

中华人民共和国建筑工业行业标准

JG/T 160—2017
代替 JG 160—2004、JG/T 367—2012

混凝土用机械锚栓

Mechanical anchors for use in concrete

2017-05-27 发布

2017-12-01 实施



中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和符号	2
4 分类和标记	4
5 一般要求	5
6 要求	5
7 试验方法	8
8 检验规则	12
9 标志、产品说明书	13
10 包装、运输及贮存	14
附录 A (资料性附录) 锚栓类型和锚固破坏形式示例	15
附录 B (规范性附录) 钻头和钻孔	21
附录 C (规范性附录) 疲劳性能试验	22
附录 D (资料性附录) 边界参数试验	23
附录 E (规范性附录) 膨胀锚栓、扩底锚栓安装工艺敏感性试验方法和要求	24
附录 F (资料性附录) 自攻锚栓专项试验及要求	27
附录 G (规范性附录) 混凝土试件	31
附录 H (规范性附录) 试验用仪器设备	33
附录 I (规范性附录) 抗震性能专项试验	35
附录 J (规范性附录) 径向力系数试验	40
附录 K (规范性附录) 试验数据处理	42

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 JG 160—2004《混凝土用膨胀型、扩孔型建筑锚栓》和 JG/T 367—2012《建筑工程用切(扩)底机械锚栓及后切(扩)底钻头》。与 JG 160—2004 和 JG/T 367—2012 相比,除编辑性修改外主要技术变化如下:

- 修改了术语和符号;
- 修改了产品分类,增加了锚栓按适用条件分类;
- 修改了防腐要求;
- 完善了锚固性能要求,对不同类别的锚栓提出不同的锚固性能要求,见表 2;增加了极限安装扭矩性能要求,见表 2;删除了长期荷载性能要求;修改了抗震性能要求,见表 3;
- 修改了混凝土锥体破坏承载力系数,见表 2;增加了按性能指标划分等级的规定,见 6.1;
- 增加了极限安装扭矩性能试验方法,见 7.1.3.3;删除了长期荷载性能试验方法;修改了抗震性能专项试验方法,见附录 I;
- 修改了出厂检验和型式检验项目和规则。

本标准由住房和城乡建设部标准定额研究所提出。

本标准由住房和城乡建设部建筑制品与构配件标准化技术委员会归口。

本标准负责起草单位:中国建筑科学研究院、北京雄杰方业建筑技术发展有限责任公司。

本标准参加起草单位:大连万达商业地产股份有限公司、中国建筑设计研究院、喜利得(上海)有限公司、慧鱼(太仓)建筑锚栓有限公司、上海翔锐紧固件有限公司、法施达集团-曼卡特科技(北京)有限公司、上海康驰建筑技术有限公司、成都慧宝建材有限公司、建研科工(北京)科技有限公司、北京市轨道交通设计研究院、广东坚朗五金制品股份有限公司。

本标准主要起草人:杨志、刘杰萍、杨波、罗洪伯、李芳、徐福泉、熊朝晖、刘兵、尤天直、张晋峰、张东光、王景涛、杨维锐、王文正、刘平原、陈伟、刘征、冯志钢、张克、仲朝明、梅琪、杜万明、黎宇杰、姚松凯、朱锋、吴明娅、刘勇刚。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- JG 160—2004;
- JG/T 367—2012。

混凝土用机械锚栓

1 范围

本标准规定了以混凝土为基材的机械锚栓的分类和标记、要求、试验方法、检验规则、标志、产品说明书、包装、运输及贮存。

本标准适用于抗压强度 25 MPa~60 MPa 的开裂或者非开裂混凝土上锚固的金属锚栓。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB 175 通用硅酸盐水泥
- GB/T 193 普通螺纹 直径与螺距系列
- GB/T 196 普通螺纹 基本尺寸
- GB/T 197 普通螺纹 公差
- GB/T 699 优质碳素结构钢
- GB/T 700 碳素结构钢
- GB/T 1220 不锈钢棒
- GB/T 3077 合金结构钢
- GB/T 3098.1 紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱
- GB/T 3098.2 紧固件机械性能 螺母
- GB/T 3098.6 紧固件机械性能 不锈钢螺栓、螺钉和螺柱
- GB/T 3098.15 紧固件机械性能 不锈钢螺母
- GB/T 4237 不锈钢热轧钢板和钢带
- GB/T 5267.1 紧固件 电镀层
- GB/T 5267.3 紧固件 热浸镀锌层
- GB/T 6335.1 旋转和旋转冲击式硬质合金建工钻 第1部分:尺寸
- GB/T 9799 金属及其他无机覆盖层 钢铁上经过处理的锌电镀层
- GB/T 13912 金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法
- GB/T 14684 建设用砂
- GB/T 14685 建设用卵石、碎石
- GB/T 14975 结构用不锈钢无缝钢管
- GB/T 19292.2 金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 腐蚀等级的指导值
- GB/T 19355.1 锌覆盖层 钢铁结构防腐的指南和建议 第1部分:设计与防腐的基本原则
- GB/T 19355.2 锌覆盖层 钢铁结构防腐的指南和建议 第2部分:热浸镀锌
- GB/T 19355.3 锌覆盖层 钢铁结构防腐的指南和建议 第3部分:粉末渗锌
- GB/T 25672 电锤钻和套式电锤钻
- GB/T 31303 奥氏体-铁素体型双相不锈钢棒
- JB/T 5067 钢铁制件粉末渗锌

3 术语、定义和符号

下列术语、定义和符号适用于本文件。

3.1 术语

3.1.1

机械锚栓 mechanical anchors

利用锚栓与钻孔之间的摩擦作用或锁键作用锚固在混凝土基材上的组件,主要受力部件由金属材料制造的紧固件(螺杆、螺母、垫片)、锥头、扩张件(扩张套管或扩张片)等组成。

3.1.2

膨胀锚栓 expansion anchors

施加扭矩或施加敲击力使扩张件胀开挤压孔壁产生摩擦效应,以摩擦力为主要锚固力的锚栓。参见附录 A 图 A.1。

3.1.3

扩底锚栓 undercut anchors

使用专用模具钻头或锚栓扩张件上的硬质刀刃,在直孔的一定深度进行扩孔,施加扭矩或施加敲击力使扩张件嵌入扩孔中形成锁键,以机械啮合力为主要锚固力的锚栓。

3.1.3.1

模扩底锚栓 pre-drilled undercut anchors

用专用模具钻头预先扩孔再安装的扩底锚栓。参见附录 A 图 A.2。

3.1.3.2

自扩底锚栓 self-cutting undercut anchors

锚栓扩张件上带有硬质刀刃,安装锚栓的同时完成扩孔和扩张件嵌入的扩底锚栓。参见附录 A 图 A.3、图 A.4。

3.1.3.3

双锁键锚栓 double-wedge anchors

有上下两个锚固作用点的锚栓。下锚固点是扩底锁键,为主要锚固点;上锚固点可以是锁键也可以是膨胀作用点,为辅助锚固点。参见附录 A 图 A.5。

3.1.4

自攻锚栓 screw anchors

在拧入钻孔过程中通过自带硬质螺纹切削嵌入孔壁的锚栓。参见附录 A 图 A.6。

3.1.5

安装扭矩 installation torque

安装锚栓所需的拧紧扭矩。

3.1.6

安装位移 installation displacement

安装锚栓所需的敲击位移。

3.1.7

扭矩控制 torque control

对锚栓螺杆、螺母或套管施加扭矩的锚栓安装方式。

3.1.8

位移控制 displacement control

对锚栓锥头或套管施加敲击力的锚栓安装方式。

3.1.9

锚固作用区 anchorage zone

在混凝土中由锚栓传递外部荷载的作用区域。

3.1.10

混凝土锥体破坏 concrete cone failure

在拉力作用下,锚固作用区内形成以锚栓为轴心的混凝土锥形的破坏形式。参见附录 A 图 A.7。

3.1.11

拔出破坏 anchor pull-out failure

在拉力作用下,锚栓向混凝土表面滑移,最终锚栓整体或部分拔出,或在较浅的位置形成类似混凝土锥形的破坏形式。参见附录 A 图 A.8。

3.1.12

锚栓钢材破坏 anchor steel failure

在拉力或剪力作用下,锚栓金属组件断裂的破坏形式。参见附录 A 图 A.9。

3.1.13

混凝土劈裂破坏 concrete splitting failure

在拉力作用下,混凝土沿单个锚栓轴线垂线或多个锚栓轴线公垂线裂开的破坏形式。参见附录 A 图 A.10。

3.1.14

混凝土边缘破坏 concrete edge failure

在拉力作用下,混凝土边缘形成半锥形的破坏形式;或在剪力作用下,混凝土边缘沿剪力方向形成半锥形的破坏形式。参见附录 A 图 A.10。

3.1.15

基准试验 reference test

在规定强度的干燥混凝土上使用直径 d_m 钻头钻孔,钻孔的边距不小于 $2h_{ef}$,间距不小于 $4h_{ef}$,并按照产品说明书的要求安装锚栓进行的力学性能试验。其试验数据通常作为其他试验的比较基准。

3.1.16

径向力系数 coefficient of radial force

在拉力作用下,锚栓径向胀力与轴向拉力之比。

3.2 符号

A_s ——锚栓螺杆受拉破坏部位公称截面积,单位为平方毫米(mm^2);

A_{sv} ——锚栓受剪部位公称截面积,单位为平方毫米(mm^2);

$A_{sv,b}$ ——锚栓受剪部位螺杆公称截面积,单位为平方毫米(mm^2);

$A_{sv,s}$ ——锚栓受剪部位套管公称截面积,单位为平方毫米(mm^2);

c ——系数(常数);

d_m ——试验用钻头中等直径,见附录 B,单位为毫米(mm);

d_{max} ——试验用钻头最大直径,见附录 B,单位为毫米(mm);

d_{min} ——试验用钻头最小直径,见附录 B,单位为毫米(mm);

f_{cu} ——混凝土立方体抗压强度实测值,单位为兆帕(MPa);

h_{ef} ——有效锚固深度,即混凝土表面到锚固作用点距离,参见附录 A.1,单位为毫米(mm);

N ——拉伸荷载,单位为牛(N);

- N_1 —— 滑移荷载,单位为牛(N);
- N_{Rk} —— 抗拉承载力标准值,单位为牛(N);
- $N_{Ru,m}$ —— 抗拉承载力平均值,单位为牛(N);
- $N_{Ru,s}$ —— 锚栓螺杆钢材抗拉承载力,单位为牛(N);
- $R_{m,min}$ —— 锚栓螺杆钢材的最小抗拉强度,单位为兆帕(MPa);
- $R_{m,s}$ —— 套管钢材抗拉强度,单位为兆帕(MPa);
- T —— 扭矩极限实测值,单位为牛米(N·m);
- T_{inst} —— 产品说明书要求的锚栓安装扭矩,单位为牛米(N·m);
- $V_{Ru,s}$ —— 锚栓钢材抗剪承载力,单位为牛(N);
- γ_{min} —— 试验样品中滑移系数的最小值;
- Δw —— 裂缝宽度,单位为毫米(mm);
- Δw_1 —— 相对裂缝宽度上限,单位为毫米(mm);
- Δw_2 —— 相对裂缝宽度下限,单位为毫米(mm);
- δ_m —— 抗震性能专项试验循环过程中锚栓位移,单位为毫米(mm);
- η —— 径向力系数;
- ν_N —— 抗拉承载力变异系数;
- ν_V —— 抗剪承载力变异系数;
- ν_β —— 抗拉刚度变异系数。

4 分类和标记

4.1 分类

4.1.1 按锚固方式分为:

- a) 膨胀锚栓,代号 MP;
- b) 扩底锚栓,代号 MK。扩底锚栓按构造和安装工艺又可分为模扩底锚栓、自扩底锚栓和双锁键锚栓;
- c) 自攻锚栓,代号 MZ。

4.1.2 按适用条件分为(见表 1):

- a) 用于非开裂混凝土的锚栓,代号 N;
- b) 既可用于非开裂混凝土,也可用于开裂混凝土的锚栓,代号 C;
- c) 既可用于非开裂混凝土,也可用于开裂混凝土,并可承受地震作用的锚栓,代号 S。

表 1 锚栓适用条件

适用条件	锚栓适用条件类别		
	N类锚栓	C类锚栓	S类锚栓
非开裂混凝土	√	√	√
非开裂混凝土和开裂混凝土	—	√	√
非开裂混凝土和开裂混凝土并承受地震作用	—	—	√

