

中国工程建设协会标准

建筑非结构构件抗震锚固技术规程

Technical specification for seismic fastenings of non-structural components

征求意见稿

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2016年第二批工程建设协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2016]084号）的要求，制订本规程。

本规程的主要内容包括：总则、术语和符号、基本规定、地震作用和抗震验算、抗震构造措施、施工与验收。

本规程由中国工程建设标准化协会混凝土结构专业委员会归口管理，由建研科技股份有限公司负责具体内容的解释（地址：北京市北三环东路30号；邮政编码：100013）。在使用过程中如发现需要修改或补充之处，请将意见和资料径寄解释单位。

主编单位：

参编单位：

主要起草人员：

主要审查人员：

目 次

1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	3
3 基本规定	6
3.1 材料	6
3.2 一般规定	6
3.3 设计原则	8
4 地震作用和抗震验算	12
4.1 一般规定	12
4.2 地震作用计算	12
4.3 锚栓的抗震验算	19
4.4 槽式预埋组件的抗震验算	21
4.5 槽式预埋组件的承载力计算（一）	22
4.6 槽式预埋组件的承载力计算（二）	39
5 抗震构造措施	41
6 施工与验收	42
6.1 一般规定	42
6.2 槽式预埋组件	42
6.3 锚栓与植筋	44
附录 A 槽式预埋组件检验方法	47
附录 B 抗震性能专项试验	49
附录 C 数据处理	52
附录 D 静载试验	53
附录 E 槽式预埋组件破坏模式	60
本规程用词说明	64
引用标准名录	65
附：条文说明	66

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic Requirements	6
3.1	Material.....	6
3.2	General Requirements.....	6
3.3	Principles for Design.....	8
4	Earthquake Action and Seismic Checking.....	12
4.1	General Requirement.....	12
4.2	Earthquake Action calculation.....	12
4.3	Verification for Seismic Capacity of Anchors.....	19
4.4	Verification for Seismic Capacity of Cast-in Anchor channel Assemblies.....	21
4.5	Capacity Calculation for Anchor Channel Assemblies (I).....	22
4.6	Capacity calculation for Anchor Channel Assemblies(II)	39
5	Details for Seismic.....	41
6	Construction and Acceptance.....	42
6.1	General Requirements.....	42
6.2	Cast-in Anchor Channel Assemblies.....	42
6.3	Anchors and Post-instaled Rebars.....	44
Appendix A	Test Methods for Cast-in Anchor Channel Assemblies.....	47
Appendix B	Special Tests on Seismic performance.....	49
Appendix C	Data Processing.....	52
Appendix D	Tests for Static load.....	53
Appendix E	Failure modes of Cast-in anchor channel Assemblies.....	60
	Explanation of Wording in This Specification.....	64
	List of Quoted Standards	65
	Addition: Explanation of Provisions.....	66

1 总则

1.0.1 为使非结构构件的连接锚固经抗震设防后，减轻地震破坏，避免人员伤亡，减少经济损失，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于抗震设防烈度为6度、7度、8度区混凝土建筑工程中非结构构件连接锚固的抗震设计、施工及验收，锚固方式包括预埋锚固和后锚固。预埋件和槽式预埋组件可用于抗震设防烈度为9度的混凝土建筑工程中。

注：本规程“6度、7度、8度、9度”即“抗震设防烈度为6度、7度、8度、9度”的简称。

1.0.3 非结构构件连接锚固的抗震设计应达到以下抗震设防目标：

1 建筑非结构构件的连接锚固，当建筑遭受到低于本地区抗震设防烈度的多遇地震影响时，可能发生轻微损坏经一般性修理后可恢复正常使用；当建筑遭受到相当于本地区抗震设防烈度的地震影响时，可能发生不致造成人员伤亡和危及主体结构安全的严重损坏；当建筑遭受到高于本地区抗震设防烈度的罕遇地震影响时，不致倒塌伤人。

2 建筑附属设备与结构的连接锚固，当建筑遭受到低于本地区抗震设防烈度的多遇地震影响时，连接不受损坏，相连附属设备能正常运行；当建筑遭受到相当于本地区抗震设防烈度的地震影响时，连接可能损坏，相连附属设备经一般修理后仍可继续运行；当建筑遭受到高于本地区抗震设防烈度的罕遇地震影响时，不至于造成人员伤亡和危及主体结构的次生灾害。

1.0.4 非结构构件的连接锚固应根据所属建筑的抗震设防类别和非结构构件地震破坏的后果及其对整个建筑结构影响的范围，划分为下列功能级别：

1 一级，地震破坏后可能导致甲类建筑使用功能的丧失或危及乙类、丙类建筑中的人员生命安全；

2 二级，地震破坏后可能导致乙类、丙类建筑的使用功能丧失或危及丙类建筑中的人员安全；

3 三级，除一、二级及丁类建筑以外的非结构构件连接锚固。

注：本标准“甲类、乙类、丙类、丁类”即为现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223中的“特殊设防类、重点设防类、标准设防类、适度设防类”。

1.0.5 非结构构件连接锚固的抗震设计、施工与验收，除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 非结构构件 non-structural components

与结构相连的建筑构件、机电部件及其系统。

2.1.2 建筑非结构构件 architectural non-structural components

建筑中除承重骨架体系以外的固定构件和部件，主要包括非承重墙体、附着于楼屋面结构的构件、装饰构件和部件、固定于楼面的大型储物柜等。

2.1.3 建筑附属设备 attached equipment

建筑中为建筑使用功能服务的附属机械、电气构件、部件和系统，主要包括电梯、照明和应急电源、通信设备，管道系统、采暖和空气调节系统，烟火监测和消防系统，公用天线等。

2.1.4 楼面反应谱 response spectrum of floor

由结构中特定高程的楼面上的单质点对规定的地震地面运动的反应得到的反应谱。

2.1.5 后锚固 post-installed fastening

通过相关技术手段在已有混凝土结构上的锚固。

2.1.6 槽式预埋组件 Anchor channel assemblies

由槽式预埋件和 T 型螺栓副组成的锚固连接用组合构件。

2.1.7 槽式预埋件 Anchor channel

由槽道和锚腿组成的，在浇筑混凝土时预先埋设在混凝土中的锚固连接用构件。

2.1.8 槽道 Channel

由碳素结构钢、低合金结构钢和不锈钢制成的槽钢。

2.1.9 锚腿 Anchor

由碳素结构钢、低合金结构钢和不锈钢制成的与槽道背面连接并与混凝土基材形成锚固作用的配件。

2.1.10 T 型螺栓副 T-bolt

由 T 型螺栓、螺母、垫圈组成的一套组件。

2.2 符号

2.2.1 作用与抗力

- F — 沿最不利方向施加于非结构构件重心处的水平地震作用标准值 (N);
- G — 非结构构件的重力, 包括运行时有关人员、容器和管道中的介质及储物柜中物品的重力 (N);
- $N_{Ed,i}^a$ — 单根锚腿 i 受到的拉力 (N);
- $N_{Rd,a,i}^0$ — 单根附加钢筋的混凝土锚固破坏承载力设计值 (N);
- $N_{Rk,c}$ — 混凝土锥体破坏受拉承载力标准值 (N);
- $N_{Rk,c}^0$ — 预埋槽道单根锚腿受拉时理想混凝土锥体破坏承载力标准值 (N);
- $N_{Rk,cb}^0$ — 单根锚腿受拉时理想混凝土构件侧边剥落破坏承载力 (N);
- $N_{Rk,s}$ — 锚栓钢材破坏受拉承载力标准值 (N);
- $N_{Rk,sp}$ — 混凝土劈裂破坏受拉承载力标准值 (N)。
- N_{sd} — 单一锚栓拉力设计值 (N);
- N_{sd}^g — 群锚受拉区总拉力设计值 (N);
- N_{sd}^h — 群锚中拉力最大锚栓的拉力设计值 (N);
- R_d — 锚固承载力设计值;
- R_k — 锚固承载力标准值;
- S — 承载能力极限状态下, 锚固连接作用组合的效应设计值;
- V_{Ed} — 预埋槽道受剪设计值 (N);
- V_{Ed}^a — 预埋槽道受剪力最多的锚腿上的剪力设计值 (N);
- V_{Ed}^{cb} — 预埋槽道受剪力最多的 T 型螺栓上的剪力设计值 (N);
- $V_{Rk,c}$ — 混凝土边缘破坏受剪承载力标准值 (N);
- $V_{Rk,cp}$ — 混凝土剪撬破坏受剪承载力标准值 (N)。
- $V_{Rk,c,x}^0$ — 平行剪力作用下, 单根锚腿的理想混凝土边缘破坏承载力标准值 (N);
- $V_{Rk,c,y}^0$ — 垂直剪力作用下, 单根锚腿的理想混凝土边缘破坏承载力标准值 (N);
- $V_{Rk,s}$ — 锚栓钢材破坏受剪承载力标准值 (N);
- V_{sd} — 单一锚栓剪力设计值 (N);
- V_{sd}^g — 群锚总剪力设计值 (N);
- V_{sd}^h — 群锚中剪力最大锚栓的剪力设计值 (N)。

2.2.2 材料强度

- $f_{cu,k}$ — 混凝土立方体抗压强度标准值 (N/mm²);
 $f_{stk,a}$ — 锚腿的钢材极限抗拉强度标准值 (N/mm²);
 $f_{stk,b}$ — T 型螺栓的钢材极限抗拉强度标准值 (N/mm²);
 f_t — 混凝土轴心抗拉强度设计值 (N/mm²);
 $f_{yk,re}$ — 槽式预埋件附加钢筋的抗拉屈服强度标准值 (N/mm²)。

2.2.3 几何特征值

- $A_{c,V}$ — 单根锚腿的混凝土边缘破坏承载力的实际侧向投影面积 (mm²);
 $A_{c,V}^0$ — 单根锚腿的混凝土边缘破坏承载力的理想侧向投影面积 (mm²);
 $A_{sa,N}$ — 锚腿受拉有效应力截面面积 (mm²);
 b_h — 工字型锚腿在预埋槽道 x 轴方向的末端墩头宽度 (mm);
 c_1 — 混凝土边缘与预埋槽道轴心的距离 (mm);
 c_2 — 被计算锚腿轴心与垂直于预埋槽道轴向基材边缘的距离 (mm);
 $c_{cr,N}$ — 预埋槽道的基材临界边距 (mm);
 $c_{cr,sp}$ — 靠近基材边缘的受力锚腿的防劈裂破坏临界边距 (mm);
 d_a — 圆形锚腿直径 (mm);
 d_h — 锚腿末端墩头的直径 (mm);
 h_{ef} — 预埋槽道的有效锚固深度 (mm);
 h_{min} — 基材最小厚度 (mm);
 I_y — 预埋槽道 y 轴的截面惯性矩 (mm⁴);
 s — 锚腿的间距 (mm);
 s_{cbo} — T 型螺栓间距 (mm);
 $s_{cr,N}$ — 锚腿的临界间距 (mm);
 $s_{cr,Nb}$ — 混凝土构件侧边剥落破承载力相关的锚腿临界间距 (mm);
 $s_{cr,sp}$ — 混凝土劈裂破坏承载力相关的锚腿临界间距 (mm);
 t_h — 锚腿末端墩头厚度 (mm);
 t_w — 工字型锚腿在预埋槽道 x 轴方向的锚腿杆部的宽度 (mm);
 W_A — 工字型锚腿在预埋槽道 y 轴方向的锚腿宽度 (mm);
 Δ_u — 相邻楼层的相对水平位移。

2.2.4 分项系数及计算系数

- k — 地震作用下锚固承载力降低系数;
 α_{max} — 水平地震影响系数最大值;
 α_{vmax} — 竖向地震影响系数最大值;

- β_s — 非结构构件的楼面反应谱值；
- γ — 锚固承载力分项系数，对于锚栓为 γ_R ；对于槽式预埋组件为 γ_M ；
- γ_{RE} — 锚固承载力抗震调整系数；
- η — 非结构构件类别系数；
- ζ_1 — 非结构构件状态系数；
- ζ_2 — 非结构构件位置系数；
- Ω_0 — 地震作用效应增大系数；
- $\Psi_{ch,90^\circ,V,x}$ — 平行剪力作用下，剪力是否平行于混凝土边缘的系数；
- $\Psi_{ch,90^\circ,V,y}$ — 垂直剪力作用下，剪力是否平行于混凝土边缘的系数；
- $\Psi_{ch,c,N}$ — 混凝土锥体破坏，单个锚腿受拉时，基材边角部对锚腿承载力的影响系数；
- $\Psi_{ch,c,Nb}$ — 混凝土侧边剥落破坏，单个锚腿受拉时，基材边角部对单个锚腿承载力的影响系数；
- $\Psi_{ch,c,V,y}$ — 垂直剪力作用下，混凝土边角部对单个锚腿混凝土边缘破坏承载力的影响系数
- $\Psi_{ch,e,N}$ — 混凝土锥体破坏，单个锚腿受拉时，基材边距对锚腿承载力的影响系数；
- $\Psi_{ch,e,V,x}$ — 平行剪力作用下，基材边距对单个锚腿的混凝土边缘破坏承载力的影响系数；
- $\Psi_{ch,g,Nb}$ — 混凝土侧边剥落破坏，单个锚腿受拉时，相邻锚腿之间锚固受力范围重叠对单个锚腿承载力的影响系数；
- $\Psi_{ch,h,Nb}$ — 混凝土侧边剥落破坏，单个锚腿受拉时，混凝土厚度对单个锚腿承载力的影响系数；
- $\Psi_{ch,h,V,x}$ — 平行剪力作用下，基材厚度 h 对单个锚腿的混凝土边缘破坏承载力的影响系数；
- $\Psi_{ch,h,V,y}$ — 垂直剪力作用下，当预埋槽道预埋在混凝土厚度 h 小于 $h_{cr,v}$ 时，基材厚度 h 对单个锚腿混凝土边缘破坏承载力的影响系数；
- $\Psi_{ch,s,N}$ — 混凝土锥体破坏，单个锚腿受拉时，相邻锚腿间距对锚腿承载力的影响系数；
- $\Psi_{ch,s,Nb}$ — 混凝土侧边剥落破坏，相邻锚腿间距对锚腿承载力的影响系数；
- $\Psi_{ch,s,V,y}$ — 垂直剪力作用下，相邻锚腿间距对单个锚腿混凝土边缘破坏承载力的影响系数；
- $\Psi_{h,sp}$ — 混凝土劈裂破坏承载力相关的基材厚度影响参数；
- $\Psi_{re,N}$ — 混凝土锥体破坏，在预埋槽道锚固深度 h_{ef} 的范围内，因混凝土表层密集配筋的剥离作用对单个锚腿承载力的影响系数；
- $\Psi_{re,V}$ — 混凝土边缘设置槽式预埋件附加钢筋对单个锚腿混凝土边缘破坏承载力的影响系数。

3 基本规定

3.1 材料

3.1.1 锚固基材宜为钢筋混凝土或预应力混凝土，其纵向受力钢筋的配筋率不应低于现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中规定的最小配筋率。

3.1.2 冻融受损混凝土、腐蚀受损混凝土、严重裂损混凝土、不密实混凝土等，不应作为锚固基材。

3.1.3 基材混凝土强度等级不应低于 C20；后锚固连接不得高于 C60；功能级别为一级、二级的后锚固连接，其基材混凝土强度等级不宜低于 C25。

3.1.4 机械锚栓的性能应符合现行行业标准《混凝土用机械锚栓》JG/T 160 的有关规定。

3.1.5 化学锚栓的性能应符合现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 的有关规定。

3.1.6 槽式预埋组件所用钢材的化学成分、力学性能及牌号等应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591、《不锈钢棒》GB/T 1220、《不锈钢和耐热钢牌号及化学成分》GB/T 20878 等标准的规定。

3.1.7 槽式预埋组件的性能应符合现行行业标准《建筑用槽式预埋组件》（已报批，待发布）或《槽式预埋件性能评价技术规范》（送审稿，待发布）的有关规定，且应符合下列规定：

1 槽式预埋组件符合《槽式预埋件性能评价技术规范》（送审稿，待发布）的有关规定，且有认证报告时，可依据本规程第 4.5 节进行承载力计算；

2 槽式预埋组件符合《建筑用槽式预埋组件》（已报批，待发布）的有关规定，可依据本规程第 4.6 节进行承载力计算。

3.1.8 预埋件的锚板宜采用 Q235、Q345 级钢，锚筋应采用 HRB400 或 HPB300 钢筋，不应采用冷加工钢筋。

3.1.9 用于植筋的钢筋应使用热轧带肋钢筋或全螺纹螺杆，不得使用光圆钢筋或锚入部位无螺纹的螺杆。

3.2 一般规定

3.2.1 非结构构件的抗震锚固连接采用预埋件时，应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 和现行行业标准《非结构构件抗震设计规范》JGJ 339 进行设计。

3.2.2 非结构构件的抗震锚固连接采用植筋时，功能级别为一级时，植筋锚固深度应按现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 的规定进行计算；功能级别为二、三级时，植筋的锚固深度不应小于 $15d$ ，且不应小于 100mm。

3.2.3 锚栓和槽式预埋组件应按照被锚固的非结构构件的功能级别要求和锚栓或槽式预埋组件的性能要求等选用，并应符合下列规定：

1 功能级别为一级的非结构构件锚固连接，应采用可承受地震作用的锚栓或可承受地震作用的槽式预埋组件；

2 功能级别为二级的非结构构件锚固连接，宜采用可承受地震作用的锚栓或可承受地震作用的槽式预埋组件，也可采用槽式预埋组件或适用于开裂混凝土的锚栓，尚应符合表 3.2.3 的规定。

表 3.2.3 非结构构件锚固连接用锚栓或槽式预埋组件的选用

构件、部件名称	应采用可承受地震作用的锚栓或槽式预埋组件	可采用槽式预埋组件或适用于开裂混凝土的锚栓
墙体连接固定	甲类到丙类建筑，仅采用锚栓或槽式预埋组件固定墙体且锚固边不多于 3 边时	墙体内设有水平拉结筋的墙体，需要顶端或底端进行约束时
饰面连接固定	甲类和乙类建筑且单体重力超过 1.8kN 的饰面或单体重力不超过 1.8kN 且锚固点少于 3 个	甲、乙类建筑饰面，单体重力不超过 1.8kN 且锚固点不少于 3 个的建筑饰面；和丙类建筑饰面
防火和非防火顶棚连接固定	甲类到丙类建筑，单体重力超过 1.8kN 或单体重力不超过 1.8kN 但单体的锚固点少于 3 个	甲类到丙类建筑，单体重力不超过 1.8kN 且单体的锚固点不少于 3 个
货架（柜）、文件柜和文物柜固定	甲类到丙类建筑，高于 1.8m 的文物柜、有特别要求的货架柜；甲、乙类建筑，高于 1.8m 只在脚部固定的文件柜	甲、乙类建筑，高于 1.8m 的文件柜，除脚部固定外尚在重心点以上有固定；丙类建筑的文件柜；不超过 1.8m 的货架柜、文件柜和文物柜。
悬臂无侧向支撑的小烟囱固定和悬臂栏杆支座固定	甲、乙类建筑	丙类建筑
标志牌或广告牌底座固定	甲类到丙类建筑	
挑檐、雨棚的连接固定	甲类建筑 乙、丙类建筑，单体重力超过 1.8kN 或单体重力不超过 1.8kN 且拉杆或支撑数量少于 3 个	乙、丙类建筑且拉杆或支撑数量不少于 3 个
应急电源控制系统、发电机、冷冻机、电机、变压器等机电附属设备的固定	甲类到丙类建筑	
烟火监测、安保监测和消防系统的支架固定	甲类到丙类建筑	
排烟口，送、排风口	甲类建筑 乙、丙类建筑，锚固点少于 3 个	乙、丙类建筑，锚固点不少于 3 个
电气主管和主缆系统	甲类建筑	乙、丙类建筑
电梯的支撑结构、导轨、支架、轿厢导向构件等的固定	甲类建筑	乙、丙类建筑
水箱、冷却塔、盛有有害物质的容器在支座	甲类到丙类建筑	
锅炉、压力容器支座、置于地面的设备支座	甲类到丙类建筑	
公共天线支座	甲类到丙类建筑	
悬挂式灯具和重心高于 1.8m 的灯具的支座	甲类和乙类建筑且单体重力超过 1.8kN 或单体重力不超过 1.8kN 且锚固点少于 3 个	甲、乙类建筑，单体重力不超过 1.8kN 且锚固点不少于 3 个；和丙类建筑饰面
其他灯具支座	甲类建筑	乙、丙类建筑
管道弹性抗震支架固定	甲、乙类建筑，每个抗震支架的锚固点少于 3 个	甲、乙类建筑，每个抗震支架锚固点不少于 3 个 丙类建筑
管道刚性抗震支架固定	甲类建筑，支架锚固点少于 3 个	甲类建筑，支架锚固点不少于 3 个 乙、丙类建筑

3.2.4 抗震设防区应用的锚栓应符合下列规定：

1 可承受地震作用的膨胀锚栓、扩底锚栓和自攻锚栓应符合现行行业标准《混凝土用机械锚栓》JG/T 160 的有关规定；

2 可承受地震作用的化学锚栓应符合现行行业标准《混凝土后锚固技术规程》JGJ 145 中关于适用于开裂混凝土的锚栓的基本锚固性能要求和抗震性能要求的有关规定；

3 适用于开裂混凝土的锚栓应符合现行行业标准《混凝土用机械锚栓》JGT160 和《混凝土后锚固技术规程》JGJ145 关于开裂用混凝土机械锚栓和化学锚栓的有关规定。

4. 适用于非开裂混凝土的锚栓应符合现行行业标准《混凝土用机械锚栓》JGT160 和《混凝土后锚固技术规程》JGJ145 关于非开裂混凝土用机械锚栓和化学锚栓的有关规定。

3.2.5 可承受地震作用的槽式预埋组件应符合本规程附录 B 的规定。

3.2.6 用于抗震锚固的槽式预埋件及 T 型螺栓，根据材料和工艺的不同，其断后伸长率应满足表 3.2.6 的要求：

表 3.2.6 抗震锚固用槽式预埋件及 T 型螺栓原材料的断后伸长率要求

材料和工艺种类	断后伸长率
不锈钢	30%
热轧结构钢	20%
冷弯型钢	17%

3.2.7 金属锚栓、槽式预埋组件应采取和使用环境类别相适应的防腐措施。在室外环境、常年潮湿的室内环境、海边、高酸碱度的大气环境中应使用不锈钢材料，含氯离子的环境中应使用高抗腐不锈钢。

3.2.8 槽式预埋组件在混凝土中的预埋应做到工艺简单、施工便捷、安装准确，且不影响结构的安全性和耐久性。

3.2.9 槽式预埋件及配套 T 型螺栓副应配套使用。

3.3 设计原则

3.3.1 本规程采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，采用锚固承载力分项系数的设计表达式进行设计。

3.3.2 连接锚固设计所采用的设计使用年限应与被连接非结构构件的设计使用年限一致，并不宜小于 30 年。对化学锚栓和植筋，应定期检查其工作状态，检查的时间间隔可由设计单位确定，但第一次检查时间不应迟于 10 年。

3.3.3 连接锚固设计应考虑被连接结构的类型、受力状况、荷载类型及连接锚固的功能级别等因素。

3.3.4 连接锚固承载力应采用下列设计表达式进行验算：

$$\text{无地震作用组合} \quad S \leq R_d \quad (3.3.4-1)$$

$$\text{有地震作用组合} \quad S \leq \frac{kR_d}{\gamma_{RE}} \quad (3.3.4-2)$$

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma} \quad (3.3.4-3)$$

其中： S — 承载力极限状态下，锚固连接作用组合的效应设计值；对持久设计状况和短暂设计状况应按作用的基本组合计算；对地震设计状况应按作用的地震组合计算；

R_d — 锚固承载力设计值；

R_k — 锚固承载力标准值；

k — 地震作用下锚固承载力降低系数，按本规程第 3.3.6 条取用；

γ_{RE} — 锚固承载力抗震调整系数，取 1.0；

γ — 锚固承载力分项系数，对于锚栓为 γ_R ，按本规程第 3.3.8 条取用；对于槽式预埋组件为 γ_M ，按本规程第 3.3.9 条取用。

3.3.5 连接锚固的抗震设计，应按照开裂混凝土进行承载力计算。

3.3.6 地震作用下锚栓的锚固承载力降低系数 k 应根据产品的认证报告确定；无认证报告时，可按表 3.3.6 采用。

表 3.3.6 地震作用下锚栓的锚固承载力降低系数 k

破坏形态及锚栓类型			K
锚栓钢材破坏			1.0
混凝土破坏	机械锚栓 (S1 级)	扩底型锚栓	0.8
		自攻锚栓	0.75
		膨胀型锚栓	0.7
	机械锚栓 (S2 级)	扩底型锚栓	0.64
		自攻锚栓	0.60
		膨胀型锚栓	0.56
	机械锚栓 (C 级)	扩底型锚栓	0.58
		自攻锚栓	0.54
		膨胀型锚栓	0.5
	化学锚栓 (通过抗震测试)	特殊倒锥形化学锚栓	0.8
		普通化学锚栓	0.7
	化学锚栓 (仅通过开裂 混凝土测试)	特殊倒锥形化学锚栓	0.58
普通化学锚栓		0.5	
混合破坏	普通化学锚栓 (通过抗震测试)		0.7
	普通化学锚栓 (仅通过开裂混凝土测试)		0.63

3.3.7 地震作用下槽式预埋组件的锚固承载力降低系数 k 应按表 3.3.7 采用。

表 3.3.7 地震作用下槽式预埋组件的锚固承载力降低系数 k

受力及破坏模式	K
---------	-----

受拉钢材破坏	通过本规程附录 B 抗震试验	1.0
	无抗震试验测试	0.7
垂直于预埋槽道受剪钢材破坏	通过本规程附录 B 抗震试验	1.0
	无抗震试验测试	0.7
平行于预埋槽道受剪钢材破坏	通过本规程附录 B 抗震试验	1.0
	无抗震试验测试	0.7
受拉混凝土破坏	0.75	
垂直于预埋槽道受剪混凝土破坏	0.75	
平行于预埋槽道受剪混凝土破坏	0.75	
附加钢筋的钢材破坏	1.0	
附加钢筋的锚固破坏	1.0	

3.3.8 锚栓连接承载力分项系数 γ_R ，应根据锚固连接破坏类型的不同按表 3.3.8 采用。

表 3.3.8 锚固承载力分项系数 γ_R

项次	符号	被连接结构类型	
		锚固破坏类型	非结构构件
1	$\gamma_{Rc,N}$	混凝土锥体受拉破坏	1.8
2	$\gamma_{Rc,V}$	混凝土边缘受剪破坏	1.5
3	γ_{Rsp}	混凝土劈裂破坏	1.8
4	γ_{Rcp}	混凝土剪撬破坏	1.5
5	γ_{Rp}	混合破坏	1.8
6	$\gamma_{Rs,N}$	锚栓钢材受拉破坏	1.2
7	$\gamma_{Rs,V}$	锚栓钢材受剪破坏	1.2

3.3.9 槽式预埋组件的承载力分项系数 γ_M ，应根据产品的认证报告确定，如无认证报告按表 3.3.9 采用，现场安装影响系数 α_{inst} 应依据产品的认证报告确定，无认证报告时，可按本规程附录 D 规定取用。

