



以专家的高度，
给您面对面的指导和帮助

专家课堂

——卓越公路工程师系列丛书

高速公路混凝土 工程质量通病防治技术

李建军 熊保林 张勇 杨广庆 柴飞 编著

GaoSu GongLu HunNingTu GongCheng Zhiliang TongBing FangZhi JiShu



人民交通出版社

China Communications Press



公路工程施工技术

公路工程施工技术

高速公路混凝土

工程设计与施工技术

主编：王小明 副主编：张小明 编著：李小明



人民邮电出版社
China Communications Press

专家课堂

——卓越公路工程师系列丛书

高速公路混凝土 工程质量通病防治技术

李建军 熊保林 张勇 杨广庆 柴飞 编著



人民交通出版社

China Communications Press

内 容 提 要

本书结合作者多年实践经验,系统总结了高速公路混凝土质量通病防治的技术措施。内容包括:常见混凝土质量通病以及危害;高速公路混凝土工程原材料的要求和指标;高速公路混凝土生产过程中需要注意的事项;高速公路混凝土工程施工过程质量控制技术;高速公路混凝土重点工程施工精细化管理措施;高速公路混凝土工程施工质量验收技术;常见的高速公路混凝土质量无损检测技术;高速公路混凝土工程外观质量通病防治措施;高速公路混凝土工程常见的实体质量通病应对措施;高速公路混凝土工程质量管理通病及应对措施;高速公路混凝土裂缝的控制要求;高性能混凝土以及在修补高速公路混凝土缺陷中的应用;高流动混凝土及其在高速公路工程中的应用情况。

本书内容翔实,可操作性强,可供高速公路施工人员参考,也可供相关专业高校师生使用。

图书在版编目(CIP)数据

高速公路混凝土工程质量通病防治技术 / 李建军等

编著. —北京:人民交通出版社,2012.9

ISBN 978-7-114-10083-3

I. ①高… II. ①李… III. ①高速公路—水泥混凝土路面—工程质量—质量管理 IV. ①U415.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 217040 号

专家课堂——卓越公路工程师系列丛书

书 名: 高速公路混凝土工程质量通病防治技术

著 作 者: 李建军 熊保林 张 勇 杨广庆 柴 飞

责任编辑: 王 霞(wxccpress@126.com)

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)59757969、59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京交通印务实业公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 23.75

字 数: 550 千

版 次: 2012 年 9 月 第 1 版

印 次: 2012 年 9 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-10083-3

定 价: 59.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

混凝土是高速公路使用最广泛、最重要的材料之一,由于设计、施工质量控制不严、自然灾害或结构老化等原因,在使用过程中不可避免地会出现一些病害,如裂缝、孔洞、磨损、脱皮、钢筋锈蚀及风化等。这些病害由于其多发性和普遍性,严重影响结构物的耐久性,会造成结构物永久性缺陷或损坏,我们称其为质量通病。混凝土的质量通病通常具有不可逆转性,会对混凝土的承载力和使用寿命造成很大的影响,使得其寿命大大缩短。因此,研究混凝土质量通病防治技术,具有很好的现实意义和实用价值。

为了进一步控制提高高速公路混凝土质量,减少通病的发生,本书作者依托大广高速公路深圳至大名(冀豫界)段工程建设,紧密结合工程实际,在认真总结和借鉴国内外公路工程混凝土先进、成熟技术和管理经验的基础上,调研、总结、提炼了衡大高速公路项目多个标段混凝土工程施工经验和成果,对高速公路混凝土质量通病防治技术进行了系统性和总结。

本书第1章阐述了常见的混凝土质量通病以及危害;第2章针对高速公路混凝土工程原材料的要求和指标作了详细说明;第3章对高速公路混凝土生产过程中需要注意的事项进行了说明;第4章主要介绍了高速公路混凝土工程施工过程质量控制技术;第5章介绍了高速公路混凝土工程施工精细化管理技术;第6章介绍了高速公路混凝土工程施工质量验收技术;第7章主要介绍了针对高速公路混凝土质量通病的几种常见的无损检测技术;第8章对高速公路混凝土工程外观质量通病提出了一些防治措施;第9章介绍了高速公路混凝土工程常见的实体质量通病,并提出了应对措施;第10章对易出现的高速公路混凝土工程质量管理通病提出了应对措施;第11章对高速公路混凝土最易出现的质量通病——裂缝的控制要求进行了详细说明;第12章介绍了高性能混凝土及其在修补高速公路混凝土缺陷中的应用;第13章介绍了高流动混凝土及其在高速公路工程中的应用情况。

