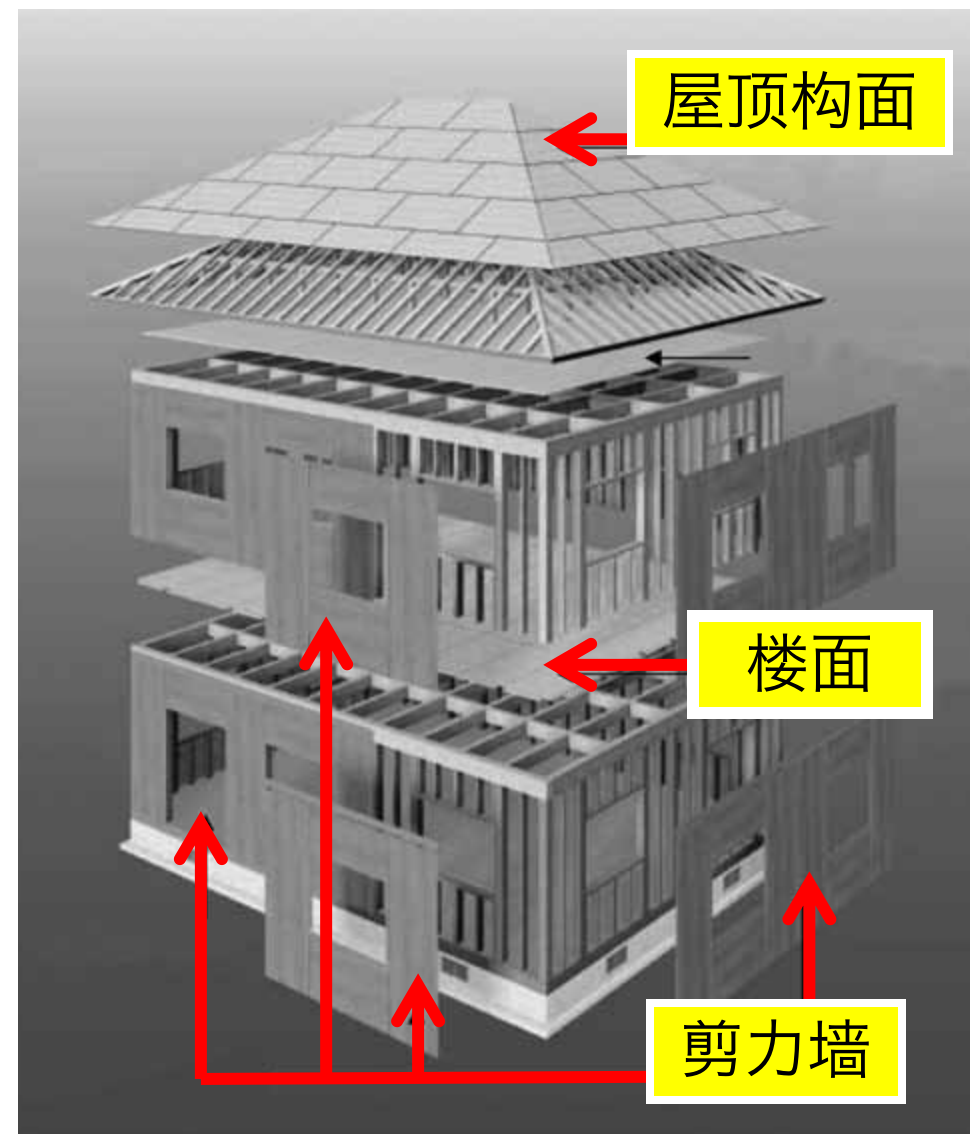


铅直构面 (剪力墙) 与 水平构面 (楼面、屋顶面)

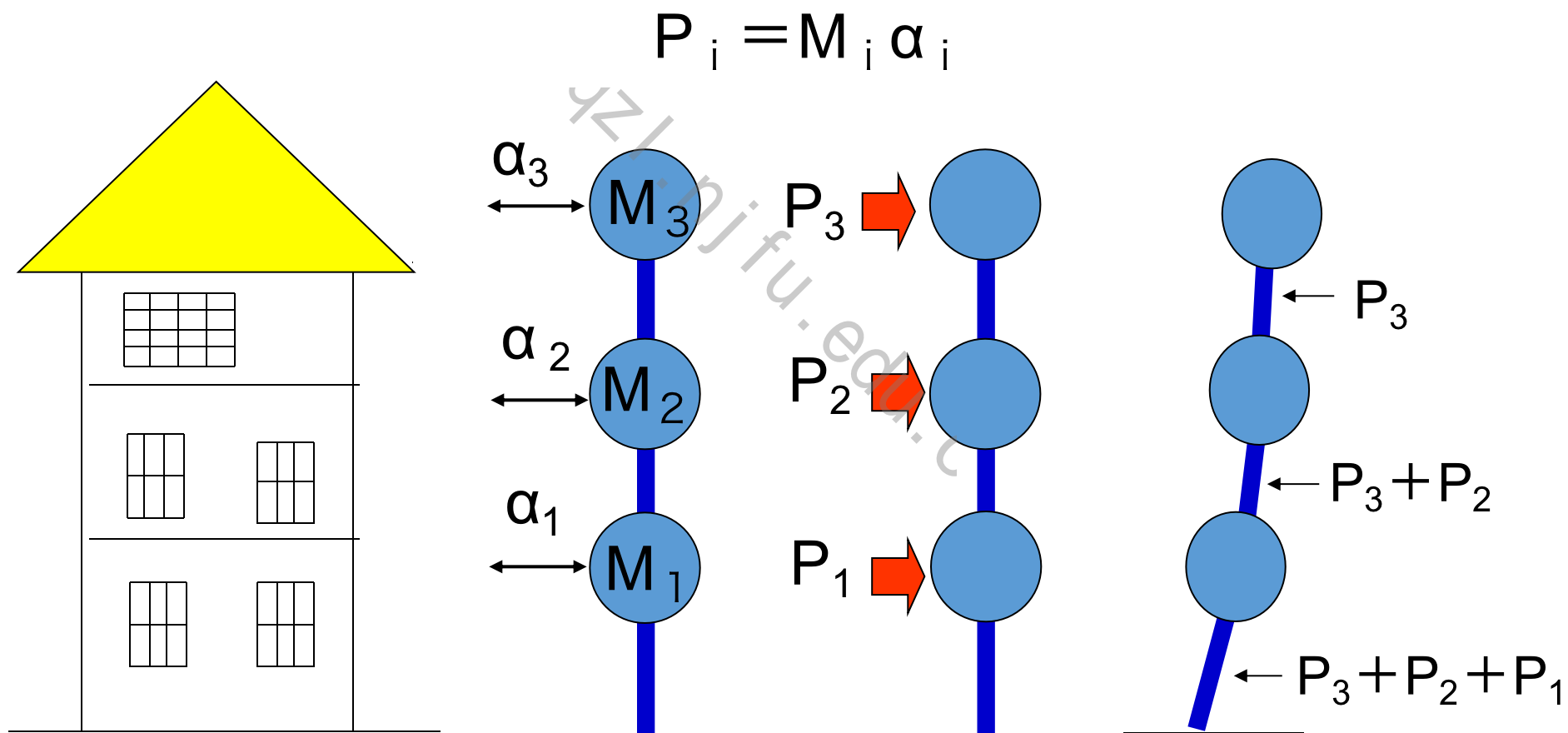
讲座内容

机制
性能评价
设计
连接

Seihoku Co., Ltd.
神谷文夫



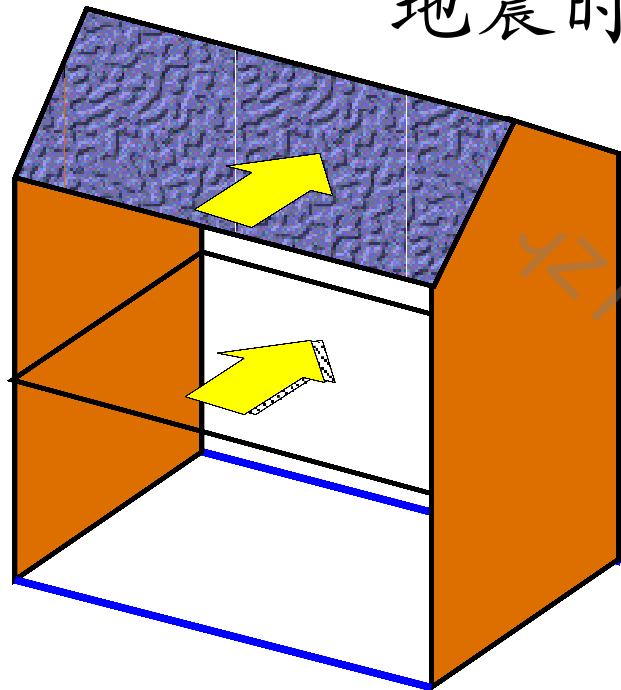
按抗震 Model



抗震·抗风机制

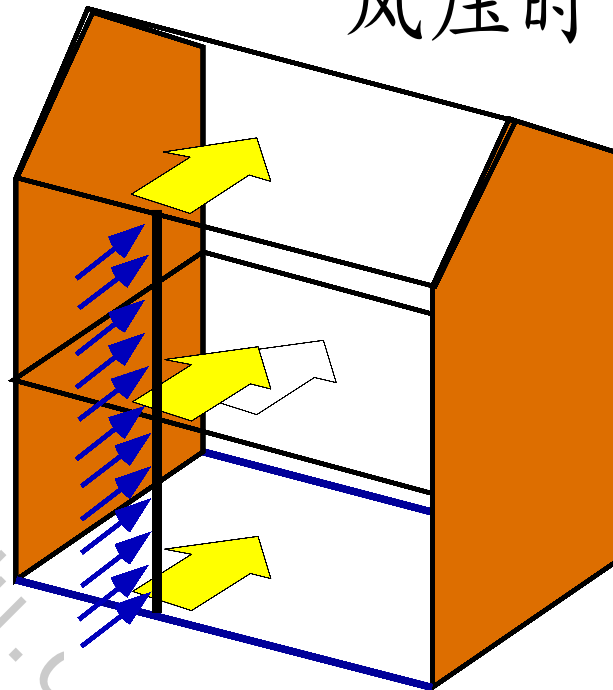
双轮：水平构面和剪力墙

地震时



- ① 地震力作用于屋盖、楼盖
- ② 传递于水平构面
- ③ 传递至剪力墙
- ④ 最后作用于基础

风压时



- ① 风压力作用于柱
- ② 传递于水平构面
- ③ 传递至剪力墙
- ④ 最后作用于基础

尽可能赋予水平构面和剪力墙以高强度

按抗震构造要求

$$Q = \sum P_a \times L$$

P_a : 铺设了面板的剪力墙的强度设计值 (kN/m)

L : 剪力墙的长度 (m)

表 9.1.7-1 按抗震构造要求设计时剪力墙的最小长度 (m)

抗震设防烈度		最大允许层数	木基结构板材剪力墙最大间距 (m)	剪力墙的最小长度		
				单层、二层或三层的顶层	二层的底层或三层的二层	三层的底层
6度	—	3	10.6	0.02A	0.03A	0.04A
7度	0.10g	3	10.6	0.05A	0.09A	0.14A
	0.15g	3	7.6	0.08A	0.15A	0.23A
8度	0.20g	2	7.6	0.10A	0.20A	—

1) 表中A 指建筑物的最大楼层面积 (m²)

2) 表中剪力墙的最小长度以墙体一侧采用9.5mm 厚木基结构板材作面板、150mm 钉距的剪力墙为基础(=3.5kN/m)

例

$$A=100\text{m}^2: 0.14 \times 100\text{m}^2 = 14\text{m} \quad 14\text{m} \times 3.5\text{kN/m} = 49\text{kN}$$

按抗风构造要求

表 9.1.7-2 按抗风构造要求设计时剪力墙的最小长度 (m)

基本风压 (kN/m ²)				最大允许层数	木基结构板材剪力墙最大间距 (m)	剪力墙的最小长度		
地面粗糙度						单层、二层或三层的顶层	二层的底层 三层的二层	三层的底层
A	B	C	D					
—	0.30	0.40	0.50	3	10.6	0.34L	0.68L	1.03L
—	0.35	0.50	0.60	3	10.6	0.40L	0.80L	1.20L
0.35	0.45	0.60	0.70	3	7.6	0.51L	1.03L	1.54L
0.40	0.55	0.75	0.80	2	7.6	0.62L	1.25L	—

- 1) 表L 指垂直于该剪力墙方向的建筑物长度 (m)
- 2) 表中剪力墙的最小长度以墙体一侧采用9.5mm 厚木基结构板材作面板、150mm 钉距的剪力墙为基础(=3.5kN/m)

例 $L=10\text{m}$: $1.03 \times 10\text{m} = 10.3\text{m}$ $10.3\text{m} \times 3.5\text{kN/m} = 36.05\text{kN}$

投影面积方向的建筑物长度 (m)



附录N 木基结构板的剪力墙抗剪强度设计值

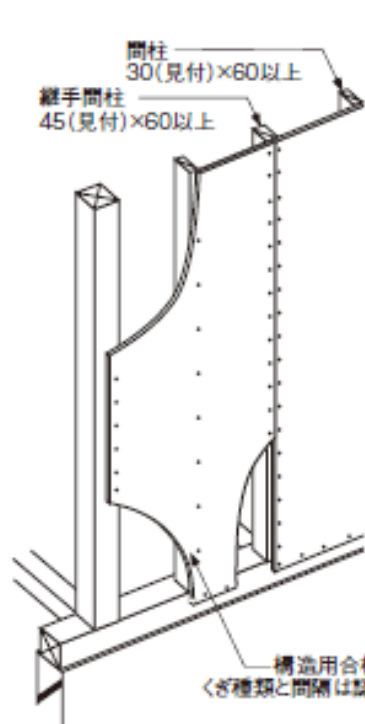
表 N. 0. 1 木框架剪力墙抗剪强度设计值 f_{vd} 和抗剪刚度 K_w

板厚度 (mm)	钉子尺寸		钉间距(mm)							
	长度 (mm)	直径 (mm)	150		100		75		50	
			抗剪强度 f_{vd} (kN/m)	抗剪刚度 K_w (kN/mm)	抗剪强度 f_{vd} (kN/m)	抗剪刚度 K_w (kN/mm)	抗剪强度 f_{vd} (kN/m)	抗剪刚度 K_w (kN/mm)	抗剪强度 f_{vd} (kN/m)	抗剪刚度 K_w (kN/mm)
9	50	2.84	5.0	0.91	7.1	1.18	—	—	—	—
12	50	2.84	4.9	0.78	7.1	1.07	8.7	1.31	11.2	1.68
	65	3.25	5.8	0.88	7.9	1.19	9.6	1.44	12.2	1.83
24	75	3.66	9.8	1.57	14.2	2.13	17.4	2.61	22.4	3.36

