

混凝土抗氯离子渗透性试验方法比较研究

蒋林华, 李 娟

(河海大学材料科学与工程系, 江苏 南京 210098)

摘要 采用 ASTM C1202、稳态电迁移方法和电导方法, 对掺各种掺合料的混凝土及普通混凝土、轻骨料混凝土进行抗氯离子渗透性研究. 结果表明, ASTM C1202 在多数情况下具有较好的适用性, 特别适用于不掺掺合料的中等强度普通混凝土. 抗氯离子渗透快速试验方法不具备普遍适用性.

关键词 混凝土 氯离子 渗透性

中图分类号 :TU528 ;TU503 **文献标识码** :A **文章编号** :1000-1980(2004)01-0055-04

由于沿海水工钢筋混凝土构筑物长期处于海洋环境中, 海水中氯离子侵入混凝土而导致钢筋混凝土结构破坏的情况相当普遍. 我国沿海钢筋混凝土建筑物一般在建成后 10 a 左右即发生不同程度的锈蚀破坏, 严重的甚至危及建筑物的安全. 维修和因维修停产而造成的经济损失惊人.

混凝土的抗氯离子渗透性是混凝土耐久性的关键指标之一. 判别混凝土的抗氯离子渗透性试验方法的可靠性直接影响到混凝土的工程质量. 迄今为止, 国内外已开发出多种抗氯离子渗透性试验方法, 但每种方法都存在一些不足之处^[1]. 目前国内采用得较多的是 ASTM C1202 和一些与之相关的快速试验方法. 但近年来, 国内外不少学者对快速氯离子渗透试验方法(AASHTO T227 和 ASTM C1202)提出了批评和质疑, 认为: (a) 通电量和氯离子迁移特性之间不存在直接的关系. (b) 混凝土试件两端所加的 60 V 电压太高, 试验过程中会使混凝土试件内部产生热量, 影响试验结果. (c) 外加剂、掺合料及混凝土的成熟度等均会对混凝土孔溶液组成及孔溶液中的离子浓度产生影响, 从而影响试验结果. 特别是混凝土中掺入粉煤灰、硅粉等掺合料后, 混凝土的孔溶液组成及孔溶液中的离子浓度会产生很大的变化, 使测得的电量急剧减少, 从而夸大了掺合料混凝土的抗氯离子侵入能力^[2]. 这些影响有多大以及快速氯离子渗透试验方法适用性如何是国内外众多学者极为关心的问题. 本文采用 3 种抗氯离子渗透性试验方法, 对普通水泥混凝土、轻骨料混凝土及掺各种掺合料的混凝土进行抗氯离子渗透性试验研究, 并着重对试验结果进行了分析比较.

1 试验方法

采用的 3 种抗氯离子渗透性试验方法为 ASTM C1202、稳态电迁移方法和电导方法. 稳态电迁移方法按 Zhang 等^[3]提出的方法进行, 电导方法按 Streicher^[4]提出的改进方法进行.

2 原材料

水泥为普通硅酸盐水泥. 掺合料为粉煤灰、矿渣、硅粉、偏高岭土和稻壳灰. 普通粗骨料为石灰岩碎石, 轻粗骨料为膨胀页岩, 最大粒径均为 20 mm. 细骨料为天然河沙, 细度模数 2.6. 普通粗骨料、细骨料的表观密度均为 2.70 g/cm^3 , 轻粗骨料的表观密度为 1.56 g/cm^3 . 普通粗骨料、细骨料和轻粗骨料的吸水率分别为 0.6%, 0.8% 和 5.2%. 外加剂为萘磺酸盐甲醛缩合物高效减水剂和多组分复合松香热聚物引气剂.

3 配合比

配合比设计时, 普通硅酸盐水泥混凝土的水灰比选用了 0.3, 0.4, 0.5 和 0.6. 掺掺合料混凝土的水灰(胶)比均为 0.4. 粉煤灰和矿渣的掺量采用了 20%, 40% 和 60%. 硅粉、偏高岭土和稻壳灰的掺量为 8%. 试验

采用的混凝土配合比见表 1.

表 1 混凝土配合比
Table 1 Mix proportion of concrete

编号	掺合料	掺量 /%	水胶比	含水量 /(kg·m ⁻³)	水泥含量 /(kg·m ⁻³)	掺合料含量 /(kg·m ⁻³)	细骨料含量 /(kg·m ⁻³)	粗骨料含量 /(kg·m ⁻³)	减水剂含量 /(kg·m ⁻³)	引气剂含量 /(mL·m ⁻³)
C06			0.60	152	253	0	758	1 133	0	46
C05			0.50	156	312	0	746	1 118	0	80
C04			0.40	153	381	0	708	1 063	0.6	119
C12			0.30	134	445	0	700	1 047	8.9	494
C07	粉煤灰	20	0.40	155	309	77	713	1 069	0.9	100
C08	粉煤灰	40	0.40	155	232	155	707	1 058	1.0	109
C11	粉煤灰	60	0.40	156	155	233	701	1 049	1.0	147
C09	矿 渣	20	0.40	154	307	77	711	1 066	3.5	138
C10	矿 渣	40	0.40	155	232	155	715	1 072	5.4	151
C17	矿 渣	60	0.40	156	155	233	715	1 070	1.2	170
C13	硅 粉	8	0.40	153	351	31	702	1 053	5.4	218
C14	偏高岭土	8	0.40	153	352	31	707	1 059	4.0	219
C15	稻壳灰	8	0.40	153	352	31	705	1 058	4.0	518
C18			0.40	154	384	0	713	620 *	1.2	92
C19	硅 粉	8	0.40	154	349	31	700	606 *	3.4	189

* 为轻粗骨料.

