

永定河倒虹吸管涵裂缝控制及处理方法

Control and treatment in inverted siphon culvert crack of YongDing River

高亚丹
(北京水利水电学校 北京 100024)

【摘 要】 永定河倒虹吸为两孔一联的钢筋混凝土箱涵结构,采用 C30 F150 W6 混凝土分两期浇筑的方式施工。有的箱涵在边墙和中隔墙位置发现裂缝,后经过调整混凝土配合比、加强混凝土养护等工程措施使裂缝得到有效控制。在裂缝处理时经过多种方法试验对比,最后选择高压化学灌浆的方法。

【关键词】 箱涵 裂缝 控制 处理

1 概述

永定河倒虹吸采用两孔一联的钢筋混凝土箱涵结构。箱涵内净空尺寸为(3.8×3.8)m,顶、底板

厚度为(800~1000)mm,中隔墙厚 700mm,边墙厚 800mm,每 15m 设一道变形缝。箱涵混凝土标号为 C30 F150 W6。箱涵混凝土分两期浇筑,一期浇筑箱涵底板和底板立墙以上 700mm,二期浇筑剩余立墙墙面及箱涵顶板混凝土。如图 1 所示。

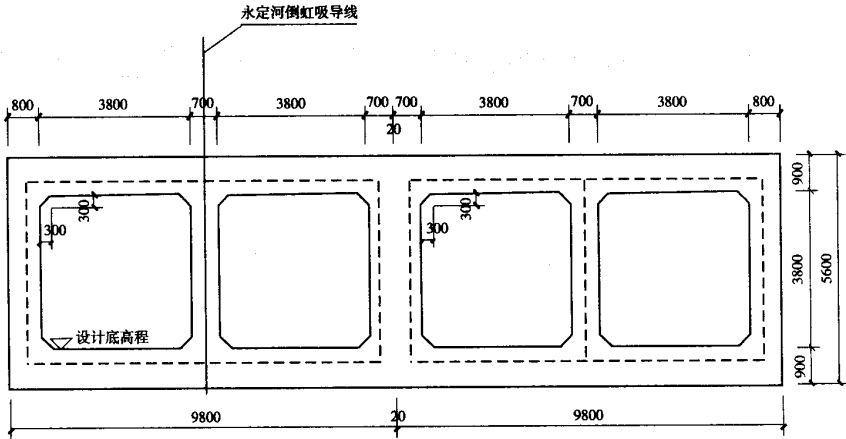


图 1:标准横断面图

工程于 2004 年 3 月开始浇筑混凝土,2004 年 4 月 5 日发现裂缝。裂缝均发生在边墙和中隔墙墙上,一般从底板以上 1m 左右开始开裂到顶部接近上八字墙处逐渐愈合。裂缝宽度约为(0.1~0.2)mm,裂缝数量为一面墙 1~2 道,裂缝位置:如果一面墙开裂一道缝时一般裂缝居中,如果一面墙开裂两道缝时则将墙面一分三段。

2 裂缝原因分析及控制办法

裂缝发生后建设单位多次组织召开专家讨论会,查找产生裂缝的原因,经专家研究讨论一致认为裂缝属于温度裂缝,由于墙板降温收缩受底板约束发生的裂缝,属典型墙板结构裂缝,应从施工控制入手。随即要求施工单位加强养护,同时量测混凝土内部温升。施工单位养护时间改为浇筑 12

小时以后开始,且有专人负责,但是依然没有解决。从混凝土原材料想办法,分别试用鼎新水泥及拉法基水泥也均有开裂。量测混凝土内部温度结果显示:由于正直初春季节,气温较低,混凝土入仓温度普遍可以控制在 $(21\sim 22)^{\circ}\text{C}$,但温升较快,一般 12 小时已达到 50°C 左右。混凝土内部温升之高和发生速度之快是以前没有过的。当时采用的混凝土配合比为:水泥 318kg, 粉煤灰 62kg, 水 165kg, 水灰比 0.44,混凝土试块试验显示三天强度达 85% 以上。

由于正直初春季节,气温较低,混凝土降温时间快,一般经过近 60 小时时间间隔,混凝土内部温度基本与环境温度相当,即平均每日降温达 $(11\sim 13)^{\circ}\text{C}$ 。按照水泥用量计算水化热产生的温度应力,与混凝土强度的增长对比发现,日降温需控制在 6°C 以下才可以保证混凝土不开裂。即混凝土的抗拉强度大于混凝土内部的温度应力。

