



CECS XXX:202X

中国工程建设标准化协会标准

钢筋预应力混凝土叠合板技术规程

Technical Specification for Prestressed Concrete Composite Slab
with Steel Ribs

(征求意见稿)

中国计划出版社

中国工程建设标准化协会标准

钢筋预应力混凝土叠合板技术规程

Technical Specification for Prestressed Concrete Composite Slab
with Steel Ribs

CECS **: 202x

主编单位：山东大学

荣华（青岛）建筑科技有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：202X 年 XX 月 XX 日

中国计划出版社

202X 年 北 京

公 告

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2021 年第一批协会标准制订、修订计划>（建标协字[2021]11 号）的要求，编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制订了本规程。

本规程主要技术内容包括：总则，术语和符号，材料，结构设计，构造要求，制作、运输与堆放，施工安装，质量验收。

本规程的某些内容涉及一种波纹腹板预应力混凝土叠合板及其制备方法、一种钢腹板预应力混凝土叠合板等专利。涉及专利的问题，使用者可直接与主编单位及专利权人协商处理。除此之外，部分内容仍有可能直接或间接涉及其他专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会预应力工程专业委员会归口管理，由 xxxx 负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送 xxxx，以供修订时参考。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人员和主要审查人员：

主编单位：山东大学

荣华（青岛）建筑科技有限公司

参编单位：

主要起草人员：

主要审查人员：

目 次

1 总则	5
2 术语和符号	6
2.1 术 语	6
2.2 符 号	9
3 材料	14
3.1 混凝土	14
3.2 钢筋	14
3.3 钢材	15
4 基本设计规定	16
4.1 一般规定	16
4.2 荷载与内力分析	18
5 结构计算	23
5.1 一般规定	23
5.2 承载能力极限状态计算	24
5.3 正常使用极限状态计算	25
6 构造要求	31
6.1 一般规定	31
6.2 钢筋、钢肋布置	31
6.3 支座构造要求	34
7 制作、运输与堆放	37
7.1 一般规定	37
7.2 构件制作	37
7.3 构件检验	39
7.4 构件运输与堆放	42
8 施工安装	43
8.1 一般规定	43
8.2 安装	43
8.3 叠合层混凝土施工	45
9 质量验收	45
9.1 一般规定	47
9.2 进场验收	47
9.3 安装验收	48
附录 A 正交各向异性板的修正弹性计算系数	50
本规程用词说明	54
引用标准名录	55

Contents

1	General Provisions	5
2	Terms and Symbols.....	6
2.1	Terms	6
2.2	Symbols.....	9
3	Materials	14
3.1	Concrete	14
3.2	Steel Reinforcement	14
3.3	Steel.....	15
4	Basic Requirements	16
4.1	General Requirements	16
4.2	Loads and Load Effects.....	18
5	Structural Design and Calculation	23
5.1	General Requirements	23
5.2	Ultimate Limit States	24
5.3	Serviveability Limit States	25
6	Detailing Requirements	31
6.1	General Requirements	31
6.2	Arrangement of Reinforcements and Steel.....	31
6.3	End Detailing Requirements	34
7	Manufacture, Transportation and Storage.....	37
7.1	General Requirements	37
7.2	Manufacture	37
7.3	Precast Component Testing.....	39
7.4	Transportation and Storage	42
8	Construction.....	43
8.1	General Requirements	43
8.2	Installation.....	43
8.3	Concrete Topping Construction	45
9	Construction Quality Acceptance	45
9.1	General Requirements	47
9.2	Site Acceptance.....	47
9.3	Installation Acceptance	48
	Appendix A Modified Elastic Calculation Coefficients of Orthotropic Plates	50
	Explanation of Wording in This Specification.....	54
	List of Quoted Standards	55

1 总则

1.0.1 为规范钢肋预应力混凝土叠合板的工程应用，做到安全适用、经济合理、技术先进、保证质量，制定本规程。

【条文说明】

钢肋预应力混凝土叠合板是系列钢混组合预应力混凝土叠合板中的一种，具有整体性能好、抗裂性能优、底板刚度大、施工阶段可免支撑或少支撑等优点。钢肋预应力混凝土叠合板由预制混凝土底板、钢腹板与混凝土上翼缘组成，混凝土上翼缘提供的刚度能够有效减少预制板的反拱值，并且在脱模、堆放、安装及施工阶段可提供必要的承载力和刚度，避免预制板在短暂设计状况下的损坏。为规范钢肋预应力混凝土叠合板的设计、制作、施工及验收，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于抗震设防烈度为 8 度及 8 度以下地区的采用钢肋预应力混凝土叠合板建筑的设计、制作、施工及验收。

【条文说明】

现有钢肋预应力混凝土叠合板研究与工程应用均为抗震设防烈度为 8 度及 8 度以下地区。当在设防烈度为 8 度以上地区应用钢肋预应力混凝土叠合板时，应进行专门研究并采取加强措施。

1.0.3 钢肋预应力混凝土叠合板的设计、制作、施工及验收除应符合本规程规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

【条文说明】

执行的国家现行有关标准包含但不限于：《混凝土结构通用规范》GB 55008、《钢结构通用规范》GB 55006、《混凝土结构设计规范》GB 50010、《钢结构设计标准》GB 50017、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、《装配式混凝土结构应用技术规程》JGJ1 等。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 钢肋预应力混凝土叠合板 prestressed concrete composite slab with steel ribs

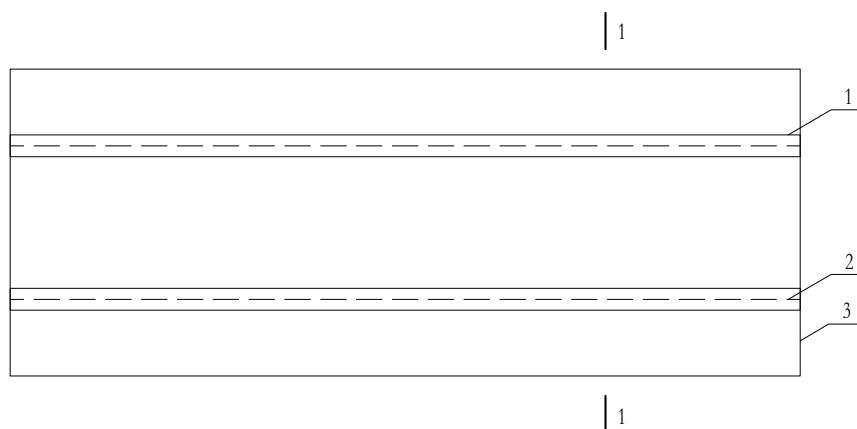
在钢肋预制板上现场布设钢筋，浇筑混凝土后形成的整体受力叠合板，简称钢肋叠合板。

2.1.2 预制钢肋预应力混凝土板 precast prestressed concrete slab with steel ribs

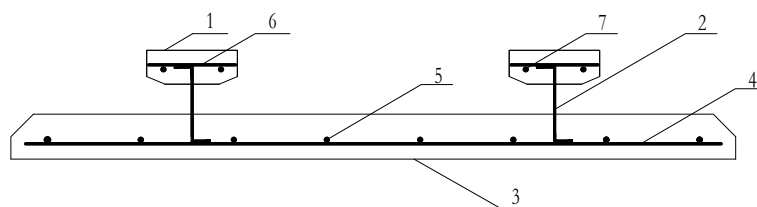
由钢肋、混凝土上翼缘和预制底板组合而成的预制钢肋混凝土板，简称钢肋预制板。

【条文说明】

2.1.2 预制钢肋预应力混凝土板用作钢肋叠合板的底板（图 1）。钢肋预制板在制作、施工过程中独立承载，并作为钢肋叠合板的永久模板，浇筑叠合层混凝土后形成钢肋预应力混凝土叠合板。



(a) 平面图



(b) 1-1 剖面图

图 1 预制钢肋预应力混凝土板

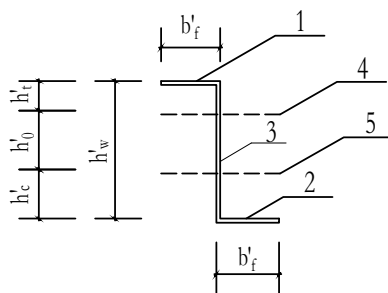
1-混凝土上翼缘；2-钢肋；3-预制底板；4-板底分布钢筋；5-预应力钢筋；6-混凝土上翼缘分布钢筋；7-混凝土上翼缘纵向钢筋

2.1.3 钢肋 steel rib

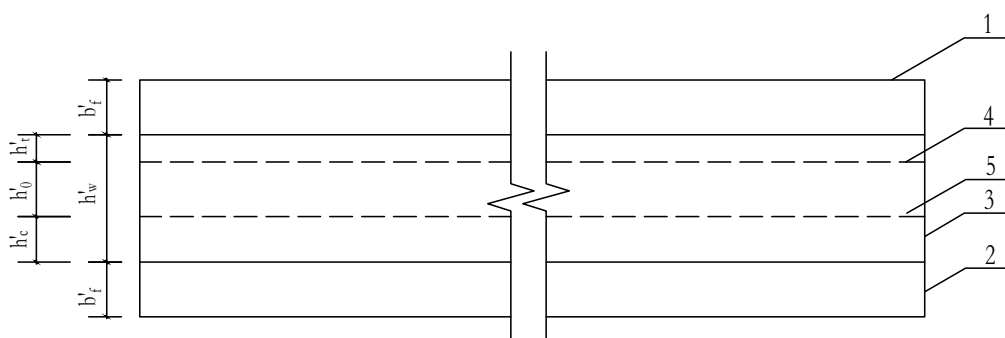
连接混凝土上翼缘与预制底板成为一体、抵抗剪力的薄壁型钢；钢筋截面形状可为 Z 形、C 形、H 形或波纹形。

【条文说明】

2.1.3 混凝土上翼缘和预制底板通过一次成型的 Z 形、C 形、H 形薄壁型钢或者波纹钢板进行连接。



(a) 剖面图



(b) 展开图

图 2 Z 形钢板示意图

1-钢肋上翼缘；2-钢肋下翼缘；3-钢肋腹板；4-混凝土上翼缘下表面；5-预制底板上表面； b'_f -钢肋翼缘宽度； h'_w -钢肋腹板高度； h'_t -钢肋在混凝土上翼缘中的锚固深度； h'_c -钢肋在预制底板中的锚固深度； h'_0 -钢肋腹板外露高度

2.1.4 预制混凝土上翼缘 precast concrete flange

与钢肋浇筑成一体、用于提高钢肋预制板抗弯刚度和承载力的混凝土薄板。

2.1.5 预制预应力混凝土底板 precast prestressed concrete slab

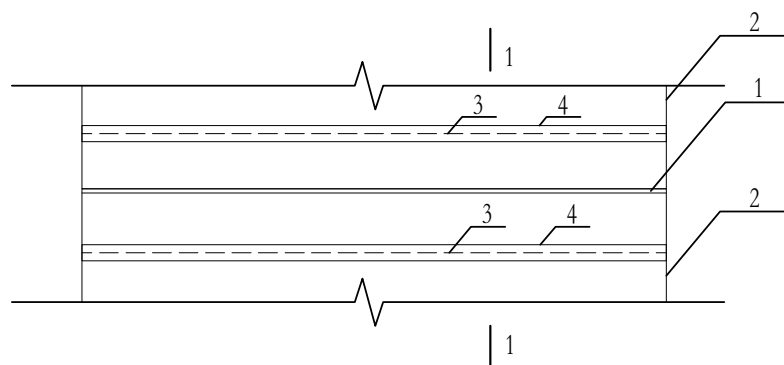
与钢肋浇筑成一体、配置纵向预应力钢筋和横向分布钢筋的混凝土薄板，简称预制底板。

2.1.6 密拼接缝 close joint

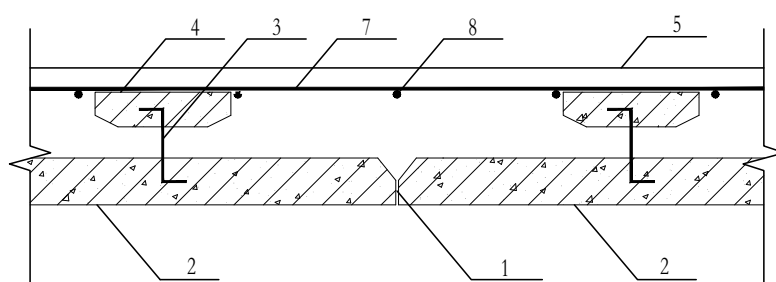
两块钢肋预制板相邻预制底板侧边之间采用密拼的接缝。

【条文说明】

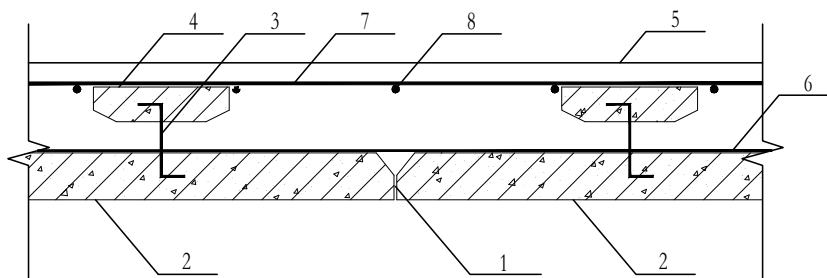
2.1.6 钢肋叠合板采用密拼分离式拼缝。



(a) 平面图



(b) 1-1 剖面图 (单向板)



(c) 1-1 剖面图 (双向板)

