

混凝土梁裂缝形成原因分析

郝天琪 李金峰 苏唤东 张雨果 廖茹依 李依桐^{通讯作者}

西藏大学 西藏拉萨 850000

【摘要】本文以某公路特大桥在施工过程中,引桥35m预应力混凝土T梁在预制过程中梁体结构开裂为研究对象,通过现场取样分析与有限元方法研究裂缝形成的原因。通过有限元软件建立T梁的有限元模型,模拟了结构浇筑后混凝土水化热、环境温度、环境风速变化对结构的影响。研究表明,温度和混凝土收缩是形成裂缝的主要原因。研究结论对预制混凝土早期裂缝的防治有极高的意义,可以推广至其余预制结构裂缝的分析中去。

【关键词】预应力混凝土; T梁; 裂缝; 温度; 收缩

引言:

预应力混凝土T梁是桥梁结构中,重要的组成部分,其承载能力和使用性能直接影响了桥梁结构的安全性和可靠性。近些年我国桥梁建设正在以井喷式的速度增长,预应力混凝土T梁具有更好的抗弯能力和抗挠控制能力,在大跨径桥梁结构和荷载较大的情况下得到了广泛的使用。预应力混凝土T梁在张拉前经常会出现裂缝,这种现象非常常见,但是裂缝的成因较为复杂因此难以进行根治。近些年随着混凝土技术的发展,这种现象有所好转,但是由于在施工过程中,由于各种不可控因素的影响,预应力混凝土T梁在张拉前会产生裂缝,有时会产生贯穿裂缝,导致整片T梁结构报废,造成较大的经济损失,因此深入研究预应力混凝土T梁早期的裂缝成因具有重要意义。

1 预制混凝土T梁早期裂缝产生原因分析

预制混凝土T梁的早期裂缝是在预制结束拆模时,T梁张拉前出现裂缝。这种裂缝产生的原因是十分复杂的,早期混凝土裂缝产生的本质是由于混凝土拉应力超过其本身的抗拉强度引起的,混凝土结构的早期应力的发展过程是随时间变化的,因此需要对混凝土养护龄期内早期应力的发展规律进行研究。

1.1 温度应力

在进行混凝土浇筑时,水泥在水化的过程中会产生大量的热量使得混凝土的温度升高。随着时间的变化,混凝土的温度会慢慢冷却,但是整体结构的每个位置的温度下降是不均匀的,结构的每个位置温度变化不均就会发生相对温差,这种温差会使混凝土发生温度应力,当其应力大于

此时混凝土的抗拉强度就会产生温度裂缝^[1]。

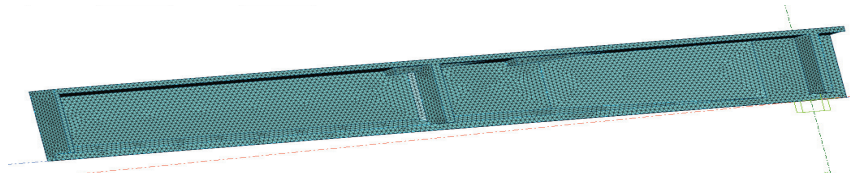
在混凝土浇筑初期,因为混凝土内部的温度不断升高将会发生膨胀,但混凝土表面的温度下降较快,相对应边较小,从而使混凝土表面产生拉应力。混凝土内部不同的温度分布引起引起不同体积的变化而导致的应力称为内部约束应力,在构件尺寸较大的结构中容易产生此类裂缝。混凝土在高温状态下温度下降会发生收缩,但受到与其接触的混凝土或地基的约束而产生的拉力,像这种受到外部边界约束的状态称为外部约束。外部约束的影响与接触表面的宽度和外部约束的刚度有关^[3]。

