

钢筋桁架叠合板新的设计方法 及其对生产方式的影响

赵勇, 余泳涛

(同济大学)

程志军

(龙信建设集团)

主要内容

- 引言
- 《钢筋桁架叠合楼板应用技术规程》简介
- 密拼钢筋桁架叠合板受弯性能试验研究和设计方法
- 结束语

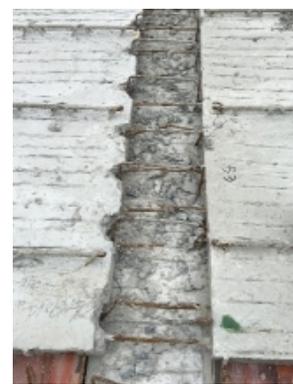
引言

- 《装配式混凝土结构技术规程》JGJ -2014第6.6.1条规定：
装配整体式结构的楼盖宜采用叠合楼盖。
- 目前，国内流行采用的叠合楼板预制底板为**钢筋桁架板**。钢筋桁架预制板基本成为国内大多数预制构件厂的**标配**。



引言

- 预制构件厂有点点痛苦——模具太多，效率低下，较耗人工。
- 施工单位感受不到快乐——工艺与现浇区别不大，质量不大好控制。
- 业主似乎也高兴不起来——贵！



60mm厚钢筋桁架预制板2019年7月市场参考价（元/立方）：
北京3880，上海3617，天津3890，深圳3596；

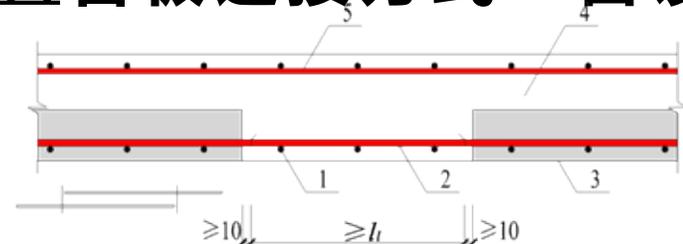
引言

- 令人羡慕的欧洲流水生产线。

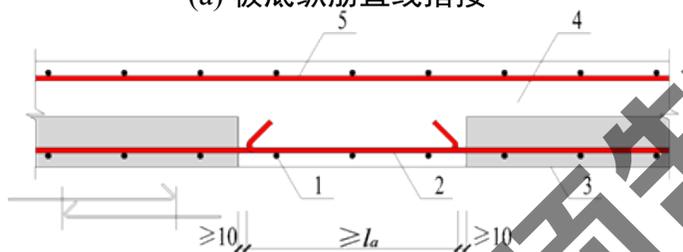


引言

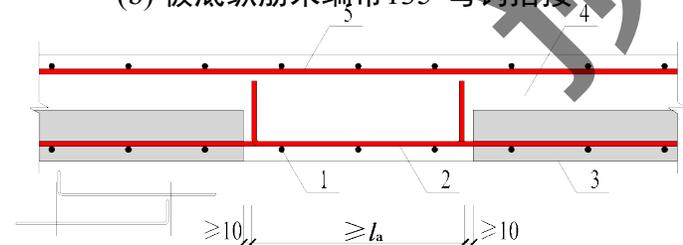
➤ 两种叠合板连接方式：留设后浇带（常用）和密拼（少用）。



(a) 板底纵筋直线搭接

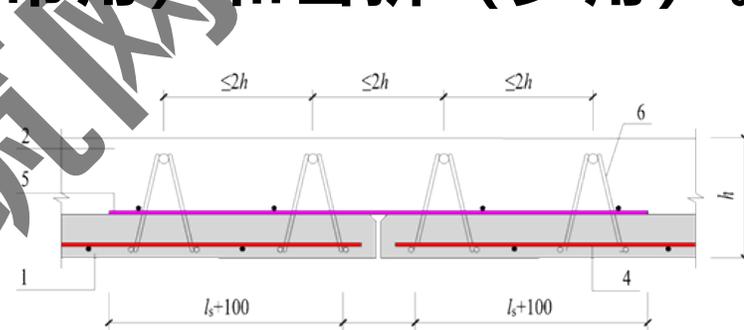


(b) 板底纵筋末端带135°弯钩搭接

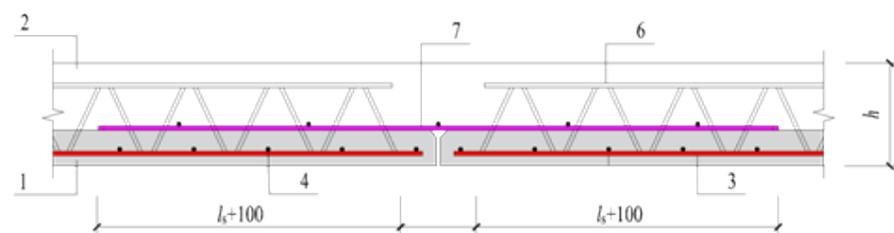


(c) 板底纵筋末端带90°弯钩搭接

1-通长钢筋；2-受力纵筋；3-预制板；4-后浇层；5-后浇层内钢筋



(a) 拼缝平行于受力方向

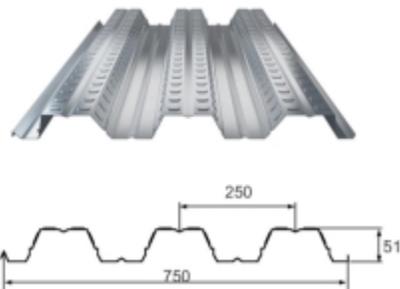


(b) 拼缝垂直于受力方向

1-预制板；2-后浇层；3-底板受力纵筋；4-底板分布钢筋；
5-叠合面分布钢筋；6-钢筋桁架；7-拼缝处纵筋

引言

➤ 对密拼叠合板存疑!

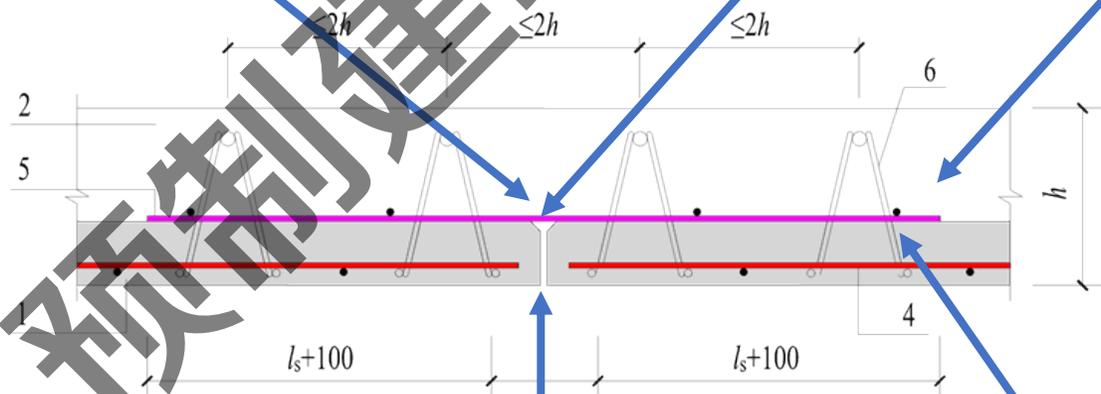


怀疑压型钢板楼盖吗?

刚度减小, 满足刚性楼盖吗?

拼缝处纵筋如何配?

按GB/T 51231后浇层大于100, 总厚达160太厚了, 不经济?



拼缝开裂?

桁架钢筋有啥用? 多余? 浪费?

