



東南大學

工程结构设计原理  
实验指导书

东南大学土木工程实验中心  
2004年9月

# 《工程结构设计原理》课程

## 教学实验之一

### 在短期荷载下单筋矩形截面梁正截面强度实验

#### 一、试验目的

通过少筋梁、适筋梁和超筋梁的试验，加深对受弯构件正截面三个工作阶段和两种破坏形态(塑性、脆性)的认识，并验证正截面强度计算公式。

#### 二、试验内容和要求

1. 观察试件在纯弯区段的裂缝出现和展开过程，并记下抗裂荷载 $P_{cr}^0 (M_{cr}^0)$
2. 量测试件在各级荷载下的跨中挠度值。绘制梁跨中挠度的M—f图。
3. 量测试件在纯弯区段沿截面高度的平均应变，绘制沿梁高度的应变分布图形。
4. 观察和描绘试件破坏情况和特征，记下破坏荷载 $P_{cr}^0 (M_{cr}^0)$ 。验证理论公式，并对试验值和理论值进行比较。

#### 三、试件和试验方法

##### 1. 试件

试验梁混凝土强度等级为C20，试件尺寸和配筋如图1所示。主筋净保护层25mm。

##### 2. 试验设备

- ①千斤顶或压力机。
- ②百分表。
- ③手持式应变仪。

##### 3. 试验方法

这次试验分少筋梁、适筋梁和超筋梁三组进行，每班分三个小组，每组十人左右。试验梁在静力试验台和试验机上进行试验，加荷采用下面方法：

---

注：本指导书和实验报告书由肖士者，韩苏闽修订。

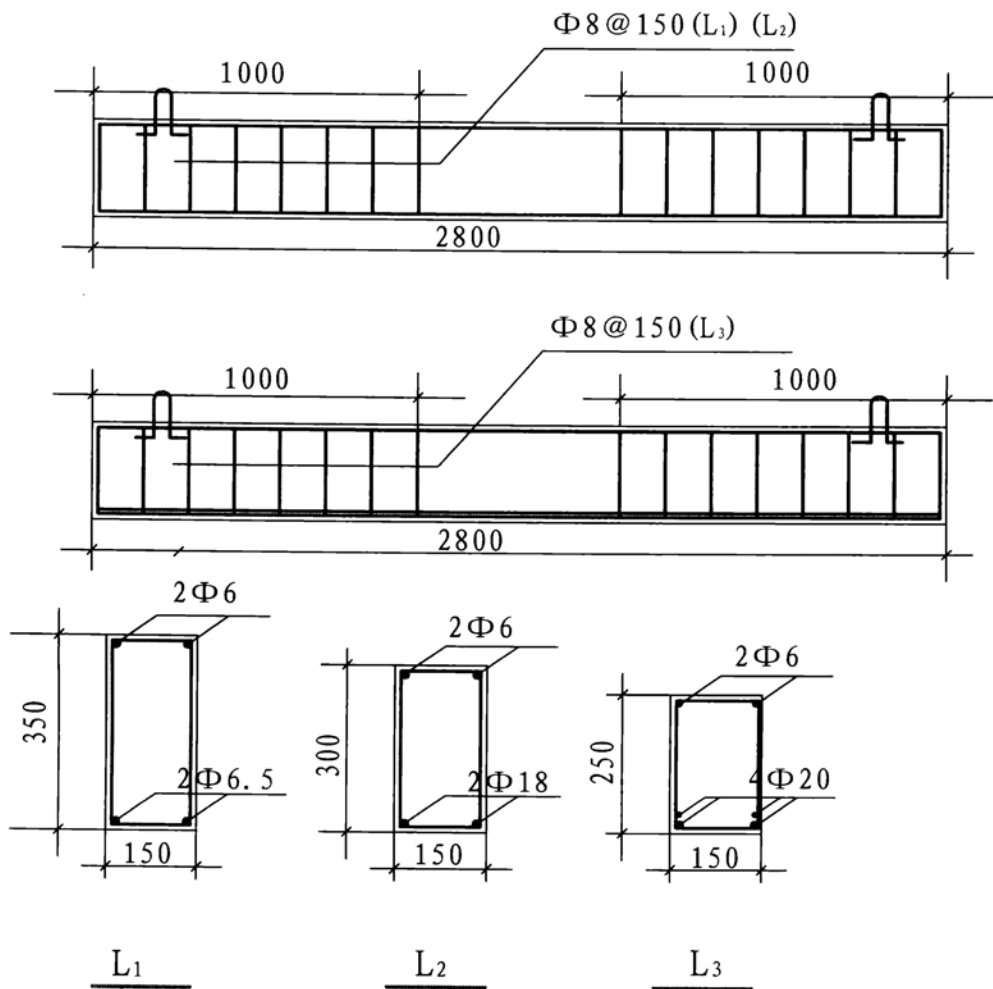


图 1

- ①用千斤顶和反力架进行二点加荷，或在压力机上用分配梁二点加荷直接读数。
- ②用百分表测读挠度。

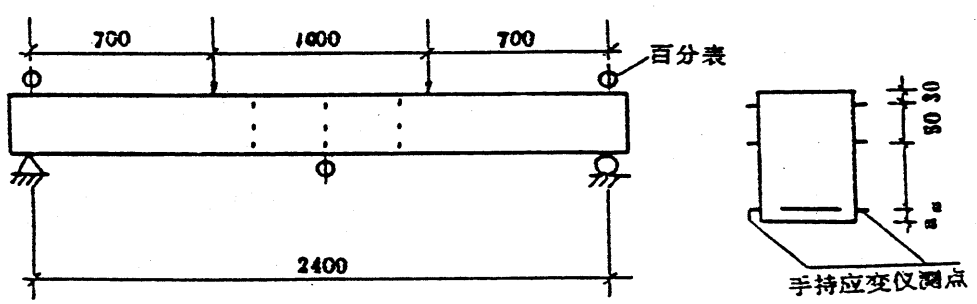


图 2 加载和量测点位置示意图

- ③用手持式应变仪沿截面高度的平均应变。仪表布置如图2所示。

#### 4. 试验步骤

①在未加荷载前用百分表及手持式应变仪读初读数,用放大镜检查有无初始干缩裂缝。

②加第一级荷载后读手持式应变仪,以量测梁未开裂时,沿梁截面高度的平均应变值。

