

桥梁工程

桥梁工程中大体积混凝土裂缝的原因与控制

吴先友

(贵州省桥梁工程总公司)

摘 要:分析了桥梁结构中大体积混凝土产生裂缝的原因,并提出了防止裂缝的主要技术措施。

关键词:桥梁工程;大体积混凝土裂缝;原因;控制

中图分类号:U445.7

文献标识码:C

文章编号:1008-3383(2008)11-0076-02

1 大体积混凝土裂缝产生的原因

1.1 水泥水化热的影响

水泥水化过程中放出大量的热,且主要集中在浇筑后的 7 d 左右,一般每克水泥可以放出 500 J 左右的热量,如果以水泥用量 $350 \sim 550 \text{ kg/m}^3$ 来计算,每 m^3 混凝土将放出 $17\,500 \sim 27\,500 \text{ kJ}$ 的热量,从而使混凝土内部温度升高(可达 70°C 左右,甚至更高)。尤其对于大体积混凝土来讲,这种现象更加严重。因为混凝土内部和表面的散热条件不同,因此混凝土中心温度很高,这样就会形成温度梯度,使混凝土内部产生压应力,表面产生拉应力,当拉应力超过混凝土的极限抗拉强度时混凝土表面就会产生裂缝。

1.2 混凝土的收缩

混凝土在空气中硬结时体积减小的现象称为混凝土收缩。混凝土在不受外力的情况下的这种自发变形,受到外部约束时(支承条件、钢筋等),将在混凝土中产生拉应力,使得混凝土开裂。引起混凝土的裂缝主要有塑性收缩、干燥收缩和温度收缩等 3 种。在硬化初期主要是水泥石在水化凝固结硬过程中产生的体积变化,后期主要是混凝土内部自由水分蒸发而引起的干缩变形。

1.3 外界气温湿度变化的影响

大体积混凝土结构在施工期间,外界气温的变化对防止大体积混凝土裂缝的产生起着很大的影响。混凝土内部的温度是由浇筑温度、水泥水化热的绝热温升和结构的散热温度等各种温度叠加之和组成。浇筑温度与外界气温有着直接关系,外界气温愈高,混凝土的浇筑温度也就会愈高;如果外界温度降低则又会增加大体积混凝土的内外温度梯度。如果外界温度的下降过快,会造成很大的温度应力,极易容易引发混凝土的开裂。另外外界的湿度对混凝土的裂缝也有很大的影响,外界的湿度降低会加速混凝土的干缩,也会导致混凝土裂缝的产生。

2 大体积混凝土裂缝的控制

2.1 大体积混凝土中水泥的品种及用量

理论研究表明大体积混凝土产生裂缝的主要原因就是水泥水化过程中释放了大量的热量。于是,我们对于桥梁中的大体积混凝土应该选择低热或者中热的水泥品种。而水泥释放温度的大小及速度取决于水泥内矿物成份的不同。水泥矿物中发热速率最快和发热量最大的是铝酸三钙(C_3A),其他成份依次为硅酸三钙(C_3S)、硅酸二钙(C_2S)和铁铝酸四钙(C_4AF)。另外,水泥越细发热速率越快,但是不影响最终发热量。因此我们在大体积混凝土施工中应尽量使用矿渣硅酸盐水泥、火山灰水泥。我们应该充分利用混凝土的后期强度,以减少水泥的用量。因为大体积混凝土施

工期限长,不可能 28 d 向混凝土施加设计荷载,因此将试验混凝土标准强度的龄期向后推迟至 56 d 或者 90 d 是合理的。正是基于这一点,国内外很多专家均提出类似的建议。这样充分利用后期强度则可以每 m^3 混凝土减少水泥 $40 \sim 70 \text{ kg}$ 左右,混凝土内部的温度相应降低 $4 \sim 7^\circ\text{C}$ 。

2.2 掺加外加料和外加剂

在大体积混凝土中掺入一定量的粉煤灰后,可以增加混凝土的密实度,提高抗渗能力,改善混凝土的工作度,降低最终收缩值,减少水泥用量。要降低大体积混凝土的水泥水化热引起的内部温升,防止结构出现温度裂缝,利用粉煤灰作混凝土的掺合料是最有效的方法之一。外加剂可以从以下几个方面来选择。UFA 膨胀剂,它可以等量替换水泥,并且使混凝土产生适度的膨胀。一方面保证混凝土的密实度,另一方面使混凝土内部产生压力,以抵消混凝土中产生的部分拉应力。减水缓凝剂,并应保证一定的坍落度。这样可以延缓水化热的峰值期并改善混凝土的和易性,降低水灰比以达到减少水化热的目的。

