

桥梁工程中大体积混凝土裂缝的原因与防治

王革贤 (西安市市政设施管理局桥梁管理所)

摘要:通过对本市大型钢筋混凝土结构桥梁梅东大桥的现场施工管理,从设计、施工的角度,分析了造成桥梁结构中大体积混凝土裂缝的原因,并提出如何预防,检查和处理大体积混凝土裂缝的主要的技术措施。

关键词:桥梁工程 大体积混凝土 裂缝处理

0 引言

随着国家建设投资的增加,市政工程投入的进一步加大,各类桥梁在市政工程的应用日益广泛,大体积混凝土在桥梁结构中应用的越来越多,而且主要应用于主要受力部分,但是,相应暴露出来的问题也越来越多,其中,大体积混凝土的裂缝问题,尤为突出。我国普通混凝土配合比设计规范规定:混凝土结构中实体最小尺寸不小于1m的部位所用的混凝土即为大体积混凝土;美国则规定为:任何现浇混凝土,只要有可能产生温度影响的混凝土均称为大体积混凝土。

目前,国内外对机械荷载引起的开裂问题研究得较为透彻。而对温度荷载引起的有关裂缝的研究尚不充分。我们应对此加以重视,防止危害结构的裂缝产生。另外对于大体积混凝土内温度应力与裂缝控制也多集中在水利工程中的大坝、高层建筑的深基础底板。而对于桥梁中大体积混凝土的裂缝的研究并未得到足够的重视。本文将对此进行分析,探讨裂缝出现的原因及控制措施。

1 大体积混凝土裂缝产生的原因

大体积混凝土结构通常具有以下特点:混凝土是脆性材料,抗拉强度只有抗压强度的1/10左右。大体积混凝土的断面尺寸较大,由于水泥的水化热会使混凝土内部温度急剧上升;以及在以后的降温过程中,在一定的约束条件下会产生相当大的拉应力。大体积混凝土结构中通常只在表面配置少量钢筋,或者不配钢筋。因此,拉应力要由混凝土本身来承担。

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7d左右,一般每克水泥可以放出500J左右的热量,如果以水泥用量350~550 kg/m³来计算,每m³混凝土将放出17500~27500kJ的热量,从而使混凝土内部升高(可达70℃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三种。在硬化初期主要是水泥石在水化凝固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

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分的不同。水泥矿物中发热速率最快和发热量最大的是铝酸三钙(C3A),其他成分依次为硅酸三钙(C3S)、硅酸二钙(C2S)和铁铝酸四钙(C4AF)。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28d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56d或者90d是合理的,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m³混凝土减少水泥40~70kg左右,混凝土内部的温度相应降低4~7℃。

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。外加剂可从以下几方面来选择。UFA膨胀剂,它可以等量替换水泥。并且是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级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,这样可以有效地控制裂缝的发展。为了避免裂缝的出现,在设计中利用中低强度的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。而热应力的控制手段主要是控制混凝土的内外温差 ΔT :

$\Delta T = T_p + T_r - T_f$ 式中: T_p —起始浇筑温度; T_r —水泥水化温升; T_f —天然或人工冷却后浇筑块的稳定温度。

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,可在混凝土内埋设一定量的测温点,从而可以更好地了解混凝土的温度变化情况,一旦内外温差超过允许值25℃,要及时采取措施。如果是在冬季进行施工,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

小议混凝土的施工温度与裂缝

赵淑敏 孙海滨 (黑龙江省建三江农垦滨涛建筑工程有限责任公司)

摘要: 通过多年的现场观察,通过查阅有关混凝土内部应力方面的专著,对混凝土温度裂缝产生的原因、现场混凝土温度的控制和预防裂缝的措施进行等进行阐述。

关键词: 混凝土 温度应力 裂缝 控制

0 引言

混凝土在现代工程建设中占有重要地位。而在今天,混凝土的裂缝较为普遍,在桥梁工程中裂缝几乎无所不在。尽管我们在施工中采取各种措施,但裂缝仍然时有出现。究其原因,我们对混凝土温度应力的变化注意不够是其中之一。

