

ICS 27.120.20

F 65

备案号: 57414—2017

NB

中 华 人 民 共 和 国 能 源 行 业 标 准

NB/T 20414—2017

**核电厂核安全相关混凝土结构后锚固
技术规程**

**Technical requirements for post-installed components of nuclear safety related
concrete structures in nuclear power plants**

2017 - 02 - 10 发布

2017 - 07 - 01 实施

国家能源局 发 布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 材料	5
5 设计基本规定	6
6 后锚固内力计算与分析	7
7 后锚固连接承载力计算	11
8 构造措施	18
9 后锚固施工	20
10 后锚固验收	21
附录 A（规范性附录） 混凝土用机械锚栓的抗震性能评估	23
附录 B（规范性附录） 锚固承载力现场检验方法及评定标准	27

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由能源行业核电标准化技术委员会提出。

本标准由核工业标准化研究所归口。

本标准由上海核工程研究设计院负责起草，中国核工业第二二建设有限公司参加起草。

本标准主要起草人：李韶平、储艳春、倪南、李成、马波、柳胜华、俞冬良、谢利平、章中华。

核电厂核安全相关混凝土结构后锚固技术规程

1 范围

本标准规定了核电厂核安全相关混凝土结构中后锚固件的技术要求。

本标准适用于核电厂核安全相关混凝土结构中后锚固件的设计、施工。钢板混凝土结构可参照执行。

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，仅所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 1499.2 钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋

GB 50010 混凝土结构设计规范

NB/T 20012—2010 压水堆核电厂核安全有关的混凝土结构设计要求

JG 160 混凝土用膨胀型、扩孔型建筑锚栓

JGJ 145—2013 混凝土结构后锚固技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

后锚固 **post-install fastening**

通过相关技术手段在既有混凝土结构上的锚固。

3.2

锚栓 **anchor**

将被连接件锚固到混凝土基材上的锚固组件。

3.3

群锚 **anchor group**

间距不超过临界间距，共同工作的同类型、同规格的多个锚栓。

3.4

植筋 **post-installed rebar**

以化学胶粘剂-锚固胶，将带肋钢筋及长螺杆等胶结固定于混凝土基材锚孔中的一种后锚固生根钢筋，且该钢筋能够达到预埋钢筋同等的作用。

3.5

开裂混凝土 **cracked concrete**

正常使用极限状态下，考虑混凝土收缩、温度变化及支座位移的影响，锚固区混凝土受拉。

3.6

非开裂混凝土 **uncracked concrete**

正常使用极限状态下，考虑混凝土收缩、温度变化及支座位移的影响，锚固区混凝土受压。

3.7

延性锚栓 ductile steel anchor

钢材断后伸长率不小于 14%且面积收缩率不小于 30%的锚栓。

3.8

位移控制式膨胀型锚栓 displacement-controlled expansion anchor

在混凝土表面完成钻孔后，在孔内安装套管和螺栓，通过螺栓相对套管平行移动或套管相对螺栓平行移动使螺栓大头挤压套管壁，从而达到挤压混凝土孔壁、固定螺栓的目的。见图 1。

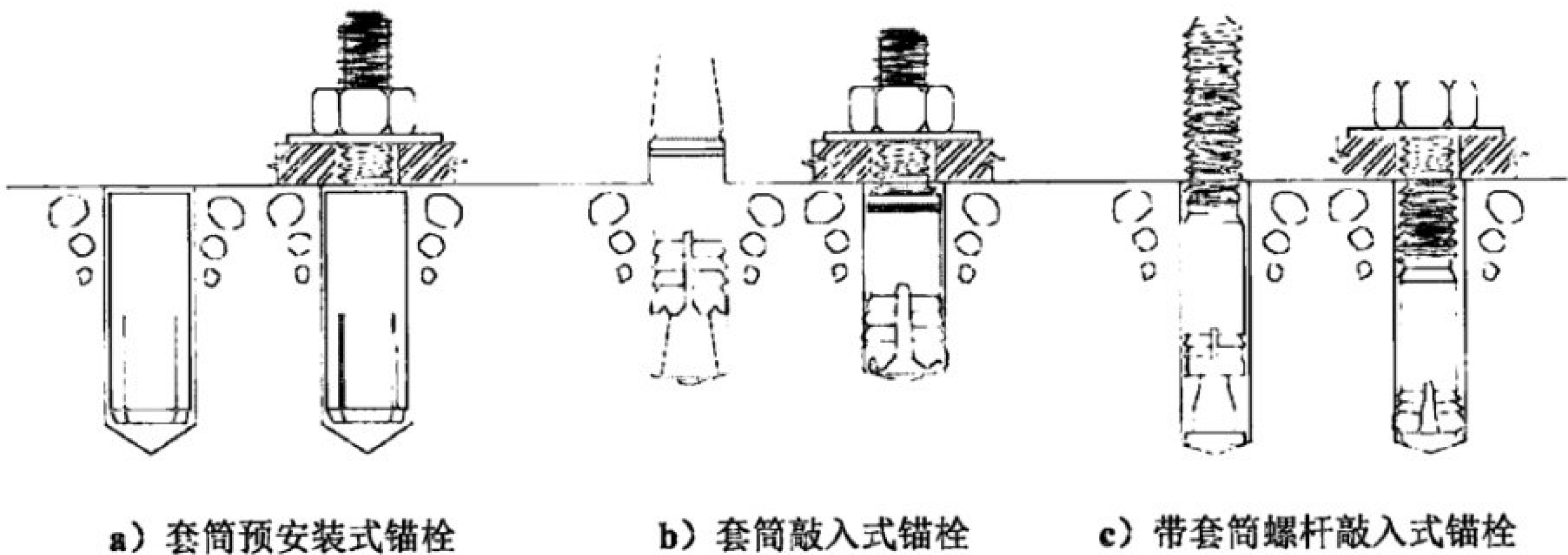


图1 位移控制式膨胀型锚栓

3.9

扭矩控制式膨胀型锚栓 torque-controlled expansion anchor

在混凝土表面完成钻孔后，安装套管和螺栓，通过施加扭矩，将螺栓拧入套管内部，从而使得套管膨胀，达到挤压混凝土孔壁、固定螺栓的目的。螺栓固定后，附件施加的拉力会产生额外的套管膨胀（后续膨胀）。见图2。

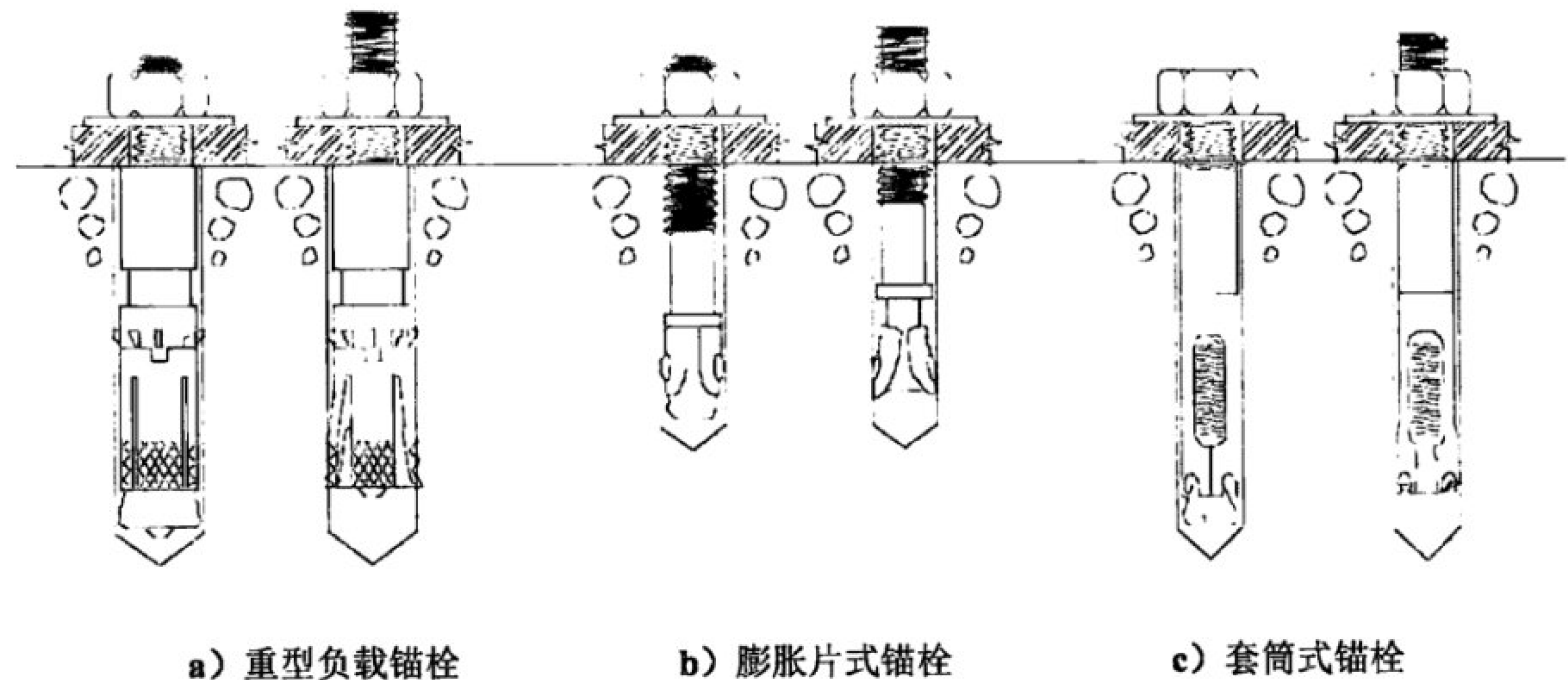


图2 扭矩控制式膨胀型锚栓

3.10

扩孔型锚栓 undercut anchor

通过在安装过程中借助特殊的扩底工具或者锚栓本身的扩底刀刃在锚孔底部形成扩孔,从而实现锚栓与混凝土之间的机械锁键效应达到锚固作用的锚栓,且其各项力学性能与预埋墩头锚栓接近的锚栓。

3.11

自切底型锚栓 self-drilled undercut anchor

在混凝土中钻孔后,通过旋转并敲击带有刀刃的锚栓套筒进入带扩大锥形头的锚杆,使锚栓套筒底部刀刃在已钻孔底部壁内形成锥型扩孔,此时底部套筒扩张与锥形孔贴合,实现锚栓与混凝土的互锁效应。这种扩孔的形成是由于套筒切削混凝土形成的而非通过挤压产生。且其各项力学性能与预埋墩头锚栓接近的锚栓。见图3。

