

文章编号: 0451-0712(2006)04-0066-05

中图分类号: U214.18; TU528.042

文献标识码: A

公路工程水泥混凝土早强剂应用技术

李 红¹, 傅 智², 张劲泉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: 介绍了交通部 2006 年新颁布的《公路工程水泥混凝土外加剂与掺合料应用技术指南》(简称指南)中编写的早强剂在公路水泥混凝土工程中的应用技术, 特别介绍了早强剂在快通水泥混凝土路面和桥梁的快速施工及修复中的应用, 以加强业内人士广泛应用早强剂的自觉性, 不仅要确保公路水泥混凝土工程的质量和使用耐久性, 而且要提高公路工程中水泥混凝土结构施工和修复的速度, 减少交通堵塞, 实现更大的经济效益和社会效益。

关键词: 公路工程; 水泥混凝土; 早强剂; 应用技术

早强剂是一种专门解决工程中需要尽快或尽早获得水泥混凝土强度问题的专用外加剂, 在公路水泥混凝土工程中主要使用在下述场合。

(1) 快通水泥混凝土路面或桥面铺装层, 特别是一、二、三级公路的平交道口。当一个方向的水泥混凝土路面摊铺施工时, 不仅正在施工的路面不能通车, 而且平面交叉的其他方向的车辆也不能通车。在一些宽度较窄的路面上, 施工单位可以使用施工便桥, 给其他交叉方向的车流提供通道, 但在路面宽度较大的一级公路上, 便桥跨度很大, 便桥的制造难度和造价也随之增大。此时, 最好使用早强水泥混凝土在夜间施工, 并在最短时间内提供车辆通行便利。

(2) 最低温度不低于 -5°C 的低温环境中水泥混凝土结构的施工, 一般需要使用早强剂加速水泥混凝土的凝结硬化, 以防止更低温度下水泥混凝土产

生冻害, 并加速模板的周转, 提高施工效率。

(3) 预应力钢筋混凝土结构, 例如预应力钢筋混凝土桥梁低温下的张拉或正常温度下的提早张拉, 均需要使用早强剂加快预应力张拉时间, 提高构件的制作速度。

(4) 水泥混凝土路面及桥梁的快速修复。修复时, 不得不缩窄行车道, 造成交通堵塞、断交或迫使交通流绕行其他道路, 特别是在高速公路或其他效益很好或较好的收费公路上, 能够早 1 h 通车, 带来的收费效益就很可观。此时的水泥混凝土路面及桥梁等结构修复, 应该使用早强剂加速修复速度, 尽快开放交通, 通车收费, 努力提高经济效益、交通效益和社会效益。

总而言之, 早强剂是建设者手中的一项提高施工效率和速度的武器, 它在一定程度上克服了水泥

收稿日期: 2006-02-20

Application Technology of Flocculating Agents for Underwater Cement Concrete in Highway Engineering

LIN Bao-yu¹, FU Zhi²

(1. Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China;

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

Abstract: The main ingredient of flocculating agent as well as the performance of concrete made of it are introduced. The construction technology and quality control measures are presented to guide the practical application.

Key words: highway engineering; cement concrete; flocculating agent; underwater concrete; engineering application.

混凝土凝结硬化速度过慢、强度发挥作用时间较长的致命弱点。最理想的水泥混凝土结构施工应该是浇注时工作性很好,一旦浇注施工完成,马上能够凝结硬化、具有结构强度,达到尽早开放交通,尽快获得经济效益、交通效益和社会效益的目的。这种绝对的理想状态是不可能做到的,只有正确地、积极地在适宜的水泥混凝土结构施工时,使用早强剂,才能使水泥混凝土逐步接近这个理想状态。

1 主要早强剂品种

(1) 强电解质无机盐类:硫酸盐、硫酸复盐、硝酸盐、亚硝酸盐、碳酸盐、硅酸盐、氯盐等。其中,氯盐已基本不允许在公路水泥混凝土结构中使用;亚硝酸盐有剧毒,使用的也较少。

