

现浇箱梁一次与两次浇筑工艺对比及分析

张 和

中交四航局第一工程有限公司 广东广州 510420

摘要: 现浇箱梁在当前的桥梁施工中应用相当广泛, 现浇箱梁有其独有的特点优势(刚度大、整体性好、形状多样、外形美观)。本文依托温州高铁新城瓯海大道三期项目, 结合白门垵高架桥和林桥高架桥的现浇箱梁施工实例, 对现浇箱梁一次性浇筑和两次浇筑的施工过程进行记录, 从施工工艺, 施工周期, 材料投入, 施工效果四个方向进行分析比较, 得出差异性结论, 为其他同类型工程提供参考性建议。

关键词: 现浇箱梁; 一次性浇筑; 两次浇筑

Comparison and analysis of single and double casting technology of cast-in-place box girder

Zhang He

(The First Engineering Co., LTD., No.4 Navigation Bureau of China Communications, Guangzhou 510420, China)

Abstract: Cast-in-place box girder is widely used in the current bridge construction. Cast-in-place box girder has its unique characteristics and advantages(large stiffness, good integrity, diverse shape, beautiful appearance). Relying on Ou Hai Road Phase 3 project of Wenzhou high-speed railway New Town, combining with the construction examples of Baymen Sanyang viaduct and Linqiao Sanyang viaduct, this paper records the construction process of one-time pouring and double pouring of sanyang Sanyang viaduct box girder, analyzes and compared the four directions of construction technology, construction period, material input and construction effect, and draws the difference conclusion. Provide reference suggestions for other similar projects.

Key words: cast-in-place box girder; One-time casting; Double casting

引言

在桥梁施工过程中, 预应力现浇箱梁技术是最常见的结构形式, 具有线形舒展、伸缩缝少、刚度大、行车平稳、养护简便等优点, 随着我国社会经济的不断发展, 我国建筑工程规模也在逐渐的扩大, 现浇箱梁技术也在各桥梁施工中应用。现浇箱梁传统的施工方法为分层浇筑法, 即分两次浇筑。第一次浇筑底板、腹板、横梁、翼缘板, 浇筑线为腹板上倒角位置; 第二次浇筑剩余腹板和顶板。分层浇筑法布料方便、施工操作难度低。但是, 会有外观、安全及质量隐患存在。箱梁一次性浇筑施工方法是从下往上依次浇筑箱梁底板、腹板、翼缘板、顶板。它是推进浇筑, 一次成型, 保证了箱梁的外观质量, 减少了工作时间, 降低了作业人员的安全隐患^[1]。温州高铁新城瓯海大道三期工程白门垵高架桥施工时, 根据现场实际情况, 箱梁采用了一次性浇筑法; 林桥高架施工时, 根据现场实际情况, 箱梁采用了传统的分层浇筑法, 即两次浇筑。本文对白门垵高架桥现浇箱梁一次性浇筑和林桥高架两次浇筑的施工重点进行了探讨研究, 对比两种浇筑方法在施工过程中的优劣, 以期类似工程施工提供参考。

1 工程概况

瓯海大道三期工程起点位于瓯海区瞿溪街道, 接现状瓯海大道二期工程。建设内容主要包括桥梁工程、道路工程、隧道工程、排水工程、电力通信工程、交通工程、景观亮化工程(桥梁部分)、照明工程等。本项目为城市主干道, 设计车速 60km/h, 双向 6 车道。

其中白门垵高架桥包含: 白门垵高架左幅主线桥、白门垵高架右幅主线桥、白门垵高架 X 匝道桥、白门垵高架 S 匝道桥。

林桥高架桥包含: 林桥高架主线桥左幅、林桥高架主线桥右幅、林桥高架 A 匝道桥、林桥高架 B 匝道桥、林桥人非道桥。

2 现浇箱梁浇筑方法及施工特点

2.1 一次性浇筑

一次性浇筑指整体安装底板、翼缘板及顶板的钢筋和模板后一次性推进浇筑混凝土。

施工特点:

