

文章编号: 0451-0712(2006)12-0156-04

中图分类号: TU528.042.2

文献标识码: A

适于钢管高强混凝土的缓凝保塑 高效减水剂的研制

彭艳周, 丁庆军, 胡曙光

(武汉理工大学硅酸盐材料工程教育部重点实验室 武汉市 430070)

摘 要: 将聚羧酸减水剂、葡萄糖酸钠、硫酸锌等按一定比例复合, 研制出一种高减水率、低引气量的钢管混凝土专用缓凝保塑高效减水剂WUT-G(I)。配制C50 钢管混凝土时, 其最佳掺量为0.9%~1.3%; 配制C60 钢管混凝土时, 其最佳掺量为1.2%~1.6%。所配制的混凝土具有良好的工作性能: 初始坍落度大于23 cm、扩展度大于60 cm, 5 h 坍落度仍达14 cm 以上, 不离析、不泌水, 满足钢管混凝土泵送施工工艺要求。同时, 混凝土含气量小于1.8%, 能有效减少钢管混凝土中普遍存在的混凝土与钢管壁脱粘现象的产生。

关键词: 钢管高强混凝土; 缓凝保塑减水剂; 低引气量; 高减水率

钢管混凝土结构因其突出优点和特点在现代高层建筑和大跨径拱桥中有着广阔的应用前景^[1,2]。钢管混凝土的施工工艺多采用泵送顶升法, 因而对钢管混凝土的工作性能和硬化性能指标提出了特殊的要求: 首先要求混凝土具有良好的可泵性和可操作性; 第二, 要求混凝土具有合适的补偿收缩性能和一

定的自密实性能; 第三, 核心混凝土应具有早强特性和合适的刚度, 以确保在顺序灌注钢管混凝土, 特别是灌注多根钢管组成的桁架式拱肋过程中拱肋的线形^[3]。在进行钢管混凝土的配合比设计时, 通常采用掺加一定量混凝土减水剂(或复合外加剂)的方法来制备满足泵送施工工艺要求的钢管混凝土^[1,2,4]。目

收稿日期: 2006-07-31

Triaxial Repeated Load Creep Tests and Research on Deformation Property of Asphalt Mixture at High Temperature and Heavy Load

ZHANG Yu-qing, HUANG Xiao-ming

(Transportation College, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract: Triaxial repeated load creep tests are employed to evaluate the influence of high temperature and heavy load on the deformation property of AC-20 asphalt mixture. The results indicate that the deformation of asphalt mixture ascends with the increase of temperature or stress level, and it would be accelerated in the condition of high temperature and the simultaneous high stress level. Both flow number F_N and slope b could reflect the high temperature stability of asphalt mixture, and slope b seems to be more suitable in high temperature and heavy load. The experiments also show that intercept a and permanent strain ϵ_p are improper to estimate the high temperature characters of asphalt mixture.

Key words: asphalt mixture; triaxial repeated load creep tests; high temperature; heavy load; flow number

前主要采用萘系高效减水剂复合,如葡萄糖酸钠等保塑成分及其他成分,或用氨基磺酸盐类减水剂与引气成分、增粘成分复合来制备钢管混凝土。但是这两类复合的外加剂引气量都较大,而制备钢管混凝土所用外加剂的引气量对钢管壁与混凝土的粘结有很大影响。制备混凝土时掺入的外加剂引气量较大,将导致在混凝土中引入过多的气体量,在进行泵送顶升施工过程中,这些引入的气体极易在泵送压力和混凝土自身重力的作用下吸附于钢管内壁并富集形成一层气体膜,抵消了核心混凝土的部分膨胀,在钢管内壁处形成一圆环形间隙,造成钢管壁与混凝土脱粘。而在钢管拱的拱顶附近,空气因混凝土重力沉降和泵送压力等原因造成的吸附富集现象更为严重,脱粘产生的机率更大,降低了钢管混凝土结构的整体性,劣化了其结构力学性能。因此,必须将外加剂的引气量控制在适当范围内。根据大量实际工程试验结果,混凝土含气量在 1.8% 以下时,泵送顶升施工过程所形成的间隙厚度很小(直径为 1 000 mm 钢管时,间隙厚度小于 0.1 mm),混凝土膨胀率在 2×10^{-4} 以上时即可补偿此部分间隙,并减少脱粘现象的发生。因此,将所制备的混凝土含气量限制在 1.8% 以下。此外,掺氨基磺酸类减水剂时的流态混凝土容易产生泌水现象,而用萘系减水剂配制的混凝土坍落度经时损失较大^[5],均难以配制出符合施工要求的高流态钢管高强混凝土。

