

Gonglu Gongcheng Keji Lunwenji

公路工程科技 ——论文集

张春海 主 编
李业刚 张洪强 副主编



人民交通出版社

China Communications Press

公路工程科技 ——论文集



张春海 主 编
李业刚 张洪强 副主编



人民交通出版社

China Communications Press

内 容 提 要

本论文集收录了来自公路工程施工、管理、研究等方面的科技论文 60 余篇,依据公路行业现行标准规范,紧密结合工程实践,系统地总结已往公路施工中积累的成熟经验,全面反映了近年来日照市公路管理局工程处在公路工程施工中新技术研究、新工艺探讨、新材料应用方面取得的成果。

本论文集述及的公路工程新技术、新方法、新进展在一定程度上代表了当今公路工程施工的先进水平,具有较高的使用、指导价值,适合公路工程技术人员、专家、学者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

公路工程科技论文集 / 张春海主编. —北京: 人民
交通出版社, 2007.3
ISBN 978-7-114-06460-9

I.公… II.张… III.道路工程-科技成果-文集
IV.U41-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 037497 号

书 名: 公路工程科技论文集

著 译 者: 张春海

责任编辑: 刘永芬

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010) 85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京宝莲鸿图科技有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 17.5

字 数: 432 千

版 次: 2007 年 3 月 第 1 版

印 次: 2007 年 3 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-06460-9

印 数: 001-500 册

定 价: 40.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

《公路工程科技论文集》编委会

主 编 张春海

副主编 李业刚 张洪强

编 委 许宏林 赵 军 王绍相

薛兴喜 胡长智 魏玉峰

前 言

日照市公路管理局工程处位于依山傍海、风光旖旎的新兴沿海港口城市——日照,是日照市唯一一家能够独立中标承建高速公路的大型施工单位,先后中标参与了南京长江三桥、青岛市滨海大道、青莱高速等 40 多项国家重点工程的建设,在全省同行业中赫赫有名,备受工程各界瞩目和青睐。

在工程施工管理工作中,广大技术人员撰写的一些反映公路施工等实际情况的技术论文,尤其是反映“新技术、新工艺、新材料、新设备”等四新成果的研究与应用方面的文章,相继被技术刊物、报纸、杂志收录发表。这些论文从新技术的探究、新工艺的探索、新设备的推广、新材料的应用以及工程管理的探讨等多方面、多层次、全方位的反映出公路工程施工中的实际问题,反映了日照公路施工技术与研究的现状。

本书共整理收录了来自公路施工、管理一线的科技论文 60 余篇,该书着眼于既能够进一步指导公路施工技术的推广应用,又能够推动公路施工技术的进步和提高;着眼于既能为日照公路施工服务,又能为广大同仁提供参考的基础,从已发表和尚未发表的论文中精选而成。该书系统全面的反映了在桥梁、路基、路面施工,软科学及工程管理等方面的技术应用、研究情况。在一定程度上代表了当今公路施工的先进水平,对广大公路工程同仁有着重要参考价值。

