

文章编号: 1002-0268 (2000) S1-0007-03

NJH 高效引气减水剂的研制和开发

阮炯正, 王 辉, 战高峰
(吉林建筑工程学院, 吉林 长春 130021)

摘要: 介绍一种适合道路混凝土工程和水利混凝土工程的高效引气型减水剂的研制开发过程。因其配方独特, 使之价格低廉且产品性能良好, 可大幅度提高水利混凝土工程和道路混凝土工程的综合耐久性能。

关键词: 高效引气型减水剂; 水利混凝土工程; 道路混凝土工程; 综合耐久性指标

中图分类号: TU528

文献标识码: A

Study and Development of NJH Highly Effective Air-inducing Water-reducing Agent

RUAN Jiong-zheng, WANG Hui, ZHAN Gao-feng

(Jilin Institute of Architecture and Civil Engineering, Jilin Changchun 130021, China)

Abstract: Research and development of highly effective air-inducing water-reducing agent is introduced suitable to road concrete and water conservancy concrete. Its unique prescription leads to low price and excellent properties, furthermore, it can greatly increase the durability of road concrete and water conservancy concrete projects.

Key words: Highly effective air-inducing water-reducing agent; Water conservancy concrete project; Road concrete project; Comprehensive durable index

0 前言

季冬区水泥混凝土路面在使用过程中由于所处的环境恶劣, 在荷载和冻融循环的综合作用下, 每年均有因冻融循环破坏的混凝土路面产生, 不仅要耗费许多资金和人力, 而且还要承受维修带来的不便, 影响了路面的使用品质和行车安全。所以如何提高道路混凝土的抗冻融性能就变得十分重要, 而提高混凝土抗冻融性能最有效的方法是降低混凝土的单位用水量和掺入适量的引气剂。据有关资料介绍, 北美、欧洲、日本等发达国家的混凝土大部分是引气的, 如 1998 年 4 月修订的日本工业标准《预拌混凝土》中第 4.1C 节规定, 用户购买的商品混凝土含气量应符合下列要求: 普通混凝土含气量 4.5%; 轻混凝土含气量 5%; 预制装配混凝土含气量 4.5%。在我国对于这样高的含气量仅规定在水工混凝土中应用。这种混凝土抗冻性指标能达到 300~500 次, 相当于耐久性指值在 0.6~1.0。日本规定如此高的含气量, 正是因为他们对耐久性和工作

性的高度重视, 宁可牺牲一些强度(含气量 4.5%, 估计损失抗压强度 15%左右)以获得高耐久性和高的工作性。混凝土中引气不但能获得很高的抗冻性, 而且在一定条件下提高混凝土的综合耐久性(抗渗性、抗干湿循环、抗裂性等)。发达国家强调耐久性, 混凝土工程按耐久性设计, 最后以强度和刚度校核。我国是以混凝土强度设计、验收, 没有耐久性的验收标准。

我省地处严寒地区, 许多如道路、桥梁、机场跑道等采用混凝土的绝大多数混凝土工程没有采用引气混凝土, 导致许多混凝土工程的耐久性能差, 很难达到设计使用年限而过早破坏。这不仅反映了我们设计部门未对耐久性给予充分的认识, 同时也因为我省目前缺乏性能优良而且价格合理的水泥混凝土道路专用的高效引气减水剂。就目前而言, 我省路用高效引气减水剂还是一个空白, 仅有一种水利工程专用的 SK 型引气减水剂, 它不适合于路面混凝土工程。主要不足是引气量偏低, 约在 3.1%~3.5%之间, 减水率大约在 10%~12%之间, 满足不了路面用混凝土的要求。

收稿日期: 2000-06-08

作者简介: 阮炯正 (1956-), 男, 吉林长春人, 吉林建筑工程学院副教授。

本课题研究的目的是开发一种适用于混凝土路面工程专用高效引气减水剂,依据道路混凝土的特点要求,经分析,路用混凝土引气减水剂应具备如下性能:

(1)引气量要适中,不可过大,过大容易较大幅度降低混凝土的抗折强度和降低混凝土的耐磨性。资料表明混凝土抗折强度与混凝土含气量在4%~4.5%处有峰值存在,即含有该含气量的混凝土不仅不降低混凝土的抗折强度,反而有利道路混凝土抗折强度较高的要求。

(2)减水率应尽可能高一些,以利于降低水灰比。水灰比是影响混凝土抗冻性的又一个重要因素,降低混凝土中的可冻水数量和混凝土含气量一定时降低气泡的孔径,可提高混凝土的抗渗性。采用的技术路线是掺入高效减水剂和掺入高活性矿物微粉。

(3)由于道路混凝土抗折强度要求较高,有资料介绍加入超细硅灰石,有利于提高混凝土的抗折强度。这可能是硅灰石的晶格常数与水化硅酸钙相近提供了诱导析晶的晶核,水化硅酸钙的微观尺寸可能增长,起到了纤维补强的作用。一般晶核剂的掺量不大于5%,同时它也可成为一种矿物减水剂。