表 3.3.9 槽式预埋组件承载力分项系数 γ_M

槽式预埋组件钢材破坏的分项系数 γ_M			
拉力作用下	符号	不同失效模式对应的分项系数	
锚腿破坏	$N_{Rk,sa}$	γ_{Ms}	$1.2 \cdot \frac{f_{stk,a}}{f_{yk,a}} \geq 1.4$
锚腿与槽道连接处破坏	$N_{Rk,sc}$	$\gamma_{Ms,sc}$	1.8
槽口破坏	$N_{Rk,sl}$	$\gamma_{Ms,sl}$	1.8
T 型螺栓破坏	$N_{Rk,s}$	γ_{Ms}	$1.2 \cdot \frac{f_{stk,a}}{f_{yk,a}} \geq 1.4$
槽道受拉弯曲破坏	$M_{Rk,sflex}$	$\gamma_{Ms,flex}$	1.15
剪力作用下			
锚腿破坏	$V_{Rk,sa}$	γ_{Ms}	当 $\frac{f_{yk,b}}{f_{stk,b}} \leq 0.8$ 且 $f_{stk,b} \leq 800 \text{ N/mm}^2$ 时，取 $\frac{f_{stk,b}}{f_{yk,b}} \geq 1.25$ ；

			当 $\frac{f_{yk,b}}{f_{stk,b}} > 0.8$ 或 $f_{stk,b} > 800 \text{ N/mm}^2$ 时, 取 1.5	
锚腿与槽道连接处破坏	$V_{Rk,sc}$	$\gamma_{Ms,sc}$	1.8	
垂直剪力作用下槽口破坏	$V_{Rk,sl,y}$	$\gamma_{Ms,sl,y}$	1.8	
平行剪力作用下槽口与螺栓的咬合破坏	$V_{Rk,sl,x}$	$\gamma_{Ms,sl,x}$	$\alpha_{inst} \geq 0.95$	1.8
			$0.80 \leq \alpha_{inst} < 0.95$	2.1
			$0.70 \leq \alpha_{inst} < 0.80$	2.5
			$0.50 \leq \alpha_{inst} < 0.70$	$1.75/\alpha_{inst}$
T型螺栓无力臂和有力臂抗剪破坏	$V_{Rk,s}$ 和 $V_{Rk,s,M}$	γ_{Ms}	当 $\frac{f_{yk,b}}{f_{stk,b}} \leq 0.8$ 且 $f_{stk,b} \leq 800 \text{ N/mm}^2$ 时, 取 $\frac{f_{stk,b}}{f_{yk,b}} \geq 1.25$; 当 $\frac{f_{yk,b}}{f_{stk,b}} > 0.8$ 或 $f_{stk,b} > 800 \text{ N/mm}^2$ 时, 取 1.5	
槽式预埋组件辅助受力钢筋的分项系数				
钢筋受拉破坏	$N_{Rk,re}$	$\gamma_{Ms,re}$	1.15	
槽式预埋组件混凝土破坏的分项系数 γ_M				
混凝土的破坏形式	符号	不同失效模式对应的分项系数		
混凝土受拉锥体破坏	$N_{Rk,c}$	γ_{Mc}	1.5	
混凝土受拉侧边剥落破坏	$N_{Rk,cb}$			
混凝土受剪边缘破坏	$V_{Rk,c}$			
混凝土剪撬破坏	$V_{Rk,cp}$			
锚腿受拉拔出破坏	$N_{Rk,p}$	γ_{Mp}		
混凝土受拉劈裂破坏	$N_{Rk,sp}$	γ_{Msp}		

4 地震作用和抗震验算

4.1 一般规定

4.1.1 7度且功能级别为一级和8、9度且功能级别为一、二级的非结构构件和建筑附属设备构件锚固连接应进行水平及竖向地震作用计算。当承载力极限状态下地震作用对锚栓（单锚或群锚）或槽式预埋组件产生的拉力或剪力设计值不大于25%的总拉力或总剪力设计值时，可不进行锚固连接的抗震承载力验算。

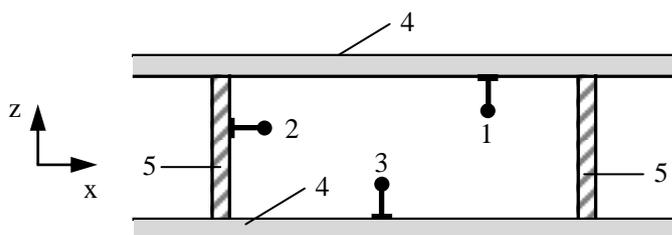


图 4.1.1 非结构构件的锚固方式

1. 吊挂固定；2. 侧挂固定；3. 支撑固定；4. 水平结构构件；5. 竖向结构构件

4.1.2 用于抗震锚固连接的锚栓或槽式预埋组件仅传递拉力、剪力或拉剪复合作用，不考虑被紧固物与混凝土表面之间的相互作用力（弯矩和压力等）。

4.1.3 锚固连接进行抗震验算时，锚固区的混凝土应按开裂混凝土计算。

4.1.4 锚固连接的抗震验算时，当非结构构件和建筑附属设备构件与建筑结构多点锚固时，应对最不利锚固点和最不利锚栓进行群锚和单锚的承载力验算。

4.1.5 锚栓和槽式预埋组件的抗震设计应假设锚栓（或群锚）和槽式预埋组件为非耗能元件且不能对固定物的延性作出贡献，锚固连接为刚性连接。如果连接点有转动或变形要求，应在锚固板上或外延的连接件上实现。锚固件的抗拉和抗剪承载力应大于锚固连接件相应的承载力。

4.1.6 非结构构件锚固连接抗震验算中，当重力产生的摩擦力对构件抗震有利时，不应考虑该贡献。

4.1.7 当预埋槽道最不利受力锚腿的混凝土锥体抗拉破坏或边缘抗剪破坏承载力不足时，可在受力方向设置附加钢筋，混凝土基材中的结构钢筋不应作为附加钢筋使用。

4.2 地震作用计算

4.2.1 非结构构件的水平地震作用标准值，可以采用等效侧力法，可按下式计算：

$$F = \gamma \eta \zeta_1 \zeta_2 \alpha_{max} G \quad (4.2.2)$$

式中：F— 沿最不利方向施加于非结构构件重心处的水平地震作用标准值；

G— 非结构构件的重力，包括运行时有关人员、容器和管道中的介质及储物柜中物品的重力；

α_{max} — 水平地震影响系数最大值，按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 关

于多遇地震的规定采用；

γ — 非结构构件功能系数，对于一级和二级，分别取 1.4 和 1.2，非结构构件的功能级别划分应符合现行行业标准 JGJ339 的有关规定；

ζ_1 — 状态系数：对预制建筑构件、悬臂类构件、悬挂类设备构件、支撑点低于质心的建筑附属设备和柔性体系宜取 2.0，其余情况可取 1.0；

ζ_2 — 非结构构件位置系数，位于建筑的顶点宜取 2.0，位于底部宜取 1.0，沿高度线性分布；对要求采用时程分析法补充计算的结构，应按其计算结果调整；

η — 非结构构件类别系数，按照表 4.2.2 的规定取用。

表 4.2.1 非结构构件的类别系数

构件、部件名称	类别系数 η
墙体连接固定	1.2
饰面连接固定	1.0
防火顶棚连接固定	0.9
非防火顶棚连接固定	0.6
高于 1.8m 的货架柜、文件柜或文物柜固定	1.0
悬臂无侧向支撑的女儿墙、小烟囱等固定	1.2
标志或广告牌固定	1.2
悬臂栏杆支座固定	1.0
挑檐、雨棚的连接固定	1.2
应急电源控制系统、发电机、冷冻机、电机、变压器等机电附属设备的固定	1.0
烟火监测、安保监测和消防系统的支架固定	1.0
排烟口、送、排风口	1.0
电气主管和主缆系统	1.0
电梯支撑系统\导轨、支架、轿厢导向构件等	1.0
水箱、冷却塔、盛有有害物质的容器支座	1.2
锅炉、压力容器支座、置于地面的设备支座	1.0
公共天线支座	1.2
悬挂式灯具支座	0.9
其他灯具支座	0.6
管道弹性抗震支架固定	1.0
管道刚性抗震支架固定	0.6

4.2.2 当采用楼面反应谱法计算水平地震作用标准值时，可按下式计算：

$$F = \gamma \eta \beta_s G \quad (4.2.2)$$

式中： β_s — 非结构构件的楼面反应谱值。

4.2.3 非结构构件的竖向地震作用标准值，可采用下式计算：

$$F_v = \gamma \eta \zeta_1 \zeta_2 \alpha_{vmax} G \quad (4.2.3)$$

式中： F_v —施加于非结构构件重心处的竖向地震作用标准值；

α_{vmax} — 竖向地震影响系数最大值，按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 关于多遇地震的规定采用。

4.2.4 非结构构件因地震造成支承点相对位移产生的内力，可按下列公式计算

$$F_d = K \cdot \Delta u \quad (4.2.4)$$

式中： F_d — 非结构构件因支承点相对水平位移产生的内力；

K — 非结构构件在位移方向的刚度，应根据其端部的实际连接方式，分别采用刚接、铰接、弹性连接或滑动连接等简化的力学模型；

Δu — 相邻楼层的相对水平位移，按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 规定的限制采用。

4.2.5 非结构构件地震作用下锚固内力的计算应符合下列规定：

1. 非结构构件锚固内力计算的计算简图、几何尺寸、边界条件、传力构件材料性能指标等参数应符合实际工况。

2. 非结构构件的地震作用应施加于其重心，水平地震作用应考虑对锚固点锚固连接产生最不利影响的水平方向。

3. 非结构构件的支座或锚固连接板与基材结合面受力变形后应保持为平面，锚板不考虑平面外弯曲变形。

4. 锚栓或槽式预埋组件本身不传递压力，锚固连接的压力应通过被连接件的锚板直接传递给基材混凝土。

4.2.6 非结构构件锚固连接锚栓内力计算方法应按照现行行业标准《混凝土后锚固技术规程》JGJ145 的有关规定计算。

4.2.7 仅有两个锚腿的槽式预埋件在拉力和垂直剪力作用下的内力计算模型可简化为跨度等于两个锚腿间距的简支梁。

4.2.8 不多于三个锚腿的槽式预埋件在平行剪力作用下，各锚腿的受力可认为是平均分配的（图 4.2.8）。

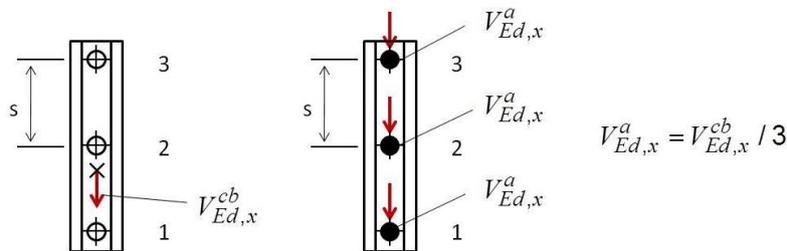


图 4.2.8 少于等于三个锚腿的槽式预埋组件受力分配示意

4.2.9 有两个以上锚腿的槽式预埋件，在拉力作用下的内力计算应符合下列规定：

1 槽道任意位置的 T 型螺栓在拉力设计值 N_{Ed}^{cb} 作用下，槽道各锚腿的受力可按影响范围内线

性分布计算，每个锚腿所受拉力 $N_{Ed,i}^a$ 可按下列公式计算。

$$N_{Ed,i}^a = k \cdot A'_i \cdot N_{Ed}^{cb} \quad (4.2.9-1)$$

$$k = \frac{1}{\sum_1^n A'_i} \quad (4.2.9-2)$$

$$A'_i = \frac{a_i}{l_i} \quad (4.2.9-3)$$

$$l_i = 13 \cdot I_y^{0.05} \cdot s^{0.5} \quad (4.2.9-4)$$

式中： $N_{Ed,i}^a$ - 单根锚腿*i*受到的拉力（N）；

k - 以集中力 N_{Ed}^{cb} 两侧影响线 $2l_i$ 为底的三角形内 A'_i 总和的倒数；

n - 在集中力 N_{Ed}^{cb} 两侧影响线 $2l_i$ 内的锚腿数量；

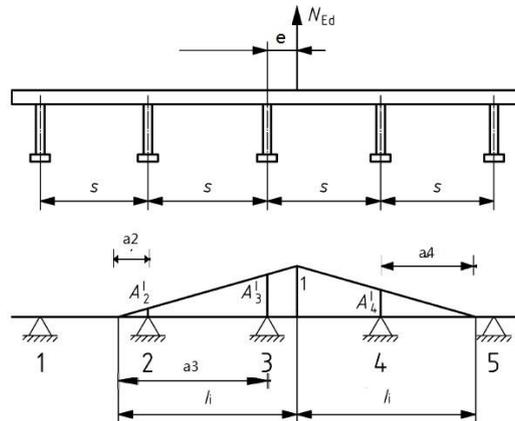
A'_i - 假定受力 N_{Ed}^{cb} 点处为长度单位 1.0，其影响线 $2l_i$ 为底边与 1 为高组成三角形，则 A'_i 为位于*i*锚腿处形成的三角形高；

a_i - 受力锚腿*i*的三角形底边长度；

l_i - 集中力 N_{Ed}^{cb} 在预埋槽道上单方向的影响长度（mm），不应小于锚腿的间距*s*；

I_y - 预埋槽道 y 轴的截面惯性矩（mm⁴）；

s - 锚腿的间距（mm）。



$$a_2 = li - e - s ; a_3 = li - e ; a_4 = li - (s - e) ; A'_2 = \frac{a_2}{l_i} = \frac{li - e - s}{l_i} ;$$

$$A'_3 = \frac{a_3}{l_i} = \frac{li - e}{l_i} ; A'_4 = \frac{a_4}{l_i} = \frac{li - (s - e)}{l_i} ; k = \frac{1}{A'_2 + A'_3 + A'_4}$$

图 4.2.9 预埋槽道锚腿受拉计算示意

2 当预埋槽道受多处集中力时，锚腿所受拉力应等于各集中力的线性分布力的叠加值，各锚腿内力计算完成后，应找出最不利的受力锚腿进行各项破坏模式的验算。

3 预埋槽道受到拉力设计值 N_{Ed}^{cb} 时，槽道产生的弯矩设计值 M_{Ed}^{ch} 可按照跨度等于两个锚腿间距的简支梁计算。若预埋槽道中安装的一个或多个 T 型螺栓的位置未知或可调，则应由设计人员按照受力最不利工况完成弯矩设计值 M_{Ed}^{ch} 的计算。

4.2.10 有两个以上锚腿的槽式预埋件，在垂直剪力作用下的内力计算应符合下列规定：

1 槽道任意位置的 T 型螺栓在垂直剪力 $V_{Ed,y}^{cb}$ 作用下，每个锚腿所受剪力 $V_{Ed,y,i}^a$ 应按本规程第

4.2.9 第 1 款进行计算，其中 $V_{Ed,y}^{cb}$ 替换 N_{Ed}^{cb} ， $V_{Ed,y,i}^a$ 替换 $N_{Ed,i}^a$ 。

2 当预埋槽道受多处集中力时，锚腿所受剪力应等于各集中力的线性分布力的叠加值，各锚腿内力计算完成后，应找出最不利的受力锚腿进行各项破坏模式的验算。

3 当下列条件同时满足时，作用于 T 型螺栓的垂直剪力可认为是无杠杆臂纯剪，否则，作用于 T 型螺栓的垂直剪力应按照有杠杆臂计算：

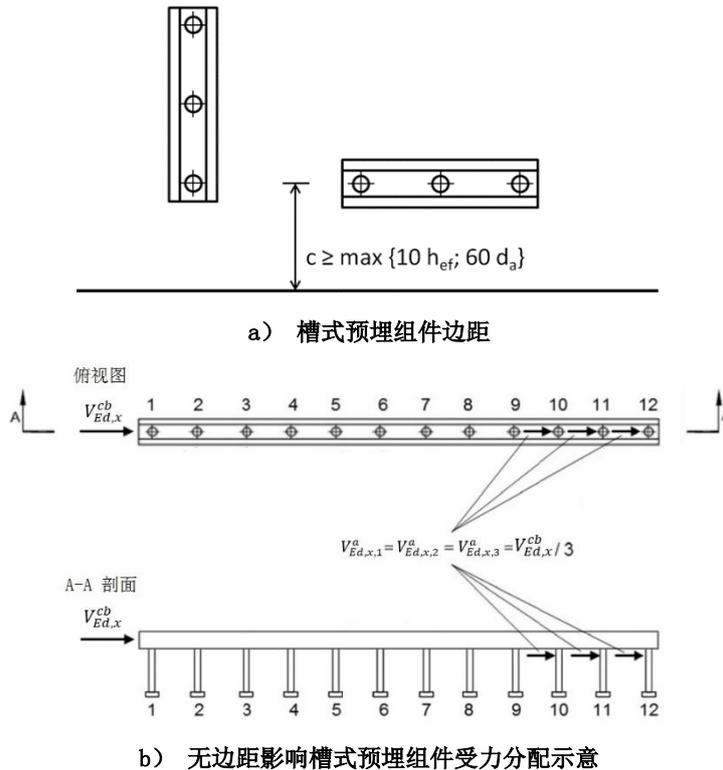
- a) 被紧固件应为钢制，T 型螺栓的螺杆长度应大于被紧固件厚度 t_{fix} 的 1.5 倍；
- b) 被紧固件应紧贴预埋槽道的槽口安装。

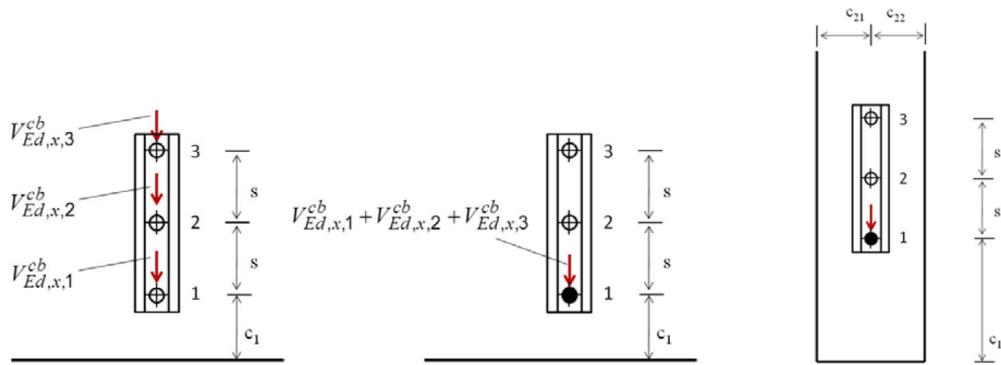
4.2.11 有三个以上锚腿的槽式预埋件，在平行剪力作用下的内力计算应符合下列规定(图 4.2.11)：

1 当槽式预埋组件的边距 c 大于 $10h_{ef}$ 和 $60d_a$ 时(图 4.2.11a)，T 型螺栓受到的平行剪力 $V_{Ed,x}^{cb}$ 应由受力方向尾部的三根锚腿平均分配(图 4.2.11b)。

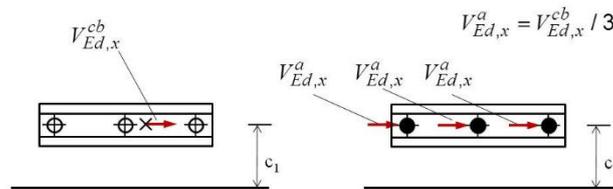
2 当槽式预埋组件垂直于混凝土构件边缘埋置或位于窄边距混凝土构件时，混凝土边缘破坏或附加钢筋承载力的验算，应按平行剪力荷载 $V_{Ed,x}^{cb}$ 作用于最靠近边缘的单根考虑(图 4.2.11c)。

3 当槽式预埋组件平行于混凝土构件边缘埋置时，T 型螺栓受到的平行剪力 $V_{Ed,x}^{cb}$ 应由受力方向尾部的三根锚腿平均分配(图 4.2.11d)。





c) 剪力垂直于构件边缘，边缘破坏槽式预埋组件受力分配示意



d) 剪力平行于构件边缘，槽式预埋组件受力分配示意

图 4.2.11 预埋槽道锚腿受剪计算示意

4.2.12 采用附加钢筋时，预埋槽道受拉力或剪力作用下的内力计算应符合下列规定：

- 1 预埋槽道的混凝土破坏验算无法满足，可按照需要设置受拉或受剪附加钢筋（图 4.2.12）。
- 2 在拉力作用下，槽式预埋件附加钢筋的抗拉设计应按照最不利的受拉锚腿计算，所有的锚腿均应按该计算结果进行附加钢筋的加固，附加钢筋所受拉力设计值 $N_{Ed,re}$ 可按下列公式计算。

$$N_{Ed,re} = \max(N_{Ed,i}^a) \quad (4.2.12-1)$$

- 3 在剪力作用下，预埋槽道的抗剪附加钢筋，应沿着预埋槽道上受到垂直于边缘且最靠近边缘的剪力 V_{Ed} 的方向布置，其附加钢筋所受拉力的设计值 $N_{Ed,re}$ 应按下列公式计算。

$$N_{Ed,re} = \left(\frac{e_s}{z} + 1\right) \cdot V_{Ed}, \quad (4.2.12-2)$$

式中： e_s – 槽式预埋件附加钢筋轴心到受剪紧固件的剪力作用线的距离（mm）；

z – 附加钢筋轴心到受力截面中和轴的距离（mm），可取 $0.85 d$ ；

d – 布置了槽式预埋件附加钢筋的混凝土构件的有效深度（mm），可取 $\min(2 h_{ef}; 2 c_1)$ ；

c_1 – 混凝土边缘与预埋槽道轴心的距离（mm）；

V_{Ed} – 预埋槽道受剪设计值（N），可取 $\max(V_{Ed}^a, V_{Ed}^{cb})$ ；

V_{Ed}^a – 预埋槽道受剪力最多的锚腿上的剪力设计值（N）；

V_{Ed}^{cb} – 预埋槽道受剪力最多的 T 型螺栓上的剪力设计值（N）；

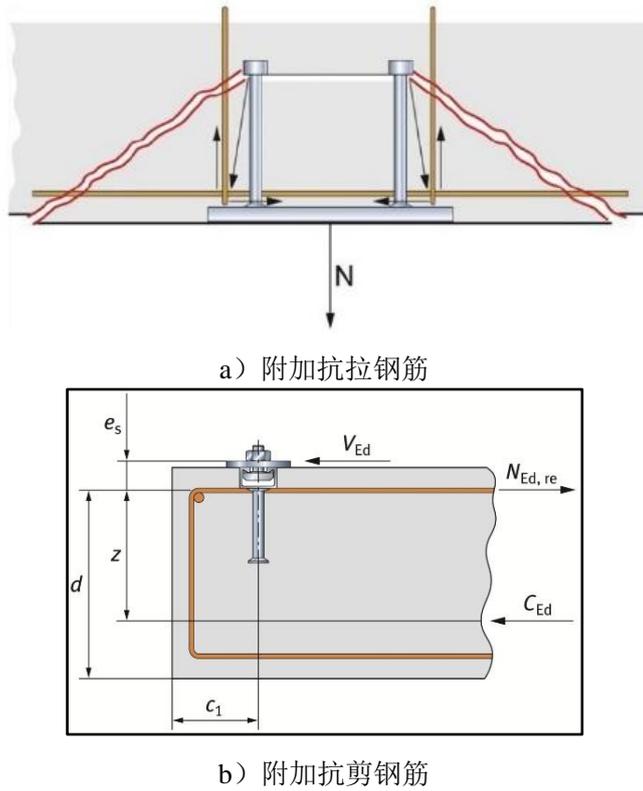


图 4.2.12 槽式预埋件附加钢筋示意

4.2.7 非结构构件的地震作用效应和其他荷载效应的基本组合，应按下列式计算：

$$S = \gamma_G S_{GE} + \Omega_0 (\gamma_{Eh} S_{Ehk} + \gamma_{Ev} S_{Evk}) + \psi_w \gamma_w S_{wk} \quad (4.2.7)$$

式中：S — 作用在非结构构件重心处的内力组合的设计值，包括组合的弯矩、轴向力和剪力设计值；

γ_G — 重力荷载分项系数，当重力荷载效应对锚固连接的承载能力不利时应采用 1.2，重力荷载效应对锚固连接的承载能力有利时不应大于 1.0，在同一工况计算时，应取相同的分项系数；

γ_{Eh} 、 γ_{Ev} — 分别为水平、竖向地震作用分项系数；当仅计算水平或竖向地震作用时，取 1.3，当同时计算水平和竖向地震作用时，主方向地震作用分项系数取 1.3，次方向地震作用分项系数取 0.5；

γ_w — 风荷载分项系数，应采用 1.4；

S_{GE} — 重力荷载代表值的效应；

S_{Ehk} — 水平地震作用标准值的效应；

S_{Evk} — 竖向地震作用标准值的效应；

S_{wk} — 风荷载标准值的效应；

ψ_w — 风荷载组合值系数，应采用 0.2；

Ω_0 — 地震作用效应增大系数，应取为 2.5。

4.3 锚栓的抗震验算

4.3.1 锚栓的抗震验算应分别对拉力、剪力和拉剪复合作用进行验算并同时考虑锚固的破坏形式。

4.3.2 锚栓的受拉抗震承载力应符合下列规定：

1 单一锚栓

$$N_{sd} \leq \frac{kN_{Rk,s}}{\gamma_{RE}\gamma_R} \quad (4.3.2-1)$$

$$N_{sd} \leq \frac{kN_{Rk,k}}{\gamma_{RE}\gamma_R} \quad (4.3.2-2)$$

$$N_{sd} \leq \frac{kN_{Rk,c}}{\gamma_{RE}\gamma_R} \quad (4.3.2-3)$$

$$N_{sd} \leq \frac{kN_{Rk,sp}}{\gamma_{RE}\gamma_R} \quad (4.3.2-4)$$

2 群锚

$$N_{sd}^h \leq \frac{kN_{Rk,s}}{\gamma_{RE}\gamma_R} \quad (4.3.2-5)$$

$$N_{sd}^g \leq \frac{kN_{Rk,p}}{\gamma_{RE}\gamma_R} \quad (4.3.2-6)$$

$$N_{sd}^g \leq \frac{kN_{Rk,c}}{\gamma_{RE}\gamma_R} \quad (4.3.2-7)$$

$$N_{sd}^g \leq \frac{kN_{Rk,sp}}{\gamma_{RE}\gamma_R} \quad (4.3.2-8)$$

- 式中： N_{sd} —— 单一锚栓拉力设计值 (N)；
 N_{sd}^h —— 群锚中拉力最大锚栓的拉力设计值 (N)；
 N_{sd}^g —— 群锚受拉区总拉力设计值 (N)；
 $N_{Rk,s}$ —— 锚栓钢材破坏受拉承载力标准值 (N)，按照现行行业标准《混凝土后锚固技术规程》JGJ 145 计算；
 $N_{Rk,c}$ —— 混凝土锥体破坏受拉承载力标准值 (N)，按照现行行业标准《混凝土后锚固技术规程》JGJ 145 计算；
 $N_{Rk,p}$ —— 混合破坏受拉承载力标准值 (N)，按照现行行业标准《混凝土后锚固技术规程》JGJ 145 计算；
 $N_{Rk,sp}$ —— 混凝土劈裂破坏受拉承载力标准值 (N)，按照现行行业标准《混凝土后锚固技术规程》JGJ 145 计算。
 k —— 地震作用下锚固承载力降低系数，见表 3.3.6；
 γ_{RE} —— 锚固承载力抗震调整系数，取 1.0
 γ_R —— 锚固承载力分项系数，见表 3.3.7。

