第 22 卷 第 1 期
2002 年 1 月

桂 林 工 学 院 学 报
JOURNAL OF GUILIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Vol. 22 No. 1
Jan. 2002

文章编号：1006－544X(2002)01－0040－04

钢筋砼箱涵施工裂缝的预防

陈 小 青

（深圳市宝安区城市建设投资发展公司，广东 深圳 518101）

摘 要：钢筋砼箱涵在施工过程中，易产生裂缝. 其影响因素有：原材料质量不符合要求，地基不均匀沉降，模板支撑不稳，结构配筋不当，砼振捣及养护达不到要求等. 针对东深供水箱涵侧墙裂缝产生的原因，改进了施工方案，加强了各个环节的管理，消除了裂缝产生的根源.

关键词：钢筋砼箱涵；裂缝；预防措施

中图分类号：TU528.790.7；TV672.2　　文献标识码：B①

当钢筋砼箱涵用作输水工程或地下通道工程时，要求具有足够的强度和良好的防水性能. 从结构上看，施工并不困难. 但要满足设计要求，达到优良工程的质量标准，并非易事. 特别是对于钢筋砼箱涵易出现裂缝的问题，应引起足够的重视. 东深供水箱涵工程在施工过程中，就出现了侧墙裂缝的问题.

1 工程概况

东深供水箱涵工程位于惠阳市马安镇附近，为深圳市东部供水水源工程的一个标段. 箱涵设计为现浇双孔钢筋砼结构（图 1），砼标号为 C30，单孔断面：净宽×净高＝3.2 m×4.0 m，墙、底板、顶板厚度均为 0.5 m，全长 943 m，每 23 m 为一节，共 41 节. 节与节之间设 3 cm 宽的沉降缝，沉降缝处设橡胶止水带. 工程地处西枝江一级阶地，地表为农田. 地基顶面设计高程为 6.9 m，处于冲积层粘土及砂层交接部位. 冲积层粘土属中压缩性土. 工程在 1998 年 6 月至 1999 年 6 月期间施工.

2 施工方案

（1）基坑开挖深度约 6 m. 采用两台挖掘机接力开挖，自卸汽车运土. 基坑边坡坡度 1∶1，在边坡中部设 1.5 m 宽的平台，便于施工作业.

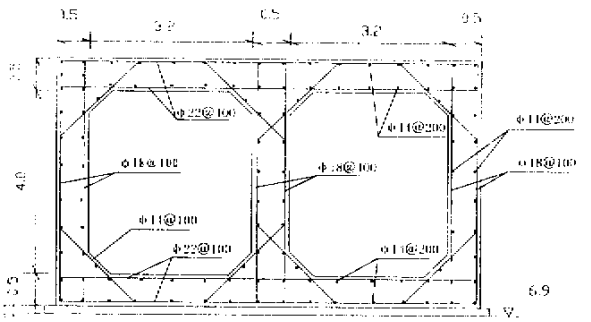

图 1 箱涵横截面构造

Fig. 1 Cross section structure of box culvert

图中：标高单位为 m，其余为 mm

（2）采用木模板，钢支撑. 模板经过设计后，在加工场地制作好，运至现场安装. 两模板之间用对拉螺栓连接. 对拉螺栓用 Φ12 的钢筋制作（中间设置止水钢片），上下左右间距均为 80 cm.

（3）箱涵砼采用商品砼，泵送. 分两次浇注，先浇注底板砼，后浇注侧墙和顶板砼. 施工缝设在底板以上 70 cm 处，缝中安装镀锌钢板止

① 收稿日期：2001－11－30；修订日期：2001－12－15
基金项目：深圳市市政工程资助项目
作者简介：陈小青（1957－），女，工程师，市政工程专业.

水片（图 2）.

（4）施工的重点是后浇部分，而后浇部分的施工重点是侧墙砼浇注. 后浇部分的侧墙深度为 3.8 m，且顶板钢筋密布，浇注振捣十分困难. 混合料用串筒送入模板中，每隔 1.5 m 移动一次串筒. 串筒处的顶板钢筋先不绑扎，便于安放串筒. 待侧墙砼浇注完毕后，再绑好钢筋.