图 3 密拼接缝

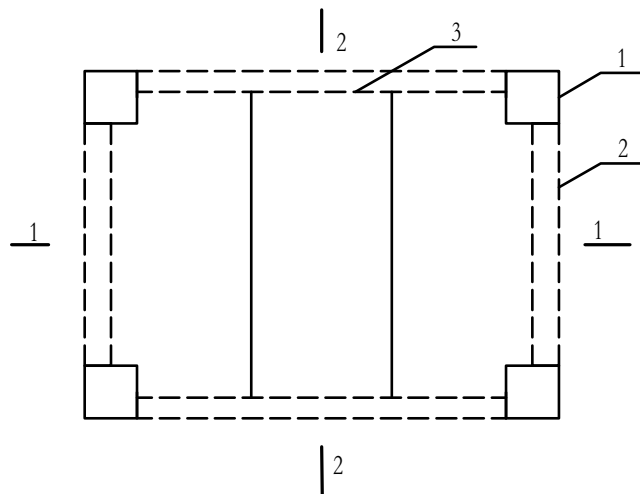
1-密拼接缝；2-预制底板；3-钢筋；4-混凝土上翼缘；5-叠合层混凝土；6-垂直于预应力方向的板底受力钢筋；7-板顶纵向分布钢筋；8-板顶横向分布钢筋

2.1.7 预应力方向截面 section of primary direction

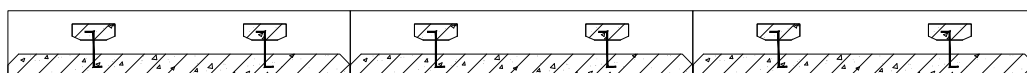
垂直于预应力方向、承受预应力方向弯矩的钢筋叠合板截面。

【条文说明】

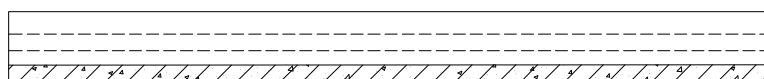
2.1.7 对钢筋叠合板进行计算或验算时，主要考虑以下两个方向：预应力方向和垂直于预应力方向。其中，承受预应力方向弯矩的截面称为预应力方向截面（图 4 中 1-1 所示截面）。



(a) 平面图



(b) 1-1 剖面图（预应力方向截面）



(c) 2-2 剖面图（垂直于预应力方向截面）

图 4 钢筋叠合板预应力方向截面与垂直于预应力方向截面示意图

1-柱；2-梁；3-钢筋叠合板

2.1.8 垂直于预应力方向截面 section of secondary direction

沿预应力方向、承受垂直于预应力方向弯矩的钢筋叠合板截面。

【条文说明】

2.1.8 承受垂直于预应力方向弯矩的截面称为垂直于预应力方向截面（图 4 中 2-2 所示截面）。

2.1.9 施工前半阶段 first-half of construction stage

施工阶段中，叠合层混凝土未达到强度设计值之前的阶段。

2.1.10 施工后半阶段 second-half of construction stage

施工阶段中，叠合层混凝土达到强度设计值之后、项目未交付验收之前的阶段。

2.2 符 号

2.2.1 材料性能

- f_{ptk} ——预应力筋极限强度标准值；
 f'_{cu} ——施加预应力时的混凝土立方体抗压强度；
 f_v ——钢肋钢材的抗剪强度设计值；
 f'_{tk} 、 f'_{ck} ——与各工况或各阶段对应龄期的混凝土立方体抗压强度相应的混凝土轴心抗拉强度标准值、轴心抗压强度标准值；
 f_{tk1} 、 f_{ck1} ——预制底板混凝土轴心抗拉强度标准值、轴心抗压强度标准值；
 f_{tk2} 、 f_{ck2} ——叠合层混凝土轴心抗拉强度标准值、轴心抗压强度标准值；
 E_c ——预制底板混凝土弹性模量；
 ν ——混凝土泊松比。

2.2.2 作用和作用效应

- p ——均布荷载设计值；
 q_1 ——施工前半阶段均布荷载设计值；
 q_2 ——施工后半阶段均布荷载设计值；
 q_3 ——使用阶段均布荷载设计值；
 G_{k1} ——钢肋预制板自重标准值；
 G_{k2} ——叠合层混凝土自重标准值；
 G_{k3} ——面层、吊顶等自重标准值；
 Q_{k11} ——施工前半阶段的可变荷载标准值；
 Q_{k12} ——施工后半阶段的可变荷载标准值；
 Q_{k2} ——使用阶段的可变荷载标准值；
 M_{11} ——施工前半阶段荷载在控制截面产生的弯矩设计值；
 M_{12} ——施工后半阶段荷载在正弯矩区段控制截面产生的弯矩设计值；
 $M_{12支}$ ——施工后半阶段荷载在负弯矩区段控制截面产生的弯矩设计值；
 M_2 ——使用阶段荷载在控制截面产生的弯矩设计值；
 M_{1G} ——钢肋预制板自重控制截面产生的弯矩设计值；
 M_{2G} ——叠合层混凝土自重控制截面产生的弯矩设计值；
 M_{3G} ——面层、吊顶等自重控制截面产生的弯矩设计值；
 M_{11Q} ——施工前半阶段可变荷载在控制截面产生的弯矩设计值；
 M_{12Q} ——施工后半阶段可变荷载在控制截面产生的弯矩设计值；
 M_{2Q} ——使用阶段可变荷载在控制截面产生的弯矩设计值；
 M_{1k} ——脱模和起吊工况荷载标准组合下，钢肋预制板控制截面的

弯矩值；

M_{2k} ——施工前半阶段荷载标准组合下，钢肋预制板控制截面的弯矩值；

M_k ——钢肋叠合板按荷载标准组合计算的弯矩值；

M_q ——钢肋叠合板按荷载准永久组合计算的弯矩值；

M_{1Gk} ——钢肋预制板自重标准值在计算截面产生的弯矩值；

M_{2Gk} ——叠合层混凝土自重标准值在计算截面产生的弯矩值；

M_{3Gk} ——面层、吊顶等自重标准值在计算截面产生的弯矩值；

M_{2Qk} ——使用阶段可变荷载标准值在计算截面产生的弯矩值；

V_{11} ——施工前半阶段荷载在控制截面产生的剪力设计值；

V_{12} ——施工后半阶段荷载在控制截面产生的剪力设计值；

V_2 ——使用阶段荷载在控制截面产生的剪力设计值；

V_{1G} ——钢肋预制板自重控制截面产生的剪力设计值；

V_{2G} ——叠合层混凝土自重控制截面产生的剪力设计值；

V_{3G} ——面层、吊顶等自重控制截面产生的剪力设计值；

V_{11Q} ——施工前半阶段可变荷载在控制截面产生的剪力设计值；

V_{12Q} ——施工后半阶段可变荷载在控制截面产生的剪力设计值；

V_{2Q} ——使用阶段可变荷载在控制截面产生的剪力设计值；

V_{cf} ——混凝土上翼缘的受剪承载力；

V_{sw} ——钢肋腹板的受剪承载力；

V_{cs} ——预制底板的受剪承载力；

V_{p1} ——混凝土上翼缘未开裂时，钢肋预制板的受剪承载力；

V_{p2} ——混凝土上翼缘开裂后，钢肋预制板的受剪承载力；

σ_{con} ——预应力筋的张拉控制应力；

σ_{l1} ——张拉端锚具变形和预应力筋内缩引起的预应力损失；

σ_{l3} ——混凝土加热养护时，预应力筋与承受拉力的设备之间的温差引起的预应力损失；

σ_{l4} ——预应力筋的应力松弛引起的预应力损失；

σ_{l5} ——混凝土的收缩和徐变引起的预应力损失；

σ_{pc} ——受拉区、受压区预应力筋合力点处的混凝土法向压应力；

σ_{pt0} ——扣除第一、二批预应力损失后，钢肋预制板换算截面上边缘混凝土法向应力；

σ_{pb0} ——扣除第一、二批预应力损失后，钢肋预制板换算截面下边缘混凝土法向应力；

- σ_{pt1} ——扣除第一批预应力损失后，钢肋预制板换算截面上边缘混凝土法向应力；
 σ_{pb1} ——扣除第一批预应力损失后，钢肋预制板换算截面下边缘混凝土法向应力；
 σ_{pt} ——各工况或各阶段钢肋预制板换算截面上边缘混凝土法向应力；
 σ_{pb} ——各工况或各阶段钢肋预制板换算截面下边缘混凝土法向应力；
 f ——板的挠度；
 f_{1l} ——由荷载产生的挠度；
 f_{2l} ——由预应力产生的挠度；
 N_p ——扣除了第一批、第二批预应力损失后的总预加力；
 m ——跨中或支座单位板宽内的弯矩设计值；
 m_x 、 m_y ——短跨方向、长跨方向跨中单位板宽内的弯矩设计值；
 m_x^v 、 m_y^v ——修正后的短跨方向、长跨方向跨中单位板宽内的弯矩设计值。

2.2.3 几何参数

- L ——钢肋预制板的标志跨度；
 h ——钢肋叠合板厚度；
 h_s ——预制底板厚度；
 b_s ——预制底板宽度；
 h_f ——混凝土上翼缘厚度；
 b_f ——混凝土上翼缘宽度；
 b_f' ——钢肋翼缘宽度；
 h_w' ——钢肋腹板高度；
 t_w' ——钢肋腹板厚度；
 h_t' ——钢肋在混凝土上翼缘中的锚固深度；
 h_c' ——钢肋在预制底板中的锚固深度；
 h_0' ——钢肋腹板外露高度；
 W_{01t} ——钢肋预制板换算截面上边缘的弹性抵抗矩；
 W_{01b} ——钢肋预制板换算截面下边缘的弹性抵抗矩；
 W_{0t} ——钢肋叠合板换算截面上边缘弹性抵抗矩；
 W_{0b} ——钢肋叠合板换算截面下边缘弹性抵抗矩；

- B_0 —— 钢肋叠合板换算截面弯曲刚度；
 B_{s1} —— 钢肋预制板换算截面的短期截面弯曲刚度；
 B_{s2} —— 钢肋叠合板使用阶段换算截面的短期截面弯曲刚度；
 B_C —— 钢肋叠合板短跨方向换算截面单位板宽的刚度；
 I_{01} —— 钢肋预制板换算截面惯性矩；
 I_0 —— 钢肋叠合板换算截面惯性矩；
 a —— 张拉端锚具变形和预应力筋内缩值；
 l —— 张拉端至锚固端之间的距离；
 ρ —— 受拉区预应力筋和普通钢筋的配筋率；
 e_p —— 预加力作用点至换算截面重心的距离；
 b_n —— 洞口边长；
 l_a —— 受拉钢筋锚固长度；
 l_s —— 附加钢筋伸入后浇叠合层锚固长度；
 l'_s —— 附加钢筋在支座的锚固长度；
 l_{0x} 、 l_{0y} —— 短跨方向、长跨方向的计算跨度；
 λ_2 —— 钢肋叠合板短跨方向与长跨方向刚度之比；
 b'_{0y} —— 钢肋叠合板的长跨方向的宽度。

2.2.4 计算系数及其他

- γ_0 —— 结构重要性系数；
 γ_G —— 永久荷载分项系数；
 γ_Q —— 可变荷载分项系数；
 Δ_t —— 混凝土加热养护时，预应力筋与承受拉力的设备之间的温差；
 $[f]$ —— 挠度限值；
 S —— 内力系数；
 θ —— 考虑荷载长期作用对挠度增大的影响系数；
 ψ_q —— 使用阶段可变荷载的准永久值系数。

3 材料

3.1 混凝土

3.1.1 预制底板混凝土的强度等级不应低于 C40；混凝土上翼缘、叠合层混凝土的强度等级不应低于 C30。

【条文说明】

3.1.1 钢肋预制板内部的受力钢筋为预应力钢丝、钢绞线或冷轧带肋钢筋，因此预制底板的混凝土强度等级应相应提高。

3.1.2 预制底板宜采用细石混凝土。细骨料宜采用中砂，粗骨料宜按连续级配采用 5mm 至 15mm 粒径的碎石。

【条文说明】

3.1.2 预制底板板厚较薄，因此专门对预制底板混凝土骨料做出要求。

3.1.3 钢肋预制板所用混凝土材料的力学性能指标、耐久性要求应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《混凝土结构通用规范》GB 55008 的规定。

3.2 钢筋

3.2.1 钢筋的力学性能指标应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《冷轧带肋钢筋混凝土结构技术规程》JGJ 95、《预应力混凝土用钢丝》GB/T 5223 和《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224 的相关规定。

3.2.2 钢肋预制板中的预应力钢筋可采用消除预应力螺旋肋钢丝、钢绞线或中强度预应力钢丝。

3.2.3 钢肋预制板中的普通受力钢筋可采用 HRB400、HRB500、HRBF400、HRBF500 等；板底分布钢筋和混凝土上翼缘的钢筋可采用 HRB400、HRB500、HRBF400、HRBF500、HPB300、CRB550 等。

3.2.4 叠合层内普通受力钢筋可采用 HRB400、HRB500、HRBF400、HRBF500 等；板顶分布钢筋可采用 HRB400、HRB500、HRBF400、HRBF500、HPB300、CRB550 等。

3.2.5 钢肋预制板的吊环应采用 HPB300 级钢筋；预埋件的锚筋应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定采用。

3.3 钢材

3.3.1 钢材的力学性能指标应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定。

3.3.2 钢筋材料宜采用 Q235B、Q355B 及以上钢材。

3.3.3 预埋件、锚板材料应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定。

4 基本设计规定

4.1 一般规定

4.1.1 本规程依据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的极限状态设计方法，采用分项系数的设计表达进行设计。

【条文说明】

4.1.1 本规程按现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 以及《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068 的规定，采用概率极限状态设计方法，以分项系数的形式表达。本规程中的荷载分项系数应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定取用。