4.3.3 锚栓受剪抗震承载力应符合下列规定：

1 单一锚栓

$$V_{sd} \leq \frac{kV_{Rk,s}}{\gamma_{RE}\gamma_R} \quad (4.3.3-1)$$

$$V_{sd} \leq \frac{kV_{Rk,c}}{\gamma_{RE}\gamma_R} \quad (4.3.3-2)$$

$$V_{sd} \leq \frac{kV_{Rk,cp}}{\gamma_{RE}\gamma_R} \quad (4.3.3-3)$$

2 群锚

$$V_{sd}^h \leq \frac{kV_{Rk}}{\gamma_{RE}\gamma_R} \quad (4.3.3-4)$$

$$V_{sd}^g \leq \frac{kV_{Rk,c}}{\gamma_{RE}\gamma_R} \quad (4.3.3-5)$$

$$V_{sd}^g \leq \frac{kV_{Rk,cp}}{\gamma_{RE}\gamma_R} \quad (4.3.3-6)$$

- 式中： V_{sd} —— 单一锚栓剪力设计值 (N)；
 V_{sd}^h —— 群锚中剪力最大锚栓的剪力设计值 (N)；
 V_{sd}^g —— 群锚总剪力设计值 (N)；
 $V_{Rk,s}$ —— 锚栓钢材破坏受剪承载力标准值 (N)，按照现行行业标准《混凝土后锚固技术规程》JGJ 145 计算；
 $V_{Rk,c}$ —— 混凝土边缘破坏受剪承载力标准值 (N)，按照现行行业标准《混凝土后锚固技术规程》JGJ 145 计算；
 $V_{Rk,cp}$ —— 混凝土剪撬破坏受剪承载力标准值 (N)，按照现行行业标准《混凝土后锚固技术规程》JGJ 145 计算。

4.3.4 拉剪复合受力下锚栓钢材破坏承载力应按下列公式验算：

$$\left(\frac{N_{sd}}{N_{Rd,s}} \right) + \left(\frac{V_{sd}}{V_{Rd,s}} \right) \leq 1 \quad (4.3.4-1)$$

$$N_{Rd,s} = \frac{kN_{Rk,s}}{\gamma_{RE}\gamma_R} \quad (4.3.4-2)$$

$$V_{Rd,s} = \frac{kV_{Rk,s}}{\gamma_{RE}\gamma_R} \quad (4.3.4-3)$$

- 式中： N_{sd} —— 锚栓拉力设计值 (N)；
 $N_{Rd,s}$ —— 锚栓钢材破坏受拉抗震承载力设计值 (N)；

V_{sd} —— 锚栓剪力设计值 (N);

$V_{Rd,s}$ —— 锚栓钢材破坏受剪抗震承载力设计值 (N)。

对于群锚, 应分别用 N_{sd}^h 、 V_{sd}^h 代替 N_{sd} 和 V_{sd} 进行计算, 当 N_{sd}^h 、 V_{sd}^h 为群锚中不同锚栓时, 群锚中所有的锚栓均应计算。

4.3.5 拉剪复合受力下混凝土破坏承载力应按下列公式验算:

$$\left(\frac{N_{sd}}{N_{Rd,c}} \right) + \left(\frac{V_{sd}}{V_{Rd,c}} \right) \leq 1 \quad (4.3.5-1)$$

$$N_{Rd,c} = \frac{kN_{Rk,c}}{\gamma_{RE}\gamma_R} \quad (4.3.5-2)$$

$$V_{Rd,c} = \frac{kV_{Rk,c}}{\gamma_{RE}\gamma_R} \quad (4.3.5-3)$$

式中: N_{sd} —— 锚栓拉力设计值 (N);

$N_{Rd,c}$ —— 混凝土破坏受拉抗震承载力设计值 (N);

V_{sd} —— 锚栓剪力设计值 (N);

$V_{Rd,c}$ —— 混凝土破坏受剪抗震承载力设计值 (N)。

4.4 槽式预埋组件的抗震验算

4.4.1 槽式预埋组件的抗震验算应分别对拉力、剪力和拉剪复合作用进行验算并同时考虑槽式预埋组件的破坏形式。

4.4.2 拉力荷载作用下的槽式预埋组件的抗震承载力应符合下表规定, 对于槽口和 T 型螺栓的破坏, 可仅对受力最不利的 T 型螺栓进行验算; 对于混凝土锥体破坏、混凝土劈裂破坏、混凝土受拉侧边剥落破坏, 可仅对受力最不利的锚腿进行验算, 在确定最不利锚腿时, 应考虑混凝土边距和锚腿的间距的影响。

表 4.4.2 拉力作用下槽式预埋组件抗震承载力设计验算项目

	失效模式	槽道	最不利锚腿或 T 型螺栓
1	钢 材 破 坏	锚腿	$N_{Ed}^a \leq kN_{Rk,sa}/(\gamma_{RE}\gamma_{Ms})$
2		锚腿与槽道连接处	$N_{Ed}^a \leq kN_{Rk,sc}/(\gamma_{RE}\gamma_{Ms,ca})$
3		槽口	$N_{Ed}^{cb} \leq kN_{Rk,sl}/(\gamma_{RE}\gamma_{Ms,l})$
4		T 型螺栓	$N_{Ed}^{cb} \leq kN_{Rk,s}/(\gamma_{RE}\gamma_{Ms})$
5		槽道受拉弯曲	$M_{Ed}^{ch} \leq kM_{Rk,sflex}/(\gamma_{RE}\gamma_{Ms,flex})$
6	锚腿拔出破坏		$N_{Ed}^a \leq kN_{Rk,p}/(\gamma_{RE}\gamma_{Mp})$
7	混凝土锥体破坏		$N_{Ed}^a \leq kN_{Rk,c}/(\gamma_{RE}\gamma_{Mc})$
8	混凝土劈裂破坏		$N_{Ed}^a \leq kN_{Rk,sp}/(\gamma_{RE}\gamma_{Msp})$
9	混凝土受拉侧边剥落破坏		$N_{Ed}^a \leq kN_{Rk,cb}/(\gamma_{RE}\gamma_{Mc})$

10	附加钢筋的钢材破坏		$N_{Ed,re}^a \leq kN_{Rk,re}/(\gamma_{RE}\gamma_{Ms,re})$
11	附加钢筋的锚固破坏		$N_{Ed,re}^a \leq kN_{Rd,a}$

4.4.3 在拉力荷载作用下，需要在混凝土构件中设置附加钢筋时，混凝土锥体受拉破坏的验算应由附加钢筋破坏的验算替代。

4.4.4 垂直剪力和平行剪力荷载作用下的槽式预埋组件抗震承载力应符合下表规定，对于槽口和 T 型螺栓的破坏，可仅对受力最不利的 T 型螺栓进行验算；对于混凝土剪撬破坏、混凝土边缘破坏，可仅对受力最不利的锚腿进行验算，在确定最不利锚腿时，应考虑混凝土边距和锚腿的间距的影响。

表 4.3.20 剪力作用下槽式预埋组件抗震承载力验算项目

		失效模式		槽道	最不利锚腿或 T 型螺栓	
1	钢 材 破 坏	无力臂受剪	T 型螺栓		$V_{Ed}^{cb} \leq kV_{Rk,s}/(\gamma_{RE}\gamma_{Ms})$	
2			锚腿		$V_{Ed}^a \leq kV_{Rk,sa}/(\gamma_{RE}\gamma_{Ms})$	
3			锚腿与槽道连接处		$V_{Ed}^a \leq kV_{Rk,sc}/(\gamma_{RE}\gamma_{Ms,ca})$	
4			槽 口	垂直剪力作用下槽口 破坏	$V_{Ed}^{cb} \leq kV_{Rk,sl,y}/(\gamma_{RE}\gamma_{Ms,sl,y})$	
5				平行剪力作用下槽口 与螺栓的咬合破坏	$V_{Ed}^{cb} \leq kV_{Rk,sl,x}/(\gamma_{RE}\gamma_{Ms,sl,x})$	
6			有力臂受剪	T 型螺栓		$V_{Ed}^{cb} \leq kV_{Rk,s,M}/(\gamma_{RE}\gamma_{Ms})$
7	混凝土剪撬破坏			$V_{Ed}^a \leq kV_{Rk,cp}/(\gamma_{RE}\gamma_{Mc})$		
8	混凝土边缘破坏			$V_{Ed}^a \leq kV_{Rk,c}/(\gamma_{RE}\gamma_{Mc})$		
9	附加钢筋的钢材破坏			$N_{Ed,re}^a \leq kN_{Rk,re}/(\gamma_{RE}\gamma_{Ms,re})$		
10	附加钢筋的锚固破坏			$N_{Ed,re}^a \leq kN_{Rd,a}$		

4.4.5 在剪力荷载作用下，需要在混凝土构件中设置附加钢筋时，混凝土边缘受剪破坏的验算应由附加钢筋破坏的验算替代。

4.5 槽式预埋组件的承载力计算（一）

4.5.1 槽式预埋组件受拉时，钢材破坏承载力标准值应符合下列规定：

1 锚腿位置钢材破坏受拉承载力标准值 $N_{Rk,sa}$ 可依据相关产品认证报告取用，且应符合下式规定。

$$N_{Rk,sa} \leq A_{sa,N} \cdot f_{stk,a} \quad (4.5.1-1)$$

式中： $A_{sa,N}$ — 锚腿受拉有效应力截面面积（ mm^2 ）；

$f_{stk,a}$ — 锚腿的钢材极限抗拉强度标准值（MPa），且不应大于屈服强度标准值 $f_{yk,a}$ 的 1.9 倍和 860MPa；

2 锚腿与槽道连接处钢材破坏受拉承载力标准值 $N_{Rk,sc}$ 可依据相关产品认证报告取用。

3 T 型螺栓的轴心间距 s_{cb} 不小于槽道宽度 b_{ch} 的 2 倍时，槽口位置钢材破坏受拉承载力标准值 $N_{Rk,sl}$ 可参考相关产品认证报告取用；若 T 型螺栓有效轴心间距不小于螺杆直径 d_s 的 3 倍，且小于

槽道宽度 b_{cb} 的 2 倍时, $N_{Rk,sl}$ 应按下列式计算。

$$N_{Rk,sl} = N_{Rk,sl}^0 \cdot \psi_{l,N} \quad (4.5.1-2)$$

$$\psi_{l,N} = 0.5 \cdot \left(1 + \frac{s_{cbo}}{2 \cdot b_{cb}}\right) \quad (4.5.1-3)$$

式中: $N_{Rk,sl}^0$ — 受拉时钢材破坏的理想承载力 (N), 可依据相关产品认证报告取用;

s_{cbo} — T 型螺栓间距 (mm);

$\psi_{l,N}$ — T 型螺栓有效轴心间距无法满足时的影响系数;

4 T 型螺栓的钢材破坏受拉承载力标准值 $N_{Rk,s}$, 可依据相关产品认证报告取用, 且应符合下列规定:

$$N_{Rk,s} \leq A_{sb,N} \cdot f_{stk,b} \quad (4.5.1-4)$$

式中: $A_{sb,N}$ — T 型螺栓螺杆部位受拉有效应力截面面积 (mm^2);

$f_{stk,b}$ — T 型螺栓的钢材极限抗拉强度标准值 (MPa), 且不应大于屈服强度标准值 $f_{yk,b}$ 的 1.9 倍和 860MPa;

5 预埋槽道的受弯承载力标准值 $M_{Rk,sflex}$, 可依据相关产品认证报告取用。

4.5.2 槽式预埋组件受拉时, 单根锚腿发生的拔出破坏 (锚腿端部混凝土压碎破坏) 承载力标准值 $N_{Rk,p}$, 可依据相关产品认证报告取用, 且不应大于下列公式计算值 (图 4.5.2)。

$$\text{圆形锚腿受力面积} \quad A_h = \frac{\pi}{4} \cdot (d_h^2 - d_a^2) \quad (4.5.2-1)$$

$$\text{工字型锚腿受力面积} \quad A_h = W_A \cdot (b_h - t_w) \quad (4.5.2-2)$$

$$d_h \leq 6 \cdot t_h + d_a \quad (4.5.2-3)$$

$$N_{Rk,p} = k_2 \cdot A_h \cdot f_{cu,k}, \quad (4.5.2-4)$$

式中: k_2 — 开裂混凝土取 6.0, 非开裂混凝土取 8.4;

A_h — 锚腿头部的受力面积 (mm^2);

$f_{cu,k}$ — 混凝土立方体抗压强度标准值 (N/mm^2), 混凝土立方体抗压强度标准值不小于 $45\text{N}/\text{mm}^2$ 时, 应乘以降低系数 0.95;

d_h — 锚腿末端墩头的直径 (mm);

d_a — 圆形锚腿直径 (mm);

t_h — 锚腿末端墩头厚度 (mm);

W_A — 工字型锚腿在预埋槽道 y 轴方向的锚腿宽度 (mm);

b_h — 工字型锚腿在预埋槽道 x 轴方向的末端墩头宽度 (mm);

t_w — 工字型锚腿在预埋槽道 x 轴方向的锚腿杆部的宽度 (mm);

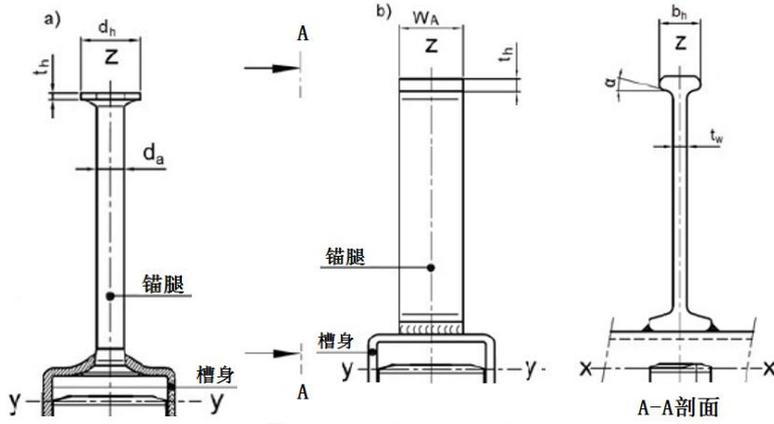


图 4.5.2 锚腿端头示意

4.5.3 槽式预埋组件受拉时，单根锚腿发生的混凝土锥体破坏承载力标准值 $N_{Rk,c}$ ，应按下列公式计算。

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \Psi_{ch,s,N} \cdot \Psi_{ch,e,N} \cdot \Psi_{ch,c,N} \cdot \Psi_{re,N} \quad (4.5.3-1)$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_{cr,N} \cdot \sqrt{f_{cu,k}} \cdot h_{ef}^{1.5} \quad (4.5.3-2)$$

$$\Psi_{ch,s,N} = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^{n_{ch,N}} \left[\left(1 - \frac{s_i}{s_{cr,N}} \right)^{1.5} \frac{N_i}{N_0} \right]} \quad (4.5.3-3)$$

$$\Psi_{ch,e,N} = \left(\frac{c_1}{c_{cr,N}} \right)^{0.5} \quad (4.5.3-4)$$

$$\Psi_{ch,c,N} = \left(\frac{c_2}{c_{cr,N}} \right)^{0.5} \quad (4.5.3-5)$$

$$\Psi_{re,N} = 0.5 + \frac{h_{ef}}{200} \quad (4.5.3-6)$$

$$s_{cr,N} = (5.6 - 0.0144 \cdot h_{ef}) \cdot h_{ef} \geq 3 \cdot h_{ef} \quad (4.5.3-7)$$

$$c_{cr,N} = 0.5 \cdot s_{cr,N} \geq 1.5 \cdot h_{ef} \quad (4.5.3-8)$$

$$k_{cr,N} = 7.9 \cdot \alpha_{ch,N} \quad (4.5.3-9)$$

$$\alpha_{ch,N} = \left(\frac{h_{ef}}{180} \right)^{0.15} \quad (4.5.3-10)$$

式中： $N_{Rk,c}^0$ — 预埋槽道单根锚腿受拉时理想混凝土锥体破坏承载力标准值 (N)；

$k_{cr,N}$ — 开裂混凝土系数，计算值大于 7.9 时，应取 7.9；

$\alpha_{ch,N}$ — 槽式预埋件几何截面相关的影响系数，计算值大于 1.0 时，应取 1.0；

h_{ef} — 预埋槽道的有效锚固深度 (mm)，当 $h_{ch}/h_{ef} \leq 0.4$ 且 $b_{ch}/h_{ef} \leq 0.7$ 时，取锚腿底部到槽口顶部的距离 h_{ef} ；当 $h_{ch}/h_{ef} > 0.4$ 且 $b_{ch}/h_{ef} > 0.7$ 时，取锚腿底部到槽口底部的距离 h_{ef}^* (图 4.5.3a)；

$\Psi_{ch,s,N}$ — 单个锚腿受拉时，相邻锚腿间距对锚腿承载力的影响系数，计算值大于 1.0 时，应取 1.0；

$\Psi_{ch,e,N}$ — 单个锚腿受拉时，基材边距对锚腿承载力的影响系数，计算值大于

1.0 时，应取 1.0；

$\Psi_{ch,c,N}$ — 单个锚腿受拉时，基材边角部对锚腿承载力的影响系数，计算值大于 1.0 时，应取 1.0；若预埋槽道位于靠近两个边角部的混凝土构件时，应针对 $c_{2,1}$ 和 $c_{2,2}$ 分别计算得到两个影响系数，并取 $\Psi_{ch,c,N}$ 为两个影响系数结果的乘积；

$\Psi_{re,N}$ — 在预埋槽道锚固深度 h_{ef} 的范围内，因混凝土表层密集配筋的剥离作用对单个锚腿承载力的影响系数，计算值大于 1.0 时，应取 1.0；当混凝土内钢筋间距不小于 150mm 时，或钢筋的直径 d_{re} 不大于 10mm 且间距不小于 100mm 时，应取 1.0；

s_i — 在 $s_{cr,N}$ 范围内，被计算锚腿的相邻锚腿间距 (mm)，应不大于 $s_{cr,N}$ (图 4.5.3b)；

$s_{cr,N}$ — 锚腿的临界间距 (mm)；

N_i — 临界锚腿间距 $s_{cr,N}$ 内，与被计算锚腿相邻的锚腿受拉设计荷载 (N)；

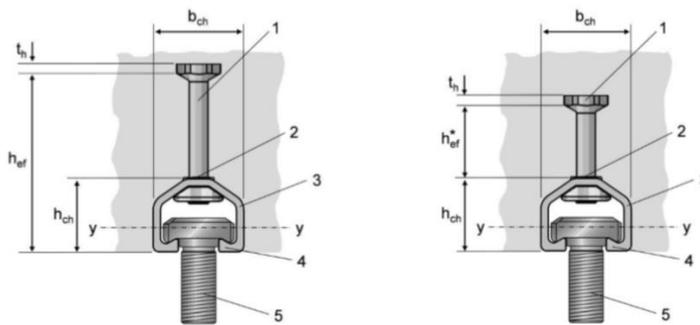
N_0 — 被计算的锚腿的受拉设计荷载 (N)；

$n_{ch,N}$ — 被计算锚腿两侧 $s_{cr,N}$ 的范围内锚腿的数量总和；

c_1 — 被计算锚腿轴心与平行于预埋槽道轴向基材边缘的距离 (mm)，若预埋槽道位于狭窄构件时，应取 $c_{1,1}$ 和 $c_{1,2}$ 中的较小值 (图 4.5.3c)；

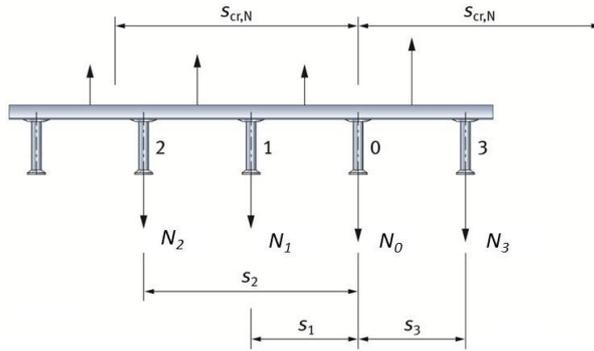
$c_{cr,N}$ — 预埋槽道的基材临界边距 (mm)；

c_2 — 被计算锚腿轴心与垂直于预埋槽道轴向基材边缘的距离 (mm) (图 4.5.3d)；



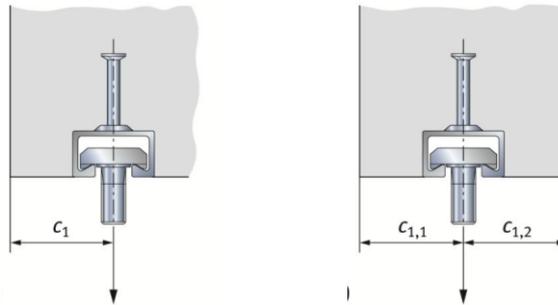
a) 预埋槽道的示意

1-锚腿；2-锚腿与槽道连接处；3-槽道；4-槽口；5-T型螺栓

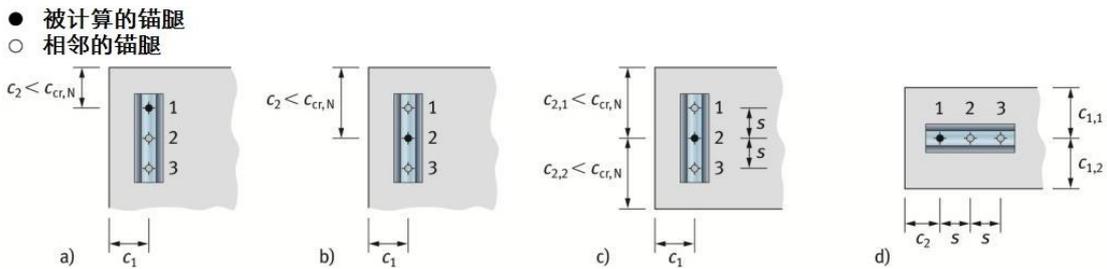


b) 预埋槽道受不均匀拉力示意

0-被计算的锚腿；1、2、3-临界锚腿间距内相邻的锚腿



c) 平行于预埋槽道轴向的边距示意



d) 垂直于预埋槽道轴向的边距示意

图 4.5.3 单根锚腿发生混凝土锥体破坏计算参数示意

4.5.4 槽式预埋件安装过程中不产生劈裂破坏的最小边距 c_{min} 、最小锚腿间距 s_{min} 、混凝土基材最小厚度 h_{min} ，应根据相关产品认证报告确定，无认证报告时，可按下列规定取用：

- 1 平行于槽式预埋件轴向的最小混凝土边距 c_{min} 应取混凝土临界劈裂边距 $c_{cr,sp}$ ；
- 2 锚腿的最小间距 s_{min} 不小于 50mm；
- 3 混凝土的最小厚度 h_{min} 不小于 $2.5h_{ef}$ ，且不应小于 150mm；
- 4 在基材边缘受力锚腿的混凝土临界劈裂边距 $c_{cr,sp}$ 不小于 $3h_{ef}$ ，且不应小于 150mm。

4.5.5 槽式预埋组件受拉，当满足下列条件之一时，可不考虑荷载作用下的劈裂破坏。

- 1 锚腿任意方向的边距 c 不小于 $1.2c_{cr,sp}$ ，基材厚度 h 不小于 h_{min} ；其中靠近基材边缘受力锚腿的防劈裂破坏临界边距 $c_{cr,sp}$ 和基材最小厚度 h_{min} 应依据相关产品认证报告取值；无认证报告时，应符合本规程第 4.5.4 条有关规定。

2 按开裂混凝土计算混凝土受拉锥体破坏和拔出破坏的承载力,且按本规程第 4.5.9 条设置预埋槽道受拉辅助钢筋,基材裂缝宽度 w_k 不大于 0.3mm。此时, 避免基材产生劈裂破坏的附加钢筋受力横截面积 $A_{s,re}$ 可按下式计算。

$$\Sigma A_{s,re} = 0.5 \cdot \frac{N_{Ed}^a}{f_{yk,re}/\gamma_{Ms,re}} \quad (4.5.5)$$

式中: N_{Ed}^a - 预埋槽道所受设计外荷载下受力最不利的单一锚腿拉力设计值 (N);

$f_{yk,re}$ - 槽式预埋件附加钢筋的抗拉屈服强度标准值 (N/mm²), 不应大于 600N/mm²。

4.5.6 槽式预埋组件受拉, 不满足本规程第 4.5.5 条的规定时, 应进行混凝土受拉劈裂破坏承载力验算, 受拉劈裂破坏承载力标准值 $N_{Rk,sp}$ 应按下列公式计算。

$$N_{Rk,sp} = N_{Rk}^0 \cdot \Psi_{ch,s,N} \cdot \Psi_{ch,e,N} \cdot \Psi_{ch,c,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{h,sp} \quad (4.5.6-1)$$

$$N_{Rk}^0 = \min\{N_{Rk,p}; N_{Rk,c}^0\} \quad (4.5.6-2)$$

$$\Psi_{h,sp} = \left(\frac{h}{h_{min}}\right)^{2/3} \quad (4.5.6-3)$$

$$s_{cr,sp} = 2 c_{cr,sp} \quad (4.5.6-4)$$

式中: $N_{Rk,p}$ - 拔出破坏承载力标准值 (N), 按本规程第 4.5.2 条的规定取值;

$N_{Rk,c}^0$ - 混凝土锥体破坏承载力标准值 (N), 按本规程第 4.5.3 条的规定计算;

$\Psi_{ch,s,N}$ - 按本规程第 4.5.3 条的规定计算, 其中 $s_{cr,N}$ 应由 $s_{cr,sp}$ 替代;

$\Psi_{ch,e,N}$ - 按本规程第 4.5.3 条的规定计算, 其中 $c_{cr,N}$ 应由 $c_{cr,sp}$ 替代;

$\Psi_{ch,c,N}$ - 按本规程第 4.5.3 条的规定计算, 其中 $c_{cr,N}$ 应由 $c_{cr,sp}$ 替代;

$\Psi_{re,N}$ - 按本规程第 4.5.3 条的规定计算;

$\Psi_{h,sp}$ - 混凝土劈裂破坏承载力相关的基材厚度影响参数, 不大于

$$\max\left\{1; \left(\frac{h_{ef} + c_{cr,sp}}{h_{min}}\right)^{2/3}\right\}, \text{ 且不大于 } 2;$$

$c_{cr,sp}$ - 靠近基材边缘的受力锚腿的防劈裂破坏临界边距 (mm), 应依据相关产品认证报告取值; 无认证报告时, 应根据本规程第 4.5.4 条取值;

