

中国工程建设标准化协会标准

钢纤维混凝土试验方法

CECS13 : 89

主编单位:哈尔滨建筑工程学院
大连理工大学

批准单位:中国工程建设标准化协会

批准日期:1989年12月26日

1991 北京

前 言

钢纤维混凝土是我国近几年发展起来的新材料。它具有耐磨、抗拉和抗剪性能强的优点,因此,可以广泛用于道路工程(包括机场跑道)、水工和港口工程、铁路工程以及工业与民用建筑中的刚性屋面、抗震节点和厂房地面。为了统一钢纤维混凝土的试验方法,以满足《钢纤维混凝土结构设计与施工规程》的技术要求,本标准起草小组以科学试验为基础,结合这种材料的工程实践,并反复征求有关单位和专家的意见,制订了本标准,最后经全国钢筋混凝土标准技术委员会审查定稿。

现批准《钢纤维混凝土试验方法》CECS13 : 89 为中国工程建设标准化协会标准,推荐给各工程建设设计、施工和科研单位使用。在使用过程中,如发现需要修改补充之处,请将意见及有关资料寄交哈尔滨建工学院(哈尔滨大直街,邮政编码:150006)、大连理工大学(大连市,邮政编码:116024)。

中国工程建设标准化协会
1989年12月26日

目 录

主要符号	
第一章 总则	
第二章 拌合物取样及试样制备	
第三章 稠度试验	
第一节 坍落度法	
第二节 倒置坍落度筒法	
第三节 维勃（V B）稠度法	
第四章 拌合物质量密度试验	
第五章 拌合物钢纤维体积率试验	
第六章 拌合物含气量试验	
第七章 试件的制作及养护	
第一节 浇筑钢纤维混凝土试件	
第二节 喷射钢纤维混凝土试件	
第八章 立方体抗压强度试验	
第九章 轴心抗压强度试验	
第十章 静力受压弹性模量试验	
第十一章 劈裂抗拉强度试验	
第十二章 抗剪强度试验	
第十三章 抗折强度试验	
第十四章 抗折弹性模量试验	
第十五章 弯曲韧性和初裂强度试验	
第十六章 压缩韧性试验	
第十七章 钢纤维与水泥砂浆粘结强度试验	
第十八章 钢纤维混凝土与钢筋粘结强度试验	
第十九章 抗冻性能试验	
第一节 慢冻法	
第二节 快冻法	
第二十章 抗渗性能试验	
第二十一章 干缩试验	
附录一 常用非法定计量单位与法定计量单位的换算关系	
附录二 本标准用词说明	
附加说明	

主要符号

荷载和变形

- F_{\max} ——最大荷载(N);
 F_{cr} ——初裂荷载(N);
 F_{cr} ——临界荷载(N);
 F_{I} ——初始荷载(N);
 F_{con} ——控制荷载(N);
 $F_{\text{st},s,l}$ ——钢纤维开始滑移时的荷载(N);
 $F_{s \cdot s, 0.02}$ ——钢筋自由端滑移量为 0.02mm 时的荷载(N);
 W ——挠度(mm);
 $W_{F_{\max}}$ ——最大荷载时的挠度(mm);
 $W_{F_{\text{cr}}}$ ——初裂挠度(mm);
 $W_{F_{\text{I}}}$ ——初始荷载时的挠度(mm);
 $W_{F_{\text{con}}}$ ——控制荷载时的挠度(mm);
 $V_{\Delta W_{\max}}$ ——挠度增量最大时的相应速度($\mu\text{m/s}$);
 V_{m} ——挠度由零到 3 倍最大荷载挠度时段内相应速度的平均值($\mu\text{m/s}$);
 ε ——压缩变形(mm);
 ε_{per} ——临界荷载时的压缩变形(mm)。

材料指标

- $f_{\text{t},\text{cu}}$ ——钢纤维混凝土立方体抗压强度(MPa);
 $f_{\text{t},\text{c}}$ ——钢纤维混凝土轴心抗压强度(MPa);

- $f_{ft,sp}$ ——钢纤维混凝土劈裂抗拉强度(MPa);
 $f_{ft,m}$ ——钢纤维混凝土抗折强度(MPa);
 $f_{ft,v}$ ——钢纤维混凝土抗剪强度(MPa);
 $f_{ft,cn}$ ——钢纤维混凝土初裂强度(MPa);
 $f_{fc,cn,n}$ ——经 n 次冻融循环的立方体试件的抗压强度(MPa);
 $f_{fc,cn,0}$ ——未经冻融循环的对比试件的抗压强度(MPa);
 $\psi_{fc,cn,n}$ ——钢纤维混凝土经 n 次冻融循环的相对抗压强度(%);
 $E_{ft,c}$ ——钢纤维混凝土静力受压弹性模量(MPa);
 $E_{ft,m}$ ——钢纤维混凝土抗折弹性模量(MPa);
 $f_{st,b,l}$ ——钢纤维开始滑移时的粘结强度(MPa);
 $f_{st,b,n}$ ——钢纤维与水泥砂浆的极限粘结强度(MPa);
 $f_{s,b,l}$ ——钢筋初始滑移时的粘结强度(MPa);
 $f_{s,b,n}$ ——钢筋与钢纤维混凝土的极限粘结强度(MPa);
 $f_{m,cn}$ ——水泥砂浆抗压强度(MPa);
 $f_{st,t}$ ——钢纤维抗拉强度(MPa);
 $W_{F_{max}}$ ——最大荷载时的功(N·M);
 W_{con} ——位移量控制为 2.5mm 时的功(N·m);
 $\eta_{m,n}$ ——弯曲韧度指数($\eta_{m5}, \eta_{m10}, \eta_{m20}$);
 $\eta_{c,n}$ ——压缩韧度指数($\eta_{c5}, \eta_{c10}, \eta_{c20}$);
 $\xi_{m,n}$ ——弯曲承载能力变化系数;
 $\xi_{c,n}$ ——压缩承载能力变化系数;
 $f_{ft,n}$ ——经 n 次冻融循环后试件的横向基频(Hz);
 $f_{ft,0}$ ——冻融循环前试件的初始横向基频(Hz);
 $l_{0,mn}$ ——钢纤维埋入长度(mm);
 l_0 ——干缩试件的基准长度(mm);
 l_t ——干缩龄期为 t 时的试件长度(mm);
 $l_{nom,0}$ ——测基准长度时标准杆的读数(mm);
 $l_{nom,t}$ ——干缩龄期为 t 时标准杆的读数(mm);

- l_{mm} ——干缩试件测头的全长(mm);
- $d_{\text{st,eq}}$ ——钢纤维等效直径(mm);
- d ——钢筋计算直径(mm);
- w_{st} ——钢纤维横截面周长(mm);
- I ——试件截面惯性矩(mm⁴);
- V ——容量筒容积(L);

第一章 总 则

第 1.0.1 条 用均匀分散的短钢纤维增强的普通混凝土称为钢纤维混凝土。为统一测定钢纤维混凝土性能及检验或控制其工程质量的试验方法,特制订本标准。

注:短钢纤维是指长度为 15~60mm,直径(或等效直径)为 0.3~0.7mm,长径比为 40~100 的钢纤维。每立方米混凝土中掺入的钢纤维为 40~200kg。

第 1.0.2 条 本标准适用于一般工程建设中浇筑钢纤维混凝土和喷射钢纤维混凝土的物理、力学及工艺性能的试验。

第二章 拌合物取样及试样制备

第 2.0.1 条 本方法适用于钢纤维混凝土拌合物的取样和试样制备。

第 2.0.2 条 钢纤维混凝土拌合物基本性能试验用料应从同一次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。

第 2.0.3 条 在钢纤维混凝土工程施工中取样时,应遵守现行国家标准《混凝土结构工程施工及验收规范》以及有关规范的规定。

第 2.0.4 条 配制钢纤维混凝土的水泥、骨料、水、外加剂和混合材料应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工及验收规范》中的有关规定。

粗骨料最大粒径不应大于 20mm。

第 2.0.5 条 钢纤维的品种、规格和尺寸应符合试验目的的要求。钢纤维的表面应洁净、无锈、无油、无毒,不得使用因加工不良或生锈而粘连成团的钢纤维。

第 2.0.6 条 在试验室拌合钢纤维混凝土时,所用材料应一次备齐,骨料应提前运入室内并翻拌均匀。水泥应放置在密闭的防潮容器中。

第 2.0.7 条 试验室拌合钢纤维混凝土的材料称量应符合下列规定:

一、各种材料分别按重量称量。对水、液态外加剂以及外加剂水溶液,也可按容积计量。

二、称量的精确度:骨料为±1%;水、水泥、钢纤维和外加剂为±0.5%。

三、称量后应立即搅拌。

水利水电工程监理适用规范全文数据库

第 2.0.8 条 在试验室搅拌钢纤维混凝土应符合下列规定:

一、拌合间的温度应为 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 。

二、搅拌钢纤维混凝土宜采用强制式搅拌机,也可用人工搅拌。

三、钢纤维混凝土的一次搅拌量,应比试验用量多 5L,并应在搅拌机规定容量的 50%~80%之间。

四、为保证钢纤维在混凝土中均匀分散,搅拌时间应不少于 3min。可采用两种投料次序:

1.先将钢纤维和骨料、水泥搅拌均匀,然后加水 and 外加剂水溶液继续搅拌。

2.先搅拌除钢纤维外的其他材料,逐渐投入钢纤维,当全部投入后,再搅拌 1min。

必要时可使用纤维分散机,防止纤维结团。

五、用搅拌机搅拌的钢纤维混凝土应用人工再次搅拌,平铲端部应紧贴搅拌盘滑动翻拌。

第 2.0.9 条 拌合物取样后应立即试验。

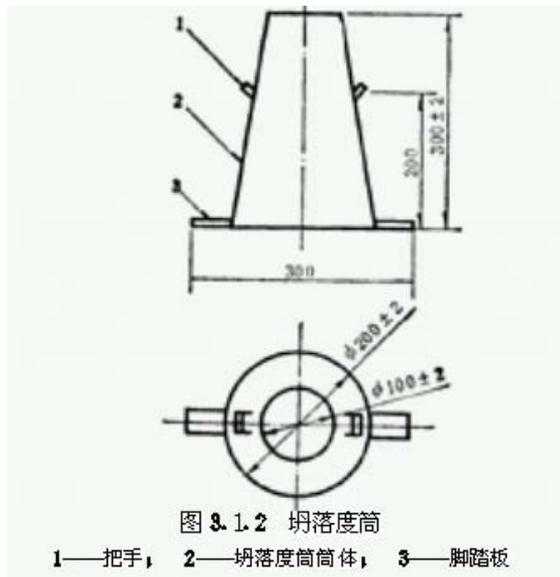
第三章 稠度试验

第一节 坍落度法

第 3.1.1 条 本方法适用于坍落度值不小于 20mm 的钢纤维混凝土拌合物的稠度测定。

第 3.1.2 条 坍落度试验所用设备应符合下列规定:

一、坍落度筒是由薄钢板或其他金属板制成的圆台形筒(见图 3.1.2)。内壁应光滑、无凹凸部位,底面和顶面应互相平行并与锥体的轴线垂直。在筒的两侧 2/3 高度处安装把手,下端应焊脚踏板。



筒的内部尺寸为:

底部直径:200±2mm;

顶部直径:100±2mm;

高度:300±2mm;

筒壁厚度:不小于 1.5mm。

二、捣棒为直径 16mm、长 600mm 的钢棒,端头应磨圆。

第 3.1.3 条 坍落度试验步骤如下:

一、湿润坍落度筒内壁及其他用具,将筒置于不吸水的刚性水平底板上,踩住筒两边的脚踏板,使其在装料时保持固定位置。

二、按筒高的 1/3 分层,逐次装料捣实。每层用捣棒沿螺旋方向由外向中心均匀插捣 25 次,捣棒应插透本层。沿筒边插捣时,捣棒应稍倾斜。应使顶层钢纤维混凝土在插捣后略高出筒口,刮去后用抹刀抹平。

三、清除筒边的钢纤维混凝土后,在 5~10s 内垂直平稳地提起坍落度筒。

从装料到提筒应在 150s 内完成。

四、测量坍落后钢纤维混凝土试件最高点与筒高之差,即为该钢纤维混凝土拌合物的坍落度值。

若钢纤维混凝土发生崩坍或一侧剪坏,应重新取样测定。若第二次试验仍出现上述现象,则表明该钢纤维混凝土和易性不好,应记录备查。

第 3.1.4 条 钢纤维混凝土拌合物坍落度以 mm 为单位,精确至 5mm。

第二节 倒置坍落度筒法

第 3.2.1 条 本方法适用于倒置坍落度筒稠度在 5~60s 之间的钢纤维混凝土拌合物的稠度测定。

第 3.2.2 条 用倒置坍落度筒法测定稠度所用设备应符合下列规定:

一、倒置坍落度筒装置见图 3.2.2,坍落度筒的内部尺寸与本标准第 3.1.2 条的规定相同。

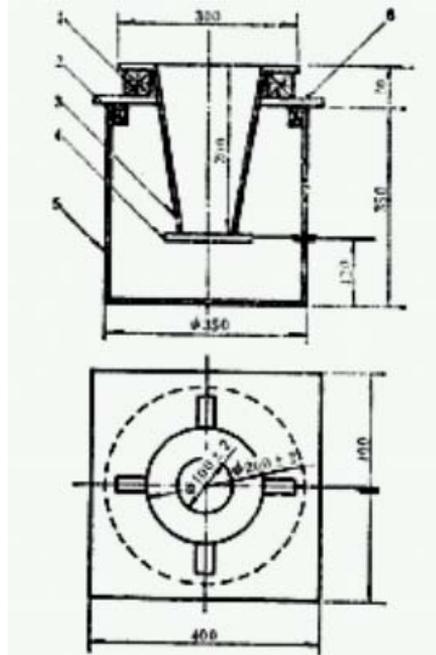


图 3.2.2 倒置坍落度筒

1—固定块, 2—限位块, 3—坍落度筒,
4—插板, 5—底筒, 6—底筒盖

二、小型插入式震动棒:

直径:25~28mm;

长度:250mm;

频率:18~22Hz;

振幅:1mm。

第 3.2.3 条 倒置坍落度筒稠度试验步骤如下:

一、润湿坍落度筒及底筒内壁,推入插板,将钢纤维混凝土试样装入坍落度筒,使顶面略高出筒口,刮去后用抹刀抹平。

二、轻轻抽出插板,开启震动棒,在其接触钢纤维混凝土表面的瞬间用秒表开始计时。

三、使震动棒沿坍落度筒中心线垂直下沉,达到距底筒底面 10mm 处为止。继续振捣直至钢纤维混凝土全部流出坍落度筒,停表计时,并关闭震动棒。秒表读数精确至 1s。

第 3.2.4 条 由秒表读出的时间(s)即为钢纤维混凝土拌合物的倒置坍落度筒稠度值。

第三节 维勃(VB)稠度法

第 3.3.1 条 本方法适用于维勃稠度在 5~30s 之间的钢纤维混凝土拌合物的稠度测定。

第 3.3.2 条 维勃稠度试验所用设备应符合下列规定:

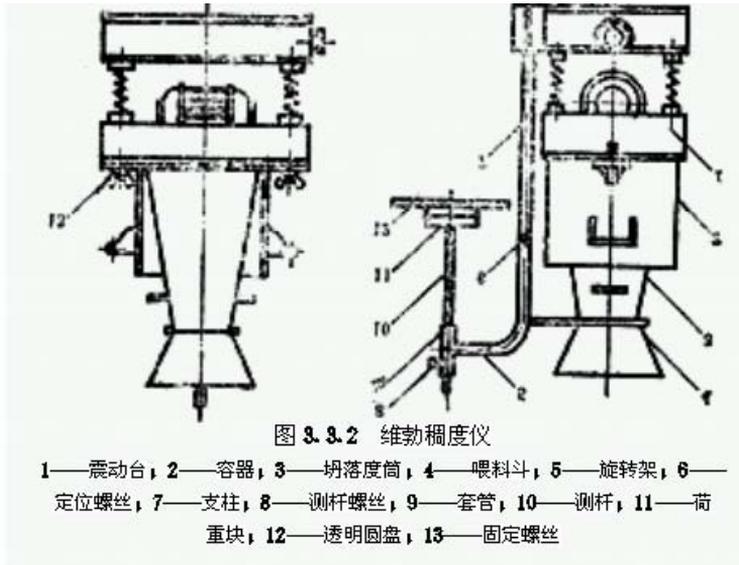


图 3.3.2 维勃稠度仪

1—震动台；2—容器；3—坍落度筒；4—喂料斗；5—旋转架；6—定位螺丝；7—支柱；8—测杆螺丝；9—套管；10—测杆；11—荷重块；12—透明圆盘；13—固定螺丝

一、维勃稠度仪(图 3.3.2)由以下部分组成:

1.震动台:台面长 380mm;宽 260mm,支承在 4 个减震器上。

台面底部装设频率为 $50 \pm 3\text{Hz}$ 的震动器。装有空容器时台面的振幅应为 $0.5 \pm 0.1\text{mm}$ 。

2.容器:用钢板制成的圆筒,高 $200 \pm 2\text{mm}$,内径 $240 \pm 5\text{mm}$,壁厚 8mm,底厚 7.5mm。

3.坍落度筒:其内部尺寸与本标准第 3.1.2 条的规定相同。

4.喂料斗:固定在旋转架的一侧,就位后,其轴线应与容器的轴线重合。

5.旋转架:在与装置喂料斗对称的一侧设有套管,将测杆插入套管,并用测杆螺丝固定。在测杆下端安装水平的透明圆盘。旋转架安装在支柱上,以十字凹槽定向,用定位螺丝固定。测杆就位后,其轴线也应与容器的轴线重合。

透明圆盘的直径为 $230 \pm 2\text{mm}$,厚度为 $10 \pm 2\text{mm}$ 。荷重块置于圆盘上。由测杆、圆盘及荷重块组成的可动部分总重量为 $2750 \pm 50\text{g}$ 。

二、捣棒与本标准第 3.1.2 条的规定相同。

第 3.3.3 条 维勃稠度试验步骤如下:

一、将维勃稠度仪置于坚实水平的地面上,润湿容器、坍落度筒、喂料斗内壁及其他用具。

二、将喂料斗转到坍落度筒上方扣紧,校正容器位置,使其轴线与喂料斗轴线重合,然后拧紧固定螺丝。

三、按本标准第 3.1.3 条第二款的规定装料、捣实。

四、转离喂料斗,垂直提起坍落度筒,应防止钢纤维混凝土试体横向扭动。

五、将透明圆盘转到钢纤维混凝土圆台体上方,放松测杆螺丝,降下圆

盘轻轻接触钢纤维混凝土顶面,拧紧定位螺丝。

六、开启震动台,同时用秒表计时。振动到透明圆盘的底面被水泥浆布满的瞬间,停表计时,并关闭震动台。秒表读数精确至 1s。

第 3.3.4 条 由秒表读出的时间(s)即为钢纤维混凝土拌合物的维勃稠度值。

第四章 拌合物质量密度试验

第 4.0.1 条 本方法适用于测定钢纤维混凝土拌合物振实后的质量密度。

第 4.0.2 条 测定拌合物质量密度所用设备应符合下列规定:

一、容量筒为金属制成的圆筒,两侧装有把手。对纤维长度不大于 40mm 的拌合物采用容积为 5L 的容量筒,其内径与筒高均为 $186\pm 2\text{mm}$,筒壁厚为 3mm;纤维长度大于 40mm 时,容量筒的内径与筒高均应大于纤维长度的 4 倍。容量筒上缘及内壁应光滑平整,顶面与底面应平行并与圆柱体的轴线垂直。

二、台秤:称量 100kg,感量 50g。

三、震动台:频率 $50\pm 3\text{Hz}$,空载时的振幅为 $0.5\pm 0.1\text{mm}$ 。

四、震槌:重量为 1kg 的木槌。

第 4.0.3 条 本试验步骤如下:

一、把容量筒内外擦净,称出筒重,精确至 50g。

二、装料与振实。

1.坍落度不大于 50mm 的拌合物,用震动台振实。应一次将拌合物灌到高出容量筒口,装料时用震槌稍加敲振。振动过程中如拌合物沉落低于筒口,应随时添加,直至表面出浆。

2.坍落度大于 50mm 的拌合物,用震槌振实。5L 容量筒按 1/2 高度分层装入拌合物,大于 5L 容量筒按 100mm 分层。震槌沿容量筒侧壁均匀敲振,每层 30 次。敲振完毕后,将直径 16mm 的钢棒垫在筒底,左右交替将容量筒颠击地面各 15 次。

三、刮去多余的拌合物,并填平表面凹陷部分。擦净容量筒外壁,称出钢纤维混凝土拌合物与容量筒总重,精确至 50g。

第 4.0.4 条 钢纤维混凝土拌合物质量密度按下式计算:

$$P_{fc} = \frac{m_2 - m_1}{V} \times 1000 \quad (4.0.4)$$

式中 P_{fc} ——钢纤维混凝土拌合物质量密度(kg/m^3);

m_1 ——容量筒重量(kg);

m_2 ——容量筒及试样总重(kg);

V ——容量筒容积(L)。

计算结果精确至 10kg/m^3 。

第五章 拌合物钢纤维体积率试验

第 5.0.1 条 本方法适用于测定钢纤维混凝土拌合物中钢纤维所占的体积百分率,即钢纤维体积率。

第 5.0.2 条 测定钢纤维体积率所用设备应符合本标准第 4.0.2 条的规定。

称量钢纤维的托盘天平:称量 2kg,感量 2g。

第 5.0.3 条 钢纤维体积率应测定两次,测定步骤如下:

一、按本标准第 4.0.3 条的规定装料并振实。

二、倒出拌和物,边水洗边用磁铁搜集钢纤维。

三、将搜集的钢纤维在 $105 \pm 5^\circ\text{C}$ 的温度下烘干至恒重,冷却至室温后称其重量,精确至 2g。

第 5.0.4 条 钢纤维体积率按下式计算:

$$V_{sf} = \frac{m_{sf}}{\rho_{sf} \cdot V} \times 100 (\%) \quad (5.0.4)$$

式中 V_{sf} ——钢纤维体积率(%);

m_{sf} ——容量筒中钢纤维重量(g);

V ——容量筒容积(L);

ρ_{sf} ——钢纤维质量密度(kg/m³)。

第 5.0.5 条 两次测定值的平均值即为钢纤维体积率。若测定值不符合下列条件,则试验结果无效。

$$|V_{sf1} - V_{sf2}| \leq 0.05V_{sf,m} \quad (5.0.5)$$

式中 $V_{sf,m}$ ——两次测定钢纤维体积率的平均值;

V_{sf1}, V_{sf2} ——分别为两次测得的钢纤维体积率。

第六章 拌合物含气量试验

第 6.0.1 条 本方法适用于测定钢纤维混凝土拌合物的含气量。

第 6.0.2 条 含气量试验所用设备应符合下列规定:

一、CH-7L 型含气量测定仪由基准容器和盖体两部分组成,如图 6.0.2。



图 6.0.2 CH—7L 型混凝土含气量测定仪

1——阀门杆，2——注水器，3——进水阀，4——压力表，
5——排气阀，6——排气口，7——微调阀，8——气室，
9——上盖，10——紧固器，11——基准容器，12——试样

二、量筒的容积为 100mL。

第 6.0.3 条 在测定拌合物含气量之前,应先测量表观骨料含气量,其步骤如下:

一、将含气量测定仪水平放置在操作台上,擦净容器及上盖的内表面。

二、按试样的配合比求得与容器容积相应的粗、细骨料重量,称好后拌匀,逐渐倒入 1 熾 3 高度已盛水的容器中,水面每升高 25mm,插捣 10 次,并略予搅动,以排除夹杂的空气。加料过程中应保持水面始终高出骨料顶面。骨料全部加入后,再浸泡 5min,并轻敲容器外壁,排除气泡。然后除去水面泡沫,加水至满。擦净容器边缘,安放上盖,拧紧螺栓。

三、打开进水闸和排气阀,注水至排气口出水,然后关闭。

四、用手泵打压至压力稍过 0.1MPa,停 5s,用微调阀调压,轻叩压力表使指针稳定指向 0.1MPa。

五、轻按阀门杆而后松开,用木锤轻敲容器四周,接着按下阀门杆,当压力表指针停止抖动时,测读压力值。

六、在压力与含气量的关系曲线上查得含气量值,即为骨料的表观含气量。

第 6.0.4 条 测定拌合物表观含气量的步骤如下:

一、三、四、五步骤的规定同第 6.0.3 条。

二、将拌合物装入容器,按本标准第 4.0.3 条第二款的规定捣实,随即

填平凹陷处,并刮平表面,擦净容器边缘,安放上盖,拧紧螺栓。

六、打开排气阀,解除压力,然后重复上述操作步骤,再次测读压力值。以两次测得的压力值的算术平均值在压力与含气量的关系曲线上查得含气量值,即为拌合物的表观含气量。

若两次测值相差大于 0.2%(绝对值),则应再测一次,如果第三次测值与前两次测值中最接近的值相差仍大于 0.2%,则试验结果无效。

第 6.0.5 条 上述测得的拌合物表观含气量与骨料表观含气量之差,即为钢纤维混凝土拌合物的含气量。

第 6.0.6 条 应按下列规定标定含气量测定仪。

一、基准容器容积的标定:

称量干燥容器和玻璃板的总重:加水至满,沿容器顶面平推玻璃板,盖住容器而不夹入气泡。擦干外部水分并称重,两次称量之差除以水的质量密度($\rho = 1\text{g}/\text{cm}^3$)即得基准容器的容积。