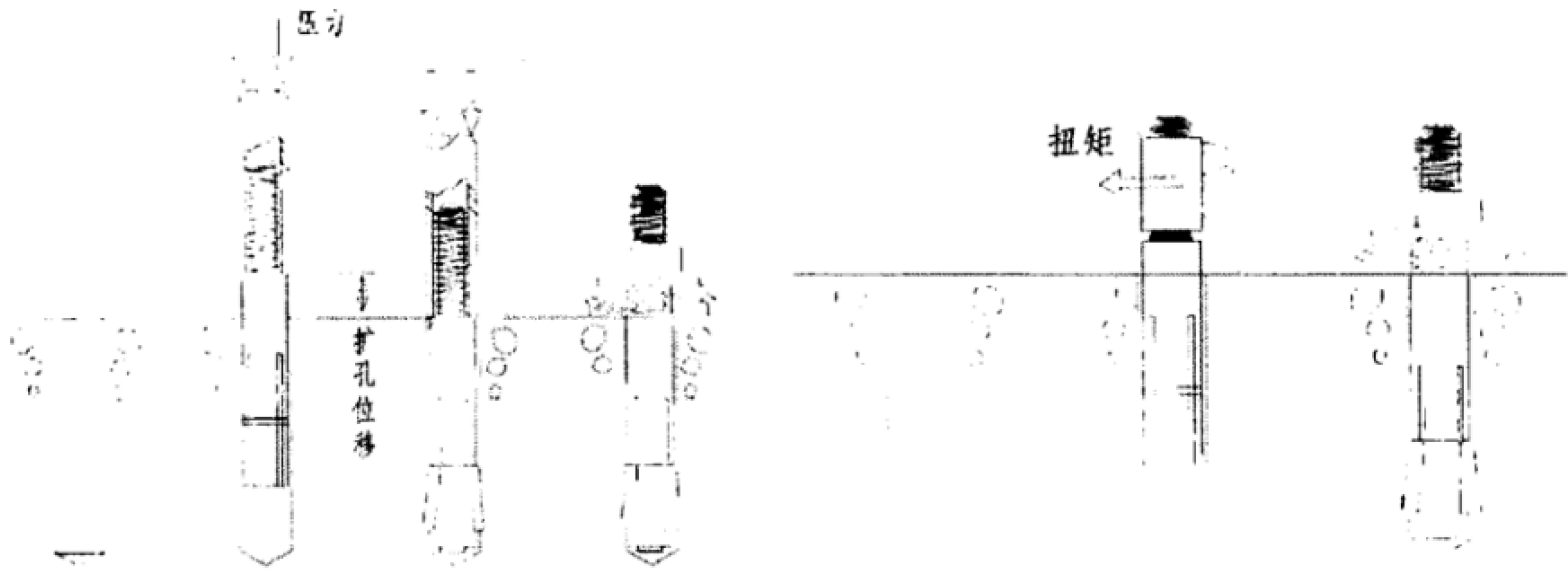


图3 自切底型锚栓

3.12

锚栓钢材破坏 steel failure

锚栓本身钢材被拉断、剪坏或复合受力破坏形式。见图4。

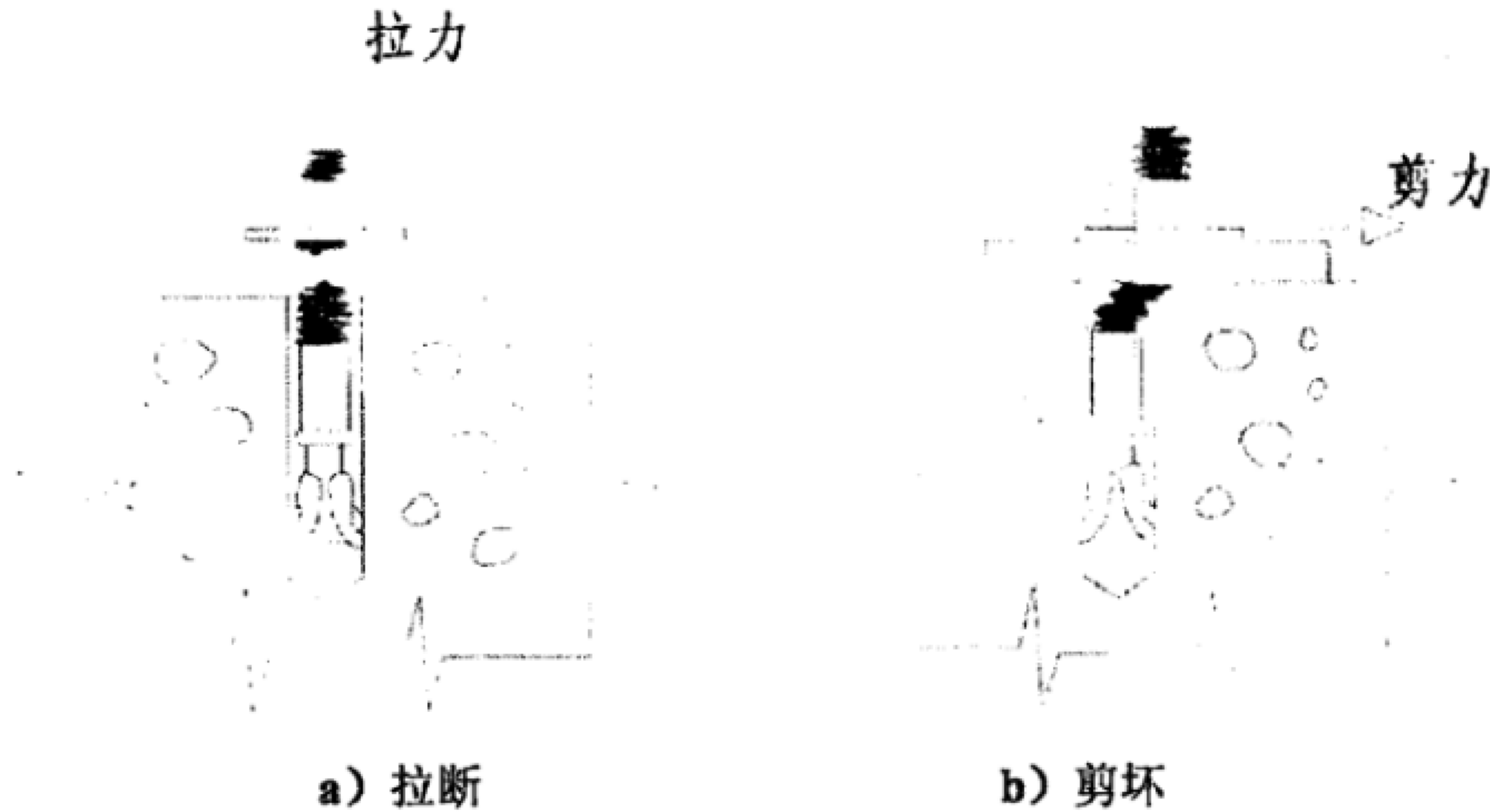


图4 锚栓钢材破坏

3.13

混凝土锥体破坏 tensile concrete breakout

锚栓受拉时混凝土基材形成以锚栓为中心的倒锥体破坏形式。见图5。

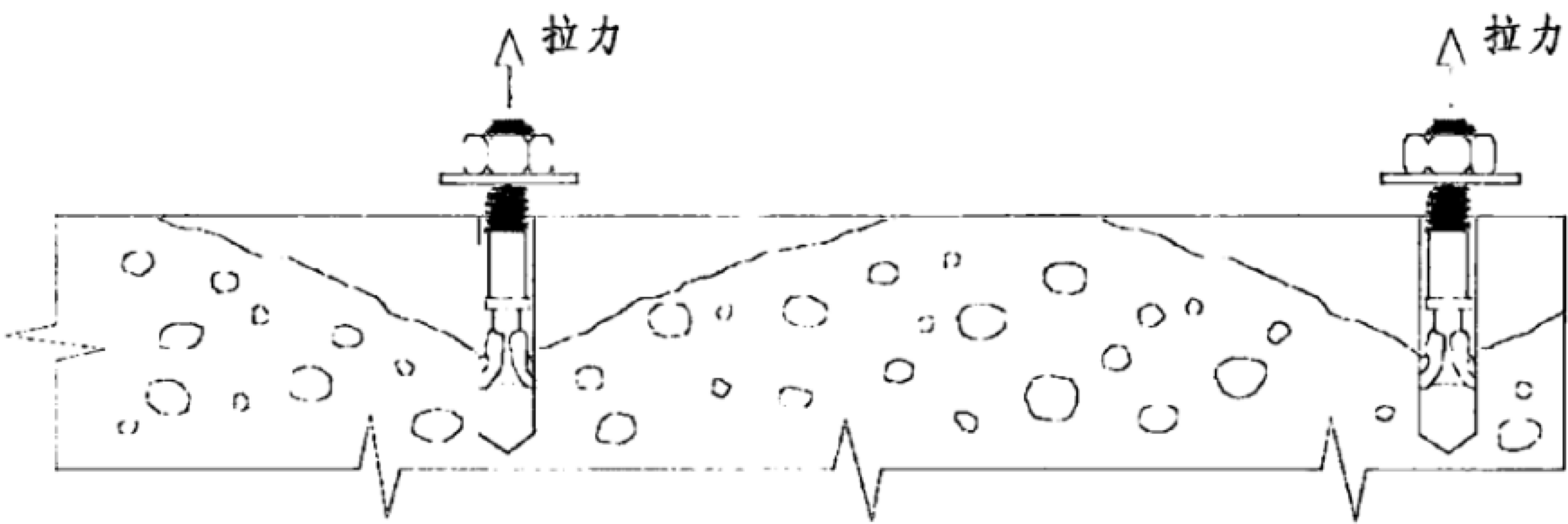


图5 混凝土锥体破坏

3. 14

锚栓拔出破坏 **pull out failure**

拉力作用下锚栓整体从锚孔中被拉出或出现较大滑移的破坏形式。见图6。

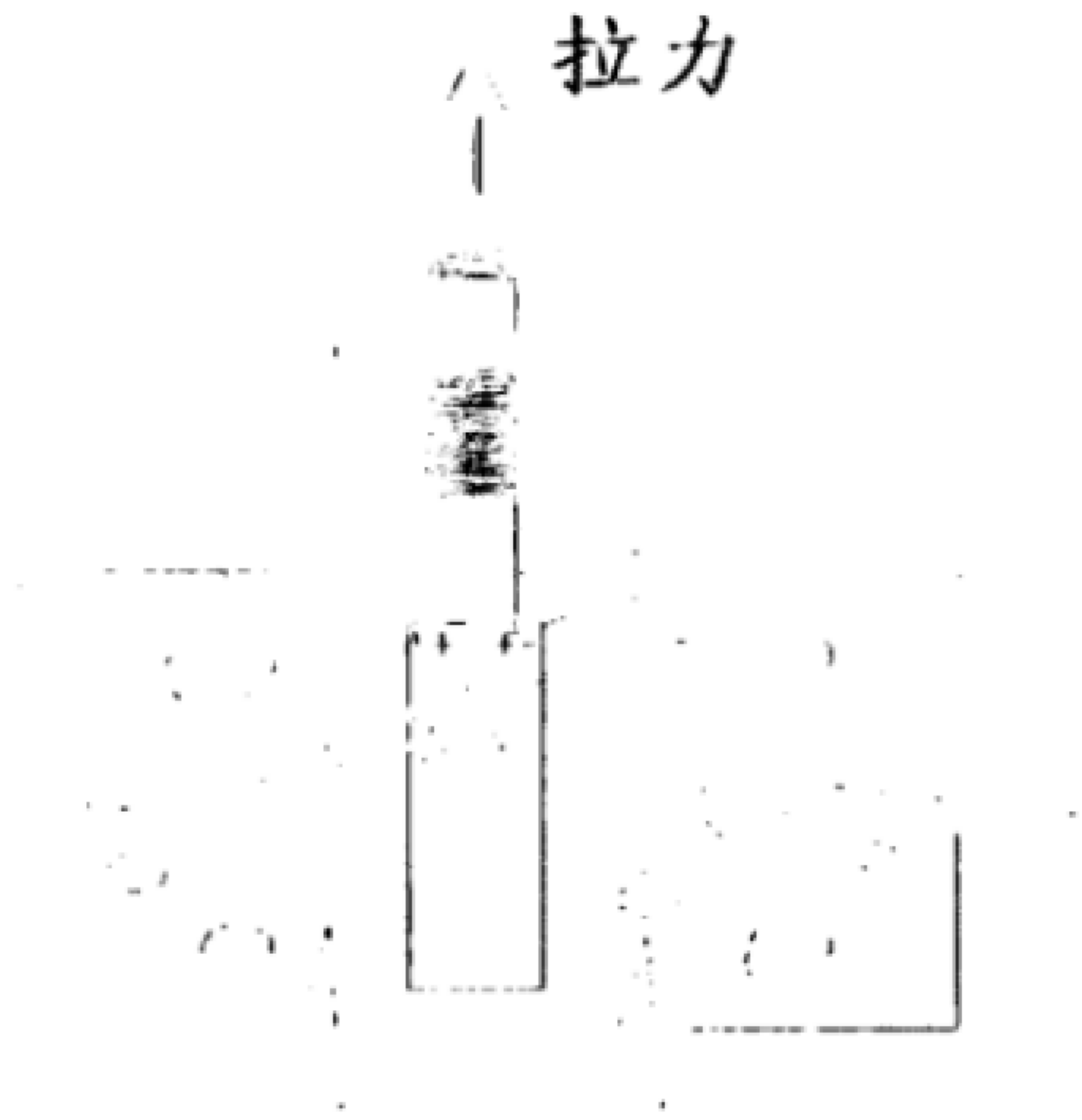


图6 锚栓拔出破坏

3. 15

混凝土劈裂破坏 **concrete splitting**

混凝土基材因锚栓膨胀挤压力而沿锚栓轴线或若干锚栓轴线连线开裂的破坏形式。见图7。

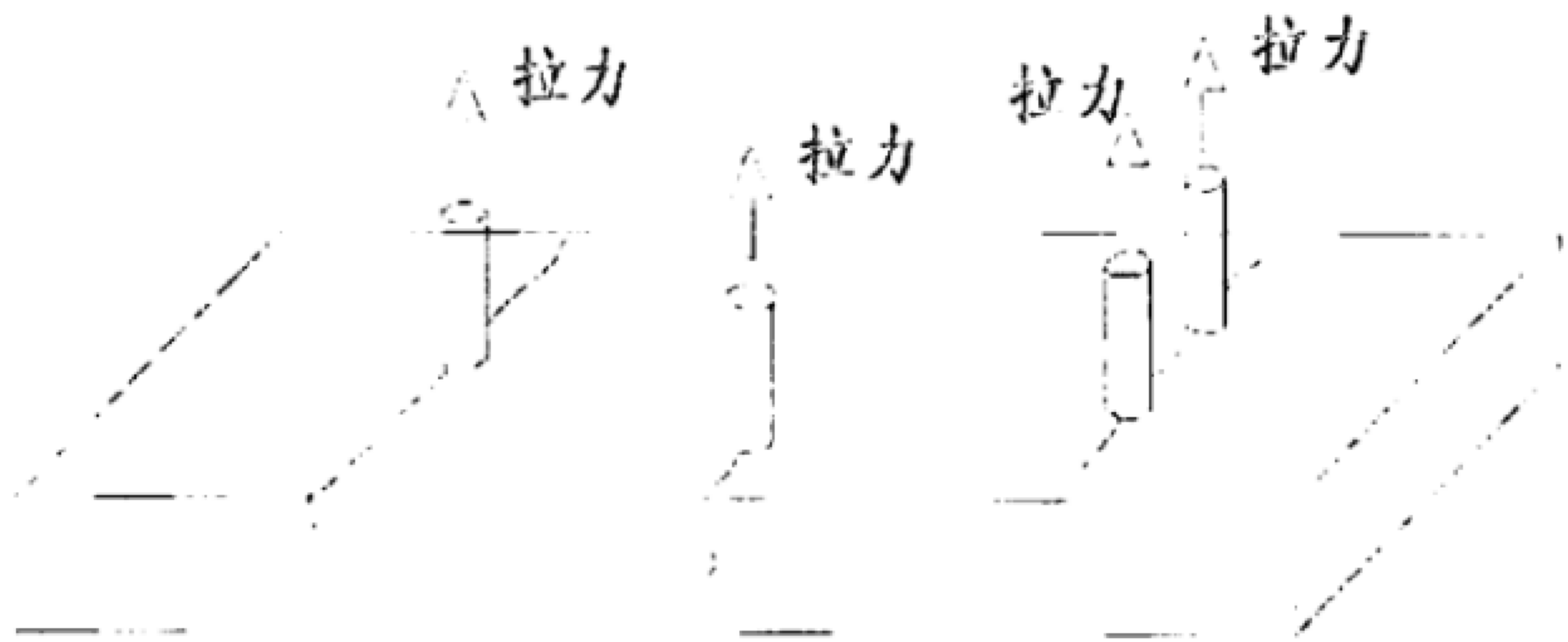


图7 混凝土劈裂破坏

3.16

锚栓混凝土锥体受剪破坏 shear concrete breakout

混凝土基材受剪时形成以锚栓为顶点的混凝土楔形体破坏形式。见图8。

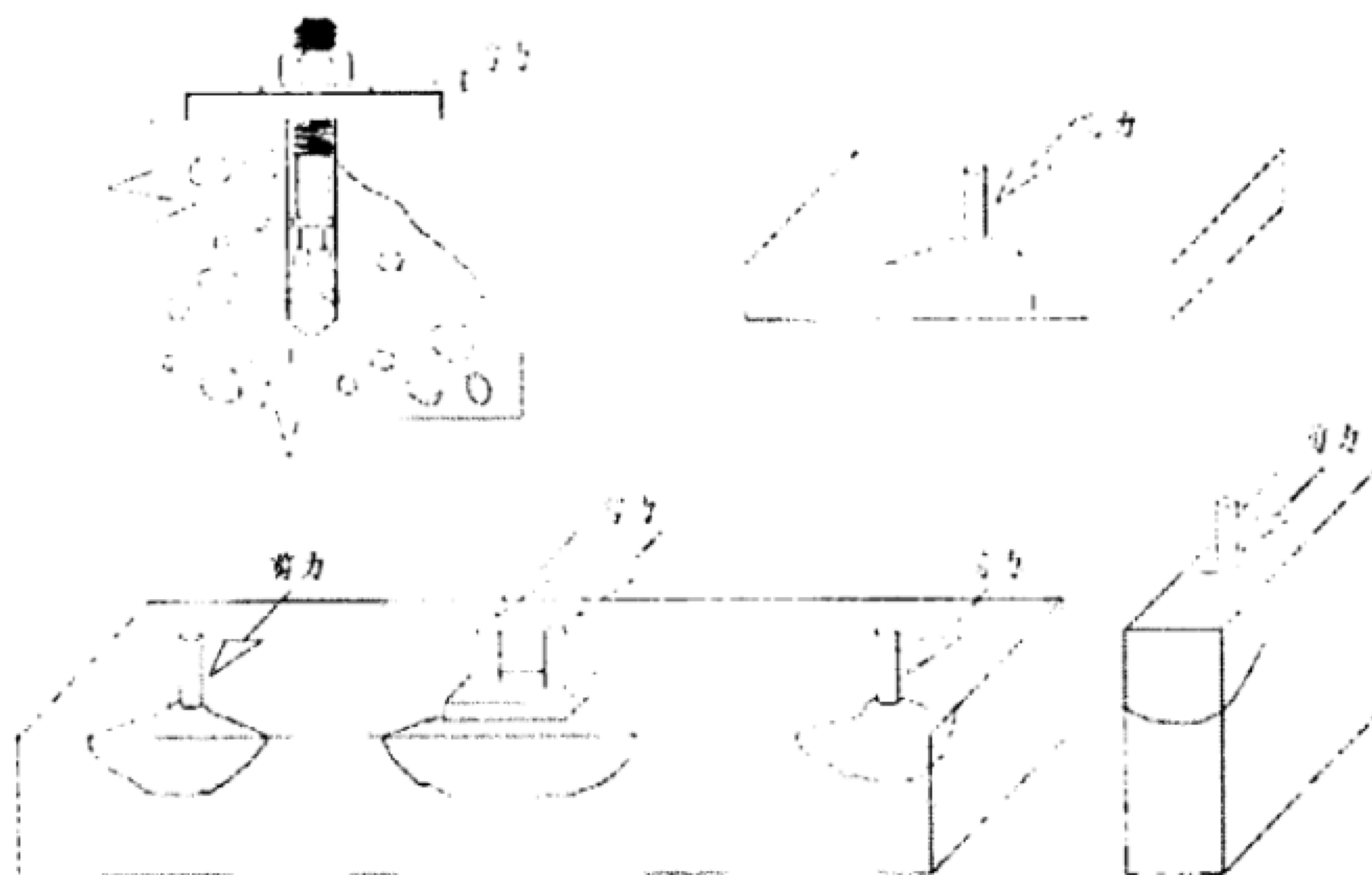


图8 锚栓混凝土锥体受剪破坏

3.17

混凝土剪撬破坏 concrete pryout

中心受剪时混凝土基材沿反方向被锚栓撬起的破坏形式。见图9。



图9 混凝土剪撬破坏

4 材料

4.1 混凝土基材

4.1.1 混凝土基材强度等级不应低于 C30，且不宜高于 C60。

4.1.2 对于既有建筑物混凝土的强度等级，宜采用现场检测的结果作为承载力计算依据，但不应超过原设计强度值。

4.2 机械锚栓

4.2.1 机械锚栓的材质可为碳素钢、不锈钢、合金钢或高抗腐不锈钢，且应为延性锚栓。锚固板的材质应与机械锚栓相匹配。混凝土结构中的锚栓性能应符合现行建筑行业标准 JG 160 的相关规定。在核电厂抗震区域应用时还应符合本规程附录 A 的要求。常用锚栓的力学性能指标应按表 1、表 2 采用。

表1 碳素钢、合金钢锚栓的力学性能指标

性能等级		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8
极限抗拉强度标准值	f_{ut} N/mm ²	300	400		500		600	800
屈服强度标准值	f_{yk} 或 $f_{s,0.2k}$ N/mm ²	180	240	320	300	400	480	640
伸长率	δ_5 %	25	22	14	20	10	8	12

表2 不锈钢锚栓的力学性能指标

性能等级	螺纹直径 mm	极限抗拉强度标准值 f_{ut} N/mm ²	屈服强度标准值 f_{yk} 或 $f_{s,0.2k}$ N/mm ²	伸长值 δ
50	≤39	500	210	0.6 d
70	≤24	700	450	0.4 d
80	≤24	800	600	0.3 d

4.2.2 钢材的防腐要求应根据核电厂的应用环境进行防腐蚀设计，锚栓防腐蚀标准不应低于被固定物的防腐蚀要求。

4.3 植筋材料

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

4.3.2 植筋用的热轧带肋钢筋应符合 GB1499.2 的要求。钢筋宜采用 HRB400E，强度等级应按 GB 50010 的规定执行。

4.3.3 植筋用的胶粘剂不得采用现场人工拌合式，应采用机械自动拌合注入式改性环氧树脂类、改性乙烯基酯类或无机胶粘剂。植筋胶的锚固性能应符合 JG/T 340 的有关规定，并应选用 A 级胶。