$s_{cr,sp}$ - 混凝土劈裂破坏承载力相关的锚腿临界间距 (mm);

h_{min} - 基材最小厚度 (mm), 应依据相关产品认证报告取值; 无相关报告时, 应根据本规程第 4.5.4 条取值。

4.5.7 槽式预埋组件受拉, 当预埋槽道各锚腿的边距 c 大于 $0.5h_{ef}$ 时, 可不考虑混凝土构件侧边剥落破坏。当预埋槽道垂直于基材边缘时, 仅临近边缘的单个锚腿应进行混凝土构件侧边剥落破坏的验算; 其它条件时, 仅任意方向边距 c 不大于 $0.5h_{ef}$ 的锚腿应进行混凝土构件侧边剥落破坏的

验算。当需要完成验算时，其单根锚腿的破坏承载力标准值 $N_{Rk,cb}$ 应按下列公式进行计算。

$$N_{Rk,cb} = N_{Rk,cb}^0 \cdot \Psi_{ch,s,Nb} \cdot \Psi_{ch,g,Nb} \cdot \Psi_{ch,c,Nb} \cdot \Psi_{ch,h,Nb} \quad (4.5.7-1)$$

$$N_{Rk,cb}^0 = k_5 \cdot c_{a1} \cdot \sqrt{A_h} \cdot \sqrt{f_{cu,k}} \quad (4.5.7-2)$$

$$\text{当 } s \geq 4 \cdot c_1 \text{ 时,} \quad \Psi_{ch,g,Nb} = 1.0 \quad (4.5.7-3)$$

$$\text{当 } s < 4 \cdot c_1 \text{ 时,} \quad \Psi_{ch,g,Nb} = \sqrt{n} + (1 - \sqrt{n}) \cdot \frac{s}{4 \cdot c_1} \quad (4.5.7-4)$$

$$\Psi_{ch,c,Nb} = \left(\frac{c_2}{c_{cr,Nb}} \right)^{0.5} \quad (4.5.7-5)$$

$$\text{当 } f > 2 \cdot c_1 \text{ 时,} \quad \Psi_{ch,h,Nb} = 1.0 \quad (4.5.7-6)$$

$$\text{当 } f \leq 2 \cdot c_1 \text{ 时,} \quad \Psi_{ch,h,Nb} = \frac{h_{ef} + f}{4 \cdot c_1} \leq \frac{2 \cdot c_1 + f}{4 \cdot c_1} \quad (4.5.7-7)$$

$$s_{cr,Nb} = 4 \cdot c_1 \quad (4.5.7-8)$$

式中： $N_{Rk,cb}^0$ - 单根锚腿受拉时理想混凝土构件侧边剥落破坏承载力（N）；

k_5 - 开裂混凝土取 7.7；

$\Psi_{ch,s,Nb}$ - 相邻锚腿间距对锚腿承载力的影响系数，按本规程第 4.5.3 条 $\Psi_{ch,s,N}$ 计算取值，其中 $s_{cr,N}$ 应由 $s_{cr,Nb}$ 代替，锚腿的临界间距 $s_{cr,N}$ 应由 $s_{cr,Nb}$ 代替；

$\Psi_{ch,g,Nb}$ - 单个锚腿受拉时，相邻锚腿之间锚固受力范围重叠对单个锚腿承载力的影响系数，计算值小于 1.0 时，应取 1.0；

$\Psi_{ch,c,Nb}$ - 单个锚腿受拉时，基材边角部对单个锚腿承载力的影响系数，计算值大于 1.0 时，应取 1.0；若预埋槽道位于靠近两个边角部的混凝土构件时，应针对 $c_{2,1}$ 和 $c_{2,2}$ 分别计算得到两个影响系数，并取 $\Psi_{ch,c,Nb}$ 为两个影响系数结果的乘积；

$\Psi_{ch,h,Nb}$ - 单个锚腿受拉时，混凝土厚度对单个锚腿承载力的影响系数；

$s_{cr,Nb}$ - 混凝土构件侧边剥落破坏承载力相关的锚腿临界间距（mm）；

f - 预埋槽道锚腿末端墩头端部到基材底面的距离（mm）。

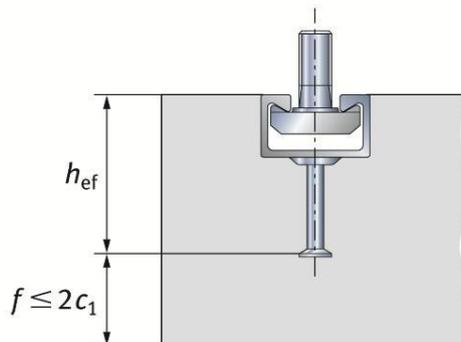


图 4.5.7 预埋槽道位于较薄混凝土基材边缘的示意

4.5.8 当槽式预埋件的混凝土锥体受拉破坏验算满足要求时，可不设置受拉附加钢筋；不满足要求时，附加钢筋钢材破坏承载力标准值和锚固破坏承载力标准值的计算应符合下列规定。

1 槽式预埋件附加钢筋的钢材破坏承载力标准值 $N_{Rk,re}$ 应按下列公式计算。

$$N_{Rk,re} = \sum_{i=1}^{n_{re}} A_{s,re,i} \cdot f_{yk,re} \quad (4.5.8-1)$$

式中： $A_{s,re,i}$ - 单根槽式预埋件附加钢筋受力横截面积 $A_{s,re}$ (mm^2)；

$f_{yk,re}$ - 槽式预埋件附加钢筋的抗拉屈服强度标准值 (N/mm^2)，不应大于 $600 \text{ N}/\text{mm}^2$ ；

n_{re} - 受力最不利锚腿计算所需附加钢筋数。

2 槽式预埋件附加钢筋的混凝土锚固破坏承载力设计值 $N_{Rd,a}$ 应按下列公式计算。

$$N_{Rd,a} = \sum_{i=1}^{n_{re}} N_{Rd,a,i}^0 \quad (4.5.8-2)$$

$$N_{Rd,a,i}^0 = 1.575 \cdot l_1 \cdot \pi \cdot d_{re} \cdot f_t \leq \frac{A_{s,re} \cdot f_{yk,re}}{\gamma_{Ms,re}} \quad (4.5.8-3)$$

式中： $N_{Rd,a,i}^0$ - 单根附加钢筋的混凝土锚固破坏承载力设计值 (N)；

l_1 - 混凝土锥体中附加钢筋的锚固深度 (mm)，应大于本规程第 4.5.9 条规定的最小锚固深度；

d_{re} - 附加钢筋的直径 (mm)；

f_t - 混凝土轴心抗拉强度设计值 (N/mm^2)；

4.5.9 槽式预埋件在承受拉力作用时，附加钢筋的设置应符合下列规定 (图 4.5.9)：

1 混凝土锥体破坏区域的两侧均应布置满足设计要求的钢筋；

2 附加钢筋的设计应按受力最不利锚腿计算，并按此对所有锚腿进行配筋；

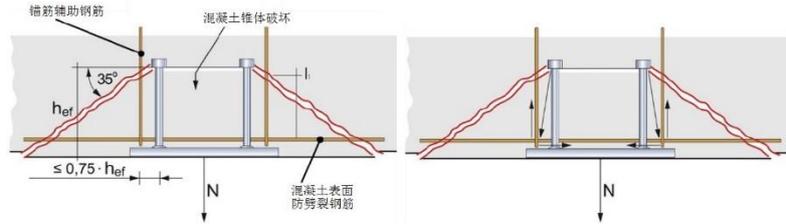
3 附加钢筋应使用直径 d_{re} 不大于 16mm ，屈服强度设计值不宜大于 $435\text{N}/\text{mm}^2$ 的热轧带肋钢筋；附加钢筋的箍筋轴心直径 d_{re} 应满足现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中的相关规定；

4 附加钢筋应在锚腿两侧对称布置并应在允许范围内尽量靠近锚腿，与锚腿的距离不宜大于 $0.75h_{ef}$ ；

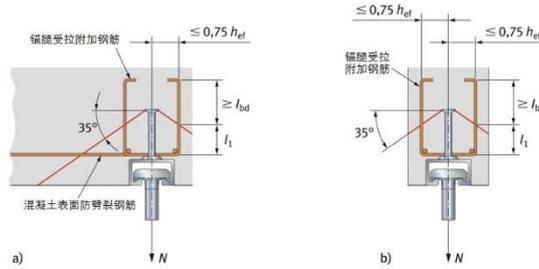
5 当附加钢筋为弯折、弯钩锚固或闭合环状时，混凝土受拉锥体破坏范围内的有效锚固深度 l_1 不应小于 4 倍钢筋直径 d_{re} ；当附加钢筋为直钢筋时，无论是否有垂直方向的焊接钢筋，混凝土受拉锥体破坏范围内的有效锚固深度 l_1 不应小于 10 倍钢筋直径 d_{re} 。

6 附加钢筋的布置应伸出混凝土受拉锥体破坏范围外，外伸锚固长度 l_{bd} 应当满足现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中的相关规定；

7 当预埋槽道需平行于混凝土构件的边缘设计，或在狭小混凝土基材中设计时，附加钢筋应垂直于预埋槽道的轴向进行设计 (图 4.5.9b)。



a) 槽式预埋件附加抗拉钢筋及简化力学模型



b) 槽式预埋件位于混凝土边缘或狭小构件的附加抗拉钢筋示意

图 4.5.9 槽式预埋件附加抗拉钢筋示意

4.5.10 槽式预埋组件受剪时，钢材破坏承载力标准值应符合下列规定：

1 无力臂的 T 型螺栓受剪时发生的钢材破坏承载力标准值 $V_{Rk,s}$ ，可依据相关产品认证报告取用；若无相关报告， $V_{Rk,s}$ 应按下式计算。

$$V_{Rk,s} = \alpha_s \cdot N_{Rk,s}, \quad (4.5.10-1)$$

式中： α_s - 对于强度等级小于 8.8 级的碳钢螺栓和强度大于等于 500Mpa，小于等于 700Mpa 的不锈钢螺栓，取为 0.6；对于强度等级为 8.8 级的碳钢螺栓，取为 0.5；

2 有力臂的 T 型螺栓受剪时发生的钢材破坏承载力标准值 $V_{Rk,s,M}$ 应按下式计算，且不得大于无力臂的 T 型螺栓受剪时发生的钢材破坏承载力标准值 $V_{Rk,s}$ 。

$$V_{Rk,s,M} = \frac{\alpha_M \cdot M_{Rk,s}}{l_a} \quad (4.5.10-2)$$

$$M_{Rk,s} = M_{Rk,s}^0 \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}^{cb}}{N_{Rd,s}}\right) \quad (4.5.10-3)$$

$$M_{Rk,s}^0 = 1.2 \cdot W_{el,b} \cdot f_{stk,b} \quad (4.5.10-4)$$

且 $M_{Rk,s}^0 \leq 0.5 \cdot N_{Rk,s,l} \cdot a \quad (4.5.10-5)$

$$M_{Rk,s}^0 \leq 0.5 \cdot N_{Rk,s} \cdot a \quad (4.5.10-6)$$

式中： α_M - 被紧固物在 T 型螺栓有力臂时受剪的约束系数，当被紧固物无约束时， α_M 取 1.0；当被紧固物被完全约束时， α_M 取 2.0；

$M_{Rk,s}$ - T 型螺栓的受弯承载力标准值 (N·mm)；

l_a - T 型螺栓上力臂的长度 (mm)；

$M_{Rk,s}^0$ - 有力臂 T 型螺栓的理想受弯承载力 (N·mm)，可依据相关产品认

证报告取用；无相关认证报告，应按公式（4.5.10-4）计算，且应满足公式（4.5.10-5）和（4.5.10-6）的要求；

N_{Ed}^{cb} - T型螺栓受到的拉力荷载设计值（N）；

$W_{el,b}$ - T型螺栓螺杆部位的弹性截面抵抗矩（ mm^3 ）；

a - T型螺栓在预埋槽道中受剪时的内力臂长度（mm）；

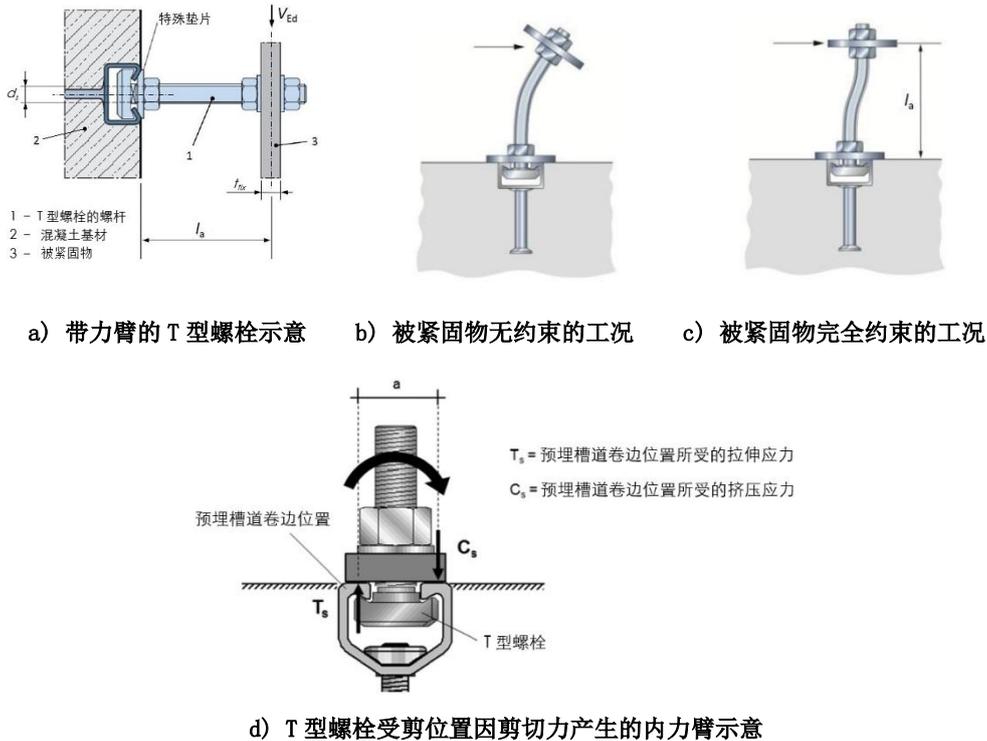


图 4.5.10 T 型螺栓受剪示意

- 3 垂直剪力作用下，锚腿的钢材破坏承载力标准值 $V_{Rk,sa,y}$ 可依据相关产品认证报告取用；
- 4 平行剪力作用下，锚腿的钢材破坏承载力标准值 $V_{Rk,sa,x}$ 可依据相关产品认证报告取用；
- 5 垂直剪力作用下，发生在锚腿与槽道连接处的钢材破坏承载力标准值 $V_{Rk,sc,y}$ 可依据相关产品认证报告取用；
- 6 平行剪力作用下，发生在锚腿与槽道连接处的钢材破坏承载力标准值 $V_{Rk,sc,x}$ 可依据相关产品认证报告取用。
- 7 垂直剪力作用下，槽口的钢材破坏承载力标准值 $V_{Rk,sl,y}$ 应按式（4.5.1-2）计算，式中的 $N_{Rk,sl}$ 、 $N_{Rk,sl}^0$ 和 $\psi_{L,N}$ 应分别替换成 $V_{Rk,sl,y}$ 、 $V_{Rk,sl}^0$ 和 $\psi_{L,V}$ ， $\psi_{L,V}$ 应按式（4.5.1-3）计算， $V_{Rk,sl}^0$ 可依据相关产品认证报告取用。
- 8 平行剪力作用下，槽口和 T 型螺栓的咬合破坏承载力标准值 $V_{Rk,sl,x}$ 可依据相关产品认证报告取用。

4.5.11 槽式预埋组件受剪时，单根锚腿剪撬破坏应选受力最不利的锚腿进行验算，剪撬破坏承载

力标准值 $V_{Rk, cp}$ 应符合下列规定:

1 无附加钢筋时, 在垂直剪力和平行剪力作用下, 单根锚腿的混凝土剪撬破坏承载力标准值 $V_{Rk, cp, y}$ 和 $V_{Rk, cp, x}$ 应按下列公式计算。

$$V_{Rk, cp} = V_{Rk, cp, x} = V_{Rk, cp, y} = k_8 \cdot N_{Rk, c} \quad (4.5.11-1)$$

式中: k_8 - 预埋槽道受剪时混凝土撬破坏承载力相关的系数, 当 h_{ef} 小于 60mm 时, 取 k_8 等于 1.0; 当 h_{ef} 不小于 60mm 时, k_8 等于 2.0;

2 当设置了槽式预埋件抗剪附加钢筋时, 在垂直剪力和平行剪力作用下, 单根锚腿的混凝土剪撬破坏承载力标准值 $V_{Rk, cp, y}$ 和 $V_{Rk, cp, x}$ 应按下列公式计算。

$$V_{Rk, cp} = V_{Rk, cp, x} = V_{Rk, cp, y} = 0.75 \cdot k_8 \cdot N_{Rk, c} \quad (4.5.11-2)$$

4.5.12 垂直剪力作用下, 单根锚腿混凝土边缘破坏应选受力最不利的锚腿进行验算, 单根锚腿的混凝土边缘破坏承载力标准值 $V_{Rk, c, y}$ 应按下列公式计算。

$$V_{Rk, c, y} = V_{Rk, c, y}^0 \cdot \Psi_{ch, s, V, y} \cdot \Psi_{ch, c, V, y} \cdot \Psi_{ch, h, V, y} \cdot \Psi_{ch, 90^\circ, V, y} \cdot \Psi_{re, V} \quad (4.5.12-1)$$

$$V_{Rk, c, y}^0 = k_{12} \cdot \sqrt{f_{cu, k}} \cdot c_1^{4/3} \quad (4.5.12-2)$$

$$\Psi_{ch, s, V, y} = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n \frac{c_{ch, V, i}}{s_{cr, V}} \left[\left(1 - \frac{s_i}{s_{cr, V}} \right)^{1.5} \frac{V_i}{V_0} \right]} \leq 1.0 \quad (4.5.12-3)$$

$$\Psi_{ch, c, V, y} = \left(\frac{c_2}{c_{cr, V}} \right)^{0.5} \leq 1.0 \quad (4.5.12-4)$$

$$\Psi_{ch, h, V, y} = \left[\frac{h}{h_{cr, V}} \right]^{0.5} \leq 1.0 \quad (4.5.12-5)$$

$$\text{当 } h_{ch}/h_{ef} \leq 0.4 \text{ 且 } b_{ch}/h_{ef} \leq 0.7 \text{ 时 } \quad s_{cr, V} = 4 \cdot c_1 + 2 \cdot b_{ch} \quad (4.5.12-6)$$

$$c_{cr, V} = 2 \cdot c_1 + b_{ch} \quad (4.5.12-7)$$

$$\text{当 } h_{ch}/h_{ef} \leq 0.4 \text{ 且 } b_{ch}/h_{ef} \leq 0.7 \text{ 时 } \quad h_{cr, V} = 2 \cdot c_1 + 2 \cdot h_{ch} \quad (4.5.12-8)$$

式中: $V_{Rk, c, y}^0$ - 垂直剪力作用下, 单根锚腿的理想混凝土边缘破坏承载力标准值 (N);

k_{12} - 受剪时与预埋槽道几何截面相关的影响系数, 应依据相关产品认证报告取用; 若无相关报告, 对于开裂混凝土, 宜取 4.0;

$f_{cu, k}$ - 混凝土立方体抗压强度标准值 (N/mm²), 不应大于 60MPa;

$\Psi_{ch, s, V, y}$ - 相邻锚腿间距对单个锚腿混凝土边缘破坏承载力的影响系数 (图 4.5.12a);

$\Psi_{ch, c, V, y}$ - 混凝土边角部对单个锚腿混凝土边缘破坏承载力的影响系数; 若预埋槽道位于靠近两个边角部的混凝土构件时 (图 4.5.12b), 应针对 $c_{2,1}$ 和 $c_{2,2}$ 分别计算得到两个影响系数, 并取 $\Psi_{ch, c, V, y}$ 为两个影响系数结果的乘积;

$\Psi_{ch, h, V, y}$ - 当预埋槽道预埋在混凝土厚度 h 小于 $h_{cr, V}$ 时 (图 4.5.12c), 基材

厚度 h 对单个锚腿混凝土边缘破坏承载力的影响系数;

$\Psi_{ch,90^\circ,V,y}$ - 剪力是否平行于混凝土边缘的系数; 当垂直剪力平行于混凝土边缘时(图 4.5.12d), $\Psi_{ch,90^\circ,V,y}$ 取为 2.5; 其它条件时, $\Psi_{ch,90^\circ,V,y}$ 取为 1.0;

$\Psi_{re,V}$ - 混凝土边缘设置槽式预埋件附加钢筋对单个锚腿混凝土边缘破坏承载力的影响系数; 当混凝土边缘无附加钢筋或箍筋时, $\Psi_{re,V}$ 取为 1.0; 当混凝土边缘有附加钢筋或箍筋时, $\Psi_{re,V}$ 取为 1.4;

s_i - 在 $s_{cr,V}$ 范围内, 与被计算锚腿相邻的锚腿间距(mm)(图 4.5.12a), s_i 不应大于 $s_{cr,V}$;

$s_{cr,V}$ - 锚腿的临界间距(mm); 当不满足公式(4.5.12-6)的计算条件时, 应依据产品认证报告取值, 且设计时取值不得小于公式(4.5.12-6)的计算值;

V_i - $s_{cr,V}$ 范围内相邻锚腿的受剪设计荷载(N), 可按本规程第 4.2.10 条计算;

V_0 - 被计算锚腿的受剪设计荷载(N), 可按本规程第 4.2.10 条计算;

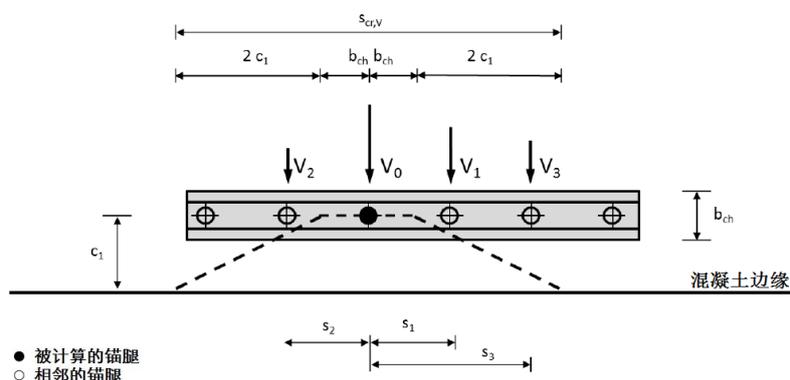
$n_{ch,V}$ - 被计算锚腿两侧 $s_{cr,V}$ 的范围内锚腿的数量总和;

c_1 - 被计算锚腿轴心与和剪力方向垂直的基材边缘的距离(mm);

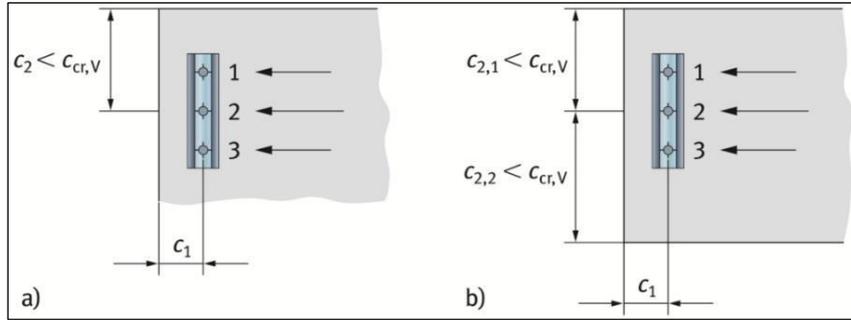
$c_{cr,V}$ - 预埋槽道的基材临界边距(mm);

c_2 - 被计算锚腿轴心与和剪力方向平行的基材边缘的距离(mm);

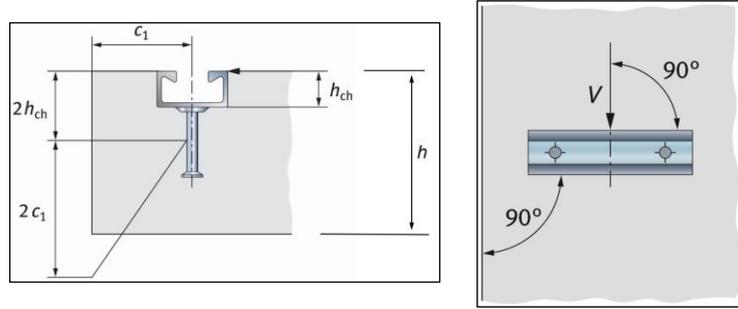
$h_{cr,V}$ - 预埋槽道对应混凝土边缘抗剪的基材临界厚度(mm), 当不满足公式(4.5.12-8)的计算条件时, 应依据产品认证报告取值, 且设计时取值不得小于公式(4.5.12-8)的计算值;



a) 预埋槽道受垂直不均匀剪力示意



b) 预埋槽道位于混凝土构件边角部示意



c) 混凝土基材厚度的影响

d) 剪力方向的示意

图 4.5.12 垂直剪力作用下，单根锚腿的混凝土边缘破坏

4.5.13 平行剪力作用下，单根锚腿混凝土边缘破坏应选受力最不利的锚腿进行验算，并应符合下列规定：

1 单根锚腿的混凝土边缘破坏承载力标准值 $V_{Rk,c,x}$ 应按下列公式计算。

$$V_{Rk,c,x} = V_{Rk,c,x}^0 \cdot \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0} \cdot \Psi_{ch,e,V,x} \cdot \Psi_{ch,h,V,x} \cdot \Psi_{ch,90^\circ,V,x} \cdot \Psi_{re,V} \quad (4.5.13-1)$$

$$V_{Rk,c,x}^0 = k_9 \cdot d_a^\alpha \cdot h_{ef}^\beta \cdot \sqrt{f_{cu,k}} \cdot c_1^{1.5} \quad (4.5.13-2)$$

$$\alpha = 0.1 \cdot \left(\frac{h_{ef}}{c_1}\right)^{0.5} \quad (4.5.13-3)$$

$$\beta = 0.1 \cdot \left(\frac{d_a}{c_1}\right)^{0.2} \quad (4.5.13-4)$$

$$d_a = \sqrt[4]{\frac{w_A t_w^3}{12} \cdot \frac{64}{\pi}} \quad (4.5.13-5)$$

$$A_{c,V}^0 = 4.5 \cdot c_1^2 \quad (4.5.13-6)$$

当 $h < 1.5 \cdot c_1$ 时， $A_{c,V} = 2 \cdot (1.5 \cdot c_1) \cdot h \quad (4.5.13-7)$

当 $c_2 < 1.5 \cdot c_1$ 时， $A_{c,V} = 1.5 \cdot c_1 \cdot (1.5 \cdot c_1 + c_2) \quad (4.5.13-8)$

当 $c_2 < 1.5 \cdot c_1$ ，且 $h < 1.5 \cdot c_1$ 时， $A_{c,V} = h \cdot (1.5 \cdot c_1 + c_2) \quad (4.5.13-9)$

$$\Psi_{ch,e,V,x} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c_2}{1.5 \cdot c_1} \quad (4.5.13-10)$$

$$\Psi_{ch,h,V,x} = \sqrt{\frac{1.5 \cdot c_1}{h}} \quad (4.5.13-11)$$

式中： $V_{Rk,c,x}^0$ - 平行剪力作用下，单根锚腿的理想混凝土边缘破坏承载力标准值

(N);

k_9 - 对于开裂混凝土, 取 1.4;

d_a - 锚腿的等效直径 (mm), 工字型锚腿应按公式 (4.5.13-5) 计算;

h_{ef} - 预埋槽道的有效锚固深度 (mm), 不应大于 $12d_a$;

c_1 - 边距 (mm);

