

## 新疆严寒地区水利工程抗裂混凝土配合比试验研究

刘裕

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要] 新疆地区属于严寒地区, 水利工程作为基础设施建设对混凝土的抗裂性能提出了更高要求。随着我国西北地区水利工程建设不断深入, 混凝土开裂问题日益显著, 已成为影响混凝土结构耐久性的重要因素。针对此情况, 文中通过试验研究了新疆严寒地区水利工程中抗裂混凝土的优化配合比。本研究为我国西北地区水利工程混凝土配合比设计提供了参考, 也为今后混凝土在极端气候条件下的应用提供了依据。

[关键词] 新疆严寒地区; 抗裂混凝土; 膨胀剂; 性能测试; 推荐配合比

DOI: 10.33142/hst.v7i5.12305

中图分类号: TV421

文献标识码: A

### Experimental Study on the Mix Ratio of Crack Resistant Concrete for Water Conservancy Projects in Severely Cold Regions of Xinjiang

LIU Yu

Xinjiang Water Resources and Hydropower Survey, Design and Research Institute Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

**Abstract:** Xinjiang region belongs to the severe cold region, and water conservancy engineering as infrastructure construction has put forward higher requirements for the crack resistance performance of concrete. With the continuous deepening of water conservancy engineering construction in the northwest region of China, the problem of concrete cracking is becoming increasingly significant and has become an important factor affecting the durability of concrete structures. In response to this situation, the article conducted experimental research on the optimized mix proportion of crack resistant concrete in water conservancy projects in severely cold regions of Xinjiang. This study provides a reference for the concrete mix design of water conservancy projects in the northwest region of China, and also provides a basis for the future application of concrete under extreme weather conditions.

**Keywords:** severe cold regions in Xinjiang; anti cracking concrete; expansive material; performance testing; recommended mix ratio

新疆地处中国西北地区, 属于严寒地区, 每年均有长达6个月的低温期。长期以来, 混凝土裂缝一直困扰着新疆地区水利工程建设。混凝土自身收缩是引起开裂的主要内因之一。尤其是严寒地区, 极端低温更易导致混凝土收缩增大和裂缝产生。为解决此问题, 提高新疆水利工程混凝土的抗裂性能, 本文通过试验研究了掺入膨胀剂和减水剂等措施优化混凝土配合比的方法。首先, 通过文献研究总结了混凝土裂缝形成机理及影响因素。并选定新疆常用的C30级混凝土为研究对象。然后, 设计了5组含有不同配比的膨胀剂和减水剂的试验混凝土。试验结果显示, 掺入适量膨胀剂和高效减水剂可以有效降低混凝土的水化热量和干缩程度。该研究为新疆水利工程混凝土配合比设计提供了参考依据。通过优化配合比, 有效提高了混凝土在严寒环境下的抗裂性能, 为新疆地区水利工程建设提供了技术支持。

#### 1 原材料的选择

在新疆严寒地区水利工程抗裂混凝土配合比试验研究中, 原材料的选择尤为重要。首先, 应选择符合国家和行业标准的优质水泥。由于试验目的是提高混凝土在低温环境下的抗裂性能, 选择硅酸盐水泥是首选, 能有效提高混凝土的低温强度。其次, 粉煤灰和外加剂也应选择质量

合格、稳定性好的产品。本次试验选择的II级粉煤灰和SKY减水剂, 均经过厂家检测合格, 能充分发挥其在混凝土中的功能。再者, 骨料应选择天然砂和碎石, 粒度均匀, 杂质少。试验混凝土需要进行机械试验, 骨料质量直接影响试验结果。最后, 膨胀剂应选择UEA型产品。它具有良好的膨胀性能, 能有效降低混凝土的收缩程度。原材料的选择直接影响试验结果的可靠性。本次试验采用的各种原材料, 其质量均符合国家标准, 有利于获取可靠的试验数据, 为新疆水利工程提供技术支持。

