混凝土硫酸盐侵蚀宏观试验研究

王 琴
(盐城工学院 土木工程学院,江苏 盐城 224051)

摘要:针对混凝土工程的耐久性研究,考察了混凝土在4种浓度盐溶液中腐蚀的情况。采用对比试验的方式,将不同水灰比的普通混凝土在不同浓度盐溶液中的损伤变化进行比较,分析了混凝土的损伤情况,水灰比越大,盐溶液的浓度越高,混凝土的损伤变化越快,这对实际工程维护有一定的参考价值。

关键词:混凝土;耐久性;硫酸钠
中图分类号:TU528 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-5322(2010)01-0075-04

大量工程实践表明,海工混凝土长期受海水的侵蚀,导致海港工程达不到设计使用期限的要求。混凝土结构耐久性涉及的研究范围有材料耐久性机理、在役结构耐久性评估和剩余寿命预测等多方面,材料本身劣化是结构变化的内在因素。混凝土化学腐蚀中硫酸盐侵蚀又是一项重要因素,主要是因为硫酸盐侵蚀是混凝土结构物化学侵蚀中最广泛普通的形式,在沿海和内陆盐湖地区、酸性地下水以及含高黏土的土壤中等大多含有硫酸盐,混凝土组分本身也有可能带有硫酸盐,它们在各种条件下对混凝土产生侵蚀作用,使其发生破坏[1]。

我国在20世纪50年开始了混凝土腐蚀方面的研究,主要进行了抗硫酸盐侵蚀的试验方法和破坏机理,化学腐蚀中硫酸盐侵蚀是一项重要因素,在实际中硫酸盐侵蚀环境较为普遍存在[2,3],尤其是沿海地区、内陆盐湖、地下水、土壤中都存在着SO_4^{2-}、HCO_3^-、H_2S等离子。在本文的实验研究中,采用了不同盐浓度环境下的长期浸泡方法,模拟在富含硫酸盐的环境中的混凝土的损伤变化过程。

1 试验方案及过程

1.1 试验原料和混凝土配合比

1.1.1 试验原材料

水泥:采用北京兴发生产拉法基32.5级普通硅酸盐水泥,符合制造标准GB8076-1997规定。该水泥的化学组成见表1。

表1 使用水泥的化学组成

Table 1 Chemical composition of cement %

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2Oeq	LOSS	f-CaO	C_3S	C_3A
21.09	4.34	2.81	62.50	1.81	2.87	0.62	3.05	0.67	51.99	6.61

砂石(骨料):中细砂,含水率4.70%;碎石,粒径<20 mm。

硫酸钠:采用上海苏懿化学试剂,分子式Na_2SO_4,分子量142.04,AR级分析纯。

1.1.2 混凝土配制

混凝土试件尺寸为70.7 mm×70.7 mm×220 mm,分别为非破损检测试件,设计强度参照C40,实际配合比见表2。

1.2 试验方案

对于单一工况的硫酸钠溶液常温浸泡侵蚀试验,参照混凝土硫酸盐侵蚀试验方法,将混凝土试件分别放置在4种不同浓度的硫酸钠溶液中浸

收稿日期:2009-12-21
作者简介:王琴(1983-),女,江苏高邮人,助教,硕士,主要研究方向为混凝土材料及基本构件的基础理论。

万方数据

表2　混凝土计算配合比

Table 2　Concrete mix proportions　　kg/m³

Cement	Water	Sand	Gravel	W/C	Sand rate	S/C
429	193	616	1 145	0.45	0.35	1.44
345	190	653	1 112	0.55	0.37	1.89
271	190	736	1 103	0.70	0.40	2.71

泡,每隔20 d左右定期检测其力学性能演化。混凝土试件经过28 d标准养护,4种浓度分别为0%(清水),3.0%,5.0%,8%硫酸钠溶液中浸泡。试件编号s40、s50、s70、s43、s53、s73、s45、s55、s75、s48、s58、s78,其中s表示水灰比,s后第一个数字表示试件的水灰比,分别为0.40,0.55,0.70;第2个数字表示硫酸钠溶液的浓度,分别为0%(清水),3%,5%,8%。每种编号的试件制作两块,共制作24块试件。

1.2.1　试验检测指标

本试验采用超声检测无损检测方法,考察动弹性模量的衰变。

1.2.2　试验结果分析

试验中3批试件的动弹性模量变化结果各自有不同的特点,由于超声检测对于混凝土内部微裂纹的开展有特殊的敏感度,所以对于混凝土的微损伤,动弹性模量可以较好地反映出变化趋势。