(2) 水溶性有机物:三乙醇胺、尿素、甲酸盐、乙酸盐、丙酸盐等。三乙醇胺、尿素等易挥发损失。

(3) 其他:有机化学成份、无机盐复合物等。

采用上述各类早强剂与普通减水剂、高效减水剂,可以复配制得早强型减水剂和早强型高效减水剂。

2 早强剂的适用范围

(1) 早强剂、早强型减水剂和早强型高效减水剂适用于公路工程需要快速形成强度的快通水泥混凝土结构,蒸养水泥混凝土构件,最低温度不低于 -5°C 的低温环境中施工的有早强要求的水泥混凝土、钢筋混凝土及需要提前张拉和放张的预应力混凝土结构和构件。炎热环境条件下不宜使用早强型外加剂。

(2) 掺入水泥混凝土后对人体产生危害或对环境产生污染的化学物质严禁用作早强剂。含有六价铬盐、亚硝酸盐、硫氰酸盐等有害成份的早强剂严禁用于饮水工程及与食物相接触的工程,这是严防入口中毒的规定。为了防止有害气体危害人体健康,铵盐、硝酸铵类或尿素等遇碱释出氨气或易挥发出有害气体的早强剂严禁用于办公、居住、洞室等密闭工程。

(3) 氯盐类早强剂及其与氯盐复配的早强型减水剂和早强型高效减水剂,严禁用于下列公路工程水泥混凝土结构:

① 预应力钢筋混凝土结构和构件,防止应力腐蚀;

② 相对湿度大于80%环境中使用的露天、水淋、水冲刷、水位变动区的钢筋混凝土结构和构件,暴露在海水浪溅区和水位变动区、处于海风环境范围内的钢筋混凝土结构和构件;

③ 大体积水泥混凝土和钢筋混凝土结构;

④ 直接接触酸、碱或其他腐蚀性介质的水泥混凝土和钢筋混凝土结构;

⑤ 经常处在使用温度达 60°C 以上的水泥混凝土和钢筋混凝土结构,以及需经蒸养的钢筋混凝土预制构件,防止钢筋加速锈蚀;

⑥ 表面有装饰(含金属装饰)要求或要求色彩一致的水泥混凝土、钢筋混凝土结构和构件;

⑦ 薄壁钢筋混凝土结构,桥梁上部主梁钢筋混凝土结构,承受中、重、特重交通量的桥梁下部钢筋混凝土结构;

⑧ 使用冷拉钢筋或冷拔低碳钢丝的钢筋混凝土结构,防止应力腐蚀;

⑨ 集料具有碱活性的水泥混凝土结构。

(4) 含有强电解质无机盐类的早强剂、早强型减水剂和早强型高效减水剂,严禁用于下列公路工程水泥混凝土结构中:

① 有照明和排风设施的隧道钢筋混凝土衬砌,使用阴极防护措施的桥梁钢筋混凝土结构,埋置照明线路、使用直流电以及距离直流电源100 m以内的钢筋混凝土结构;

② 有镀锌钢材或与铝铁相接触部位的结构,以及有外露钢筋预埋铁件而无防护措施的结构;

③ 海水、卤水及地下含有酸、碱腐蚀介质中的墩、桥墩、桩、桥桩、系梁等钢筋混凝土结构。

因为公路工程中水泥混凝土结构是处在车轮冲击、振动和疲劳动载或超载作用下的结构物,疲劳应力和瞬间冲击振动应力值很高,对钢筋、钢丝的应力腐蚀和锈蚀造成的水泥混凝土微裂缝、裂缝及截面损失极其敏感,会加速结构的破坏。第(3)条和第(4)条的规定与国标《混凝土外加剂应用技术规范》(GB 50119—2003)规定是一致的。

(5) 含钾、钠离子的早强剂及其复合早强剂,用于与水接触或潮湿环境中的公路工程水泥混凝土结构时,当集料具有碱活性,由外加剂带入的碱含量($\text{Na}_2\text{O} + 0.658 \text{ K}_2\text{O}$)不宜超过 1.0 kg/m^3 ,由外加剂、掺合料及水泥带入水泥混凝土中的总含碱量不应超过 3.0 kg/m^3 。含钾、钠离子的是强碱性早强剂,为了防止碱集料反应,在潮湿环境中的水泥混凝土结构必须限制碱含量,同时不得使用碱活性集料。

