

普通混凝土长期性能 和耐久性能试验方法

(国标报批稿)

1985 北 京

编制说明

本标准是根据原国家建委（78）建发设字第562号通知的要求，由中国建筑科学研究院会同各有关单位共同编制而成的。

在编制过程中，作了大量的调查研究和试验论证工作，收集并参考了国际标准和其它国内外有关的规范标准，经过反复讨论修改而成的。在编制过程中曾多次征求全国各有关单位的意见，最后才会同有关部门审查定稿。

本标准 of 普通混凝土基本性能中有关长期性能和耐久性的试验方法。内容包括抗冻性能试验（慢冻法、快冻法）、动弹性模量试验、抗渗性能试验、收缩试验、受压徐变试验、碳化试验、混凝土中的钢筋锈蚀试验、抗压疲劳强度试验等九个方法。由于普通混凝土长期性能和耐久性能试验涉及范围较广，本身又将随着仪器设备的改进和测试技术的提高而不断发展，故希望各单位在执行本标准过程中注意积累资料，总结经验。如发现有需要修改补充之处，请将意见和有关资料寄中国建筑科学研究院混凝土研究所，以便今后修改时参考。

中国建筑科学研究院

一九八五年七月

目 录

第一章	总则.....	(1)
第二章	试件的制作及养护.....	(1)
第三章	抗冻性能试验.....	(4)
第一节	快冻法.....	(4)
第二节	慢冻法.....	(8)
第四章	动弹性模量试验.....	(11)
第五章	抗渗性能试验.....	(16)
第六章	收缩试验.....	(17)
第七章	受压徐变试验.....	(21)
第八章	碳化试验.....	(26)
第九章	混凝土中钢筋锈蚀试验.....	(29)
第十章	抗压疲劳强度试验.....	(31)
条文解释		(36)
重点问题解释		(52)

第一章 总 则

第1.0.1条 为了在确定混凝土性能特征、检验或控制现浇混凝土工程或预制构件的质量时有一个统一的混凝土长期性能和耐久性能试验方法，特制定本标准。

第1.0.2条 本标准适用于工业与民用建筑和一般构筑物中所用普通混凝土的基本性能试验。

第二章 试件的制作及养护

第2.0.1条 本试验方法标准中规定的长期性能和耐久性能试验用试件，除抗渗、疲劳试验以外均以三块为一组。

制作每组长期性能及耐久性能试验的试件及相应的对比试件所用的拌合物应根据不同要求从同一盘搅拌或同一车运送的混凝土中取出，或在试验室用机械或人工单独拌制。用以检验现浇混凝土工程或预制构件质量的试件分组及取样原则，应按现行《钢筋混凝土工程施工及验收规范》及其它有关规定执行。

第2.0.2条 以试验室拌制混凝土制作试件时，其材料用量应以重量计，称量的精度应为：水泥、水和外加剂均为 $\pm 0.5\%$ ；骨料为 $\pm 1\%$ 。

第2.0.3条 所有试件均应在拌制或取样后立即制作。确定混凝土设计特征值、标号或进行材料性能研究时，

试件的成型方法应按混凝土的稠度而定，坍落度不大于70毫米的混凝土宜用震动台振实；大于70毫米的宜用捣棒人工捣实。检验现浇混凝土工程和预制构件质量的混凝土试件的成型方法应与实际施工采用的方法相同。

棱柱体试件采用卧式成型。埋有钢筋的试件在灌注混凝土及捣实时应特别注意钢筋和试模之间的混凝土能保持灌注密实及捣实良好。

用离心法、压浆法、真空作业法及喷射法等特殊方法成型的混凝土，其试件的制作应按相应的规定进行。

第2.0.4条 制作试件用的试模应由铸铁或钢制成，应具有足够的刚度并拆装方便。试模的内表面应经机械加工，其不平度应为每100毫米不超过0.05毫米。组装后各相邻面的不垂直度不应超过 $\pm 0.5^\circ$ 。

在制作试件前应将试模清擦干净，并应涂以脱模剂。

第2.0.5条 用震动台成型时，应将混凝土拌合物一次装入试模。装料时应用抹刀沿试模内壁略加插捣并应使混凝土拌合物高出试模上口。振动时应防止试模在震动台上自由跳动。振动应持续到混凝土表面出浆为止，刮除多余的混凝土并用抹刀抹平。

