大技术难题,如为解决高标号混凝土中的双掺技术,特别是粉煤灰的掺量,防止大体积混凝土施工中的裂缝问题,高塔混凝土泵送等问题,我们邀请了工程院院士、大学教授,科研院校、上海建工集团、宝钢建设指挥部及虎门大桥的专家与设计部门、监理工程师等一起进行认真的研讨交流,从而取得了共识。工程实践证明:原规定大桥混凝土中粉煤灰掺量不超过 10% 的限定,已不适合当前高标号、高

扬程泵送混凝土的要求。在本工程中我们的粉煤灰掺量最高已达到19.2%,不仅节约水泥,减少混凝土水化热,防止混凝土裂缝,而且泵送到193 m高。泵送C50混凝土试压标号均超过设计要求,达到C60以上。又如对南塔工程中“中华第一梁”——下横梁的支撑系统应力测试,大体积混凝土温控测试等技术难题,都是在施工前或在施工过程中提出并组织解决的一批技术难题。技术超前的意识和有力管理有力地保证工程进度不断加快。

3.3 认真编写施工组织设计和施工实施细则

对每一个单位工程、分部、分项工程我们在原施工组织设计的基础上认真编写施工实施细则。在细则里提出解决关键施工技术、质量、安全的具体操作要求和措施。提出机具、设备、材料、人员等使用计划,编写的施工实施细则要求做到工序细化,操作程序化,机具物资人员数量化。由于技术措施明确,从而保证工程有条不紊地进行。

3.4 编写施工安全技术措施

南塔施工安全是第一位的问题。对一般规定、塔柱爬模、横梁施工、钢筋工程、预应力工程、混凝土工程,主要使用设备安全的技术措施作了规定,提出了102条安全技术措施要求。

3.5 认真作好施工前技术交底工作

作好施工前技术交底工作,让参加施工的每个人都了解、明确施工中的技术要求和具体措施,从而保证技术方案贯彻落实。具体做到:技术、质量、安全要求清楚,责任落实,可操作,易检查。

4 施工组织管理

4.1 建立起高效的职能机构

根据B标工程管理的特点,我们建立项目经理领导下的六部一室。即工程部、质检部、船机部、物资部、计划财务部、劳资安全部和办公室。上述职能部门建立和行使各种管理制度和责任制度,保证施工中所需的人、财、物、机的协调管理。做到制度落实,责任落实。做到以制度管人,工作有序。

4.2 以计划为中心组织施工生产

项目部的各项工作围绕工程总进度要求进行。按合同工期安排生产计划,严格控制关键线路工程上的每个分部、分项工作的绝对工期。严格计划中的以日保旬、旬保月、月保季、季保战役目标,战役目标保总工期的“五保”计划法的实施,把资金分配和实现计划挂钩。

4.3 强化质量管理

江阴长江大桥是中国第一、世界第四大桥。我部建立工程质量保证体系。内容包括:“市场调研、材料机具、施工控制、质量检验、施工安全、成本核算和质量成本等六个方面的保证系统。施工阶段重点抓好准备、施工、竣工三个方面。在施工过程中重点抓好测量控制、试验准备,基础施工、模板制安、混凝土浇注、钢结构制安的质量。

4.4 广泛利用社会力量

坚持以我为主,组织社会上各种力量为我服务,以缓解施工中的人、财、机、物不足的困难。采用这种办法较好地缓解了因资金困难、技术工人不足而带来的各种困难。

4.5 以科技为先导,依靠技术进步

江阴大桥技术含量特别高,我们以科技为先导,依靠技术进步,不断优化施工方案,大胆采用先进的施工工艺和技术,强化施工技术管理。在施工中由于采用新技术、新工艺、新材料、新机具,使我部综合施工技术水平提高到一个新的高度。如购买德国施维茵4000型混凝土拖泵2台,210 m的川建塔吊,186 m高的宝达载人电梯。

4.6 安全生产责任制

建立以项目经理为第一安全责任人,层层分解、层层把关的安全生产责任制。有力地保证了大桥施工中人们最关注的安全生产工作。

合理、有力的施工组织管理,使 186.926 m 高的南塔从开工到封顶仅用 8 个月时间,施工速度之快,施工质量之好得到了国内外专家的好评。施工管理中我们注意以下方面:①施工工艺合理。如除下横梁采用和塔柱一起浇注混凝土外,中、上横梁均采用柱、梁分开施工,为工期争得了时间。②施工测量控制好。保证塔柱、横梁有良好的线形。③搞好高空安全作业。④搞好混凝土试验。特别是对温控、抗裂、泵送的试验。⑤管好、用好工程关键设备,如吊车、电梯、泵、拌合站。