5 设计基本规定

5.1 核电厂中使用的后锚固件宜在以下三种类型中选用：膨胀型锚栓、扩孔型锚栓和植筋。

5.2 各类锚栓的选用应根据锚栓本身差异，并应考虑基材性状、锚固连接的受力性质、被连接结构类型等因素的综合影响。核电厂抗震区域的结构构件使用后锚固连接时，膨胀型锚栓不应作为受拉、边缘受剪和拉剪复合受力连接件。

5.3 后锚固连接设计应根据弹性分析得到的荷载效应进行设计。若考虑锚栓和混凝土之间的变形协调，当锚固破坏为锚栓钢材破坏，且为低强（小于或等于 5.8 级）钢材时，可使用弹塑性分析得到的荷载效应进行设计。

5.4 后锚固连接所选用的锚栓应有国家授权的检测机构出具的系统的锚栓承载力检测或认证报告，报告中应明确该锚栓是否适用于开裂混凝土或者抗震区，并提供在裂缝混凝土或抗震类区域的拔出破坏承

承载力。后锚固锚栓设计时，不应由锚栓拔出破坏控制，应由钢材破坏控制，当为非延性破坏控制时，应对承载力取折减系数 0.6。

5.5 当后锚固连接用于高温、高辐射等特殊区域时，则使用的后锚固连接应做与环境相适应的专项设计和验证。

5.6 后锚固连接设计所采用的设计使用年限应与整个被连接结构的设计使用年限一致。

5.7 抗震 I、II 类区域均应按开裂混凝土考虑，确保所使用的机械锚栓能够在开裂混凝土中使用。

5.8 后锚固连接的承载力应采用式 (1) 极限状态设计表达式进行验算：

$$S \leq k R_d / \gamma_{RE} \dots \dots \dots (1)$$

式中：

R_d ——按 7.1、7.2 计算所得承载力设计值，当为抗震设计时，还应根据相关抗震测试结果选取；

k ——非延性破坏折减系数，取 0.6。

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数，取 1.0；

S ——荷载设计值，作用于后锚固件上的荷载及荷载效应组合，应按照 NB/T 20012 相关要求进行考虑。

6 后锚固内力计算与分析

6.1 一般规定

6.1.1 锚栓内力宜按下列基本假定，采用 6.2 和 6.3 中公式进行计算：

- 被连接件与基材结合面受力变形后仍保持为平面，锚板平面外刚度较大，其弯曲变形忽略不计；
- 锚栓本身不传递压力，锚固连接的压力应通过被连接件的锚板直接传给混凝土基材；
- 群锚锚栓内力按弹性理论计算。

6.1.2 为获得锚栓内力，可采用有限元分析方法计算。

6.2 群锚受拉内力计算

6.2.1 轴心拉力作用下(图 10)，各锚栓所承受的拉力设计值应按公式 (2) 计算：

$$N_{sd} = k_1 N / n \dots \dots \dots (2)$$

式中：

N_{sd} ——锚栓所承受的拉力设计值，单位为牛顿 (N)；

k_1 ——锚栓轴心受力不均匀系数，取为 1.1；

N ——总拉力设计值，单位为牛顿 (N)；

n ——群锚锚栓个数。

6.2.2 轴心拉力与弯矩共同作用下 (图 11)，弹性分析时，受力最大锚栓的拉力设计值应按公式 (3) 和公式 (4) 计算：

a) 当 $N/n - My_1 / \sum y_i^2 \geq 0$ 时：

$$N_{sd}^h = N/n + My_1 / \sum y_i^2 \dots \dots \dots (3)$$

b) 当 $N/n - My_1 / \sum y_i^2 < 0$ 时：

$$N_{sd}^h = (NL + M)y_1' / \sum y_i^2 \dots \dots \dots (4)$$

式中:

M ——弯矩设计值,单位为牛顿·米(N·m);

N_d^i ——群锚中受拉力最大锚栓的拉力设计值,单位为牛顿(N);

y_1, y_i ——锚栓1及*i*至群锚形心轴的垂直距离,单位为毫米(mm);

y_1, y_i ——锚栓1及*i*至受压一侧最外排锚栓的垂直距离,单位为毫米(mm);

L ——轴力*N*作用点至受压一侧最外排锚栓的垂直距离,单位为毫米(mm)。

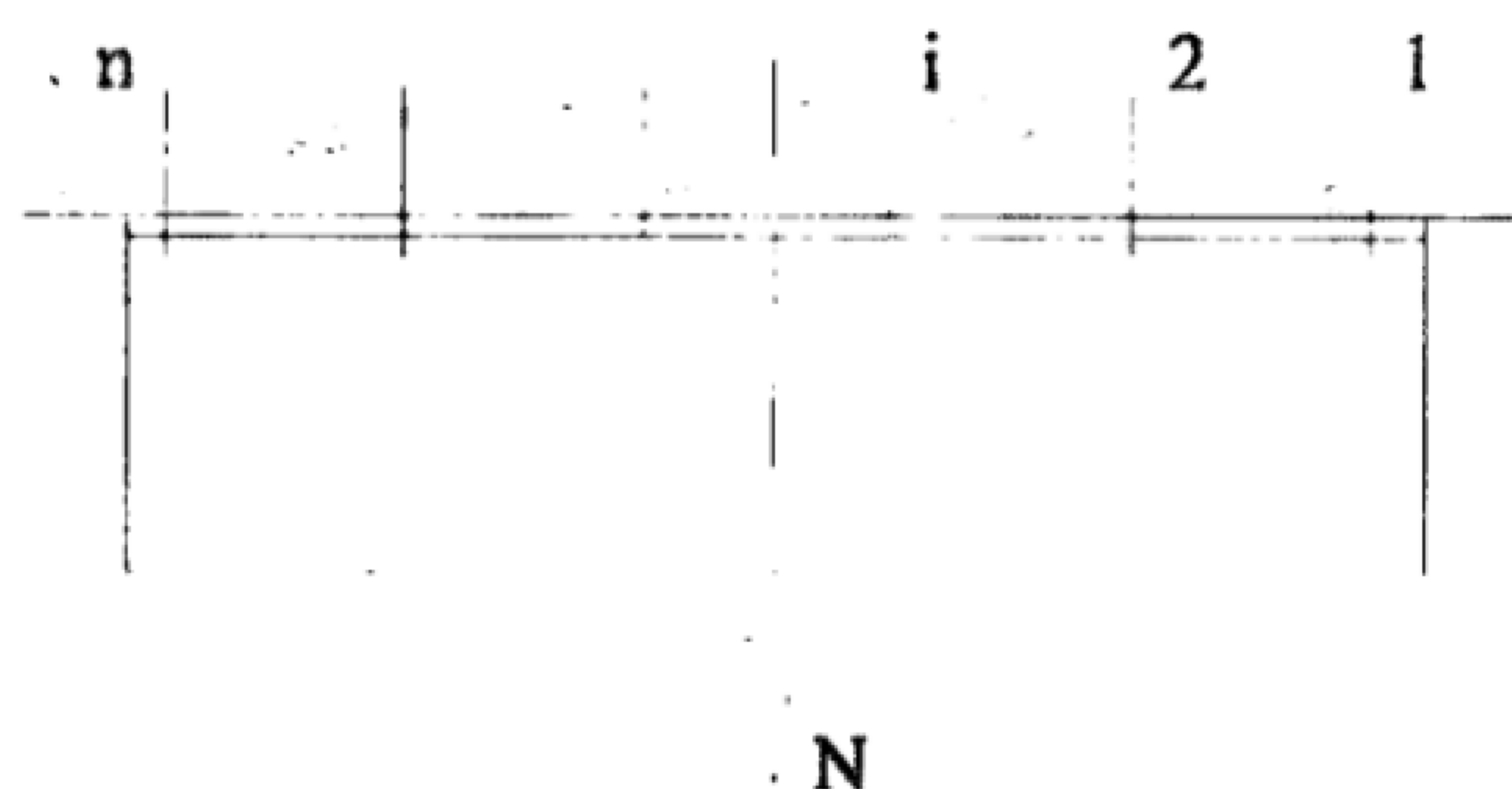


图10 轴心拉力作用

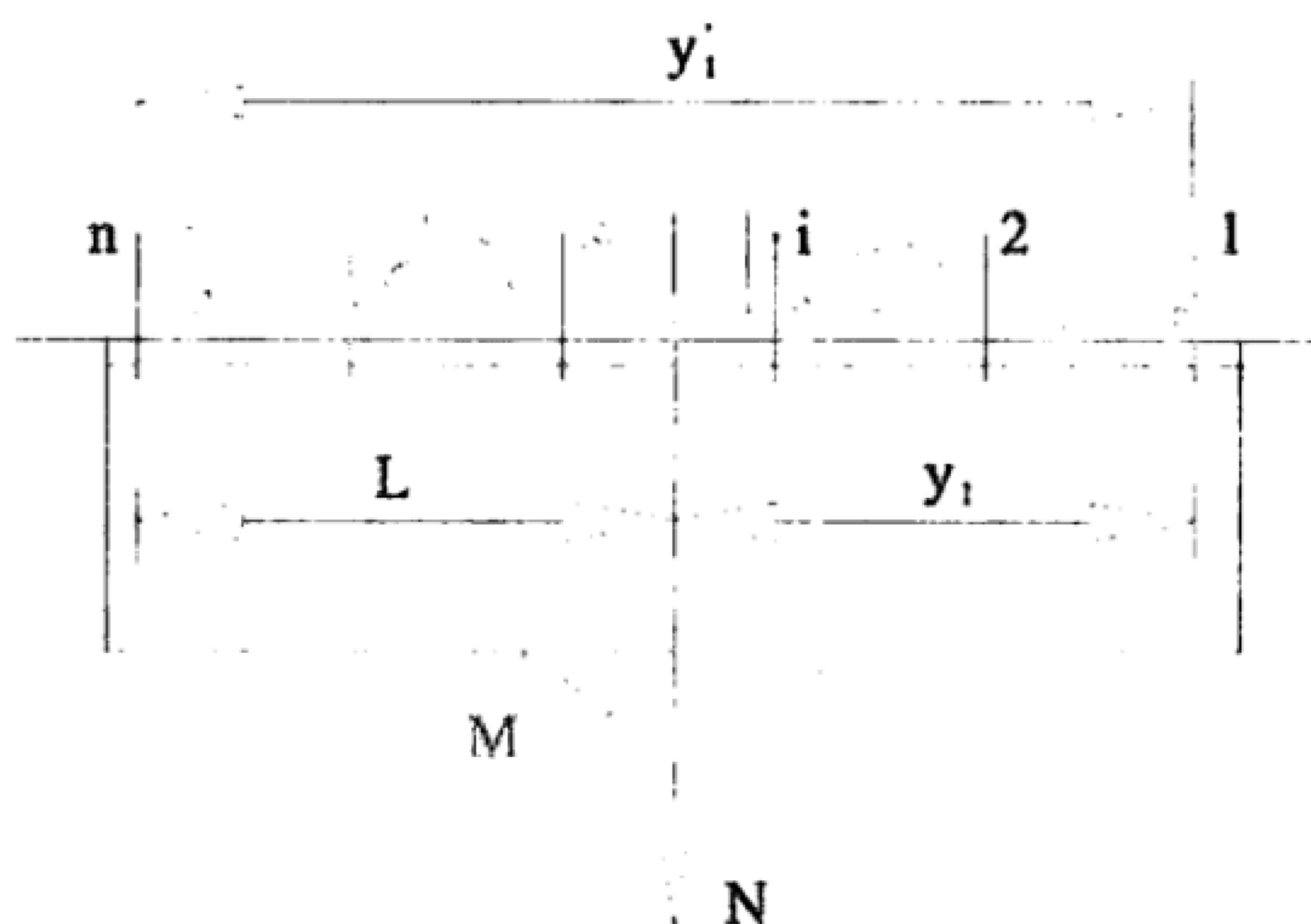


图11 轴心拉力与弯矩共同作用

6.2.3 部分锚栓受拉时,应根据公式(4)计算受拉锚栓的拉力设计值,并计算群锚受拉锚栓的偏心距。

6.3 群锚受剪内力计算

6.3.1 剪切荷载*V*作用下(图14),锚栓的剪力设计值应按公式(5)至公式(7)进行计算:

$$V_{si,x}^V = V_x / n_x \dots\dots\dots (5)$$

$$V_{si,y}^V = V_y / n_y \dots\dots\dots (6)$$

$$V_{si}^V = \sqrt{(V_{si,x}^V)^2 + (V_{si,y}^V)^2} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

$V_{s,x}^i$ ——锚栓 i 所受剪力的 x 分量, 单位为牛顿 (N);

$V_{s,y}^i$ ——锚栓 i 所受剪力的 y 分量, 单位为牛顿 (N);

V_s^i ——锚栓 i 所受的组合剪力值, 单位为牛顿 (N);

V_x 、 V_y ——剪切荷载设计值 V 的 x 、 y 分量, 单位为牛顿 (N);

n_x 、 n_y ——参与 V_x 、 V_y 受剪的锚栓数目, 应根据距离混凝土边缘和锚栓孔的设计综合判断。

6.3.2 当发生混凝土边缘破坏, 剪力方向垂直于基材边缘时, 应按部分锚栓承受剪力进行设计, 靠近边缘的锚栓承担全部剪力, 见图 12; 剪力方向平行于基材边缘时, 应按全部锚栓承受剪力进行设计, 见图 13。

