

建筑情报资料

第7903号

1979年1月

多层厂房装配式框架中预应力梁
及整浇式梁柱节点的试验研究

四川省建筑科学研究所
四机部第十一设计研究院

711378

四川省图书馆

目 录

一、前 言	1
二、予应力框架梁的荷载试验	2
(一) 试验梁的设计和制作	2
(二) 试验目的和方法	2
(三) 试验结果与分析	6
1. 梁的抗裂性能	6
2. 梁的刚度	9
3. 梁的强度	10
(四) 小 结	13
三、整浇式梁柱节点试验	13
(一) 试验目的	13
(二) 节点试件的设计与制作	13
(三) 试验内容及加荷方式	16
(四) 试验结果及分析	17
1. 试验中几个问题的说明	17
2. 节点强度	18
3. 节点的抗裂性	19
4. 节点刚度	23
5. 梁柱共同工作状况	25
(五) 小 结	26

一、前言

根据四川省基本建设委员会发出的“川建建(78)317号”文，即关于安排《装配式多层厂房通用图》设计任务的通知，在四川省建筑标准设计办公室领导和支持下，四机部第十一设计研究院承担了该设计任务。在此同时，由四川省建筑科学研究所和四机部第十一设计研究院共同对予应力框架梁和梁柱节点进行了试验研究。

在多层厂房框架中采用予应力梁的主要优点是：增加梁的刚度，提高抗裂性，节约钢材，对于机床上楼和荷载较大的多层厂房效果更为显著。但是，鉴于过去多层厂房中予应力框架梁使用较少，缺乏成熟的经验，故对此做了荷载试验，试验梁为7.5米跨的先张法花兰梁，用Ⅱ级钢筋（即热处理钢筋）配筋。

这次编制的多层厂房通用图，框架节点采用整体式梁柱节点，即将予制梁、柱构件在现场拼装后浇注成整体。这种节点在民用与工业多层建筑中的使用日益普遍，主要特点是节点整体性好，室内无牛腿突出，便于安装管道，减少焊接工作量，适合于地震区。这次节点试验采用两个足大试件，选取双跨7.5米、柱距为6米、三层厂房底层中柱的节点。

试验构件制作得到德阳水泥制品厂大力协助，在此表示感谢。

二、予应力框架梁的荷载试验

(一) 试验梁的设计和制作

试验梁见图1。梁总长为9.9米，支座间跨度为7.5米，两边各悬臂1.2米，悬臂的作用是为了使支座截面处产生负弯矩，这样试验梁就相当7.5米跨框架梁的受力状态，即跨中产生正弯矩，两端支座为负弯矩。

试验梁为一组合截面的花兰梁，下部为先张法构件，放张后架设上部非予应力钢筋，并浇筑上部混凝土。下部先张法构件采用Ⅴ级热处理钢筋，直径 $\Phi 8$ ，受拉区配置14 $\Phi 8$ ，为减少予拉区的拉力，予拉区配有2 $\Phi 8$ ，张拉控制应力均为 10000 kg/cm^2 。试验梁的钢筋和混凝土强度见表1。

试验梁的钢材和混凝土强度 表1

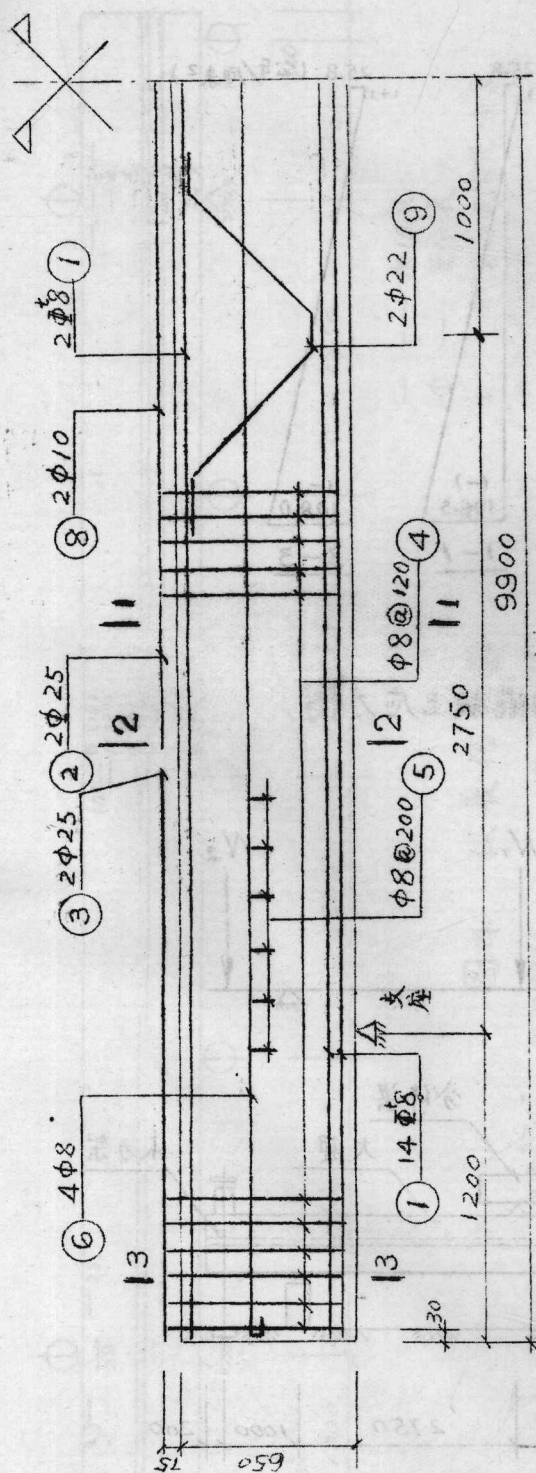
材料种类		下部构件	上部构件
钢	反设计	Ⅴ级钢 $R_y^b = 15000$ $R_y = 12000$	Ⅱ级钢 $R_g = 3400$
	实际	Ⅴ级钢 $\bar{\sigma}_b = 17500$ $R_y = 14000$	日本竹节钢 $\bar{\sigma}_s = 4230$
放张时	反设计	210号	
混凝土	实际	264号	
试压时	反设计	300号	300号
混凝土	实际	440号	460号

