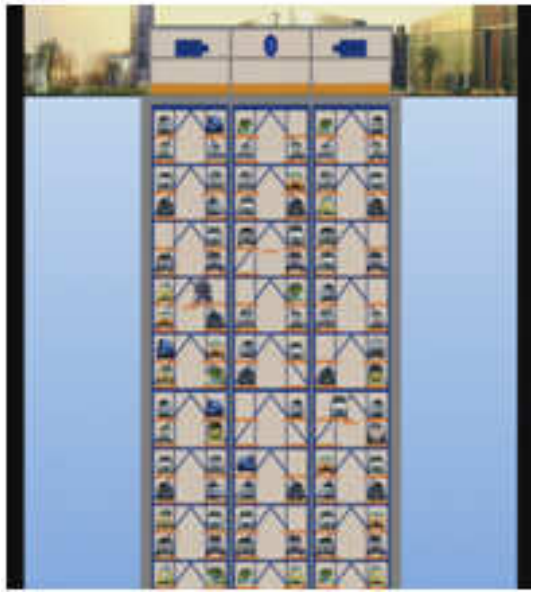
6 浅埋式结构

杭州市首座井筒式地下立体停车库

其井筒基坑深42米，为杭州市当时最深的基坑



可提供停靠150辆小轿车的停车位

而同样面积的地上停车场仅能停靠12辆

本讲内容

6.1 概述

6.2 矩形闭合框架的计算

6.3 截面设计

6.4 构造要求

6.5 算例

6.1 概述

埋设在土层中的建筑物，按其埋置深浅可分为深埋式结构和浅埋式结构两大类。

定义：指其覆盖土层H较薄，不满足压力拱成拱条件（H<2-2.5h1）或软土地层中覆盖层厚度小于结构尺寸的地下结构。h1为压力拱高。

结构受到的垂直土压力和水平土压力均随着深度增加而增加。

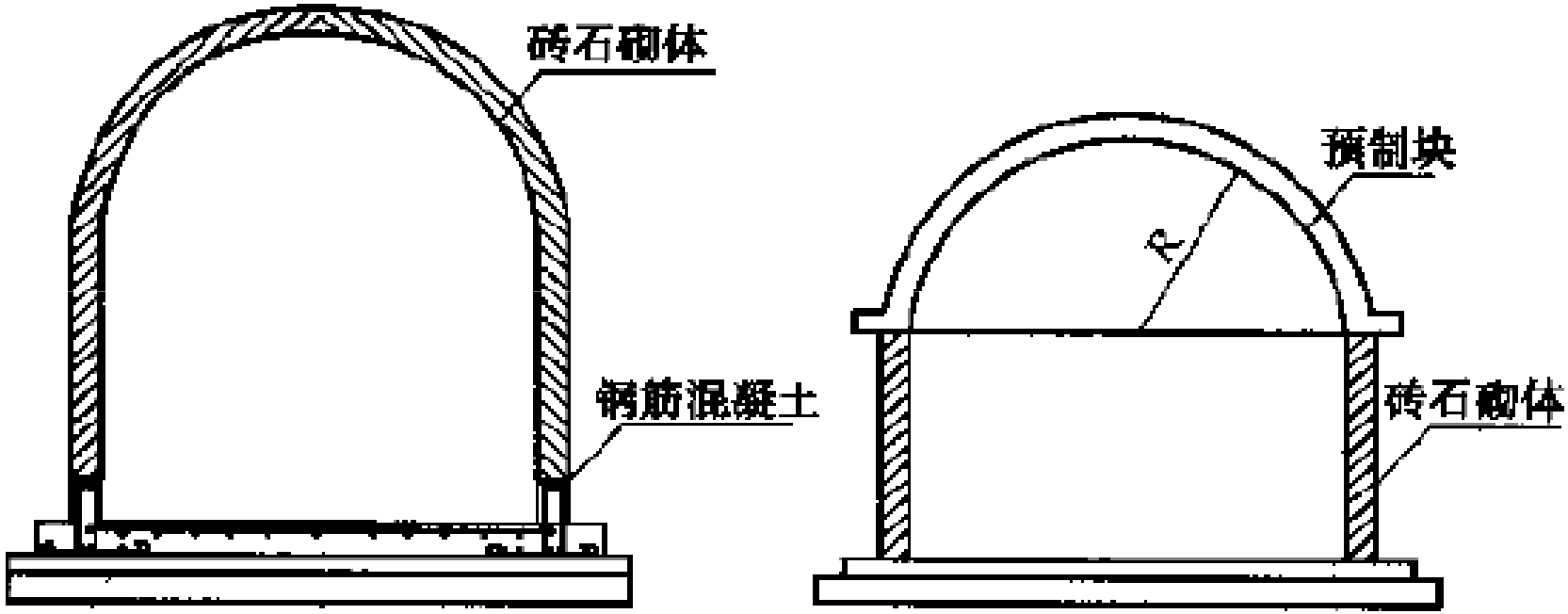
一般浅埋式建筑工程，常采用明挖法施工，特殊环境下也可采用管幕法、管涵顶进法等暗挖法施工。