（5）侧墙砼以 50 cm 的层厚逐层浇注. 混合料从一端向另一端均匀的送入模板中，定人定位用插式振动棒振捣. 每层均按先边墙，后中墙，再另一边墙的顺序，依次轮流浇注振捣.

（6）侧墙浇注完成后，紧接着浇注顶板砼. 从一端向另一端一次浇注成形.

（7）在顶板最后一道收浆后，用麻袋覆盖，人工浇水养护 14 d.

（8）非承重模板 3 d 后拆除，承重模板 14 d 后拆除.

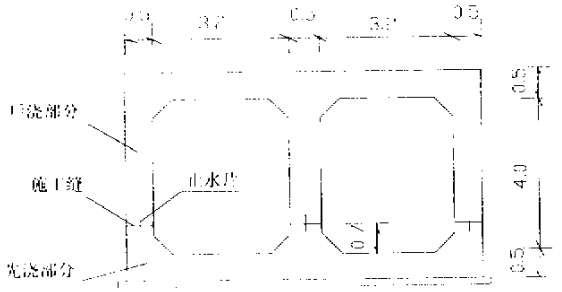

图 2　箱涵横截面

Fig.2　Cross section of box culvert

图中尺寸单位：m

3　试验段裂缝的出现

为保证箱涵施工质量，先进行试验段施工，以便总结经验，为整个工程施工奠定良好基础. 选取第 41 节为试验段，使用材料如下：

砼：由香港远发砼公司提供商品砼，搅拌站距施工现场 2 km. 砂石材料质量检验结果见表 1.

表 1　砂石材料质量检验结果

Table 1　Quality inspection result of sand and stone material

名称	产地	针片状含量/%	压碎指标/%	含泥量/%	最大粒径/mm	细度模数
碎石	惠阳	5.1	9.0	0.7	30	
中砂	惠阳			1.1		2.8

525＃水泥：烟台产，质量检验合格.

粉煤灰：珠海产，质量检验合格.

外加剂：深圳产，质量检验合格.

钢筋：韶钢产线材，质量检验合格.

砼搅拌配合比见表 2. 分两次浇注箱涵砼，在底板以上 70 cm 处设施工缝. 先浇注底板和 70 cm 高的侧墙，相隔 5 d 后浇注侧墙和顶板砼. 养护 3 d 后，拆除外模板. 通过对箱涵表面进行检查，发现箱涵侧墙在施工缝以上每隔 3～7 m 有一条竖向长 3 m 左右的裂缝，缝宽 0.1～0.5 mm，贯穿整个墙厚. 裂缝位置的分布，三侧墙均不相同（图 3），每条裂缝的宽度也不一样，但每条裂缝的长度基本相同，都是起于施工缝处，止于侧墙与顶板相交处. 施工缝处裂缝较宽，向上逐渐变窄，最后在与顶板相接处消失.

表 2　砼搅拌配合比

Table 2　Concrete mix proportion

名称	水	水泥	中砂	碎石	粉煤灰	外加剂
用量/(kg·m^{-3})	172	270	828	1054	51	13.32
比例/%	0.64	1	3.07	3.90	0.19	0.049

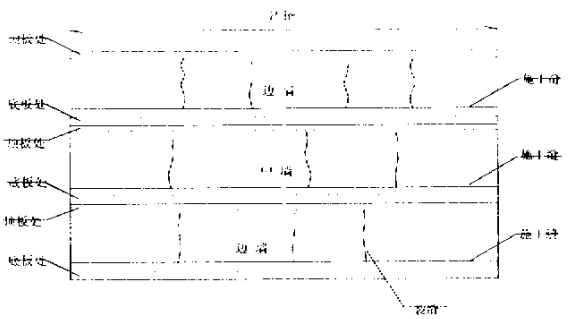

图 3　箱涵侧墙裂缝分布

Fig.3　Distribution of cracks in sidewalls of box culvert

4　裂缝产生的原因及防治措施

4.1　原因分析

（1）对商品砼进行调查、分析. 通过对材料进行抽样检验，没有发现质量问题. 砼搅拌站距现场不到 2 km，砼运输与等候时间之和约为 15～25 min，现场测定砼的坍落度为 10～14 cm，符合规范要求[1]. 又对砼试块进行抗压、抗渗试验，均符合质量要求，砼不存在质量问题.