一次性浇筑的一次性浇筑的优点是梁体美观, 减少混凝土接缝。缺点是模板工程施工难度高, 箱梁底模板承受的荷载比较大, 其支撑必须要一直支撑到底层面板, 操作难度大, 且该方案需要大量的模板及支撑材料, 在经济上不合理, 投入大; 混凝土硬化过程中的水化热高, 相应的措施费用多; 箱梁的内模板安装后, 空间狭小, 工人师傅振捣很难操作, 且浇筑过程中温度很高, 工人的安全很难保证, 腹板及底板的振捣很难达到质量要求, 影响后续张拉工作, 施工安全性存在很大风险^[4]。

2.2 二次性浇筑

二次性浇筑即高度上分为两次浇筑, 先安装底板、横梁及翼缘板的钢筋模板, 然后以腹板上倒角位置为浇筑分界线进行第一次浇筑, 然后安装剩余腹板、及顶板钢筋模板后浇筑混凝土。

二次性浇筑的优点利用第一次浇筑混凝土形成的梁支撑第二次浇筑混凝土的自重及施工荷载, 增加支架安全性; 内模板安装加固直接支撑到梁地板, 增加稳固性; 减少大量的模板支撑材料; 相应的措施费用少, 同时因混凝土分层浇筑可缓解大体积水化热过高, 温度应力对控制裂缝的不利影响; 基本无需预埋其他结构物, 施工方便快捷; 同时施工缝水平设置, 箱梁的整体受力性能较好。缺点是需在倒角下口设置水平施工缝, 实际控制较困难, 且易漏浆, 一旦失败, 影响整体性及外观; 模板安装时, 由于边腹板位置较低, 第二次浇筑前内模安装较困难。(第一次浇筑完成后对接缝处进行凿毛处理, 用高压水认真清洗; 对于外观问题, 混凝土浇筑完成后进行表面修饰)^[5]。

3 现浇箱梁浇筑方法对比分析

根据现场实际情况及施工特点, 分别从施工工艺流程、混凝土浇筑、施工周期以及材料、人工投入对白门垵高架桥现浇箱梁一次性浇筑和林桥高架两次浇筑进行对比分析。

3.1、从施工工艺分析

3.1.1 内模安装

1、一次性浇筑箱梁内模安装

箱梁内模由腹板侧模、横梁侧模、内箱顶模构成。箱梁内模采用 15mm 厚木模板, 背肋采用 50mm × 100mm 方木顺桥向布置, 间距为 20cm。内模支撑采用满堂钢管扣件式支架, 纵向间距 80cm, 横向间距 50cm。支架不设置底托, 在箱梁底板钢筋焊接“十字架”, “十字架”采用 Φ20 钢筋制作, 其中架体竖向筋, 长度为 350mm, 外露底板混凝土顶面 150mm, 其以下焊接加固在底板钢筋上, 在离底板顶面 50mm 的位置焊接水平筋形成“十字架”, 水平筋长度为 150mm, 钢管支架立于十字架, 架体钢筋插入钢管 100mm, 架体的布置与立杆布置一致。箱梁腹板侧模采用钢管对撑, 钢管步距 30cm。箱梁内模设计见图 3.3。

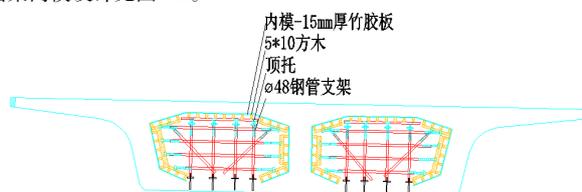


图 3.3 箱梁内模设计图

内模安装: 箱梁内模安装在箱梁底、腹板钢筋绑扎完成并验收

合格后进行,先在底板钢筋上焊接“十字架”,将满堂扣件式钢管立于“十字架”上,支架搭设完成后铺设方木与模板,加工时,方木与模板用钉子固定,模板的接缝处贴双面止浆带或用海绵条填充,安装时保证标高位置准确,几何尺寸在误差允许范围内,支撑要稳定牢固。内模安装完后,严格检查各部位尺寸是否正确。为方便拆除内模需设置临时人孔,在箱梁每跨 L/2、3L/4 位置各设一人孔洞(确保每个单独的箱室有 1-2 个),人孔尺寸 80×70cm,人孔位置钢筋预留断开,预留钢筋应确保同一断面钢筋接头率不超过 50%。此孔需钢筋加强,加强钢筋如下图 N2, N2 箍筋的短边高度为 15cm,长边高度为 42.6cm,顺桥向间距按 8cm 布置。内模拆除时,先旋松可调顶托,使模板脱落,拆除钢管支撑架,卸下连接卡扣,然后将模板取出,模板拆除后及时清理,以备下次使用。