浅埋式的结构形式可归纳为以下三种：直墙拱形结构、矩形框架和梁板式结构。

6.1.1 直墙拱形结构

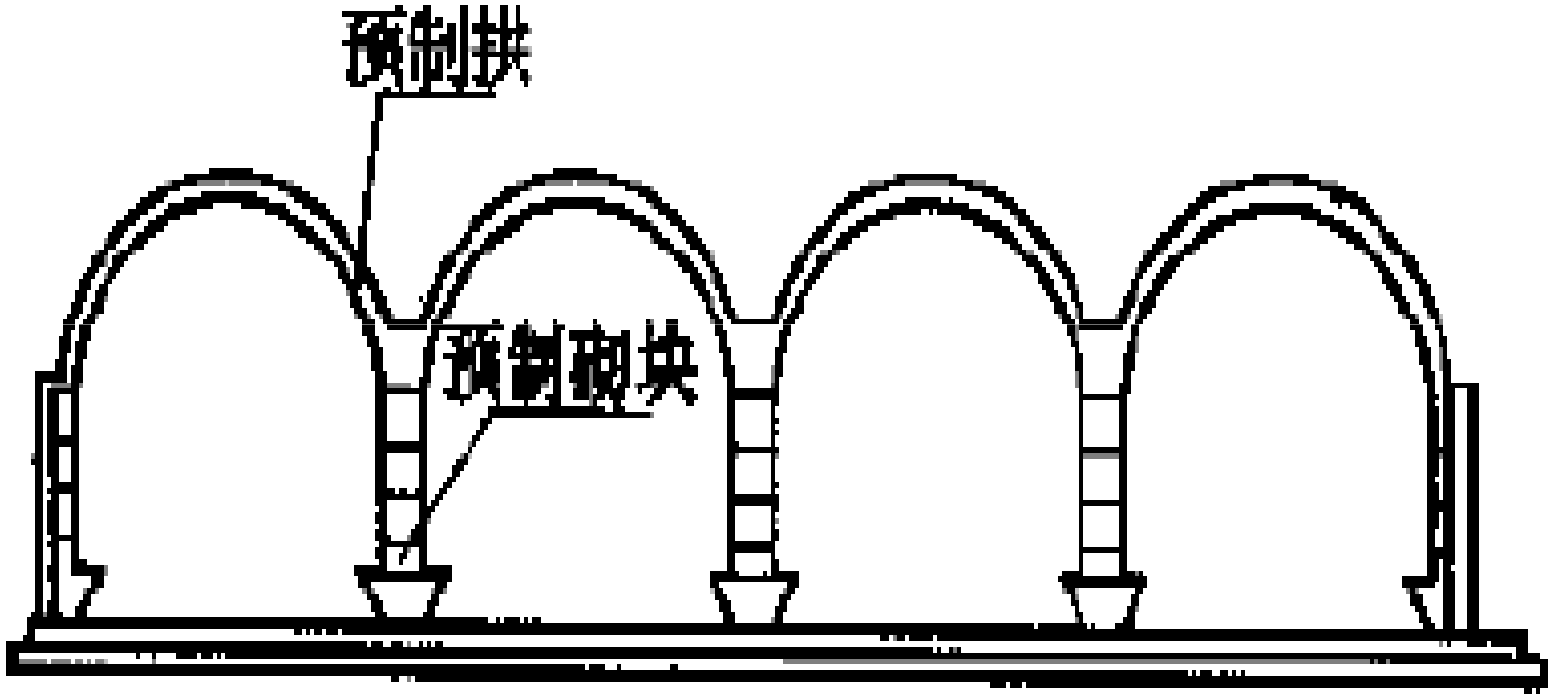
墙体部分通常用砖和块石砌筑，拱体部分砖砌拱或钢筋混凝土拱。

从结构受力分析看，拱形结构主要承受轴向压力。故砖、石和混凝土等抗压性能良好，而抗拉性能又较差的材料在拱形结构中得以充分发挥其材料的特性。



拱顶部分按其轴线形状可分为：半圆拱、割圆拱和抛物线等

直墙拱形结构



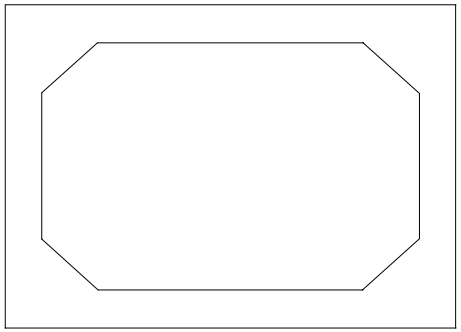
(c)

6.1.2 矩形闭合框架

矩形闭合框架的顶、底板为水平构件，承受较大的弯矩，一般做成钢筋混凝土结构。

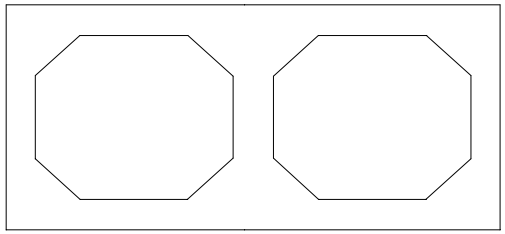
闭合框架可以是单跨、双跨或多跨的，还可以是多层的。

单跨矩形闭合框架

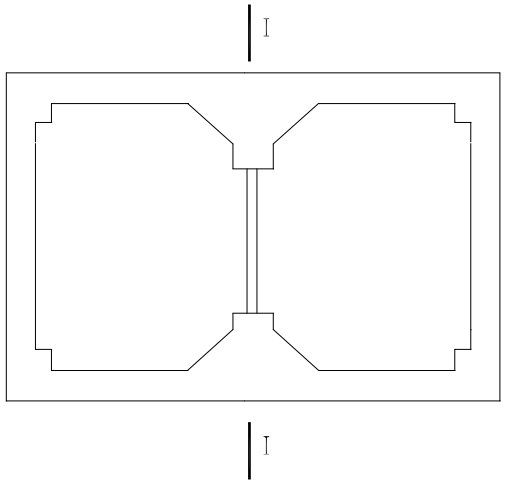


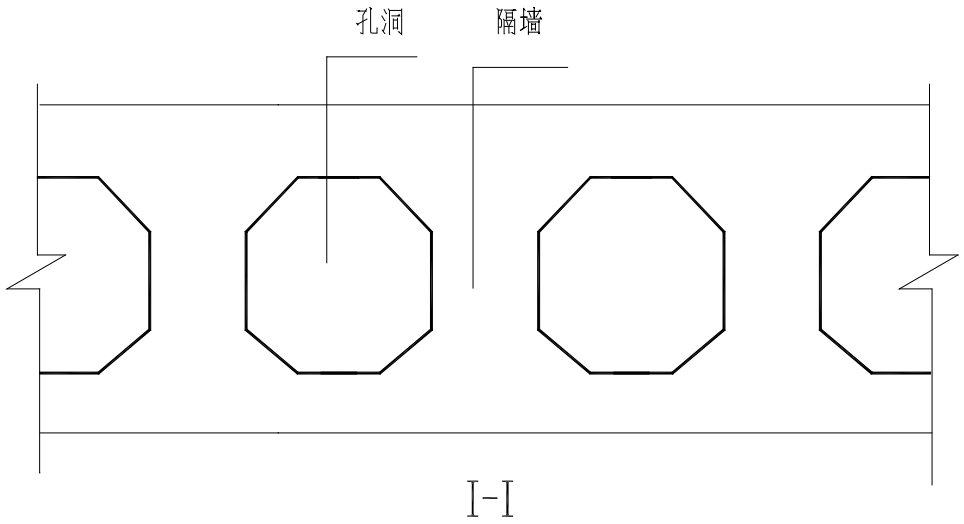
(a)

双跨矩形闭合框架



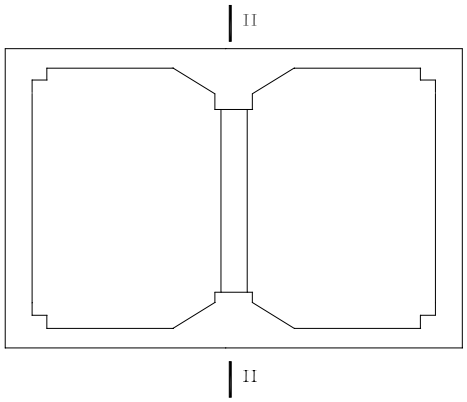
(b)



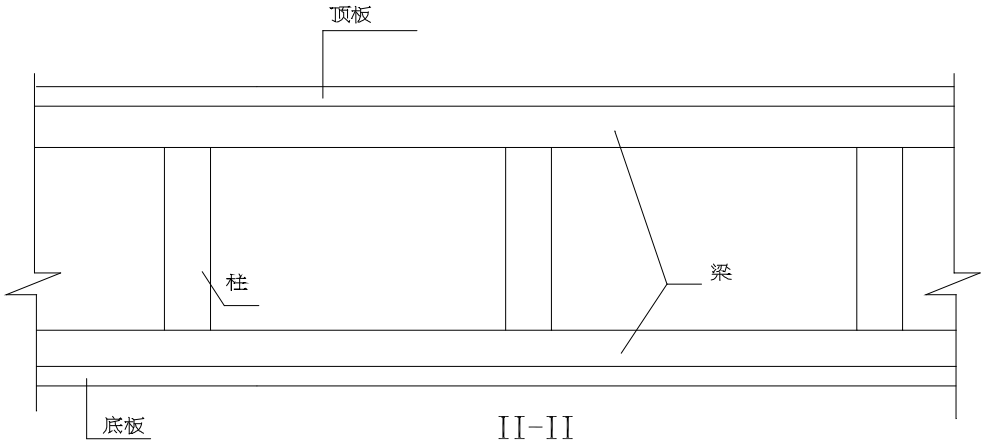


(c)

