

前 言

本标准是为满足我国公路桥梁建设需要而制定的钢绞线用锚具、连接器的交通行业标准。

经过十几年的开发研制、工业化生产和广泛的应用,YM 锚具的系列产品已基本形成。本标准的制定参考了国内外同类产品的规格系列和尺寸,并在此基础上对现生产的 YM 锚具系列产品进行了尺寸校核和系列的优化后编制的。

本标准由交通部科学技术司提出。

本标准由交通部公路管理司归口。

本标准负责起草单位:交通部公路规划设计院。本标准参加起草单位:交通部新津筑路机械厂、合肥四方交通工程设备厂。

本标准主要起草人:张克、袁华、段玉凤、刘仁生、刘锡璋、蒋永茂。

中华人民共和国交通行业标准

公路桥梁预应力钢绞线用锚具、 连接器试验方法及检验规则

JT 329.2—1997

Test method and inspect rules of prestressing strand
anchorage and coupler for highway bridge

1 范围

本标准规定了公路桥梁后张预应力钢绞线用锚具、连接器的试验方法及检验规则等内容。
本标准用于后张预应力混凝土结构和构件钢绞线用锚具、连接器产品的检验。

2 引用标准

下列标准包含的条文,通过在本标准中引用而构成本标准的条文。在标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨、使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 5224—1995	预应力混凝土用钢绞线
GB/T 14370—93	预应力筋用锚具、夹具和连接器
ASTM A416—90a	预应力混凝土用无涂层七丝钢绞线技术条件
BS 5896—1980	预应力混凝土用高强钢丝和钢绞线

3 定义

本标准采用下列定义。

3.1 预应力 prestress

在结构和构件承受其他作用前,预先施加的作用力所产生的应力。

3.2 后张预应力 post tensioning prestress

先浇注混凝土的构件,待达到规定强度后,再施加的预应力。

3.3 钢绞线 strand

由七根圆形断面钢丝捻成的做预应力混凝土配筋用的预应力筋。

3.4 钢绞线锚具组装件 strand—anchorage assemble

钢绞线和锚具组合装配而成的受力单元。

3.5 钢绞线连接器组装件 strand—couple assemble

钢绞线和连接器组合装配而成的受力单元。

3.6 钢绞线计算极限拉力 calculating ultimate tensile force of strand

钢绞线实际的平均极限拉力。

4 符号

- F_{apu}^c ——钢绞线锚具组装件中各根钢绞线计算极限拉力之和；
 F_{apu} ——钢绞线锚具组装件的实测极限拉力；
 F_{pk} ——单根钢绞线极限拉力的标准值；
 f_{ptm} ——由钢绞线中抽取的试件的极限抗拉强度平均值；
 f_{pk} ——钢绞线钢材的抗拉强度标准值；
 ϵ_{ptm} ——由钢绞线中抽取的试件应力达到极限抗拉强度时，钢绞线试件的极限应变平均值；
 ϵ_{apu} ——钢绞线锚具组装件达到实测极限拉力时的总应变；
 A_{pm} ——由钢绞线中抽取的试件的实际截面面积的平均值；
 A_{pk} ——钢绞线截面面积的标准值；
 η_a ——钢绞线锚具组装件静载试验测得的锚具效率系数；
 n ——钢绞线锚具组装件中钢绞线根数；
 E ——钢绞线的宏观弹性模量。

5 要求

5.1 使用要求

- 5.1.1 锚具、连接器应具有可靠的锚固性能和足够的承载能力，以保证充分发挥钢绞线的强度。
 5.1.2 锚具、连接器适用于承受动载、静载的钢绞线预应力混凝土结构和构件。