2、两次性浇筑箱梁内模安装

当现浇箱梁采用二步浇筑时,箱室的内模通常需要分两次安装,即一步浇筑前安装箱梁内腔侧模,顶板钢筋绑扎前完成箱梁内腔的顶板。箱室内模均采用 18mm 厚木模板,通过 $\phi 48 \times 3.5$ 脚手管作为内模支撑手里杆件。内腔侧模采用 100*100 木方作围檩, $\phi 48 \times 3.5$ 脚手管作为支撑,水平撑按 0.6 米设置一道,为增加支架的整体稳定性和避免内模胀模,必须设置剪刀撑。由于箱室为敞开式布局,可在侧模顶部钢筋处加设模板固定筋,提高整体性,以避免在浇筑腹板时挤压底板混凝土造成上浮,模板固定筋在箱梁一步浇筑完毕后即可拆除。

箱梁二步内模顶板采用 18mm 厚木模板,采用 100*100 木方作围檩, $\phi 48 \times 3.5$ 脚手管作为支撑,内模支架横向按 0.6m、0.9m 布设,纵向按 0.9m 布设,需每排设置剪刀撑和纵、横水平撑来保证支架整体稳定性,满堂支架的搭设原理及方法可作为内模支架的参考。

总结:

表 3 一次性浇筑内模与两次性浇筑内模安装优缺点对比

一次性浇筑		两次性浇筑	
优点	缺点	优点	缺点
作为套件式,尺寸有保障,保证保护层厚度,模板周转次数多。	用模板量大,加工、安装、拆除麻烦	节省模板,加工、拆除方便	加工尺寸精度难以保证

3.2、从混凝土浇筑分析

3.2.1 一次性浇筑箱梁混凝土

浇筑顺序: ①→②→③→④→⑤→⑥

混凝土浇筑时,按“变形小处先灌,变形大处后浇筑”的原则,从梁两端向中间逐段浇筑,均匀连续浇筑,现浇箱梁混凝土初凝时间要求在 4h 以上,坍落度根据批准的配合比确定,以保证混凝土在初凝前浇筑完毕。箱梁混凝土分层浇筑时的顺序为^[6]:

①竖向:箱梁混凝土垂直方向的浇筑顺序:按照“混凝土先底板→腹板”的顺序依次对称分层浇筑,分层厚度 30cm 左右。

②横向:箱梁混凝土水平方向的浇筑顺序:按照“顶板→翼缘板”的顺序一次对称浇筑。

③纵向:单幅每跨箱梁混凝土水平向浇筑顺序:从待浇筑悬臂端开始,沿桥轴线向已浇筑段推进,与已浇筑段接缝处最后浇筑。

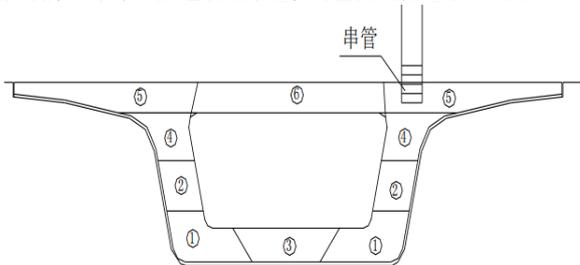


图 3.6 箱梁混凝土一次性浇筑顺序图

在浇筑顶板混凝土时,为方便拆除内模需设置临时人孔,在箱梁每跨 L/2、3L/4 位置各设一人孔洞(确保每个单独的箱室有 1-2 个),人孔尺寸 80×70cm,人孔位置钢筋预留断开,预留钢筋应确保同一断面钢筋接头率不超过 50%。此孔需钢筋加强,加强钢筋如下图 N2, N2 箍筋的短边高度为 15cm,长边高度为 42.6cm,顺桥向间距按 8cm 布置。

