

锚具夹片回缩引起预应力损失的研究

徐建红, 范厚彬

(浙江省交通工程建设集团 杭州市 310003)

摘 要: 针对国内很少有定量处理后张法锚塞回缩引起预应力损失的措施, 笔者同时采用了锚圈口预应力损失试验和公式推导两种手段, 寻找到了如何考虑锚塞回缩引起预应力损失的系统方法。在此基础上, 对某工程 9 条预应力索道做了锚塞回缩引起预应力损失的实例演算, 再通过函数拟合的办法, 得到了运用方便的经验公式。最后, 通过进一步地综合分析, 得到了一些对后张法预应力工程设计、施工的有益结论。

关键词: 锚塞回缩; 预应力损失; 后张法; 张拉控制力

1 问题的提出

预应力混凝土连续箱梁桥具有线条流畅, 造型美观, 结构刚度大, 动力特性好, 行车舒适, 施工技术成熟, 不受通航影响, 养护简易等突出优点, 使用越来越广泛。但是, 预应力混凝土连续箱梁桥在施工阶段和运营过程中往往发现有不同程度的质量问题, 例如, 不同程度的裂缝、灌浆不满、有效预应力不能很好地建立等。因此, 预应力混凝土连续箱梁桥的设计、施工仍存在一些问題, 值得我们土木科技工作者做进一步的探讨。

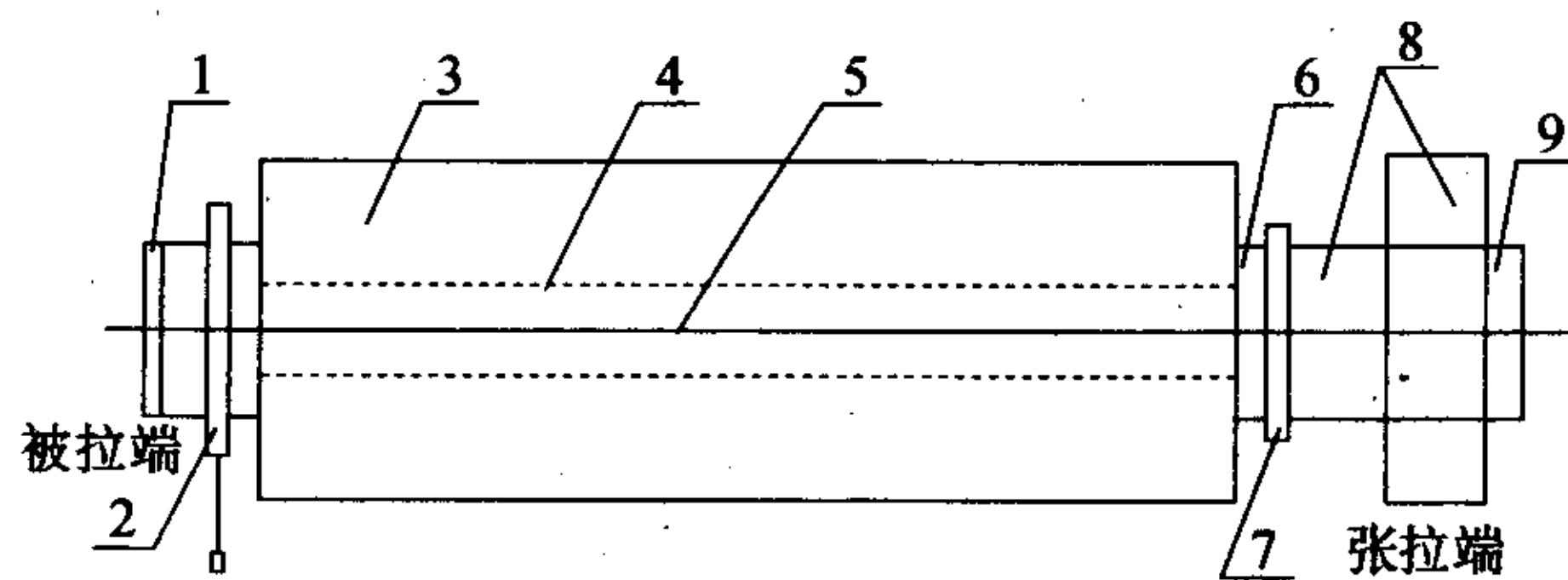
后张法预应力张拉是预应力混凝土连续箱梁桥施工过程中的重要工序之一, 也是梁体有效预应力的建立过程。预应力张拉时, 千斤顶的张拉控制应力值应为设计锚下控制应力和锚圈摩阻损失之和。为准确计算出实际所需要的张拉控制力值, 在预应力束张拉之前, 承建单位一般需进行锚圈口预应力损失测定。锚圈口预应力损失应包括两部分: (1) 锚具与钢绞线的直接摩擦引起的预应力损失; (2) 千斤顶卸载后, 锚塞回缩引起的预应力损失。对于锚具与钢绞线之间的直接摩擦引起的预应力损失可通过试验直接得到。而锚塞回缩引起的预应力损失是一个动态管理的一个量值, 它与锚具及预应力筋的尺寸偏差有关系, 也与张拉方法有关; 另外, 对于不同长度的预应力索道, 即使同样的锚具、同样的锚塞回缩值所引起的预应力损失也是不一样的。预应力索道越长, 预应力损失越小, 反之亦然。查阅国内相关文献, 很少有定量处理有关锚塞回缩引起预应力损失的