双跨开孔矩形闭合框架

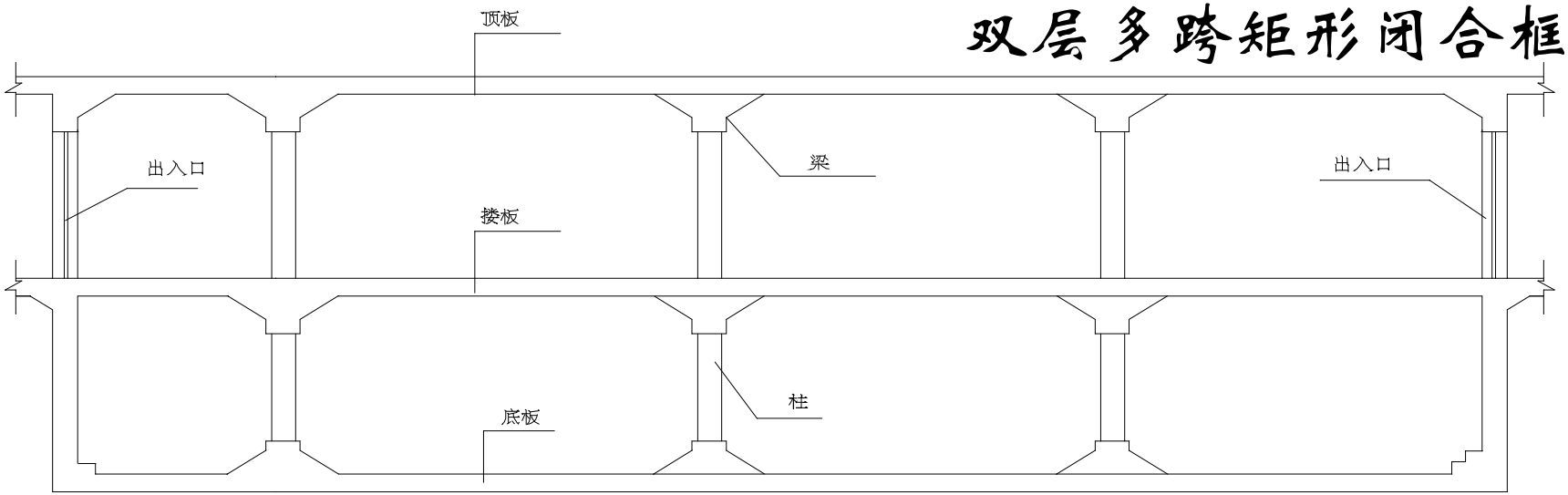


双跨开孔梁柱矩形闭合框架



(d)

