

杭州湾跨海大桥
混凝土氯离子扩散系数快速测定方法

(Ver.-No: 200311)

杭州湾大桥工程指挥部
2003年11月22日

混凝土氯离子扩散系数快速测定方法 (RCM 法)

参照 DuraCrete 非稳态电迁移试验原理 (Rapid Chloride Migration Method of Concrete, Compliance Testing for Probabilistic Design Purposes, The European Union-Brite EuRam III, March 1999) 制定。

1 试验目的

定量评价混凝土抵抗氯离子扩散的能力,为氯离子侵蚀环境中的混凝土结构耐久性设计以及使用寿命的评估与预测提供基本参数。

2 适用范围

本试验方法适用于骨料最大粒径不大于 25 mm(一般不宜大于 20 mm)的实验室制作的或者从实体结构取芯获得的混凝土试件,试验数据可以作为氯离子侵蚀环境耐久混凝土的配合比设计和混凝土结构质量检验评定的依据。

3 试验设备和化学试剂

3.0.1 唐氏 RCM 测定仪,原理图见图 3.0.1。

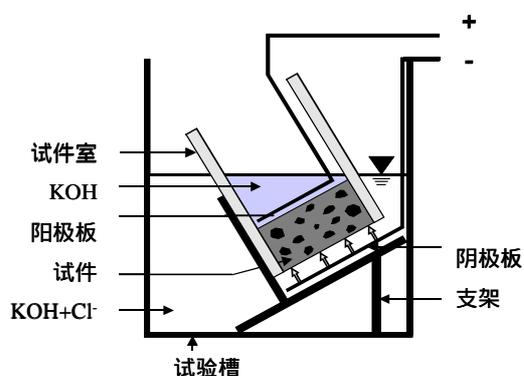


图 3.0.1 唐氏 RCM 测定仪原理

3.0.2 含 5% NaCl 的 0.2 mol/L KOH 溶液; 0.2 mol/L KOH 溶液。

3.0.3 显色指示剂; 0.1 mol/L AgNO₃ 溶液。

3.0.4 水砂纸 (200 ~ 600#); 细锉刀; 游标长尺 (精度 0.1 mm)。

3.0.5 超声浴箱; 电吹风 (2000W); 万用表; 温度计 (精度 0.2)。

3.0.6 扭矩扳手 (20 ~ 100 N·m, 测量误差 ± 5%)。

4 试验步骤

4.0 试件准备

4.0.1 标准试件尺寸为 100 ± 1 mm, $h=50 \pm 2$ mm。试件加工时应切除混凝土表层浮浆。

4.0.2 试件在试验室制作时，一般可使用 100mm × 300mm 或 150mm × 150mm × 150mm 试模。试件制作后立即用塑料薄膜覆盖并移至标准养护室，24h 后拆模并浸没于标准养护室的水池中。试验前 7d 加工成标准试件尺寸的试件，并用水砂纸（200 ~ 600#）细锉刀打磨平整，然后继续浸没于水中养护至试验龄期。

4.0.3 试件在实体混凝土结构中钻取时，应先切割成标准试件尺寸，并用水砂纸（200 ~ 600#）细锉刀打磨平整，再在标准养护室水池中浸泡 72h，然后才可以进行试验。

4.1 试验准备

4.1.1 实验室温度控制在 20 ± 5 。试件安装前需进行 15 min 超声浴，超声浴槽事先需用室温饮用水冲洗干净。试件的表面应该干净、无油污、无灰砂、无水珠。

4.1.2 唐氏 RCM 测定仪的试验槽在试验前需用 40 ± 2 的温饮用水冲洗干净。

4.1.3 试件的直径和高度应该在试件安装前用游标卡尺测量（精度 0.1 mm），并填入显色深度计算表（附表 1）和试验原始记录表（附表 3）。

4.1.4 试件装入试件筒内，拧紧环箍螺丝至 30~35 N·m。

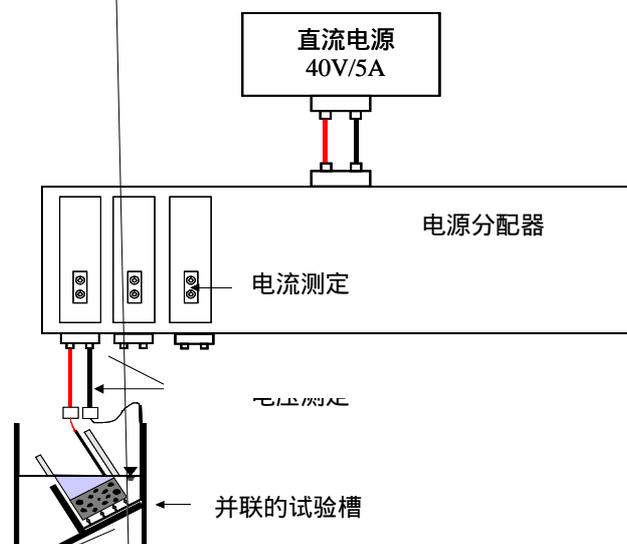
4.2 电迁移试验过程

4.2.1 在无负荷状态下，把 40V/5A 的直流电源调到 $30 \pm 0.2V$ ，然后关闭电源。

4.2.2 把装好试件的试件筒安装到试验槽中，安装好阳极板，然后在试件筒中注入约 300 ml 0.2 mol/L 的 KOH 溶液，使阳极板和试件表面均浸没于溶液中。