由于编写的时间仓促,编者水平有限,书中错漏之处在所难免,希望读者批评指正,以便于日后修正。

编 者

2007 年 2 月于日照



目 录

桥 梁 工 程

1. 桥面铺装常见病害及预防对策..... 张春海 陈常科(3)
2. 预制梁板板顶裂缝成因分析及防治对策..... 张春海 宋良胜(5)
3. 预应力混凝土留孔用塑料波纹管应用中的问题和建议..... 李业刚 安 平 张 伟(8)
4. “水磨石”底模的制作工艺 李业刚 王绪印 邵宝峰(11)
5. 预制板裂缝成因及防治 滕厚军 赵 军 吕贤龙(14)
6. 聚羧酸系外加剂在南京长江三桥工程箱梁清水混凝土中的应用 赵 军 安 平(16)
7. 后张法 35 米预应力 T 梁施工中应注意的几个问题 胡长智 于祥坤 赵国栋 (20)
8. 后张法预应力混凝土梁的孔道压浆探讨 殷玉金 薛兴喜 胡玉涛(23)
9. 桥面防水混凝土铺装及柔性防水层施工 薛兴喜 邵宝峰 赵国栋(27)
10. 真空压浆施工关键技术介绍 魏玉峰 王建军 赵国栋(31)
11. 新型先张法台座的制作及张拉工艺的改进..... 周加胜 魏玉峰 李树东(34)
12. 基于人工神经网络的桥梁结构损伤识别方法..... 孙锋先 邵宝峰 陈兴静(38)
13. 结构混凝土裂缝成因及预防..... 王清臻 胡 泊 孙 朋(42)
14. 桥梁裂缝产生原因的浅析..... 王贵美 安 平 张 伟(45)
15. 钻孔灌注桩断桩处理浅议..... 黄忠昌 薄玉梅 吕贤龙(53)
16. 浅谈桥梁混凝土裂缝的施工控制技术..... 崔兆户 毛新玲 胡玉涛(55)
17. 浅谈钢制柱箍支撑法在墩柱式盖梁施工中的应用..... 田 宏 张洪强(59)
18. 冬季 T 梁高标号混凝土施工浅议 张洪强 田 宏 程俊伟(62)
19. 钻孔灌注桩基础的缺陷及防治措施..... 徐 辉 刘兆平 赵殿君(66)
20. 后张法预应力混凝土梁板施工常见病害与防治..... 张洪强 田 宏(69)

路 基 路 面

21. 稀浆封层技术在公路养护中的应用..... 张春海 尚善海(75)
22. 聚酯纤维在沥青路面中面层的应用..... 张春海 宋良胜(83)
23. 水泥混凝土路面早期裂缝分析..... 张春海 张德成 王思亭(88)
24. 纯砂性路基密实度检测方法分析..... 张春海 黄忠昌(91)
25. 改善道路沥青面层热稳定性的研究..... 张春海 许宏林 程俊伟(95)
26. 沥青混凝土发裂原因与预防..... 张春海 陈常科(99)
27. 高等沥青路面再生剂 李业刚 李国芬 安 平(102)
28. 影响沥青混凝土路面平整度的原因分析 李业刚 安 平 王刚平(106)
29. 沥青路面的损坏原因及其防治措施 李业刚 安 平 李 有(110)
30. 对沥青混合料摊铺方向问题的探讨 李业刚 刘从锋 王贵美(114)

31. 聚酯纤维在沥青混合料中的应用及性能 李业刚 安 平 王贵美(118)
32. 沥青混凝土路面温缩裂缝的发展机理及影响因素 李业刚 赵 军 魏玉峰(122)
33. 高等级混凝土路面质量控制研究 滕厚军 许宏林 魏玉峰(126)
34. 农村水泥混凝土路面改造常见病害与防控 许宏林 于祥坤 孙明强(130)
35. 石墨矿渣在高速公路底基层中应用 毛洪录 赵东江 赵 军 刘卫民(135)
36. 沥青路面平整度与摊铺工艺的关系探讨 滕厚军 安 平 于凤强(139)
37. 加筋土技术简介 胡长智 魏玉峰 吕贤龙(143)
38. 沥青路面病害的处治 安 平 杨秋菊 孙元堂(148)
39. 浅谈热用密封胶开槽灌缝处理高速公路路面裂缝 安 平 王鹏程 王绪印(151)
40. 增强沥青路面耐久性的探讨 毛新玲 崔兆户 胡玉涛(154)
41. 高等级公路膨胀土路基处治方法 王清臻 王刚平 孙元堂(158)
42. 土工格室在软土地基处理中的应用 张洪强 田 宏(160)
43. 水损害引起路面坑槽破损机理分析 毛新玲 崔兆户 贾春花(164)
44. 高等级沥青混凝土路面施工阶段水害预防探讨 李 岩 赵 军 代明山(167)
45. 水泥稳定碎石基层施工质量控制 潘培亮 王均中 高 菲(170)
46. 影响水稳基层平整度的原因及处置对策 王均中 卜祥震 申 港(175)

