

地铁土建施工中的混凝土裂缝控制探讨

霍志刚*

中铁一局集团第四工程有限公司, 陕西 712000

摘要:近些年来,城市交通迅猛发展,为城市的运转带来极大的便利。在城市交通中,地铁是重要通行工具,虽然地铁的发展时间不是很长,但是其便利性以及发展的速度在交通界占据重要地位。不可否认在地铁的建设发展中,由于各种因素的影响,施工项目的混凝土会出现裂缝的问题,影响地铁运行的安全性。为此必须要对混凝土裂缝有效控制,尽可能降低混凝土裂缝造成的危害,使地铁土建施工建设以及运行的安全性得到保障。本次研究就对地铁土建施工中的混凝土裂缝控制情况进行探讨。

关键词:地铁; 土建施工; 混凝土裂缝; 控制

Discussion on Concrete Crack Control in Subway Civil Construction

Zhi-Gang Huo*

The Fourth Engineering Co., Ltd. of China Railway First Group, Xianyang 712000, Shaanxi, China

Abstract: In recent years, the rapid development of urban transportation has brought great convenience to the operation of cities. In urban transportation, the subway is an important means of transportation. Although the development time of the subway is not very long, its convenience and development speed occupy an important position in the transportation industry. It is undeniable that in the construction and development of the subway, due to various factors, the problem of cracks in the concrete of the construction project will affect the safety of the subway operation. For this reason, it is necessary to effectively control concrete cracks, reduce the damage caused by concrete cracks as much as possible, and ensure the safety of subway civil construction and operation. This study discusses the control of concrete cracks in subway civil construction.

Keywords: Subway; civil construction; concrete cracks; control

一、前言

社会经济发展、城市化水平提高, 交通量也呈现出快速增长的趋势, 城市中交通堵塞的情况日渐严重。为高效利用城市底下空间, 地铁工程开始大量建设, 其运行能够很好的缓解地面城市交通的拥堵压力, 也是城市发展必经之路。地铁土建工程是一项民心工程, 主要通过钢筋、混凝土进行搭建的。在混凝土施工中, 裂缝问题是比较常见的一种质量问题, 怎样减少混凝土裂缝出现, 提高地铁土建工程施工的质量就成为当前需要解决的重点问题。

二、混凝土裂缝类型

在地铁土建施工建设中, 混凝土裂缝分类不同, 下面就依据裂缝的成因、形状、时间、危害性等方面对混凝土裂缝进行类型划分^[1]。

(一) 成因

依据混凝土裂缝的成因分析, 混凝土裂缝主要有两种, 分别是结构性裂缝、非结构性裂缝。

结构性裂缝是由于各种外部荷载造成的。

非结构性裂缝是混凝土在凝结硬化或固化利用过程中, 由于构成材料在大气环境中出现物理化学性质变化, 导致内应力出现变化而引起的裂缝。

(二) 形状

依据裂缝的形状, 可以将混凝土裂缝分为纵向裂缝、横向裂缝。

纵向裂缝指的是与结构地面平行的裂缝。

横向裂缝是与结构地面相垂直的裂缝。

(三) 时间

按照混凝土裂缝形成时间早晚, 有早期裂缝、后期裂缝之分。

早期裂缝是施工过程中没有按照严格的规定操作出现的裂缝。

后期裂缝是使用过程中, 由于外界因素的影响而出现的裂缝。还有些后期裂缝是由于早期裂缝扩大造成的。

(四) 危害性

依据对地铁土建过程造成的危害性, 可以将混凝土裂缝划分为有害和无害两种。

*通讯作者: 霍志刚, 1982年2月, 男, 汉族, 内蒙古赤峰人, 就职于中铁一局集团第四工程有限公司, 工程师, 大学本科。研究方向: 地铁路面施工方面。

有害的裂缝就是比较宽、深的裂缝，会对地铁土建工程的承载能力以及实用性造成危害和影响。

无害裂缝就是比较小的裂缝，这些裂缝不会影响地铁土建工程的承载能力。

三、地铁土建施工中混凝土裂缝出现的原因分析

(一) 普通混凝土裂缝出现原因

1. 温度裂缝

混凝土出现温度的裂缝是因为在地铁土建施工中，内部、外部温度差异比较大，在水化作用下，混凝土表面温度在短时间内散去，而混凝土内部的温度短时间内是不能散去的，内外温差差异就会导致温度裂缝的出现。一般而言，混凝土温度裂缝的出现原因主要分为三种。

