

文章编号: 1000-7598 (2011) 08-2379-07

地下结构混凝土渗透特性试验研究

陈 聪^{1,2}, 杨林德¹

(1. 同济大学 地下建筑与工程系, 上海 200092; 2. 武汉地铁集团有限公司, 武汉 430030)

摘 要: 根据地下结构承受水压及构件存在裂缝的情况, 采用自制混凝土试块模具、自制可控开裂混凝土装置、自制可控压力水头装置、裂缝测宽仪组成的试验系统, 在不同水压、氯离子浓度、裂缝宽度以及浸泡时间等工况下进行了开裂混凝土渗透特性试验。试验结果表明: 当其他试验条件相同时, 压力水头下与自然浸泡状态下的氯离子运移规律有明显的差异, 压力水头作用下混凝土各层自由氯离子含量均有明显的提高; 存在控制氯离子浸泡溶液运移的裂缝宽度阈值, 且该阈值不受水头压力大小的影响。该试验方法可作为同类研究的借鉴和参考。

关 键 词: 地下结构; 渗透特性; 开裂; 水压力; 试验研究

中图分类号: TU 528

文献标识码: A

Experimental research on concrete permeability of underground structure

CHEN Cong^{1,2}, YANG Lin-de¹

(1. Department of Geotechnical Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. Wuhan Metro Group Co., Ltd., Wuhan 430030, China)

Abstract: In accordance with bearing water pressure and cracking, using test system made up by self-made concrete sample mould, self-made controlled cracking device, self-made controlled water pressure device, and crack width measuring instrument, experiments for permeability of cracked concrete are carried out under the conditions of different water pressures, concentrations of chloride ion, crack widths and soaking times. The experiment results show that chloride ion content of concrete increases significantly with the increasing of water pressure when the other experimental conditions are same; and the migration laws are different; and crack width threshold which is independent of water pressure controls the migration of chloride ion. This method can provide a reference for similar study.

Key words: underground structure; permeability; cracking; water pressure; experimental research

1 引 言

氯离子向混凝土内部运移是一个复杂的过程, 包括渗透作用、扩散作用、吸附作用以及热、电迁移等。对于地下结构, 因其埋置于水、土环境中, 结构受到压力水头的作用, 研究氯离子向地下结构混凝土内部的运移过程需考虑压力水头的影响, 因此, 使氯离子运移过程的研究更为复杂。

近代科学关于混凝土强度的细观研究以及大量工程实践所提供的经验都说明, 混凝土结构出现裂缝是不可避免的。对于地下结构, 笔者对盾构隧道进行的调查表明, 管片同样存在裂缝。混凝土中的裂缝常常相互联通, 由此增加了混凝土的渗透性。而渗透性的增加又将使更多的水分、氧气和氯离子

进入混凝土, 使其进一步劣化。这类交替过程可加快混凝土结构的劣化, 因而了解混凝土裂缝与渗透特性的关系尤为必要。

目前已有一些快速评价混凝土抗渗性的试验方法, 但还没有一种方法可以用来评价混凝土对任意介质的抗渗性^[1]。在近 20 年里, 学者们提出了许多试验方法, 大量文献^[2-9]对渗透性试验的方法、原理、使用范围以及评价方法等作出了研究, 各国也制定了相关试验标准。作者拟采用非稳态扩散法, 主要基于以下 3 点考虑: ①相对于其他试验方法, 非稳态扩散法具有较高精确性, 能够满足科学研究的需要; ②非稳态扩散法最接近氯离子在混凝土内扩散、渗透的真实情况, 且与实际使用环境下氯离子的渗透性有较好的相关关系; ③本项试验采用自

收稿日期: 2010-05-04

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (No. 50678135)。

第一作者简介: 陈聪, 男, 1981 年生, 博士研究生, 主要从事隧道及地下建筑工程研究。E-mail: tongjicchen@163.com

制设备试验,非稳态扩散法借助自然浸泡,试块在自然浸泡过程中能够方便地使用研制的试验设备进行相关试验。

因此,本文研究的重点即针对地下结构混凝土承受水压及存在裂缝的情况,采用自制混凝土试块模具、自制可控开裂混凝土装置、自制可控压力水头装置、裂缝测宽仪组成的试验系统,按照不同水压、氯离子浓度、裂缝宽度以及浸泡时间等工况进行压力水头下开裂混凝土渗透特性试验。