③估计试验梁的抗裂荷载,在梁开裂前分三级加荷,如仍未开裂,再少加些,直至裂缝出现,记下荷载值 $P_{cr}^0(M_{cr}^0)$ 。每次加荷后,持荷五分钟后读百分表,以量测试件支座和跨中位移值。

④试验梁出现裂缝后至使用荷载之间分二次加荷,每次加荷五分钟后读百分表,至使用荷载时读应变仪,使用读数放大镜读取最大裂缝宽度。

⑤使用荷载理论值 $M_0$ 之间分三次加荷。百分表每次都读,至第二次加荷后读应变仪,读后拆除百分表。如第三次加荷后仍不破坏,再酌量加荷直至破坏。破坏时,仔细观察梁的破坏特征,并记下破坏荷载 $P_p^0(M_0^0)$ 。

#### 四、注意事项

务必明确这次试验的目的、要求,熟悉每一步骤及有关注意事项,如有不清楚的地方可以进行研究、讨论或询问指导人员。

对与本次实验无关的仪器设备不要随便乱动,在试验时一定要听从指挥人员的指挥,特别是试件破坏时要注意安全。

## 【工程结构设计原理】课程

### 教学实验之二

### 钢筋混凝土受弯构件斜截面强度实验

#### 一、试验目的

1. 验证斜截面强度计算方法,加深认识剪压破坏、斜压破坏、斜拉破坏等三种剪切破坏形态的主要破坏特征,以及产生这三种破坏特征的机理。

2. 正确区分斜裂缝和垂直裂缝,弯剪斜裂缝和腹剪斜裂缝,在此基础上加深了解这二种裂缝的形成原因和裂缝开展的特点。

3. 加深了解箍筋在斜截面抗剪中的作用。

## 二、测试内容和要求

1. 量测试验梁的挠度。
2. 量测斜裂缝出现前后箍筋的应变。
3. 仔细观察裂缝的出现和开展过程，特别注意观察剪跨段内斜裂缝的出现和开展的全过程。斜裂缝出现后，用铅笔在裂缝旁边描裂缝，按出现先后顺序编号，并在裂缝顶端注明相应的荷载值，待试验梁破坏后再绘制裂缝分布图和破坏形态图。
4. 记录斜截面破坏荷载，并验算斜截面破坏时的  $V_u^0 / V_u$  ( $V_u^0$  和  $V_u$  分别为斜截面破坏时的剪力试验值和理论值)。
5. 试验分组。依据破坏形式的种类，将试验分为三组，每组做一种破坏形态。各组做完本组试验后，再相互观察另外两种破坏形态。在试验过程中，要根据试验目的、内容和要求，认真做好记录，试验报告以本组试验梁为主。