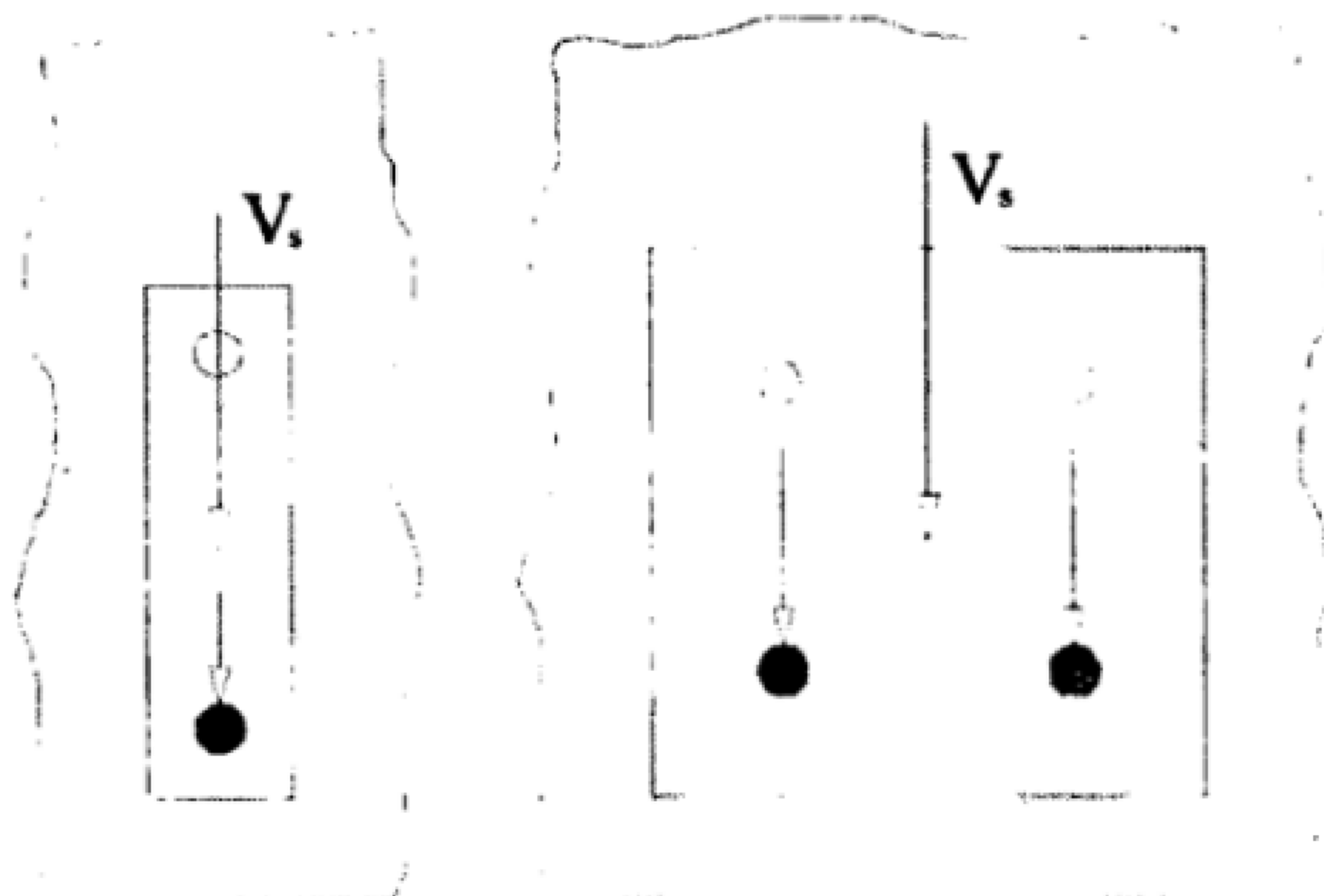


图12 剪力方向垂直于基材边缘

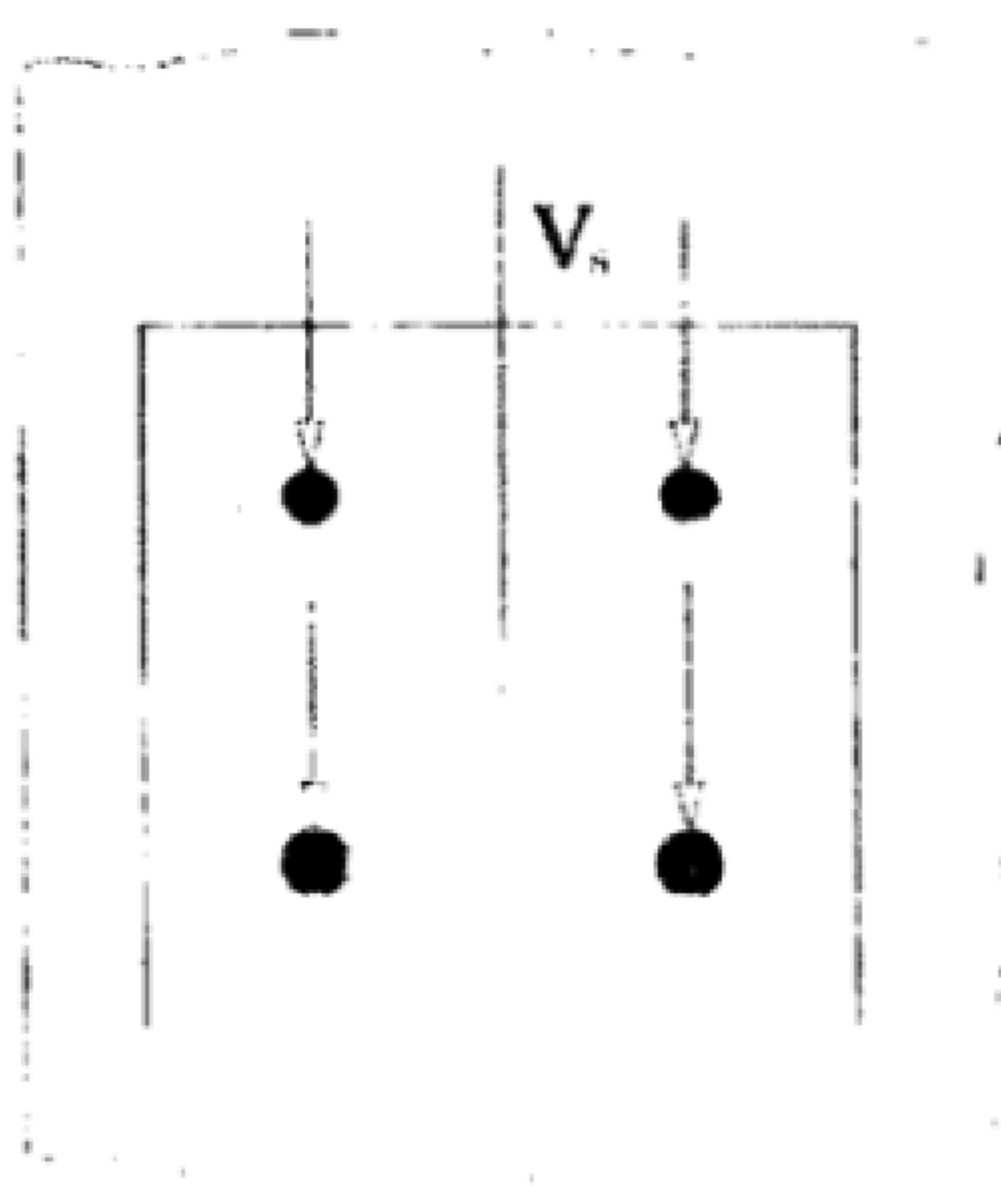


图13 剪力方向平行于基材边缘

6.3.3 按弹性分析时, 群锚在扭矩 T 作用下 (图 15), 锚栓的剪力设计值应按公式 (8) 至公式 (10) 计算:

$$V_{si,x}^T = Ty_i / (\sum x_i^2 + \sum y_i^2) \dots\dots\dots (8)$$

$$V_{si,y}^T = Tx_i / (\sum x_i^2 + \sum y_i^2) \dots\dots\dots (9)$$

$$V_{si}^T = \sqrt{(V_{si,x}^T)^2 + (V_{si,y}^T)^2} \dots\dots\dots (10)$$

式中:

T ——扭矩设计值, 单位为牛顿·米 (N·m);

V_{sx}^T —— T 作用下锚栓 i 所受剪力的 x 分量,单位为牛顿(N);

V_{sy}^T —— T 作用下锚栓 i 所受剪力的 y 分量,单位为牛顿(N);

V_s^T —— T 作用下锚栓 i 所受组合剪力值,单位为牛顿(N);

x_i 、 y_i ——锚栓 i 至以群锚形心为原点的 x 、 y 坐标轴的垂直距离,单位为毫米(mm)。

6.3.4 群锚在剪力和扭矩共同作用下(图16),锚栓的剪力设计值应按公式(11)计算:

$$V_{si} = \sqrt{(V_{si,x}^T + V_{si,x}^V)^2 + (V_{si,y}^T + V_{si,y}^V)^2} \dots\dots\dots (11)$$

式中:

V_{si} ——锚栓 i 的剪力设计值,单位为牛顿(N)。

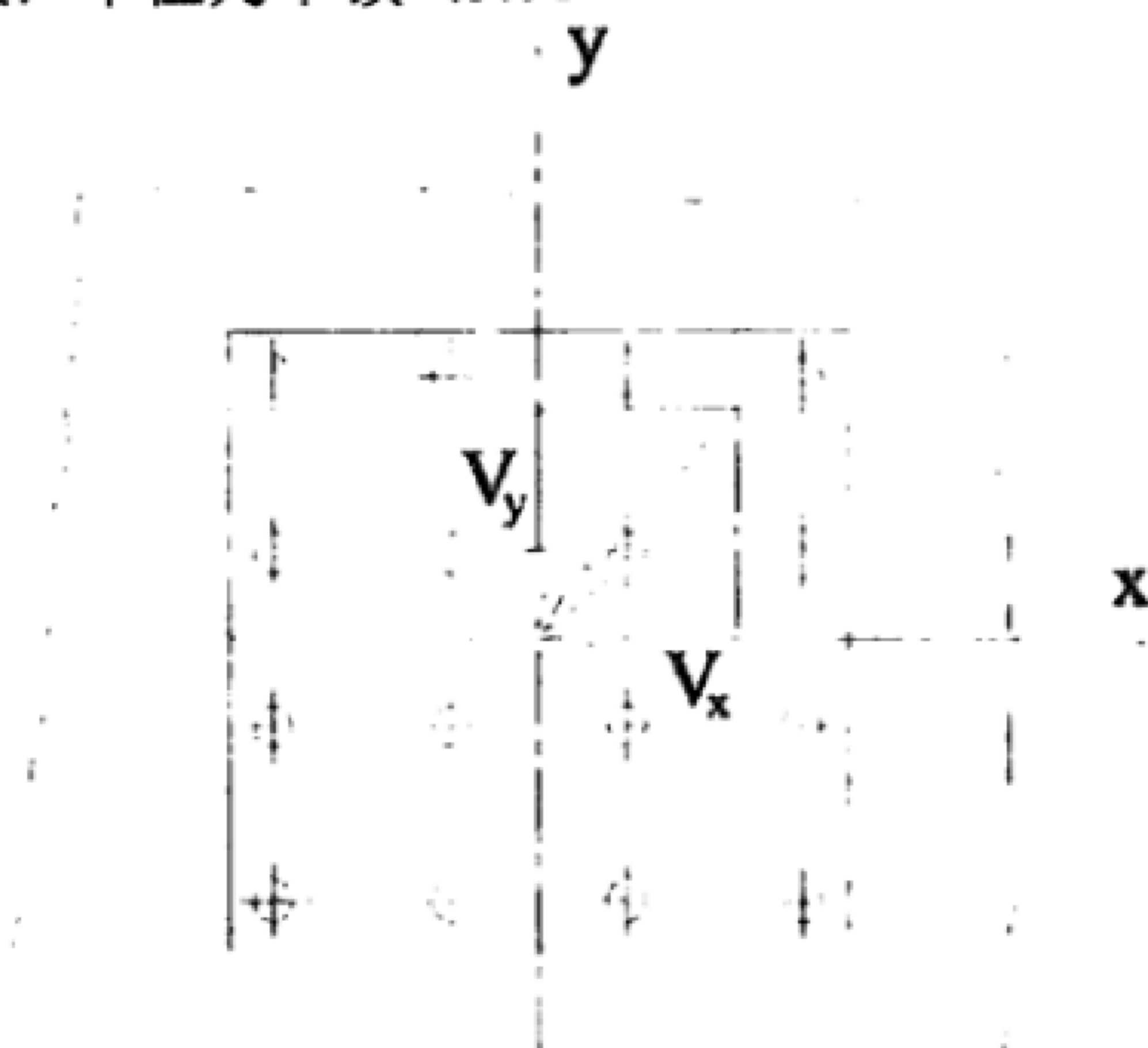


图14 剪切荷载作用

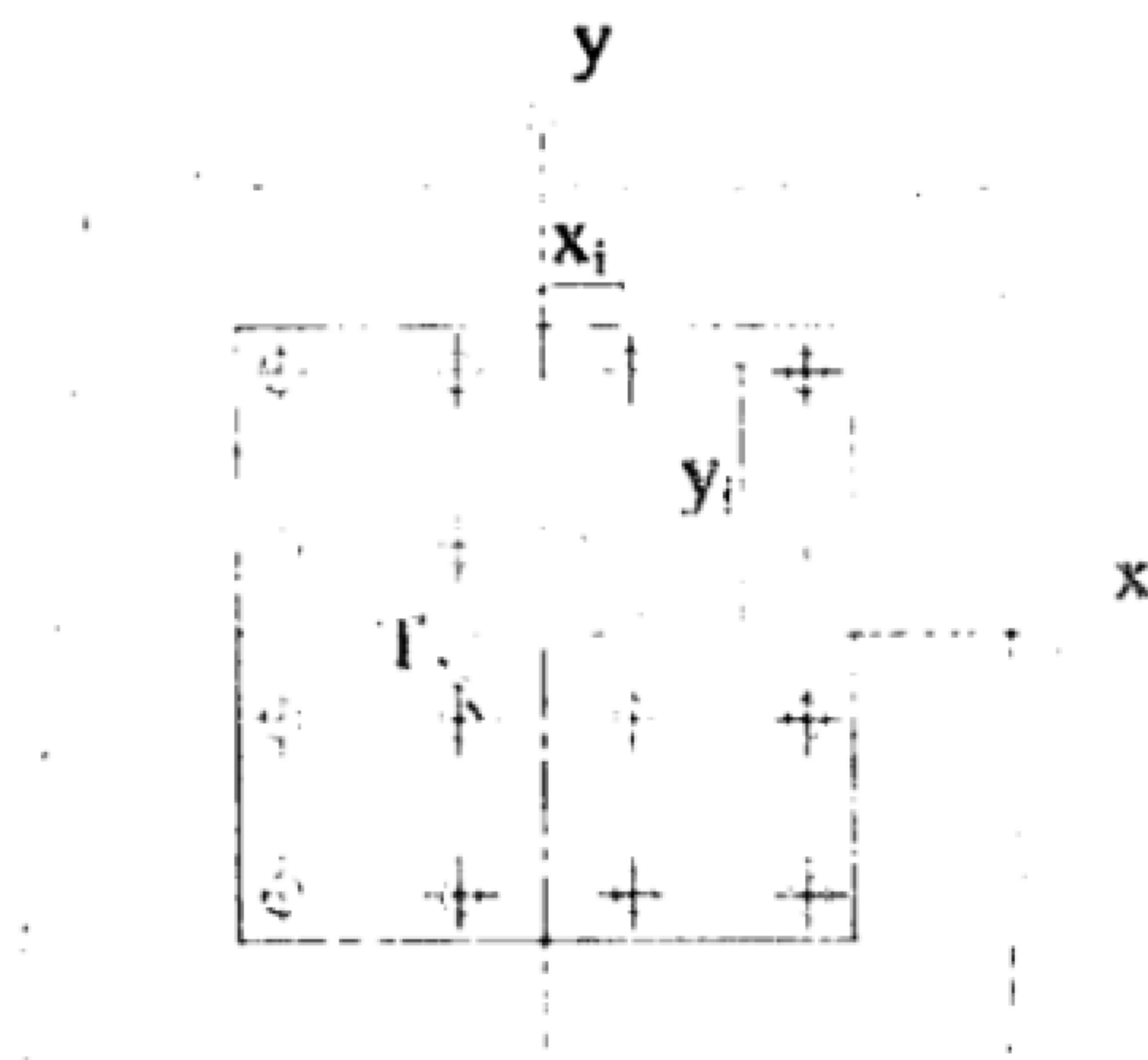


图15 扭矩作用

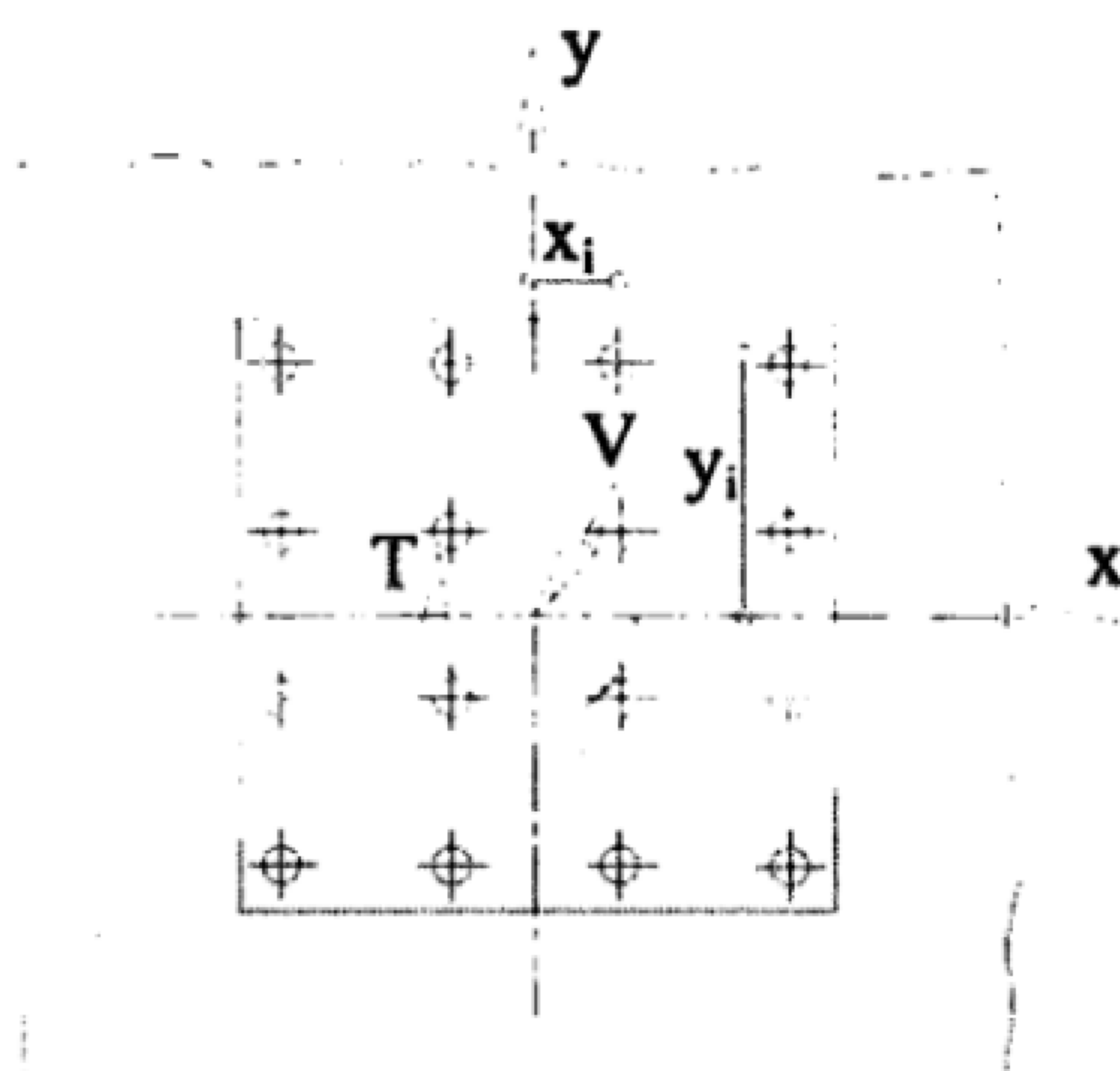


图16 剪力和扭矩共同作用

7 后锚固连接承载力计算

7.1 受拉承载力计算

7.1.1 钢材抗拉强度

单个锚栓或锚栓群钢材的抗拉承载力设计值应按公式 (12) 计算:

$$N_s = 0.7nA_{se}f_{ut} \dots\dots\dots(12)$$

式中:

n ——锚栓个数。

A_{se} ——锚栓有效截面面积, 单位为平方毫米 (mm^2);

f_{ut} ——锚固件钢材抗拉强度标准值, 按表 1、表 2 取值。

7.1.2 锚栓混凝土锥体破坏抗拉承载力设计值

单个锚栓或锚栓群混凝土锥体破坏抗拉承载力设计值应分别按公式 (13) 和 (14) 计算:

a) 对单个锚栓:

$$N_{cb} = 0.75 \frac{A_{Nc}}{A_{Nc0}} \psi_{ed,N} \psi_{cp,N} N_b \dots\dots\dots(13)$$

b) 对锚栓群:

$$N_{cbg} = 0.75 \frac{A_{Nc}}{A_{Nc0}} \psi_{ec,N} \psi_{ed,N} \psi_{cp,N} N_b \dots\dots\dots(14)$$