2 试验方案

2.1 试验原理

通过将开裂混凝土试块在加压 NaCl 溶液中自然浸泡,使氯离子在其中发生非稳态渗流,达到一定时间后,取出试块,烘干后将其沿垂直于 NaCl 溶液渗透方向的层面(与试块表面或裂缝开裂面平行的层面)逐层切片、磨粉,并由化学分析方法得到沿渗透深度方向混凝土中氯离子的含量,据此得到氯离子含量与渗透距离间的关系以及水压、氯离子浓度和裂缝宽度对其渗透特性的影响规律。

2.2 试验设备

主要试验设备为自制混凝土试块模具、自制可控开裂混凝土试块装置、自制可控压力水头装置、裂缝测宽仪。自制混凝土试块模具用于制作混凝土试块,自制可控开裂混凝土试块装置用于对混凝土试块在控制条件下制作裂缝,自制可控压力水头装置用于施加可控压力水头,裂缝测宽仪用于实时观测裂缝宽度。

2.2.1 混凝土试块模具

本项试验采用厚度较薄的圆环形混凝土试块和实心长方体混凝土试块两种试块。其中长方体试块长×宽×高尺寸为标准尺寸 200 mm×100 mm×100 mm,可采用标准模具制作。圆环形混凝土试块的尺寸外径 $\phi 200$ mm、内径 $\phi 50$ mm、厚度为 80 mm,需采用自制模具制作,自制模具由圆形底板、侧壁圆环、箍环和 PVC 管组成,如图 1、2 所示。其中图 1 为圆环形混凝土试块模具组成部件图,图中从左到右依次为圆形底板、侧壁圆环、箍环和 PVC 管,图 2 为其装配图,为保证模具具有足够的刚度,圆形底板及侧向圆环采用铸铁制作,箍环为铝环, PVC 管为塑料制品。

2.2.2 可控开裂混凝土装置

可控开裂混凝土试块装置由膨胀螺栓、PVC 管和夹具组成,其中膨胀螺栓的部件有膨胀块、膨胀片、垫片和螺栓等,如图 3、4 所示。



图 1 圆环形混凝土试块模具组成部件图
Fig.1 Diagram of mould formation for toroidal concrete block



图 2 圆环形混凝土试块模具装配图
Fig.2 Assembly drawing of mould for toroidal concrete block

图 3 为膨胀螺栓组成部件图。图中左半部分自上而下依次为膨胀块、垫片和螺栓,右半部分为 6 块膨胀片,合拢后构成膨胀孔。组装后的情况图示于图 4,由图可见,螺栓插在膨胀块中,垫片与膨胀块相连,膨胀块就位于由膨胀片围成的膨胀孔中,膨胀片外为内环 PVC 管, L 型扳手用于调节夹具螺栓。