#### 2 配合比设计

为新疆严寒地区水利工程设计C25F300二级抗裂混凝土配合比, 应考虑以下几点: 首先, 根据标准DL/T 5144-2015和DL/T 5150-2017《水工混凝土试验规程》规定, 采用95%保证率计算混凝土施工配制强度, 公式为:  $f_{cu,0} = f_{cu,k} + 1.645\sigma$ , 其中 $f_{cu,0}$ 为混凝土设计强度MPa,  $\sigma$ 为强度标准差MPa, 通过计算得到施工配制强度 $f_{cu,0}$ , MPa。其次, 为满足低温环境下的抗裂性能, 应优先考虑降低水泥用量、水泥胶比和内部温升。同时, 增加粉煤灰掺量可以提高低温强度, 并适当增加砂料率可以改善浇筑性能。此外, 设计3组不同配合比, 分别调整砂料率为34%、35%和36%, 其他配合成分如水泥胶比、粉煤灰

量等保持一致。这有利于比较不同砂料比下的性能，为最优配合比提供参考。最后，配合比试验设多组重复，以减少个体差异影响结果准确性。同时检测项目不仅限于强度，还应包括温升、收缩变形等多项性能，给出全面评价。考虑新疆低温环境特点，科学设计了配合比组合，有利于获取可靠数据，为抗裂混凝土配方提供参考。

### 3 混凝土性能测试及结果分析

根据标准混凝土养护规程，我们制备了3组不同配合比的混凝土试件。在标准养护条件下，等候试件达到规定的养护龄期后，我们对不同配合比的混凝土试件进行了一系列性能测试。具体测试每组混凝土试件的抗压强度、抗拉强度、抗冻融循环性能和收缩变形性能，如表1所示。测试结果显示，配合比对混凝土各项性能都有一定影响。其中，水泥砂比例较高的混凝土，其抗压强度和抗拉强度均较高，但收缩变形性能较差。而添加更多骨料的混凝土，其抗冻融循环性能明显优于其他两组，但其其他性能相对略低。通过对不同配合比混凝土试件进行系统测试，我们初步分析了配合比变化对混凝土各项性能的影响规律。这对我们后续优化混凝土配合比设计和应用将有很好的参考意义。

表1 抗裂混凝土设计配合比

配合比编号	水胶比	单方材料用量/(kg·m <sup>-3</sup> )								
		水	水泥	粉煤灰	砂	小石	中石	外加剂	膨胀剂	纤维
KL1	0.38	1.38	251	83	608	735	490	1.82	29.1	0.6

#### 3.1 抗压性能测试

表2 不同配比混凝土抗压强度测试结果 MPa

配合比编号	8d	28d
KL1	32.9	43.2
KL2	26.8	35.9
KL3	21.2	29.7

新疆严寒地区水利工程项目对混凝土提出了较高的抗裂性能要求。为此，我们进行了水利工程抗裂混凝土配合比试验研究。在研究中，我们制备了三组不同水泥胶比的混凝土样品，分别为KL1（水泥胶比为0.38）、KL2（水泥胶比为0.43）、KL3（水泥胶比为0.48）。按标准进行标准养护后，我们对三组混凝土样品进行了抗压强度测试。表2测试结果显示，三组混凝土样品28天抗压强度均达到C25级以上，满足设计强度要求。具体来说，KL1组混凝土抗压强度最大，为43.2MPa；KL2组次之，为35.9MPa；KL3组最小，为29.7MPa。这主要是因为水泥胶比越大，混凝土内水分越多，易形成水泡和气孔，影响混凝土实际有效截面，从而降低抗压强度。由此可见，在保证强度的同时，采用水泥胶比较小的KL1配合比，有利于提高混凝土的抗裂性能。