2.3 大体积混凝土的骨料控制

在骨料的选择上应该选取粒径大强度高配好的骨料。这样可以获得较小的空隙率及表面积,从而减少水泥的用量,降低水化热,减少干缩,减小了混凝土裂缝的开展。

2.4 优化大体积混凝土的设计

虽然大体积混凝土不布置钢筋或者布筋较少,我们还是可以在裂缝易发生部位如孔洞周围以及转角处布置一些斜筋,从而让钢筋代替混凝土承担拉应力,这样可以有效的控制裂缝的发展。为了避免裂缝的出现,在设计中利用中低强度水泥充分利用混凝土的后期强度。在工程结构设计中要特别注意降低结构的约束度。对于混凝土中钢筋保护层的厚度应当尽量取较小值,因为保护层的厚度愈大愈容易发生裂缝。

2.5 大体积混凝土的施工

混凝土施工包括混凝土的生产、运输、浇筑和温度及表面保护,是保护大体积混凝土温度裂缝的关键环节。

在温度较高的情况下进行施工,我们一定要注意降低混凝土浇筑时的温度。可以在施工现场对堆在露天的砂石用布覆盖,以减少阳光对其的辐射,同时对浇筑前的砂石用冷水降温。在搅拌过程中向混凝土中添加冰水。以上这些措施都可以有效的降低混凝土的入模温度。在混凝土的内部通入冷却循环水,采用循环法保温养护,以便加快混凝土内部的热量散发。混凝土表面应该覆盖一些织物进行保温、保湿养护,这样不但可以降低混凝土内外温差,防止表面产生裂缝,还可以防止混凝土骤然降温产生贯穿裂缝,并且还可

以使水泥顺利水化,防止产生湿度裂缝。为了及时掌握混凝土内部温升与表面温度变化值,可以在混凝土内埋设一定量的测温点,从而可以更好的了解混凝土的温度变化情况,一旦内外温差超过允许值 25°C ,好及时采取措施。

如果是在冬季进行施工,因为要防止早期混凝土被冻问题,所以要求混凝土浇筑时应该具有较高的浇筑温度。但另一方面,正是由于天气寒冷,混凝土稳定温度一定较低,往往超过允许温差,不能防止混凝土裂缝要求。所以,混凝土浇筑温度在冬季施工时一般以 $5\sim 10^{\circ}\text{C}$ 为宜,在浇筑混凝土以前还应该对基础及新混凝土接触的冷壁用蒸汽预热,对原材料应视气温高低进行加热。加热石料时应避免过热和过分干燥,最高温度不应超过 75°C 。另外还要注意运输中的保温、浇筑过程中减少热量的损失以及保温养护。

2.6 大面积混凝土的裂缝检查与处理

对于混凝土裂缝,应以预防为主,为此需要精心设计、施工,但是由于目前采用的防止裂缝的安全系数较小,而实际情况又复杂多变,所以实际工程中还是难免出现一些裂缝。

(上接第75页)

最大的废旧橡胶产生国;每年生产的废旧橡胶复合材料近500万t,其中废旧轮胎所占比例超过50%。废橡胶轮胎制成颗粒或粉末是橡胶废物再利用的重要形式。废旧橡胶颗粒广泛应用于土木工程中,如橡胶改性沥青混凝土,这种沥青混凝土具有良好的抗疲劳和防裂性能,取得了良好的技术经济效益,现已广泛用于高速公路建设中。在交通或是土方工程中,废旧橡胶还可作为轻集料填料,制成可自流平和自密实的建筑材料。国内对废旧橡胶制品的应用技术也逐渐提高,但总体上存在较大的差距。

在机械力的作用下,废旧橡胶可根据不同的用途加工成不同细度的粉状颗粒,根据不同的粒径来进行分类。国外分为:8~20目称为胶粒,主要应用在跑道、道渣垫层、垫板、草坪、铺路弹性层、运动场地铺装等;30~40目称为粗胶粉,主要用于生产再生胶、活化胶粉、铺路、生产胶板等;40~60目称为细胶粉,用于塑料改性、生产橡胶制品等;60~80目称为精细胶粉,主要应用在汽车轮胎、橡胶制品、建筑材料等。精细胶粉是一种较有前景的产品,与生产再生胶相比,具有生产流程简单,能节省大量专用设备、厂房、动力和人力;省去了软化剂、活化剂等化工原材料;不存在废水、废气、粉尘二次污染,生产环境有明显改善,而且性能优越。

2.2 废旧橡胶颗粒改性水泥混凝土的特性

随着自然资源、能源的日益短缺以及环境条件的不断恶化,不仅要求混凝土材料具有优异的工程性能(力学、耐久性),而且还要求其具有环境友好性,符合可持续发展战略方针。由于橡胶自身独特的性质,使得其利用空间较大;同时,橡胶制品性质相对稳定,在高碱性环境下能够稳定存在,且不像高分子聚合物乳液等需要在一定环境条件下成膜固化。因而,橡胶在混凝土中应用上更具简单、便利化的优越性。研究结果表明:在混凝土中掺入橡胶颗粒后,水泥混凝土的某些物理、力学性能(如容重、变形性能、抗冲击等)会得到较大的改善。橡胶颗粒加入到混凝土中后能较好地改善混凝土的抗弹性变形能力,大大增加混凝土的可塑性能,且使得混凝土在破坏形式上表现为延性和塑性行为。