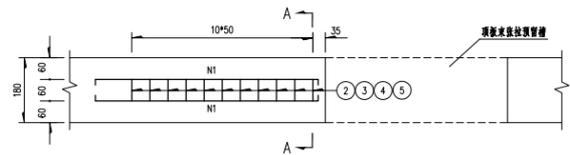


图 3.7 箱梁顶板预留槽两侧加强钢筋示意图

3.2.2 两次浇筑箱梁混凝土

混凝土浇筑纵向分成两个梯队形式分层向前推进,每个梯队间距 10 米,梯队间距根据浇筑气温情况适当调整,气温高时缩短距离,气温低时适当延长距离,保证在混凝土初凝前浇筑下一层混凝土,防止出现施工冷缝。第二梯队浇筑完一层混凝土后返回到第一梯队进行浇筑。

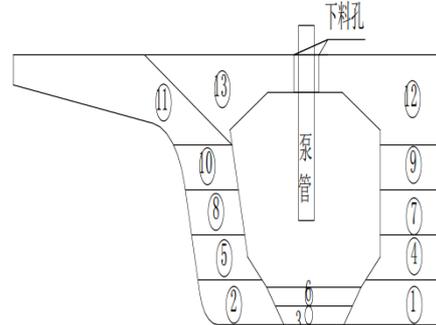


图 3.8 箱梁混凝土二次浇筑顺序图

第一步浇筑顺序: ①→②→③→④→⑤→⑥→⑦→⑧→⑨→⑩ 混凝土浇筑时,按“变形小处先灌,变形大处后浇筑”的原则,从梁两端向中间逐段并均匀连续浇筑,施工时首先浇筑腹板混凝土,接着浇筑底板混凝土,最后浇筑底板中部区域混凝土。施工时两侧需按照分层厚度 30cm 左右的原则均匀对称布料。浇筑顺序见上图。

第二步浇筑顺序: 11→12→13

按照“翼缘板→顶板”的顺序从一端推进,一次对称浇筑。浇筑顺序见上图。

总结:

表 4 一次性浇筑混凝土与两次性浇筑混凝土优缺点对比

一次性浇筑混凝土		两次性浇筑混凝土	
优点	缺点	优点	缺点
整体性好,无色,省却凿毛步骤	增大振捣质量控制难度,箱室内部倒角处会产生漏浆、蜂窝、不密实等现象,预应力喇叭口后边可能出现蜂窝、不密实现象	易于控制,需要凿毛,费人工,浪费混凝土。	外观有色差及施工缝,两次浇筑间需要凿毛,费人工,浪费混凝土。

3.3、从材料、人工投入分析

3.3.1 材料投入对比分析

以本工程 3-30m 类型内模模板用量做例子(不算入模板加工过程中的损耗率)

一次性浇筑内模使用量: 759.48 m²

两次性浇筑内模使用量: 422.22 m²

第一步浇筑时用内模量为 422.22 m²,而第二步用的内模基本为第一步用的内模倒换流后用的。

由以上结论可知;在浇筑 3-30m 同一类型时,一次浇筑时用内模量比二次浇筑时用内模量多投入约 330m²。以一块厚木板 1.24m × 2.44m 规格计算,每块面积约为 3m²,所以多投入为 110 块,大概为 1.1 万元。

3.3.2 人工投入对比分析

表 6 白门垱高架桥 X 匝道现浇箱梁劳动力使用计划表

序号	岗位名称	人数	备注
1	现场管理人员	6	
2	安全管理人员	1	
3	模板工	10	

4	架子工	10	
5	钢筋工	15	
6	混凝土工	8	
7	焊工	4	
8	张拉工	6	
9	杂工	4	
合计		54	

表7 林桥高架桥B匝道现浇箱梁劳动力使用计划表

序号	岗位名称	人数	备注
1	现场管理人员	2	
2	安全管理人员	1	
3	模板工	10	模板工与架子工重复
4	架子工	10	
5	钢筋工	10	
6	混凝土工	8	
7	焊工	4	
8	张拉工	6	
9	杂工	4	
合计		45	

3.4、从施工周期分析

从材料、人工投入分析章节可知，两种浇筑方法所配备人员数量相近。根据现场实际情况，材料准备充分，起重设备都正常到位，对实际施工过程中各个工序进行记录后，两种工艺各道工序用时统计详见下表：

