

# 太河水库坝坡混凝土配合比设计

温国梁<sup>1</sup>,尹启亮<sup>1</sup>,付晓丽<sup>1</sup>,王旭<sup>2</sup>

(1 山东省水利勘测设计院,山东 济南 250013;2 山东水利置业有限公司,山东 济南 250012)

**摘要:**混凝土质量是影响混凝土结构耐久性的重要因素,科学、合理的混凝土配合比设计是保证混凝土质量的前提。详细介绍了混凝土配合比设计中水胶比、最优砂率的确定,通过调整不同粒级粗骨料掺配比例实现紧密密度最大、孔隙率最小,最终实现最优推荐配合比,保证坝坡混凝土抗冲刷、抗冻融等性能,并结合实际给出施工配合比调整方法及工作建议。

**关键词:**水库坝坡;骨料;混凝土;配合比设计

中图分类号:TV223

文献标识码:B

文章编号:1004-4620(2018)04-0079-02

## 1 前言

太河水库位于山东省淄博市山北麓,北起鸡鸣山,南傍马鞍山,东依青龙山,西临豹眼山,南北长约10余km,东西宽约3km,上游控制流域面积约780km<sup>2</sup>,总库容为1.8亿m<sup>3</sup>,是全国大型水库之一。整个库区水质洁净,不仅是一项大型水利设施,而且是一处风景秀丽的游览胜地。水库在除险加固过程中为保证大坝质量,提高坝坡混凝土耐久性,能否设计出科学、合理、经济、适用的混凝土配合比,成为该工程关键技术问题。为解决该问题,试验室进行了混凝土配合比优选试验,试验内容包括原材料检测、混凝土拌合物工作性和物理力学性能指标检测,力争从混凝土配合比设计层面保证其设计强度、耐久性等级及经济性,从而保证坝坡混凝土整体质量。

## 2 试验过程及结果

### 2.1 试验内容及依据和方法

太河水库护坡混凝土设计等级C30F150,水胶比0.40~0.45,粉煤灰最大掺量20%,坍落度要求160~200mm,石子连续级配,骨料最大粒径31.5mm,强度保证率95%。依据SL352—2006进行混凝土配合比设计。首先根据设计要求的强度和耐久性选定水胶比,再根据施工要求的坍落度和石子最大粒径选定用水量,用水量除以选定的水胶比求出胶材用量,最后采用体积法计算饱和面干状态下砂、石用量,并通过试验和必要的调整,确定1m<sup>3</sup>混凝土材料用量配合比。

### 2.2 原材料试验

1)水泥。选用P.O42.5级水泥,经检测该水泥符合GB175—2007标准要求,检验结果见表1。

表1 水泥物理力学指标检验结果

| 项目  | 抗折强度/MPa |      | 抗压强度/MPa |       | 比表面积/<br>(m <sup>2</sup> ·kg <sup>-1</sup> ) | 凝结时间/min |      | 安定性/mm | 标准稠度<br>用水量/% |
|-----|----------|------|----------|-------|--|----------|------|--------|---------------|
|     | 3d       | 28d  | 3d       | 28d   |  | 初凝       | 终凝   |        |               |
| 标准值 | ≥3.5     | ≥6.5 | ≥17.0    | ≥42.5 | ≥300   | ≥45      | ≤600 | ≤5.0   |               |
| 检测值 | 5.0      | 8.2  | 24.0     | 53.3  | 353  | 188      | 262  | 0.8    | 27.8          |

2)粉煤灰。选用F类Ⅱ级粉煤灰,所检指标符合DL/T5055—2007中对Ⅱ级粉煤灰的技术要求,检验结果见表2。

表2 粉煤灰质量检验结果 %

| 项目  | 细度    | 需水量比 | 烧失量  | 含水量  | SO <sub>3</sub> 含量 |
|-----|-------|------|------|------|--------------------|
| 标准值 | ≤25.0 | ≤105 | ≤8.0 | ≤1.0 | ≤3.0               |
| 检测值 | 19.6  | 100  | 5.8  | 0.2  | 1.0                |

3)外加剂。选用HPC-GYJ高效引气减水剂,所检项目符合GB8076—2008中的质量要求,总碱量2.15%,密度1.135g/cm<sup>3</sup>。

4)粗骨料。粗骨料为5~31.5mm碎石,掺配比

例参照GB/T14685—2011中对5~31.5mm碎石累积筛余规定的上下线范围基础上,通过最大紧密密度试验得到具体数值。试验结果表明,粗骨料各粒级掺合比例为20%(5~10mm)、50%(10~20mm)、30%(20~30mm)的碎石紧密密度最大(1610kg/m<sup>3</sup>),空隙率41%最小,为最优掺配比例。

依据SL352—2006对粗骨料的含泥量、泥块含量、堆积密度、表观密度、空隙率、针片状颗粒含量、压碎指标、饱和面干吸水率等指标进行检测,检测结果表明,所检指标符合DL/T5144—2001对粗骨料的品质要求。筛分试验粗骨料筛分曲线见图1。