办法。笔者基于上述, 并结合实际工程进行了锚具夹片回缩引起预应力损失的研究。

2 锚圈口预应力损失试验原理及计算方法

2.1 试验的基本原理及步骤

图 1 为锚圈口预应力损失测定原理示意, 该图已包含了试验时所需要的仪器、设备、材料等。图示中的 3 表示 3 m 长直孔道钢筋混凝土柱结构, 该结构需满足: (1) 张拉过程中, 要保证钢绞线束与直孔道之间不得有任何摩擦力; (2) 试验时所需要的强度、刚度、稳定性要求。



1—工作锚板; 2—测力传感器; 3—3 m 长直孔道钢筋混凝土柱; 4—直孔道; 5—钢绞线束; 6—工作锚板; 7—限位板; 8—千斤顶; 9—工具锚板

图1 锚圈口预应力损失测定原理示意

锚圈口预应力损失测定步骤如下。

(1) 张拉端分三级 $0.2P$ 、 $0.6P$ 、 $1.0P$ (P 取锚下控制应力) 进行张拉, 分别测出被拉端的应力。注意一点的是: 测 $1.0P$ 被拉端的应力时, 需在张拉到位后, 千斤顶持荷过程中读出, 该力用 P_1 表示。

(2) 卸掉千斤顶后, 再次测出 $1.0P$ 时被拉端的

应力,该力用 P_2 表示。

(3)解除预应力束的张拉,再重复上述步骤(1)、(2)两次,进行测读。

(4)为取统计数,每种类型的锚具至少取 3 个进行试验。

(5)最后进行数据整理和计算。

2.2 锚圈口预应力损失计算

2.2.1 直接摩擦引起的预应力损失

锚具与钢绞线的直接摩擦引起的预应力损失采用以下公式进行计算^[4]:

$$P_{zs} = P - \bar{P}_1 \quad (1)$$

式中: P_{zs} 为锚具与钢绞线直接摩擦引起的预应力损失; P 为试验时张拉端的控制应力,本试验取锚下控制应力; \bar{P}_1 为千斤顶持荷 1.0 P 时,被拉端测力平均值。

2.2.2 锚塞回缩引起的预应力损失计算

锚塞回缩引起的预应力损失采用式(2)进行计算:

$$P_{HS} = \bar{P}_1 - \bar{P}_2 \quad (2)$$

式中: P_{HS} 为锚塞回缩引起的预应力损失; \bar{P}_2 为卸掉千斤顶后,1.0 P 时,被拉端测力平均值; \bar{P}_1 为千斤顶持荷 1.0 P 时,被拉端测力平均值。

对于不同长度的钢绞线,即使同样的锚塞回缩量所引起的预应力损失也不一样。钢绞线越长,预应力损失越小,反之亦然。因此,式(2)计算出的预应力损失值不能直接应用。笔者通过公式推导,拟采取以下方法进行换算。

锚塞回缩量可根据以下公式计算:

$$\Delta l_1 = \frac{P_{HS} l_1}{EA} \quad (3)$$

式中: Δl_1 为锚塞回缩量; P_{HS} 为试验时锚塞回缩引起的预应力损失; A 为钢绞线的有效截面积; l_1 为试验时钢绞线的有效长度,本试验取 3.1 m。

理论总伸长量的计算公式为:

$$\Delta l = \sum \Delta l_i = \sum_{i=1}^n \frac{P_{i-1} l_i [1 - e^{-(Kl_i + \mu \theta_i)}]}{EA(Kl_i + \mu \theta_i)} \quad (4)$$