试验室用震动台的振动频率应为 50 ± 3 赫，空载时振幅应为0.5毫米。

第2.0.6条 人工插捣时，混凝土拌合物应分两层装入试模，每层的装料厚度应大致相等。插捣用的钢制捣棒应为：长600毫米，直径16毫米，端部磨圆。插捣按螺旋方向从边缘向中心均匀进行。插捣底层时，捣棒应达到试模底面；插捣上层时，捣棒应穿入下层深度约20~30毫米。插捣时捣棒

应保持垂直,不得倾斜,并用抹刀沿试模内壁插入数次。每层的插捣次数根据试件的截面而定,一般为每100平方厘米面积不应少于12次。插捣完后,刮除多余的混凝土并用抹刀抹平。

第2.0.7条 按各试验方法的具体规定,长期性能及耐久性性能试验的试件有标准养护、同条件养护及自然养护等几种养护形式。

采用标准养护的试件成型后应复盖表面,以防止水分蒸发,并应在室温为 $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 情况下静置1~2昼夜,然后编号拆模。

拆模后的试件应立即在温度为 $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 、湿度为90%以上的标准养护室中养护。在标准养护室内试件应放在架上,彼此间隔应为10~20毫米,并应避免用水直接淋刷试件。

当无标准养护室时,混凝土试件可在 $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 的不流动水中养护。水的 PH 值不应小于7。

与构筑物或构件同条件养护的试件成型后应复盖表面。试件的拆模时间可与实际构件的拆模时间相同。拆模后,试件仍需保持同条件养护。

需要进行自然放置并晾干的试件应放置在干燥通风的室内,每块试件之间应至少留有10~20毫米的间隙。

第三章 抗冻性能试验

第一节 慢冻法

第3.1.1条 本方法适用于检验以混凝土试件所能经受的冻融循环次数为指标的抗冻标号。

第3.1.2条 慢冻法混凝土抗冻性能试验应采用立方体试件。试件的尺寸应根据混凝土中骨料的最大粒径按表3.1.2—1选定。

慢冻法所用试件尺寸选用表

表3.1.2—1

试件尺寸(毫米)	骨料最大粒径(毫米)
100 × 100 × 100	30
150 × 150 × 150	40
200 × 200 × 200	60

每次试验所需的试件组数应符合表3.1.2—2的规定，每组试件应为三块。

第3.1.3条 慢冻法混凝土抗冻性能试验所用设备应符合下列规定：

一、冷冻箱(室) 装有试件后能使箱(室)内温度保持在 $-15 \sim -20^{\circ}\text{C}$ 的范围以内。

二、融解水槽 装有试件后能使水温保持在 $15 \sim 20^{\circ}\text{C}$ 的范围以内。

三、框篮 用钢筋焊成，其尺寸应与所装的试件相适应。

慢冻法试验所需试件组数

表3.1.2—2

设计抗冻标号	D25	D50	D100	D150	D200	D250	D300
检验强度时的 冻融循环次数	20	50	50 及 100	100 及 150	150 及 200	200 及 250	250 及 300
鉴定28天强度 所需试件组数	1	1	1	1	1	1	1
冻融试件组数	1	1	2	2	2	2	2
对比试件组数	1	1	2	2	2	2	2
总计试件组数	3	3	5	5	5	5	5

四、案秤 称量10公斤，感量为5克。

五、压力试验机 精度至少为 $\pm 2\%$ ，其量程应能使试件预期破坏荷载值不小于全量程的20%，也不大于全量程的80%。

试验机上、下压板及试件之间可各垫以钢垫板。钢垫板两承压面均应机械加工。与试件接触的压板或垫板的尺寸应大于试件承压面，其不平度应为每100毫米不超过0.02毫米。

第3.1.4条 慢冻法混凝土抗冻性能试验应按下列规定进行：

一、如无特殊要求，试件应在28天龄期时进行冻融试验。试验前4天应把冻融试件从养护地点取出，进行外观检查，随后放在 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ 水中浸泡。浸泡时水面至少高出试件顶面20毫米，试件浸泡4天后进行冻融试验。对比试件则应保

留在标准养护室内，直到完成冻融循环后，与抗冻试件同时试压。

二、取出浸泡完毕的试件，用湿布擦除表面水分并称重，按编号置入框篮后即可放入冷冻箱（室）开始冻融试验。在箱（室）内，框篮应架空，试件与框篮接触处应垫以垫条，并保证至少留有20毫米的空隙。框篮中各试件之间至少保持50毫米的空隙。

三、抗冻试验冻结温度应保持在 $-15\sim-20^{\circ}\text{C}$ 。试件在箱内温度到达 -20°C 时放入。装完试件如温度有较大升高，则从温度重新降至 -15°C 时起计算冻结时间。每次从装完试件到重新降至 -15°C 所需的时间不应超过2小时。冷冻箱（室）内温度均以其中中心处温度为准。