5)细骨料。细骨料为天然中砂,所检指标符合DL/T5144—2001对细骨料的品质要求。该砂细度模数为2.87,筛分试验细骨料筛分曲线见图2。

收稿日期:2018-06-22

作者简介:温国梁,男,1977年生,2007年毕业于中国农业大学农田水利专业。现为山东省水利勘测设计院工程师,主要从事工程试验与检测工作。

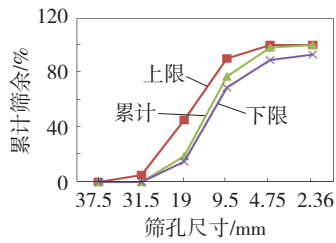


图1 粗骨料 5~31.5 mm 筛分曲线

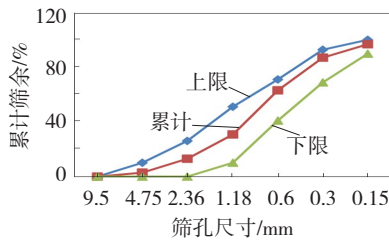


图2 细骨料筛分曲线

## 2.3 混凝土配合比设计

### 2.3.1 混凝土配制强度的确定

根据 SL 352—2006 水工混凝土配合比设计方法,混凝土配制强度按下式计算:

$$f_{cu,0} = f_{cu,k} + t\sigma,$$

式中:  $f_{cu,0}$  为混凝土配制强度, MPa;  $f_{cu,k}$  为混凝土设计龄期的设计抗压强度, MPa;  $t$  为保证率系数, 由给定的保证率  $P$  选定;  $\sigma$  为混凝土抗压强度标准差, MPa。当设计龄期为 28 d, 抗压强度保证率  $P$  为 95% 时, 取概率度系数  $t=1.645$ 。

### 2.3.2 混凝土配合比设计基本参数的选择

1) 水胶比。根据规范中最大水胶比要求, 考虑到混凝土强度及抗冻等级要求, 水胶比选择范围为  $<0.50$ 。每个标号的混凝土, 选取 3 个水胶比进行比较选择。

2) 最优砂率。根据选定的骨料, 在水胶比和胶凝材料用量保持不变条件下改变砂率, 当混凝土拌合物坍落度最大时, 所对应的砂率为最优砂率。在该配比案例中, 选定 0.43 为基准水胶比, 单位用水量 161 kg, 粉煤灰掺量 20%。当减水剂掺量为 2.0% 时, 通过试拌, 砂率 39%、40%、41%、42%、43% 所对应的坍落度分别为 160、175、185、180、170 mm。由试拌结果看出: 在满足该混凝土工作性能要求下, 水胶比 0.43 对应的最优砂率为 41%。其他水胶比按该基准水胶比  $\pm 0.05$ , 砂率  $\pm 1\%$  内变动。采用用水量不变的原则来调整胶凝材料用量, 并在该幅度范围内选取配合比。

### 2.3.3 胶材用量的确定

混凝土的胶凝材料用量 ( $m_c+m_p$ )、水泥用量  $m_c$  和掺合料用量  $m_p$  按下式计算:

$$m_c + m_p = m_w / [w/(c+p)],$$

$$m_c = (1 - P_m)(m_c + m_p),$$

$$m_p = P_m(m_c + m_p).$$

式中:  $m_c$  为每立方米混凝土水泥用量, kg;  $m_p$  为每立方米混凝土掺合料用量, kg;  $m_w$  为每立方米混凝土用水量, kg;  $P_m$  为掺合料产量;  $w/(c+p)$  为水胶比。当不掺掺合料时,  $P_m$ 、 $m_p$  均取 0。

### 2.3.4 骨料用量的确定

砂、石料用量由已确定的用水量、水泥(胶凝材料)用量和砂率, 根据“绝对体积法”计算。

### 2.3.5 混凝土性能指标的检测

1) 混凝土抗压试验。混凝土成型 28 d 后试块强度及各指标见表 3。

表3 C30F150混凝土抗压试验结果

| 编号 | 水胶比  | 胶凝材料用量/kg | 胶水比  | 抗压强度/MPa |
|----|------|-----------|------|----------|
| 1  | 0.48 | 335       | 2.08 | 30.7     |
| 2  | 0.43 | 375       | 2.33 | 39.1     |
| 3  | 0.38 | 424       | 2.63 | 47.2     |

2) 混凝土抗冻试验。抗冻融试验结果见表 4。相对动弹模量和质量损失均符合标准要求。

表4 C30F150混凝土抗冻试验结果

| 编号 | 水胶比  | 冻融次数 | 冻融后状态    |        |
|----|------|------|----------|--------|
|    |      |      | 相对动弹模量/% | 质量损失/% |
| 1  | 0.48 | 150  | 61.7     | 4.9    |
| 2  | 0.43 | 150  | 70.4     | 3.8    |
| 3  | 0.38 | 150  | 73.5     | 3.1    |

### 2.3.6 推荐配合比

根据设计指标, 考虑到施工单位实际生产时生产质量控制要素多且复杂, 具有起伏性, 试验室配合比设计时对混凝土性能保持足够的富裕, 并且还要考虑拌合物的坍落度。所以, 推荐水胶比为 0.43 为参考配合比: 每立方混凝土需用水泥 300 kg, 粉煤灰 75 kg, 外加剂 7.5 kg, 水 161 kg, 砂 764 kg, 5~31.5 mm 碎石 1 100 kg。测得初始坍落度为 185 mm, 40 min 后坍落度为 120 mm, 混凝土含气量 4.8%, 7 d 强度 29.3 MPa, 28 d 强度 39.1 MPa。5~10 mm、10~20 mm、20~31.5 mm 的石子比例为 2:5:3。

## 3 施工配合比的调整方法及建议

当施工条件与试验室配合比设计时的标准条件不同时, 以标准条件为准, 将实际用水量、骨料用量校准到试验室设计配合比的用量, 其目的在于准确实现试验室配合比。当气候条件、拌合物运输条件及浇筑条件改变时, 需对设计坍落度指标进行调整, 当砂的细度发生变化时, 也需调整配合比。在进行配合比调整时, 必须保持水胶比不变, 调整和换算的施工配合比经校核正确后, 才可以在施工中使用, 确保严格实现设计配合比, 以保证混凝土拌合物质量。