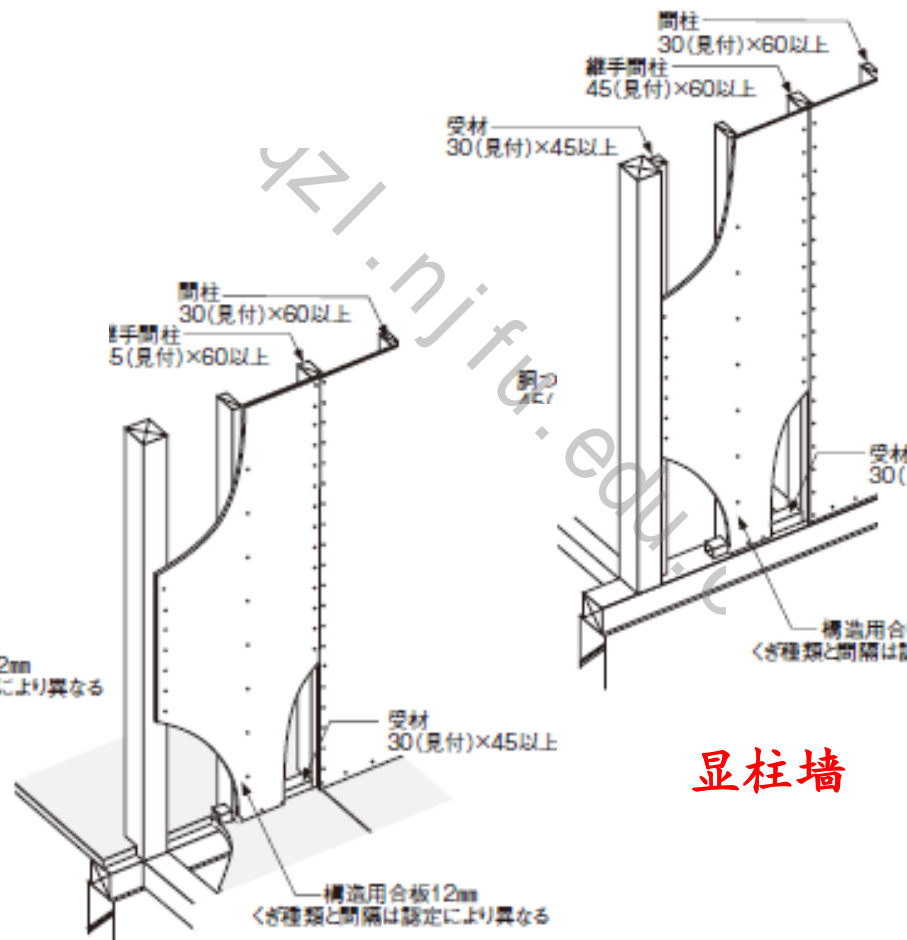
例 $49\text{kN}/7.1\text{kN/m}=6.9\text{m}$ (最小长度)

例 $49\text{kN} < 52.9\text{kN} = 4.9\text{kN/m} \times 5\text{m} + 7.1\text{kN/m} \times 4\text{m}$