(6) 含三乙醇胺类的早强剂、早强型减水剂和早强型高效减水剂不宜用于蒸汽养生或干热养生的水泥混凝土预制构件,原因是干热和蒸养条件下,三乙醇胺类早强剂将很快分解或挥发损失掉,丧失其早强作用;若

静停时间过短,蒸养温度过高或温升过快时,水泥混凝土会产生爆皮现象,影响水泥混凝土构件的质量,因此要加以限制。其他早强剂可用于蒸汽养生或干热养生的水泥混凝土预制构件。

3 早强水泥混凝土施工

(1)早强型减水剂进入工地或搅拌站的检验项

目应满足指南中 4.1.11 条和表 1 的规定,同时应包括密度或细度指标,1 d、3 d 抗压强度或弯拉强度及对钢筋锈蚀作用的说明。早强型减水剂和早强型高效减水剂应增测减水率。有饰面要求的水泥混凝土或对表面色差有要求的清水混凝土,还应观测硬化后的水泥混凝土表面是否析盐。早强剂经检验符合要求后方可入库、使用。

表 1 外加剂质量检验的试验项目及所需数量

试验项目	试验类别	试验所需数量			
		水泥混凝土拌和批数	每批取样数目	掺外加剂水泥混凝土总取样数目	基准水泥混凝土总取样数目
减水率	水泥混凝土拌和物	3	1 次	3 次	3 次
坍落度		3	1 次	3 次	3 次
含气量		3	1 个	3 个	3 个
凝结时间差		3	1 个	3 个	3 个
泌水率比		3	1 个	3 个	3 个
抗压强度比	硬化水泥混凝土	3	12 块	27 或 36 块	27 或 36(9 块)
弯拉强度比		3	1 或 2 块	3 或 6 块	3 或 6 块
磨耗量		3	1 块	3 块	—
收缩率比		3	1 块	3 块	3 块
钢筋锈蚀		3	1 块	3 块	3 块
冻融循环次数		3	1 块	3 块	—

注:(1)试验时,检验一种外加剂的 2 批水泥混凝土应在同一天内完成;(2)试验龄期参照指南中表 4.1.3 试验项目栏;(3)水泥混凝土中总碱量通过各种原材料含碱量实测值和单位体积用量计算得到;(4)减水率检验使用于早强型减水剂和早强型高效减水剂。

在掺早强型外加剂的水泥混凝土中,当含有硫酸钠(纯度 $\geq 98\%$)且掺量超过 0.8%时即会有表面析晶现象,必须用水冲洗表面,方可装饰表面,否则极易脱落。掺早强型外加剂使清水混凝土表面析晶部位呈白色,不析晶部位呈黑青色,导致表面色差增大。因此,有饰面要求的水泥混凝土或对表面色差有要求的清水混凝土需要事先了解硬化后水泥混凝土表面是否析盐。析盐时,可采用更换早强剂品种的方法来满足工程要求。

掺早强型外加剂的混凝土应注意长期强度的倒缩和防止水泥混凝土开裂,一般采用的技术措施是在配合比设计时,使用较大的配制强度放大系数。施工中可使用早强型高效减水剂,降低水灰(胶)比,以利补偿长期强度的倒缩和防裂;不宜采用增大水泥用量的方法,此法虽能提高强度,但不利于抗裂。

(2)常用早强剂掺量限值按结构的使用环境和结构类型应符合表 2 的规定,最佳掺量应根据试验确定。

表 2 常用早强剂掺量限值

水泥混凝土 种类	使用环境	早强剂成份	掺量(相对 水泥重量)/%
预应力混凝土	干燥环境	硫酸钠	≤1.0
		三乙醇胺	≤0.05
钢筋混凝土	干燥环境	氯离子(Cl ⁻)	≤0.6
		硫酸钠	≤2.0
		与缓凝剂减水剂 复合的硫酸钠	≤3.0
		三乙醇胺	≤0.05
	潮湿环境	硫酸钠	≤1.5
		三乙醇胺	≤0.05
有饰面要求的水泥混凝土		硫酸钠	≤0.8
素水泥混凝土		氯离子(Cl ⁻)	≤1.8

