

工程综合技术

高性能混凝土的抗冻性*

黄孝衡

(天津港湾工程研究所, 天津 300222)

摘要: 在海港工程中, 开发具有高抗渗性、高抗氯离子渗透性的高性能混凝土是目前发展的方向, 其采取的主要措施是低水胶比、外掺磨细掺合料。本文主要介绍了国外掺加磨细掺合料的高性能混凝土的抗冻性及其微观结构特点对抗冻性的影响。

关键词: 高性能混凝土; 抗冻性; 含气量; 微观结构

中图分类号: TV 431; **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-3688(2002)05-0001-02

Frost Resistance of High Performance Concrete

HUANG Xiao-heng

(Tianjin Port Engineering Institute, Tianjin 300222, China)

Abstract: The development of high performance concrete of high impermeability and high resistance to penetrability of chloride ions is the current trend in the construction of marine ports and harbours. The major measures taken in the development of such high performance concrete are reducing the water-cementitious material ratio and adding the ground admixtures. The paper presents mainly an introduction to the frost-resistance of high performance concrete, produced in foreign countries, added with ground admixtures and the effect of microstructure of the concrete upon its frost resistance.

Key words: high performance concrete; frost resistance; air content; microstructure

1 前言

混凝土是土木工程中大量使用的一种工程材料, 但由于这种材料自身一些固有的性能, 使其耐久性, 特别是对港口工程这种工作环境严酷的建筑物的耐久性, 不能满足人们的要求, 进而影响结构物的使用寿命。为了提高和改善混凝土的耐久性, 国内外许多有关单位都在研究和开发混凝土的潜在性能, 使普通混凝土成为具有高性能的混凝土。为此, 中港(集团)总公司专门组团赴日本、韩国进行海工混凝土耐久性和高性能混凝土研究技术交流和考察, 取得了大量的技术资料和信息。

2 国外高性能混凝土抗冻性的研究情况

几十年来我们对提高我国北方地区港工混凝土的抗冻融破坏能力做了大量的试验研究工作。通过试验研究, 开发应用了引气剂, 使混凝土中产生一定量的封闭气泡, 大大提高了混凝土抵抗冻融破坏的能力; 此外还根据不同地区、不

同部位制订了混凝土中最低水泥用量、最大水灰比、含气量确定范围等一整套技术措施。但是从多年来对北方港工混凝土结构物的跟踪调查发现, 北方地区钢筋混凝土结构除了在冬季低温状况下冻融作用引起的破坏之外, 同时还受到氯离子渗入混凝土后发生钢筋锈蚀引起的破坏。如何同时减小这两种对结构物的破坏作用, 提高混凝土的耐久性, 是这次考察交流的重点之一。

在混凝土中掺加大掺量的优质掺合料, 如粉煤灰、磨细矿粉、硅灰等, 对混凝土抗氯离子的渗透作用非常明显。但是在普通混凝土中外掺掺合料, 对混凝土的抗冻性的影响是明显下降, 因此在有关规范中对具有抗冻性要求的普通引气混凝土的外掺掺合料的品种及掺量都作了严格明确的限定, 允许掺量均较低。通过本次考察交流及收集到的资料, 如日本前田建设工业(株)技术研究所佐藤文则等人对不同掺合料及掺量的高强混凝土进行的抗冻性试验表明(见表 1、表 2 及图 1), 当磨细矿粉掺到总胶凝材料的 50% ($199\text{kg}/\text{m}^3$), 抗冻等级为 1020 时, 相对动弹模量可达 117%, 失重率为 0.7%, 采用的措施为掺加高效减水剂、低水灰比、引入适当含气量。此外, 从资料中看出, 在配制具有高抗冻性的混凝土时, 无论其强度有多高, 甚至达到

*《抗氯盐污染高性能混凝土配制成套技术》专题报告之四

收稿日期: 2002-07-29

作者简介: 黄孝衡(1946-), 女, 高级工程师, 天津港湾工程研究所副总工程师, 港工建材专业。

表1 混凝土配合比

编号	配制强度 M Pa	水胶比	砂率 (%)	水泥 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	粉煤灰 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	矿粉 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	硅灰 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	高效减水剂 (占胶凝材料%)	A E
LC72	72	0.386	52.9	427	—	—	—	1.00	0.002 0
FA 72	72	0.349	50.0	378	92	—	—	1.25	0.007 5
BS72	72	0.415	52.9	199	—	199	—	1.05	0.002 5
BL 96	96	0.326	52.3	506	—	—	—	1.35	0.002 0
SF120	120	0.257	49.6	578	—	—	64	2.00	0.008 0
BS120	120	0.220	47.2	675	—	75	—	1.75	0.001 2

表2 试验结果

试验项目	配合比编号					
	LC72	FA 72	BS72	BL 96	SF120	BS120
坍扩度 cm	56.8	58.3	61.8	62.0	62.5	68.8
含气量 (%)	4.3	4.2	3.7	4.5	3.0	3.1
砼温度	20.0	19.5	20.0	22.0	22.5	22.0
抗压强度 $\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$	7d	28.1	42.2	35.8	53.2	76.2
	28d	55.4	59.2	56.2	83.8	107.3
	56d	70.6	67.2	67.2	95.5	122.2
	91d	74.5	70.7	73.5	100.7	126.3
	180d	84.8	76.7	81.2	110.2	126.4
耐久性 指数DF (%)	M=300次	102	103	115	104	103
	M=600次	97	101	114	94	77
	M=1020次	45	103	117	52	42
硬化后含气量 (%)	2.4	3.3	2.8	2.0	2.0	3.4
气泡间距系数	306	219	247	276	452	296

