

文章编号: 0451-0712(2006)04-0077-04

中图分类号: U214.18; TU528.042

文献标识码: A

公路工程水泥混凝土膨胀剂应用技术

李 红¹, 傅 智², 张子华²

(1. 北京建筑工程学院 北京市 100044; 2. 交通部公路科学研究院 北京市 100088)

摘 要: 主要介绍了 2006 年交通部新颁布的《公路工程水泥混凝土外加剂与掺合料应用技术指南》中膨胀剂的品种、适用范围、性能等及其在公路水泥混凝土路面工程中的应用技术。目的是用好膨胀剂, 并防止使用中出现不应有的质量问题。

关键词: 公路工程; 水泥混凝土; 膨胀剂; 应用技术

膨胀剂是一种在公路水泥混凝土结构工程中使用较多的一种无机矿物掺合料, 同时也是出现工程事故较多的掺合料。一般公路的预应力钢筋混凝土桥梁绝大多数是先简支后连续的多跨连续刚构, 此时一定会有桥梁后浇带及后张区, 为了防止后浇带水泥混凝土开裂, 确保后浇带的连续性和工程质量, 必须使用膨胀剂, 将后浇带混凝土做成膨胀混凝土。另外, 公路水泥混凝土工程中有相当多的薄壁结构, 为了控制这些薄壁结构不开裂或少开裂, 一种行之有效的办法是掺膨胀剂将薄壁结构用的混凝土制成补偿收缩混凝土。公路特大型桥梁的超大基础或斜拉桥、悬索桥大体积锚墩, 可以使用补偿收缩或微膨胀混凝土控制这些超大、超长混凝土结构不预留结构伸缩缝或达到抗裂目的。其次, 膨胀剂可以制成化学自应力的钢筋混凝土涵管。尽管在公路水泥混凝土工程中膨胀混凝土和补偿收缩混凝土有较多的使用, 但是, 一方面, 我们需要普及膨胀剂的利用技术知识; 另一方面, 需要解决好膨胀剂应用中出现的各种问题。

膨胀剂在水泥混凝土结构工程中有 3 大用途: (1) 补偿收缩的抗裂混凝土; (2) 后浇带等处使用的膨胀混凝土; (3) 钢筋混凝土构件使用的自应力混凝土。当然它们也可以对应三类膨胀砂浆。补偿收缩、膨胀、自应力等 3 种混凝土对应其膨胀量由低到高, 膨胀剂掺量由小到大, 一般硅酸盐水泥类掺硫铝酸盐膨胀剂: 补偿收缩混凝土掺量为 6%~10%; 膨胀混凝土为 8%~15%; 自应力混凝土为 10%~20%,

最高可达 25%。

首先, 膨胀剂到底属于化学外加剂还是矿物掺合料, 多年以来, 不少技术人员争论不休, 本指南经过专家反复论证, 将膨胀剂归在掺合料中。一是其具有矿质材料和火山灰活性特征, 且掺量大于外加剂规定掺量; 二是使用时不可使用溶液, 必须按水泥和掺合料一样, 使用粉末; 三是由于膨胀剂实质上是硫铝酸盐水泥, 所以, 掺入混凝土中时, 必须使用等量取代水泥法, 绝不可使用其他掺合料的外加法或超量取代法。

其次, 掺膨胀剂混凝土的膨胀, 一是必须受钢筋限制或边界约束, 否则, 在自由膨胀的条件下不可能建立起膨胀压应力, 因此, 也就无法限制混凝土结构的开裂; 二是膨胀剂在混凝土中的膨胀量, 只发生在混凝土硬化 10~14 d, 是硬化初期的混凝土, 如果膨胀剂引发的膨胀是在混凝土完成水化硬化(28 d)以后产生的, 那末它就是我们所称之为高硫型水化硫铝酸钙的“水泥杆菌”, 会造成混凝土结构完全粉碎化破坏。限制膨胀率的试验表明: 最大膨胀量最晚出现在 14 d 以内, 此时, 混凝土确实有膨胀, 但是硬化完成后的 28 d 膨胀混凝土, 不会再产生膨胀了, 此时的膨胀混凝土与普通混凝土的变形开裂特征并无二致, 完全相同, 该怎么裂就怎么裂。了解这些特征很重要, 用好膨胀剂是有条件的, 不是有些人想象的那样简单, 只要用上膨胀剂, 水泥混凝土结构的开裂问题就一劳永逸地解决了。结果是使用膨胀剂引起了不少的返工和工程事故, 本文的目的就是要普及膨