式中: Δl 为钢绞线的理论伸长量; P_{i-1} 为计算段的始端力; Δl_i 为第 i 段理论伸长量; E 为预应力筋的弹性模量; K 为孔道偏差系数,可通过管道摩阻试验测得; μ 为孔道壁摩阻系数,可通过管道摩阻试验测得; l_i 为第 i 段曲线长; θ_i 为第 i 段曲线始端至终端的弯起角度之和; n 为计算的分段数; A 为钢绞线的有效截面积。

对于曲线段有:

$$P_{i-1} = P_{i-2} e^{-(Kl_{i-1} + \mu \theta_{i-1})} \quad (5)$$

对于直线段有:

$$P_{i-1} = P_{i-2} e^{-Kl_{i-1}} \quad (6)$$

再因为 μ 、 l_i 、 θ_i 、 n 、 A 、 E 均为常数,综合式(4)~式(6)可得:

$$\Delta l = P_0 \left(\sum_{i=1}^n K_i \right) \quad (7)$$

式中: K_i 为一常数,可通过参数 μ 、 l_i 、 θ_i 、 n 、 A 、 E 计算得到; P_0 为锚下控制力。

反观式(7),如果理论伸长量 Δl 取锚塞回缩量,便可计算出因锚塞回缩引起的预应力损失值。即:

$$P_{HS} = \Delta l_1 / \sum_{i=1}^n K_i \quad (8)$$

3 实例演算

根据锚圈口预应力损失试验原理及步骤,对某工程所使用的 15—12 型锚具进行了试验,表 1 是试验结果。

表 1 锚圈口预应力损失试验结果 kN

名称	P	\bar{P}_1	\bar{P}_2
锚具 1	2 344	2 342.023	1 918.256
锚具 2	2 344	2 341.969	1 913.976
锚具 3	2 344	2 341.985	1 916.105
平均	2 344	2 341.992 4	1 916.112

3.1 15—12 型锚具的摩擦引起的预应力损失

$$P_{zs} = P - \bar{P}_1 = 2\,344 - 2\,341.9924 = 2.007\,852 \text{ kN} \quad (9)$$

损失率为 0.857%。

3.2 锚塞回缩引起的预应力损失计算

锚塞回缩量计算:

$$P_{HS} = \bar{P}_1 - \bar{P}_2 = 2\,341.992 - 1\,916.112 = 425.88 \text{ kN} \quad (10)$$

$$\Delta l_1 = \frac{P_{HS} l_1}{EA} = \frac{425.88 \times 3.1 \times 10^3}{1.95 \times 10^2 \times 140 \times 12} = 4.03 \text{ mm} \quad (11)$$

取某工程连续箱梁的 9 条预应力索道,采用式(8)进行锚塞回缩引起的预应力损失换算,由于这 9 条预应力索道均为双向张拉,因此实际计算时取其一一半进行预应力损失换算,每条预应力索道的具体参数见表 2。有了表 2 中的参数和锚塞回缩量 4.03 mm,便可通过式(8),换算出锚塞回缩引起的预应力损失,计算结果见表 3。从表 3 和图 2 中可以看出:在同一类型锚具同一回缩量的情况下,钢绞线长度是预应力损失的重要影响因素。为使用方便,笔者对换算结果进

行了函数拟合,得到一经验公式,见式(12),它可直接用来对本工程进行预应力损失率的计算。

表2 预应力索道参数

名称	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9
分段数	5	5	5	5	5	5	5	5	5
l_1/m	6.24	8.1	9.96	12.821	15.681	18.542	21.403	24.263	27.124
l_2/m	0.262	0.262	0.262	0.262	0.262	0.262	0.262	0.262	0.262
l_3/m	1.391	2.540	3.69	4.838	5.99	7.14	8.29	9.436	10.580
l_4/m	0.262	0.262	0.262	0.262	0.262	0.262	0.262	0.262	0.262
l_5/m	0.338	0.338	0.338	0.338	0.338	0.338	0.338	0.338	0.338
索道总长/m	18.03	24.05	30.07	38.09	46.11	54.13	62.15	70.17	78.19
θ_1/rad	0	0	0	0	0	0	0	0	0
θ_2/rad	0.065 4	0.065 4	0.065 4	0.065 4	0.065 4	0.065 4	0.065 4	0.065 4	0.065 4
θ_3/rad	0	0	0	0	0	0	0	0	0
θ_4/rad	0.065 4	0.065 4	0.065 4	0.065 4	0.065 4	0.065 4	0.065 4	0.065 4	0.065 4
θ_5/rad	0	0	0	0	0	0	0	0	0

$$y=0.008\ 8+0.062\ 5\times e^{-x/33.875\ 04}+0.206\ 26\times e^{-x/7.970\ 65}$$

(12)