式中:

A_{Nc} ——单个锚栓或锚栓群混凝土锥体破坏投影面积, 其值不应超过 nA_{Nc0} , 按 7.1.5 计算;

A_{Nc0} ——单个锚栓混凝土锥体理想化破坏投影面积, 不考虑锚栓距离混凝土边缘的距离和锚栓间距的影响, 按 7.1.4 计算, 单位为平方毫米 (mm^2);

$\psi_{ec,N}$ ——群锚偏心受拉修正系数, 按 7.1.6 计算;

$\psi_{ed,N}$ ——边距对锚栓抗拉强度修正系数, 按 7.1.7 计算;

$\psi_{cp,N}$ ——考虑混凝土劈裂破坏影响，锚栓抗拉强度修正系数，按 7.1.8 计算；

N_b ——开裂混凝土中单个锚固件受拉，理想混凝土锥体破坏时抗拉承载力标准值，按 7.1.3 计算。

7.1.3 开裂混凝土中单个锚栓理想混凝土锥体破坏时的抗拉承载力设计值应按式 (15) 计算：

$$N_b = 6.85 \sqrt{f_c} h_{ef}^{1.5} \dots\dots\dots (15)$$

式中：

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值，单位为牛顿每平方米 (N/mm²)；

h_{ef} ——锚栓有效锚固深度，单位为毫米 (mm)。对膨胀型锚栓及扩孔型锚栓，为膨胀锥体与孔壁最大挤压点的深度。

7.1.4 单个锚栓受拉混凝土理想化破坏锥体投影面面积 A_{Nc0} 近似取为破坏面向外的投影面积，即锚栓中心线向各个方向延伸 $1.5h_{ef}$ ， A_{Nc0} 应按式 (16) 取值，见图 17。

$$A_{Nc0} = 9h_{ef}^2 \dots\dots\dots (16)$$

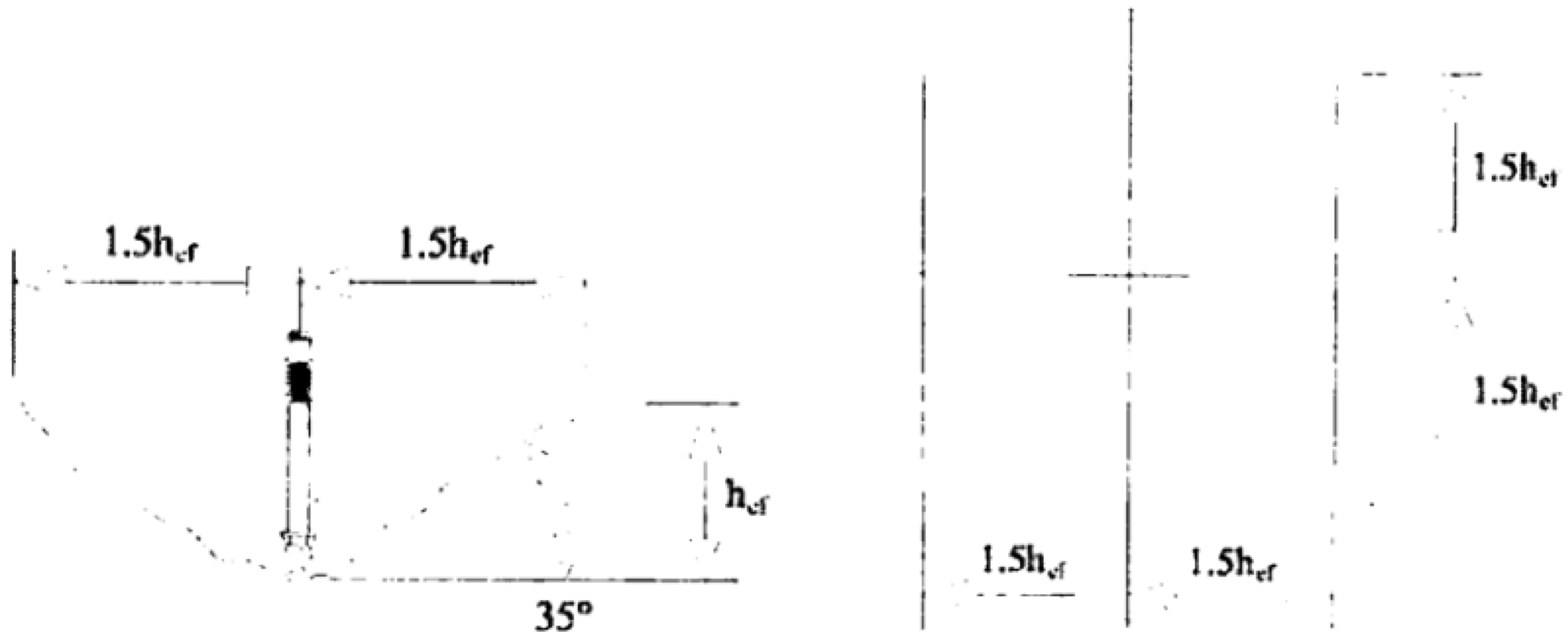


图17 单个锚栓混凝土锥体受拉破坏投影面积

7.1.5 单个锚栓或锚栓群混凝土实际破坏锥体投影面面积 A_{Nc} 见图 18，其中 c_1 、 c_2 为两方向的混凝土自由边的边距。

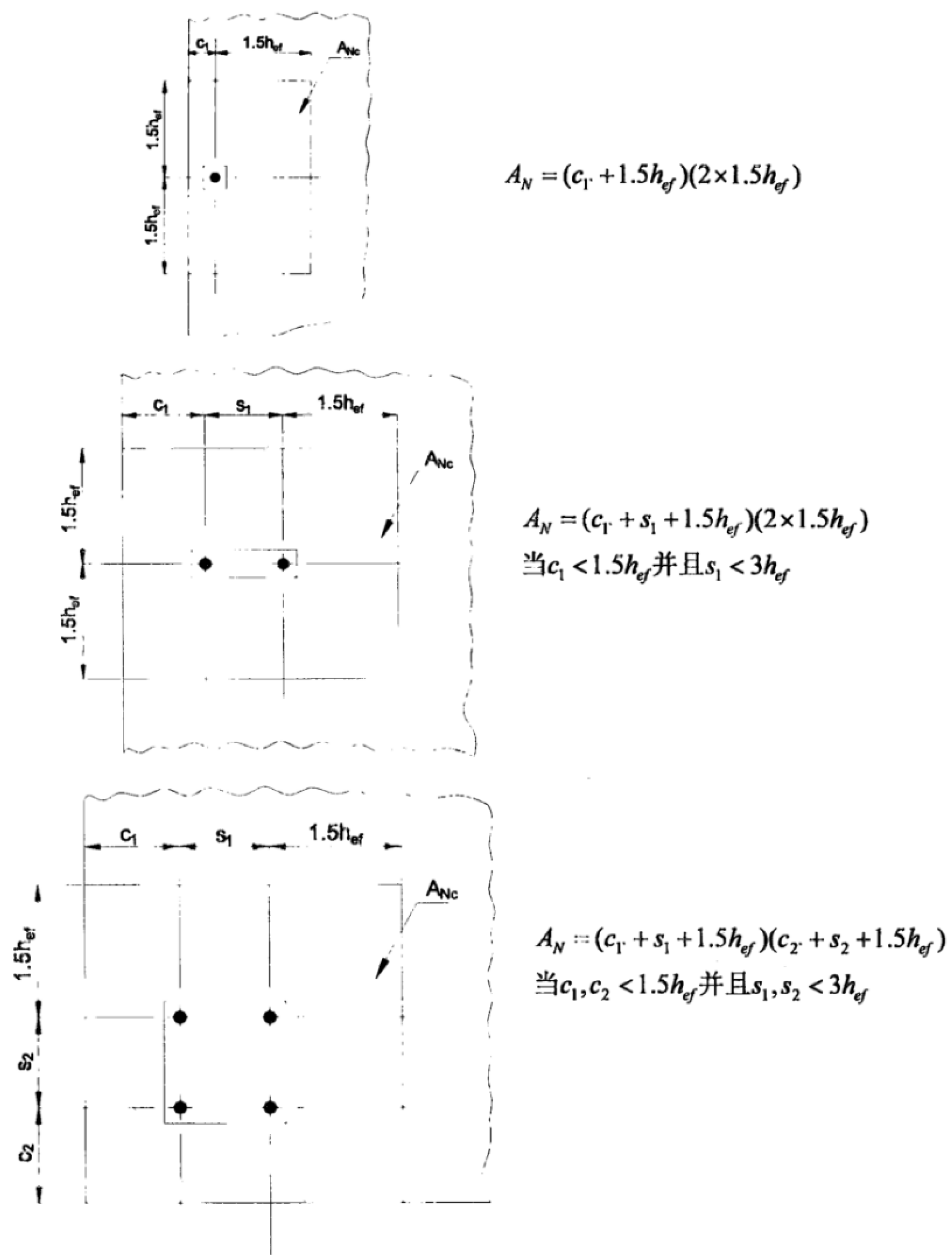


图18 单个锚栓和锚栓群混凝土锥体受拉破坏投影面积

7.1.6 锚栓群拉力偏心修正系数应按式 (17) 计算:

$$\psi_{ec,N} = \frac{1}{(1 + \frac{2e_N}{3h_{ef}})} \leq 1 \dots\dots\dots(17)$$

式中:

e_N ——锚栓群拉力偏心距 (mm)。当在两个方向都存在偏心时, 应分别计算两个方向的拉力偏心修正系数, 取 $\psi_{ec,N} = \psi_{ec,N1} \cdot \psi_{ec,N2}$ 。

7.1.7 混凝土边距修正系数的计算:

- 当 $c_{a,\min} \geq 1.5h_{ef}$ 时, $\psi_{ed,N} = 1$;
- 当 $c_{a,\min} \leq 1.5h_{ef}$ 时,

$$\psi_{ed,N} = 0.7 + 0.3 \frac{c_{a,\min}}{1.5h_{ef}} \quad (18)$$

式中:

$c_{a,\min}$ ——最小混凝土边距, 单位为毫米 (mm)。

7.1.8 考虑混凝土劈裂破坏影响, 锚栓抗拉强度修正系数的计算:

- 当 $c_{a,\min} \geq c_{ac}$ 时, $\psi_{cp,N} = 1$;
- 当 $c_{a,\min} < c_{ac}$ 时,

$$\psi_{cp,N} = \frac{c_{a,\min}}{c_{ac}} \geq \frac{1.5h_{ef}}{c_{ac}} \quad (19)$$

式中:

c_{ac} ——临界混凝土边距, 单位为毫米 (mm), 对膨胀型锚栓取为 $4h_{ef}$, 对扩孔型锚栓取为 $2.5h_{ef}$ 。

7.1.9 单个锚栓名义抗拔强度设计值应按式 (20) 计算:

$$N_{pm} = 0.75\psi_{c,p}N_p \quad (20)$$

对于膨胀型锚栓和扩孔型锚栓, 不应通过计算确定其拔出强度设计值。 N_p 的取值应取自 5.3 所提的检测认证报告, 结果按 5%分位点值来确定。开裂混凝土对抗拔承载力的影响系数 $\psi_{c,p}$ 取 1.0。

7.2 受剪承载力计算

7.2.1 单个锚栓或锚栓群钢材抗剪承载力设计值应按式 (21) 计算:

$$V_s = 0.39nA_{se,v}f_{ut} \quad (21)$$

式中:

n ——锚栓个数;

$A_{se,v}$ ——锚栓有效截面面积, 单位为毫米 (mm);

f_{ut} ——锚固件钢材抗拉强度标准值, 按表 1、表 2 取值。

7.2.2 锚栓混凝土锥体受剪破坏承载力设计值。单个锚栓或锚栓群的混凝土锥体受剪破坏承载力设计值 V_{cb} 不应超过:

- 剪力荷载垂直于混凝土边缘的单个锚栓:

$$V_{cb} = 0.75 \frac{A_{vc}}{A_{vc0}} \psi_{ed,v} V_b \quad (22)$$

- 剪力荷载垂直于混凝土边缘的锚栓群:

$$V_{cbg} = 0.75 \frac{A_{vc}}{A_{vc0}} \psi_{ec,v} \psi_{ed,v} V_b \quad (23)$$

- 对于剪力荷载平行于混凝土边缘的锚栓或锚栓群, V_{cb} 或 V_{cbg} 的取值应在分别取 a)、b) 计算值的两倍, 并且取 $\psi_{ed,v} = 1$;

d) 对于安装在混凝土结构或构件边角处的锚栓，应分别考虑两个边缘的抗剪强度并取两个方向强度的最小值作为该处混凝土名义受剪破坏强度。

式中：

A_{Vc} ——单个锚栓或锚栓群混凝土受剪破坏投影面积，用于混凝土受剪破坏承载力计算，其值不应超过 nA_{Vc0} ，单位为平方毫米 (mm^2)；

A_{Vc0} ——单个锚栓混凝土受剪理想化破坏投影面积，不考虑边角效应、锚栓间距以及混凝土构件厚度的影响，单位为平方毫米 (mm^2)；

$\psi_{ec,V}$ ——群锚偏心受剪修正系数；

$\psi_{ed,V}$ ——边距对锚栓抗剪强度修正系数；

V_b ——开裂混凝土中单个锚栓混凝土锥体受剪破坏承载力标准值，单位为牛顿 (N)。

7.2.3 开裂混凝土中单个锚栓理想混凝土楔形体破坏时的抗剪承载力设计值应按式 (24) 计算：

$$V_b = 0.56 \left(\frac{l_e}{d_0} \right)^{0.2} \sqrt{d_0} \sqrt{f_c} c_{a1}^{1.5} \dots\dots\dots (24)$$