5.2 基本特性

- 5.2.1 锚具的静载锚固性能，应由钢绞线锚具组装件静载试验测定的锚具效率系数 η_a 和达到实测极限拉力时的总应变 ϵ_{apu} 确定。

锚具效率系数 η_a 按下列公式计算：

$$\eta_a = F_{apu} / F_{apu}^c \quad (1)$$

钢绞线锚具组装件中各根钢绞线计算极限拉力之和按下式计算：

$$F_{apu}^c = n f_{ptm} A_{pm} \quad (2)$$

锚具的静载锚固性能应满足下列要求：

$$\eta_a \geq 0.95;$$

$$\epsilon_{apu} \geq 2\%。$$

- 5.2.2 在钢绞线锚具组装件达到实测极限拉力 (F_{apu}) 时，锚具或连接器全部零件均不应出现肉眼可见的裂缝或破坏。

5.2.3 疲劳荷载性能

钢绞线锚具组装件，除必须满足静载锚固性能外，尚需满足循环次数为 2×10^6 次的疲劳性能试验。试验应力上限取钢绞线抗拉强度标准值 (f_{pk}) 的 65%，应力幅度取 80 MPa。

试件经受 2×10^6 次循环荷载后，钢绞线因锚具影响发生疲劳破坏的面积不应大于原试件总面积的 5%。

5.2.4 周期荷载性能

用于抗震结构中的锚具，还应满足循环次数为 50 次的周期荷载试验，试验应力上限取钢绞线抗拉强度标准值 (f_{pk}) 的 80%，下限取钢绞线抗拉强度标准值 (f_{pk}) 的 40%。

试件经 50 次周期荷载试验后，不应发生钢绞线折断、滑移和夹片松脱现象。

- 5.2.5 锚具内缩量应不大于 6 mm。

- 5.2.6 锚口摩阻损失不大于 2.5%。
 5.2.7 锚具宜满足分级张拉、补张拉及放松钢绞线的要求。
 5.3 连接器应具有与锚具相同的性能要求。

6 试验方法

6.1 一般规定

- 6.1.1 试验用的钢绞线锚具组装件应由全部零件和钢绞线组装而成,组装时不应在锚固零件上添加影响锚固性能的物质,如金钢砂、石蜡、石墨等,束中各根钢绞线应等长、平行。
 6.1.2 锚具、连接器系列产品的型式试验所用的钢绞线应选用同一品种、同一规格中最高强度级别的钢绞线,并符合 GB/T 5224 或 ASTM A90a、BS 5896 的规定。
 6.1.3 不同系列的锚具应各选取两种具有代表性尺寸的样品进行型式试验。
 6.1.4 钢绞线锚具组装件试验之前,必须进行单根钢绞线的力学性能试验,该试验的试件应同组装件试验的钢绞线是同一盘,并从中抽取。每次随机抽取 6 个试件。
 6.1.5 试验用测力系统,其不确定度不应大于 2%;测量总应变的量具,其标距的不确定度不应大于标距的 0.2%;指示应变的仪器的不确定度不应大于标距的 0.1%,试验设备及仪器每年至少标定一次。
 6.1.6 每项试验均应详细记录,并依此记录计算锚具效率系数(η_a)、钢绞线锚具组装件达到实测极限拉力时的总应变(ϵ_{apu})和锚口摩阻损失等内容。

6.2 钢绞线力学性能试验

- 6.2.1 钢绞线力学性能试验应按 GB/T 5224《预应力混凝土用钢绞线》中有关规定进行,要求断口在母材上。应求出下列参数:

f_{ptm} ——由钢绞线中抽取的试件的极限抗拉强度平均值;

ϵ_{ptm} ——由钢绞线中抽取的试件应力达到极限抗拉强度时,钢绞线试件的极限应变平均值;

A_{pm} ——由钢绞线中抽取的试件的实际截面积平均值(可用称重法测定);

E ——钢绞线的宏观弹性模量。

6.2.2 钢绞线力学性能试验结果

钢绞线力学性能试验结果以表 1 表示。

表 1 钢绞线力学性能试验结果

钢 绞 线 规 格		生 产 厂 家	
公称面积, mm ²		实测 A_{pm} , mm ²	
公称直径, mm		实测 f_{ptm} , MPa	
抗拉强度标准值, MPa		实测 ϵ_{ptm} , %	
伸长率, %		实测 E , MPa	