4.1.2 钢筋叠合板的安全等级和设计使用年限应与整个结构保持一致。

4.1.3 钢筋叠合板的设计应满足下列三个阶段的不同要求：

1 制作阶段：钢筋预制板在脱模、放张、堆放、吊装及运输阶段，预制底板的板底不应出现裂缝。

2 施工阶段：应对钢筋预制板和钢筋叠合板的承载力、挠度、裂缝控制分别进行计算或验算。

3 使用阶段：应对钢筋叠合板的承载力、挠度及裂缝控制分别进行计算或验算。

【条文说明】

4.1.3 钢筋预制板的制作阶段，在脱模、放张、堆放、吊装以及运输时应考虑混凝土的实际强度。

4.1.4 应根据施工阶段的支撑布置情况分别采用下列不同的计算方法：

1 跨度不大于 3.9 m 的钢筋预制板，施工阶段可不在跨中设置附加支撑。钢筋预制板应按一般简支受弯构件进行受力分析，钢筋叠合板应按整体受弯构件进行受力分析。

2 钢筋预制板跨度较大时，施工阶段应按照跨度不大于 3.9m 的原则设置可靠附加支撑。钢筋预制板应在附加支撑处进行抗剪验算，钢筋叠合板应按整体受弯构件进行受力分析。

钢筋预制板和钢筋叠合板应按本规程第 4.2 节的规定进行荷载与内力分析；其承载力、挠度及裂缝控制应按本规程第 5 章的规定计算或验算，且应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 有关整体受弯构件的规定。

【条文说明】

4.1.4 设置附加支撑时，允许施工前半阶段的钢筋预制板在支撑处的混凝土上翼缘上表面开裂，释放负弯矩形成简支板，故可不对支撑处截面进行抗弯验算，但应进行抗剪验算。

4.1.5 钢筋叠合板可与现浇梁、叠合梁、钢梁等组合成叠合楼盖，也可搁置或嵌固于墙中。

4.1.6 钢筋叠合板应根据支座构造、长宽比按单向板或双向板设计：

- 1 当钢筋叠合板两对边支承时，应按单向板设计。
- 2 当钢筋叠合板的长宽比不大于 2 且四边支承时，应按双向板设计。
- 3 当钢筋叠合板的长宽比为 2-3 且四边支承时，宜按双向板设计。
- 4 当钢筋叠合板的长宽比不小于 3 且四边支承时，应按单向板设计。
- 5 按双向板设计时，钢筋预制板的密拼接缝不宜布置在最大弯矩截面处。

【条文说明】

4.1.6 钢筋叠合板的预制底板较薄，钢筋预制板仅在一个方向配置预应力钢丝，在紧贴预制底板上表面的叠合层内配置另一方向的板底受力钢筋，故钢筋预制板之间一般采用密拼接缝。当钢筋预制板的规格与房间的布置要求有出入时，可设置现浇带，现浇带的设置及配筋要求应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。试验研究表明，满足双向板支座构造、长宽比的条件时，钢筋预制板之间采用密拼接缝可实现内力的连续传递，形成双向受力，可按双向板设计。钢筋叠合板按双向板设计时，接缝宜预应力方向进行布置，且宜避开跨中最大弯矩截面。

4.1.7 钢筋叠合板按单向板设计时，预应力钢筋应按短跨方向布置；钢筋叠合板按双向板设计时，预应力钢筋宜按短跨方向布置。

【条文说明】

4.1.7 钢筋叠合板的预应力钢筋沿短跨方向布置，可使预应力方向成为主要受力方向，充分发挥预应力筋的材料优势。钢筋叠合板双向受力时，将钢筋预制板布置在短跨方向，由于预应力方向刚度较大，此方向板带可分配到较多的荷载，发挥钢筋叠合板中高强预应力钢丝的材料优势；同时，垂直于预应力方向的板带上的荷载和跨中弯矩减小，可降低垂直于预应力方向的板底受力钢筋配筋量。

4.1.8 短暂设计状况包括脱模、放张、吊装、堆放、运输、安装和混凝土浇筑。短暂设计状况下的钢筋预制板验算，应采用荷载标准组合进行计算，其中混凝土浇筑阶段尚应计入荷载效应的最不利组合。

【条文说明】

4.1.8 短暂设计状况包括钢筋预制板制作阶段的脱模、放张、吊装、堆放、运输和施工阶段的安装、混凝土浇筑。当叠合层混凝土达到设计强度后，不再考虑短暂设计状况。短暂设计状况下的承载力、挠度及抗裂验算符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666。

4.1.9 正常使用极限状态下的钢筋叠合板验算，应采用荷载标准组合进行计算。

4.2 荷载与内力分析

4.2.1 施工阶段的内力应分别按以下两个阶段计算：

1 施工前半阶段：叠合层混凝土未达到强度设计值之前的阶段。钢筋预制板承担全部荷载，按简支构件计算；荷载包括钢筋预制板自重、叠合层混凝土自重以及施工前半阶段的可变荷载。

2 施工后半阶段：叠合层混凝土达到强度设计值之后的阶段。钢筋叠合板承担全部荷载，按实际支承条件计算；荷载包括钢筋叠合板自重，面层、吊顶等自重以及施工后半阶段的可变荷载。

【条文说明】

4.2.1 本条提出了钢筋叠合板的分阶段设计方法，并给出施工前半阶段、施工后半阶段的内力分析方法和应考虑荷载。

此方法基于《混凝土结构设计规范》GB 50010 中介绍的无支撑叠合梁板的二阶段受力分析方法，对其进行了改进：施工前半阶段对应《混凝土结构设计规范》GB 50010 中的第一阶段；施工后半阶段和使用阶段对应《混凝土结构设计规范》GB 50010 中的第二阶段，施工后半阶段的施工可变荷载可能大于使用阶段可变荷载，故第二阶段荷载为施工后半阶段荷载与使用阶段二者荷载的较大值。

4.2.2 在制作、施工和使用阶段，荷载取值应符合下列规定：

1 脱模验算时的等效静力荷载标准值应取构件自重标准值乘以动力系数后与脱模吸附力之和，且不宜小于构件自重标准值的 1.5 倍。动力系数不宜小于 1.2，脱模吸附力应根据模具的实际状况取用，且不宜小于 1.5kN/m^2 。

2 在运输、吊运、安装等短暂设计工况下的施工验算，应将钢筋预制板自重标准值乘以动力系数后作为等效静力荷载标准值。构件运输、吊运时，动力系数宜取 1.5；构件翻转及安装过程中就位、临时固定时，动力系数可取 1.2。

3 施工前半阶段的可变荷载 Q_{k11} 和施工后半阶段的可变荷载 Q_{k12} 可根据实际情况分别确定，也可按现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的规定取用，但不宜小于 1.5kN/m^2 。

4 使用阶段的可变荷载 Q_{k2} 可根据实际情况确定，也可按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定取用。

【条文说明】

4.2.2 预制构件进行脱模时，受到的荷载包括：自重，脱模起吊瞬间的动力效应，脱模时模板与构件表面的吸附力。其中，动力效应采用构件自重标准值乘以动力系数计算；脱模吸附力是作用在构件表面的均布力，与构件表面和模具状况有关，根据经验一般不小于 1.5kN/m^2 。

施工阶段的可变荷载一般指在钢筋预制板上作业的施工人员和施工机具等，并考虑施工过程中可能产生的冲击和振动。若有过量的冲击、混凝土堆放以及管线等应考虑附加荷载。在施工前半阶段和施工后半阶段，由于施工内容不同，两阶段的可变荷载不同，应根据实际情况分别确定。大量工程实践表明，施工阶段的可变荷载一般不小于 1.5kN/m^2 。

4.2.3 承受均布荷载时，荷载设计值应按下列公式计算：

1 施工前半阶段：

$$q_1 = \gamma_0 [\gamma_G (G_{k1} + G_{k2}) + \gamma_Q Q_{k11}] \quad (4.2.3-1)$$

2 施工后半阶段：

$$q_2 = \gamma_0 [\gamma_G (G_{k1} + G_{k2} + G_{k3}) + \gamma_Q Q_{k12}] \quad (4.2.3-2)$$

3 使用阶段：

$$q_3 = \gamma_0 [\gamma_G (G_{k1} + G_{k2} + G_{k3}) + \gamma_Q Q_{k2}] \quad (4.2.3-3)$$

式中： q_1 ——施工前半阶段均布荷载设计值；

q_2 ——施工后半阶段均布荷载设计值；

q_3 ——使用阶段均布荷载设计值；

G_{k1} ——钢筋预制板自重标准值；

G_{k2} ——叠合层混凝土自重标准值；

G_{k3} ——面层、吊顶等自重标准值；

Q_{k11} ——施工前半阶段的可变荷载标准值；

Q_{k12} ——施工后半阶段的可变荷载标准值；

Q_{k2} ——使用阶段的可变荷载标准值；

γ_0 ——结构重要性系数；

γ_G ——永久荷载分项系数；

γ_Q ——可变荷载分项系数。

4.2.4 承载力极限状态计算时，弹性分析或塑性内力重分布分析的弯矩设计值和剪力设计值应按下列规定取用：

1 施工前半阶段：

弯矩设计值:

$$M_{11} = M_{1G} + M_{2G} + M_{11Q} \quad (4.2.3-1)$$

剪力设计值:

$$V_{11} = V_{1G} + V_{2G} + V_{11Q} \quad (4.2.3-2)$$

2 施工后半阶段:

正弯矩区段:

$$M_{12} = M_{1G} + M_{2G} + M_{3G} + M_{12Q} \quad (4.2.3-3)$$

负弯矩区段:

$$M_{12\text{支}} = M_{3G} + M_{2Q} \quad (4.2.3-4)$$

剪力设计值:

$$V_{12} = V_{1G} + V_{2G} + V_{3G} + V_{12Q} \quad (4.2.3-5)$$

3 使用阶段:

弯矩设计值:

$$M_2 = M_{1G} + M_{2G} + M_{3G} + M_{2Q} \quad (4.2.3-6)$$

剪力设计值:

$$V_2 = V_{1G} + V_{2G} + V_{3G} + V_{2Q} \quad (4.2.3-7)$$

式中: M_{11} ——施工前半阶段荷载在控制截面产生的弯矩设计值;

M_{12} ——施工后半阶段荷载在正弯矩区段控制截面产生的弯矩设计值;

$M_{12\text{支}}$ ——施工后半阶段荷载在负弯矩区段控制截面产生的弯矩设计值;

M_2 ——使用阶段荷载在控制截面产生的弯矩设计值;

M_{1G} ——钢筋预制板自重控制截面产生的弯矩设计值,当考虑内力重分布时,应取调幅后的弯矩设计值;

M_{2G} ——叠合层混凝土自重控制截面产生的弯矩设计值,当考虑内力重分布时,应取调幅后的弯矩设计值;

M_{3G} ——面层、吊顶等自重控制截面产生的弯矩设计值,当考虑内力重分布时,应取调幅后的弯矩设计值;

M_{11Q} ——施工前半阶段可变荷载在控制截面产生的弯矩设计值,当考虑内力重分布时,应取调幅后的弯矩设计值;

M_{12Q} ——施工后半阶段可变荷载在控制截面产生的弯矩设计值,当考虑内力重分布时,应取调幅后的弯矩设计值;

M_{2Q} ——使用阶段可变荷载在控制截面产生的弯矩设计值,当考虑内力重分布时,应取调幅后的弯矩设计值;

V_{11} ——施工前半阶段荷载在控制截面产生的剪力设计值;

V_{12} ——施工后半阶段荷载在控制截面产生的剪力设计值;
 V_2 ——使用阶段荷载在控制截面产生的剪力设计值;
 V_{1G} ——钢筋预制板自重控制截面产生的剪力设计值;
 V_{2G} ——叠合层混凝土自重控制截面产生的剪力设计值;
 V_{3G} ——面层、吊顶等自重控制截面产生的剪力设计值;
 V_{11Q} ——施工前半阶段可变荷载在控制截面产生的剪力设计值;
 V_{12Q} ——施工后半阶段可变荷载在控制截面产生的剪力设计值;
 V_{2Q} ——使用阶段可变荷载在控制截面产生的剪力设计值;

【条文说明】

4.2.4 设置附加支撑时,允许钢筋预制板在支撑处的混凝土上翼缘上表面开裂,释放负弯矩形成简支板,故可不计算施工前半阶段支撑处的负弯矩;施工后半阶段负弯矩设计值不包括钢筋预制板和叠合层混凝土自重计算截面上产生的弯矩设计值。

4.2.5 承受均布荷载的单向多跨连续钢筋叠合板,当相邻两跨的长跨与短跨之比小于 1.1、各跨荷载值相差不大于 10%时,可按弹性分析方法计算内力设计值,并可对其施工后半阶段和使用阶段荷载产生的支座弯矩设计值进行适度调幅,调幅幅度不宜大于 20%。

【条文说明】

4.2.5 本条提出了多跨叠合连续板考虑塑性内力重分布的设计方法。该方法仅对施工后半阶段和使用阶段的弯矩进行调幅,施工前半阶段弯矩不用调幅。当采用该方法进行钢筋叠合板设计时,钢筋应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 有关总伸长率限值的规定,钢筋叠合板变形和裂缝宽度验算应满足正常使用极限状态要求。

4.2.6 承受均布荷载的双向钢筋叠合板,可按弹性分析方法计算内力设计值,可对其施工后半阶段和使用阶段荷载产生的支座弯矩设计值进行适度调幅,调幅幅度不宜大于 20%。按塑性内力重分布分析方法设计的钢筋叠合板,其钢筋伸长率、钢筋种类及环境类别应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定,并满足正常使用极限状态要求且采取有效的构造措施。

当双向钢筋叠合板预应力方向和垂直于预应力的相对受压区高度均不大于 0.15 时,可采用塑性铰线法或条带法等塑性极限分析方法计算内力设计值。

【条文说明】

4.2.6 根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 第 5 章的规定,当采用考虑塑性内力重分布方法和塑性极限理论分析方法进行结构的承载力计算时,弯矩的调整幅度及受压区高度均应满足本条规定,以保证钢筋叠合板

出现塑性铰的位置具有足够的转动能力并限制裂缝宽度以满足正常使用极限状态的要求。

4.2.7 承受均布荷载的双向钢筋叠合板，在正常使用极限状态下的内力值，应按正交各向异性板，选择符合实际的方法计算。采用弹性分析方法时，应根据两个方向的刚度比确定修正后的弹性计算系数，修正后的弹性计算系数可按本规程附录 A 取用或计算。采用塑性极限分析方法时，可依据两个方向的开裂后刚度比进行荷载分配。