式中：

d_0 ——锚栓外径，单位为毫米 (mm)；

l_e ——剪力荷载下锚栓的有效长度，单位为毫米 (mm)，取 $l_e < h_{ef}$ 且 $l_e < 8d_0$ ；

c_{a1} ——沿着剪力作用方向的锚固件混凝土边距，当锚固件受到不少于 3 个方向混凝土边距影响时，其值不得超过 $c_{a2} / 1.5$ 、 $h / 1.5$ 或 $s_{\max} / 3$ ，其中 h 为基材厚度， s_{\max} 为锚固件群最大锚固件间距；

c_{a2} ——另一个方向的锚固件混凝土边距。

7.2.4 单个锚栓混凝土锥体受剪破坏在侧向的投影面积 A_{Vc0} ，应按式 (25) 取值，见图 19。

$$A_{Vc0} = 4.5c_1^2 \dots\dots\dots (25)$$

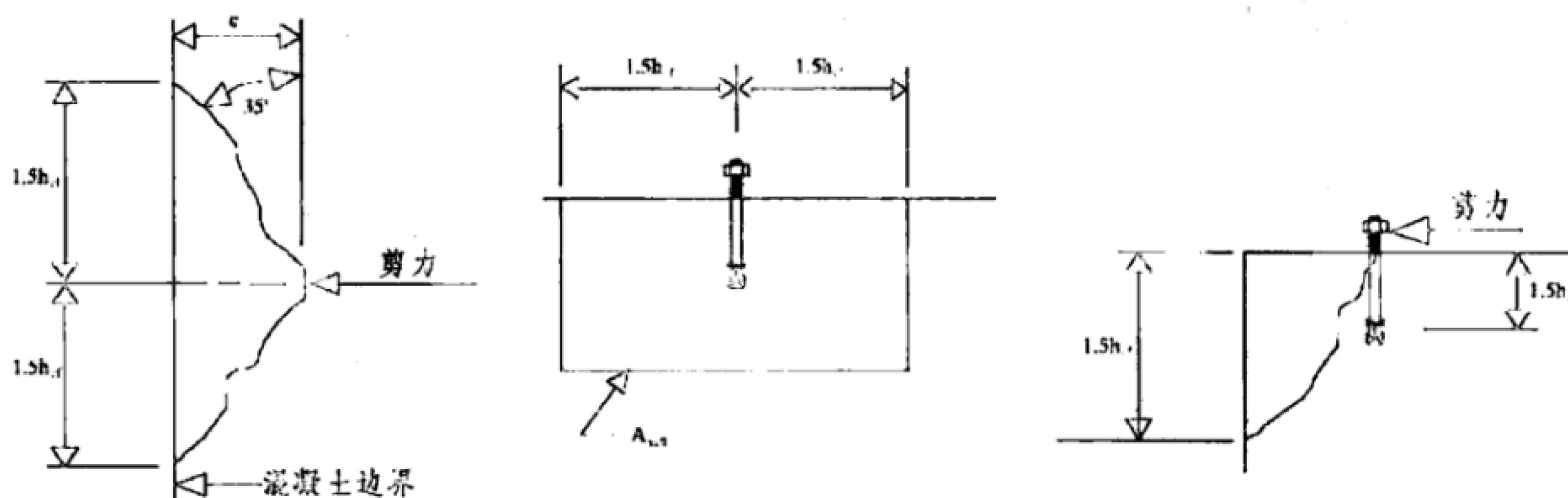


图19 单个锚栓混凝土锥体受剪破坏投影面积

7.2.5 单个锚栓或锚栓群混凝土锥体受剪破坏在侧向的投影面积 A_{Vc} 见图 20，其中 c_1 、 c_2 为两方向的混凝土自由边的边距。

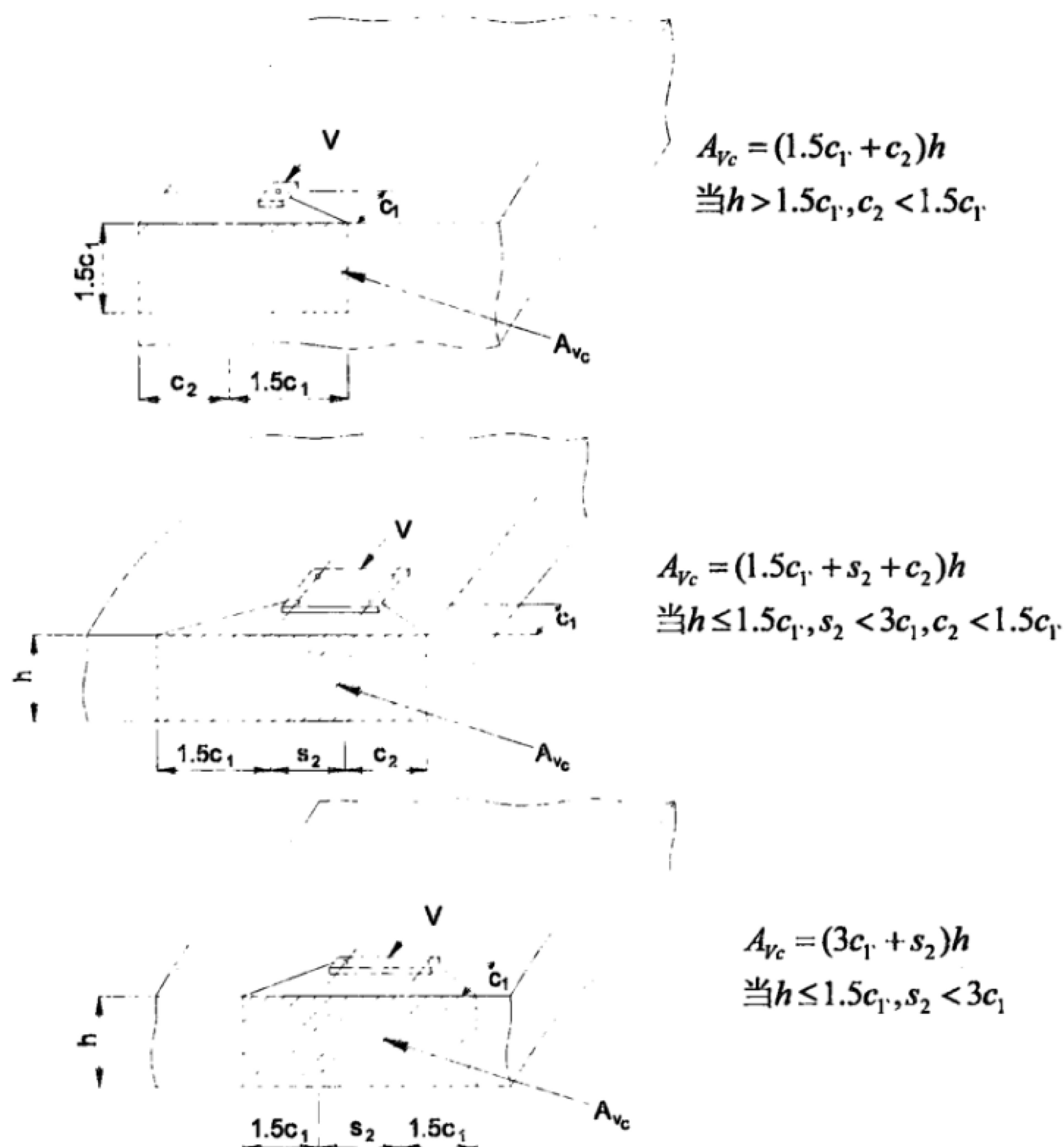


图 20 单个锚栓和锚栓群混凝土锥体受剪破坏投影面积

7.2.6 锚栓群剪力偏心修正系数应按式 (26) 计算:

$$\psi_{ec,V} = \frac{1}{(1 + \frac{2e_V}{3c_1})} \leq 1 \dots\dots\dots (26)$$

式中:

e_V ——锚栓群剪力偏心距, 取剪力合力点至受剪锚栓形心的距离, 单位为毫米 (mm)。

7.2.7 混凝土边距修正系数应按式 (27) 计算:

- a) 当 $c_2 \geq 1.5c_1$ 时, $\psi_{ed,V} = 1$; $c_2 \geq 1.5c_1$
- b) 当 $c_2 < 1.5c_1$ 时,

$$\psi_{ed,V} = 0.7 + 0.3 \frac{c_2}{1.5c_1} \dots\dots\dots (27)$$

式中:

c_1 ——平行于剪力方向上的混凝土边距, 单位为毫米 (mm);

c_2 ——垂直于剪力方向上的混凝土边距, 单位为毫米 (mm)。详见图 21。

图21 c_1 、 c_2 示意图

7.2.8 剪切荷载下混凝土撬起破坏。混凝土撬起破坏承载力设计值应按 7.2.8-1 和 7.2.8-2 式计算:

a) 对单个锚栓:

$$V_{cp} = 0.75k_{cp}N_{cb} \quad (28)$$

b) 对锚栓群:

$$V_{cpg} = 0.75k_{cp}N_{cbg} \quad (29)$$

式中:

当 $h_{ef} < 60 \text{ mm}$ 时, $k_{cp}=1.0$; 当 $h_{ef} \geq 60 \text{ mm}$ 时, $k_{cp}=2.0$ 。

7.3 拉剪复合受力承载力计算

承受剪拉复合作用的单个锚栓或锚栓群, 其承载力应符合下列要求:

a) 当 $V_{ua} \leq 0.2 V_n$ 时, 应满足:

$$\frac{N_{ua}}{k \cdot N_n} \leq 1.0 \quad (30)$$

b) 当 $N_{ua} \leq 0.2 N_n$ 时, 应满足:

$$\frac{V_{ua}}{k \cdot V_n} \leq 1.0 \quad (31)$$

c) 当 $V_{ua} > 0.2 V_n$ 且 $N_{ua} > 0.2 N_n$ 时, 应满足:

$$\frac{N_{ua}}{k \cdot N_n} + \frac{V_{ua}}{k \cdot V_n} \leq 1.2 \quad (32)$$

上述公式中:

N_n ——后锚固锚栓的最小抗拉承载力设计值 (N), 取 N_s , N_{pn} , N_{cb} (或 N_{cbg}) 的最小值 (N);

V_n ——预埋件锚固件的最小抗剪承载力设计值 (N), 取 V_s , V_{cb} (或 V_{cbg}), V_{cp} (或 V_{cpg}) 的最小值 (N);

k ——非延性破坏折减系数, 取 0.6;

N_{ua} 、 V_{ua} ——后锚固件的荷载设计值, 应根据 5.9 内容计算 (N)。

7.4 植筋受拉承载力计算

单根植筋的受拉承载力设计值应按式(33)式计算:

$$N_t \leq f_y A_s \dots\dots\dots (33)$$

式中:
 f_y ——植筋用钢筋的抗拉强度设计值, 单位为牛顿每平方米 (N/mm²);
 A_s ——钢筋截面面积, 单位为平方毫米 (mm²);
 N_t ——植筋钢材受拉承载力设计值, 单位为牛顿 (N)。

8 构造措施

8.1 机械锚栓

- 8.1.1 混凝土基材的厚度 h 不应小于 $2.0 h_{ef}$, 且 h 应大于 100 mm。 h_{ef} 为锚栓的有效埋置深度。
- 8.1.2 锚板厚度应根据受力情况计算确定, 且不应小于锚筋直径的 60%; 受拉和受弯预埋件的锚板厚度尚宜大于 $b/8$, b 为锚筋间距。
- 8.1.3 自切底锚栓, 其有效埋深 h_{ef} 、锚栓的最小边距 C_{min} 、临界边距 $C_{cr,N}$ 和群锚最小间距 S_{min} 、临界间距 $S_{cr,N}$ 应根据锚栓产品的认证报告确定。对应锚板开孔孔径 d_f 根据锚栓产品技术数据确定。
- 8.1.4 锚栓不应布置在混凝土保护层中, 有效锚固深度 h_{ef} 不应包括装饰层或抹灰层。
- 8.1.5 后锚固连接件, 应考虑火灾的不利影响, 应具有可靠的防火认证, 保证设计规定的时间内结构的安全, 其防火等级不应低于被连接结构的防火等级。
- 8.1.6 应采取有效构造措施避免有杠臂对抗剪承载力产生的不利影响。

8.2 植筋

8.2.1 当按构造要求植筋时, 其最小锚固长度 l_{min} 应符合下列构造要求:

- a) 受拉钢筋锚固: $\max \{ 0.3 l_s; 10 d; 100 \text{ mm} \}$;
- b) 受压钢筋锚固: $\max \{ 0.6 l_s; 10 d; 100 \text{ mm} \}$;
- c) 对悬挑结构、构件尚应乘以 1.5 的修正系数。

注: l_s 为植筋的基本锚固深度, d 为钢筋直径。

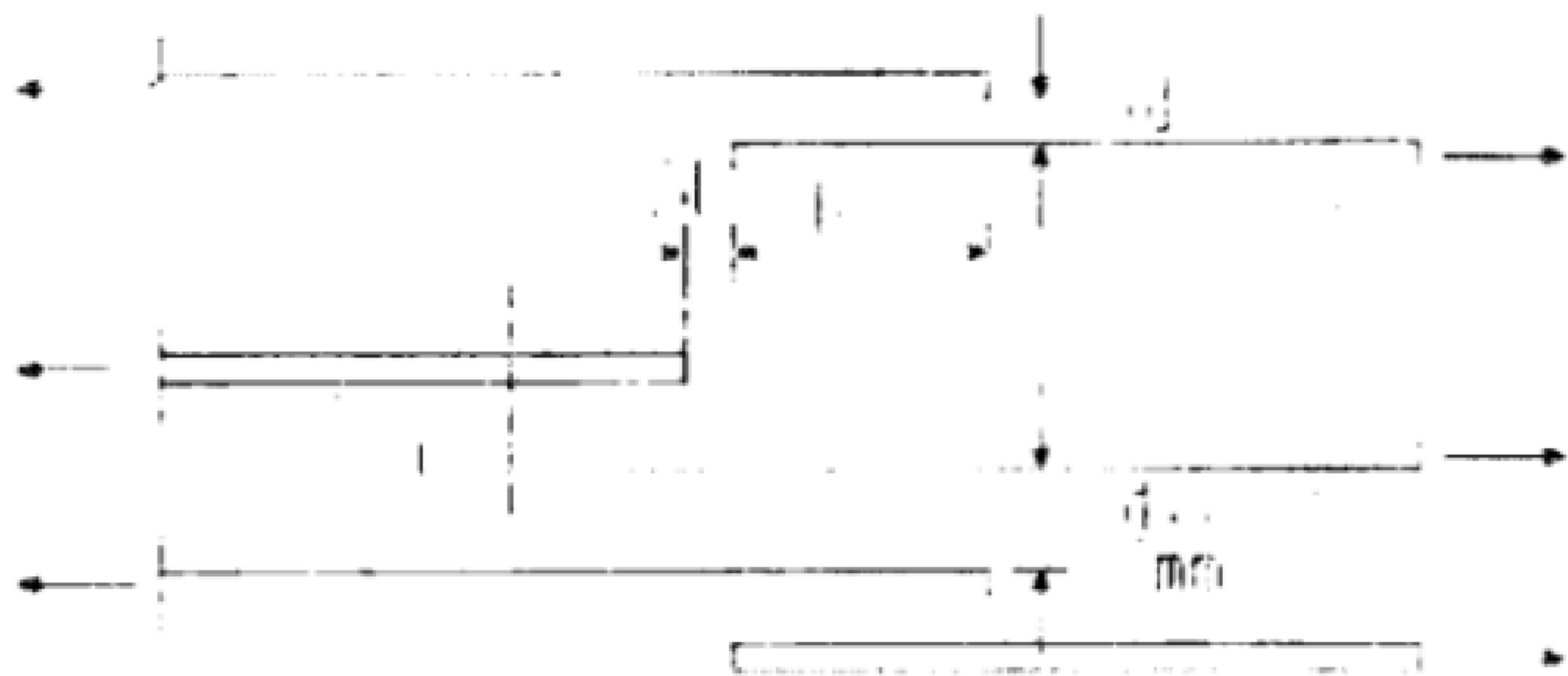
8.2.2 当植筋与纵向受拉钢筋搭接 (图 22) 时, 其搭接接头应相互错开。其纵向受拉搭接长度 l_l , 应根据位于同一连接区段内的钢筋搭接接头面积百分率, 按式 (34) 确定:

$$l_l = \zeta l_d \dots\dots\dots (34)$$

式中:
 ζ ——纵向受拉钢筋搭接长度修正系数, 按表 3 取值。
 l_d ——钢筋锚固长度设计值, 按 JGJ 145 中 6.3.1 采用。

表3 纵向受拉钢筋搭接长度修正系数

纵向受拉钢筋搭接接头面积百分率 %	≤25	50	100
ζ 值	1.2	1.4	1.6
注1: 钢筋搭接接头面积百分率定义按 GB 50010 的规定采用; 注2: 当实际搭接接头面积百分率介于表列数值之间时, 按线性内插法确定 ζ 值; 注3: 对梁类构件, 纵向受拉钢筋搭接接头面积百分率不应超过 50%。			



说明：
1——纵向受拉钢筋；
2——植筋。

图22 纵向受拉钢筋搭接

8.2.3 植筋与纵向受拉钢筋在搭接部位的净间距，应按本规程图 22 的标示值确定。若净间距超过 $4d$ ，则搭接长度 l_1 应增加 $2d$ ，但净间距不得大于 $6d$ 。

8.2.4 用于植筋的钢筋混凝土构件，其最小厚度 h_{\min} 应符合下列规定：

$$h_{\min} \geq l_d + 2D \dots\dots\dots (35)$$

式中：
 D ——钻孔直径,单位为毫米（mm），按表 4 确定。

表4 植筋直径与对应的钻孔直径设计值

钢筋直径 d mm	钻孔直径设计值 D mm
8	≥ 12
10	≥ 14
12	≥ 16
14	≥ 18
16	≥ 20
18	≥ 22
20	≥ 25
22	≥ 28
25	≥ 32
28	≥ 35
32	≥ 40

