

港口航道工程大体积混凝土裂缝的施工工艺探讨

江丹强

广东省航运规划设计院有限公司 广东广州 510050

摘要: 混凝土是当今最重要的建筑材料,被广泛应用于各种建筑工程中,其中混凝土砌块由于使用价值和技术难点得到充分重视。由于大体积混凝土体积大,施工中形成裂缝的风险较大,加强大体积混凝土施工中裂缝的控制,这是港口和航道本身建设的要求,也是建筑设计中必须非常注意的一个主要环节。特别是在港口和航道中,混凝土裂缝施工是必不可缺的,对港口航道建设有重大影响。本文结合港口航道案例项目,结合工程项目背景,指出航道港口工程中混凝土砌块的施工,在施工顺序、材料组合、温度控制、混凝土养护等方面技术方面的注意要点,为今后我国类似的港口航道工程提供参考。

关键词: 港口航道工程;大体积;混凝土裂缝;工艺

近年来,随着内河航运等行业的快速发展,我国加大了对各个港口和航道的投资,在工程中需要使用大量的混凝土。考虑到整个工程的影响,需要解决大体积混凝土的裂缝问题,防止出现更严重的安全问题。因此,有必要对砌块混凝土中容易出现的裂缝及其原因进行系统分析,结合相关的建筑技术和工艺,对这些问题进行预防和控制,从而防止大体积混凝土出现裂缝。

1. 港口与航道工程大体积混凝土施工裂缝控制

海南洋浦海滩隧道工程在德河运河及海滩上大规模使用大体积混凝土,因温差、降低等温度活动,会导致整个项目存在潜在的安全风险^[1]。这些断裂风险必须通过在施工过程中的有效测量来预防和消除,以确保整个大体积混凝土施工质量。

2. 港口与航道工程大体积混凝土施工裂缝成因分析

在航道及岸滩整治项目中,大体积混凝土施工是最基本的施工工艺,其技术问题在控制建筑物方面很有效。与普通混凝土施工相比,大体积混凝土在施工和质量控制方面有更多的技术性问题需要解决,尤其是大体积混凝土内部裂缝的产生,必须将其成因进行有效分析,才能彻底解决。

2.1 温度因素导致大体积混凝土产生裂缝

大体积混凝土内外温差变化大都发生在三个阶段:大体积混凝土穿孔初期,透温性较差,各组分水化反应产生的温度在短时间内积聚,温度升高足够拉伸温度是

温度隔离的作用。温差越大,温度越高^[2]。温度应力引起大体积混凝土裂缝的情况有两种:(1)如果混凝土内的温度呈非线性分布,且外部环境不受约束且绝对静止,大体积混凝土结构会由于自身的约束而产生温度应力。(2)如果大体积混凝土边界可以受到外部约束,混凝土结构变形会受约束,进而产生温度应力。

2.2 收缩因素导致大体积混凝土产生裂缝

大体积混凝土硬化后,由于粘结环境的影响,混凝土内部会出水或同时水汽扩散,水比蒸发低,如果水泥活性高或外部温度高,混凝土表面的收缩变形会更加突出,出现开裂。在外层的作用下,在混凝土平面上出现作用后,产水速度更快,吱吱声越来越多^[3]。属于非温度应力引起的变形问题,主要是由混凝土水化的变化引起的,与两个因素直接相关:一是集料的弹性模量,二是水泥的矿物成分。(见图1、图2)