4 试验结果与讨论

4.1 拌和物性能和强度

进行混凝土试验时,混凝土拌和物的含气量控制在 6% 左右,坍落度控制在 70mm 以上.普通混凝土的抗压强度随龄期的增长而增长,随水灰比的减小而增加.在水胶比相同的情况下,掺 8% 硅粉、偏高岭土和稻壳灰的混凝土的抗压强度高于普通混凝土.掺 40% 和 60% 粉煤灰混凝土的早期强度较低,掺 20% 粉煤灰混凝土的早期强度与普通混凝土相当,但后期强度增加较多.掺 20% 和 40% 矿渣混凝土的早期强度与普通混凝土相当,掺 60% 矿渣混凝土的早期强度较低.轻骨料混凝土的强度低于同条件下普通骨料混凝土的强度.

4.2 试验方法对结果的影响

试验结果表明,3 种方法得到的混凝土抗氯离子渗透性变化趋势大体相似,但排列并非完全一致,特别是在通电量小于 1 000 C 时,通电量与扩散系数之间的关系不存在明显的规律性,见图 1.若按表 2 的标准进行分级,3 种方法得到的混凝土抗氯离子渗透性等级见表 3.表 3 的结果表明,3 种方法得到的混凝土抗氯离子渗透性等级结果基本相同,普通混凝土(中等强度)的抗氯离子渗透性等级结果完全相同.可见,ASTM C1202 在多数情况下仍有较好的适用性,特别适用于不掺掺合料的中等强度普通混凝土.但对抗氯离子渗透性较高的高性能混凝土及掺掺合料的混凝土,ASTM C1202 适用性存在问题.

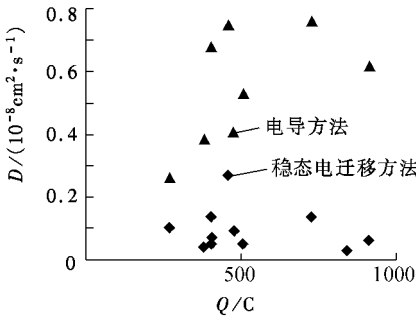


图 1 通电量与扩散系数之间的关系
Fig.1 Relationship between electric charge of ASTM C1202 and diffusion coefficient

表 2 混凝土渗透性评价

Table 2 Evaluation of concrete permeability

氯离子 渗透性	ASTM C1202 通电量/C	稳态电迁移方法 扩散系数/(10 ⁻⁸ cm ² ·s ⁻¹)	电导方法 扩散系数/(10 ⁻⁸ cm ² ·s ⁻¹)
高	> 4 000	> 3.00	> 4.00
中	2 000 ~ 4 000	0.50 ~ 3.00	1.25 ~ 4.00
低	1 000 ~ 2 000	0.15 ~ 0.50	0.85 ~ 1.25
很低	100 ~ 1 000	< 0.15	< 0.85
可忽略	< 100		

表 3 混凝土的抗氯离子渗透性等级
Table 3 Grade of permeability of concrete to chloride ion

编号	ASTM C1202		稳态电迁移方法		电导方法	编号	ASTM C1202		稳态电迁移方法		电导方法
	28 d	91 d	28d	91d	91 d		28 d	91 d	28d	91d	91 d
C06	中	中	中	中	中	C10	很低	很低	很低	很低	很低
C05	中	中	中	中	中	C17	很低				
C04	中	中	中	中	中	C13	很低	很低	很低	很低	很低
C12	低	很低	很低	很低	很低	C14	很低	很低	很低	很低	很低
C07	中	很低	中	很低	很低	C15	低	很低	很低	很低	很低
C08	低	很低	低	低	很低	C18	中		中		
C11	低	很低	中	很低	很低	C19	很低				
C09	低	低	低	低	低						