双层多跨矩形闭合框架

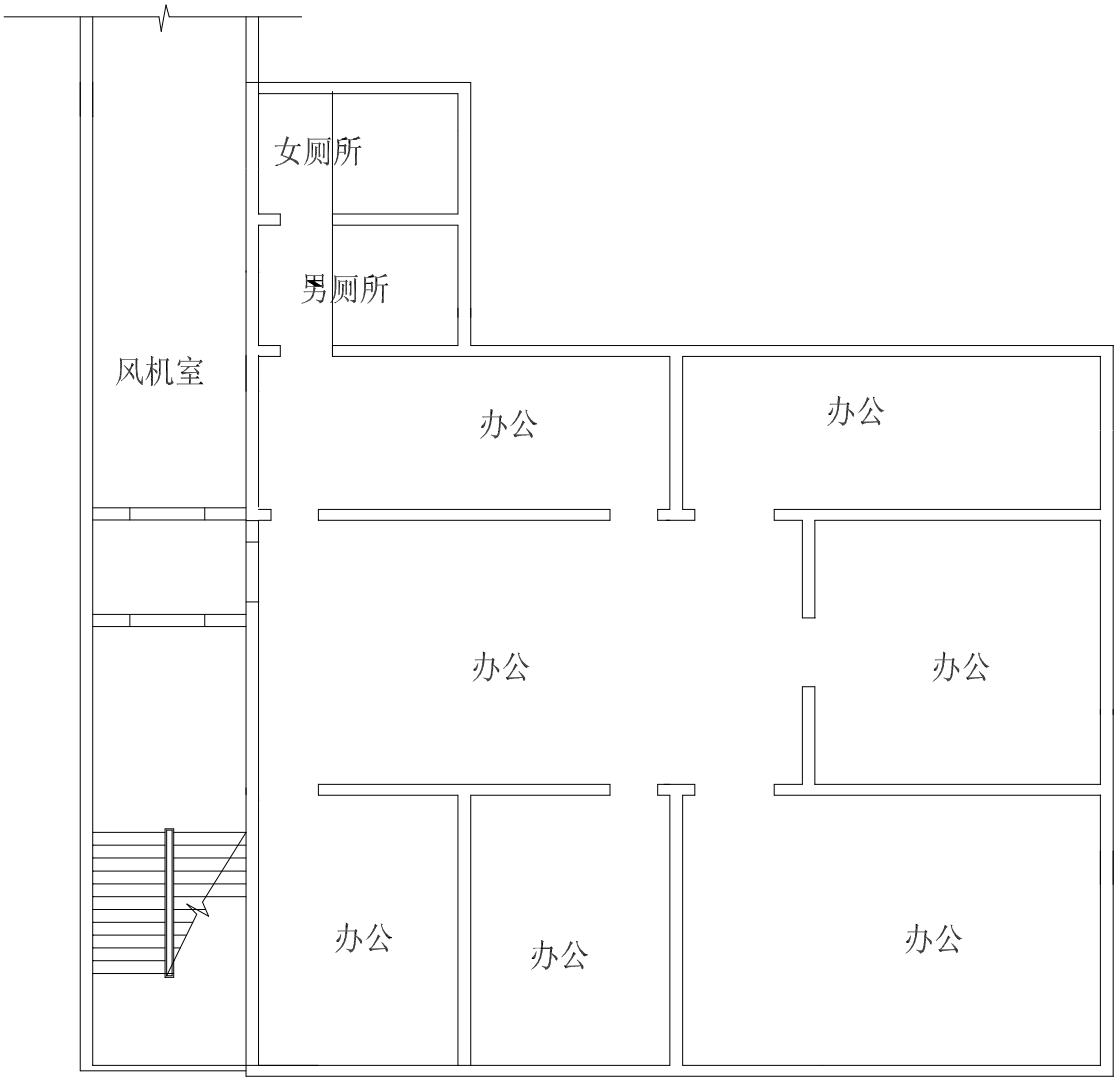


6.1.3 梁板式结构

地下医院、教室、指挥所等。

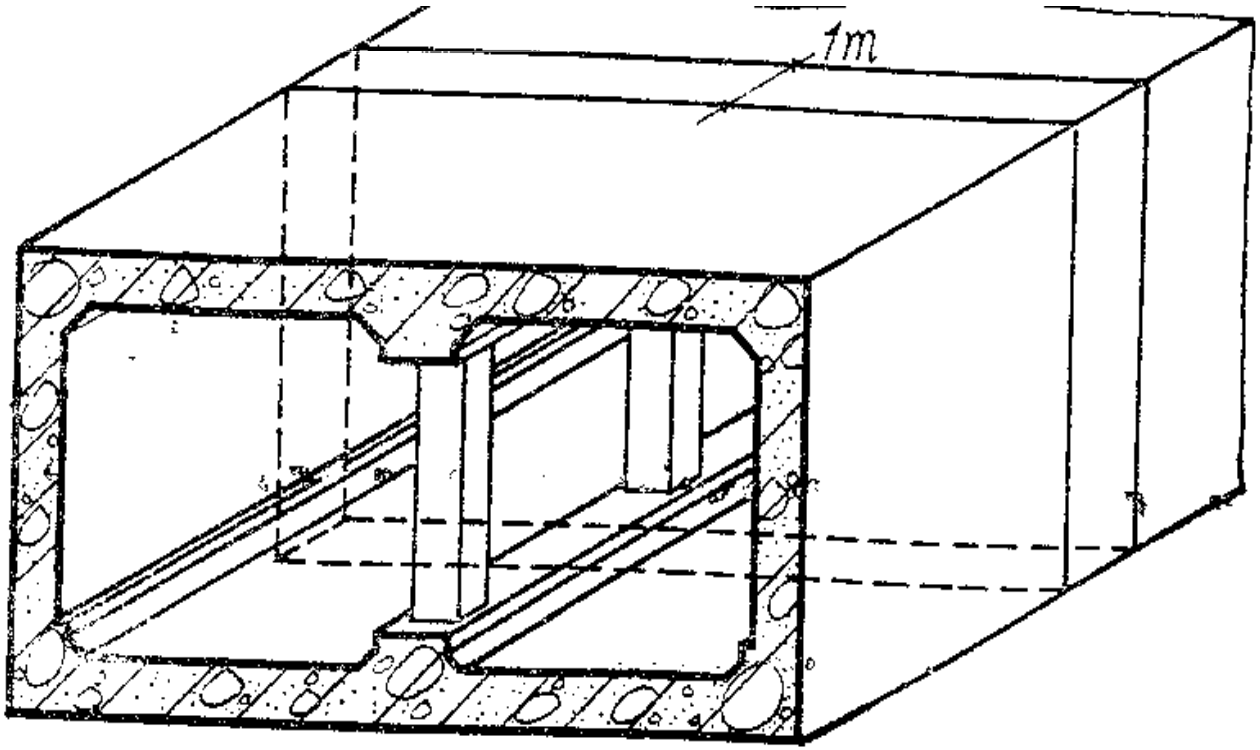
在地下水位较低的地区或要求防护等级较低的工程中，顶、底板做成现浇钢混，而围墙和隔墙则为砖墙；在地下水位较高的地区或要求防护等级较高的工程中，一般除内隔墙外，均做成箱形闭合框架钢混结构。

