

Research on Prestress Loss in Rapid Construction of Prestressed Concrete Simply Supported Beam Bridges

Guanglin Xiang

Sichuan Luqiao Shengtong Construction Engineering Co., Ltd., Xichang, Sichuan, 615000, China

Abstract

Based on the exploration of the excessive effect of prestress loss in simply supported beam bridges, this paper combines theoretical analysis with experimental testing to analyze the specific effects and numerical results of various factors on prestress loss. Three main factors are analyzed: frictional prestress loss, temperature difference prestress loss, and elastic compression prestress loss. In addition, through in-depth analysis of experimental data, it was pointed out that the amount of prestress loss in the rapid construction method of simply supported beam bridges exceeded expectations. Based on this, corresponding optimization measures were proposed for situations such as early age tensioning and steam maintenance that have adverse effects on the crack resistance performance of the structure. The results of this study emphasize that in order to improve the structural safety of simply supported beam bridges during rapid construction, measures such as delayed tensioning, switching to roller deflectors, and adjusting maintenance systems are adopted.

Keywords

prestressed concrete; simply supported beam bridge; rapid construction; prestress loss

预应力混凝土简支梁桥快速施工中预应力损失研究

向广林

四川路桥盛通建筑工程有限公司，中国·四川西昌 615000

摘要

论文以探讨简支梁桥预应力损失超量效应为依托，通过理论分析与试验测试相结合，对各种因素对预应力损失的具体影响及其数值结果进行了分析，分析了三个主要因素：摩擦预应力损失、温差预应力损失和弹性压缩预应力损失。此外，经深入分析试验数据，指出简支梁桥快速施工工法中预应力损失额度超出预期，在此基础上对结构抗裂性能产生不利影响的早龄期放张及蒸汽维修等情况，提出了相应的优化措施。本研究结果强调，为了在简支梁桥快速施工时提高结构安全性，采用延迟放张、改用滚轮转向器、调整维修系统等措施。

关键词

预应力混凝土；简支梁桥；快速施工；预应力损失

1 引言

随着施工进程的迅速，直接影响到桥梁安全和耐久性的预应力损失问题越来越突出。由于外部环境和施工工艺的改变导致超量的预应力损失，尤其是施工过程中，由于预应力损毁造成的预应力筋抗裂性的损毁，预应力损失主要包括混凝土的摩擦、温差的预应力以及弹性压缩预应力，对结构的抗裂性能和承载力提出了更高的要求，尤其是施工过程中外部环境和施工技术的变化会导致预应力损毁造成的预应力损伤^[1]。论文围绕在环境中所带来的技术形式的冲击，以及由于破坏而产生的损失效应，借助于后张法预应力混凝土梁，以增强结构本身的承载力和抗裂作用。

【作者简介】向广林（1986-），男，中国四川蓬溪人，本科，工程师，从事道路桥梁项目施工研究。

2 混凝土简支梁桥快速施工预应力损失的内在机理

混凝土简支梁桥在快速施工过程中，预应力损失的内在机理是一个复杂的过程，涉及多方面的因素。预应力损失主要指的是施加在预应力混凝土梁上的预应力随时间的变化而逐渐减少的现象，这种现象在简支梁桥的施工中尤为突出。

预应力损失通常由于混凝土和钢筋在预应力施加后的弹性变形所造成的，一般发生在初期，主要取决于混凝土的模量、梁的尺寸以及施加的预应力程度。此外，混凝土在硬化过程中会经历收缩，这一过程导致梁体的体积减小，从而产生拉力，导致预应力钢筋的应力释放。尤其是在快速施工的情况下，由于混凝土的水泥水化反应尚未完全进行，收缩现象更加明显，造成预应力损失。

3 工法布置方案

对快速施工中发生的梁体预应力变化进行监测,对超出预应力损失量进行限额探查,快速施工阶段的梁体预应力变化及其影响因素的监测是该方案的核心。在试验梁的设计上,选择了3根不同编号的梁(1#、2#、3#),进行对比分析,在设计时,对其进行了分析。每梁配置直线钢绞线36根,折线钢绞线10根,保证样本整齐划一,不相上下。选择合适的测点位置,以探求钢绞线的预应力损失情况。在钢绞线张拉过程中,为保证各梁的预应力均匀地施加,采用对称同步张拉。测试中使用的张拉控制应力为1395MPa,张拉过程遵循的步骤是:最初将压力加压到0.25 μ con,然后达到最终张拉值并在保持荷载2min后进行锚固。布置了磁通量传感器,通过观察钢绞线磁通量的变化推测其预应力状态,以便对钢绞线的预应力进行实时监测。另外,在7号和8号测点之间设置温度传感器,用于分析温度对预应力损失的影响,记录维修过程中梁体内部的温度变化情况。这一温度监测将有助于探讨由于温度差异导致的梁体预应力损失在蒸汽维护和自然维护条件下的问题。测试结束后,将统计分析不同梁体的有效预应力,形成后续建筑工艺优化提供理论依据的翔实数据报告。期望通过这一系统的测试安排计划,对预应力损失的所有因素进行综合评估,从而有针对性地提出优化意见。因此,钢绞线预应力监测采用磁通量传感器,用于两端对称同步张拉试验梁钢绞线,如图1所示的工程布置方案。

