

一种后张预应力筋腐蚀防护和监测的新方法

刘平伟¹ 朱万旭^{2,3} 周红梅³ 胡如成¹

(1 广西工学院土木建筑工程系 柳州 545006 2 哈尔滨工业大学土木学院 哈尔滨 150090)

(3 柳州欧维姆机械股份有限公司 柳州 545005)

摘要:本文主要介绍一种在后张法预应力桥梁中采用的电绝缘预应力锚固体系。该锚固体系与普通的主要区别在于采用了电绝缘型的锚垫板。该垫板由圆环状承压板和塑料喇叭筒组成,而承压板中部采用传统的铸铁芯,周围包裹近乎绝缘的超高强混凝土。通过埋设电绝缘型锚垫板及采用塑料波纹管,使得预应力筋和锚具与周围混凝土绝缘隔离开来,不但能很好地起到对预应力筋的腐蚀防护,而且可应用阻抗表随时测量它们之间的阻抗。根据国外的研究成果,其阻抗值的大小反映了预应力筋受腐蚀程度。这样,可以通过监测动态阻抗值,组成无损检测系统,有效地提高预应力混凝土结构的安全性和耐久性。

关键词:耐久性 无损检测系统 塑料波纹管 电绝缘型锚具

1 引言

预应力混凝土结构中混凝土强度高、密实性好、裂缝小,因而一般认为其耐久性比较好。但事实上,近几十年来却出现了一系列预应力混凝土结构耐久性失效事故,其中预应力钢筋锈蚀引起的破坏占绝大多数,如1992年比利时横跨Scheldt河上的一座后张预应力混凝土桥因后张预应力钢索锈蚀而坠毁。1985年Ynys-Gwas大桥因为外界的侵蚀物质从梁段拼接处渗入压浆管道中使预应力钢筋腐蚀断裂而倒塌(事后的调查研究表明,该桥的预应力钢筋的腐蚀与浆体材料、施工方法有很大关系),由此引发英国公路局于1992年9月曾下令暂停在新的桥梁工程中使用后张灌浆预应力混凝土桥,引起国际工程界的巨大震动,直到1996年新标准出台后才予以恢复。以上这些结构整体性破坏事先都没有明显的预兆,造成了很严重的后果。因此,必须采取超常规的预防保护措施,确保各种预应力结构的耐久性^[1]。

后张法预应力混凝土结构以其安全性、可靠性、耐久性而在公路、铁路方面广泛应用,而采用常规的传统金属波纹管施工的预应力筋,预应力筋容易受到周围环境氯化物、材料的氢脆、金属电解质、杂散电流、微动疲劳、电接触等腐蚀而发生脆性破坏。在常规的检测手段中无法检测钢绞线的腐蚀情况,而采用电绝缘预应力锚固体系可以对钢绞线的腐蚀进行长期监测。

2 电绝缘预应力锚固体系

电绝缘预应力锚固体系由电绝缘型锚具、塑

料波纹管和无损检测系统组成。电绝缘预应力锚固体系最大程度上保证了预应力筋不被腐蚀,并且可以在任意时刻用快速的无损检测方法检测预应力筋的腐蚀情况,保证了桥梁结构在服役年限内的完整性,这是与普通预应力锚固体系的最大区别。塑料波纹管的作用是封闭和隔绝了预应力钢绞线和普通钢筋的联系,在锚具附近波纹管的连接非常重要,这将是保证钢绞线被密封和绝缘性的重要因素,因此在塑料波纹管、通气孔和排浆孔的连接需要非常的小心。塑料波纹管的另一大优势是摩擦系数减小了,传统的金属管道摩擦系数为0.3,而塑料波纹管为0.14,微动疲劳磨损现象显著地减少了。

图1为电绝缘预应力锚固体系结构示意图,图中所示(1)为LCR电桥表,(2)为导线,(3)为电绝缘型锚具,(4)为钢绞线,(5)为普通钢筋,(6)为塑料波纹管。

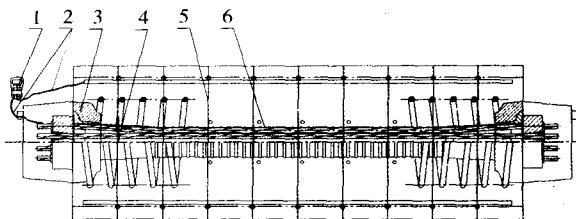


图1 电绝缘预应力锚固体系结构示意图

2.1 电绝缘型锚具

电绝缘型锚具由普通锚板、夹片、螺旋筋和ZH型电绝缘锚垫板组成,而ZH型电绝缘锚垫板由芯板、电绝缘的高性能混凝土和塑料喇叭管组成。芯板为中空铸铁或铸钢件,其与工作锚板接

触，并将预应力传递给外周的高性能混凝土；高性能混凝土有效地包络住芯板，并将预应力传递、分散给预应力混凝土构件；喇叭管为电绝缘性和耐久性好的塑料件，起着连接塑料波纹管，隔绝钢绞线和外部钢筋联系的作用。