5 施工中采取的重大措施

为加快 B 标关键工程南塔的进度,我们在整个施工过程中不断地对施工方案进行优化。优化后的施工不但节约了工程成本而更重要的是在保证质量的前提下抢了工期。

1) 人工小药量挖孔桩,在南塔基坑开挖完后,按原方案应搭设钻孔平台,架设龙门吊。完成上述工作需要五十天时间。在这种情况下,我们提出了先采用小药量开挖 $\varnothing 3$ m 直径的挖孔桩措施。我们用 67 d 时间,采用人工小药量挖孔 270.3 m,平均每孔挖深 11.25 m。这样既保证了桩基工程的进行,同时又为后续的工作提供准备时间和工作空间。

2) 桩基及承台施工中的交叉平行流水作业。

在人工小药量挖孔进行的同时,我们把钻机平台搭设与挖孔桩、钻孔桩交叉进行。程序如下:①先停止上游挖孔桩施工后搭设钻孔平台,架设龙门吊进行钻孔,此时下游仍进行人工小药量挖孔桩施工,待上游钻孔正常后,下游搭设平台架设龙门吊。②钻孔时上游平台用两台 GZY-3000 钻机钻孔,下游平台壹台。上游 12 个孔钻完后,2 台钻机移至下游平台,3 台钻机同时进行钻孔。③上游完成 12 根钻孔灌注桩后立即进行上游承台和 1/2 横系梁施工,然后紧接塔柱实心段施工。④下游完成 12 根钻孔灌注桩后,进行下游承台和 1/2 连系梁施工。紧接塔柱实心段施工。由于采用交叉平行流水作业法。从南塔基坑开挖到 24 根 $\varnothing 3$ m 桩基完成,仅用 7 个月(214 d)时间。承台施工用了 42 天时间。实现了当年开工,当年桩基、承台完工并浇筑完两塔柱 1.5 m 实心段的混凝土。

3) 下塔柱人工脚手架翻模施工。

整个塔柱施工是设计采用大钢模爬模施工。但由于加工厂进度原因,爬架加工赶不上施工进度。为了不影响施工进度,我们采用人工脚手架翻模施工。施工高度 50 m。虽然增大了脚手架搭设投入,但是此项措施有力地保证“九七一”战役的完成。为按时完成索塔打下了坚实的第一步。

4) 下横梁与塔柱混凝土一起浇注

下横梁人称“中华第一梁”,高 11 m,有 96 束预应力钢绞线。自重 4 000 t,采用 $\varnothing 900$ mm, $\delta=14$ mm 钢立柱支撑。为了防止横梁和塔柱联接处出现裂缝,同时又为下步上、中横梁施工积累宝贵的经验,我们采取了下横梁与塔柱一起浇注的办法,防止了裂缝的出现。为南、北塔及横梁下一部施工中的受力支撑提供了数据。

5) 上、中横梁与塔柱分开施工。

在下横梁施工中,我们对支撑体系和混凝土联接处的防裂措施积累了经验,为了加速塔柱的施工进度,我们采取了先浇塔柱,后浇中、上横梁的办法。这样塔柱施工不受影响,同时又可以交叉作业,加快整个索塔的进度。塔柱施工仅用了 179 d 平均每天上升 1 m。而六、七、八三个月平均每日塔柱上升达 1.3 m。上、中横梁与塔柱分开施工大大地加快了进度。

6) 索塔施工测量。

索塔塔身高度 186.926 m,由两列塔柱(包括塔冠)及三道横梁组成门式混凝土空心框架结构,两列塔柱横桥向宽度不变,内倾斜率约 1/50。顺桥向宽度由下向上均匀收缩。斜率 1/50。顺桥向宽度由下向上均匀收缩,斜率 1/60。柱底截面(6 m \times 14.5 m)、柱顶截面(6 m \times 8.5 m),塔冠截面(6 m \times 11 m)。柱倾斜率 $<H/3\ 000$,且小于 20 mm。其它尺寸精度 $<1/1\ 000$ 。要保证上述精度,对高空作业的施工测量带来很大的困难。

在本工程测量中,没有采用国内目前超高大桥传统的“天顶法”,而是充分利用地形、地貌,采用三维坐标法和方向线法进行。三维坐标法和天顶法相比,测量人员和设备都不在塔下立点,从根本上避免了测量时可能遭受坠物伤害的缺点。按三维坐标法原理,可直接在劲性骨架的轮部点上立镜,测定轮廓点坐标,也可在不通视条件下采用偏距归心法求得轮廓点,还可以直接测定轴线点、轮廓点的高程。在桥中心点传递,加密放样等方面均体现出其优点。此法保证索塔施工测量进度快,而且保证塔柱棱角顺直。