二、含气量测定仪的标定:

1.将标定管接在上盖进水阀门的端头,在盛满水的容器上安放上盖并拧紧。

2.按第 6.0.3 条第二款和第三款的规定注水、调压。

3.按下阀门杆,打开进水阀,容器中的水经标定管流入量筒,当达到容器的 1%时,关闭进水阀。

4.打开排气阀并立即关闭,用手泵打压至压力达到 0.1MPa,停 5s,按动阀门杆 2~3 次,待表针稳定后,测读压力值。

5.按上述方法测得放水为容器的 2%、3%、10%时的压力值,据此绘得压力与含气量的关系曲线。

第七章 试件的制作及养护

第一节 浇筑钢纤维混凝土试件

第 7.1.1 条 本方法适用于浇筑钢纤维混凝土试件的制作及养护。

第 7.1.2 条 拌合物取样及试样制备应遵守本标准第二章的规定。

第 7.1.3 条 浇筑试件的最小边长不得小于钢纤维长度的 2.5 倍。

第 7.1.4 条 制作试件用的试模由铸铁或钢制成,应具有足够的刚度、不漏水并拆装方便。试模内表面应机械加工,不平度应为每 100mm 不大于 0.05mm。组装后各相邻面的不垂直度不应大于 ± 0.5 度。试件的尺寸误差不应大于相应截面尺寸的 1/100。

制作试件前,应将试模擦净,并在内壁涂脱模剂。

第 7.1.5 条 所有试件均应在取样后立即制作。测定材料性能的试件应根据拌合物的稠度确定成型方法。坍落度不大于 50mm 的钢纤维混凝土用震动台振实;大于 50mm 的用木槌振实。

用以检验或控制工程质量的试件,其成型方法应与实际施工采用的方法相同。

水利水电工程监理适用规范全文数据库

棱柱体及小梁试件应采用卧式成型。小梁试件首先在中部装料。

第 7.1.6 条 用震动台成型时,应将拌合物一次装入试模,并略高出其上口。振动时应防止试模在震动台上自由跳动。振动应持续到钢纤维混凝土表面出浆为止。刮去多余的拌合物,并用抹刀抹平。

震动台的振动频率应为 $50 \pm 3\text{Hz}$,空载时振幅为 $0.5 \pm 0.1\text{mm}$ 。

第 7.1.7 条 用木槌振实时,截面为 $150\text{mm} \times 150\text{mm}$ 的试件,分作相等的两层将拌合物装入试模;截面为 $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 的试件,一次装入。装料时应用抹刀沿试模内壁略加插捣。用木槌敲试模侧壁,每层 30 次,将凹凸不平的上表面振平,刮去多余的拌合物,并用抹刀抹平。

不允许用捣棒或震动棒作内部振实。必要时可用震动棒接触试模外壁进行振动。

第 7.1.8 条 测定材料性能的试件应采用标准养护,用以检验或控制工程质量的试件应与构件同条件养护。

试件养护到 28d 龄期进行试验,或按检验工程质量的要求,养护到所需龄期。

第 7.1.9 条 标准养护的试件,成型后覆盖表面,防止水分蒸发;在温度为 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 的条件下静置 1~2 昼夜,然后编号拆模。

试件拆模后应立即放在温度为 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 、相对湿度为 90% 以上的标准养护室中,按 10~20mm 的间距放在支架上。不得用水直接冲淋试件。

当无标准养护室时,试件可在温度为 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 的静水中养护,水的 pH 值应不小于 7。

第 7.1.10 条 与构件同条件养护的试件的拆模时间及拆模后的养护条件均应与构件相同。

第二节 喷射钢纤维混凝土试件

第 7.2.1 条 本方法适用于喷射钢纤维混凝土试件的制作和养护。

第 7.2.2 条 试件应从特制的喷射成型的钢纤维混凝土大板中切出。大板的尺寸由试件尺寸和数量确定,其最小尺寸必须大于切出试件的长、宽、高各 50mm。

第 7.2.3 条 钢纤维混凝土的喷射方向应垂直于大板。用于检验工程质量的试件,其喷射方法应与实际施工相同。

第 7.2.4 条 试件的养护方法与本章第一节的规定相同。

第 7.2.5 条 应在 14d 龄期切取试件,切取方向根据试验要求确定。在试件上必须标出喷射方向。试件不应有破损及粗骨料或钢纤维脱落现象。

第 7.2.6 条 试件必须研磨加工,其尺寸误差不应大于相应截面尺寸的 1/100。

第八章 立方体抗压强度试验

第 8.0.1 条 本方法适用于测定钢纤维混凝土立方体试件的抗压强度。

第 8.0.2 条 采用边长 150mm 的立方体为标准试件。当纤维长度不大

于 40mm,可采用边长 100mm 的立方体试件。

每组 3 个试件,其制作及养护应符合本标准第七章的规定。

第 8.0.3 条 压力试验机的示值相对误差不应大于 $\pm 2\%$,试件的预期破坏荷载应处在全量程的 20%~80%之间。

试验机上下压板或附加的钢垫板的尺寸应大于试件的承压面,其不平度应为每 100mm 不大于 0.02mm。上下压板中应有一块带球形铰座。

第 8.0.4 条 本试验步骤如下:

一、从养护地点取出试件,擦净后检查外观并测量尺寸,精确至 1mm。若实测尺寸与公称尺寸之差不大于 1mm,可按公称尺寸计算。

试件承压面的不平度应为每 100mm 不大于 0.05mm,承压面与相邻面的不垂直度不应大于 1 度。

二、将试件成型时的侧面作为承压面,安放时试件轴心应对准试验机下压板中心。开动试验机,当上压板与试件接近时,调整球铰座,使接触均衡。

三、对试件连续、均匀加荷,试件强度低于 30MPa 时,加荷速度取 0.3~0.5MPa/s;试件强度等于或高于 30MPa 时,取 0.5~0.8MPa/s。当试件临近破坏、变形速度增快时,应停止调整试验机油门,直至试件破坏。记录最大荷载,精确至 0.1MPa。

第 8.0.5 条 钢纤维混凝土立方体试件的抗压强度按下式计算:

$$f_{t,cu} = \frac{F_{max}}{A} \quad (8.0.5)$$

式中 $f_{t,cu}$ ——钢纤维混凝土立方体抗压强度 (MPa);
 F_{max} ——最大荷载 (N);
 A ——试件承压面积 (mm^2)。

计算精确至 0.1MPa。以 3 个试件测值的算术平均值作为该组试件的抗压强度值,若其中的最大值或最小值与中间值之差大于中间值的 15%,则取中间值为该组试件的抗压强度值;如果二者与中间值相差均大于中间值的 15%,则试验结果无效。

采用边长 100mm 立方体试件测得的抗压强度值,应乘以尺寸换算系数 0.9。

第九章 轴心抗压强度试验

第 9.0.1 条 本方法适用于测定钢纤维混凝土棱柱体试件的轴心抗压强度。

第 9.0.2 条 采用 150mm×150mm×300mm 棱柱体为标准试件。当纤维长度不大于 40mm,可采用 100mm×100mm×300mm 棱柱体试件。

每组 3 个试件,其制作及养护应符合本标准第七章的规定。

第 9.0.3 条 本试验采用的压力试验机应符合本标准第 8.0.3 条的规

定。

第 9.0.4 条 本试验步骤如下:

一、从养护地点取出试件,擦净后检查外观并测量尺寸,测量精度及尺寸取值应符合本标准第 8.0.4 条的规定。

二、试件应直立放置,试件轴心应对准试验机下压板中心,开动试验机,当上压板与试件接近时,调整球铰座,使接触均衡。

三、按本标准第 8.0.4 条 的规定加荷,记录最大荷载,精确至 0.1MPa。

第 9.0.5 条 钢纤维混凝土棱柱体试件的轴心抗压强度按下式计算:

$$f_{t,c} = \frac{F_{\max}}{A} \quad (9.0.5)$$

式中 $f_{t,c}$ ——钢纤维混凝土轴心抗压强度 (MPa);

F_{\max} ——最大荷载 (N);

A ——试件承压面积 (mm^2)。

计算精确至 0.1MPa。以 3 个试件测值的算术平均值作为该组试件的轴心抗压强度值。测值离散性较大时的数据处理,应符合本标准第 8.0.5 条的规定。

采用 100mm×100mm×300mm 试件测得的轴心抗压强度值应乘以尺寸换算系数 0.9。

第十章 静力受压弹性模量试验

第 10.0.1 条 本方法适用于测定钢纤维混凝土的静力受压弹性模量。

本方法测定的钢纤维混凝土弹性模量是指压应力为轴心抗压强度 40%时的加荷割线模量。

第 10.0.2 条 受压弹性模量试验所用试件应符合本标准第 9.0.2 条的规定。

每组 6 个试件,其中 3 个测定轴心抗压强度,用以确定弹性模量试验的加荷标准,另 3 个测定弹性模量。试件的制作及养护应符合本标准第七章的规定。

第 10.0.3 条 本试验用压力试验机应符合本标准第 8.0.3 条的规定。

测量变形仪表的精度应不低于 0.001mm。

第 10.0.4 条 本试验步骤如下:

一、从养护地点取出试件,擦净后检查外观并测量尺寸,测量精度及尺寸取值应符合本标准第 8.0.4 条的规定。

二、取 3 个试件,按本标准第九章的规定测定轴心抗压强度。

三、测量变形的仪表应安装在试件成型时两侧面的中线上,并对称于试件的两端,测量标距为 150mm。

四、将试件的轴心与上、下压板的中心对准。

开动试验机,当上压板与试件接近时,调整球铰座,使接触均衡。

五、按本标准第 8.0.4 条的规定加荷到与轴心抗压强度 40% 对应的控制荷载,然后以同样速度卸荷至零,如此反复预压 3 次。

同时观察试验机及仪表的工作状况,如不正常,应予调整。

采用 100mm×100mm 截面试件时,其两侧读得的变形值之差不得大于变形平均值的 20%,否则应调整试件位置。

六、预压 3 次后,用上述同样速度进行第四次加荷。先加荷到 0.5MPa 的初始荷载值,保持 30s 后分别读取试件两侧仪表的初始读数,然后加荷到控制荷载,保持 30s 后读取两侧仪表读数。

两侧读数增值的平均值即为该次试验的变形值。

按上述速度卸荷到初始荷载,30s 后再读取试件两侧仪表的初始读数,如此进行第五次加荷、持荷、读数并计算出该次试验的变形值。若前后两次变形值之差不大于 0.003mm,则试验有效。

否则应重复上述过程,直至两次相邻加荷的变形之差符合上述要求为止。然后卸除仪表,以同样速度加荷至破坏,取得该试件的轴心抗压强度值。

第 10.0.5 条 钢纤维混凝土试件的静力受压弹性模量按下式计算:

$$E_{tc,c} = \frac{F_{con} - F_1}{A} \times \frac{l}{u} \quad (10.0.5)$$

式中 $E_{tc,c}$ ——钢纤维混凝土静力受压弹性模量 (MPa);
 F_{con} ——应力为 40% 轴心抗压强度时的控制荷载 (N);
 F_1 ——应力为 0.5MPa 时的初始荷载 (N);
 A ——试件承压面积 (mm²);
 u ——最后一次从 F_1 到 F_{con} 时试件的变形值 (mm);
 l ——变形测量标距 (mm)。

受压弹性模量计算结果精确至 100MPa。受压弹性模量取 3 个试件测值的算术平均值。如果其中一个试件的轴心抗压强度与用以确定控制荷载的轴心抗压强度值相差超过后者 20%,则该试件测值无效,受压弹性模量取另两个试件测值的算术平均值。如有两个试件超过上述规定,该组试件的试验结果无效。

第十一章 劈裂抗拉强度试验

第 11.0.1 条 本方法适用于测定钢纤维混凝土立方体试件的劈裂抗拉强度。

第 11.0.2 条 采用边长为 150mm 的立方体为标准试件。当纤维长度不大于 40mm,可采用边长为 100mm 的立方体试件。

每组 3 个试件,其制作及养护应符合本标准第七章的规定。

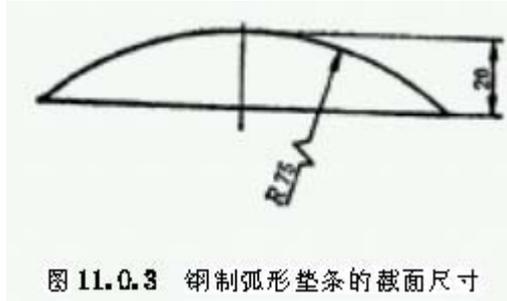
第 11.0.3 条 劈裂抗拉强度试验设备应符合下列规定:

一、压力试验机应符合本标准第 8.0.3 条的规定。

水利水电工程监理适用规范全文数据库

二、采用图 11.0.3 所示的钢制弧形垫条。垫条的柱面和底面应机械加工,柱面轴线方向及底面的不平度应为每 100mm 不大于 0.02mm。垫条的长度应不小于试件的边长。