本书由李建军、熊保林、张勇、杨广庆、柴飞编著。主要编写人员:李建军(第1、13章)、熊保林(第2、3章)、张勇(第5、6章)、杨广庆(第7、12章)、柴飞(第4、11章)、颜春水(第8章)、翟亚峰(第9章)、丛延科(第10章)。另外,罗立红、王伟也参加了部分内容的编写,并参加了一些试验研究工作。刘冀华、高子超、侯双锁、马云、马中华、李春泽、王玉晶等给予了大力的支持与帮助,并提供了一些素材,在此表示衷心的感谢!全书由河北省高速公路衡大管理处李建军负责统稿。

本书在编写过程中,参考了有关标准、规范、教材和论著,在此谨向有关编著者表示衷心的感谢!由于作者水平有限,书中遗漏、不足之处在所难免,真诚地欢迎各位专家和广大读者提出宝贵的意见和建议,以便再版时得到改进和完善。

编者

2012年6月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 高速公路混凝土常见质量通病	1
1.2 高速公路混凝土质量通病的危害	2
1.3 本书研究的目的和内容	4
第 2 章 高速公路混凝土工程原材料控制技术	7
2.1 水泥	7
2.2 集料	11
2.3 水	16
2.4 外加剂	18
2.5 矿物掺和料	32
第 3 章 高速公路混凝土生产控制技术	38
3.1 混凝土配合比的设计、确定与控制	38
3.2 混凝土拌和	40
3.3 混凝土运输	44
3.4 混凝土浇筑与捣实	45
3.5 泵送混凝土控制技术	49
第 4 章 高速公路混凝土工程施工过程质量控制技术	56
4.1 模板及支(拱)架的安装及拆除技术	56
4.2 钢筋加工、连接及安装控制技术	63
4.3 梁体混凝土工程施工过程质量控制	78
4.4 预应力混凝土工程施工控制	99
4.5 桩基混凝土工程施工过程质量控制	116
4.6 承台混凝土工程施工过程质量控制	136
4.7 墩柱混凝土工程施工过程质量控制	141
第 5 章 高速公路混凝土工程施工精细化管理技术	147
5.1 精细化管理	147
5.2 桥梁工程泵送混凝土精细化施工	150
5.3 预制空心板精细化施工控制	152
5.4 T 梁预制精细化施工——以漳河特大桥 T 梁施工为例	159

5.5	涵洞混凝土工程精细化施工控制	170
第6章	高速公路混凝土工程施工质量验收技术	177
6.1	模板及支(拱)架工程	177
6.2	钢筋工程	179
6.3	混凝土工程	183
6.4	预应力工程	188
第7章	高速公路混凝土质量无损检测技术	194
7.1	混凝土试件强度试验	194
7.2	回弹法	200
7.3	超声波检测技术	205
7.4	探地雷达检测技术	217
7.5	冲击回波检测技术	220
7.6	激光电子剪切散斑干涉技术	224
第8章	高速公路混凝土工程外观质量通病及防治措施	227
8.1	混凝土工程外观质量通病类型、原因分析及预防措施	228
8.2	控制混凝土外观质量的技术措施	240
8.3	控制混凝土外观质量的效果分析——以混凝土连续箱梁为例	246
第9章	高速公路混凝土工程实体质量通病及防治措施	252
9.1	模板及支架工程	252
9.2	钢筋工程	257
9.3	钻孔灌注桩基础工程	262
9.4	梁、板制作与安装	270
9.5	预制梁安装、移运及堆放	274
9.6	预应力混凝土T梁工程	278
9.7	预应力混凝土箱梁工程	280
9.8	桥梁总体	283
9.9	混凝土桥面铺装工程	286
9.10	防撞护栏	292
第10章	高速公路混凝土工程质量管理通病及防治措施	294
10.1	混凝土工程质量管理通病表现形式	294
10.2	混凝土工程质量管理通病防治措施	295
10.3	人工挖孔混凝土灌注桩施工管理	308
第11章	高速公路混凝土工程裂缝控制技术	312
11.1	混凝土的收缩与徐变	312
11.2	混凝土常见裂缝分析	314
11.3	荷载裂缝控制技术研究	320