《钢筋桁架叠合楼板应用技术规程》简介

关键问题研究

预制板端部出筋

密拼双向板板缝

桁架钢筋预埋吊件

主要研究单位

清华大学等

同济大学等

中国建科院等

研究资助单位

华润集团

龙信集团

中国建科院

主编单位：龙信建设集团有限公司
建研科技股份有限公司

参编单位：同济大学，清华大学，
上海天华建筑设计有限公司等14
家。

中国工程建设标准化协会标准

《钢筋桁架叠合楼板应用技术规程》

预计2019年8月底召开标准审查会，2019年底发布实施。

《钢筋桁架叠合楼板应用技术规程》简介

1 总则

2 术语和符号

2.1 术语

2.2 符号

3 材料

4 钢筋桁架

4.1 外形尺寸及构造

4.2 钢筋桁架的制作

4.3 质量检验

5 结构设计

5.1 一般规定

5.2 构件设计

5.3 板缝节点设计

5.4 支座节点设计

6 制作、运输与堆放

6.1 一般规定

6.2 模具

6.3 桁架预制板制作

6.4 桁架预制板运输与堆放

6.5 质量检查

7 施工与验收

7.1 一般规定

7.2 桁架预制板吊装准备

7.3 桁架预制板吊装

7.4 混凝土浇筑

7.5 质量验收

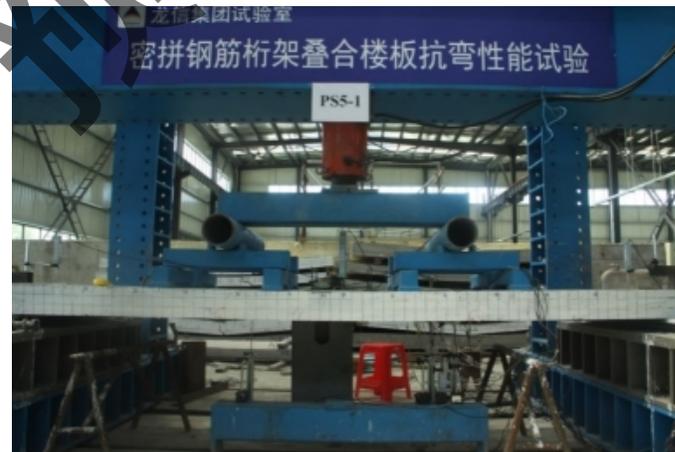
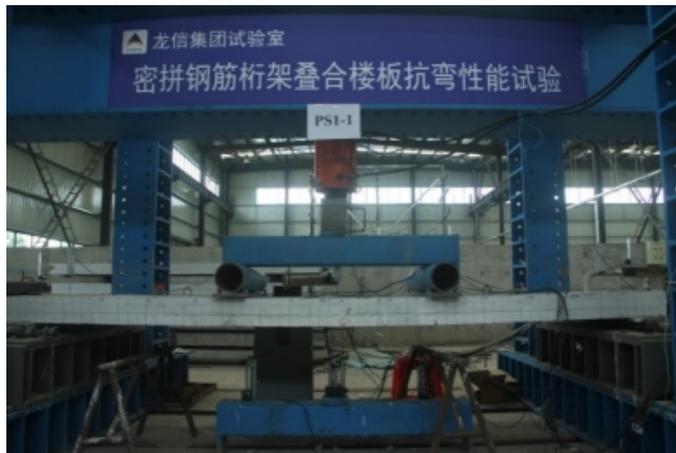
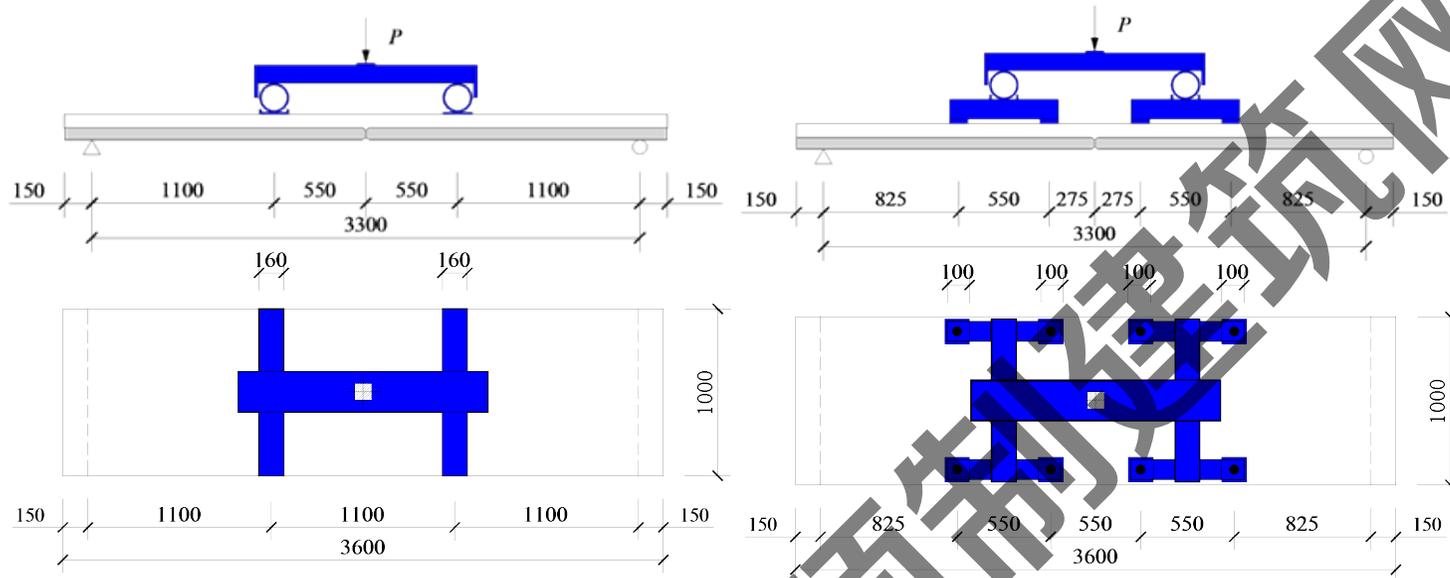
附录A 钢筋桁架力学性能试样及测试方法

附录B 桁架预制板短暂设计状况验算

附录C 60mm厚桁架预制板

密拼钢筋桁架叠合板受弯性能试验研究和设计方法

➤ 试验方案



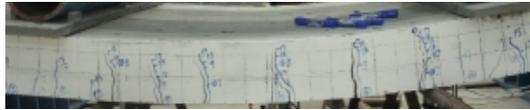
36个试件

参数设置

- 钢筋桁架位置 (60/140)
- 拼缝处纵筋搭接长度 (取 l_l /通长)
- 拼缝处纵筋位置 (在上/在下)
- 拼缝设置位置和数量 (单拼缝/双拼缝)
- 叠合板高度 (140/160/200)
- 拼缝宽度 (密拼/30mm后浇缝)
- 加载方式 (两线/八点)
- 配筋率

密拼钢筋桁架叠合板受弯性能试验研究和设计方法

➤ 叠合板和整浇破坏形态的对比



(a) 试件CS1-1



(b) 试件PS1-1



(c) 试件CS1-2



(d) 试件PS1-2



(e) 试件CS1-3



(f) 试件PS1-3



(g) 试件CS1-4



(h) 试件PS1-4



(i) 试件CS4-5



(j) 试件PS4-5



(k) 试件CS4-5

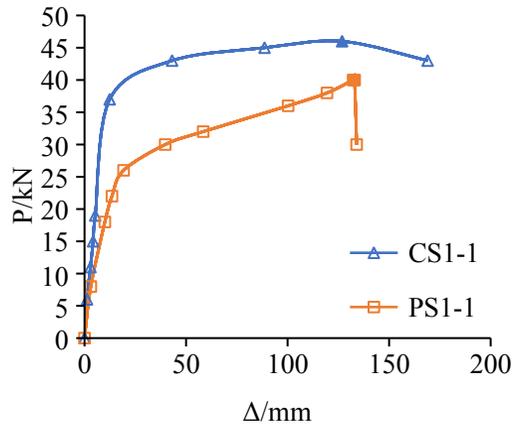


(m) 试件PS4-5

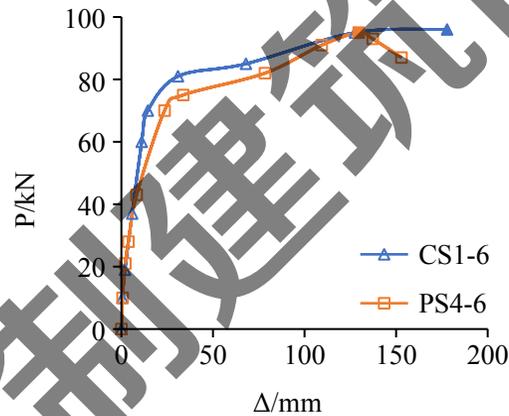
- 叠合板试件和整浇板试件均呈现适筋受弯破坏特征。
- 达到峰值荷载时，整浇板试件均未出现板面混凝土压碎现象，而叠合板试件均出现**板面混凝土压碎**现象；
- 整浇板试件板侧裂缝较多，且分布较为均匀，而叠合板试件**裂缝相对较少**，且拼缝两侧第一道裂缝距拼缝均较大，跨中**拼缝宽度较宽**；
- 叠合板均出现沿叠合面的**撕裂**，平均撕裂长度为27cm；
- 整浇板试件破坏时呈圆弧状，叠合板试件破坏时呈**二折线状**。

密拼钢筋桁架叠合板受弯性能试验研究和设计方法

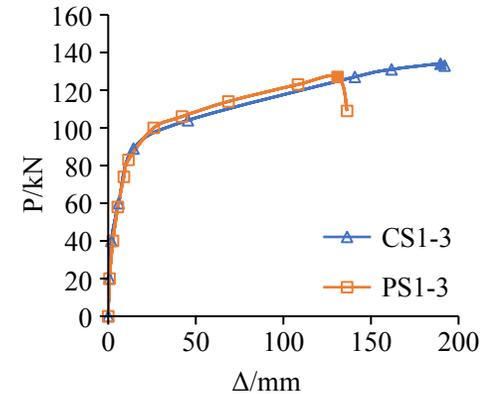
➤ 后浇层厚度的影响



试件CS1-1和PS1-1
 $h=140\text{mm}$



试件CS1-6和PS4-6
 $h=160\text{mm}$

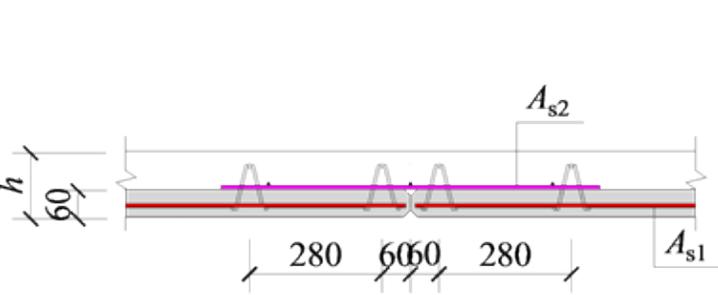


试件CS1-3和PS1-3
 $h=200\text{mm}$

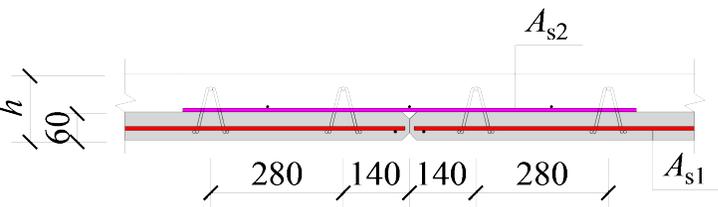
- 叠合板试件的受弯承载力/刚度低于整浇板试件5~15%，且随板厚的增加，二者的受弯承载力和刚度越为接近。
- 接缝处垂直于接缝的板底钢筋搭接区域后浇混凝土叠合层厚度不宜小于桁架预制板厚度的1.3倍，且不应小于75mm。

密拼钢筋桁架叠合板受弯性能试验研究和设计方法

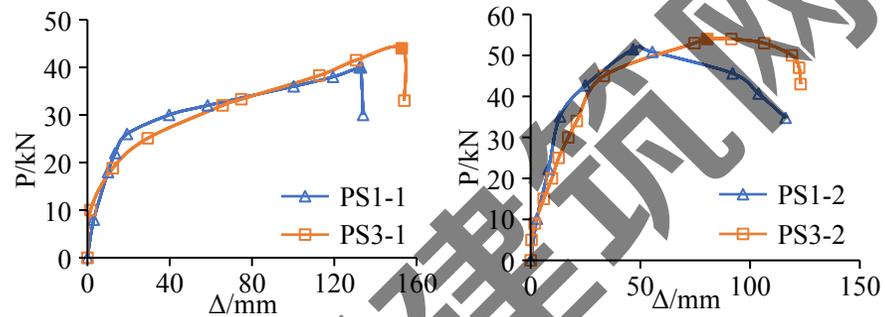
➤ 钢筋桁架位置的影响



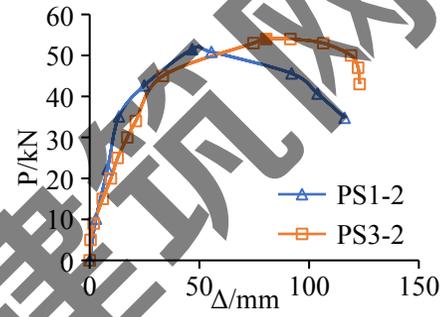
(a) $a=60\text{mm}$ 的试件
(PS1-1、PS1-2、PS1-3、PS1-4)