三、垫条与试件之间应垫以木质三合板垫板,宽 15~20mm,厚 3~4mm,长度应不小于试件边长。垫板不得重复使用。

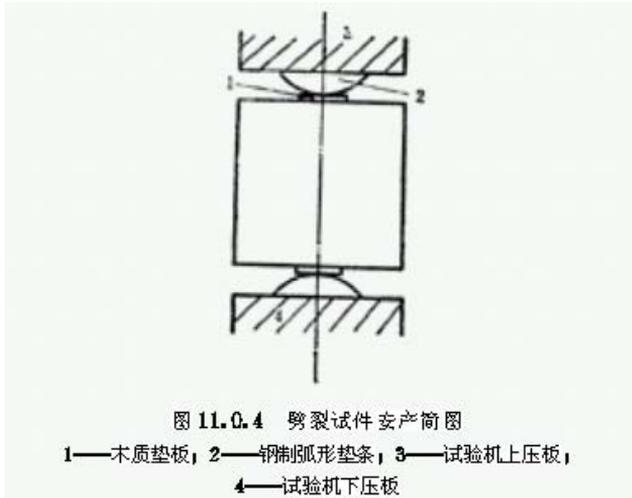


第 11.0.4 条 本试验步骤如下:

一、从养护地点取出试件,擦净后检查外观并测量尺寸,测量精度及尺寸取值应符合本标准第 8.0.4 条的规定。

在试件成型时的顶面和底面划出劈裂面位置。

二、按图 11.0.4 所示位置安放试件、弧形垫条及木质垫板。



试件的轴心应对准试验机下压板的中心,垫条应垂直于试件成型时的顶面。开动试验机,当上压板与垫条接近时,调整球铰座,使接触均衡。

三、对试件连续、均匀加荷。当试件的抗压强度低于 30MPa 时,加荷速度应取 0.02~0.05Mpa/s;当试件的抗压强度等于或高于 30MPa 时,应取 0.05~0.08Mpa/s。当试件临近破坏、变形迅速增长时,应停止调整试验机油门,直至试件破坏。记录最大荷载,精确至 0.01MPa。

第 11.0.5 条 钢纤维混凝土立方体试件的劈裂抗拉强度按下式计算:

$$f_{t,sp} = \frac{2F_{max}}{\pi A} = 0.637 \frac{F_{max}}{A} \quad (11.0.5)$$

式中 $f_{t,sp}$ ——钢纤维混凝土劈裂抗拉强度 (MPa);
 F_{max} ——最大荷载 (N);
 A ——试件劈裂面面积 (mm²)。

计算结果精确至 0.01Mpa。

以 3 个试件测值的算术平均值作为该组试件的劈裂抗拉强度值。测值离散性较大时的数据处理,应符合本标准第 8.0.5 条的规定。

采用边长为 100mm 立方体试件测得的劈裂抗拉强度值,应乘以尺寸换算系数 0.8。

第十二章 抗剪强度试验

第 12.0.1 条 本方法适用于采用双面直接剪切法测定钢纤维混凝土的抗剪强度。

第 12.0.2 条 采用截面为 100mm×100mm 的梁式试件,其长度为截面高度的 2~4 倍。

每组 4 个试件,其制作及养护应符合本标准第七章的规定。

第 12.0.3 条 抗剪强度试验设备应符合下列规定:

- 一、压力试验机应符合本标准第 8.0.3 条的规定。
- 二、试验机上下压板中应有一块带有球形铰座。

三、双面剪切试验装置如图 12.0.3 所示,应保证上下刀口垂直相对运动,无左右移动。刀口宽度为试件公称高度 H 的 1/10,上刀口外缝间距等于 H,上下刀口错位 a 应在 0~1mm 之间。

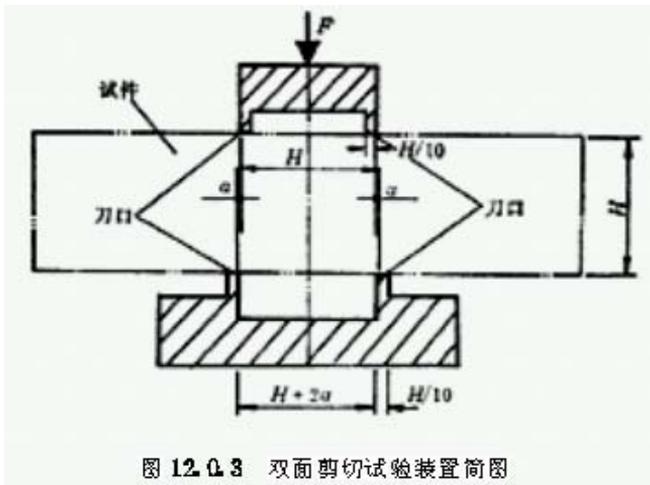


图 12.0.3 双面剪切试验装置简图

第 12.0.4 条 本试验步骤如下:

- 一、从养护地点取出试件,擦净后检查外观,测量试件两个预定破坏面

水利水电工程监理适用规范全文数据库

的高度和宽度。测量精度及尺寸取值应符合本标准第 8.0.4 条的规定。

二、将试件放入试验装置,使成型时的两个侧面与剪切装置刀口接触,剪切装置的中轴线应与试验机压力作用线重合,调整球铰座,使接触均衡。

三、对试件连续、均匀加荷,加荷速度取 0.06~0.10MPa/s。

当试件临近破坏、变形速度增快时,应停止调整试验机油门,直至破坏,记录最大荷载,精确至 0.01MPa。

四、检查试件破坏面,若不在预定面破坏(图 12.0.4 所示),则试验结果无效。

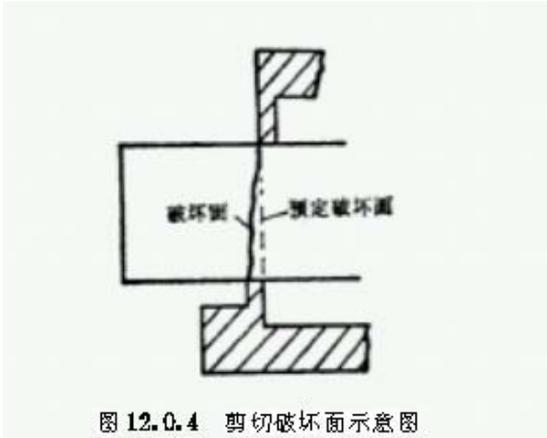


图 12.0.4 剪切破坏面示意图

第 12.0.5 条 钢纤维混凝土试件的抗剪强度按下式计算:

$$f_{t,v} = \frac{F_{max}}{2bk} \quad (12.0.5)$$

式中 $f_{t,v}$ ——钢纤维混凝土抗剪强度 (MPa);

F_{max} ——最大荷载 (N);

b ——试件平均宽度 (mm);

k ——试件平均高度 (mm)。

$$b = \frac{1}{4} (b_1 + b_2 + b_3 + b_4)$$

$$k = \frac{1}{4} (k_1 + k_2 + k_3 + k_4)$$

b_1 、 b_2 、 b_3 、 b_4 及 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 是由第 12.0.4 条测得的预定破坏截面的宽度和高度。

以 4 个试件测值的算术平均值作为该组试件的抗剪强度。若 4 个测值中的最大值或最小值与中间两测值的平均值之差大于中间平均值的 15%,则取两中值的平均值作为该组试件的抗剪强度;如果二者与中值平均值之差均大于 15%,则该组试件的试验结果无效。

4 个试件中如有一个不在预定面破坏,取另外 3 个测值的算术平均值

作为该组试件的抗剪强度值。测值离散性较大时的数据处理,应符合本标准第 8.0.5 条的规定。

4 个试件中如有两个试件不在预定面破坏,则该组试验结果无效。

第十三章 抗折强度试验

第 13.0.1 条 本方法适用于测定钢纤维混凝土试件的抗折强度。

第 13.0.2 条 采用 150mm×150mm×600mm(或 550mm)小梁为标准试件。当纤维长度不大于 40mm 时,可采用 100mm×100mm×400mm 的试件。

每组 3 个试件,其制作及养护应符合本标准第七章的规定。

第 13.0.3 条 抗折试验可采用抗折试验机、万能试验机或带有抗折试验架的压力试验机。试验机均应带有两个能同时作用在小梁跨度三分点处相等荷载的装置。试验机的示值相对误差和量程应符合本标准第 8.0.3 条的规定。

与试件接触的两个支座和两个加压头,应具有直径为 20~40mm 的弧形端面,并应比试件宽度长 10mm,其中一个支座和两个加压头宜作成能滚动并前后倾斜。

第 13.0.4 条 本试验步骤如下:

一、从养护地点取出试件,擦净后检查外观,不得有明显缺损,在跨中 1/3 的受拉区内不得有直径大于 7mm、深度大于 2mm 的表面孔洞。

在试件中部测量其宽度和高度,测量精度及尺寸取值应符合本标准第 8.0.4 条的规定。

二、将试件成型时的侧面作为承荷面,安放在支座上。按图 13.0.4 所示尺寸和三分点加荷的规定,检查支座及压头位置,所有间距尺寸偏差均不得大于±1mm。

试件放稳对中后开动试验机,当压头与试件接近时,调整压头和支座,使接触均衡。若压头及支座不能前后倾斜,各接触不良处应予垫平。

三、对试件连续、均匀加荷,当试件的抗压强度低于 30MPa 时,加荷速度取 0.02~0.05Mpa/s;当试件抗压强度等于或高于 30MPa 时,取 0.05~0.08Mpa/s。当试件临近破坏、变形速度增快时,应停止调整试验机油门,直至破坏。记录最大荷载和破坏位置,精确至 0.01MPa。

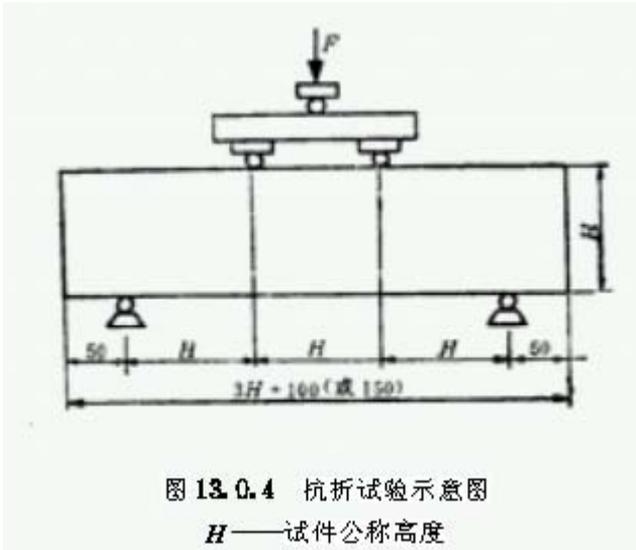


图 13.0.4 抗折试验示意图

H ——试件公称高度

第 13.0.5 条 钢纤维混凝土试件的抗折强度按下式计算:

$$f_{t,m} = \frac{F_{\max} l}{bh^2} \quad (13.0.5)$$

式中 $f_{t,m}$ ——钢纤维混凝土抗折强度 (MPa);
 F_{\max} ——最大荷载 (N);
 l ——支座间距 (mm);
 b ——试件截面宽度 (mm);
 h ——试件截面高度 (mm)。

以 3 个试件计算结果的算术平均值传为该组试件的抗折强度。测值离散性较大时的数据处理,应符合本标准第 8.0.5 条的规定。

3 个试件中如有一个折断面位于两个集中荷载之外(以受拉区为准),则该试件的试验结果无效。钢纤维混凝土抗折强度按另两个试件的试验结果计算。如有两个试件的折断面均位于两集中荷载之外,则该组试件的试验结果无效。

采用 100mm×100mm×400mm 试件测得的抗折强度值应乘以尺寸换算系数 0.82。

第十四章 抗折弹性模量试验

第 14.0.1 条 本方法适用于测定钢纤维混凝土试件的抗折弹性模量。

本方法测定的钢纤维混凝土抗折弹性模量是指试件最大弯曲应力为抗折强度 50%时的加荷割线模量。

第 14.0.2 条 抗折弹性模量试验所用试件应符合本标准第 13.0.2 条的规定。

每组 6 个试件,其中 3 个测定抗折强度,用以确定抗折弹性模量试验的加荷标准;另 3 个测定抗折弹性模量。试件的制作及养护应符合本标准第七章的规定。

第 14.0.3 条 本试验所用试验机、试验装置应符合本标准第 13.0.3 条的规定。

测量变形仪表的精度不应低于 0.001mm。

第 14.0.4 条 本试验步骤如下:

一、从养护地点取出试件,按本标准第 13.0.4 条第一款的规定检查外观和测量尺寸。

二、取 3 个试件,按本标准第十三章的规定测定其抗折强度。

三、按本标准第 13.0.4 条第二款的规定安放试件。缓缓加荷至 1kN,停机检查试件与压头及支座的接触情况,确保试件不扭动,然后安装测量跨中挠度的仪表。

四、以 150~250N/s 的速度从 1kN 加荷至抗折强度 50%的控制荷载,再以同样速度卸荷至 1kN。如此反复加、卸荷载三次。

在此过程中检查试验机及仪表的工作状况,如不正常,应予调整。

五、以同样速度进行第四次加荷。先加荷至 3kN 的初始荷载,停机持荷 60s,记录挠度值;然后加荷至控制荷载,停机持荷 60s,记录挠度值。求得由初始荷载至控制荷载的挠度增量。

以同样速度卸荷至 1kN,停机持荷 60s 后进行第五次加荷,持荷、读值并求得挠度增量。若前后两次跨中挠度增量之差不大于 $0.5 \times 10.3\text{mm}$,则测值有效。否则应重复试验,直至相邻两次加荷的挠度增量之差符合上述要求为止。

六、当最后一次加荷完毕,检查各测值无误后,立即卸除测量变形仪表,以同样速度继续加荷至试件断裂,记录断裂位置并计算抗折强度值。若断裂面在三分点外侧,则该试件的试验结果无效;若有两个试件的断裂面在三分点外侧,则该组试件的试验结果无效。

第 14.0.5 条 钢纤维混凝土试件的抗折弹性模量按下式计算:

$$E_{fc,m} = \frac{23l^3 (F_{con} - F_1)}{1296I (W_{F_{con}} - W_{F_1})} \quad (14.0.5)$$

式中

$E_{fc,m}$ ——钢纤维混凝土抗折弹性模量 (MPa);

F_{con} ——最大应力为 50%抗折强度时的控制荷载 (N);

F_1 ——初始荷载 (N);

W_{F_1} 、 $W_{F_{con}}$ ——最后一次对应荷载 F_1 和 F_{con} 测得的跨中挠度 (mm);

l ——支座间距 (mm);

I ——试件截面惯性矩 (mm^4)。

以3个试件计算结果的算术平均值作为该组试件的抗折弹性模量值。测值离散性较大时的数据处理,应符合本标准第8.0.5条的规定。在3个测量抗折弹性模量的试件中,若有一个试件的抗折强度值,与用以确定控制荷载的抗折强度值之差超过后者的20%,则该试件测值无效,弹性模量按另两个试件测值的算术平均值计算;若有两个试件超过上述规定,该组试件的试验结果无效。

第十五章 弯曲韧性和初裂强度试验

第15.0.1条 本方法适用于测定钢纤维混凝土试件弯曲时的韧度指数和初裂强度。

第15.0.2条 当纤维长度不大于40mm时,采用截面为100mm×100mm的梁式试件;当纤维长度大于40mm,采用截面为150mm×150mm试件。试件跨度为截面边长的3倍,试件长度应比试件跨度的大100mm。

每组4个试件,其制作及养护应符合本标准第七章的规定。

第15.0.3条 本试验的设备应符合下列规定:

一、试验机宜采用由变形控制的刚性试验机。试验机的卸载刚度应大于试件荷载-挠度曲线下降段的最大斜率(绝对值),其示值相对误差和量程应符合本标准第8.0.3条的规定。也可采用1000kN普通液压试验机附加刚性组件(千斤顶、弹簧或玻璃钢圆筒等),其装置示于图15.0.3-1。刚性组件应符合下列规定:

1.刚性组件与试件共同的荷载-变形曲线的斜率大于零,或试验机卸载刚度和刚性组件刚度之和,应大于试件荷载-挠度曲线下降段的最大斜率(绝对值)。

2.刚性组件在弹性范围内的可压缩量,应大于试件的变形量。

二、按三分点加荷,加荷装置应符合本标准第13.0.3条的规定。

试验机上、下压板与刚性组件及测力计之间均应加钢垫板,其不平度应为每100mm不大于0.02mm。

三、挠度测量装置示于图15.0.3-2,应将安装位移传感器的铝板(或钢板)用螺钉固定在支座垂线与试件中和轴的交点

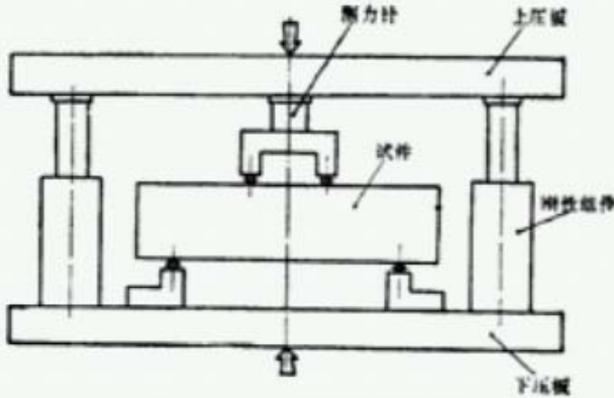


图 15.0.3-1 刚性组件示意图

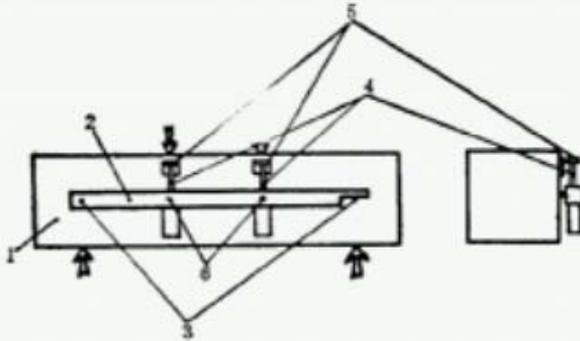


图 15.0.3-2 挠度测量装置示意图

1—试件, 2—铝板 (或钢板), 3—固定铝板的螺钉,
4—位移传感器, 5—角形支承, 6—固定位移传感器的螺钉

上,采用精度为 0.01mm 的位移传感器(或机械式位移计),抵承在粘结于加荷点下侧的角型支承上。

可将荷载与挠度的输出信号经放大器与 x-y 记录仪相连,直接绘得荷载-挠度曲线。

第 15.0.4 条 本试验步骤如下:

一、从养护地点取出试件,按本标准第 13.0.4 条第一款的规定检查外观和测量尺寸。

二、按本标准第 13.0.4 条第二款的规定安放试件,并安装测量变形的传感器。

三、对试件连续、均匀加荷。初裂前的加荷速度取 0.05~0.08Mpa/s;初裂后取每分钟 1/3000,使挠度增长速度相等。

若试件在受拉面跨度三分点以外断裂,则该试件试验结果无效。

四、采用千斤顶作刚性组件时,应使活塞顶升至稍高出力传感器顶面,

然后开动试验机,使千斤顶刚度达到稳定状态,随即对试件连续均匀加荷。初裂前的加荷速度与本条第三款相同,初裂后减小加荷速度,使试件处于“准等应变”状态,其条件是:

$$\frac{V_{\Delta w_{max}}}{V_{\square}} \leq 5 \quad (15.0.4)$$

式中 $V_{\Delta w_{max}}$ ——挠度增量最大时的相应速度 ($\mu\text{m/s}$);
 V_{\square} ——挠度由零到 3 倍最大荷载挠度时段内相应速度的平均值 ($\mu\text{m/s}$)。

在加荷过程中记录挠度变化速度。

五、绘出荷载-挠度曲线。

第 15.0.5 条 钢纤维混凝土试件的弯曲韧度指数、承载能力变化系数、初裂强度的计算步骤如下:

一、将直尺与荷载-挠度曲线的线性部分重叠放置确定初裂点 A(图 15.0.5)。A 点的纵坐标为初裂荷载 F_{cra} ,横坐标为初裂挠度 WF_{cra} ,面积 OAB 为初裂韧度。

二、以 O 为原点,按 3.0、5.5 和 15.5 或试验要求的初裂挠度的倍数,在横轴上确定 D、F 和 H 点或其他给定点(J)。用求积仪测得 OAB、OACD、OAEF 和 OAGH 或其他给定变形的面积,即为初裂韧度和各给定挠度的韧度实测值。按下列公式求得每个试件的弯曲韧度指数,精确至 0.01。

$$\eta_{m5} = \frac{\text{OACD 面积}}{\text{OAB 面积}}$$

$$\eta_{m10} = \frac{\text{OAEF 面积}}{\text{OAB 面积}} \quad (15.0.5-1)$$

$$\eta_{m20} = \frac{\text{OAGH 面积}}{\text{OAB 面积}}$$

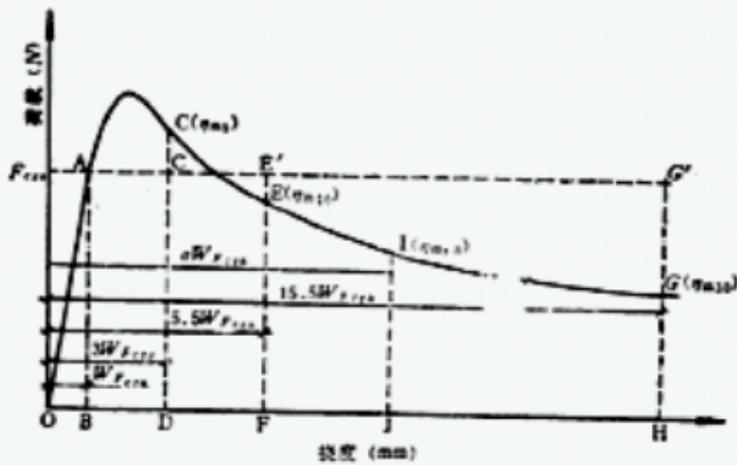


图 15.0.5 荷载—挠度曲线及弯曲韧度指数 $\eta_{m,R}$

以 4 个试件计算值的算术平均值作为该组试件的韧度指数。测值离散较大时的数据处理，应符合本标准第 12.0.5 条的规定。

三、每组试件的承载能力变化系数按下式计算：

$$\xi_{m,n,m} = \frac{\eta_{m,n,m} - a}{a - 1} \quad (15.0.5-2)$$

式中 a ——倍数 $a = \text{给定挠度} / \text{初裂挠度}$ ，本标准给定 a 为 3.0、5.5、15.5，或按试验要求给定；

$\eta_{m,n,m}$ ——与给定挠度 $aW'_{F_{crk}}$ 对应的一组试件的平均弯曲韧度指数。

将所得结果与理想弹塑性材料的承载能力变化系数 $\xi_{m,n,m} = 1$

比较, 评定其弯曲韧性。

四、初裂强度按下式计算, 精确至 0.1MPa。

$$f_{t,cs} = \frac{F_{cs} \cdot l}{bk^2} \quad (15.0.5-3)$$

式中 $f_{t,cs}$ ——钢纤维混凝土的初裂强度 (MPa);

F_{cs} ——钢纤维混凝土的初裂荷载 (N);

l ——支座间距 (mm);

b ——试件截面宽度 (mm);

h ——试件截面高度 (mm)。

以 4 个试件计算值的算术平均值作为该组试件的初裂强度。测值离散较大时的数据处理, 应符合本标准第 12.0.5 条的规定。

第十六章 压缩韧性试验

第 16.0.1 条 本方法适用于测定钢纤维混凝土试件压缩时的韧度指数。

第 16.0.2 条 当纤维长度不大于 40mm 时, 采用截面为 100mm×100mm 的棱柱体试件; 当纤维长度大于 40mm 时, 采用截面为 150mm×150mm 的试件。试件的高宽比应在 2~3 范围内。

每组 4 个试件, 其制作及养护应符合本标准第七章的规定。

第 16.0.3 条 本试验的设备应符合下列规定。

一、试验机应符合本标准第 15.0.3 条第一款的规定。

二、试验机上、下压板与试件及刚性组件之间应加钢垫板, 其不平整度应为每 100mm 不大于 0.02mm。

三、变形量测装置示于图 16.0.3, 采用精度为 0.01mm 的位移传感器(或机械式位移计)。

可将荷载与挠度的输出信号经放大器与 x-y 记录仪相连, 直接绘得荷载-挠度曲线。

第 16.0.4 条 本试验步骤如下:

一、从养护地点取出试件, 按本标准第 8.0.4 条第一款的规定检查外观和测量尺寸。

二、将测量变形的夹具及仪表安装在试件成型时两侧面的中线上, 并对称于试件的两端, 测量标距不应大于试件高度的 1/2, 也不应小于 100mm。

三、按本标准第 8.0.4 条第二款的规定安放试件。

四、对试件连续、均匀加荷。最大荷载前的加荷速度取 0.5~0.8Mpa/s, 其后按变形控制, 取 0.1~0.2mm/min。

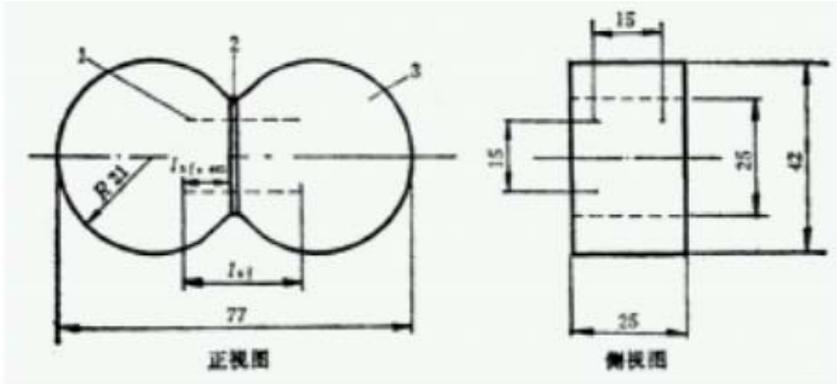


图 16.0.3 量测变形装置示意图

1——夹紧螺钉, 2——仪表夹具, 3——位移传感器,
4——试件, 5——上、下压板

五、采用千斤顶作刚性组件时,应符合本标准第 15.0.4 条第四款的规定。

第 16.0.5 条 钢纤维混凝土试件的压缩韧度指数及承载能力变化系数的计算步骤如下:

一、按荷载-变形曲线(图 16.0.5)确定最大荷载 F_{max} 和临界荷载 $F_{cri}=0.85F_{max}$ 过纵轴的 F_{cri} 点作横轴的平行线,交荷载-变形曲线于临界点 A, A 点的横坐标为临界变形 UF_{cri} , 面积 OAB 为临界韧度。

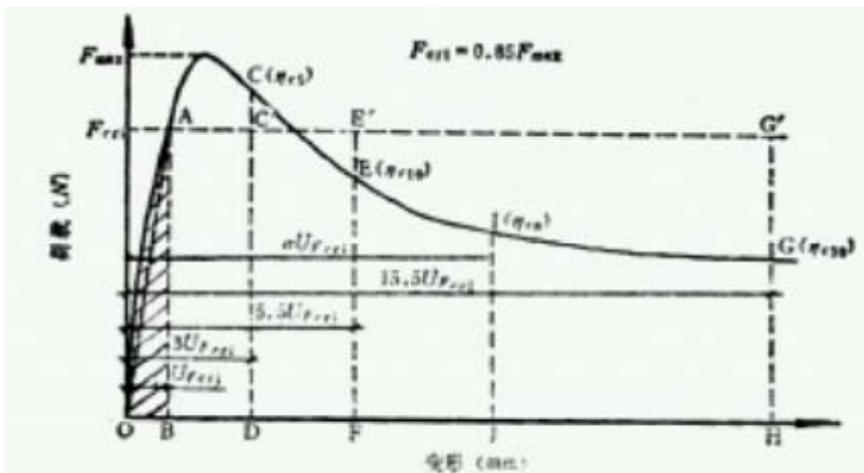


图 16.0.5 荷载—变形曲线及压缩韧度指数 η_a

二、以 O 为原点,按 3.0、5.5 和 15.5 或试验要求的临界变形倍数,在横轴上确定 D、F 和 H 点或其他给定点(J)。用求积仪测得 OAB、OACD、OAEF 和 OAGH 或其他给定图形的面积,即为临界韧度和各给定变形的韧度实测值。按下列公式求得每个试件的压缩韧度指数,精确至 0.01。

$$\eta_{c5} = \frac{\text{OACD 面积}}{\text{OAB 面积}}$$

$$\eta_{c10} = \frac{\text{OAEF 面积}}{\text{OAB 面积}} \quad (16.0.5-1)$$

$$\eta_{c20} = \frac{\text{OAGH 面积}}{\text{OAB 面积}}$$

以 4 个试件计算值的算术平均值作为该组试件的压缩韧度指数。测值离散较大时的数据处理,应符合本标准第 12.0.5 条的规定。

三、每组试件的承载能力变化系数按下式计算:

$$\xi_{c,\alpha,m} = \frac{\eta_{c,\alpha,m} - \alpha}{\alpha - 1} \quad (16.0.5-2)$$

式中 α ——倍数 α = 给定变形/临界变形,本标准给定 α 为 3.0、5.5、15.5,或按试验要求给定;
 $\eta_{c,\alpha,m}$ ——与给定变形 $\alpha \Delta_{c,cr}$ 对应的一组试件的平均压缩韧度指数。

将所得结果与理想弹塑性材料的承载能力变化系数 $\xi_{c,\alpha,m} = 1$ 比较,评定其压缩韧性。

第十七章 钢纤维与水泥砂浆

粘结强度试验

第 17.0.1 条 本方法适用于直接拉拔法测定钢纤维与水泥砂浆的粘结强度。

第 17.0.2 条 本试验采用的“8”字形试件应按下列要求制作:

一、试件用模制法成型,形状和尺寸如图 17.0.2-1 所示。

在试件中部最小截面处放置厚度为 0.5~1.0mm 的塑料隔板,隔板上开有 4 个放置钢纤维的圆孔,钢纤维间距为 15mm,每组 5 个试件。

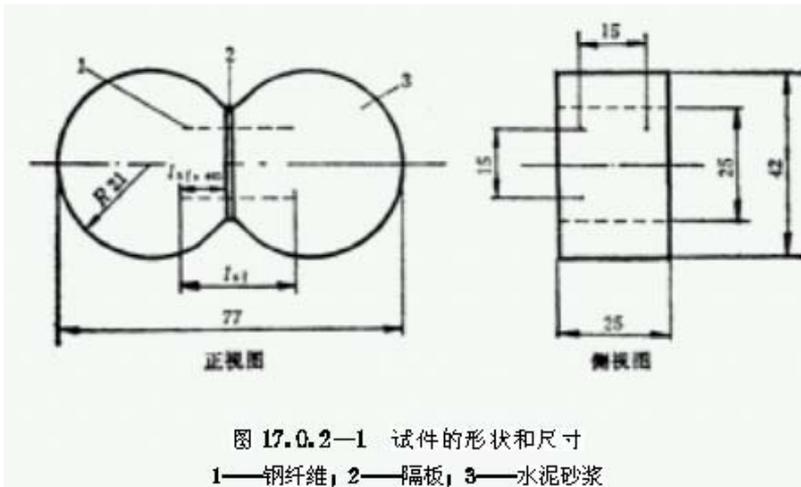


图 17.0.2—1 试件的形状和尺寸

1—钢纤维，2—隔板，3—水泥砂浆

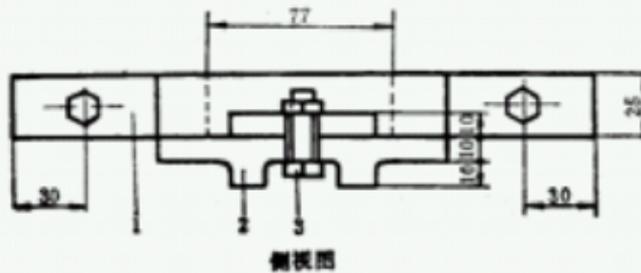
二、制作试件的试模(图 17.0.2-2)应不变形、不漏水。隔板应垂直于试模底板及侧壁。组装试模时应在内表面及隔板上涂脱模剂。

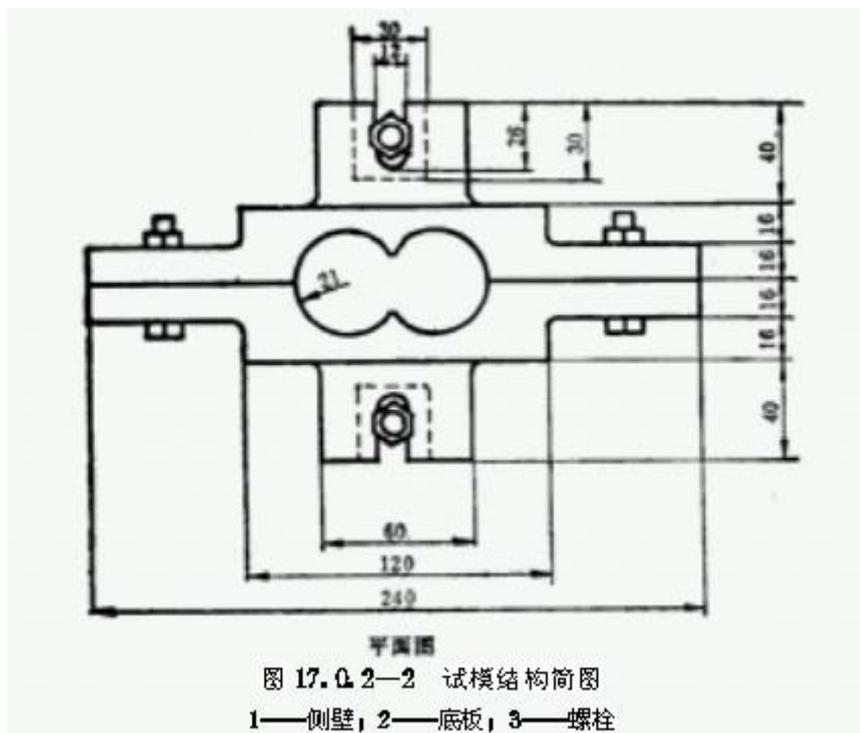
三、钢纤维在隔板两侧分别为埋入端和固定端。埋入端长度应满足下式要求：

$$l_{st,cm} \leq 0.4l_{st} \quad (17.0.2-1)$$

$$l_{st,cm} \leq \frac{f_{st,k}}{f_{m,cm}} d_{st,eq} \quad (17.0.2-2)$$

式中 $l_{st,cm}$ ——钢纤维埋入端长度 (mm)；
 l_{st} ——钢纤维长度 (mm)；





$f_{st,s}$ ——钢纤维抗拉强度 (MPa);
 $f_{m,m}$ ——水泥砂浆抗压强度 (MPa);
 $d_{s,s,q}$ ——钢纤维等效直径 (mm)。

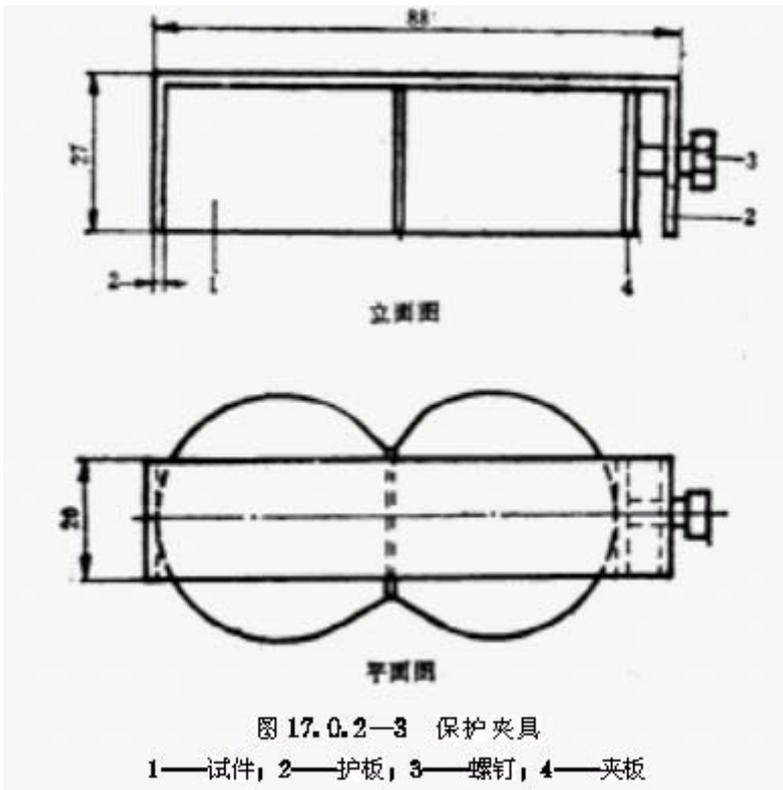
四、应采用标准砂和普通硅酸盐水泥制作砂浆。表 17.0.2 为砂浆的标准配合比。