(4)为方便施工,应具有一定的缓凝效果。这是因为道路混凝土施工时搅拌站与浇注现场有一段路程,一般要求凝结时间推迟1~3h,采用的技术手段可加入一定的缓凝组分。

(5)增加混凝土的抗渗性能,增加混凝土的密实度,采用的技术路线为加入高活性掺合料或者加入膨胀剂或者加入防水剂等。

1 引气剂的研制

早在1941年人们就已知道通过向混凝土中引入部分气体可以增加其抗冻融侵蚀能力,减少道路去冰盐的负效应。经后来研究知道还可以减缓由碱骨料反应所造成的危害。引气剂属于表面活性剂的一种,是可以显著降低系统界面张力的物质,可对混凝土产生引气、分散和增加流动性等作用,其基本性能与其组成和化学结构有关。引气剂是双亲分子组成,一般亲水的是极性基(如-OH, -COOH, -COO⁻, -SO₃⁻),憎水的是非极性基(如碳氢链或苯基),亲水的极性基力图进入溶液内部,而憎水的非极性基则倾向逃出水溶液而进入界面,能被大量吸附在固液界面的称为减水剂,能被大量吸附在气液界面处的称为引气剂。造成这种差异主要原因是表面活性剂基本性质和憎水基的含碳数目、亲水基的不同类型引起的。

我国北方寒冷地区的混凝土工程性能劣化的主要

原因是混凝土中饱和水结冰造成的冻融侵蚀,外观为浆体的破裂,呈放射状或地图状裂纹,这种情况甚至在高强度混凝土厚板中也时有发生。引气剂之所以能使混凝土的抗冻融侵蚀能力大幅度增加,是由于在混凝土中引入大量尺寸微小的而且分布均匀的气泡,它对水冻结产生的膨胀应力起到缓冲作用。优质引气剂引入的气泡应呈球形,且泡径在20~200 μ m以内,含气量应控制在3%~6%,具有这样气泡体系的混凝土抗冻融性能良好。

优良引气剂的质量由气泡的数量、气泡的尺寸和气泡的稳定性等因素所决定。首先选择了几种目前市场上可见的引气剂,并按引气剂掺量的不同配制成300ml溶液,置1000ml的量筒中,用手上下摇匀40次后记录时间并测定气泡高度,试验结果见表1。木钙、SK的气泡尺寸粗大,而且稳定性差,松香皂的气泡细小,但稳定性也较差。NJH引气剂之所以各项指标均较好,这是因为它是由多种引气剂、减水剂复合而成。

引气剂起泡性能比较试验 表1

| 引气剂 | 3min 泡沫高度 | 30min 泡沫高度 | 60min 泡沫高度 |
|-----|-----------|------------|------------|
| | mm | mm | mm |
| SK | 60 | 40 | 30 |
| 木钙 | 55 | 19 | 7 |
| 松香皂 | 105 | 61 | 39 |
| NJH | 230 | 210 | 200 |

注:各外加剂掺量参照其实际使用量加入,以减少浓度对气泡量和稳定性的影响。

2 引气剂与减水剂的复合试验

在工程实践中为满足各种工程实际的需要,经常要同时使用各种外加剂,如夏季要掺入缓凝剂,春秋要加入早强剂。引气剂的使用常常降低混凝土强度,为了确保强度不降低,需加入减水剂。这些外加剂的复合使用会相互产生影响,既可以产生正效应也可产生负效应。在它们之间存在一个匹配问题,通常认为分子量较小的引气性较好,分子量较大的减水性较好,所以匹配好的两种表面活性剂会取得优于单剂的效果,而匹配不好则会产生沉淀降低引气效果和减水效果,我们主要试验了复合高效减水剂后的情况,试验结果见表2。

复合引气减水剂起泡性能比较试验 表2

| 复合引气减水剂 | 3min 泡沫高度 | 30min 泡沫高度 | 60min 泡沫高度 |
|-----------|-----------|------------|------------|
| | mm | mm | mm |
| SK+高效减水剂 | 30 | 15 | 6 |
| 木钙+高效减水剂 | 23 | 11 | 4 |
| 松香皂+高效减水剂 | 55 | 31 | 21 |

从表 2 中可知加入高效减水剂后各引气剂均有不同程度降低气泡数量的倾向。

3 NJH 高效引气减水剂的试验研究

综合上述试验, 并按照道路混凝土试验规范测试高效引气减水剂的各项指标。

所用材料: 水泥为交通水泥厂普通硅酸盐水泥 425。碎石最大粒径 40mm, 级配合格。砂的细度模数 2.4, 级配合格, 含泥量 2%, 含石量 7%。NJH 高效引气减水剂自制, 无毒、无载体。

NJH 高效引气减水剂性能试验 表 3

| 试验项目 | 减水率 (%) | 引气量 (%) | 终凝结时间 (h) |
|------|---------|---------|-----------|
| 规范要求 | ≥10 | ≥3 | — |
| 实际测定 | 20 | 4.8 | 10~11 |