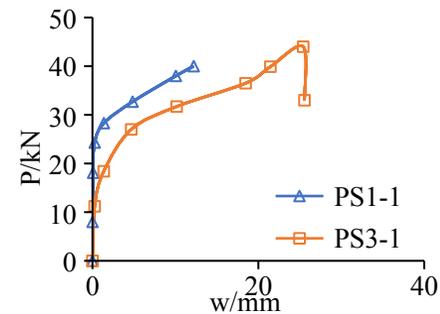
(b) $a=140\text{mm}$ 的试件
(PS3-1、PS3-2、PS3-3、PS3-4)



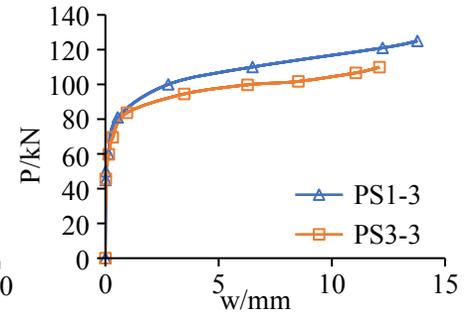
(a) 试件PS1-1和PS3-1



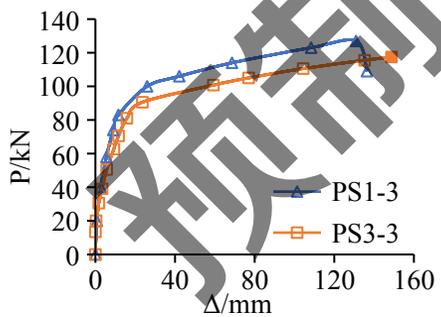
(b) 试件PS1-2和PS3-2



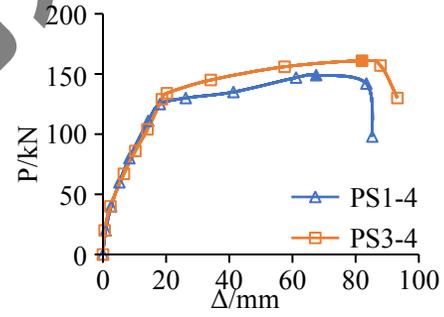
(a) 试件PS1-1和PS3-1



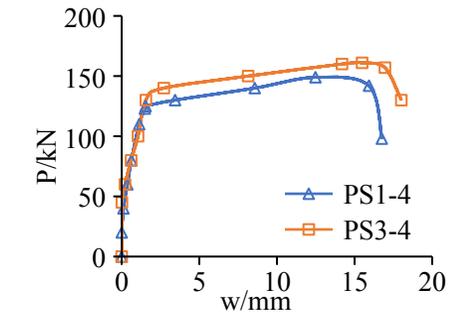
(b) 试件PS1-2和PS3-2



(c) 试件PS1-3和PS3-3



(d) 试件PS1-4和PS3-4

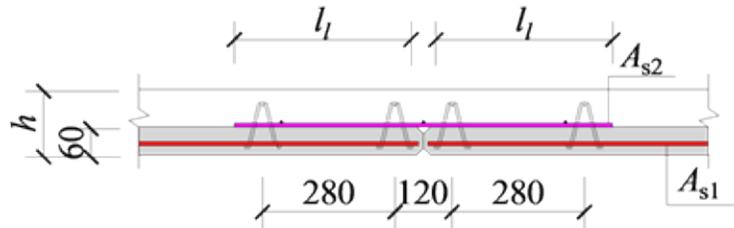


(c) 试件PS1-3和PS3-3

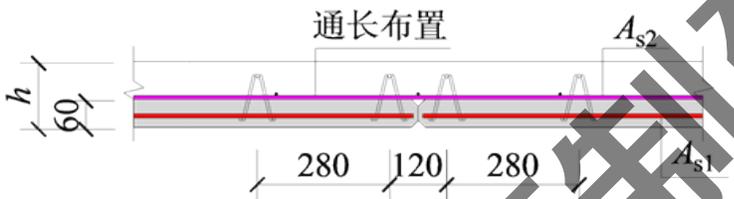
$a=60\text{mm}$ 与 $a=140\text{mm}$ 试件的荷载-跨中挠度曲线较为接近，说明两者的刚度和承载力接近。极限承载力互有高低，相差均在10%以内。板厚为140mm时， $a=140\text{mm}$ 叠合板试件的板底拼缝开裂宽度发展稍快，板厚为200mm时， $a=60\text{mm}$ 和 $a=140\text{mm}$ 叠合板试件的板底拼缝开裂宽度相近。

密拼钢筋桁架叠合板受弯性能试验研究和设计方法

➤ 拼缝处纵筋构造（位置和搭接长度）

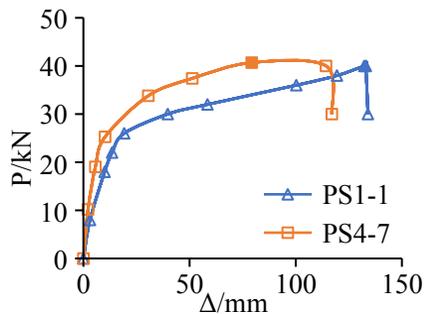


(a) 拼缝处纵筋搭接长度取 l_l 的试件 (PS1-1、PS1-2)

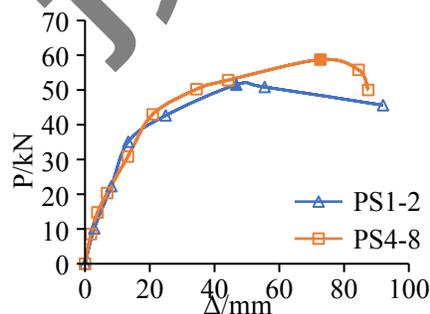


(b) 拼缝处纵筋通长的试件 (PS4-7、PS4-8)

(1) 荷载-挠度曲线

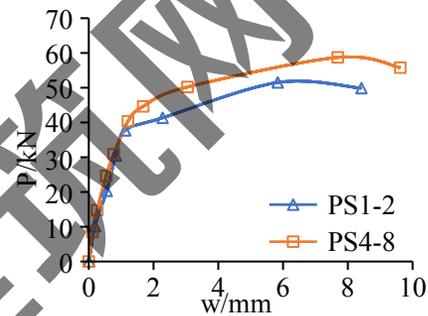


(a) 试件PS1-1和PS4-7

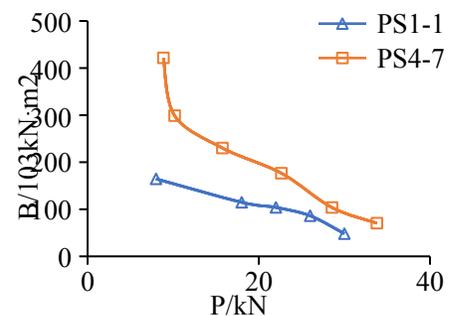


(b) 试件PS1-2和PS4-8

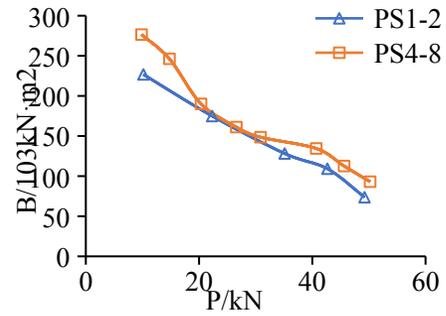
(2) 板底拼缝宽度



(b) 试件PS1-2和PS4-8



(a) 试件PS1-1和PS4-7

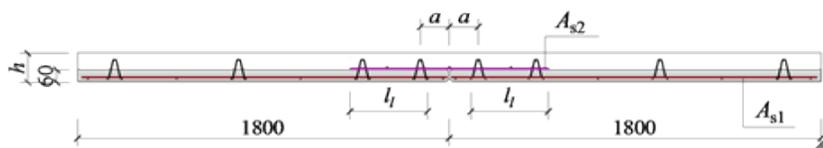


(b) 试件PS1-2和PS4-8

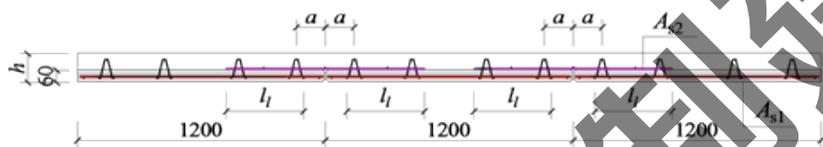
拼缝处纵筋通长试件的极限承载力比搭接长度取 l_l 的试件平均高10%，且刚度稍大，板底拼缝开裂宽度较小。

密拼钢筋桁架叠合板受弯性能试验研究和设计方法

➤ 双拼缝和单拼缝对比

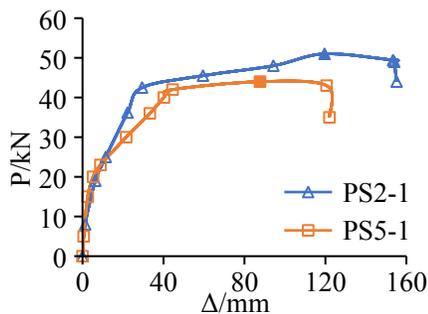


(a) 单拼缝试件 (PS1-1、PS1-2)

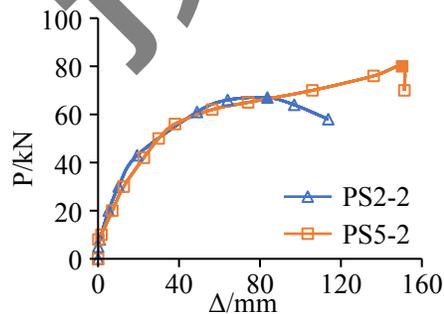


(b) 双拼缝试件 (PS5-1、PS5-2)