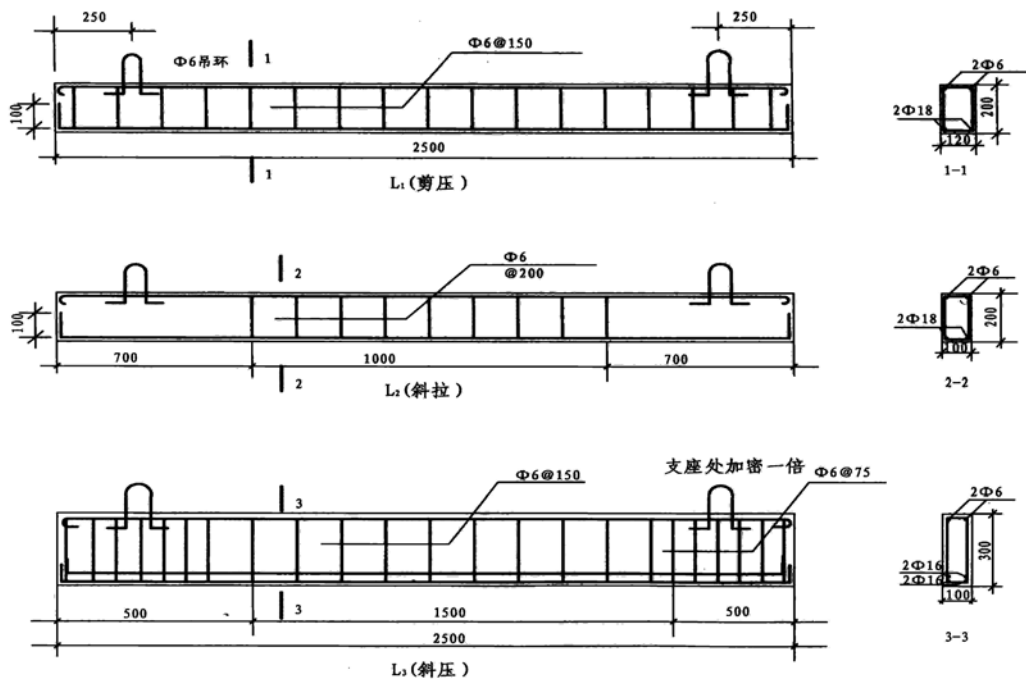


图 3 试验梁详图

## 三、试验梁尺寸和配筋

试验梁混凝土强度等级为：C15，尺寸和配筋如图 3 所示，主筋净保护层为 25mm。

## 四、材料的力学性能试验

为了分析试验结果，对原材料必须进行力学性能试验。由于时间限制，这项工作由教师进行。

### 试验内容

混凝土：立方体强度  $f_{cu}^0$ ，棱柱体抗压强度  $f_c^0$ ，弹性模量  $E_c^0$ 。

钢筋：主筋和箍筋的抗拉屈服强度  $f_y^0$ 。

## 五、试验方法

根据试验梁最大承载能力，决定加载装置和加载方式。本次试验有三种不同规格的梁，其加载体系均采用反力架，千斤顶加载体系。加载装置如图 4 所示。

### 1. 试验梁安装要求

本次的试验梁和支座的连接为简支。试验梁两端搁置在专门设计的支座上，保证梁在受力后，梁的一端能够转动而另一端能够水平移动，试验梁就位后，应保证几何尺寸位置的准确。

### 2. 测点布置。

根据试验目的和要求，测点布置如图 5 所示。

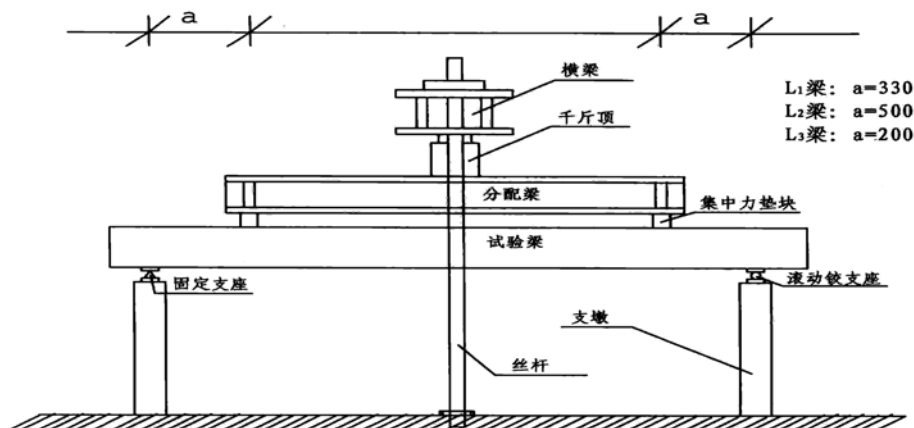


图 4 加载装置图

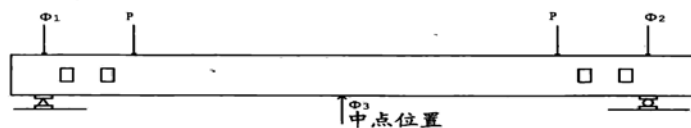


图 5 测点布置图

注：Φ<sub>1</sub>、Φ<sub>2</sub>百分表，量测试验梁支座沉降

Φ<sub>3</sub>为百分表，量测试验梁跨中挠度

1、2、3、4为电阻片，量测试验梁箍筋应变

### 3. 试验仪器和加载设备

①DH3818 型电阻应变仪，用于量测箍筋应变。

②百分表，用于量测挠度。

③500kN 千斤顶，用于加荷

### 4. 加荷方法

采取分级加荷，每级加载值一般取 5—10% 的破坏荷载。每次加载后间歇 5 分钟，使试件的变形趋于稳定后，按试验内容和要求量测数据，并认真做好记录，数据校核无误后，方可进行下一级加载。