针对以上主要问题,本文利用聚羧酸高减水率、低引气量的特点,复合缓凝保塑成分及某物质 X,研制了一种钢管混凝土专用的缓凝高效减水保塑剂 WUT-G(I)。它能够有效提高混凝土拌和物的流动性和工作性,显著改善钢管混凝土泵送施工性能,降低混凝土含气量,改善钢管壁与混凝土的脱粘现象,从而提高钢管混凝土强度和耐久性,增加钢管混凝土结构的承载力^[4]。

1 原材料及试验方法

1.1 原材料

硫酸锌:分析纯试剂;葡萄糖酸钠:生化试剂;聚羧酸系高效减水剂:WLH-031,武汉市联合石油化工有限责任公司生产。

1.2 试验方法

混凝土坍落度、扩展度按 GBJ80—85 标准方法进行;混凝土含气量、减水率及泌水率按 GB8076—1997 标准中有关规定进行;混凝土凝结时间测定按

GB/T 50080—2002 方法进行;抗压强度按 GBJ81—85 标准方法进行,试件尺寸为 150 mm×150 mm×150 mm,试件成型后 24 h 脱模,随后置于(20±3)℃、相对湿度大于 90% 的养护室中养护至测试龄期。

2 试验结果及讨论

2.1 新型钢管混凝土专用缓凝保塑高效减水剂的制备及其性能

利用聚羧酸高减水率、低引气量的特点,与缓凝保塑成分等物质复合,制备出钢管混凝土专用缓凝保塑高效减水剂 WUT-G(I),它是由聚羧酸减水剂、葡萄糖酸钠、硫酸锌及 X 物质按一定比例复合而成的水剂,固含量为 30%~36%。

钢管混凝土专用缓凝高效减水保塑剂 WUT-G(I)的制备方法包括如下步骤。(1)聚羧酸减水剂的选取:聚合物的平均分子量在 11 000~15 000,同时,为保证 WUT-G 较小的引气量,所用聚羧酸分子结构中作为侧链之一的聚氧乙烯基(即 EO 加成数)大于 60,且分子中羧酸基与酯基的摩尔比(m/n)为 1.9~2.1,以保证 WUT-G 对水泥的适应性。(2)按配比准确称取聚羧酸减水剂、葡萄糖酸钠、硫酸锌、X 和水,将葡萄糖酸钠、硫酸锌、X 和水依次溶于已称量好的聚羧酸减水剂中,充分搅拌使之混合均匀,即得产品,其性能指标按 GB8076—1997 进行检验,结果如表 1 所示。根据 WUT-G(I)中各原料比例不同,在不同强度等级钢管高强混凝土中的最佳掺量不同:制备 C50 钢管混凝土时掺量为 0.9%~1.3%,而 C60 时掺量为 1.2%~1.6%。

表 1 掺 WUT-G(I)混凝土的性能

减水率 %	泌水率 %	含气量 %	凝结时间差/min		抗压强度比	
			初凝	终凝	7 d	28 d
≥30	≤95	≤1.7	+360	—	≥128	≥116

该缓凝保塑高效减水剂掺 WUT-G(I)的优点是引气量低、减水率高,能有效提高新拌钢管混凝土的流动性和工作性,显著改善钢管混凝土泵送施工性能,降低混凝土含气量,改善钢管壁与混凝土的脱粘现象,提高钢管混凝土强度和耐久性,增加钢管混凝土结构的承载力。

2.2 C50 钢管混凝土的配制及混凝土性能

混凝土各原料为:华新水泥有限公司生产的 P.O 42.5 水泥,阳逻电厂 I 级粉煤灰,武钢浩源

UEA-H 膨胀剂,5~25 mm 连续级配破碎玄武岩, 的配合比和 WUT-G(Ⅰ)掺量以及混凝土性能见

细度模数为 2.6~2.7 的巴河中砂。C50 钢管混凝土 表 2。

表 2 掺 WUT-G(Ⅰ)的 C50 钢管混凝土配合比及混凝土性能(一)