11.4	混凝土的收缩裂缝控制技术研究	324
11.5	温度变形裂缝控制技术研究	329
11.6	大体积混凝土裂缝控制技术研究	332
11.7	地基沉降和支架变形引起的裂缝控制技术研究	337
11.8	混凝土箱梁的裂缝	339
第 12 章	高性能混凝土及其在修补混凝土缺陷中的应用	343
12.1	高性能混凝土原材料	343
12.2	高性能混凝土配合比设计原则	347
12.3	高性能混凝土配合比设计	349
12.4	高性能混凝土制备与施工	350
12.5	高性能混凝土在混凝土缺陷修补中的应用	353
第 13 章	高流动混凝土在高速公路工程中的应用	357
13.1	原材料性能	357
13.2	高流动混凝土配合比设计	360
13.3	高流动混凝土施工控制	363
13.4	高流动混凝土在渗井施工中的应用	363
13.5	高流动混凝土在预制空心板中的应用	366
13.6	高流动混凝土在跨线桥采光井施工中的应用	367
参考文献		369

第1章 绪 论

1.1 高速公路混凝土常见质量通病

混凝土作为高速公路广泛使用的材料,其施工质量受到严格控制。然而在混凝土工程施工过程中,往往由于设计考虑不周、施工不当、养护管理不善以及混凝土本身老化等方面的因素,致使混凝土出现不同程度的病害,从而对混凝土质量产生不同程度的影响,对混凝土工程的耐久性构成威胁。由于高速公路是一个系统工程,混凝土质量产生的病害,必然会影响到工程的质量,因此须谨慎对待,及时采取预防措施。

根据结构类型、构造形式、使用条件、通病发生部位和形式的不同,可将混凝土结构通病归类为:蜂窝麻面、气孔、空洞、裂缝、冷缝、露筋、变形等,其中蜂窝麻面、气孔、变形影响结构的外观质量,而空洞、裂缝、冷缝、露筋不但影响混凝土外观质量,而且影响混凝土强度、降低结构性能。

蜂窝是指混凝土构件中,只有石子聚集而无砂浆的局部地方,即粗集料颗粒之间砂浆没有填满而存在空隙;麻面是指混凝土表面不光滑,局部缺浆粗糙,砂粒外露,呈现出许多微小凹坑的现象。

气孔是指在表层混凝土中,由于振捣时间短,混凝土内气体不能充分排出,混凝土拆模后在表面存在一些气泡孔,这些气孔的存在将影响混凝土结构的美观。混凝土表面的气孔主要是模板表面携带的水、气泡引起的,如果模板表面有一定吸附性或透气性(如采用木制模板),气孔可以减少;若采用抗渗透性强的钢模板,则气孔一般都是因为振捣不充分所致,但有时即使振捣充分,也还会有气孔,特别是在混凝土的上层表面或模板向内倾斜时,气孔很难避免。另外,所使用的脱模剂和混凝土配合比对产生气孔也有很大的影响,一般情况下,黏性大的混凝土比黏性小的更容易产生气孔。

空洞的尺寸通常比较大,并且里面没有混凝土,是可以望穿混凝土结构的洞。空洞产生的主要原因:一是混凝土坍落度过小,混凝土不具备一定的流动性或者集料级配不合理,存在超径集料,浇筑时被稠密的钢筋卡住;二是熟料长距离运输,或入仓口与仓面高差太大又没有设置缓降措施,而造成集料离析;三是浇筑时漏振,又继续浇筑上层混凝土。

裂缝是混凝土结构最常见的质量通病,裂缝出现的主要原因是混凝土受到的拉应力超过其所能承受的最大极限。混凝土在施工过程中由于温度、湿度变化,地基不均匀沉降,拆模过早,早期受振动等因素影响都有可能引起裂缝产生。最常见的裂缝是温度裂缝。在混凝土中水泥水化作用的速度与环境的温度成正比,当温度超过 30℃ 时,水泥的水化作用加剧,混凝土产生的水化热集中,内部温度急剧上升,等到混凝土冷却收缩时,混凝土将产生裂缝。另外,水泥用量过高,水化热过多也能产生混凝土温度裂缝。裂缝的产生影响混凝土强

