

浅谈渠道水工混凝土的抗冻性

刘占军

(北京市延庆区水务局,北京 102100)

【摘要】 冻融破坏是中国北方高寒地区灌溉渠道及水利工程的主要危害,本文设计3组试块进行水工混凝土抗冻试验,用正交设计方法研究实验结果,并得出以下结论:C15混凝土即使添加了引气剂,还是较易产生冻蚀,而C35混凝土,即使不添加引气剂,也能承受200次以上的冻融循环;研究中所使用的两种引气剂都能明显提高混凝土的抗冻性;火山灰掺量为15%~20%,对混凝土的强度和抗冻耐久性没有产生大的影响。

【关键词】 渠道;冻融;水工混凝土

中图分类号:TV431

文献标志码:A

文章编号:1005-4774(2018)02-043-04

Brief discussion on the frost resistance of canal hydraulic concrete

LIU Zhanjun

(Beijing Yanqing District Water Bureau, Beijing 102100, China)

Abstract: Freeze-thaw damage is the main harm in irrigation channels and water conservancy project of Northern China alpine region. In the paper, three groups of test blocks are designed for hydraulic concrete frost resistance test. The experiment result is studied through orthogonal design method. The following conclusions are drawn: even after C15 concrete is filled with air-entraining agent, frozen erosion still can be produced more easily. C35 concrete can bear freeze-thaw cycles for more than 200 times even if air-entraining agent is not added. Two air-entraining agents in the study can obviously improve the frost resistance of concrete. The ash content is 15%~20%, which has no great influence on the strength and durability of concrete.

Key words: channel; freezing and thawing; hydraulic concrete

中国北方冬季气候寒冷,许多渠道衬砌工程往往在建成后的第一年冬季,就出现冻土上抬、裂缝和严重变形,加之渠道经常通水,这些冻害现象逐年加剧,部分运行三到五年后就完全破坏。不少灌溉渠道衬砌已是新中国成立以来的第二代或第三代工程,有的工程虽然没有完全损毁,仍勉强使用,但也需要定期进行维护,花费大量投资和人力。目前,许多新灌区尚未完全建成,或完全配套之前就需重建已破坏的工程,严重影响其功用,因此就有“修不完的工程,配不完的套”的说法。

针对以上混凝土渠道衬砌问题,本文对水工混凝土

的抗冻力学性能进行试验研究。试验采用42.5号普通硅酸盐水泥、河北地区的河砂石,延庆地区普通自来水配制试验水工混凝土,进行抗冻涨试验。试验中添加了取自内蒙古锡林浩特盟特有的火山灰和来自北京与南京生产的引气剂,研究火山灰和引气剂对水工混凝土强度和抗冻性的影响。

1 试验的内容与方法

1.1 试验所用材料

a. 水泥。水泥采用42.5号普通硅酸盐水泥,经水泥胶砂测定,其强度符合要求。密度 $\rho_c = 3.16\text{g/cm}^3$ 。

b. 粗骨料。粗集料为河北地区的普通河卵石。表观密度 $\rho_c = 2.57\text{g/cm}^3$; 堆积密度 $\rho'_c = 1.67\text{g/cm}^3$; 空隙率 $P_0 = 35\%$ 。筛分结果见表1。

c. 砂子。砂子选用河北地区普通河砂, 砂质量好, 含泥量较小。表观密度 $\rho_s = 2.63\text{g/cm}^3$; 堆积密度 $\rho'_s = 1.43\text{g/cm}^3$; 细度模数 $FM = 2.87$, 属中中砂。

砂石的颗粒级配列于表1, 符合连续级配要求。

表1 砂石筛分试验结果

石子筛分试验结果		砂子筛分试验结果	
筛孔直径/ mm	小于该粒径 百分数/%	筛孔直径/ mm	小于该粒径 百分数/%
40	96.4	4.75	95.1
31.5	78.7	2.36	87.5
25	53.8	1.18	78.2
20	40.1	0.60	51.6
16	28.3	0.30	27.3
10	9.7	0.15	8.7
≤5		≤0.15	

d. 火山灰。火山灰取自内蒙古锡林郭勒盟, 火山灰纯度较高, 活性较强。为充分发挥火山灰作用, 将火山灰磨细到比表面积大于 $6000\text{cm}^2/\text{g}$, 密度是 $\rho_h = 2.44\text{g/cm}^3$ 。

e. 引气剂。有文献介绍含气量达4%时, 水工混凝土性能变化突出, 按此推算, 本文中加入了两种引气剂, 产自北京的固态引气剂应掺入0.06%, 产自南京的液态引气剂应掺入0.02%。