放张时测定了试验梁截面变形，将测定的截面变形折标成混凝土应力并绘于图2。(图见4页)。

(二) 试验目的和方法

本次试验的目的主要是观察试验梁的强度、刚度和抗裂性是否合于设计要求以及构件达全面面的水平抗剪能力，即折在混凝土共同工作的能力。

在前台座上用三台千斤顶做荷载试验，加荷方法见图



YL-1 配筋图

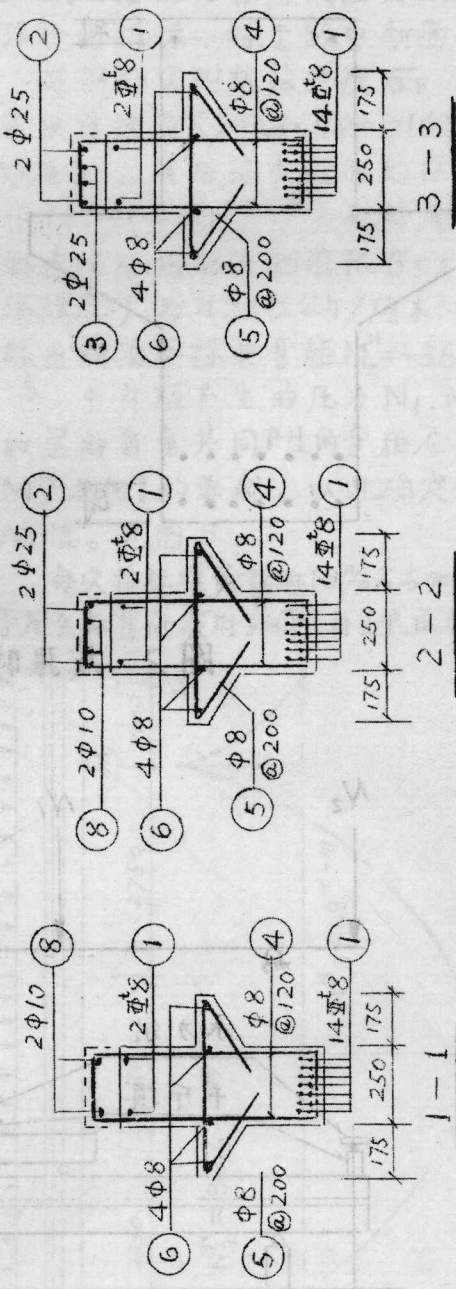


图 1 试验梁的截面尺寸及配筋

3. 仪表布置见图4。(图见5页)。

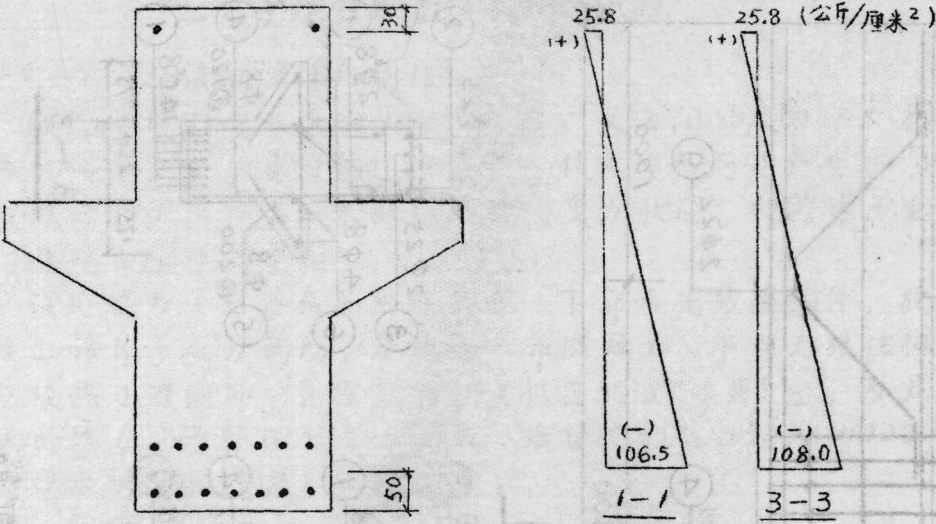


图2 放张时截面混凝土应力图

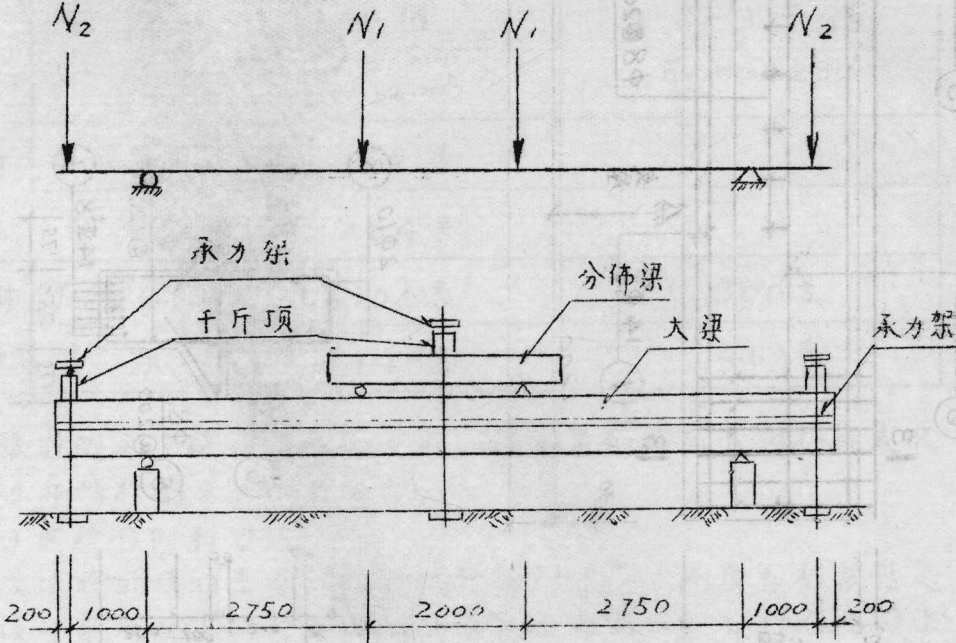


图3 荷载分佈图

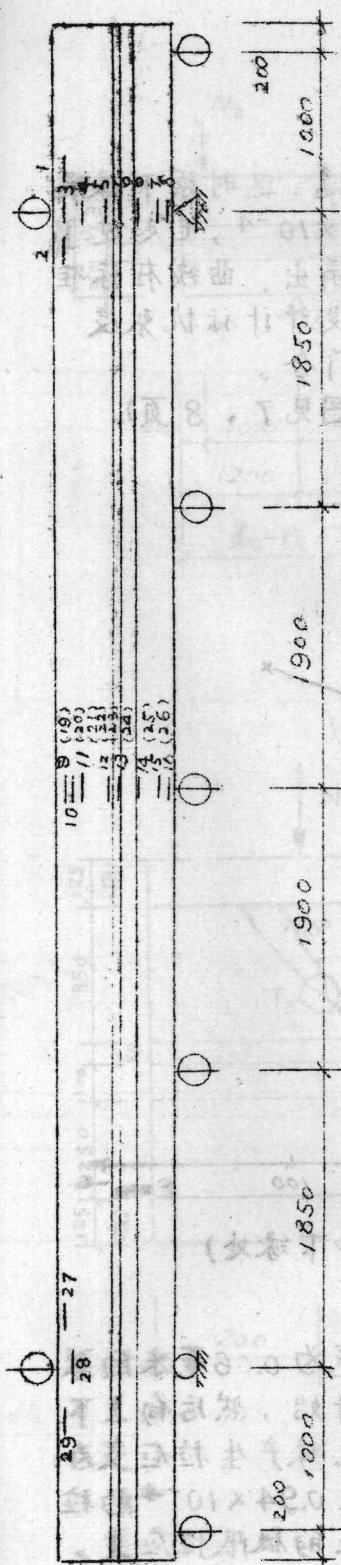


图4 仪表布置图

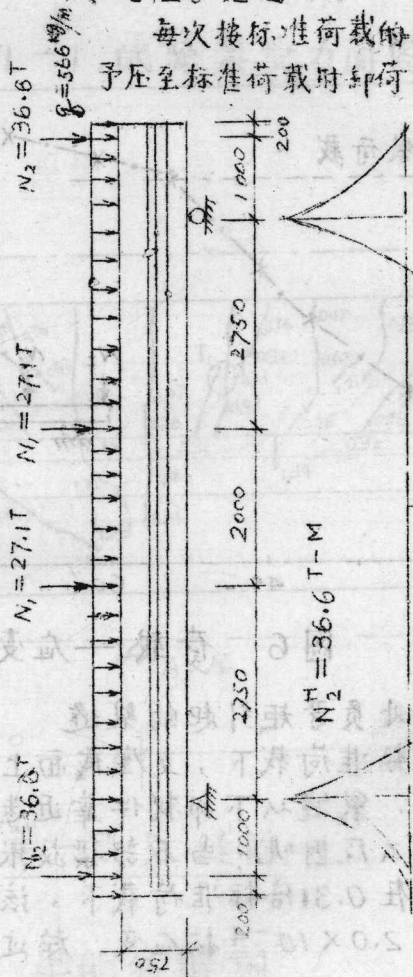


图5 标准荷载下的弯矩图

