

配比组成对大流态水下不分散混凝土的性能影响

吴伟, 相福壮, 丁建彤, 李晓华, 许文英

(中国水利水电第七工程局试验检测研究院, 四川成都 610015)

摘要:水下浇筑成型混凝土需要其具有高流态、抵抗被水稀释的能力并能通过自重实现填充密实。阐述了调整混凝土配比参数,如絮凝剂用量、水胶比和胶凝材料组成,以扩展度表征流动性,悬浊物含量表征抗分散性,对大流态水下不分散混凝土的流动性与抗分散性的影响进行的研究。试验结果表明:在通过减水剂掺量控制水下不分散混凝土扩展度相同的条件下,絮凝剂掺量从 0% 提升至 3%,其抗分散性提高了 67%;将水胶比从 0.4 降低至 0.36,其抗分散性增幅达 55%;在优化胶凝材料组成,以硅灰、粉煤灰分别替代水泥 5% 和 15% 的条件下,对比基准 100% 水泥配比,其抗分散性提高了 35%。

关键词:水下不分散混凝土;配比;流动性;抗分散性;性能;影响

中图分类号:TV41;TV42;TV43;TV7

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2022)04-0081-04

Components in Mixture Impact on the Performance of Submerged High Flowable Non-Dispersed Concrete

WU Wei, XIANG Fuzhuang, DING Jiantong, LI Xiaohua, XU Wenying

(Test and Inspection Institute of Sinohydro Bureau 7 Co., Ltd, Chengdu, Sichuan 610015)

Abstract: The casting of submerged concrete requires high flowable, resistance to water dilution and consolidation by self-weight. This paper studies the influence of dosage of Anti-Water-Agent (AWA), Water to Binder Ratio(W/C) and the component of binder on the ability of anti-washout of highly flowable submerged concrete by the slump-flow and the content of suspended turbidity. All preliminary results show that, by the same slump-flow which is controlled with superplasticizer, the ability of anti-washout was improved by 67% while the dosage of AWA was increased from 0% to 3%; An additional decrease in the W/C from 0.4 to 0.36 leads to an enhancement of anti-washout ability by 55%. ; The optimal binder mixture is the replacement of cement by 5% silica fume and 15% fly ash, which make an increase of anti-washout ability by 35%.

Key words: submerged non-dispersed concrete; component in mixture; flowability; anti-washout; performance; effect

1 概述

采用水下导管法施工相比传统围堰施工能大幅度节约施工成本、加快施工进度,但其对水下不分散混凝土提出了较高的性能要求:需要其具有大流态、无振捣、自填充,同时能抵抗被水稀释的能力。水下不分散混凝土的性能被哪些因素影响以及其影响幅度是设计水下不分散混凝土配比的关键并成为相关研究热点:絮凝剂种类^[1]对水下混凝土抗分散能力的影响;不同砂率、石子大小以及水胶比对水下混凝土抗分散性、水中与陆地强度比^[2]的影响;添加硅灰、粉煤灰等优化胶凝材料对水下混凝土水中陆地强度比、凝结时间的影

响^[3]。但上述研究内容偏重于普通水下混凝土的强度与抗分散性。文中所介绍的研究是基于高性能水下不分散混凝土(水胶比 ≤ 0.4),考察配比参数对其流动性和抗分散性的影响。具体研究过程如下:通过对比水下不分散混凝土流动性和抗分散性的不同表征方法,选取敏感性高的测试方法应用于此次研究;选取絮凝剂掺量分别为 0%、1.5% 和 3%、水胶比分别为 0.36 和 0.4 以及不同胶凝材料组成(硅灰和粉煤灰分别替代水泥质量的 10% 和 0%、5% 和 15% 及 8% 和 15%),通过减水剂掺量调整以测试水下不分散混凝土在不同流动性条件下的抗分散性;根据试验结果,分析得出上述参数对水下不分散混凝土流动性和抗分

收稿日期:2022-06-10

散性的相互关系的影响规律。

2 试验与讨论

研究采用的材料:

(1) 水泥:拉法基 P·O42.5 普通硅酸盐水泥,其勃氏法比表面积为 $355 \text{ m}^2/\text{kg}$,密度为 $3.08 \text{ g}/\text{cm}^3$;

(2) 硅灰:成都东蓝星新材料股份有限公司生产的硅灰, SiO_2 含量为 92%,需水量比为 118%,28 d 活性为 108%;

(3) 粉煤灰:四川博磊生产的 I 级粉煤灰,细度为 8%,需水量比为 95%,28 d 活性为 75%;

(4) 细骨料:人工破碎骨料,细度模数为 2.66,表观密度为 $2710 \text{ kg}/\text{m}^3$,吸水率为 1.1%;

