

都拉营大桥平转过程中力矩增大原因分析

肖仁富 梁来^{UD} 顾寅 U 445

【摘要】 本文对都拉营大桥平转过程力矩逐步增大的原因进行了分析, 认为摩擦生热使减阻涂层升温, 并使其失效是其主要原因。

【关键词】 平转机构 摩擦生热

减阻剂

施工艺

一、概述

国外自二十世纪五十年代起, 已在各类桥梁建设中采用了水平转体施工技术。我国自七十年代以来, 也在几十座各类跨公路、铁路及江河的桥梁施工中采用了水平转体方法。平转法之所以在桥梁架设中受到高度重视, 是因为该种施工方法既不干扰线路(河流)的交通运输, 又安全可靠, 而且使用设备简单, 操作方便。

平转原理是: 在主桥墩下部建造一个平转机构, 以平转机构的中心轴为圆心, 在牵引力偶作用下, 将预先在已有交通线路、河流平行方向上建造的桥梁, 旋转到设计轴线上。

为降低平转力矩, 通常在平转机构接触滑行面上涂覆减阻涂层, 藉以改善平转机构接触面摩擦系数。有资料介绍, 采用特殊润滑措施, 钢筋混凝土球形铰的摩擦系数试验数据为 $\mu = 0.03$ 。

但是实际工程应用中, 减阻剂的应用效果却不十分理想。都拉营大桥平转施工中, 2号T构在40分钟的转体过程中, 动态牵引力由起初的350kN逐渐增加到1190kN。而3号T构转体到位时, 单侧动态牵引力已超过5000kN(试转时, 3号T构单侧动态牵引力仅为330kN)。

本文分析认为, 都拉营大桥转体过程中牵引力逐步增大的主要原因是因为摩擦生热, 在摩擦面上所产生高温使减阻润滑剂失效所致。

二、摩擦力做功、生热

1、钢板平面铰温度计算公式

都拉营大桥转动机构为钢板平面铰, 铰面有

肖仁富 柳州欧维姆工程有限公司高级工程师

梁来 柳州市建筑机械总厂工程师

顾寅 柳州欧维姆工程有限公司助理工程师

一层减阻润滑剂涂层。

由于转动机构上部T构梁重量达7000多吨, 我们将铰面平转过程用制动器的制动过程处理。制动器在制动过程中, 摩擦副两个摩擦元件体积温度的计算公式是:

$$\theta V_1 = \theta V_0 + \frac{\alpha_{hf} dw}{dm_1 C} \quad (1)$$

$$\theta V_2 = \theta V_0 + \frac{(1 - \alpha_{hf}) dw}{dm_2 C} \quad (2)$$

式中:

θV_0 ——摩擦元件(钢板)初始体积温度

C ——钢板的比热容

α_{hf} ——热流分配系数

W ——总摩擦功, dw ——摩擦功增量

m_1 、 m_2 ——上、下层钢板质量

因摩擦副两种材质相同, 且平转机构上、下部钢板质量相同, $m_1 = m_2$ 。热流分配系数为:

$$\alpha_{hf} = m_1 / (m_1 + m_2) = 1/2$$

因此(1)式变为:

$$\theta V_1 = \theta V_0 + \frac{dw}{2C dm_1} \quad (3)$$

由于混凝土的热传导系数较低, 因此公式中两个摩擦元件的质量只选用钢板质量。

2、摩擦力做功、生热

由于该工程转动机构为平面铰, 则铰平面单位面积上承压力为:

$$\rho = \frac{Mg}{\pi (R_2^2 - R_1^2)} \quad (4)$$

式中: M ——铰面上部T构梁总质量

$$\text{面积元: } ds = (rd\theta) dr = r dr d\theta \quad (5)$$

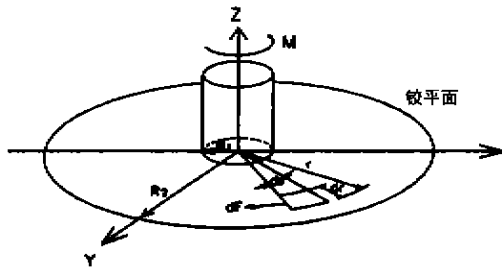


图1 平转机构坐标系

面积元上摩擦力:

$$dF = \mu p ds = \frac{\mu Mg}{\pi (R_2^2 - R_1^2)} r dr d\theta \quad (6)$$

则平转 $d\psi$ 角度时, 面积元上的摩擦力所做的功是:

$$dw = dF \cdot r d\psi \quad (7)$$

平转机构铰面的钢板等厚, 则面积元上钢板的质量为:

$$dm = \frac{m_1}{\pi h (R_2^2 - R_1^2)} r dr dh d\theta \quad (8)$$

式中, h ——铰面钢板厚度

将(6)式代入(7)式, 将(7)、(8)式代入(3)式, 得:

$$\begin{aligned} \theta v_1(r, \theta, \psi(t)) &= \theta v_0 + \frac{dw}{2dm_1 C} \\ &= \theta v_0 + \frac{1}{2dm_1 C} dF \cdot r d\psi \\ &= \theta v_0 + \frac{\mu h M g r dr d\theta}{2m_1 C r dr d\theta dh} r d\psi \\ &= \theta v_0 + \frac{\mu h M g}{2m_1 C dh} r d\psi \quad (9) \end{aligned}$$

(9)式是钢板上 (r, θ) 点在平转 $d\psi$ 角度后的温度公式。

由(9)式可以看出: 当平转 $d\psi$ 角度时, 摩擦面上各点瞬时温度升高值, 与该点转动半径成正比。

摩擦力做功所产生热量, 除部分因热传导使热量损失外, 主要集中在摩擦面上。

3、硬摩擦生热

在整个铰面上, 钢板表面总有局部微凸部分, 使上、下铰面接触为直接接触(减阻剂被挤出)。平转过程中, 该局部微凸部分摩擦系数较

大, 摩擦面升温较快, 引起周围减阻剂失效, 并导致恶性循环。

三、结束语

由以上分析可得出以下结论:

1、由(9)式可知: 在平转过程中, 平面上各点因摩擦生热所引起的瞬时升温与该点的转动半径成正比, 即转动铰最外圈升温最快;

2、当最外圈升温并达到减阻剂最高承受温度后, 减阻剂的润滑功能将失效。随着平转过程的进行, 减阻剂的失效范围由外圈向内圈推移。

因此, 公式(6)中铰平面上各点的动态摩擦系数 μ 应该是转体角度 ψ 、时间 t 和 r 的函数: $\mu = \mu(r, \psi(t))$;

3、铰面上钢板局部微凸部分硬摩擦生热、升温并使周围减阻剂失效、范围扩展, 是摩擦力增大的又一原因。

以上分析符合都拉营大桥2号T构、3号T构平转过程牵引力逐渐增大的情况。

4、山都拉营2号T构梁、3号T构梁平转工程的实践: 7月26日前, 2号T构试转体约2度, 3号T构试转体约20度。26日正式转体时, 2号T构在40min转体过程中随转体角度变化, 单侧牵引力由起初的350kN逐渐增大(350, 440, 570, 620, 920, 1190kN); 而3号T构单侧牵引力由2200kN启动, 转体到位时已超过5000kN(试转时, 3号T构单侧动态牵引力仅330kN)。因此建议不要采用试转步骤, 以直接一次平转到位为好。避免失效后的减阻剂经冷却、吸附、粘结, 增加摩擦阻力;

5、由第一点结论, 建议对钢板铰外圈暴露部分采取强制冷却措施(如水冷、油冷), 可降低平转机构减阻涂层失效率, 保持减阻涂层的润滑效果。

参考文献

1、范应心、梁来, 都拉营大桥T构转体施工, 中国土木工程学会桥梁及结构工程学会第43届年会论文集, 1998.11

2、机械设计手册, 机械工业出版社, 第一卷。