试验梁的标准荷载按实测材料强度值推标，对于跨中断面来说，按钢筋实测抗拉强度 σ_s 求出其设计强度 $R_y = 0.8 \times 7500 = 14000$ 公斤/厘米²，再推标出断面的标准弯矩 $M_1^H = 41.9$ 吨-米；对跨左座断面来说，钢筋实测流限 σ_s （即设计强度）为4230公斤/厘米²，推标出断面的标准弯矩 $M_2^H = -36.6$ 吨-米。千斤顶产生的压力 N_1 、 N_2 值和梁的自重共同产生的弯矩应满足 M_1^H 及 M_2^H 的要求，以此确定 N_1 及 N_2 值。见图5。

每次按标准荷载的16%左右加荷，予压至标准荷载时卸荷，再正式试验。

(三) 试验结果与分析

1. 梁的抗裂性能

① 跨中裂缝

在标准荷载下，梁跨中下缘混凝土出现裂缝，这时梁下缘混凝土实测的拉应变减去预张阶段的压应变为 1.8×10^{-4} ，已超过了混凝土极限抗拉应变值 1.5×10^{-4} 。另外从图6看出，曲线在标准荷载时有明显转折，说明裂缝确在此时出现，设计计标抗裂度 $K_f = 0.92$ ，试验的抗裂度 $K_f = 1$ ，与设计基本符合。

