

-C60泵送混凝土基准配合比的设计与优化

徐万宝 韩志月

宁波交通工程建设集团有限公司 浙江宁波 315000

摘要: 明州大道的主桥是波形钢腹板C60混凝土结构,截面是变截面,同时考虑钢腹板与混凝土的相容性,拟采用泵送混凝土作为波形钢腹板核心混凝土,优化出强度增长稳定、耐久性指标优异且具有高流动度自填充性和低粘度的混凝土配合比是本设计的主要目标。

关键词: C60泵送混凝土、正交分析法、单因素分析法、配合比设计与优化

引言

明州大道(洞桥至云龙段)工程,垂直横跨奉化江。主桥采用100m+160m+100m预应力波形钢腹板变截面连续箱梁,其跨度大,承载的复杂性,既有动载荷又有静载荷,因此既要保证主桥的强度要求,同时要满足其工作性和耐久性要求。

1 C60 混凝土配合比设计存在的问题

1.1 性能要求及控制指标

高强混凝土水胶比低,粘聚性高,在泵送过程中难形成有效的润滑层,致使运动阻力加大。较高的粘度也阻碍了施工的浇筑和自身的密实性,因此,既要求混凝土的高强度又需要其良好的流动性和低粘度具有很大难度,配置过程需要注意以下技术要点:

1.2 粘度与和易性问题

输送泵管道里混凝土的摩擦阻力正比于粘度和流速,长距离泵送难度大的原因是阻力大和分层离析造成的,因此实现高强度混凝土的可泵性的关键技术是降低混凝土的粘度和摩擦阻力,同时不破坏其和易性,不出现分层离析现象。

1.3 塌落度和扩展度问题

长距离泵送混凝土,经过泵送挤压后,塌落度、扩展度、流动性和粘性等都会有损失,损失率随着泵送距离的增加而逐步加大,从而导致浇筑密实性下降,强度降低。

1.4 波形钢腹板混凝土的脱空问题

波形钢腹板-混凝土组合结构的关键难题,一旦出现将弱化刚度、耐久性,甚至影响其使用的安全性^[1]。引起波形钢腹板混凝土脱空的主要原因是泵送混凝土时,混凝土流动性欠佳、钢腹内纵横肋筋密集,使混凝土输

送不到位或者密实度不够,从而导致成波形钢腹板内核心混凝土产生空洞,形成脱空;基于上述分析,波形钢腹板混凝土设计的核心问题是如何保证强度、波形钢腹板混凝土的密实性、不剥离。其配合比控制指标如下:

1) 泵送性能要求及控制指标:

A初始坍落度180-220mm,初始扩展度 ≥ 550 mm;

B坍落度保持性:1h坍落度180-220mm,1h扩展度 ≥ 500 mm;

C混凝土外加剂与胶凝材料适应性好

2) 力学性能:7d ≥ 60 MPa,28d ≥ 69 MPa。

2 配合比初步设计

(1)组分设计

1)胶凝材料

2.1水泥

配制高性能混凝土宜选用低碱、低氯、细度适宜的强度等级不低于42.5的普通硅酸盐水泥。严格控制碱含量不大于0.6%,以防止混凝土的碱-集料反应造成破坏;

2.2矿物掺合料

优质矿物掺合料掺入可改善混凝土工作性,可以缓解低水胶比带来的自收缩现象,及降低水化热,增进后期强度,提高抗腐蚀能力,改善水泥基材的化学组成。矿物掺合料加入新拌混凝土中,填充水泥颗粒间及水泥与骨料的空隙,起“微集料”的作用,降低水泥用量,改善混凝土拌和物的和易性,减少泌水和离析现象,提高水泥浆和集料界面密实程度^[2]。

另外,由于矿物掺合料的水化历程不同,按照其不同反应特点设计胶凝材料的组分,能够利用各自的固有特性优势互补,产生超叠加效应,可有效调节着水泥的水化过程,形成较为优化的水泥石结构,提高水泥石的密实性,强化混凝土的界面过渡,以及降低水化热。进而提高混凝土的力学性能和耐久性。

(1)磨细矿渣

通信作者: 徐万宝,1990年5月,男,汉族,浙江宁波,现就职于宁波交通工程建设集团有限公司,工程师,本科,研究方向:道路桥梁,邮箱:kingasuka@163.com。

磨细矿渣的早期增强效果明显优于粉煤灰, 细度越细, 强度效果愈佳, 另外还能改善混凝土的抗化学侵蚀性能, 因此其比表面积宜控制在400~500 m²/kg之间。

(2) 粉煤灰

混凝土配合比设计中主要利用粉煤灰的滚珠效应, 提高混凝土的流动性。但粉煤灰的质量好坏直接影响到混凝土的质量, 因此, 宜选择燃煤工艺先进的电厂, 烧失量不大于8%, 需水比不得大于100%的F类粉煤灰。

②骨架材料

a砂: 砂是制备混凝土的重要成分, 它的成分影响着混凝土性能。宜选用细度模数为2.3~3.0的中粗河砂, 同时其含泥量小于1.5%, 泥块含量不大于0.5%, 孔隙率小于44%。

b碎石: 当温湿度发生变化时, 水泥石和集料变形不一致, 而且骨料界面区晶体富集且定向排列, 结构较为疏松, 致使在界面形成微裂纹; 另外, 在混凝土硬化前, 水泥浆体中的水分向亲水的集料表面迁移, 在集料表面形成一层水膜, 从而在硬化的混凝土留下细小缝隙。而碎石粒径过大增大界面过渡区, 弱化混凝土的耐久性^[3]。同时, 碎石的吸水率、粒径、形状、表面状况、级配及石粉含量等, 影响混凝土的工作性和强度, 因此尽量选择洁净、集配良好的石子。