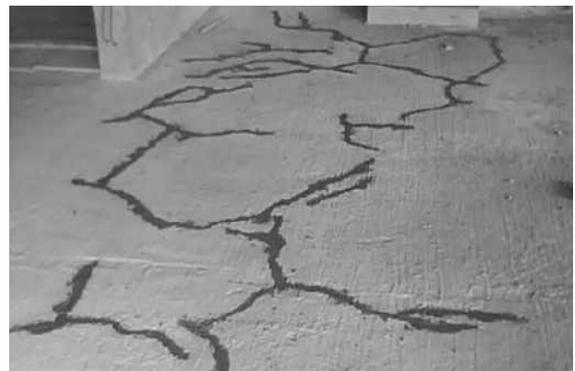


图1 温度因素导致大体积混凝土产生裂缝因

2.3 其他因素导致大体积混凝土产生裂缝

以上两个主要原因是混凝土过剩的两个主要原因,其他因素例如大体积混凝土中的化学反应和外荷载裂缝。

作者简介: 江丹强,1991.10.30,男,汉族,浙江台州人,就职于广东省航运规划设计院有限公司,工程师,本科学历,港航研究,邮箱:13798097862@163.com。



图2 收缩因素导致大体积混凝土产生裂缝

大体积混凝土中的各种化学反应，会影响它的体积，甚至大的自重也会在混凝土之前发生变化，然后在混凝土中产生裂缝。

3. 港口与航道工程施工裂缝控制对策

海南洋浦港区的迪帕塔航道及滩涂控制工程规模较大。在实际布置中，大体积混凝土混凝土的布置，控制对策包括以下几个方面。

3.1 加强混凝土原料的配比控制

在创建项目时，技术应充分说明项目的实际情况，(1) 混凝土配合比设计必须符合设计和技术规范的规定^[4]。建设单位应当严格按照《水运工程混凝土施工规范》的规定和步骤进行配合比设计。经试验合格，经监理工程师批准后方可用于施工。(2) 最大水灰比和最小胶结胶凝材料用于混凝土用量详见《水运工程混凝土施工规范》的要求。

3.2 加强施工温度控制

在洋浦港深水航道和岸控工程建设中，混凝土砌块的整个施工过程必须全程监控操作温度，从模板到浇筑，通过人工控制的有效性，使混凝土温度变化达到设计要求，尽可能减小混凝土内外温差。

3.3 优化施工约束条件

必须会同监理、设计人员等，以控制钢筋混凝土砌块的设计变更，有合格的计算经验，经审批后方可实际施工使用。根据实际情况，施工造型可分为若干层，工作块，采用合理布局优化约束，通过减少相邻混凝土的工期或采用预留伸缩缝，使得混凝土裂缝能够得到很好预防。

3.4 加强大体积混凝土的养护力度

砌块混凝土养护的目的是保证提供适宜的湿热条件，避免有害的湿热收缩变形，保证工程在河道和岸边组织深水条件下的砌块混凝土质量。洋浦港区需要注意的是工程中大体积混凝土强度等级为C40。浇筑混凝土前，

应检查模板的精度，清除模板中的木屑、泥浆等残留物。混凝土浇筑必须连续进行，因故中断时，间断时间不得超过1.5h。

混凝土砌块养护是质量保证的重要环节，尤其在高温、干燥环境下，应加强湿混凝土养护，湿养护时间不少于15d，应严格按照《混凝土水运工程建设标准》^[4]。另外，为了防止路面出现细小裂缝，混凝土路面采用聚丙烯纤维网， $1.2\text{kg}/\text{m}^3$ 。技术指标如下：弹性模量 $\geq 3500\text{mpa}$ ；捆扎网状制品断裂伸长率 $\geq 6\%$ ；吸水性：不吸水；抗拉强度 $\geq 346\text{MPa}$ 。

4. 港口航道工程大体积混凝土裂缝的施工案例

4.1 项目背景

在某河段道路开发工程中，混凝土施工主要包括上门头墩、下门头墩、门构件墙、航海墙、底板、廊道和导流墩。所用混凝土的强度等级为C25和C30。根据工程要求，需要满足F50的混凝土结构抗冻程度和标准在本工程的港口和航道建设中，混凝土结构的种类很多，受对构件的各种约束，许多不同的连接结构，如臀部、空箱体，以及各种以应力为中心的异质结构，大大增加了混凝土破裂的风险。经过10个月的建设，港口运河工程经历了当地最高气温和最低气温，混凝土裂缝较深^[5]。因此，港口运河工程施工技术人员采取了多项措施来防治混凝土断裂，已经达到了预期的施工效果。