水泥 : 粉煤灰 : 膨胀剂 : 水 : 砂 : 碎石 /(kg/m³)	WUT-G(Ⅰ)掺量 %	扩展度 cm	混凝土含气量 %	坍落度 /cm				28 d 强度 MPa
				0 h	1.5 h	3 h	5 h	
415 : 53 : 63.5 : 162 : 740 : 905	1.0	63	1.5	23.5	21.5	20	15	60.8
440 : 60 : 60 : 170 : 610 : 1 120	1.0	60	1.6	23	21.5	19.5	14	69
460 : 60 : 60 : 190 : 669 : 1 004	0.9	61	1.4	23.5	21	20	14	64

在如表 3 所示配合比的 C50 钢管混凝土中掺入 水泥,武汉华电实业有限公司 I 级粉煤灰,荆门今是

一定量的 WUT-G(Ⅰ),混凝土性能如表 3 所示。混 公司 EA 混凝土膨胀剂,阳新 5~20 mm 连续级配碎

凝土各原料为:华新水泥有限公司生产的 P.O 42.5 石,巴河细度模数为 2.6~2.8 中砂。

表 3 掺 WUT-G(Ⅰ)的 C50 钢管混凝土配合比及混凝土性能(二)

水泥 : 粉煤灰 : 膨胀剂 : 水 : 砂 : 碎石 /(kg/m³)	WUT-G(Ⅰ)掺量 %	扩展度 cm	混凝土含气量 %	坍落度 /cm				28 d 强度 MPa
				0 h	1.5 h	3 h	5 h	
415 : 55 : 65 : 165 : 748 : 952	1.1	64	1.6	24	22.5	21	16	62.1
430 : 60 : 65 : 170 : 617 : 1 098	1.1	62	1.6	23	22	20.5	15	65.3
460 : 60 : 65 : 188 : 692 : 1 038	1.0	61.5	1.5	23	21	20.5	15	64

在如表 4 所示配合比的 C50 钢管混凝土中掺入 水泥,武汉华电实业有限公司 I 级粉煤灰,荆门今是

一定量的 WUT-G(Ⅰ),混凝土性能如表 4 所示。混 公司 EA 混凝土膨胀剂,阳新 5~20 mm 连续级配碎

凝土各原料为:华新水泥有限公司生产的 P.O 42.5 石,巴河中砂,细度模数为 2.6~2.8。

表 4 掺 WUT-G(Ⅰ)的 C50 钢管混凝土配合比及混凝土性能(三)

水泥 : 粉煤灰 : 膨胀剂 : 水 : 砂 : 碎石 /(kg/m³)	WUT-G(Ⅰ)掺量 %	扩展度 cm	混凝土含气量 %	坍落度 /cm				28 d 强度 MPa
				0 h	1.5 h	3 h	5 h	
410 : 55 : 65 : 160 : 719 : 993	1.3	63	1.6	23.5	22	21	19	60.1
430 : 60 : 65 : 170 : 617 : 1 098	1.2	64	1.6	23	21.5	20.5	18	66
460 : 60 : 65 : 185 : 684 : 986	1.1	60	1.5	23	22	20.5	18	65.7

2.3 C60 钢管混凝土的制备及混凝土性能

在如表 5 所示配合比的 C60 钢管混凝土中掺入 水泥,I 级粉煤灰,武汉三元公司混凝土膨胀剂,宜

一定量的 WUT-G(Ⅰ),混凝土性能如表 5 所示。混 昌 5~25 mm 连续级配碎石,宜昌清江细度模数为

凝土各原料为:华新水泥有限公司生产的 P.O 52.5 2.6~2.8 中砂。

表 5 掺 WUT-G(Ⅰ)的 C60 钢管混凝土配合比及混凝土性能(一)

水泥 : 粉煤灰 : 膨胀剂 : 水 : 砂 : 碎石 /(kg/m³)	WUT-G(Ⅰ)掺量 %	扩展度 cm	混凝土含气量 %	坍落度 /cm				28 d 强度 MPa
				0 h	1.5 h	3 h	5 h	
460 : 70 : 60 : 180 : 660 : 1 010	1.6	61	1.7	24	22.5	21	19.5	73.1
470 : 70 : 55 : 185 : 625 : 1 010	1.6	62	1.7	23.5	21.5	20	18	79.3