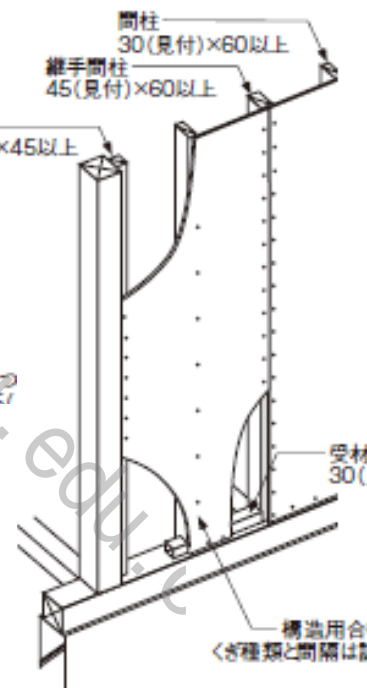
剪力墙的形式 4种



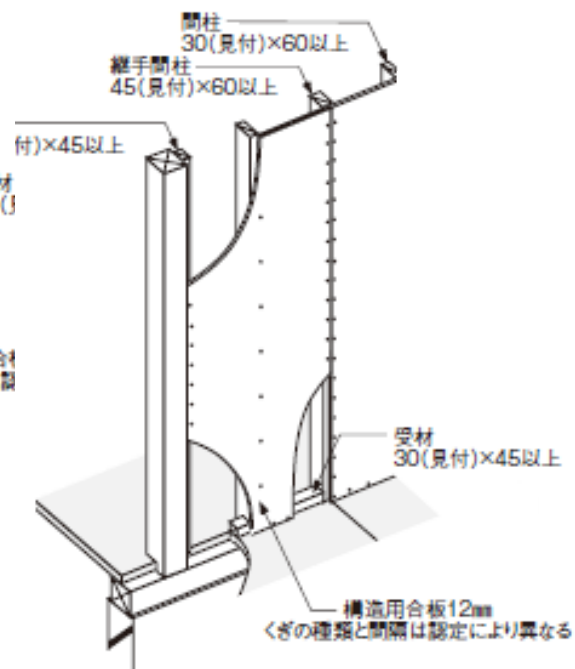
隐柱墙



先铺地板的隐柱墙

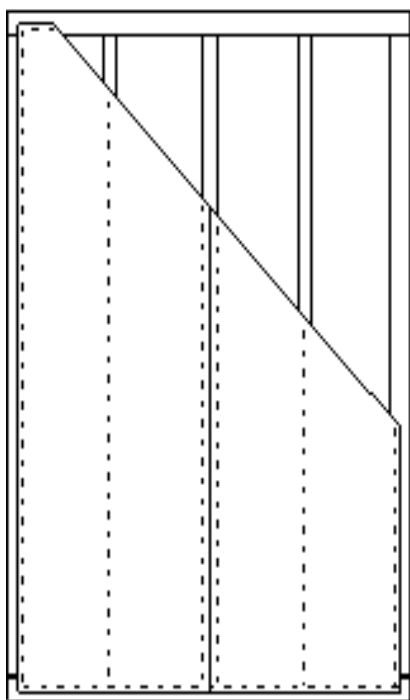


显柱墙

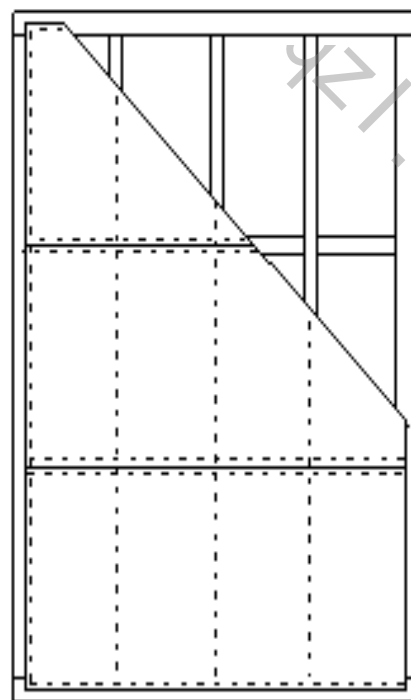


先铺地板的显柱墙

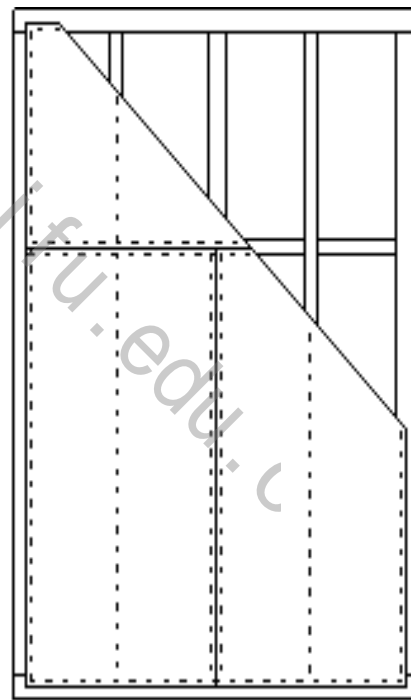
面板的拼排方式：3种 强度性能相同



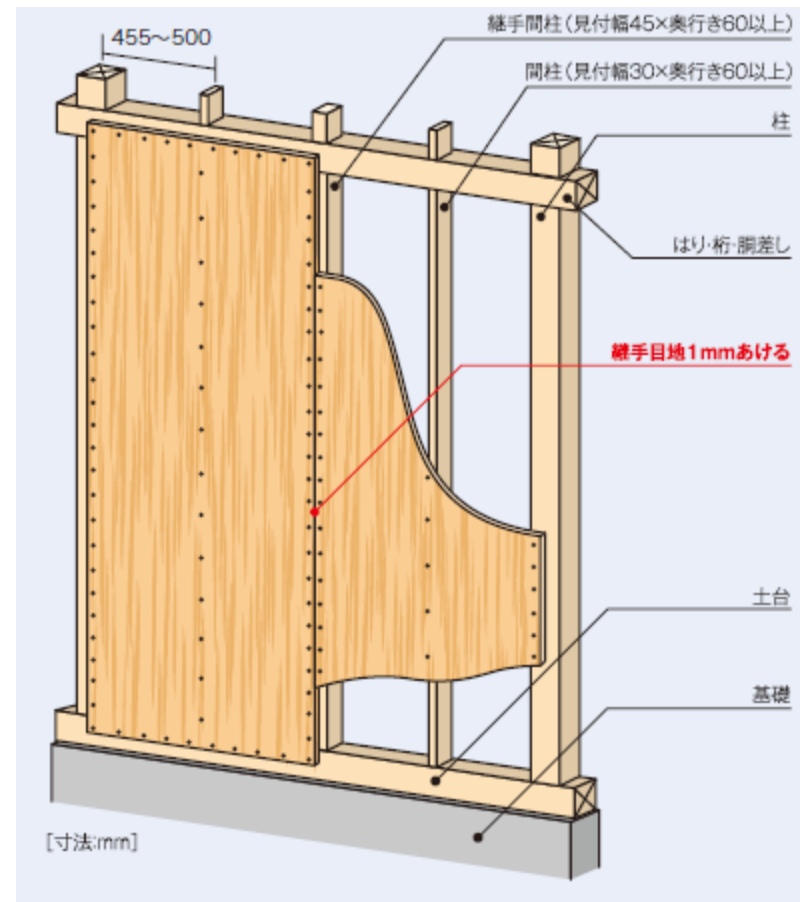
面板的纵向拼排



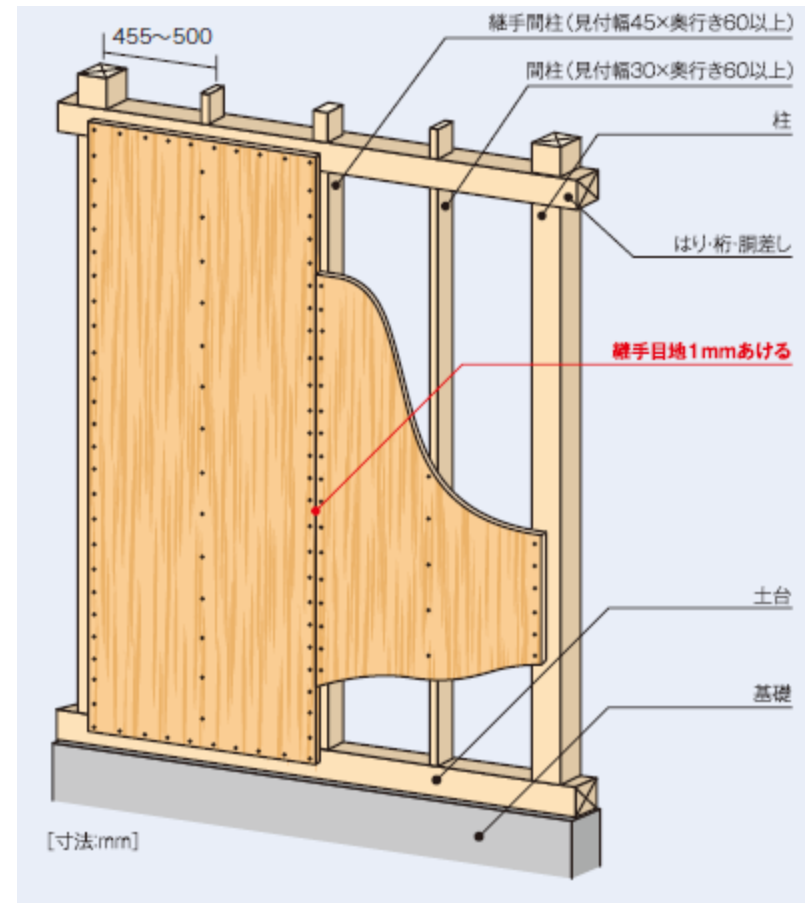
面板的横向拼排



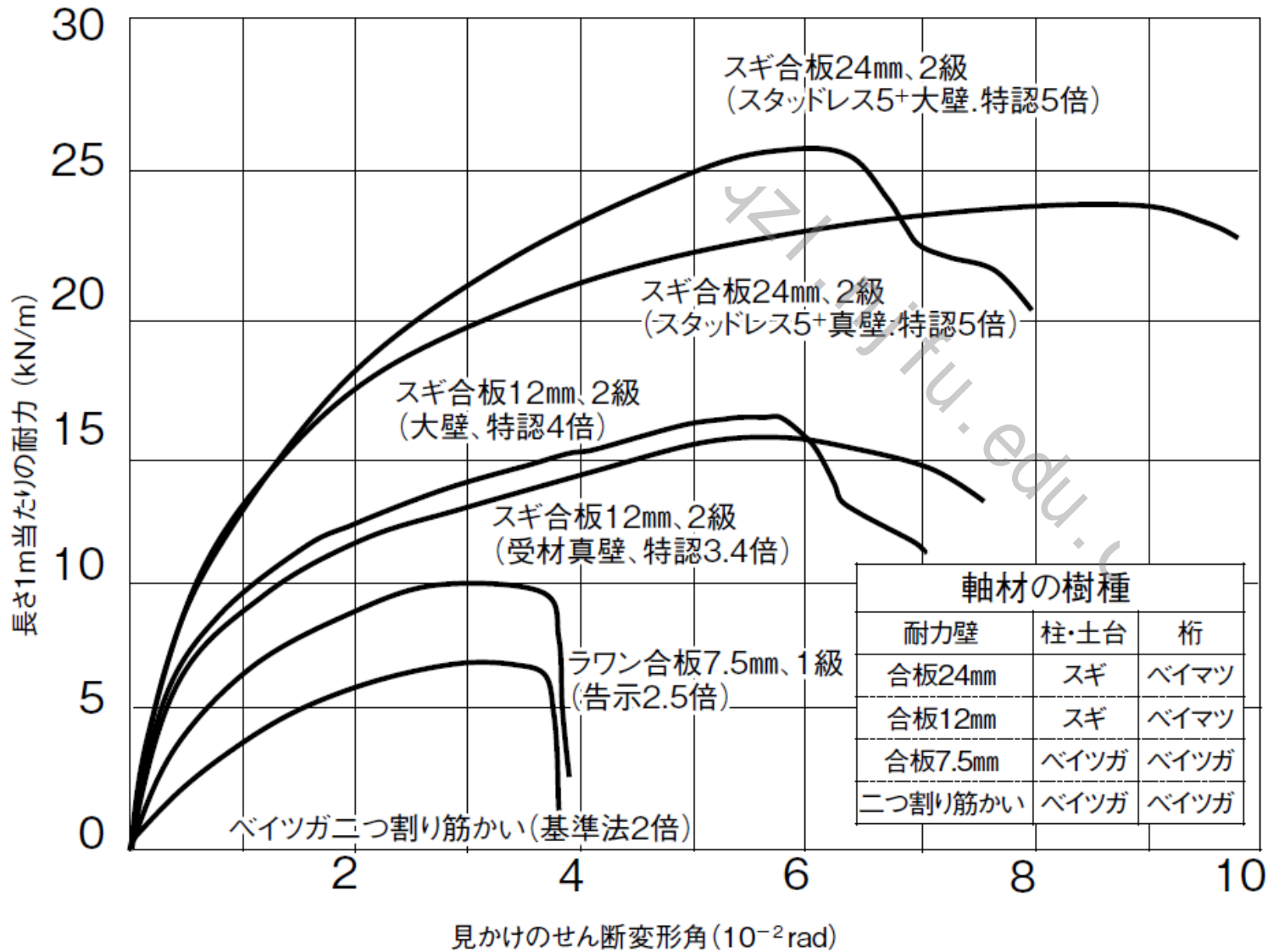
面板的纵横拼排



铅直构面的设计



剪力墙荷载—位移关系例



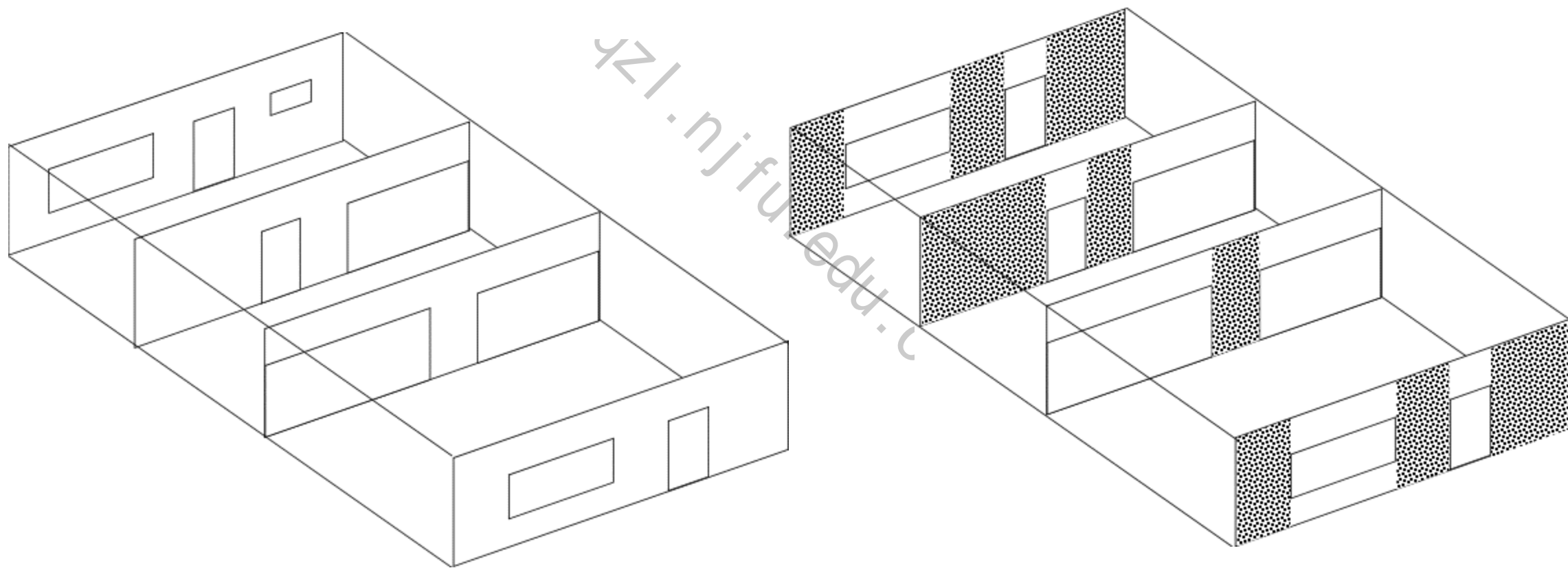
胶合板越厚
釘越长

位移性能越高



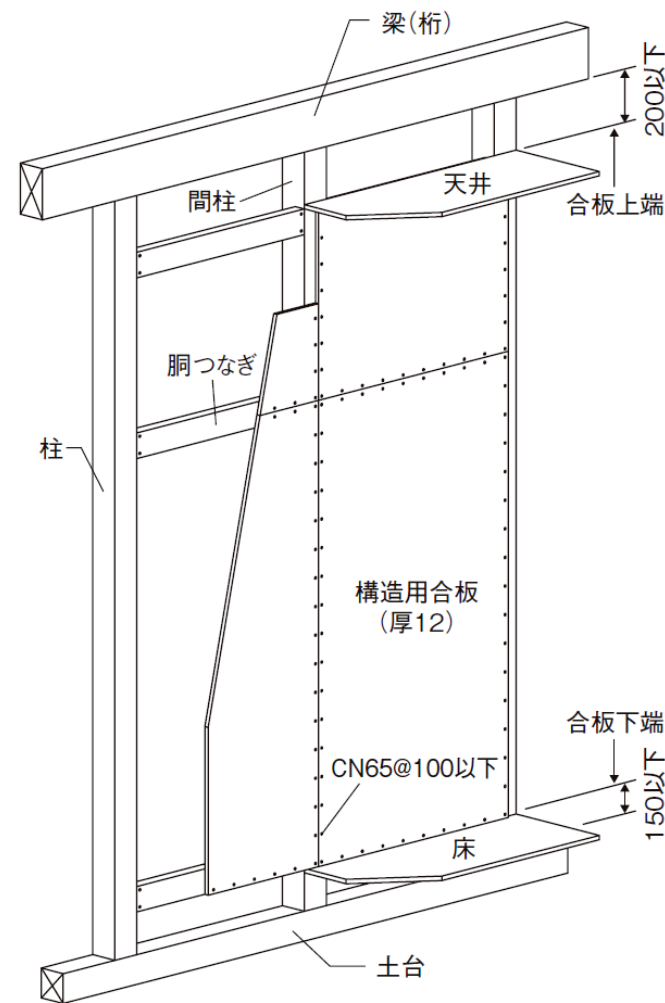
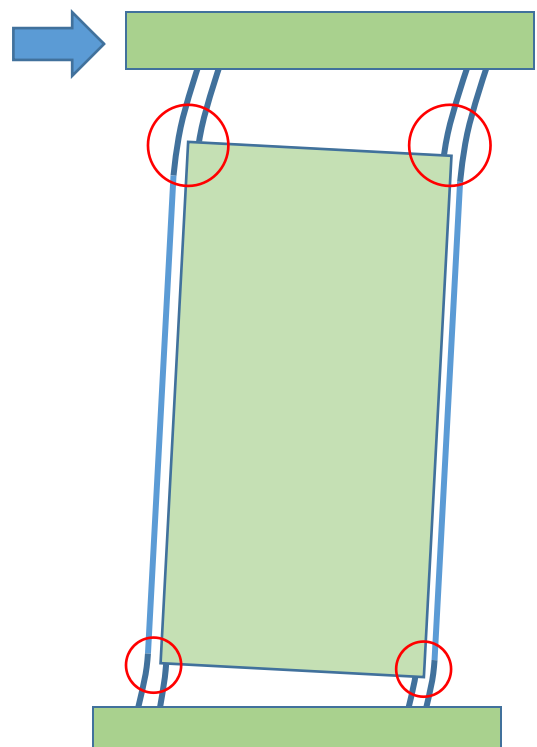
可以仅将楼层高度方向的前面铺设面材部分视为剪力墙

护墙、吊墙不可作为剪力墙



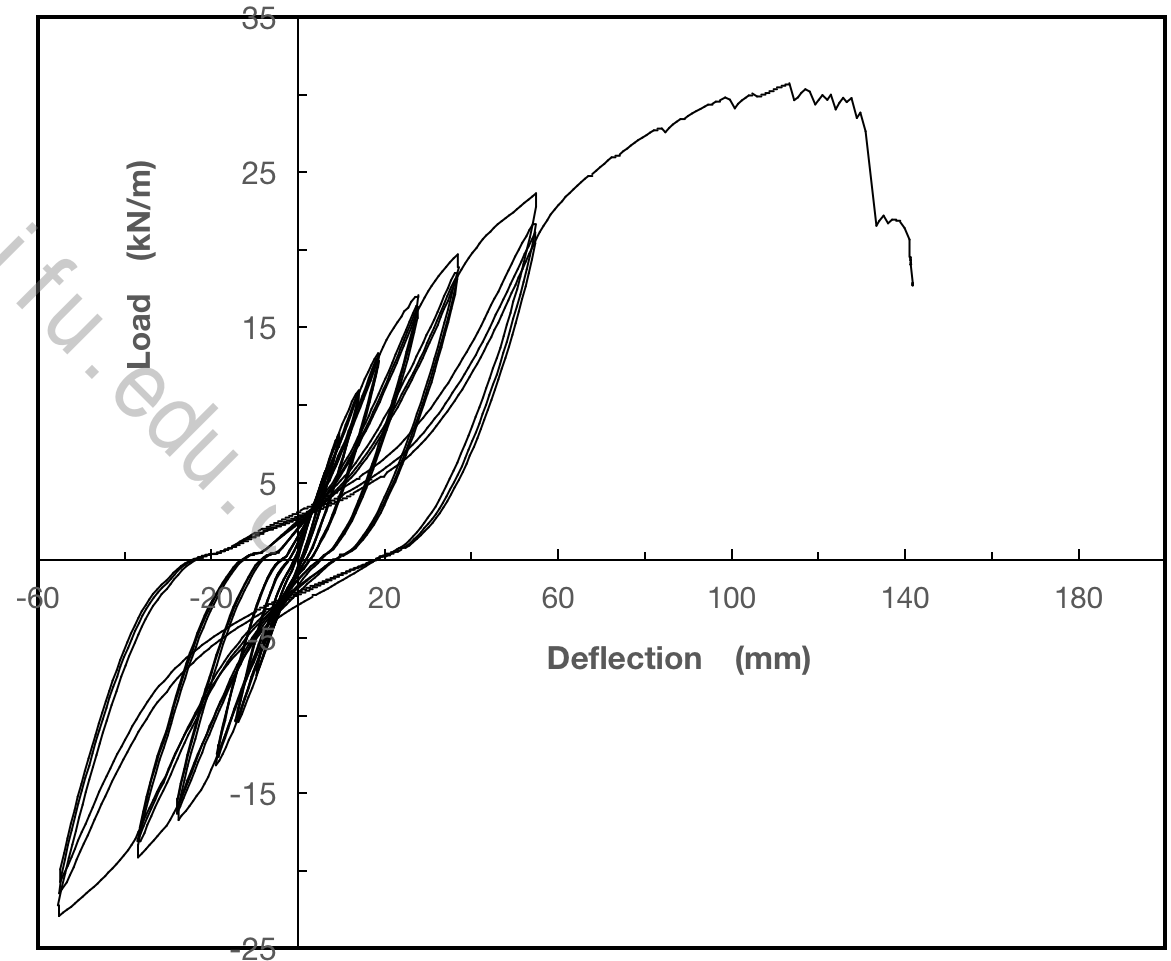
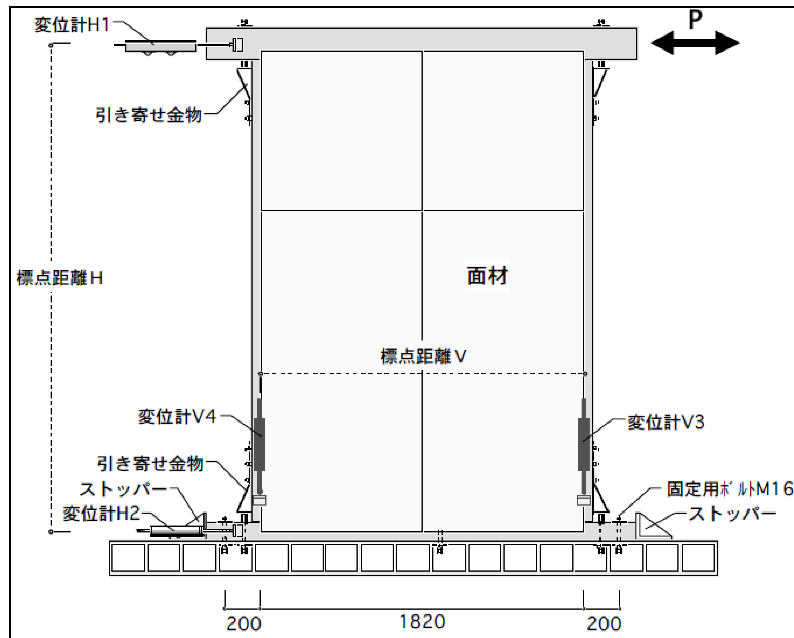
上下有间隙的墙不可作为剪力墙

在日本，存量建筑的抗震加固墙可视为剪力墙



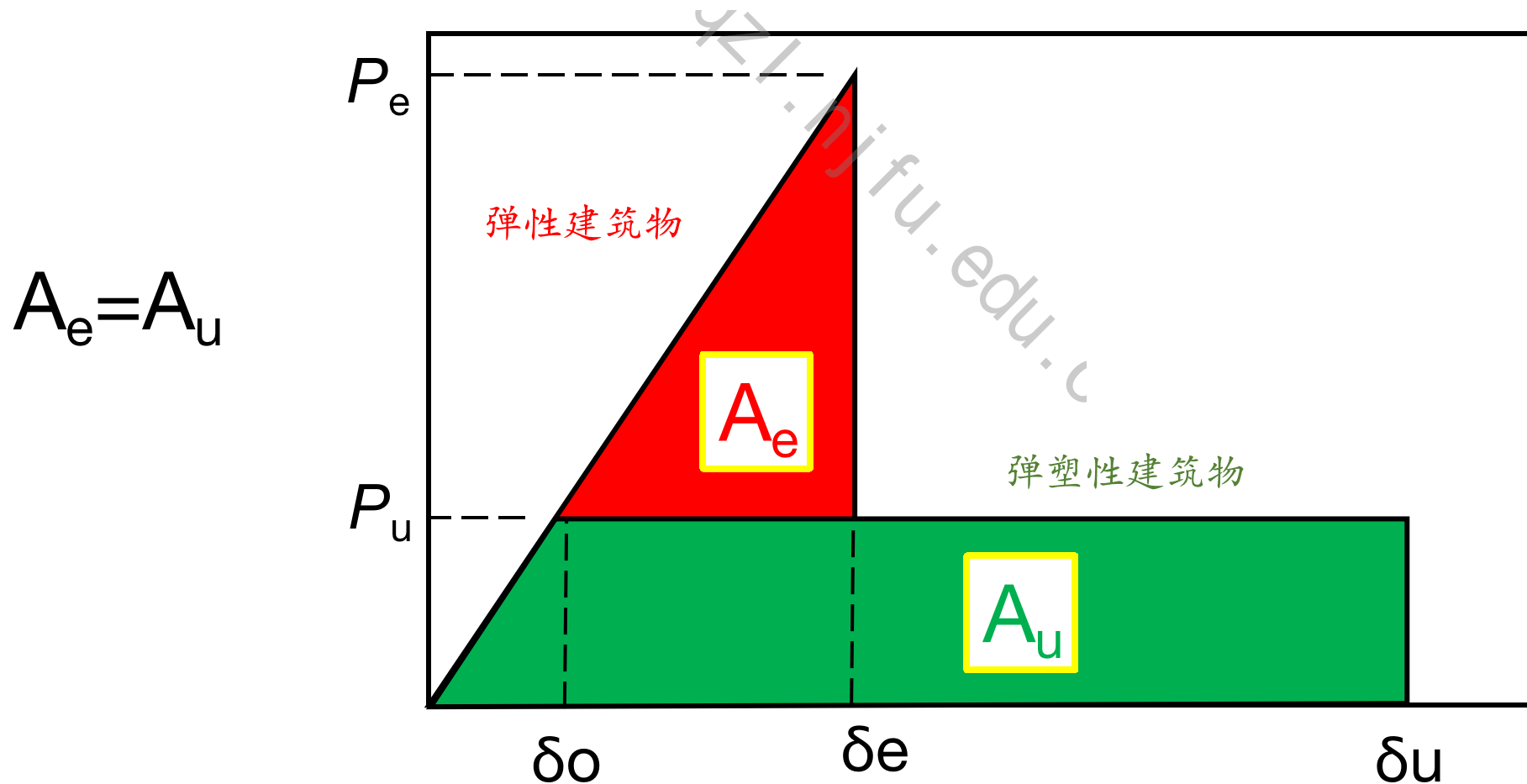
胶合板上下端附近（特别是上端）对柱产生较大的弯曲应力

剪力墙抗剪强度 试验方法和评价方法

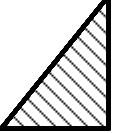
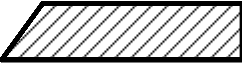