注: √表示锚栓适合的应用条件。

表 2 锚固性能要求

序号	锚固性能项目	破坏形式	性能指标		适用 锚栓类别
			I 级	II 级	
1	非开裂混凝土上 拉伸基准试验性能	钢材破坏	$N_{Ru,s} \geq A_s R_{m,min}$ $\nu_N \leq 0.05$ $\gamma_{min} \geq 0.80$		N、C、S
		其他破坏形式	$N_{Ru,m} \geq 13.1 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $N_{Rk} \geq 10.1 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $\nu_N \leq 0.15$ $\nu_\beta \leq 0.30$ $\gamma_{min} \geq 0.80$	$N_{Ru,m} \geq 10.5 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $N_{Rk} \geq 8.1 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $\nu_N \leq 0.15$ $\nu_\beta \leq 0.30$ $\gamma_{min} \geq 0.80$	
2	非开裂混凝土上 剪切基准试验性能	钢材破坏	$V_{Ru,s} \geq 0.6 A_{sv} R_{m,min}$ $\nu_V \leq 0.15$		N、C、S
3	0.3 mm 开裂混凝土上 拉伸性能	钢材破坏	$N_{Ru,s} \geq A_s R_{m,min}$ $\nu_N \leq 0.05$ $\gamma_{min} \geq 0.70$		C、S
		其他破坏形式	$N_{Ru,m} \geq 9.2 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $N_{Rk} \geq 7.1 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $\nu_N \leq 0.15$ $\nu_\beta \leq 0.40$ $\gamma_{min} \geq 0.70$	$N_{Ru,m} \geq 7.4 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $N_{Rk} \geq 5.7 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $\nu_N \leq 0.15$ $\nu_\beta \leq 0.40$ $\gamma_{min} \geq 0.70$	
4	0.3 mm 开裂混凝土上 剪切性能	钢材破坏	$V_{Ru,s} \geq 0.6 A_{sv} R_{m,min}$ $\nu_V \leq 0.15$		C、S
5	混凝土强度适应性	钢材破坏	$N_{Ru,s} \geq A_s R_{m,min}$ $\nu_N \leq 0.05$ N 类: $\gamma_{min} \geq 0.80$; C、S 类: $\gamma_{min} \geq 0.70$		N、C、S
		其他破坏形式	$N_{Ru,m} \geq 10.5 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $N_{Rk} \geq 8.1 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $\nu_N \leq 0.20$ $\nu_\beta \leq 0.40$ $\gamma_{min} \geq 0.80$	$N_{Ru,m} \geq 8.4 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $N_{Rk} \geq 6.5 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $\nu_N \leq 0.20$ $\nu_\beta \leq 0.40$ $\gamma_{min} \geq 0.80$	N
			$N_{Ru,m} \geq 7.3 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $N_{Rk} \geq 5.7 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $\nu_N \leq 0.20$ $\nu_\beta \leq 0.40$ $\gamma_{min} \geq 0.70$	$N_{Ru,m} \geq 5.9 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $N_{Rk} \geq 4.5 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $\nu_N \leq 0.20$ $\nu_\beta \leq 0.40$ $\gamma_{min} \geq 0.70$	C、S
6	极限安装扭矩性能	—	$T \geq 1.3 T_{inst}$ 螺杆不屈服, 螺母可正常拧松		N、C、S

表 2 (续)

序号	锚固性能项目	破坏形式	性能指标		适用 锚栓类别
			I 级	II 级	
7	裂缝往复开合 拉伸性能	钢材破坏	$N_{Ru,s} \geq A_s R_{m,min}$ $\nu_N \leq 0.05$ $\gamma_{min} \geq 0.70$ 锚栓位移:第 20 次循环不大于 2.0 mm, 且第 1 000 次循环不大于 3.0 mm		C、S
		其他破坏形式	$N_{Ru,m} \geq 8.3 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $N_{Rk} \geq 6.4 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $\nu_N \leq 0.20$ $\nu_\beta \leq 0.40$ $\gamma_{min} \geq 0.70$ 锚栓位移:第 20 次循环不大于 2.0 mm, 且第 1 000 次循环不大于 3.0 mm		
8	0.8 mm 开裂混凝土上 拉伸性能	钢材破坏	$N_{Ru,s} \geq A_s R_{m,min}$ $\nu_N \leq 0.05$ $\gamma_{min} \geq 0.70$		S
		其他破坏形式	$N_{Ru,m} \geq 5.9 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $\nu_N \leq 0.20$ $\nu_\beta \leq 0.40$ $\gamma_{min} \geq 0.70$	$N_{Ru,m} \geq 4.7 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $\nu_N \leq 0.20$ $\nu_\beta \leq 0.40$ $\gamma_{min} \geq 0.70$	
9	0.8 mm 开裂混凝土上 剪切性能	钢材破坏	$V_{Ru,s} \geq 0.48 A_{sv} R_{m,min}$ $\nu_V \leq 0.15$		S
10	变幅脉动 拉伸荷载性能	钢材破坏	$N_{Ru,s} \geq A_s R_{m,min}$ $\nu_N \leq 0.05$ $\gamma_{min} \geq 0.70$ $\delta_m \leq 7.0 \text{ mm}$		S
		其他破坏形式	$N_{Ru,m} \geq 5.3 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $\nu_N \leq 0.20$ $\nu_\beta \leq 0.40$ $\gamma_{min} \geq 0.70$ $\delta_m \leq 7.0 \text{ mm}$		
11	变幅往复 剪切荷载性能	钢材破坏	$V_{Ru,s} \geq 0.46 A_{sv} R_{m,min}$ $\nu_V \leq 0.15$ $\delta_m \leq 7.0 \text{ mm}$		S
12	裂缝变幅往复开合 拉伸性能	钢材破坏	$N_{Ru,s} \geq A_s R_{m,min}$ $\nu_N \leq 0.05$ $\gamma_{min} \geq 0.70$ $\delta_m \leq 7.0 \text{ mm}$		S

表 2 (续)

序号	锚固性能项目	破坏形式	性能指标		适用锚栓类别
			I 级	II 级	
12	裂缝变幅往复开合 拉伸性能	其他破坏形式	$N_{Ru,m} \geq 5.3 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $\nu_N \leq 0.20$ $\nu_p \leq 0.40$ $\gamma_{min} \geq 0.70$ $\delta_m \leq 7.0 \text{ mm}$		S
<p>注 1: A_s 取值:当锚栓破坏位置为螺纹时,按 GB/T 3098.1 取值,其他部位应由生产企业提供或测量确定。$R_{m,min}$ 按 GB/T 3098.1 取值。</p> <p>注 2:“其他破坏形式”包括混凝土锥体破坏和拔出破坏。</p> <p>注 3:剪切性能测试时,如果剪切截面包含锚栓外套管,则公式中 $A_{sv}R_{m,min}$ 改为 $A_{sv,b}R_{m,min} + A_{sv,s}R_{m,s}$,套管公称截面积和套管钢材抗拉强度由生产企业提供或测量确定。</p>					

6.2 径向力系数

扩底锚栓径向力系数 η 应不大于 0.8。

7 试验方法

7.1 锚固性能试验

7.1.1 试验准备

7.1.1.1 混凝土试件

锚固性能试验用混凝土试件抗压强度和制作要求应符合附录 G 的规定。

7.1.1.2 钻头和钻孔

试验用钻头和钻孔应符合附录 B 的规定。

7.1.1.3 试验用仪器设备

试验用仪器设备应符合附录 H 的规定。

7.1.1.4 锚栓安装

锚栓安装应符合下列规定:

- 锚栓应安装在平整的混凝土试件表面上;
- 锚栓距试件边缘应不小于 $2h_{ef}$,相邻锚栓间距应不小于 $4h_{ef}$;
- 按产品说明书规定的安装工具和安装要求清孔、安装锚栓;
- 按产品说明书规定的 T_{inst} 拧紧锚栓,约 10 min 后卸除扭矩,再施加 $0.5T_{inst}$;
- 在开裂混凝土试件上试验时,应在裂缝闭合的情况下在裂缝平面内钻孔安装锚栓,裂缝应贯通整个钻孔。

7.1.2 试验项目、试验程序

7.1.2.1 试验项目和试验条件

锚固性能试验项目和试验条件应符合表3的要求,且所有项目试验样品数应不少于5只。

表3 锚固性能试验项目和试验条件

序号	试验项目	混凝土强度/MPa	钻头直径	裂缝宽度/mm	适用锚栓类别	试验方法
1	非开裂混凝土上拉伸基准试验	30	d_m	0	N、C、S	7.1.3.1
		60	d_m	0	N、C、S	
2	非开裂混凝土上剪切基准试验	30	d_m	0	N、C、S	7.1.3.2
3	0.3 mm 开裂混凝土上拉伸性能试验	30	d_m	0.3	C、S	7.1.3.1
		60	d_m	0.3	C、S	
4	0.3 mm 开裂混凝土上剪切性能试验	30	d_m	0.3	C、S	7.1.3.2
5	混凝土强度适应性试验*	30	d_{max}	0	N	7.1.3.1
		60	d_{min}	0	N	
		30	d_{max}	0.5	C、S	
		60	d_{min}	0.5	C、S	
6	极限安装扭矩性能试验	60	d_m	0	N、C、S	7.1.3.3
7	裂缝往复开合拉伸性能试验	30	d_{max}	0.1~0.3	C、S	7.1.3.4
8	0.8 mm 开裂混凝土上拉伸性能试验	30	d_m	0.8	S	7.1.3.1
		60	d_m	0.8	S	
9	0.8 mm 开裂混凝土上剪切性能试验	30	d_m	0.8	S	7.1.3.2
10	变幅脉动拉伸荷载性能试验	30	d_m	0.5~0.8	S	7.1.3.5
11	变幅往复剪切荷载性能试验	30	d_m	0.8	S	7.1.3.5
12	裂缝变幅往复开合拉伸性能试验	30	d_m	0.1~0.8	S	7.1.3.5
注1:裂缝宽度0表示在非开裂混凝土试件上进行试验。						
注2:表中第10到12试验项目是抗震性能专项试验。						
* 扩底锚栓如果钻孔钻头与扩孔钻头是不同钻头时,两种钻头均选用 d_{max} 或 d_{min} 。						

7.1.2.2 试验程序

各类别锚栓应按下列程序进行试验:

- N类锚栓进行序号1、2、5、6项试验,根据试验结果判定为N I级、N II级或不合格,试验结束;
- C类锚栓先执行步骤a),如果试验结果满足N I级或N II级要求,则进行序号3、4、5、7项试验,根据试验结果判定为C I级或C II级,如果不符合C类锚栓要求则判定为N类锚栓,试验结束;
- S类锚栓先执行步骤a)、b),如果试验结果满足C I级或C II级要求,则进行序号8、9、10、11、12项试验,根据试验结果判定为S I级或S II级,如果不符合S类锚栓要求则判定为C类锚栓,试验结束;
- 试验程序各步骤应连续进行,不应间隔过长时间且不应改变试验环境和条件。

7.1.3 试验方法

7.1.3.1 拉伸性能试验

表 3 中序号 1、3、5、8 项试验应按下列要求进行：

- a) 试验中应避免混凝土试件边缘破坏和劈裂破坏。在开裂混凝土试件上进行试验时，在裂缝闭合状态下安装锚栓然后扩展裂缝到要求的宽度，裂缝的测量和控制应符合附录 G 的规定。
- b) 锚栓与加载设备支撑点净距应不小于 $2h_{ef}$ ，荷载方向与锚栓保持同轴，加载应连续平稳，从开始加载经 1 min~3 min 荷载到达最大值直至破坏。
- c) 测量锚栓沿荷载方向上的位移，测量参考点与锚栓净距应不小于 $1.5h_{ef}$ ，应消除锚栓倾斜和附加位移的影响。绘制荷载-位移曲线，记录裂缝宽度、破坏形式。
- d) 当荷载-位移曲线上出现大于最大荷载下位移 10% 的水平段时，或出现大于最大荷载 5% 的短暂荷载下降段时，如果没有其他干扰影响可判断锚栓出现滑移，记录水平段对应的荷载或短暂荷载下降前最大荷载为 N_1 。
- e) 试验过程中，锚栓有较明显拔出现象且承载力小于非开裂混凝土上基准拉伸性能试验锥体破坏计算值，可判为拔出破坏。

7.1.3.2 剪切性能试验

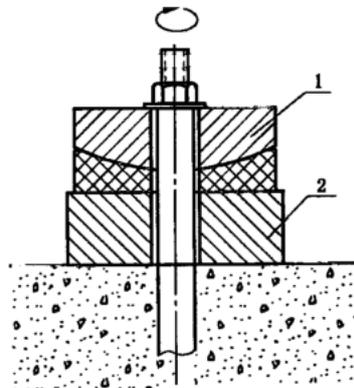
表 3 中序号 2、4、9 项试验应按下列要求进行：

- a) 试验中应避免混凝土试件边缘破坏和裂开。在开裂混凝土试件上进行试验时，在裂缝闭合状态下安装锚栓然后扩展裂缝到要求的宽度，裂缝的测量和控制应符合附录 G 的规定；
- b) 荷载与混凝土表面保持平行，在开裂混凝土试件上试验时荷载沿裂缝方向施加，连续平稳加载 1 min~3 min 荷载到达最大值直至破坏；
- c) 测量锚栓沿荷载轴线上的位移，应消除附加位移的影响。绘制荷载-位移曲线，记录裂缝宽度、破坏形式。