(1) 浇筑混凝土时，存在着强烈的水化热现象，导致混凝土内外温差比较大，当混凝土全部浇筑完毕后，就会出现温度裂缝。

(2) 当混凝土内部温度达到最高时，温度会逐渐下降，然后降到最小，这时最高温度与最低温度相差比较大，混凝土表面就容易出现裂缝问题。

(3) 拆除混凝土模板后，其表面温度开始下降，但是其内部温度无法在短时间内降下来，导致混凝土内外温差大，进而发生混凝土裂缝问题。

2. 荷载裂缝

荷载带来的直接应力导致的裂缝。在工程设计计算环节出现的裂缝，对混凝土受力情况进行计算时，调查不认真，使得计算出的受力与实际结构受力之间有偏差，进而出现混凝土裂缝。在施工过程中，结构受力关注不到位，随意在混凝土上放置杂物，导致混凝土变形，进而出现裂缝问题。还有就周围土体系遭到破坏，地下暗挖部分需要承受额外的土压力，出现土体裂缝的情况。

荷载带来的次生应力造成的裂缝。没有注意计算错误的受力，导致一些部位出现次应力。开洞、凿槽时也会出现混凝土开裂的情况，如果不能很好的处理结构转角位置、构件突变位置等，就容易出现裂缝问题。

荷载不同，荷载裂缝特征也呈现出不同的特点，裂缝常出现在受拉区、受剪区或振动严重部位，需要注意如果受压区出现起皮的情况，或者在受压方向上有短裂缝，表明结构已经达到极限的承载力，这是结构出现破坏的前兆，主要原因是截面尺寸偏小^[2]。

3. 材料质量以及配比

如果混凝土的材料质量、配比等方面出现问题，混凝土就容易出现裂缝，进而对地铁土建工程的施工质量效果产生影响。比如水灰太大、水泥沙的含量太高，添加剂的添加时间以及数量等不准确都会影响混凝土的质量效果^[3]。

混凝土配比时会影响混凝土的凝结作用，导致凝结过程中出现裂缝。因此地铁土建工程中，在对混凝土进行施工时，对材料及配比的要求是很严格的。

4. 地基变形

地基出现水平方向上的位移或者竖向上的不均匀沉降，导致结构中出现附加应力，这种附加应力明显高于混凝土结构的抗拉能力，就会造成结构开裂。

5. 钢筋锈蚀

混凝土保护层较薄，质量不高，由于二氧化碳侵蚀，混凝土保护层炭化到钢筋表面，使其周边混凝土碱度降低，钢筋周围氯离子含量高，破坏钢筋表面的氧化膜，钢筋中的铁离子与进入到混凝土中的水分、氧气发生锈蚀反应^[4]，锈蚀物体积就会增大，周围混凝土会出现膨胀应力，使得保护层混凝土开裂，出现裂缝。锈蚀会减小钢筋有效断面的面积，钢筋与混凝土握裹力降低，结构承载力不足，还会出现其他形式的裂缝，钢筋锈蚀更加严重，结构出现破坏，如图1所示。



图1 钢筋锈蚀裂缝

(二) 大体积混凝土裂缝出现原因

对于大体积混凝土结构，造成钢筋混凝土出现裂缝的主要原因就是温度收缩应力。裂缝有表面和贯通裂缝两种。对于高强度的混凝土，其早期收缩大，因为其中的水泥被30%~60%矿物细掺合料替代，高效减水剂掺量占到胶凝材料总量的1%~2%，水胶比是0.25~0.40^[5]，混凝土微观结构得到改善，高强混凝土出现很多好的特点，但是其收缩裂缝出现的几率也会增加。高强混凝土收缩主要是干燥收缩、温度收缩、塑性收缩、化学收缩和自收缩。

可以通过混凝土初现裂纹的时间判断其出现的原因。对于塑性收缩裂纹，一般是在浇筑后的几小时到十几小时出现。温度收缩裂纹是在浇筑的2到10天出现。自收缩裂纹在混凝土凝结硬化后几天到几十天。干燥收缩裂纹一般在1年左右。