软科学研究

47. 浅谈高速公路建设对环境的影响及保护措施 张春海 陈常科 程俊伟(181)
48. 城市道路交通管理规划方法与应用研究 李业刚 李国芬 安 平(185)
49. CBR 试验作用机理和影响因素研究 魏玉峰 胡长智 李 有(191)
50. 饱和粉土的孔压和液化特性研究 魏玉峰 赵 磊 郝建新(195)
51. 轨道交通系统对周围建筑物的振动影响 张淑娟 王鹏程 王均中(199)
52. 岩石破坏过程声发射现象物理元胞自动机模拟 郇启印 马志涛 董祥迎(204)
53. 基础工程技术的现状和发展 徐 辉 刘兆平 申 港(208)
54. 路堑边坡控制爆破浅析 郇启印 于祥坤 安艳彬(211)
55. 悬臂梁基础上隔振器参数的简便算法 安艳彬 张东晓 毛丽娜(214)
56. 浅谈公路桥梁健康状况评估方法 安艳彬 李尽华 吴 昊(225)

其 他

57. 浅谈如何做好公路工程施工监理工作 张春海 李荣光(233)
58. 工程监理中费用控制的几点建议 孙传胜 李 岩 许彦召(236)
59. 目标控制管理在驻地级工程监理中的应用 李 岩 赵 磊 袁 军(240)
60. 浅谈公路工程监理工作中存在的问题及原因分析 李荣光 李 岩(244)
61. 工程机械“液体”合理使用 张继峰 李 辉(247)
62. 沥青路面灌缝施工质量控制 李 辉 郑红青 孙明强(254)
63. 汽车轮胎合理使用研究 李 辉 张继峰(259)
64. 浅析公路施工机械设备折旧办法的改进 袁堂涛 周 华(266)
65. 提高统计信息质量 防止信息失真的对策 周 华 袁堂涛(269)

桥涵工程

1. 桥面铺装常见病害及预防对策

张春海 陈常科

(日照市公路管理局)

摘 要:本文分析了桥面铺装常见的病害类型,并从各个角度提出了一些防治病害的方法和措施,可供施工设计等人员参考。

关键词:桥面铺装 病害 防治办法

公路桥梁,特别是桥面在服役过程中,随着时间的推移,常会出现这样那样的问题。据调查,60%以上的桥面都不同程度地存在着病害,有的已经影响了正常使用。本文就桥面铺装常见病害及预防措施展开讨论。

1 桥面铺装的作用及形式

桥面铺装属桥面系,是桥梁的细部构造之一。其作用是防止车轮轮胎或履带直接磨耗行车道板;保护主梁免受雨水侵蚀;并能使车辆轮重的集中荷载起一定的分布作用。因此,桥面铺装质量的好坏直接影响桥梁的使用寿命。通常,桥面铺装要有一定的强度,防止开裂,并保证耐磨。桥面铺装的形式一般有三种,即水泥混凝土桥面铺装、沥青混凝土桥面铺装、防水混凝土桥面铺装。桥面铺装层在行车长期作用和大气影响下会起皮、破碎、脱落,形成凹凸不平的坑洼,必须及时修补,以保证桥面平整。

2 桥面铺装常见病害及预防对策

2.1 水泥混凝土桥面铺装

水泥混凝土桥面铺装在使用和养护过程中,常出现的病害情况有:纵、横、斜向裂缝,接缝破碎、纹裂、剥落、漏筋,桥头跳车等。

通过观察分析和试验研究,出现上述病害的原因主要有以下几个方面,一是水泥混凝土的整体强度达不到设计要求。例如,石料压碎值偏高、细集料中杂质含量过高、粗骨料粒径不合格等都是影响水泥混凝土成品强度的因素。二是桥面铺装与行车道板之间结合不好,未能形成很好的整体,中间有“空鼓”现象。三是铺装层厚度不够,由于桥梁下部构造或预制梁或板施工时标高控制不严,安装后导致梁或板顶标高偏高,且没能及时变更设计,为保证路线标高的连续性,必然减少了钢筋网上下保护层的厚度,使得混凝土握裹力大大降低而破损,出现开裂,严重时出现漏筋现象。四是人为因素,譬如采用了低标号水泥或过期水泥,钢筋质量低劣,混凝土尚未达到设计强度提前开放交通。

为预防或处治水泥混凝土桥面铺装的病害,经常采用以下方法:

(1)严格控制原材料质量,各类材料必须分批检验,各项指标均要求合格。混凝土拌制中



严格按试验配合比进行。

(2)梁或板预制时其顶面必须做拉毛处理,在绑扎钢筋网之前要清除梁或板顶面结合面上的浮浆。浇灌混凝土时要振捣充分、密实,以确保铺装层与行车道板结合成有机的整体。

(3)在进行桥梁上下部结构施工时要严格控制标高,确保铺装层厚度和铺装层钢筋网的准确就位。若前一工作标高有误,应积极配合设计部门进行设计变更,切勿一意孤行,造成质量隐患。

(4)水泥混凝土桥面铺装完成后要及时覆盖和保护,并须在混凝土强度达到设计强度后才能通车。若确需通车时,应在混凝土拌制时掺加早强剂。

2.2 沥青混凝土桥面铺装

沥青混凝土桥面铺装应满足与混凝土桥面的黏结、防止渗水、抗滑及有较高的抵抗振动变形的能力。沥青混凝土桥面铺装的病害主要有纵、横向裂缝,龟裂、松散、渗水、泛油、坑槽、开裂脱落,桥头跳车等,其中开裂脱落是其主要病害。

分析其原因,一是厚度严重不足,致使沥青混凝土抗振变形的能力减弱,造成面层开裂脱落。二是沥青混凝土桥面铺装漏水,在沥青混凝土与水泥混凝土中间形成水膜,在车辆荷载的反复作用下,两层分离,产生龟裂,造成脱落。三是粘层油未渗入到混凝土面层中,未起到黏结作用而脱落。四是压实度不够,表面松散而出现裂缝。

为预防或处治沥青混凝土桥面铺装的病害,应从以下几个环节严格控制:

(1)在设计或施工中,均要保证沥青混凝土铺装层的厚度满足使用要求。

(2)严格控制配合比,采用连续密级配;正确布设桥面泄水孔的位置和数量,其进水口应略低于桥面面层,数量不低于设计要求,防止沥青长期浸泡。

(3)对水泥混凝土桥面要进行清扫和冲洗,对尖锐突出物或凹坑打磨或修补,并做拉毛,保证桥面平整、粗糙、干燥和清洁。粘层油采用乳化沥青或改性沥青,洒布要均匀饱满,确保充分渗入以起到黏结作用。压实时采用胶轮压路机复压,轻型钢轮压路机终压,并严控密实度,加强检测。

2.3 防水混凝土桥面铺装

防水混凝土桥面铺装是防止面层渗入水进入桥面而破坏桥面板和腐蚀主梁钢筋,保证和延长桥梁的使用寿命。因此设计桥梁时应考虑确保水可以通过桥面横坡和纵坡以及其他排水设施将水迅速排除。同时防水层作为桥面的一个结构层,又必须满足层间抗剪的要求,选择桥面铺装防水层材料是关键。通常要满足以下要求,一是要有良好的不透水性能和良好的耐高温和低温性能;二是与混凝土桥面和沥青面层要有足够的黏结力;三是面层碾压后无破损现象;四是对桥面铺装状况有广泛的适应性;五是能抵御桥面裂缝的影响和不低于面层设计寿命的耐久性;六是施工简单、快捷。例如北京奥克兰 APP 改性沥青卷材就是一种很好的柔性防水材料。

掌握好了以上几点,桥面铺装层就不会出现大的问题。

参考文献

- [1] 公路工程质量检验评定标准 JTJ 071—1998. 北京:人民交通出版社,1998.
- [2] 李永珠. 桥梁工程. 北京:人民交通出版社,1998.

2. 预制梁板板顶裂缝成因分析及防治对策

张春海 宋良胜

(日照市公路管理局)

摘 要:总结了预制混凝土板裂缝发生的原因,针对原因制定相应的对策。

关键词:梁板 裂缝原因分析 对策

206 国道莒县黄花沟大桥上部构造为先张法预制 20m 板,工程在施工过程中发现在板顶出现了不同程度的裂缝,最严重的甚至板顶漏水,严重影响了工程质量。经过多方面的分析,采取了一些措施,最终有效的防止了裂缝的发生。

1 板顶裂缝形式及成因分析

1.1 裂缝形式

板顶裂缝主要表现在板顶及企口缝处,纵横向分布,其中多数为横向裂缝,裂缝宽在 0.2~3mm 之间,最长达 150mm 之多,每块板多达 3~4 道;企口缝处裂缝主要发生在板边缘,并向下延伸,长达 3~5cm,缝宽在 0.3~0.8cm 之间,每块板多达 7~8 道,两种裂缝在板中以后一种为主,有时会出现,同时并存,严重影响了工程质量。