(5) 粗骨料:人工破碎骨料,其粒径为 5~20

mm,骨料表观密度为 $2720 \text{ kg}/\text{m}^3$,针片状含量为 5%;

(6) 减水剂:石家庄市长安育才建材有限公司生产的 GK-3000 聚羧酸减水剂,固体含量为 40%;

(7) 絮凝剂:中国水利水电第七工程局生产的 HB7-18 粉体絮凝剂。

此次研究分别采用水胶比为 0.36 和 0.4、絮凝剂掺量为 0%、1.5% 和 3% 进行试验。为方便记录,将文中的水泥、硅灰、粉煤灰和抗分散剂分别记为 C、SF、F 和 AWA。如试验编号 C80SF5F15-AWA1.5 表示水泥用量为胶材总质量的 80%,硅灰为 5%,粉煤灰为 15%,絮凝剂为 1.5%。试验用混凝土配合比见表 1。

表 1 试验用混凝土配合比表

编号	水	水泥	硅灰	粉煤灰	砂	石
C100	198	550	0	0	793	859
	220	550	0	0	782.4	847.6
C90SF10	198	495	55	0	793	859
C90SF5F15	198	440	27.5	82.5	793	859
C77SF8F15	198	423.5	44	82.5	793	859

所采用的水下混凝土性能测试方法按《水下不分散混凝土试验规程》DL/T5117-2000 进行。对比该规程中的流动性和抗分散性表征方法敏感性,此次研究采用敏感性高的扩展度表征流动性,采用悬浊物含量表征抗分散性。pH 与悬浊物含量敏感性见图 1,坍落度与扩展度敏感性见图 2。

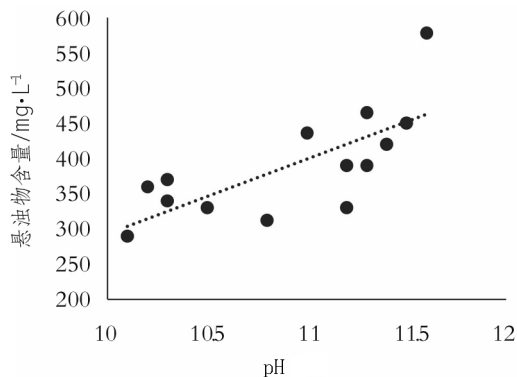


图 1 pH 与悬浊物含量敏感性示意图

2.1 抗分散剂掺量对抗分散性和流动性相互关系的影响

不同掺量的絮凝剂对水下混凝土的流动性和抗分散能力的影响可以通过扩展度与悬浊物含量的关系进行表征。C100 不同絮凝剂掺量条件下扩展度与悬浮物含量关系见图 3。

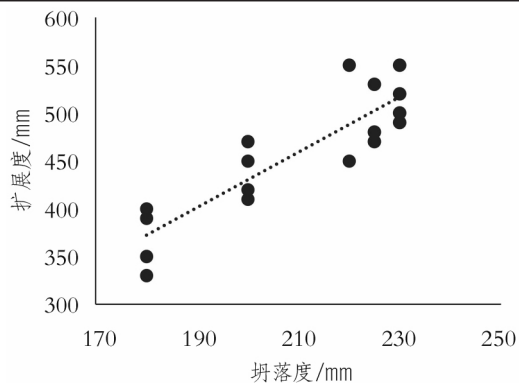


图 2 坍落度与扩展度敏感性示意图

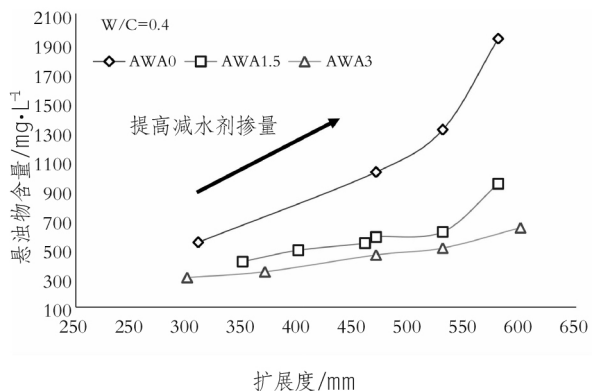


图 3 C100 不同絮凝剂掺量条件下扩展度与悬浮物含量关系图

研究表明:通过提高减水剂掺量以获得更大扩展度的方式将导致水下混凝土抗分散能力下降。固定某一扩展度,可以看出悬浊物含量随絮凝剂的增加而降低。以 550 mm 扩展度为例,絮凝剂从 0% 增加到 1.5%,悬浊物含量由 1 510 mg/L 下降至 700 mg/L,降幅为 53%;进一步提高絮凝剂掺量至 3%,悬浊物含量下降至 500 mg/L,降幅度达 67%。由此可见,提升絮凝剂掺量可以有效地提高水下混凝土的抗分散性能,这是因其增加了浆体黏度和保水能力的缘故,可以有效抵抗黏度下降。