1 裂缝的原因

混凝土中产生裂缝有多种原因,主要是温度和湿度的变化,混凝土的脆性和不均匀性,以及结构不合理,原材料不合格(如碱骨料反应),模板变形,基础不均匀沉降等。

混凝土硬化期间水泥放出大量水化热,内部温度不断上升,在表面引起拉应力。后期在降温过程中,由于受到基础或老混凝土的约束,又会在混凝土内部出现拉应力。气温的降低也会在混凝土表面引起很大的拉应力。当这些拉应力超出混凝土的抗裂能力时,即会出现裂缝。许多混凝土的内部湿度变化很小或变化较慢,但表面湿度可能变化较大或发生剧烈变化。如养护不周、时干时湿,表面干缩形变受到内部混凝土的约束,也往往导致裂缝。在钢筋混凝土中,拉应力主要是由钢筋承担,混凝土只是承受压应力。在素混凝土内或钢筋混凝土的边缘部位如果结构内出现了拉应力,则须依靠混凝土自身承担。

2 温度应力的分析

根据温度应力的形成过程可分为以下三个阶段:

2.1 早期: 自浇筑混凝土开始至水泥放热基本结束,一般约 30 天。这个阶段的两个特征,一是水泥放出大量的水化热,二是混凝土弹性模量的急剧变化。由于弹性模量的变化,这一时期在混凝土内形成残余应力。

2.2 中期: 自水泥放热作用基本结束时起至混凝土冷却到稳定温度时止,这个时期中,温度应力主要是由于混凝土的冷却及外界气温变化所引起,这些应力与早期形成的残余应力相叠加,在此期间混凝土上的弹性模量变化不大。

2.3 晚期: 混凝土完全冷却以后的运转时期。温度应力主要是外界气温变化所引起,这些应力与前两种的残余应力相迭加。

3 温度的控制和防止裂缝的措施

为了防止裂缝,减轻温度应力可以从控制温度和改善约束条件两个方面着手。

控制温度的措施如下:

①采用改善骨料级配,用干硬性混凝土,掺混合料,加引气剂或塑化剂等措施以减少混凝土中的水泥用量;②拌合混凝土时加水或用水将碎石冷却以降低混凝土的浇筑温度;③热天浇筑混凝土时减少浇筑厚度,利用浇筑层面散热;④在混凝土中埋设水管,通入冷水降温;⑤规定合理的拆模时间,气温骤降时进行表面保温,以免混凝土表面发生急剧的温度梯度;⑥施工中长期暴露的混凝土浇筑块表面或薄壁结构,在寒冷季节采取保温措施;

改善约束条件的措施是:

①合理地分缝分块;②避免基础过大起伏;③合理的安排施工工序,避免过大的高差和侧面长期暴露;

此外,改善混凝土的性能,提高抗裂能力,加强养护,防止表面干缩,特别是保证混凝土的质量对防止裂缝是十分重要,应特别注意避免产生贯穿裂缝,出现后要恢复其结构的整体性是十分困难的,因此施工中应以预防贯穿性裂缝的发生为主。

为保证混凝土工程质量,防止开裂,提高混凝土的耐久性,正确使用外加剂也是减少开裂的措施之一。

①水灰比是影响混凝土收缩的重要因素,使用减水防裂剂可使混凝土用水量减少 25%。②水泥用量也是混凝土收缩率的重要因素,掺加减水防裂剂的混凝土在保持混凝土强度的条件下可减少 15% 的水泥用量,其体积用增加骨料用量来补充。③提高水泥浆与骨料的粘结力,提高的混凝土抗裂性能。④混凝土在收缩时受到约束产生拉应力,当拉应力大于混凝土抗拉强度时裂缝就会产生。减水防裂剂可有效的提高的混凝土抗拉强度,大幅提高混凝土的抗裂性能。⑤掺减水防裂剂后混凝土延缓时间适当,在有效防止水泥迅速水化放热基础上,避免因水泥长期不凝而带来的塑性收缩增加。⑥掺外加剂混凝土和易性好,表面易摸平,形成微膜,减少水分蒸发,减少干燥收缩。

4 混凝土的早期养护

①防止混凝土内外温度差及混凝土表面梯度,防止表面裂缝。②防止混凝土超冷,应该尽量设法使混凝土的施工期最低温度不低于混凝土使用期的稳定温度。③防止老混凝土过冷,以减少新老混凝土间的约束。

混凝土的早期养护,主要目的在于保持适宜的温湿条件,以达到两个方面的效果,一方面使混凝土免受不利温、湿度变形的侵袭,防止有害的冷缩和干缩。一方面使水泥水化作用顺利进行,以期达到设计的强度和抗裂能力。

(上接第 115 页)

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 5~10℃ 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℃。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 大体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,而实际情况有复杂多变,所以实际工程中还是难免出现一些裂缝。大体积混凝土的裂缝分为三种: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 结语

综上所述,虽然大体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。