【条文说明】

4.2.7 双向钢筋叠合板在两个正交方向存在刚度差异，在计算时应合理考虑。考虑两个方向的刚度时，在预应力方向按不出现裂缝的刚度、垂直于预应力方向按出现裂缝的刚度进行内力计算。湖南大学张微伟在硕士论文《PK 预应力叠合楼板的试验研究与理论分析》中指出，根据试验研究和有限元分析结果，双向受力的预应力混凝土叠合板预应力方向与垂直于预应力方向刚度比可近似取为 1.4，并给出了刚度比为 1.4 时的修正弹性计算系数。湖南大学陈彪进行了试验研究和有限元分析，在博士论文《预制带肋底板混凝土叠合空心楼板的试验与数值模拟研究》中提出，双向受力的预应力混凝土叠合板上的荷载分配基本是依据正交两个方向的开裂后刚度比进行分配的。

4.2.8 承受均布荷载的多跨连续叠合板，在正常使用极限状态下的内力值，应按荷载标准组合下跨中截面不出现裂缝的刚度进行计算，支座截面按出现裂缝的刚度进行计算。

【条文说明】

4.2.8 正常使用极限状态下的内力值用于裂缝控制验算。

5 结构计算

5.1 一般规定

5.1.1 在进行结构整体分析时，可假定钢肋叠合板在其自身平面内为无限刚性。

【条文说明】

5.1.1 钢肋叠合板具有良好的整体性，参与结构受力时与现浇混凝土板基本一致，可采用刚性楼板假定进行设计。

5.1.2 钢肋叠合板应进行承载能力极限状态及正常使用极限状态设计。

5.1.3 张拉预应力筋时应采用先张法，应按先张法构件进行设计计算。

5.1.4 预应力筋的张拉控制应力 σ_{con} 应符合下列规定，并满足《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定：

1 消除应力钢丝、钢绞线：

$$\sigma_{\text{con}} \leq 0.75f_{\text{ptk}} \quad (5.1.4-1)$$

2 中强度预应力钢丝：

$$\sigma_{\text{con}} \leq 0.70f_{\text{ptk}} \quad (5.1.4-2)$$

式中： σ_{con} ——预应力筋的张拉控制应力；

f_{ptk} ——预应力筋极限强度标准值。

消除应力钢丝、钢绞线、中强度预应力钢丝的张拉控制应力值不应小于 $0.4f_{\text{ptk}}$ 。

【条文说明】

施加预应力时，所需的混凝土立方体抗压强度应经计算确定，但不宜低于设计的混凝土强度等级值的 75%。

5.1.5 由预加力产生的混凝土法向应力及相应阶段预应力筋应力的计算，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。

5.1.6 预应力筋中的预应力损失值可按表5.1.6的规定计算。当计算求得的预应力总损失值小于 100 N/mm^2 时，应取 100 N/mm^2 。

表 5.1.6 预应力损失值 (N/mm^2)

引起损失的原因	符号	预应力损失值
张拉端锚具变形和预应力筋内缩	σ_{11}	$\sigma_{11} = \frac{a}{l} E_s$
混凝土加热养护时，预应力筋与承受拉力的设备之间的温差	σ_{13}	$2\Delta_t$
预应力筋的应力松弛	σ_{14}	消除应力钢丝、钢绞线：

		普通松弛: $0.4 \left(\frac{\sigma_{\text{con}}}{f_{\text{ptk}}} - 0.5 \right) \sigma_{\text{con}}$ 低松弛: 当 $\sigma_{\text{con}} \leq 0.7f_{\text{ptk}}$ 时 $0.125 \left(\frac{\sigma_{\text{con}}}{f_{\text{ptk}}} - 0.5 \right) \sigma_{\text{con}}$ 当 $0.7f_{\text{ptk}} \leq \sigma_{\text{con}} \leq 0.8f_{\text{ptk}}$ 时 $0.2 \left(\frac{\sigma_{\text{con}}}{f_{\text{ptk}}} - 0.575 \right) \sigma_{\text{con}}$ 中强度预应力钢丝: $0.08\sigma_{\text{con}}$
混凝土的收缩和徐变	σ_{l5}	$\sigma_{l5} = \frac{60 + 340 \frac{\sigma_{\text{pc}}}{f_{\text{cu}}}}{1 + 15\rho}$

式中: a ——张拉端锚具变形和预应力筋内缩值 (mm), 应使用有顶压的夹片式锚具, a 取 5mm, 当有实测数据时应按实测数据确定;

l ——张拉端至锚固端之间的距离 (mm);

σ_{pc} ——受拉区、受压区预应力筋合力点处的混凝土法向压应力;

f_{cu}' ——施加预应力时的混凝土立方体抗压强度;

ρ ——受拉区预应力筋和普通钢筋的配筋率;

Δ_t ——混凝土加热养护时, 预应力筋与承受拉力的设备之间的温差 (°C)。

5.2 承载能力极限状态计算

5.2.1 钢筋叠合板的正截面受弯承载力、斜截面受剪承载力计算, 应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《钢结构设计标准》GB 50017 的规定。

5.2.2 钢筋预制板的受剪承载力, 应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定, 施工前半阶段受剪承载力应按下列公式计算:

$$\tau = \frac{V_{11}S}{It_w} \leq f_v \quad (5.2.2)$$

式中: τ ——钢筋腹板剪应力;

V_{11} ——施工前半阶段荷载在控制截面产生的剪力设计值;

t_w ——钢筋腹板的厚度;

I ——钢筋腹板毛截面惯性矩;

f_v ——钢筋钢材的抗剪强度设计值。

【条文说明】

5.2.2 进行抗剪验算时，考虑钢筋腹板承担全部剪力；为安全计，忽略混凝土的抗剪作用。

5.2.3 双向钢筋叠合板应分别计算预应力方向截面和垂直于预应力方向截面的正截面受弯承载力，并应对拼缝截面补充计算。

【条文说明】

5.2.3 钢筋叠合板为正交各向异性板，且钢筋预制板之间存在拼缝，因此预应力方向截面和垂直于预应力方向截面的正截面受弯承载力应分别进行计算。由于拼缝削弱了钢筋叠合板的截面，若跨中最大弯矩截面处布置有拼缝，该截面即为控制截面；若跨中最大弯矩截面处未布置拼缝，跨中最大弯矩截面和拼缝截面均为控制截面，都需要进行计算。计算方便及安全起见，拼缝所在垂直于预应力方向截面进行正截面受弯承载力计算时，截面有效高度为垂直于预应力方向的板底普通受力钢筋形心至叠合板上表面的距离。

5.2.4 均布荷载作用下的钢筋叠合板，可不对叠合面进行受剪强度验算。

【条文说明】

5.2.4 试验研究表明，混凝土上翼缘和钢筋的存在增大了叠合层混凝土接触面，使得叠合层混凝土充分包裹住钢筋预制板，能保证叠合层与钢筋预制板形成整体，共同承载、协调受力。所以在均布荷载作用下，在钢筋预制板上浇筑形成不配置箍筋的钢筋叠合板，在预制底板上表面进行拉毛，并根据钢筋叠合板的单向或双向受力模式选择性设置垂直于预应力方向的板底普通受力钢筋，基本能满足叠合面抗剪要求，可不对叠合面进行受剪强度验算。

5.3 正常使用极限状态计算

5.3.1 短暂设计状况下，钢筋预制板应针对不同工况分别进行抗裂验算。计算截面边缘混凝土法向应力时，应同时考虑该工况下的预应力与外荷载作用，截面边缘法向应力应小于该工况下法向应力的限值。

【条文说明】

5.3.1 不同工况的抗裂验算存在以下不同：

- 1) 外荷载不同。
- 2) 验算的构件截面不同，为钢筋预制板或钢筋叠合板。
- 3) 预应力损失不同，考虑第一批损失或考虑第一、第二批损失。
- 4) 限值不同，采用该工况下对应的混凝土轴心抗拉强度标准值、轴心抗压强度标准值。

为方便计算，5.3.2~5.3.4 节列出各工况下的抗裂验算公式。

5.3.2 预压前，扣除第一批预应力损失后，钢筋预制板一般要求不出现裂缝，应对钢筋预制板控制截面进行抗裂验算。控制截面边缘的混凝土法向应力应按下列公式验算：

$$\sigma_{pt1} \leq 2.0f'_{tk} \quad (5.3.2-1)$$

$$\sigma_{pb1} \leq 0.8f'_{ck} \quad (5.3.2-2)$$

式中： σ_{pt1} ——扣除第一批预应力损失后，钢筋预制板换算截面上边缘混凝土法向应力，为拉应力；

σ_{pb1} ——扣除第一批预应力损失后，钢筋预制板换算截面下边缘混凝土法向应力，为压应力；

f'_{tk} 、 f'_{ck} ——与各工况或各阶段对应龄期的混凝土立方体抗压强度相应的混凝土轴心抗拉强度标准值、轴心抗压强度标准值。

【条文说明】

5.3.2 预压前，扣除第一批预应力损失后，钢筋预制板上部受拉、下部受压。根据工程经验，当钢筋预制板上部受拉时，受拉区混凝土法向拉应力可按不大于 $2f'_{tk}$ 控制。

5.3.3 脱模和起吊时，钢筋预制板板底一般要求不出现裂缝，应对钢筋预制板控制截面进行抗裂验算。控制截面的边缘混凝土法向应力应按下列公式验算：

$$\sigma_{pt} \leq 0.8f'_{ck} \quad (5.3.3-1)$$

$$\sigma_{pb} \leq f'_{tk} \quad (5.3.3-2)$$

$$\sigma_{pt} = \frac{M_{1k}}{W_{01t}} - \sigma_{pt1} \quad (5.3.3-3)$$

$$\sigma_{pb} = \frac{M_{1k}}{W_{01b}} - \sigma_{pb1} \quad (5.3.3-4)$$

当多点起吊（不少于 3 点）时，中间吊点处控制截面的边缘混凝土法向应力应按下列公式验算：

$$\sigma_{pt} \leq 2.0f'_{tk} \quad (5.3.3-5)$$

$$\sigma_{pb} \leq 0.8f'_{ck} \quad (5.3.3-6)$$

$$\sigma_{pt} = \frac{M_{1k}}{W_{01t}} + \sigma_{pt1} \quad (5.3.3-7)$$

$$\sigma_{pb} = \frac{M_{1k}}{W_{01b}} + \sigma_{pb1} \quad (5.3.3-8)$$

式中： σ_{pt} ——各工况或各阶段钢筋预制板换算截面上边缘混凝土法向应力；

σ_{pb} ——各工况或各阶段钢筋预制板换算截面下边缘混凝土法向应力；

M_{1k} ——脱模和起吊工况荷载标准组合下，钢筋预制板控制截面的弯矩值（ $N \cdot mm^2$ ）；

W_{01t} ——钢筋预制板换算截面上边缘的弹性抵抗矩；

W_{01b} ——钢筋预制板换算截面下边缘的弹性抵抗矩。

【条文说明】

5.3.3 脱模和起吊时，钢筋预制板上部受压、下部受拉；但当多点起吊（不少于3点）时，中间吊点处钢筋预制板上部受拉，下部受压。根据工程经验，当钢筋预制板上部受拉时，受拉区混凝土法向拉应力可按不大于 $2f'_{tk}$ 控制。

5.3.4 在施工前半阶段，钢筋预制板板底一般要求不出现裂缝，应对钢筋预制板控制截面进行抗裂验算。控制截面边缘混凝土的法向应力，应按下列公式计算：

$$\sigma_{pt} \leq 0.8f'_{ck} \quad (5.3.4-1)$$

$$\sigma_{pb} \leq f'_{tk} \quad (5.3.4-2)$$

$$\sigma_{pt} = \frac{M_{2k}}{W_{01t}} - \sigma_{pt0} \quad (5.3.4-3)$$

$$\sigma_{pb} = \frac{M_{2k}}{W_{01b}} - \sigma_{pb0} \quad (5.3.4-4)$$

式中： σ_{pt0} ——扣除第一、二批预应力损失后，钢筋预制板换算截面上边缘混凝土法向应力，为拉应力；

σ_{pb0} ——扣除第一、二批预应力损失后，钢筋预制板换算截面下边缘混凝土法向应力，为压应力；

M_{2k} ——施工前半阶段荷载标准组合下，钢筋预制板控制截面的弯矩值（ $N \cdot mm^2$ ）。

【条文说明】

5.3.4 施工前半阶段，正弯矩区段钢筋预制板上部受压、下部受拉。支撑处允许混凝土上翼缘开裂，故不做抗裂验算。

5.3.5 施工后半阶段，预应力方向的钢筋叠合板板底一般要求不出现裂缝，应对钢筋叠合板的预应力方向控制截面进行抗裂验算。控制截面边缘混凝土的法向应力，应按下列公式计算：

正弯矩区段：

$$\sigma_{pt} \leq 0.8f_{ck2} \quad (5.3.5-1)$$

$$\sigma_{pb} \leq f_{tk1} \quad (5.3.5-2)$$

$$\sigma_{pt} = \frac{M_{1G}+M_{2G}}{W_{01t}} + \frac{M_{3G}+M_{12Q}}{W_{0t}} - \sigma_{pt0} \quad (5.3.5-3)$$

$$\sigma_{pb} = \frac{M_{1G}+M_{2G}}{W_{01b}} + \frac{M_{3G}+M_{12Q}}{W_{0b}} - \sigma_{pb0} \quad (5.3.5-4)$$

负弯矩区段：

$$\sigma_{pt} \leq f_{tk2} \quad (5.3.5-5)$$

$$\sigma_{pb} \leq 0.8f_{ck1} \quad (5.3.5-6)$$

$$\sigma_{pt} = \frac{M_{3G} + M_{12Q}}{W_{0t}} + \sigma_{pt0} \quad (5.3.5-7)$$

$$\sigma_{pb} = \frac{M_{3G} + M_{12Q}}{W_{0b}} + \sigma_{pb0} \quad (5.3.5-8)$$

式中： f_{tk1} ——预制底板混凝土轴心抗拉强度标准值；

f_{ck1} ——预制底板混凝土轴心抗压强度标准值；

f_{tk2} ——叠合层混凝土轴心抗拉强度标准值；

f_{ck2} ——叠合层混凝土轴心抗压强度标准值；

W_{0t} ——钢筋叠合板换算截面上边缘弹性抵抗矩；

W_{0b} ——钢筋叠合板换算截面下边缘弹性抵抗矩。

双向受力的钢筋叠合板，尚应对垂直于预应力方向截面进行裂缝控制验算，最大裂缝宽度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。