（2）检查地基承载力情况. 基底土质为粘土，开挖基坑后，由质量监督站取三处土样进行试验，允许承载力分别为 0.253 MPa，0.276 MPa，0.297 MPa，都能满足设计要求. 经计算，

箱体对土基的作用力为 0.048 MPa. 试验段范围内没有软土地基. 箱涵两侧按规定设有排水边沟和积水井，用水泵及时抽出积水. 因此，人工浇水养护不会对地基产生影响. 通过以上分析，地基承载力满足要求，不会产生不均匀沉降. 对箱涵顶面四个角点的水平监测，也没有发现有下沉现象.

(3) 对支架进行检查. 防止因支撑不牢，砼在没有达到一定强度时，箱体产生位移，使砼内产生过大的剪应力而开裂. 模板内支架为门式钢支架，外斜撑为钢支撑. 经检查，没有发现损坏、滑移等现象.

(4) 检查施工记录. 由输送泵运送砼，先浇注底板砼计 115 m^3，相隔 5 d 后，再浇注侧墙及顶板砼计 180 m^3. 砼入模温度为 30～35 ℃，浇注速度 35 m^3/h，人工操作插式振动棒振捣. 在顶板砼收浆后，用麻袋覆盖，人工浇水养护.

根据以上调查，排除了砼质量、地基承载力和支架水平移动因素对砼裂缝的影响，最有可能引起裂缝的原因是砼收缩及温度应力.

箱涵砼分两次浇注，底板浇注后，对施工缝进行凿毛、清理，再绑扎侧墙、顶板钢筋，安装模板，5 d 后浇注侧墙及顶板砼. 由于浇注砼是中午进行，气温较高，一般在 32～35℃. 由输送泵送入模板中振捣，浇注速度快，水泥在水化过程中释放出大量热量，积聚在砼中，使砼体积膨胀过大. 同时，养护方面也存在很大问题. 在顶板砼终凝后才开始人工浇水养护. 侧墙砼养护不到位，致使砼产生了过大的收缩. 而在收缩时，遇到先期浇注的底板砼和结构钢筋的约束，不能形成整体收缩，在侧墙砼中产生巨大的拉应力，从而导致箱涵侧墙被拉裂.

4.2 防治措施

根据对裂缝原因的分析，现场除了对原材料的严格监控，对地基承载力的检测外，重点采取了如下的预防措施：

(1) 根据现场气候情况和材料现状，每天早中晚、雨后都要对砂石材料抽样检测. 根据检测结果，及时调整配合比. 特别要防止将试验室配合比作为施工配合比使用. 为了提高砼的密实度，从而提高砼的强度在满足施工和易性的条件下，将水灰比降至 0.55. 并按规定制作砼试块.

(2) 控制砼搅拌时间，规定搅拌时间 2 min[1]，不能过短，也不能过长. 搅拌时间短，混合料拌合不均匀；时间过长，会破坏材料的结构. 如砂石材料被磨损，混凝土配合比被改变等.

(3) 将木模板更换为钢模板，以利散热. 尽量缩短底板砼与侧墙砼浇注的间隔时间. 在底板砼浇注完成后，3 d 之内浇注侧墙砼. 这就要求钢筋、模板工序改进操作方法，连续作业.

(4) 在温度比较低的早、晚时间浇注砼，降低砼的入模温度. 确保入模温度控制在 30℃ 以内.

(5) 现场振捣按部位责任到人，防止漏振、少振现象. 底板、顶板浇筑速度可适当加快，而侧墙浇注速度不易过快. 一般控制在 25 m^3/h，分层振捣，每层厚 30 cm. 砼浇注时的倾落高度控制在 2 m 以内[1]. 均匀出料，均匀放料，不能堆积成堆，以免发生离析现象. 振捣完成，通过检查后，再浇注上一层砼.