地下教室



6.2 矩形闭合框架的计算

结构计算通常包括三方面内容：荷载计算、内力计算和截面设计。必要时还应进行抗浮验算。以下图所示地铁通道为例：



6.2.1 荷载计算

静荷载：自重土压力和地下水头压力；

活荷载：施工活荷载、车辆设备等荷载；

特定荷载：常规武器甚至核武器作用下的冲击荷载。

见表6－1

顶板荷载：

(1). 上部覆土重力 $q_s = \sum_i \gamma_i h_i$

(2). 水压力： $q_w = \gamma_w h_w$

(3). 顶板自重： $q_g = \gamma d$

(4). 特载 $q^t_{顶}$

(5). 地面超载 q

顶板总荷载为三者与特载、地面超载之和：

$q'_{顶}$

$$q_{顶} = q_{土} + q_{水} + q + q^t_{顶} + q$$

$$q_{顶} = \sum_i \gamma_i h_i + \gamma_w h_w + \gamma d + q^t_{顶} + q$$

底板荷载：

直线分布，底板上的荷载为结构整体自重、顶板传下的荷载与特载之和，即：

$$q_{底} = q_{顶} + \frac{\sum P}{L} + q_{顶}^{t}$$

侧墙上的荷载：

侧墙上所受的荷载有侧向压力、水压力及特载。

a 土层侧压力：

$$e=(\sum_i \gamma_i h_i)\tan^2(45-\frac{\varphi}{2})$$

b 侧向水压力：

$$e_w=\zeta\gamma h$$

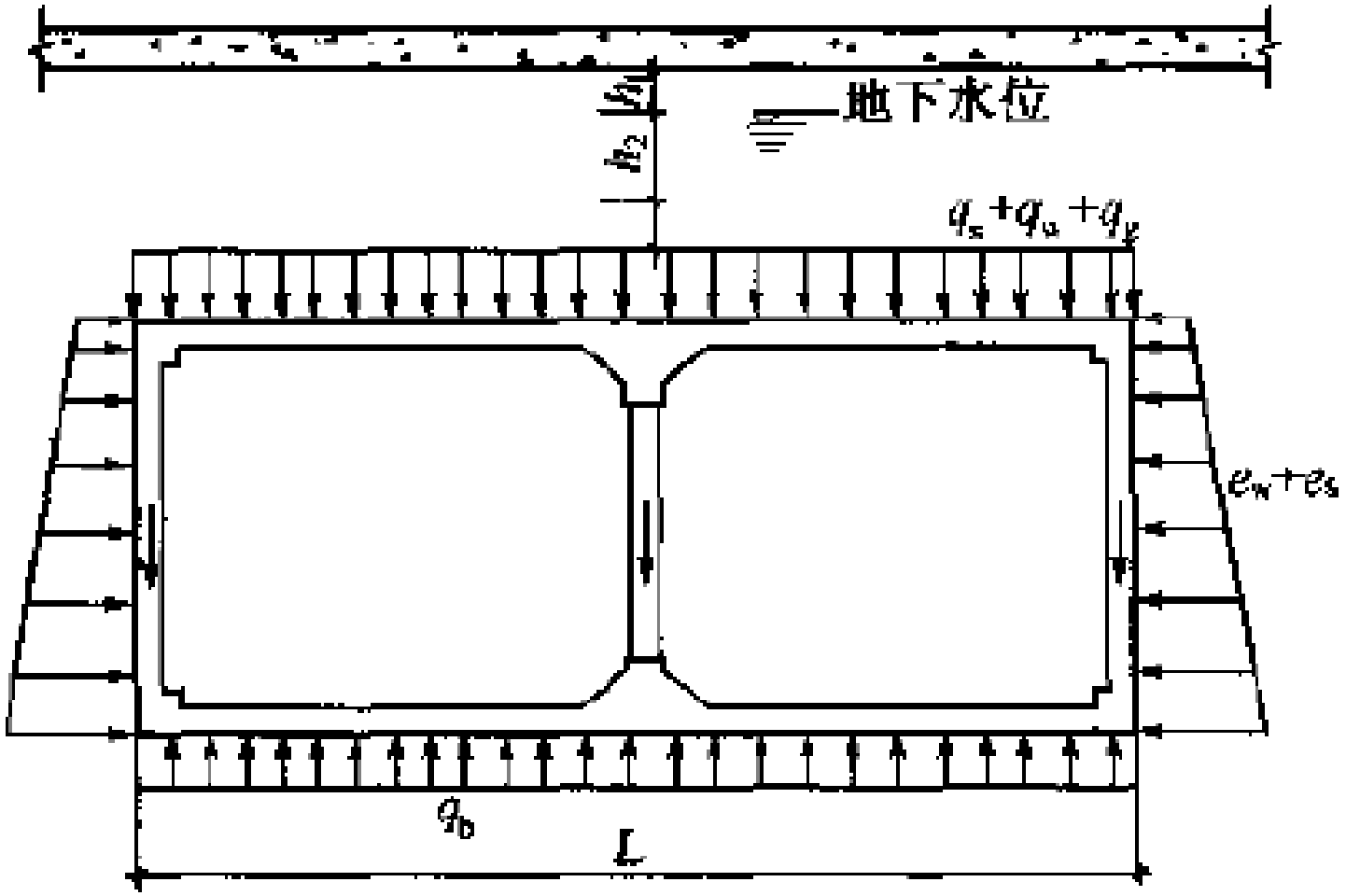
ζ ——折减系数，依土体透水性而定；

$$q_{侧}=e+e_w+q_{侧}^t$$

对于砂土 $\zeta=1$

对于粘土 $\zeta=0.7$

荷载计算简图



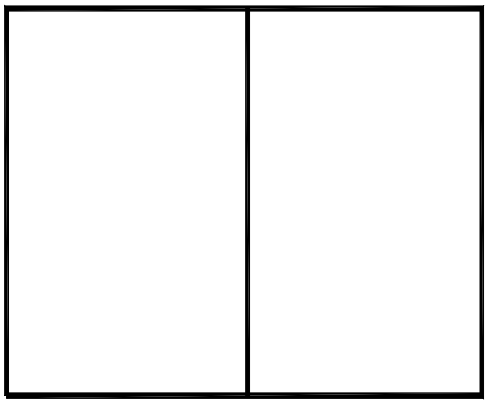
6.2.2 内力计算

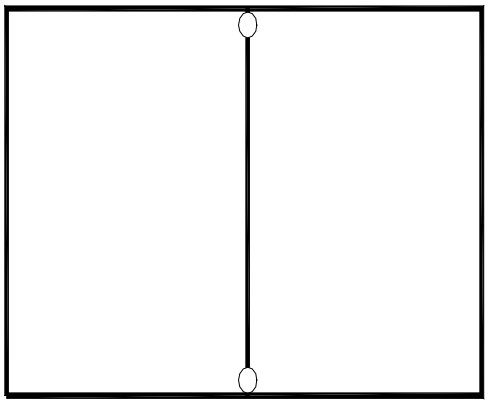
a 可将地基视作弹性半无限平面，作为弹性地基上的框架进行分析。

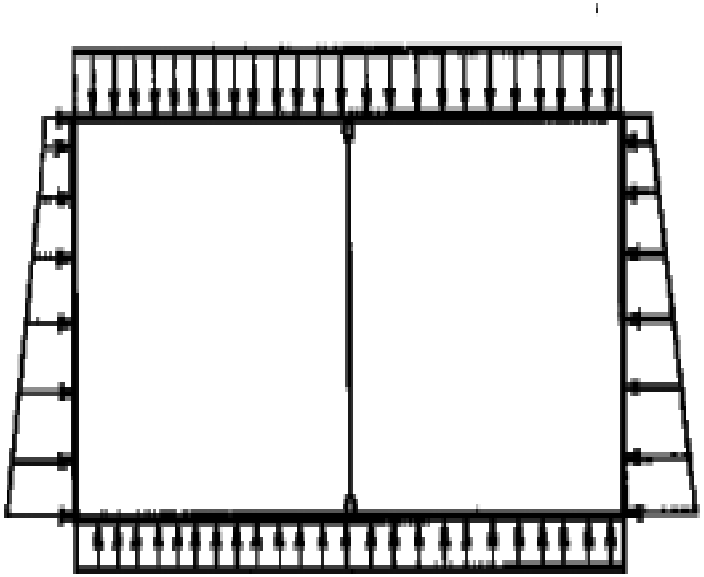
b 简化，将弹性地基上的反力作为荷载作用在闭合框架底部，按照一般平面框架计算 。

A 计算简图

框架的顶底板厚度都比内隔墙大得多，中隔墙的刚度相对较小，将中隔墙一般视为只承受轴力的二力杆.







B 截面选择

计算超静定结构内力时需要知道截面尺寸，这在设计前是不知道的。

所以只有根据经验假定各个截面的尺寸，进行内力计算，然后验算截面是否合适。若不合格，重复上述过程，直至所设截面合适为止

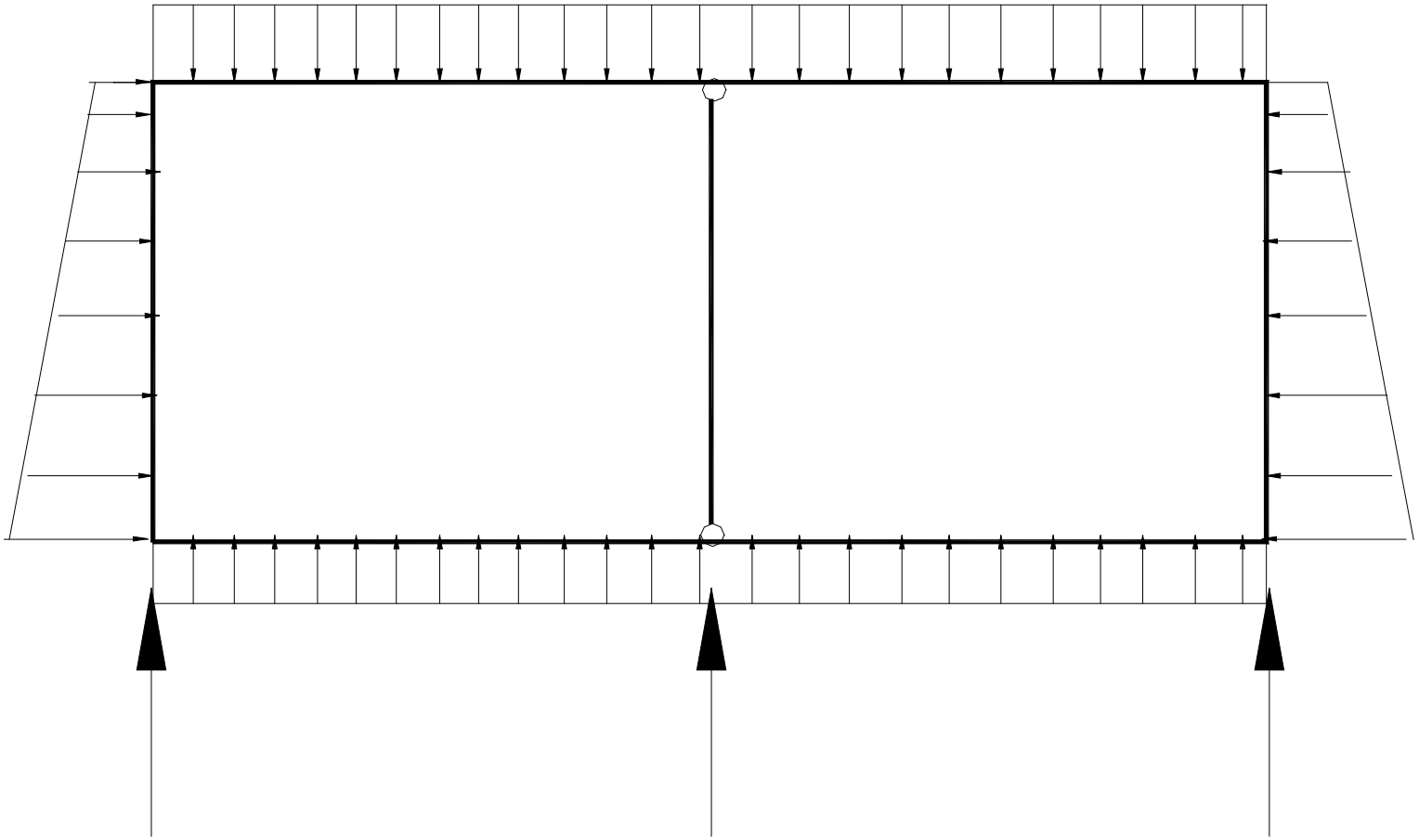
C 计算方法(结构力学方法,将底板按弹性地基梁)

采用位移法计算，当不考虑线位移的影响时，则以力矩分配法为简便。

(1).当竖向荷载不平衡时，可以在底板的结点上加设集中力.