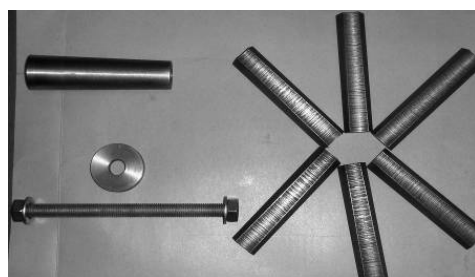


图 3 膨胀螺栓组成部件图
Fig.3 Diagram of mould formation for expanding bolt



图 4 膨胀螺栓与夹具视图
Fig.4 View of expanding bolt and fixture

可控开裂混凝土试块安装后的装配图见图 5，圆环形混凝土试块外环壁设有外环 PVC 管，夹具套于外环 PVC 管外侧。图 6 为可控开裂混凝土装置组装机。

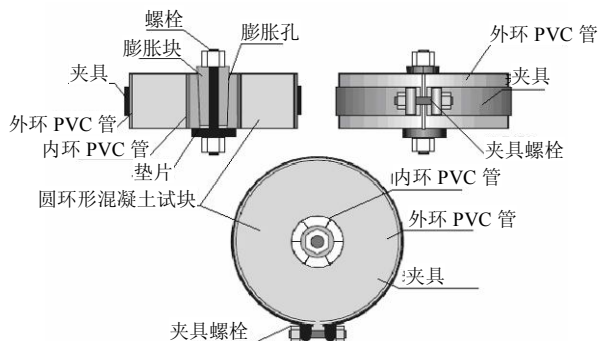


图 5 可控开裂混凝土试块装配图
Fig.5 Assembly drawing of controlled concrete cracking device



图 6 可控开裂混凝土试块装置组装机
Fig.6 Assembly drawing of controlled concrete cracking device

可控开裂混凝土试块装置通过使膨胀孔膨胀制作试件初始裂缝，并利用外部夹具约束膨胀孔的膨胀变形调节裂缝宽度。

操作时通过拧紧螺栓推动膨胀块，进而挤压膨胀孔，使圆环形混凝土试块经受环向拉应力，超过抗拉强度时，试块开裂，形成径向裂缝。夹具可对试块施加约束力，通过拧紧和放松夹具螺栓调节松紧程度，从而达到调节裂缝宽度的目的。

2.2.3 可控压力水头装置

可控压力水头装置由压力气缸、空气压缩机和空气调压阀门组成，如图 7 所示。



图 7 可控压力水头装置组装机
Fig.7 Assembly drawing of controlled water pressure device

由图可见，系统中空气压缩机、空气调压阀门和压力气缸依次串联，联接顺序依次为空气压缩机出气口—空气调压阀门进气口—空气调压阀门出气口—压力气缸进气口。联接部位需用密封条密封，防止因气体泄漏导致压力装置难以稳压。

可控压力水头装置组成部件联接如图 8 所示。

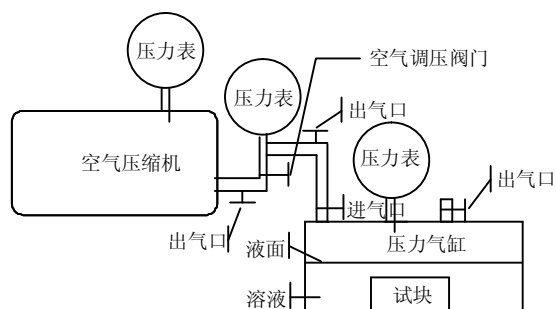


图 8 可控压力水头装置联接示意图
Fig.8 Junction sketch of controlled water pressure device

可控压力水头装置由空气压缩机产生高压气体，通过空气调压阀门调节压力后流入压力气缸，使压力气缸内的压力达到预设气压并保持稳定。压力气缸中盛放 NaCl 溶液，混凝土试块浸泡在溶液液面以下，通过调节气压即可模拟不同压力水头下的非稳态渗流。

2.2.4 裂缝测宽仪

本次试验拟采用 DJCK-2 型裂缝测宽仪进行实时裂缝宽度量测，其量程为 2 mm，精度为 0.02 mm。

2.3 试验工况

本次试验拟按混凝土标号、氯离子浓度、压力水头、裂缝宽度及浸泡时间分为 22 种试验工况，如表 1 所示。

由表可见，选用的混凝土强度等级为 C30、C50 和 C70 共 3 种。其中 C30 为普通混凝土，C50 为高性能混凝土，C70 为高强度混凝土。混凝土配合比均按《普通混凝土配合比设计规程》^[10]和实际地铁混凝土管片配合比确定。

氯离子浓度选为 3%、16.5%。其中 3%用于模拟海洋环境，16.5%用于加速氯离子渗透。浓度选取参考《水运工程混凝土试验规程》^[11]和 NT build 443^[12]确定。

压力水头参考上海地铁盾构隧道、越江隧道及厦门翔安海底隧道的埋深，选为 0.1、0.3、0.5 MPa。其中 0.1 MPa 模拟地铁埋深，0.3 MPa 模拟越江隧道埋深，0.5 MPa 模拟海底隧道埋深。