试验者: 计算者: 委托单位: 备注:
 校对者: 审核者: 生产厂家:
 试验单位: 试验日期: 检测单位:

6.3 静载试验

6.3.1 试验设备、仪器

穿心式千斤顶及配套油泵、压力传感器、试验台座、卡尺、钢卷尺。

穿心式千斤顶及配套油泵,应是经过鉴定的定型产品,千斤顶额定张拉力应大于钢绞线锚具组装件中各根钢绞线计算极限拉力之和(F_{apu})。

测力使用的穿心式压力传感器的额定压力,应大于钢绞线锚具组装件中各根钢绞线计算极限拉力

之和(F_{apu}),必须经过法定的计量检测机构标定,并在标定的有效期内使用,其不确定度按本标准 6.1 有关规定执行。

试验台座的承载力应大于钢绞线锚具组零件中各根钢绞线计算极限拉力之和(F_{apu})的 1.5 倍,长度应大于或等于 3m。

测量总应变的卡尺的不确定度不大于标距的 0.2%。

6.3.2 组装形式

钢绞线锚具组零件静载试验组装形式按图 1。

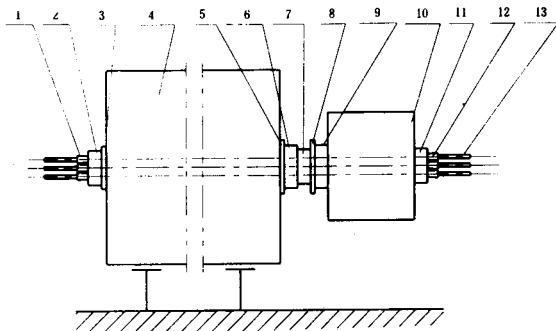


图 1 静载试验组装形式

1-钢绞线;2、12-夹片;3、11-锚圈;4、6、8、10-垫板;5-试验台座;7-千斤顶;9-传感器

6.3.3 试验方法

6.3.3.1 将锚具、钢绞线、传感器、千斤顶、试验台座按图 1 方式组装好,应使每根钢绞线受力均匀,并敲紧夹片。

6.3.3.2 用张拉设备拉至钢绞线抗拉强度标准值(f_{pk})的 10%时,测量图 1 所示 L_0 及千斤顶的活塞初始行程 L_1 尺寸并做记录;测量图 2 所示 a 、 b 尺寸并做记录。

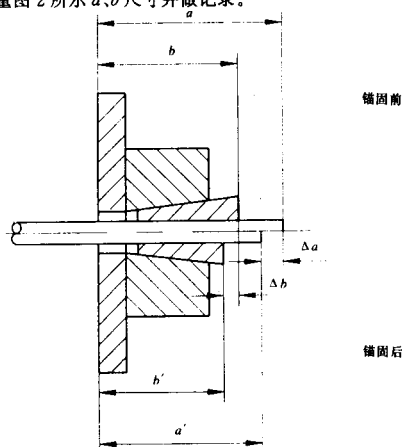


图 2 内缩量计算图

6.3.3.3 用试验设备按钢绞线抗拉强度标准值(f_{pk})的20%、40%、60%、80%分4级等速(约100 MPa/min)张拉,张拉荷载达到80%后锚固,持荷1h,再逐步加大荷载,直至试件破坏。

6.3.4 试验过程中观察、记录项目包括:

- 钢绞线锚具(或连接器)组装件的内部量(见图2中 Δa);
- 锚具或连接器各零件之间的相对位移(见图2中 Δb);
- 达到钢绞线抗拉强度标准值(f_{pk})的80%后,在持荷1h时间内的锚具或连接器的变形;
- 试件的实测极限拉力(F_{apu});
- 达到极限拉力时的总应变(ϵ_{apu})。