度和外观质量,如不采取有效防范措施,势必影响结构的耐久性。

冷缝是指新老混凝土之间的结合缝未经处理或处理后结合面不良,造成明显分界,成为混凝土薄弱部位。常见的原因是施工能力差不能满足作业要求,使混凝土浇筑间隔时间过长,混凝土达到初凝时,不加处理直接浇筑上层混凝土,就造成冷缝。

露筋是混凝土中钢筋裸露的现象,通常发生在混凝土结构中产生空洞时。另外,由于钢筋绑扎或焊接的不牢固或者位置偏移,造成保护层不足,也可使钢筋裸露。当操作人员进行不规范振捣触动钢筋或模板时也可能造成钢筋裸露。

变形一般是由于模板刚度不够,或者是模板支护不良,支撑受力后位移,致使混凝土“胀模”,成形后改变尺寸而产生。另一种情况是模板本身形状尺寸不规则。还有一种情况就是由于操作人员技术不熟练、模板安装位置不准确,造成结构形状改变。

以上是混凝土结构中几种常见的外观质量通病,在混凝土施工过程中经常出现。引起混凝土结构外观质量通病的原因是多方面的,除了设计、施工(包括混凝土混合料配比、操作等)可能产生的通病外,还有使用不当以及养护维修不善等造成的通病。

1.2 高速公路混凝土质量通病的危害

1.2.1 混凝土裂缝的危害

混凝土是一种由砂石集料、水泥、水及其他外加材料混合而形成的非均质脆性材料。由于混凝土施工和本身变形、约束等一系列问题,硬化成型的混凝土中存在着众多的微孔隙、气穴和微裂缝,正是由于这些初始缺陷的存在才使混凝土呈现出一些非均质的特性。微裂缝通常是一种无害裂缝,对混凝土的承重、防渗及其他一些使用功能不产生危害。混凝土工程中裂缝问题是不可避免的,在一定的范围内也是可以接受的,只是要采取有效的措施将其危害程度控制在一定的范围之内。

但是,在混凝土受到荷载、温差等作用之后,微裂缝就会不断地扩展和连通,最终形成肉眼可见的宏观裂缝。贯穿裂缝和深层裂缝会破坏结构的整体性,改变混凝土的受力条件,从而有使局部甚至整体结构有发生破坏的可能,严重影响建筑物的质量和运行安全性。另外,由于裂缝的存在和发展,通常会使内部的钢筋等材料产生腐蚀,降低钢筋混凝土材料的承载能力、耐久性及抗渗能力,影响建筑物的外观、使用寿命,严重者将会威胁到人们的生命和财产安全。很多工程事故都是由于裂缝的不稳定发展所致。科学研究和大量的混凝土工程实践证明,在施工中应尽量采取有效措施控制裂缝的产生,使结构尽可能不出现裂缝或尽量减少裂缝的数量和宽度,尤其要尽量避免有害裂缝的出现,从而确保工程质量。

1.2.2 碱集料反应的危害

碱集料反应一般发生在工程建成后3~5年,有时长达十几年才导致工程破坏,严重降低工程的使用寿命。碱集料反应的特点为:

(1) 膨胀缓慢且不停顿进行,几乎看不到反应环,凝胶体渗出也很少。

(2) 碱集料反应膨胀可使结构混凝土工程发生开裂、整体变形、移位等病害。混凝土强度发生显著变化,抗拉强度降低30%~50%,对含筋量少的混凝土甚至可能导致结构失去抗拉能力而引起钢筋抗剪、黏结强度降低。