砂浆标准配合比

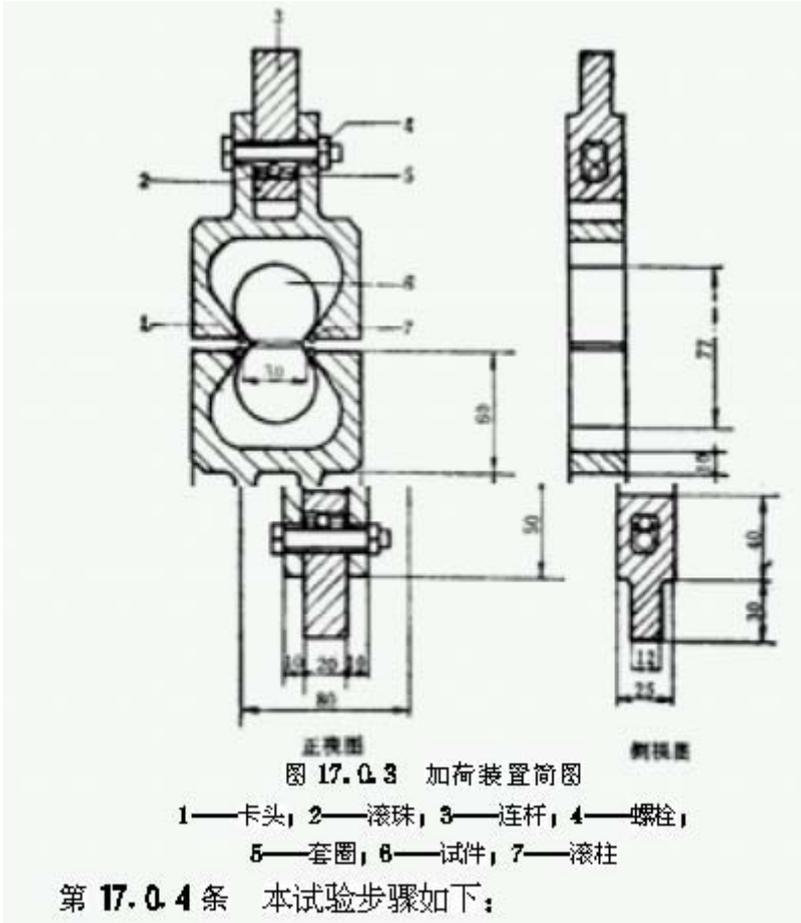
表 17.0.2

水 灰 比	灰 砂 比 (重 量 比)
0.50	1:1.7
0.65	1:2.0

五、浇筑砂浆前，应擦净钢纤维。砂浆应分层装入试模，使



- 用直径不大于 9mm 的捣棒逐层捣实。钢纤维不得歪斜或错位。
- 六、拆模时应在试件上安装保护夹具(图 17.0.2-3),其中护板为 1~2mm 厚的钢板。
- 七、试件的养护应符合本标准第七章的规定。
- 第 17.0.3 条 本试验宜采用能控制变形的拉伸试验机,试件预期破坏荷载应处在全量程的 20%~80%之间,并能自动记录荷载-位移曲线。
- 加荷装置(图 17.0.3)应保证试件受力时不产生偏心。



一、在试验机上安装加荷装置。从养护地点取出试件,擦净后放入加荷装置,使接触均衡并对中,卸下保护夹具。

二、对试件连续、均匀加荷,加荷速度取 0.3~0.5mm/min,同时启动自动记录装置。

三、当出现最大荷载后或当钢纤维滑移量超过 2.5mm 时,停止试验。

图 17.0.4 示出典型的荷载-位移曲线。

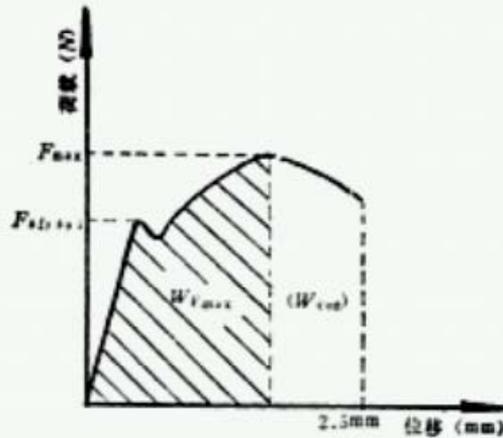


图 17.0.4 典型的荷载—位移曲线

第 17.0.5 条 钢纤维与水泥砂浆的粘结强度按下式计算：

$$f_{st,b,u} = \frac{F_{max}}{4u_{st}l_{st,cm}} \quad (17.0.5-1)$$

$$f_{st,b,l} = \frac{F_{st,b,l}}{4u_{st}l_{st,cm}} \quad (17.0.5-2)$$

式中 $f_{st,b,u}$ ——钢纤维与水泥砂浆的极限粘结强度(MPa)；

$f_{st,b,l}$ ——钢纤维开始滑移时的粘结强度(MPa)；

F_{max} ——钢纤维拔出时的最大荷载(N)；

$F_{st,b,l}$ ——钢纤维开始滑移时的荷载(N)；

u_{st} ——钢纤维横截面周长(mm)；

$l_{st,cm}$ ——钢纤维埋入端长度(mm)。

当试件竖向受荷时,应将试件自重的一半计入荷载中。

根据需要,可由荷载-位移曲线求得最大荷载时的功 WF_{max} ,或位移控制量为 2.5mm 时的功 W_{con} 。

以 5 个试件测值的算术平均值作为该组试件的粘结强度值。

若其中的最大值或最小值或最大和最小两值与中间 3 个测值的平均值之差大于中间平均值的 15%,则取中间 3 个测量的平均值作为该组试件的粘结强度值。

第十八章 钢纤维混凝土与钢筋 粘结强度试验

第 18.0.1 条 本方法适用于拔出法测定钢纤维混凝土与钢筋的粘结强度。

第 18.0.2 条 粘结强度试验采用边长为 150mm 的立方体试件,中心预

埋钢筋。钢筋的自由端露出约 5mm,端面应光滑平整;加荷端露出约 250mm。制作试件时钢筋应穿过试模两侧中心洞孔处于水平状态,洞孔处应设有止水。

试验采用直径为 20mm 的螺纹钢;需要时也可采用直径为 20mm 的光圆钢筋。

每组 6 个试件,其制作及养护应符合本标准第七章的规定。

第 18.0.3 条 粘结强度试验设备应符合下列规定:

一、本试验使用的万能试验机应符合本标准第 8.0.3 条的规定。

二、试件夹具如图 18.0.3 所示。夹具系两块厚度为 30mm 的长方形钢板(250mm×150mm,45 号钢),用 4 根直径为 18mm 的螺杆连结。夹具上端钢板中央有直径为 25mm 的拉杆,拉杆下端套入钢板并构成球形铰面相接,拉杆上端供万能试验机夹持。

夹具下端钢板中央开有 30mm 直径的圆孔,另附有 150mm×150mm×10mm 钢板一块,中心开有直径 40mm 的圆孔,垫于试件与夹头下端钢板之间。

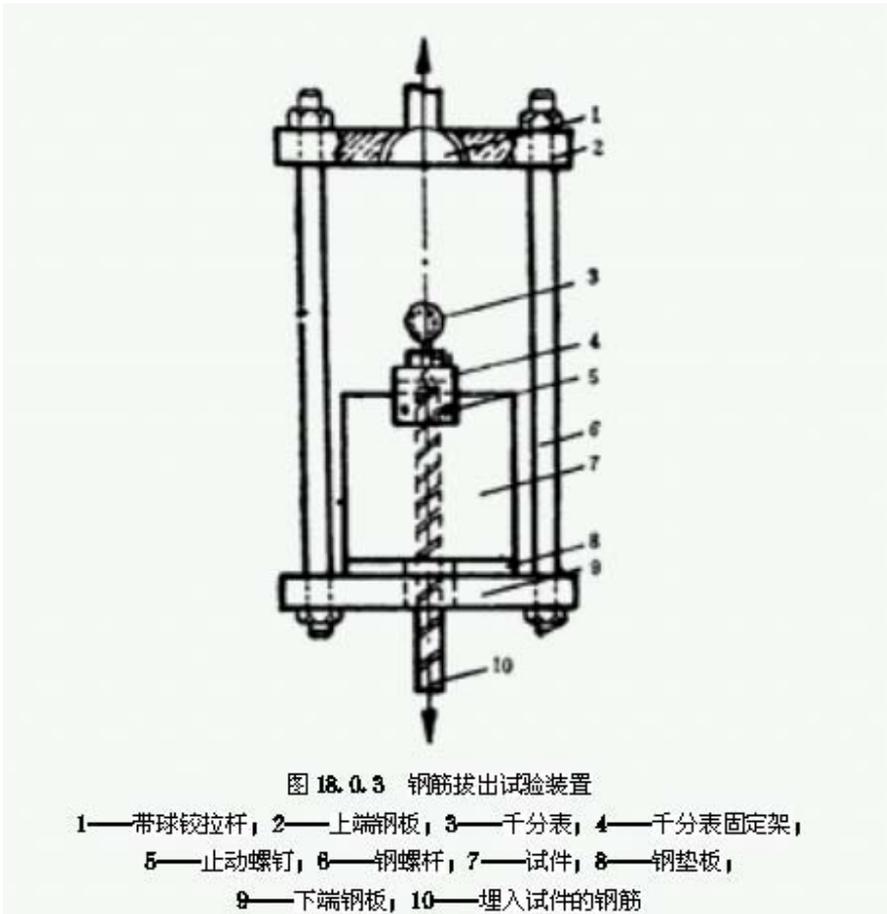
三、钢筋滑移测量采用精度为 0.001mm 的位移传感器或机械式位移计。

四、仪表固定架由金属制成,跨越钢筋自由端,并可用止动螺丝固定在试件表面上,上部中央有孔,可夹持千分表。

第 18.0.4 条 本试验步骤如下:

一、从养护地点取出试件,擦净后检查外观,不得有钢筋松动、歪斜。测量钢筋埋置长度,精确至 1mm。

二、按图 18.0.3 将试件套上中心有孔的垫板,然后装入已安装在万能试验机上的试验夹具,使万能试验机的下夹头将试件的钢筋夹牢。



三、在试件上安装仪表固定架及仪表,使仪表杆端垂直朝下,与钢筋自由端面接触良好,并使仪表具有足够量程。

四、记录仪表的初始读数,开动万能试验机,以 200~400N/s 速度拉拔钢筋,每加一定荷载(1~5kN),记录仪表读值。

使用电测自动记录仪表时可连续加荷。

五、当荷载开始下降时停止加荷,记录最大荷载。若研究粘结滑移关系,在达到预定滑移量时停止加荷。

第 18.0.5 条 钢纤维混凝土与钢筋的粘结强度按下列公式计算:

一、按下式计算螺纹钢筋的初始滑移粘结强度:

$$f_{s,b,d} = \frac{F_{s,s,0.02}}{A} \quad (18.0.5-1)$$

式中 $f_{s,b,d}$ ——钢筋初始滑移时的粘结强度 (MPa);
 $F_{s,s,0.02}$ ——钢筋自由端滑移量为 0.02mm 时的荷载 (N);
 A ——埋入钢纤维混凝土中的钢筋表面积 (mm²),
 $A = \pi d_s^d l_{s,cm}$
 d_s^d ——钢筋的计算直径 (mm);
 $l_{s,cm}$ ——钢筋埋入长度 (mm)。

二、按下式计算螺纹钢筋的极限粘结强度和光圆钢筋的粘结强度:

$$f_{s,b,u} = \frac{F_{max}}{A} \quad (18.0.5-2)$$

式中 $f_{s,b,u}$ ——钢筋与钢纤维混凝土的极限粘结强度 (MPa);
 F_{max} ——拔出试验的最大荷载 (N)。

以 6 个试件测值的算术平均值作为该组试件的粘结强度值。

若其中的最大值或最小值或最大和最小两值与中间 4 个测值的平均值之差大于中间平均值的 15%,则取中间 4 个测值的平均值作为该组试件的粘结强度值。

第十九章 抗冻性能试验

第一节 慢冻法

第 19.1.1 条 本方法适用于测定钢纤维混凝土的抗冻等级,即立方体试件相对抗压强度不低于 75%时的气冻水融最大循环次数。

第 19.1.2 条 钢纤维长度不大于 40mm 时,采用边长为 100mm 的立方体试件;钢纤维长度大于 40mm 时,采用边长为 150mm 的立方体试件。试件的制作和养护应符合本标准第七章的规定。

每组 3 个试件,每次试验所需试件组数应符合表 19.1.2 的规定。

慢冻法所需试件组数

表 19.1.2

设计抗冻等级		G50	G100	G150	G200	G250	G300
检验强度时的循环次数		50	50 & 100	100 & 150	150 & 200	200 & 250	250 & 300
所需组数	28d 强度试件	1	1	1	1	1	1
	冻融试件	1	2	2	2	2	2
	对比试件	1	2	2	2	2	2
	总计	3	5	5	5	5	5

第 19.1.3 条 慢冻法抗冻性能试验所用设备应符合下列规定:

一、冷冻箱(室)。装入试件后,箱(室)内温度应保持在-15~-20℃的范围内。

二、融化水槽。装入试件后,槽内水温应保持在 15~20℃的范围内。

三、框篮。用钢筋焊成,尺寸应与所装试件适应。

四、压力试验机。应符合本标准第 8.0.3 条的规定。

第 19.1.4 条 本试验步骤如下:

一、冻融试验应用 28d 龄期的试件。试验前应将试件放入 15~20℃的水中浸泡 4d,水深应没过试件顶面 20mm。对比试件仍应置于标准养护室内。

二、将浸泡完毕的试件放入框篮,置于冷冻箱(室)内,框篮应架空。试件与框篮之间应加垫条,使保持 20mm 空隙。试件之间应保持 50mm 空隙。

三、试件的冻结温度为-15~-20℃,冻结时间以冷冻箱(室)中心处温度达到-15℃时开始计算,不得少于 4h。

应在箱(室)内温度达到-20℃时放入试件。每次装完试件到重新降到-15℃所需时间不得超过 2h。

四、试件冻结后,应立即取出放入 15~20℃的水槽中融化,水深应没过试件顶面 20mm。融化时间不得少于 4h。融化完毕即为一次冻融循环。取出试件放入冷冻箱(室)进行下一循环。