继续加荷，裂缝不断发展，见图7所示。(图见7、8页)。

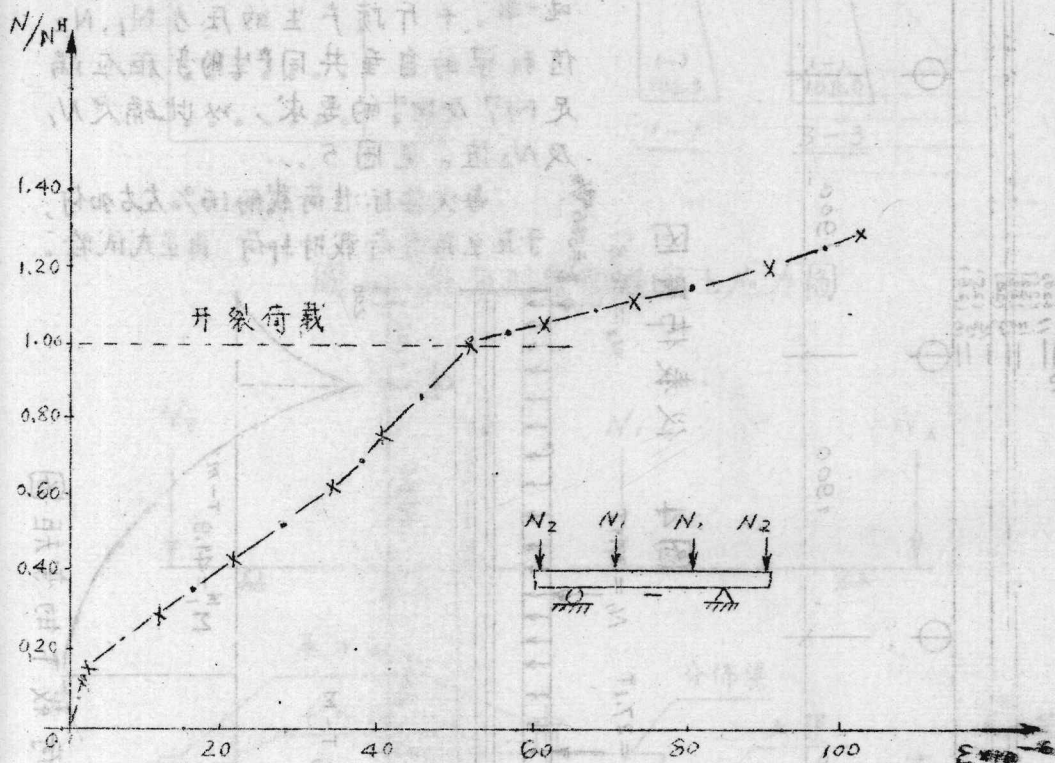
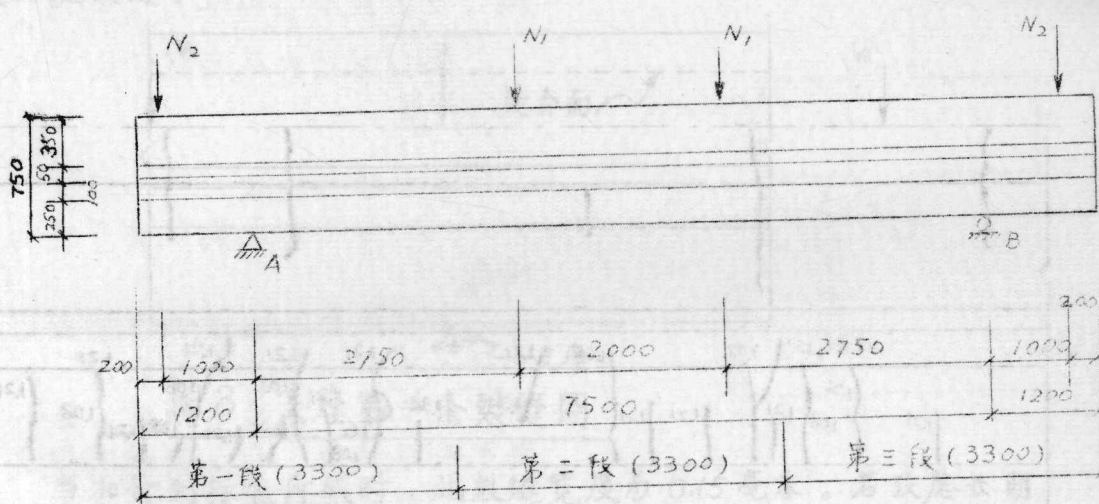


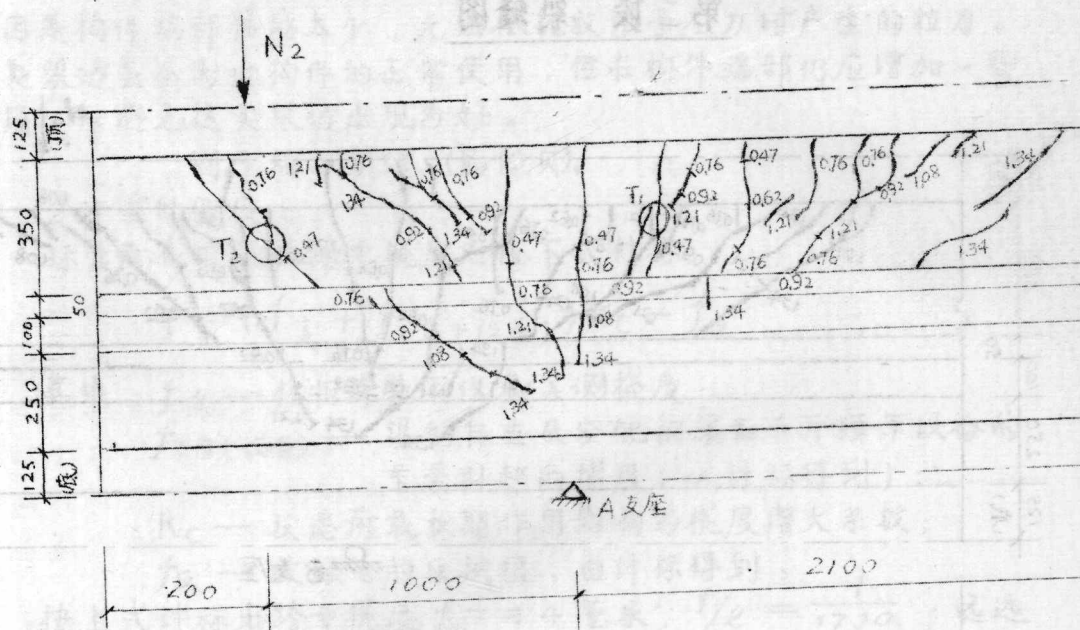
图6 荷载—应变图(跨中下缘处)

② 支座处负弯矩引起的裂缝

在0.31倍标准荷载下，支座截面上缘出现宽为0.06毫米的裂缝(见图8)。裂缝从下部构件靠近迭合面处开始，然后向上下发展。这是什么原因呢？当下部梁放张时，其上缘产生拉应变为 1.1×10^{-4} ，在0.31倍标准荷载下，该处又产生 0.94×10^{-4} 的拉应变，总计为 2.0×10^{-4} 拉应变，超过了混凝土的极限拉应变。