参考上海长江隧道衬砌结构整环试验测试分析资料及相关研究，拟采用 20、40、60、80、100 μm

共 5 种不同裂缝宽度进行试验。

浸泡时间综合考虑试验周期和氯离子检测, 拟采用 14 d 和 21d 两种浸泡时间。

表 1 试验工况表
Table 1 Test conditions

工况 编号	混凝土标号	影响因素			
		氯离子浓度 $\omega / \%$	压力水头 p / MPa	裂缝宽度 $d / \mu\text{m}$	浸泡时间 / d
1	C50	3.0	0.0	0	14
2	C50	3.0	0.1	0	14
3	C50	3.0	0.3	0	14
4	C50	3.0	0.5	0	14
5	C50	16.5	0.0	0	14
6	C50	16.5	0.0	20~100	14
7	C50	16.5	0.1	0	14
8	C50	16.5	0.1	20~100	14
9	C50	16.5	0.3	0	14
10	C50	16.5	0.3	20~100	14
11	C50	16.5	0.5	0	14
12	C50	16.5	0.5	20~100	14
13	C30	16.5	0.0	0	14
14	C30	16.5	0.1	0	14
15	C30	16.5	0.3	0	14
16	C30	16.5	0.5	0	14
17	C70	16.5	0.0	0	14
18	C70	16.5	0.1	0	14
19	C70	16.5	0.3	0	14
20	C70	16.5	0.5	0	14
21	C50	16.5	0.5	0	21
22	C50	3.0	0.5	0	21

注: 裂缝宽度为 $0 \mu\text{m}$ 时采用长方体试块, 其余均为圆环状试块。

2.4 混凝土配合比

鉴于试块采用原材料制作, 因而混凝土配合比参考《普通混凝土配合比设计规程》^[10] 和上海地铁 7 号线工程混凝土管片推荐配合比确定, 如表 2 所示。其中 C30 和 C70 的配合比参考前者确定, C50 的配合比来自后者。

表 2 混凝土配合比
Table 2 Concrete mix ratios

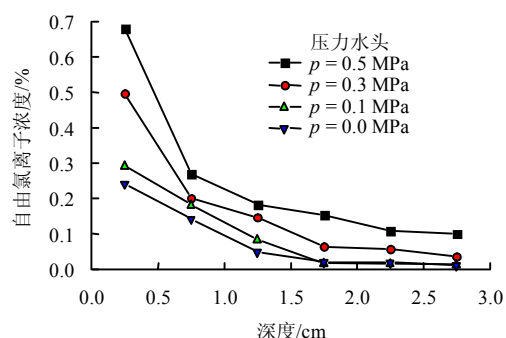
强度 等级	单位体积材料用量/ (kg/m^3)						
	水泥	水	砂	碎石	矿粉	粉煤灰	高效减水剂
C30	380	179	680	1 149	0	0	4.56
C70	428	154	669	1 139	0	0	5.14
C50	299	164	669	1 139	86	43	5.14

3 试验结果分析

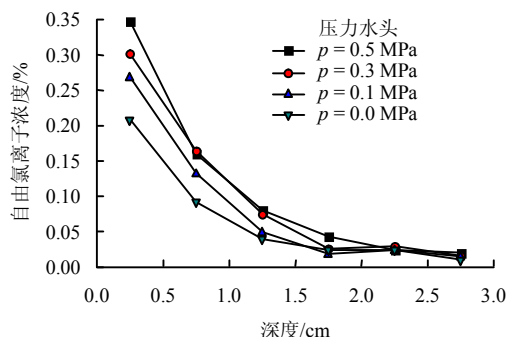
试验结果包括不同水压、氯离子浓度、裂缝宽度以及浸泡时间时各层混凝土自由氯离子浓度数据。限于篇幅, 本节根据试验实测结果, 仅从压力水头和试块裂缝开裂宽度两个方面分析其对氯离子渗透特性的影响。