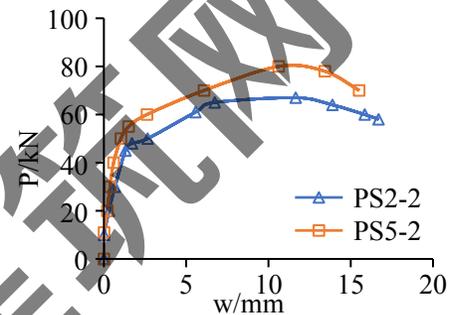
(1) 荷载-挠度曲线



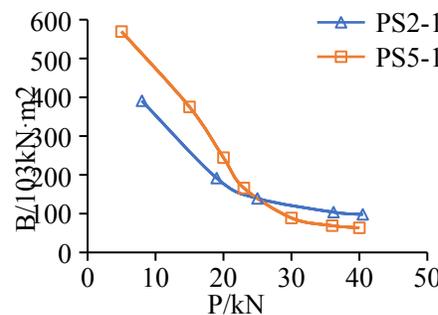
(a) 试件PS2-1和PS5-1



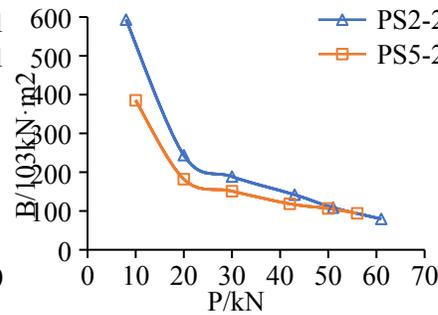
(b) 试件PS2-2和PS5-2



(a) 试件PS2-2和PS5-2



(a) 试件PS2-1和PS5-1

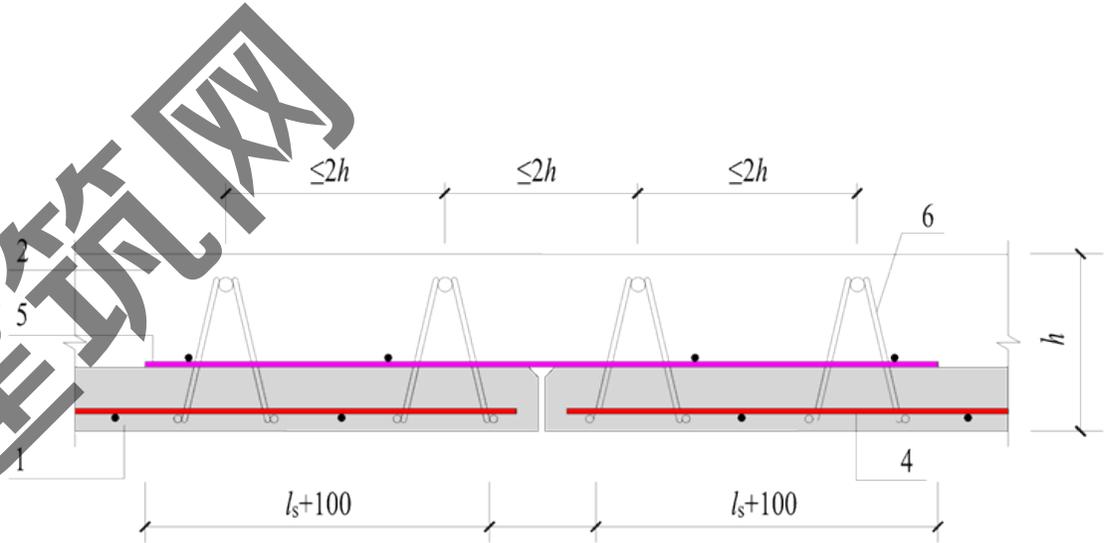


(b) 试件PS2-2和PS5-2

拼缝设置在弯矩较小位置并通过合理的配筋可提高叠合板的承载力，减小板底拼缝开裂宽度，双拼缝试件刚度与单拼缝试件较为接近。

密拼钢筋桁架叠合板受弯性能试验研究和设计方法

➤ 密拼缝处的三种可能的破坏模式



- (1) 新旧混凝土结合面受剪破坏（撕裂）；
- (2) 纵向钢筋间接搭接失效；
- (3) 拼缝处受弯破坏。

密拼钢筋桁架叠合板受弯性能试验研究和设计方法

钢筋桁架对叠合面撕裂的限制作用

- 未设置钢筋桁架的密拼叠合板试件发生脆性的叠合面撕裂破坏；
- 设置钢筋桁架的试件叠合面也会发生撕裂，但撕裂裂缝得到了有效控制；
- 叠合面撕裂裂缝在未越过钢筋桁架时宽度较大，撕裂裂缝越过钢筋桁架后宽度明显降低；
- 随着钢筋桁架与拼缝的距离 a 缩小，叠合面的撕裂裂缝长度也会明显减小。

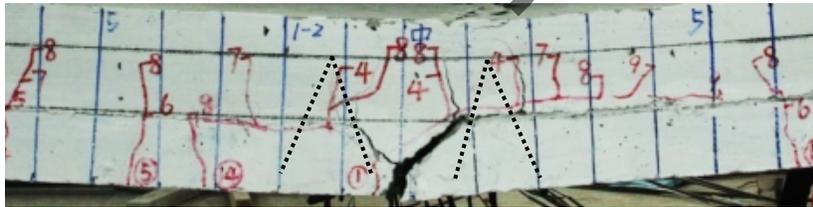
因此，设置钢筋桁架可以有效控制叠合面的撕裂，保证预制底板与后浇层协同受力，钢筋桁架距拼缝越近，对叠合面的撕裂控制越有效。



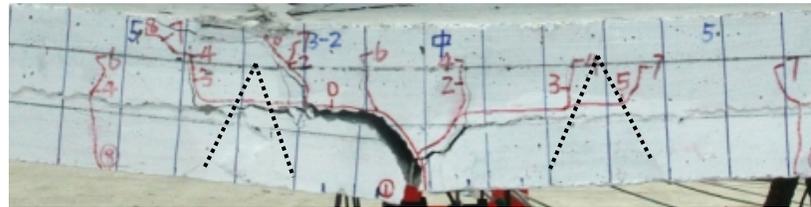
(a) 文献[29]中未设置钢筋桁架的密拼叠合板试件



(b) 文献[29]的钢筋桁架密拼叠合板试件 ($a=300\text{mm}$)



(c) 试件PS1-2 ($a=60\text{mm}$)

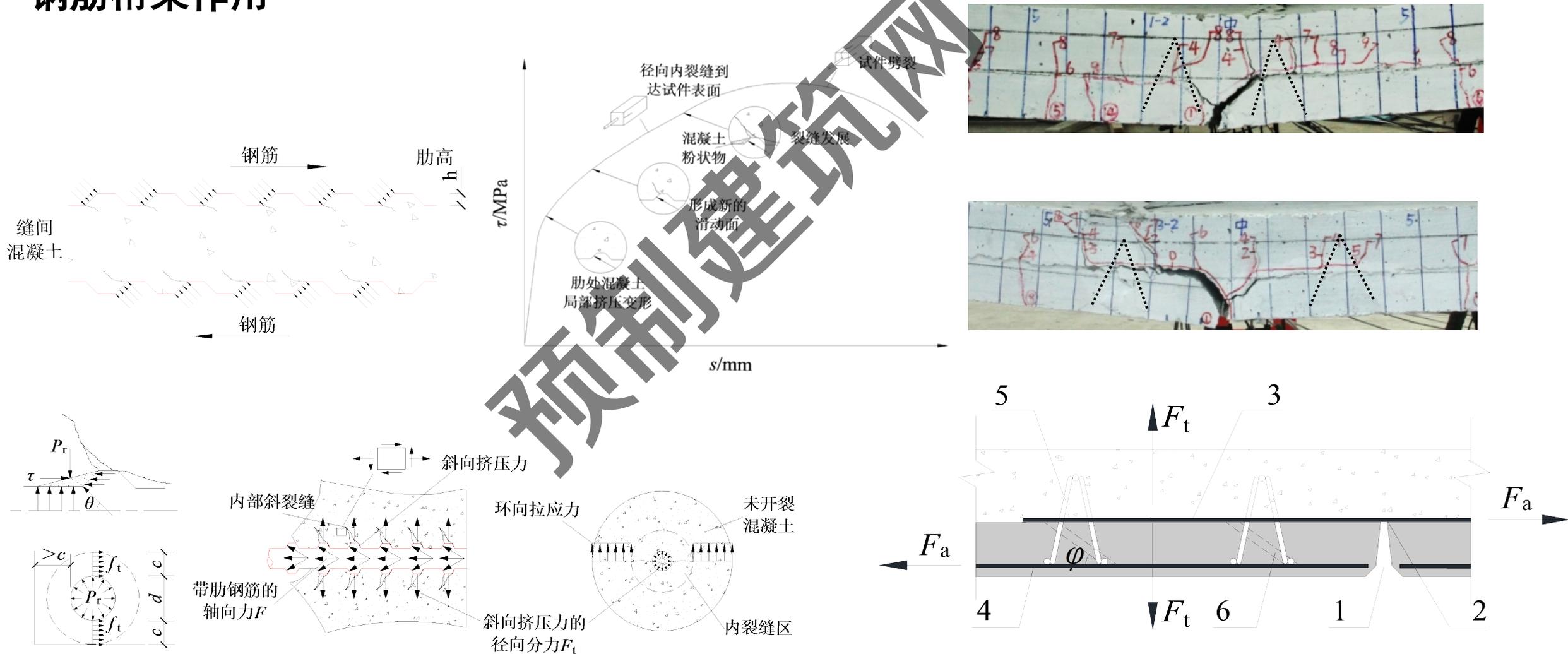


(d) 试件PS3-2 ($a=140\text{mm}$)