图1~图4的各离散点是试验中混凝土试件在同时期根据所测实验数据计算出的动弹性模量值(用*Ed*表示)。

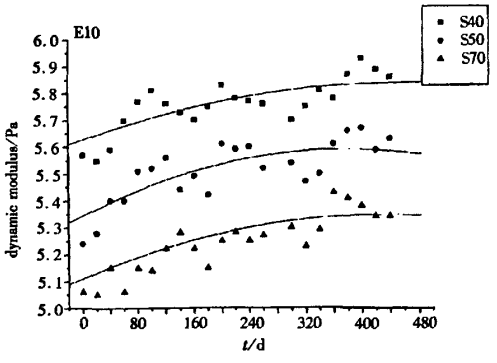


图1　清水中浸泡试件的*Ed*与沉浸时间的关系

Fig. 1　The curve of *Ed* vs. time of samples immersed in water

在浸泡试验中,以清水(0% Na_2SO_4)中浸泡的试件为参照,其他盐溶液(Na_2SO_4 = 3%,5%,8%)中浸泡的试件与之对比,观察侵蚀效果与浓度的关系。

不同盐浓度环境下混凝土的侵蚀效果也略有

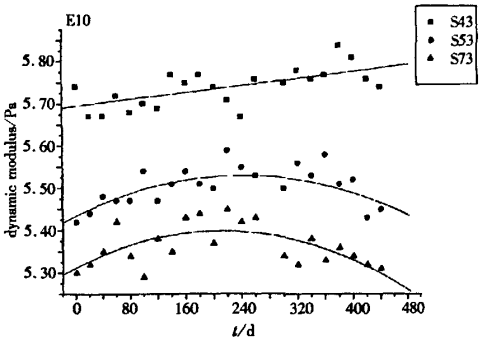


图2　3% Na_2SO_4 中浸泡试件的*Ed*与沉浸时间的关系

Fig. 2　the curve of *Ed* vs. time of samples immersed in 3% Na_2SO_4 solution

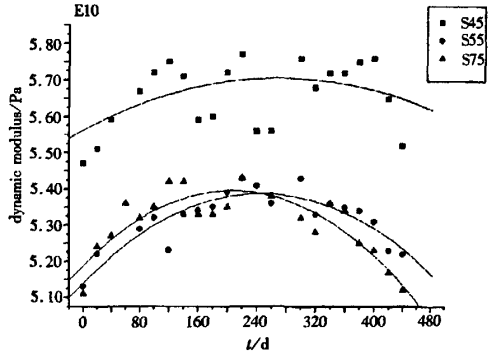


图3　5% Na_2SO_4 中浸泡试件的*Ed*与沉浸时间的关系

Fig. 3　The curve of *Ed* vs. time of samples immersed in 5% Na_2SO_4 solution

不同,一般来说,浓度越大,硫酸盐渗透量越大,由于混凝土材料本身的复杂和多相性,硫酸盐的侵蚀扩散也受到多种因素的影响。如混凝土的水灰比,环境温度以及侵蚀溶液的浓度等。

水灰比为0.40的试件,在低浓度中动弹性模量的增长幅度最大,而在8%的溶液中总体呈下降趋势,从*Ed*(动弹性模量)的散点可以看出,前期都略有增长,后期有下降趋势,特别是8%的溶液中下降趋势比较明显。这说明在盐溶液中混凝土的密实度前期都有一定程度的提高,而试件在

万方数据

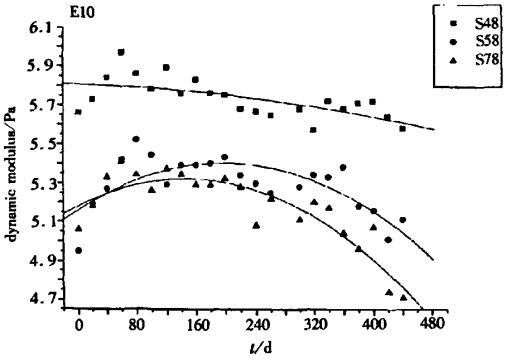


图 4　8% Na_2SO_4 中浸泡试件的 *Ed* 与沉浸时间的关系

Fig. 4　The curve of *Ed* vs. time of samples immersed in 8% Na_2SO_4 solution

浸泡的后期 *Ed* 下将,试件显示损伤效果。

水灰比较大的试件与水灰比 0.40 的试件相比,*Ed* 增长变化有所不同。水灰比为 0.55 的试件在高浓度的溶液中变化幅度最大,变化速度快,在其他浓度中变化比较缓慢。*W/C* = 0.70 的试件孔隙结构尺寸相对较大,为硫酸盐的侵蚀产物提供了更多的渗透通道和更大的富集空间,随着浸泡时间的增长侵蚀产物不断增多,密实孔隙,在 0% 的溶液中 *Ed* 表现为持续增长的过程,而在较高浓度的盐溶液中经历平稳增长后开始下降,浓度越高,下降幅度越大。一般在 6 个月后动弹性模量都有下降趋势,膨胀产物的富集不仅仅密实孔隙同时也使得新裂缝开展,后期 *Ed* 的这种下降速度会不断增大。