【条文说明】

5.3.5 施工后半阶段，正弯矩区段钢筋叠合板上部受压、下部受拉，负弯矩区段钢筋叠合板上部受拉、下部受压。

对于双向受力的钢筋叠合板，湖南大学陈科在硕士论文《大跨度 PK 预应力混凝土叠合板的试验研究与理论分析》指出，钢筋叠合板开裂时受拉区混凝土常处于双向受拉或一向受拉、一向略微受压状态。根据混凝土本构关系，两种情况下各方向受拉强度受其他方向拉、压应力的影响均较小，可按两个方向单独计算。计算方便及安全起见，垂直于预应力方向进行进行裂缝控制验算时，有效截面不包括预制底板部分，截面有效高度与正截面受弯承载力计算时的截面有效高度取值相同。

5.3.6 正常使用阶段，预应力方向的钢筋叠合板板底一般要求不出现裂缝，应对钢筋叠合板的预应力方向控制截面进行抗裂验算。控制截面边缘混凝土的法向应力，应按下列公式计算：

正弯矩区段：

$$\sigma_{pt} \leq 0.8f_{ck2} \quad (5.3.6-1)$$

$$\sigma_{pb} \leq f_{tk1} \quad (5.3.6-2)$$

$$\sigma_{pt} = \frac{M_{1G} + M_{2G}}{W_{01t}} + \frac{M_{3G} + M_{2Q}}{W_{0t}} - \sigma_{pt0} \quad (5.3.6-3)$$

$$\sigma_{pb} = \frac{M_{1G} + M_{2G}}{W_{01b}} + \frac{M_{3G} + M_{2Q}}{W_{0b}} - \sigma_{pb0} \quad (5.3.6-4)$$

负弯矩区段：

$$\sigma_{pt} \leq f_{tk2} \quad (5.3.6-5)$$

$$\sigma_{pb} \leq 0.8f_{ck1} \quad (5.3.6-6)$$

$$\sigma_{pt} = \frac{M_{1G}+M_{2G}}{W_{01t}} + \frac{M_{3G}+M_{2Q}}{W_{0t}} + \sigma_{pt0} \quad (5.3.6-7)$$

$$\sigma_{pb} = \frac{M_{1G}+M_{2G}}{W_{01b}} + \frac{M_{3G}+M_{2Q}}{W_{0b}} + \sigma_{pb0} \quad (5.3.6-8)$$

双向受力的钢筋叠合板，尚应对垂直于预应力方向截面进行裂缝控制验算，最大裂缝宽度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。

5.3.7 钢筋叠合板应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定进行裂缝控制验算，预应力方向的板底裂缝控制等级应不低于二级；预应力方向的板顶、垂直于预应力方向的板底及板顶裂缝控制等级应不低于三级。

5.3.8 钢筋叠合板的挠度验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：当计算跨度 $l_0 < 7\text{m}$ 时，挠度限值 $[f]$ 为 $l_0/200$ ；当 $7\text{m} \leq l_0 \leq 9\text{m}$ 时，挠度限值 $[f]$ 为 $l_0/250$ ；当计算跨度 $l_0 > 9\text{m}$ 时，挠度限值 $[f]$ 为 $l_0/300$ 。

钢筋叠合板的挠度应扣除预应力产生的钢筋预制板反拱值，应按下列公式计算：

$$f = f_{11} - f_{21} \leq [f] \quad (5.3.8)$$

式中： f ——板的挠度；

f_{11} ——由荷载产生的挠度；

f_{21} ——由预应力产生的挠度；

$[f]$ ——挠度限值。

【条文说明】

5.3.8 为满足正常使用极限状态，对使用阶段的钢筋叠合板进行挠度验算，可不对钢筋预制板进行挠度验算。挠度验算时，采用由荷载标准组合值、荷载标准永久组合值产生的内力标准值、内力准永久值及材料强度的标准值。挠度由两部分叠加而成：一部分是由荷载产生的挠度，另一部分是由预加应力产生的反拱。

5.3.9 单向受力钢筋叠合板由荷载产生的挠度可按下列公式计算：

$$f_{11} = S \frac{M_k l_0^2}{B_0} \quad (5.3.9-1)$$

$$B_0 = \frac{M_k}{\left(\frac{B_{s2}}{B_{s1}} - 1\right)(M_{1Gk} + M_{2Gk}) + (\theta - 1)M_q + M_k} B_{s2} \quad (5.3.9-2)$$

$$M_k = M_{1Gk} + M_{2Gk} + M_{3Gk} + M_{2Qk} \quad (5.3.9-3)$$

$$M_q = M_{1Gk} + M_{2Gk} + M_{3Gk} + \psi_q M_{2Qk} \quad (5.3.9-4)$$

$$B_{s1} = 0.85 E_c I_{01} \quad (5.3.9-5)$$

$$B_{s2} = 0.7 E_c I_0 \quad (5.3.9-6)$$

式中： S ——内力系数，应按实际支承条件确定；

M_k ——钢筋叠合板按荷载标准组合计算的弯矩值；

M_q ——钢筋叠合板按荷载准永久组合计算的弯矩值；

B_0 ——钢筋叠合板换算截面弯曲刚度；

θ ——考虑荷载长期作用对挠度增大的影响系数，可取 $\theta = 2.0$ ；

B_{s1} ——钢筋预制板换算截面的短期截面弯曲刚度；

B_{s2} ——钢筋叠合板使用阶段换算截面的短期截面弯曲刚度；

M_{1Gk} ——钢筋预制板自重标准值在计算截面产生的弯矩值；

M_{2Gk} ——叠合层混凝土自重标准值在计算截面产生的弯矩值；

M_{3Gk} ——面层、吊顶等自重标准值在计算截面产生的弯矩值；

M_{2Qk} ——使用阶段可变荷载标准值在计算截面产生的弯矩值；

ψ_q ——使用阶段可变荷载的准永久值系数；

E_c ——预制底板混凝土弹性模量；

I_{01} ——钢筋预制板换算截面惯性矩；

I_0 ——钢筋叠合板换算截面惯性矩，叠合层的混凝土截面面积应按弹性模量比换算成预制底板混凝土的截面面积。

【条文说明】

5.3.9 按单向板设计时，钢筋叠合板可只验算预应力方向截面，使用阶段一般要求不出现裂缝。按荷载标准组合并考虑预应力长期作用影响的刚度，可取 $\theta = 2.0$ 。

5.3.10 钢筋叠合板由预加力产生的反拱值可按下列公式计算：

$$f_{2l} = \frac{N_p e_p l_0^2}{8B_0} \quad (5.3.10)$$

式中： N_p ——扣除了第一批、第二批预应力损失后的总预加力；

e_p ——预加力作用点至换算截面重心的距离。

【条文说明】

5.3.10 钢筋叠合板在偏心的预加力作用下将产生反拱，可按两端有弯矩作用的简支梁计算。

5.3.11 承受均布荷载的双向受力钢筋叠合板的挠度可根据本规程附录 A，采用弹性分析方法计算荷载作用下的挠度。

6 构造要求

6.1 一般规定

6.1.1 钢筋叠合板的厚度 h 不应小于 110mm。预制底板的厚度 h_s 不应小于 35mm；后浇混凝土叠合层厚度不应小于 70mm；混凝土上翼缘厚度 h_f 不宜小于 30mm，宽度 b_f 不宜小于 100mm、不宜大于 150mm。

【条文说明】

6.1.1 本条是从构造上提出钢筋叠合板的最小厚度要求，合理的厚度应在符合承载力极限状态、正常使用极限状态、耐火性能以及混凝土保护层厚度要求等前提下，按经济合理的原则确定。混凝土上翼缘上方混凝土的厚度应满足叠合板后浇叠合层上部配筋的混凝土保护层厚度要求。

6.1.2 预制底板的粗糙面宜采用机械设备进行拉毛。

6.1.3 当钢筋预制板的规格与房间的布置要求有出入时，可设置现浇带，现浇带的配筋应由设计计算确定。

6.1.4 钢筋叠合板的钢筋保护层厚度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。双向受力的钢筋叠合板，垂直于预应力方向的板底普通受力钢筋的保护层厚度可取预制底板厚度。基于耐火极限要求的钢筋保护层厚度尚应符合表 6.1.4 的规定。

表 6.1.4 钢筋叠合板耐火保护层最小厚度

类型	约束条件	耐火极限1.00h		耐火极限1.50h	
		板厚 (mm)	耐火保护层厚度 (mm)	板厚 (mm)	耐火保护层厚度 (mm)
预应力钢筋	简支	—	22	—	30
	连续	110	15	110	20
普通受力钢筋	简支	—	15	—	20
	连续	110	15	110	15

【条文说明】

6.1.4 执行严于现行国家标准《预制带肋底板混凝土叠合楼板技术规程》JGJ/T 258-2011。

5.1.5 钢筋预制板的钢筋腹板应满足高厚比限值。

【条文说明】

5.1.5 进行钢筋预制板承载力与刚度计算时，必须考虑钢筋的作用，应根据计算选择钢筋的尺寸，且应满足钢筋腹板高厚比限值。

6.2 钢筋、钢筋布置

6.2.1 钢筋的布置应符合下列规定：

- 1 钢筋应沿预应力方向布置。
- 2 钢筋至预制底板侧边的距离不宜大于 300mm，相邻钢筋间距不宜大于 600mm。
- 3 钢筋在混凝土中的埋入深度不宜小于 15mm。
- 4 钢筋宜在其上下翼缘开设圆孔，圆孔直径不宜小于混凝土粗骨料最大粒径的 1.25 倍，不宜大于翼缘宽度的 0.4 倍。
- 5 单向受力钢筋预制板的钢筋腹板可不开设穿筋圆孔；双向受力钢筋预制板的钢筋腹板可根据设计要求开设穿筋圆孔。
- 6 外露钢筋腹板宜紧贴预制底板上表面开设穿筋圆孔，圆孔直径不应大于外露钢筋腹板高度、且不宜小于穿孔钢筋直径的 1.5 倍，其间距可根据垂直于预应力方向的配筋确定；圆孔应沿钢筋均匀布置，中心间距不宜大于 200mm。
- 7 根据管线的布置要求，外露钢筋腹板上可开设圆孔或长圆孔，圆孔直径、长圆孔高度不宜小于管线外径 2mm，且不应大于外露钢筋腹板高度，长圆孔长度不应大于钢筋腹板高度及 2 倍孔高（图 6.2.1）。
- 8 钢筋腹板上开设管线穿孔时，圆孔之间的净距不应小于 50mm，长圆孔之间的净距不应小于 140mm，长圆孔和圆孔之间的净距不应小于 60mm（图 6.2.1）。
- 9 钢筋腹板在支座或支撑处不应开孔。支座或支撑附近开孔时，宜开设圆孔，孔径不应大于 30mm，孔中心距支座或支撑处的距离不应小于 90mm。

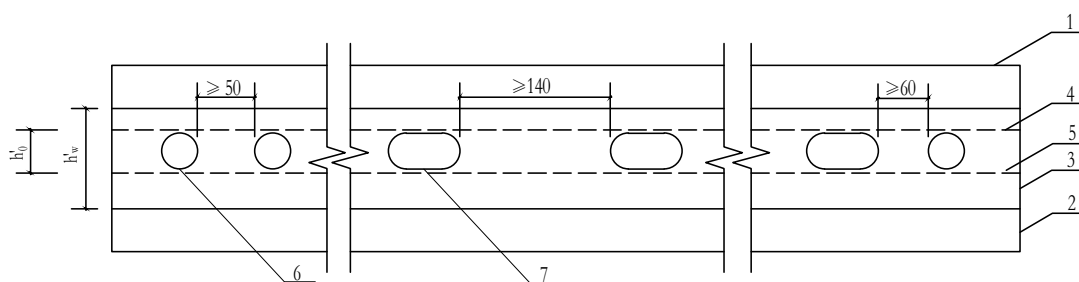


图 6.2.1 钢筋腹板上管线穿孔布置示意图

1-钢筋上翼缘；2-钢筋下翼缘；3-钢筋腹板；4-混凝土上翼缘下表面；5-预制底板上表面；6-钢筋腹板管线穿孔（圆孔）；7-钢筋腹板管线穿孔（长圆孔）； h'_w -钢筋腹板高度； h'_0 -外露钢筋腹板高度

【条文说明】

6.2.1 钢筋预制板中混凝土上翼缘、钢筋的设置和预应力的施加使钢筋预制板在施工阶段具有较大的刚度和承载力，因此钢筋方向应和预应力钢筋方

向一致。钢筋中心至钢筋预制板边的距离、相邻钢筋的距离不宜过大，过大会对钢筋预制板在运输、吊装等阶段的受力造成不利影响。对钢筋在其上下翼缘开设圆孔的规定，主要是为加强钢筋在混凝土中的锚固。对钢筋腹板开洞，是为了满足双向受力的钢筋叠合板设置垂直于预应力方向的板底普通受力钢筋和布置管线的需要。

6.2.2 当钢筋腹板开孔不满足第 6.2.1 条的要求时，应对钢筋进行抗剪验算，并采取相应的加固措施。

6.2.3 预应力钢筋应在钢筋预制板宽度范围内均匀布置，预应力钢筋的直径不应小于 5mm；钢筋间距不宜小于 50mm 且不宜大于 200mm。

【条文说明】

6.2.3 预应力钢筋的最小水平净距应根据浇筑混凝土、预应力钢筋锚固及预应力传递性能等要求确定。本条规定与《混凝土结构设计规范》GB 50010 一致。

6.2.4 普通受力钢筋、构造和分布钢筋按现行国家规范《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定取用或布置。