表 2 中的早强剂化学种类不全,仅为使用了多年、有相当使用经验的早强剂建议掺量。早强剂最佳掺量应根据厂家推荐掺量并由试验最终确定。这不

仅指表2 中列入的早强剂,而且包括未列入表2 的早强剂。

这里着重说明,表 2 中对硫酸钠掺量做了限制性的规定。硫酸钠是我国早强剂的主要原料,也是复合早强剂的重要组分。硫酸钠在水泥混凝土中与水泥水化生成的氢氧化钙反应,生成氢氧化钠和硫酸钙。硫酸钙颗粒很细,活性比石膏还高,快速与铝酸三钙反应生成水化硫铝酸钙,同时氢氧化钠亦加速这一反应的速度,水化硫铝酸钙是促使水泥混凝土早强的关键。但这一反应必须在适宜掺量下、确保其在硬化前发生,如果掺量过大,硬化后还在继续反应,会因其继续膨胀,导致水泥混凝土开裂、强度和耐久性降低,动载特性严重损失。所以,干燥环境下的硫酸钠的掺量不得大于 2%;当掺入缓凝剂时,推迟了水泥混凝土的凝结硬化时间,水化硫铝酸钙将有较长反应生成时间处在塑性阶段,不至于引起有害的内应力,同时掺缓凝剂时,在干燥环境下,硫酸钠掺量最大可增至 3%;为了确保其水化硫铝酸钙造

成的水泥混凝土自生内应力不致过大,预应力混凝土硫酸钠掺量不得大于 1%。

(3)掺加液态早强剂的水泥混凝土,搅拌时间宜适当延长。粉剂早强剂直接掺入公路工程水泥混凝土时,应先与水泥、集料干拌均匀后,再加水,加水后的搅拌时间应延长 30 s。这是保证粉剂早强剂在水泥混凝土中均匀分布的措施。早强剂可使用粉剂,原因:一是其掺量较大,可达到或接近 5%;二是大多数早强剂在常温下溶解度较低,使用全部拌和用水量都不能将其溶解,不得不使用粉剂干掺。但对于某些本身是溶液或可全溶的早强剂,仍应使用其溶液,溶液比干粉拌和的匀质性及其使用效果均强得多。

(4)各类早强剂中的含碱量应折算为($\text{Na}_2\text{O} + 0.658\text{K}_2\text{O}$)氧化钠当量。由早强剂带入每 m^3 水泥混凝土的含碱量,可参照表 3 给出的常用无机盐类早强剂每 kg 含碱量,乘以其每 m^3 水泥混凝土外加剂用量(kg)计算得出。

表 3 常用无机盐类早强剂及防冻剂的含碱量

类 别	名 称	化学式	每 kg 物质的含碱量/kg	备 注
早强剂	硫酸钠	Na_2SO_4	0.436	
早强剂、防冻剂	亚硝酸钠	NaNO_2	0.449	
早强剂、防冻剂	碳酸钾	K_2CO_3	0.448	
早强剂、防冻剂	硝酸钠	NaNO_3	0.365	
早强剂	硫代硫酸钠	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	0.291	
早强剂、防冻剂	氯化钠+硫酸钠	$\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{SO}_4$	0.464	质量比为 1:1
早强剂、防冻剂	氯化钠+亚硝酸钠	$\text{NaCl} + \text{NaNO}_2$	0.486	质量比为 1:1