四、每次循环中试件的冻结时间应按其尺寸而定， $100\times 100\times 100$ 毫米及 $150\times 150\times 150$ 毫米试件的冻结时间不应小于4小时； $200\times 200\times 200$ 毫米试件不应小于6小时。

如果在冷冻箱（室）内同时进行不同规格尺寸试件的冻结试验，其冻结时间应按最大尺寸试件计。

五、冻结试验结束后，即可取出试件并立即将其放入能使水温保持 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ 的水槽中进行融化。此时，槽中水面应至少高出试件表面20毫米。试件在水中融化的时间不应小于4小时。融化完毕即为该次冻融循环结束，取出试件送入冷冻箱（室）进行下一次循环试验。

六、应经常对冻融试件进行外观检查。发现有严重破坏时应进行称重，如试件的平均失重率超过5%，即应停止其冻融循环试验。

七、混凝土试件达到表3.1.2—2规定的冻融循环次数

后，即应进行抗压强度试验。

抗压试验前应称重并进行外观检查，并详细记录试件表面破损、裂缝及边角缺损情况。

如果试件表面破损严重，则应用石膏找平后再进行试压。

八、在冻融过程中，如因故需中断试验，为避免失水和影响强度，应将冻融试件移入标准养护室保存，直至恢复冻融试验为止。此时应将故障原因及暂停时间在试验结果中注明。

第3.1.5条 混凝土冻融试验后应按下式计算其强度损失率：

$$\Delta f_c = \frac{f_{co} - f_{cn}}{f_{co}} \times 100 \quad (3.1.5-1)$$

式中 Δf_c — N 次冻融循环后混凝土强度损失率，以三个试件的平均值计算(%)；

f_{co} —对比试件的抗压强度平均值(兆帕)；

f_{cn} —经 N 次冻融循环后三个试件抗压强度平均值(兆帕)。

混凝土试件冻融后的重量损失率可按下式计算：

$$\Delta W_n = \frac{G_o - G_n}{G_o} \times 100 \quad (3.1.5-2)$$

式中 ΔW_n — N 次冻融循环后的重量损失率，以三个试件的平均值计算(%)；

G_o —冻融循环试验前的试件重量(公斤)；

G_n — N 次冻融循环后的试件重量(公斤)。

混凝土的抗冻标号应以同时满足强度损失率不超过25%和重量损失率不超过5%时的最大循环次数来表示。

第二节 快冻法

第3.2.1条 本方法适用于在水中经快速冻融来测定混凝土的抗冻性能。快冻法抗冻性能的指标可用能经受快速冻融循环的次数耐或久性系数来表示。

本方法特别适用于抗冻性要求高的混凝土。

第3.2.2条 本试验采用 $100 \times 100 \times 400$ 毫米的棱柱体试件。混凝土试件每组三块，在试验过程中可连续使用。除制作冻融试件外，尚应制备同样形状、尺寸、中心埋有热电偶的测温试件，制作测温试件所用混凝土的抗冻性能应高于冻融试件。

第3.2.3条 快冻法测定混凝土抗冻性能试验所用设备应符合下列规定：

一、快速冻融装置 能使试件静置在水中不动，依靠热交换液体的温度变化而连续、自动地按照本方法 第3.2.4条五款的要求进行冻融的装置。满载运转时冻融箱内各点温度的极差不得超过 2°C 。

二、试件盒 由1~2毫米厚的钢板制成。其净截面尺寸应为 110×110 毫米，高度应比试件高出50~100毫米。试件底部垫起后盒内水面应至少高出试件顶面5毫米。

三、案秤 称量10公斤，感量5克或称量20公斤，感量10克。

四、动弹性模量测定仪 共振法或敲击法动弹性模量测定仪。

五、热电偶、电位差计 能在 $20 \sim -20^{\circ}\text{C}$ 范围内测定试件中心温度。测量精度不低于 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

第3.2.4条 快冻法混凝土抗冻性能试验应按下列规定进行:

一、如无特殊规定,试件应在28天龄期时开始冻融试验。冻融试验前四天应把试件从养护地点取出,进行外观检查,然后将其放入温度为 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ 的水中浸泡(包括测温试件)。浸泡时水面至少应高出试件顶面20毫米。试件浸泡4天后进行冻融试验。