五、达到表 19.1.2 规定检验强度的循环次数时,取出冻融试件和对比试件各 1 组,按本标准第 8.0.4 条规定,测定抗压强度。

六、冻融至设计循环次数或试件破坏时停止试验。

七、因故中断试验,应将试件移入标准养护室,保存至试验恢复,并应记录故障原因和延续时间。

第 19.1.5 条 钢纤维混凝土试件冻融循环后的相对强度按下式计算:

$$\Psi_{f_{c,cu,n}} = \frac{f_{f_{c,cu,n}}}{f_{f_{c,cu,0}}} \times 100 (\%) \quad (19.1.5)$$

式中 $\Psi_{f_{c,cu,n}}$ —— n 次冻融循环后的相对抗压强度(%);

$f_{f_{c,cu,n}}$ —— n 次冻融循环后 3 个冻融试件抗压强度的算术平均值(Mpa);

$f_{f_{c,cu,0}}$ ——3 个对比试件抗压强度的算术平均值(MPa)。

钢纤维混凝土的抗冻等级应以相对抗压强度不低于 75%时的最大循环次数表示。

第二节 快冻法

第 19.2.1 条 本方法适用于测定钢纤维混凝土的抗冻能力,即棱柱体试件相对动弹性模量不低于 60%时的水中快速冻融最大循环次数。

第 19.2.2 条 冻融试件及测温试件均采用 100mm×100mm×400mm 的棱柱体。冻融试件每组 3 个,可连续使用。测温试件应采用抗冻性能高于冻融试件的钢纤维混凝土制作,中心埋设热电偶。

试件的制作及养护方法应符合本标准第七章的规定。

第 19.2.3 条 本试验所用设备应符合下列规定:

一、快速冻融装置:使静置在水中的试件,能依靠热交换液体的温度变化而连续、自动地进行冻融循环。满载运转时,冻融箱内各点温度的极差不得大于 2℃。

二、试件盒:由 2~3mm 厚的橡胶板制成。盒内净平面尺寸为 110mm×110mm,高度应满足试件垫起后盒内水面高出试件顶面 5mm。

三、动弹性模量测定仪:应采用共振法、敲击法或其他能满足本试验要求的动弹性模量测定仪。

四、热电偶、电位差计:能在 20~-20℃ 范围内测定试件中心温度。测量精度不低于 ±0.5℃。

第 19.2.4 条 本试验步骤如下:

一、应采用 28d 龄期的试件。试验前应将冻融试件和测温试件放入 15~20℃ 的水中浸泡 4d,水深应没过试件顶面 20mm。

二、将浸泡完毕的试件擦干,测定其横向基频的初始值。测试方法及步骤应符合《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法》(GBJ82-85)第四章的规定。

三、测完初始值后,将试件放入试件盒内。在整个试验过程中,盒内水面应高出试件顶面 5mm。

四、将试件放入冻融箱,测温试件应放在冻融箱的中心位置,开始冻融试验。

五、冻融循环过程应符合下列规定:

1.每次冻融循环应在 2~4h 内完成,其中用于融化的时间不得少于整

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. 试件中心温度从 6°C 降至 -15°C 或从 -15°C 升至 6°C 所需时间分别不得少于冻结时间或融化时间的 1/2。试件内外温差不宜大于 28°C 。

4. 冻融之间的转换不宜超过 10min。

六、每隔 25 次循环测量一次横向基频。测量前应清洗试件表面的浮渣并擦干。测定后,应立即将试件掉头重新放入试件盒。测量应迅速,以防水份损失。

七、部分试件停冻取出时,应另用试件补充空位,以保证冷液的温度均衡稳定。

八、冻融至设计循环次数或试件破坏时,停止试验。

九、冻融循环因故中断时,应将试件保存在容器内用冰块围住,或将试件处于潮湿状态下,用防水材料包裹密封放在 $-17\pm 2^{\circ}\text{C}$ 的冷冻箱(室)中。试件处于融解状态的时间不宜超过两个循环,在整个试验过程中,超过两个循环周期不得多于 2 次。

第 19.2.5 条 钢纤维混凝土试件的相对动弹性模量按下式计算:

$$\xi_{t,n} = \frac{f_{t,n}^2}{f_{t,0}^2} \times 100 (\%) \quad (19.2.5)$$

式中 $\xi_{t,n}$ ——n 次冻融循环后的相对动弹性模量 (%);

$f_{t,n}$ ——n 次冻融循环后 3 个试件横向基频的算术平均值 (Hz);

$f_{t,0}$ ——冻融循环前 3 个试件初始横向基频的算术平均值 (Hz)。

钢纤维混凝土的抗冻能力应以相对动弹性模量不低于 60% 时的水中快速冻融最大循环次数表示。

第二十章 抗渗性能试验

第 20.0.1 条 本方法适用于测定硬化后钢纤维混凝土的抗渗等级。

第 20.0.2 条 本试验采用顶面直径为 175mm,底面直径为 185mm,高度为 150mm 的圆台体或直径与高度均为 150mm 的圆柱体试件。

每组 6 个试件,成型后 24h 拆模。用钢丝刷刷去两端面的水泥浆膜,放入标准养护室养护。

用 28d 龄期的试件进行试验,也可按所要求的龄期进行试验。

第 20.0.3 条 抗渗性能试验所用设备应符合下列规定:

一、抗渗仪:应能使水压按规定的制度稳定地作用在试件上。

二、加压装置:螺旋或其他形式,应能把试件压入试件套。

第 20.0.4 条 本试验步骤如下:

一、试验前一天取出试件,晾干表面。在侧面涂一层熔化的密封材料,随即将试件压入经烘箱预热的试件套。稍冷却后即可解除压力,清除挤出的密封材料。排除抗渗仪管道中的气泡,将试件套连同试件装在抗渗仪上进行试验。

二、第一次加 0.1MPa 水压,以后每 8h 增加 0.1MPa。随时观察试件端面渗水情况。

三、当 6 个试件中有 3 个试件端面渗水时,记录水压,停止试验。

四、发现水从周边渗出时,应停止试验重新密封。

第 20.0.5 条 钢纤维混凝土抗渗等级以 6 个试件中 4 个试件未渗水时的最大水压为依据,按下式计算:

$$S_{osm}=10p-1 \quad (20.0.5)$$

式中 S_{osm} ——抗渗等级;

p ——6 个试件中 3 个试件渗水时的水压(MPa)。

第二十一章 干缩试验

第 21.0.1 条 本方法适用于测定钢纤维混凝土在无外荷载和恒温恒湿条件下因干燥引起的轴向长度收缩,即干缩。

第 21.0.2 条 本试验采用 100mm×100mm×515mm 或 100mm×100mm×400mm 的棱柱体试件。试模两端板中心留孔,用以预埋测头或做成埋设测头的凹坑。测头用不锈、耐磨的金属制成。图 21.0.2 示出预埋测头和后埋测头。可用直径为 6mm 的不锈钢圆珠代替后埋测头。

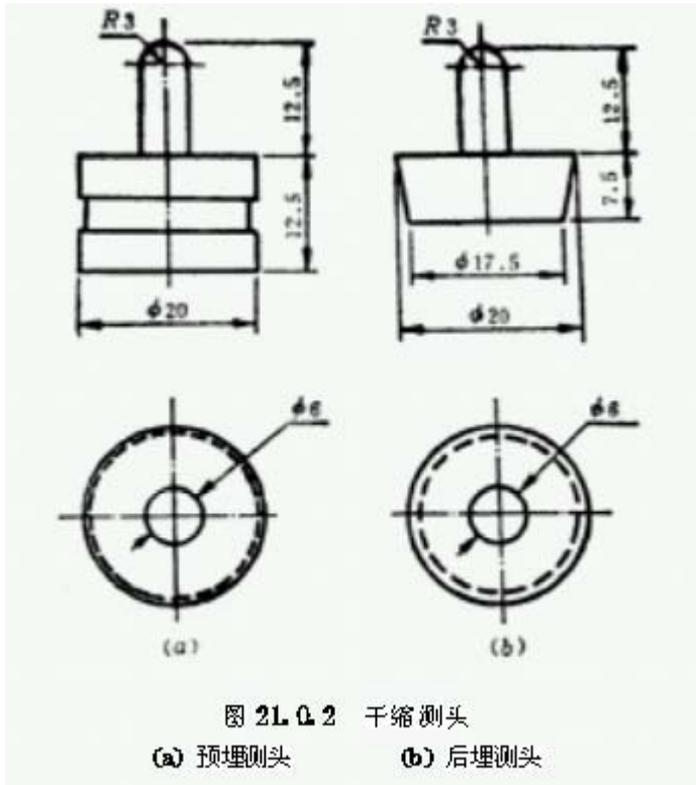


图 21.0.2 干缩测头
(a) 预埋测头 (b) 后埋测头

每组 3 个试件,其制作应符合本标准第七章的规定。试件成型后即送入标准养护室,带模养护一昼夜,拆模后固定后埋测头或加固预埋测头,送回养护室。

第 21.0.3 条 本试验所用仪器设备应符合下列规定:

一、测长仪器:采用卧式混凝土干缩仪或外圆千分尺,测量精度应不低于 0.01mm,应具有殷钢或石英玻璃制作的标准杆。

二、恒温恒湿室:温度为 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$,相对湿度为 $60 \pm 5\%$ 。

第 21.0.4 条 本试验步骤如下:

一、试件达到 3d 龄期即从标准养护室移入恒温恒湿室测定基准长度,然后将试件置于不吸水的格架上,试件间距应不小于 30mm。

二、试件的干缩龄期从测定基准长度后算起。按 1、3、7、14、28、45、60、90、120、150、180d 或指定的龄期测定长度。

三、每次测长前均需测定标准杆的长度,测长应重复 3 次,取 3 个读数的算术平均值作为测定值。

第 21.0.5 条 钢纤维混凝土的干缩率按下式计算:

$$\epsilon_{t_0,sh} = \frac{(l_0 - l_t) - (l_{nom,0} - l_{nom,t})}{l_0 - 2l_{meas}} \quad (21.0.5)$$

式中 $\epsilon_{t_0,sh}$ ——干缩龄期为 t 时钢纤维混凝土的干缩率，
 l_0 ——试件的基准长度 (mm)；
 l_t ——干缩龄期为 t 时试件的长度 (mm)；
 $l_{nom,0}$ ——测基准长度时标准杆的读数 (mm)；
 $l_{nom,t}$ ——干缩龄期为 t 时标准杆的读数 (mm)；
 l_{meas} ——试件测头的全长 (mm)。

取 3 个试件测值的算术平均值作为该组试件的干缩率，计算结果精确到 1.0×10^{-6} 。

附录一 常用非法定计量单位与 法定计量单位的换算关系

常用非法定计量单位与法定计量单位的换算关系 附表 1.1

序号	量的名称	非法定计量单位		法定计量单位		单位换算关系
		名称	符号	名称	符号	
1	力	千克力	kgf	牛 顿	N	1kgf=9.80665N
		吨 力	tf	千牛顿	kN	1tf=9.80665kN
2	应力、 强度、 压强、 弹性模量	千克力每 平方毫米	kgf/mm ²	牛顿每平方毫米 (兆帕斯卡)	N/mm ² (MPa)	1kgf/mm ² =9.80665 N/mm ² (MPa)
		千克力每 平方厘米	kgf/cm ²	牛顿每平方厘米 (兆帕斯卡)	kN/cm ² (MPa)	1kgf/cm ² =0.0980665 N/mm ² (MPa)
		吨力每平 方米	tf/m ²	千牛顿每平方米 (千帕斯卡)	kN/m ² (kPa)	1tf/m ² =9.80665 kN/m ² (kPa)

附录二 本标准用词说明

一、为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度的用词说明如下:

- 1.表示很严格,非这样作不可的用词:
正面词采用“必须”;反面词采用“严禁”。
- 2.表示严格,在正常情况下均应这样作的用词:
正面词采用“应”;反面词采用“不应”或“不得”。
- 3.对表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样作的用词:

正面词采用“宜”或“可”；反面词采用“不宜”。

二、条文中指定应按其他有关标准、规范执行时,写法为“应符合的规定”或“应按执行”。

水利水电工程监理适用规范全文数据库

附加说明

本标准主要起草人名单

本标准起草人员:哈尔滨建筑工程学院 樊承谋 赵景海
张明仁 张松榆
徐 鹏 李秋义
高廷臣 何守俭
赵桂春
大连理工大学 赵国藩 黄承逵
高丹盈 张宗刚
赵亦兵
空军工程设计研究局 王璋水 叶立水
北京科技大学 金芷生 赵永录
黑龙江省庆安钢铁厂 程龙保
审查单位:全国钢筋混凝土结构标准技术委员会