混凝土裂缝有害、无害之分，具体判别标准如下：

1. 无害裂缝

$\delta f \leq 0.3 \text{ mm}$ ；深度 $h \leq 0.5 H$ ， $\delta f \leq 0.2 \text{ mm}$ ；贯穿 $1.0 \text{ mm} \geq \delta f > 0.3 \text{ mm}$ ； $L \leq 0.1 B$ 。

2. 有害裂缝

$\delta f > 0.3 \text{ mm}$ 纵深裂缝； $h > 0.5 H$ ， $\delta f > 0.2 \text{ mm}$ 贯穿全截面；裂缝影响使用功能； $\delta f > 0.3 \text{ mm}$ 非贯穿，可能造成钢筋锈蚀裂缝；结构承载力下降的裂缝^[6]。

其中， δf ——裂缝宽度； L ——裂缝长度； h ——裂缝深度； H ——裂缝深度 B ——沿裂缝长方向的结构宽度。

四、地铁土建施工中的混凝土裂缝控制策略

(一) 普通混凝土裂缝控制策略与处理方法

1. 普通混凝土裂缝控制策略

(1) 选择使用满足质量标准的材料

选择和使用的混凝土材料需要满足质量标准，在混合各种材料时也需要保证比例的合理性。水泥要使用水化热低、泌水性小、质量稳定并且有抗侵蚀性的旋窑水泥。水则使用自来水。砂石料需要满足《普通混凝土用砂质量标准及验收方法》和《普通混凝土用碎石或卵石质量标准及验收方法》规定，同时石子粒径 $< 40 \text{ mm}$ ^[7]，其中泥土含量要满足要求，同时不能是块状，或者石子外面有泥土包裹。吸水率小于1.5%。根据试验明确高效减水剂、抗裂纤维外加剂以及微膨胀剂的添加含量，误差允许控制在1%内。

(2) 温差裂缝控制

要有效的控制温差造成的混凝土裂缝问题，就需要对温度进行有效的控制。地铁土建施工前，需要做好模拟试验，测量混凝土绝热温升参数，明确温差值。浇筑时，若条件允许可以使用专业设备，如电子测温仪测量混凝土内部的温度，有效的调节内外部温差。施工过程中结合实际情况使用水化热低的水泥。

混凝土入模时也要严格控制温度，使内外温差控制在一定范围内容，一般是25℃左右。混凝土浇筑时要注意周围环境以及天气情况，不能在一天中最寒冷、最热的时候进行施工。要选择温差比较小的时间浇筑。混凝土拆模也要选择低温的时间，拆模之后马上做好覆盖保护工作，避免表面温差太大产生裂缝问题。

(3) 严格控制施工科学性

地铁土建工程施工建设时，要对其质量进行严格控制，必须要实时监督控制施工的质量以及整体进程，保证混凝土施工的科学性。在工程流水段的划分过程中，要全面了解各工作条件以及要素，利用大体积混凝土浇筑技术、控温、保湿方法，科学养护，统筹管理施工现场的各种要素，不能为了追赶工期随意扩大流水作业段的施工面积，尽可能减少人为因素造成的混凝土裂缝问题。

(4) 做好混凝土养护工作

在对混凝土养护时，一般使用覆盖浇水养护、喷膜养护的方式，要在混凝土终凝前进行自然养护。塑料薄膜养护时，要严密的将外部表面包裹，塑料中要有凝结水。当天使用喷壶洒水，使混凝土表面湿润。如果混凝土是利用硅酸盐水泥、普通水泥、矿渣水泥拌制的，养护要超过7天。如果混凝土是火山灰质硅酸盐水泥，粉煤灰硅酸盐水泥拌制的，养护时间一般为半个月。对于掺加了缓凝型外加剂的混凝土，养护时间也不能低于2周。养护柱时，不仅要洒水，拆模之后要立即覆盖塑料薄膜，保湿降温。

2. 普通混凝土裂缝处理方法

(1) 表面修复

比较常见的方法就是压实抹平，涂抹环氧粘结剂，喷涂水泥砂浆，压抹环氧胶泥，环氧树脂粘贴下班丝布，增加整体面层，钢锚栓缝合等，如图2所示。



图2 表面修复法



图3 局部修复法

(2) 局部修复

常见的方法是充填法，预应力法，凿除部分混凝土后重新浇筑。

裂缝使用修补材料直接填充，这种方法比较简单，成本低。这种方法的裂缝宽度小于0.3 mm，并且是深度浅的裂缝，使用灌浆法无法达到理想的效果，所以需要填充处理。如图3所示。