胀剂使用的科学技术,在公路水泥混凝土结构中杜绝此类事故的频繁发生,降低使用膨胀剂出现工程事故的机率。

本文不仅介绍了膨胀剂的主要品种、性能指标、适用范围、施工技术与质量检验,由于膨胀剂的使用并不局限在水泥混凝土中,公路工程上有不少场合是将膨胀剂掺入砂浆,制成膨胀砂浆来使用,所以本文同时介绍了膨胀砂浆的技术性能和使用要求。

1 主要的膨胀剂品种

(1) 硫铝酸钙类:明矾石膨胀剂、硫铝酸钙膨胀剂、硫酸钙(石膏)膨胀剂及铝酸钙膨胀剂,其与水泥和水拌和,经水化反应生成钙矾石膨胀组分。

(2) 氧化钙类:氧化钙、氧化镁膨胀剂,其与水泥和水拌和,经水化反应生成氢氧化钙、氢氧化镁膨胀组分。

(3) 硫铝酸钙—氧化钙复合膨胀剂。

2 膨胀剂的性能指标

(1) 膨胀剂的性能:膨胀剂及其混凝土性能指标应符合表1的规定。氧化镁、含水率、总碱量的试验方法应按《水泥化学分析方法》(GB/T176—1996)进行;氯离子含量检测方法应按《水泥原材料中氯的化学分析方法》(JC/T420—91)进行。细度及混凝土凝结时间、抗压强度、弯拉强度试验方法应按《公路工程水泥混凝土试验规程》(JTJ 053—94)进行。

(2) 补偿收缩混凝土的性能应符合表2的规定。

(3) 填充膨胀混凝土的性能应符合表3规定。

(4) 膨胀砂浆的性能应符合表4的规定,灌浆用膨胀砂浆的抗压强度采用无振动成型,拆模、养护和强度检验应按《水泥胶砂强度检验方法(RSO法)》(GB/T 17671—1999)进行。

3 膨胀剂适用范围

(1) 膨胀剂的适用范围参见表5。

(2) 氧化钙类膨胀剂不得用于海水和有硫酸盐侵蚀性环境的水泥混凝土结构。

(3) 掺膨胀剂的混凝土适用于结构边界约束、钢筋约束条件下的水泥混凝土结构和填充性水泥混凝土结构,不适用于可自由伸缩的水泥混凝土结构。

4 掺膨胀剂的水泥混凝土施工

4.1 水泥和膨胀剂的要求

表1 膨胀剂及其混凝土的性能指标

项目			指标值	
化学成份	氧化镁/%		≤5.0	
	含水率/%		≤3.0	
	总碱量/%		≤0.75	
	氯离子/%		≤0.05	
物理力学性能	细度*	比表面积/(m ² /kg)	≥250	
		0.08 mm 筛筛余/%	≤10	
		1.25 mm 筛筛余/%	≤0.5	
	凝结时间	初凝/min		≥45
		终凝/h		≤10
	限制膨胀率/%	水中	7 d	≥0.025
			28 d	≤0.10
		空气中	28 d	≥ - 0.020
	抗压强度/MPa	7 d		≥25.0
		28 d		≥45.0
	弯拉强度/MPa	7 d		≥4.5
		28 d		≥6.5