6.2.5 钢筋预制板采用的吊筋、吊钩或内埋式吊具应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 和《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256 的规定。

6.2.6 钢筋预制板开洞宜采用工厂预留方式，且宜设置在密拼接缝处。钢筋预制板开洞时不宜截断预应力钢筋，且应符合下列规定：

- 1 未截断预应力钢筋时，可不采取加强措施。
- 2 开洞尺寸不大于 300mm、截断的预应力钢筋不超过 3 根时，应在孔洞四周设置加强钢筋（图 6.2.6）。
- 3 开洞尺寸大于 300mm 或截断的预应力钢筋超过 3 根时，应计算确定加强措施。

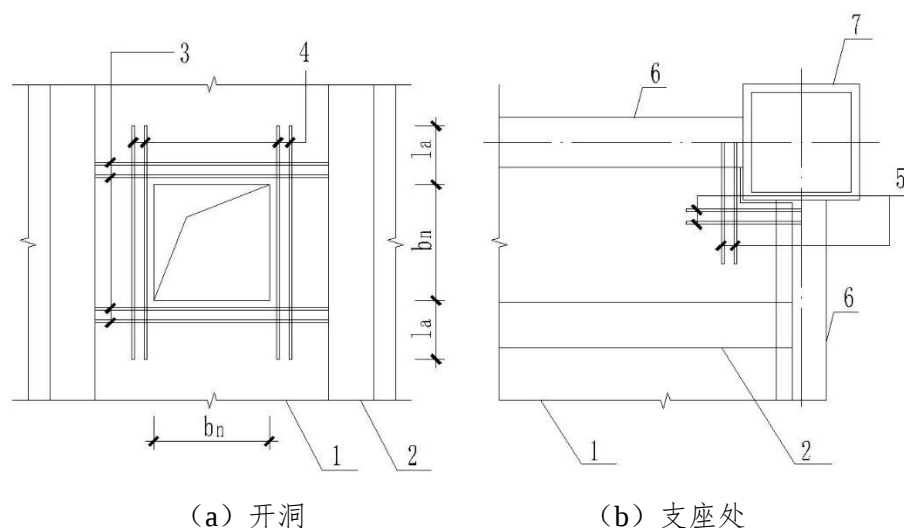


图 6.2.6 叠合楼板开洞加强措施

1-预制底板；2-预制混凝土上翼缘；3-沿预应力方向附加钢筋；4-沿垂直预应力方向附加钢筋；5-板边附加钢筋；6-梁；7-柱； b_n -洞口边长； l_a -沿预应力方向附加钢筋伸过洞边距离

【条文说明】

6.2.6 钢肋预制板中预制底板严禁在混凝土上翼缘宽度范围内开洞，且开洞应避免截断钢肋预制板的预应力钢筋。当开洞尺寸较大时，宜首先考虑采用现浇板带，其次再考虑根据等强原则采取加强措施。

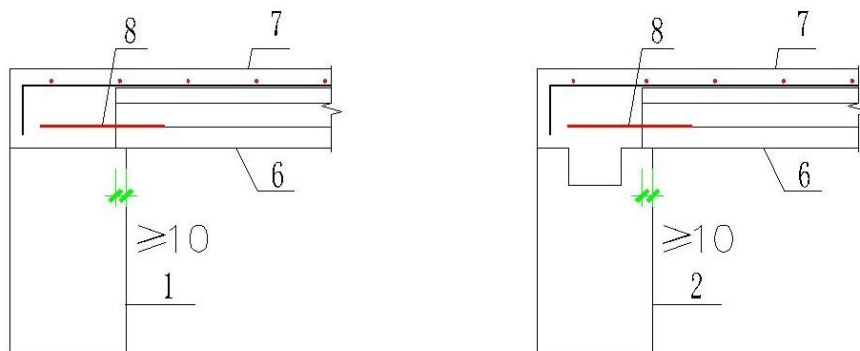
6.3 支座构造要求

6.3.1 钢肋预制板的搁置长度应符合下列规定：

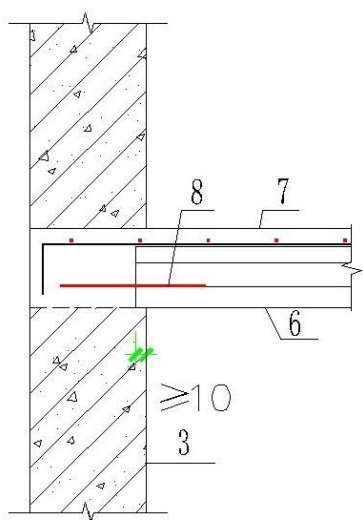
1 钢肋预制板与现浇混凝土梁、叠合梁、现浇剪力墙、预制剪力墙或叠合剪力墙同时浇筑时，伸入梁（墙）内不应小于 10mm（图 6.3.1（a）至图 6.3.1（d））。

2 钢肋预制板在钢梁上的搁置长度不应小于 50mm（图 6.3.1（e））。

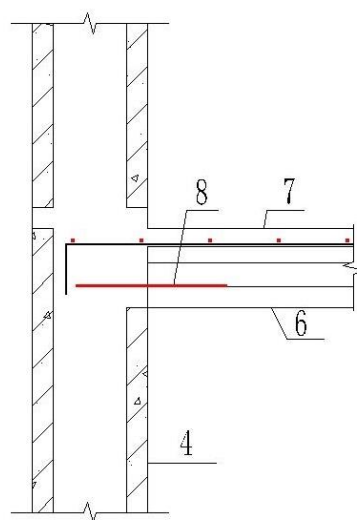
3 钢肋预制板搁置在叠合梁支托上时，搁置长度不应小于 50mm。



(a) 搁置在混凝土梁上

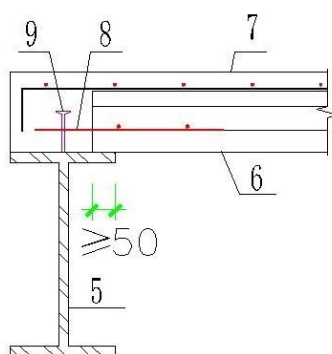


(b) 搁置在叠合梁上



(c) 搁置在现浇或预制剪力墙上

(d) 搁置在双面叠合剪力墙上



(e) 搁置在钢梁上

图 6.3.1 板端支座构造示意图

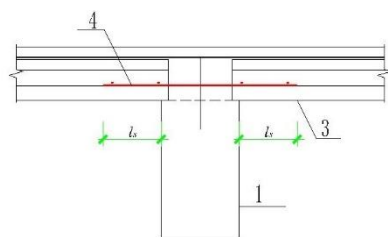
1-混凝土梁；2-叠合梁；3-现浇或预制剪力墙；4-双面叠合剪力；5-钢梁；6-
 钢筋预制板；7-叠合层混凝土；8-端部搭接钢筋；9-抗剪连接件

6.3.2 钢筋预制板的板端四面不出筋，应在端部设置平行预应力方向的附加钢筋（图 6.3.2 (a) 至图 6.3.2 (d)），且应符合下列规定：

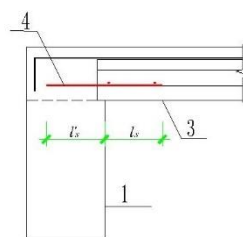
1 附加钢筋应满足承载力要求，且不应小于钢筋预制板内同方向受力钢筋面积的 1/3，附加钢筋直径不宜小于 8mm，间距不宜大于 250mm；附加钢筋种类不同时应按等强原则进行代换。

2 对于端支座，附加钢筋伸入后浇叠合层锚固长度 l_s 不应小 $1.2l_a$ ；对于中间支座，附加钢筋在节点区应贯通，且每侧伸入后浇叠合层锚固长度不应小于 $1.2l_a$ 。

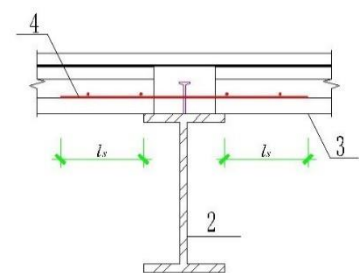
3 附加钢筋在支座的锚固长度 l'_s 不应小于 15d 且宜伸过支座中心线；当附加钢筋承受拉力时，锚固长度 l'_s 不应小于受拉钢筋锚固长度 l_a 。



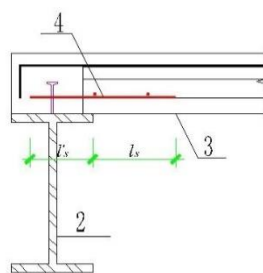
(a) 混凝土梁支承中间支座



(b) 混凝土梁支承端支座



(c) 钢梁支承中间支座



(d) 钢梁支承端支座

图 6.3.2 板端支座构造示意图

1-支承混凝土梁；2-支承钢梁；3-钢筋预制板；4-附加钢筋

7 制作、运输与堆放

7.1 一般规定

7.1.1 钢筋预制板生产企业应具有固定的生产场所，应具备保证产品质量要求的生产工艺设施、试验检测条件，并应符合环境保护和安全生产要求。

【条文说明】

7.1.1 钢筋预制板生产的场所、设备、设施是保证预应力混凝土构件生产和质量的基础设施，必须满足构件制作的技术要求。

7.1.2 生产企业应建立完善的质量管理体系和制度，并宜建立质量可追溯的信息化管理系统，且宜建立信息化档案管理系统。

【条文说明】

7.1.2 钢筋预制板采用工厂化生产、现场装配化施工。生产企业应有固定的生产车间和自动化生产线设备，应有专门的生产、技术管理团队和产业工人，并应建立技术标准体系及安全、质量、环境管理体系。

7.1.3 钢筋预制板制作前，应由建设单位组织设计单位、生产企业、施工单位、监理单位进行设计文件交底和图纸会审。

7.1.4 钢筋预制板的设计文件深度应满足指导生产的要求，并应根据批准的设计文件、生产工艺、运输吊装方案等编制构件加工详图。

7.1.5 钢筋预制板首件验收时，宜由建设单位组织设计单位、制作单位、施工单位、监理单位进行验收。

7.2 构件制作

7.2.1 钢筋预制板宜在预应力长线台座上进行制作，台座应具有足够的承载力、刚度及整体稳定性，应能满足生产作业荷载和制作工艺的要求。钢筋预制板可采用专用自动化设备在长线台生产。

7.2.2 制作钢筋预制板的模具应具有足够的刚度、强度和平整度。

7.2.3 边模外观质量和拼装应符合下列规定：

- 1 模具拼装应连接牢固、接缝紧密并保持清洁。
- 2 模具与混凝土接触面不应有锈渍，且不应有氧化层脱落等现象。
- 3 涂刷脱模剂、缓凝剂时应均匀、无漏刷、无堆积；脱模剂、缓凝剂不得沾污钢筋表面，且不得影响钢筋预制板外观质量；脱模剂宜采用水溶性隔离剂。

7.2.4 模具拼装完成后，尺寸偏差和检验方法应符合表 7.2.4 的要求。

表 7.2.4 模具尺寸允许偏差和检验方法

项次	检验项目、内容	允许偏差 (mm)	检验方法
1	长度、宽度、厚度	1, -2	用钢尺量平行构件相应尺寸方向， 取其中偏差绝对值较大处
2	底模表面平整度	2	激光或用 2m 靠尺和塞尺量
3	对角线差	3	用钢尺量对角线
4	侧向弯曲	$L/1500$ 且 ≤ 5	拉线，用钢尺量测侧向弯曲最大处
5	翘曲	$L/1500$	对角拉线测量交点间距离值的两倍
6	组装缝隙	1	用塞片或塞尺量测，取最大值

注：L 为模具与混凝土接触面中最长边的尺寸。

7.2.5 钢肋预制板生产用钢筋应符合下列规定：

1 进厂时，应全数检查外观质量，并按国家现行有关标准的规定抽取试件做屈服强度、受拉强度、伸长率、弯曲性能和重量偏差检验，检验结果应符合相应标准的规定。

2 预应力钢筋的下料长度应根据台座的长度、锚具、夹具长度等经过计算确定；钢筋的调直与切割应使用专用机械设备，不得采用电弧或气焊切断。

3 预应力钢筋的安装、定位和保护层厚度应符合设计要求。

7.2.6 预应力钢筋张拉设备及压力表应定期维护和标定，并应符合下列规定：

1 张拉设备和压力表应配套标定和使用，标定期限不应超过半年。当张拉设备检修后或使用过程中出现反常现象时，应重新标定。

2 压力表的量程应大于张拉工作压力读值，压力表的精确度等级不应低于 1.6 级。

3 标定张拉设备用的试验机或测力计的测力示值不确定度不应大 1.0%。

4 张拉设备标定时，千斤顶活塞的运行方向应与实际张拉工作状态一致。

7.2.7 预应力钢筋张拉前应将台面清理干净，预应力施工应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定。

7.2.8 预应力筋的张拉控制应力应符合设计及专项方案的要求。

7.2.9 采用应力控制方法张拉时，应校核最大张拉力下预应力筋伸长值。实测伸长值与计算伸长值的偏差应控制在 $\pm 6\%$ 之内。

【条文说明】

7.2.9 张拉时，先预张拉使预应力筋绷紧，后进行整体张拉。

7.2.10 预应力筋的张拉应符合设计要求,并应符合下列规定：

- 1 应根据预制构件受力特点、施工方便及操作安全等因素确定张拉顺序。
- 2 张拉时应采取对称和分级方式按照校准的张拉力控制张拉精度，以预应力筋的伸长值作为校核。
- 3 预应力筋张拉时应从零拉力加载至初拉力后，量测伸长值初读数，再以均匀速率加载至张拉控制力。
- 4 张拉过程中应避免预应力筋断裂、滑脱、遗漏、绞编等。预应力筋张拉锚固后，应对实际建立的预应力值与设计给定值的偏差进行控制：应以每工作班为一批，抽查预应力筋总数的 1%，且不少于 3 根。