注: 高效引气减水剂掺量为 1%, 混凝土配合比为 1:1.91:2.81;

$W/C=0.42$, $C=370\text{kg/m}^3$, 采用普硅水泥 425 #。

混凝土各龄期强度对比试验 表 4

| 抗压强度比 | | | 抗折强度比 | | |
|-------|-----|------|-------|-----|------|
| 3天 | 7天 | 28天 | 3天 | 7天 | 28天 |
| 1.5 | 1.2 | 1.05 | — | 1.8 | 1.10 |

抗冻性试验结果 表 5

| 外加剂 | 掺量 (%) | 水灰比 | 含气量 (%) | 坍落度 (mm) | 冻融次数 |
|-----|--------|-----|---------|----------|------|
| 空白 | 0.0 | 0.5 | 1.2 | 30 | 50 |
| NJH | 1.0 | 0.5 | 5.0 | 60 | 250 |
| SK | 0.36 | 0.5 | 3.1 | 50 | 150 |

注: 砂率=0.34, 水泥采用普硅 425 #。

从表 3~5 可知, 该外加剂基本上达到了路用混凝土引气减水剂的各项指标, 特别是抗冻性大幅度提高, 抗折强度比均较抗压强度高, 可充分说明引气对混凝土抗折强度的提高是有利的。通过观察破坏后显微镜下试件断面, 感到目前这种引气减水剂的气泡分布和气泡直径还存在不够理想的地方。气泡的分布不够均匀, 还有待更进一步研究。

4 改善气泡体系, 增强混凝土抗冻融能力

1. 外加剂的影响 在我们的试验过程中, 为克服加入木钙而产生过度缓凝, 常常加入早强剂 Na_2SO_4 , 但经过摇泡试验, 发现形成气泡粗大, 而且存在的时间较短。加入早强剂 Na_2CO_3 , 则这种情况减小。

在混凝土中为增加混凝土强度或流动性, NJH 中复合了高效减水剂, 通过读数显微镜观察混凝土断面处的气泡直径和分布情况, 发现加入高效减水剂的大坍落度混凝土, 气泡尺寸增大。为保证一定的引气量, 必须增大引气剂掺量, 这可能是流态混凝土粘聚性低, 有利各气泡的相对运动。从表面物理化学基本

原理可知气泡的合并有利于气泡体系的能量降低, 这是一个自发过程, 同时气体逸出相对容易, 使气量损失加大, 气泡的分布不够均匀, 还有待更进一步研究。

2. 水泥的影响 水泥颗粒越细, 水泥的水化速度越快, 产生的水化产物会吸附一部分引气剂, 使气泡形成的数量降低, 但因为水泥浆稠度增大, 易形成较小的气泡。

3. 混合材的影响 为改善混凝土的性能常常在混凝土中加入部分混合材, 它们的引入也会通过吸附引气剂降低气泡含量, 如粉煤灰因其中有部分未燃尽的碳可大量吸附表面活性剂, 硅灰、火山灰、沸石粉等均有不同程度的吸附能力, 使引气剂的功能降低。为保证引气量, 需增大引气剂掺量, 但硅灰、超细矿粉、硅灰石粉的加入使气泡间隔处水泥石具有高的密实度和抗渗能力。提高了混凝土的抗冻融能力。

4. 施工条件的影响 夏季高温施工时的混凝土含气量通常较低, 这是由于水分子热运动加剧, 使引气剂双亲分子定向排列困难所致, 使用卧轴式强制搅拌机具有更好的引气效果, 适当延长搅拌时间有利于气泡的均匀和增加引气量。长时间的振捣和长距离运输途中的颠簸会造成混凝土含气量的降低但不会影响气泡的间隔系数, 即对抗冻融起决定性作用尺寸的气泡量不会减低。

5 结论

1. 经试验证明 NJH 高效引气减水剂是一种良好的混凝土路用外加剂。

2. 该外加剂的加入不仅不会降低混凝土的抗折强度, 反而会增加抗折强度, 如表 4 中可见 7 天的抗折强度比达 1.8, 远大于 7 天的抗压强度比 1.2。

3. 尽管该外加剂已达到路用混凝土外加剂的指标要求, 并且多数指标远超过混凝土外加剂标准, 但从微观结构看还有待于更进一步改善。

4. 本次试验中同时还做了掺硅灰石的试验, 试验结果表明可以较大幅度提高道路混凝土抗折强度, 但对水泥品种具有选择性, 有关内容待日后论文中另述。

参考文献:

- [1] 程传焯. 表面物理化学. 北京: 科技文献出版社, 1995
- [2] 朱蓓蓉. 混凝土中气泡体系形成及其稳定性的影响因素. 混凝土, 1999 (2).
- [3] 沙慧文. 开发新品种引气剂提高混凝土耐久性. 混凝土, 2000 (3).