4.2 施工中遇到问题

4.2.1 原材料质控不到位

原材料在混凝土施工过程中的应用直接关系到工程质量。检验物料时，先将重要物料运至检验点，分析检验过程中是否存在不合格的质量问题。

4.2.2 混凝土养护

在混凝土制作的中后期，养护工作也是防治裂缝的关键过程。工程量养护中也要认真计算，坚持每天的混凝土养护，保证质量，延长养护频次。

4.3 混凝土选材及配比设计

4.3.1 选材

(见表1)作为港航工程选用的P.O42.5水泥材料的试验结果；95级矿粉的抗压强度比在7d和28d分别达到84%和106%；对于I类飞灰，需水量和烧失量分别为94%和2.95%。河砂，2.0%和0.5%的粘土含量和粘土含量；河流中最大粒度为25mm，含泥量为0.6%；Lg-3泵送剂在7d和28d时可分别达到107%和104%的抗压强度比。

表 1

检测指标	结果
初凝时间	1小时59分钟
终凝时间	3小时4分钟
标准稠度需水量	27%
3d抗压强度	31.1MPa
28d抗压强度	51.6MPa
3d抗折强度	6.6MPa
28d抗折强度	10.2MPa

表 2

材料	参数
水灰比	0.5
水	170
水泥	222
砂率	40%
砂	760
卵石	1140
粉煤灰	45
LG-3	90
矿粉	8.1
缓凝剂	7.1

4.3.2 确定混凝土施工配比

结合设计特点（见表2），混合混凝土材料的最终施工比例、26%的矿尘、9%的蝴蝶灰和过量蝴蝶灰置换系数为1.4。经搅拌试验，混凝土搅拌功能良好，不分离，不泌水，加入阻燃剂，产生210mm的落差，2h后无损失。3d、7d、28d、60d受力分别达到8.7mpa、19.6mpa、36.7mpa、42.6mpa。

水泥水化热在港口和航道工程中是提高混凝土绝热温度的关键，因此需要准确减少混凝土肉桂用量，延迟混凝土的放热点，才能有效降低混凝土的水化温度。假设施工条件，混凝土绝热升温计算公式如下：

$$T_h = WQ / (C_p) = 221 \times 500 / (0.97 \times 2430) = 46.9^\circ C \quad (1)$$

式中：混凝土绝热温度的最终升高值用 t_h 表示；每立方米混凝土的水泥用量，以 W 表示；水泥的水化杀灭率用 Q 表示；混凝土的水合物杀灭用 C 表示；混凝土密度 ρ 表示。

混凝土最高实际内部温度计算公式如下：

$$T_{max} = T_j + T_h(1 - e^{-m})\xi = 16 + 46.9 \times 0.87 \times 0.8 = 48.6^\circ C \quad (2)$$

式中：混凝土的不同龄期实际内部最高温用 T_{max} 表示。

计算混凝土的结构物表面温度计量公式如下：

$$T_{b(t)} = T_q + 4h'(H - h')\Delta t_{(t)} / H^2 \quad (3)$$

根据该工程运用的三层草帘覆盖报文计算可得 $T_{b(t)} = 26.2^\circ C$

根据上式计算出的混凝土内外温差为 $48.6 - 26.2 = 22.4^\circ C$ ，所以计算出的混凝土表面温度与大气温度的差值为 $26.2 - 10 = 16.2^\circ C$ ，所以根据本次计算结果可得温差在 $25^\circ C$ 以内，发现本次设计的混凝土配合比与本工程温度计量标准符合。

4.4 施工过程控制裂缝

4.4.1 控制原材料

由于最低气温已超出 $0^\circ C$ ，所以，不必再次加热砂石料，尽可能选择背阴砂^[6]。对配合比不同材料计量精度，应注意控制混合量，保证混合过程中混合液反应完全，最终出口温度达到 $160^\circ C$ 以内。大体积混凝土施工时，要按照门头底板在门口→门室向槽道和挡土墙方向的顺序进行。