#### 3.2 极限拉伸性能测试

表3 不同配比混凝土极限拉伸值测试结果×10<sup>-4</sup>

配合比编号	KL1	KL2	KL3
极限拉伸值	1.13	0.97	0.88

这次试验研究重点测试了不同配合比混凝土的极限拉伸性能。表3测试结果显示，随着水泥胶比从KL1(0.38)到KL3(0.48)的增加，三组混凝土的极限拉伸值逐渐减小，这与混凝土抗压强度测试结果一致，说明水泥胶比越大，混凝土的极限拉伸值越低。这是因为水泥胶比增加会导致混凝土内部空隙和水泡多，影响混凝土细胞结构的完整性。在受拉力作用时，裂缝易于在这些薄弱部位产生和扩展，从而降低混凝土的极限拉伸值。测试结果表明，采用水泥胶比较小的KL1配合比，其极限拉伸值最高，说明其抗裂性能优于其他两组。

#### 3.3 干缩性能测试

测试结果显示（见表4），随着水泥胶比从KL1(0.38)增加到KL3(0.48)，三组混凝土的干缩值不断减小，如图1所示。这与理论分析一致，是因为水泥胶比增加导致胶凝材料相对减少，混凝土内部空隙结构变差，水化程度降低，从而使干缩值减小。这就解释了为什么在新疆严寒地区施工中，高水泥胶比混凝土更易开裂的原因。高水泥胶比混凝土干缩值低，在严寒低温下更易产生裂缝。

表4 不同配合比混凝土干缩值测试结果

配合比编号	各龄期混凝土干缩值				
	0d	3d	7d	14d	28d
KL1	0.000	-1.096	-2.321	-2.571	-3.319
KL2	0.000	-0.875	-1.984	-2.135	-2.853
KL3	0.000	-0.796	-1.741	-2.062	-2.417

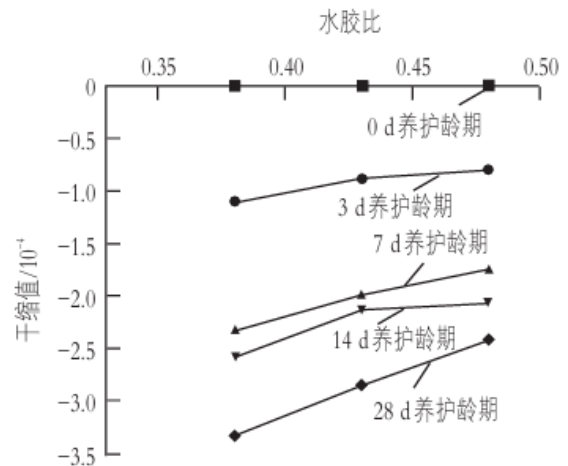


图1 干缩值与水胶比的关系图

图1 干缩值与水胶比的关系图

#### 3.4 抗冻性能测试

测试结果（见表5）显示，三组混凝土的质量损失率

依次为 KL1(.38)的 3.04%、KL2(.43)的 3.81%、KL3(.48)的 4.92%，而其相对动弹性模量依次为 KL1 的 85%、KL2 的 80.2%、KL3 的 74.5%。这与水胶比的变化趋势一致。可以看出，水泥胶比较小的 KL1 混凝土，由于其结构更紧密，冻融循环下结构破坏较小，质量损失最小；而水泥胶比最大的 KL3 混凝土，由于空隙结构较大，冻融循环下结构破坏最大，质量损失率最高。这表明，在新疆严寒地区水利工程中，采用水泥胶比较小的配合比混凝土，其抗冻性能最优，能更好满足严寒环境下的使用要求。这对选型优化抗裂混凝土配合比具有重要参考意义。