(6) 改变砼养护方法，设置专用的自动喷水系统（图 4，5）. 在浇注砼时就开始向模板上连续不断地喷水. 由于水泥在水化过程中产生很大的热量，在浇注过程中向侧墙模板喷水散热，以免砼由于温度过高，体积膨胀过大，在冷却后体积

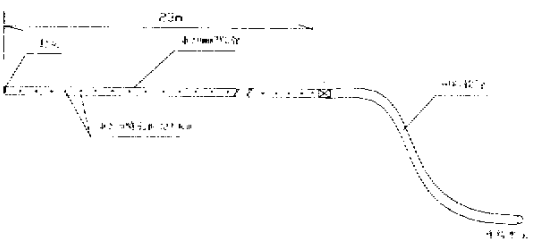

图 4 喷水管制作示意图

Fig.4 Sketch map for the manufacture of spray pipe

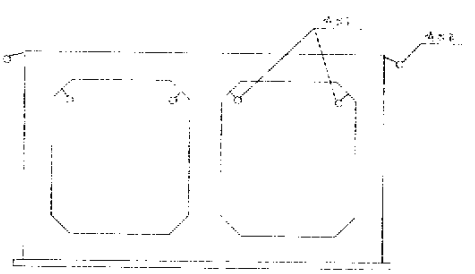

图 5 喷水管布置横截面图

Fig.5 Cross section of the arrangement of spray pipe

收缩过大．顶板在最后一道收浆后，用麻袋覆盖后洒水．养护时间 14 d.

由于采取了有效措施，加强了各个环节的管理，消除了箱体侧墙裂缝产生的原因，施工进展顺利．竣工验收被评为优良工程．正式投入使用以来，运行情况良好.

5　结　论

(1) 裂缝是钢筋砼箱涵致命的质量问题．特别是用作地下通道或输水工程的箱涵，一旦裂缝产生，很难修复．虽然现在有各种补缝措施，但效果并不理想．如深圳某地下人行通道，由于裂缝漏水，无法使用．经过几次修补仍不尽人意.

(2) 钢筋砼箱涵裂缝产生的原因很多，但具体到某一工程，由于所处的环境条件不同，其影响因素也不同．因此，要具体情况具体分析，钢筋砼箱涵裂缝是能够预防的.

参考文献：

[1] 中华人民共和国交通部．JTJ 041－89，公路桥涵施工技术规范 [S]．北京：人民交通出版社，2000.

Crack prevention in reinforced concrete box culvert during construction

CHEN Xiao-qing

(*Shenzhen Baoan City Construction Investment & Development Corporation*, *Shenzhen* 518101, *China*)

Abstract: Cracking is a common phenomenon during the construction of reinforced concrete box culvert, whose conductive factors are as followed: poor quality of raw materials, non－uniform settlement of the subsoil, instability of formwork supports, unproper structural reinforcement and concrete vibration and curing. Based on the investigation of the causes leading to the cracking in the sidewalls of the water－supply box culvert in Dongshen, construction scheme is improved and management of working procedures is strengthened, thus eliminating the risk of cracking.

Key words: reinforced concrete box culvert; cracking; precaution measures

珍珠的无损检测

天然珍珠相对很少见，但在珠宝市场中仍能偶然遇到，现在市场上出售的珍珠大部分都是养殖珠，养殖珠的形成过程是，把人造珠核以及一块膜组织放到牡蛎中，然后把这些牡蛎放在人工控制的条件下养殖一年或更长时间，珠核就在蚌中被珍珠层覆盖形成养殖珠。相反，仿造珍珠通常由蜡状物充填玻璃、固体玻璃、塑料以及珠蚌粉做成。

X 射线成像技术是鉴定珍珠的最好方法，珍珠的 X 射线吸收成像被记录在照片上揭示了它们不同的内部结构。在照射相片上，天然珠通常显示出多个由外到里的同心环，而养殖珠在照片上则显示出在珠层与珠核之间有一个清晰的界面，仿造珠则缺少内部结构。

养殖珠可以通过化学处理或者辐射来进行上色，这样处理的珍珠可能表面有一层外衣，通常双目显微镜仔细观察就能检测出来，化学分析也能揭示其外来物质的存在。