YL-1 试验梁受力简图



第一段裂缝图

图7 梁的裂缝图

故出现裂缝。

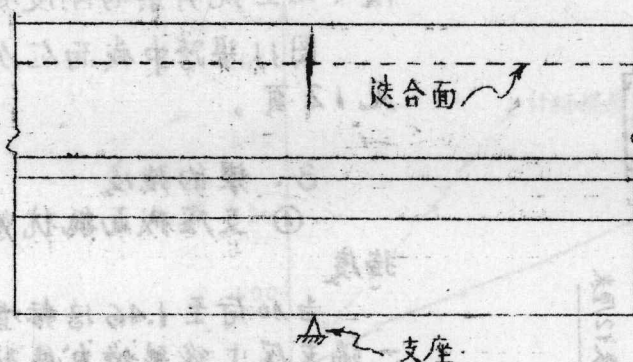


图8 支座第一条裂缝图

当加荷到标准荷载时，此裂缝宽度为 0.15 毫米。若考虑长期荷载的影响，则在乘以裂缝宽度增大系数 $K_c = 1.5$ 后，裂缝宽度为 0.23 毫米，仍未超过允许范围（0.3 毫米）。

③ 放张阶段的裂缝

当下部构件放张时，梁的端部出现了裂缝（见图 9）。主要原因是构件端部箍筋太少，无法抵抗放张予应力时产生的拉力。这类裂缝虽不影响构件的正常使用，但在构件端部仍应增加一些箍筋，以避免这类裂缝出现为好。

图 9 端部裂缝。（见 10 页）。

2. 梁的刚度

标准荷载下梁的跨中挠度应按下列式计算

$$f = (f_{\text{实}} + f_{\text{自+设备}}) K_c - f_{\text{反}}$$

其中 $f_{\text{实}}$ ——标准荷载下仪表实测挠度；

$f_{\text{自+设备}}$ ——梁的自重及分配钢梁和千斤顶等设备的重量引起的挠度（以计算得到）；

K_c ——考虑荷载长期作用影响的挠度增大系数；

$f_{\text{反}}$ ——放张后的反拱值，由计算得到。

按上式计算出跨中挠度 $f = 4.4$ 毫米， $f/l = \frac{1}{1700}$ ，远远超出了设计与使用要求。梁的跨中挠度曲线见图 10。

图 10 梁的跨中荷载—挠度曲线见 12 页。

从跨中截面实测的混凝土应变分布（图 11）看出，中和轴位置在破坏荷载前两级变化不大，也就是说裂缝向上发展的速度缓慢。

慢。以上说明梁的刚度是好的。

图11 梁跨中截面应力应变图
见12页。

3. 梁的强度

① 支座截面抵抗弯矩的强度

当加荷至1.46倍标准荷载时，一端支座上缘裂缝发展较快，加荷至1.55倍标准荷载时，另一端也发展较快，最大裂缝宽度达1.5毫米，说明钢筋已达流限，该截面达到破坏状态，此时该截面破坏弯矩为56.8吨-米，以材料实际强度计标的破坏弯矩为54.9吨-米，试验值超过了计标值。

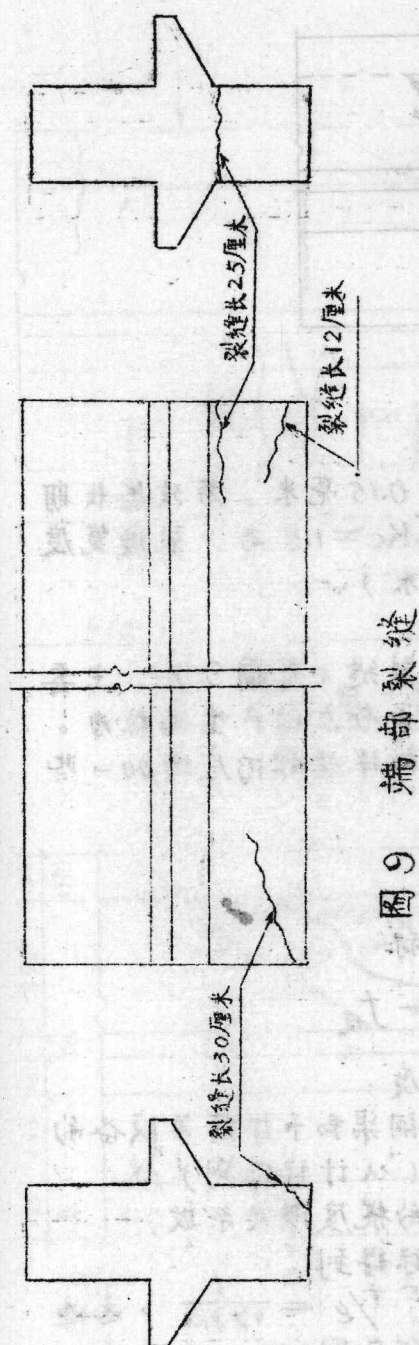
② 跨中截面的强度

当加荷到1.55倍标准荷载时，千斤顶已满载，但梁的跨中仍未破坏，只好取消悬臂处的两个 M_2 ，仅仅在跨中作用两个 M_1 ，而且距支座3.35米（见图12），当加到标准荷载的1.73倍时，跨中裂缝迅速发展至1.5毫米，此时钢筋已达流限，同时构件受压区混凝土破坏。实际破坏弯矩为72.21吨-米，按照钢筋达到流限计标的破坏弯矩为68.7吨-米，试验值也超过了计标值。