4.4.2 控制混凝土浇筑

结合工程实例，混凝土供给量为 $150m^3/h$ ，施工现场共使用2台汽车泵，确保混凝土表面能完全覆盖，达到 $80m^3/h$ 的泵量和控制浇注时间为12h。上前完成混凝土浇筑，将两台机泵从近中距离结合，严格检查每层底板厚度1m左右。需要浇筑层。首先，确保满足底板浇注强度标准，然后完成墙体渗漏。在此过程中，相应层的浇注将在标段的不同高度处获得批准。在混凝土振捣 $\phi 50$ 插入式振子的过程中，快插慢拉，以调整移动均匀，各振点时间控制在15 ~ 30s之间。控制床高约2.9m，导航墙顶层高约4.1m。逐层浇筑直至建筑物顶点。

4.4.3 温度控制

将物理热传导原理应用于混凝土内冷处理，不仅可以有效降低混凝土绝热内部温度升高的最大值，而且可以在短时间内迅速降低混凝土内部温度。每个供水口前都设计了热电偶，确保2h内完成水温测量^[7]。比较混凝土内部温度值，确保供水温度与混凝土内部温差在 $25^\circ C$ 以内。在本港航工程施工中，还需控制最高温度施工条件，注意预埋水管冷却，冷水降温，低温施工条件应用纤维混凝土抗裂法。

4.4.4 混凝土养护

对于港口工程和航道建设中的混凝土养护过程，必须考虑两个方面：一是表面散热的减少，二是散热时间的延长。出于这个原因，选择了两层绿色窗帘来处理混凝土表面绝缘。该项目设置在干燥的环境中，因此表面容易因失水迅速而破裂。需要在表面覆盖塑料薄膜以达到润湿的效果，然后再覆盖两层绿帘，待项目廊浇筑成

功完成后,即可得到混凝土浇筑和出入口的最终效果景观廊可及时上锁,以做好节约用水、保持廊高的工作。冬季施工时,要时刻注意温度的变化,避免大混凝土施工后风、雪、寒潮的破坏,并注意在机翼和机翼处放置更多的保温材料,预防裂缝。

综上所述,海南洋浦港区深水航道及海滩整治工程规模大,施工中大量使用大体积混凝土,对施工臂控技术要求非常严格。分析固体混凝土断裂的原因,最本质的有两个方面:一是温度变化引起的断裂,二是收缩引起的断裂。这两种骨折的原因也有很大的相关性。其防控也必须分层次、分环节控制。在工程设计和施工操作方面,必须严格按照相应的标准和流程,在配比、温度控制、施工和维护过程中进行重要工作,使散装混凝土符合标准。

参考文献:

[1]卢强.港口航道工程中大体积混凝土施工裂缝的控制技术[J].珠江水运,2018,(15):21-22.

[2]黄金星.浅析港口与航道工程大体积混凝土施工裂缝控制[J].珠江水运,2018,(12):50-51.

[3]张震锋.港口与航道工程大体积混凝土施工裂缝控制研究[J].珠江水运,2018,(11):105-106.

[4]陈花.港口与航道工程大体积混凝土施工中的裂缝问题及控制[J].中小企业管理与科技(下旬刊),2018,(02):127-128.

[5]余凯,黄苑婷.解析港口航道工程大体积混凝土施工裂缝的控制措施[J].中国水运,2017,(06):57-58.

[6]徐龙,陈华飞.港口航道工程大体积混凝土施工裂缝控制研究[J].科技创新导报,2017,14(16):52-53.

[7]陈晓明.港口与航道工程大体积混凝土工程的施工裂缝控制措施分析[A].《建筑科技与管理》组委会.2017年3月建筑科技与管理学术交流会论文集[C].《建筑科技与管理》组委会:北京恒盛博雅国际文化交流中心,2017:2.