**CECS273:202X**

**中国工程建设协会标准**

**组合楼板设计与施工规范**

**Code for composite slabs design and construction**

**（征求意见稿）**

**修订组**

**前言**

根据工程建设标准化协会《关于印发〈2020年第一批协会标准制定、修订计划〉的通知》（建标协字［2020］14号）文的要求，规范编制组经广泛调查研究，认真总结工程实践，参考国际标准和国外先进标准以及进行了必要的试验的基础上，修订了《组合楼板设计与施工规范》（CECS273-2010）。

本规范主要内容：1.总 则；2.术语和符号；3.材料；4.基本规定；5.压型钢板组合楼板设计；6.钢筋桁架组合楼板设计；7.组合楼板耐火设计；8压型钢板组合楼板构造要求；9.钢筋桁架组合楼板构造要求；10.施工；11.验收

本次修订的主要技术内容：1.第3章：增加了高强度钢筋、钢筋桁架板底模的品种、连接件等材料；2.第4章：将2010版第4.1.4与第4.1.5条合并，对2010版第4.1.11条进行了修订，增加了不同底模的钢筋桁架楼承板的要求，对2010版的4.2节进行了修订；3.对2010版的第5.1.6条重新进行了表述，增加了图示；4.第6章：增加了不同底模的钢筋桁架楼承板技术要求；5.第7章：取消了2010版第7.2.8条，并将7.3.1条调整为第7.3.8条；6.第8章：将2010版第10.4.1条调整到第8.3.1条，第8.4节进行了修订；7.第9章：增加了对不同底模钢筋桁架组合楼板的技术要求；8.第10章：增加了不同底模钢筋桁架板施工技术要求；9.新增第11章：验收；10.将2010版条文说明中的《常用压型钢板组合楼板剪切粘结系数》调到附录B；11.增加了附录C和附录D。本次修订对修订过的章节进行了章节号调整。

请注意本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，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冶金分会归口管理，由中冶建筑研究总院有限公司负责具体技术内容的解释。本规范在使用过程中如有需要修改或补充之处，请将有关资料和建议寄送解释单位（地址：北京市海淀区西土城路33号，中冶建筑研究总院有限公司《组合楼板设计与施工规范》管理组，邮政编码：100088）。

**主 编 单 位：**中冶建筑研究总院有限公司

**参 编 单 位：**中国建筑设计研究院有限公司

西安建筑科技大学

深圳市建筑设计研究总院有限公司

中国京冶工程技术有限公司

应急管理部天津消防研究所

深圳千典建筑结构设计事务所有限公司

杭萧钢构股份有限公司

多维联合集团有限公司

中国建筑标准研究设计院

[苏州混凝土水泥制品研究院有限公司](https://www.baidu.com/link?url=gOosD2urUeqPnyHlHUlnfbQ3V32mHzokj6TFkTwteUT01WVBg9BoCpEi3PMykaz2&wd=&eqid=b62afa460013bbdf0000000363e2fae6" \t "https://www.baidu.com/_blank)