图4.7 不同钢筋桁架位置试件叠合面撕裂裂缝

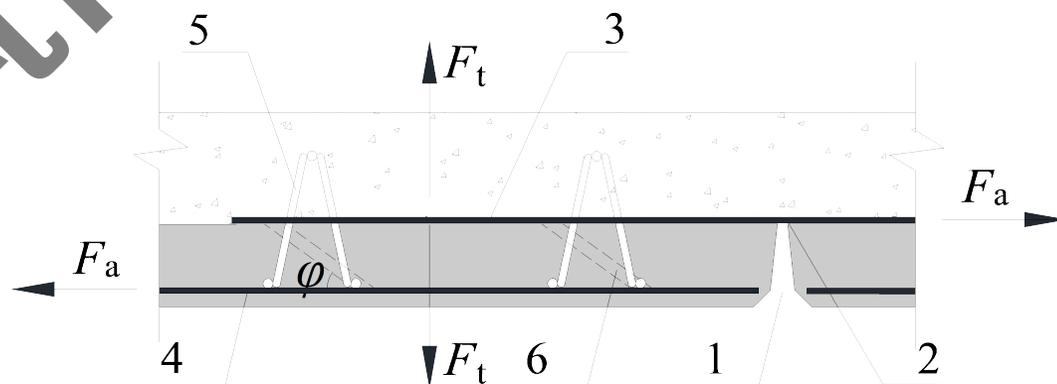
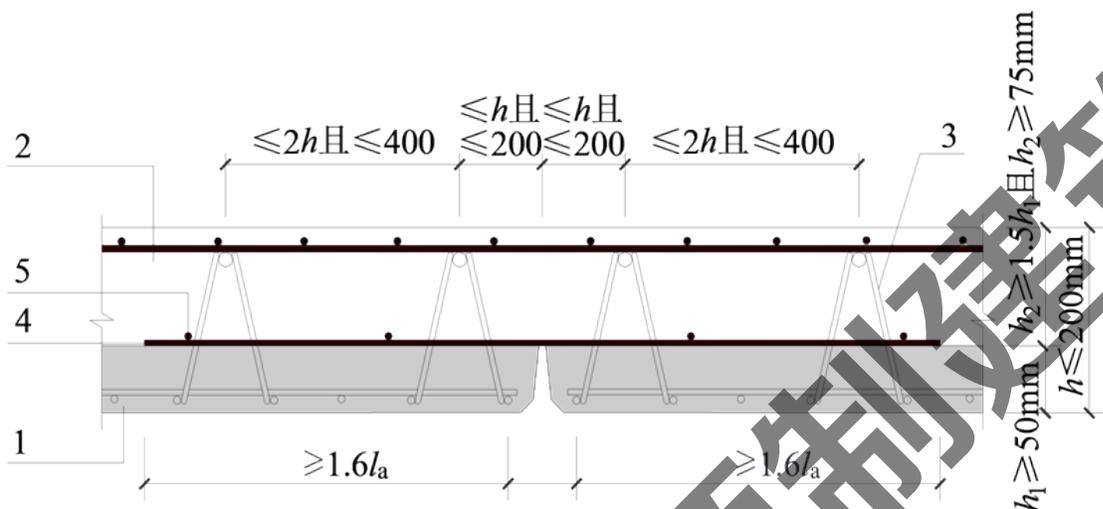
密拼钢筋桁架叠合板受弯性能试验研究和设计方法

钢筋桁架作用



密拼钢筋桁架叠合板受弯性能试验研究和设计方法

➤ 密拼缝处钢筋桁架控制



当接缝处的钢筋桁宜平行于接缝布置时，在一侧纵向钢筋的搭接范围内，应设置不少于2道钢筋桁架，且上弦钢筋的间距不宜大于桁架叠合板总板厚的2倍，且不应大于400mm；靠近接缝的桁架上弦钢筋到桁架预制板接缝边的距离不宜大于桁架叠合板总板厚度，且不应大于200mm。

$$F_a \leq c f_t A_{ch} + n f_y A_{sv} (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) \sin \beta$$

$$F_a \leq n f_y A_{sv} \sin \alpha \sin \beta$$

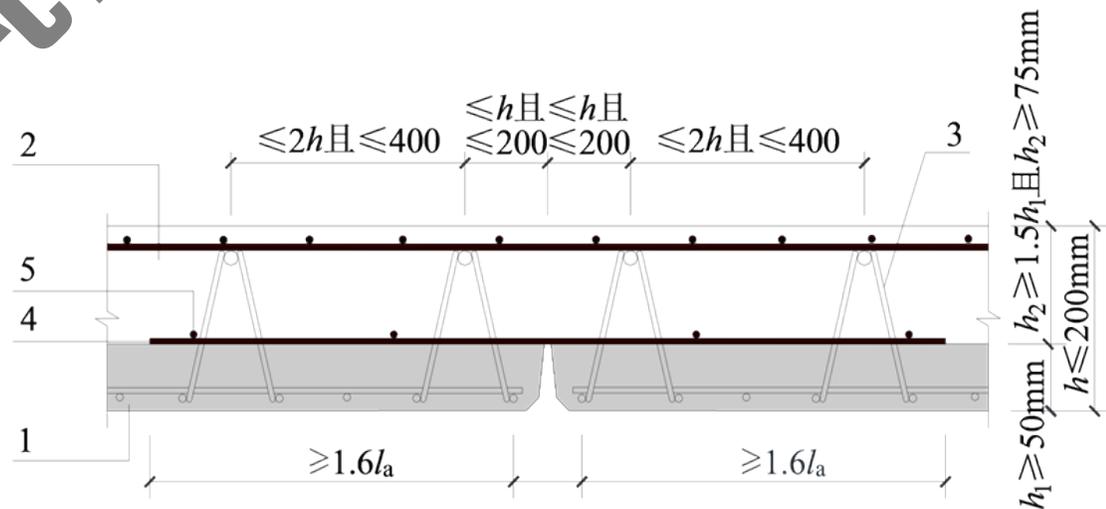
$$F_a = \min(f_y A_{s1}, f_y A_{s2})$$

密拼钢筋桁架叠合板受弯性能试验研究和设计方法

➤ 密拼缝处的受弯承载力计算

桁架叠合板的截面受弯承载力计算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的有关规定，并应符合下列规定：

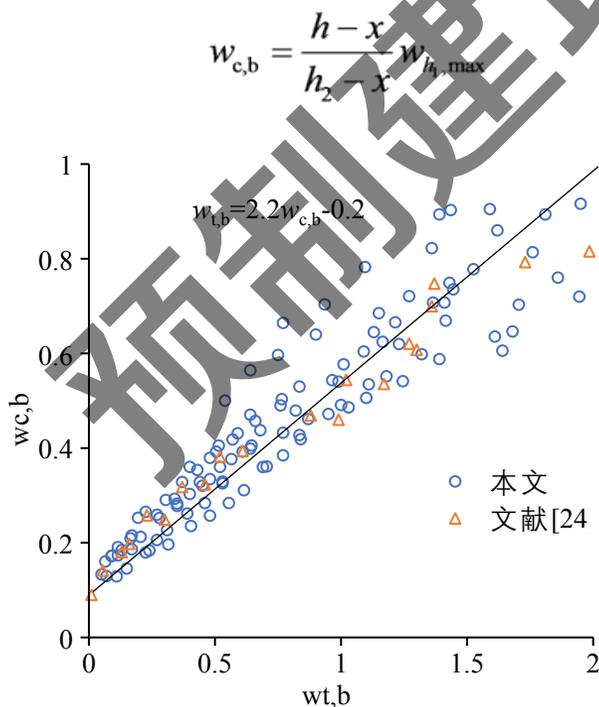
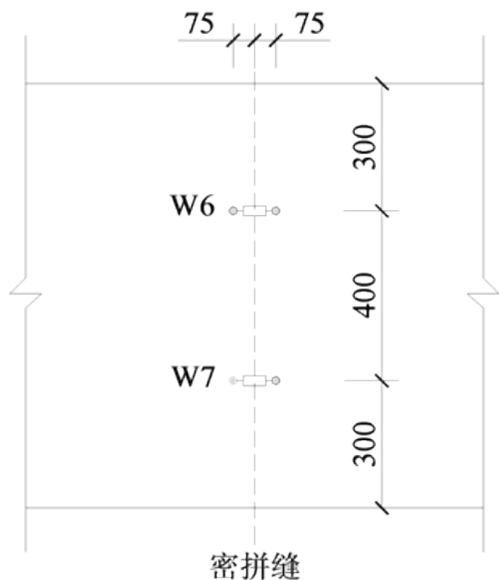
- 1 当桁架预制板与后浇叠合层混凝土强度等级不同时，应按照受压区所处混凝土的强度等级计算受弯承载力；
- 2 整体式接缝处的受弯承载力不应低于接缝两侧叠合板的受弯承载力。



密拼钢筋桁架叠合板受弯性能试验研究和设计方法

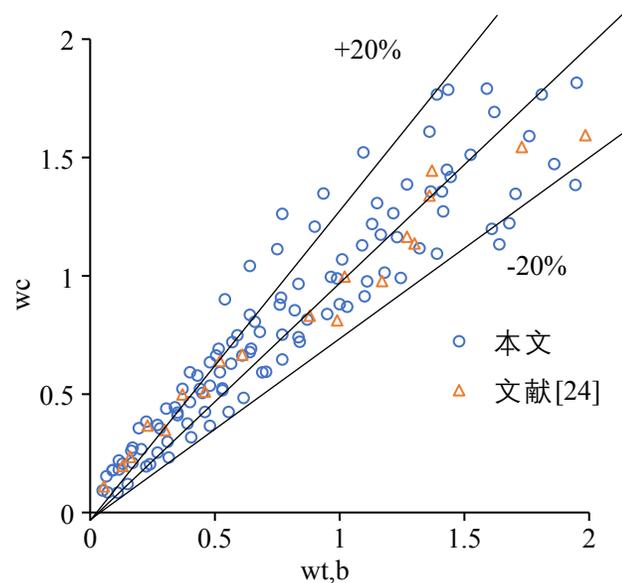
➤ 密拼缝处的板底裂缝

在计算板底拼缝开裂宽度时，密拼叠合板后浇层可单独视作一块整板，采用规范GB 50010-2010中7.1.2节的公式计算后浇层叠合面处的裂缝宽度 $w_{h_1, \max}$ ，再按平截面假定放大至板底拼缝处，板底拼缝开裂宽度 $w_{c,b}$ 的计算公式如下。



(a) 板底拼缝开裂宽度实测值 $w_{t,b}$ 与计算值 $w_{c,b}$ 对比

$$w_c = 2.2 \frac{h-x}{h_2-x} w_{h_1, \max} - 0.2$$



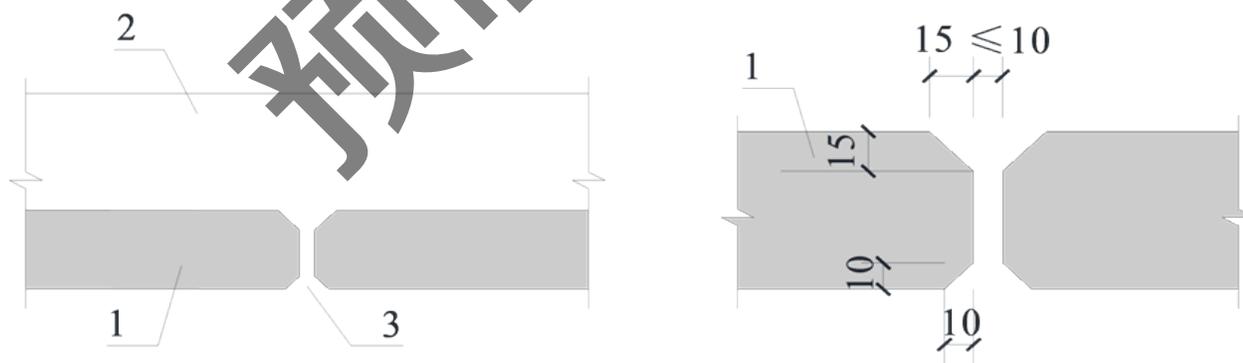
(b) 板底拼缝开裂宽度实测值 $w_{t,b}$ 与计算值 w_c 对比

密拼钢筋桁架叠合板受弯性能试验研究和设计方法

➤ 密拼缝的几何构造



(a) 底边连续倒角构造示意



(b) 两边倒角构造示意

结束语

1 所介绍的内容是《钢筋桁架叠合楼板应用技术规程》（送审稿）的内容，仅供参考，不作为设计/生产/施工的依据。

结束语

2 国外相关新技术的**引进**，需要通过**研究**使其“**中国化**”，通过**标准**使其**落地**。

预制建筑网

结束语

3 装配整体式混凝土结构的设计，应是在保证安全的前提下，充分考虑方案的易施工性。高效施工的前提是有适于高效施工的结构，智能建造的前提也是有适于智能建造的结构。
“好”的设计，方有“好”的施工。