### 5. 安全措施

在试验过程中，要服从统一指挥。随时注意观察加载装置和仪表运转是否正常，如发现偏差过大，应立即停止试验，待纠正后再继续加载。试件接近破坏时，应在试件下面安装安全支承，避免测试人员及仪表遭受不必要的损失，当加载超过 80% 的破坏荷载后，应将易损仪表拆除。

### 6. 人员分工

加载 1 人，读百分表 3 人、记录 1 人，操作电阻应变仪 1 人、记录 1 人，寻找裂缝并量测裂缝宽度 1~3 人；负责安全 1 人，总指挥 1 人。

## 六、试验前的准备

1. 复习受弯构件斜截面的强度计算的有关内容，仔细阅读试验指导书，充分了解本次试验的目的、要求，测试等内容。

2. 根据所给试验梁尺寸、配筋，计算试验梁的破坏荷载，确定加载级数和每级加载值。

## 七、注意事项

1. 进入试验室后，要服从担任本次试验指导教师的统一指挥，认真完成本次试验所要求的内容，注意分工协作。

2. 与本试验无关的仪器设备和其它试验项目装置不得随意乱动。

3. 注意安全，尤其是加载阶段。

## 八、试验报告的内容和要求

根据试验原始记录和试验过程中观察到的现象，进行整理、分析、归纳，将

试验结果汇总，以图表，文字说明之。

绘制试验梁裂缝图；

绘制斜截面(剪跨区)破坏形态图，

绘制荷载(P)——挠度(f)曲线，

绘制荷载(P)——箍筋应力( $\sigma_s$ )曲线；

验算斜截面三种破坏形态的  $V_u^0/V_u$  (强度复核)；

试验结果汇总表，

试验结果分析(重点围绕本次试验的三种破坏形态；分析产生这三种破坏的条件及影响斜截面强度的因素)。

## 九；思考题

1. 垂直裂缝和斜裂缝、弯剪斜裂缝和腹剪斜裂缝形成的力学机理有什么不同？
2. 箍筋的抗剪作用和受力特征是什么？它对斜截面破坏强度和破坏特征有什么影响？
3. 通过本次试验，你对{规范}中所规定的斜截面抗剪强度计算公式的二个限制条件有何新的认识和体会？