1.3　浸泡试件的表观情况分析

观察浸泡试件的表观情况与质量的变化基本一致,除了高浓度的一些试件边缘和角部有一些裂缝、剥落等微损伤,其他试件表面没有明显的破损和剥落。

浸泡后试件的表观情况见图 5, S58 的两块浸泡试件边缘和角部水泥浆有些微剥落,而清水中的试件表面光滑,没有明显的破损。浓度高的盐溶液中侵蚀速度相对较快,在浸泡后期试件有些微的损伤,与动弹性模量在浸泡后期的下降趋势表现一致。

高浓度(8% Na_2SO_4)试件表面的微损伤见图 6,在水灰比为 0.40 的试件表面发现大量的鼓包,这可能是硫酸盐在高浓度情况下析晶,体积膨胀造成。另外在水灰比为 0.70 的试件边缘和角部有一些裂缝,局部地区有些微的剥落,石子外露,

(a)S48 浸泡 440d 后的形态

(b)S78 表面细部情况

图 5　浸泡试件的表观情况

Fig. 5　The surface of the immersed samples

试件有些微损伤。

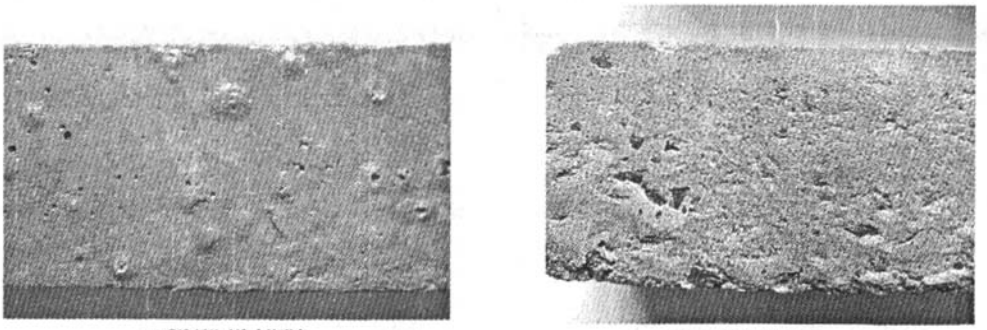
2　结论

本试验是单因素硫酸钠溶液常温浸泡试验,在试验中,3 种水灰比(*W/C* = 0.40, 0.55, 0.70)的混凝土试件各放在 4 种不同浓度的溶液中,分别为清水(Na_2SO_4 = 0%)和 Na_2SO_4 = 3%, 5%, 8% 的盐溶液,在浸泡的 440 d 内定期测试 *Ed* 和质量损失,并观察试件表面变化情况,得到以下结论:

(1)硫酸盐侵蚀是一个长期而缓慢的过程,宏观力学性能的演化比较规律,在试验过程中,试件的动弹性模量的变化是先缓慢增长再平缓下降的过程,一般在 6 个月以后部分试件微损伤有所体现,对于清水环境下的水灰比小的试件在试验阶段基本没有下降。试件表观基本没有变化,高浓度环境中部分水灰比较大的试件表面有些微损伤。另外可能由于产物的富集使得质量都有小幅的增长。

(2)水灰比小的试件,孔隙结构密实,在盐浓

万方数据



(a)S40 浸泡 440 d 的形态 (b)S43 浸泡 440 d 的形态

图 6 8% Na_2SO_4 中浸泡试件的表观情况

Fig. 6 The surface of samples immersed in 8% Na_2SO_4 solution

度较低环境中 *Ed* 在试验阶段持续增长,在盐浓度较大环境中 *Ed* 后期的损伤下降显现较早;水灰比大的试件,孔隙结构疏散,给侵蚀离子提供了更多的扩散通道,在浓度高的溶液中,*Ed* 后期下降幅度较大,损伤比较明显。

参考文献:

[1] Mindess S, Young J F, Darwin D. Concrete[M]. 吴科如,译. 北京:化学工业出版社,2004.
[2] 张春玲. 水工混凝土建筑物的冻融破坏与防治[J]. 黑龙江水专学报,2004,9:127 - 129.
[3] 张文渊. 沿海地区水工建筑物混凝土的腐蚀与防护措施[J]. 工程质量,2002(2):45 - 48.

Study on Corrosion Effects of Concrete Under Sulfate Attack

WANG Qin

(School of Civil Engineering, Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224051, China)

Abstract: In order to study the durability of concrete building, four concentrations were set to explore the corrosion of concrete in sodium sulphate solution. The damage mechanism of concrete durability was analyzed. The experimental results show that the concrete having high water cement ratio and immersing in high concentration sodium sulphate solution has a quick damage speed. It has reference value for engineering maintenance.

Keywords: concrete; durability; sodium sulfate

(责任编辑:沈建新; 校对:张英健)

万方数据