谢谢！ 敬请批评指正！

赵 勇

Email: yongzhao@tongji.edu.cn

手机/微信: 15800749021

地址: 上海市四平路1239号同济大学土木工程学院楼
建筑工程系A406 (邮编: 200092)

Part.2 试验方案

测量方案

(1) 位移计布置

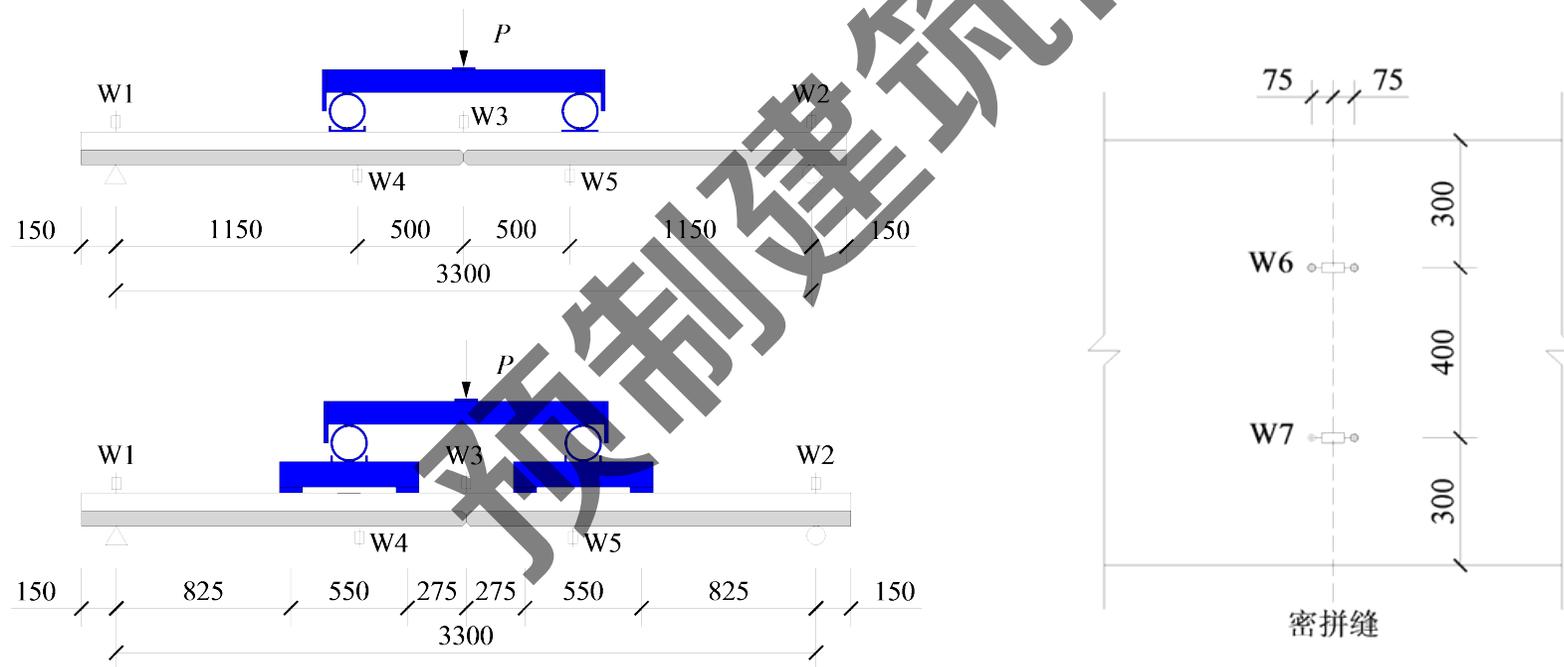


图2.3 位移计布置示意

Part.2 试验方案

测量方案

(2) 应变片布置

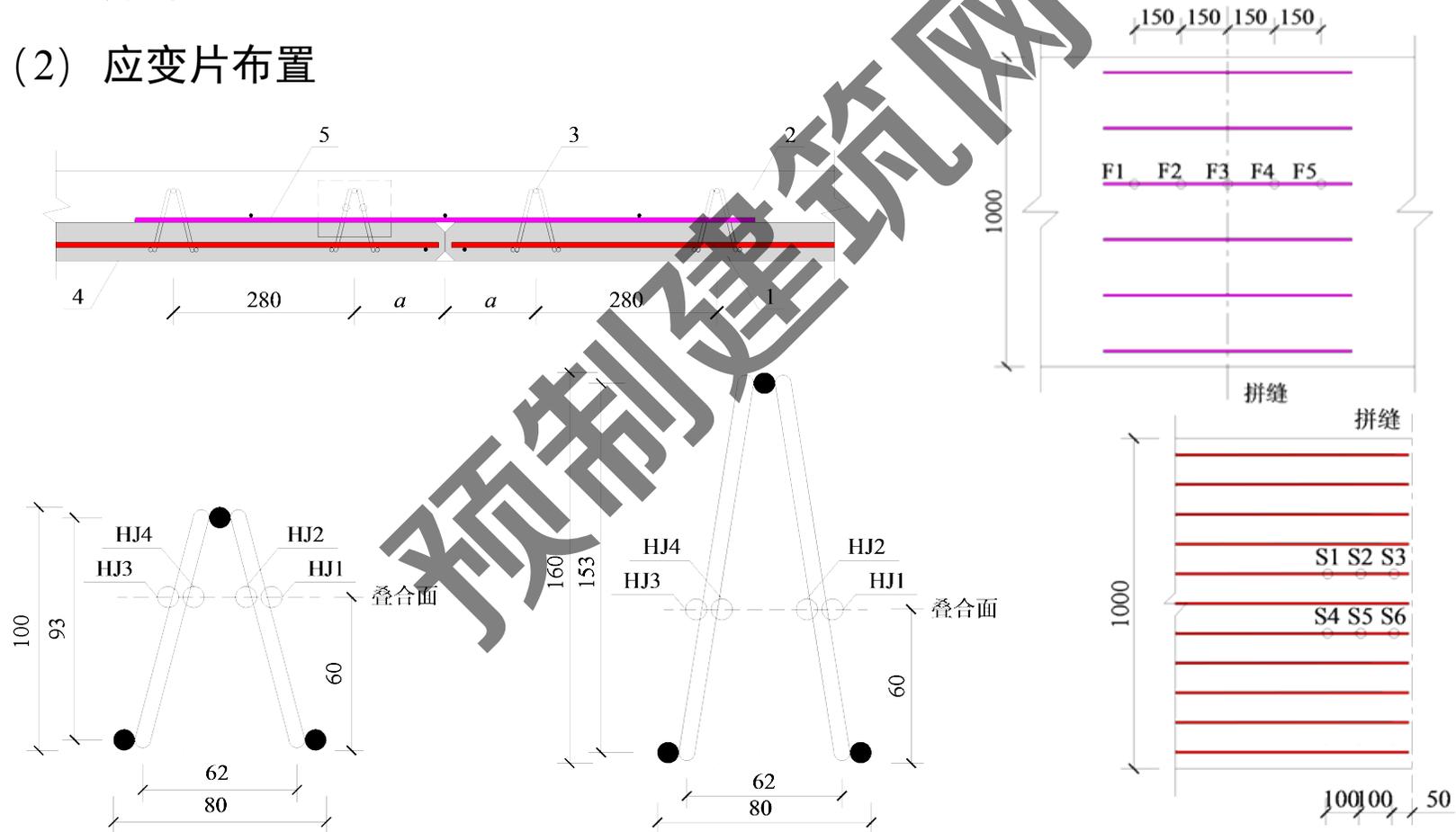


图2.4 应变片布置示意

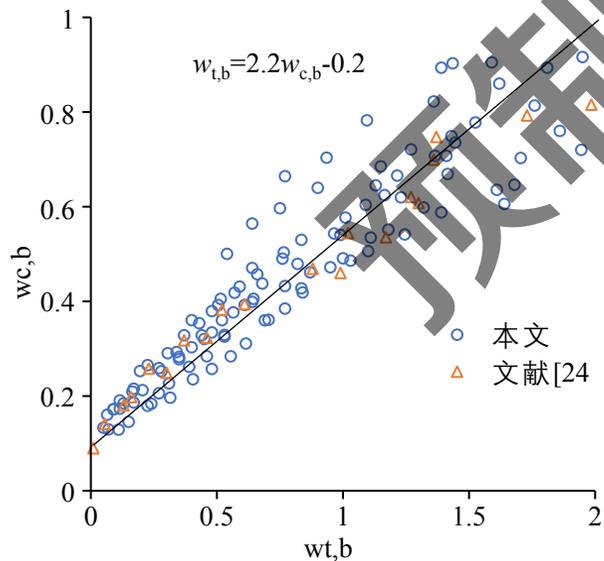
三、计算方法分析

(1) 板底拼缝开裂宽度分析

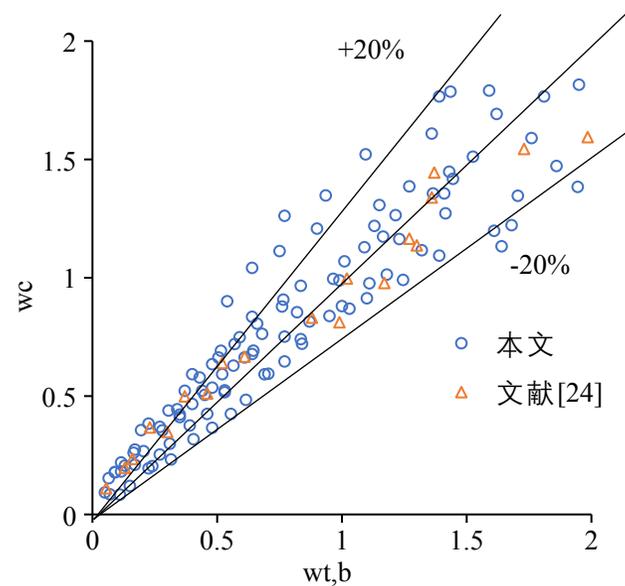
在计算板底拼缝开裂宽度时，密拼叠合板后浇层可单独视作一块整板，采用规范GB 50010-2010中7.1.2节的公式计算后浇层叠合面处的裂缝宽度 $w_{h,max}$ ，再按平截面假定放大至板底拼缝处，板底拼缝开裂宽度 $w_{c,b}$ 的计算公式如式(4-5)。