7.1.3.3 极限安装扭矩性能试验

表 3 中序号 6 项试验应按下列要求进行：

- a) 试验示意图见图 1。轴力测量仪和球铰作为被锚固物穿入锚栓，被锚固物孔径应符合附录 H 表 H.1 要求。
- b) 用扭矩扳手均匀施加扭矩直到不小于 $1.3T_{max}$ ，记录扭矩和螺杆拉力的关系曲线。



说明：

- 1——球铰；
- 2——轴力测量仪。

图 1 极限安装扭矩性能试验示意图

7.1.3.4 裂缝往复开合拉伸性能试验

表 3 中序号 7 项试验应按下列要求进行：

- a) 用 d_{\max} 钻头在试件的裂缝平面内钻孔安装锚栓；
- b) 扩展裂缝到上限 Δw_1 等于 0.3 mm 时对锚栓施加按式(1)计算的拉伸荷载：

$$N = c f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5} \dots\dots\dots(1)$$

式中：

c ——系数，Ⅰ级锚栓 $c=3.0$ ；Ⅱ级锚栓 $c=2.4$ 。

- c) 试验过程中拉伸荷载恒定，偏差不大于±5%；
- d) 控制裂缝在上限 Δw_1 等于 0.3 mm 和下限 Δw_2 等于 0.1 mm 之间反复变化 1 000 次，频率不大于 0.2 Hz。如果上、下限裂缝宽度差逐渐减小，应调控施加在裂缝两侧试件上的力(见附录 G 图 G.1)，确保整个试验过程 Δw_1 等于 0.3 mm； Δw_1 与 Δw_2 之差应不小于 0.1 mm；
- e) 记录锚栓轴向位移和裂缝宽度随循环次数变化曲线，及第 20 次、第 1 000 次循环 Δw_1 等于 0.3 mm 时锚栓轴向位移值；
- f) 裂缝往复循环完成后锚栓卸载，在裂缝宽度 Δw_1 等于 0.3 mm 情况下按 7.1.3.1 进行拉伸试验，剩余承载力应满足表 2 要求。

7.1.3.5 抗震性能专项试验

表 3 中序号 10~12 项是抗震性能专项试验，试验方法见附录 I。

7.2 径向力系数试验

S 类扩底锚栓应进行径向力系数试验，试验方法见附录 J。

7.3 试验数据处理和检验报告

7.3.1 试验数据处理

7.3.1.1 试验数据处理方法见附录 K。

7.3.1.2 如果变异系数或标准值不满足表 2 要求，可按最小样品数量的整数倍增加试验样品数量进行试验，将两次试验数据合并重新计算，所有样品试验数据处理方法见附录 K。

7.3.2 检验报告

7.3.2.1 检验报告的信息页应包含所有必要信息，如锚栓样品信息(型号、规格、类别、等级、螺杆性能等级、批号及数量)；混凝土试件状况(骨料粒径、试件尺寸、抗压强度、裂缝宽度等)；锚栓安装情况(边距、间距、钻头直径、钻孔深度、清孔情况、有效锚固深度、安装扭矩等)等信息。

7.3.2.2 检验报告的数据页应列出所有影响结论的重要试验数据、破坏形式和试验曲线等。试验结果的承载力数据，当破坏形式为混凝土锥体破坏时，应按附录 K 归一化为混凝土强度 30 MPa 或 60 MPa 对应的换算值；当破坏形式为钢材破坏时，应归一化为同等级紧固件最小抗拉强度对应的换算值。

7.3.2.3 检验报告的结论页应分别列明被检锚栓在各类别中所处的等级，只有所有试验项目结果都满足表 2 相应等级要求才能认定为该等级。

8 检验规则

8.1 检验分类、项目

8.1.1 出厂检验

出厂检验项目见表4,每个规格检验样品数应不少于5只。

表4 出厂检验和型式检验项目

试验项目序号	锚固性能试验项目	出厂检验项目			型式检验项目		
		N类	C类	S类	N类	C类	S类
1	非开裂混凝土上拉伸基准试验	√			√	√	√
2	非开裂混凝土上剪切基准试验				√	√	√
3	0.3 mm 开裂混凝土上拉伸性能试验		√			√	√
4	0.3 mm 开裂混凝土上剪切性能试验					√	√
5	混凝土强度适应性试验				√	√	√
6	极限安装扭矩性能试验				√	√	√
7	裂缝往复开合拉伸性能试验					√	√
8	0.8 mm 开裂混凝土上拉伸性能试验			√			√
9	0.8 mm 开裂混凝土上剪切性能试验						√
10	变幅脉动拉伸荷载性能试验						√
11	变幅往复剪切荷载性能试验						√
12	裂缝变幅往复开合拉伸性能试验						√
13	扩底锚栓径向力系数						√

注:√表示应进行试验。

8.1.2 型式检验

在国内使用的所有锚栓产品均应由国内具有锚栓检验资质的质量监督检验机构进行型式检验,检验项目见表4。当遇到下列情况之一时,应进行型式检验:

- 新产品定型鉴定;
- 正式生产后,产品的设计、材料、工艺、生产设备、管理等方面改变可能影响产品性能时;
- 正常生产后,N类、C类锚栓每3年定期检验,S类锚栓每5年定期检验;
- 产品转厂生产或产品停产1年以上恢复生产。

8.2 组批规则

8.2.1 出厂检验组批

由材料、工艺、型号、规格、类别、等级相同的产品组成,正常生产时 8 h 生产量为一个检验批,随机抽取样品进行检验。

8.2.2 型式检验组批

8.2.2.1 材料、工艺、型号、规格、类别、等级相同的产品,不小于 500 只且不大于 5 万只为一个检验批,从出厂检验合格品中随机抽取样品进行检验。

8.2.2.2 检验用锚栓样品应包括锚栓出厂状态时的所有零件,不随锚栓一起提供的配套零件(如螺栓、螺母、垫片)制造商应对其型号或质量做明确规定。

8.3 判定规则和复验规则

8.3.1 出厂检验判定规则和复检规则

检验结果如不满足锚栓类别和等级要求,可加倍取样对不合格指标复检(可将两次试验数据合并,一起计算变异系数和标准值),复检仍不满足要求,则该批产品不合格。

8.3.2 型式检验判定规则和复检规则

按 7.1.2.2 试验程序进行试验和判定锚栓类别和等级,当不满足锚栓类别和等级要求时,可加倍取样对不合格指标复检(可将两次试验数据合并,一起计算变异系数和标准值),若复检仍不满足要求,则判定该批产品不合格。

9 标志、产品说明书

9.1 标志

9.1.1 锚栓主要受力部件显著位置上应有清晰的永久标志,包括产品型号和制造商标志等信息。

9.1.2 应在每只锚栓上制作清晰的埋入深度标识。

9.2 产品说明书

产品说明书应包括以下内容:

- a) 型号、标志、尺寸
 - 1) 型号;
 - 2) 标志;
 - 3) 锚栓主要尺寸参数,如螺纹公称直径、有效锚固深度、埋入深度、拉伸应力截面积、受剪部位螺杆和套管截面积。
- b) 主要零件材料牌号、等级或强度、防腐层。
- c) 安装要求:
 - 1) 安装工具、钻头直径、钻孔深度、被锚固件厚度、清孔要求等;
 - 2) 安装扭矩或安装位移、安装步骤和注意事项。
- d) 其他
 - 1) 厂名、厂址、商标、联系方式;
 - 2) 其他必要信息。

10 包装、运输及贮存

10.1 包装

10.1.1 产品应清除污垢及金属屑后进行包装,在正常的运输和保管条件下,应保证产品不受损坏和便于使用。

10.1.2 包装箱、盒等表面应明示下列内容:

- a) 厂名、厂址、商标、联系方式;
- b) 产品型号、标志;
- c) 产品数量或净重;
- d) 生产日期或批号。

10.1.3 包装箱或包装盒内应有产品合格证、产品说明书。

10.2 运输

运输过程中应避免雨雪直接侵袭和接触腐蚀性物质,防止机械损伤。

10.3 贮存

应贮存于正常环境条件的室内。

附录 A

(资料性附录)

锚栓类型和锚固破坏形式示例

A.1 锚栓类型示例

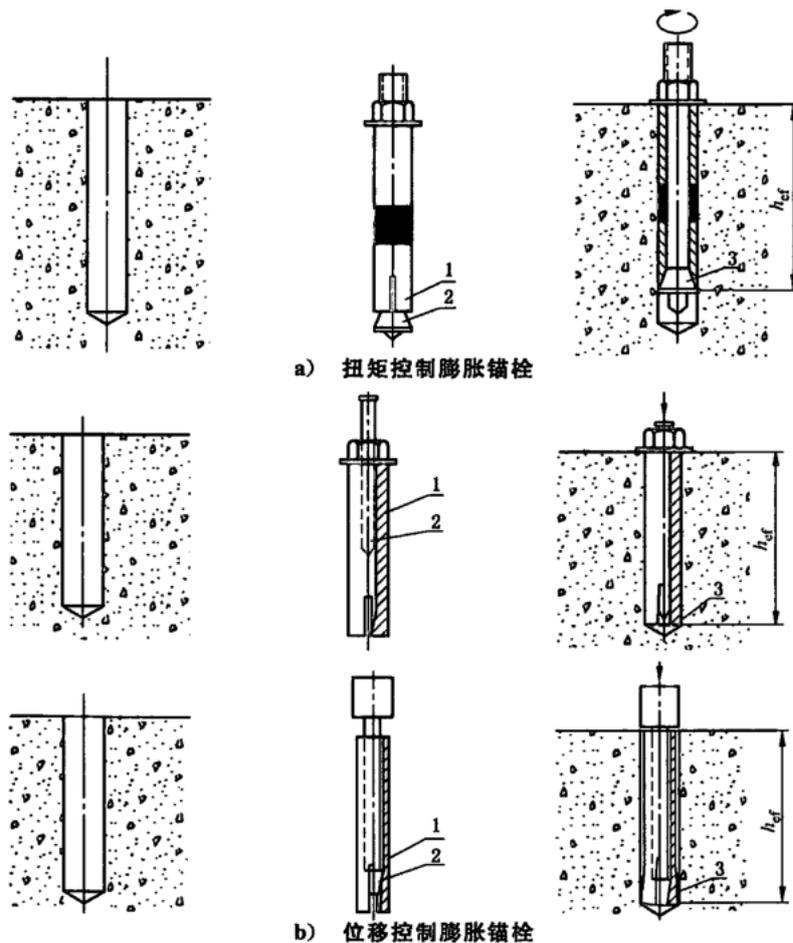
A.1.1 机械锚栓

组成锚栓主体的零件从功能上可分为紧固件(螺杆、螺母、垫片)、锥头、扩张件(扩张套管或扩张片)等,其中螺杆和锥头可以是两个独立零件也可以是一个整体,扩张件可以是下部带有扩张片的套管,也可以是独立的扩张片。

注:锚栓样式繁多,本附录图形仅为示意图,举例说明锚固原理和安装方式,不代表具体产品。

A.1.2 膨胀锚栓示例

通过旋转螺纹或敲击套管或锥头使扩张件与锥头产生相对位移,锥头楔入扩张件使其胀开挤压孔壁产生锚固作用,见图 A.1。



说明:

1 ——扩张件;

2 ——锥头;