表 3 给出了常用无机盐类早强剂每 kg 含碱量,用于计算每 m^3 水泥混凝土外加剂含碱量(kg)。处在淡水、海水及潮湿环境中的水泥混凝土,在硫酸钠掺量过大时,会残存在硬化的水泥混凝土中,在长期潮湿的条件,除了碱集料反应问题外,会继续反应生成膨胀性的水化硫铝酸钙,不仅产生较大的内应力,严重时还会导致水泥混凝土局部剥落和开裂。因此,在水下或潮湿环境中的预应力钢筋混凝土、钢筋混凝土,硫酸钠掺量必须符合规定。

(5)公路工程预应力钢筋混凝土结构或构件使用早强剂时,其张拉工艺应按试验确定。公路工程快通水泥混凝土结构的开放交通时间,应按达到设计强度 90%以上时的试验确定。即:公路工程快通水泥混凝土结构的开放交通时间,应按与结构相同养生条件下,掺早强剂水泥混凝土试件达到设计强度的

90%以上的试验确定。例如水泥混凝土路面,如果设计弯拉强度为 5.0 MPa,则 90%是 4.5 MPa,高于弯拉强度评定方法中规定的一组最小值 85%的要求,且留有一定强度的储备,使快通无快速破损的问题。其他结构水泥混凝土在抗压强度上,均应留有一定的安全储备。

(6)使用早强剂的水泥混凝土结构应加强早期保温保湿养生,终凝后立即浇水养生,并应使用保湿膜、土工毡等覆盖养生或喷洒养生剂。掺早强剂水泥混凝土的养生天数可比表 4 的规定缩短 3~5 d。最低气温在 0℃左右时,应使用保温材料覆盖,且最少养生天数不少于 25 d。在最低气温接近或达到 -5℃时,早强剂已不足以防止冻害和保证强度增长,应改用防冻剂施工。

(7)使用早强剂、早强型减水剂和早强型高效减

表 4 不同气温时的保温保湿养生时间

气温/℃	0~10	10~15	15~20	20~25	25 以上
养生天数/d	28	21	14	10	7

水剂并有饰面要求的现浇水泥混凝土和蒸养水泥混凝土构件,其养生工艺和蒸养制度应根据早强剂、水泥品种、浇注温度等条件通过试验确定。

掺硫酸钠早强剂的水泥混凝土在蒸养及失水量较大的情况下,溶解于水泥混凝土水中的硫酸钠会随水分蒸发向外扩散,在水泥混凝土结构表面析出泛白晶体,且在湿度较低、风力较大时最易发生,这层白霜会影响表面装饰层及与底层的粘结。因此,有饰面要求和蒸养的水泥混凝土构件,应注意表面饱水覆盖,避免构件内水分大量蒸发析晶。发生析晶时,一般通过限制硫酸钠掺量在0.8%以内或更换早强剂品种的方法加以解决。

4 结语

本文介绍了交通部2006年新颁布的《公路工程

水泥混凝土外加剂与掺合料应用技术指南》中编写的早强剂在公路水泥混凝土工程中的应用技术,特别介绍了早强剂在快通水泥混凝土路面、预应力混凝土构件和桥梁的快速施工和修复中的应用,以加强公路工程技术人员广泛应用早强剂的自觉性,不仅要确保公路水泥混凝土工程的质量和使用寿命,而且要提高公路工程中水泥混凝土结构施工和修复的速度,实现更大的经济效益、交通效益和社会效益。

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] JTG F30—2003,公路水泥混凝土路面施工技术规范[S].
- [3] JT/T 523—2004,公路工程混凝土外加剂[S].
- [4] GB 8076—1997,混凝土外加剂[S].
- [5] DL/T 5100—1999,水工混凝土外加剂技术规程[S].

Application Technology of Hardening Accelerating Admixture for Cement Concrete in Highway Engineering

LI Hong¹, FU Zhi², Zhang Jin-quan²

(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 application technology of hardening accelerating admixture 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 is introduced in this paper. Hardening accelerating admixture is widely used in rapid construction site or repairing site of cement concrete pavements and bridges to not only ensure the quality and durability of highway concrete engineering, but also shorten the time of construction and repairing of cement concrete structures of highway engineering for reducing traffic block and obtaining more economical benefit and social benefit.

Key words: highway engineering; cement concrete; hardening accelerating admixture; application technology