注:细度用比表面积和1.25 mm筛筛余或0.08 mm筛筛余和1.25 mm筛筛余表示,仲裁检验采用比表面积和1.25 mm筛筛余。

表2 补偿收缩混凝土的性能

项目	限制膨胀率/×10 ⁻⁴	限制干缩率/×10 ⁻⁴	抗压强度/MPa
龄期	水中14 d	空气中28 d	28 d
性能指标	≥1.5	≤3.0	≥25

表3 填充膨胀混凝土的性能

项目	限制膨胀率/×10 ⁻⁴	限制干缩率/×10 ⁻⁴	抗压强度/MPa
龄期	水中7 d	空气中28 d	28 d
性能指标	≥2.5	≤3.0	≥30

表4 填充膨胀砂浆的性能

流动度/mm	竖向膨胀率/×10 ⁻⁴		抗压强度/MPa		
	3 d	7 d	1 d	3 d	28 d
≥250	≥10	≥20	≥30	≥40	≥60

(1) 水泥:不得使用硫铝酸盐水泥、铁铝酸盐水泥和高铝水泥。

(2) 膨胀剂:膨胀剂运至工地或搅拌站后,应进行限制膨胀率检验,合格后方可入库、使用。由各类膨胀剂带入每m³混凝土的含碱量,可参照表6给出的膨胀剂含碱量(%)乘以其膨胀剂掺量(kg/m³)计算确定。

4.2 掺膨胀剂水泥混凝土的配合比设计

表 5 膨胀剂的适用范围

用途	适用范围
补偿收缩混凝土	地下、水中、海中、隧道等构筑物,大体积混凝土(除大坝外),配筋或不配筋的路面和桥面板、屋面及排水沟防水、构件补强、渗漏修补、预应力混凝土结构和构件等。
填充膨胀混凝土	结构后浇缝带、隧道堵头、管线联接构筑物、管线与排水沟连接构造物、倒吸虹、钢管与隧道之间的填充等。
填充膨胀砂浆	设备底座灌浆、地脚螺栓固定、梁柱接头、构件补强、加固等。
自应力混凝土	仅用于常温下使用自应力钢筋混凝土压力涵管。

- (1)应符合《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55—2000)的相关规定及表 2、表 3 中限制膨胀率和限制干缩率的规定。
- (2)水泥强度等级不应低于 32.5 级,最小水泥用量和常用掺量应符合表 7 的规定。
- (3)水胶比不宜大于 0.50。
- (4)膨胀剂掺量的确定方法:膨胀剂应等量取代水泥,并按等量取代法计算掺量。膨胀剂的实用掺量通过试验优选确定。膨胀剂掺量除满足设计强度等级、抗渗等级外,还应符合表 2 和表 3 中限制膨胀率和干缩率的规定。

表 6 各种膨胀剂的含碱量

膨胀剂品种	主要原材料	标准掺量/%	含碱量/%
U—I 型膨胀剂	硫铝酸盐水泥熟料、明矾石、石膏	12	1.0~1.5
U—II 型膨胀剂	硫酸铝熟料、石膏、明矾石	12	1.7~2.0
UEA—II 型膨胀剂	硅铝酸盐熟料、石膏、明矾石	12	0.5~0.75
铝酸钙膨胀剂	高铝水泥熟料、石膏、明矾石	10	0.57~0.70
CEA 复合膨胀剂	石灰系熟料、明矾石、石膏	10	0.4~0.7
明矾石膨胀剂	石膏、明矾石	10	2.55~3.0
UEA—H(ZY)膨胀剂	铝酸钙—硫铝酸钙、熟料、石膏	8	0.3~0.5

表 7 膨胀混凝土(砂浆)的最小水泥用量和常用掺量

膨胀混凝土(砂浆)种类	最小水泥用量	常用掺量范围*
	kg/m ³	%
补偿收缩混凝土	300	7~12
补偿收缩砂浆	550	7~12
填充膨胀混凝土	350	10~15
填充膨胀砂浆	550	10~15
自应力混凝土	500	15~25

注:(1)膨胀剂常用掺量范围与膨胀剂品种有关,本掺量仅指硫铝酸钙类膨胀剂,氧化钙类膨胀剂掺量一般仅为 3%~5%。

(2)用于抗渗的补偿收缩混凝土及掺入粉煤灰时的混凝土最小水泥用量不宜小于 280 kg/m³。

(5)掺膨胀剂的泵送混凝土和高性能混凝土,宜掺入其他掺合料。掺合料用量的确定方法:水泥、膨胀剂和掺合料作为胶凝材料总量,以此总量按等量取代法或超量取代法计算其他掺合料掺量。膨胀混凝土中掺合料掺量应通过试验确定。

(6)与外加剂复配使用方法:膨胀剂可与外加剂复合使用,但必须具备良好的适应性,并不得使用氯盐类外加剂。膨胀剂与防冻剂复合使用宜慎用。膨胀混凝土使用的外加剂品种和掺量应通过试验优选确定。