6.3.5 静载试验结果

静载试验记录以表2表示。

锚具效率系数 η 。按本标准5.2.1条中公式(1)计算。

总应变(ϵ_{apu})按式(3)计算:

$$\epsilon_{apu} = \frac{L_2 - L_1 - \Delta a}{L_0} \times 100\% \quad (3)$$

式中: L_1 ——千斤顶活塞初始行程读数;

L_2 ——试件破坏时活塞终了行程读数。

静载试验结果以表3表示。

表2 静载试验记录

锚具型号		规格		计算极限拉力之和, kN	
千斤顶型号		强度级别, MPa		实测极限拉力, kN	
传感器型号		L_0 , mm		破断情况	
序号	加载量 kN	夹片位移量 Δb , mm		千斤顶活塞行程, mm	破断时
		固定端	张拉端		
持荷时间:					
持荷后					
破断时					

参加人:

日期:

表3 静载试验结果表

试件 编号	锚具型号	钢绞线 根数	钢绞线计算极 限拉力之和, kN	钢绞线锚具组 装件实测极限 拉力, kN	锚具效 率系数	总应变 %	破 坏 情 况			
							破 断 丝 数	颈 缩 丝 数	斜切口 断丝数	其 他

试验者:

计算者:

委托单位:

备注:

校对者:

审核者:

生产厂家:

试验单位:

试验日期:

监检单位:

6.4 疲劳试验

6.4.1 试验设备、仪器

疲劳试验机(一般采用脉冲千斤顶),脉冲频率不应超过 500 min^{-1} ,额定试验荷载应不大于钢绞线锚具组装件计算极限拉力之和($F_{\Sigma\text{pe}}$)的 65%。

试验台座长度应大于或等于 3 m,承载力应满足试验要求。

6.4.2 进行疲劳试验时,只要试验结果有代表性,在不改变试件中各根钢绞线受力的条件下,可将钢绞线根数适当减少,或用较小规格的试件,但不应低于钢绞线根数的 1/10。

6.4.3 试验方法

以 100 MPa/min 的速度加载至试验应力上限值,再调节应力幅度达到下限值后,开始记录循环次数。

6.4.4 试验过程中观察、记录项目包括:

- 试验后锚具和连接器部件及钢绞线疲劳损伤情况及变形情况;
- 疲劳破坏的钢绞线的断裂位置、数量以及相应的疲劳次数。

6.4.5 疲劳试验结果

疲劳试验结果以表 4 表示。

表 4 疲劳试验结果

试验编号	锚具型号	钢绞线抗拉强度标准值,MPa	钢绞线截面面积,mm ²	试验荷载,kN		频率,次/min	疲劳次数,10 ⁴ 次	试件情况
				上 限	下 限			

试验者: 计算者: 委托单位: 备注:
 校对者: 审核者: 生产厂家:
 试验单位: 试验日期: 监检单位:

6.5 周期荷载试验

6.5.1 试验设备、仪器按本标准 6.3.1 条。

6.5.2 组装形式按本标准 6.3.2 条。

6.5.3 试验方法

组装好试件后,以约 100 MPa/min 的速度加载至钢绞线抗拉强度标准值(f_{pk})的 80%,为试验应力上限;再卸荷至(f_{pk})的 40%为试验应力下限,为第一周期;然后卸荷自下限经上限回复到下限为一个周期,重复 50 个周期。

6.5.4 周期荷载试验结果

周期荷载试验结果以表 5 表示。

表 5 周期荷载试验结果

试件编号	锚具型号	钢绞线抗拉强度标准值,MPa	钢绞线截面面积,mm ²	试验应力,MPa		试验次数,次	试件情况
				上 限	下 限		

试验者: 计算者: 委托单位: 备注:
 校对者: 审核者: 生产厂家:
 试验单位: 试验日期: 监检单位:

6.6 辅助性试验

6.6.1 钢绞线锚具组装的内缩量试验

6.6.1.1 试验设备、仪器按本标准 6.3.1 条。

6.6.1.2 组装形式按本标准 6.3.2 条。

6.6.1.3 试验方法

内缩量可用测量锚固处的钢绞线相对位移的方法直接测出。组装好后测量图 2 中每根钢绞线的 a_i 尺寸,并做记录。用试验设备张拉钢绞线锚具组装件至抗拉强度标准值(f_{pk})的 80%后锚固,测量每根钢绞线的 a_i' 尺寸用下式计算出每根钢绞线 Δa_i ;

$$\Delta a_i = a_i - a_i' \quad (4)$$

组装件的内缩量用下式计算:

$$\Delta a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta a_i \quad (5)$$

6.6.1.4 内缩量试验结果

试验用试件应不少于三个,取平均值。

内缩量试验结果以表 6 表示。

表 6 内缩量试验结果

试件编号	锚具型号	钢绞线抗拉强度标准值, MPa	钢绞线截面积, mm ²	内缩量(平均值) Δa , mm

试验者:

计算者:

委托单位:

备注:

校对者:

审核者:

生产厂家:

试验单位:

试验日期:

监检单位:

6.6.2 锚口摩擦损失试验

6.6.2.1 试验设备、仪器按本标准 6.3.1 条。

6.6.2.2 组装形式按图 3。

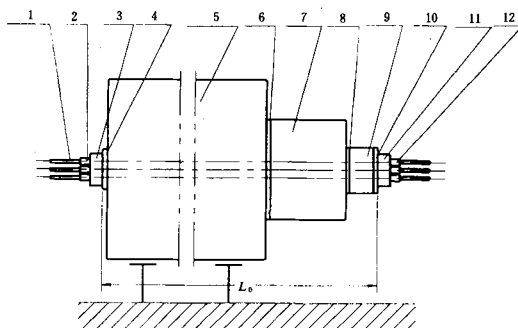


图 3 锚口摩擦损失试验组装形式

1、12-夹片;2、7、11-锚圈;3、5-垫板;4-试验台座;6-传感器;8-限位板;9-千斤顶;10-钢绞线

6.6.2.3 试验方法

按本标准 6.6.2.2 方式组装好试件,用试验设备张拉组零件至钢绞线抗拉强度标准值(f_{pk})的 80%后锚固,测出锚具前后钢绞线拉力差值 ΔF 。

6.6.2.4 锚口摩阻损失 u 按下式计算:

$$u = \frac{\Delta F}{n F_{pk} \times 80\%} \times 100\% \quad (6)$$

式中: ΔF ——锚具前后钢绞线拉力差值;

n ——钢绞线锚具组装中的钢绞线根数。

试验用试件不应少于三个,取平均值。

6.6.2.5 锚口摩阻损失试验结果

锚口摩阻损失试验结果以表 7 表示。

表 7 锚口摩阻损失测定值

试件编号	锚具型号	钢绞线根数 n	钢绞线极限拉力 标准值, kN	锚固前后钢绞线 拉力差值, kN	锚口摩阻损失, %	锚口摩阻损失 平均值, %

试验者:

计算者:

委托单位:

备注:

校对者:

审核者:

生产厂家:

试验单位:

试验日期:

监检单位:

6.6.3 张拉锚固工艺试验

6.6.3.1 试验设备、仪器按本标准 6.3.1 条。

6.6.3.2 组装形式按本标准 6.3.2 条。

6.6.3.3 试验方法:

用试验设备按钢绞线抗拉强度标准值(f_{pk})的 20%、40%、60%、80%分 4 级张拉组零件,每张拉 1 级锚固 1 次,张拉完毕后,放松组零件中各根钢绞线。

6.6.3.4 通过张拉、锚固工艺试验观察:

——多次张拉或因张拉设备倒换行程需要临时锚固的可能性;