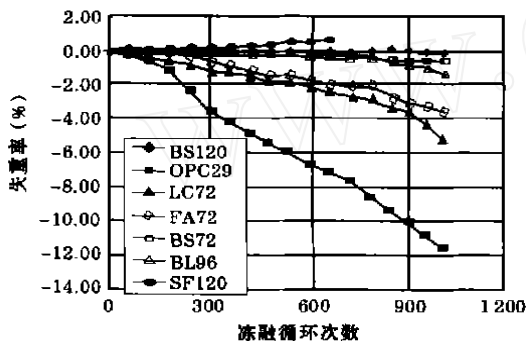


图1 冻融循环次数~失重率

120M Pa, 也必须掺加引气剂引入适量的含气量才有保证。另外从资料中可以看出, 掺合料的品种对抗冻性也有影响, 当掺粉煤灰时, 同强度等级的混凝土达到相同抗冻等级时, 失重率远大于掺矿粉的混凝土, 接近 4%, 并认为与混凝土的强度、气泡组织和微孔结构都有非常密切的关系。日本一些大学、研究机构对混凝土抗冻融破坏的机理也作了大量研究, 如北海道大学的镰田英治教授对混凝土的冻害与微观结构间的关系作了大量、长期的研究工作; 北海道寒冷地区住宅城市研究所桂修等人对硬化水泥的冻害机理模型进行研究。在对混凝土的微观结构对混凝土的抗冻性的影响的大量研究工作中, 均认为要使混凝土具有足够的抗冻性, 减少结构物的表面破坏, 即使是低水胶比的高强混凝土也应引入适当的含气量, 并使气泡均匀分布。在他们的研究中, 还对具有高抗冻性混凝土中的气泡参数、间距系数与水泥比的关系, 掺不同掺合料的混凝土的抗冻性与气泡参数、间距系数的关系进行试验研究, 发现掺磨细矿粉的混凝土, 虽然气泡间距系数较大, 达 600~850 μm , 但抗冻性较好, 耐久性指数仍为 100%, 但如果混凝土不引入适量的含气量,

其抗冻性明显地降低。在 2000 年由中港总公司组织的赴欧洲四国考察的有关资料中也指出, 北欧地区的高性能混凝土中常用的外掺料是硅灰, 特别指出在混凝土中掺加硅灰后, 强度、密实性、抗渗性、抗氯离子渗透性都得到明显的改善, 但要使混凝土具有抗冻性, 还是需要掺加适量的引气剂, 使混凝土内部具有均匀分布的气泡, 这一点对保证硅灰混凝土的抗冻性是十分重要的措施。

国外在研究高性能混凝土抗冻性时, 在混凝土中掺加了优质掺合料和高效减水剂, 同时还认为必须掺入引气剂, 这样才能起到改变混凝土内部微观结构, 从而改善混凝土的耐久性的作用。

3 国内高性能混凝土抗冻性研究情况

国内也有一些科研机构、高校对高性能混凝土开展了研究, 大部分主要研究提高混凝土抗氯离子渗透的技术措施, 但也有对高强混凝土的抗冻性进行研究的成果。通过试验研究, 对 C60 及其以上的混凝土进行冻融试验, 在他们的研究中也认为高强度混凝土虽然密实性提高了, 但不一定具有抗冻性, 特别是在破坏时是突发的, 另外在高强混凝土掺加引气剂后, 引气高强混凝土比一般的高强混凝土具有更高的抗冻性, 同时也认为高强混凝土中气泡参数的特性与抗冻性的关系与普通引气混凝土不一样等等。此外国内还有采用同时在混凝土中掺加钢纤维等措施, 提高抗冻性。

4 结语

通过这次到日本、韩国交流考察和收集到的资料, 对日本研制具有高抗冻性的高性能混凝土的现状有了一定的了解, 虽然各个国家的情况不同, 但对我们研究配制适合我国北方地区既具有抗冻性又具有抗氯离子渗透、防止钢筋锈蚀的高性能混凝土具有一定的启示作用, 在此基础上, 结合我国的情况, 开发适合我国北方港口工程所需要的高性能混凝土。

参考文献:

- [1] 佐藤文则ほか. 超高性能コンクリートの長期凍結融解抵抗性[R]. コンクリート工学年次論文報告集[C], 1999, 21(2).
- [2] 鎌田英治. コンクリートの凍害と細孔構造[R]. コンクリート工学年次論文報告集[C], 1988, 10(1).
- [3] 桂修ほか. ヤメント硬化体の凍害機構モデル[R]. コンクリート工学论文集[R], 2000, 5.
- [4] 潘钢华等. 高强砼抗冻性的理论和实验研究[J]. 硅酸盐学报, 1999, 12.
- [5] 曹建国等. 高强砼抗冻性的研究[J]. 建筑材料学报, 1999, 12.
- [6] 梶田佳寛. コンクリートの高耐久化とその评价[R]. 日本: 建设省建筑研究所, 1997.
- [7] 徐元锡. 高性能砼在北欧的应用[J]. 中国港湾建设, 2001, 1.