记录还显示进入 5 月以后浇筑的箱涵,唯一一仓没有开裂的混凝土,浇筑那一天正赶上小雨。

经过对观测数据和计算结果的分析研究,认为控制永定河倒虹吸箱涵混凝土裂缝的开裂,在继续加强混凝土养护的同时,一方面应控制混凝土的早期强度,一方面应控制混凝土的最高温升和降温速度。

为了控制混凝土的早期强度,首先采取的措施是在混凝土中加入缓凝剂。加入缓凝剂的混凝土水化热最高温升的时间是明显向后推移,但是,最高温度却没有下降,依然接近 50°C 。还是要从原材料入手,既可以降低混凝土的早期强度又可以降低混凝土的水化热温升。

混凝土的原材料为水泥、水、砂石骨料和部分外加材料。有经验数据表明骨料温度每降低 1°C ,混凝土出机温度可降低约 0.6°C ;水泥用量降低 18kg,约降低混凝土水化热温升 2°C 。于是采取措施:对砂石骨料进行遮阳降温,以降低入仓温度。同时调整混凝土配合比,降低水化热温升。目前,为节省水泥用量、降低成本,粉煤灰已成为普遍采用的外加材料。尤其是质量较好的一级粉煤灰,对混凝土强度影响不大,而且由于加入粉煤灰可以降低混凝土的自收缩,在有的工程中已使用超过 100kg。

本工程采用的就是质量较好的元宝山一级粉煤灰,原加入量 62 kg,由于原配比混凝土早期强

度较高,为了降低混凝土水化热温升,直接降低水泥用量。矿粉因其发热速度慢,也是降低混凝土的水化热温升的参入材料,尤其对降温梯度控制有利,但考虑其依然会有后期发热,对最终混凝土的温度应力产生不利因素,因此不宜于多用。永定河倒虹吸箱涵混凝土调整后的混凝土配合比为:水泥 227kg,粉煤灰 76kg,矿粉 76kg,水 170kg。水泥用量降下来后浇筑的 39 仓有 22 仓未发现裂缝。这时随着天气变暖,实际气温已逐渐升高,但依然严格控制着混凝土的入仓温度低于 25°C 。由此可见调整混凝土配合比已起到作用。为了控制一期混凝土的约束影响,又在混凝土搅拌时加入缓凝剂,使混凝土温度应力变化平缓,与混凝土强度增长相适应。加入缓凝剂后效果更加明显,开裂仓数明显减少。

随后又试验了新的配比:水泥 222kg, 粉煤灰 111kg, 矿粉 37kg, 水 170kg。采用这种配比浇筑的箱涵未发现裂缝。考虑水泥用量的降低最终会影响混凝土的强度,还是建议结合施工、养护等办法共同加以解决。

具体措施有:加强混凝土的表面养护,脱模后即刷养护灵,然后用麻袋片洒水养护,以保证混凝土潮湿环境。脱模后湿养护时间不少于 7 天。秋季施工应采取表面保护,以防气温骤降。采取保温措施控制每天降温在 6°C 以内。

以后施工单位尽量将混凝土的浇筑时间选在傍晚,并严格按照养护要求实施。5 月 25 日以后采用水泥 227kg 配比的混凝土浇筑的箱涵不再开裂。

3 裂缝处理

为保证结构的耐久性,对已开裂的混凝土的处理也是必不可少的环节。

对已开裂的混凝土进行化学灌浆处理的目的主要是进行防渗堵漏和补强加固。防渗堵漏要求缝面灌后具有较高的抗渗性和抗老化性能,能阻止外来水汽碳化混凝土和锈蚀钢筋,满足结构耐久性和安全运行;补强加固要求缝面浆液固化后具有较高的粘接强度,最终要求能恢复混凝土结构的整体性。

目前用于裂缝处理的灌浆材料主要有环氧树脂和聚氨酯两大类。裂缝处理方法主要有开槽埋

管法、打斜孔埋管法和无损贴嘴法。

永定河倒虹吸的裂缝处理对各种材料和工艺分别进行了试验。

方案一：中国建材研究院推荐的日本 SHOBOND 公司的“壁可”注入法。

施工工艺：将裂缝表面封闭；每隔(25~30)cm 贴橡胶注入器；待表面封闭材料达到一定强度后，用喷枪将“BL-GROUD”材料灌入橡胶注入器，注入器呈囊袋状；此时，注入器中可形成约 0.3Mpa 的压力，将浆液缓缓压入缝中。注入器的囊袋瘪后可继续用喷枪灌入浆液，直至囊袋可维持一定形状，即认为完成灌缝。各注入器可同时工作。

