

大型现浇预应力混凝土箱梁施工裂缝控制

宋文

中铁二十四局安徽工程有限公司

摘要:随着我国铁路建设的突飞猛进,铁路桥梁施工技术日臻成熟,对施工质量要求越来越严格。为提升大型现浇预应力混凝土箱梁施工质量,控制混凝土裂缝的产生。通过对1-112m下承式钢管系杆拱桥箱梁施工总结,阐述大型现浇预应力混凝土箱梁支架基础处理、支架的堆载预压,以及选择适合的气候环境、原材料控制、混凝土养护等方面分析研究,找出减少大型现浇预应力混凝土箱梁施工裂缝的原因,并加以严格预防和控制。

关键词:大型现浇; 预应力混凝土箱梁; 裂缝; 控制

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.21.035

一、工程概况简介

该桥为1-112m钢管混凝土系杆拱桥(含两侧梁端至边支座中心各2.0m),按整体箱形梁布置,采用单箱三室预应力混凝土箱形截面,桥面宽17.8m,梁高2.5m,底板厚度为30cm,顶板厚度为30cm,边腹板厚度为35cm,中腹板厚度为30cm。吊点处设横梁,横梁厚度为0.4-0.6m,箱梁主体混凝土为2551m³、拱脚混凝土为164m³均为C50,系梁和拱脚一次性浇筑成型。

二、地基处理和支架预压

(一)地基处理

本次浇筑为后张预应力混凝土现浇箱梁,采用搭设支架一次性浇筑法施工。在搭设支架前,首先对梁下部进行动力触探试验检测地基承载力勘察,并对基底进行分层填筑,并碾压密实,压实度应控制在91%以上。其上浇筑20cm厚的C20混凝土硬化地面。硬化地面横桥方向做成1%的横坡,并在两侧设置50×40cm排水沟。排水沟分段开挖形成2%的坡度流水,保证支架地基不受雨水影响。

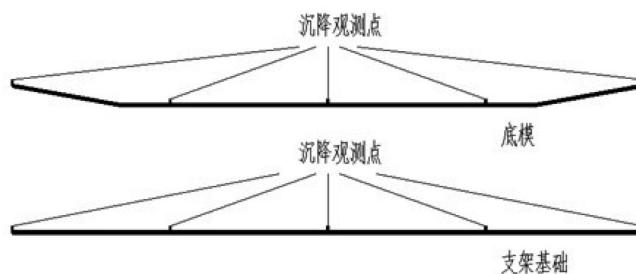
(二)模板及支架预压

满堂支架搭设完成,进行测点布置,按照之前做好的施工方案进行预压,同时技术人员进行沉降观测,最后根据沉降观测结果,调整碗扣支架的顶托标高来控制箱梁的底板的预拱高度,以消除或较少由于地基不均匀沉降和支架变形对预应力混凝土箱梁造成开裂或垮塌。

(三)测点布置

加载前先准确确定各测点位置用红油漆做好标记。根据规范规定,沿桥梁纵向两端及间隔1/4跨径应布置一个沉降观测断面,横桥方向每个断面设置不宜少于5个沉降观测点并对称布置,横桥方向观测点具体布置见

下图,



梁体预压横向测点布置示意图

(四)预压合格判定

1. 在全部加载完成后支架预压过程中,当满足下列条件之一时,应判定预压合格:

- (1) 各观测点最初24h的沉降量平均值小于1mm;
- (2) 各观测点最初72h的沉降量平均值小于5mm。

三、混凝土施工质量控制

(一)原材料的选择

1. 水泥的选用方面,宜使用普通硅酸盐水泥,不宜使用早强型水泥,水泥中的三氧化硫含量不大于3.5%,氯离子含量不大于0.06%,碱含量不大于0.60%,水泥熟料中的铝酸三钙不大于8%。确保水泥中氯离子含量、三氧化硫含量等各项指标均不得超出规范范围,以保证水泥质量。

