

C100 高强混凝土的配合比设计

张文海¹, 贾会杰¹, 崔志忱¹, 李沛²

(1. 中交一航局第一工程有限公司, 天津 300456;
2. 中交天津港湾工程研究院有限公司, 天津 300222)

摘要: 近年, 高强混凝土及应用技术迅速发展并逐步成熟, 已在我国高层建筑、大跨度桥梁、海上石油平台等工程中得到应用。理论及相关实践均表明, C100 高强混凝土已由试验室研究走向大型工程的应用。文章介绍了为满足某重大工程的设计需要, 研究配制 C100 高强混凝土的工程实践。实践表明, 运用现行混凝土配合比设计方法, 不改变现有混凝土制备工艺, 选择符合要求且质量稳定的原材料, 充分发挥矿物掺合料和减水剂的改善作用, 优化和优选配合比设计参数, 配制工作性能和强度均满足要求的高强混凝土是可以实现的。

关键词: C100; 高强混凝土; 配合比设计

中图分类号: TU528.31 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-7874(2018)06-0047-04

doi: 10.7640/zggwjs201806011

Mix design of C100 high-strength concrete

ZHANG Wen-hai¹, JIA Hui-jie¹, CUI Zhi-chen¹, LI Pei²

(1. No. 1 Engineering Co., Ltd. of CCCC First Harbour Engineering Co., Ltd., Tianjin 300456, China;
2. CCCC Tianjin Port Engineering Institute Co., Ltd., Tianjin 300222, China)

Abstract: In recent years, high-strength concrete and its technology have been rapidly developed, gradually mature and successfully applied to the engineering projects in China, such as high-rise buildings, large-span bridge, offshore oil platform, etc. Both the theory and relevant practice indicate that C100 high-strength concrete technology has transferred from the laboratory research to the application in large engineering projects. We introduced the engineering practice that related to the C100 high-strength concrete to meet the design requirement of a key project. The practice shows that it's feasible to produce the high-strength concrete with good workability and enough strength by using the current mix design method and existing preparation technology of concrete, selecting the suitable raw materials that meet the requirements and have stable quality, utilizing the improvement effect of mineral admixtures and water-reducer agent, and optimizing the parameters of mix design.

Key words: C100; high-strength concrete; mix design

0 引言

一般认为, 强度等级不低于 C50 的混凝土即为高强混凝土^[1], 但在 JGJ/T 281—2012《高强混凝土应用技术规程》^[2]中明确规定, 强度等级不低于 C60 的混凝土为高强混凝土。混凝土配合比, 是指单位体积的混凝土中各组成材料的质量比例。混凝土配合比设计的最终目的就是使各组成材料

相互搭配并被拌制成满足特定工程需要的混凝土, 且经济和实用^[3]。

现行的设计规范, 如 GB 50010—2010《混凝土结构技术规范》^[4]和 CECS 104:99《高强混凝土结构技术规范》^[5], 混凝土强度等级最高已经达到 C80。查阅相关文献, 近年来, 高强混凝土及其应用技术迅速发展并逐步成熟, 在我国已被应用于高层建筑、大跨度桥梁、海上石油平台等工程中, C100 高强混凝土已经由试验室研究走向大型工程的应用^[6-7]。《高强混凝土应用技术规程》, 对高强

收稿日期: 2018-03-02 修回日期: 2018-03-29

作者简介: 张文海 (1976—), 男, 天津市人, 高级工程师, 港口与航道工程专业。E-mail: 33162727@qq.com

混凝土的原材料控制、性能要求、配合比设计、施工和质量检验做了较全面和系统的规定,使得C100高强混凝土的应用有章可循。

本文中,为满足某重大工程的设计需要,研究配制C100高强混凝土,使其不仅满足高强度要求,同时具备良好的工作性能,相关成果可为高强混凝土在实际工程中的应用积累宝贵经验。

1 指标要求和技术路线

1.1 指标要求

《高强混凝土应用技术规程》中对C100高强混凝土的工作性能和强度规定如下:1)工作性能:坍落度 ≥ 220 mm;扩展度 ≥ 500 mm;坍落度经时损失 ≤ 10 mm/h;不离析,不泌水,凝结时间满足施工要求。2)强度:28 d混凝土配制强度 ≥ 115 MPa,力学性能试验方法符合现行国家标准GB/T 50081—2002《普通混凝土力学性能试验方法标准》^[8]的规定。

1.2 技术路线

运用现行国内外普遍使用的Mehta和Aitcin经典混凝土配合比设计方法^[9],使用市场上易购买且供应和质量稳定的原材料,不改变现有生产工艺,利用相容的高性能减水剂和高性能矿物掺合料,优化和优选混凝土配合比设计参数,设计配制出工作性能和强度均合格,且相对经济的C100高强混凝土。

2 原材料选择

2.1 水泥

配制高强混凝土,应采用矿物组成合理、细度合格的高强度水泥。从理论上讲,若能振捣密实,用42.5级普通水泥是有可能配制出C100高强混凝土的^[1]。为保证强度,《高强混凝土应用技术规程》规定,配置C80及以上强度等级的混凝土时,水泥28 d胶砂强度不宜低于50 MPa。在此选用P.O 52.5水泥,其检验结果如表1。