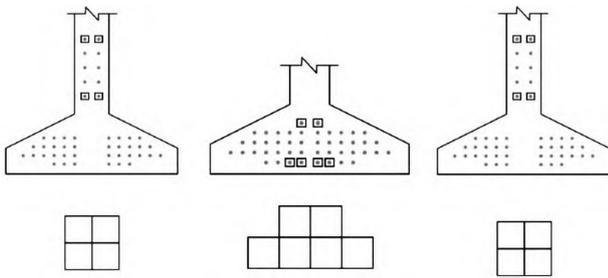


图1 工法布置方案

4 超量预应力损失额度

4.1 摩阻预应力损失

张拉试验梁预应力后,有效预应力的测试结果见表1。在预应力混凝土简支梁桥)的施工过程中,摩阻预应力损失是一个不可忽视的因素,损失主要是由于钢绞线在张拉过程中与混凝土及其他组件之间产生的摩擦力所致,在长线法施工中,由于钢绞线穿越端模板和转向器时,摩擦力会导致部分预应力损失。

长线法在建造时将多个端模及转向器从张拉端至2号和2#梁之间布置,较短的线缆相比在缩短3倍的长度,并

且由于结构布置使在张拉时的钢绞线与构件间的接触面积和摩擦力都增大,继而导致摩阻的预应力损失是显著的,而根据所测资料,第2#梁的折线钢绞线的预应力平均超过了62MPa,而直线钢绞线的预应力损耗却相对更低,但是仍然表现出摩阻现象的影响。为了量化这种摩阻的损耗,实验和资料的分析也是有必要的。摩阻对预应力的影响可以通过对不同梁体预应力损失的对比而更加清楚,并为后续的施工工艺优化、降低端模板和转向机数量,或者采用低摩擦式转向器、提高预应力的有效性、钢绞线张拉方式和顺序的调整等提供依据,同时也有助于降低由于摩擦造成的损失,从而增强了梁体整体结构性能的提高,从而达到降低摩擦力而造成的损失的损失的目的。

4.2 温差预应力损失

1号梁在蒸汽保养条件下,内部温度比其他梁明显偏高,造成钢绞线升温较快,热胀感较大。根据有关公式,可以通过下列公式计算出温差预应力损失,其数值为 αs ,其中 αs 是钢绞线的热膨胀系数, αs 是温度变化量,而 E_s 是钢绞线的弹性模量。

在此试验中,1号梁在蒸汽养护下,因其内部温度升高,导致钢绞线的温差预应力损失达到50MPa,相较于自然养护的2号和3号梁,预应力损失明显增加。过高的温度不仅影响混凝土的固化速度,还可能导致预应力的过早释放,在实际施工中,合理控制养护方式及其温度变化,将有助于降低温差预应力损失。

4.3 弹性压缩预应力损失

通过对比蒸汽养护组与自然养护组的试件,在混凝土龄期达到4天时,两组的抗压强度均超过设计强度的90%。

然而,混凝土早期虽然具有较好的强度性能,但由于相对而言,它的弹性模量比较低,从而在张拉钢绞线的时候,弹性压缩预应力损失非常突出,所以它产生了很大的弹性压强。根据有关的公式,由弹性压缩预应力损失与混凝土的弹性模量的EEC的直接关系为: $I_4=(E/EC)$,即EJ越低,其损耗越大。在试验中了解到,混凝土在放张时它的弹性模量只有26GPa,要比设计的37GPa要低很多,也就是说,在早期的条件下,它的预应力损失大概是133MPa,而它的实际损耗又超过了预定的数值,所以它的减量预应力损失会影响到它的抗裂性能。

5 超量预应力损失效应

张前后钢绞线预应力变化如表2所示,超量预应力损失效应是指由于各方面的因素作用,使混凝土结构的预应力实际有效值低于设计期望值,从而在预应力混凝土结构中的结构性能的减小程度。这一现象在混凝土结构抗裂、承载及耐久性方面的影响是深远的,所以我们在进行结构的设计以及施工时,一定要关注。