(3) 水泥压力灌浆法

这种方法修补的裂缝是稳定的，并且宽度 $\geq 0.5 \text{ mm}$ 。是利用压送设备将补缝浆液注入砼裂隙，实现闭塞的效果。还可以通过弹性补缝器在裂缝中注缝胶，效果比较理想。

(4) 结构补强

由于荷载造成的裂缝、长时间不处理裂缝致使混凝土耐久性不足以及火灾等因素造成的裂缝等，都可以通过结构补强法进行处

理。主要涉及断面补强法、锚固补强法、预应力法等。

(二) 大体积混凝土裂缝的控制策略

1. 无害裂缝处理

对于无害裂缝可以通过以下几种方法进行处理。

(1) 二次压面法

这种裂缝不深、不宽，如果混凝土有塑性，可以压抹一遍，并做好养护工作。如果混凝土已经硬化了，可以将水泥浆渗入到裂缝中，并用铁抹子抹平压实。

(2) 表面涂抹砂浆法

在处理过程中能够，将裂缝周围混凝土表面的凿毛或沿裂缝凿成凹槽。打扫干净，同时洒水湿润。先刷水泥净浆一度，用1:1~2水泥砂浆分2~3层，涂抹15 mm左右压光^[8]。出现渗漏水问题，要用水泥净浆和水泥砂浆交替涂抹4到5层，3到4个小时之后覆盖，然后洒水养护。

(3) 表面贴条法

如果裂缝移动范围内不局限在一个平面上，并且需要达到防水要求，无法进行凿槽修补的活裂缝，就可以通过贴条法进行修补。将聚丁橡胶密封条贴在裂缝上，并用聚丁橡胶粘结剂将周边黏结到混凝土上，让密封条中部可以跟着裂缝活动而自由的活动，如图4所示。

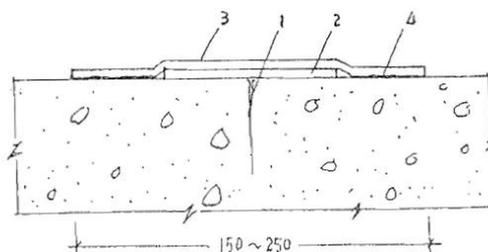


图4 表面贴条法

1—裂缝；2—油毡或塑料隔离层；3—聚丁橡胶密封条；4—粘结剂

2. 有害裂缝处理

在处理有害裂缝的时候主要有水泥灌浆法和化学灌浆法两种。两种方法都需要钻孔、冲洗、密封、埋管、试压、灌浆。

五、结束语

总而言之，地铁是城市发展的重要交通工具，地铁土建工程施工的质量效果将决定城市交通安全稳定的运行。所以在施工建设中要对混凝土裂缝问题有效的控制和处理，保证地铁工程高质量的施工建设。

参考文献：

- [1]赵以奇.试论如何控制地铁工程施工中混凝土裂缝的产生[J].黑龙江科技信息, 2014(11):130.
- [2]黄满斌,陈鹏.防水混凝土裂缝在地铁施工中的成因与控制措施[J].江西建材, 2013(01):153-154.
- [3]赵明华.土建施工中大体积混凝土温度计量与裂缝控制技术[J].合肥学院学报(自然科学版), 2012,22(03):83-85+96.
- [4]刁永立.地铁施工中防水混凝土裂缝的成因与控制措施[J].中小企业管理与科技(下旬刊), 2011(03):230.
- [5]林向阳.地铁施工中混凝土裂缝的成因与控制措施[J].城市建设理论研究(电子版), 2017(01):198-199.
- [6]王建辉.地铁施工中防水混凝土裂缝的成因与控制措施[J].建筑技术开发, 2016,43(11):165-166.
- [7]刘雄.地铁施工中防水混凝土裂缝的成因与控制措施[J].建材与装饰, 2016(41):248-249.
- [8]杨军.地铁土建施工中大体积混凝土裂缝控制探析[J].科技资讯, 2019,17(04):53+55.