1.2 裂缝成因分析

(1) 施工工艺引起裂缝

通过多次观察,混凝土板在浇筑完尚未采取养护措施前(即混凝土初凝前大约 45min)新拌混凝土处于泌分过程中,处于软塑状态,由于抹面不及时、等料或混凝土欠振等原因,使混凝土表面产生塑性收缩开裂。

(2) 塑性收缩裂缝

当混凝土尚在柔软塑性状态时,混凝土表面失水蒸发干燥,同时蒸发降温,这时水泥水化所发生的干燥收缩,温度收缩和化学减缩共同互相作用,表面蒸发失水后发生干缩,同时失水又带走热量,使表面降温,发生温缩。水泥在遇水 1.5~2.0h 内,处于快速放热水化期,在 2h 左右发生泌水现象,也就是化学减缩,泌水并不引起开裂,对抵抗塑性收缩裂缝有利。

发生干缩与湿缩的一个主要原因是过大的蒸发率。混凝土中水分的蒸发率大小与外界的风速、相对温度、气温、日照和养生措施采用的早晚有关,混凝土的组成和配合比、构件的养护条件、使用环境的温度与湿度以及构件的体积与表面积之比都会影响混凝土的收缩变形。水泥的用量越少,水灰比越大,收缩就越大,骨料的级配好、密度大弹性模量高,收缩就较小,高温湿养护减少混凝土中的自由水,可使收缩减少,构件的体表比决定着混凝土中水分蒸发的速度,体表比小的构件,收缩量较大。

另外,混凝土的收缩也随着时间的延长变形会增大。结硬初期收缩变形发展很快,前两周

可完全收缩约 $1/4$ ，一个月约可完成 $1/2$ ，三个月后增长减慢，一般两年后趋于稳定，混凝土的收缩变形与时间的关系如图 1 所示：

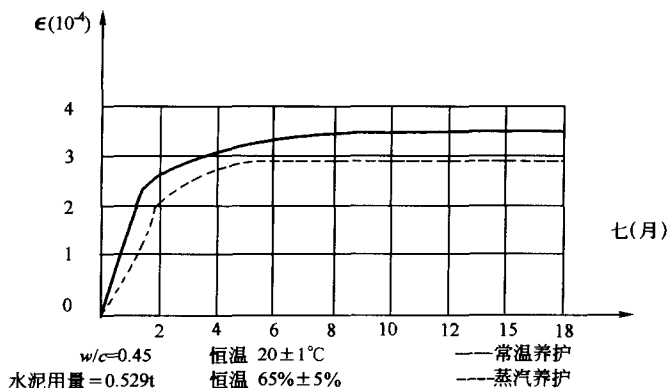


图 1

2 裂缝的预防

防止混凝土裂缝的措施应主要从材料、施工和环境三个方面着手，主要控制减少混凝土表面蒸发率及增大材料的抗裂能力。

(1) 选择合理的水灰比，可防止塑性收缩裂缝。合理选择水泥品种，选择细度较大的水泥。尽量减少粗集料含泥量，当混凝土含泥量增加时，初裂蒸发率将大大增加，蒸发速率越快，塑性收缩裂缝形成得也越快。

(2) 在夏季高温施工时避开气温和蒸发率最高的 11~15 时这个时间区段。

(3) 采用覆盖养生，可以减少新拌混凝土的蒸发率，从而减少塑性收缩裂缝。由于相对温度和蒸发率成反比的关系，相对温度增大有利于混凝土抗塑性收缩开裂。风速对混凝土塑性收缩裂缝有较大的影响，在大风条件下，即使是其他条件有利，塑性收缩开裂的几率也是很大的，风速越大越不利，应当避开大风天气施工，以防止塑性收缩开裂。

3 处理方法

根据混凝土塑性收缩裂缝的程度不同，可采用不同的处理方法。

(1) 轻微塑性裂缝。这种裂缝主要特征是单条或多条开裂，成片分散在板顶面，无规律，裂缝宽度大约在 0.5mm，长度在 0.1~0.3m，深度一般在 1~2cm。这种裂缝危害较小，可不作处理或采用环氧树脂处理。