(3)碱集料反应一旦引起混凝土开裂和破坏,往往难以阻止其继续发展,且修补也很困难。

1.2.3 钢筋锈蚀的危害

在使用过程中,混凝土中的钢筋锈蚀问题不断出现。钢筋锈蚀后,混凝土结构性能劣化和破坏,主要有如下表现:①钢筋锈蚀,导致截面积减小,从而使钢筋的力学性能下降。大量的试验研究表明,对于截面积损失率达5%~10%的钢筋,其屈服强度和抗拉强度及延伸率均开始下降;对于截面积损失率大于10%,但小于60%的严重腐蚀,钢筋各项力学性能指标严重下降。如:钢筋截面积损失率达1.2%、2.4%和5%时,钢筋混凝土板的承载能力分别下降8%、17%和25%;钢筋截面积损失率达60%时,构件承载能力降低到与未配筋构件相近。②钢筋腐蚀导致钢筋与混凝土之间的结合强度下降,从而不能把钢筋所受的拉伸强度有效传递给混凝土。③钢筋锈蚀生成腐蚀产物,其体积是基体体积的2~4倍。腐蚀产物在混凝土和钢筋之间积聚,对混凝土的挤压力逐渐增大,混凝土保护层在这种挤压力的作用下拉应力逐渐加大,直到开裂、起鼓、剥落。混凝土保护层破坏后,钢筋与混凝土界面结合强度迅速下降,甚至完全丧失,不但影响结构物的正常使用,甚至使建筑物遭到完全破坏,造成重大的经济损失。

1.2.4 混凝土工程钢筋保护层厚度超标的危害

(1)保护层过薄的危害

钢筋保护层保证钢筋与混凝土之间能够共同工作,使构件形成一定的承载能力,并在其后几十年的混凝土碳化过程中,不致使主筋在所设定的年限内受其碳化影响,从而能有效地延缓保护层内主筋锈蚀进程。一些混凝土结构,由于钢筋保护层厚度太薄,加之混凝土密实性较差,在工程投入使用后短短十余年,便出现构件受力主筋处保护层纵向开裂、脱落,导致主筋外露及严重锈蚀的现象,大大缩短了构件的使用年限。

(2)保护层过厚的危害

①构件易横向开裂。工程实践证明,当混凝土构件纵向主筋保护层厚度大于40mm时,其表面极易出现垂直主筋方向的多处规则性横向裂缝,大大削弱了保护层的作用,影响主筋与混凝土之间的共同作用,加速了主筋的锈蚀,最终导致构件提前破坏。

②降低构件承载能力。根据《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)第7.2.1条中工程常用的单筋矩形截面受弯构件正截面受弯承载力计算公式 $M \leq \alpha_1 f_c b x (h_0 - x/2)$ 来分析得知:同样的配筋率,构件的承载能力与截面的有效高度 h_0 成线性比例。即 h_0 越大,承载能力值越高,反之越低。而构件截面的有效高度 h_0 又源于截面高度减去保护层厚度及主筋的半径。这样,在截面高度不变的情况下,保护层厚度每增大一个值, h_0 即减去相应值,也即构件承载能力降低相应比例。以一个100mm厚、配筋为 $\phi 8@160\text{mm}$ 的现浇板为例,如其保护层厚度从标准的15mm增大至25mm时,其承载能力将降低13%左右;而一个60mm厚、配筋也为 $\phi 8@160\text{mm}$ 的现浇板,如果保护层厚度从标准的15mm增大至25mm时,其承载能力将会降低26%左右。

1.2.5 钢筋混凝土结构中冷缝的危害

从冷缝的定义可以知道,冷缝部位上层混凝土浇筑时先期浇筑的混凝土尚未终凝,在上

层混凝土浇筑振捣过程中可能因先期浇筑混凝土的固结力小于振捣影响力,而破坏了已初凝的混凝土内部的凝结和钢筋与混凝土的黏结,降低了冷缝部位混凝土的强度。先期浇筑的混凝土在振捣过程中会造成粗集料下沉、砂浆上浮,初凝后在冷缝部位造成局部无粗集料的砂浆层,这也可能会降低冷缝局部混凝土强度。因冷缝部位先期浇筑的混凝土基面并未处理,会大大降低上、下层混凝土的咬合力,且冷缝处先期浇筑的混凝土基面会有一层泛水灰浆层,如果泛水灰浆层稍厚,会使上、下层混凝土之间存在一个明显的滑动层,使上、下层混凝土脱离接触,降低冷缝部位混凝土的抗剪力,在混凝土结构中形成一个明显的抗裂、抗剪、抗渗的薄弱部位。同时因冷缝部位混凝土尚未终凝,更有可能因后期混凝土强度发展过程中的收缩徐变而导致宏观裂缝的出现,这种情况危害尤甚。