二、取出浸泡完毕的试件,用湿布擦除表面水分,称重、并按本标准第四章的规定测定其横向基频的初始值。

三、将试件放入试件盒内,为了使试件受温均衡,并消除试件周围因水分结冰引起的附加压力,试件的侧面与底部应垫放适当宽度与厚度的橡皮板。在整个试验过程中,盒内水位高度应始终保持高出试件顶面5毫米左右。

四、把试件盒放入冻融箱内。装有测温试件的盒应放在冻融箱的中心位置。随后即可开始冻融循环。

五、冻融循环过程应符合下列要求:

1.每次冻融循环应在2~4小时内完成,其中用于融化的时间不得小于整个冻融时间的 $1/4$ 。

2.在冻结和融化终了时,试件中心温度,应分别控制在 $-17\pm 2^{\circ}\text{C}$ 和 $8\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

3.每块试件从 6°C 降至 -15°C 所用的时间不得少于冻结时间的 $1/2$ 。每块试件从 -15°C 升至 6°C 所用的时间也不得少于整个融化时间的 $1/2$ 。试件内外的温差不宜超过 28°C 。

4.冻融之间的转换时间不宜超过10分钟。

六、试件一般应每隔25次循环作一次横向基频测量。测量前应将试件表面浮渣清洗净,擦去表面积水,并其检查外

部损伤及重量损失。横向基频的测量方法及步骤应按本标准第四章的规定执行。测完后，应即把试件掉一个头重新装入试件盒内。试件的测量、称重及外观检查应尽量迅速，以免水份损失。

七、为保证试件在冷液中冻结时温度稳定均衡，当有一部份试件停冻取出时，应另用试件填充空位。

如冻融循环因故中断，试件应保持在冻结状态下，并最好能将试件保存在原容器内用冰块围住。如无这一可能，则应将试件在潮湿状态下用防水材料包裹，加以密封，并存放在 $-17 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的冷冻室或冰箱中。

试件处在融解状态下的时间不宜超过两个循环，特殊情况下，超过两个循环周期的次数，在整个试验过程中只允许 1~2 次。

八、冻融达到以下三种情况之一即可停止试验：

1. 已达到 300 次循环；
2. 相对动弹性模量下降到 60% 以下；
3. 重量损失率达 5%。

第 3.2.5 条 混凝土试件的相对动弹性模量可按下式计算：

$$P = \frac{f_n^2}{f_o^2} \times 100 \quad (3.2.5-1)$$

式中 P —经 N 次冻融循环后试件的相对动弹性模量，以三个试件的平均值计算(%)；

f_n — N 次冻融循环后试件的横向基频(赫)；

f_o —冻融循环试验前测得的试件横向基频初始值(赫)。

混凝土试件冻融后的重量损失率应按下式计算：

$$\Delta W_n = \frac{G_0 - G_n}{G_0} \times 100 \quad (3.2.5-2)$$

式中 ΔW_n — N 次冻融循环后试件的重量损失率，以三个试件的平均值计算(%)；

G_0 —冻融循环试验前的试件重量(公斤)；

G_n — N 次冻融循环后的试件重量(公斤)。

混凝土耐快速冻融循环次数应以同时满足相对动弹性模量值不小于60%和重量损失率不超过5%时的最大循环次数来表示。

混凝土耐久性系数应按下式计算：

$$K_n = P \times N / 300 \quad (3.2.5-3)$$

式中 K_n —混凝土耐久性系数；

N —达到第3.2.4条八款要求时的冻融循环次数；

P —经 N 次冻融循环后试件的相对动弹性模量。

第四章 动弹性模量试验

第4.0.1条 本方法适用于测定混凝土的动弹性模量，以检验混凝土在经受冻融或其它侵蚀作用后遭受破坏的程度，并以此来评定它们的耐久性能。

第4.0.2条 本试验采用截面为100×100毫米的棱柱体试件，其高宽比一般为3~5。

第4.0.3条 混凝土动弹性模量试验所用设备应符合下列规定：

一、混凝土动弹性模量测定仪 有以下两种型式：

1. 共振法混凝土动弹性模量测定仪（简称共振仪）。

输出频率可调范围为100~20000赫，输出功率应能激励试件使其产生受迫振动，以便能用共振的原理定出试件的基频振动频率（基频）。

在无专用仪器的情况下，可用通用仪器进行组合，其基本原理示意如图4.0.3所示。

通过仪器组合后，其输出频率的可调范围应与所测试件尺寸、容重及混凝土品种相匹配，一般为100~20000赫，输出功率也应能激励试件产生受迫振动。

2. 敲击法混凝土动弹性模量测定仪。这种仪器应能从试件受敲击后的复杂振动状态中析出基频振动，并通过计数显示系统显示出试件基频振动周期。仪器相应的频率测量范围应为30~30000赫。