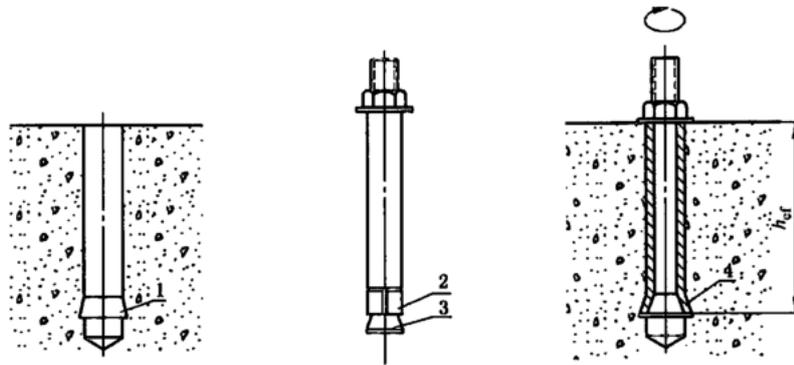
3 ——锥头楔入扩张件;

h_{ef} ——有效锚固深度。

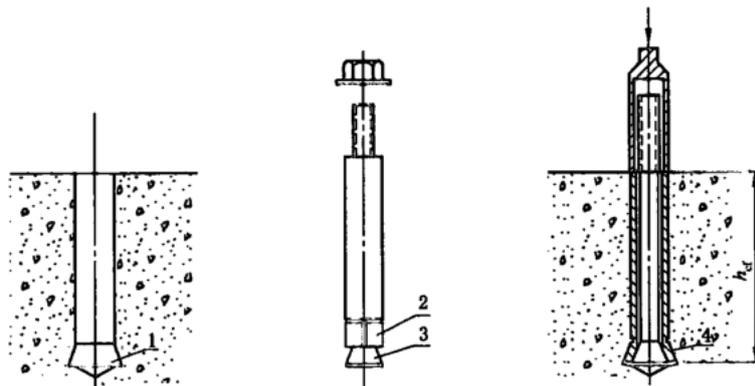
图 A.1 膨胀锚栓

A.1.3 模扩底锚栓示例

通过旋转螺纹或敲击套管使扩张件与锥头产生相对位移，锥头楔入扩张件使其张开嵌入到预先扩好的孔中形成锁键，见图 A.2。



a) 扭矩控制模扩底锚栓



b) 位移控制模扩底锚栓

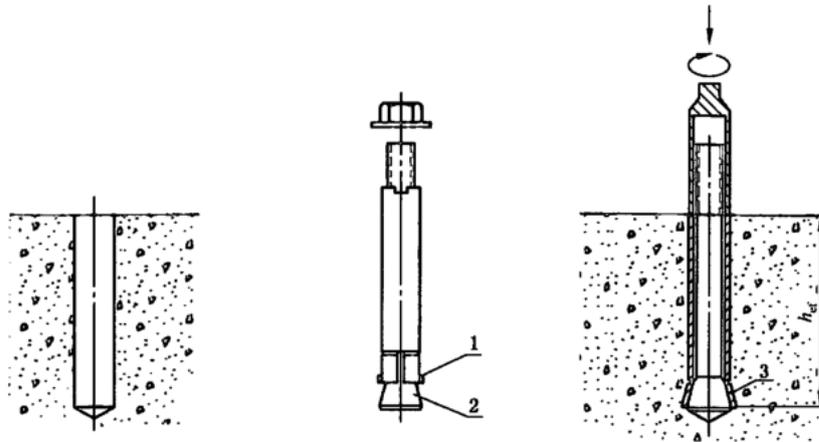
说明：

- 1 —— 预先扩孔；
- 2 —— 扩张件；
- 3 —— 锥头；
- 4 —— 扩张件张开嵌入扩孔；
- h_{ef} —— 有效锚固深度。

图 A.2 模扩底锚栓

A.1.4 自扩底锚栓示例

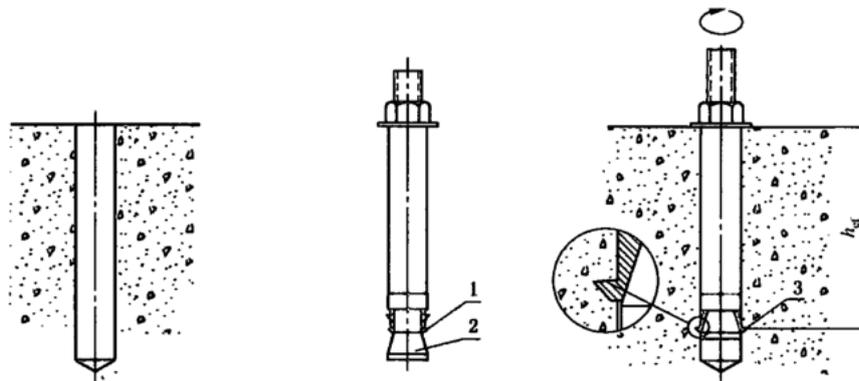
旋转或敲击套管，使锥头楔入扩张件使其张开切削扩孔形成锁键，见图 A.3。或旋转螺纹使锥头楔入扩张件使其张开，其自带硬质刀刃直接挤压切入孔壁形成锁键，见图 A.4。



说明：

- 1 ——带硬质刀刃的扩张套管；
- 2 ——锥头；
- 3 ——扩张件张开切削扩孔并嵌入孔壁；
- h_{ef} ——有效锚固深度。

图 A.3 自扩底锚栓示例 1



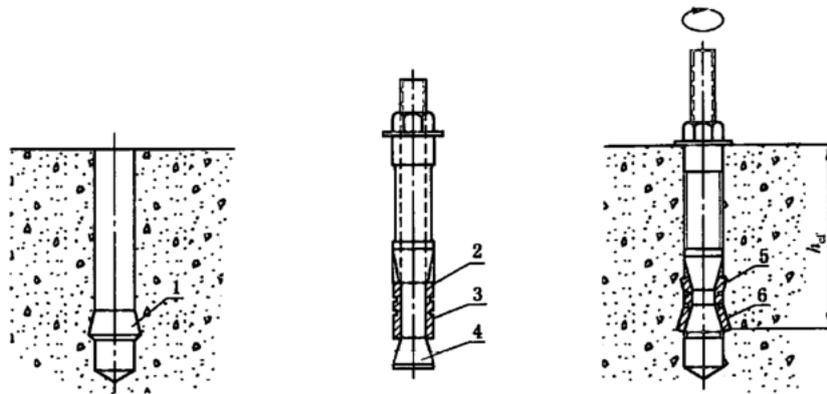
说明：

- 1 ——带硬质刀刃的扩张片；
- 2 ——锥头；
- 3 ——扩张片张开刀刃切入孔壁；
- h_{ef} ——有效锚固深度。

图 A.4 自扩底锚栓示例 2

A.1.5 双锁键锚栓示例

有上下两个锚固作用点，下锚固作用点为扩底锁键，是传递荷载的主要锚固点；上部锚固作用点可以是锁键也可以是膨胀作用点，是起辅助作用的锚固点，见图 A.5。



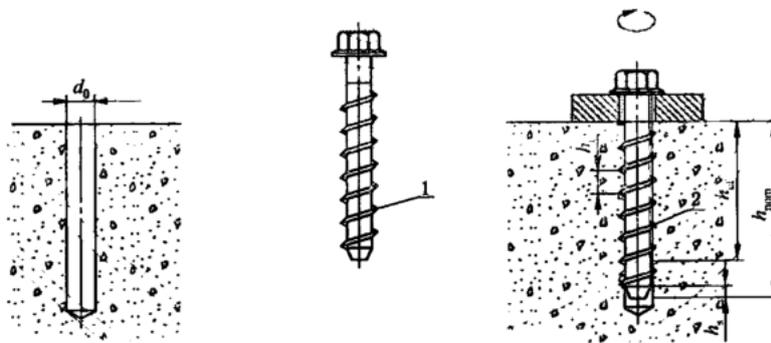
说明：

- 1 —— 预先扩孔；
- 2 —— 上扩张片；
- 3 —— 下扩张片；
- 4 —— 锥头；
- 5、6 —— 扩张片张开；
- h_{ef} —— 有效锚固深度。

图 A.5 双锁键锚栓

A.1.6 自攻锚栓示例

螺杆上带有硬质的螺纹，在拧入直钻孔过程中切削并嵌入孔壁，见图 A.6。



说明：

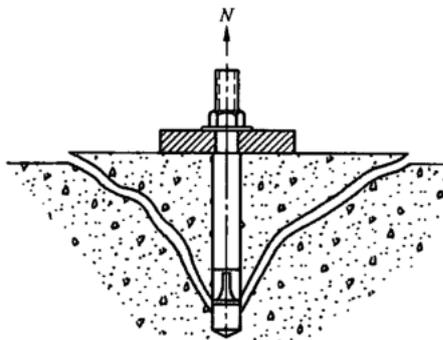
- 1 —— 硬质螺纹；
- 2 —— 螺纹旋转切削嵌入孔壁；
- d_0 —— 钻孔直径；
- h_s —— 锥头长度；
- h_t —— 螺距；
- h_{nom} —— 螺纹部分长度；
- h_{ef} —— 有效锚固深度。

图 A.6 自攻锚栓

A.2 锚固破坏形式

A.2.1 混凝土锥体破坏

见图 A.7。



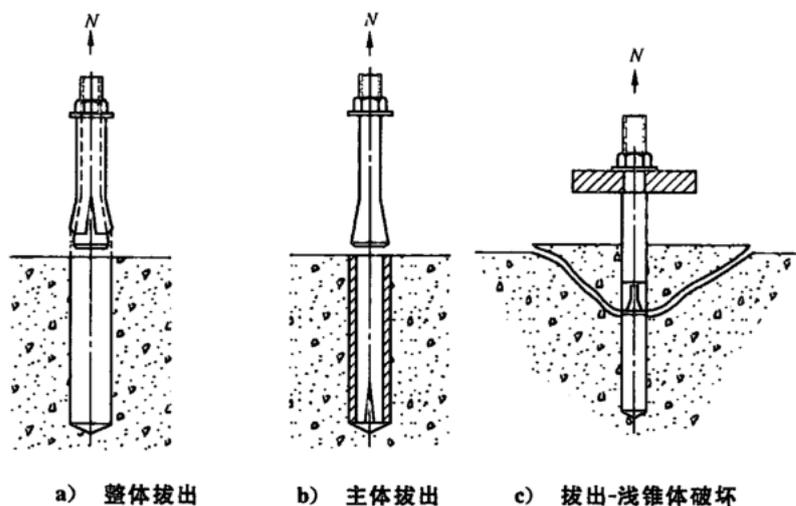
说明：

N ——锚栓所受拉力。

图 A.7 混凝土锥体破坏

A.2.2 拔出破坏

在拉力作用下锚栓向混凝土表面滑移，且承载力明显小于混凝土锥体破坏计算值，见图 A.8。



a) 整体拔出

b) 主体拔出

c) 拔出-浅锥体破坏

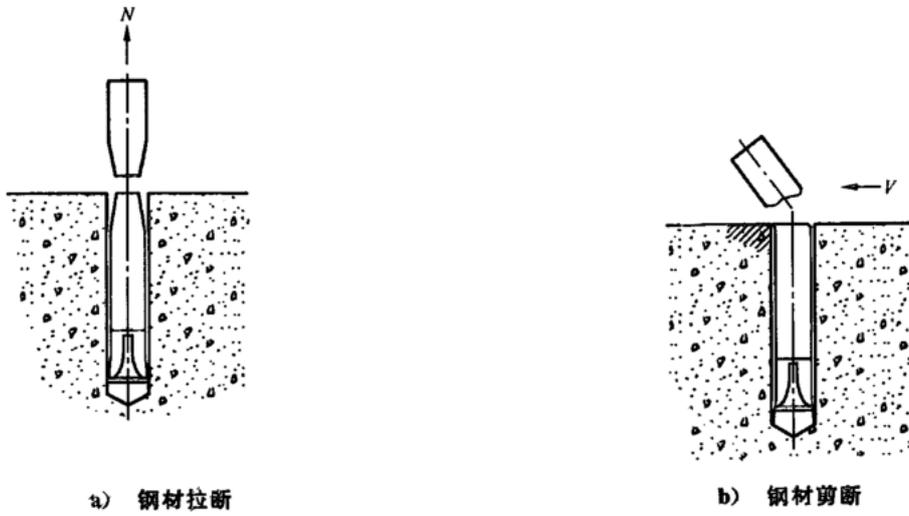
说明：

N ——锚栓所受拉力。

图 A.8 拔出破坏

A.2.3 锚栓钢材破坏

见图 A.9。



说明:

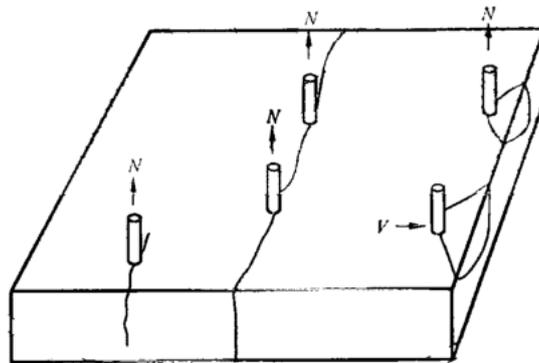
N ——锚栓所受拉力;

V ——锚栓所受剪力。

图 A.9 锚栓钢材破坏

A.2.4 混凝土劈裂破坏和混凝土边缘破坏

见图 A.10。



说明:

N ——锚栓所受拉力;