(2) 中度塑性收缩裂缝。宽度一般在 1mm，深度 3~5cm，这种裂缝危害比微型裂缝大，必须进行处理。处理方法有各种黏结剂灌缝，灌缝要求灌满。

(3) 严重收缩裂缝。一般宽度 2mm，深度 5~10cm。长度 0.5~2m，方向大多是横向的。造成这种裂缝有施工原因，主要控制预制板板顶厚度，防止气囊上浮。另外，新拌混凝土稠度大，表面处理抗毛时，形成了砂浆槽，顺槽方向产生有规律的塑性收缩裂缝。主要是由于施工操作不当和不利的天气蒸发条件引起的，这种裂缝危害很大。出现这样严重的塑性收缩裂缝



处理时,先沿裂缝两侧开凿 5cm 宽的槽,深度不低于裂缝深度的 $2/3$,用环氧树脂混凝土重新浇筑填满防止渗水,另外在进行桥面铺装时,将该部位钢筋密度略加大。

4 结语

预制梁板板顶裂缝是目前工程施工中的一项普遍顽症,其产生的主要原因很多,要想通过仔细的计算分析进行处理,目前还没有成功的例子,只有加强工程施工控制,采取必要的措施可以有效避免。

参考文献

王铁梦. 工程裂缝控制. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.

3. 预应力混凝土留孔用塑料波纹管应用中的问题和建议

李业刚 安 平 张 伟

(日照市公路管理局)

摘 要:本文通过对南京长江二桥、三桥的工程实践,阐述了推广预应力孔道真空辅助压浆工艺技术与塑料波纹管的关系,以及对塑料波纹管的技术要求及对塑料波纹管认识上的误区,同时提出了制定塑料波纹管产品标准几个关键技术指标的建议。

关键词:塑料波纹管 金属波纹管 环刚度 径向刚度 真空辅助压浆工艺

1 推广塑料波纹管的意义

1986 年瑞士 VSL 预应力公司在欧洲预应力会议(英国)上首次提出了后张预应力孔道真空辅助压浆工艺新技术和留孔塑料波纹管,其目的是提高孔道压浆质量。应用塑料波纹管的目的是为了实施真空辅助压浆配套的新技术,提高抽真空时孔道的密封性,不漏气。当时一些专家存在不少疑惑,关键是压浆效果如何?当然从应用原理和理论上,绝对是科学的想法。后来通过大量的工程实践证明:压浆饱满度、密实度绝对优于普通压浆工艺,所以从 20 世纪 90 年代在欧洲得到普遍推广应用。我国是 1999 年在南京长江二桥索塔环向预应力施工中首次引进瑞士 VSL 公司的真空辅助压浆技术(包括留孔塑料波纹管和工艺设备)。为了消化这一技术,在现场进行了 1:1 索塔节段模型的操作工艺试验,其中,对塑料波纹管的力学性能、张拉摩阻系数等与钢管和金属波纹管均作了对比试验,塑料波纹管密封性能好,孔道摩阻系数比塑料波纹管小,这是优点,但塑料波纹管价格昂贵;塑料波纹管与混凝土的黏结力即共同工作不如金属波纹管,而且受温度影响大,这是缺点。

2 当前对塑料波纹管应用和认识上存在的几个误区

从南京长江二桥成功应用真空辅助压浆工艺技术后,国内许多设计单位和工程建设单位为了追求技术创新,竭力推广应用这一技术。许多生产厂家也闻风而动纷纷上生产线,生产塑料波纹管。由于国内没有统一技术标准,不少厂家东抄西抄,东拼西凑搞个企业标准而盲目投产,所以市场上很快出现了各种各样的塑料波纹管。不管能否使用,只要有工程需要,马上参加投标。2003 年南京长江三桥有三个标段 50m 跨箱梁,设计要求采用真空压浆工艺和塑料波纹管,通过招投标,三各标段同时分别有三个厂家中标,三个厂家的塑料波纹管处按设计要求的内径尺寸相同外,其波纹形状、波高、壁厚均不相同,三家的企业标准所规定的技术指标也不相同,如何判定能否用?在检测方法和评定标准上存在较大的争议。