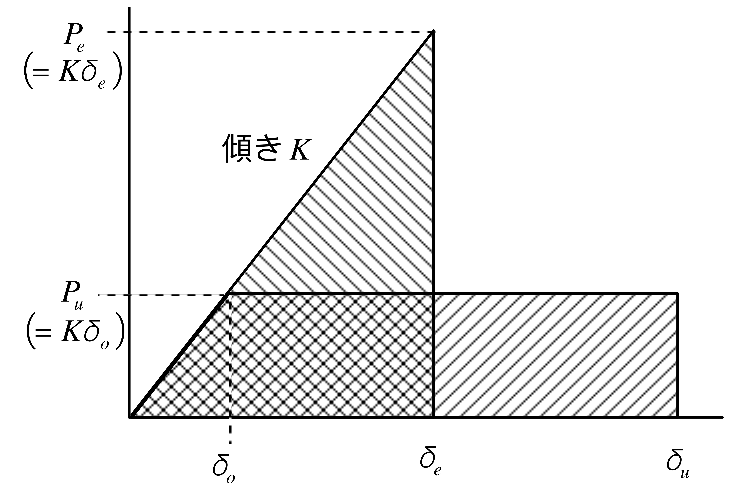
剪力墙容许耐力评价方法的基础

New Mark: 弹性建筑物的地震入力设为 P_e 时,
弹塑性建筑物的地震入力则为 P_u 。



$$A_e = A_u$$

仮定:  の面積と  の面積とが等しい



$$A_e \quad \text{の面積} = \frac{1}{2} P_e \delta_e = \frac{1}{2} K \delta_e^2 \dots\dots\dots (1)$$

$$A_u \quad \text{の面積} = \frac{1}{2} P_u \delta_o + P_u (\delta_u - \delta_o) = \frac{1}{2} K \delta_o \{ \delta_o + 2(\delta_u - \delta_o) \} = \frac{1}{2} K \delta_o (2\delta_u - \delta_o) \dots\dots (2)$$

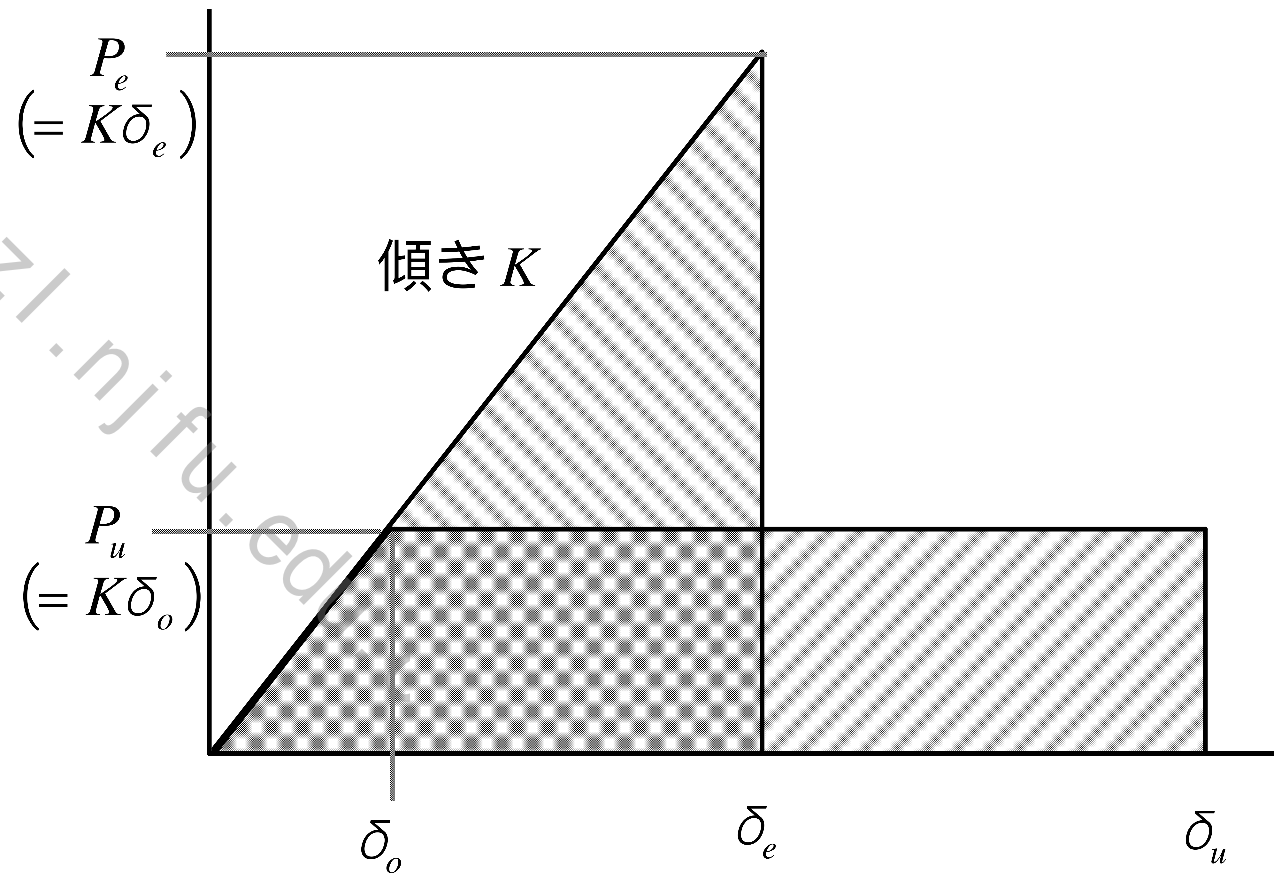
(1) = (2) から $\delta_e^2 = \delta_o (2\delta_u - \delta_o)$

$$D_s = \frac{P_u}{P_e} = \frac{K \delta_o}{K \delta_e} = \frac{\delta_o}{\delta_e} = \frac{\delta_o}{\sqrt{\delta_o (2\delta_u - \delta_o)}} = \frac{1}{\sqrt{2 \frac{\delta_u}{\delta_o} - 1}} = \frac{1}{\sqrt{2\mu - 1}}$$

D_s : 构造特性系数

$$D_s = \frac{P_u}{P_e} \sqrt{\frac{1}{2 \frac{\delta_u}{\delta_o}} - 1}$$

木框架剪力墙构法
设 $D_s = 0.3$ 为标准



容许抗剪力 P_a 的确定

$$P_o = \text{Min} \left(\begin{array}{l} P_y \quad \text{表观比例极限耐力: 修理可能} \\ P(1/120) \quad \text{1/120rad时耐力: 位移控制在1/120rad以下} \\ 2/3 \cdot P_{\max} \quad \text{对最大耐力 确保安全率1.5} \\ 0.3/D_s \cdot P_u \quad \text{大地震时不发生倒坏的耐力} \end{array} \right)$$

$$P_a = P_o \times \text{Min} (\alpha 1, \alpha 2) \times \alpha 3 \times \alpha 4$$