3.1 压力水头对氯离子渗透特性的影响

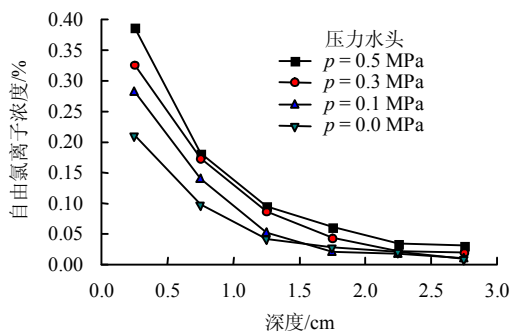
图 9 为不同强度等级混凝土、不同压力水头条件下自由氯离子浓度的分布曲线。



(a) C30 混凝土



(b) C50 混凝土



(c) C70 混凝土

图 9 不同压力水头氯离子浓度分布曲线
($\omega = 16.5\%$, $d = 0 \mu\text{m}$)

Fig.9 Curves of Cl-ion concentration versus distance under different water pressures ($\omega = 16.5\%$, $d = 0 \mu\text{m}$)

由图可知, 对于相同强度等级混凝土, 随着压力水头的增大, 各层氯离子含量随之增加。不同强度等级混凝土中, C30、C50 及 C70 混凝土 0.5 MPa 压力水头下比自然浸泡状态下自由氯离子总含量的增加率分别为 309%、169%及 193%。图中还可以看出, 各强度等级混凝土压力水头影响区域多集中在 $\leq 10 \text{ mm}$ 范围内, 大于 10 mm 深度, 自由氯离子含量变化并不明显, 而比较各层自由氯离子含量, 压力水头下浅层深度 0~5 mm 处的氯离子增加的

幅度高于其他各层, 浅层氯离子浓度累积最为明显。

3.2 裂缝宽度对氯离子渗透特性的影响

3.2.1 裂缝开裂特征

本次试验采用可控开裂混凝土试块装置制作了 20 组裂缝, 其中宽 20、40、60、80、100 μm 的 5 种裂缝各 4 组。实测裂缝宽度值为圆环形混凝土试块上表面和下表面裂缝宽度值的平均值, 上、下表面裂缝宽度值则为各表面沿开裂路径 10 组裂缝量测开裂宽度的平均值。

试块裂缝开裂宽度实测值表明, 除工况 6 中裂缝宽度为 100 μm 的混凝土试块上、下表面裂缝宽度差值达 18 μm 外, 各试块上、下表面裂缝宽度差值均小于 5 μm 。同时, 试块裂缝开裂宽度的实测值与开裂宽度目标值间相差均小于 5 μm 。混凝土试块上、下表面均匀开裂, 说明可控开裂混凝土试块装置张拉性能稳定, 可以得到稳定的混凝土开裂面。表明自制混凝土试块模具和可控开裂混凝土试块装置取得了良好的效果。

3.2.2 开裂宽度对氯离子渗透特性的影响

图 10 为氯离子自圆环状试块表面和开裂面沿浸泡深度方向运移的示意图。鉴于本项试验中圆环形和长方体试块同为配比相同的 C50 混凝土, 圆环形试块表面沿浸泡深度方向自由氯离子浓度的分布, 拟以相同压力水头条件下长方体混凝土试块 ($\omega=16.5\%$, $d=0\text{ }\mu\text{m}$, $p=0、0.1、0.3、0.5\text{ MPa}$, 强度等级为 C50) 表面沿浸泡深度方向自由氯离子浓度的分布代替。

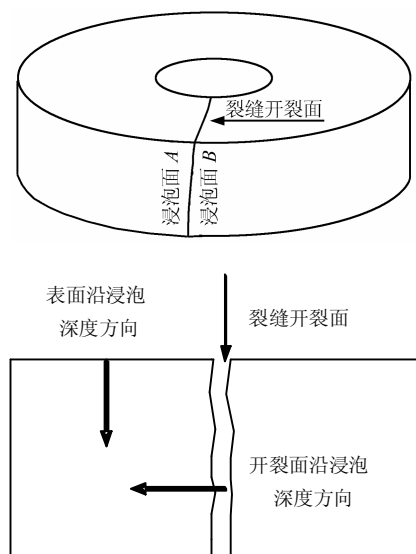


图 10 表面、开裂面沿浸泡深度方向氯离子运移示意图

Fig.10 Sketch of Cl-ion migration in surface and cracked surface direction

为了便于将不同的试验结果进行比较, 本文定义表面沿浸泡深度方向自由氯离子总含量为 1, 开裂面沿浸泡深度方向自由氯离子总含量用相对含量表示, 如式 (1) 所示。

$$y_i = \frac{C_{\text{crack}}}{C_{\text{surface}}} \quad (1)$$

式中: y_i 为开裂面沿浸泡深度方向自由氯离子相对含量; C_{crack} 为开裂面沿浸泡深度方向自由氯离子总含量; C_{surface} 为表面沿浸泡深度方向自由氯离子总含量。