$$w_{c,b} = \frac{h-x}{h_2-x} w_{h,max} \quad (4-5)$$

$$w_c = 2.2 \frac{h-x}{h_2-x} w_{h,max} - 0.2 \quad (\text{mm}) \quad (4-6)$$



(a) 板底拼缝开裂宽度实测值 $w_{t,b}$ 与计算值 $w_{c,b}$ 对比

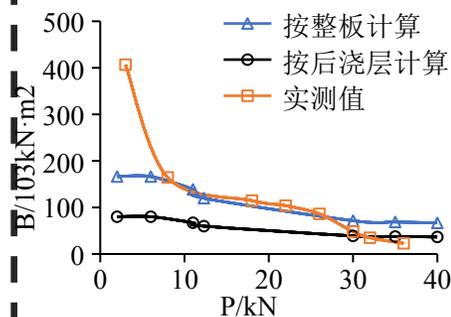


(b) 板底拼缝开裂宽度实测值 $w_{t,b}$ 与计算值 w_c 对比

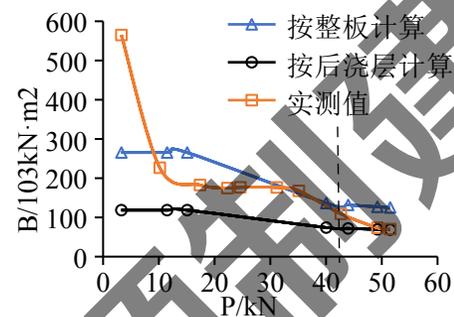
三、计算方法分析

(2) 刚度分析

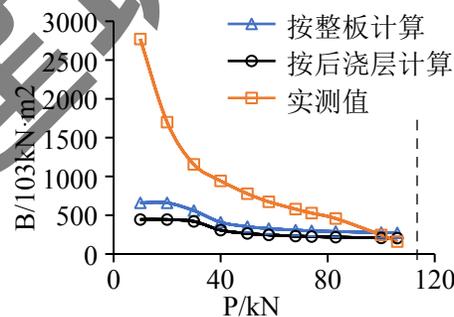
在拼缝处纵筋屈服前，叠合板试件刚度实测值的曲线均位于按整板计算的计算值曲线之上或与之接近，说明按整板厚度和预制底板纵筋计算的刚度具有较高的安全度。因此，在正常使用状态下，建议刚度计算可用规范GB 50010-2010的公式按**整板厚度和预制底板纵筋**进行计算。



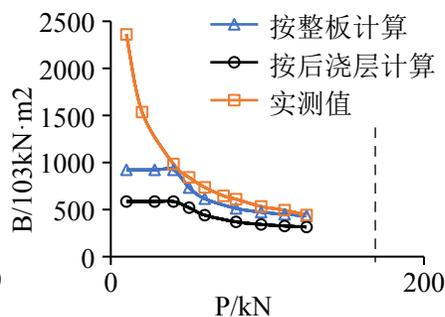
(a) 试件PS1-1



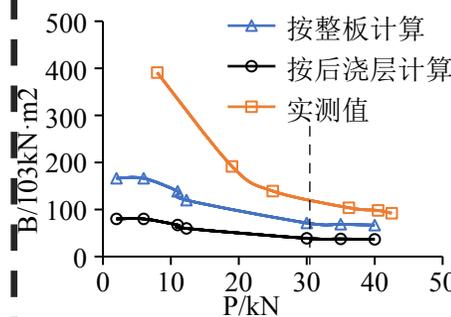
(b) 试件PS1-2



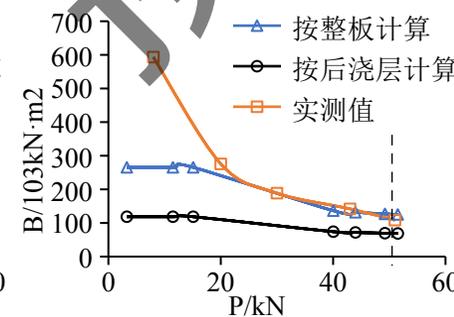
(c) 试件PS1-3



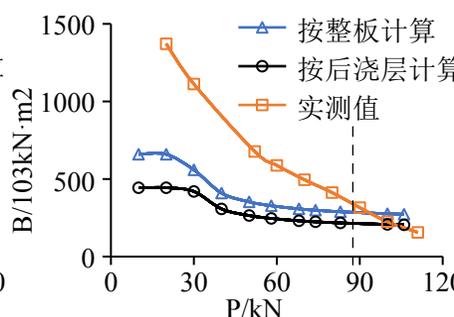
(d) 试件PS1-4



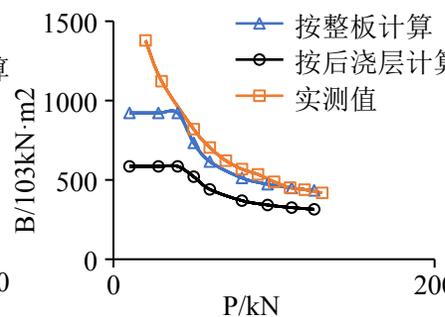
(e) 试件PS2-1



(f) 试件PS2-2



(g) 试件PS2-3

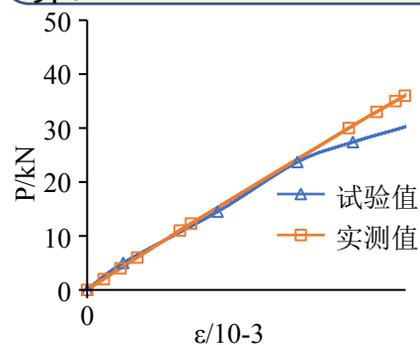


(h) 试件PS2-4

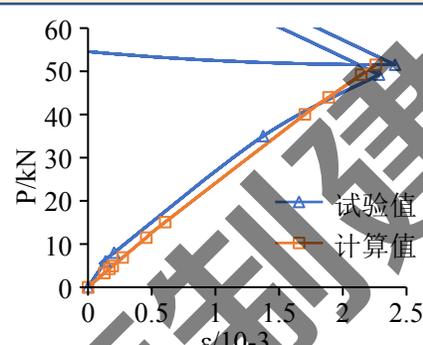
三、计算方法分析

(3) 受弯承载力分析

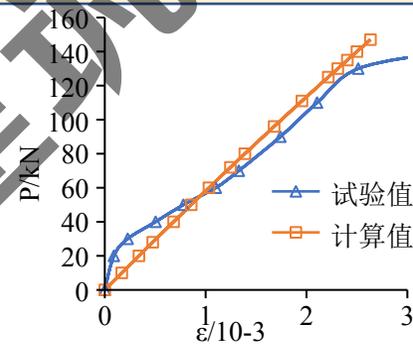
从图中可以看出，拼缝处纵筋应变计算值和实测值都较为接近，说明正常使用状态下后浇层满足平截面假定，拼缝处正截面受弯承载力可按规范规范GB 50010-2010中6.2节的相关公式按后浇层单独受力进行计算。



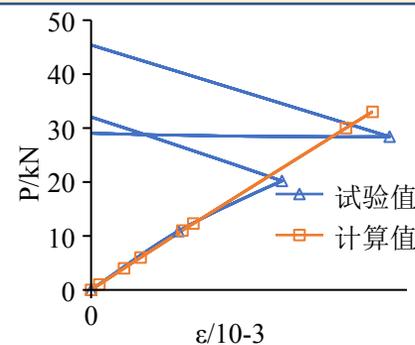
(a) 试件PS1-1



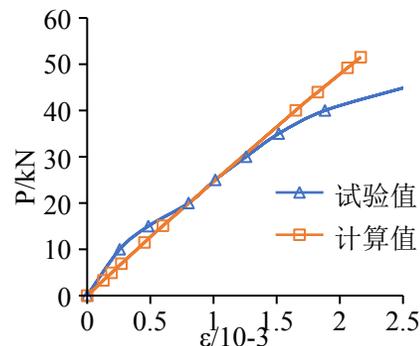
(b) 试件PS1-2



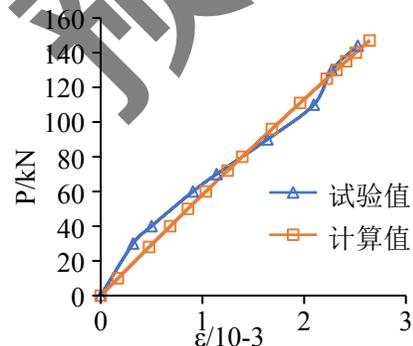
(c) 试件PS1-4



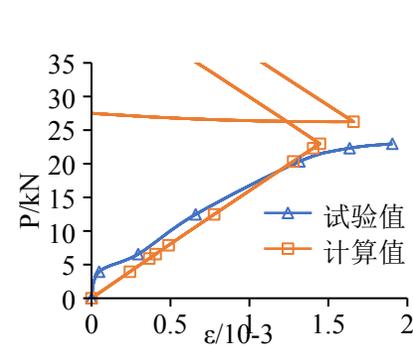
(d) 试件PS3-1



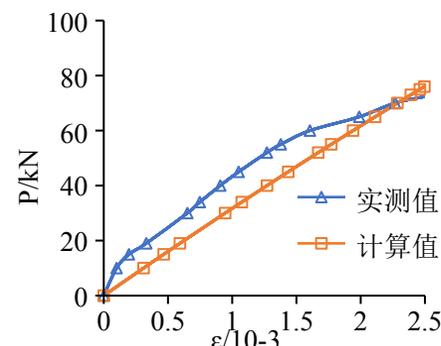
(e) 试件PS3-2



(f) 试件PS3-4



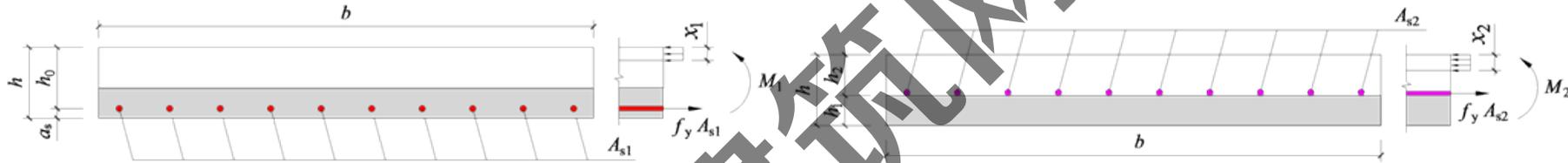
(g) 试件PS4-5



(h) 试件PS4-6

三、计算方法分析

(3) 受弯承载力分析



(a) 跨中非拼缝截面受力分析 (不计拼缝处纵筋)

$$M_1 = f_y A_{s1} \left(h_0 - \frac{f_y A_{s1}}{2\alpha_1 f_c b} \right) \quad (4-7)$$