表2 放张前后钢绞线预应力变化量

梁编号	测点	有效预应力
1#	1	1000
2#	1	942
3#	1	1007

首先,预留同期试块,分蒸汽养护组和非蒸汽对照组进行试验,探讨混凝土强度变化趋势。在预应力混凝土中,预应力的目的是在预应力损耗过大的情况下,结构内部的拉应力会超过混凝土的抗拉强度,造成裂缝,从而通过压缩应力来抵消拉应力,从而提高其抗裂能力。如部分桥梁在施工中,实际预应力水平因摩阻预应力损耗与温差预应力损耗叠加而降低到设计数值70%以下,最终导致桥面出现裂纹。这样既影响了结构美观,又可能造成使用寿命的降低和后续保养费用的增加。其次,混凝土的承载力也会受到超量预应力损失的影响。在设计阶段,为了增强承载能力和结构的使用性能,引入了预应力^[2]。混凝土结构在承载荷载时,由于各种损耗现象导致预应力无法有效传递,其性能会大打折扣。最后,混凝土结构的耐久性也会受到超量预应力损失的影响。在预应力混凝土中,适当的预应力水平不仅对提高抗裂性能有一定的帮助,而且可以防止疲劳,防止由于外界环境的影响而造成老化的情况发生。但是,当预应力损耗过大,造成结构裂缝时,水分和有害物质可能会渗透到混凝土内部,加速钢筋锈蚀,加速混凝土劣化。

6 预应力混凝土简支桥梁快速施工优化措施

6.1 采用低摩擦转向器

原有项目平板式的转体主要是滑动摩擦式转体,因而预应力损失比较高,摩阻作用很大。滚轮式的转向机通过机械滚动的方法使摩擦系数大为降低,从而使钢绞线在拉动的过程中可以更顺畅地通过转向机,使钢绞线通过机械振动的方式使钢绞机通过这种结构在张拉过程中得到有效的减小摩擦损失。低摩擦转向器在拉伸过程中可以较好地使钢绞线保持平稳,使直线性得到很好的保证,从而有效地将所受到的力传递到混凝土当中。而且相对于简单的滚轴式的转向机维护和保养,在较长的使用周期内,滚轴式转向机的维护与保养是可以达到很好的表现的。简单地说,就是为了帮助减小摩阻预应力损失,提高预应力混凝土结构的整体性能与耐久性,采用低摩擦式转向是切实可行的优化措施。

6.2 延长静置时间及二次升温

将混凝土静置时间延长以后,在蒸养、升温之前,可使混凝土黏结于钢绞线前部,并对钢绞线的热变形起到一定的约束作用。使混凝土的静态停留时间得到延长,从而达到提高混凝土强度和耐久的目的,有利于加强水泥的水化过程。特别是初期强度不够的时候,适当的延长静态停留可以

使混凝土和钢绞线的黏结强度得到有效的提高,预应力损失也会随之减少,从而使混凝土与钢绞线之间达到一定的黏结强度的提高是有效的;此外,二次温度的执行也是有效地提高黏结力度的办法。混凝土达到一定的强度以后,水泥的水化反应就会随着时间的推移而加速,混凝土的强度就会随之提高,从而达到一定的黏结强度的目的。该方法是特别是冬季施工或在低温环境下预应力施工中的一种方法,可以有效地克服由于混凝土强度受低温的消极影响而使混凝土受力减小的负面影响。具体而言,先将蒸汽温度由线性上升到35℃,在结构整体性能和安全性的约束下,将钢绞线与混凝土之间产生一定的黏结作用。

6.3 延后放张

压缩模量预应力损失超量的主要原因是钢绞线放张时混凝土弹性模量不足。在预应力混凝土的建设中,预应力的损耗会明显地影响到放张时间的选择。建议在混凝土的弹性模量达到设计值时再进行放张,这样可以有效减少弹性压缩的预应力损失,这一点在混凝土的弹性模量达到设计值的情况下,可以起到有效降低弹性压缩预应力损失的作用。通常情况下,混凝土的弹性模量会随着强度的增加而增加,而延长后放张的做法能够保证放张时混凝土有足够的承重能力,从而减少预应力的损失,这是由于混凝土的塑性变形造成的。在初期强度不足时,若过早放张,在荷载作用下,可能会造成混凝土不可逆变形,从而使整体结构性能受到影响。考虑到混凝土压缩模量的预应力损失会随着时间增长而不断增大,故建议钢绞线延长后再进行放线处理。

7 结语

通过理论分析和试验测试研究,首先对预应力损失超量的预应力混凝土梁进行了预应力损失。采用滚轮式转向机等低摩擦转向机,使钢绞线的拉伸效率明显降低,降低摩擦损失。延长混凝土的静置时间和二次加温措施的实施,有助于早期强度不足造成的混凝土黏结强度的增强和预应力损失的降低。另外,延长后放张策略确保混凝土再施加预应力,以达到设计弹性模量,可有效降低混凝土因塑性变形而造成的损耗。通过这些优化措施,使结构在长期使用中的安全性和可靠性得到有效提升,预应力混凝土结构的整体性能和耐久性得到有效提升。总之,长线法施工和蒸汽养护的早龄放张会造成预应力损失过大,造成梁体抗裂性能下降,建议施工时通过滚轮转向机优化施工工艺,调整养护系统和延长放张,以保证结构安全,实现快速施工。

参考文献

- [1] 马彦阳,刘小燕,张峰,等.大跨混凝土斜拉桥预应力损失的长期动态监测及时变模型[J].工业建筑,2023,53(S1):182-185.
- [2] 周毅.先简支后连续预应力混凝土箱梁桥施工力学性能研究[D].南京:东南大学,2022.