2. 粗细骨料在混凝土中起到骨架作用,因而可以降低水化热,以减少混凝土由于水泥硬化而产生的收缩,并起到抑制裂缝发展的作用。由于,骨料在混凝土中起着骨架作用,故混凝土中骨料应具有较好的粒形和颗粒级配,减少空隙率;骨料表面应洁净、无污染,以保证原材料质量。粗骨料粒径较大时,混凝土所需的水泥用量和用水量都减少,降低混凝土的水化热,同时,混凝土的干缩也小。但碎石太大,由于大型预应力混凝土箱梁钢筋较密等原因,给施工中带来困难,而且容易产生离析。根据以上情况,本工程粗骨料采用两级配混合料,一种为5-10mm的碎石,另一种为10-20mm的碎石。使用砂子过粗容易使混凝土泌水,影响混凝土的拌合物性能;使用较细砂时,混凝土拌合物性能影响不大,但混凝土干缩较大、表面容易产生干缩裂缝。结合施工经验,应选用细度模数为2.6~2.9 II区中砂。

3. 预应力箱梁钢筋较密,以及预埋有波纹管。因此,需混凝土要有较大流动性,所以,混凝土拌合时应使用减水率大于28%的聚羧酸高性能(缓凝型)减水剂,高性能(缓凝型)减水剂可改善混凝土的流动性,

降低水胶比，缓解水化初期水化热产生的速度，有利于改善混凝土的温度应力，减少开裂现象；可使各层混凝土粘结牢固密不可分。

(二) 混凝土配合比选用

1. 水泥在水化过程中产生大量的水化热，水泥用量的多少将影响混凝土内的温度变化，因此，必须把水泥用量控制在合理范围，避免水泥用量过多发生温度裂缝。

本桥预应力混凝土梁配合比如下表，配合比设计塌落度为160~200mm。

预应力混凝土梁C50配合比								
材料名称	水泥	粉煤灰	矿粉	细骨料	粗骨料		减水剂	水
规格	P.052.5	I级	S95	中砂	5-10mm	10-20mm	高性能减水剂	饮用水
数量(kg)	360	48	72	723	434	650	5.76	163

2. 为了提高混凝土的耐久性，改善混凝土的拌合物性能和抗裂性能，混凝土中应加入适量的掺合料，以减少水泥的水化热。配制混凝土就是要在满足混凝土和易性、强度、耐久性、经济性的条件下，需要合理确定水泥、砂、石子、水、外加剂、矿粉、粉煤灰等原材料之间的比例关系。在确保混凝土拌合物性能满足的前提下，使用较少的拌合用水，较小的水灰比，较好的骨料级配（粗骨料应使用二级配或多级配按比例掺配成连续级配的混合料）及粒形，都有助于降低大型预应力混凝土箱梁的干缩裂纹产生。

3. 混凝土配制需考虑预应力混凝土总氯离子含量不应超过胶凝材料总量的0.06%、总三氧化硫含量不应超过胶凝材料总量的4.0%、混凝土中总碱含量不大于3%。若混凝土中硫酸盐的侵入可使混凝土造成松散破碎，使混凝土强度下降；在集料具有碱活性时，可能引起碱集料反应破坏。混凝土中氯离子可引起并加速钢筋锈蚀，体积膨胀，导致混凝土开裂。

(三) 混凝土浇筑施工工艺及养护

1. 从混凝土浇筑顺序方面考虑，应水平分层连续浇筑，先浇筑预应力箱梁底板，再浇筑预应力箱梁腹板，最后浇筑预应力箱梁顶板。要尽量减少施工缝设置，尽可能不设施工缝，本桥预应力混凝土现浇梁采用从两头向中部水平分层连续一次性浇筑完成，不设施工缝，以减少裂缝的不产生。

2. 从混凝土浇筑方面考虑，混凝土的分层厚度不宜过厚，尽量控制在30厘米左右，混凝土捣固要均匀密实，不能出现过振或欠振捣现象；若混凝土的密实程度不一样，可能导致水泥的水化热不一样，由此造成凝结时间不一致，以使混凝土出现裂纹现象。