图 11 为 C50 混凝土在不同开裂宽度、压力水头条件下的自由氯离子浓度分布曲线。

图 11 中每组数据均列出了未浸泡试块的曲线以作对比。由图可知, 在相同压力条件下 (0、0.1、0.3、0.5 MPa), 不同裂缝开裂宽度氯离子浓度曲线分布具有相同的特点, 裂缝宽度 (0、20、40、60、80、100 μm) 浓度曲线可以分为两组:

① 开裂宽度 $\geq 0.059\text{ mm}$, 开裂面沿浸泡深度方向自由氯离子相对含量为 $0.97 \leq y_i \leq 1.15$, 即开裂面与表面沿浸泡深度方向自由氯离子总浓度几乎相等, 且二者分布曲线很大程度上相似。试验数据表明: 开裂宽度 $\geq 0.059\text{ mm}$ 时, 氯离子在开裂面沿浸泡深度方向运移不受开裂宽度的影响, 且与表面沿浸泡深度方向运移几乎相同。

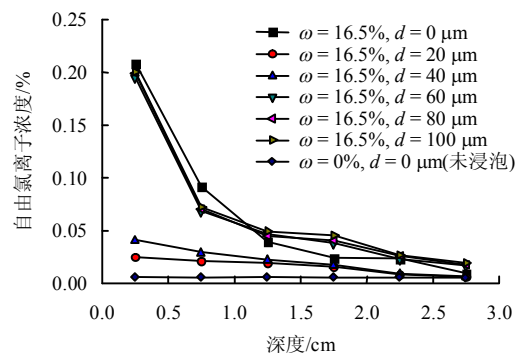
② 开裂宽度 $\leq 0.042\text{ mm}$, 开裂面沿浸泡深度方向自由氯离子相对含量为 $0.20 \leq y_i \leq 0.31$, 即开裂面沿浸泡深度方向自由氯离子总浓度与远小于表面, 且前者各层自由氯离子浓度远小于后者。试验数据表明, 开裂宽度 $\leq 0.042\text{ mm}$ 时, 氯离子在开裂面沿浸泡深度方向运移受开裂宽度的影响, 且远小于表面沿浸泡深度方向运移。

氯离子进入开裂面并沿浸泡深度运移经过如下过程: 浸泡溶液进入裂缝并沿裂缝开裂面运移—氯离子随浸泡溶液运移同步到达开裂面表面—氯离子在开裂面沿浸泡深度方向运移。若比较开裂面和表面沿浸泡深度方向自由氯离子浓度分布, 进一步分析试块裂缝开裂宽度对氯离子浸泡溶液并沿裂缝开裂面运移的影响, 可以得到以下结论:

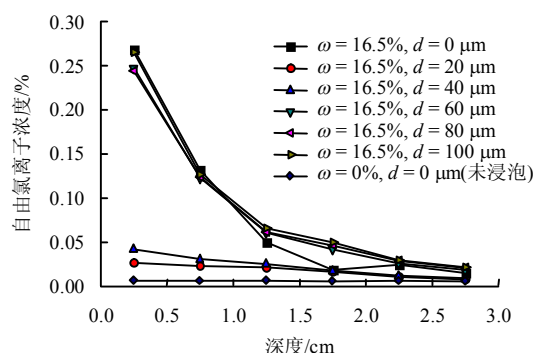
① 开裂宽度 $\leq 0.042\text{ mm}$, 氯离子在开裂面沿浸泡深度方向运移远小于表面沿浸泡深度方向运移。氯离子浸泡溶液运移受到裂缝宽度的控制, 裂缝宽度限制氯离子浸泡溶液沿裂缝开裂面运移。