1.2 收缩应力

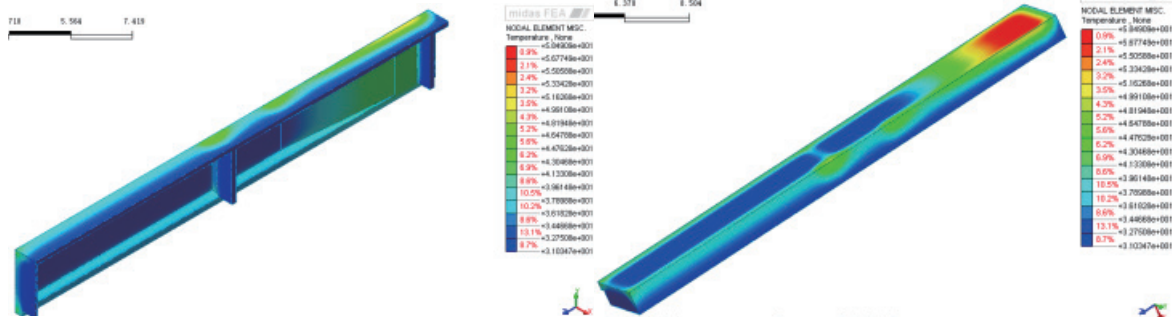
收缩应力是混凝土在凝结硬化过程中体积产生收缩变化,且产生的收缩变化又受到自身约束时产生收缩应力,其应力大于混凝土抗拉强度就会导致混凝土开裂,产生收缩裂缝。收缩裂缝的特征值裂缝一般从混凝土表层逐步向深层发展,有时会在混凝土保护层出现环向裂缝,大部分情况表现为深而宽的定向裂缝。

混凝土在施工过程中,外界温度较高时,就会导致材料和混凝土搅拌用水的温度也较高,必然会导致混凝土浇筑时的温度较高,而当外界气温骤降时,会使外层混凝土与内部混凝土产生温度梯度,也会增加收缩应力。

混凝土收缩的内在原因,取决于水泥的硬化条件与周围介质的温度与湿度,当混凝土水分蒸发过快时,混凝土的收缩力便会增大,当混凝土密实压缩性小时,混凝土的收缩应力就会变小,反之收缩应力就会增大。当收缩应力大于混凝土抗拉强度,就会在混凝土最薄弱断面位置产生收



图一 T梁1/4有限元模型



图二 浇筑15h后温度场

缩裂缝^[2]。

2 工程概况

某高速公路大桥全长5589.0m，采用钢-砼组合梁双塔五跨空间双索面斜拉桥，副孔为50m，先简支后连续后张法预应力连续T梁，引桥采用35m，先简支后连续后张法预应力连续T梁。该桥引桥35mT梁在预制过程中，浇筑完成2-4天，梁体腹板在模版拆除后预应力筋松张前出现竖向裂缝。

2.1 梁体开裂情况

通过抽样检测的方法，在现场对边跨边板T梁进行检测，通过统计发现的裂缝为8条，且裂缝基本对称。

通过分析了解裂缝形成的具体情况对确定裂缝形成的原因是至关重要的，裂缝的具体情况可以提供裂缝形成机制的重要线索和信息，裂缝的分布和密度可以提供梁体结构的受力情况和变形状态，通过分析裂缝的位置、形态和数量可以初步推断结构受力状态，进而分析裂缝形成的原因。T梁裂缝钻芯取样是针对T梁裂缝的一种研究方法，通过采用钻芯取样可以有效的获取混凝土结构内部的强度信息，并对分析混凝土内部裂缝形态等相关情况提供帮助。

通过对现场裂缝的情况进行分析，腹板的竖向裂缝两侧基本对称，裂缝表面宽度都小于0.1mm。从钻芯取样的结果分析来看，裂缝上部靠近翼板下缘部位，裂缝深度较深，且内部裂缝宽度大于表面，推测裂缝存在贯穿的可能。综合分析，腹板处竖向裂缝应为部分贯穿裂缝，往上和往下都没有延伸到梁顶面和底面。

3 T梁裂缝产生原因分析

3.1 T梁裂缝相关性分析

3.1.1 环境温度相关性分析

通过收集8-10月份的环境温度与预制T梁情况进行相关性研究。结果表明，8月份的环境温度最高，在此期间预制T梁的开裂比例最大。随着环境温度降低9-10月份的开裂比例也越来越低，进入11月份后预制T梁没有开裂情况。

3.1.2 材料相关性与养护条件分析

预制混凝土T梁采用，水泥：砂：石：水：外加剂；水泥：矿粉：砂：石：水：外加剂两种配合比材料进行预制。理论上掺入矿粉能够减少水泥的用量，能够减少水泥的水化热。但是通过对预制T梁的开裂结果分析来看，掺入矿粉后预制的T梁裂缝比掺入矿粉前预制T梁裂缝更多。

3.2 有限元模型

该桥35mT梁在预制过程中，浇筑完成2-4天，梁体腹板在模版拆除后预应力筋松张前出现竖向裂缝。采用MIDAS FEA建立了35mT梁结构三维实体模型（图一）对裂缝成因进行了分析。