$A_{c,V}^0$ - 单根锚腿的混凝土边缘破坏承载力的理想侧向投影面积 (mm^2);

$A_{c,V}$ - 单根锚腿的混凝土边缘破坏承载力的实际侧向投影面积 (mm^2);

$\Psi_{ch,e,V,x}$ - 基材边距对单个锚腿的混凝土边缘破坏承载力的影响系数, 计算值大于 1.0 时, 应取 1.0;

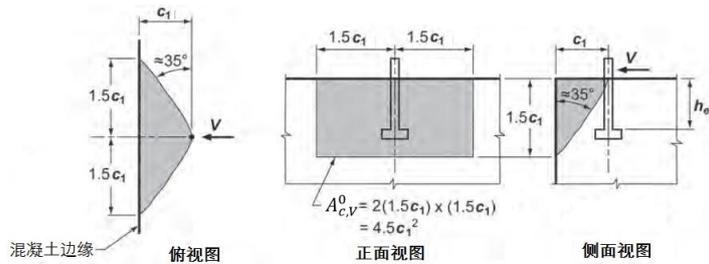
$\Psi_{ch,h,V,x}$ - 基材厚度 h 对单个锚腿的混凝土边缘破坏承载力的影响系数, 计算值小于 1.0 时, 应取 1.0;

$\Psi_{ch,90^\circ,V,x}$ - 剪力是否平行于混凝土边缘的系数, 当平行剪力平行于混凝土边缘时, $\Psi_{ch,90^\circ,V,x}$ 取为 2.0 ; 其他情况时, $\Psi_{ch,90^\circ,V,x}$ 取为 1.0;

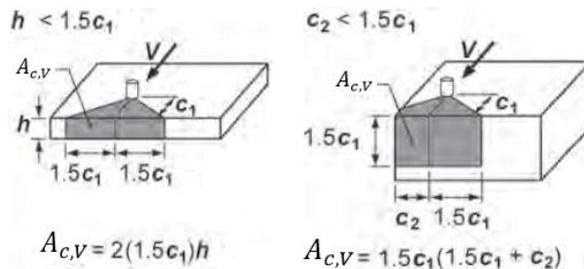
2 满足下列条件, 计算单根锚腿的混凝土边缘破坏承载力标准值时, 应分别用 c'_1 代替相应公式中的 c_1 计算 $V_{Rk,c,x}^0$ 、 $A_{c,V}^0$ 、 $A_{c,V}$ 、 $\Psi_{ch,e,V,x}$ 和 $\Psi_{ch,h,V,x}$ 值 (图 4.5.13d), c'_1 应按式 (4.5.13-12) 计算。

- 1) 基材混凝土厚度 h 小于 $1.5c_1$;
- 2) 平行于剪力作用方向的边距 $c_{2,1}$ 不大于 $1.5c_1$ 、 $c_{2,2}$ 不大于 $1.5c_1$ 。

$$c'_1 = \max (c_{2,1}/1.5, c_{2,2}/1.5, h/1.5) \quad (4.5.13-12)$$



a) 混凝土边缘破坏承载力的理想侧向投影面积 $A_{c,V}^0$ 的计算示意



b) 混凝土边缘破坏承载力的实际侧向投影面积 $A_{c,V}$ 的计算示意

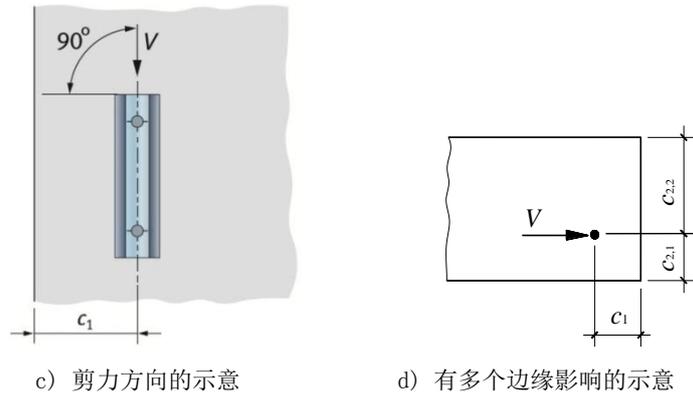


图 4.5.13 平行剪力作用下，单根锚腿的混凝土边缘破坏

4.5.14 槽式预埋件的混凝土边缘破坏验算满足要求时，可不设置受剪附加钢筋；不满足要求时，应依据本规程第 4.5.8 条计算槽式预埋件附加钢筋钢材破坏承载力标准值和锚固破坏承载力标准值。

4.5.15 垂直剪力作用下，槽式预埋件附加钢筋的设置应符合下列规定：

1 附加钢筋的设计应按受力最不利锚腿计算，并应对同一预埋槽道所有的可能导致混凝土边缘破坏的锚腿进行配筋；

2 附加钢筋应使用直径 d_{re} 不大于 16mm，屈服强度设计值不宜大于 435N/mm^2 的热轧带肋钢筋；附加钢筋的箍筋轴心直径 d_{re} 应满足现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中的相关规定；

3 附加钢筋与锚腿的距离不宜大于 $0.75c_1$ ；

4 当附加钢筋为弯折、弯钩锚固或闭合环状时，混凝土受剪边缘破坏范围内的有效锚固深度 l_1 不应小于 4 倍钢筋直径 d_{re} ；当附加钢筋为直钢筋时，无论是否有垂直方向的焊接钢筋，混凝土受剪边缘破坏范围内的有效锚固深度 l_1 不应小于 10 倍钢筋直径 d_{re} 。

5 附加钢筋的布置应伸出混凝土受剪边缘破坏范围外，外伸锚固长度 l_{bd} 应当满足现行国家标准 GB 50010《混凝土结构设计规范》中的相关规定。

6 假定有附加钢筋时混凝土破坏范围与 4.5.12 条中混凝土边缘破坏一致。

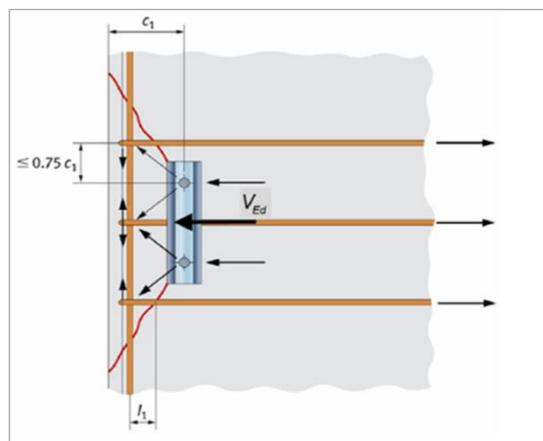


图 4.5.15 预埋槽道附加抗剪钢筋的简化设计模型（剪力垂直于混凝土边缘）

4.5.16 平行剪力作用下，槽式预埋件附加钢筋的设置应符合本规程第 4.5.15 条的规定，且附加钢筋仅可设置为上层钢筋（箍筋和边缘钢筋）。

1 预埋槽道平行于混凝土边缘，当剪力平行或倾斜于混凝土边缘时（图 4.5.16a），可假定平行于混凝土边缘的剪力垂直并向外作用于混凝土边缘，附加钢筋内力计算可依据本规程第 4.2.12 条。

2 预埋槽道垂直于混凝土边缘，延槽方向的剪力应由最靠近混凝土边缘的锚腿传递给附加钢筋，且附加钢筋与锚腿的距离应小于 $0.75 \cdot c_f$ （图 4.5.16b）。

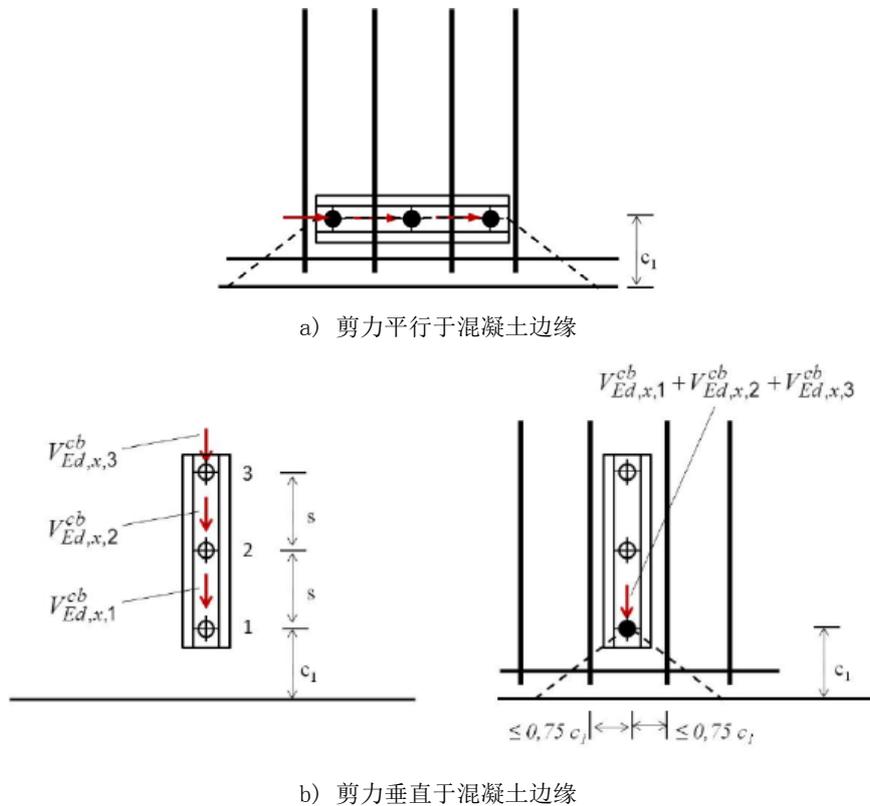


图 4.5.16 预埋槽道附加抗剪钢筋示意

4.5.17 当基材无附加钢筋时，预埋槽道在同时承受拉力和剪力时，应按三种破坏形式（T 型螺栓钢材破坏、预埋槽道钢材破坏和混凝土锚固破坏）进行验算，并应符合下列规定。

1 拉剪复合受力时，T 型螺栓钢材破坏的验算应按下列公式计算，当 T 型螺栓为有力臂抗剪时，可不验算。

$$\left(\frac{N_{Ed}^{cb}}{N_{Rd,s}}\right)^2 + \left(\frac{V_{Ed}^{cb}}{V_{Rd,s}}\right)^2 \leq 1.0 \quad (4.5.17-1)$$

$$V_{Ed}^{cb} = [(V_{Ed,y}^{cb})^2 + (V_{Ed,x}^{cb})^2]^{0.5} \quad (4.5.17-2)$$

式中： N_{Ed}^{cb} - T 型螺栓上所受拉力的设计值（N）；

V_{Ed}^{cb} - T 型螺栓上所受的垂直剪力和平行剪力的合力设计值（N）；

2 拉剪复合受力时，预埋槽道钢材破坏的验算应满足下列公式要求。

$$\text{槽口破坏} \quad \max\left(\frac{N_{Ed}^{cb}}{N_{Rd,sl}}; \frac{M_{Ed}^{ch}}{M_{Rd,flex}}\right)k_{13} + \left(\frac{V_{Ed,y}^{cb}}{V_{Rd,sl,y}}\right)k_{13} \leq \left(1.0 - \frac{V_{Ed,x}^{cb}}{V_{Rd,sl,x}}\right)^{k_{13}} \quad (4.5.17-3)$$

锚腿破坏和连接处破坏

$$\max\left(\frac{N_{Ed}^a}{N_{Rd,sa}}; \frac{N_{Ed}^a}{N_{Rd,sc}}\right)k_{14} + \max\left(\frac{V_{Ed,y}^a}{V_{Rd,sa,y}}; \frac{V_{Ed,y}^a}{V_{Rd,sc,y}}\right)k_{14} \leq \left(1.0 - \max\left(\frac{V_{Ed,x}^a}{V_{Rd,sa,x}}; \frac{V_{Ed,x}^a}{V_{Rd,sc,x}}\right)\right)^{k_{14}} \quad (4.5.17-4)$$

式中: K_{13} - 槽口破坏系数, 抗震验算时取 1.0;

M_{Ed}^{ch} - 预埋槽道受拉时的弯矩设计值 (N-mm);

K_{14} - 锚腿破坏和连接处破坏系数, 抗震验算时取 1.0;

N_{Ed}^a - 锚腿上所受拉力的设计值 (N);

V_{Ed}^a - 锚腿上所受剪力的设计值 (N)。

3 拉剪复合力时, 混凝土锚固破坏的验算应满足下式要求。

$$\left(\frac{N_{Ed}^a}{N_{Rd,nc}}\right)^\alpha + \left(\frac{V_{Ed,y}^a}{V_{Rd,nc,y}}\right)^\alpha + \left(\frac{V_{Ed,x}^a}{V_{Rd,nc,x}}\right)^\alpha \leq 1.0 \quad (4.5.17-5)$$

式中: α - 锚固破坏系数, 抗震验算时取 1.0;

$N_{Rd,nc}$ - 无受拉附加钢筋时, 取 $N_{Rd,p}$ 、 $N_{Rd,sp}$ 、 $N_{Rd,c}$ 和 $N_{Rd,ca}$ 的最小值 (N);

有受拉附加钢筋时, 取 $N_{Rd,p}$ 、 $N_{Rd,sp}$ 、 $N_{Rd,re}$ 、 $N_{Rd,a}$ 和 $N_{Rd,ca}$ 的最小值 (N);

$V_{Rd,nc,y}$ - 无垂直剪力附加钢筋时, 取 $V_{Rd,c}$ 和 $V_{Rd,cp,y}$ 的最小值 (N);

有垂直剪力附加钢筋时, 取 $N_{Rd,re}$ 、 $N_{Rd,a}$ 和 $V_{Rd,cp,y}$ 的最小值 (N);

$V_{Rd,nc,x}$ - 无平行于剪力附加钢筋时, 取 $V_{Rd,c,x}$ 和 $V_{Rd,cp,x}$ 的最小值 (N);

有平行剪力附加钢筋时, 取 $N_{Rd,re}$ 、 $N_{Rd,a}$ 和 $V_{Rd,cp,x}$ 的最小值 (N);

4 拉剪复合力时, 承载力验算中各项承载力设计值应考虑各自地震作用下锚固承载力降低系数 k 、抗震调整系数 γ_{RE} 及承载力分项系数 γ_M , 并按下列公式计算。

$$N_{Rd,*} = \frac{kN_{Rk,*}}{\gamma_{RE}\gamma_M} \quad (4.5.17-6)$$

$$V_{Rd,*} = \frac{kV_{Rk,*}}{\gamma_{RE}\gamma_M} \quad (4.5.17-7)$$

4.5.18 基材中布置了附加钢筋时, 槽式预埋组件在承受拉剪复合力时, 应符合下列规定。

- 1 槽式预埋组件的 T 型螺栓钢材破坏验算, 应满足式 (4.5.17-1) 的要求。
- 2 槽式预埋组件的槽口破坏、槽道受弯破坏的验算, 应满足式 (4.5.17-3) 的要求。
- 3 槽式预埋组件的锚腿破坏、锚腿与槽道连接处破坏的验算, 应满足式 (4.5.17-4) 的要求。
- 4 混凝土破坏模式的验算, 应分三种情况进行验算:

1) 当同时设置承受拉力的附加钢筋和承受剪力的附加钢筋时, 应按照式 (4.5.17-5) 进行验算; 其中的受拉锥体破坏的验算值 ($N_{Ed}/N_{Rd,c}$) 应用受拉附加钢筋的 2 种破坏承载力替换; 混凝土受剪边缘破坏的验算值 ($V_{Ed}/V_{Rd,c}$) 应用受剪附加钢筋的 2 种破坏承载力替换。

2) 当只设置承受拉力的附加钢筋时, 应按下式进行验算, $N_{Rd,i}$ 分别代表拔出破坏 $N_{Rd,p}$ 、劈裂破坏 $N_{Rd,sp}$ 、受拉侧边剥落破坏 $N_{Rd,cb}$ 、附加钢筋钢材破坏 $N_{Rd,re}$ 、附加钢筋锚固破坏 $N_{Rd,a}$ 共

5 个模式, 并采用其中 $\left(\frac{N_{Ed}^a}{N_{Rd,i}}\right)$ 的较大值; $V_{Rd,i}$ 分别代表混凝土边缘破坏 $V_{Rd,c}$ 、剪撬破坏 $V_{Rd,cp}$

共 2 个模式, 并采用其中 $\left(\frac{V_{Ed}^a}{V_{Rd,i}}\right)$ 的较大值。

$$\left(\frac{N_{Ed}^a}{N_{Rd,i}}\right) + \left(\frac{V_{Ed}^a}{V_{Rd,i}}\right) \leq 1 \quad (4.5.18)$$

3) 当只设置承受剪力的附加钢筋时, 也应当按照公式 (4.5.18) 进行验算, $N_{Rd,i}$ 分别代表拔出破坏 $N_{Rd,p}$ 、锥体破坏 $N_{Rd,c}$ 、劈裂破坏 $N_{Rd,sp}$ 、受拉侧边剥落破坏 $N_{Rd,cb}$ 共 4 个模式, 并采用其

中 $\left(\frac{N_{Ed}^a}{N_{Rd,i}}\right)$ 的较大值; $V_{Rd,i}$ 分别代表混凝土剪撬破坏 $V_{Rd,cp}$ 、附加钢筋钢材破坏 $N_{Rd,re}$ 、附加钢筋

锚固破坏 $N_{Rd,a}$ 共 3 个模式, 并采用其中 $\left(\frac{V_{Ed}^a}{V_{Rd,i}}\right)$ 的较大值。

4.6 槽式预埋组件的承载力计算 (二)

4.6.1 槽式预埋组件受拉时, 钢材破坏承载力标准值应符合下列规定:

1 锚腿位置、锚腿与槽道连接处、槽口位置、T 型螺栓破坏受拉承载力标准值 $N_{Rk,sa}$, 应取现行行业标准《建筑用槽式预埋组件》中槽式预埋组件受拉承载力标准值, T 型螺栓破坏受拉承载力标准值 $N_{Rk,s}$, 尚不应大于本规程式 (4.5.1-2) 的计算值。

2 预埋槽道的受弯承载力标准值 $M_{Rk,s,flex}$ 可按下式计算。

$$M_{Rk,sflex} = W_{pl,y} \cdot f_{yk,ch} \quad (4.6.1)$$

式中: $W_{pl,y}$ - 槽式预埋件的截面抵抗矩 (mm^3);

$f_{yk,ch}$ - 槽式预埋件钢材的抗拉屈服强度标准值 (Mpa)。

4.6.2 槽式预埋组件受剪时, 钢材破坏承载力标准值应符合下列规定:

1 无力臂的 T 型螺栓受剪时发生的钢材破坏承载力标准值 $V_{Rk,s}$, 应按照本规程第 4.5.10 条第 1 款的规定计算取值。

2 有力臂的 T 型螺栓受剪时发生的钢材破坏承载力标准值 $V_{Rk,s,M}$, 应按照本规程第 4.5.10 条第 2 款的规定计算取值。

3 垂直剪力作用下, 锚腿的钢材破坏承载力标准值 $V_{Rk,sa,y}$, 应取现行行业标准《建筑用槽式预

埋组件》中槽式预埋组件锚固垂直受剪承载力标准值的二分之一。

4 平行剪力作用下，锚腿的钢材破坏承载力标准值 $V_{RK,sa,x}$ ，应取现行行业标准《建筑用槽式预埋组件》中槽式预埋组件锚固平行受剪承载力标准值的二分之一。

5 垂直剪力作用下，发生在锚腿与槽道连接处的钢材破坏承载力标准值 $V_{RK,sc,y}$ ，应取现行行业标准《建筑用槽式预埋组件》中槽式预埋组件锚固垂直受剪承载力标准值的二分之一。

6 平行剪力作用下，发生在锚腿与槽道连接处的钢材破坏承载力标准值 $V_{RK,sc,x}$ ，应取现行行业标准《建筑用槽式预埋组件》中槽式预埋组件锚固平行受剪承载力标准值的二分之一。

7 垂直剪力作用下，槽口的钢材破坏承载力标准值 $V_{RK,s1,y}$ ，应取现行行业标准《建筑用槽式预埋组件》中槽式预埋组件锚固垂直受剪承载力标准值。

8 平行剪力作用下，槽口和 T 型螺栓的咬合破坏承载力标准值 $V_{RK,s1,x}$ ，应取现行行业标准《建筑用槽式预埋组件》中槽式预埋组件锚固平行受剪承载力标准值。

4.6.3 槽式预埋组件的其他破坏形式，应满足本规程第 4.5 节的相关规定。

5 抗震构造措施

5.0.1 锚固连接不应位于基材混凝土结构塑性铰区。

5.0.2 锚栓的构造应符合现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ145的有关规定。

5.0.3 对于功能等级为一级的锚栓，其公称直径不得小于 10mm，按构造要求确定的锚固深度不应小于 60mm。

5.0.4 抗震锚固连接锚栓的最小有效锚固深度不宜小于 40mm，化学锚栓尚应符合表 5.0.4 的规定；当有充分试验依据及可靠工程经验并经认证许可时，可不受其限制。

表 5.0.4 化学锚栓最小有效锚固深度 $h_{ef,min}$

锚栓类型	抗震烈度	$h_{ef,min}$
普通化学锚栓	6-8 度	$7d$
特殊倒锥形化学锚栓	6-8 度	$6d$

注：d—锚栓杆、螺杆公称直径。

5.0.5 新建工程需要采用锚栓锚固时，可在锚固区预设钢筋网，钢筋直径不应小于 8mm。功能级别为一，二级时，钢筋间距不应大于 100mm；一般的锚固时，钢筋间距不宜大于 150mm。

5.0.6 锚栓的最小边间距应符合表 5.0.6 的规定。

表 5.0.6 锚栓最小边间距

锚栓类型	最小间距 s	最小边距 c
扩底型锚栓	$6d_{nom}$	$6d_{nom}$
自攻锚栓	$6d_{nom}$	$6d_{nom}$
位移控制式膨胀型锚栓	$6d_{nom}$	$10d_{nom}$
扭矩控制式膨胀型锚栓	$6d_{nom}$	$8d_{nom}$
普通化学锚栓	$6d_{nom}$	$6d_{nom}$
特殊倒锥形化学锚栓	$6d_{nom}$	$6d_{nom}$

注： d_{nom} —锚栓公称外径。

5.0.7 锚栓抗震锚固时，功能级别为一级时，应采取注胶等措施消除锚栓和锚板之间的环形缝隙，功能级别为二级时，宜采用注胶等措施消除缝隙。

5.0.8 锚栓抗震锚固时，应采用锁紧螺母等构造措施，防止螺母或者螺栓的松动。

5.0.9 锚栓抗震锚固时，应避免锚栓带杠杆臂受剪等。

5.0.10 槽式预埋组件的最小槽高 h_{ch} 应为 15mm，相应的最小槽宽 b_{ch} 应为 25mm。槽高与有效埋深 h_{ef} 宜满足 $h_{ch}/h_{ef} \leq 0.4$ ，槽宽与有效埋深 h_{ef} 宜满足 $b_{ch}/h_{ef} \leq 0.7$ ，有效埋深应大于 40mm。

5.0.11 锚腿应采用 I 型锚腿或圆形墩头锚腿，锚腿不可采用无机械锚固措施的光圆钢。锚腿的间距范围应由厂家提供，或在 100mm 到 250mm 之间。

5.0.12 在需要考虑平行槽道轴向剪力或在有抗震设防要求的地区，抗剪承受能力应由机械咬合提供。

6 施工与验收

6.1 一般规定

6.1.1 本章适用于槽式预埋组件、预埋件、锚栓和植筋等锚固件的施工与验收。

6.1.2 槽式预埋组件、预埋件、锚栓和植筋等锚固件进场时，应按合同核对其规格、型号、尺寸、数量等；槽式预埋组件和锚栓应提供产品技术手册、使用说明书、检测报告或认证报告。

6.1.3 预埋件进场后，应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定进行验收。预埋件应安装牢固，安装位置应符合设计要求，并按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定进行隐蔽工程验收。

6.1.4 后锚固产品进场后，应按现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》的规定进行进场验收。

6.1.5 槽式预埋组件进场后，应按下列规定进行进场检验：

1 外观质量

从每批进场的产品中随机抽取 5%且不少于 10 套样品，对其尺寸、外观、锈蚀情况进行检查。外形尺寸及公差应符合产品说明书或质量证明文件中的相关规定，且表面不应有裂纹、涂（镀）层破损、锈蚀或其他局部缺陷；当有下列情况之一时，本批产品应逐套检查，合格者方可进入后续检验：

- 1) 当有 1 件不符合要求时，应另取双倍数量的零件重做检查，仍有 1 件不合格；
- 2) 当有 1 件表面有裂纹、锈蚀或其他局部缺陷。

2 力学性能试验

以同一进场批次的相同材料、型号、规格、类别、等级的产品，每 5000 套作为一个验收批，不足 5000 套时作为一个验收批。每一验收批应随机抽取不少于一组的产品进行力学性能检验。每组产品的数量应满足相应的产品标准中的最小样品数量的要求；若产品标准中未规定最小样品数量，则不应少于 3 套。力学性能检验应进行 T 型螺栓副受拉承载力、槽式预埋组件受拉承载力性能试验，有平行受剪要求时，尚应进行锚固平行受剪承载力性能试验，检验方法和结果应符合相关的产品标准的要求。

6.1.6 无锚固深度标识的化学锚栓或钢筋，施工时应对埋入深度做出明显标识。

6.1.7 槽式预埋组件和预埋件应采取措施保证其在混凝土浇筑与养护过程中的位置。

6.1.8 施工单位应对锚固材料的运输、储存与使用进行专门管理。

6.2 槽式预埋组件

6.2.1 预埋槽道的施工应符合下列规定：

- 1 预埋槽道应根据现场施工情况固定于模板、模具或钢筋网片上；
- 2 混凝土振捣后，其上表面应与预埋槽道平齐；
- 3 混凝土达到要求强度并完成脱模等工序后，应在安装配套螺栓前剔除槽道内部填充物；

4 对配套螺栓施加的拧紧扭矩应符合使用说明书的规定。

6.2.2 预埋槽道安装完成后，应进行隐蔽工程验收，并应符合下列规定：

- 1 槽道型号应符合设计要求，表面处理层不应出现脱离或裂纹，槽道不应产生变形。
- 2 槽道在模具或钢筋网片上应固定牢靠，槽道内部应采取可靠措施充实。
- 3 固定于槽道的连接件应与槽口贴合密实。
- 4 槽道表面应无杂物、污染。
- 5 脱模剂不应污染槽道。

6.2.3 槽式预埋组件安装质量应符合下列规定：

1 基本要求

- 1) 槽式预埋组件的类别和规格应满足设计要求；
- 2) 槽式预埋组件周边混凝土外观和强度应满足设计要求；
- 3) 槽式预埋组件的位置、埋置深度、力学性能等应满足设计和产品说明书的要求。