为此,笔者查询国际标准(ISO)欧洲标准,瑞士 VSL 标准,国内几个生产厂家的企业标准,国内塑料排水管和护套管的国家标准,并了解了设计单位对工程的要求,发现国内对真空辅助压浆工艺和塑料波纹管的应用在认识上存在一些误区:



3. 预应力混凝土留孔用塑料波纹管应用中的问题和建议

(1) 推广应用真空辅助压浆工艺与采用塑料波纹管成孔的关系, 主要技术问题是孔道压浆要抽真空, 其真空度为 $-0.08 \sim -0.1 \text{ MPa}$, 要求孔道密封性能好, 不漏气, 采用塑料波纹管容易做到, 但成本高, 比金属波纹管要高 $1 \sim 2$ 倍, 如果质量做得好的金属波纹管, 只要不漏浆, 一旦硬化成孔后, 也能做到密封性能好, 不漏气, 应用真空辅助压浆工艺也没问题, 而且成本低, 并非一定采用塑料波纹管。

(2) 应用塑料波纹管的技术指标和金属波纹管要求是否一样。塑料波纹管和金属波纹管都是后张预应力混凝土结构留孔用的, 用途相同, 只是加工制作的材料不同, 其技术指标应该相同, 至少不低于金属波纹管, 不能因塑料波纹管成本高而降低要求。

(3) 对预应力塑料波纹管的技术要求与埋地塑料排水管, 不能混为一谈。由于用途不一样, 作用功能和受力环境不相同, 所以制定企业标准或行业标准应参照用途相同的金属波纹管标准为基础, 不能照套排水管标准。

预应力塑料波纹管的用途是埋在结构混凝土留孔用的, 起个模板作用。主要要求塑料波纹管在施工安装和浇筑混凝土等作业过程中的线刚度, 满足不变形, 安全成孔, 一旦混凝土硬化产生强度后, 塑料波纹管的使命就完成了。而排水管是埋在土中, 长期承受土的压力, 而且土是弹性的, 土压力是变化的, 所以对排水管的机械力学性能指标是长期使用要求, 与埋在混凝土中成孔用, 受力环境不同。对排水管的要求是环刚度, 排水管环刚度有 $S_1 \geq 4$ 、 $S_2 \geq 8$ 、 $S_3 \geq 16$ 三种, 是根据孔径的大小、埋地深度等条件选择环刚度的大小。这就是预应力塑料波纹管与埋地排水管的主要区别, 国内生产的塑料波纹管套用排水管标准, 选择环刚度 $S_1 \geq 4$, 缺乏依据。厂家主要考虑降低成本, 但不能牺牲质量保成本。

(4) 对真空辅助压浆工艺缺乏充分的认识: 真空辅助压浆工艺对超长孔道、曲线孔道, 尤其是大曲率孔道(U形孔道)以及扁孔道等特别有利。由于成本高对一般结构, 小跨度($\leq 20 \text{ m}$)结构不经济。真空辅助压浆工艺只是一种施工手段, 其压浆关键技术是浆体材料的配置技术。使用性能好的外加剂, 降低水灰比(0.35 以下)选择转速 $\geq 1000 \text{ r/min}$ 的搅拌机, 浆体流动度达到 12 s , 即普通压浆工艺也能灌好。

3 对制定塑料波纹管产品标准需要商榷的问题和建议

(1) 材料选择要求

根据国外的标准, 通常采用高密度聚乙烯塑料(PE)和聚丙烯塑料(PP)两种材料制作。国内基本上采用高密度聚乙烯塑料。两种材料差别在于, 聚丙烯塑料(PP)材料的强度、弹性模量、耐高温性能(220°C)比聚乙烯塑料(PE)要高, 价格略贵一些。长江二桥进口的内径 $\phi 100$ 的塑料波纹管就是聚丙烯塑料(PP), 价格每米 60 元, 相当于金属波纹管的 10 倍。机械力学性能检测结果与相同规格的金属波纹管差不多, 根据近几年国内生产的密度聚乙烯塑料管, 由于壁厚偏薄, 而且不均匀, 波形结构各不相同, 很不规范, 所以机械力学性能差别较大。所以建议内径 $\phi 95$ 以下的采用高密度聚乙烯材料(PE), 内径 $\phi 100$ 以上的采用聚丙烯塑料(PP)。另外添加剂要慎重, 有的厂家掺加碳酸钙(石灰), 发现加多了塑料波纹管发脆, 稍加压力就开裂。