# 【工程结构设计原理】课程

## 教学实验之三

### 矩形截面对称配筋偏心受压短柱正载面承载力实验

#### 一、试验目的

验证钢筋混凝土偏心受压构件正截面的受力特点与两种破坏特征和承载力计算公式，并观察偏心受压构件的变形和裂缝发展过程。

#### 二、试验内容和要求

每班分二组做一根大偏心受压破坏(又称受拉破坏)短柱试验，与一根小偏心受压破坏(又称受压破坏)短柱试验，每组并观察另一组试验的破坏形状，对此，试验内容和要求主要有：

1. 量测纵钢筋  $A_s'$ ， $A_s$  的应变，分析其应力情况。



2. 观察裂缝出现的荷载及裂缝开展过程。
3. 根据跨中区段的试验结果验证平截面假定并分析中和轴位置的变化。
4. 测量构件挠度值，并画出挠度图。
5. 记录正截面破坏荷载值，验证理论公式并对理论值和试验值进行比较。

### 三、试件、试验设备和方法

#### 1. 试件

试件尺寸及配筋如图 6 所示。

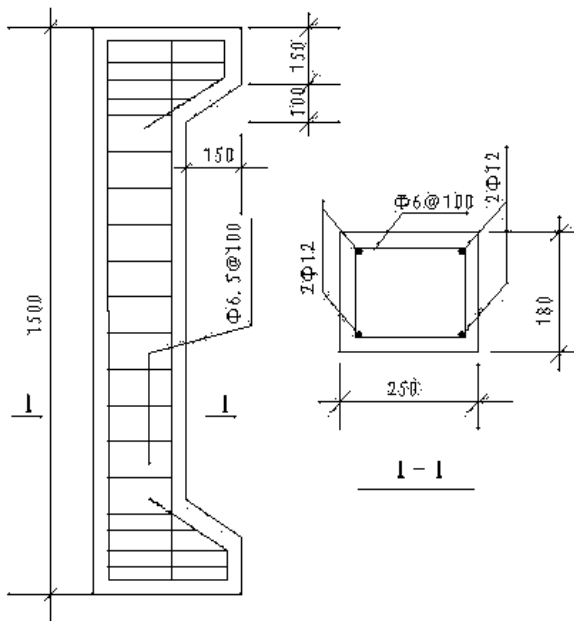


图 6 试件尺寸及配筋图

#### 2. 试验设备和仪表布置

- ①加荷用 2000kN 压力试验机或 5000kN 压力试验机(见图 7)。
- ②测挠度用百分表支架固定百分表。
- ③测钢筋应力用 DH-3818 电阻应变仪及平衡预调箱。
- ④测定截面应变用手持式引伸仪。

测点及仪表布置如图 8、9 所示。

#### 3. 试验步骤和人员分工:

##### ①试验准备:

- (1) 试件设计，制作以及混凝土和钢筋力学性能试验。
- (2) 用稀石灰刷白试件，并在试件上面画出必要的尺寸线，如各截面中心线。

测点位置线，偏心荷载着力点等。(限于时间，这两项工作已由教师完成)。

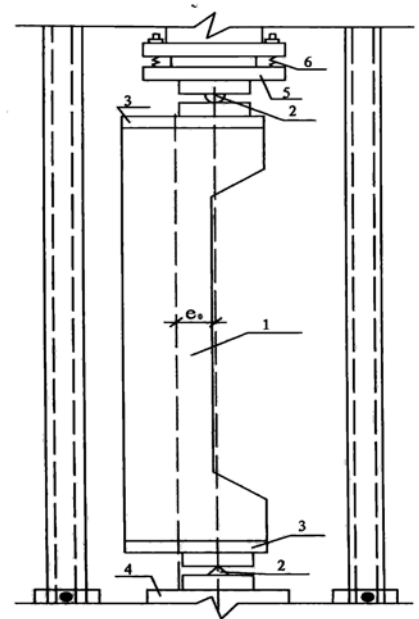


图 7 试件在压力试验机上布置示意图  
1、试件；2、刀口；3、垫板；4、试验机下压板；5 试验机上压板；6、调节试验机压板的弹簧

②试验步骤:

(1) 安装试件

试件在压力机上就位，要求试件垂直、稳定、荷载着力点的位置正确、接触良好，并要做到试件为偏心受力而对试验机本身是中心受力，以保护试验机。

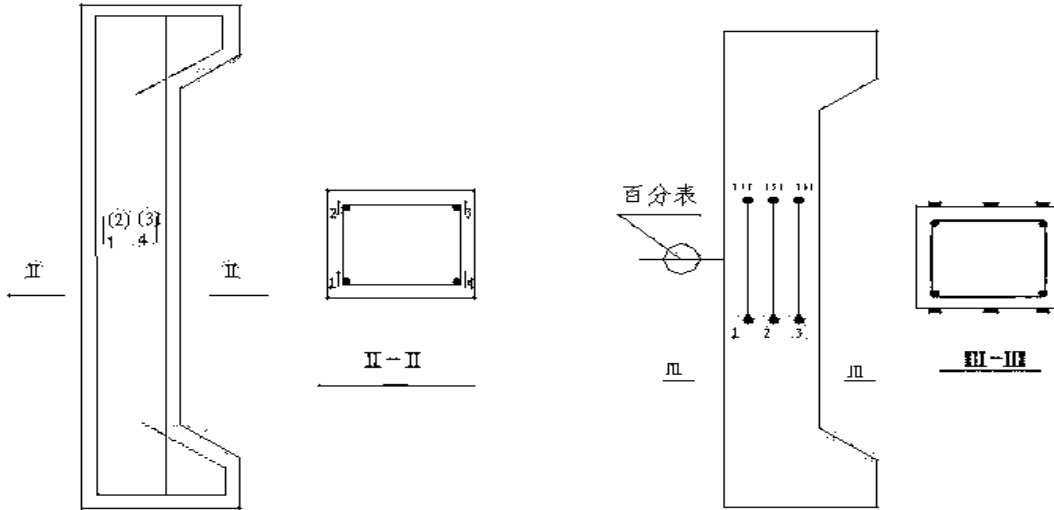


图 8 电阻应变片测点在钢筋上的位置 (1、2、3、4) 示意图

图 9 百分表及手持应变仪测点在构件表面布置示意图

(2) 安装仪表并检查 (见仪表布置图)

- a. 在中间截面上用 502 胶水粘手持式引伸测点的测头。
- b. 安装好测读挠度的百分表支架及百分表。
- c. 将已装好的电阻应变片的引线焊接到连线上，编好号，并连接到电阻应变仪上，预调平衡，使其进入工作状态。

(3) 预载:

在正式加压力试验前，应进行预载，即是将已就好的试件，施加少量的压力 (相当于一级荷载值) 以检查各仪表的工作情况及试验测读人员的操作和读数能力。并消除试件的构造变形，发现不正常情况，应立即报告解决，如全部正常，即开始试验。

(4) 正式试验

读好“0”荷载读数，作为初读数，然后逐级施加荷载，每级荷载值 kN，每级加荷后三分种测读各仪表读数，临近开裂时，荷载减半，直至开裂，记下开裂荷载；开裂后，逐级加荷，直至破坏，记下破坏荷载。

③人员分工	
操作试验机	2人
测试电阻应变仪	2人
测读手持式引伸仪（应变仪）	1人
测读百分表	1人
观察裂缝	1人

#### ④记录表格

见表1，表2，表3

### 四、试件、试验设备和方法

1. 注意人身安全和仪表安全，试件本身要有保护措施？如用绳子捆住木楔垫好，数据读好后，远离试件，这点尤其是当试验荷载的后期更应注意。

2. 服从命令，听指挥，并保持安静。读数口令有指挥人员统一下达，不能早读，也不能晚读，如有问题应立即报告。

3. 试验研究工作，是个实践性很强，责任心很强的细致工作—一定要有严格的责任制和实事求是的精神，数据要认真细致的测读，不能错读，不能搞乱，大家分工协作，互相校对。