式中: x 为钢绞线长度; y 为锚塞回缩引起的预应力损失率。

表3 锚塞回缩对不同长度钢绞线的预应力损失

名称	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9
束道长度 m	18.03	24.05	30.07	38.09	46.11	54.13	62.15	70.17	78.19
一端计算伸长量 cm	6.006	8.115	10.213	12.999	15.768	18.520	21.256	23.976	26.679
预应力损失 kN	157.045	116.158	92.227	72.405	59.636	50.732	44.17	39.133	35.15
损失率 %	6.7	4.96	3.93	3.089	2.54	2.16	1.9	1.67	1.5

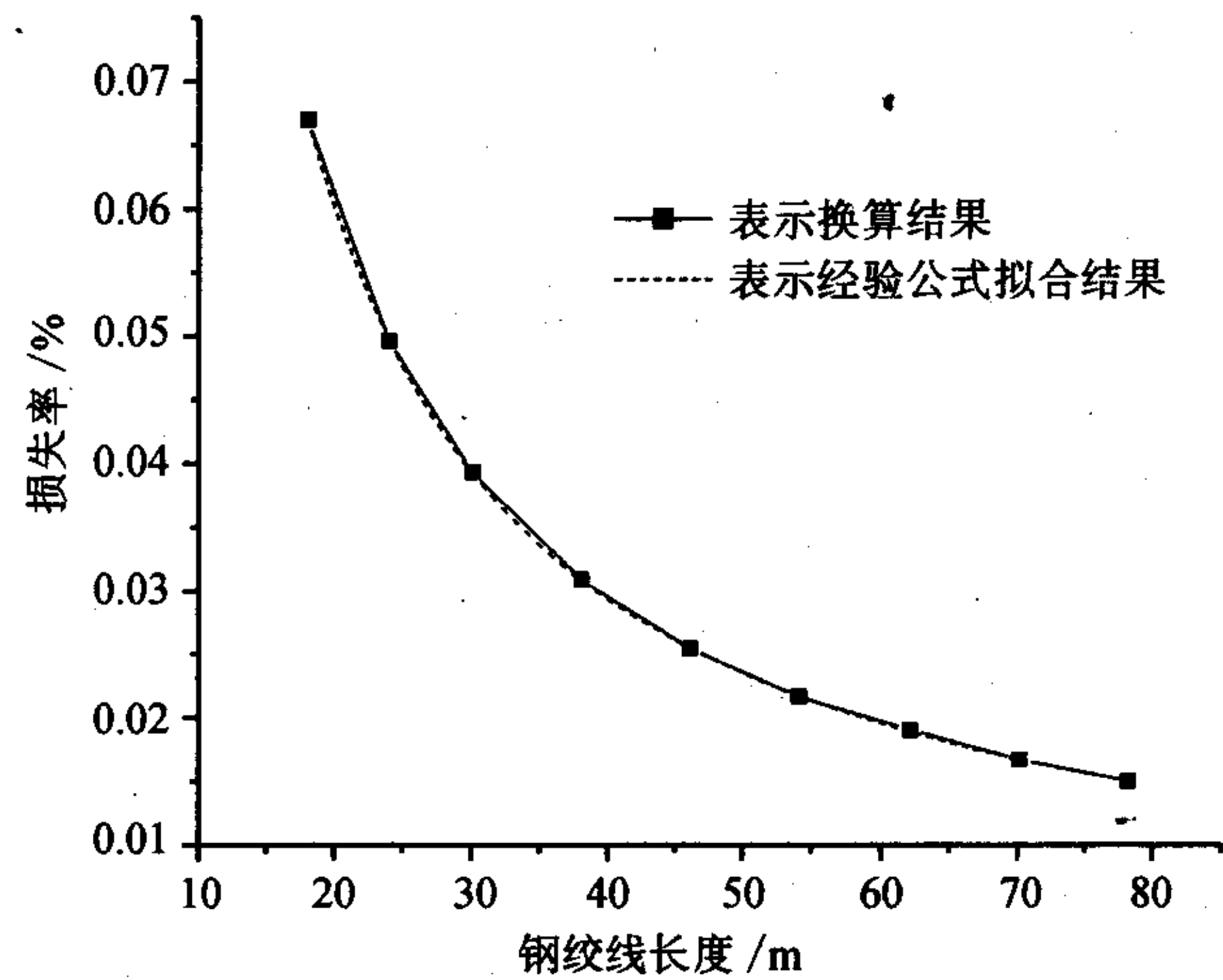


图2 预应力损失率随钢绞线长度变化曲线

4 结语

通过本文的研究工作,可以得到以下结论。
(1)锚塞回缩引起预应力损失不容忽视,后张法预

应力混凝土工程的设计、施工需要慎重考虑到这一点。
(2)在同一类型锚具同一回缩量 的情况下,钢绞线长度是预应力损失大小的重要影响因素之一,钢绞线越短,损失越大。
(3)建议采用超张拉方法补偿锚塞回缩引起的预应力损失,对不同长度的钢绞线超张拉的数值可根据本文提供的方法计算后来确定。对于特别短的钢绞线,建议采用分次张拉、多次倒顶的张拉方式,以对锚塞回缩引起的预应力损失进行补偿。
(4)本文提供了一种如何考虑锚塞回缩引起预应力损失的系统方法。

参考文献:

[1] 范立础. 预应力混凝土连续梁桥[M]. 北京:人民交通出版社,1998.
[2] E E 吉勃施曼. 预应力钢筋混凝土桥梁理论与计算[M]. 北京:人民交通出版社,1965.

文章编号: 0451-0712(2006)07-0096-04

中图分类号: U442.54

文献标识码: B

滨州黄河公路大桥 跨径 42 m 连续箱梁纵向预应力束的配置优化

孔海霞, 吴明远

(中交公路规划设计院 北京市 100010)

摘 要: 对滨州黄河公路大桥跨径 42 m 连续箱梁纵向预应力束的配置进行了方案优化, 从而得出利于设计、便于施工的预应力束设置方案, 为同类型桥梁的预应力设计提供一些借鉴。

关键词: 连续箱梁; 纵向预应力; 配置优化

1 滨州黄河公路大桥概况

滨州~博山高速公路是 205 国道山东省境内高速公路网的重要组成部分, 也是交通部提出的 2000 年前重点建成的“两纵两横、三个重要路段”之一的北京~上海高速公路在山东省境内的重要辅助路段。它的建设对加强环渤海湾经济圈与长江三角洲经济圈的经济联系, 促进京津冀地区与苏浙地区的经济联系, 将起到十分重要的作用。滨州黄河公路大桥是滨博高速公路上的一座跨黄河的特大桥梁, 大