2.2 不同水胶比对抗分散能力和流动性相互关系的影响

水胶比 (W/C) 从 0.4 降低至 0.36 对抗分散能力和流动性相互关系的影响见图 4。不同水胶比和絮凝剂掺量对抗分散性和流动性的影响见图 4。

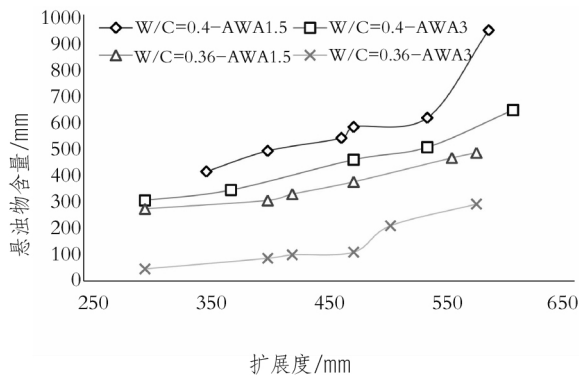


图 4 不同水胶比和絮凝剂掺量对抗分散性和流动性的影响示意图

从整体趋势看,悬浊物含量均随扩展度的增大而提高且不受水胶比的影响。固定扩展度,降低水胶比使悬浊物含量下降,抗分散性增强。当扩展度为 500 mm 时,水胶比从 0.4 降低至 0.36,絮凝剂掺量在 1.5% 的条件下,其悬浊物含量从 570 mg/L 下降至 380 mg/L,下降幅度为 33%;絮凝剂掺量在 3% 的条件下,其悬浊物含量从 420 mg/L 下降至 190 mg/L,下降幅度为 55%。由此可见:降低水胶比可以提升水下混凝土的抗分散能力;在降低水胶比的同时,提高絮凝剂掺量可以产生叠加效应,其抗分散能力提升幅度增强。

2.3 胶凝材料的组成对抗分散性和流动性相互关系的影响

在絮凝剂掺量为 3%,水胶比为 0.36 的条件下,不同胶凝材料的组成对抗分散性和流动性相互关系的影响见图 5。

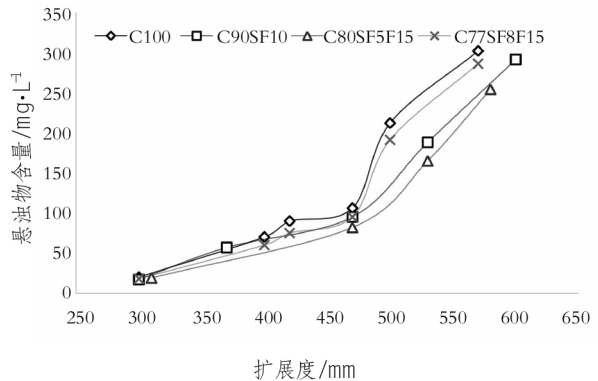


图 5 不同胶凝材料组成对抗分散性和流动性的影响示意图

在胶凝材料中引入掺合料的方式降低了悬浊物含量,增加了水下混凝土的抗分散性。扩展度小于 450 mm 时,对比 C100,加入掺合料方式的悬浊物含量降低幅度较小;而当扩展度大于 450 mm 时,其降幅明显,与文献[3]观察到的现象一致。

固定某一扩展度,C80SF5F15 表现出最佳的抗分散性能。例如,在扩展度为 550 mm 时,C80SF5F15 的悬浊物含量为 185 mg/L、C100 为 285 mg/L,两者之间的差异幅度为 35%。C90SF10 的抗分散能力增幅次之;对比 C100,悬浊物含量下降幅度为 28%;C77SF8F15 降幅最小,降低幅度为 12%。掺合料中的细颗粒使胶凝材料体系的密实度提高、比表面积提升、浆体内聚力增强导致其产生了更强的保水能力,与普通混凝土中掺合料的作用机理相同^[4~6]。

由此可见,在制备大流态水下混凝土时,通过采用掺合料(细粉料)替代部分水泥的方式可以明显降低悬浊物含量,增加其抗分散性能;在小流动度时采用该项技术,对提高水下混凝土的抗分散性并不明显。

3 结语

基于此次配比组成对流动性和抗分散能力影响研究取得的试验数据可以看出:

(1) 对于水下不分散混凝土,其流动性、抗分散能力的测试方法分别采用扩展度、悬浊物含量表征比坍落度、PH 值的评价方法具有更高的测

试敏感性;