这里应该指出，标准荷载是钢材及混凝土按实测值取用的，

这比一般按规范取用材料设计强

度计标的标准荷载要高得多，故破坏安全系数1.73大于设计安全系数1.5即可，勿须再乘以检验系数。图12见11页。



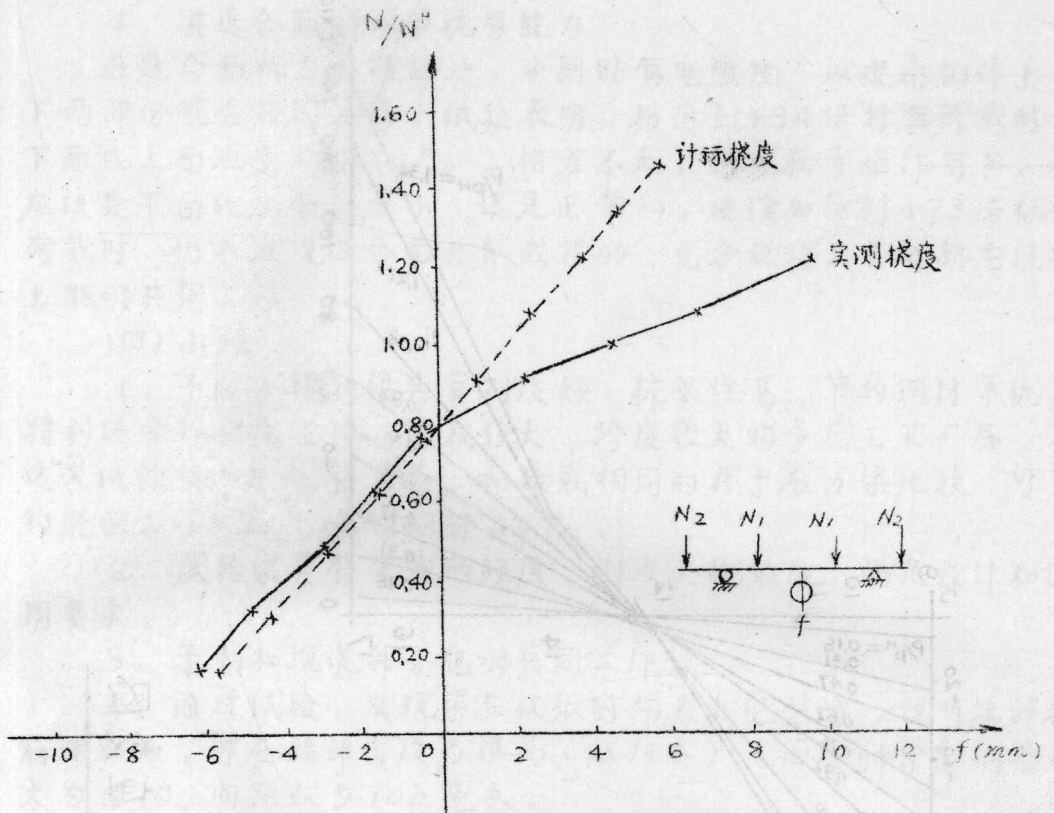


图10 梁跨中荷载—挠度曲线图

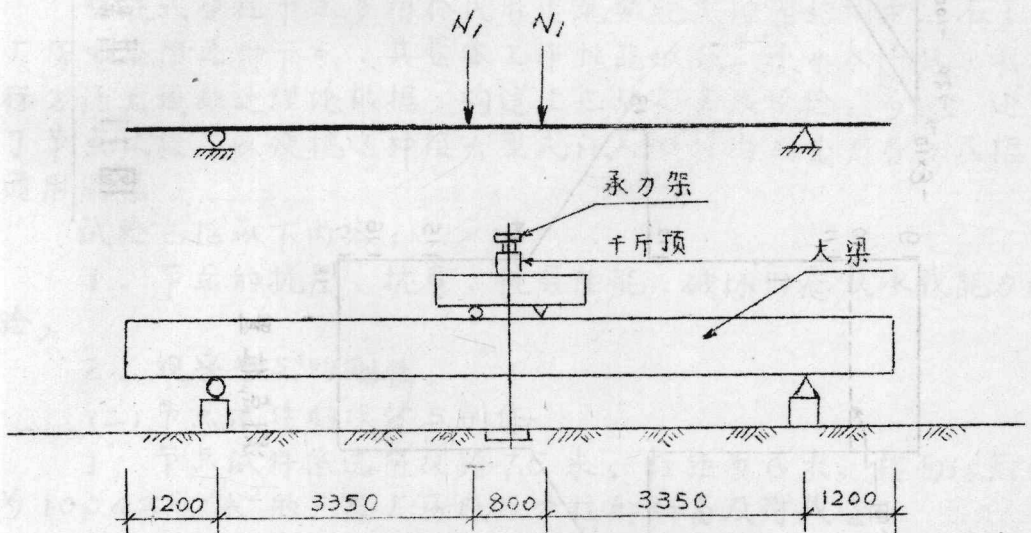


图12 跨中破坏试验加荷图

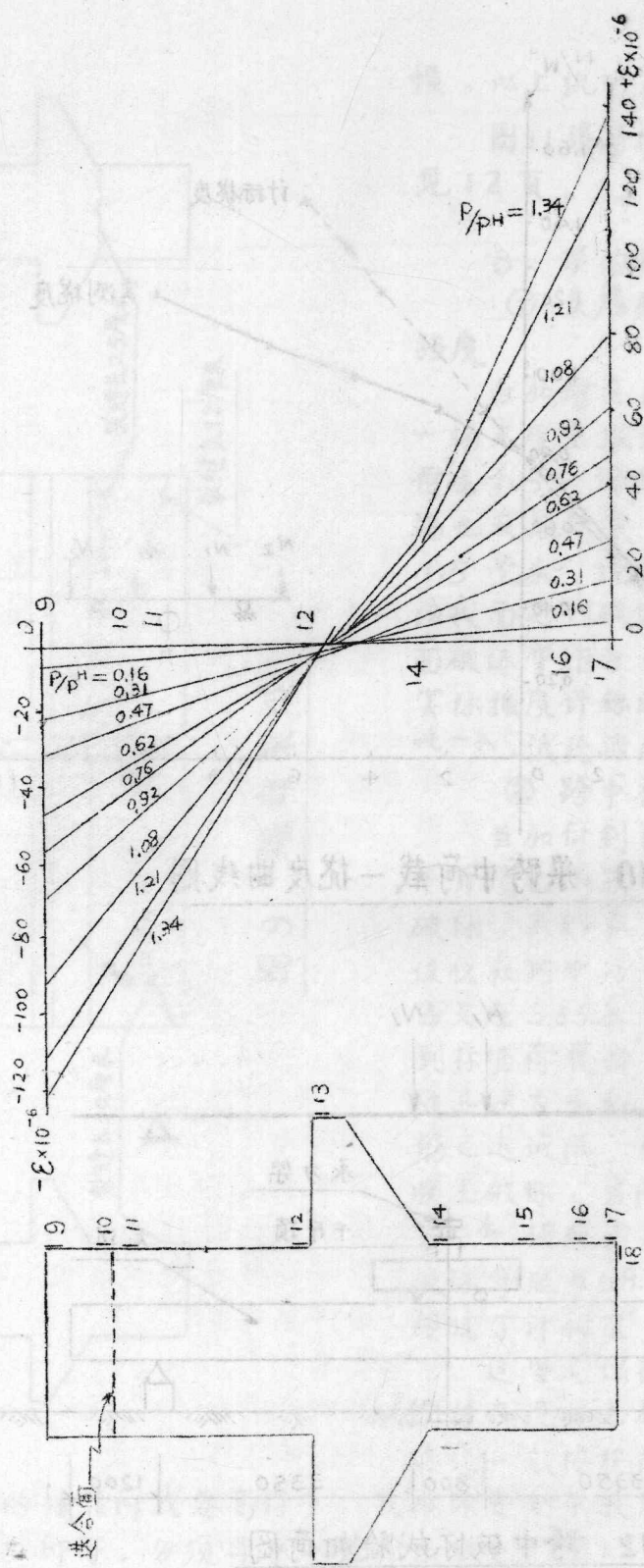


图 11 梁跨中截面应变图

测点位置

4. 梁迭合面的水平抗剪能力

在迭合面的上下相邻处，分别贴有电阻片，以观察构件上、下两部份能否共同工作。试验表明，加荷到1.34倍标准荷载时，下面比上面应变约小10%，相差不大，何况在弯矩作用下，也应该是下面比上面应变小，这是正常的。继续加荷到1.73倍标准荷载时，仍未发现迭合面开裂或错动，充分说明上下部新老混凝土能够共同工作。

(四) 小结

1. 予应力框架梁具有刚度好、抗裂性高、节约钢材等优点，特别适合于机床上楼、荷载较大、跨度较大的多层工业厂房。从这次试验的7.5米梁来看，和荷载相同的非予应力梁比较，可节约混凝土13%，节约钢材40%。

2. 试验梁具有可靠的强度、刚度及抗裂度，满足设计和使用要求。

3. 预制和现浇部分能够共同工作。

4. 通过试验，发现梁在放张时端头出现裂缝，说明端部钢筋需加强。可在端部长度为梁高（75厘米）范围内将中8钢筋加大为中10，间距改为100毫米。

三、整浇式梁柱节点试验

(一) 试验目的

整浇式梁柱节点多用于民用建筑装配式框架结构中，在工业厂房中应用这种节点，其整体工作性能如何，还不太清楚；在设计方法上还缺乏理论根据；构造上也缺乏实践经验。为此，进行了节点试验，以便把这种接头型式订入四川省工业厂房多层框架通用图集。