2 外观检查

- 1) 槽式预埋组件周边的混凝土不应有局部缺陷；
- 2) 槽式预埋组件尺寸应符合要求，表面不应有裂纹、锈蚀或其他局部缺陷。

6.2.4 槽式预埋组件边距安装误差不应大于 5mm。

6.2.5 槽道在预制混凝土安装允许偏差应符合下列规定：

- 1 槽道在 1000mm 长度范围内的定位误差不应大于 3mm（图 6.2.5-1）；
- 2 槽道的槽口面与预制混凝土表面之间凸出、凹陷或倾斜的表面误差不应大于 3mm（图 6.2.5-2）。

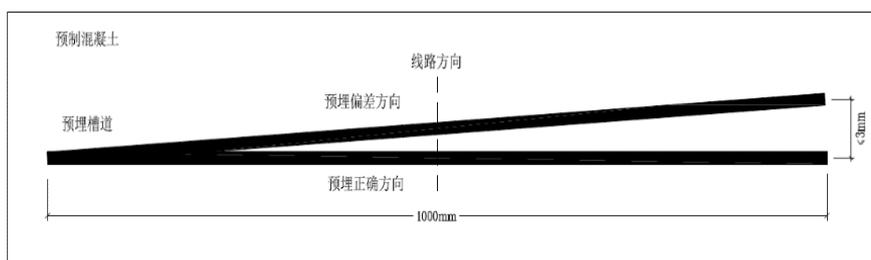


图 6.2.5-1 槽道定位误差要求

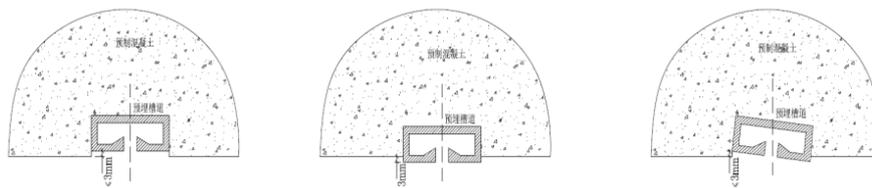


图 6.2.5-2 槽口面与混凝土面的误差要求

6.2.6 槽式预埋组件的质量检验包括下列内容：

- 1 文件资料；
- 2 槽式预埋组件周边混凝土外观及强度等级；

- 3 槽式预埋组件的类别和规格；
- 4 槽式预埋组件和预留孔洞的数量及位置；

6.2.7 文件资料检查应包括下列内容：

- 1 设计图纸及相关文件；
- 2 槽式预埋组件的质量证明、出厂合格证、产品说明书及检测报告或认证报告等；
- 3 槽式预埋组件施工记录，以及相关检查结果文件；
- 4 生产过程质量控制文件等。

6.2.8 槽式预埋组件验收应提供以下文件：

- 1 设计文件
- 2 槽式预埋组件的产品质量证明或出厂合格证、产品说明书及检测报告或认证报告。
- 3 槽式预埋组件的施工记录；
- 4 槽式预埋组件工程质量检查记录表；
- 5 槽式预埋组件分项工程质量验收记录；
- 6 工程重大问题处理记录；
- 7 其他有关文件记录。

6.3 锚栓与植筋

6.3.1 锚栓或植筋安装前，锚固区基材应符合下列要求：

- 1 基材上的抹灰层、装饰层、附着物、油污应清除干净；
- 2 基材表面应坚实、平整，不应有蜂窝、麻面等局部缺陷。

6.3.2 锚栓安或植筋时，应按照产品说明书的要求选用钻孔用钻头，严重磨损的钻头不得用于安装施工。

6.3.3 锚栓或植筋的安装施工，应符合现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ145 的规定。

6.3.4 化学锚栓或植筋应一次安装到位，否则应移除锚栓螺杆或钢筋，清除锚孔内胶体，重新注胶安装。

6.3.5 后锚固产品的安装允许偏差应符合表 6.3.5-1~6.3.5-4 的规定。

表 6.3.5-1 机械锚栓钻孔质量要求

序号	检查项目	允许偏差
1	锚孔深度 (mm)	+5,0
2	锚孔垂直度	2.0%
3	锚孔位置 (mm)	5

表 6.3.5-2 机械锚栓钻孔直径允许偏差 (mm)

钻孔直径	允许偏差	钻孔直径	允许偏差

≤14	0, +0.3	30~32	0, +0.6
16~22	0, +0.4	37~40	0, +0.7
24~28	0, +0.5	>40	0, +0.8

表 6.3.5-3 膨胀型锚栓锚固质量要求

锚栓种类	控制扭矩	锚固深度 (mm)	控制位移 (mm)
扭矩控制式膨胀锚栓	±10%	0, +5	----
位移控制式膨胀锚栓	----	0, +5	0, +2

注：扩底型锚栓的锚固深度偏差应满足设计要求和产品说明书的规定，当无具体要求时，应符合本规程表 6.3.5-3 的要求。

表 6.3.5-4 化学锚栓钻孔要求

化学锚栓规格	钻孔孔径 (mm)	钻孔深度允许偏差 (mm)
M8	10	0mm~10mm
M10	12	
M12	14	
M16	18	
M20	24	
M24	28	
M27	32	
M30	35	
M33	37	
M36	42	
M39	45	

6.3.6 后锚固承载力现场检验应符合现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 中的相关规定，并应符合下列规定：

- 1 现场检验满足下列条件之一时，应进行破坏性检验；
 - 1) 采用可承受地震作用锚栓的锚固连接；
 - 2) 对设计或使用参数有疑问时；
 - 3) 对锚固质量有怀疑时。
- 2 后锚固承载力现场非破损检验应按表 6.3.6 规定的抽样数量进行检验；

表.6.3.6 锚固承载力现场非破损检验抽样数量

每检验批锚固件总数 (件)	≤100	500	1000	2500	≥5000
每检验批最小抽样数	10%	7%	4%	3%	2%

注：锚固件总数介于两栏数量之间时，可按线性内插法确定抽样数量；锚固件为锚栓时，最小抽样数量不应少于 5 件；锚固件为植筋时，最小抽样数量不应少于 3 件。

3 用于功能等级为 III 级的非结构构件的后锚固连接,锚固承载力现场非破损检验应抽取每检验批总数的 0.1%进行检验,锚固件为锚栓时,最小抽样数量不应少于 5 件;锚固件为植筋时,最小抽样数量不应少于 3 件。

6.3.7 后锚固工程验收应提供下列文件:

- 1 设计文件;
- 2 锚栓、植筋用钢筋和胶粘剂的质量证明书或出厂合格证、产品说明书及第三方检验机构出具的检测报告或认证报告,产品的进场检验报告;
- 3 锚栓安装、植筋施工记录;
- 4 锚栓安装、植筋施工质量检查记录;
- 5 锚栓、植筋锚固承载力现场试验报告;
- 6 工程问题处理记录;
- 7 其他有关文件记录。

6.3.8 锚栓、植筋施工质量不合格时,应由施工单位制定整改措施,并经设计单位确认后实施,并重新检查、验收。

附录 A 槽式预埋组件检验方法

A.1 一般规定

A.1.1 槽式预埋件和 T 型螺栓副应由同一制造商提供，配套检测。

A.1.2 可承受地震作用的槽式预埋组件应按附录 B 的规定进行检验，并按照附录 C 的规定进行数据处理。抗震性能检验项目应符合表 A.1.2 的规定。

表 A.1.2 抗震性能检验项目

序号	试验项目	试件数量	裂缝宽度 mm	试验方法	数据处理
1	地震作用下拉伸试验	5	0.5	附录 B.1	附录 C
2	地震作用下垂直于槽道轴向的剪切试验	5	—	附录 B.2	附录 C
3	地震作用下平行于槽道轴向的剪切试验	5	0.5	附录 B.3	附录 C

A.2 试件要求

A.2.3 非开裂混凝土试件应符合下列规定：

1 混凝土强度等级应为 C25，混凝土的制备应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 的规定；

2 在试验工作开始前，应检测同批次混凝土的立方抗压强度，混凝土试块的制备应符合现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB 50081 的规定；

3 混凝土试件应采用素混凝土，由于试件尺寸需要配筋时，可配置构造钢筋，但不应影响检测结果。从锚件埋入端投射到混凝土表面且顶点内角为 120° 的虚拟圆锥体内不应有钢筋。

A.2.4 开裂混凝土试件的裂缝应在整个厚度上保持平面，且裂缝宽度应均匀，裂缝的间距应保证对裂缝内的单个槽式预埋组件进行试验而不会受到相邻裂缝的影响，可利用垂直于裂缝面且对称分布在试件截面上的钢筋来控制裂缝宽度，钢筋所在位置应确保不会影响到槽式预埋件的性能(图 A.2.4)。

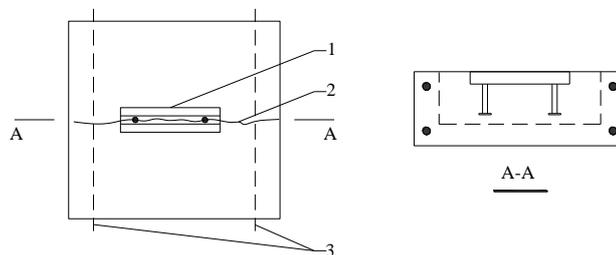


图 A.2.4 开裂混凝土试件示例

1-槽式预埋件；2-裂缝；3-钢筋

A.2.5 开裂混凝土试件裂缝的形成和裂缝的张开可采用裂缝诱导发生器（金属薄板型材）控制，也可采用满足本规程要求的其他方法。采用裂缝诱导发生器控制时，应符合下列规定(图 A.2.5)：

- 1 在浇筑试件之前，应将金属薄板型材安装在模板内控制裂缝开裂及扩展；
- 2 金属薄板型材的位置应保证不会影响所测槽式预埋组件的承载力；

- 3 受拉钢筋应延伸到试件端部之外；
- 4 对于每个试验系列， 施载前用两台裂缝测量装置测得的每个槽式预埋组件的裂缝宽度的平均值应等于或大于该试验系列的规定裂缝宽度， 且单个裂缝宽度应在规定裂缝宽度值 0.5mm 的±15%范围内；
- 5 钢筋与开裂面预期位置应无粘结， 无粘结段长度每侧应大于 75mm。

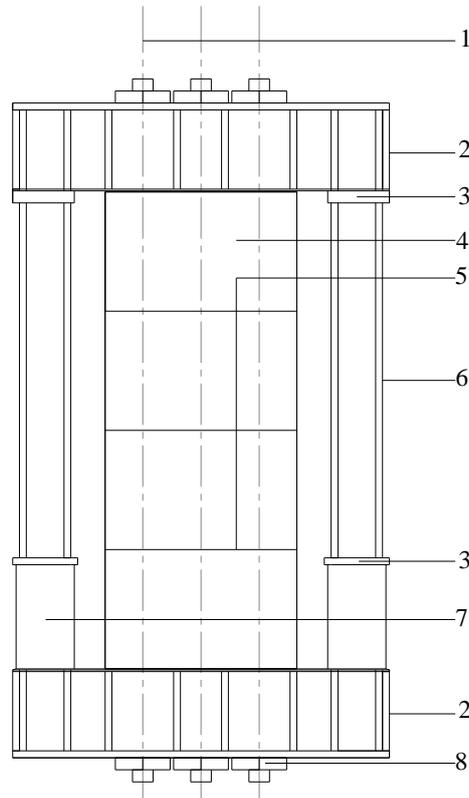


图 A.2.5 开裂混凝土试验用试验台示意图

- 1—高强螺纹钢； 2—带加强钢筋的工字钢； 3—承载板； 4—面板；
5—裂缝诱导发生器； 6—工字钢； 7—液压驱动仪； 8—螺母及垫片

A.2.6 槽式预埋件的安装应符合下列规定：

- 1 预埋时应根据产品的安装说明进行， 如有偏差， 应进行记录；
- 2 混凝土基材与槽道表面应齐平；
- 3 槽式预埋件安装时不应产生位移， 槽道区域及锚腿头部下方混凝土应浇筑密实；

A.2.7 T 型螺栓副的安装应采用误差在±0.5%以内的扭矩扳手按制造商产品说明中的安装扭矩 T_{inst} 进行螺栓安装， 约 10min 后应卸除扭矩， 再施加 0.5 T_{inst} ；

附录 B 抗震性能专项试验

B.1 一般规定

B.1.1 抗震专项试验应采用双锚腿，锚腿间距应取生产商提供的最大锚腿间距 s_{max} ，锚腿与槽式埋件端部的距离应为生产商提供的最小端距 x_{min} ，当生产商未提供 x_{min} 时，端距可取 25mm。

B.1.2 应对所有材质和规格的槽式预埋件及配套的可用于地震工况的所有螺栓成品进行试验。

B.1.3 模拟地震拉伸试验的槽式埋件安装于混凝土构件的边距应足够大；模拟地震剪切试验的混凝土构件厚度及边距应足够大。

B.1.4 模拟地震拉伸试验和剪切试验除应符合本规程附录 D 的规定外，尚应符合下列规定：

- 1 应在槽式预埋件锚腿正上方安装一颗 T 型螺栓和锚板，并按 A.2.7 要求完成扭矩安装。
- 2 应按本规程要求张开裂缝，裂缝宽度应为 0.5mm，所测锚腿应位于裂缝中。
- 3 模拟地震平行剪力试验中，应保证槽式埋件槽道端头与混凝土距离不小于 10mm(图 B.1.4)。

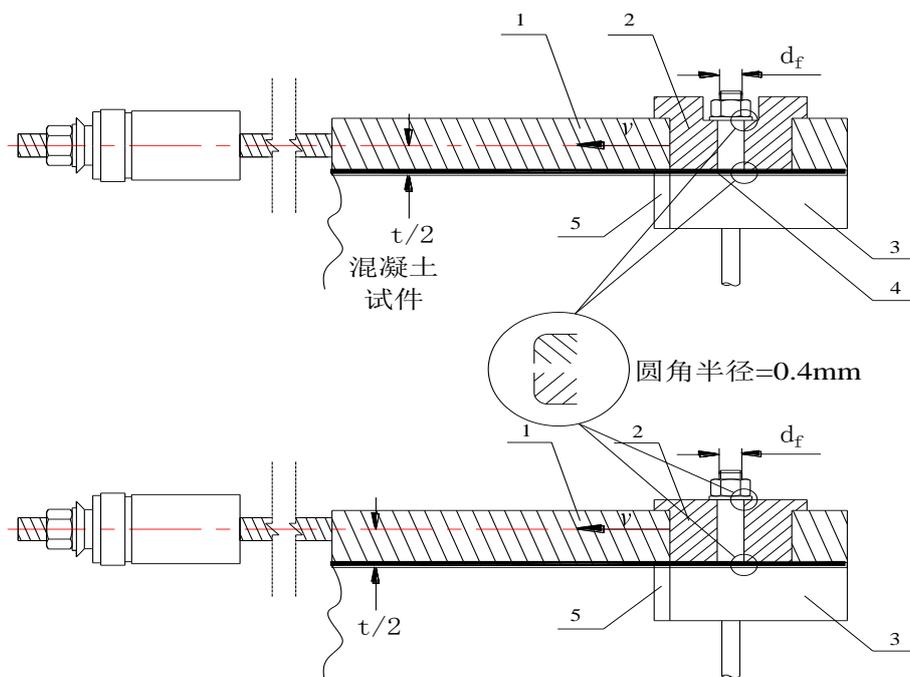


图 B.1.4 槽式预埋件平行剪力下钢材承载试验示意图

1-剪切板；2-剪切套；3-槽道；4-1±0.5mm，聚四氟乙烯；5-槽道端头与混凝土距离

B.2 抗震性能试验

B.2.1 模拟地震拉伸试验应符合下列规定：

- 1 应通过 T 型螺栓向槽式预埋件施加模拟地震拉伸荷载；
- 2 模拟地震拉伸荷载应为正弦脉动拉伸荷载，循环频率应在 0.1Hz~2Hz 之间，拉伸荷载水平及循环次数应符合表 B.2.1 的规定，其中 N_{eq} 的取值应符合公式 (B.2.1-1~ B.2.1-4) 的规定。

表 B.2.1 拉伸荷载水平与相应循环次数

荷载水平	N_{eq}	N_m	N_i
循环次数	10	30	100

$$N_{eq} = 0.5N_o \quad (B. 1. 3-1)$$

$$N_o = \min (N_{o,sc}, N_{o,sl}^0, N_{o,s}) \quad (B. 1. 3-2)$$

$$N_m = 0.5N_{eq} \quad (B. 1. 3-3)$$

$$N_i = 0.5N_m \quad (B. 1. 3-4)$$

式中： $N_{o,sc}$ —拉力作用下槽式预埋件槽道与锚腿连接极限破坏值，依据本规程第 D. 2. 1 条确定；

$N_{o,sl}^0$ —拉力作用下槽式预埋件槽口极限破坏值，依据本规程第 D. 2. 2 条确定；

$N_{o,s}$ —拉力作用下 T 型螺栓极限破坏值，依据本规程第 D. 2. 3 条确定。

3 应连续记录裂缝宽度、锚件位移和所施加的拉伸荷载。

4 在完成模拟地震拉伸循环荷载后，应使裂缝张开到宽度不小于在循环试验结束时测得的裂缝宽度，然后向锚腿位置施加拉伸荷载至产生破坏。

5 应记录最大拉伸荷载（残余抗拉承载力） N_{res} 、相应的位移并绘出荷载-位移曲线。

6 如 $N_{res} \geq 1.6N_{eq}$ ，则应判定试验通过。

B.2.2 模拟地震垂直剪切试验应符合下列规定：

1 应通过 T 型螺栓向槽式预埋件施加拟地震交替垂直剪切荷载。

2 模拟地震垂直剪切荷载应为通过减速线性斜坡荷载连接的以期望频率施加的 2 个半正弦波荷载循环（图 B. 2. 2），循环频率应在 0. 1Hz~2Hz 之间，剪切荷载水平及循环次数应符合下表规定，其中 $V_{eq,y}$ 取值应符合公式（B. 2. 2-1~ B. 2. 2-3）的规定

$$V_{eq,y} = 0.5V_{o,y} \quad (B. 2. 2-1)$$

$$V_{m,y} = 0.5V_{eq,y} \quad (B. 2. 2-2)$$

$$V_{i,y} = 0.5V_{m,y} \quad (B. 2. 2-3)$$

式中： $V_{o,y}$ —垂直剪力作用下槽式预埋件锚腿、槽道与锚腿连接、槽口极限破坏值的最小值，依据本规程第 D. 3. 1 条确定。

表 B.2.2 剪切荷载水平与相应循环次数

荷载水平	$\pm V_{eq,y}$	$\pm V_{m,y}$	$\pm V_{i,y}$
循环次数	10	30	100

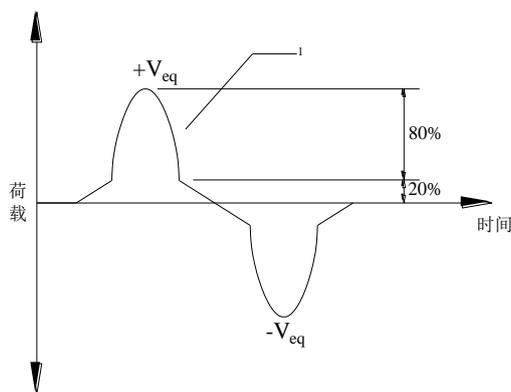


图 B.2.2 剪切荷载循环

1—半正弦波荷载循环

- 3 应连续记录裂缝宽度、锚件位移和所施加的垂直剪切荷载。
- 4 在完成模拟地震剪切循环荷载后, 应保证裂缝宽度不小于循环试验结束时测得的裂缝宽度, 然后向锚腿位置施加垂直剪切荷载至产生破坏。
- 5 应记录最大垂直剪切荷载 (残余抗剪切承载力) $V_{res,y}$ 、相应的位移并绘出荷载-位移曲线。
- 6 如 $V_{res,y} \geq 1.6V_{eq,y}$, 则应判定试验通过。

B.2.3 模拟地震平行剪切试验应符合下列规定:

- 1 应通过 T 型螺栓向槽式预埋件施加拟地震交替平行剪切荷载。
- 2 模拟地震平行剪切荷载应为通过减速线性斜坡荷载连接的以期望频率施加的 2 个半正弦波荷载循环 (图 B. 2. 2), 循环频率应在 0. 1Hz~2Hz 之间, 剪切荷载水平及循环次数应符合下表规定, 其中 V_{eq} 取值应符合公式 (B. 2. 3-1~ B. 2. 3-3) 的规定。

$$V_{eq,x} = 0.5V_{o,sl,x} \quad (B. 2. 3-1)$$

$$V_{m,x} = 0.5V_{eq,x} \quad (B. 2. 3-2)$$

$$V_{i,x} = 0.5V_{m,x} \quad (B. 2. 3-3)$$

式中: $V_{o,sl,x}$ —平行剪力作用下槽式预埋件槽口与 T 型螺栓咬合连接的极限破坏值, 依据本规程第 D. 3. 2 条确定。

表 B.2.3 剪切荷载水平与相应循环次数

荷载水平	$\pm V_{eq,x}$	$\pm V_{m,x}$	$\pm V_{i,x}$
循环次数	10	30	100

- 3 应连续记录裂缝宽度、锚件位移和所施加的平行剪切荷载。
- 4 在完成模拟地震剪切循环荷载后, 应保证裂缝宽度不小于循环试验结束时测得的裂缝宽度, 然后向锚腿位置施加平行剪切荷载至产生破坏。
- 5 应记录最大平行剪切荷载 (残余抗剪承载力) $V_{res,x}$ 、相应的位移并绘出荷载-位移曲线。
- 6 如 $V_{res,x} \geq 1.6V_{eq,x}$, 则应判定试验通过。

附录 C 数据处理

C.0.1 测量值的平均值 M_0 应按下式计算:

$$M_0 = \sum M_i / n \quad \dots\dots\dots (C. 0. 1)$$

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, $i=1\sim n$ 。

C.0.2 测量值的变异系数 v 应按下式计算, 且不应大于 20%:

$$v = \frac{1}{M_0} * \sum (M_i - M_0)^2 / (n - 1) \dots\dots\dots (C. 0. 2-1)$$

当某一项试验中的破坏承载力变异系数 v 超过 15% 时, 式 (C. 0. 3) 计算得到的承载力特征值 M_k 应乘以式 (C. 0. 2-2) 得到的折减系数 α_{cov} 。

$$\alpha_{cov} = 1/1 + 0.03 * (v - 0.15) \leq 1.0 \quad \dots\dots\dots (C. 0. 2-2)$$

C.0.3 测量值的特征值 M_k 应按下式计算:

$$M_k = M_0 * (1 - kv) \dots\dots\dots (C. 0. 3)$$

式中:

k ——影响变异的系数, 当 $n=3$ 时, $k=5.31$; 当 $n=5$ 时, $k=3.40$; 当 $n=10$ 时, $k=2.57$; 当 $n=15$ 时, $k=2.33$; $n=20$ 时, $k=2.21$;

C.0.4 不同直径的 T 型螺栓与不同尺寸的槽式预埋件组合的安装影响系数 α_{inst} 应按下式计算:

$$\alpha_{inst} = \frac{\min(V_{Rk,sl,x,D.3.3}, V_{Rk,sl,x,D.3.4})}{V_{Rk,sl,x}} \quad \dots\dots\dots (C. 0. 4)$$

式中: $V_{Rk,sl,x,D.3.3}$ ——有螺栓预紧力影响的平行剪力作用下槽式预埋件槽口与 T 型螺栓咬合连接的承载力特征值, 依据本规程第 D. 3. 3 条确定;

$V_{Rk,sl,x,D.3.4}$ ——有安装间隙影响的平行剪力作用下槽式预埋件槽口与 T 型螺栓咬合连接的承载力特征值, 依据本规程第 D. 3. 4 条确定;

$V_{Rk,sl,x}$ ——平行剪力作用下槽式预埋件槽口与 T 型螺栓咬合连接的承载力特征值, 依据本规程第 D. 3. 2 条确定。

附录 D 静载试验

D.1 一般规定

D.1.1 槽式预埋组件按附录 B 的规定进行检验时，部分荷载的取值应由静载试验确定，静载试验项目应符合表 D.1.1 的规定。对于第 1、2、4 项试验，当变异系数小于 5% 时，试验样本数量可减少到 3。

表 D.1.1 检验项目

序号	试验项目	裂缝宽度 mm	试件数量	数据处理	
1	拉力作用下槽式预埋件槽道与锚腿连接承载力	-	5	附录 C	
2	槽式预埋件槽口受拉承载力	-	5	附录 C	
3	T 型螺栓受拉承载力	-	5	附录 C	
4	垂直剪力作用下预埋锚腿、槽道与锚腿连接、槽口承载力	0	5	附录 C	
5	平行剪力作用下槽口与螺栓咬合	承载力	0	5	附录 C
		螺栓预紧力的影响			
		安装间隙的影响			

注：垂直剪力为垂直于槽道轴向的剪力，平行剪力为平行于槽道轴向的剪力。

D.1.2 静载加载应连续平稳，应在 1min~3min 内从加载到达最大值直至破坏，力与位移应采用连续记录，加载方式可采用力值控制或位移控制，如采用位移控制，在达到峰值后应继续加载至 75% 的记录峰值。

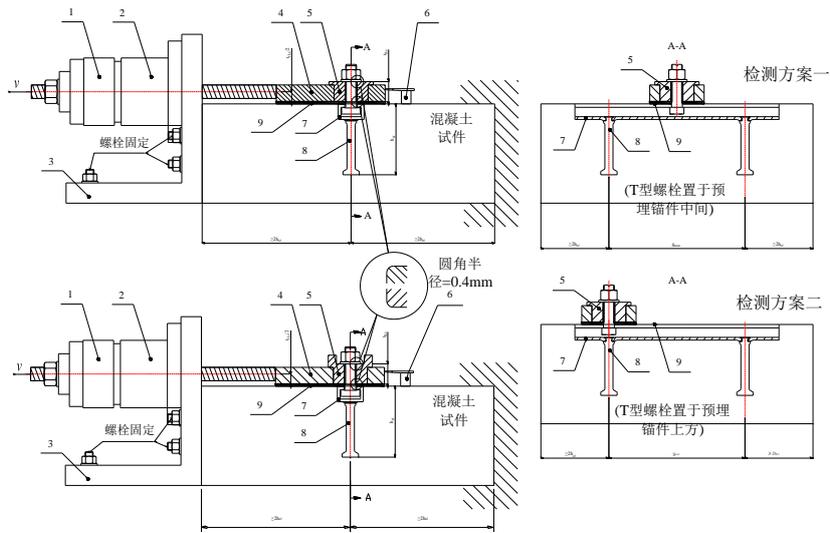
D.1.3 拉力性能试验应符合下列规定：

- 1 T 型螺栓应正确安装到槽道中，且应与试验工装有效连接后，才可开始试验，直至破坏；
- 2 槽式预埋件的位移应以混凝土基材表面为基准，若使用一个位移传感器，应安装在被测样品上；若使用两个位移传感器，应安装在被测样品两侧的混凝土表面，非约束性检测应保证位移传感器与被测点的净距离 $\geq 2h_{ef}$ ，并应在完成记录后采用位移平均值。