V ——锚栓所受剪力。

图 A.10 混凝土劈裂破坏和混凝土边缘破坏

附录 B
(规范性附录)
钻头和钻孔

B.1 试验用钻头直径应满足表 B.1 要求,每完成 10 个钻孔检查钻头直径是否符合要求,不满足时应更换钻头。

B.2 钻孔应垂直于混凝土试件表面,偏差应不大于 $\pm 6^\circ$,孔壁应整齐,孔径应准确。

B.3 钻孔后应按产品说明书要求进行清孔。

B.4 在开裂混凝土试件上进行试验时,应在裂缝闭合的情况下在裂缝平面内钻孔,裂缝应贯通整个钻孔。

表 B.1 试验用钻头直径、偏差范围

单位为毫米

公称直径	偏差范围		
	d_{\min}	d_m	d_{\max}
5	5.05~5.15	5.20~5.30	5.35~5.40
6	6.05~6.15	6.20~6.30	6.35~6.40
7	7.05~7.20	7.25~7.35	7.40~7.45
8	8.05~8.20	8.25~8.35	8.40~8.45
9	9.05~9.20	9.25~9.35	9.40~9.45
10	10.10~10.20	10.25~10.35	10.40~10.45
11	11.10~11.20	11.25~11.35	11.45~11.50
12	12.10~12.20	12.25~12.35	12.45~12.50
13	13.10~13.20	13.25~13.35	13.45~13.50
14	14.10~14.20	14.25~14.35	14.45~14.50
15	15.10~15.20	15.25~15.35	15.45~15.50
16	16.10~16.20	16.25~16.35	16.45~16.50
18	18.10~18.20	18.25~18.35	18.45~18.50
19	19.10~19.20	19.30~19.40	19.50~19.55
20	20.10~20.20	20.30~20.40	20.50~20.55
22	22.10~22.20	22.30~22.40	22.50~22.55
24	24.10~24.20	24.30~24.40	24.50~24.55
25	25.10~25.20	25.30~25.40	25.50~25.55
28	28.10~28.20	28.30~28.40	28.50~28.55
30	30.10~30.20	30.30~30.40	30.50~30.55
32	32.15~32.25	32.35~32.50	32.60~32.70
34	34.15~34.25	34.35~34.50	34.60~34.70
35	35.15~35.25	35.35~35.50	35.60~35.70
37	37.15~37.25	37.35~37.50	37.60~37.70
40	40.15~40.25	40.40~40.60	40.70~40.80
44	44.15~44.25	44.40~44.60	44.70~44.80
48	48.15~48.25	48.40~48.60	48.70~48.80
52	52.15~52.25	52.40~52.60	52.80~52.95

附 录 C
(规范性附录)
疲劳性能试验

C.1 随机抽取同规格、同等级的样品 3 只,在抗压强度 30 MPa 的非开裂混凝土试件上进行试验,用 d_m 钻头钻孔按产品说明书规定安装锚栓。

C.2 按设计单位或使用单位提出的疲劳荷载上限和下限值对锚栓施加轴向正弦脉动拉伸荷载,荷载上限和下限的示值误差应不大于±5%。正弦脉动荷载频率应不高于 10 Hz,循环次数应不少于 200 万次,记录锚栓位移变化趋势。

C.3 完成脉动拉伸荷载循环后,按 7.1.3.1 进行拉伸试验检测剩余承载力。

附录 D
(资料性附录)
边界参数试验

D.1 试验目的

为锚固系统设计提供合理布置锚栓的边距、间距参数。

D.2 试验条件

边界参数试验在抗压强度 30 MPa 的非开裂混凝土试件上进行,试件厚度应不小于 $2h_{ef}$,用 d_m 钻头钻孔。

D.3 拉伸劈裂边距 $c_{cr,sp}$ 试验方法

D.3.1 样品数量应不小于 5 只。

D.3.2 在混凝土试件的角上安装锚栓,锚栓轴与混凝土试件相邻两直角边等距且等于边距 $c_{cr,sp}$ 。

D.3.3 按 7.1.3.1 进行拉伸试验,混凝土边缘劈裂破坏时的抗拉承载力平均值和标准值不应小于同强度非开裂混凝土上拉伸基准性能试验测得的承载力的 95%,否则应加大边距重复试验。试验装置支撑脚不应影响混凝土边缘劈裂破坏。

D.3.4 当需要通过试验确定 $c_{cr,sp}$ 时,可从 $c_{cr,sp}$ 等于 $1.5h_{ef}$ 开始试验并逐步减小或增大边距,直到满足 D.3.3 要求,满足要求的最小边距即为拉伸劈裂边距 $c_{cr,sp}$ 。

D.4 最小边距 c_{min} 、最小间距 s_{min} 试验方法

D.4.1 样品数量应不小于 10 只。

D.4.2 对扭矩控制安装的锚栓,以边距 c_{min} 和间距 s_{min} 等于 $2c_{min}$ 将两个锚栓安装在平行于混凝土试件边缘的直线上。每个锚栓使用独立的刚性方垫板,垫板中心孔径应符合附录 H 表 H.1 要求,边长为 3 倍中心孔径,厚度约等于中心孔径。

D.4.3 按 $0.2T_{inst}$ 增量交替对两个锚栓施加扭矩,每一对锚栓当混凝土表面出现裂缝时记录最大扭矩值 T_i ,按附录 K 式(K.6)计算 T_k 应满足,按式(D.1)计算:

$$T_k \geq 1.7T_{inst} \quad \dots\dots\dots (D.1)$$

式中:

T_k ——实测扭矩标准值,单位为牛米(N·m)。

D.4.4 如果不满足式(D.1),增加 c_{min} 和 s_{min} 等于 $2c_{min}$ 重复试验。

D.4.5 当需要通过试验确定 c_{min} 、 s_{min} 和 T_{inst} 时,可从 c_{min} 等于 $1.5h_{ef}$ 、 s_{min} 等于 $2c_{min}$ 开始试验逐步减小边距并保持 s_{min} 等于 $2c_{min}$, T_{inst} 可从基准拉伸试验和极限安装扭矩性能试验曲线估算,最后得出满足式(D.1)的最小边距。

附录 E
(规范性附录)

膨胀锚栓、扩底锚栓安装工艺敏感性试验方法和要求

E.1 试验目的

检验锚栓对安装工艺偏差的敏感程度。

E.2 膨胀锚栓安装工艺敏感性试验

E.2.1 扭矩控制膨胀锚栓安装工艺敏感性试验

E.2.1.1 试验条件见表 E.1。

E.2.1.2 按产品说明书规定的 T_{inst} 的 50% 安装锚栓,按 7.1.3.1 进行拉伸试验。

表 E.1 扭矩控制膨胀锚栓安装工艺敏感性试验条件

锚栓类别	混凝土试件强度/ MPa	钻头直径	裂缝宽度/ mm	安装扭矩	最少样品数量
N	30	d_m	0	$0.5T_{inst}$	5
C、S	60	d_m	0.3	$0.5T_{inst}$	5

E.2.2 位移控制膨胀锚栓安装工艺敏感性试验

E.2.2.1 试验条件见表 E.2。

E.2.2.2 对产品说明书中规定了安装工具或可控制并可计量安装位移的锚栓,应按表 E.2 中规定的安装位移百分比对安装位移进行折减,以折减后的安装位移安装锚栓,按 7.1.3.1 进行拉伸试验。

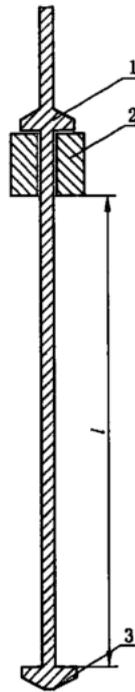
E.2.2.3 对有安装到位标识的锚栓,应使用标准击锤对锚栓进行安装。标准击锤如图 E.1 所示,参数见表 E.3。以安装至到位标识的锤击次数为安装位移 100%,按表 E.2 中安装位移百分比对锤击次数进行折减,以折减后的锤击次数安装锚栓,按 7.1.3.1 进行拉伸试验。

表 E.2 位移控制膨胀锚栓安装工艺敏感性试验条件

锚栓类别	混凝土试件强度/ MPa	钻头直径	裂缝宽度/ mm	安装位移/ %	最少样品数量
N	30	d_m	0	70	5
C、S	30	d_m	0.3	70	5

表 E.3 锚栓螺杆规格及标准击锤参数

锚栓螺杆规格	<M16	≥M16
落锤质量/kg	4.5	15
落锤下落高度 l /mm	450	600



说明：
 1——击锤杆；
 2——落锤；
 3——锤击作用点；
 l——落锤下落高度。

图 E.1 标准击锤

E.3 扩底锚栓安装工艺敏感性试验

E.3.1 试验条件见表 E.4。

E.3.2 扭矩控制安装的扩底锚栓,应按 E.2.1.2 进行。

E.3.3 位移控制安装的扩底锚栓,应按 E.2.2.2 或 E.2.2.3 进行。

表 E.4 扩底锚栓安装工艺敏感性试验条件

锚栓类别	混凝土试件强度/ MPa	钻头直径	裂缝宽度/ mm	最少样品数量
N	30	d_{max}^a	0	5
C、S	30	d_{max}^a	0.3	5

^a 如果钻孔钻头与扩孔钻头是不同钻头,两种钻头均选用 d_{max} 钻头。

E.4 安装工艺敏感性要求

安装工艺敏感性拉伸试验结果应满足表 E.5 要求。

表 E.5 安装工艺敏感性要求

破坏形式	锚栓类别	
	N	C、S
钢材破坏	$N_{R_{u,s}} \geq A_s R_{m,min}$ $\nu_N \leq 0.05$ $\gamma_{min} \geq 0.80$	
其他破坏形式	$N_{R_{u,m}} \geq 10.5 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $N_{R_k} \geq 8.1 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $\nu_N \leq 0.20$ $\nu_\beta \leq 0.40$ $\gamma_{min} \geq 0.80$	$N_{R_{u,m}} \geq 7.3 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $N_{R_k} \geq 5.7 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}$ $\nu_N \leq 0.20$ $\nu_\beta \leq 0.40$ $\gamma_{min} \geq 0.70$

附录 F
(资料性附录)
自攻锚栓专项试验及要求

F.1 自攻锚栓要求

F.1.1 自攻锚栓锚固性能应满足表 2 各项要求, 安装工艺敏感性试验, 反复荷载试验, 氢脆试验参见本附录。

F.1.2 自攻锚栓有效锚固深度按式(F.1)计算, 各符号含义参见图 A.6。

$$h_{ef} = \min[0.85(h_{nom} - 0.5h_t - h_s), 8d_0] \dots\dots\dots(F.1)$$

F.2 安装工艺敏感性试验

F.2.1 使用扭矩扳手安装的自攻锚栓试验方法及要求

F.2.1.1 分别在强度 30 MPa 和 60 MPa 非开裂混凝土试件上各进行一组试验, 每个强度试件上试验样品数不少于 10 只, 强度 30 MPa 混凝土试件用直径 d_{max} 钻头钻孔, 强度 60 MPa 混凝土试件用直径 d_{min} 钻头钻孔。

F.2.1.2 试验分二步进行:

- a) 用扭矩扳手将锚栓安装至产品说明书规定的深度;
- b) 继续增大扭矩直至锚栓钢材或混凝土试件破坏。

F.2.1.3 两组试验结果均应满足表 F.1 要求。

表 F.1 使用扭矩扳手安装的自攻锚栓性能要求

试验步骤	破坏形式	扭 矩	
步骤 a)	—	$\leq T_{inst}^a$	
步骤 b)	锚栓钢材破坏	$T_k^b \geq 1.5T_{inst}$ $\nu_T^c \leq 0.15$	
	混凝土试件破坏	当: $\nu_T \leq 0.15$ 应满足: $T_k \geq 2.1T_{inst}$	当: $0.15 < \nu_T \leq 0.30$ 应满足: $T_k \geq 3.0T_{inst}$
<p>^a 若无法取得 T_{inst}, 可用混凝土试件强度 60 MPa 时步骤 a) 的扭矩最大值代替。</p> <p>^b T_k —— 极限扭矩标准值, 单位为牛米(N·m)。</p> <p>^c ν_T —— 极限扭矩变异系数。</p>			

F.2.2 使用电动工具安装的自攻锚栓试验方法及要求

F.2.2.1 试验在强度 30 MPa 非开裂混凝土试件上进行, 用 d_{max} 钻头钻孔, 试验样品数不少于 15 只。

F.2.2.2 试验分二步进行:

- a) 按产品说明书规定, 选用合适的电动安装工具或产品说明书指定的专用安装工具, 设定好电动工具的扭矩值安装锚栓直至电动工具停转, 停转时间不超过 5 s。

b) 以该工具最大输出扭矩继续旋紧锚栓,旋紧过程持续 5 s。

F.2.2.3 步骤 a)完成后锚栓应能安装到产品说明书规定的深度;步骤 b)完成后不应出现锚栓钢材或混凝土试件破坏。

F.3 反复荷载试验

F.3.1 试验在强度 30 MPa 非开裂混凝土试件上进行,用 d_m 钻头钻孔,试验样品数不少于 5 只。

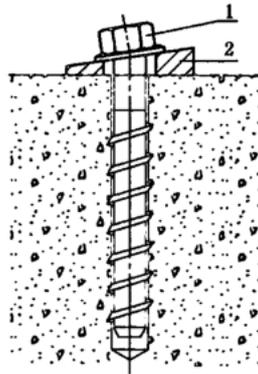
F.3.2 锚栓用 T_{inst} 扭矩安装在斜角为 4° 的垫铁上,如图 F.1。对锚栓施加正弦脉动拉伸荷载,频率 5 Hz~6 Hz,循环次数 10 万次,上限荷载 N_u 和下限荷载 N_l 按式(F.2)、式(F.3)计算。记录锚栓位移变化。

$$N_u = \min(6.0 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}, 0.8 A_s R_{eL}) \dots\dots\dots (F.2)$$

$$N_l = \max[2.5 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}, N_u - (120 \text{ MPa} \times A_s)] \dots\dots\dots (F.3)$$