表 5 不同配比混凝土抗冻性能测试结果

配合比编号	质量损失率	相对动弹性模量
KL1	3.04	85.0
KL2	3.81	80.2
KL3	4.92	74.4.925

### 3.5 混凝土水化温升测试

根据水化温升值计算公式得到三组混凝土的水化温升结果(见 6):KL1(.38)为 37.44° C、KL2(.43)为 37.42° C、KL3(.48)为 37.39° C。结果显示，随着水泥胶比从 KL1 的 0.38 增加到 KL3 的 0.48，混凝土水化产生的温升值也在下降。这是因为水泥胶量减少，导致混凝土中水化热产生的总量减少，而混凝土本身的比热容基本保持不变。在实际施工中，水化温升越大，混凝土体积变形的可能性就越大。这对新疆严寒地区水利工程中的混凝土结构尤其不利，容易产生裂缝。所以，该试验结果表明，在保证强度的前提下，应优先选择水化温升最小配合比，以减少结构在严寒环境下由于体积变形而产生的裂缝。

表 6 不同配比混凝土水化温升

配合比编号	KL1	KL2	KL3
水化温升	37.44	37.42	37.39

### 4 抗裂混凝土推荐配合比选择

对于严寒地区水利工程抗裂混凝土配合比试验研究来说，选择推荐配合比是非常重要的一个环节。研究组织需要根据实际工程条件和混凝土材料特性，进行科学合理的配合比选择。首先，筛选出几种混凝土配合比，这些配合比都能满足设计强度以及抗冻性能要求。这是保证混凝土质量的第一个前提。然后，对这几种配合比进行了水化温升、拉伸变形和干缩等试验，获取了各项性能数据。接下来计算每种配合比下混凝土因水化温升、拉伸变形和干缩引起的总线性变形值。这一计算可以反映出不同配合比

下，混凝土在使用过程中可能发生的体积变形程度。计算结果录入到试验结果表中，进行对比分析。表 7 经过对比发现 KL2 配合比满足强度和抗冻性能要求。因此，研究组织综合各项影响因素，选择了 KL2 作为最佳的抗裂混凝土推荐配合比。

表 7 不同配比混凝土的形变值及计算结果  $\times 10^{-4}$

配合比编号	28d 干缩值	28d 极限拉伸值	温缩变形值	单位线性变化值
KL1	-3.319	1.13	-2.434	4.623
KL2	-2.853	0.97	-2.432	4.315
KL3	-2.417	0.88	-2.430	3.967

### 5 结束语

本次试验研究通过对不同配合比混凝土进行全面系统的性能试验，我们找到了 KL2 作为最佳抗裂混凝土配合比。它不仅满足强度要求，各项抗裂性能也表现优异。这为实际工程提供了可靠的技术支持。该研究从根本上提升了混凝土的抗裂性能。应用推荐配合比 KL2 后，实际工程中的混凝土开裂现象得到有效缓解。这不仅保证了水利工程的使用安全，也延长了混凝土结构的使用寿命，它减少了严寒地区因裂缝导致的渗水和结构损坏的风险。本次研究结果不仅对新疆地区的水利工程具有重要意义，其方法论也可以推广应用到其他严寒地区。通过系统地评估不同配合比下混凝土的综合性能，找出最优配合比，这提供了一条可靠的技术道路。相信随着研究不断深入，我们将开发出更多适用于特殊地质条件的高性能混凝土材料。

#### [参考文献]

- [1]隋伟,孙乙庭,王华东,等.水利工程微膨胀三级配混凝土配合比试验研究[J].东北水利水电,2023,41(7):33-36.
  - [2]潘义为,林建宏.严寒地区水利工程抗裂混凝土配合比试验研究[J].东北水利水电,2022,40(3):51-53.
  - [3]史衍慧.寒区水利工程用透水混凝土配合比优化试验研究[J].水利科技与经济,2020,26(8):40-44.
  - [4]时爱祥.抗冲磨混凝土配合比试验及在水利工程的应用[J].江苏水利,2014,45(6):15-17.
  - [5]许纪生.某水利工程粉煤灰混凝土配合比设计与试验[J].黑龙江水利科技,2010,38(6):24-25.
- 作者简介:刘裕(1986.12—),男,汉族,甘肃天水,本科,新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司,水利工程。