4.3 膨胀混凝土拌和

- (1)搅拌机械必须为强制式搅拌机(楼),膨胀剂应以粉状拌和使用,拌和时间比普通混凝土应延长 20~30 s。
- (2)掺膨胀剂的混凝土坍落度损失略快,必要时可采用适应的缓凝剂或缓凝减水剂进行调整。

4.4 膨胀混凝土浇筑

(1)在计划浇筑段内应连续浇筑,不得中断。

(2)浇筑应阶梯式推进,浇筑间隔时间不得超过混凝土的初凝时间。振捣应密实,不得漏振、欠振和过振。

(3)为防止沉缩裂缝和新老混凝土结合开裂,终凝前,应采用机械或人工多次抹压表面。

4.5 膨胀混凝土的养生

(1)对于大体积混凝土和大面积混凝土,宜采用有效的保湿措施,养生时间不应少于 14 d。

(2)对于挡土墙、薄壁桥墩、箱梁、T 梁等不易保湿养生的结构,宜喷洒养生剂或安装水管喷淋,拆模时间不应早于 10 d,拆模后宜喷洒养生剂或包裹保湿膜或塑料薄膜,养生天数应根据膨胀混凝土达到设计强度的 80%确定。

(3)低温施工,应采用塑料薄膜和保温材料覆盖保温保湿养生,养生期最短不应少于 14 d。对于挡土

墙、薄壁桥墩、桥台等带模养生期最短不应少于21 d。

4.6 填充膨胀砂浆施工

(1)填充膨胀砂浆的水料比一般宜为0.14~0.16,拌和时间不宜少于3 min。

(2)填充膨胀砂浆可使用人工或机械填充方式,浇筑时可用竹条或钢筋往复拉动疏导,不得使用机械振捣,必须从一侧灌浆,另一侧留排气孔。

(3)膨胀砂浆宜使用覆盖洒水养生,养生期不应少于7 d。养生期间,当最低气温低于5℃时,应采取保湿及保温覆盖养生措施。

5 膨胀混凝土质量检验

(1)掺膨胀剂的水泥混凝土应以实测抗压强度、限制膨胀率和限制干缩率为质量检验指标。有抗渗性和抗冻性要求时,还应做抗渗性和抗冻性检验。检验批量按满足膨胀混凝土质量控制要求确定。

(2)限制膨胀率和限制干缩率试验方法应按本指南附录R.1进行,抗压强度、抗渗性和抗冻性试验方法应按《公路工程水泥混凝土试验规程》(JTJ 053—94)的规定进行。

(3)膨胀剂的称量允许误差为±1%。

6 结语

本文介绍了2006年交通部新颁布的《公路工程混凝土外加剂与掺合料应用技术指南》中编写的膨胀剂在公路水泥混凝土工程中的应用技术,以加深公路工程技术人员对膨胀剂的认识,保证实现公路水泥混凝土工程使用膨胀剂的三大技术目的:补偿收缩抗裂混凝土;膨胀混凝土;自应力混凝土,防止频发的膨胀剂引起的工程事故和返工,确保公路膨胀混凝土工程结构的质量和使用耐久性。

参考文献:

- [1] 交通部公路科学研究院,公路工程水泥混凝土外加剂与掺合料应用技术指南[S].
- [2] 中国混凝土外加剂协会.混凝土外加剂标准应用指南[S].
- [3] GTJ F30—2003,公路水泥混凝土路面施工技术规范[S].
- [4] GB50119—2003,混凝土外加剂应用技术规范[S].
- [5] JC476—2001,混凝土膨胀剂[S].

Application Technology of Expanding Admixture for Cement Concrete in Highway Engineering

LI Hong¹, FU Zhi², ZHANG Zi-hua²

(1. Beijing Institute of Civil Engineering and Architecture, Beijing 100044, China;

2. Research Institute of Highway of Ministry of Communications, Beijing 100088, China)

Abstract: The category, using range, and performance and application technology of expanding admixture are introduced. The admixture is compiled in "Technical Guidelines for Applications of Chemical and Mineral Admixtures on Cement Concrete in Highway Engineering" issued by the Ministry of Communications in 2006 so as to guide the properly use and avoid the quality problems in highway concrete engineering.

Key words: highway engineering; cement concrete; expanding admixture; application technology