1.2 混凝土配合比设计

a. 混凝土等级确定。依据水工混凝土的特点有别于结构性混凝土, 一般水工混凝土的强度较低。这

并非是水工混凝土不如结构混凝土性能优良, 而是由于水工混凝土的特殊性质决定了其强度。当然水工混凝土也有部分强度等级非常高的。本文中选用的水工混凝土等级为C15、C25、C35。

b. 试验强度确定。在研究水工混凝土的抗冻性能时, 本文引进正交设计方法对寒区水工混凝土的抗冻性能进行试验研究。正交设计在保证试验结果合理的情况下, 能够大大减少试验数量, 节约时间和精力。试验正交设计考虑的因素如下: ①水灰比 W/C; ②火山灰替代水泥的比例; ③引气剂类型(固定含气量)。

每个因素设3个水平, 依照《试验设计与数据处理》试验设计方法的介绍, 得到正交试验见表2。

表2 抗冻混凝土配合比正交设计因素水平

水平	因素		
	A 水灰比(混凝土强度等级)	B 火山灰掺量	C 引气剂(掺量)
1	0.40(C25)	10%	—
2	0.50(C25)	15%	液体(0.02%)
3	0.60(C15)	20%	固体(0.06%)

c. 配合比确定。根据以上确定的因素、水平配置水工混凝土, 测量水工混凝土的坍落度, 改变砂浆含量使得水工混凝土的坍落度达到要求, 确定水工混凝土的配合比。在确定单组水工混凝土配合比的同时, 必须兼顾相邻两组混凝土的配合比, 使其都达到要求, 这样就不至于破坏水工混凝土的粗细骨料比例结构。新拌混凝土的坍落度保持在50mm左右, 具有较好的流动性, 保水性和黏聚性, 满足水工混凝土的需要。经测定, 掺引气剂的混凝土含气量介于4%~5%, 满足要求。水工混凝土配合比见表3。

表3 混凝土配合比

试验组次	水灰比(W/C)	水泥/(kg/m ³)	水/(kg/m ³)	砂子/(kg/m ³)	石子/(kg/m ³)	火山灰/(kg/m ³)	引气剂
C35 I	0.40	356	158	532	1214	39.5	—
C35 II	0.40	356	166	513	1214	59.3	液体
C35 III	0.40	356	174	495	1214	79.0	固体
C25 I	0.50	285	166	541	1245	47.4	—
C25 II	0.50	285	174	555	1245	63.2	液体
C25 III	0.50	285	158	585	1245	31.6	固体
C15 I	0.60	219	161	639	1226	48.6	—
C15 II	0.60	219	146	662	1226	24.3	液体
C15 III	0.60	219	153	650	1226	36.5	固体

2 试验试件制作

试验研究共需要做两种试件,分别是试验组和对照组,试验组进行标准养护,对照组采用蒸压养护。水工混凝土试验试件制作前先将砂子水洗一次,晾晒一天。再在实验室将粗骨料、细骨料、水泥、水、外掺剂混合,用50L的小型混凝土试验搅拌机进行搅拌。搅拌完测量坍落度,验证坍落度值是否与配合比设计一致。一致后,装模,一天后脱模养护。部分试件在恒温25℃、恒湿95%条件下的养护箱内进行28d的标准养护,部分处于高温蒸汽养护。

3 试验指标

试验指标包括:质量损失量;抗压强度;抗折强度;动弹性模量。

4 试验过程

混凝土试件共做两种,其中冻融抗折试件的尺寸为10cm×10cm×40cm,冻融抗压试件的尺寸为10cm×10cm×10cm,混凝土冻融试验的试件尺寸为10cm×10cm×40cm。养护方式分采用标准养护和蒸压养护。试件养护后,部分标准养护的试件和蒸压养护试件直接测抗压和抗折强度,余下的标准养护试件进行冻融循环,按照设计的次数,依次取出做抗冻和抗折试验。冻融试验采用快冻法,试件在冻结前,根据规范浸水一天,使混凝土处于水饱和状态进行冻融循环,冻融循环过程中混凝土试件中心温度的低温应控制在-17℃~-15℃,高温应控制在6℃~8℃,冻融循环依次历时3~3.5h。冻融试验机采用国产TDRI全自动混凝土冻融试验机。所用试验都按《水工混凝土试验规程》(SL352—2006)有关规定进行。试件在测抗压、抗折强度前先测重量和动弹性模量。

由于在做冻融循环试验之前,已经测量试件的抗压、抗折强度,根据强度结果,调整冻融循环次数,以便得到较为理想的数据结果。

5 试验结果及讨论

5.1 混凝土强度

混凝土在标准养护条件下28d抗压、抗折强度的试验结果列于表4。试验结果表明:在标准养护条件下,未经冻融循环的混凝土试件抗压强度、抗折强度都能达到规范要求,即本文中所设计的混凝土强度设计值。C35试验组中在没有加入引气剂的情况下,经过200次冻融循环后,其抗压、抗折强度值分别下降28.8%和29.6%;C25和C15试验组中,在没有加入引气剂的情况下,试件在分别冻融100次和75次循环后即破碎;加入引气剂后,C25试验组中试件在经过200次冻融循环后,抗压强度降低16.3%(液体引气剂)和16.0%(固体引气剂),抗折强度降低29.2%(液体引气剂)和21.4%(固体引气剂);C15试验组中,加入引气剂后,虽能大幅度提高混凝土的抗冻融循环次数,但仍不能承受200次的冻融循环。