式中:

R_{eL} ——自攻锚栓金属材料下屈服强度,单位为兆帕(MPa)。



说明:

- 1——锚栓;
- 2——斜角为 4° 的垫铁。

图 F.1 自攻锚栓安装示意图

F.3.3 脉动拉伸过程完成后,按 7.1.3.1 进行拉伸试验,按式(F.4)计算应满足:

$$N_{Ru,m,R} / N_{Ru,m} \geq 1.0 \dots\dots\dots (F.4)$$

式中:

$N_{Ru,m,R}$ ——脉动拉伸过程完成后抗拉承载力平均值,单位为牛(N);

$N_{Ru,m}$ ——同强度非开裂混凝土上基准拉伸性能试验测得的抗拉承载力平均值,单位为牛(N)。

F.4 氢脆试验

F.4.1 试验目的及适用范围

评定碳素钢、合金钢或由两种及以上金属材料制造的自攻锚栓的抗氢脆破坏能力。当锚栓整体或局部的材料抗拉强度不小于 1 000 MPa 或材料硬度不小于 36 HRC 时应进行氢脆试验。

F.4.2 试验条件

F.4.2.1 环境温度:20 $^\circ\text{C}$ ~25 $^\circ\text{C}$ 。

F.4.2.2 混凝土试件抗压强度:60 MPa。

F.4.2.3 混凝土试件最小尺寸: $(2h_{nom} + 200) \times (2h_{nom} + 200) \times 1.5 h_{nom}$ 。

F.4.2.4 钻头直径: d_m 。

F.4.2.5 溶液:饱和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液,用氢氧化钙粉末与蒸馏水或去离子水勾兑,25 ℃时 pH 值应为 12.6 ± 0.1 。

F.4.3 试验仪器

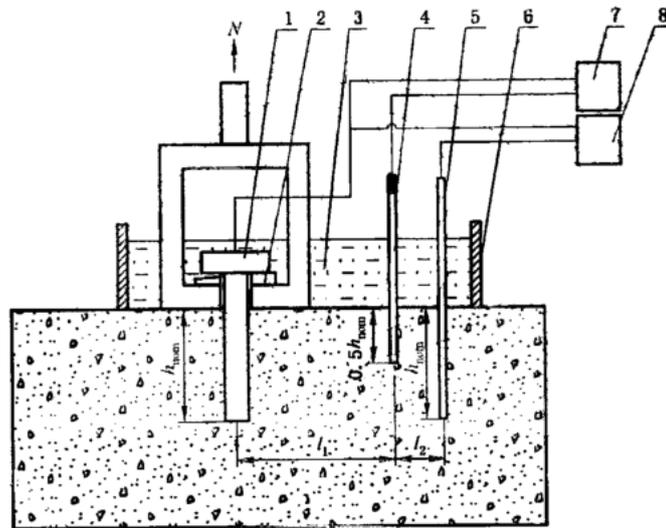
F.4.3.1 恒电位仪:输出电流范围 $0 \mu\text{A} \sim 2\,000 \mu\text{A}$ 。

F.4.3.2 电位差测量仪:测量范围 $0 \text{V} \sim 5 \text{V}$,分辨率 0.1mV 。

F.4.4 试验方法

F.4.4.1 试验样品数不少于 5 只。当同直径有多个公称埋深时,应对最大和最小两种埋深的锚栓进行试验。有防腐涂层或镀层的锚栓,应在锚栓非锚固部位局部去除防腐层,确保锚栓主体金属与溶液接触,去除防腐层过程不应应对锚栓的力学性能造成影响。

F.4.4.2 按图 F.2 安装试验组件。溶液高度应保证在整个氢脆过程中锚栓整体完全浸没。



说明:

- 1 —— 锚栓(阳极);
- 2 —— 斜角为 4° 的垫铁;
- 3 —— 溶液;
- 4 —— 参比电极;
- 5 —— 不锈钢材质对电极(阴极);
- 6 —— 无底容器;
- 7 —— 电位差测量仪;
- 8 —— 恒电位仪;
- l_1 —— 参比电极与样品距离,不大于 150 mm;
- l_2 —— 参比电极与对电极距离,不大于 50 mm。

图 F.2 自攻锚栓氢脆试验示意图

F.4.4.3 对锚栓施加式(F.5)计算出的恒定拉力 N ,偏差 $\pm 5\%$ 。

$$N = \min(9.2 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5}, 0.5 A_s R_m) \dots\dots\dots (F.5)$$

式中：

R_m ——锚栓材料抗拉强度，单位为兆帕(MPa)。

F.4.4.4 溶液电位差应为 $-955 \text{ mV} \pm 10 \text{ mV}$ ，使用不同参比电极时的电位差按表 F.2 调整。

表 F.2 参比电极及对应电位差测量仪示值

参比电极	电位差测量仪示值 mV
甘汞电极	-1 200
氯化银电极	-1 175

F.4.4.5 保持拉力和电位稳定 100 h，完成氢脆过程。

F.4.4.6 若氢脆过程中出现混凝土锥体破坏，应更换锚栓和混凝土试件重新进行试验。

F.4.5 结果判定

F.4.5.1 氢脆过程完成前任一锚栓发生金属断裂，锚栓氢脆性能不合格。

F.4.5.2 氢脆过程完成后锚栓未发生金属断裂，按 7.1.3.1 进行拉伸试验，按式(F.6)计算每根锚栓均应满足：

$$N_{Ru,H} \geq 0.9N_{Ru,m} \dots\dots\dots(F.6)$$

式中：

$N_{Ru,H}$ ——氢脆过程完成后单根锚栓抗拉承载力，单位为牛(N)；

$N_{Ru,m}$ ——同强度非开裂混凝土上基准拉伸性能试验测得的抗拉承载力平均值，单位为牛(N)。

附 录 G
(规范性附录)
混凝土试件

G.1 混凝土用原材料

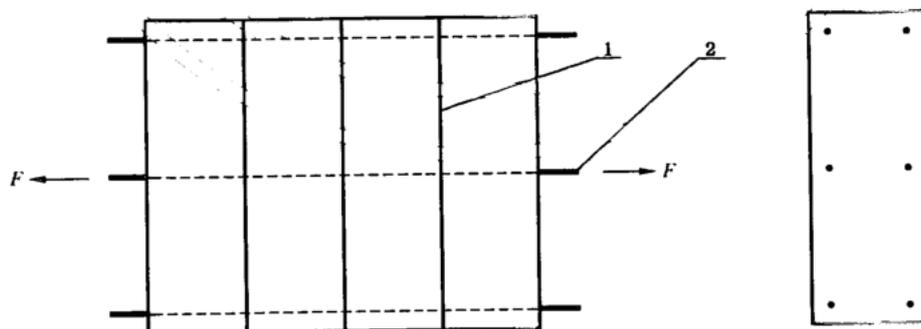
- G.1.1 砂石骨料应符合 GB/T 14684 和 GB/T 14685 的规定,粗骨料粒径不大于 20 mm。
G.1.2 采用符合 GB 175 规定的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥,不应添加其他胶凝材料 and 外加剂。

G.2 试件混凝土强度

- G.2.1 使用两种强度的混凝土试件:低强度混凝土抗压强度为 $30 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$;高强度混凝土抗压强度为 $60 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$ 。
G.2.2 试件混凝土抗压强度依据同条件养护的混凝土立方体试块确定,在锚栓试验的同时试压试块强度,如果锚栓试验持续时间较长,应在试验的开始、过程中和结束时分别试压试块强度。当连续两次试压试块强度值差不超过 5 MPa,可取强度的平均值作为试件混凝土抗压强度。

G.3 混凝土试件

- G.3.1 试件分为无裂缝的非开裂混凝土试件和人为产生试验用裂缝的开裂混凝土试件两种。
G.3.2 试件厚度不小于 $2h_d$,尺寸不宜过小,应保证锚栓边距及加载设备支撑点不影响试验结果。
G.3.3 试件一般应水平浇筑,如果垂直浇筑,浇筑高度不大于 1.5 m,且应均匀致密。
G.3.4 非开裂混凝土试件宜为素混凝土,可适当配置构造钢筋,但在锚栓周边 $2h_d$ 范围内不应有钢筋。
G.3.5 开裂混凝土试件中的裂缝应在混凝土试件成型后产生,裂缝间距应根据锚栓的类型、尺寸和破坏形式确定,不应影响试验结果。
G.3.6 开裂混凝土试件中可配置受拉钢筋如图 G.1,两侧施加拉力 F 可控制裂缝宽度,但在锚栓周边 $2h_d$ 范围内不应有钢筋。



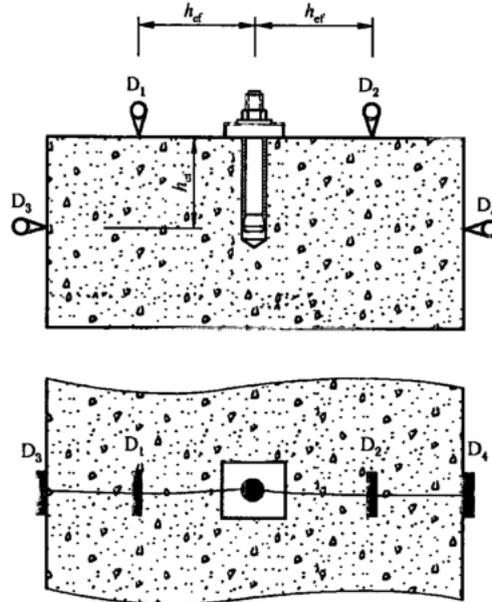
- 说明:
1 —— 试验用裂缝;
2 —— 受拉钢筋;
 F —— 钢筋受拉力。

图 G.1 开裂混凝土试件示意图

G.4 裂缝宽度测量

G.4.1 测量裂缝宽度仪表布置见图 G.2。仪表 D_1 、 D_2 测点平均值为试件表面裂缝宽度，仪表 D_3 、 D_4 测点平均值为有效锚固深度位置的裂缝宽度。

G.4.2 裂缝测量误差应不大于 ± 0.02 mm。



说明：

D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 ——裂缝宽度测量仪表；

h_{ef} ——有效锚固深度。

图 G.2 裂缝宽度测量示意图

G.5 裂缝宽度控制

G.5.1 试件上表面裂缝宽度和有效锚固深度位置的裂缝宽度应基本相等，有效锚固深度位置的裂缝宽度不应小于规定的裂缝宽度。

G.5.2 试验过程中裂缝宽度应符合要求，单个测点处裂缝宽度允许偏差：

- a) 当裂缝宽度小于 0.3 mm 时，允许偏差不应大于规定裂缝宽度的 $\pm 20\%$ ；
- b) 当裂缝宽度不小于 0.3 mm 时，允许偏差不应大于规定裂缝宽度的 $\pm 10\%$ 和 ± 0.04 mm 的较小值。

G.5.3 钻孔和安装锚栓前，可在裂缝两侧对试件施加适当的压力，使安装锚栓后裂缝仍近似闭合，以此作为初始裂缝宽度，试验过程中的裂缝宽度 Δw 是以此初始裂缝宽度为 0 的相对裂缝宽度。

附录 H
(规范性附录)
试验用仪器设备

H.1 拉伸试验设备

H.1.1 试验设备见图 H.1,应能连续平稳地加载,加载速度可控。

H.1.2 锚栓与加载设备支撑点净距不小于 $2h_{ef}$ 。

H.1.3 位移测量参考点与锚栓净距不小于 $1.5h_{ef}$ 。

H.1.4 荷载应通过铰接传递给锚栓。

H.2 剪切试验设备

H.2.1 试验设备见图 H.2,应能连续平稳地加载,加载速度可控。

H.2.2 设备两支撑点净距不应小于荷载方向锚栓边距的 4 倍,往复剪切试验时两支撑点净距可适当减小。

H.2.3 位移测点沿荷载轴线布置。

H.2.4 荷载应通过铰接传递给剪切板。

H.2.5 剪切板厚度不小于锚栓公称直径,剪切孔边缘应倒半径 0.4 mm 圆角,剪切孔内径与锚栓受剪部位外径配合应符合表 H.1 要求。

H.2.6 剪切试验过程应确保剪切板不翘起,不应有过大的摩擦阻力。

表 H.1 剪切孔内径

单位为毫米

锚栓受剪部位外径	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
剪切孔内径	7	9	12	14	16	18	20	22	24	26	30	33