——经过多次张拉锚固后,组零件内各根钢绞线全部放松的可能性。

6.6.3.5 张拉锚固工艺试验报告应包括本标准 6.6.3.4 中的各项内容。

7 检验规则

7.1 检验分类

锚具、连接器的检验分出厂检验和型式检验两类。

7.1.1 出厂检验为生产厂家在每批产品交货前必须进行的检验,由生产厂家的质量检验部门进行,并做出检验记录。

7.1.2 下列情况之一,应进行型式检验,型式检验应由国家指定的检测机构进行。

- 新产品定型鉴定时;
- 投入批量生产后,如结构、材料、工艺有较大改变,可能影响产品性能时;
- 正常生产时,每 2~3 年进行一次检验;
- 产品长期停产后,恢复生产时;
- 出厂检验结果与上次型式检验有较大差别时;
- 国家质量监督机构提出进行型式检验时。

7.2 检验项目

7.2.1 出厂检验应包括下列检验项目

- a) 表面质量、粗糙度、几何尺寸、硬度;
- b) 静载试验。

7.2.2 型式检验应包括下列项目

- a) 表面质量、粗糙度、几何尺寸、硬度;
- b) 静载试验;
- c) 疲劳试验;
- d) 周期荷载试验;
- e) 辅助性试验。

7.3 产品组批、抽样方法

每批产品的数量是指同一类产品,同一批原材料,用同一种工艺投产的数量,每批不应超过 10 000 孔,外观检查抽取 10%,且不少于 10 套,硬度检验抽取 10%,且不少于 10 套。

在第 6 章中提及的试验各抽取三组进行试验。

7.4 检验结果的判定

外观检验如表面无裂缝,尺寸符合设计要求,判为合格;如有一套表面有裂缝或超过允许偏差,应取双倍数量重做检验,如仍有一套不符合要求,则应逐套检查,合格者方可用。

夹片的硬度检验,每个零件测试三点,当硬度值符合设计要求的范围判为合格,如有一个零件不合格,则应另取双倍数量的零件重做检验,如仍有一个零件不合格,则应逐个检验,合格者方可使用。

静载锚固能力检验、疲劳荷载检验、周期荷载检验,如符合第 5 章要求的判为合格;如有一个零件不符合要求,则应另取双倍数量重做试验,如仍有一个试件不合格,则该批产品判为不合格品。

荷载传递试验和锚具偏转角度试验

A1 符号

$f_{ck,0}$ ——施加全部预应力时混凝土的最小特征抗压强度；

$f_{cm,0}$ ——施加全部预应力时混凝土的平均抗压强度；

F_u ——混凝土试件实测破坏荷载；

f_{ck} ——混凝土 28 天龄期的抗压强度标准值。

A2 要求

A2.1 荷载传递试验

锚具应满足预应力能可靠地从锚具传递到混凝土构件中。分级加载至试验应力上限后，需进行至少 10 次的慢速循环加载，循环加载后，试件应逐步加载至破坏。试件应力上限取钢绞线抗拉强度标准值 (f_{pk}) 的 80%，下限取钢绞线抗拉强度标准值 (f_{pk}) 的 12%，试件破坏时应满足：