D.1.4 剪切性能试验应符合下列规定：

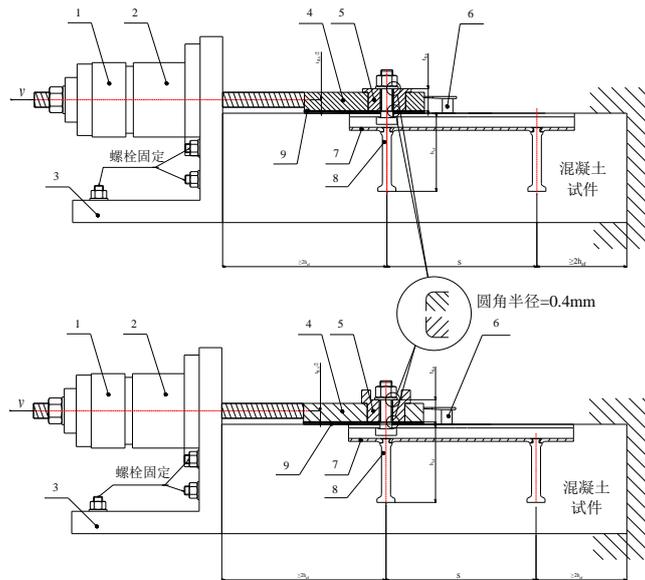
- 1 剪切工装中受拉力的传力杆与剪切板应铰接。
- 2 与混凝土基材有接触的工装应垫聚四氟乙烯或其他与混凝土基材接触有相近摩擦系数的薄膜。
- 3 T 型螺栓应正确安装到槽道中，与试验工装有效连接后，螺栓与剪切套之间应完全接触，才可开始试验，直至破坏。
- 4 位移传感器应固定在混凝土基材上，应采集与所受剪力方向一致的位移（图 D.1.4）。
- 5 剪切试验应保证足够的边距，应避免出现混凝土边缘破坏，并剪切荷载与混凝土表面的距离应为 $0.5t_{fix}$ ，被紧固物的厚度应满足 $0.9d_s \leq t_{fix} \leq 1.5d_s$ 。

6 被紧固物的锚固孔直径应满足 $d_f = 1.1 \cdot d_s \leq d_s + 2\text{mm}$ 。



a) 槽式预埋件垂直剪力下钢材承载试验示意图

1-千斤顶；2-力传感器；3-加载支架；4-剪切板；5-剪切套；6-位移传感器；
7-槽式预埋件；8-锚腿；9- $1 \pm 0.5\text{mm}$ ，聚四氟乙烯



b) 槽式预埋件平行剪力下钢材承载试验示意图

1-千斤顶；2-力传感器；3-加载支架；4-剪切板；5-剪切套；6-位移传感器；
7-槽式预埋件；8-锚腿；9- $1 \pm 0.5\text{mm}$ ，聚四氟乙烯

图 D.1.4 槽式预埋件剪力下钢材承载试验示意图

D.1.5 试验中，滑移荷载应符合下式规定（图 D.1.5）：

$$N_1 \geq 0.8N_u \quad (\text{D.1.5})$$

式中： N_u — 试验破坏承载力极限值 (N)；

N_1 — 滑移荷载，应取荷载位移曲线中滑移位移大于 0.05 倍极限位移处的荷载值 (N)；

- δ_u — 承载力极限值对应的位移 (mm);
 $\Delta\delta_1$ — 滑移位移 (mm)。

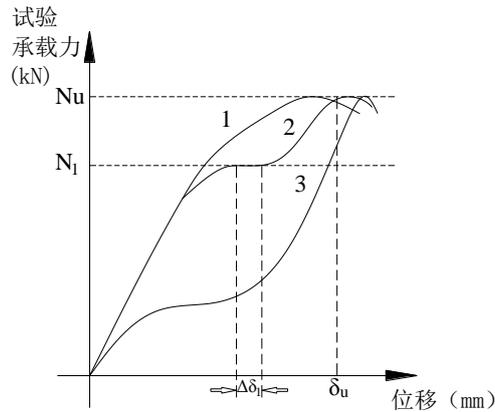


图 D.1.5 荷载位移曲线示意图

- 注 1: 曲线 1 和曲线 2 为合格的检测荷载位移曲线;
 注 2: 曲线 3 为不合格的检测荷载位移曲线。

D.1.6 开裂混凝土试验应符合下列规定:

- 1 开裂混凝土时应保证锚腿轴线与裂缝重合;
- 2 监测裂缝张开宽度的仪器可采用千分表或电子位移传感器, 仪器应安装牢固, 且宜对称安装锚腿两侧, 锚腿处裂缝宽度可由内插法确定, 裂缝宽度测量点到锚腿中线的距离应尽可能小, 但不得小于相应槽式埋件的有效锚固深度 h_{ef} 或 125mm。
- 3 在试验加载前, 应按规定裂缝宽度值来增加裂缝宽度, 且应保证用于形成裂缝的系统以及产生裂缝的相关试验程序在执行试验期间保持不变。
- 4 加载时应监测表面的裂缝张开宽度。
- 5 应连续记录荷载, 位移, 及裂缝宽度。

D.2 拉力试验

D.2.1 拉力作用下槽式预埋件槽道与锚腿连接的试验应符合下列规定:

- 1 应对所有材质和规格的槽式预埋件进行检测, 应使用槽道对应的最大尺寸和最高强度的螺栓进行试验。
- 2 试验可在万能拉力机中进行, T 型螺栓应安装在锚腿的正上方, 不应配搭螺母、垫片、或被紧固物, 且不应施加扭矩, 锚腿端应有约束, 试验装置可如图 D.2.1 所示;
- 3 力与位移应连续记录, 且应记录极限荷载、极限位移和破坏模式;
- 4 应根据本附录 C 数据处理方法计算得出槽道与锚腿连接的抗拉极限破坏值平均值 $N_{0,sc}$ 及特征值 $N_{Rk,sc}$ 。

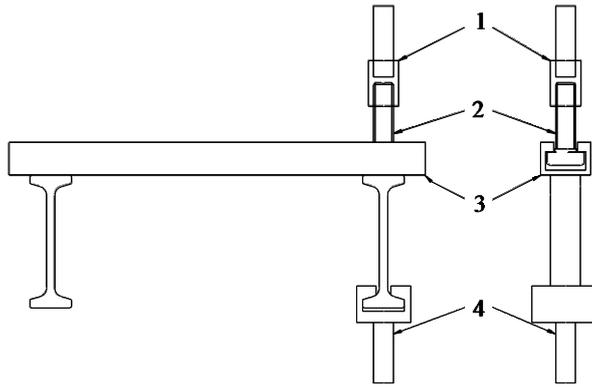


图 D.2.1 槽道与锚腿连接处受拉试验示意图

1—传力连接件；2—T 型螺栓；3—槽式预埋件；4—固定预埋锚件端部的工装

D.2.2 槽式预埋件槽口受拉试验应符合下列规定：

- 1 应采用与槽式埋件槽道相配套的最小头部尺寸和最高强度的螺栓进行试验。
- 2 不预埋在混凝土中的试验，结果应根据本规程第 D. 2. 1 条取值。
- 3 预埋在混凝土中的试验中，应采用双锚腿，锚腿间距应为该规格槽道的最小锚腿间距 s_{min} ，该参数应由生产商提供，且 s_{min} 不应小于 50mm；槽式预埋件端部到相邻预埋锚件轴心的距离应为该规格槽道的最小端距 x_{min} ，若生产商未提供 x_{min} 时，端距可取 25mm 进行试验。
- 4 预埋在混凝土中的试验，应在锚腿正上方位置安装一颗 T 型螺栓和锚板，被紧固物置于两片 3mm 厚钢片上，不施加扭矩，不配螺母和垫片，在 T 型螺栓上均匀加载拉拔力直至发生破坏，试验装置可参考图 D. 2. 2，反力支架的支撑位置与受力点的距离应不小于 h_{ef} ，试验过程中，钢板、反力支架与钢槽不应发生直接接触。被紧固物及 3mm 厚钢片的尺寸应符合下列规定：
 - a) 被紧固物尺寸：长 $L = 3b_{ch}$ 、宽 $W = b_{ch}$ 、高 $H = 1.1d_s$ ，锚孔应位于钢板中心；
 - b) 3mm 厚钢片尺寸：长 $L = s_{min} + 3.3d_s$ ，宽 $W = 2b_{ch}$ ，高 $H = 3mm$ 。
- 4 应记录加载力值与对应位移，极限破坏值和破坏模式。
- 5 应根据本附录 C 数据处理方法计算得出槽口抗拉极限破坏平均值 $N^0_{o,sl}$ 及特征值 $N^0_{Rk,sl}$ 。
- 6 如取 $N^0_{o,sl} = N_{o,sc}$ ， $N^0_{Rk,sl} = N_{Rk,sc}$ ，则可不进行此试验。其中， $N_{o,sc}$ 和 $N_{Rk,sc}$ 为槽道与锚腿连接的极限破坏平均值及特征值。

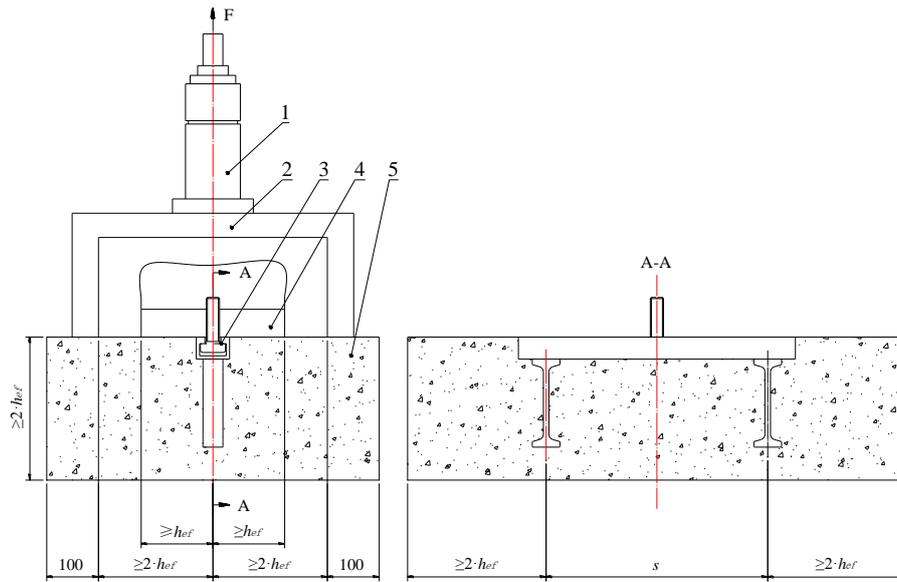


图 D.2.2 槽式预埋件受拉试验示意图

1-试验设备；2-试验用反力架；3-槽式预埋件；4-位移传感器；5-混凝土试块

D.2.3 T 型螺栓受拉试验应符合下列规定：

- 1 应使用对应于每个规格槽式埋件的不同材质和规格的 T 型螺栓进行试验，如一种螺栓对应多种槽式预埋件时，试验应采取槽口间距最大的槽式预埋件进行试验。
- 2 T 型螺栓的试验应在被约束的槽道(图 D. 2. 3)中进行，并应采取措施保证螺纹部分不破坏。
- 3 试验时不应施加扭矩，直接对螺栓实行拉拔。
- 4 应记录加载力值与对应位移，极限破坏值和破坏模式。
- 5 应根据本规程附录 C 数据处理方法计算 T 型螺栓抗拉极限破坏值 $N_{0,s}$ 及特征值 $N_{Rk,s}$ 。
- 6 如取 $N_{Rk,s} = N_{Rk,sc}$ ， $N_{0,s} = N_{0,sc}$ ，则可不进行此试验。其中， $N_{0,sc}$ 和 $N_{Rk,sc}$ 为槽道与锚腿连接的极限破坏平均值及特征值。

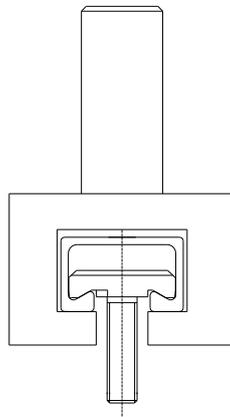


图 D.2.3 T 型螺栓受拉试验示意图

D.3 剪切试验

D.3.1 垂直于槽道轴向剪力作用下锚腿、锚腿与槽道连接、及槽口的试验应符合下列规定：

- 1 应对所有材质和规格的槽式预埋件及配套的所有螺栓成品进行试验。
- 2 应采用双锚腿，锚腿间距应为生产商提供的最大锚腿间距 s_{\max} ，锚腿与槽式埋件端部的距离应为生产商提供的最小端距 x_{\min} 。当生产商未提供 x_{\min} 时，端距可取 25mm。
- 3 试验工装可如图 D. 4. 1(a)所示。
- 4 应在槽式埋件锚腿正上方安装一颗 T 型螺栓和锚板，按 A. 2. 7 要求完成扭矩安装后，加载垂直剪力至破坏。
- 5 应在槽式预埋件两颗锚腿中间位置安装一颗 T 型螺栓和锚板，按 A. 2. 7 要求完成扭矩安装后，加载垂直剪力至破坏。
- 6 应记录加载力值与对应位移，极限破坏值和破坏模式。
- 7 根据本规程附录 C 数据处理方法计算垂直剪力作用下锚腿、槽口、及锚腿与槽口连接的特征值 $V_{Rk,sa,y}$ 、 $V_{Rk,sl,y}^0$ 和 $V_{Rk,sc,y}$ ，及极限破坏值 $V_{o,sa,y}$ 、 $V_{o,sc,y}$ 、 $V_{o,sl,y}^0$ 最小值 $V_{o,y}$ 。
- 7 如取 $V_{Rk,sa,y} \leq N_{Rk,sa}$ ， $V_{Rk,sc,y} \leq N_{Rk,sc}$ ， $V_{o,sl,y}^0 \leq N_{o,sl}^0$ ， $V_{Rk,sl,y}^0 \leq N_{Rk,sl}^0$ ，则可不做此项试验。其中 $N_{o,sc}$ ， $N_{Rk,sc}$ 为槽道与锚腿连接的抗拉极限破坏值及特征值， $N_{o,sl}^0$ ， $N_{Rk,sl}^0$ 为槽口抗拉极限破坏值及特征值。

D.3.2 平行于槽道轴向剪力作用下槽口与 T 型螺栓咬合连接的试验应符合下列规定：

- 1 应对所有材质和规格的槽式预埋件及配套的所有螺栓成品进行试验
- 2 应采用双锚腿，锚腿间距应为生产商提供的最大锚腿间距 s_{\max} ，锚腿与槽式埋件端部的距离应为生产商提供的最小端距 x_{\min} 。当生产商未提供 x_{\min} 时，端距应取 25mm。
- 3 试验工装可如图 D. 1. 4(c)所示。
- 4 应在槽式埋件锚腿正上方安装一颗 T 型螺栓和锚板，按 A. 2. 7 要求完成扭矩安装后，加载垂直剪力至破坏。
- 5 应记录加载力值与对应位移，极限破坏值和破坏模式。
- 6 应根据本规程附录 C 数据处理方法计算平行剪力作用下槽口与螺栓咬合极限破坏值 $V_{o,sl,x}$ ，特征值 $V_{Rk,sl,x}$ 。

D.3.3 螺栓预紧力对槽口和螺栓连接咬合承载力影响的试验应符合下列规定：

- 1 除安装 T 型螺栓条件及槽式埋件与混凝土基材间隙（本试验应如图 D. 1. 4(b)所示）外，其它实验条件应符合 D. 3. 2 的规定；
- 2 应在槽式预埋件锚腿正上方安装一颗 T 型螺栓和锚板，应采用 $0.5T_{inst}$ 安装 T 型螺栓，误差不应超过 $\pm 5\%$ ，10min 后，沿预埋槽短边方向加载平行剪力至破坏；
- 3 应记录加载力值与对应位移，极限破坏值和破坏模式；
- 4 应根据本规程附录 C 数据处理方法计算螺栓预紧力影响下的槽口与螺栓咬合特征值

$V_{Rk,s,xD.3.3}$

D.3.4 安装间隙对槽口和螺栓连接咬合承载力影响的试验应符合下列规定：

- 1 除安装 T 型螺栓条件及槽式埋件与混凝土基材间隙（本试验应如图 D. 1. 4(b) 所示）外，其它实验条件应符合 D. 3. 2 的规定；
- 2 应在槽式预埋件锚腿正上方安装一颗 T 型螺栓和锚板，并应在锚板和混凝土间垫 3mm 钢垫（图 D. 3. 3），按 A. 2. 7 要求完成扭矩安装后，沿预埋槽短边方向加载平行剪力至破坏；
- 3 应记录加载力值与对应位移，极限破坏值和破坏模式；
- 4 应根据本规程附录 C 数据处理方法计算安装间隙影响下的槽口与螺栓咬合特征值 $V_{Rk,s,xD.3.4}$ ；
- 5 应根据本规程附录 C 数据处理方法计算安装安全系数 α_{inst} ，安装安全系数 α_{inst} 不应小于 0. 5。

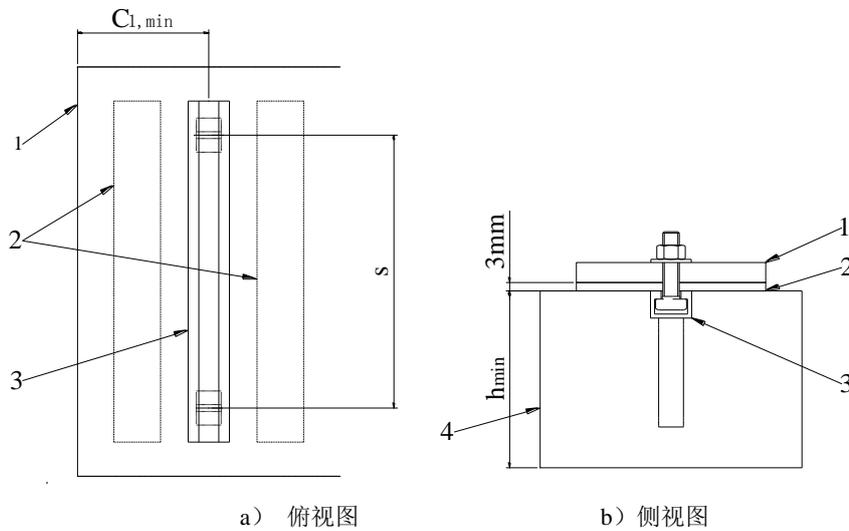


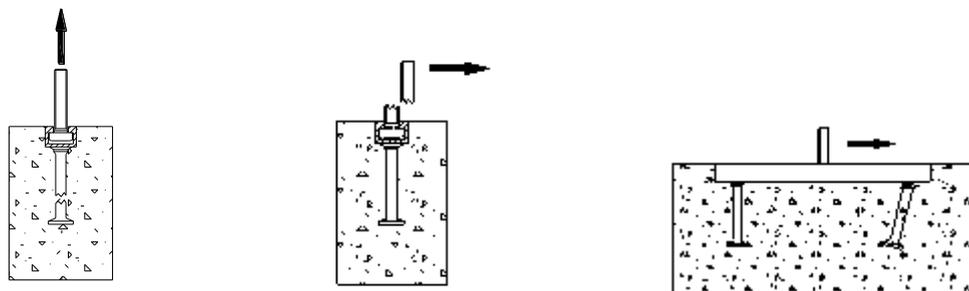
图 D.3.4 3mm 厚钢板安装示意图

1-混凝土试件的边缘；2-3mm 厚的钢板；3-两个预埋锚件的槽式埋件；4-被紧固件

附录 E 槽式预埋组件破坏模式

E.1 钢材破坏模式

E.1.1 锚腿破坏是槽式预埋组件在拉力或剪力的作用下锚腿被拉断或剪坏（图 E.1.1）。



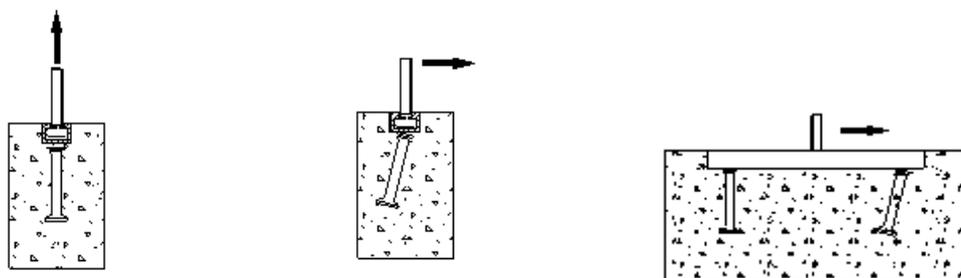
(a) 拉力作用下的锚腿破坏

(b) 垂直剪力作用下的锚腿破坏

(c) 平行剪力作用下的锚腿破坏

图 E.1.1 锚腿破坏

E.1.2 槽道与锚腿连接处破坏是指槽道与锚腿连接处断裂或连接失效（图 E.1.2）。



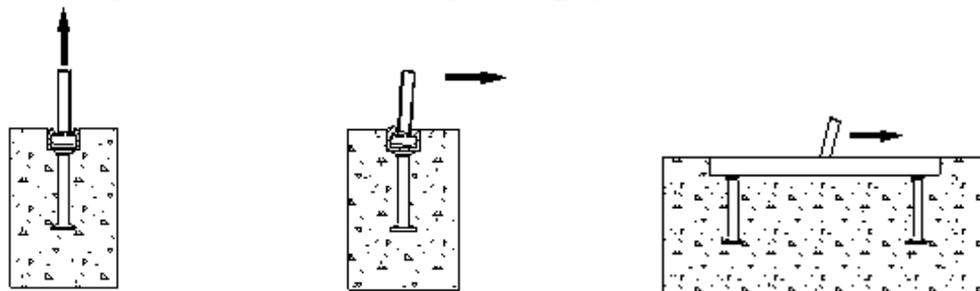
(a) 拉力作用下的连接破坏

(b) 垂直剪力作用下的连接破坏

(c) 平行剪力作用下的连接破坏

图 E.1.2 槽道与锚腿连接处破坏

E.1.3 槽口破坏是指在拉力或剪力作用下槽道槽口口卷边张开或咬合失效（图 E.1.3）。



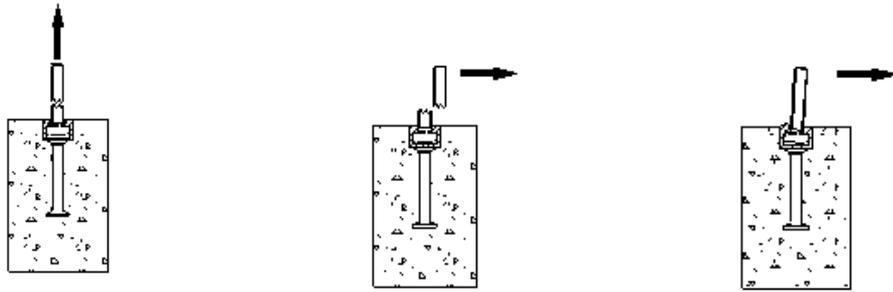
(a) 拉力作用下的槽口破坏

(b) 垂直剪力作用下槽口破坏

(c) 平行剪力作用下 T 型螺栓与槽口
咬合破坏

图 E.1.3 槽口破坏

E.1.4 T 型螺栓破坏是指槽式预埋件受力时 T 型螺栓被拉断、剪断或发生弯曲变形（图 E.1.4）。



(a) 拉力作用下的 T 型螺栓破坏 (b) 垂直剪力作用下的 T 型螺栓破坏 (c) 垂直剪力作用下的 T 型螺栓弯曲破坏



(d) 平行剪力作用下的 T 型螺栓破坏 (e) 平行剪力作用下的 T 型螺栓弯曲破坏

图 E. 1. 4 T 型螺栓破坏

E.1.5 槽道弯曲破坏是指槽式预埋件受拉时槽道发生弯曲变形与混凝土基材全部或部分脱离的破坏形式（图 E. 1. 5）。

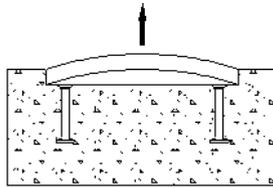


图 E. 1. 5 槽道弯曲破坏

E. 2 混凝土破坏模式

E.2.1 混凝土锥体破坏是指槽式预埋件受拉时混凝土基材表面形成以锚腿为中心的倒锥体破坏形式（图 E. 2. 1）。

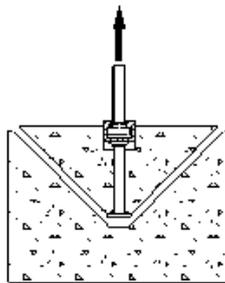


图 E. 2. 1 混凝土锥体破坏

E.2.2 混凝土受拉侧边剥落破坏指槽式预埋件受拉时侧面保护层较小情况下基材混凝土因锚腿的侧向挤压力而使最近的混凝土基材侧面形成以预埋锚腿墩头为中心的侧向剥落破坏形式（图

E. 2. 2)。

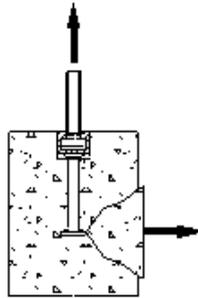


图 E. 2. 2 混凝土受拉侧边剥落破坏

E.2.3 混凝土劈裂破坏是指基材混凝土因锚腿的侧向挤压力而沿槽道轴线或某个锚腿轴线的混凝土开裂破坏形式（图 E. 2. 3）。

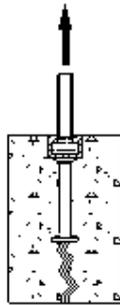
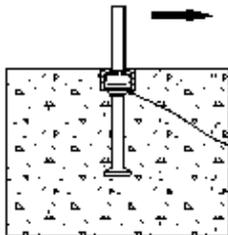
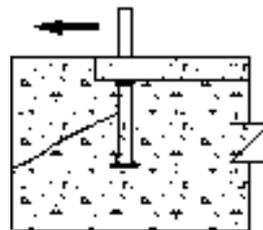


图 E. 2. 3 混凝土劈裂破坏图

E.2.4 混凝土边缘破坏是指基材边缘受剪时形成以锚腿轴顶点的混凝土楔形体破坏（图 E. 2. 4）。



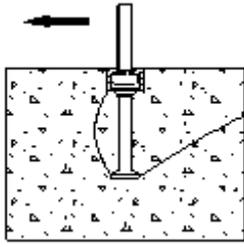
(a) 垂直剪力作用下的混凝土边缘破坏



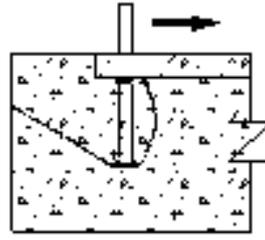
(b) 平行剪力作用下的混凝土边缘破坏

图 E. 2. 4 混凝土边缘破坏

E.2.5 混凝土剪翘破坏是指槽式预埋件受剪时基材混凝土沿反方向被锚腿撬坏（图 E. 2. 5）。



(b) 垂直剪力作用下的混凝土剪翘破坏



(b) 平行剪力作用下的混凝土剪翘破坏

图 E. 2. 5 混凝土剪翘破坏

E. 3 拔出破坏

E.3.1 锚腿拔出破坏指槽式预埋件受拉时锚腿从混凝土基材中被拔出（图 E. 3. 1）。

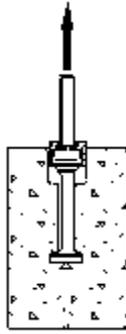


图 E. 3. 1 锚腿拔出破坏

本规程用词说明

- 1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对执行规程严格程度的用词说明如下：
 - 1) 表示很严格，非这样做不可的用词：
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做的用词：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
 - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
 - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。
- 2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《碳素结构钢》 GB/T 700
- 2 《不锈钢棒》 GB/T 1220
- 3 《低合金高强度结构钢》 GB/T 1591
- 4 《预拌混凝土》 GB/T 14902
- 5 《不锈钢和耐热钢牌号及化学成分》 GB/T 20878
- 6 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 7 《建筑抗震设计规范》 GB50011
- 8 《普通混凝土力学性能试验方法标准》 GB 50081
- 9 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
- 10 《建筑工程抗震设防分类标准》 GB 50223
- 11 《混凝土结构后锚固技术规程》 JG 145
- 12 《混凝土用机械锚栓》 JG/T 160
- 13 《非结构构件抗震设计规范》 JGJ 339
- 14 《建筑用槽式预埋组件》（已报批，待发布）
- 15 《槽式预埋件性能评价技术规范》（送审稿，待发布）