3. 混凝土浇筑完成一段要及时进行二次收光抹面，进行二次收光抹面主要是保证混凝土表面平整及防止在表面水分蒸发后，产生干缩裂缝。

(四) 混凝土养护方面

1. 大型预应力箱梁混凝土养护方面要做到，在混凝土浇筑完成后即进行养生，为了防止干缩裂缝的出现。在施工中通常采用先覆盖塑料薄膜，后覆盖土工布，在直接浇水的方法，使混凝土表面保持绝对湿润，防止因混凝土时干时湿，而造成大型预应力箱梁混凝土开裂。不同混凝土的保温保湿养护的最低期限如下表6.9.7所示。

表 6.9.7 不同混凝土保温保湿养护的最低期限

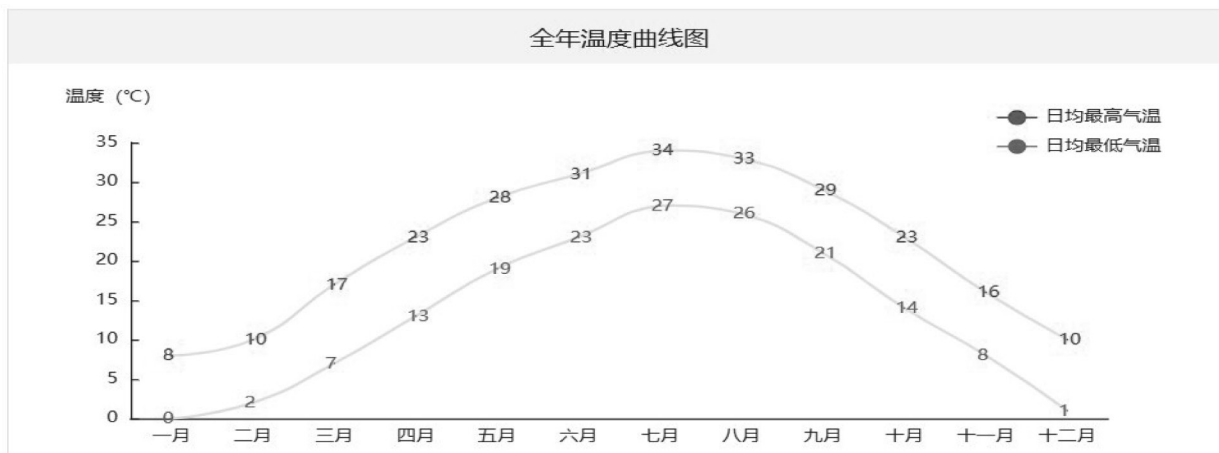
水胶比	大气潮湿(RH ≥50%)， 无风,无阳光直射		大气干燥(20% ≤RH <50%)， 有风或阳光直射		大气极端干燥(RH<20%)， 大风,大温差	
	日平均气温 T(°C)	养护 时间(d)	日平均气温 T(°C)	养护 时间(d)	日平均气温 T(°C)	养护 时间(d)
	>0.45	5 ≤ T < 10	21	5 ≤ T < 10	28	5 ≤ T < 10
10 ≤ T < 20		14	10 ≤ T < 20	21	10 ≤ T < 20	45
T ≥ 20		10	T ≥ 20	14	T ≥ 20	35
≤0.45	5 ≤ T < 10	14	5 ≤ T < 10	21	5 ≤ T < 10	45
	10 ≤ T < 20	10	10 ≤ T < 20	14	10 ≤ T < 20	35
	T ≥ 20	7	T ≥ 20	10	T ≥ 20	28