ZH型锚垫板具有以下优异性能：

- (1) 锚垫板具有很好的耐久性和耐腐蚀性；
- (2) 安全性高，消除了整体铸造锚垫板炸裂的潜在危险；
- (3) 不导电，有效地减少预应力筋在锚具处的电化学腐蚀；
- (4) 喇叭口摩阻较小；
- (5) 锚下混凝土应力传递更均匀、合理，承载力不低于同规格的整体铸造锚垫板。

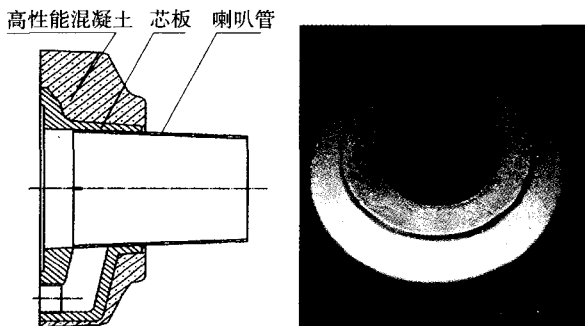


图2 ZH型电绝缘锚垫板结构图

2.2 塑料波纹管

塑料波纹管通常是用高密度聚乙烯或聚丙烯等热塑性材料制造的管材，满足了力学阻力和化学成分稳定的要求。塑料波纹管示意图见图3，与传统的金属波纹管相比，塑料波纹管有以下特点^[2]：



图3 塑料波纹管

- (1) 具有良好的耐腐蚀性。

采用的热塑性材料化学成分稳定，与水、硅酸盐水泥互相惰性，互不反应。同时也有利于预应力筋的防腐保护，可防止氯离子入侵而产生的电化学腐蚀及氧化腐蚀。

- (2) 具有良好的物理性能。

优良的密封性，使荷载作用后不渗透，无弯

曲渗透之忧；不导电，可防止杂散电流腐蚀；还有良好的抗冲击性和耐温阻燃性。

(3) 可提高预应力筋的耐疲劳能力，并可减少张拉过程中预应力的摩擦损失。

(4) 特殊的接头密封连接设计不仅使真空灌浆技术得以有效使用，也减少了漏浆的可能。

2.3 无损检测系统

无损检测系统不需要复杂繁琐的传感器，钢绞线和钢筋就是它的传感器，这是它的一大优点。它只需要用两根导线一根一端连接锚固端的钢绞线，另一根导线连接梁体的钢筋，然后用便携式LCR电桥表连接导线两端就可以测得系统的电阻、电容等。图4所示为检测的工作原理图，仪器测量的阻抗值包括孔道中的浆体（整个预应力筋长度）、孔道（含连接器、通气孔、气孔和有缺陷产品）和孔道周围的混凝土。灌浆材料和混凝土为纯电阻，未受损伤的塑料孔道为纯电容，有缺陷的塑料波纹管则相应的有电阻，LCR电桥表经过测量，显示了电阻 R ，电容 C 和损失因数 D ^[3]。

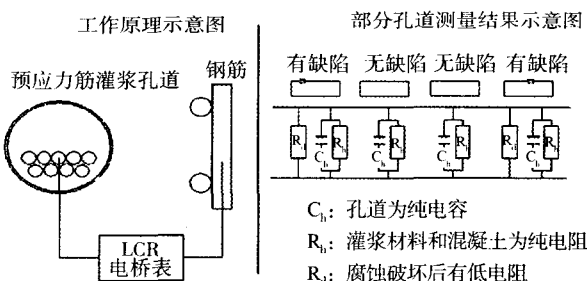


图4 无损检测系统工作原理图

对于一个电绝缘性好的预应力体系，电阻值 R 会尽可能高的接近极限值，由于水合作用浆体逐渐变干，电阻值 R 会随着时间增长而变大。测量电阻 R 、电容 C 和损失因数 D 的数值取决于灌浆后体系的电绝缘程度，这能被用来做为质量控制和预应力筋腐蚀长期检测的依据。

3 施工质量控制要点

(1) 选用质量合格的产品，在预埋之前，要对塑料波纹管进行检验，确保塑料波纹管是绝缘的，在波纹管的连接处要检查气密性，保证不漏浆。将塑料接管按缺口对着灌浆口推进到锚垫板内孔，直到配合紧密。

(2) 灌浆建议采用真空灌浆工艺，它是提高后张预应力混凝土结构安全度和耐久性的有效

措施,与普通压力灌浆法相比具有以下优点^[4]:
①在真空状态下,孔道内的空气、水分以及混在水泥浆中的气泡被消除,减少了孔隙、泌水现象;②灌浆过程中孔道具有良好的密封性,使浆体保压及充满整个孔道得到保证;③工艺及浆体的优化,消除了裂缝的产生,使灌浆的饱满性及强度得到保证;④真空灌浆过程是一个连续且迅速的过程,缩短了灌浆时间。