表 1 南塔柱竣工顶部中心的偏差与塔柱倾斜度数据

柱 别	方 向	中心偏差(mm)	倾斜率	备 注
上游柱	顺桥向(S-N)	+18.75	1/9 900	倾斜率计算中,H =186.276 m
	横桥向(W-E)	+8.5	1/21 900	
下游柱	顺桥向(S-N)	+16.0	1/11 600	
	横桥向(W-E)	-19.5	1/9 500	

7) 大体积混凝土温控

南塔承台尺寸 $16\text{ m} \times 21.5\text{ m} \times 6\text{ m} \times 2$,承台间用 $13.91\text{ m} \times 12.0\text{ m} \times 5.0\text{ m}$ 的横系梁连接,承台面积 974.92 m^2 混凝土总方量为 $5\,562.5\text{ m}^3$ 。对这种大体积混凝土结构的温控,我们借鉴水电、冶金部门及我局黄石大桥、瓯江二桥及贵港船闸的工程实践。按设计单位提出混凝土内外温差不得超过 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 的温控要求,我们提出承台混凝土温控 4 条标准:①混凝土浇筑温度 $T \leq 13\text{ }^\circ\text{C}$ 。②承台内混凝土最高温度 $T \leq 55\text{ }^\circ\text{C}$ 。③承台混凝土最大内外温差 $\leq 21\text{ }^\circ\text{C}$ 。④温度下降速率 $\leq 1.5\text{ }^\circ\text{C}/\text{d}$ 。制定了保证温控标准的七条措施:①配合比的选择。②混凝土入仓厚度与振捣。③预埋水管、通水冷却。④蓄水养护。⑤保温保湿。⑥选择混凝土浇筑温度。⑦采用承台内部安放 PNTS 温度传感器,用 PN-4C 型数字式多路温度巡回检测仪采集数据,混凝土浇注早期控制 4 h 一次,随着降温过程适当延长间隔,直至内外温差小于 $21\text{ }^\circ\text{C}$ 。

8) 超缓凝、早强、高强、高扬程泵送混凝土

在索塔混凝土施工中,我们采用超缓凝早强、高强、高扬程泵送混凝土。配制的混凝土缓凝时间达到 19 h,泵送坍落度达到 230 mm,混凝土一天抗压强度 $> 15\text{ MPa}$,3 天强度 $> 30\text{ MPa}$,满足爬模施工强度要求,泵送高度达到 193 m,泵送强度 $20 \sim 40\text{ m}^3/\text{h}$ 。在混凝土配合比设计中成功采用了双掺技术。泵送混凝土中 NA-F2(B)缓凝早强复合高效减水剂减水率 $\geq 20\%$,使用的 I 级磨细粉煤灰的掺量达到 19.2%。泵送 C50 混凝土 28 d 的试压强度 $\geq 60\text{ MPa}$ 。从施工中我们总结出 C50 高扬程泵送混凝土的施工经验:①严格控制砂、石含水率。②严格控制加水量。③严格控制拌和时间 $T > 80\text{ s}$ 。④根据气温调整拌制混凝土坍落度。如表示:

表 2 气温与坍落度控制关系

气 温	18~20 $^\circ\text{C}$	20~25 $^\circ\text{C}$	25~30 $^\circ\text{C}$	30~35 $^\circ\text{C}$
坍落度损失(cm)	0.5~1.0	1~1.5	1.5~2.5	3.0~4.0
拌制坍落度(cm)	19~21	21~22	23~24	24~26

9) 三道横梁施工

本工程上、中、下三道横梁为梯形截面的预应力箱梁,高度 11 m。下横梁混凝土 $1\,537.2\text{ m}^3$,中横梁 $1\,045.1\text{ m}^3$,上横梁 889.4 m^3 ,三道横梁预应力钢束分别为 96、48、30 束。施工采用 $\text{O}900$ 、 $\text{O}114$ 的钢立柱支撑,钢立柱由水平连系梁相应连接。下横梁 12 根立柱,中、上横梁采用 8 根立柱。原设计中要求横梁施工采用二次浇注,一次整体张拉的工艺。经认真分析施工阶段和使用阶段的内力分布,并与设计的内力进行比较,认为原设计提出横梁施工采用混凝土二次浇注,一次张拉的工艺有较大缺陷,我部提出横梁施工采用混凝土二次浇注、两次张拉的优化方案。优化方案从应力组合来看,横梁的组合截面经内力重分布以后使截面受压,横梁全截面应力分布更接近其设计内力分布。经该桥四方专家论证会专家们的一致同意,横梁施工方案采用二次混凝土浇注二次张拉施工工艺。