(2) 对塑料波纹管的波纹形状、波高、壁厚应提出规范要求

塑料波纹管的波纹形状、波高、壁厚等直接影响波纹管的机械力学性能, 如检测表(表 1)中结果反映差别较大。



检测表

表 1

内径 (mm)	波形形状结构	波高 (mm)	壁厚与偏差	环刚度测试结果
100	间隔圆形波纹,间隔大	6	$2.5 \pm 1\text{mm}$	$S \geq 4$
100	间隔圆形波纹,间隔大	6	$2.5 \pm 1\text{mm}$	$S \geq 6.3$
100	连续圆形波纹	8	$2.5 \pm 0.5\text{mm}$	$S \geq 10$

瑞士 VSL 公司推荐了三种波纹形状,如图 1~图 3 所示,可以根据不同内径尺寸,合理选用,并根据检测数据确定最佳波纹形状,波纹形状对波纹管的刚度影响很大。

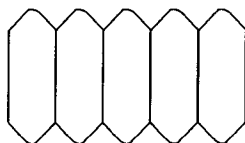


图 1 连续圆形波纹

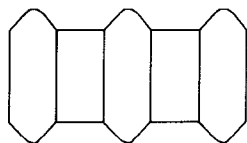


图 2 间隔圆形波纹

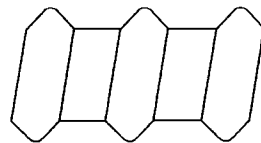


图 3 螺旋波纹

对于波高尺寸,根据不同内径确定, $\phi 76$ 以下的不小于 5mm; $\geq \phi 85$ 不小于 6~8mm;合理选用,能提高波纹管的刚度。

对于壁厚,按内径尺寸大小确定, $\phi 76$ 以下的不小于 2.5mm; $\geq \phi 85$ 不小于 3mm; $\geq \phi 130$ 不小于 3.5mm。注意壁厚要均匀,不允许有负公差,国产波纹管壁厚普遍偏薄,主要是厂家从成本考虑,壁厚极不均匀,正负公差大于 1mm,这是国产塑料波纹管的最大缺陷。

(3)对塑料波纹管的机械力学性能应选择什么指标为合理

选择环刚度还是径向刚度并不重要,目的是为了满足不同使用要求。前面已讨论过,两者有一些区别,环刚度指标针对埋地排水管的,经过多年应用比较成熟,已有国家标准,2003 年又新修订出台了新的国家标准(GB/T 9647—2003),要求更高,提出环刚度指标是个长期使用要求。而径向刚度是针对预应力金属波纹管的,这个指标是从国外引进过来的,也是成熟的技术指标。径向刚度着重考虑波纹管在施工安装和浇筑混凝土等作业过程中,限制最大变形能安全成孔。混凝土硬化产生强度后,这个刚度就不重要了。对波纹管来讲,径向刚度是个短期使用要求。柳州 OVM 公司企业标准 Q/OVM 019—2003 所规定的径向刚度指标和检测方法是可以借鉴的,即波纹管在集中荷载(施工时一个人的重量 800N[80kg])和均布荷载(混凝土浇筑时流体状态下的重量 $[F=0.31d^2]$)作用下的变形应小于原内径的 15%,或放宽到 20%也可以。

如果采用环刚度指标,建议采用 $S_2 \geq 6 \sim 8\text{mm}$ 。

(4)使用环境温度

建议增加烘箱温度试验,检测 60~70℃ 中塑料波纹管的变形状态。南方夏季气温很高,室外施工现场在阳光照射下,中午 12:00~15:00 温度可达到 60~70℃,在这样的环境下施工安装,必须考虑温度的影响。试验证明聚乙烯塑料(PE)的耐高温性能比聚丙烯塑料(PP)差得多。聚乙烯塑料(PE)70℃ 就不行了,聚丙烯塑料(PP)达到 150℃ 不变形。