灌入结果：共试验 3 条缝，总长约 9m，浆液灌入量为 2940g。

方案二：由科文博丰公司试验灌入环氧浆液。

施工工艺：将裂缝表面封闭；沿裂缝两侧每隔(30~40)cm 打斜孔放入注浆咀；自下而上依次利用注浆泵将环氧浆液压入缝隙中，控制注浆压力为(0.3~0.4)Mpa。

灌入结果：利用肥皂水进行通气试验时，可以看见下咀进气，上咀有气泡冒出。但是，灌入环氧浆液时，没有见到下咀进浆，上咀溢出现象。钻芯取样显示钢筋以外的保护层混凝土已灌入浆液。

方案三：由圣智生公司试验灌入聚氨脂浆液

施工工艺：不用将裂缝表面封闭；沿裂缝两侧每隔(30~40)cm 打斜孔放入注浆咀；自下而上依次灌缝。由于采用水溶性聚氨脂，因此，首先需灌水将裂缝完全湿润，而后，再灌入聚氨脂浆液。利用美国自控注浆泵控制注浆压力为 17Mpa。如此浆水循环灌入两至三遍，可以看到浆液从缝隙中外溢可完成注浆。

灌入结果：此方法共试验三条裂缝，均为中隔墙上的裂缝。试验后到墙背后检查：有一条缝与墙前一样有连续反浆出现；一条缝反浆不连续；还有一条几乎没有反浆。

分析以上试验，关于灌浆材料：环氧浆液有补

强作用，但也可以起到防水的作用。由于其硬化后强度很高，适应变形能力差，如果裂缝有变化，易形成二次裂隙。其粘度在(20~50)mP 与水近似，流动性好，但胶凝时间长，一般在 1 小时以上。聚氨脂浆液其粘度为(100~200)mP，灌入困难，但由于其具有遇水膨胀、适应变形好、遇水凝固快等优点，有的 15s 即可完成反应，是很好的堵漏材料。

关于施工工艺：开槽埋管法由于对原混凝土结构破坏较大，浆材损耗大，开槽处难以修复好等问题已普遍不再采用。打斜孔埋管法能解决开槽法的诸多不利，但管容耗浆大，且微细粉尘易堵塞缝面影响灌浆质量，方案二没有反浆现象，分析就是这种原因。无损贴嘴法具有工艺简单、无钻孔、无孔容耗浆、易找准裂缝、对混凝土无损伤等优点。方案一就采用这种方法，但由于其注入器及剩余浆液均属于消耗品，因此其造价较高。方案三表面不封闭，浆液消耗多，由于浆液会向压力小的地方走，且施工程序是人为控制，灌入质量难以保证。

考虑永定河倒虹吸的裂缝为温度裂缝，开裂方向与受力方向平行，开裂宽度为 0.2mm 左右。其不会影响结构强度，应以防渗堵漏为目的。综合各种因素后，最后推荐选择裂缝处理方案：将裂缝表面封闭，利用高压灌入聚氨脂浆液。沿裂缝两侧每隔(30~40)cm 打斜孔放入注浆咀，自下而上依次灌缝，直到下咀进浆，上咀溢出为灌满标志，顶部最后一咀可适当减小灌入压力。

参考文献：

- [1] 水工混凝土建筑物的检测、评估与缺陷修补工程应用 孙志恒 鲁一晖 岳跃真 编著 中国水利水电出版社
- [2] 水工混凝土的温控与防裂 主编 龚召熊 副主编 张锡祥 肖汉江 汪安华 中国水利水电出版社
- [3] 大体积混凝土温度应力与温度控制 朱伯芳 著 中国电力出版社 □

(上接第 27 页)

争力发挥着重要作用。通过典型造价可以有效控制工程造价，提高投资效益，确保电网工程保持最佳技术经济性，这既是电网发展方式转变的措施，也是实现国有资产保值增值，促进公司发展方式转变的基本要求。

典型造价的编制为公司建立了一套适应当前资源节约型与环境友好型社会建设相适应的造价标准，可有效推进电网建设，提高投资效益，进一步促进了公司效益与社会效益的协调、促进了电网建设与自然环境的协调。 □