(b) 跨中拼缝截面受力分析

$$M_2 = f_y A_{s2} \left(h_2 - \frac{f_y A_{s2}}{2\alpha_1 f_c b} - \frac{d_2}{2} \right) \quad (4-8)$$

● 预制底板按受力设计时 $M_2 \geq M_1$

● 预制底板作为模壳使用时 $M_2 \geq M_u$

$$A_{s2} \geq \frac{\alpha_1 f_c b (h_2 - d/2) - \sqrt{(\alpha_1 f_c b)^2 (d_2/2 - h_2)^2 - f_y A_{s1} \left(h_0 - \frac{f_y A_{s1}}{2\alpha_1 f_c b} \right)}}{f_y} \quad (4-9)$$

$$M_2 = f_y A_{s2} \left(h_2 - \frac{f_y A_{s2}}{2\alpha_1 f_c b} - \frac{d_2}{2} \right) \geq M_u \quad (4-10)$$

文中试件拼缝处纵筋屈服时的承载力比计算值平均高1%，近似相等。试件挠度达1/50L时，密拼钢筋桁架叠合板的承载力实测值比计算值平均高36%，因此按规范GB 50010-2010中6.2节的相关公式进行承载力计算较为可靠。



设计建议

Part.5

预知制建筑网

Part.5 设计建议

(1) 配筋设计和受弯承载力计算

● 预制底板按受力设计时

后浇层按拼缝处纵筋计算的受弯承载力 M_2 ，需等同按预制底板配筋面积的整浇板的受弯承载力 M_1 。设计拼缝处纵筋时，其配筋面积需使承载力计算值 $M_2 \geq M_1$ ，即：

$$M_2 = f_y A_{s2} (h_2 - \frac{f_y A_{s2}}{2\alpha_1 f_c b} - \frac{d_2}{2}) \geq M_1 = f_y A_{s1} (h_0 - \frac{f_y A_{s1}}{2\alpha_1 f_c b})$$
$$A_{s2} \geq \frac{\alpha_1 f_c b (h_2 - d/2) - \sqrt{(\alpha_1 f_c b)^2 (d_2/2 - h_2)^2 - f_y A_{s1} (h_0 - \frac{f_y A_{s1}}{2\alpha_1 f_c b})}}{f_y}$$

式中： d_2 ——拼缝处纵筋直径；
 b ——桁架钢筋叠合板单位板宽，取为1000mm；
 α_1 ——系数，对于C50等级以下的混凝土取1.0；
 A_{s1} ——为预制底板受力纵筋单位板宽的配筋面积；
 A_{s2} ——为拼缝处纵筋单位板宽的配筋面积；
 h_0 ——非拼缝截面的有效高度；
 x_1 ——非拼缝截面混凝土的等效受压区高度；
 x_2 ——拼缝截面混凝土的等效受压区高度。

● 预制底板作为模壳使用时

预制底板作为模壳使用时，底板钢筋采用构造配筋，此时后浇层按拼缝处纵筋计算的承载力应大于正常使用状态下的承载力设计值 M_u ，即 $M_2 \geq M_u$ ，此时拼缝处纵筋的面积按下式进行计算：

$$M_2 = f_y A_{s2} (h_2 - \frac{f_y A_{s2}}{2\alpha_1 f_c b} - \frac{d_2}{2}) \geq M_u$$

钢筋桁架腹杆筋抗拉力验算

$$F = \max (f_y A_{s1}, f_y A_{s2})$$

$$F_t = F \tan \theta \leq T = n \cdot f_{yv} A_{sv} \sin \alpha \sin \beta$$

式中： T ——钢筋桁架腹杆筋的抗拉力
 n ——拼缝处纵筋搭接区段内钢筋桁架的数量；
 f_{yv} ——腹杆筋抗拉强度实测值；
 A_{sv} ——腹杆筋总面积；
 F_t ——钢筋肋对混凝土产生的斜向挤压力的径向分力；

θ ——斜向挤压力与纵筋水平力的夹角，取 $\theta=45^\circ$

Part.5 设计建议

(2) 裂缝计算

计算板底拼缝开裂宽度时，密拼叠合板后浇层可单独视作一块整板，采用规范GB 50010-2010中7.1.2节的公式计算后浇层叠合面处的裂缝宽度，再按下式对板底拼缝开裂宽度 w_c 进行计算。

$$w_c = 2.2 \frac{h-x}{h_2-x} w_{h_1, \max} - 0.2 \text{ (mm)}$$

式中： $w_{h_1, \max}$ ——按现行国家标准规范GB 50010-2010计算的叠合面处最大裂缝宽度；

h ——为叠合板总高度；

h_2 ——为后浇层厚度；

x ——后浇层混凝土的等效受压高度。

(3) 刚度计算

密拼钢筋桁架叠合板在正常使用状态下的刚度，可按规范GB 50010-2010中7.2.3节的公式按**整板厚度和底板纵筋**进行计算。

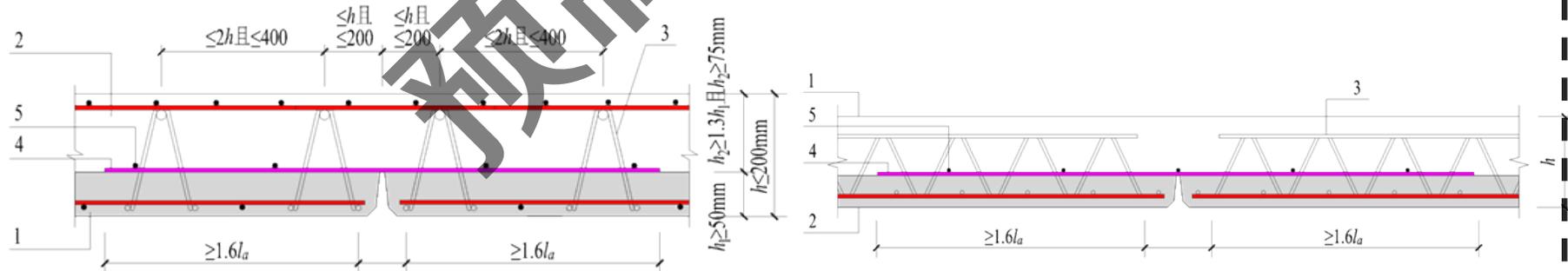
Part.5 设计建议

(4) 构造设计

拼缝处的桁架钢筋应符合下列规定：

1) 当钢筋桁架平行拼缝时（图5.1（a）），在一侧纵向钢筋的搭接范围内，应设置不少于**2道**钢筋桁架，且钢筋桁架上弦杆的间距不宜大于桁架叠合板总板厚的**2倍**，且不应大于**400mm**；靠近拼缝的钢筋桁架的上弦筋到桁架预制板拼缝边的距离不宜大于桁架叠合板总板厚度，且不应大于**200mm**；拼缝处叠合面纵向钢筋与预制板底板纵向钢筋的搭接长度应从距离拼缝最近一道桁架钢筋的腹杆筋与下弦筋交点起算。

2) 当钢筋桁架垂直拼缝时（图5.1（b）），一侧的钢筋桁架上弦筋的间距不应大于**600mm**；拼缝处叠合面纵向钢筋应设置在钢筋桁架位置，拼缝处纵筋与预制板底板纵向钢筋的搭接长度应从距离接缝最近一个腹杆筋与下弦筋交点起算。



(a) 钢筋桁架平行于拼缝的构造示意

(b) 钢筋桁架垂直于拼缝的构造示意

1-预制底板；2-后浇叠合层；3-钢筋桁架；4-拼缝处纵筋；5-叠合面分布钢筋

图5.1 密拼钢筋桁架叠合板的构造示意



结论与展望

Part.6

预知制建筑网

一、结论

本文通过试验结果对比与机理分析，得到如下主要结论：

- 密拼钢筋桁架叠合板的刚度和极限受弯承载力均比整浇板的平均低约15%，随后浇层的增大，二者比值趋近。
- 在搭接范围内设置两道钢筋桁架可有效控制叠合面的撕裂，且钢筋桁架距拼缝越近可减少叠合面的撕裂长度和板底拼缝的开裂宽度，提高试件的刚度。
- 通过传力机理分析建立了间接搭接桁架模型，并推导得到钢筋桁架腹杆与纵筋的定量关系。通过统计分析得到了板底拼缝开裂宽度的计算公式，计算值与实测值符合较好。
- 结合试验结果和机理分析，提出了双向钢筋桁架叠合板密拼整体式拼缝的设计方法和构造措施的建议。

二、展望

由于时间和实验条件限制，本文的研究还不够全面，对于进一步的研究工作提出了以下设想：

- 钢筋桁架腹杆筋承担钢筋肋对混凝土产生的斜向挤压力的径向分力，但其受力前提是腹杆筋在预制底板中的可靠锚固，可对钢筋桁架的锚固性能进行试验研究；
- 本文的试验针对的是钢筋桁架平行于拼缝的情况，对于钢筋桁架垂直于拼缝的情况，可进一步研究；
- 可通过有限元分析，对双向板拼缝的传力机理进行研究，分析钢筋桁架在传力中的作用，进一步完善间接搭接桁架模型。

谢谢！

预制建筑网