注：具体孔径根据产品试验数据确定。

8.2.5 当植筋与锚板连接时，其钢筋宜先焊后种植；若有困难而必需后焊，其焊点距基材混凝土表面应大于 $15d$ ，且应采用湿毛巾多层包裹植筋外露部分的根部。

9 后锚固施工

9.1 一般规定

- 9.1.1 后锚固施工钻孔前，首先对基材表面清理，要求基材表面应坚实、平整，不应有蜂窝、麻面等局部缺陷，如有缺陷，应进行修整；再根据设计要求进行初步放样和画线定位，钻孔前，应查明原钢筋位置，钻孔不得损伤原钢筋。当设计孔位与钢筋相碰时，应通知设计单位，采取相应的措施。
- 9.1.2 锚栓或植筋安装前，应清理孔内粉尘。锚孔清孔完成后，若未立即安装锚栓或植筋，应暂时封闭其孔口。临近锚固区的废弃锚孔应采用比原设计强度高一等级的高强度无收缩砂浆填充密实。
- 9.1.3 锚板制作时，宜依据实际锚栓位置钻孔。锚板孔径应符合表 5 的要求。

表5 锚板孔径及最大间隙允许值

锚栓 d 或 d_{nom} mm	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
锚板孔径 d_f mm	7	9	12	14	16	18	20	22	24	26	30	33
最大间隙 $[\Delta]$ mm	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3

- 9.1.4 钻孔质量及直径允许偏差应按照产品说明书的规定执行，如无具体要求时，应符合下表 6、表 7 的要求。

表6 锚栓钻孔质量要求

序号	检查项目	允许偏差
1	钻孔深度 mm	0, +5.0
2	锚孔垂直度	2.0%
3	锚孔位置 mm	±5

表7 锚栓钻孔直径允许偏差

钻孔直径 mm	≤14	16~22	24~28	30~32	37~40	>40
允许偏差 mm	0, +0.3	0, +0.4	0, +0.5	0, +0.6	0, +0.7	0, +0.8

- 9.1.5 锚栓的安装工艺及工具应符合产品使用说明书的要求，操作人员应经过专门的技能培训和安全技术交底。
- 9.1.6 施工单位应对锚固材料的运输、储存与使用进行专门管理。

9.2 自切底锚栓的施工

- 9.2.1 自切底锚栓的施工，应根据设计选型和锚固连接构造的不同，根据产品使用说明书的要求采用相应的安装方式。自切底锚栓实施扩孔施工时，应根据产品说明使用专用工具。自切底锚栓在扩底时应根据产品安装说明以安装就位控制线为依据安装到位。
- 9.2.2 自切底锚栓的锚孔质量、直径允许偏差，应分别满足本规程表 6 和表 7 的要求。自切底锚栓的锚固深度允许偏差应符合设计和产品说明书的规定，并应满足 0~+5mm 的要求。

9.3 植筋的施工

9.3.1 植筋施工时，基材表面温度和孔内表层含水率应符合设计和胶粘剂使用说明书要求，无明确要求时，基材表面温度不应低于 15℃；植筋施工严禁在大风、雨雪天气露天进行。

9.3.2 植筋钻孔应符合下列规定：

- a) 植筋钻孔前，应进行孔位的放样和定位，经核对无误后方可进行钻孔作业；
- b) 植筋钻孔孔径偏差应符合表 8 的规定；钻孔深度、垂直度和位置偏差应符合表 9 的规定。

表8 植筋钻孔孔径允许偏差

单位为毫米

钻孔直径	允许偏差	钻孔直径	允许偏差
<14	0, +1.0	22~32	0, +2.0
14~20	0, +1.5	34~40	0, +2.5

表9 植筋钻孔深度、垂直度和位置允许偏差

序号	植筋部位	允许偏差		
		钻孔深度 mm	垂直度 %	钻孔位置 mm
1	基础	0, +20	±5	±10
2	上部构件	0, +10	±3	±5
3	连接节点	0, +5	±1	±3

- 9.3.3 植筋钻孔的清孔和植筋应符合 JGJ 145 中 9.4.4~9.4.7 的要求。
- 9.3.4 植筋钢筋在使用前，应清除表面的浮锈和污渍。
- 9.3.5 植筋的锚固深度偏差应满足表 9 钻孔深度偏差的要求。
- 9.3.6 注胶过程中，注胶应一次完成，注胶时应从孔的底部开始进行，注胶后应保证钢筋插入后胶体略有外溢，并采取有效措施避免注胶孔内部产生气泡、空洞。
- 9.3.7 钢筋插入孔内需用手按同一方向缓慢旋转插入，插入后需立即校正方向，插好固定后不能再扰动，直到植筋胶固化完成后方可进行下道工序施工。

10 后锚固验收

10.1 文件资料的验收

10.1.1 所有锚栓均应包含如下文件资料：

- a) 设计图纸及相关文件；
- b) 锚栓或钢筋的质量证明书、出厂合格证、产品说明书及检测报告或认证报告等；
- c) 胶粘剂的质量证明书、检测报告出厂合格证和使用说明书等，其中应有主要组成及性能指标、生产日期、产品标准号等；
- d) 后锚固施工记录、以及相关检查结果文件；
- e) 进场复试报告等。

10.1.2 自切底锚栓应同时具有适用于地震区使用的相关认证，如抗震性能测试等。

10.1.3 对于其他特殊区域应用的锚栓，除符合 10.1.1~10.1.2 相关证明文件外，还应根据其设计要求，提供相应认证，如抗震性能测试、耐火性能测试和耐辐照性能测试等。

10.2 产品的验收

10.2.1 后锚固产品进场后，应按下列规定进行进场检验：

a) 外观检查：

- 1) 锚栓：应从每批产品中抽取 5% 且不应少于 10 套样品，检查外形尺寸、表面裂纹、锈蚀或其他局部缺陷。外形尺寸应符合产品质保书所示的尺寸范围，且表面不应有裂纹、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：
——当有 1 件不符合要求时，应另取双倍数量的样品重做检查，仍有 1 件不合格；
——当有 1 件表面有裂纹、锈蚀或其他局部缺陷。

- 2) 胶粘剂：外观质量应无结块、分层或沉淀，外观保证无破损，胶粘剂应全数检查，合格者方可进入后续检验。

b) 承载力性能试验检查：后锚固承载力应进行现场检验，应根据本规程附录 B 执行。

10.3 施工验收

10.3.1 后锚固产品应按设计或产品安装说明书的要求，检查其钻孔直径、钻孔深度、锚固深度、安装扭矩、位置等相关数值，允许偏差可参照第 9 章后锚固施工相关条文执行，同时如果产品有更严格的偏差认证值，也可按照产品提供的相关数值。

10.3.2 自切底锚栓扩孔时，应根据 9.2 的具体要求进行可视检查，确保扩底满足要求。

附 录 A
(规范性附录)
混凝土用机械锚栓的抗震性能评估

A.1 基本规定

- A.1.1 本方法适用于核电厂有抗震要求时应采用的混凝土用机械锚栓的抗震性能评估。
- A.1.2 采用本方法检测的锚栓产品应先按照JG 160的要求获得型式检验认证报告，认证报告中应根据抗震性能试验得到的抗拉和抗剪承载力。
- A.1.3 除单独说明外，采用本方法的检验规则、数据处理、混凝土试件、钻头和锚孔、锚栓安装和试验仪器的要求，以及试验方法等均应符合JG 160的相关规定。
- A.1.4 所有测试过程中均应连续记录混凝土基材裂缝宽度、锚栓位移和加载过程。

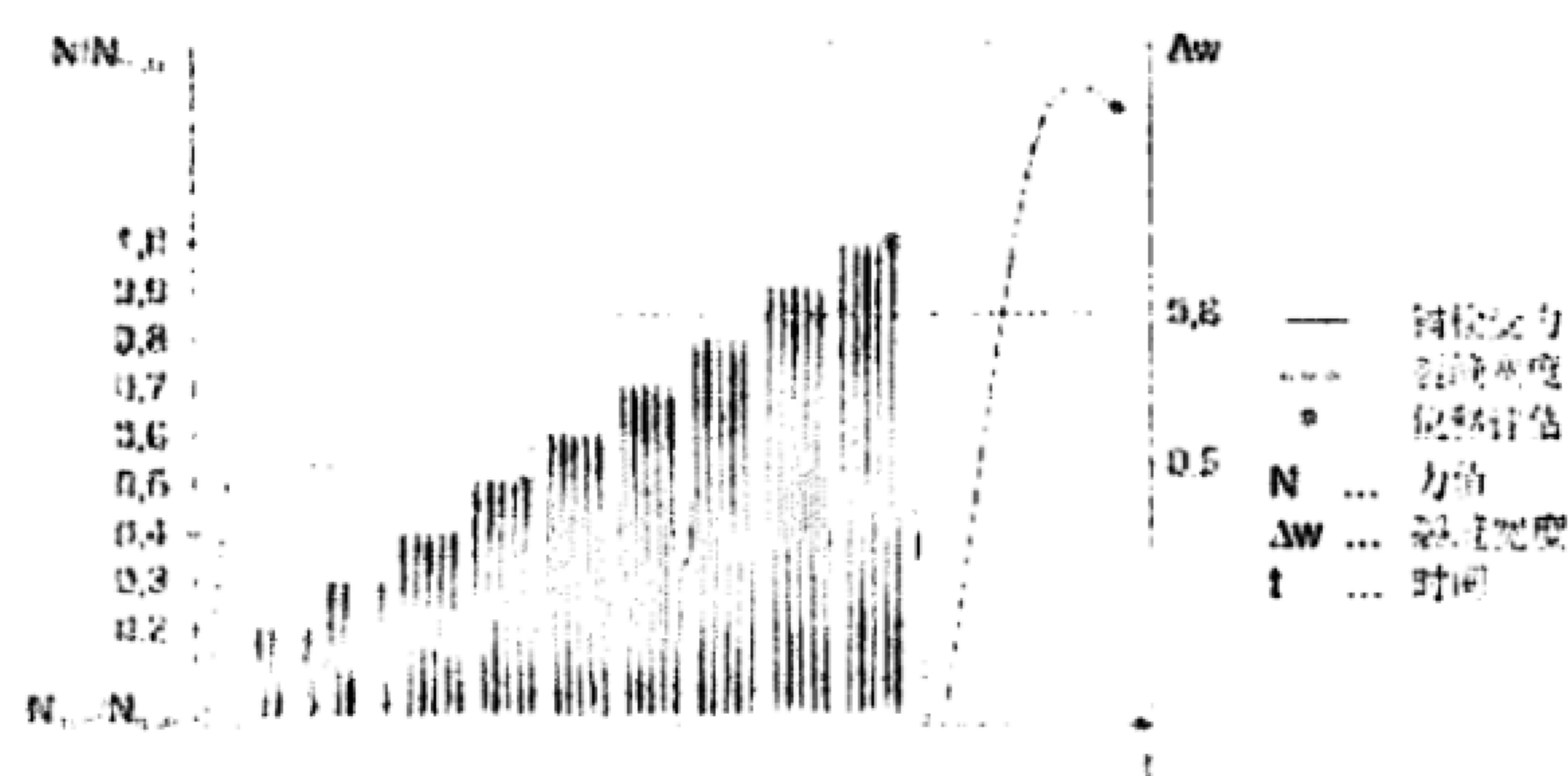
A.2 抗震条件下的受力承载力性能评估测试

- A.2.1 用于核电厂抗震I类和抗震II类锚栓的抗震专项试验项目和试验条件见表A.1。

表A.1 用于核电厂抗震 I、II 类锚栓的抗震性能专项试验项目、条件和数量

序号	测试目的	混凝土强度	裂缝宽度 Δw mm	最小测试数
1	大裂缝低强混凝土条件下的基本抗拉性能试验	C20/25	0.8	5
2	大裂缝高强混凝土条件下的基本抗拉性能试验	C50/60	0.8	5
3	大裂缝混凝土条件下的基本抗剪性能试验	C20/25	0.8	5
4	大裂缝条件下低周往复拉力荷载性能试验	C20/25	0.5 ($\leq 0.5 N/N_{max}$) 0.8 ($> 0.5 N/N_{max}$)	5
5	大裂缝条件低周往复剪力荷载性能试验	C20/25	0.8	5
6	递增型裂缝反复开合抗拉性能试验	C20/25	$\Delta w_1=0.0$ $\Delta w_2=0.8$	5

- A.2.2 表A.1中1~3项试验除混凝土裂缝宽度应控制为0.8 mm外，其他均应符合JG 160中有关静态裂缝混凝土测试的相关规定。
- A.2.3 大裂缝条件低周往复拉力荷载性能试验。大裂缝条件下低周往复拉力荷载性能试验的加载制度见图A.1和表A.2，以不大于0.5 Hz的频率施加单向正弦脉冲拉力循环荷载。 N_{max} 取大裂缝混凝土条件下的基本抗拉性能试验归一化处理后的0.75倍。初始的往复受拉荷载可以略微大于零但不得超出规定的最小值 N_{min} 。 N_{min} 取 N_{max} 的2%和200N二者之间的较大值。加载的全过程必须严格控制裂缝宽度，并记录荷载-位移曲线。完成低周往复拉力荷载加载制度的全部循环次数后随即卸载，并保持裂缝宽度为0.8 mm，进行静力拉拔试验直至破坏，记录锚栓的残余承载力及荷载-位移曲线。

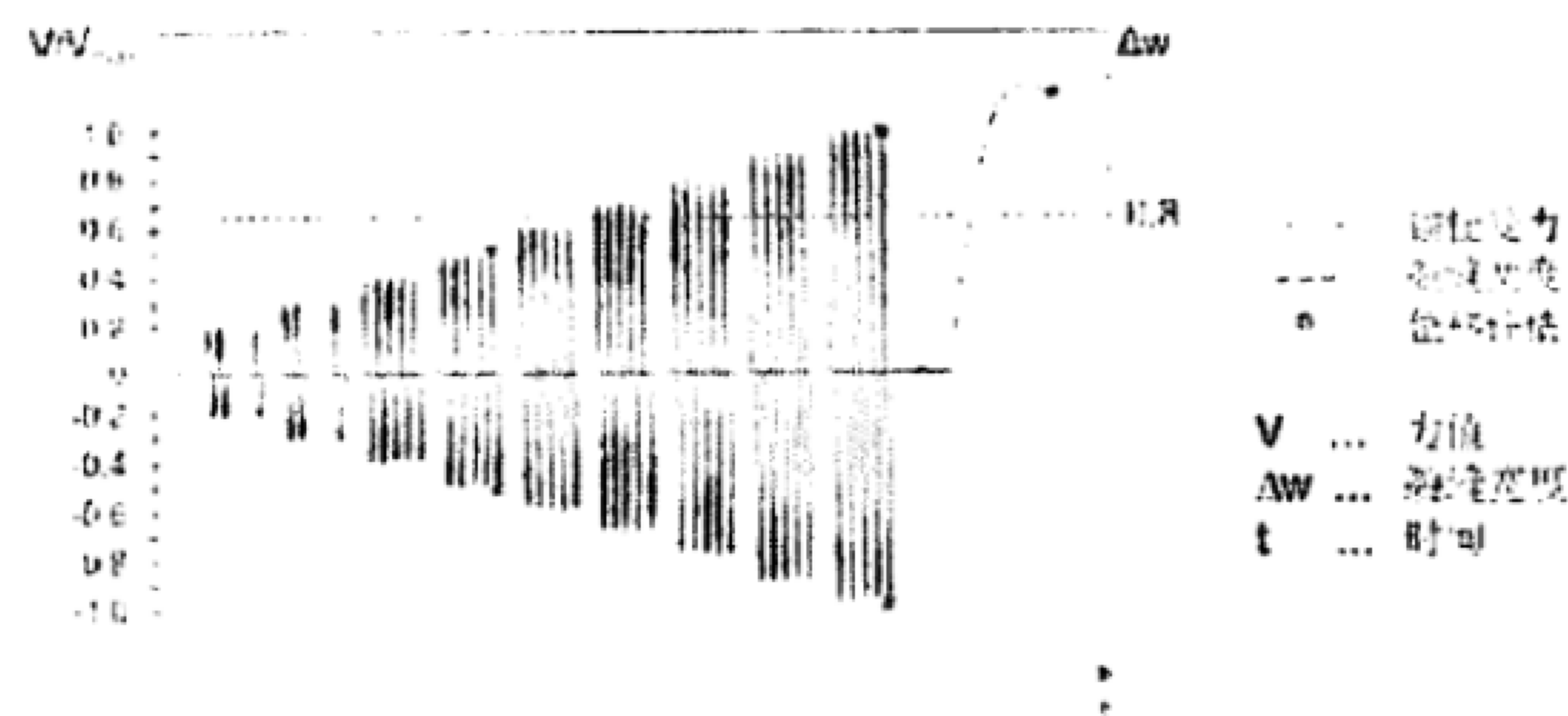


图A.1 大裂缝条件下低周往复拉力荷载性能试验

表A.2 大裂缝条件下低周往复拉力荷载性能试验加载制度

N/N_{max}	循环次数	裂缝宽度 Δw mm
0.2	25	0.5
0.3	15	0.5
0.4	5	0.5
0.5	5	0.5
0.6	5	0.8
0.7	5	0.8
0.8	5	0.8
0.9	5	0.8
1	5	0.8
总和	75	—