(2). 线位移的确定，一般情况下，框架有几孔就有几个独立的线位移。

浅埋式结构上特载的值远大于其它荷载，而且，特载的值的计算是非常粗略的，因此并非非常精确。



D 设计弯矩,剪力及轴力计算

a. 设计弯矩

实际不利的截面是侧墙边缘处的截面,对应这个截面的弯矩称为设计弯矩.(如图6-15所示，P124)　　考

b. 设计剪力

剪力的不利截面位置与设计弯矩相同.

c. 设计轴力

设计轴力为由静载和特载引起的设计轴力之和.

6.2.3 抗浮验算

$$K = \frac{Q_g}{Q_f} \geq 1.10$$

K -----为抗浮安全系数

Q_g 为结构自重、设备重量及上部覆土重之和，但对箱体施工完毕后工况，仅考虑结构自重；

Q_f 为浮力。

6.3 截面设计

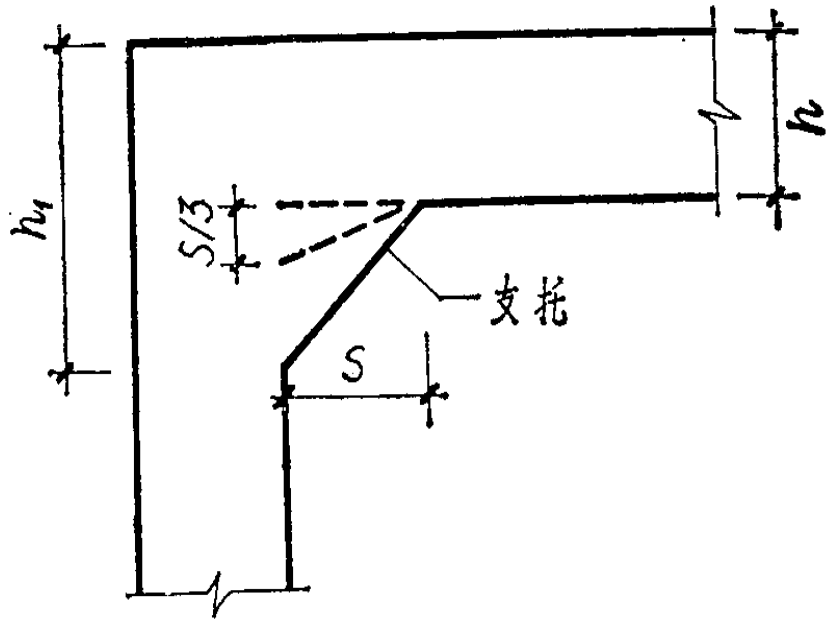
以现行＜钢筋混凝土结构设计规范 GB50010-2010 2015版＞为准。

特载与其它荷载组合;

按照弯矩和轴力对构件承载力进行验算时，需要考虑动力荷载作用下材料强度的提高;

按剪力和扭力对构件进行承载力验算时，则不考虑材料强度的提高。

地下矩形闭合框架结构中的顶板、侧墙和底板均按照偏心受压构件进行截面验算。



$$h+\frac{S}{3}\leq h_1$$

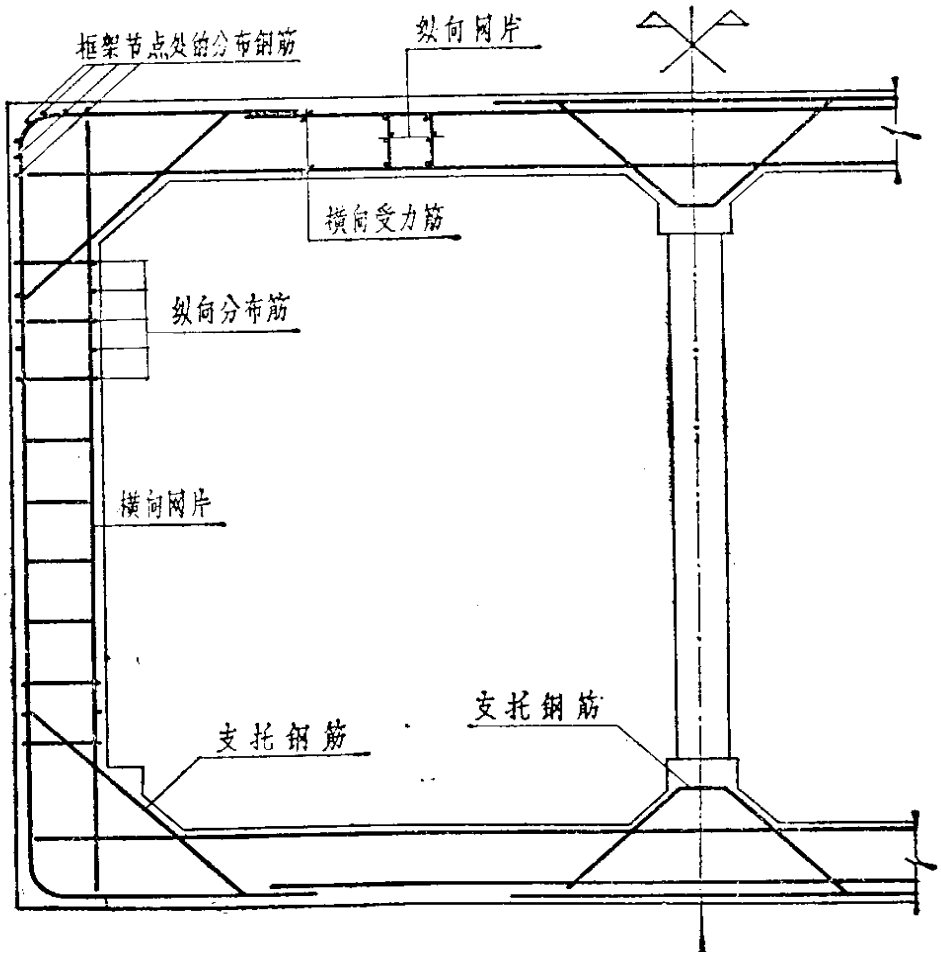
设有支托的框架结构

6.4.1 配筋形式

由横向受力钢筋和纵向分布钢筋组成.

在角部配支托钢筋;

荷载较大时,需配置钢箍和弯起筋



6.4.2 混凝土保护层

保护层最小厚度常比地面结构增加5-10mm(表6-2 P127)。通常可按照“混凝土结构设计规范”（GB50010-2010）规定采用，其环境类别应属b类.

越江工程混凝土保护层35mm

地铁工程中周边构件保护层50mm

6.4.3 横向受力钢筋

钢筋直径选取32mm以下，钢筋的间距一般不大于200mm，不小于70mm，以方便施工。(表6-3 P127)

	受力类型	最小配筋率（%）
受压构件	全部纵向钢筋	0.6
	一侧纵向钢筋	0.2
受弯构件、偏心受拉、轴心受拉构件一侧的受拉钢筋		0.2和45 ft/fy中的较大值