(3)在张拉完成后,要把导线一端用锡焊焊接到锚固端钢绞线处,并用绝缘胶带缠绕导线连接处,然后用高标号水泥砂浆密封钢绞线端头,保护预埋导线不要被损坏。

4 长期监测

按照FIB(国际结构混凝土协会)建议,预应力筋张拉灌浆完成后,随着时间的推移,动态电阻值越来越大,呈上升趋势,一旦有下降的趋势则是预示着预应力筋有腐蚀,开始了早期预报提示。经过8年长期实测的电阻值曲线见图5。

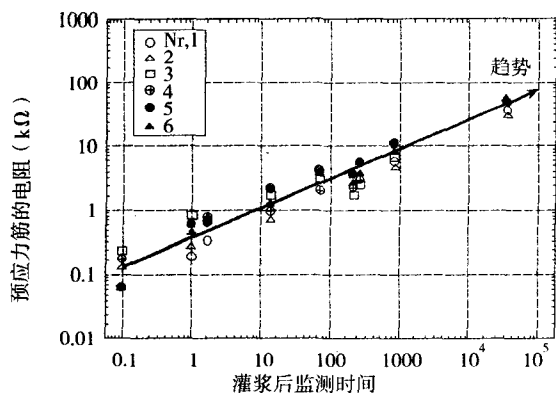


图5 长期监测电阻曲线图

瑞士在2001年的规范^[5]中规定,动态电阻 $R > 500k\Omega m$ 认为是安全的,并于2007年对不同条件下使用电绝缘型锚具的实际电阻值做了新的规定:

(1)当电阻 $R > 20\Omega$ 时,预应力筋与混凝土中钢筋不接触,不存在微动疲劳;

(2)应以电阻 $R=50k\Omega m$ 为临界值进行长期监测;

(3)当结构中存在杂散电流,应要求电阻 R 不小于 $150k\Omega m$ 。

电阻值不断地增大能用浆体的水化作用和周围混凝土的变干来解释,这种趋势会在结构寿命期内一直继续。这能检测早期水的进入,假如含氯化物的水进入波纹管,混凝土和浆体会变湿,预应力筋的电阻不会再增大反而会稳步的减

小。因此正常间隔测量的电阻值描述了一个简单但非常有效地预应力筋腐蚀的早期报警系统。

5 国外的应用情况

在瑞士从1993年起至今约有120座结构(主要是桥梁)安装了电绝缘型锚固体系,在2001年出台相应的规范,并于2007年对不同条件下使用电绝缘型锚具值做了新的规定,国家铁路局(Swiss Federal Railway authorities)和交通部Swiss department of Transport(针对直流电轨道方面)要求必须使用电绝缘型锚固体系。

在意大利,新的高速列车线路的计划和设计的两个主要目标是耐久性与监测的可能性,电绝缘型锚固体系的第一次运用是在Milano-Bologna高速铁路线Piacenza viaduct桥梁中,151片箱梁安装了电绝缘锚固体系,每片箱梁长33.1m,重量达到1000吨。随着越来越多梁板的生产,这将会改善统计资料。这将允许修订在定义瑞士指南的基础上的验收标准,在定义标准的方法上会得到更多的统计。在意大利高速铁路中大规模的运用这种技术,给予了意大利铁路使用这种体系足够的信任。

6 结语

(1)电绝缘型锚具和塑料管道提高了钢绞线的腐蚀防护能力,并且提供了通过简单的无损检测测量(电阻抗)来监测腐蚀防护的可能性。

(2)随着时间的推移,电绝缘预应力筋(即使是没有达到合格标准)能被监测。电阻测量值是一个简单的早期预警系统,它可以识别预应力筋未来的腐蚀风险。

(3)对于桥梁的质量控制特别是在大量的简支梁桥中许多钢绞线的检查,测量电阻已经被证明是一种有效的方法。

(4)电绝缘预应力锚固体系在瑞士和意大利成功运用的经验,是值得学习借鉴的。

参考文献

- [1] 刘其伟,张鹏飞,赵佳军. PC连续梁桥孔道压浆调查及钢绞线力学性能研究[J]. 施工技术, 2007,36(2):63-65
- [2] 王卫锋. 预应力后张法施工中塑料波纹管的试验研究[J]. 公路, 2006,(5):111-114
- [3] M.Della Vedova, B.Elsener, L.Evangelister. Corrosion Protection and Monitoring of Electrically Isolated Post-Tensioning Tendons[C]. Proceedings of the Third European Conference on Structural Control, 3ESCS, 12-15 July 2004.
- [4] 魏东,刘明江,窦守连,邵珠轩. 预应力板梁真空压浆施工技术探讨[J]. 青岛理工大学学报, 2008,29(5):64-67
- [5] Measures to ensure the durability of post-tensioning tendons in bridges, guideline of the Swiss Federal Roads Authority and Swiss Federal Railways[M], edition 2001. Swiss Federal Office for Logistics (Sales Publications), CH-3003 Berne