$\alpha 1 =$ 耐水性: 通过干湿反复实验求出

$\alpha 2 =$ 施工中的雨淋: 通过水中浸渍实验求出

$\alpha 3 =$ 施工失误: 铺设胶合板时打钉失误导致 0.95

$\alpha 4 =$ 有异于其它剪力墙的力学特性: 铺设胶合板 1.0

$$\doteq P_o \times (0.85 \sim 0.9) \quad (\text{铺设胶合板时})$$

剪力墙的机制

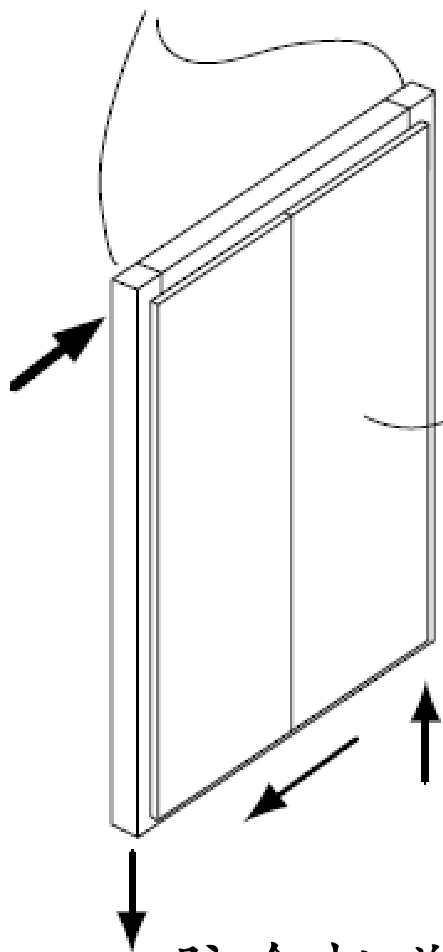
与工字钢梁相同

柱相当于翼板

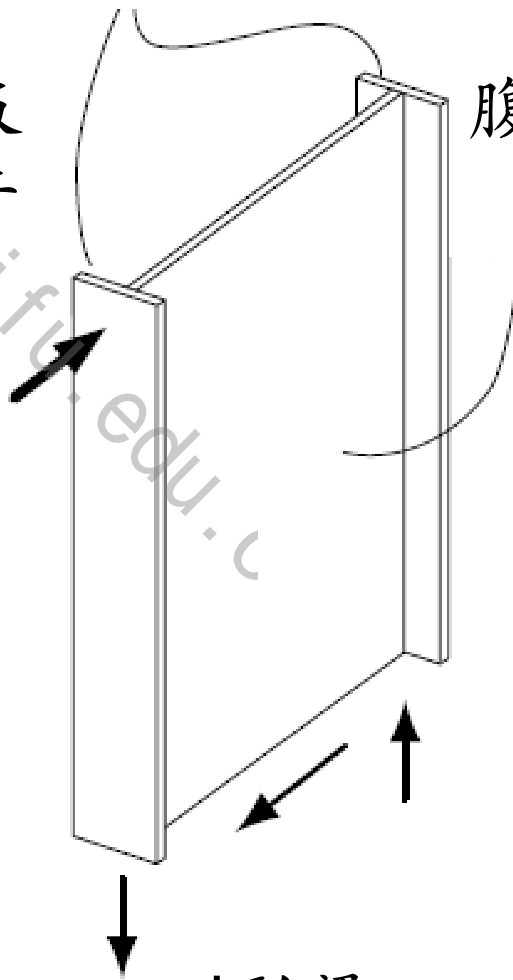
翼板（弯曲应力）

胶合板
相当于
腹板

腹板
（剪切力）



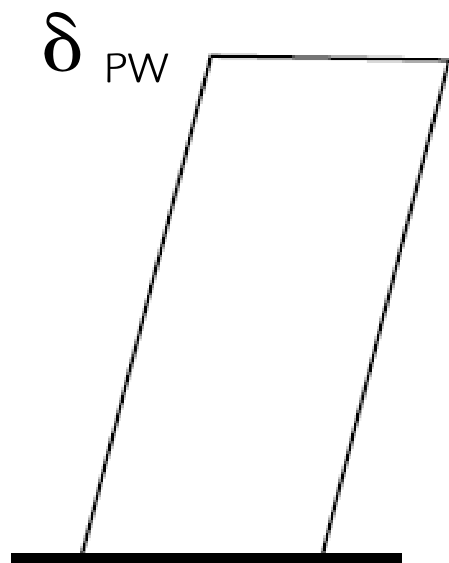
胶合板剪力墙



I形梁

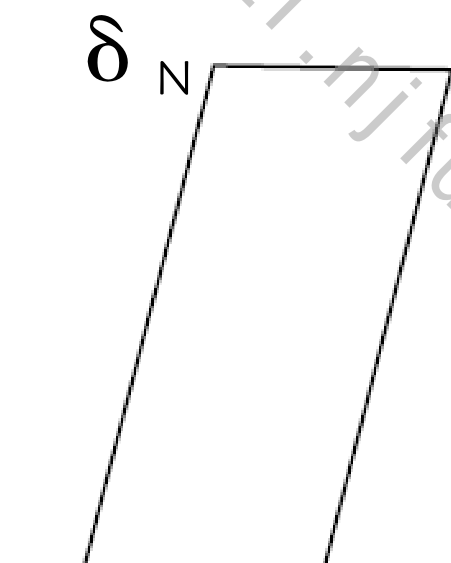
剪力墙的位移（变形）机制

顶部的位移： $\delta = \delta_{PW} + \delta_N + \delta_B + \delta_J$



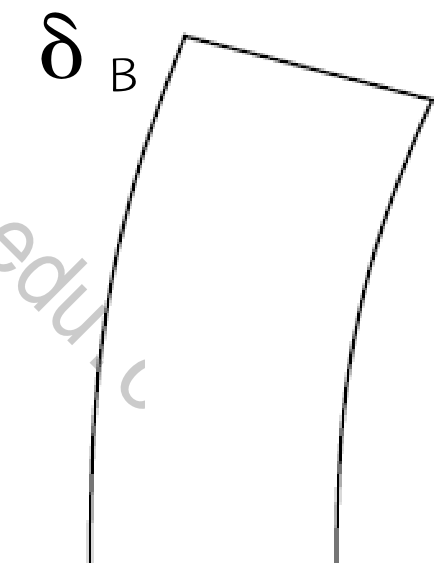
胶合板的剪切位移

初期大



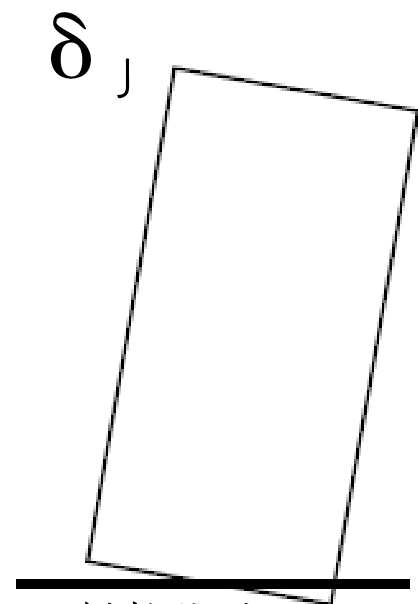
钉的位移引起的
剪断位移

大



弯曲位移
柱的拉伸·压缩

小

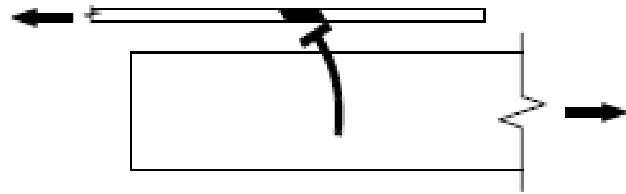


倒转位移
柱脚连接部的位移

小

钉连接处的位移和破坏

钉头贯穿胶合板



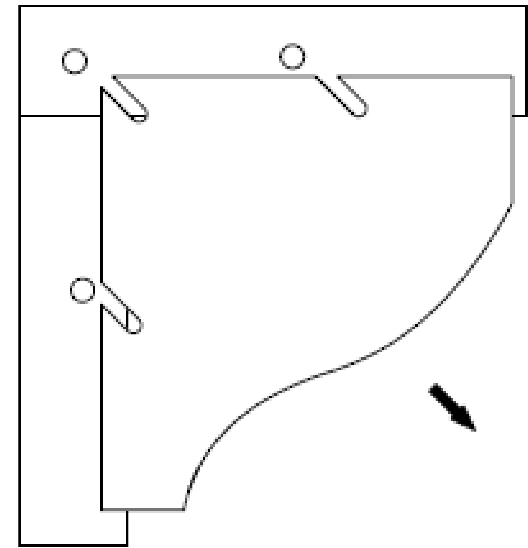
胶合板比重小
胶合板薄

钉脱落



线材比重小
胶合板厚

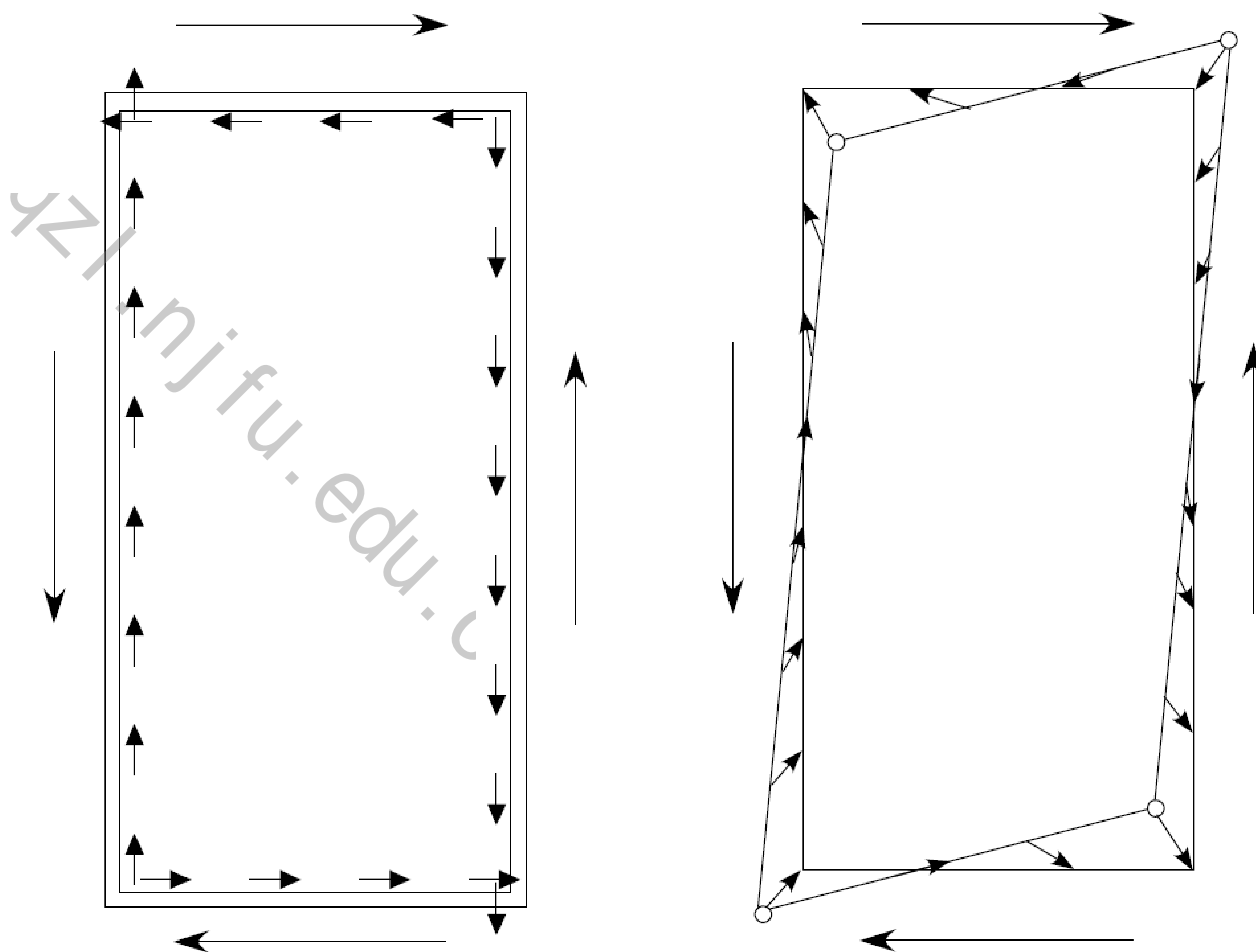
胶合板破坏



缘距小
胶合板薄

剪力墙组件的理论 至今发表论文较多

- 线性解析
- 简易解析
- 非线性解析
- 有限要素法



简易模型

忠实模型



剪力墙的连接

建筑物的荷载—位移关系是
建筑物内剪力墙的荷载—位移关系的合成



建筑物的破坏是因为剪力墙的破坏而破坏



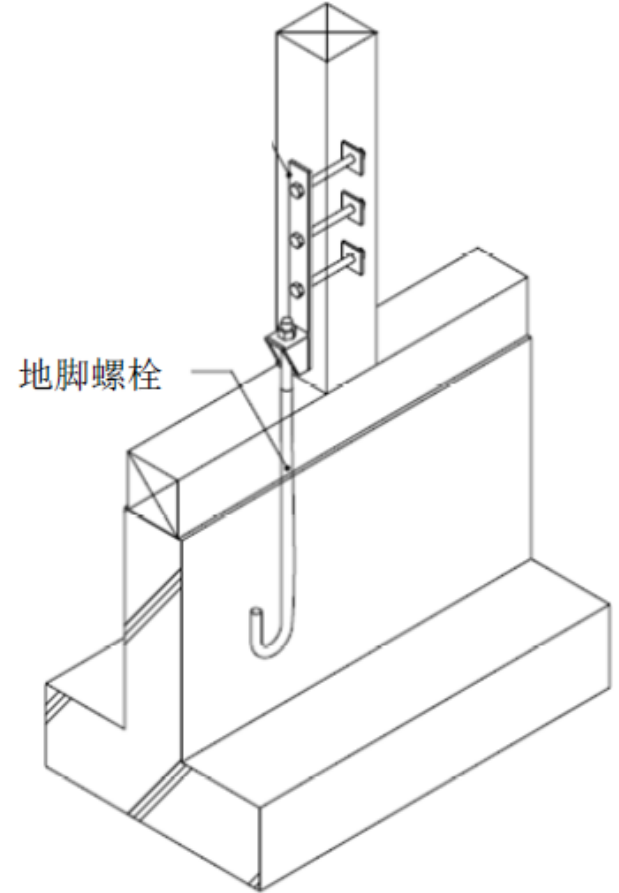
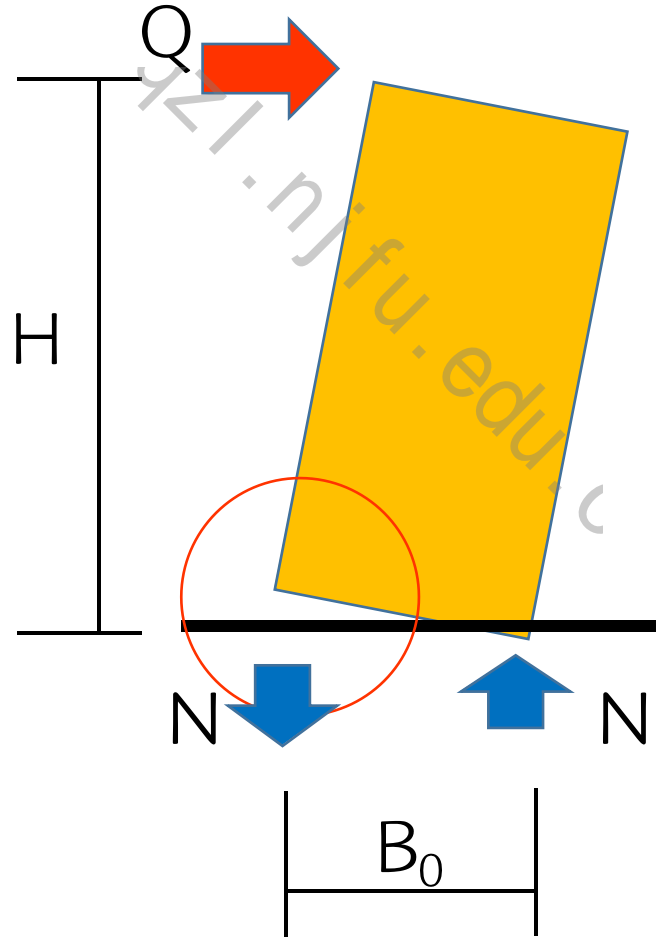
不能让剪力墙连接处（柱头·柱脚）发生破坏

剪力墙的连接应力 最安全侧的模型

$$N = \frac{M}{B_0} = \frac{QH}{B_0}$$



振动台实验
过于安全

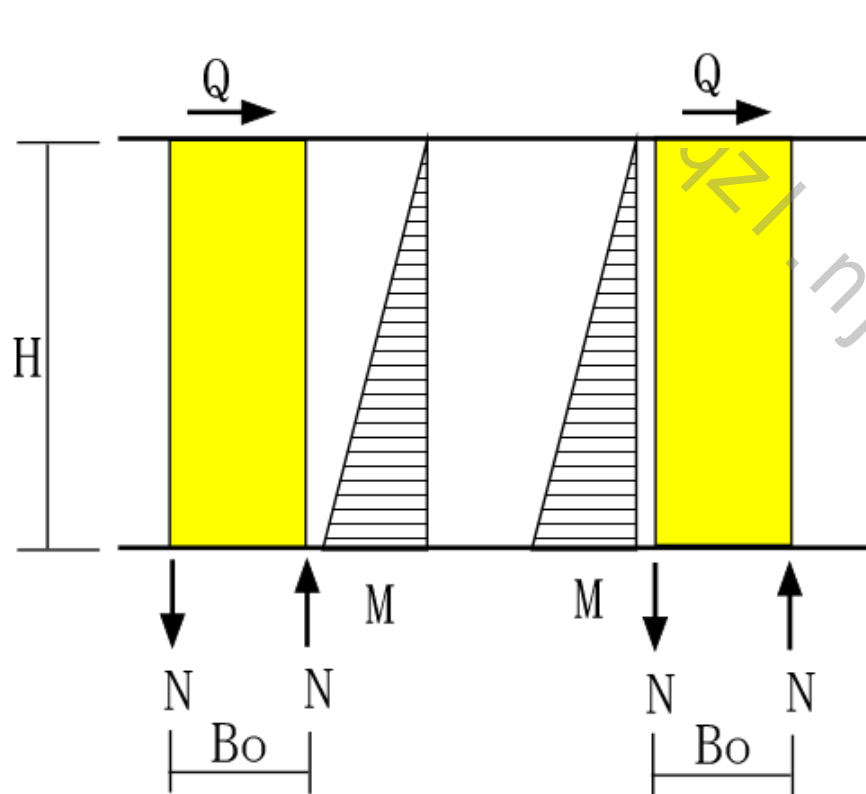


框架-剪力墙木结构的
基础与地脚螺栓概要 (例)

剪力墙的连接应力

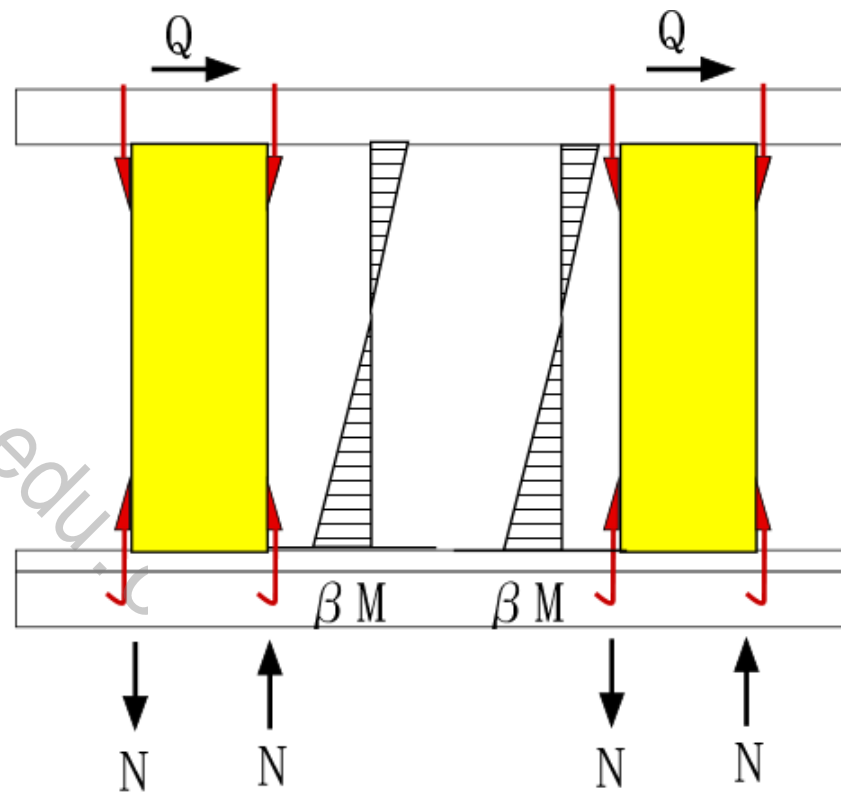
N值算法

柱脚·柱头的连接具有刚性连接效果



$$N = M/B_0 = QH/B_0$$

片梁模型



$$N = \beta M/B_0 = \beta QH/B_0$$
$$\beta < 1.0$$

刚性模型

使用N值计算法求算柱头·柱脚的轴向力

平层、2层建、3层建独立住宅的顶层柱的轴向力

$$N_1 = \alpha Q_1 H_1 - W_1$$

层建住宅的1楼部分、3层建住宅的2楼部分的柱的轴向力

$$N_2 = \alpha Q_1 H_1 + \alpha Q_2 H_2 - W_2$$

层建住宅的1楼部分的柱的轴向力

$$N_3 = \alpha Q_1 H_1 + \alpha Q_2 H_2 + \alpha Q_3 H_3 - W_3$$

N_1 、 N_2 、 N_3 = 从顶层开始计数的第1、2、3层部分的柱的轴向力 (kN)