表1 P.O 52.5水泥检验结果
Table 1 Test results of P.O 52.5 cement

标准稠度需水量/ g	比表面积/ ($\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$)	初凝/min	终凝/min	3 d 抗折强度/ MPa	3 d 抗压强度/ MPa	28 d 抗折强度/ MPa	28 d 抗压强度/ MPa	安定性
136	375	152	264	6.2	32.6	8.4	60.3	合格

2.2 矿物掺合料

高强混凝土一般水泥用量高,而高水泥用量易引起高水化热。因此,如技术可行,应减少水泥用量,并使用高性能矿物掺合料代替,尽量降低因水化热带来的负面影响。此外,矿物掺合料可以通过改善水泥基材的化学组成,改善混凝土的工作性,增加其后期强度。在此,选用降黏型高性能掺合料,其检验结果如表2。

表2 矿物掺合料检验结果
Table 2 Test results of mineral admixture

密度/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	流动度比/%	需水量比/%	7 d 抗压 强度比/%	28 d 抗压 强度比/%
2.28	110	93	96	107

2.3 粗骨料

粗骨料在混凝土组织结构中起主要的骨架作用。对高强混凝土而言,岩石抗压强度、表观特征和最大公称粒径是选择粗骨料的3项重要指标。《高强混凝土应用技术规程》规定:1)岩石抗压强度应比混凝土强度等级标准值高30%;2)含泥量不应大于0.5%,泥块含量不应大于0.2%;3)针片状含量不宜大于5%,且不应大于8%;4)连续级配,最大公称粒径不宜大于25 mm。在此,选取当地片麻岩、花岗岩和玄武岩3种母岩的碎石进行对比试验,检验结果见表3,显然,麻岩碎石含泥量、针片状含量和岩石抗压强度均不满足要求,不能选用。

表3 粗骨料检验结果
Table 3 Test results of coarse aggregate

类型	表观密度/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	级配/mm	含泥量/%	泥块含量/%	针片状含量/%	压碎值/%	岩石抗压强度/MPa
片麻岩	2 740	连续 5~21.5	0.7	0.2	8.2	6.5	110
花岗岩	2 760	连续 5~21.5	0.5	0.2	7.3	5.7	132
玄武岩	2 750	连续 5~21.5	0.5	0.2	6.6	4.8	176

2.4 细骨料

《高强混凝土应用技术规程》规定: 1) 配制高强混凝土宜采用细度模数为 2.6~3.0 的Ⅱ区中砂; 2) 含泥量和泥块含量应分别不大于 2.0% 和 0.5%。在此, 选用当地中粗河沙, 其检验结果如表 4。

表 4 细骨料检验结果
Table 4 Test results of fine aggregate

类型	表观密度/(kg·m ⁻³)	含泥量/%	泥块含量/%	细度模数
河砂	2 650	1.8	0.1	2.8~3.0

2.5 拌合水

拌合水中不得含有影响水泥正常凝结与硬化的有害杂质。《高强混凝土应用技术规程》规定: 1) 不宜用混凝土搅拌与运输设备洗刷水; 2) 不得用未经淡化处理的海水。在此, 选用自来水作为拌合水。

2.6 外加剂

使用减水剂, 降低水灰比, 同时保证或改善混凝土的工作性能, 提高其强度, 已是现在普遍的做法, 减水剂在混凝土配制中已必不可少。《高强混凝土应用技术规程》规定: 1) 配制高强混凝土宜采用高性能减水剂, 配制 C80 及以上等级的混凝土, 高性能减水剂的减水率不宜小于 28%; 2) 外加剂应与水泥和矿物掺合料有良好的适应

性, 并应经试验验证。在此, 选用新型聚羧酸高性能减水剂, 经试验验证, 与上述水泥和矿物掺合料适应性良好, 其固含量不低于 40%, 减水率不低于 40%。

此外, 为防止混凝土内钢筋锈蚀, 设计要求选用复合氨基醇类高性能阻锈剂, 经试验验证, 亦与上述水泥和矿物掺合料良好适应。

3 配合比设计

3.1 主要影响因素

研究已经表明, 水胶比、掺合料用量和砂率是影响混凝土工作性能和强度的三大主要因素^[7]: 1) 对工作性能的影响程度中, 掺合料用量和砂率的影响显著, 其中掺合料用量最显著, 砂率次之; 2) 对强度的影响程度中, 水胶比和掺合料用量的影响显著, 其中水胶比最显著, 掺合料用量次之, 砂率的影响不显著。

3.2 参数确定

高强混凝土配合比应经试验确定。《高强混凝土应用技术规程》也给出了参考值, 配制 C100 高强混凝土时: 1) 水胶比 0.24~0.26; 2) 胶凝材料用量 550~600 kg/m³, 矿物掺合料用量宜为 25%~40%; 3) 砂率 35%~42%。