H.3 动载试验设备

疲劳性能试验可采用自动调控力、幅度的机械或液压加载设备,裂缝往复开合拉伸性能试验、抗震性能专项试验等宜采用电液伺服加载设备。

H.4 力值测量设备

力值测量设备的系统误差不大于 $\pm 1.0\%F.S.$,分辨率 0.1 kN。

H.5 位移测量设备

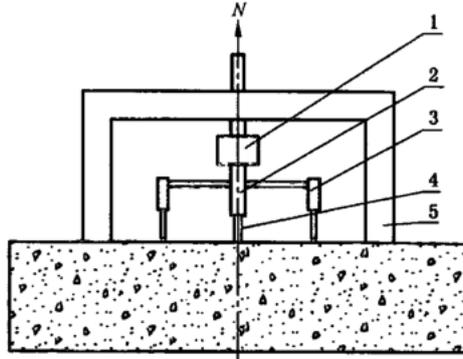
位移测量设备的系统误差不大于 $\pm 0.5\%F.S.$,分辨率 0.02 mm。

H.6 扭矩扳手

扭矩扳手准确度优于 $\pm 5\%F.S.$ 。

H.7 轴力测量仪

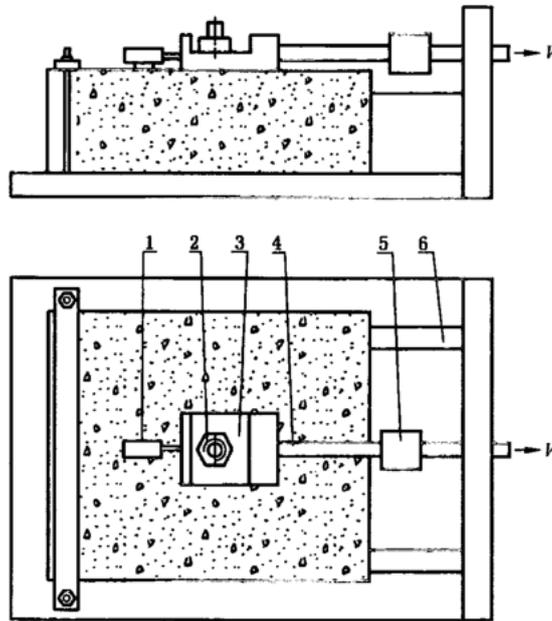
轴力测量仪准确度优于±1.0%F.S.



说明：

- 1 —— 球铰；
- 2 —— 拉杆；
- 3 —— 位移计；
- 4 —— 锚栓样品；
- 5 —— 反力架支撑脚；
- N —— 拉力。

图 H.1 拉伸设备试验示意图



说明：

- 1 —— 位移计；
- 2 —— 锚栓样品；
- 3 —— 剪切板；
- 4 —— 拉杆；
- 5 —— 球铰；
- 6 —— 反力架支撑脚；
- V —— 剪力。

图 H.2 剪切设备试验示意图

附录 I
(规范性附录)
抗震性能专项试验

I.1 变幅脉动拉伸荷载性能试验方法

I.1.1 用 d_m 钻头钻孔安装锚栓,扩展试件裂缝宽度并保持在 Δw 等于 0.5 mm。对锚栓施如图 I.1 所示正弦变幅脉动拉伸荷载,频率不大于 0.5 Hz,脉动拉伸荷载上限、循环次数应符合表 I.1 规定,下限不大于 $0.02N_{max}$,且不大于 200 N。

I.1.2 $0.5N_{max}$ 荷载循环(即第 50 次循环)完成后,扩展试件裂缝宽度并保持在 $\Delta w = 0.8$ mm 直至循环结束。

I.1.3 循环过程连续记录荷载、锚栓位移和裂缝宽度变化情况,记录 $0.5N_{max}$ 荷载最后一次循环(即第 50 次循环)上限时锚栓位移 δ_m 。

I.1.4 循环加载完成后锚栓卸载,保持裂缝宽度 Δw 等于 0.8 mm,按 7.1.3.1 进行拉伸试验,剩余承载力应满足表 2 要求。

I.1.5 表 3 中试验项目 8 为锚栓钢材破坏时,上限荷载按式(I.1)计算;试验项目 8 为其他破坏形式时,上限荷载按式(I.2)计算:

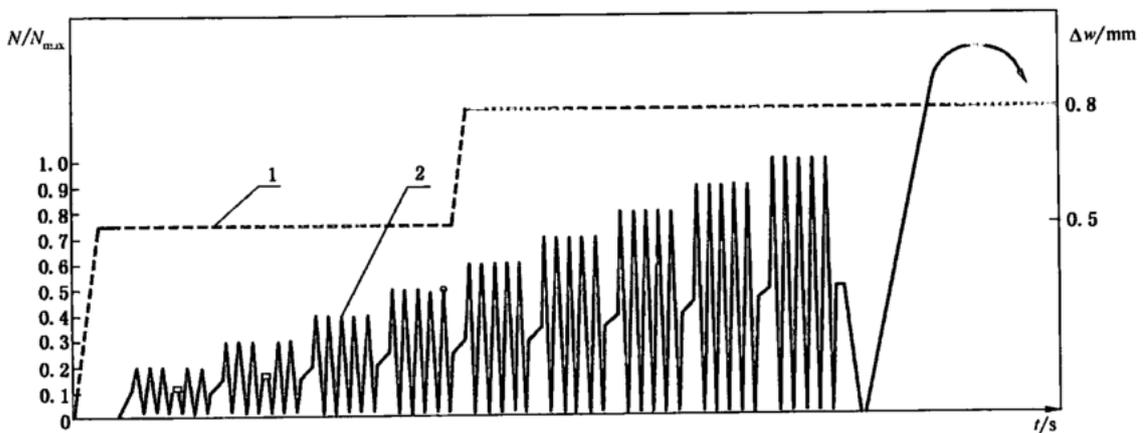
$$N_{max} = 0.75 A_s R_{m,min} \dots\dots\dots (I.1)$$

$$N_{max} = c_1 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5} \dots\dots\dots (I.2)$$

式中:

N_{max} —— 上限荷载,单位为牛(N);

c_1 —— 系数, I 级锚栓, $c_1 = 4.4$; II 级锚栓, $c_1 = 3.5$ 。



说明:
1——裂缝宽度曲线;
2——荷载曲线。

图 I.1 荷载及裂缝宽度示意图

表 I.1 荷载、循环次数及裂缝宽度

脉动拉伸荷载上限	循环次数	裂缝宽度 Δw /mm
$0.2N_{max}$	25	0.5
$0.3N_{max}$	15	0.5
$0.4N_{max}$	5	0.5
$0.5N_{max}$	5	0.5
$0.6N_{max}$	5	0.8
$0.7N_{max}$	5	0.8
$0.8N_{max}$	5	0.8
$0.9N_{max}$	5	0.8
$1.0N_{max}$	5	0.8
总计	75	—

I.2 变幅往复剪切荷载性能试验方法

I.2.1 用 d_m 钻头钻孔安装锚栓, 扩展试件裂缝宽度并保持在 Δw 等于 0.8 mm 直至循环过程结束。沿裂缝走向对锚栓施加图 I.2 所示正弦往复变幅复剪切荷载, 频率不大于 0.5 Hz。往复剪切荷载上限、循环次数应符合表 I.2 规定。

I.2.2 循环过程连续记录荷载、锚栓位移和裂缝宽度变化情况。记录 $0.5V_{max}$ 荷载最后一次循环(即第 50 次循环)荷载正负上限时锚栓位移并取其中较大值为 δ_m 。

I.2.3 往复加载过程完成后锚栓卸载, 保持裂缝宽度 Δw 等于 0.8 mm, 按 7.1.3.2 进行剪切试验, 剩余承载力应满足表 2 要求。

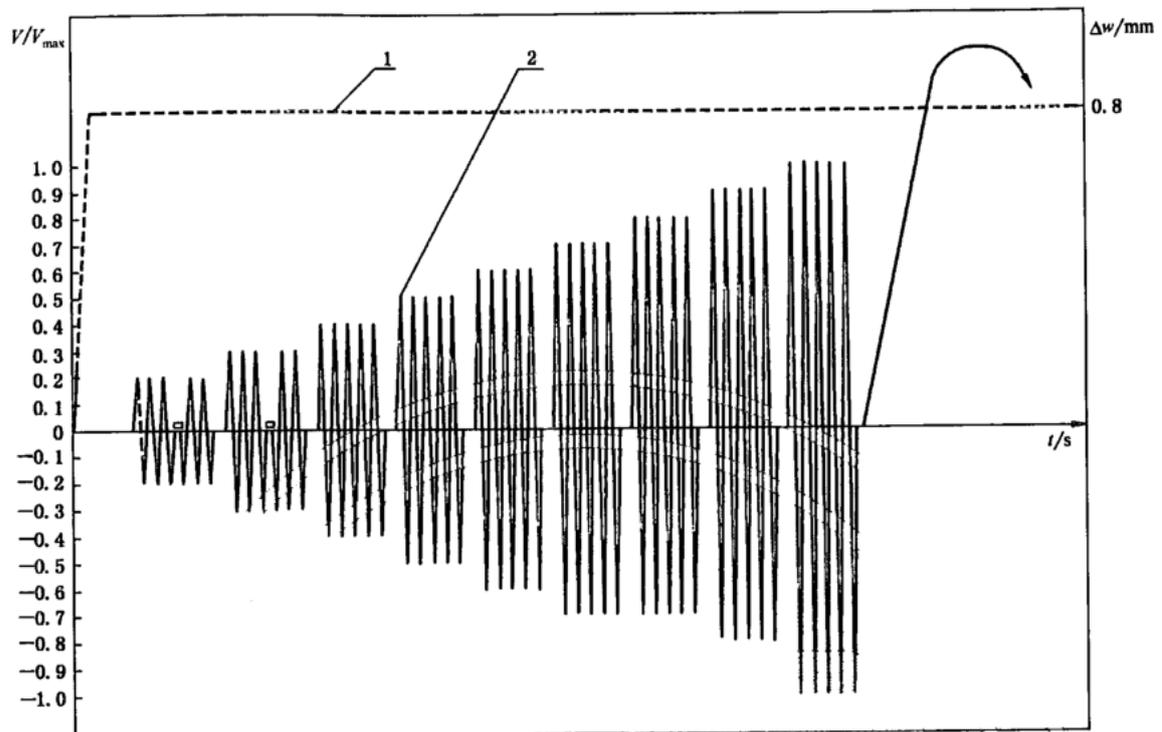
I.2.4 上限荷载按式(I.3)计算:

$$V_{max} = c_2 A_{sv} R_{m, min} \dots\dots\dots (I.3)$$

式中:

V_{max} ——上限荷载, 单位为牛(N);

c_2 ——系数, I 级锚栓, $c_2 = 0.41$; II 级锚栓, $c_2 = 0.33$ 。



说明:

1——裂缝宽度曲线;

2——荷载曲线。

图 I.2 荷载及裂缝宽度示意图

表 I.2 荷载、循环次数及裂缝宽度

往复剪切荷载上限	循环次数	裂缝宽度 $\Delta w/\text{mm}$
$\pm 0.2V_{\text{max}}$	25	0.8
$\pm 0.3V_{\text{max}}$	15	0.8
$\pm 0.4V_{\text{max}}$	5	0.8
$\pm 0.5V_{\text{max}}$	5	0.8
$\pm 0.6V_{\text{max}}$	5	0.8
$\pm 0.7V_{\text{max}}$	5	0.8
$\pm 0.8V_{\text{max}}$	5	0.8
$\pm 0.9V_{\text{max}}$	5	0.8
$\pm 1.0V_{\text{max}}$	5	0.8
总计	75	—

I.3 裂缝变幅往复开合拉伸性能试验方法

I.3.1 用 d_m 钻头钻孔安装锚栓,对锚栓施加恒定拉伸荷载 N_{w1} ,表 3 中试验项目 8 为锚栓钢材破坏时

N_{w1} 按式(I.4)计算;试验项目 8 为其他破坏形式时 N_{w1} 按式(I.5)计算:

$$N_{w1} = 0.4A_s R_{m,\min} \dots\dots\dots (I.4)$$

$$N_{w1} = c_3 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5} \dots\dots\dots (I.5)$$

式中:

N_{w1} ——第 1 阶段拉伸荷载,单位为牛(N);

c_3 ——系数, I 级锚栓, $c_3 = 2.3$; II 级锚栓, $c_3 = 1.9$ 。

I.3.2 对裂缝两侧混凝土施加不超过截面抗压强度 15% 的压力,使裂缝闭合后初始宽度不大于 0.05 mm,控制裂缝如图 I.3 变幅往复开合,频率不大于 0.5 Hz,裂缝宽度、循环次数及拉伸荷载应符合表 I.3 的规定。