7.2.11 预制底板应连续浇筑并铺摊均匀，宜采用排式振捣棒进行振捣，振捣完成后应及时量测混凝土浇筑厚度，当浇筑厚度超过允许偏差时应做相应处理。

7.2.12 预制底板的养护应严格落实养护制度，严格控制升降温速度和最高温度，并做好温控记录。

7.2.13 预应力钢筋放张应符合设计要求，并应符合下列规定：

- 1 预应力钢筋放张时，混凝土立方体抗压强度不应低于设计值的 75%，且不应低于 30MPa。
- 2 放张前，应将模具拆除。
- 3 放张时应由中间位置向两侧交错对称交错放张，每次截断钢筋根数不应超过钢筋总数的 15%。
- 4 放张后板端预应力钢丝与混凝土应牢固粘结。

7.2.14 预制底板脱模后，应采用专用吊具进行吊装并进行质量检查。检查后应及时在构件上设置产品标识、吊点位置标识。

7.3 构件检验

7.3.1 钢肋预制板的质量检查与验收应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 和《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T51231 的规定。

7.3.2 钢肋预制板原材料、部品及配件，应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、设计文件及合同约定进行进场检验。检验批划分应符合下列规定：

1 钢筋预制板生产企业将采购的同一厂家同批次材料、配件及半成品用于不同工程的预制构件时，可统一划分检验批。

2 获得认证的产品或来源稳定且连续三批均一次检验合格的产品，进厂验收时检验批容量可按有关标准的规定扩大一倍。扩大检验批容量后的检验中，出现不合格情况时，应按扩大前的检验批容量重新检验，且不得再次扩大检验批容量。

7.3.3 钢筋预制板生产用钢筋、预应力钢丝、钢绞线进场时，应全数检查外观质量，并按国家现行有关标准的规定抽样做力学性能和重量偏差检验，检验结果应符合相关产品标准的规定。

7.3.4 当钢筋预制板采用外购的成型钢筋时，进厂检验应符合下列规定：

- 1 应检查质量合格文件和交货验收单。
- 2 钢筋应按批进行外观质量和尺寸偏差抽检，每批中应至少抽取 3 条。
- 3 钢筋应按批进行重量偏差抽检，每批中应至少抽取三条。量取总长度并测量，计算每米长度重量，重量偏差不应超过理论重量的 $\pm 7\%$ 。

7.3.5 预应力筋张拉设备应由专人使用和管理，并应定期维护和校验。张拉设备的校验应符合下列规定：

- 1 张拉设备的校验期限，不应超过半年。
- 2 检测数量：每一工作班抽查预应力筋总数的 1%，且不得少于 3 根。
- 3 一个构件中全部钢丝预应力平均值与规定值的偏差为 $+5\%$ 。

7.3.6 钢筋预制板成品应按表 7.3.6 对外观质量进行检查，外观质量不宜有一般缺陷，不应有严重缺陷。对于出现一般缺陷的构件，应进行修补处理，并重新检查验收。对于外观质量合格的和不合格的均应记录、编号标识并分区分类码垛。

表 7.3.6 钢筋预制板外观质量判定方法

项次	检验项目	现象	质量评定要求	判定方法
1	露筋	钢筋未被混凝土完全包裹而外露	预应力钢丝不应有	观察
2	蜂窝	混凝土表面缺少水泥砂浆而形成石子外露	不应有	观察
3	孔洞	混凝土中出现深度和长度均超过保护层厚度的非设计孔穴	不应有	观察
4	夹渣	混凝土中夹有杂物且深度超过保护层厚度	禁止夹渣	观察
5	裂缝	缝隙从混凝土表面延伸至混凝土内部	不允许	观察

【条文说明】

7.3.6 钢筋与预制底板处有微细裂缝，不影响安全。

7.3.7 钢筋预制板外观尺寸及预留洞口的位置允许偏差及检验方法应符合表 7.3.7 规定。

表 7.3.7 钢筋预制板外观尺寸允许偏差及检验方法

序号	检查项目、内容		允许偏差 (mm)	检验方法
1	外观尺寸	长度	+10, -5	用钢尺量两端及中间部位，取其中偏差绝对值较大值
		宽度	±5	用钢尺量两端及中间部位，取其中偏差绝对值较大值
		厚度	±3	用钢尺量四角及四边中间部位共 8 处，取其中偏差绝对值较大值
2	外形	表面平整度	5	用 2m 靠尺安放在构件表面上，用楔形塞尺量测靠尺与表面之间的最大缝隙
		侧向弯曲	L/750 且 ≤20	拉线，钢尺量最大侧向弯曲处
		翘曲	L/750	四对角拉两条线，量测两线交点之间的距离，其值的 2 倍为翘曲值调平尺在两端测量
		对角线差	10	在构件表面，用钢尺量 2 个对角线的长度，取其绝对值的差值
3	预应力钢丝	间距	±5	钢尺检查
		保护层厚度	±2	钢尺检查
4	钢筋外露高度		±2	钢尺检查
5	预埋件	中心位置偏移	5	钢尺检查
6	预留孔、洞	中心线位置偏移	5	用钢尺量纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
		孔尺寸	±5	用钢尺量测纵横两个方向尺寸，取其最大值

注：1 对形状复杂或有特殊要求的钢筋预制板，其尺寸偏差除应符合表中标准外，尚应满足设计的专门要求。

2 L 为钢筋预制板标志跨度。

7.3.8 钢筋预制板出厂前应进行质量检验，并形成质量证明文件，质量证明文件应包括下列内容：

- 1 出厂合格证。
- 2 钢筋和钢筋检验报告。
- 3 混凝土强度检验报告。
- 4 合同要求的其它质量证明文件。

7.4 构件运输与堆放

7.4.1 钢筋预制板在运输、吊装、安装时其同条件养护的混凝土立方体抗压强度应达到设计强度的 100%，

7.4.2 钢筋预制板的运输与堆放应制定专项方案。专项方案宜包括堆放场地、固定要求、堆放支垫、运输时间、运输次序、运输线路及成品保护措施等内容。

7.4.3 钢筋预制板的堆放应符合下列规定：

- 1 堆放场地应平整、坚实，并应有排水措施。
- 2 垫片或垫木应上下对齐、垫实，垫片或垫木应设置在混凝土上翼缘上。
- 3 堆放层数不宜超过 7 层，并应有防止倾覆的措施。

【条文说明】

7.4.3 钢筋预制板的场地放置应该整齐分类存放，防止出现叠放混乱，从而造成损坏等情况。存放场地应先提前进行平整和夯实，规划好相应的排水措施，防止地面出现不均匀下沉。

7.4.4 钢筋预制板在运输和堆放过程中应做好安全和成品防护，并应在钢筋预制板边角或链索接触处设置一定柔性的垫片或垫木。

【条文说明】

7.4.4 在运输和堆放过程中，钢筋预制板的边角和链索接触处易发生破坏，应额外设置柔性垫片或垫木进行保护。垫片或垫木设置方法应符合本规程第 7.4.3 节的规定。

7.4.5 吊装施工前，应按国家现行有关标准的规定和设计方案的要求对吊具、索具进行验收，核实现场环境、天气、道路状况等，确认满足吊装施工要求。

8 施工安装

8.1 一般规定

8.1.1 钢筋叠合板施工应编制专项施工方案，并应绘制安装顺序示意图。施工前应根据审批通过的专项施工方案编制作业指导书，制订运输与安装措施及安全技术措施，并向操作人员进行质量、安全技术交底。

【条文说明】

8.1.1 施工单位在施工前应组织制订专项施工方案，且应符合国家现行有关标准及产品应用技术手册的规定。必要时，施工单位应根据设计文件进行深化设计。

构件的运输与安装应有成品保护措施和应急预案，可在专项施工方案或作业指导书中进行编制，对运输与安装的施工措施及安全技术措施，采取书面、口头、样板演示等多种方法向操作人员进行交底。

构件安装应设专人指挥，作业人员必须规范操作。遇有六级以上大风、大雾和雨天等恶劣天气时，不得进行安装活动。

8.1.2 钢筋预制板入场时应及时按本规程表 7.3.6 和表 7.3.7 进行验收，不合格的产品严禁安装使用。

8.1.3 施工现场应根据施工平面规划设置运输道路和堆放场地，并应符合下列规定：

- 1 现场运输道路和堆放场地应平整、坚实，并应有排水措施。
- 2 现场运输道路应满足运输车辆对于转弯半径及道路坡道的要求。
- 3 钢筋预制板在施工现场堆放时，堆放位置和次序应与工程施工进度及次序相衔接。

8.1.4 钢筋预制板的吊装工作范围内不得有障碍物。

8.1.5 施工过程中，不应在钢筋预制板上集中堆放大量施工材料或使钢筋预制板承受较大的冲击荷载，施工材料自重及施工荷载不应超过设计允许值。

8.2 安装

8.2.1 钢筋预制板安装前应对照设计图纸复核钢筋预制板的型号及长度，并宜在待安装部位注明型号及长度。

【条文说明】

8.2.1 在铺设钢筋预制板时应先按照图纸中的内容，在需要铺设钢筋预制板的位置标注出钢筋预制板的型号和长度，防止多次吊装钢筋预制板，对钢筋预制板造成破坏。

8.2.2 钢筋预制板安装前应对支撑进行设计，吊装就位前应设置好支撑。支撑设计应符合下列规定：

1 当钢筋预制板搁置在混凝土梁或剪力墙上时，施工期间应在钢筋预制板两端距离支座 500mm 范围内各设置一道支撑。

2 跨内支撑布置应根据计算确定。

3 支撑拆除时，叠合层混凝土强度应达到同条件养护的混凝土立方体抗压强度的 100%。

8.2.3 钢筋预制板的临时支撑架体应符合下列规定：

1 临时支撑架体宜选用有木方的线支撑，不宜选用点支撑。

2 首层支撑架体的地基应平整坚实，宜采取硬化措施；支撑架体立杆下宜设置垫块；竖向连续支撑层数不宜少于 2 层且上下层支撑宜对准。

3 支撑架体的高宽比不宜大于 3；当高宽比大于 3 时，应采取加强整体稳固性的措施；支撑架体的轴向压缩变形或侧向挠度，不应大于计算高度或计算跨度的 1/1000。

4 钢筋预制板边缘应增设竖向支撑杆件；对泵管、布料机部位的钢筋预制板底部应进行支撑加固。

5 支撑架体搭设完成后应对支撑架体标高及垂直度进行校核。

6 支撑架体不得与外防护架相连接。

8.2.4 钢筋预制板的起吊安装应符合下列规定：

1 安装施工前，应核实现场环境、天气、道路状况等满足吊装要求。

2 每班作业时宜试吊一次，应确认起重设备与通信设施工作正常，吊具连接可靠。

3 每次起吊脱离运输车辆或存放点时，应适当停顿，确认起吊系统安全可靠后方可继续提升。

4 钢筋预制板起吊、移动、就位的全过程中，信号指挥员、司索工、起重机械司机应保持通信畅通并协调一致。信号不明时不得吊运和安装。

5 应垂直吊运，不得斜拉、斜吊。

6 吊装作业区应实施隔离封闭管理，并应设置警戒线和警戒标识；对无法隔离封闭的，应采取专项防护措施。

8.2.5 钢筋预制板的施工宜建立首段验收制度。正式施工前，宜选择有代表性的单元或部分进行试安装，并应根据试安装结果及时调整完善施工方案和施工工艺。

【条文说明】

8.2.5 为避免由于设计或施工缺乏经验造成工程实际障碍或损失，保证施工质量，并不断摸索和积累经验，提出应通过试安装进行验证性试验。试安装对于没有经验的施工队伍非常必要，不但可以发现设计和施工方案存在的缺陷，还可以培训人员、调试设备、完善方案。在施工前进行典型单元的安装试验，验证并完善方案实施的可行性，对于产品的定型和施工工艺推广，是十分重要的。

8.3 叠合层混凝土施工

8.3.1 叠合层混凝土施工前，应进行隐蔽工程验收。同时，将钢筋预制板上的杂物清理干净，并浇水充分湿润。

8.3.2 叠合层混凝土的浇筑应符合下列规定：

- 1 浇筑叠合层混凝土时应布料均匀，布料的堆积高度严格按现浇层厚度及 1.5kN/m^2 控制，并应采用振动器振捣密实，以保证楼板的整体性。
- 2 浇筑和振捣时，应有专人对模板及支架进行观察和维护，发生异常情况应立即处理。
- 3 接缝处混凝土浇筑和振捣，应采取防止模板、钢筋及预埋件移位的措施。
- 4 后浇层混凝土浇筑完成后，应及时对其表面标高进行校核。

8.3.3 采用泵送混凝土浇筑时，应采取避免泵送设备超重或冲击力对钢筋预制板及临时支撑体系造成影响。

【条文说明】

8.3.3 泵送设备超重或冲击力过大，会影响钢筋叠合板及支架的安全。

8.3.4 叠合层混凝土浇筑完毕之后应及时进行保湿养护，保湿养护可采用洒水、覆盖、喷涂养护剂等方式，养护时间应根据水泥性能确定，不得少于 7d。

【条文说明】

8.3.4 冬期施工时，应按现行国家标准有关冬期施工的要求采取相应措施。

8.3.5 用于检查结构构件混凝土强度的试件，应在混凝土的浇筑地点随机抽取，取样与试件留置应符合下列规定：

- 1 每次取样应至少留置一组标准养护试件，同条件养护试件的留置组数应根据实际需要确定。

2 每一楼层、同一配合比的混凝土，取样不得少于一次。

3 每工作班拌制的同一配合比混凝土建筑面积不超过 1000m^2 时，取样不得少于一次。

检验方法：检查施工纪录及试件强度试验报告。

9 质量验收

9.1 一般规定

9.1.1 钢肋叠合板施工应按现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 的有关规定进行单位工程、分部工程、分项工程和检验批的划分和质量验收。