4.2.3 在试验槽中注入含 5% NaCl 的 0.2 mol/L KOH 溶液，直至试件筒中的 KOH 溶液的液面。

4.2.4 按图 4.2.4 连接电源、分配器和试验槽，阳极（用红线）连至试件筒中电极，阴极（用兰线或黑线）连至试验槽的电解液中电极。



4.2.5 打开电源，记录时间，同步测定并联电压，串联电流和温度。

4.2.6 测量电流时，万用表调到 200 mA 档；测量电压时，万用表调到 200V 档；二种溶液的温度测定应精确到 0.2 。

4.2.7 试验时间按测得的初始电流确定（附表 2）。

4.2.8 试验数据填入试验原始记录表（附表 3）。

4.2.9 试验结束时，先关闭电源，断开连线，取出试件筒，倒除 KOH 溶液，松开环箍螺丝，然后从上向下移出试件。

4.3 氯离子扩散深度测定

4.3.1 试件从试件筒移出后，立即在压力试验机上劈成两半。

4.3.2 在劈开的试件表面喷涂显色指示剂，混凝土表面一般变黄（实际颜色与混凝土颜色相关），其中含氯离子部分明显较亮；表面稍干后喷 0.1 mol/L AgNO₃ 溶液；然后将试件置于采光良好的实验室中，含氯离子部分不久即变成紫罗兰色（颜色可按混凝土掺和料的不同略有变化），不含氯离子部分一般显灰色。

4.3.3 测量显色分界线离底面的距离，把如图 4.3.3 所示位置的测定值（精确到 mm）填入附表 1，计算所得的平均值即为显色深度。

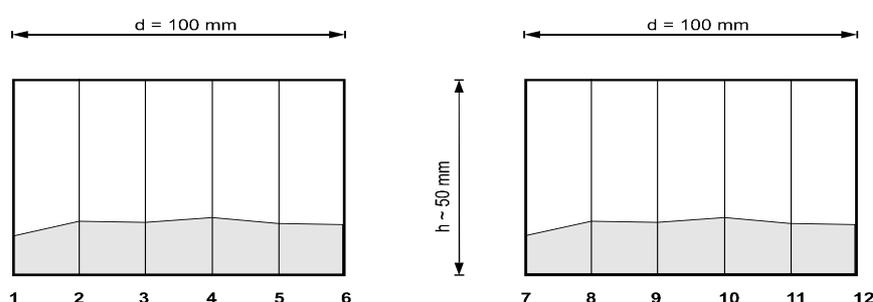


图 4.3.2 显色分界线位置编号

4.3.4 试验后排除试验溶液，结垢或沉淀物用黄铜刷清除，试验槽和试件筒仔细用饮用水和洗涤剂冲洗 60s，最后用蒸馏水洗净并电吹风（用冷风档）吹干。

5 试验结果计算

5.0.1 混凝土氯离子扩散系数按下式计算（中间运算精确到四位有效数字，最后结果保留三位有效数字）：

$$D_{RCM,0} = 2.872 \times 10^{-6} \frac{Th(x_d - \alpha \sqrt{x_d})}{t}$$

$$\alpha = 3.338 \times 10^{-3} \sqrt{Th}$$

式中 $D_{RCM,o}$ — RCM 法测定的混凝土氯离子扩散系数 (m^2/s);

T — 温度 (K);

h — 试件高度 (m);

x_d — 氯离子扩散深度 (m);

t — 通电试验时间 (s);

α — 辅助变量。

5.0.2 一组试样的混凝土氯离子扩散系数为 3 个试样的算术平均值。如任一个测值与中值的差值超过中值的 15%，则取中值为测定值；如有两个测值与中值的差值都超过中值的 15%，则该组试验结果无效。

附表 1：显色深度[mm]计算表

试件 编号	直径 [mm]	高度 [mm]	显色深度[mm]												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均值
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															

附表 2：初始电流与试验时间的关系

初始电流 I_0	选定的通电试验时间
mA	h
$I_0 < 5$	168
$5 \leq I_0 < 10$	96
$10 \leq I_0 < 30$	48
$30 \leq I_0 < 60$	24
$60 \leq I_0 < 120$	8
$120 \leq I_0$	4

附表 3 :

RCM 试验原始记录表

编号	试件制作时间	龄期	试验日期	试验时间	超声浴	无载电压	电压		电流		KOH 溶液		KOH+Cl ⁻ 溶液		试验持续时间		试件高度 h	显色深度 x_d	备注
							V	mA	°C	ml	°C	ml	h	min	m				
-	-	d	-	-	min		V	mA	°C	ml	°C	ml	h	min	m			-	

试验员 : _____

记录员 : _____