根据大量试配结果和上述影响因素分析, 最终得到设计配合比如表 5(水胶比 0.17、胶凝材料用量 650 kg/m³、砂率 38%)。

表 5 C100 高强混凝土配合比
Table 5 Mix design of C100 high-strength concrete

自来水/ (kg·m ⁻³)	P.O52.5/ (kg·m ⁻³)	降黏型高性能掺合料/ (kg·m ⁻³)	河砂/ (kg·m ⁻³)	碎石/ (kg·m ⁻³)	复合氨基醇类 高性能阻锈剂/%	新型聚羧酸 高性能减水剂/%
112	480	170	670	1 100	1.2	2.0

3.3 拌合物性能检验

依据 GB/T 50080—2016《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》^[10] 规定的试验方法, 按照表 5

配制的 C100 高强混凝土拌合物性能检验结果见表 6, 检验结果显示, 混凝土拌合物工作性能良好, 满足要求。

表 6 混凝土拌合物性能检验结果
Table 6 Performance test results of concrete mixture

编号	碎石 类型	初凝 时间/h	终凝 时间/h	坍落度/扩展度/mm	
				初始	坍落度损失(1 h 后)
1	花岗岩	4.5	13.5	245/680	235/660
2	玄武岩	5	14	245/690	240/670

注: 拌合物不离析, 不泌水, 凝结时间满足施工要求。

3.4 强度性能检验

依据《普通混凝土力学性能试验方法标准》规定的试验方法,以上述两种母岩的碎石各成型并养护3组共计6组标准立方体试块,测试各组试块7 d、28 d和60 d的抗压强度,试验结果见表7。检验结果显示,本文选用的原来材料质量稳定,按照表5设计的配合比其28 d抗压强度均能满足 ≥ 115 MPa。最终,根据运距和经济性综合比较,选定玄武岩母岩的碎石为粗骨料。

表7 抗压强度检验结果

Table 7 Test results of compressive strength

编号	碎石类型	抗压强度/MPa		
		7 d	28 d	60 d
1	花岗岩	89.6	117.8	122.7
		85.1	115.3	120.5
		86.4	113.4	116.7
3	玄武岩	89.3	120.3	125.6
		90.2	122.6	126.2
		88.3	122.5	125.7

4 结语

本文配合比设计已通过专家论证,且已成功应用于中交一航局承揽的某项重大工程中,所配制的C100高强混凝土不仅工作性能满足施工要求,强度亦符合质量标准验收要求,工程质量得以保证。通过此项工程实践,主要得到如下经验和结论:

1) 运用现行混凝土配合比设计方法,不改变现有混凝土制备工艺,选择符合要求且质量稳定的原材料,充分发挥矿物掺合料和减水剂的改善作用,优化和优选配合比设计参数,配制出高强混凝土是可以实现的;

2) 本文中的水胶比、胶凝材料用量和砂率,3个关键参数的选取是以《高强混凝土应用技术规程》中给出的参考值为依据的,但最终水胶比和

胶凝材料用量均不在给出的参考范围内,本次工程实践丰富了C100高强混凝土的配制经验;

3) 从配合比设计到混凝土工程质量验收,混凝土的生产、运输、浇筑和养护各个环节均需按照相关要求有效把控。

参考文献:

- [1] 张应力. 现代混凝土配合比设计手册[M]. 2版. 北京: 人民交通出版社, 2002.
ZHANG Ying-li. Modern concrete mix design manual[M]. 2nd ed. Beijing: China Communications Press, 2002.
- [2] JGJ/T 281—2012, 高强混凝土应用技术规程[S].
JGJ/T 281—2012, Technical specification for application of high strength concrete[S].
- [3] 吴中伟, 廉慧珍. 高性能混凝土 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 1999.
WU Zhong-wei, LIAN Hui-zhen. High performance concrete[M]. Beijing: Chinese Railway Publishing House, 1999.
- [4] GB 50010—2010, 混凝土结构设计规范[S].
GB 50010—2010, Code for design of concrete structures[S].
- [5] CECS 104:99, 高强混凝土结构技术规程[S].
CECS 104:99, Technical specification for high-strength concrete structures[S].
- [6] 刘洋. 基于全算法配制C100高强混凝土强度、工作性研究[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2014.
LIU Yang. Study on strength and workability of C100 high-strength concrete based on full calculation method[D]. Chongqing: Chongqing Jiaotong University, 2014.
- [7] 路来军, 朱效荣, 高兴燕, 等. C100高性能混凝土的研究与应用[J]. 混凝土, 2003(7): 43-47, 65.
LU Lai-jun, ZHU Xiao-rong, GAO Xin-yan, et al. The research and application of C100 high performance concrete[J]. Concrete, 2003(7): 43-47, 65.
- [8] GB/T 50081—2002, 普通混凝土力学性能试验方法标准[S].
GB/T 50081—2002, Standard for test method of mechanical properties on ordinary concrete[S].
- [9] MEHTA P K, AIETCIN Pierre-Claude C. Principles underlying production of high performance concrete[J]. Cement, Concrete and Aggregates, 1990, 12(2): 70-78.
- [10] GB/T 50080—2016, 普通混凝土拌合物性能试验方法标准[S].
GB/T 50080—2016, Standard for test method of performance on ordinary fresh concrete[S].