【条文说明】

9.1.1 混凝土结构子分部工程可划分为模板、钢筋、混凝土、预应力、钢肋预制板、现浇叠合层等分项工程，各分项工程可划分为若干检验批。

9.1.2 钢肋叠合板用的钢肋预制板、原材料、配件均应按检验批进行进场验收。

9.1.3 浇筑混凝土之前，应进行隐蔽工程验收，隐蔽工程验收应包括下列主要内容：

- 1 预制底板上表面的质量。
- 2 板面钢筋、附加钢筋的牌号、规格、数量、位置、间距。
- 3 预埋件、预留管线的规格、数量、位置。
- 4 其他隐蔽项目。

9.1.4 混凝土结构子分部工程施工质量验收时，应提供下列文件和记录：

- 1 工程设计文件、钢肋预制板安装施工图和加工详图。
- 2 钢肋预制板的主要材料及配件的质量证明文件、进场验收记录和抽样复验报告。
- 3 钢肋预制板吊装施工记录。
- 4 隐蔽工程验收文件。
- 5 叠合层混凝土强度检测报告。
- 6 装配式结构分项工程质量验收文件。
- 7 其它相关文件和记录。

9.2 进场验收

I 主控项目

9.2.1 钢肋预制板进场时，应检查质量证明文件。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查、检查质量证明文件或质量验收记录。

9.2.2 钢肋预制板外观质量不应有严重缺陷，且不应有影响结构性能和安装、使用功能的尺寸偏差。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，量测。

II 一般项目

9.2.3 钢肋预制板外观质量不应有一般缺陷。对已经出现的一般缺陷，应按技术方案进行处理，并重新检查验收。

检查数量：全数检查。

检查方法：观察，检查处理记录。

9.2.4 钢肋预制板的尺寸偏差及预埋件、预留孔洞位置的检验方法应符合表 7.3.7 的规定。

检查数量：按批检查，同一规格构件抽检数量不应少于该规格构件数量的 5%，且不应少于 3 件。

9.3 安装验收

I 主控项目

9.3.1 钢肋预制板安装时的临时支撑措施应符合设计、专项施工方案要求及国家现行有关标准的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查，检查施工方案、施工记录或设计文件。

9.3.2 在浇筑叠合层混凝土之前，应进行钢筋隐蔽工程验收，其内容包括钢筋品种、规格、数量、位置和连接接头位置以及预埋管、线盒数量、位置等。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，钢尺检查。

9.3.3 叠合层混凝土强度应符合设计要求。

检查数量：按批检查。

检验方法：检查混凝土强度试验报告。

9.3.4 混凝土运输、浇筑及间歇的全部时间不应超过混凝土的初凝时间。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查施工记录。

II 一般项目

9.3.5 钢筋预制板安装的允许偏差和检验方法应符合设计文件的规定；当设计无具体规定时，应符合表 9.3.5 的规定。

表 9.3.5 钢筋预制板安装尺寸允许偏差及检验方法

项 目	允许偏差 (mm)	检验方法
轴线位置	5	钢尺检查
实心平板下表面标高	±5	水准仪或拉线、钢尺检查
相邻底板下表面高低差	2	钢尺检查
下表面平整度	5	钢尺、塞尺检查
搁置长度	±10	钢尺检查

检查数量：按楼层、结构缝或施工段划分检验批，同一检验批内，应按有代表性的自然间抽查 10%，且不小于 3 间；对大空间结构，可按纵、横轴线划分检查面，抽查 10%，且不少于 3 面。

9.3.6 钢筋叠合板厚度允许偏差应符合设计要求，当设计无具体要求时，应为 ±3mm。

检查数量：按楼层、结构缝或施工段划分检验批，同一检验批内，应按有代表性的自然间抽查 10%，且不小于 3 间；对大空间结构，可按纵、横轴线划分检查面，抽查 10%，且不少于 3 面。

检验方法：观察，钢尺检查。

附录 A 正交各向异性板的修正弹性计算系数

A.0.1 承受均布荷载的双向受力钢筋叠合板，按正交各向异性板采用弹性计算方法时，弹性计算系数应选用由两个方向刚度比修正后的数值。

双向受力的钢筋叠合板正常使用极限状态下的弯矩值应按下列公式计算：

$$m = \text{表中系数} \times pl_{0x}^2 \quad (\text{A.0.1-1})$$

$$m_x^v = m_x + \nu\lambda_2 m_y \quad (\text{A.0.1-2})$$

$$m_y^v = m_y + \frac{\nu}{\lambda_2} m_x \quad (\text{A.0.1-3})$$

式中： m ——跨中或支座单位板宽内的弯矩设计值（N·mm/m）；

p ——均布荷载设计值（N/mm²）；

l_{0x} 、 l_{0y} ——短跨方向、长跨方向的计算跨度（m）；

ν ——混凝土泊松比，取 $\nu = 0.2$ ；

λ_2 ——钢筋叠合板短跨方向与长跨方向刚度之比；

m_x 、 m_y ——短跨方向、长跨方向跨中单位板宽内的弯矩设计值（N·mm/m）。

m_x^v 、 m_y^v ——修正后的短跨方向、长跨方向跨中单位板宽内的弯矩设计值（N·mm/m）。

双向受力的钢筋叠合板由荷载产生的挠度应按下列公式计算：

$$f_{1l} = \text{表中系数} \times \frac{pl_{0x}^4}{B_c} \quad (\text{A.0.1-4})$$

$$B_c = \frac{B_0}{(1-\nu^2)b'_{0y}} \quad (\text{A.0.1-5})$$

式中： B_c ——钢筋叠合板短跨方向换算截面单位板宽的刚度（N·mm）；

b'_{0y} ——钢筋叠合板的长跨方向的宽度（m）。

【条文说明】

A.0.1 钢筋叠合板在两个正交方向存在刚度差异，在计算时应合理考虑。考虑两个方向的刚度时，在预应力方向按不出现裂缝的刚度、垂直于预应力方向按出现裂缝的刚度进行内力计算。由于表 A.0.2 中的系数是根据材料的泊松比 $\nu = 0$ 制定的，对混凝土 $\nu = 0.2$ ，应按式 A.0.1-2 和 A.0.1-3 进行修正。

A.0.2 钢筋叠合板预应力方向与垂直于预应力方向的刚度比可取为 1.4，当预应力方向平行于短跨方向时，短跨方向与长跨方向刚度之比 λ_2 可取为 1.4；当预应力方向平行于长跨方向时，短跨方向与长跨方向刚度之比 λ_2 可取为 0.7。计算时应按实际支承条件、短跨方向与长跨方向刚度之比 λ_2 和预应力方向与垂直于预应力方向跨度比 l_{0x}/l_{0y} 在表 A.0.2-1 至表 A.0.2-4 中选取弹性计算系

数。跨度比 l_{0x}/l_{0y} 在表 A.0.2-1 至表 A.0.2-4 中给出的跨度比数值之间时,可采用线性插值计算。

表 A.0.2-1 四边简支钢肋叠合板的弹性计算系数($\lambda_2=1.4$)

l_{0x}/l_{0y}	f (mm)	m_x (mm)	m_y (mm)
0.50	0.01070	0.1021	0.0122
0.55	0.01005	0.0957	0.0151
0.60	0.00938	0.0890	0.0178
0.65	0.00870	0.0824	0.0204
0.70	0.00805	0.0759	0.0226
0.75	0.00741	0.0697	0.0246
0.80	0.00681	0.0638	0.0263
0.85	0.00625	0.0582	0.0278
0.90	0.00572	0.0530	0.0289
0.95	0.00522	0.0482	0.0298
1.00	0.00477	0.0438	0.0303

表 A.0.2-2 四边简支钢肋叠合板的弹性计算系数($\lambda_2=0.7$)

l_{0x}/l_{0y}	f (mm)	m_x (mm)	m_y (mm)
0.50	0.00945	0.0897	0.0248
0.55	0.00865	0.0819	0.0291
0.60	0.00787	0.0742	0.0328
0.65	0.00713	0.0669	0.0360
0.70	0.00644	0.0601	0.0386
0.75	0.00580	0.0538	0.0407
0.80	0.00521	0.0481	0.0422
0.85	0.00468	0.0428	0.0433
0.90	0.00419	0.0381	0.0439
0.95	0.00376	0.0339	0.0440
1.00	0.00337	0.0301	0.0442

表 A.0.2-3 四边固支钢肋叠合板的弹性计算系数($\lambda_2=1.4$)

l_{0x}/l_{0y}	f (mm)	m_x (mm)	m_y (mm)	m'_x (mm)	m'_y (mm)
0.50	0.00263	0.0413	0.00224	-0.0835	-0.0543

0.55	0.00258	0.0402	0.00365	-0.0824	-0.0543
0.60	0.00251	0.0387	0.00523	-0.0807	-0.0541
0.65	0.00242	0.0369	0.00687	-0.0784	-0.0540
0.70	0.00231	0.0348	0.00849	-0.0757	-0.0537
0.75	0.00218	0.0325	0.0100	-0.0725	-0.0533
0.80	0.00205	0.0301	0.0114	-0.0690	-0.0527
0.85	0.00191	0.0277	0.0126	-0.0653	-0.0519
0.90	0.00177	0.0252	0.0136	-0.0616	-0.0510
0.95	0.00163	0.0229	0.0144	-0.0578	-0.0499
1.00	0.00150	0.0206	0.0150	-0.0541	-0.0486

表 A.0.2-4 四边固支钢筋叠合板的弹性计算系数($\lambda_2=0.7$)

l_{0x}/l_{0y}	f (mm)	m_x (mm)	m_y (mm)	m'_x (mm)	m'_y (mm)
0.50	0.00244	0.0387	0.00595	-0.0821	-0.0585
0.55	0.00233	0.0268	0.00830	-0.0802	-0.0590
0.60	0.00221	0.0346	0.0107	-0.0777	-0.0594
0.65	0.00207	0.0321	0.0129	-0.0747	-0.0598
0.70	0.00192	0.0295	0.0150	-0.0713	-0.0599
0.75	0.00177	0.0269	0.0167	-0.0676	-0.0597
0.80	0.00161	0.0242	0.0182	-0.0637	-0.0593
0.85	0.00146	0.0216	0.0193	-0.0598	-0.0584
0.90	0.00132	0.0192	0.0201	-0.0559	-0.0573
0.95	0.00119	0.0170	0.0206	-0.0521	-0.0559
1.00	0.00106	0.0148	0.0208	-0.0485	-0.0542

注： f 为跨中由荷载产生的挠度系数， m_x 为短跨方向单位板宽弯矩系数， m_y 为长跨方向单位板宽弯矩系数， m'_x 为短跨方向固定边中点单位板宽的弯矩系数， m'_y 为长跨方向固定边中点单位板宽的弯矩系数。

【条文说明】

A.0.2 湖南大学张微伟在硕士论文《PK 预应力叠合楼板的试验研究与理论分析》中指出，根据试验研究和有限元分析结果，双向受力的预应力混凝土叠合板预应力方向和垂直于预应力方向刚度比可近似取为 1.4，并给出了不同支承条件下短跨方向与长跨方向刚度比为 1.4 和 0.7 时的修正弹性计算系数。

A.0.3 双向受力、四边简支的正交各向异性板弹性计算系数应按下列公式计算

修正:
$$f = \frac{4}{\pi^5} \sum_{i=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{(-1)^{(i-1)/2}}{i^5} \left[1 - \frac{2+\alpha_i th(\alpha_i)}{2ch(\alpha_i)} \right] \quad (\text{A.0.3-1})$$

$$m_x = \frac{4}{\pi^3} \sum_{i=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{(-1)^{(i-1)/2}}{i^3} \left[1 - \frac{2+\alpha_i th(\alpha_i)}{2ch(\alpha_i)} \right] \quad (\text{A.0.3-2})$$

$$m_y = \frac{2}{\sqrt{\lambda_2} \pi^3} \sum_{i=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{(-1)^{(i-1)/2}}{i^3} \frac{\alpha_i th(\alpha_i)}{ch(\alpha_i)} \quad (\text{A.0.3-3})$$

式中: $\alpha_i = \frac{i\pi r l_{02}}{2l_{01}} = \frac{i\pi r}{2\lambda_1}$;

$r = (\lambda_2)^{0.25}$ 。

当对均布荷载作用下的四边支承钢筋叠合板进行抗弯试验研究时, 短跨方向与长跨方向的刚度比 λ_2 可按试验所得结果确定。

【条文说明】

A.0.3 参考 R.Szillard 著、陈太平等译的《板的理论和分析》, H.J.Fletcher、C.J.Thorne 等在 Proceeding of the 2nd U.S.National Congress on Applied Mechanics 会议上发表的文章《Bending of thin rectangular plates》以及曲庆璋所著的《弹性板理论》, 根据不同的边界条件, 利用正交弯曲微分方程可求解出正交各向异性板挠度函数的一般表达式, 进而可求解出用挠度表示的弯矩表达式, 代入达到最大值的点即可得到式 (A.0.3-1) 至式 (A.0.3-3)。以上内容在湖南大学张微伟的硕士论文《PK 预应力叠合楼板的试验研究与理论分析》中有详细推导过程。

双向受力、四边固支的正交各向异性板弹性计算系数修正计算方法较为复杂, 一般需要通过编程联立较多的线型方程求解有限项级数的待定系数, 无法给出一个简单、明确的弹性计算系数表达式, 故在实际工程中不宜使用此方法。

《PK 预应力叠合楼板的试验研究与理论分析》中介绍了双向受力、四边固支的正交各向异性板弹性计算系数修正计算方法。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 本规程中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 2 《钢结构设计标准》 GB 50017
- 3 《混凝土强度检验评定标准》 GB50107
- 4 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
- 5 《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB 50300
- 6 《混凝土结构工程施工规范》 GB 50666
- 7 《装配式混凝土建筑技术标准》 GB/T 51231
- 8 《预应力混凝土用钢丝》 GB/T 5223
- 9 《预应力混凝土用钢绞线》 GB/T 5224
- 10 《钢结构通用规范》 GB 55006
- 11 《混凝土结构通用规范》 GB 55008
- 12 《钢筋锚固板应用技术规程》 JGJ 256