在下横梁施工中我们采用横梁与塔柱一起浇注的工艺,克服了横梁与塔柱连接处出现裂缝的问题。在取得经验的基础上,中、上横梁则采用塔柱与横梁分别浇注的方法,从而加快了施工进度。塔柱月施工进度达到 39.6 m,平均日上升 1.3 m。

10) 塔柱斜爬模施工

斜爬模施工是以塔柱的钢筋混凝土墙体为承力的主体。斜爬模系统由爬升架、模板、十字导轮、滑槽脚轮等几大部分组成,提升动力设备采用 5t 加长手拉葫芦和现场 120 t/m 的塔吊进行。

本工程索塔由两列高 181.246 m 的塔柱,三道 11 m 高的横梁和高 5.7 m 的塔冠组成,倾斜率 1/60,塔柱下部 8.5 m 为实体段,其余 172.746 m 为空心段。斜爬模塔柱施工状态为:

- ①第一施工段,采用 1.5 m 高钢模,现场按图纸要求支模而成;
- ②从第二段开始采用 5.6 m 高钢模,现场按图纸要求支模;
- ③从第三段开始支设内模;
- ④从第四段开始进入标准段施工;
- ⑤施工第 7~8 段和下横梁同步进行,下横梁施工完后,在此段组成爬升架后,正式进入斜爬模施工。中、上横梁采用塔柱先行施工、横梁后施工的分离办法。

⑥利用爬架进行塔冠施工

斜爬架每节施工高度 5.6 m,施工工序流程为:

提升爬升架体→固定爬升架→安装爬架顶端拉接→绑扎钢筋→提升接口模→提升翻转大模→外模板就位→安装埋置螺杆固定 H 型螺母→内模就位安装→安装内模板间调节支撑→安装内横板固定支撑→安装模板固定支撑及固定螺栓→测量校正→固定模板→监理验收→浇注混凝土→重复上述程序周而复始地进行。

本工程两列塔柱爬模施工进度平均每天上升 1 m,最快时平均每天 1.3 m。计划每段爬模施工时间为 5 d,实际最快每段仅用 3.5 d。完成两列塔柱用了 6 个月的施工期。创造国内较快的塔柱施工速度。在施工实践中对原工艺作了两点改进:①采用塔吊进行模板提升;②原每 5.6 m 爬升一次,经实践和加强安全措施后改为 11.2 m。整个工程节约了爬升时间 15 d。斜爬模施工中的测量定位采用三维空间法进行。

6 结 语

1) 经过十九个月的艰苦卓绝的奋斗,B 标关键工程——南塔主体工程比原合同工期提前一个月时间在八月二十三日封顶,南塔工程划上了一个圆满的句号。

2) 该桥施工中采用的一系列先进技术和工艺,如索塔施工三维坐标法测量、人工小药量挖孔桩、下塔柱翻模施工、大体积混凝土温度控制、塔柱斜爬模施工等,可供大型桥梁施工参考。

参考文献:

- [1] JTJ 041-2000,公路桥涵施工技术规范(S).
- [2] 交通部第一公路工程局,公路施工手册·桥涵(CM).北京:人民交通出版社,1992

参考文献:

- [1] 张天宝. 土坡稳定分析和土工建筑物的边坡设计[M]. 成都:成都科技大学出版社,1987.
[2] 姚代禄,于法明. 加筋土挡墙的现场测试与分析[J]. 中国公路学报,1989,2(4):35—39
[3] 张师德,吴邦颖. 加筋土结构原理及应用[M]. 北京:中国铁道出版社,1986.

Research on Design Methods for Reinforced Earth Retaining Wall with Cohesive Backfill

WU Wen-xue

(Department of River and Ocean Engineering, Chongqing Institute of Communications, Chongqing 400074, China)

Abstract: For the stability analysis of the reinforced earth retaining wall with cohesive backfill, this paper assumes that the state of failure surface is circular sliding surface and the bearing capacity is straight line relation with capacity and length of the reinforcement strip. These formulas agree with actual state of the reinforced earth retaining wall with cohesive backfill and result in saving reinforcement material in the design.

Keywords: cohesive backfill; reinforced earth retaining wall; design method

(上接第 90 页)

Construction Technology for Bid Construction Part B of Yangtze River Bridge in Jiangyin City

DONG Ying

(No. 2 Company of the Second Bureau of Harbor and Channel Engineering, Chongqing 400042, China)

Abstract: In this paper, the advanced construction technology and site management applied in bid construction part B of Yangtze River bridge in Jiangyin was presented in detail. This bridge is the largest span bridge in China, where the advanced technology applied is: 3—d coordinate control surveying in bridge tower, small powder for artificial pile, over—form and climb form in construction of tower column, temperature control for casting mass concrete. It is of great value for reference to large bridge building.

Keywords: foundation of bridge tower; tower column; beam; continuous box beam, construction technology; site management