② 开裂宽度 $\geq 0.059\text{ mm}$, 氯离子在开裂面沿浸泡深度方向运移与表面沿浸泡深度方向运移几乎相同。氯离子浸泡溶液液相运移不受裂缝宽度的控制,

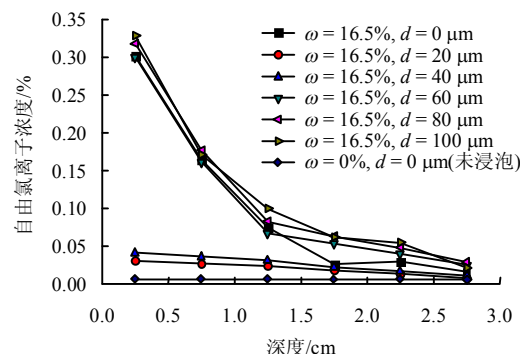
裂缝宽度对氯离子浸泡溶液沿裂缝开裂面运移没有影响。



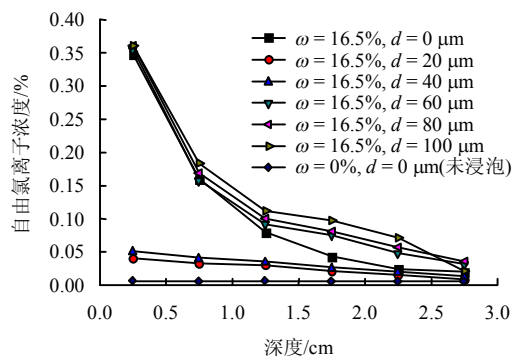
(a) 0 MPa 压力水头



(b) 0.1 MPa 压力水头



(c) 0.3 MPa 压力水头



(d) 0.5 MPa 压力水头

图 11 不同开裂宽度氯离子浓度分布曲线

Fig.11 Curves of Cl-ion concentration versus distance with different crack widths

③ 存在控制氯离子浸泡溶液运移裂缝宽度阈值 M ($0.042 \text{ mm} \leq M \leq 0.059 \text{ mm}$): 小于该阈值裂缝宽度限制氯离子浸泡溶液沿裂缝开裂面运移, 大于该阈值则裂缝宽度对氯离子浸泡溶液沿裂缝开裂面运移没有影响。

④ 各压力条件下 (0、0.1、0.3、0.5 MPa), 裂缝宽度阈值 M 对氯离子浸泡溶液运移影响呈现相似规律性, 裂缝宽度阈值 M 的存在不受水头压力大小的影响。

4 结 论

(1) 当其他试验条件相同时, 压力水头下与自然浸泡状态下的氯离子运移规律有明显的差异, 压力水头作用下混凝土各层自由氯离子含量均有明显的提高。其中, 压力水头影响区域多集中在混凝土深度 0~10 mm 范围内, 且深度 0~5 mm 处的氯离子增加的幅度高于其他各层, 浅层氯离子浓度累积最为明显。

(2) 在相同压力条件下, 不同裂缝开裂宽度氯离子浓度分布曲线分为两组: 开裂宽度 $\geq 0.059 \text{ mm}$, 开裂面与表面沿浸泡深度方向自由氯离子总浓度几乎相等, 且二者分布曲线很大程度上相似; 开裂宽度 $\leq 0.042 \text{ mm}$, 开裂面沿浸泡深度方向自由氯离子总浓度与远小于表面, 且前者各层自由氯离子浓度远小于后者。

(3) 存在控制氯离子浸泡溶液运移裂缝宽度阈值 M ($0.042 \text{ mm} \leq M \leq 0.059 \text{ mm}$): 小于该阈值裂缝宽度限制氯离子浸泡溶液沿裂缝开裂面运移, 大于该阈值则裂缝宽度对氯离子浸泡溶液沿裂缝开裂面运移没有影响。

(4) 各压力条件下 (0、0.1、0.3、0.5 MPa), 裂缝宽度阈值 M 对氯离子浸泡溶液运移影响呈现相似规律性, 裂缝宽度阈值 M 的存在不受水头压力大小的影响。

本文进行的地下结构混凝土的渗透特性试验研究将为进一步研究地下结构混凝土氯离子运移机制及计算模型奠定试验基础。

参 考 文 献

- [1] 吴中伟, 廉惠珍. 高性能混凝土[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1999.
- [2] 城乡建设环境保护部. GBJ82—1985 普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1985.