在如表 6 所示配合比的 C60 钢管混凝土中掺入 2.6~2.8 中砂。

一定量的 WUT-G(Ⅰ),混凝土性能如表 6 所示。混 在如表 7 所示配合比的 C60 钢管混凝土中掺入

凝土各原料为:华新水泥有限公司生产的 P.O 52.5 一定量的 WUT-G(Ⅰ),得到具有很好力学性能和

水泥,I 级粉煤灰,武汉三元公司混凝土膨胀剂,宜 工作性能的钢管混凝土材料。混凝土各原料同表 6

昌 5~25 mm 连续级配碎石,宜昌清江细度模数为 的应用实例,试验结果见表 7。

表 6 掺 WUT-G(Ⅰ)的 C60 钢管混凝土配合比及混凝土性能(二)

水泥:粉煤灰:膨胀剂:水:砂: 碎石/(kg/m³)	WUT-G(Ⅰ)掺量 %	扩展度 cm	混凝土含气量 %	坍落度/cm				28 d 强度 MPa
				0 h	1.5 h	3 h	5 h	
450:60:60:175:660:1 010	1.4	64	1.7	24	22.5	21	18.5	72.9
460:70:55:180:655:1 050	1.4	62	1.6	23	22	20.5	18	76

表 7 掺 WUT-G(Ⅰ)的 C60 钢管混凝土配合比及混凝土性能(三)

水泥:粉煤灰:膨胀剂:水:砂: 碎石/(kg/m³)	WUT-G(Ⅰ)掺量 %	扩展度 cm	混凝土含气量 %	坍落度/cm				28 d 强度 MPa
				0 h	1.5 h	3 h	5 h	
450:70:60:175:625:1 020	1.2	60	1.6	23	21.5	20	18	72
440:70:55:172:649:1 014	1.2	61.5	1.5	23	22	21.5	18.5	75.6

3 结 论

(1)利用聚羧酸减水剂、葡萄糖酸钠、硫酸锌等物质按一定比例复合,制备出钢管高强混凝土专用缓凝保塑高效减水剂 WUT-G(Ⅰ),在不同强度等级钢管高强混凝土中 WUT-G(Ⅰ)的掺量不同:C50 钢管混凝土中掺量为 0.9%~1.3%,C60 钢管混凝土中掺量为 1.2%~1.6%。

(2)采用缓凝保塑高效减水剂 WUT-G(Ⅰ)所制备的混凝土具有良好的工作性能:初始坍落度大于 23 cm、扩展度大于 60 cm,5 h 坍落度仍达 14 cm 以上,不离析、不泌水,完全满足钢管混凝土泵送施工工艺要求。同时,所制备的混凝土含气量小于 1.8%,能有效减少钢管混凝土中普遍存在的混凝土

与钢管壁脱粘现象的产生。

参考文献:

[1] 蔡绍怀.现代钢管混凝土结构[M].北京:人民交通出版社,2003.

[2] 韩林海.钢管混凝土结构:理论与实践[M].北京:科学出版社,2004.

[3] 张鸿.微膨胀高性能混凝土在钢管拱桥中的应用[J].华东公路,2003,(5).

[4] 李悦.钢管高强膨胀混凝土组成、结构与性能研究[D].武汉工业大学,1999.

[5] 陈建奎.混凝土外加剂的原理与应用[M].北京:中国计划出版社,1997.

Development of High-Effective Retarder and Water-Reducer for Preparing High-Strength Concrete-Filled Steel Pipe

PENG Yan-zhou, DIND Qing-jun, HU Shu-guang

(Key Laboratory for Silicate Materials Science and Engineering of the Ministry of Education, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

Abstract: A new type of high-effective retarder and water-reducer with low air entraining content and high water reducing rate for preparing high-strength concrete-filled steel pipe is developed by using of polycarboxylate water-reducer and sodium gluconate as well as zinc sulphate. Experimental results of this admixture show that, when a certain amount of the admixture ranged from 0.9% to 1.3% by the weight of cement is added for preparing C50 concrete-filled steel pipe while 1.2% to 1.6% for C60 concrete-filled steel pipe, fresh concrete has a perfect workability such as its initial slump is higher than 23 cm as well as initial flow is higher than 60 cm and its slump for 5 hours is above 14 cm, which meets the needs of requirements of concrete pumping technique. Furthermore, the fresh concrete has a low air-content(lower 1.8%), which could have a chance to decrease the probability of separation of the concrete and steel pipe generally existed in concrete-filled steel pipe structure.

Key words: high-strength concrete-filled steel pipe; retarder and water-reducer; low air entraining content; high water reducing rate