③减水剂

C60混凝土的性能特点不同于普通混凝土也不同于一般的高性能混凝土, 其自密实的特性决定了必须选用优质的外加剂。这种外加剂需与胶凝材料具有较好的相容性外, 通过混凝土试拌, 可拌制出像粘稠液体一样柔软的混凝土, 内聚力极强且拌合物状态相对稳定。

(3) 配合比参数的初步确定

根据前期混凝土试拌结果, 采用正交分析法进行试验研究各因素对混凝土性能的影响规律, 考虑的因素有: ①砂率: 固定胶凝材料组分、水胶比对砂率和石子混和比例进行优化, 砂率取37%、39%和41%; ②单位用水量取150、155和160; ③胶凝材料配伍: 国内外工程中粉煤灰取代量范围采用15~25%, 矿粉取代量采用15~25%, 即:15%、20%和25%。水胶比控制为0.31。采用四因素三水平正交法设计, 9个配合比数据(水泥:FA:SL:砂:小石:大石:水,单位kg/m³)及编号如下:

①338:73:73:653:223:890:150②290:97:97:686:213:857:150

③242:121:121:716:204:826:150④325:75:100:712:205:820:155

⑤275:100:125:639:217:870:155⑥300:125:75:671:209:

840:155

⑦309:78:129:666:208:833:160⑧335:103:78:698:201:803:160

⑨284:129:103:626:213:852:160

从1小时坍落度、扩展度和强度等方面反复试验、筛选, 最终选定编号①为试验室基准配合比: 水胶比0.31, 砂率37%, 掺合料30%, 外加剂2.00%

2.3 混凝土配合比优化

在基准配合比的基础上, 继续采用单因素分析法对C60混凝土的拌和物工作性、抗压强度进行试验。水胶比: 选用0.29、0.30和0.31。砂率: 选用36%, 37%, 38%。掺合料: 矿物掺合料采用矿粉、粉煤灰二元复合, 发挥其叠加效应。因此粉煤灰、矿粉替代水泥的比例考虑10%~20%, 掺合料的比例选取30%~50%。

1)水胶比优化

单位用水量一定, 相同掺合料总量, 相同砂率条件下时, 水胶比0.30~0.31范围内, 其均匀性均较好, 扩展度基本满足要求。总体上随着水灰比减少, 试件的和易性和强度有下降趋势。这应该是水量过小, 物料没有充分反应, 使得流动变小和强度变弱。确定水胶比为0.30~0.31。

2)砂率优化

水灰比0.31和0.29时, 随着砂率增加, 混凝土坍落度和扩展度均有增加趋势, 细集料填充粗集料的孔隙, 使得拌合物和易性增加^[4]。水灰比0.30时, 坍落度和扩展度随着砂率先增加后减小, 砂率37%时获得最佳工作性。在水灰比0.29~0.31之间, 随着砂率增大, 混凝土3d和7d强度均有所下降。应该是由砂率增大, 细集料用量增大, 胶凝材料不能完全包裹砂子造成强度下降。确定合理砂率为37%。

3)掺合料比例优化

水灰比0.30时, 随着矿粉/粉煤灰比例的增加, 混凝土坍落度和扩展度先大后小, 各龄期强度也先大后小, 矿粉/粉煤灰=1:1时, 综合性能最好。其他水灰比下, 随着两者比例的不同, 混凝土指标也有所波动, 但幅度均较小。确定矿粉和粉煤灰比值为1:1。

4)减水剂掺量优化

根据以上试验, 确定砂率37%, 矿粉和粉煤灰质量1:1, 分别以水胶比0.30和0.31进行复验, 其中坍落度和扩展度为拌合后40min测定。其配合比编号(水泥:FA:SL:砂:小石:大石:外加剂:水,单位kg/m³)和测试结果如下:

⑩350:75:75:666:227:907:10.500:150外加剂2.10%, 坍落度215 mm, 扩展度590mm, 7d强度62MPa, 28d强度

74MPa

⑩338:73:73:672:227:907:9.680:150外加剂2.00%，坍落度210 mm，扩展度550mm，7d强度59MPa，28d强度70MPa

由测试结果可知，配合比编号⑩、⑪减水剂用量分别为2.10%、2.00%时，拌制出的混凝土坍落度和扩展度、力学性均满足指标的要求。

结束语

综上，通过单因素的对比试验，考察试件的工作性和强度。选定了水胶比0.30~0.31，砂率37%，矿粉/粉煤灰为1:1等初步配合比参数，随后又对配合比进行优化设计，考虑到实际工程混凝土强度需要一定的富余系

数，最终选定编号⑩为试验室C60普通配合比。

参考文献：

[1] 张全贵,代洪帅,官汝元,刘文秀,李辉,王聪,王付刚.泵送过程对C60混凝土拌合物气泡特征的影响研究[J].混凝土世界,2022(01):69-72.

[2] 王晓燕,焦岩,李世华,黄睿.浆体流变性对C60超高泵送混凝土工作性能的影响[J].建筑施工,2021,43(01):119-121+132.

[3] 孙跃维,罗元丰,张雪燕.优化C60高强度泵送混凝土的配合比设计[J].宁波工程学院学报,2008,20(04):26-29

[4] 罗元丰,张雪燕.C60高强度泵送混凝土配合比的优化设计[J].浙江建筑,2007(06):47-48+51.