(2)减水剂以及絮凝剂掺量对水下不分散混凝土的流动性与抗分散能力的影响成正比;

(3)水胶比的降低增加了水下混凝土的抗分散能力,且其与絮凝剂产生了叠加效应;

(4)采用掺合料(细粉料)替代部分水泥可以增加水下混凝土的抗分散性能且存在最优替代率。

参考文献:

- [1] Sikandar M A, Ahmad W, Khan A. Effect of various anti-washout admixtures on the properties of non-dispersible underwater concrete[J]. Construction and Building Materials, 2020, 34(10):1-10.
- [2] 武纪刚. 改良水下不分散混凝土在水利工程中的应用研究[J]. 水利技术监督, 2020, 27(5):220-222.
- [3] Khayar K H, Gattioui M E, Nmai C. EFFECT OF SILICA FUME AND FLY ASH REPLACEMENT ON STABILITY AND STRENGTH OF FLUID CONCRETE CONTAINING ANTI-WASHOUT ADMIXTURE. 1997.
- [4] Khatib J M, Wright L, Mangat P S. Effect of fly ash-gypsum blend on porosity and pore size distribution of cement

pastes[J]. Advances in Applied Ceramics, 2013, 112(4): 197-201.

- [5] F. T. Olorunsogo. Particle size distribution of GGBS and bleeding characteristics of slag cement mortars[J]. Cement & Concrete Research, 1998, 27(6):907-919.
- [6] Juhart J, David G A, Saade M, et al. Functional and environmental performance optimization of Portland cement-based materials by combined mineral fillers[J]. Cement and Concrete Research, 2019, 48(8):157-178.

作者简介:

- 吴 伟(1985-),男,重庆万州人,工程师,硕士,从事高性能混凝土材料研发工作;
- 相福壮(1994-),男,山东青岛人,助理工程师,硕士,从事高性能混凝土材料研发工作;
- 丁建彤(1970-),男,四川宜宾人,教授级高级工程师,博士,从事高性能混凝土材料开发与科研管理工作;
- 李晓华(1986-),男,湖北宜昌人,工程师,学士,从事水利水电工程试验检测工作;
- 许文英(1989-),女,四川绵阳人,工程师,学士,从事混凝土新材料研发与水利水电工程试验检测工作。

(责任编辑:李燕辉)

(上接第 80 页)

2.7 换刀结束后的掘进恢复

由于砂卵石地层具有一定的稳定性,因此最终决定采用加气推进的模式,即更换刀具后,启动刀盘与千斤顶恢复盾构掘进,同时保持土仓内的气压,暂不出土,逐渐恢复土仓内的存土量,增加土压,同步逐渐减小气压,最终实现土压完全代替气压平衡。

在恢复掘进第一环时,根据实际掘进情况逐渐增加推力及扭矩,逐步提高推进速度至 50 mm/min 以上。开始掘进时应注意有无喷涌的现象发生,发生喷涌时必须降低闸门的开度,加大螺旋输送机的转速,掘进速度应与出土匹配,出土量较大时需注意增加掘进速度。

3 结 语

随着大直径盾构逐步由郊区走向城区,且因带压开仓施工技术具有不占用地面空间,对市政道路、管线、房屋、民居等影响小,费用较低、效率较高的特点,在穿越繁华城区盾构施工换刀时具有常压换刀无法比拟的优越性而逐步得到应用。但是,由于该施工工艺要求相对较高,且因成都地

层的特殊性而导致施工风险极大。经过中国水电第七工程局 19 号线土建 2 工区项目部的多次试验与实践,在砂卵石及复合地层中成功解决了带压换刀的技术难题,取得了较好的效果,所阐述的内容可供同仁参考。

参考文献:

- [1] 康洪信. 广州地铁 4 号线盾构带压进仓换刀技术[J]. 建筑机械化. 2011, 37(6):67-69.
- [2] 唐伟,张继清,吴邵殇. 卵石地层中长距离大直径盾构换刀及地面加固研究[J]. 铁道工程学报, 2012, 29(2):19-24.
- [3] 王晖. 广州地铁三号线北延段盾构隧道工程施工技术研究[M]. 北京:人民交通出版社, 2012.
- [4] 吴云林. 地铁隧道复合地层盾构开仓况与施工技术探讨[J]. 工程机械与维修, 2021, 28(4):87-89.
- [5] 王江卡. 深圳地铁复合地层盾构换刀加固施工技术[J]. 工程建设与技术, 2015, 50(4):139-143.

作者简介:

- 吴宗林(1990-),男,四川绵阳人,项目经理助理,工程师,一级建造师,学士,从事城市地下工程施工技术与管理工作;
- 李学谦(1996-),男,四川成都人,助理工程师,学士,从事城市地下工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)