表5 一次性浇筑与两次浇筑各道工序用时对照表

箱梁	支架搭设	底模铺设	支座安装	钢筋绑扎	内膜安装	砼浇筑	用时(d)
白门垵X匝道	12.10-12.15	12.21-12.25	12.30	1.3-1.9	1.13-1.15	1.18	19
林桥B匝道	4.6-4.13	4.14-4.20	4.15	4.21-4.25	4.26-4.29	5.1	31
	\	\	\	5.3-5.8	5.9-5.11	5.12	
相差天数	2	2	0	3	4	1	12

因为工艺流程不同，两次浇筑比一次浇筑多两道工序，即首次浇筑时，在底、腹板模板上安放压重块，浇筑后、拆模前，吊走压重块；其次第二次浇筑前，需拆除内膜，对剩余腹板和顶板进行钢筋绑扎作业。此外，两次浇筑工艺需进行2次人力、设备安排，耗费人工、机械^[7]。从上表可知：从钢筋绑扎、内膜安装、砼浇筑三个流程统计，一次浇筑比两次浇筑要省8天时间。（支架搭设、底模铺装均与工作面提供有关，不做参考）

3.5、从施工效果分析

从浇筑后对白门垵高架桥X匝道和林桥高架桥B匝道的外观及质量进行观察记录发现：

1、一次浇筑与二次浇筑施工缝有明显差异性（见下图）：



图 3.9 两次浇筑施工缝明显且有色差



图 3.10 一次浇筑无施工缝及色差不明显

综上所述，现浇箱梁浇筑方法对比分析总结如下表：

表6 浇筑方法对比分析表

	白门垵高架一次性浇筑	林桥高架二次浇筑
施工工艺流程	模板用量大，尺寸控制精准，加工、拆除不方便	节省模板，尺寸精度控制难度大，加工、拆除方便
混凝土浇筑	质量控制难度大，节约混凝土	质量控制难度小，易浪费混凝土
施工周期	短	长
材料、人工投入	材料与人工投入成本较高	材料与人工投入成本较低
施工效果	无明显施工缝及色差	存在明显施工缝及色差

4 结语

对比两种现浇箱梁浇筑工艺，一次性浇筑成型主要有3个优点：

- 1、增强了梁体的整体刚度，延长了梁体的使用寿命，
- 2、提高了现浇箱梁外观质量，避免两次浇筑成型时产生的施工缝漏浆、错台，消除了顶板裂纹。
- 3、缩短了工期，提高了效率，社会效益显著，但需要投入较多的人力、物力。

在施工过程中，只要按照要求进行过程控制，建立健全质量安全保证体系，并有效运转，箱梁外观和内在质量将会达到很好的效果^[8]。

所以对于单体砼方量较小，箱梁体积较小，工期紧张的施工条件，值得推广应用。

而对于投入成本有限制，单体砼方量大，箱梁体积较大，工期较为充裕以及存在地基承载力较差，地基承载力改善难度较大，质量要求更高的情况下，因为混凝土二次浇筑施工工艺可较容易控制振捣质量，且第二次浇筑混凝土时，底腹板具备了一定的抗弯能力，可以减轻对脚手架的压力。针对以上施工情况，可以采用二次分层浇筑的现浇箱梁浇筑方法。

参考文献：

- [1]李丽.JTG/TF50-2011.公路桥涵施工技术规范[J].工程技术, 2016(10): 48.
- [2]王伟.JTGF80-2011.公路工程质量检验评定标准[J].工程技术, 2016(08): 74.
- [3]侯云峰,王威.张家口战备路桥连续箱梁一次性浇筑技术探讨[J].黄河水利职业技术学院学报, 2016, 28(04): 36-39
- [4]陈传正,刘宇光.港珠澳大桥东人工岛非通航孔箱梁混凝土全断面一次浇筑施工工艺[J].中国港湾建设, 2015, 35(07): 77-80.
- [5]樊鑫.超大体积现浇箱梁分层浇筑技术探索[J].江西建材, 2014(11): 177+179.
- [6]沈健英.现浇混凝土箱梁一次性浇筑施工技术探讨[J].智能城市, 2016, 2(07): 98.
- [7]程德权.现浇箱梁一次性整体施工技术探讨[J].交通世界(运输车辆), 2015(06): 96-97.
- [8]李治军,梁冰.现浇箱梁一次性浇筑施工方案[J].科技风, 2010(17): 163-164.

作者简介：张和（1994.11），男，汉族，广东广州人，助理工程师，研究生学历，研究方向：隧道工程、桥梁工程技术管理。