6.4.4 分布钢筋

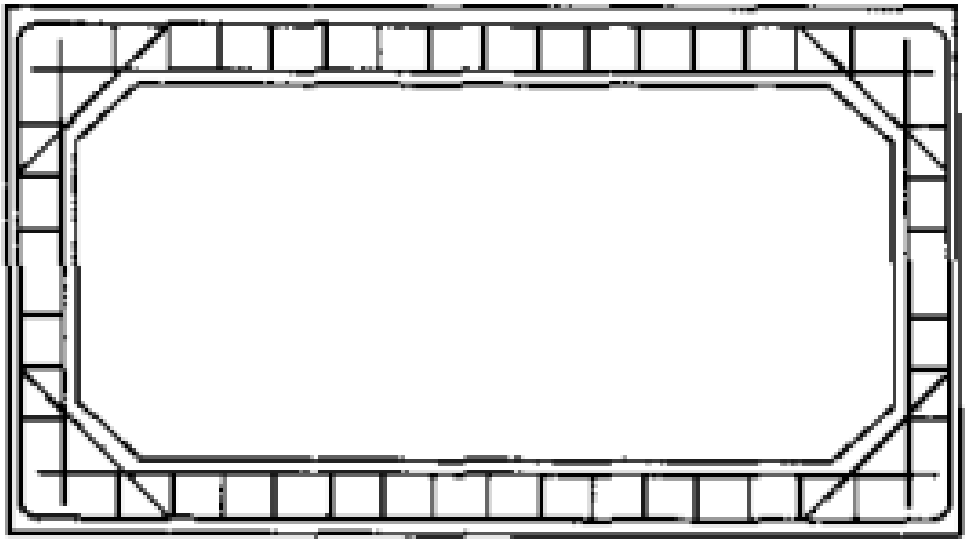


图 6-19　分布钢筋布置图

在纵向截面，一般配置分布钢筋，以减少混凝土的收缩、温差和不均匀沉降的影响。

纵向分布钢筋的截面面积，一般不应小于受力钢筋截面积的10%，同时，纵向分布钢筋的配筋率对顶底板不宜小于0.15%；侧墙不宜小于0.20%。

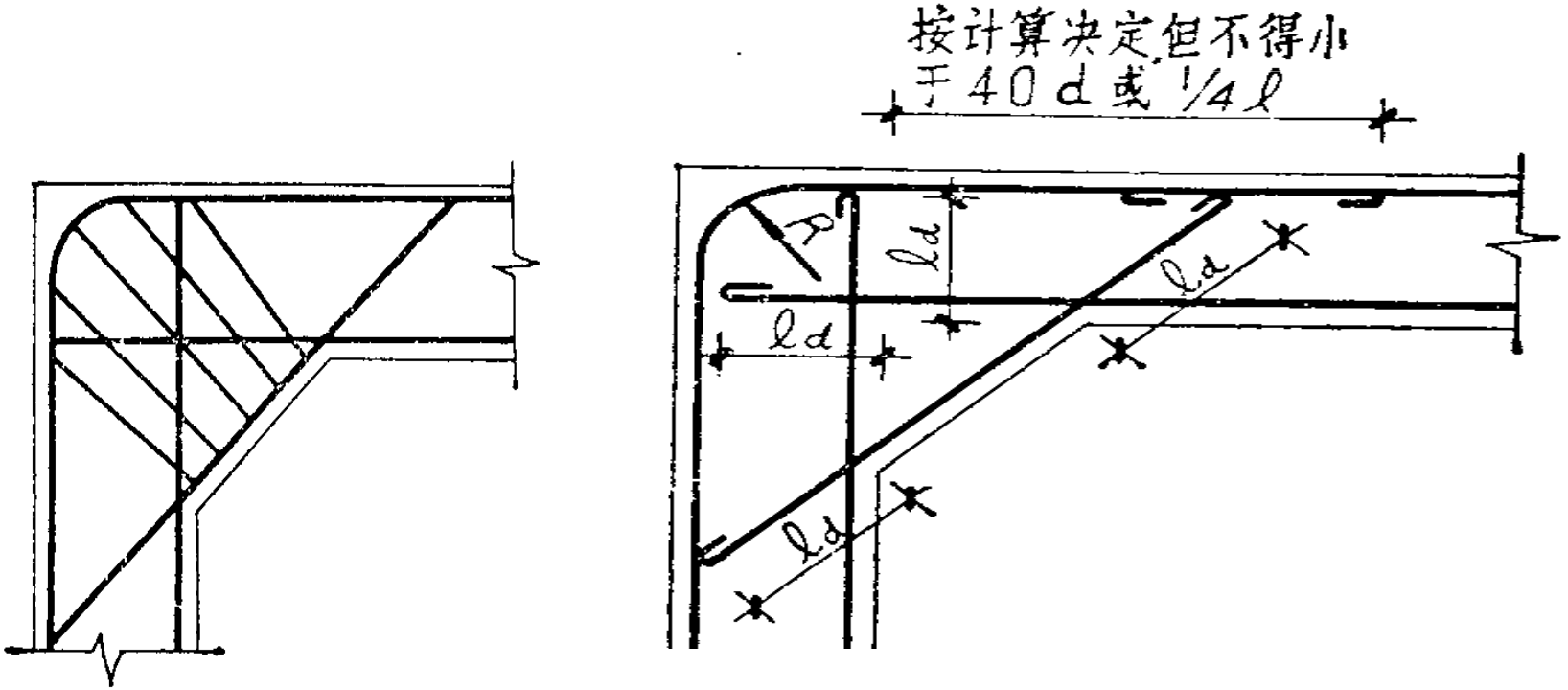
6.4.5 箍筋

表6.4 一般可不配置箍筋 P128

项次	板和墙厚（mm）	$V < 0.7 f_t b h_0$	$V \geq 0.7 f_t b h_0$
1		150	200
2		200	300
3		250	350
4		300	500

6.4.6 刚性节点构造

增加斜托，斜托的斜度控制在1：3左右比较合适。转角部分的钢筋布置如图.



6.4.7 变形缝的设置及构造

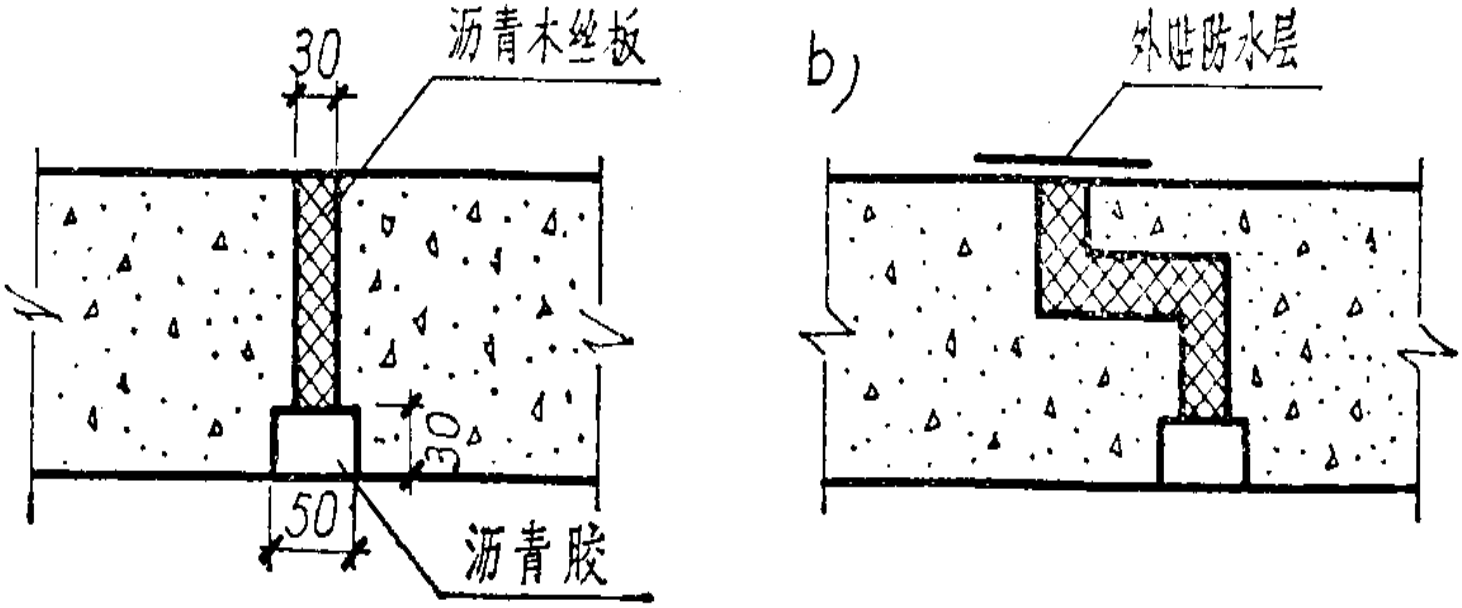
伸缩缝和沉降缝:

防止由于温度变化或混凝土收缩所引起结构破坏所设置的缝，称为伸缩缝.