2.3 废旧橡胶颗粒改性水泥混凝土有待进一步探讨的问题

利用废旧橡胶颗粒的变形性能,能够一定程度上降低混凝土的变形性能小、抗裂性差等传统的缺陷。但是,橡胶颗粒掺入混凝土后,会导致混凝土的抗压强度降低很多,使混凝土失去抗压强度和弹性模量高的优势。为使橡胶颗粒在混凝土中的应用水平进一步提高,还需要在以下几个方面作

大面积混凝土的裂缝分为3种:表面裂缝、深层裂缝、贯穿裂缝。对于表面裂缝因为其对结构应力、耐久性和安全基本没有影响,一般不作处理。对深层裂缝和贯穿裂缝可以采取凿除裂缝,可以用风镐、风钻或人工将裂缝凿除至看不见裂缝为止,凿槽断面为梯形,再在上面浇筑混凝土。限裂钢筋,在处理较深的裂缝时,一般是在混凝土已充分冷却后,在裂缝上铺设1~2层的钢筋后再继续浇筑新混凝土。对比较严重的裂缝可以采取水泥灌浆和化学灌浆。水泥灌浆适用于裂缝宽度在 0.5mm 以上时,对于裂缝宽度小于 0.5mm 时应采取化学灌浆。化学灌浆材料一般使用环氧-糠醛丙酮系等浆材。

3 结束语

综上所述,虽然大面积混凝土很容易产生裂缝,但是大量的科学研究以及成功的工程实例都表明:只要我们在设计、施工工艺、材料选择以及后期的养护过程中能够充分考虑的各种因素的影响,还是完全可以避免危害结构的裂缝的产生。

进一步探讨。

(1)如何避免或减少橡胶颗粒组分对混凝土的不利影响而充分利用其正面作用,以真正实现混凝土的高性能化。

(2)加强橡胶改性水泥混凝土微观结构方面的研究。相对于橡胶颗粒,混凝土实际上是刚性体,橡胶颗粒加入到混凝土后形成了一种由刚性体与弹性体共同组成的新的复合材料,材料内部不仅形成了许多新的界面,而且其内部微观结构也会发生改变,更好地揭示橡胶颗粒的作用机理及整个复合材料体系结构与性能之间的相互关系原理,实现材料性能、结构的优化。

(3)努力开展橡胶改性水泥混凝土对混凝土某些性能改善的相关作用机理探讨。初步研究表明:橡胶轮胎颗粒对混凝土耐久性,如抗冻融能力、抗开裂能力具有改善作用,但已有研究涉及资料有限,且对其中的作用机理还阐述不够清楚,如橡胶颗粒对混凝土冻融能力改善作用原理是否与引气原理具有相似性还是绝然不同?此外,这些有机弹性粉末,如橡胶颗粒的抗裂机理与传统掺加纤维措施之间的联系与区别如何?这些机理的探讨将为进一步提高混凝土材料的性能、实现混凝土技术的进步提供基础。

2.4 废旧橡胶颗粒改性水泥混凝土的工程应用前景

为了适应我国经济发展的要求,现有大量的基础设施需要进行改造。废旧橡胶水泥混凝土除在土木工程中的传统领域应用外,在以下两方面的推广应用将更显优势。

(1)高速公路路面新材料。

采用废旧橡胶改性的水泥混凝土,具有良好的弹塑性、能吸收噪声、耐重压、不易磨损,抗冲击、耐久性好等优异的性能。因而,橡胶改性混凝土应用于道路路面建设中,既具有沥青路面的优点,又具有比沥青路面高得多的耐久性,具有明显的优越性,国外亦正在进行工程实践。

(2)新型铁道工程建设制品。

韩国发明了将废轮胎胶粉、砂石、水泥混合,用模具压制成铁路枕木,这种材料制作的铁路枕木具有重量轻、抗冲击和耐腐蚀等优点,还能减少火车行驶噪声和震动。此项技术已在美国获得了专利。这种技术已在美国等国家的铁路平交道口中大量应用,实践证明,采用这种技术生产平交道口新型铺面板,能够提高道口铺面寿命,减少维修,增加道口安全性,极大地降低重载车辆对线路的冲击作用,并能减震降噪,是良好地面绝缘性材料,值得在我国铁路工程中大量需要的预应力轨枕、平面交通的铺面板和桥面板制品行业中予以推广。