对T梁浇筑后张拉前进行模拟分析，对T梁浇筑后混凝土水化热、浇筑时环境温度和风速变化影响。

3.3 有限元分析结果

温度场

图二为预应力混凝土拆模后（15h后）的温度场，从图中可以发现拆模后最高温度出现在靠近梁端腹板中间的位置，产生这种现象的原因是，该部位的T梁腹板较厚，混凝土内部堆积的热量较大。

结论：通过现场调查发现，预制T梁的台座是表面光滑

的钢板,摩擦系数很小,没有出现不均匀沉降。因此T梁裂缝产生的原因与T梁底座约束和不均匀沉降无关。

通过现场观测与裂缝钻芯取样结果分析,腹板的竖向裂缝两侧基本对称,裂缝表面宽度都小于0.1mm。裂缝上部靠近翼板下缘位置,裂缝深度较深,经推测裂缝有贯穿的可能;裂缝下部,裂缝的深度较浅,钻芯取样结果为表面浅裂缝。通过综合考虑,腹板竖向裂缝应该为部分贯穿裂缝,往上和往下都没有延伸至梁顶和底面。

结合混凝土钻心取样的结果和裂缝的形状规律上来看,T梁裂缝形态具备一些收缩裂缝的特征,同时有限元分析表明单纯的水化热引起的温度应力不会导致T梁发生开裂,应该为混凝土收缩和水化热的温度应力叠加效应,甚至还包含有太阳辐射导致T梁混凝土内外温差引起的梯度温度应力^[4]。混凝土收缩开裂的原因很复杂,受混凝土的水灰比和水化程度、水泥的组成和用量、细掺料和外加剂、集料的品种和用量等因素影响。结合施工实际情况,高温作业下加速了毛细孔和凝胶孔的吸附水蒸发,增大了水泥浆体的干缩,当干缩收到约束时便会产生收缩应力,应力大于混凝土此时的抗拉强度便产生了收缩裂缝。具体表现为温度较高的夏季预制T梁多出现梁体裂纹,温度较低的秋冬季预制的T梁裂纹减少或不出现裂纹。

建议:在浇筑T梁时,应该充分考虑浇筑过程中混凝土的温度应力和收缩,采取适当的养护措施。由于T梁腹板较为薄弱,且此处比梁体顶底板难于养护,保温保湿工作显得尤为重要。在炎热的夏天和大风天气下,由于水分蒸发速度加快,应当延长洒水养护2~3天,并加大洒水量。

适当延长拆模时间,延长拆模时间可以使混凝土温度逐渐降低至外界温度,用以避免冷却过快。还可以使混凝土具有足够的抗拉强度抵抗约束应力。

在浇筑混凝土时注意梁体的阴阳面的温差,防止产生过大的温度应力引发开裂,梁体结构加强养护,养护时间不少于14d。

参考文献:

- [1]姜增国,姜川,郭玉峰,黄涛.预制混凝土T梁早期裂缝原因分析[J].武汉工程大学学报,2012,34(05):23-26.
- [2]李志华.炎热季节预制T梁早期收缩裂缝防治的技术措施[J].交通标准化,2010,(15):129-130.
- [3]梁润.现场预制桥梁T梁开裂分析、处理及预防[J].混凝土,2007,(04):85-89.
- [4]郑升宝,曹正洲,谭科.预应力混凝土T梁裂缝的分析[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2009,28(04):658-659+701.

作者简介:

郝天琪(1999-),男,满族,辽宁省阜新市人,工学硕士,单位:西藏大学工学院,研究方向:桥梁与隧道工程。

李金峰(1998-),男,汉族,甘肃天水人,工学硕士,单位:西藏大学工学院,研究方向:岩土工程。

苏焕东(1999-),男,汉族,河南省开封市人,工学硕士,单位:西藏大学工学院,研究方向:防灾减灾及防护工程。

张雨果(2000-),男,汉族,河南省洛阳市人,工学硕士,单位:西藏大学工学院,研究方向:结构工程

廖茹伊(1998-),女,汉族,四川南充人,工学硕士,单位:西藏大学工学院,研究方向:结构工程。

通讯作者:李依桐(2001-),男,汉族,黑龙江黑河市人,工学硕士,单位:西藏大学工学院,研究方向:防灾减灾及防护工程。