防止由于不同的结构类型或不同地基承载力而引起结构不均匀沉陷所设置的缝,称为沉降缝.

变形缝的间距在20----30m左右,缝内填充富有弹性且防水的材料.

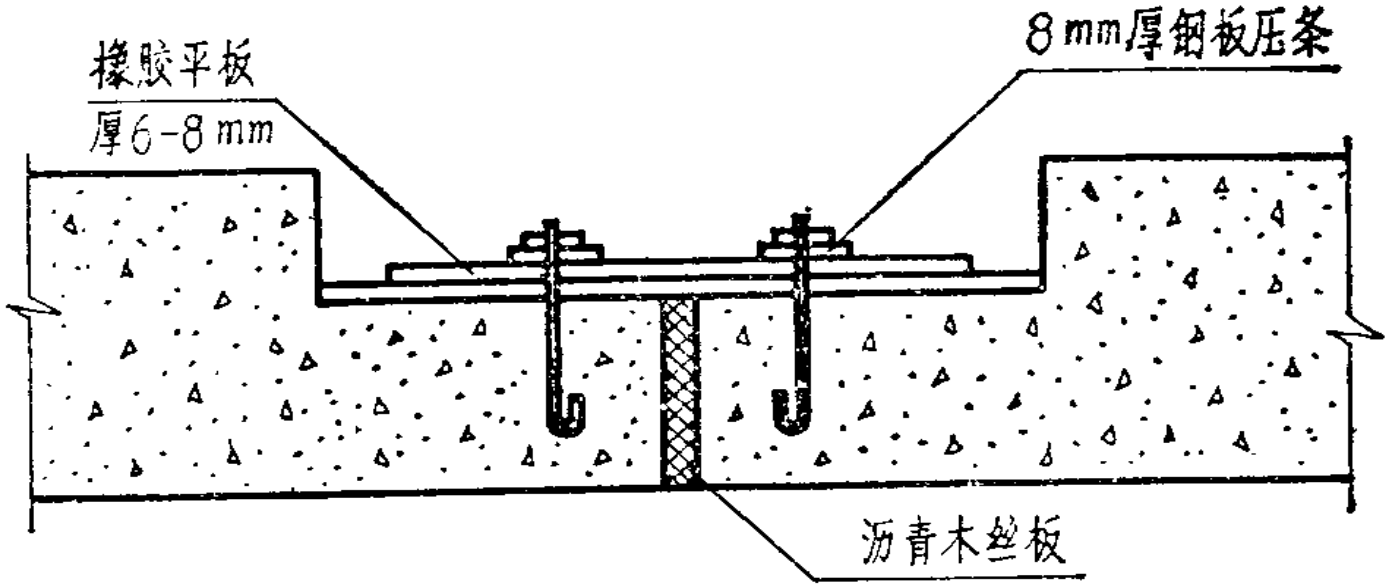
嵌缝式：结构内部槽中填以沥青胶或由环氧树脂和煤焦油合成的环煤涂料等，也可以在外部贴防水层。



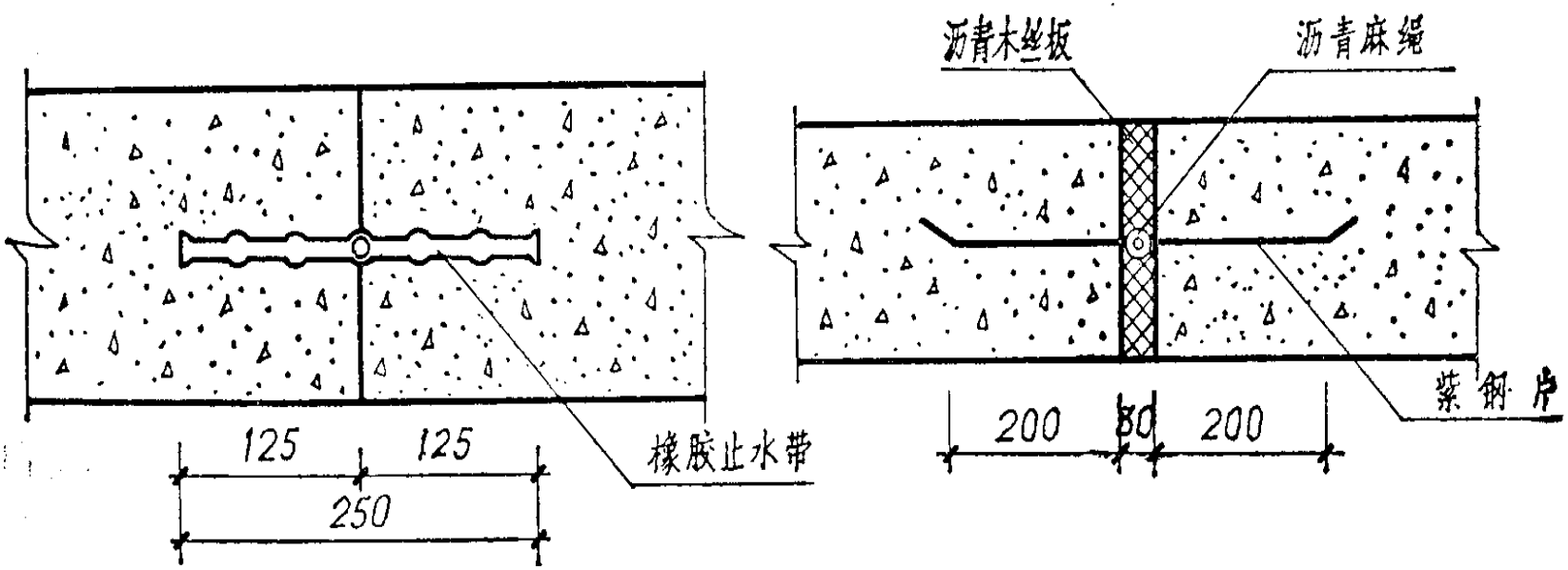
贴附式：将厚度为6～8mm的橡胶平板用钢板条及螺栓固定在结构上即可。

其优点是橡胶平板年久老化后可以拆换，

缺点是不易使橡胶平板和钢板密贴。



埋入式：大型工程中普遍采用埋入式变形缝，在浇捣混凝土时，把橡胶或塑料止水带埋入结构中，防水效果可靠，但橡胶老化问题需要改进。



如果防水要求很高，承受较大水压时，可以采用上述三种方法的组合，称为混合式，效果良好，但施工程序多，造价高。

地下通道没人走行人
依旧穿马路

P
E场
山东高考直通车

南校区坐落在千佛山脚下，背靠泉城广场以及趵突泉，经十路将南区分为南北两院,原来两院之间有**地下通道**，现在已经架起天桥。

The end

文件名格式：班级 学号 姓名 简略实验名称

邮件标题同文件名

Any questions please 发送至

xingzhengwu@163.com