中国工程建设协会标准

建筑非结构构件抗震锚固技术规程

条文说明

制定说明

《建筑非结构构件抗震锚固技术规程》CECS ，经中国工程建设标准化协会 年 月 日以第 号公告批准颁布。

本规程制定过程中，编制组系统梳理了国内外相关技术资料及标准规范，进行了大量的工程应用和产品检测认证方面的调研，全面总结了我国非结构构件抗震锚固的实践检验，同时参考了国外先进的技术法规、技术标准、认证标准，并与相关标准协调。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《建筑非结构构件抗震锚固技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1 总则	69
3 基本规定	70
3.1 材料	70
3.2 一般规定	70
3.3 设计原则	71
4 地震作用和抗震验算	72
4.1 一般规定	72
4.2 地震作用计算	72
4.3 锚栓的抗震验算	73
4.4 槽式预埋组件的抗震验算	73
4.5 槽式预埋组件的承载力计算（一）	73
4.6 槽式预埋组件的承载力计算（二）	73
5 抗震构造措施	74
6 施工与验收	75
6.1 一般规定	75
6.2 槽式预埋组件	75
6.3 锚栓与植筋	75
附录 A 槽式预埋组件检验方法	76
附录 B 抗震性能专项试验	77
附录 D 静载试验	78

1 总则

1.0.1 本规程主要适用于机电设备、管线、自承重或非承重隔墙、吊顶、龙骨等非结构构件与混凝土主体结构锚固连接的抗震技术要求。非结构构件的抗震锚固设计所涉及的专业领域较多，需由相应的建筑设计、室内装修设计、机电设备设计工种的设计人员与结构工程师相互配合共同完成。

1.0.2 后锚固连接的受力性能与基材的种类密切相关，目前国内外的科研成果及使用经验主要集中在普通钢筋混凝土及预应力混凝土结构，砌体结构及轻混凝土结构数据较少。本着成熟可靠原则，本规程限定其适用范围为度日积超过 $600^{\circ}\text{C}\cdot\text{天}$ 的普通混凝土结构基材（不包括砌体中的混凝土圈梁、构造柱），暂不适用于砌体结构和轻混凝土结构基材。

1.0.3 本条规定了非结构构件连接锚固的抗震设防目标，容许非结构构件的损坏程度略大于主体结构，但不得危及生命。考虑到建筑非结构构件与附属设备地震破坏后对建筑主体功能的影响程度不同，分两款明确了相应的设防标准。

1.0.4 非结构构件连接锚固功能级别的划分应符合现行行业标准《非结构构件抗震设计规范》JGJ339 中的相关规定。

3 基本规定

3.1 材料

3.1.1~3.1.3 本规程主要适用于钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土结构，不适用于混凝土多孔砖、普通混凝土小型空心砌块、蒸压加气混凝土砌块为基材的砌体结构。混凝土作为后锚固连接的主体，必须坚固可靠，存在严重缺陷和混凝土强度等级较低的基材，锚固承载力较低，且很不可靠。基材混凝土强度大于 60 N/mm^2 时，对于后锚固连接应进行专门的研究。

3.1.4~3.1.5 机械锚栓的性能要求在产品标准《混凝土用机械锚栓》JG/T 160 中有详细规定，化学锚栓的性能要求在技术标准《混凝土结构后锚固技术规程》JG 145 中有详细规定。只有满足相关标准要求的锚栓，才能采用本规程中规定的设计方法。

3.1.7 槽式预埋组件的性能要求在行业标准《建筑用槽式预埋组件》（待发布）及《槽式预埋件性能评价技术规范》（待发布）中有相关规定，鉴于两本标准具体内容不完全一致，且存在认证和产品标准两种体系，本规程根据两本标准，分别提出了相应承载力计算方法。

3.1.9 光圆钢筋或锚入部位无螺纹的螺杆的与锚固胶粘剂的粘结抗剪强度相对于带肋钢筋或全螺纹螺杆差很多，故不允许在植筋中使用。

3.2 一般规定

3.2.1 采用预埋件时，现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 和现行行业标准《非结构构件抗震设计规范》JGJ 339 有详细的设计及构造要求，满足相关规范的预埋件可以在非结构构件抗震锚固中应用，本规程不再做具体规定。

3.2.2 对于功能级别为二、三级的非结构构件的抗震锚固连接，可不进行锚固深度计算，直接取 $15d$ 和 100mm 中的较大值，有静载受力要求的除外。

3.2.3 考虑到非结构构件功能级别的不同，采用不同的构造要求进行处理，对于破坏后果严重的一级，应采用可承受地震作用的锚栓或可承受地震作用的槽式预埋组件，相应的锚栓和槽式预埋组件应可以通过相应的抗震测试，并有抗震测试报告。对于功能级别为二级的非结构构件锚固连接，进行了具体分类，相对重要及风险高的情况，应采用可承受地震作用的锚栓或可承受地震作用的槽式预埋组件；部分情况，可采用槽式预埋组件或适合于开裂混凝土的锚栓，适合于开裂混凝土的锚栓应有相应开裂混凝土测试报告。其它三级情况，对产品性能不做具体要求。

3.2.4~3.2.5 对抗震设防区应用的锚栓及槽式预埋组件提出了相应要求。可承受地震作用的槽式预埋组件，目前没有产品或认证标准依据，本规程给出了相应检验测试方法。

3.2.7 由于应力腐蚀的存在，普通不锈钢不适用于含氯离子的环境。永久或者交替地浸没于海水或海水的浪溅区，室内游泳池含氯气的环境或者极端化学污染的大气环境，例如脱硫工厂或者使用除冰盐的公路隧道等环境需要采用高抗腐不锈钢。

3.3 设计原则

3.3.1 本规程根据国家标准《混凝土结构可靠度设计统一标准》GB 50068，采用了以试验研究数据和工程经验为依据，以分项系数为表达形式的极限状态设计方法。

3.3.2 为使非结构构件抗震锚固设计更经济合理，故规定锚固连接设计所采用的设计使用年限，应与被连接非结构构件的设计基准期一致。对化学锚栓和植筋，不可避免地存在着胶粘剂的老化问题，只是程度不同而已。为了防范这类隐患，宜加强检查或监测，但检查时间的间隔可由设计单位作出规定，第一次检查时间宜定为投入使用后的6~8年，且至迟不应晚于10年。

3.3.4 锚固承载力设计表达式按现行国家标准《混凝土结构可靠度设计统一标准》GB 50068 规定采用，左端为作用效应。右端锚固承载力设计值 R_d 与一般设计规范不完全相同，是按 $R_d = \frac{R_k}{\gamma}$ 确定， R_k 为锚固承载力标准值， γ 为锚固承载力分项系数，而非材料性能分项系数；锚固承载力标准值 R_k 系直接由锚固承载力试验统计平均值及其离散系数确定，而非材料强度离散系数。由于锚栓及槽式预埋组件各自采用不同的分项系数表达，本规程为了协调，对于锚栓为 γ_R ；对于槽式预埋组件为 γ_M 。由于后锚固连接方式多种多样，在地震作用下，效应的作用方向可能存在多向性，因此后锚固连接效应 S 的计算中应考虑地震剪力方向的影响。

3.3.6 机械锚栓的级别划分应参考现行标准《混凝土用机械锚栓》JGT160 关于锚栓适用性能划分的要求。地震作用下锚栓的锚固承载力除钢材破坏以外都会出现一定程度的退化现象，其量值随破坏性态、锚栓类型及受力性质而变。与现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ145 相比统一了抗剪与抗拉的承载力降低系数，这与欧洲技术委员会（EOTA）技术报告 TR45《混凝土用金属锚栓抗震设计》中的规定基本一致。关于自攻锚栓虽然欧洲将其划归彻底锚栓范畴，但中国目前工程经验还不十分成熟，故取彻底型与膨胀型锚栓的中间值作为降低系数。对于仅通过开裂混凝土测试的锚栓，考虑到其具有一定的抗震性能，即使无抗震测试数据，进行抗震计算时，降低系数取为 S2 级的 0.9。

3.3.7 槽式预埋组件由于是预埋在混凝土中，相应开裂混凝土中性能较好，因此不需做开裂混凝土中性能检验，对于混凝土破坏，不进行区分，直接取降低系数为 0.75。对于各种钢材破坏，需要通过抗震测试，无抗震测试时，取 0.7，相对比较保守。

3.3.8~3.3.9 锚栓及槽式预埋组件锚固承载力分项系数主要参考国内外相关标准制定。对于现场安装影响系数 α_{inst} 只能依据产品的认证报告确定，无认证报告时，应进行相应试验，该性能主要考虑螺栓预紧力及安装间隙对槽口和螺栓连接咬合承载力的影响，现行行业标准《建筑用槽式预埋组件》（待发布）无该测试方法，本规程附录 D 给出了具体测试要求。

4 地震作用和抗震验算

4.1 一般规定

4.1.1 由于非结构构件锚固对非结构构件抗震起着相当大的作用，因此，采取了比非结构构件抗震严的计算要求，对于 7 度且功能级别为一级和 8、9 度且功能级别为一、二级的锚固连接都应进行水平及竖向地震作用计算。根据欧洲技术委员会的技术报告《混凝土用金属锚栓的抗震设计》TR045 第 5.1 条规定，承载力极限状态时如果地震作用对锚栓（单锚或群锚）产生的拉力或剪力小于或等于 20% 的总设计拉力或剪力时，不用对锚栓（单锚或群锚）进行抗拉或抗剪验算。垂直固定（顶面或底面固定）的锚固方式，地震作用产生的水平力在总设计剪力中占主导地位，所以需要进行水平地震作用验算。而竖向拉力当设防烈度为 9 度区时竖向地震作用在二类及以上场地条件下的占总设计拉力的比重会超过 20%，所以需要进行计算。由于考虑地震作用的组合时，考虑了地震作用效应增大系数，取为 2.5。该取值较高，综合考虑国内抗震规范与国外不同，本规程考虑以 25% 作为计算的界限。

4.1.5 锚固连接的抗震设计方法可以分为锚固件即锚栓或槽式预埋件的延性设计、锚固连接板的延性设计和锚栓的强度设计。本规程针对非结构构件锚固抗震设计，采用的设计方法以锚固件强度设计为基础不考虑锚固件的延性变形能力。

4.2 地震作用计算

4.2.5 非结构构件锚固连接设计时，紧固件应能承受从锚板和连接件上传递来的最大作用力。为了安全起见和简化计算，锚板和连接件应是完全刚性且锚栓或槽式预埋件不会发生塑性破坏。

1) 静力按照实际受力情况、支撑条件和内力分配原则计算。

2) 根据地震作用产生的内力及质心与锚固点的位置关系和支撑条件计算锚固点处的内力。根据被固定物锚固点与基材的位置关系分为吊挂固定、侧挂固定和支撑固定三种形式。非结构构件作用于锚固连接处的外力应根据位置关系分别计算地震作用和静载对锚栓或槽式预埋组件产生的拉力、剪力和弯矩。

对于吊挂固定和支撑固定，对锚栓槽式埋件的剪力主要由水平地震作用产生，拉力主要由被固定物自重和竖向地震作用产生。对于侧挂固定，对锚栓或槽式埋件的剪力主要由被固定物自重、竖向地震和与竖向构件垂直方向的水平地震作用产生。拉力由与竖向构件不同面的水平地震作用产生。

4.2.7 考虑到国内规范按小震弹性设计，由抗震构造保证中震和大震下的抗震性能，锚栓和槽式预埋组件按小震弹性进行地震作用计算，破坏状态基本为脆性破坏，无法保证中震和大震下的性能，采用地震作用效应增大系数 2.5 后，考虑到荷载分项系数和承载力分项系数，可以保证中震弹性。

4.3 锚栓的抗震验算

4.3.1~4.3.5 锚栓的抗震验算应分别对拉力、剪力和拉剪复合作用进行验算。相关承载力计算方法可依据现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ145。与JGJ145不同，对于抗震条件下复合受力，无论钢材破坏还是其它破坏模式，拉力比、剪力以及符合受力的拉剪力比之和都更保守。

4.4 槽式预埋组件的抗震验算

4.4.1 当预埋槽道有抗震要求或需要承受延槽轴线方向的平行剪力时，需要进行延槽承载力的验算；否则只需进行抗拉、垂直抗剪及其相应拉剪复合受力验算。

4.5 槽式预埋组件的承载力计算（一）

4.5.2 k_2 的取值参考欧洲标准 TR047《预埋槽道的设计》，及中欧混凝土标号的差异换算得出。

4.5.3 $k_{ct,N}$ 的取值参考欧洲产品评估标准 EAD 330008-2-0601《预埋槽道》，及中欧混凝土标号的差异得出。

4.5.4 预埋槽道需要在混凝土锚固状态下进行安装劈裂检验，其目的为保证其最大安装扭矩不会对配套螺栓、预埋槽或混凝土产生破坏。

4.5.7 k_5 的取值参考欧洲标准 TR047《预埋槽道的设计》，及中欧混凝土标号的差异换算得出。

4.5.11 k_8 的取值参考欧洲产品评估标准 EAD 330008-2-0601《预埋槽道》。

4.5.12 在进行式 4.5.12-3 的计算时，我们假定所有作用在锚腿上的剪力其作用方向都是向混凝土边缘的，作用方向相反的剪力在此忽略不计。 k_{12} 的取值参考欧洲产品评估标准 EAD 330008-2-0601《预埋槽道》，及中欧混凝土标号的差异得出。

4.6 槽式预埋组件的承载力计算（二）

4.6.1~4.6.3 因行业标准《建筑用槽式预埋组件》只规定了槽式预埋组件的本体性能检测方法，而对槽式预埋组件跟混凝土基材的结合受力和相应工况无具体规定。所以，当参考行业标准《建筑用槽式预埋组件》进行设计时，对于钢材破坏依据《建筑用槽式预埋组件》取值，对于其他破坏形式，采用本规程第 4.5 节的有关规定进行计算。

5 抗震构造措施

5.0.1 根据国内外的研究成果,混凝土结构构件的变形主要集中在构件的塑性铰区。在地震作用下,塑性铰区内的混凝土裂缝宽度会随着变形的增大而增大甚至剥落、压碎。所以,锚栓应避免在塑性铰区使用。而在塑性铰区以外,混凝土裂缝宽度达到一定程度后不会再扩展,裂缝宽度可以通过会在 0.5~0.8mm 之间,对于满足抗震能力的锚栓不在塑性铰区使用时是可以满足承载力的要求的。

5.0.4 表 5.0.4 对化学锚栓最小有效锚固深度的规定与《混凝土后锚固技术规程》JGJ145 保持一致。关于机械锚栓,因为《混凝土用机械锚栓》JGT160 产品标准已经对锚栓适用性能进行了严格测试评定。因此对于机械锚栓仅作出最小有效锚固深度要求,不再针对不同种类机械锚栓规定具体的有效锚固深度。

5.0.5 试验和工程经验表明,锚固区具有一定量的钢筋,锚固性能可大为改善。与既有建筑工程不同,新建建筑工程在设计及施工时对后锚固区有条件配置钢筋。为提高锚固连接的可靠性,减小基材混凝土破坏的可能性,可在预设的锚固区配置必要的钢筋网,本次修订给出具体钢筋间距的要求,以保证布置必要的构造钢筋。

5.0.7 在地震剪力作用下,锚固件上的剪力由于在环形间隙处对锚栓的锤击效应而被放大。对于需要锚固抗震验算的锚固连接,连接板锚孔与锚栓间的孔隙宜灌浆填实以保证地震作用下连接板与锚栓间能够有效传力。如不能灌浆,连接板锚孔直径应满足 JGJ145 的构造要求且承载力应折减为原承载力的一半。

5.0.8 地震作用是一种往复荷载,会导致螺母和螺栓的松动,乃至锚栓提前失效,因此本条文要求采取有效防松措施。

5.0.10 槽式埋件的构造要求参照美国预埋槽评估标准 AC232-2016,在槽式埋件的型式,尺寸,等构造超出此要求的时候,本规程所依照的设计方法和受力机理不适用。

5.0.12 沿槽抗剪承载力应通过有效的机械咬合提供。机械咬合连接的型式有两种,槽口及螺栓都带齿的连接方式;也可采用带肋螺栓(螺栓硬度一般大于槽道),通过拧紧扭矩在光滑的槽口上压出刻痕以实现机械咬合。

6 施工与验收

6.1 一般规定

6.1.2 目前市场上有不同品牌和功能的国内外锚栓和锚固胶可供选择，生产厂家生产的产品质量参差不齐，但施工所用的产品质量必须符合相应产品质量检验标准，产品的规格应符合设计要求。

目前已经出版的有关锚栓和植筋的规范主要有《混凝土结构加固设计规范》(GB50367-2006)、《建筑结构加固工程施工质量验收规范》(GB50550-2010)、《混凝土用膨胀型、扩孔型建筑锚栓》

(JGJ160-2004)、《紧固件机械性能》(GB/T 3098-2000)。植筋钢筋的质量亦应符合相应现行的国家规范的要求。

6.1.5 对预埋槽道的进场验收做出了明确的规定。由于相关产品在定型时已经进行了试验验证或认证，在出厂前又进行了有关出厂检验，因此在进场验收时，以简化进场验收手续，同时又能确保产品质量为原则确定产品抽样数量及试验项目。

6.2 槽式预埋组件

6.2.1 预埋槽道的安装施工应符合下列规定：

1. 预埋槽道应根据现场施工情况固定于模板、模具或钢筋网片上，以免浇筑混凝土时引起预埋槽位置跑偏。

2. 浇筑后的混凝土外表面应与预埋槽道平齐，这样才能保证预埋槽与混凝土紧密结合，在受到拉力、剪力或沿槽剪力时充分发挥其承载力。

6.3 锚栓与植筋

6.3.2 严重磨损的钻头会影响钻孔直径，不仅影响锚栓及植筋安装本身，还会影响其承载力。

6.3.5 主要规定锚栓钻孔质量要求、锚孔直径允许偏差和锚栓孔距的允许偏差。现行《建筑结构加固工程施工质量验收规范》(GB50550-2010)第 20.2.6 条也规定了锚栓钻孔垂直度不应超过 2%。

锚栓安装和预紧也是后锚固施工的关键环节，本条对膨胀型锚栓的安装要求具体做了如下几个方面的规定：

1 对膨胀型锚栓预紧控制的两种方式，扭矩控制式膨胀锚栓通过控制螺杆的扭矩大小来完成锚栓安装，位移控制式膨胀锚栓通过控制套筒与锥头的相对位移来完成锚栓安装，其中位移控制式又叫敲击式锚栓。

2 根据产品的种类和厂家不同，按照使用说明进行安装；

3 扭矩扳手的选择、螺纹的保护、预紧力控制和位移控制的标准。

4 锚栓安装时，套筒的位置尤为重要，施工时必须严格按照产品的要求进行控制。

5 根据对现有扭矩扳手的市场调查，现有的扭矩扳手产品的预紧力误差为±3%，再考虑施工因素的影响，将预紧力允许偏差定为±10%。

化学锚栓首先应满足产品使用说明的要求下，对化学锚栓的钻孔提出具体要求：

1 规定了不同规格的化学锚栓在设计和产品无要求的情况下，所对应的钻孔孔径要求；

2 规定了对化学锚栓钻孔的深度、倾斜度和锚孔位置，以及群锚的孔距允许偏差。其中锚孔倾斜度、位置和群锚的孔距允许偏差，同本规程膨胀锚栓的锚孔质量要求。考虑到化学锚栓如果锚固深度偏差过多，有可能导致化学锚栓外露螺杆不够长，影响对锚垫板等锚固物的锚固，所以将化学锚栓锚孔深度的允许偏差定为 0 mm ~+10mm。

附录 A 槽式预埋组件检验方法

A.1 一般规定

地震作用下，槽式预埋组件的钢材破坏承载力降低与产品本身密切相关。钢材材质，加工工艺，成品尺寸等都会对槽式预埋组件的抗震性能产生影响，考虑到目前国内尚无可参照的试验和认证标准来确认钢材承载力的折减程度，本附录给出抗震性能专项试验（附录 B）、基准试验（附录 D）（基准试验作为抗震性能专项试验中周期及往复荷载频率的取值参考），以及具体数据处理（附录 C）的方法，作为本规程条文 3.3.7 地震作用下槽式预埋组件的锚固承载力降低系数 k 的取值依据。

A.2 试件要求

A.2.3 规定从锚件埋入端投射到混凝土表面且顶点内角为 120° 的虚拟圆锥体内不应有钢筋。是为了保证非开裂混凝土的构造配筋不影响受拉及受剪荷载作用下可能导致的混凝土锥体的形成。

A.2.4~5 受拉钢筋应延伸到试件端部之外，以便于将外部拉伸荷载直接施加到钢筋上。向钢筋两端施加外部荷载，以便于使钢筋整个长度上产生均匀应变，从而控制裂缝宽度。为了控制裂缝宽度，钢筋允许穿过与所测槽式预埋件相关的潜在混凝土锥体崩裂面，但钢筋与锚腿之间的中心间距至少应为 $0.4h_{ef}$ ，在埋深较深的情况下，如果可以确保锚固机理不会受到钢筋影响，则允许使用更小的钢筋与锚腿中心间距值。应使用胶带、塑料管子或脱粘剂从开裂面预期所在位置的任何一侧将钢筋脱粘 75mm 以上。

A.2.6 槽式预埋组件的安装效果与其承载力密切相关，因此做出安装的一般要求。

A.2.7 此条安装扭矩的要求是为了模拟实际使用工况中 T 型螺栓会随着时间的推移逐渐松脱的效果。

附录 B 抗震性能专项试验

B.1 一般规定

B.1.3 抗震专项试验是为了考虑地震工况下再有裂缝的混凝土中槽式埋件的表现；应保证只发生钢材破坏，因此，混凝土试件应足够大，保证不发生混凝土破坏。

B.1.4 模拟地震平行剪切试验中的间隙是为了保证在拟地震作用下的试验中，槽道的前端和后端不会与混凝土接触，避免影响试验结果。

B.2 抗震性能试验

B.2.1 模拟地震拉伸试验是为了测试锚腿与槽道连接，槽口，及 T 型螺栓在模拟地震拉力作用下的性能。取拉力作用下组件最薄弱位置的静载承载力作为参考荷载进行拉伸循环荷载试验。如通过试验，则槽式预埋组件拉力作用下的抗震承载力不折减，如不通过或未进行此项试验，折减系数取 0.7。此试验考虑了裂缝对槽式预埋组件受拉的影响，并排除基材边距对抗拉承载力的折减。

B.2.2 模拟地震垂直剪切试验是为了测试锚腿与槽道连接，槽口，及 T 型螺栓的模拟地震垂直剪力作用下的性能。取垂直剪力作用下组件最薄弱位置的静载承载力作为参考荷载进行剪切往复荷载试验。如通过试验，则槽式预埋组件垂直剪力作用下的的钢材抗震承载力不折减，如不通过或未进行此项试验，折减系数取 0.7。此试验排除基材厚度及边距对抗剪承载力的折减。

推荐采用减速线性斜坡荷载连接的半正弦波荷载循环是为了避免剪力往复作用下槽式预埋组件的不可控滑移。

B.2.3 模拟地震平行剪切试验是为了测试 T 型螺栓与槽道咬合在模拟地震平行剪力作用下的性能。取平行剪力下静载咬合力作为参考荷载进行剪切往复荷载试验。如通过试验，则槽式预埋组件平行剪力作用下的的钢材抗震承载力不折减，如不通过或未进行此项试验，折减系数取 0.7 此试验考虑了裂缝对槽式预埋组件受平行剪力的影响，并排除基材厚度和边距对抗剪承载力的折减。

附录 D 静载试验

D.1 一般规定

D.1.2 本节检验项目除了抗震性能的基准试验外，还包括螺栓预紧力和安装间隙对 T 型螺栓与槽口咬合抵抗平行剪力的影响，该试验是设计时的重要参数，相关产品标准没有该试验方法。

D.1.4 采用聚四氟乙烯或其他能够消除工装与基材的摩擦力垫装，以最大程度的准确测量作用在槽式预埋组件上的剪力。剪切荷载作用点的要求是为了保证荷载作用在 T 型螺栓的螺杆中部—保证剪切荷载效应的一致性。

D.1.6 裂缝宽度测量点的取点位置应距离锚腿中线至少 h_{ef} 或 125mm，以避免锥体破坏形成的裂缝的干扰。

D.2 拉力试验

D.2.1 对所有材质和规格的槽式预埋件进行检测，应使用槽道对应的最大尺寸和最高强度的螺栓进行试验，目的是避免 T 型螺栓的破坏，达到锚腿与槽道连接破坏以检测其强度的目的。

D.2.2 欧美规范要求最小锚腿间距 $\geq 100\text{mm}$ ，但现在我国市场上的部分槽式预埋组件的最小锚腿间距可以达到 50mm；从市场实际情况及鼓励产品多样性和创新的角度考虑，本规程要求 s_{\min} 应大于 50mm，受力性能通过试验及设计计算控制。

试验过程中，钢板、反力支架与钢槽不应发生直接接触。实现非约束拉拔，排除混凝土对槽口的保护作用，测出槽口在最不利情况下的准确抗拉强度；不施加扭矩，避免扭矩作用于槽口导致变形。

D.2.3 T 型螺栓受拉试验是为了检测 T 型螺栓的头部、头部与螺杆连接强度，螺纹部分强度可以计算得出。

D.3 剪切试验

D.3.1 锚腿、槽口、及锚腿与槽口连接的垂直抗剪特征值可取同一数值，无需另外分项试验。

垂直剪切试验在混凝土中，由于槽口被约束，一般而言承载力会大于拉力的力值，如不做实验，按抗拉承载力取值本规程是允许的。

D.3.2 为在常规安装情况下，槽口与 T 型螺栓平行剪力作用下咬合连接的基准试验。

D.3.3 考虑了螺栓预紧力的影响，在安装扭矩减半的情况下，平行剪力作用下的咬合承载力是否有较大的折减；

D.3.4 考虑了在有 3mm 安装间隙的情况下，平行剪力作用下的咬合承载力是否有较大的折减；这两种情况相较 D.3.2 的咬合承载力的折减程度是可以被量化的，在本规程中定义为安装安全系数 α_{inst} 。