对于混凝土结构,由于通病受外界各种因素的影响,加上长年累月地发生变化,往往会有扩大的危险性。例如,由于混凝土表层损坏,会使保护层减薄或钢筋外露,导致钢筋锈蚀,严重时就会削弱结构的强度和刚度,使结构遭到破坏。有些表层损坏还会向构件内部发展,造成混凝土强度降低,危及结构的安全使用,从而严重影响混凝土质量,缩短混凝土结构的使用寿命,因此必须采取措施以减少通病的产生。对于混凝土结构的表层通病可以及时维修,以防表层损坏的进一步扩大,避免发生更严重的破坏。而结构内部通病的危害性会更大,如混凝土强度不足,钢筋配置不符合设计要求,内部产生空洞等,都会直接危及结构的安全使用,严重的会造成结构的直接破坏。因此,对于这类通病,必须采取可行的检测手段及时排查并加以修补,消除混凝土工程的安全隐患,只有采取有效防范措施才能保证混凝土结构的长期服役性和耐久性。

1.3 本书研究的目的和内容

随着改革开放的深入,国家与各地政府纷纷加大了对交通基础设施特别是公路建设的投资,并取得了令人瞩目的成就,近年来更是迎来了我国公路建设的高速发展时期,截至2010年底,我国高速公路由“十五”期末的4.1万km发展到7.4万km,五年新增3.3万km。按照我国《交通运输“十二五”发展规划》,“十二五”末我国高速公路通车总里程达到10.8万km。公路事业的发展,为振兴经济,提高全国各族人民的物质文化生活水平,起到了极大的推动作用。高速公路的建设和使用,为汽车快速、高效、安全、舒适地运行提供了良好的条件。

混凝土具有强度高、耐久性好、水稳性优良、养护费用低等优点,广泛用于高速公路、城市主干道、桥梁和立交桥等工程建设中。作为修建高速公路最广泛使用、最重要的材料——混凝土,由于设计缺陷、施工质量控制不严、自然灾害或结构老化等原因,在使用过程中不可避免地存在一些质量通病,如裂缝、孔洞、磨损和钢筋锈蚀引起混凝土内部开裂及风化等。混凝土质量通病是在高速公路道路工程、桥梁工程中经常发生的、普遍存在的一些工程质量问题。这些质量通病由于其多发性和普遍性,首先,对道路工程、桥梁工程质量危害很大;其次,多数会造成道路工程、桥梁工程永久性缺陷。问题一旦发生,很难轻易解决,而解决起来往往是劳民伤财,结果还留有隐患;再次,多数具有不可逆转性,即只要发生,便束手无策;最后,使混凝土的承载力和使用寿命大幅度下降,在长期运行过程中很容易造成重大事故,造成重大经济损失和不良的社会影响。例如:日本预计到2020年因结构损伤需要维修的桥梁将占到总数的1/2。不得不承认,

高速公路质量通病出现后再对混凝土进行修补是比较困难的,不仅花费了大量的人力物力,而且修补后混凝土使用性能的好坏以及新老混凝土的黏结性能和耐久性问题尚需进一步论证,同时公路的修补重建又耗资巨大,这与我国国情是极不适应的。我们要“防患于未然”,因而解决高速公路混凝土质量通病就成了一个迫在眉睫的任务,这也是目前国内外公路混凝土性能研究的一个重要方面。

混凝土质量通病是影响公路、水运工程质量的重要方面,已成为制约结构工程质量的突出问题。2009年4月13日,交通运输部发布《关于印发公路水运工程混凝土质量通病治理活动实施方案的通知》(交质监发[2009]174号),决定开展公路水运工程混凝土质量通病治理活动,以全面提高混凝土结构工程的耐久性和安全性。结合河北省公路水运建设中混凝土结构质量控制状况,河北省交通运输厅2009年6月26日印发了《河北省公路水运工程混凝土质量通病治理活动实施方案》(冀交基[2009]269号)。2009年8月5日河北省高速公路管理局(集团)下发了《公路工程混凝土通病治理活动实施方案》(冀高工[2009]711号)。大广高速公路深州至大名(冀豫界)段被河北省交通运输厅确定为河北省在建高速公路项目混凝土质量通病治理典型示范项目。

为进一步加强混凝土质量控制,提高结构工程安全性、耐久性和美观性,结合项目混凝土质量控制实际情况,河北省衡大高速公路管理处制订《大广高速公路深州至大名(冀豫界)段混凝土质量通病治理活动实施细则》(衡大字[2009]257号),提出如下治理目标。