试验包括以下内容：

1. 节点的抗压、抗弯、抗剪性能，破坏形态及承载能力试验；

2. 观察节点的刚性。

(二) 节点试件的设计与制作

1. 节点试件系选用双跨7.5米、柱距为6米、楼面活荷载为1000公斤/米²的三层厂房底层中柱的断面及荷载值。

试件截面及配筋见图13。

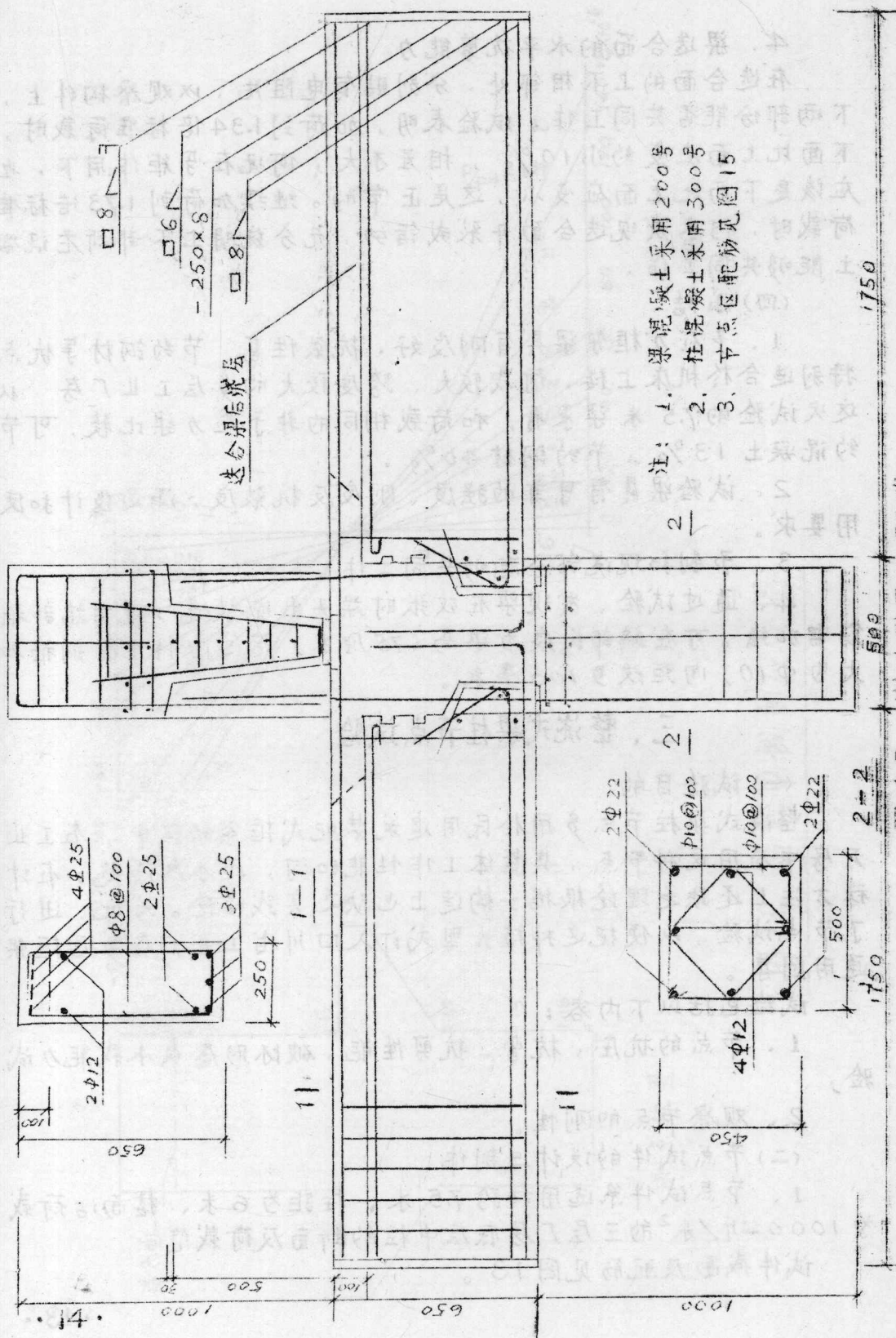


图 13 试件截面及配筋

2. 为了符合构造和施工制作的实际要求, 采用足尺试件。梁与柱在竖向平面内拼接, 每一试件由上柱、下柱头和左右两段梁拼装并分两次整浇混凝土而成, 如图 14 所示。节点构造见图 15。

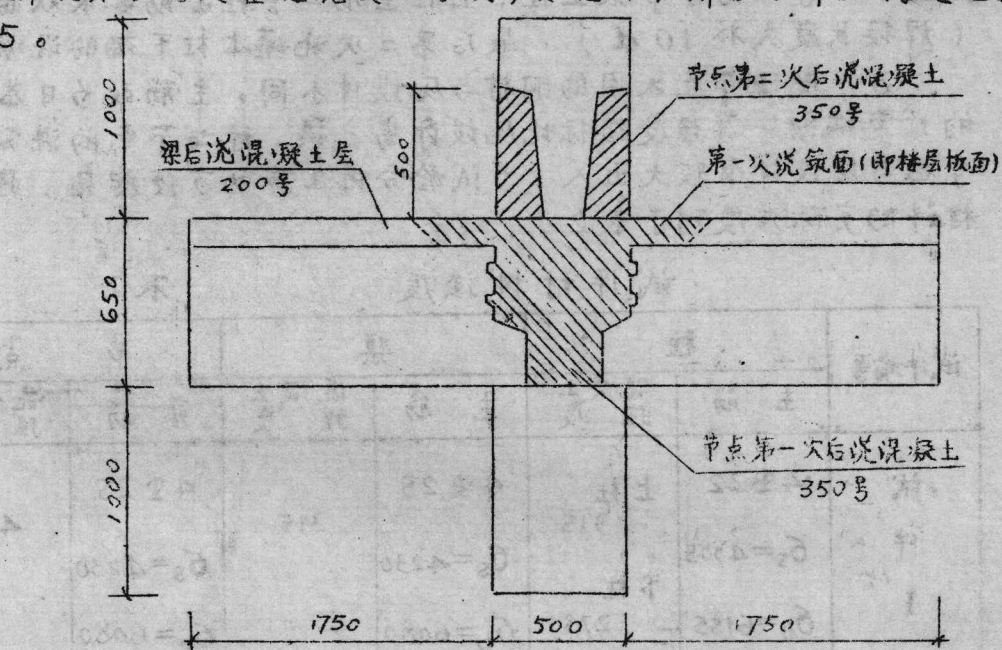


图14 节点拼装图

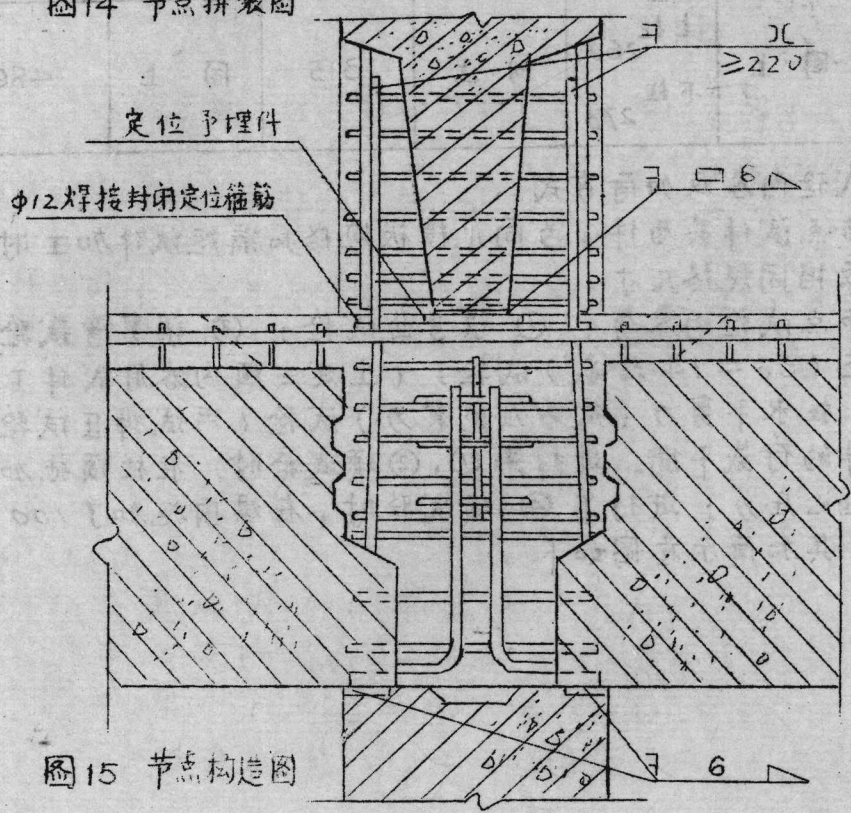


图15 节点构造图