$$F_u \geq F_{pk} \frac{f_{cm,0}}{f_{ck,0}}$$

$$F_u \geq 1.1 F_u$$

每个试件必须满足下列要求：

第一次达到上限荷载 ($0.8F_{pk}$) 时，试件裂缝宽度不大于 0.1 mm；

最后一次达到下限荷载 ($0.12F_{pk}$) 时，试件裂缝宽度不大于 0.1 mm；

最后一次达到上限荷载 ($0.8F_{pk}$) 时，试件裂缝宽度不大于 0.25 mm；

循环加载过程中试件纵向和横向应变读数应达到稳定，如果最后两次循环的应变小于 5%，即可认为应变已经稳定。

循环加载过程中裂缝读数应达到稳定，如果在最后两次循环裂缝宽度增量不大于 0.02 mm，即可认为裂缝宽度已经稳定。

A2.2 锚具偏转角度性能

当钢绞线锚具组装件的轴线与设计轴线存在角度偏差时，需按 6.3 节给定的方法进行锚具偏转角度性能的试验。试验结果应满足：

$$\eta_a \geq 0.95;$$

$$\epsilon_{apu} \geq 2\%。$$

A3 试验方法

A3.1 荷载传递试验

A3.1.1 试件应包含隐埋于混凝土构件中的锚具部件，布置应当与实际使用情况相同。

试件应为受轴向压力试验的混凝土棱柱体，其外边尺寸 a

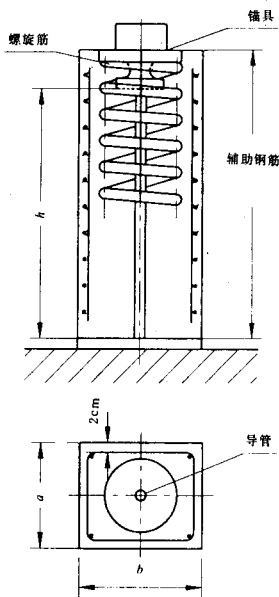


图 A1 荷载传递试验试件

附录 A(提示的附录)

和 b 对应于结构中规定的钢绞线束最小轴中心距,承压面以下的试件高度为 $h \geq 2b$, 其中 $b > a$, 如图 A1 所示。包括锚具在内的试件部分应包括螺旋筋,它应与规定的预应力体系和钢绞线相对应的螺旋筋具有同种尺寸和形式。为装配螺旋筋,可采用辅助钢筋,如满足下列条件,不需要辅助筋:

- 纵向的钢筋总面积不大于 2 cm^2
- 每立方米混凝土中,均匀布置于整个试件高度上的箍筋含量不大于 50 kg 。

试件混凝土的材料、配合比、密实度及其特征强度应与实际应用中所用的相同。试件浇注一天后拆模板,然后进行蒸汽养护直至试验。测定抗压强度的圆柱或立方体试块应同样处理。

A3.1.2 试件应安装在已标定好的试验设备上,荷载按钢绞线抗拉强度标准值(f_{pk})的 20%、40%、60%、80% (如图 A2)分级加载,当达到 80% 后,需进行至少 10 次的慢速循环加载,上限荷载和下限荷载分别为 $0.8f_{pk}$ 和 $0.2f_{pk}$, 循环加载后,逐步增加荷载直至试件破坏。

测量荷载点

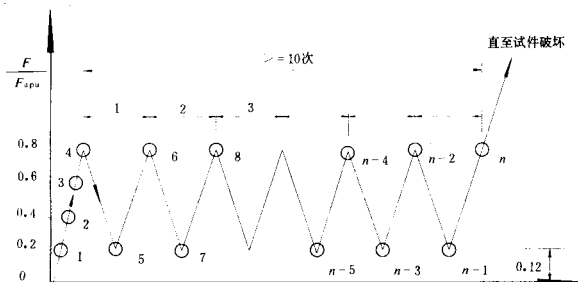


图 A2 荷载传递试验的过程

循环加载时,在每次循环的上限和下限荷载时进行测量,决定试件的应变和裂缝宽度是否达到满意的稳定状态,达到满意的稳定状态后才停止循环加载。图 A2 绘出了加载和测量次序。

在最后的加载破坏时,试件的混凝土平均抗压强度应满足:

$$f_{cm-0} \leq 1.3f_{ck-0}; f_{cm-0} \leq 0.85f_{ck}$$

A3.1.3 试验时应进行下列各项测量和观察并记录结果:

- 各次循环加载时,对应上限和下限荷载,在最大劈裂应力影响区内试件表面纵向和横向应变;
- 上述时刻试件表面的裂缝形式、宽度及扩展情况;
- 用肉眼观察或测量与混凝土接触的锚具部件变形;
- 破坏位置和形式;
- 破坏荷载 F_u 。

A3.2 锚具偏转角度试验

将锚具与试验台座的轴线偏转 5° ,按 6.3 进行试验,并提出试验报告。