通过混凝土质量通病治理活动,要树立百年大计,质量第一的理念,实施精细化管理,达到全面提高本项目混凝土结构物安全性、耐久性和美观性的目的。

(1)杜绝强度不达标混凝土,有效控制混凝土离散性。混凝土强度必须大于设计强度,且严格控制在设计强度的1.5倍以内。

(2)杜绝使用不合格原材料,钢筋、水泥抽检合格率达到100%。

(3)钻孔灌注桩钢筋笼偏位控制在误差范围之内,桩头凿除后达到桩顶断面混凝土完整、表面平整、中间微凸的标准。

(4)钢筋保护层厚度在钢筋安装过程中抽检合格率达95%以上,工后抽检合格率达85%以上。

(5)加强工艺控制,混凝土外观质量综合评分明显提高。

(6)采取措施解决内膜上浮、控制顶板厚度,保证梁板断面尺寸符合设计要求。

(7)加强预应力张拉、孔道压浆的质量管理。

(8)桥面混凝土施工严格控制平整度。

(9)采取措施防止混凝土出现收缩裂缝。

(10)按结构(部位)、工序总结,形成一系列较为先进、成熟的混凝土质量有效控制的工艺和工法。

本书主要从以下几个方面进行研究:

(1)高速公路混凝土工程原材料控制技术。

(2)高速公路混凝土生产控制技术。

(3)高速公路混凝土工程施工过程质量控制技术。

(4)高速公路混凝土工程施工精细化管理技术。

高速公路混凝土工程质量通病防治技术

- (5) 高速公路混凝土工程施工质量验收技术。
- (6) 高速公路混凝土质量无损检测技术。
- (7) 高速公路混凝土工程外观质量通病及防治措施。
- (8) 高速公路混凝土工程实体质量通病及防治措施。
- (9) 高速公路混凝土工程质量管理通病及防治措施。
- (10) 高速公路混凝土裂缝控制技术。
- (11) 高性能混凝土和高流动混凝土在高速公路工程中的应用。

第2章 高速公路混凝土工程 原材料控制技术

混凝土是由水、水泥、掺和料、外加剂、细集料、粗集料六大原料组成的。新拌混凝土的工作性能、硬化混凝土的强度、耐久性能很大程度上取决于原材料质量。同时因原材料质量变化,如粉煤灰细度、需水量比变化、外加剂减水率变化等,混凝土的配合比也要做相应调整,并没有通用的固定配合比。因此,对进厂(场)的原材料,必须按有关标准规定进行检验把关。

2.1 水泥

2.1.1 水泥品种选择

不同品种的水泥具有不同的性能特点,应用时应根据混凝土的质量要求、混凝土工程的特点与所处环境条件等,结合水泥的性能特点,正确选择适当品种与等级的水泥。

水泥品种的选择主要决定于工程使用性质、施工时气候条件、所处使用环境、成本等因素。不同品种水泥或同一种品种水泥由于其成分的差别其性能也不尽相同,甚至相差很大。水泥品种的误用会引起很多工程缺陷,例如抗冻性差、抗干缩能力差、易起粉、早期强度低、抗侵蚀能力差、抗干湿交替变化的能力低等。因此合理选择水泥品种对混凝土工程的质量控制至关重要。

水泥品质应符合表 2-1 的要求。

水泥的技术要求 表 2-1

序号	项 目		硅酸盐水泥		普通水泥	
			42.5 级	52.5 级	32.5 级	42.5 级
1	抗压强度 (MPa)	3d	≥17.0	≥23.0	≥11.0	≥16.0
		28d	≥42.5	≥52.5	≥32.5	≥42.5
2	抗折强度 (MPa)	3d	≥3.5	≥4.0	≥2.5	≥3.5
		28d	≥6.5	≥7.0	≥5.5	≥6.5
3	凝结时间 (min)	初凝	≥45		≥45	
		终凝	≤390		≤600	