二、试件支承体 硬橡胶刃型支座或约20毫米厚软泡沫塑料垫。

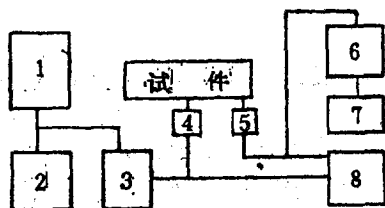


图4.0.3 共振法混凝土动弹性模量测定基本原理示意图

1. 振荡器；2. 频率计；3. 放大器；4. 激振换能器；
5. 接收换能器；6. 放大器；7. 电表；8. 示波器

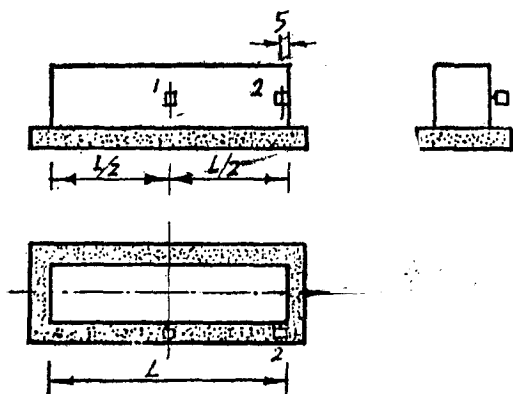
三、案秤 称量10公斤，感量5克或称量20公斤，感量10克。

第4.0.4条 混凝土动弹性模量试验应按下列步骤进行：

一、测定试件的重量和尺寸。试件重量的测量精度应在 $\pm 5\%$ 以内，尺寸的测量精度应在 $\pm 1\%$ 以内。每个试件的长度和截面尺寸均取三个部位测量的平均值。

二、将试件安放在支承体上，并定出换能器或敲击及接收点的位置。以共振法测量试件的横向基频振动频率时，其支承和换能器的安装位置可见图4.0.4-1。以敲击法测量试件的横向基频振动频率时，其支承、敲击点和接收换能器的安装位置可见图4.0.4-2。

三、用共振法测量混凝土动弹性模量时，先调整共振仪的激振功率和接收增益旋钮至适当位置，变换激振频率，同时注意观察指示电表的指针偏转情况。当指针偏转为最大时，即表示试件达到共振状态。这时所显示的激振频率即为试



4.0.4-1共振法测量动弹性模量示意图

1. 激振换能器；2. 接收换能器；3. 软泡沫塑料垫；
4. 试件(测量时试件成型面朝上)

注：测量时试件成型面朝上，
试件下面垫以泡沫塑料垫。

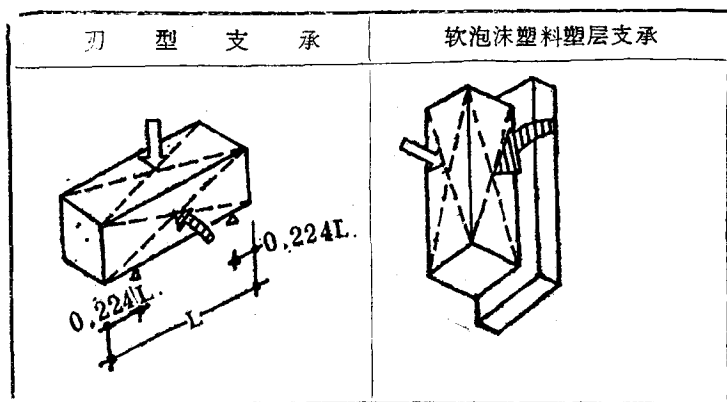


图4.0.4-2 敲击法测量动弹性模量示意图

□→敲击方向及位置；▨→接收方向及位置（测量时支承点、敲击点及接收点均应避开成型面）

件的基频振动频率。每一测量应重复测读两次以上，如两次连续测值之差不超过0.5%，则取这两个测值的平均值作为该试件的测试结果。

以示波器作显示的仪器时，示波器的图形调成一个正圆时的频率即为共振频率。

当仪器同时具有指示电表和示波器时，以电表指针达最大值时的频率作为共振频率。

在测试过程中，如发现两个以上峰值时，宜采用以下方法测出其真实的共振峰：

1. 将输出功率固定，反复调整仪器输出频率，从指示电表上比较幅度值的大小，幅值最大者为真实的共振峰。

2. 把接收换能器移至距端部0.224倍试件长度处，此时如指示电表示值为零，即为真实的共振峰值。