## 《工程结构设计原理》课程

### 教学实验之四

#### 在轴心受压荷载作用下钢结构柱整体压杆稳定试验

##### 一、试验目的：

1. 通过环形截面钢柱的轴心受压试验，加深对受压杆件由于受长细比影响，不是由强度控制，而是随受压荷载的增加，逐步弯曲失稳而失去承载力的认识。

2. 验证钢柱轴心受压整体抗压稳定计算公式

##### 二、试验内容和要求

1. 量测在各级荷载下的钢柱中间断面的应力—应变值；

2. 量测在各级荷载下钢柱中间挠度值；

3. 观察钢柱由于弯曲失稳而丧失承载力的过程和特征：

4. 记下钢柱失稳破坏荷载，并将试验值与理论值进行比较。

### 三、试件与材料

1. 采用圆形无缝钢管制作，壁厚为 4.5mm，总高度为 2.8m，如图 10 所示。

2. 钢材为 Q235B.F。

3. 设计整体失稳承载力为 165—195kW 范围内。

### 四、试验方法与加载设备

1. 加载设备；

1) 5000M 压力试验机，直接加载试验。

2) 钢结构反力架，500kW 油压千斤顶加载。

3) 电阻应变仪，测量钢柱中间应力——应变值。

4) 百分表或位移传感器测量中间挠度。

2. 试验方法与试验步骤

1) 试件安装：严格几何对中，试件初弯曲，初偏心不大于 3mm；

2) 分级加载：按设计承载力的 20%为一级，加至 80%时，减至 10%，一级加荷；

3) 每级荷载下测量其杆件中间断面挠度和应力——应变值；

4) 观察压杆整体失稳过程，记录失稳荷载。

### 五、试验注意事项

1. 认真阅读试验指导书，明确本次试验的目的和要求。熟悉加载装置和试件安装方法，了解试验方法和测试内容。

2. 认真听实验指导老师讲解，在老师指导下完成每一个试验步骤，服从指挥，注意安全。

### 六、试验报告格式与内容

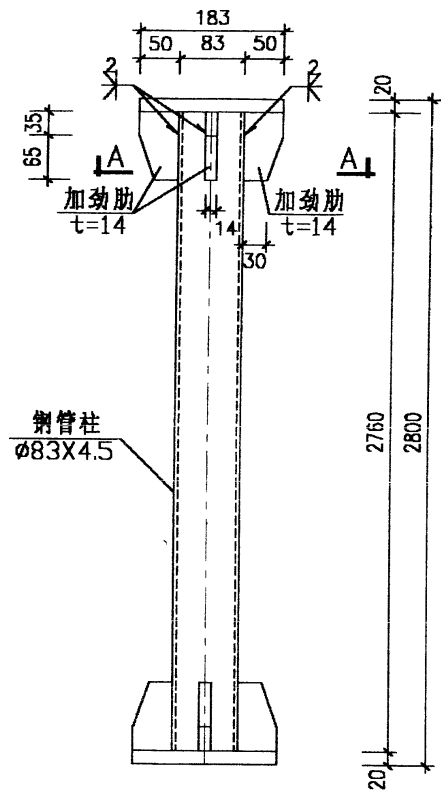
1. 试验名称

2. 试验项目与内容

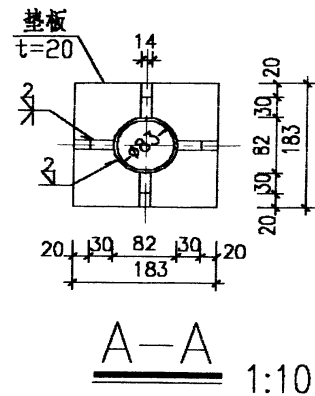
3. 试件概况

4. 试验方法(包括加载方法、测点布置、量测方法与量测内容)

5. 试验结果



试验构件立面图 1:10



加工说明

1. 结构钢材均采用Q235B.F, 相应的焊条为E43xx。
2. 构件初弯曲、初偏心不超过3mm。
3. 结构钢材需经除锈处理, 质量等级达到Sa2, 面漆二度。
4. 所有剖口对接焊的焊角均为45°。
5. 所有钢板应采用自动电弧切割, 对钢管两端及端面板应进行铣平处理。
6. 所有孔洞尺寸应定位准确, 孔洞应采用配钻成孔。
7. 凡本说明未尽事宜, 应按照《钢结构设计规范》(GBJ17-88)和《钢结构工程施工及验收规范》(GB50205-95)的有关要求执行。
8. 该构件预计整体失稳承载力在165kN~195kN范围内

图 10 钢杆尺寸详图