续上表

序号	项 目	硅酸盐水泥		普通水泥	
		42.5 级	52.5 级	32.5 级	42.5 级
4	安定性	合格		合格	
5	比表面积(m^2/kg)	300 ~ 350		—	
6	80 μm 方孔筛筛余(%)	—		≤ 10.0	
7	不溶物含量(%)	≤ 0.75 I 型 ≤ 1.50 II 型		—	
8	烧失量(%)	≤ 3.0 I 型 ≤ 3.5 II 型		≤ 5.0	
9	熟料中的 C_3A 含量(%)	≤ 8 ≤ 10 (氯盐环境下)			
10	SO_3 含量(%)	≤ 3.5			
11	MgO 含量(%)	≤ 5.0			
12	游离 CaO 含量(%)	≤ 1.0			
13	Cl^- 含量(%)	≤ 0.1 (钢筋混凝土) ≤ 0.06 (预应力混凝土)			
14	碱含量(%)	≤ 0.8 ≤ 0.6 (预制梁)			

注:①当集料具有碱—硅酸反应活性时,水泥的碱含量不应超过 0.60% ;

②C40 及以上混凝土用水泥的碱含量不宜超过 0.60% 。

2.1.2 水泥检测工作

(1)对于进入施工现场的水泥,在出厂合格证齐全和化验单符合相应标准的情况下,应做好再次检验工作,要核验进场水泥质量是否与质保资料相符,包装标志是否齐全,水泥是否错进或混进,是否有受潮结块现象。

(2)在认真检查合格后,施工单位应按批抽样送检。检验项目全部合格后,方可准予拌制混凝土。

(3)做好水泥生产厂家的选择。应优先采购旋窑生产的合格水泥产品,如为立窑生产的水泥,应认真检验其组成及主要指标后才可使用。

(4)对进场水泥在检验生产厂家和保证资料时重点查看 MgO、SO₃ 含量及初凝时间,在安定性试验项目中,任一项不符合水泥质量规定的均为废品,禁止使用。水泥产品的安定性是一项重要的指标。为保证质量,施工所用的水泥必须经过该地区有资质的试验室复验合格后使用。

水泥的检验应符合表 2-2 的规定。

水泥的检验要求 表 2-2

序号	检 验 项 目	检 验 要 求					
		质量证明文件检验		抽样试验检验			
1	比表面积	√	每厂家、每品种、每批号检查 供应商提供的质量证明文件； 施工单位、监理单位均全部检查	√	有下列情况之一时，检验一次： ①有任何新选货源时； ②使用同厂家、同品种的水泥达3个月及出厂日期达3个月的水泥 施工单位试验检验，监理单位见证取样检测		同厂家、同批号、同品种、同强度等级、同出厂日期且连续进场的散装水泥每500t（袋装水泥每200t）为一批，不足上述数量时也按一批计； 施工单位每批抽样试验一次，监理单位按施工单位抽检次数的10%分别进行平行检验和见证检验，但至少一次
2	烧失量	√		√			
3	游离 MgO 含量	√		√			
4	MgO 含量	√		√			
5	SO ₃ 含量	√		√			
6	Cl ⁻ 含量	√		√			
7	细度	√				√	
8	凝结时间	√		√		√	
9	安定性	√		√		√	
10	强度	√		√		√	
11	碱含量	√		√			
12	不溶物含量	√		√			
13	助磨剂名称及掺量	√					
14	石膏名称及掺量	√					
15	混合材名称及掺量	√					
16	熟料 C ₃ A 含量	√					

2.1.3 水泥质量标准

公路工程中所使用水泥多为硅酸盐(系列)水泥,其主要组成材料的要求如下:

硅酸盐水泥熟料:以适当成分的生料烧至部分熔融,生成以硅酸钙为主要成分的产物。通常由硅酸三钙、硅酸二钙、铝酸三钙、铁相固融体4种主要矿物组成。

石膏:天然石膏必须符合国家标准的规定。工业副产石膏,即工业生产中以硫酸钙为主要成分的副产品,必须经过试验,证明对水泥性能无害时才能使用。

活性混合材:系指具有火山灰性或潜在水硬性的混合材料,如粒化高炉矿渣、火山灰质混合材料以及粉煤灰等。其品质要求必须符合相应国家标准的要求。

非活性混合材:系指活性指标不符合标准要求的火山灰性或潜在水硬性的混合材料、砂岩和石灰石。

硅酸盐水泥主要用于配制砂浆和混凝土。作为大量应用的工程材料,其最重要的性能指标是凝结时间、强度、安定性、水化热、粉磨程度、体积变化、与环境相互作用的耐久性等。用于高速公路混凝土工程的水泥质量标准见表 2-3。