I.3.3 裂缝宽度 Δw 等于 0.5 mm 的循环过程(即第 45 次循环)完成后,增加恒定拉伸荷载至 N_{w2} 直至循环过程结束。

I.3.4 表 3 中试验项目 8 为锚栓钢材破坏时 N_{w2} 按式(I.6)计算;试验项目 8 为其他破坏形式时 N_{w2} 按式(I.7)计算:

$$N_{w2} = 0.5A_s R_{m,\min} \dots\dots\dots (I.6)$$

$$N_{w2} = c_4 f_{cu}^{0.5} h_{ef}^{1.5} \dots\dots\dots (I.7)$$

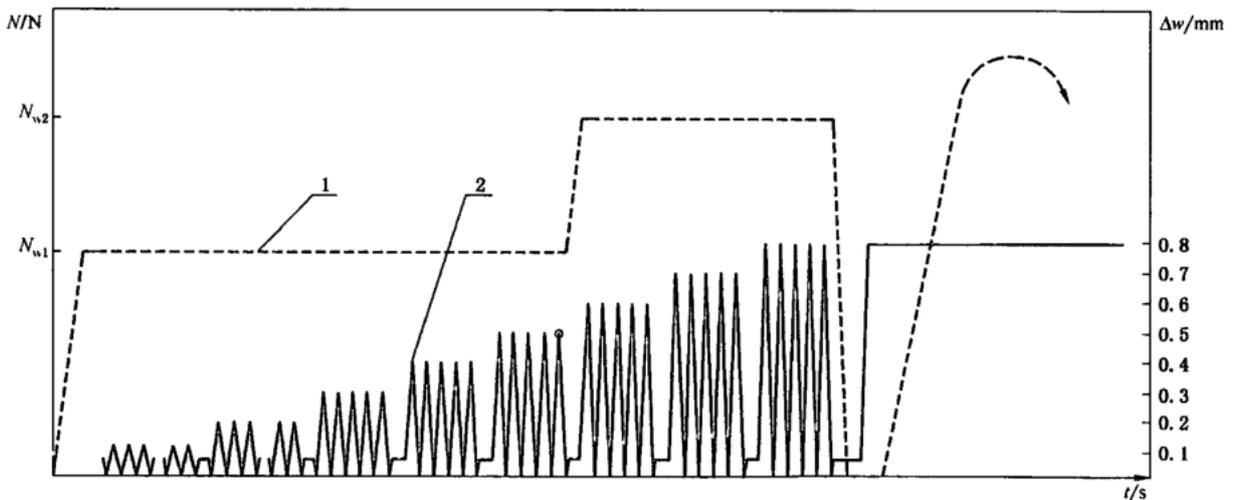
式中:

N_{w2} ——第 2 阶段拉伸荷载,单位为牛(N);

c_4 ——系数, I 级锚栓, $c_4 = 2.9$; II 级锚栓, $c_4 = 2.4$ 。

I.3.5 循环过程连续记录裂缝宽度、锚栓位移和拉伸荷载变化情况。记录裂缝宽度上限为 0.5 mm 循环的最后一次循环(即第 45 次循环),当 Δw 等于 0.5 mm 时锚栓的位移 δ_m 。

I.3.6 裂缝循环完成后闭合裂缝锚栓卸载,扩展裂缝宽度并保持 Δw 等于 0.8 mm,按 7.1.3.1 进行拉伸试验,剩余承载力应满足表 2 要求。



说明:

1——荷载曲线;

2——裂缝宽度曲线。

图 I.3 裂缝宽度及荷载示意图

表 I.3 裂缝宽度、循环次数及荷载

裂缝宽度 Δ_w /mm	循环次数	拉伸荷载
0.1	20	N_{w1}
0.2	10	N_{w1}
0.3	5	N_{w1}
0.4	5	N_{w1}
0.5	5	N_{w1}
0.6	5	N_{w2}
0.7	5	N_{w2}
0.8	5	N_{w2}
总计	60	—

附录 J
(规范性附录)
径向力系数试验

J.1 试验目的

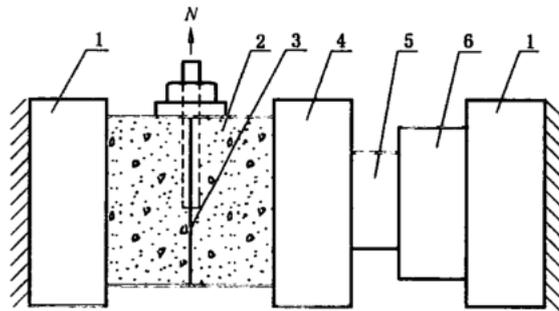
确定锚栓轴向拉力与径向力之间的关系,为锚栓在小体积混凝土构件上的设计应用提供参考。

J.2 试验条件

混凝土试件由两块强度 60 MPa 的端面平整能很好贴合的混凝土块拼合成,拼合后试件边长不小于 $4h_{ef}$,厚度不小于 $2h_{ef}$,锚栓试验样品不少于 10 只。

J.3 试验设备

测量径向力系数试验如图 J.1 所示。加载装置可对混凝土贴合面施加预压力,试验装置框架刚度应能保证在整个试验过程中贴合面缝隙宽度不变。



说明:

- 1 —— 固定端板;
- 2 —— 拼合起来的两块混凝土块;
- 3 —— 混凝土贴合面;
- 4 —— 活动端板;
- 5 —— 测力传感器;
- 6 —— 加载装置;
- N —— 锚栓所受拉力。

图 J.1 测量径向力系数试验示意图

J.4 试验方法

J.4.1 将两块端面平整的混凝土块装入试验框架内,施加足够的预压力保证安装锚栓过程中贴合面缝隙宽度不变。

J.4.2 在贴合面平面内钻孔,钻孔轴线位于测力传感器轴线延长线上。安装锚栓时应保证至少一个扩

张件胀开方向与贴合面垂直。扭矩控制锚栓安装完成后松开螺母。

J.4.3 调整预压力至不大于 $0.1N_{R_u,m}$ 且不大于 20 kN。

J.4.4 连续平稳地对锚栓施加轴向拉力,测量记录拉力与径向力关系曲线。

J.5 数据处理

J.5.1 单只试验样品的径向力系数 η_i 按式(J.1)计算,

$$\eta_i = (R_{30,i} - R_{10,i}) / (N_{30,i} - N_{10,i}) \quad \dots\dots\dots (J.1)$$

式中:

$R_{10,i}$ ——径向力增量为预压力 10% 时的径向力,单位为牛(N);

$R_{30,i}$ ——径向力增量为预压力 30% 时的径向力,单位为牛(N);

$N_{10,i}$ —— $R_{10,i}$ 对应的轴向拉力,单位为牛(N);

$N_{30,i}$ —— $R_{30,i}$ 对应的轴向拉力,单位为牛(N)。

J.5.2 被测样品组的径向力系数 η 为从所有测试数据 η_i 中剔除 2 个最大值和 2 个最小值后其余测试数据的平均值。

附 录 K
(规范性附录)
试验数据处理

K.1 混凝土抗压强度为 20 MPa~70 MPa 时,混凝土锥体破坏的承载力值按式(K.1)进行归一化,将混凝土抗压强度为 $f_{cu,1}$ 的锚栓承载力实测值,换算为混凝土抗压强度为 $f_{cu,2}$ 的锚栓承载力。当锚栓拔出破坏时,式(K.1)可作为近似换算公式:

$$F_{u,2} = F_{u,1} (f_{cu,2} / f_{cu,1})^{0.5} \dots\dots\dots (K.1)$$

式中:

- $F_{u,1}$ ——混凝土抗压强度为 $f_{cu,1}$ 的锚栓承载力实测值,单位为牛(N);
- $F_{u,2}$ ——混凝土抗压强度为 $f_{cu,2}$ 的锚栓承载力换算值,单位为牛(N)。

K.2 锚栓钢材拉伸或剪切破坏时按式(K.2)进行归一化,将抗拉强度为 $R_{m,1}$ 的锚栓承载力实测值换算为抗拉强度为 $R_{m,2}$ 的锚栓承载力。当锚栓剪切部位包含锚栓外套管时,则按式(K.3)换算。

$$F_{u,2} = F_{u,1} (R_{m,2} / R_{m,1}) \dots\dots\dots (K.2)$$

$$F_{u,2} = F_{u,1} [(R_{m,b2} / R_{m,b1}) (A_{sv,b} / A_{sv,s}) + (R_{m,s2} / R_{m,s1}) (A_{sv,s} / A_{sv,s})] \dots\dots\dots (K.3)$$

式中:

- $F_{u,1}$ ——抗拉强度为 $R_{m,1}$ 的锚栓承载力实测值,单位为牛(N);
- $F_{u,2}$ ——抗拉强度为 $R_{m,2}$ 的锚栓承载力换算值,单位为牛(N);
- $A_{sv,b}$ ——剪切部位螺杆公称截面积,单位为平方毫米(mm^2);
- $A_{sv,s}$ ——剪切部位套管公称截面积,单位为平方毫米(mm^2);
- $A_{sv,a}$ ——剪切部位总截面积,等于 $A_{sv,b} + A_{sv,s}$,单位为平方毫米(mm^2);
- $R_{m,b1}$ ——当前螺杆钢材抗拉强度,单位为兆帕(MPa);
- $R_{m,b2}$ ——待转换螺杆钢材抗拉强度,单位为兆帕(MPa);
- $R_{m,s1}$ ——当前套管钢材抗拉强度,单位为兆帕(MPa);
- $R_{m,s2}$ ——待转换套管钢材抗拉强度,单位为兆帕(MPa)。

K.3 各项试验的承载力数据在进行计算或比较时,当为混凝土锥体破坏时,应按式(K.1)转换为混凝土强度为 30 MPa 或 60 MPa 对应的值;当为钢材破坏时,应按式(K.2)或式(K.3)转换为同性能等级的紧固件最小抗拉强度对应的值。

K.4 测量值的平均值 M 按式(K.4)计算:

$$M = \sum M_i / n \dots\dots\dots (K.4)$$

式中:

- M_i ——第 i 个试验样品的测量值;
- n ——试验样品数;
- i ——第 i 个试验样品, $i=1 \sim n$ 。

K.5 测量值变异系数 ν 按式(K.5)计算:

$$\nu = \sqrt{\sum (M_i - M)^2 / (n - 1) / M} \dots\dots\dots (K.5)$$

K.6 测量值的标准值 M_k 按式(K.6)计算:

$$M_k = M(1 - k\nu) \dots\dots\dots (K.6)$$

式中:

k ——系数,当 $n=5$ 时, $k=3.40$;当 $n=10$ 时, $k=2.57$,当 $n=15$ 时, $k=2.33$ 。

K.7 第 i 个试验样品滑移系数 γ_i 按式(K.7)计算:

$$\gamma_i = N_{l,i} / F_{Ru,i} \dots\dots\dots (K.7)$$

式中:

$F_{R_{0,i}}$ ——第 i 个试验样品的最大荷载,单位为牛(N);

$N_{1,i}$ ——第 i 个试验样品的滑移荷载,单位为牛(N)。

K.8 第 i 个试验样品抗拉刚度按式(K.8)计算,分别计算出各试验样品的 β_i 值,按式(K.5)计算抗拉刚度变异系数 ν_β 。当所有样品 $\Delta_{30,i}$ 值均不大于 0.4 mm 时,可直接判定 ν_β 满足要求。

$$\beta_i = (N_{30,i} - N_{10,i}) / (\Delta_{30,i} - \Delta_{10,i}) \quad \dots\dots\dots (K.8)$$

式中:

β_i ——第 i 个试验样品的抗拉刚度,单位为牛每毫米(N/mm);

$N_{30,i}$ ——第 i 个试验样品的荷载-位移曲线上最大荷载 30% 处的荷载值,单位为牛(N);

$N_{10,i}$ ——第 i 个试验样品的荷载-位移曲线上最大荷载 10% 处的荷载值,单位为牛(N);

$\Delta_{30,i}$ —— $N_{30,i}$ 对应的位移值,单位为毫米(mm);

$\Delta_{10,i}$ —— $N_{10,i}$ 对应的位移值,单位为毫米(mm)。

K.9 检验报告给出的承载力值单位用千牛(kN)表示,保留 1 位小数;位移单位用毫米(mm)表示,保留 1 位小数;扭矩单位用牛米(N·m)表示,保留 1 位小数,其他参数数值保留 2 位小数。

中华人民共和国建筑工业
行业 标 准
混凝土用机械锚栓
JG/T 160—2017

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238
读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 3 字数 86 千字
2017年9月第一版 2017年9月第一次印刷

*

书号: 155066·2-31976 定价 42.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



JG/T 160-2017