4.3 抗氯离子渗透快速试验方法的适用性

ASTM C1202 是国内外用得最普遍的方法,一些学者经过研究发现,在通电量和初始电流(或电导)之间存在较好的线性关系,并提出可用初始电流或电导来替代通电量,作为评定混凝土抗氯离子渗透性的指标,以简化试验,加快试验速度^[5-7]. 我国的《水运工程混凝土试验规程》(JTJ270—98)也采用了类似的方法. 然而,国内外研究者都是在用较少的混凝土种类和有限数量的混凝土试件情况下得到研究结果的,对各种各样的混凝土能否普遍适用有待研究. 本文对普通混凝土和掺各种掺合料的混凝土进行了试验,结果见图 2. 图 2 结果表明,在整个通电量范围内,通电量和初始电流之间并不存在良好的线性关系,但通电量在 0~2 000 C 之间时,通电量和初始电流之间存在较好的线性关系. 这与 Feldman^[6]得到的结果相类似. 通电量超过 2 000 C 后,又有一线性关系存在,但直线的斜率有所降低. 在整个通电量范围内,通电量和初始电流之间不存在良好的线性关系的原因是初始电流较大的混凝土在试验过程中电流变化较大,而初始电流较小的混凝土在试验过程中电流变化较小. 因此,由初始电流或电导来替代通电量的抗氯离子渗透快速试验方法不具备普遍适用性,特别是导出这些方法的 ASTM C1202 本身的使用具有一定的局限性,抗氯离子渗透快速试验方法明显不适用于抗氯离子渗透性较高的高性能混凝土及掺掺合料的混凝土.

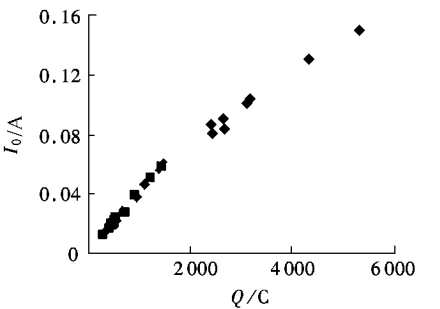


图 2 通电量与初始电流之间的关系

Fig.2 Relationship between electric charge of ASTM C1202 and initial current

5 结 语

- a. 3 种方法得到的混凝土抗氯离子渗透性等级结果基本相同. ASTM C1202 在多数情况下具有较好的适用性,特别适用于不掺掺合料的中等强度普通混凝土.
- b. 对抗氯离子渗透性较高的高性能混凝土及掺掺合料的混凝土,通电量与扩散系数之间的关系规律性不明显,ASTM C1202 的适用性存在问题.
- c. 由初始电流或电导来替代通电量的抗氯离子渗透快速试验方法不具备普遍适用性.

参考文献:

[1] 蒋林华,ZHANG M H,MALHOTRA V M. 水泥基材料氯离子渗透扩散性测试技术[J]. 建筑材料学报,2002,5(2):147—154.
[2] SHI C, STEGEMANN J A, CALDWELL R J. Effect of supplementary cementing materials on the specific conductivity of pore solution and its implications on the rapid chloride permeability test (AASHTO T277 and ASTM C1202) results [J]. ACI Materials Journal, 1998, 95(4):389—394.
[3] ZHANG T, GJØRV O E. An electrochemical method for accelerated testing of chloride diffusivity in concrete[J]. Cement and Concrete Research, 1994, 24(8):1534—1548.
[4] STREICHER P E, ALEXANDER M G. A chloride conduction test for concrete[J]. Cement and Concrete Research, 1995, 25(6):1284—1294.

- [5] FELDMAN R F, CHAN G W, BROUSSEAU R J, *et al.* Investigation of the rapid chloride permeability test [J]. *ACI Materials Journal*, 1994, 91(2): 246—255.
- [6] FELDMAN R F, PRUDENCIO Jr L R, CHAN G W. Rapid chloride permeability test on blended cement and other concretes: correlations between charge, initial current and conductivity [J]. *Construction and Building Materials*, 1999, 13: 149—154.
- [7] ZHAO T J, ZHOU Z H, ZHU J Q, *et al.* An alternating test method for concrete permeability [J]. *Cement and Concrete Research*, 1998, 28(1): 7—12.

Investigation of test methods for concrete resistance to chloride ion permeability

JIANG Lin-hua, LI Juan

(*Department of Materials Science and Engineering, Hohai Univ., Nanjing 210098, China*)

Abstract: An experimental study is performed on the impermeability of some kinds of concrete against chloride ions, including the portland cement concrete, lightweight concrete, and the concrete mixed with different mineral admixtures, by use of the ASTM C1202 method, the steady-state charge migration test method, and conductivity test method. Tests indicate that, in most cases, the ASTM C1202 method is of high applicability, especially suitable for the portland cement concrete of moderate strength, and that the rapid chloride permeability test method can only be used in some special cases.

Key words: concrete; chloride ion; permeability

中国科技核心期刊 中国学术期刊综合评价数据库来源期刊
全国水利系统优秀科技期刊 华东地区优秀期刊 江苏省优秀期刊

水利水电科技进展

新颖 实用 快捷



(也可直接汇款至编辑部订阅,
另加 6.00 元邮寄费)

双月刊, A4 开本, 彩色封面, 64 页, 2004 年全年定价 30.00 元, 全国各地邮局均可订阅

国际标准连续出版物号:

ISSN 1006-7647

国内统一连续出版物号:

CN 32-1439/TV

国外发行代号: DK 32003

(中国出版对外贸易总公司)

国内邮发代号: 28-244

编辑部地址: 210098 南京市西康路 1 号

联系电话: (025) 83786335

传真: (025) 83787381

电子信箱: jz@hhu.edu.cn

网 址: kkb.hhu.edu.cn

银行账号: 南京工行宁海路分理处

4301011409001024513