(五) 气候环境温度方面影响控制

1. 混凝土浇筑避免在负温下施工，因为，环境温度低于0℃时，吸水饱和的混凝土出现冰冻，游离的水转化成冰，因水的密度是1g/cm³而冰的密度约为0.9g/cm³，所以对于一定质量的水凝固成冰后，由于质量不变，而密度减小，所以体积增大。因而混凝土产生膨胀应力，致使混凝土强度降低，特别是在混凝土初凝时，受冻最严重。冬季施工时，对预应力孔道灌浆后若不采取保温措施，也可能发生沿管道方向的冻裂。温度低于0℃和混凝土吸水饱和是发生冻胀破坏的必要条件。当混凝土中骨料空隙多、吸水较多时；骨料中含泥土等杂质过多；混凝土水灰比偏大、振捣不密实；养护不及时都可能使混凝土早期受冻，最终可能导致混凝土冻胀裂缝。大型预应力混凝土箱梁避免在冬季施工，可大大减少混凝土裂缝的产生。

2. 当σ_t（温度应力）≥f_t（混凝土的抗拉强度），在拉应力增加时，混凝土内部微裂缝逐渐增多、扩展，往往要出现塑性变形，在拉应力增加到极限强度f_t时，混凝土不一定立即破坏，而后是拉应力转而下降，直至混凝土要断裂，产生裂缝，所以，为了控制混凝土体内温度，应派专人对混凝土进行洒水保湿养护，来降低水化热，控制温度裂纹产生。

3. 根据本项目地区全年每月的历史气候环境和全年



本项目所在地全年每月气温走势

每月天气走势，合理安排计划工期。

(六) 提前做好各项准备工作

混凝土浇筑各项工作应准备充分，由于本次混凝土浇筑计划2800m³混凝土，方量较大，物资部提前与粉料及粗细骨料等供应商提前沟通及时备料，试验人员及时取样检测，避免了原材料未检先用的现象。由于准备充分，下承式系杆拱箱梁各工序均已完成，准备在四月中旬浇筑混凝土梁。混凝土浇筑前，试验人员及时对粗细骨料进行含水量检测，调整施工配合比，并在监理见证下对首盘混凝土进行出机温度、塌落度、含气量等检测，确保混凝土各指标均合格后出站。混凝土到达现场后应及时对混凝土进行入模温度、塌落度、含气量等检测，合格后方可浇筑入模混凝土，同时留制同条件及标养试件。由于准备充分，各部门把关措施到位，经过日夜奋战，顺利完成了混凝土浇筑任务。本次大型预应力混凝土箱梁浇筑，避免了因在冬季或夏季施工，因环境温度过低或过高，而导致的混凝土出现温度裂缝的发生。

(七) 通过现场预留同条件混凝土试件检测7d混凝土强度达到C50标号的95%以上，现场侧模拆除后，对外观质量进行了一次检查，结果没有发现梁体混凝土出现裂缝，箱梁侧面混凝土表面色泽均匀一致，达到了预期较好的效果。



预应力箱梁侧面混凝土质量

四、结束语

通过本工程实践，要做好大型现浇预应力混凝土箱梁质量控制，不仅要处理好该桥支架基础的不均匀沉降及支架的非弹性变形和部分弹性变形，而且，还要考虑如何降低混凝土本身的水化反应。提前谋划选择好季节性气候环境，选择好优质的原材料，以及混凝土浇筑完成后派专人养护等各环节都必须做好，才能控制大型现浇预应力混凝土箱梁裂缝的产生，才能确保桥梁的施工质量和安全使用。

参考文献

- [1] 张庆芳 混凝土结构收缩裂缝的控制措施研究[J]混凝土, 2014(3): 59-63
- [2] 中国铁路总公司. Q/CR 9207-2017 铁路混凝土施工技术规程, 中国铁道出版社.
- [3] 冯乃谦等. 混凝土结构的裂缝及对策[M], 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [4] 中华人民共和国交通部. JTG D60-2015 公路桥涵通用设计规范[S]. 北京人民交通出版社, 2015.
- [5] 扬州 支架现浇箱梁顶板开裂原因分析[j]城市道桥与防洪, (2016) 08-0130-04
- [6] 王铁梦. 工程结构裂缝控制[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.