A. 2. 4 大裂缝条件低周往复剪力荷载性能试验。剪力加载方向为沿着裂缝的方向， V_{max} 取大裂缝混凝土条件下的基本抗拉性能试验归一化后的0.85倍，加载制度如图A.2和表A.2所示，其余要求同A.2.3。



图A.2 大裂缝条件低周往复剪力荷载性能试验加载制度

表A.3 大裂缝条件低周往复剪力荷载性能试验加载制度

$\pm V/V_{\max}$	循环次数	裂缝宽度 Δw mm
0.2	25	0.5
0.3	15	0.5
0.4	5	0.5
0.5	5	0.5
0.6	5	0.8
0.7	5	0.8
0.8	5	0.8
0.9	5	0.8
1	5	0.8
总和	75	—

A.2.5 递增型裂缝往复开合抗拉性能试验：

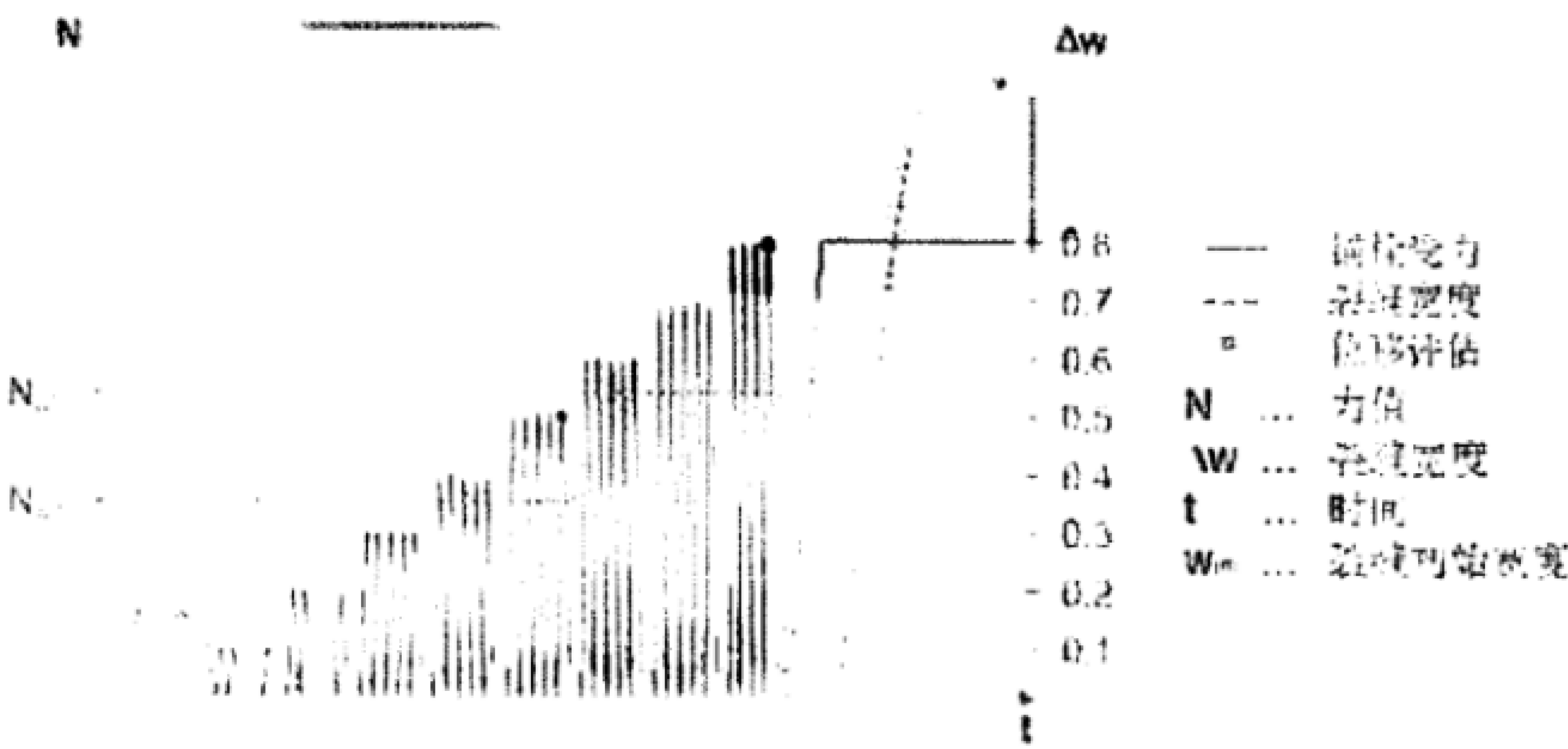
- a) 试验的试验装置应具备将裂缝闭合至小于0.1 mm的能力，试验过程与JG160的裂缝往复开合试验除加载制度和裂缝宽度控制要求以外均相同；
- b) 该试验的加载方式如图A.3和表A.4所示，作用于锚栓上对应于反复开合裂缝宽度不超过0.5 mm时的持续拉力荷载 N_{w1} 取大裂缝低强混凝土条件下的基本抗拉性能试验根据不同破坏模式归一化处理后的0.4倍，裂缝宽度在0.5 mm和0.8 mm之间时的锚栓持续拉力荷载 N_{w2} 取 $1.25N_{w1}$ 。裂缝往复开合过程中，每次裂缝闭合时的均应保证裂缝宽度均应小于0.1 mm，或者施加的裂缝闭合的推力已经达到 C_{test} 。完成所有加载循环后，如图A.3所示，卸除锚栓上的持荷和用于裂缝开合的作用，待裂缝自然回复后，并再次张拉直至裂缝宽度达到0.8 mm或自后一次往复开合时的裂缝宽度（二者取大值），再进行锚栓静力拉拔试验直至破坏。整个试验中应记录锚栓的荷载-位移曲线。

$$C_{\text{test}} = 0.01 \cdot f_{c,\text{test}} \cdot A_g \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

A_g ——为被测试块的横截面面积，单位为平方毫米(mm^2)， $A_g = b \cdot h$ ，其中 b 和 h 分别是被测试块的宽和高；

$f_{c,\text{test}}$ ——该测试所用混凝土立方体的平均抗压强度，单位为牛顿每平方毫米 (N/mm^2)。



图A.3 递增型裂缝反复开合抗拉性能试验加载制度

表A.4 递增型裂缝反复开合抗拉性能试验加载制度

裂缝宽度 Δw mm	循环次数	锚栓荷载
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	4	N_{w2}
总和	59	—

A.3 锚栓抗震性能评估准则

- A.3.1 各项试验加载制度中的位移评估点对应的位移值均不得超过7 mm。
- A.3.2 大裂缝低强混凝土和大裂缝高强混凝土基本抗拉性能试验所得的极限承载力数据，按JG 160附录A换算成混凝土抗压强度25 MPa时的承载力平均值应不小于JG 160对应强度的裂缝混凝土下的试验报告或产品认证报告中给出的低强和高强裂缝混凝土下承载力平均值的0.8倍。
- A.3.3 经过往复荷载后或裂缝反复开合后的破坏性试验所得到残余极限抗拉承载力经过归一化处理后，应不小于本附录对应参照试验或产品认证报告发布的抗震抗拉承载力的0.9倍，且荷载-位移曲线应符合JG 160的有关裂缝混凝土试验的变异系数和滑移系数的要求。往复荷载后的破坏试验所得残余极限抗剪承载力应不小于本附录对应大裂缝混凝土基本抗剪性能试验或产品认证报告发布的抗震抗剪承载力的0.95倍。
- A.3.4 大裂缝条件下低周往复拉力性能试验中的 N_{max} ，大裂缝条件下低周往复剪力性能试验中的 V_{max} ，以及递增型裂缝反复开合抗拉性能试验中的 N_{w1} 也可允许采用厂家指定的荷载，但在试验报告的结论中应给出设计折减系数，折减系数取上述试验中各厂家指定荷载与A.2.3,A.2.4,A.2.5中规定的相应荷载比值的最小值。

附录 B
(规范性附录)
锚固承载力现场检验方法及评定标准

B.1 适用范围及应用条件

- B.1.1 本方法适用于混凝土结构后锚固工程质量的现场检验。
- B.1.2 后锚固工程质量应按锚固件抗拔承载力的现场抽样检验结果进行评定。
- B.1.3 后锚固件应进行抗拔承载力现场非破损检验，满足下列条件之一，还应进行破坏性检验：
 - a) 对后锚固设计参数有疑问；
 - b) 对工程锚固质量有怀疑。
- B.1.4 受现场条件限制无法进行原位破坏性试验时，可在工程施工的同时，现场浇筑同条件的混凝土块体作为基材安装锚固件，并应按规定的时间进行破坏性试验，且应事先征得设计和监理单位的书面同意，并在现场见证试验。

B.2 抽样规则

- B.2.1 锚固质量现场检验抽样时，应以同品种、同规格、同强度等级的锚固件安装于锚固部位基本相同的同类构件为一检验批，并应从每一检验批所含的锚固件中进行抽样。
- B.2.2 现场破坏性检验宜选择锚固区以外的同条件位置，应取每一检验批锚固件总数的0.1%且不少于5件进行检验。锚固件为植筋且数量不超过100件时，可取3件进行检验。
- B.2.3 现场非破损检验的抽样数量，应符合下列规定：
 - a) 锚栓锚固质量的非破损检验：
 - 1) 对抗震 I 类物项的锚栓，应按表 B.1 规定的抽样数量对该检验批的锚栓进行检验；

表B.1 抗震 I 类锚栓锚固质量非破损检验抽样表

检验批的锚栓总数	≤100	500	1000	2500	≥5000
按检验批锚栓总数计算的最小抽样量	20% 且不小于 5 件	10%	7%	4%	3%

- 2) 对抗震 II 类物项的锚栓，应取抗震 I 类锚栓抽样量的 50%且不少于 5 件进行检验；
 - 3) 对于非核抗震类物项的锚栓，应按 JGJ 145—2013 附录 C 的要求进行锚栓的非破损检验。
- b) 植筋锚固质量的非破损检验：
 - 1) 对抗震 I 类物项的植筋，应取每一检验批植筋总数的 3%且不少于 5 件进行检验；
 - 2) 对抗震 II 类物项的植筋，应取每一检验批植筋总数的 1%且不少于 3 件进行检验；
 - 3) 对于非核抗震类物项的锚栓，应按 JGJ 145—2013 附录 C 的要求进行锚栓的非破损检验。

B.3 仪器设备要求

- B.3.1 现场检测用的加荷设备，可采用专门的拉拔仪，并应符合下列规定：

- a) 设备的加荷能力应比预计的检验荷载值至少大 20%，且不大于检验荷载的 2.5 倍，应能连续、平稳、速度可控的运行；
 - b) 加载设备应能够按照规定的速度加载，测力系统整机允许偏差为全量程的 $\pm 2\%$ ；
 - c) 设备的液压加荷系统持荷时间不超过 5 min 时，其降荷值不应大于 5%；
 - d) 加载设备应能够保证所施加的拉伸荷载始终与后锚固构件的轴线一致；
 - e) 加载设备支撑环内径 D_0 应符合下列规定：
 - 1) 植筋： D_0 不应小于 $12d$ 和 250 mm 的较大值；
 - 2) 膨胀型锚栓和扩底型锚栓： D_0 不应小于 $4h_{ef}$ 。
- B.3.2 当委托方要求检测锚固件连接的荷载-位移曲线时，现场检测位移的装置应符合下列规定：
- a) 仪表的量程不应小于 50 mm；其测量的允许偏差应为 ± 0.02 mm；
 - b) 测量位移装置应能与测力系统同步工作，连续记录，测出锚固件相对于混凝土表面的垂直位移，并绘制荷载-位移的全程曲线。
- B.3.3 现场检验用的仪器设备应定期由法定计量检定机构进行检定。遇到下列情况之一时，还应重新检定：
- a) 读数出现异常；
 - b) 拆卸检查或更换零部件后。

B.4 加载方式

- B.4.1 检验锚固拉拔承载力的加载方式可为连续加载或分级加载，可根据实际条件选用。
- B.4.2 进行非破损检验时，施加荷载应符合下列规定：
- a) 连续加载时，应以均匀速率在 2 min~3 min 时间内加载至设定的检验荷载，并持荷 2 min；
 - b) 分级加载时，应将设定的检验荷载均分为 10 级，每级持荷 1 min，直至设定的检验荷载，并持荷 2 min；
 - c) 荷载检验值应取 $0.9f_{yk}A_s$ 和 $0.8N_n$ 的较小值。 N_n 为非钢材破坏承载力设计值，可按第 7 章有关规定计算。
- B.4.3 进行破坏性检验时，施加荷载应符合下列规定：
- a) 连续加载时，对锚栓应以均匀速率在 2 min~3 min 时间内加荷至锚固破坏，对植筋应以均匀速率在 2 min~7 min 时间内加荷至锚固破坏；
 - b) 分级加载时，前 8 级，每级荷载增量应取为 $0.1N_u$ ，且每级持荷 1 min~1.5 min；自第 9 级起，每级荷载增量应取为 $0.05N_u$ ，且每级持荷 30 s，直至锚固破坏。 N_u 为计算的破坏荷载值。

B.5 检验结果评定

- B.5.1 非破损检验的评定，应按下列规定进行：
- a) 试样在持荷期间，锚固件无滑移、基材混凝土无裂纹或其他局部损坏迹象出现，且加载装置的荷载示值在 2 min 内无下降或下降幅度不超过 5% 的检验荷载时，应评定为合格；
 - b) 一个检验批所抽取的试样全部合格时，该检验批应评定为合格检验批；
 - c) 一个检验批中不合格的试样不超过 5% 时，应另抽 3 根试样进行破坏性检验，若检验结果全部合格，该检验批仍可评定为合格检验批；
 - d) 一个检验批中不合格的试样超过 5% 时，该检验批应评定为不合格，且不应重做检验。
- B.5.2 锚栓破坏性检验发生混凝土破坏，检验结果满足下列要求时，其锚固质量应评定为合格：

$$N_{Rm}^c \geq \gamma_{u,lim} N_n \dots\dots\dots (B.1)$$

$$N_{Rmin}^c \geq N_n \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

N_{Rm}^c ——受检验锚固件极限抗拔力实测平均值,单位为牛顿(N);

N_{Rmin}^c ——受检验锚固件极限抗拔力实测最小值,单位为牛顿(N);

N_n ——混凝土破坏受检验锚固件极限抗拔力设计值,单位为牛顿(N),按第7章有关规定计算;

$\gamma_{u,lim}$ ——锚固承载力检验系数允许值, $\gamma_{u,lim}$ 取为1.1。

B.5.3 锚栓破坏性检验发生钢材破坏,检验结果满足下列要求时,其锚固质量应评定为合格。

$$N_{Rmin}^c \geq \frac{f_{stk}}{f_{yk}} N_s \dots\dots\dots (B.3)$$

式中:

N_{Rmin}^c ——受检验锚固件极限抗拔力实测最小值,单位为牛顿(N);

N_s ——锚栓钢材破坏受拉承载力标准值,单位为牛顿(N),按第7章有关规定计算。

B.5.4 植筋破坏性检验结果满足下列要求时,其锚固质量应评定为合格:

$$N_{Rm}^c \geq 1.45 f_y A_s \dots\dots\dots (B.4)$$

$$N_{Rm}^c \geq 1.25 f_y A_s \dots\dots\dots (B.5)$$

式中:

N_{Rm}^c ——受检验锚固件极限抗拔力实测平均值,单位为牛顿(N);

N_{Rmin}^c ——受检验锚固件极限抗拔力实测最小值,单位为牛顿(N);

f_y ——植筋用钢筋的抗拉强度设计值,单位为牛顿(N);

A_s ——钢筋截面面积,单位为平方毫米(mm^2)。

当检验结果不满足B.5.1、B.5.2、B.5.3及B.5.4的规定时,应判定该检验批后锚固连接不合格,并应会同有关部门根据检验结果,研究采取专门措施处理。

中 华 人 民 共 和 国
核 行 业 标 准
核电厂核安全相关混凝土结构后锚固
技术规程

NB/T 20414—2017

*

核工业标准化研究所出版发行

北京海淀区骚子营1号院

邮政编码：100091

电 话：010-62863505

原子能出版社印刷

版权专有 不得翻印

*

2017年7月第1版 2017年7月第1次印刷

印数 1—50

定价 46.00 元