表4 标准养护28d试件冻融前后的抗折、抗压强度

单位:MPa

试验组次	抗压强度	冻融后的抗压强度	抗折强度	冻融后的抗折强度
C35 I	37.8	26.9 (200次)	4.97	3.50 (200次)
C35 II	47.6	21.4 (300次)	4.53	3.26 (200次)
C35 III	39.0	17.4 (300次)	4.81	3.41 (200次)
C25 I	29.5	破碎(100次)	3.14	破碎(100次)
C25 II	36.1	30.2 (200次)	3.19	2.26 (200次)
C25 III	26.9	22.6 (200次)	3.46	2.72 (200次)
C15 I	18.7	破碎(75次)	2.73	破碎(75次)
C15 II	16.8	12.1 (175次)	2.21	1.59 (175次)
C15 III	25.6	20.9 (200次)	2.01	破碎(200次)

可见,混凝土中加入引气剂能明显提高混凝土的抗冻性能。如考虑采用引气剂,北部地区水工混凝土的设计强度最低标准可设为C25,如不采用引气剂,水工混凝土的设计强度最低可为C35。

表5 28d龄期混凝土强度极差分析

试验号	因素			抗压强度/ MPa	抗折强度/ MPa
	A(1)	B(2)	C(3)		
1	1	1	1	37.82	4.97
2	1	2	2	47.69	4.53
3	1	3	3	39.01	4.81
4	2	1	2	29.02	3.14
5	2	2	3	36.14	3.19
6	2	3	1	26.97	3.46
7	3	1	3	18.73	2.73
8	3	2	1	16.82	2.21
9	3	3	2	25.60	2.01
T1	124.52	85.57	81.61	最优方案:A1 B2 C2	
T2	92.13	100.65	98.89		
T3	61.15	91.58	93.88	影响最大的因素:	
t1(=T1/3)	41.51	28.52	27.20	A1 水灰比0.4;	
t2(=T2/3)	30.71	33.55	32.96	B2 火山灰掺量15;	
t3(=T3/3)	20.38	30.53	31.29	C2 使用液体引气剂	
极差 R	21.13	5.03	5.76		
优方案	A1	B2	C2		
T1	14.31	10.84	10.64	最优方案:A1 B1 C3	
T2	9.79	9.93	9.68		
T3	6.95	10.28	10.73	影响最大的因素:	
t1(=T1/3)	4.77	3.61	3.55	A1 水灰比0.4;	
t2(=T2/3)	3.26	3.31	3.23	B1 火山灰掺量10%。	
t3(=T3/3)	2.32	3.42	3.58	C3 使用固体引气剂	
极差	2.45	0.30	0.35		
优方案	A1	B1	C3		

5.2 混凝土强度的影响因素分析

根据《试验设计与数据处理》中的计算方法,采用正交极差分析法对强度指标进行极差分析,极差分析结果见表5。结果表明,影响因素从大到小依次为水灰比、火山灰掺量、引气剂。水灰比是影响强度指标的主要因素;火山灰对抗压强度的影响较大,其中掺量为

15%时强度最大,掺量为20%时强度减小,但比火山灰掺量为10%的混凝土强度值略高;当不掺引气剂时,抗压强度为最小,可能是引气剂的减水作用所致;引气剂对抗折强度的影响为负作用;该试验所采用的两种引气剂对强度的影响基本相同;对于抗折强度,不掺火山灰时为最佳。

6 结论

a. 在北方高寒地区水工混凝土的抗冻耐久性指标是应该首先考虑的,混凝土强度等级应比内地非寒冷地区相应提高。

b. 通过试验结果表明,水工混凝土中使用引气剂能明显增强混凝土的抗冻性,建议北方高寒地区渠道混凝土采用C25以上混凝土,并配合使用引气剂。

c. 水工混凝土中可掺入适量火山灰(掺量15%~20%),其结果对混凝土的强度和抗冻耐久性没有大的影响。

通过以上研究结论,可以指导灌溉渠道及水利工程中水泥混凝土的在实际应用,为农业渠道灌溉发展打好基础。◆

参考文献

- [1] 陈青生,钱桂凤,张文贤. 西藏水工混凝土抗冻性能的研究[J]. 混凝土,2002(2):35-37.
- [2] 陈青生,钱桂凤,张文贤. 西藏水工混凝土抗冻性能的研究(续)[J]. 混凝土,2002(3):35-37.
- [3] 吴学礼,等. 抗冻混凝土设计微机化的几个问题[J]. 混凝土与水泥制品,1999(4):3-7.
- [4] 郁飞. 试验设计与数据处理[M]. 北京:中国标准出版社,1999.
- [5] 李金玉,等. 混凝土冻融破坏机理的研究[J]. 水利学报,1999,30(1):41-49.
- [6] 水利部. SL 352—2006 水工混凝土试验规程[S]. 2006.