- [3] SUGIYAMA T, BREMNER T W. Determination of chloride diffusion coefficient and gas permeability of concrete and their relationship[J]. **Cement and Concrete Research**, 1996, 26(5): 781—790.
- [4] LI Z J, CHAI C K. New water permeability test scheme for concrete[J]. **ACI Materials Journal**, 2000, 97(1): 84—90.
- [5] KHATRI R P, SIRIVIVATNANON V. Methods for the determination of water permeability of concrete[J]. **ACI Materials Journal**, 1997, 94(3): 257—261.
- [6] DHIR R K, SHAABAN I G, CLAISSE P A C. Preconditioning in-situ concrete for permeation testing, Part1: Initial surface absorption[J]. **Magazine of Concrete Research**, 1993, 45(163): 13—18.
- [7] DHIR R K. Near-surface characteristics of concrete: Prediction of carbonation resistance[J]. **Magazine of Concrete Research**, 1989, 41(148): 137—143.
- [8] DHIR R K, HEWELETT P C, CHAN Y N. Near-surface characteristics of concrete: Assessment and development of in-situ test methods[J]. **Magazine of Concrete Research**, 1987, 39(141): 183—195.
- [9] CABRERA J G, LYNSDALE C J. A new gas permeameter for measuring the permeability of mortar and concrete[J]. **Magazine of Concrete Research**, 1988, 40(144): 177—182.
- [10] 中国建筑科学研究院. JGJ55—2000 普通混凝土配合比设计规程[S]. 北京: 建筑工业出版社, 2000.
- [11] 天津港湾工程研究院, 南京水利科学研究院. JTJ207—97 水运工程混凝土试验规程[S]. 北京: 人民交通出版社, 1999.
- [12] NORDTEST NT BUILD 443. Accelerated chloride penetration[S]. Finland: Nordtest, 1995.

关于举办“优凝舒布洛克杯”全国大学生加筋土挡墙及砌块面板设计大赛的通知

1 宗旨

“优凝舒布洛克杯”大学生加筋土挡墙及砌块面板设计大赛是培养大学生创新意识、合作精神和工程实践能力的学科性竞赛。本竞赛为高等学校开展创新教育和实践教学改革、加强高校与企业之间联系、推动学科创新活动起到积极示范作用。

2 承办单位

主办单位: 中国土工合成材料工程协会、中国土木工程学会土力学与岩土工程分会

承办单位: 同济大学、天津大学、江苏优凝舒布洛克公司

3 参赛对象

全日制在校土木工程或相关专业的硕士研究生和本科生。每个参赛队由 2 至 3 名学生和 1 名指导教师组成。

4 活动内容

在大赛所设定的基本原则下,由在校学生结合专业知识,发挥团队聪明才智,进行加筋土挡墙或挡墙砌块面板创新设计;比赛内容包括加筋土挡墙设计和砌块面板设计两个单元,每个参赛队伍只能参加一个单元;在全国范围内征集设计作品,按本章程确立的规则进行评选,对优胜者颁发获奖证书和现金奖励。详见大赛章程或电话咨询。

5 报名时间

报名时间: 2011 年 8 月 1 日开始, 9 月 30 日截止。

报名方式: 从大赛网址下载报名表, 通过 E-mail 报名, 不收报名费和参赛费。

6 比赛规则

大赛分加筋土挡墙和砌块面板两个单元,各单元提交作品的技术要求、评比与计分标准见比赛细则。大赛章程、报名表和各单元比赛规则可从大赛网站下载。

7 奖项设置

大赛设置一、二、三等奖及特等奖共 15 名,颁发奖金和证书;入围决赛者即获得优胜奖,颁发优胜者证书。

8 网址与联系方式

网址: js2011.usablock.com (2011 年 8 月 1 日启用)

E-mail: xu.a.chao@vip.126.com

电话: 025-86871700, 84712619

联系人: 任颖 蔡娟