α = 无论柱头、柱脚，阳角柱设为0.8、其它柱设为0.5

Q_1 、 Q_2 、 Q_3 = 从顶层开始计数的第1、2、3层部分的某柱的两侧的剪力墙的剪力的差及与

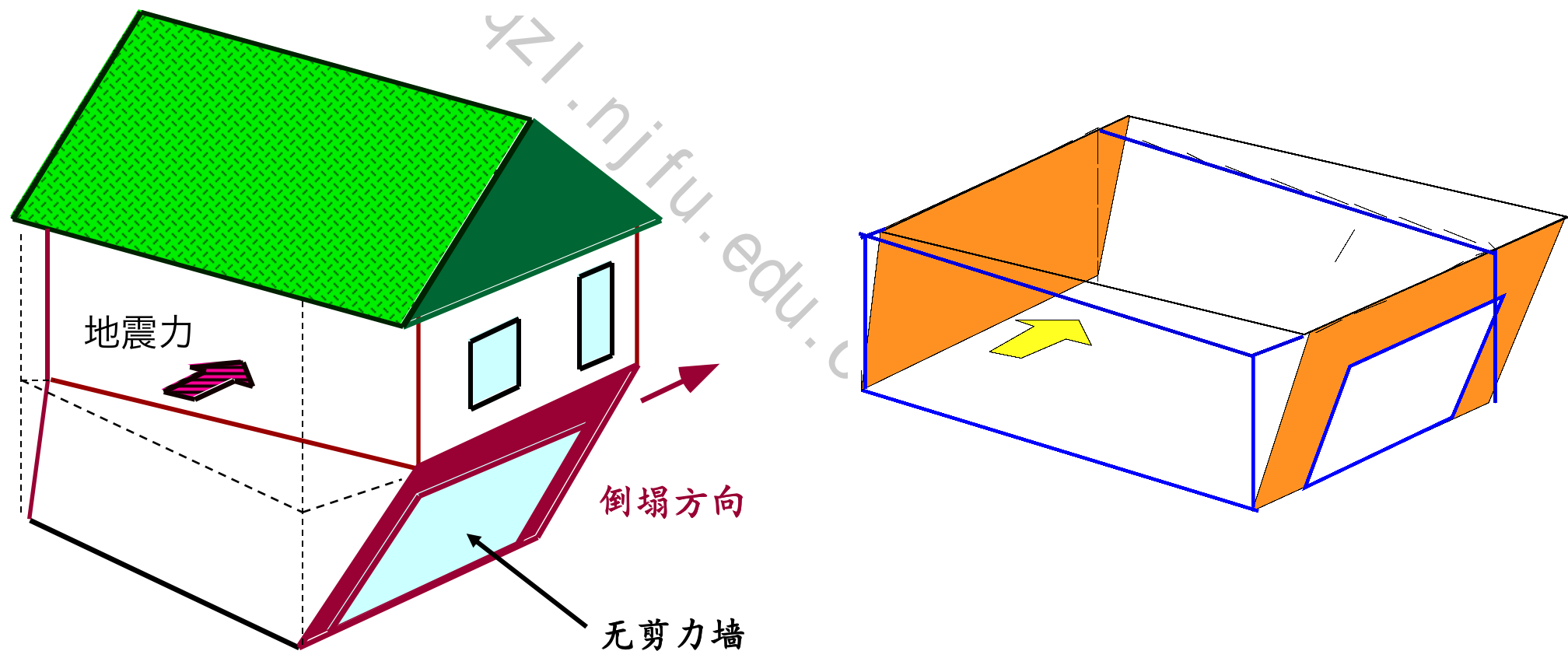
某柱连续的上一层的柱的两侧的剪力墙的剪力的差 (kN/m)

H_1 、 H_2 、 H_3 = 从顶层开始计数的第1、2、3层部分的层高 (m)

W_1 、 W_2 、 W_3 = 从顶层开始计数的第1、2、3层部分的某柱所受竖向荷载引起的压缩力

剪力墙的配置重要

配置不平衡会导致建筑物扭曲倒塌



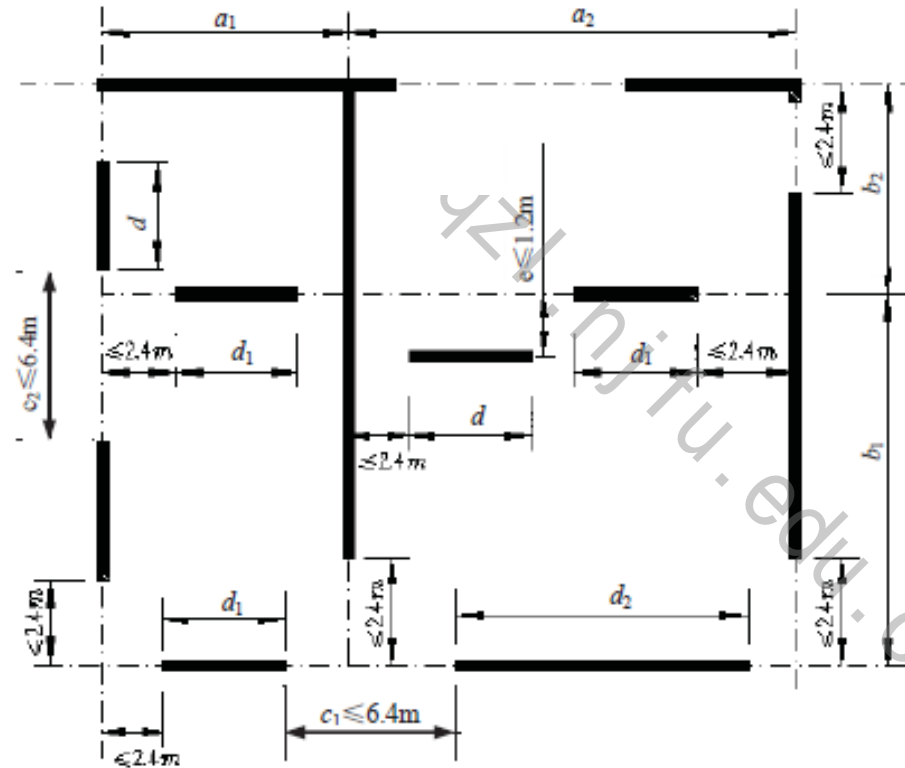
剪力墙配置失衡的临街店铺住宅的倒塌

(兵庫県南部地震 1995)



剪力墙的设置

构造规定



使用偏心率计算可以进行配置设计
偏心率 ≤ 0.15 可
 $0.15 < \text{偏心率} \leq 0.3$ 可增加应力计算

- 1 单个墙段的墙肢长度不应小于0.6m，墙段的高宽比不应大于4：1；
- 2 同一轴线上相邻墙段之间的距离不应大于6.4m；
- 3 墙端与离墙端最近的垂直方向的墙段边的垂直距离不应大于2.4m；
- 4 一道墙中各墙段轴线错开距离不应大于1.2m。

剪力墙的设置 构造规定

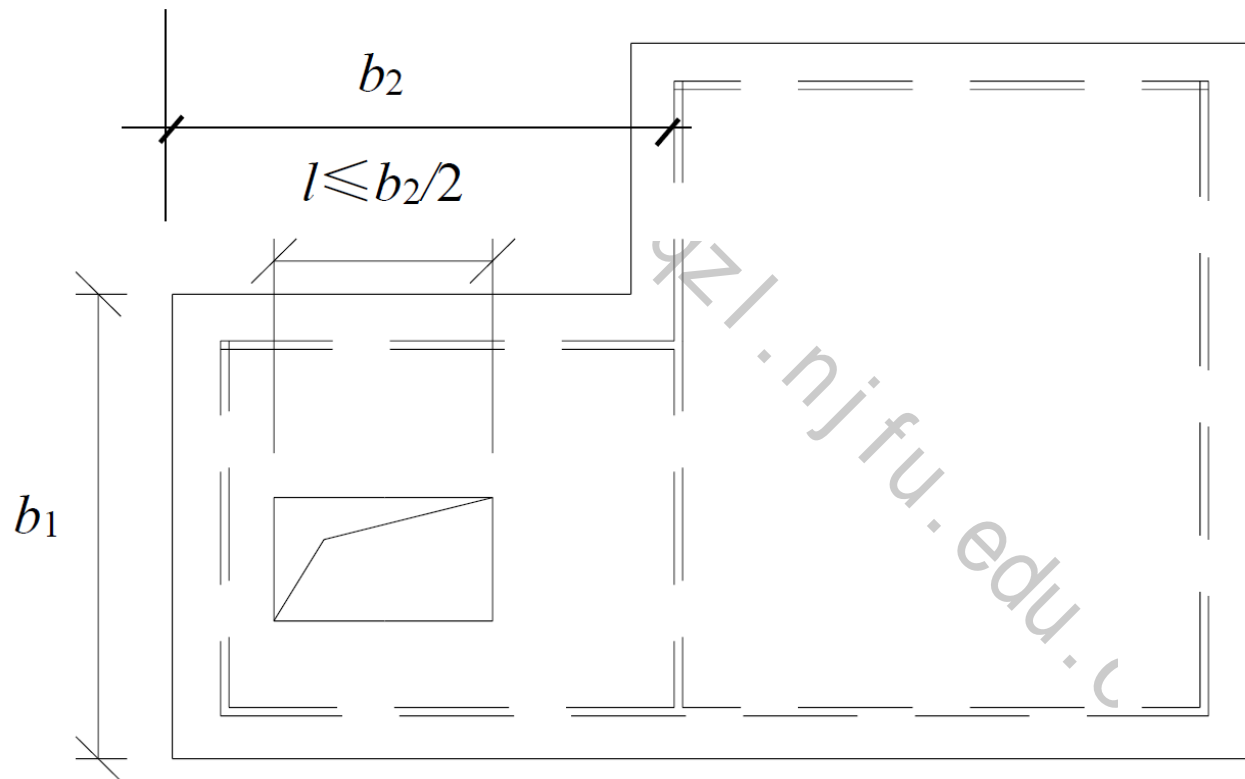
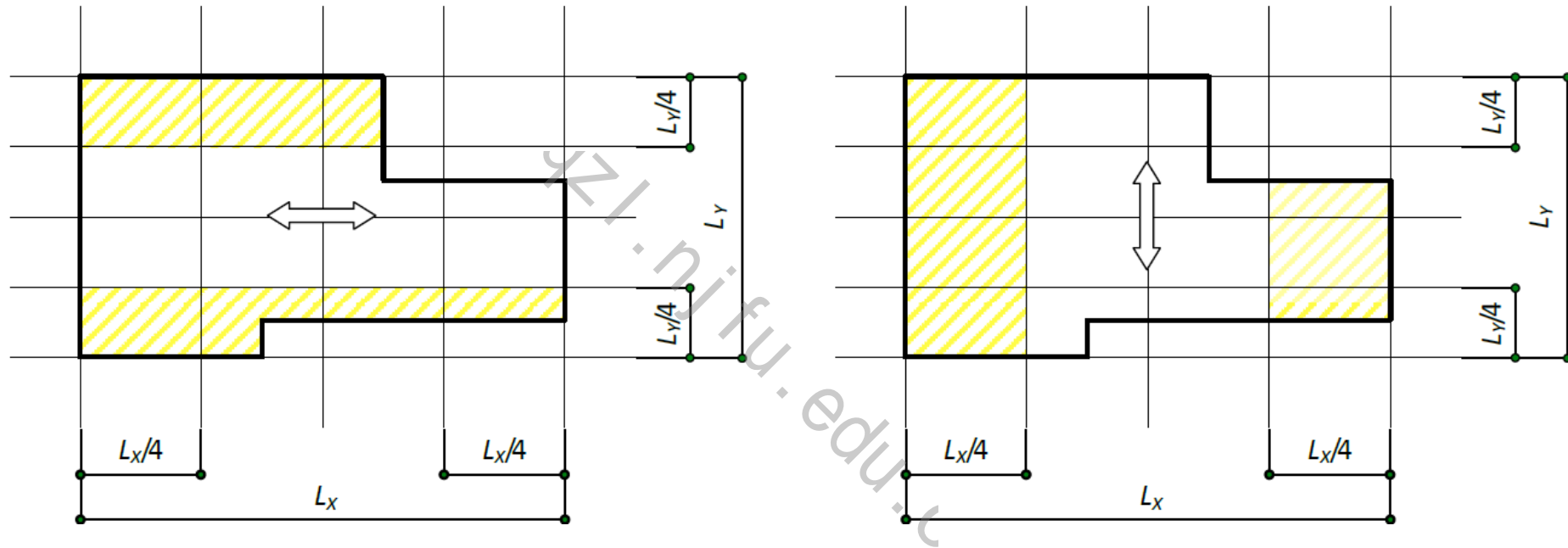


图9.1.9-2
楼盖、屋盖开洞示意图

- 4 楼盖、屋盖平面内开洞面积不应大于四周支撑剪力墙所围合面积的30%，且洞口的尺寸不应大于剪力墙之间间距的50%（图9.1.9-2）。

框架-剪力墙木结构中剪力墙的四分割法 平面布置规定

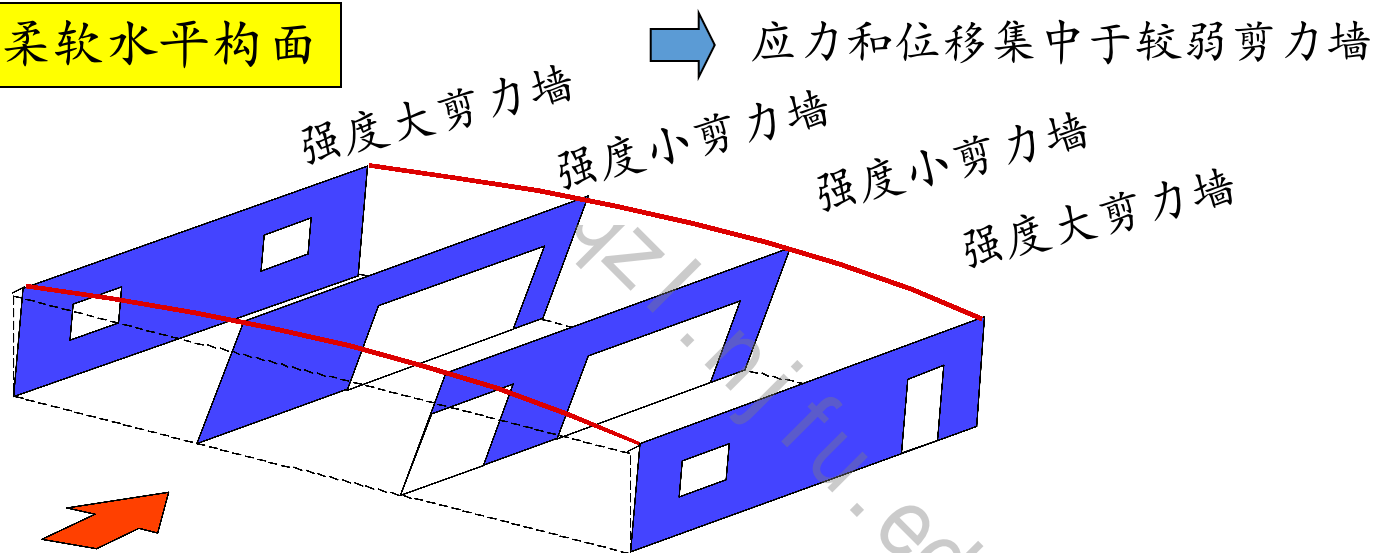


各水平方向应确认满足以下规定中的任一规定。

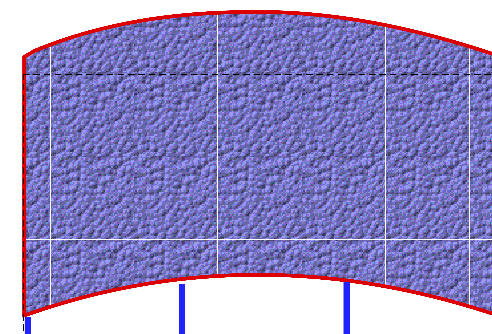
- 1) 壁率比大于0.5 ($R_{SD} \geq 0.5$).
- 2) 墙端部分的剪力墙充足度均大于1 ($S_{aD} \geq 1$, 并且 $S_{bD} \geq 1$).
- 3) 墙端部分的剪力墙充足度均等于0 ($S = 0$, 并且 $S = 0$).