桥全长 1 698.4 m, 引道及连接线长 14.8 km。主桥桥跨布置为 42 m+42 m+300 m+300 m+42 m+42 m=768 m 对称形式的三塔斜拉桥, 北引桥为 6×42 m 的 6 跨连续梁, 南引桥为 8×42 m+8×42 m 两联 8 跨连续梁。根据总体规划, 桥台设于两岸的黄河大堤内, 桥梁以平交的形式与大堤相交, 由于大桥地质为黄河故道多年沉积的软弱的沙粘土, 设计将尽可能地减少引桥结构的梁高, 以减少填土高度, 减少台后填土沉降。本文重点介绍 42 m 跨径连续箱梁的

收稿日期: 2006-03-15

[3] 张继尧. 悬臂浇注预应力混凝土连续梁桥[M]. 北京: 人民交通出版社, 2003.

[4] JTJ 041-2000, 公路桥涵施工技术规范[S].

A Study on Prestressing Loss of Anchorage Circle Caused by Anchorage Retraction

XU Jian-hang, FAN Hou-bin

(Zhejiang Provincial Transportation Engineering Construction Group, Hangzhou 310003, China)

Abstract: On the basis of some methods of prestressing loss caused by anchorage retraction, the test of anchorage circle prestressing loss and the formula deduction are adopted, furthermore, the systematic method of prestressing loss caused by anchorage retraction is proposed in this paper. Meanwhile, the prestressing loss of 9 prestressing cables are calculated in a actual engineering, and the convenient empirical formulas are presented based on function fitting. Finally, some results useful to post-tensioned prestressing engineering design and construction are obtained.

Key words: anchorage retraction; prestressing loss; post-tensioned method; stretching control force