水平构面 尽可能减少位移

柔软水平构面

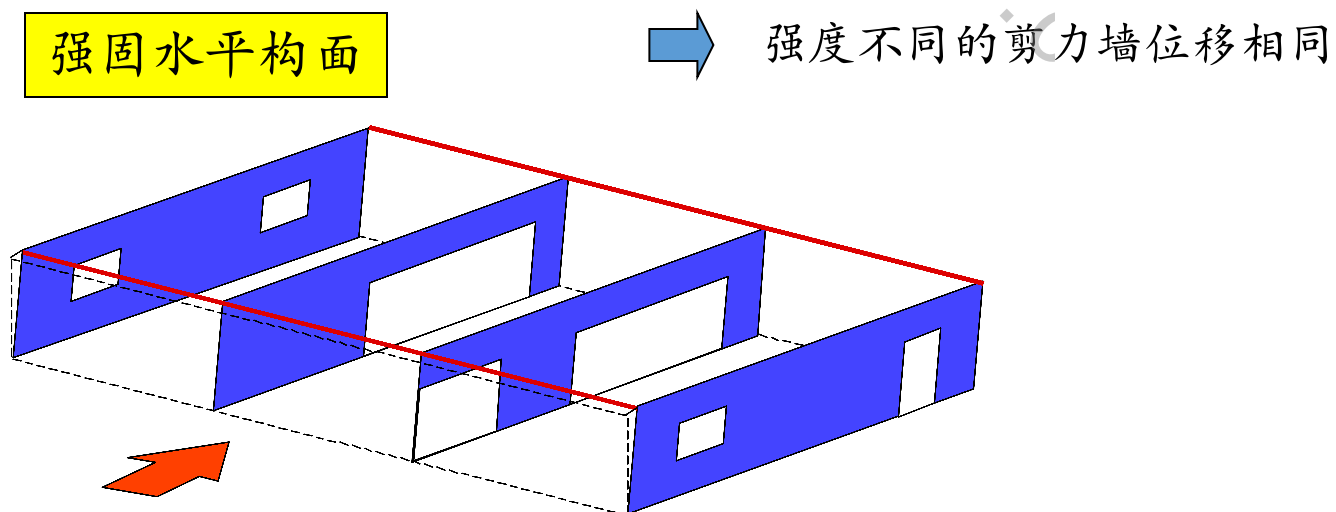


俯视图

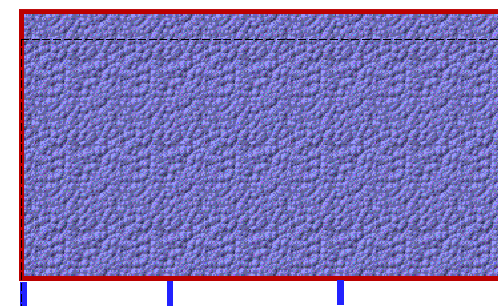


(剪力墙的位移量不同)

强固水平构面



俯视图



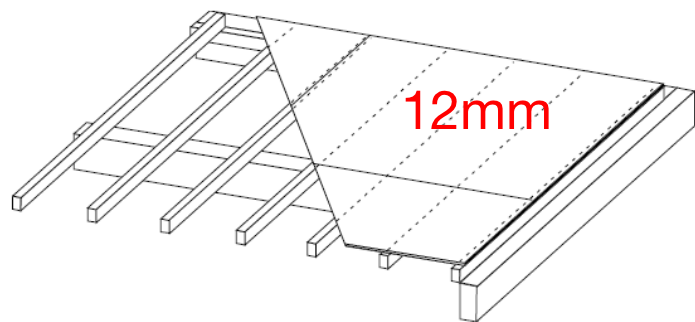
(剪力墙的位移量一致)

水平构面 楼盖的抗剪强度

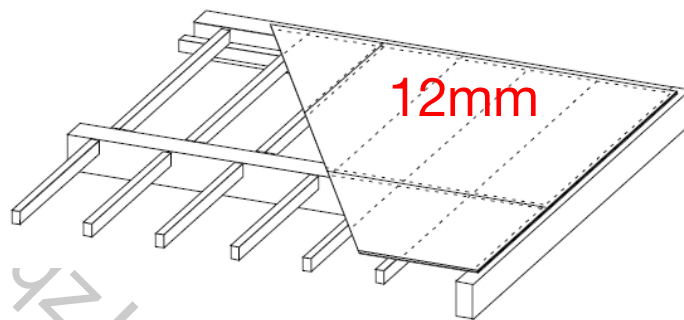
表 P. 0. 1 木框架剪力墙结构楼盖抗剪强度设计值 f_{vd} (kN/m)

构件名称	类型	构造形式	板厚度 (mm)	钉子尺寸		抗剪强度		
				长度 (mm)	直径 (mm)	钉间距(mm)		
						150	100	75
楼面结构形式	1 型	架铺搁栅式楼盖 (1) 在楼面梁上设置间距 $\leq 350\text{mm}$ 的搁栅, 并用圆钉将木基结构板固定在板下的搁栅上	≥ 12	50	2.8	1.98	—	—
	2 型	架铺搁栅式楼盖 (2) 在楼面梁上设置间距 $\leq 500\text{mm}$ 的搁栅, 并用圆钉将木基结构板固定在板下的搁栅上				1.39	—	—
	3 型	平铺搁栅式楼盖 搁栅的顶面与楼面梁顶面相同, 并用圆钉将木基结构板固定在板下的楼面梁和搁栅上				3.96	—	—
	4 型	省略搁栅式楼盖 (1) 在间距 $\leq 1000\text{mm}$ 的纵横楼面梁和支柱上, 直接用圆钉将木基结构板固定在板下的楼面梁上	≥ 24	75	3.4	7.84	9.3	12.6
	5 型	省略搁栅式楼盖 (2) 在间距 $\leq 1000\text{mm}$ 的纵横楼面梁上, 将板的短边方向用圆钉与楼面梁固定; 并将楼面边四周的板边用圆钉将板固定在楼面梁上				3.53	5.4	6.9
	6 型	省略搁栅式楼盖 (3) 在间距 $\leq 1000\text{mm}$ 的纵横楼面梁上, 将板的短边方向用圆钉与楼面梁固定				2.35	4.2	5.3

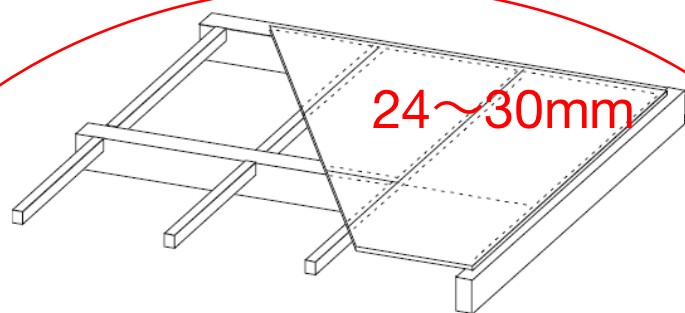
楼盖形式 5种



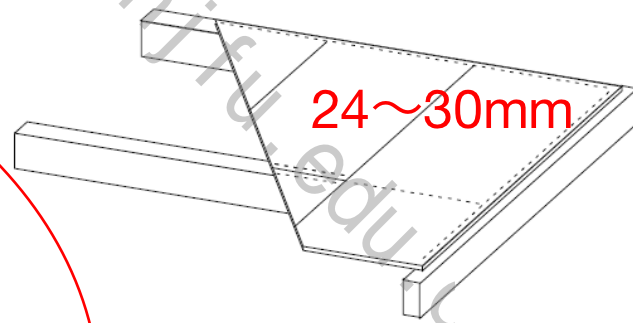
(a) 1型、2型——架铺搁栅式楼盖



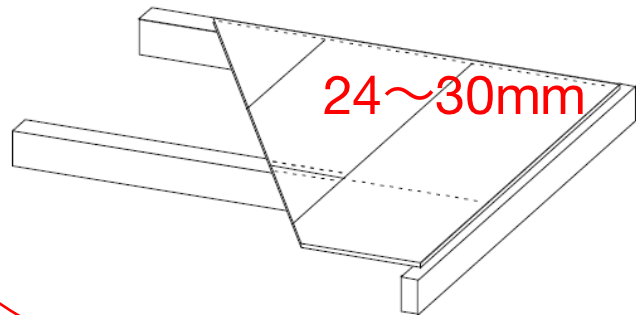
(b) 3型——平铺搁栅式楼盖



(c) 4型——省略搁栅式楼盖 (1)



(d) 5型——省略搁栅式楼盖 (2)



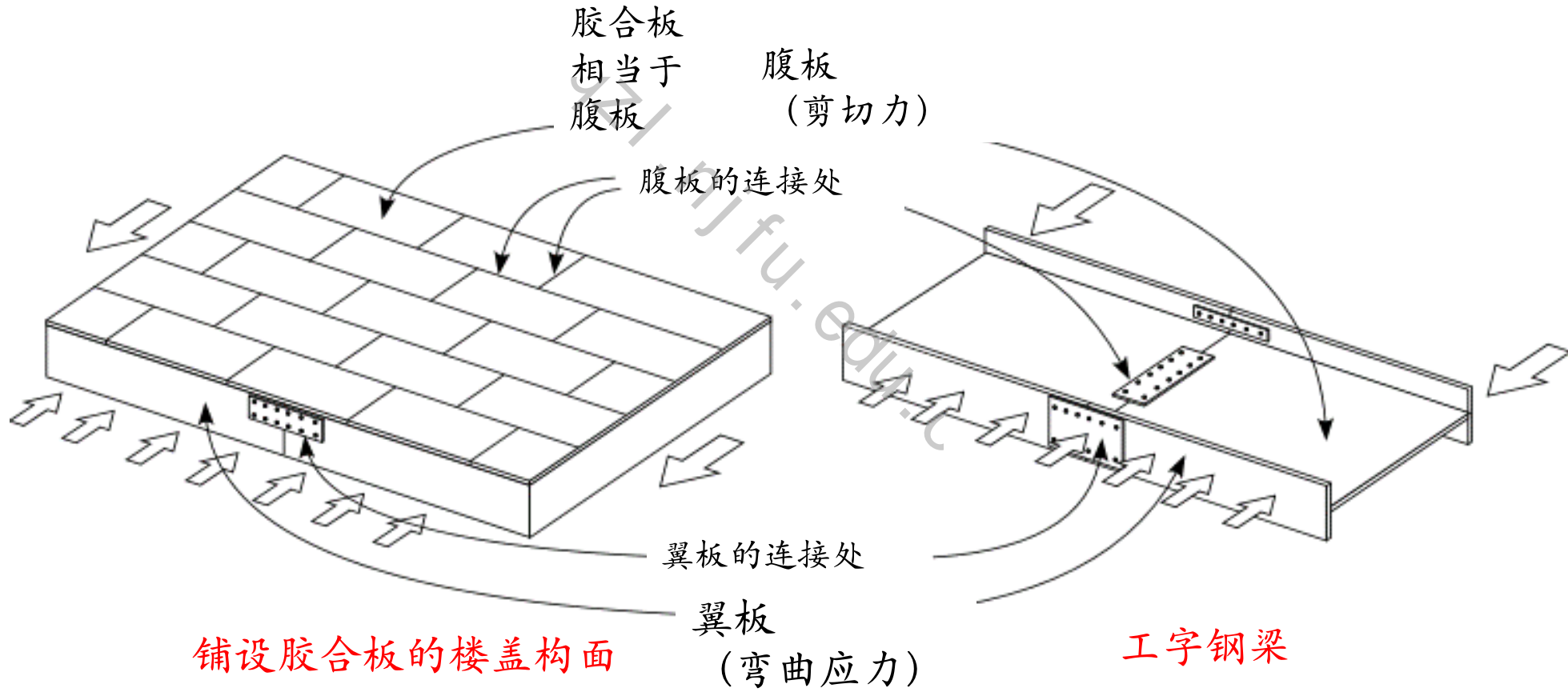
(e) 6型——省略搁栅式楼盖 (3)

目前的主流形式



水平构面的机制

与工字钢梁相同



水平构面的变形（位移）机制

$$\text{中央位移 } \delta = \delta_{PW} + \delta_N + \delta_B + \delta_J$$

- ① δ_{PW} = 胶合板的剪切位移。 初期大
- ② δ_N = 钉位移导致的剪切位移。 大
- ③ δ_B = 弯曲位移（外周水平构件的拉伸·压缩）。 小
- ④ δ_J = 外周水平构件的连接处位移导致的弯曲位移。 因设计而异。

①和②的剪力墙 相同

③与④的剪力墙 相似

屋盖、楼盖的抗剪强度实验



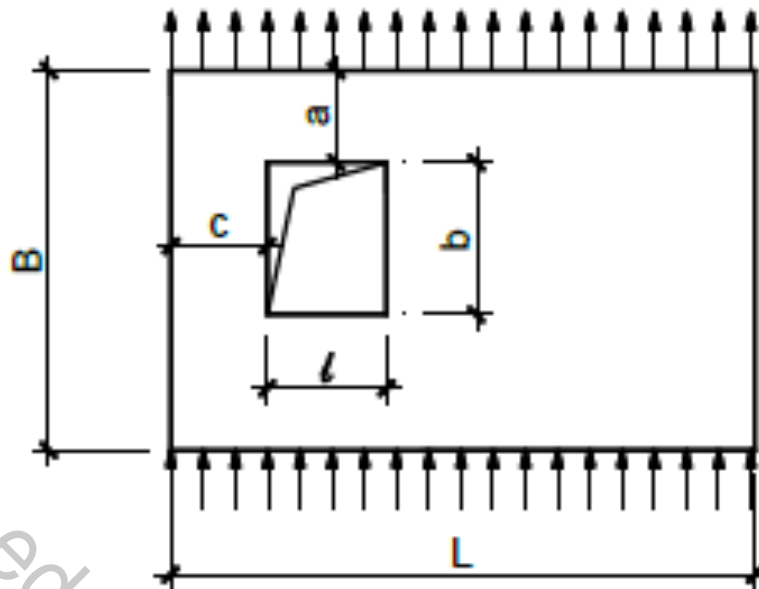
楼盖、屋盖抗剪

$$V = f_{vd} k_1 B_e$$

f_{vd} : 采用木基结构板材的楼盖、
屋盖抗剪强度设计值(kN/m);
应按本规范附录P的规定取值;

$$k_1 = 1.0$$

B_e : 楼盖、屋盖平行于荷载方向的有效宽度(m); 应按本规范第9.2.5条的规定取值。



9.2.5 楼盖、屋盖平行于荷载方向的有效宽度 B_e 应根据楼盖、屋盖平面开口位置和尺寸(图),按下列规定确定:

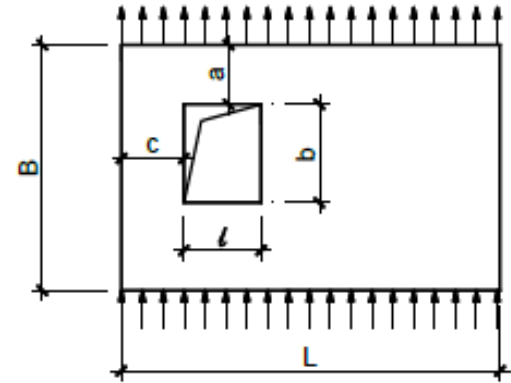
- 1 当 $c < 610\text{mm}$ 时,取 $B_e = B - b$; 其中, B 为平行于荷载方向的楼盖、屋盖宽度(m), b 为平行于荷载方向的开孔尺寸(m)
 b 不应大于 $B/2$, 并且不应大于 3.5m ;
- 2 当 $c \geq 610\text{mm}$ 时,取 $B_e = B$ 。

9.2.6 垂直于荷载方向的楼盖、屋盖的边界杆件及其连接件的轴向力 N 应按公式 (9.2.6-1) 计算。均布荷载作用时, 简支楼盖、屋盖弯矩设计值 M_1 和 M_2 应分别按公式 (9.2.6-2)、(9.2.6-3) 计算。

$$N_r = \frac{M_1}{B_a} \pm \frac{M_2}{a} \quad (9.2.6-1)$$

$$M_1 = \frac{qL^2}{8} \quad (9.2.6-2)$$

$$M_2 = \frac{q_e l^2}{12} \quad (9.2.6-3)$$



- M_1 : 楼盖、屋盖平面内的弯矩设计值 (kN·m)
- B_a : 垂直于荷载方向的楼盖、屋盖边界杆件中心距 (m)
- M_2 : 楼盖、屋盖开孔长度内的弯矩设计值 (kN·m)
- a : 垂直于荷载方向的开孔边缘到楼盖、屋盖边界杆件的距离; $a \geq 0.6$ m
- q : 作用于楼盖、屋盖的侧向均布荷载设计值 (kN/m)
- Q_e : 作用于楼盖、屋盖单侧的侧向荷载设计值 (kN/m)
- 一般取侧向均布荷载 w 的一半
- L : 垂直于荷载方向的楼盖、屋盖长度 (m)
- l : 垂直于荷载方向的开孔尺寸 (m); l 不应大于 $B/2$, 并且不应大于 3.5m。

屋顶构面

表 P. 0. 2 木框架剪力墙结构屋盖抗剪强度设计值 f_{vd} (kN/m)

构 件	类 型	构造形式	板厚 度 (mm)	圆钉子尺寸		抗剪强度		
				长度 (mm)	直径 (mm)	钉间距(mm)		
						150	100	75
屋 面 结 构 形 式	1 型	橡条式屋盖 (1) 在间距 $\leq 500\text{mm}$ 的橡条上, 用圆钉将木基结构板固定在橡条上, 橡条与檩条用金属连接件连接	≥ 12	50	2.84	1.37	—	—
	2 型	橡条式屋盖 (2) 在间距 $\leq 500\text{mm}$ 的橡条之间, 位于檩条处设置有与橡条相同断面尺寸的加固挡块, 并用圆钉将木基结构板固定在橡条上				1.96	—	—
	3 型	斜撑梁式屋盖 (1) 在间距 $\leq 1000\text{mm}$ 的斜撑梁上, 将木基结构板的短边用圆钉与斜撑梁固定	≥ 24	75	3.66	2.35	4.23	5.27
	4 型	斜撑梁式屋盖 (2) 斜撑梁间距 $\leq 1000\text{mm}$, 将木基结构板的短边用圆钉与斜撑梁固定, 并用圆钉将檐檩和脊檩处的板边固定在檐檩和脊檩上				3.53	5.41	6.85
	5 型	斜撑梁式屋盖 (3) 斜撑梁间距 $\leq 1000\text{mm}$, 斜撑梁之间设置有横撑和加固挡块, 用圆钉将木基结构板四周固定在斜撑梁、脊梁、横撑和加固挡块上; 加固挡块用连接板与檩条相连接				7.84	9.28	12.57

注: 表中抗剪强度值为沿着屋盖表面的值, 屋盖水平方向的抗剪强度值应为 $f_{vd} \cdot \cos\theta$ (θ 为屋面坡度)。

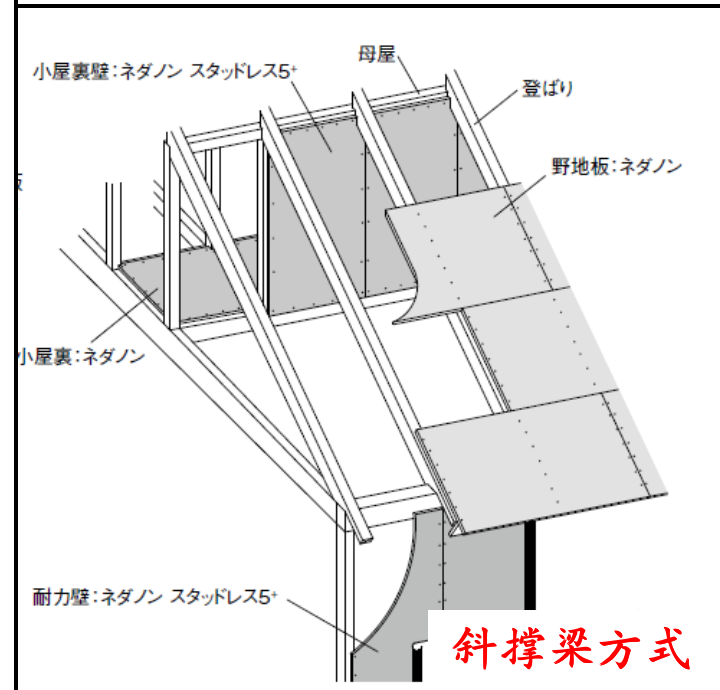
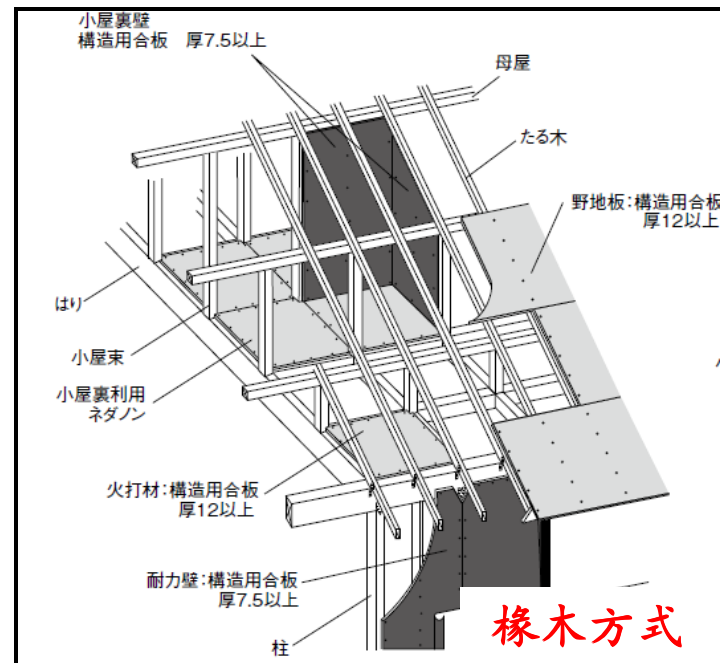
屋顶构面形式 2种

- 椽木方式:

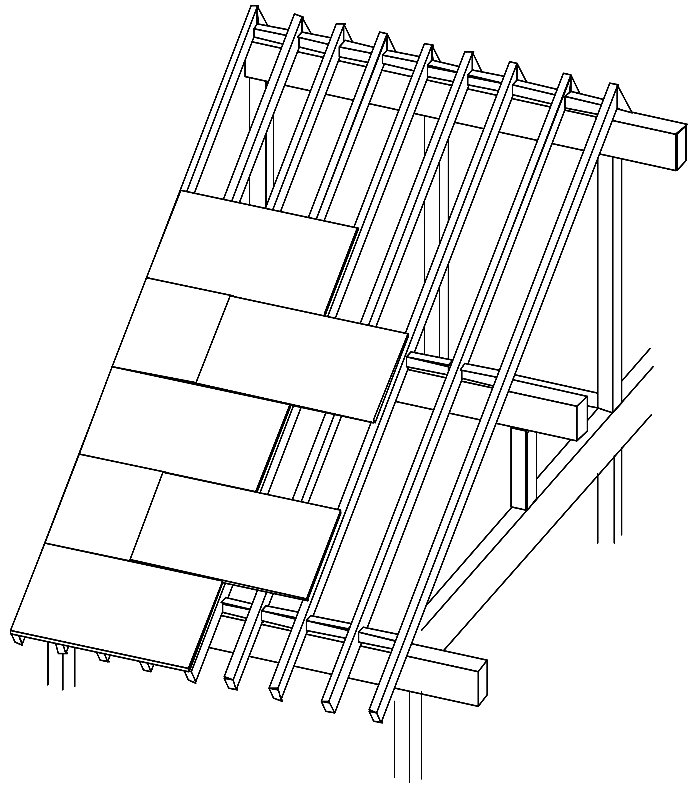
在屋脊檩条、角木、檩和屋架梁等构件上设置安装椽木

- 斜撑梁方式:

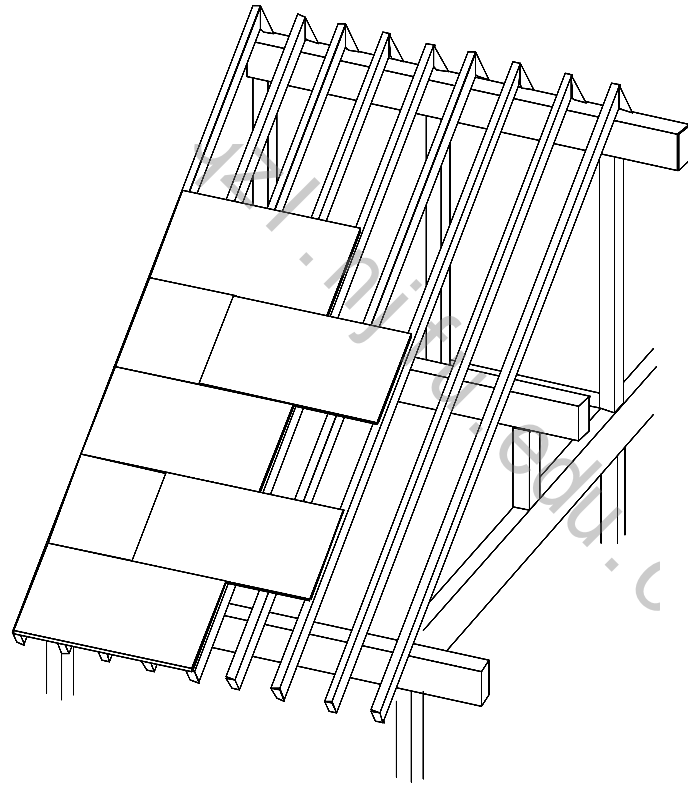
在檩条和屋脊檩条上设置安装斜撑梁



椽木形式 2种



椽木形式(有防落具)

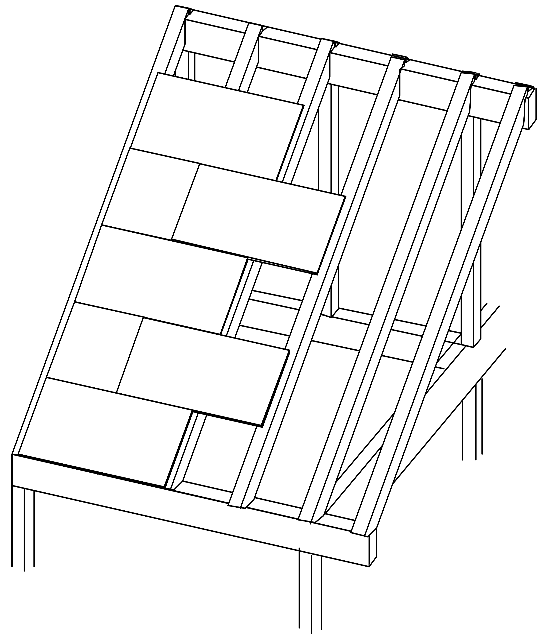


椽木形式(无防落具)

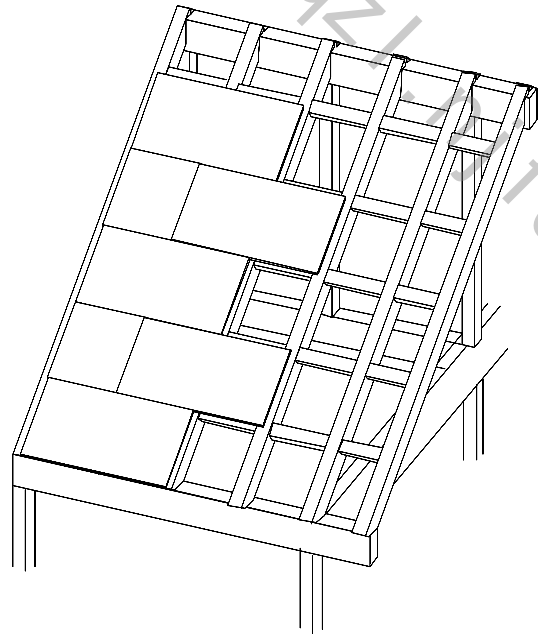


斜撑梁形式 3种

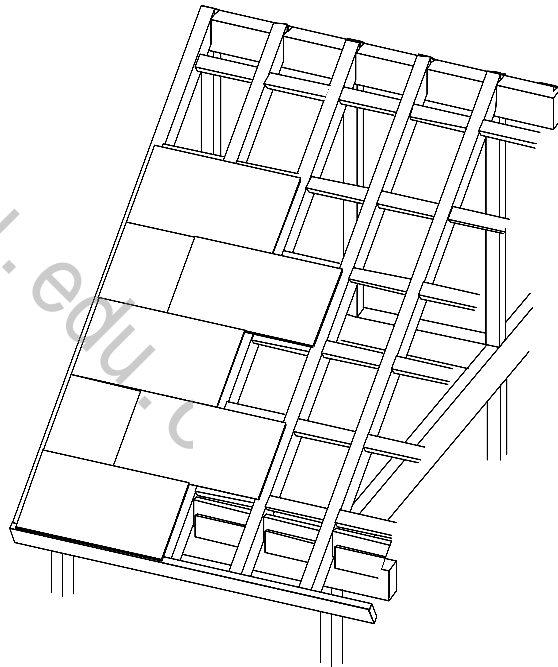
小屋顶下空间可以利用



斜撑梁形式
(短边川字钉入及横架梁、
檩条打钉)



斜撑梁形式
(四周打钉)



斜撑梁形式
(四周钉入, 面板与加固挡块、封檐板连接)



A low-angle, upward-looking photograph of a large tree trunk. The trunk is the central focus, showing a rough, textured bark. It tapers slightly as it goes up. The background is filled with green leaves and branches of other trees, and a clear blue sky is visible at the top. The overall scene is bright and natural.

谢谢大家