北京远达国际工程管理咨询有限公司

航天规划设计集团有限公司

滨州市宏基建材有限公司

安阳复星合力新材料股份有限公司

**主要起草人：**

**主要审查人**：

目 次

1总 则····································································1

2术语和符号·······························································2

2.1 术语···································································2

2.2 符号···································································3

3材料 ····································································6

3.1 混凝土·································································6

3.2 钢筋···································································6

3.3 压型钢板·······························································6

3.4 钢筋桁架及底模·························································9

3.5 栓钉及螺栓、螺钉、自攻螺钉············································10

3.6 焊接材料······························································11

4基本规定································································12

4.1 设计原则······························································12

4.2 荷载、荷载效应及效应组合··············································13

4.3 正常使用的限值························································16

5压型钢板组合楼板设计····················································17

5.1 一般计算规定··························································17

5.2 施工阶段承载力及变形计算··············································19

5.3 使用阶段受弯承载力计算················································19

5.4 使用阶段受剪承载力计算················································22

5.5 使用阶段正常使用极限状态验算··········································22

6钢筋桁架组合楼板设计····················································28

6.1 一般计算规定··························································28

6.2 施工阶段承载力及变形计算··············································28

6.3 使用阶段承载力极限状态计算············································31

6.4 使用阶段正常使用极限状态验算··········································32

7组合楼板耐火设计························································34

7.1 一般要求······························································34

7.2 火灾下压型钢板组合楼板承载力··········································34

8压型钢板组合楼板构造要求················································39

8.1 一般要求······························································39

8.2 配筋要求······························································39

8.3 端部构造······························································40

8.4 组合楼板开洞··························································42

9钢筋桁架组合楼板的构造要求··············································44

9.1 一般要求······························································44

9.2 配筋要求······························································45

9.3 端部构造······························································46

9.4 组合楼板开洞··························································49

10施工 ··································································50

10.1 吊装及堆放···························································50

10.2 放样与铺设···························································50

10.3 楼承板端部与梁搭接···················································51

10.4 封口板、收边构造和临时支撑···········································54

10.5 混凝土浇筑···························································54

10.6 现场切割与拆模·······················································54

11验收 ··································································55

11.1 一般规定·····························································55

11.2 质量要求·····························································55

11.3 性能检验·····························································56

附录A压型钢板组合楼板剪切粘结m、k系数确定的标准实验方法 ···············57

附录B 常用压型钢板组合楼板的剪切粘结m、k系数···························64

附录C 钢筋桁架与纤维水泥板底模连接件承载力标准实验方法···················68

附录D 钢筋桁架与混凝土底模连接件承载力标准实验方法·······················72

本规范用词说明···························································77

引用标准名录·······················································78

附：条文说明···································79

Contents

1General Principals ·························································1

2 Terms, Symbols ···························································2

2.1 Terms ································································2

2.2 Symbols ······························································3

3 Materials··································································6

3.1 Concrete ······························································6

3.2 Reinforcement··························································6

3.3 Profiled steel sheet······················································6

3.4 Steel-bars truss,bottom formwork··········································9

3.5 Studs,Bolt,Screw,tapping screw···········································10

3.6 Welding Materials······················································11

4 Fundamental Design Stipulations·· ·········································12

4.1 Design Principles·······················································12

4.2 Load and Load Effects·················································13

4.3 Limits of Serviceability Limit States·······································16

5 Design of Composite Slabs with Profiled Steel Sheet ·····························17

5.1 General Stipulations····················································17

5.2 Calculation of Bearing Capacity and Deflection in Construction Stage·············19

5.3 Calculation of Flexural Section Load-bearing Capacity in Service Stage············19

5.4 Calculation of Shear Section Load-bearing Capacity in Service Stage··············22

5.5 Checking of Serviceability Limit States······································22

6 Design of Composite Slabs with Steel-Bars Truss·································28

6.1 General Stipulations ·················································28

6.2 Calculation of Bearing Capacity and Deflection in Construction Stage·············28

6.3 Calculation of Ultimate Limit States in Service Stage·························31

6.4 Checking of Serviceability Limit States····································32

7 Fire Resistance Design of Composite Slabs······································34

7.1 General Stipulations ·················································34

7.2 Fire Limit States for Composite Slabs with Profiled Steel Sheet·················34

8 Detailing Requirements for Composite Slabs with Profiled Steel Sheet ···············39

8.1 General Stipulation·····················································39

8.2 Requirements of Steel Reinforcements·····································39

8.3 End Detailing Requirements··············································40

8.4 Openings of Composite Slabs·············································42

9 Detailing Requirements for Composite Slabs with Steel-Bars Truss ··················44

9.1 General Stipulation·····················································44

9.2 Requirements of Steel Reinforcements·····································45

9.3 End Detailing Requirements··············································46

9.4 Openings of Composite Slabs·············································49

10 Construction ····························································50

10.1 Hoisting and Stockpiling··················································50

10.2 Lofting,Laying··························································50

10.3 End Detailing Requirements of Deck········································51

10.4 Sealing Plate, Side Detailing Requirements and Temporary Supports···············54

10.5 C[oncrete Pouring](http://dict.cnki.net/dict_result.aspx?searchword=%e6%b7%b7%e5%87%9d%e5%9c%9f%e6%b5%87%e7%ad%91&tjType=sentence&style=&t=concrete+pouring)·······················································54

10.6 Field Cutting,form removal·················································54

11construction inspection ······················································55

11.1 General Stipulation······················································55

11.2 quality requirement······················································55

11.3 [performance examination](javascript:;)· ···············································56

Appendix A T[est Method](http://dict.cnki.net/dict_result.aspx?searchword=%e8%af%95%e9%aa%8c%e6%96%b9%e6%b3%95&tjType=sentence&style=&t=test+method) of Shear Bond C[oefficient](http://dict.cnki.net/dict_result.aspx?searchword=%e7%b3%bb%e6%95%b0&tjType=sentence&style=&t=coefficient)s for Composite Slabs with Profiled Steel Sheet ·····································································57

Appendix B Shear Bond C[oefficient](http://dict.cnki.net/dict_result.aspx?searchword=%e7%b3%bb%e6%95%b0&tjType=sentence&style=&t=coefficient)s of [Commonly Used](http://dict.cnki.net/dict_result.aspx?searchword=%e5%b8%b8%e7%94%a8&tjType=sentence&style=&t=commonly+used) Composite Slabs with Profiled Steel Sheet ·······································································64

Appendix C Standard test method for bearing capacity of steel bar truss and fiber-cement slab bottom die connectors··························································68

Appendix D Standard test method for bearing capacity of steel truss and concrete bottom die connectors····································································72

Explanation of Wording in This Code··············································77

Lisi of Quoted Standards·························································78

Addition: Explanation of Provisions···············································79

**1 总则**

**1.0.1** 为使组合楼板的设计与施工做到技术先进、安全可靠、耐久适用、经济合理，特制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于建筑工程中的压型钢板组合楼板及钢筋桁架组合楼板；施工阶段的相关规定也适用于作为永久模板使用的压型钢板。

本规范不适用于直接承受动力荷载作用的压型钢板组合楼板。

**1.0.3**组合楼板在设计与施工时，应从实际出发，合理选用材料，采取正确的构造和施工措施，满足施工阶段和使用阶段承载力、刚度、耐火及耐久性等要求。

**1.0.4**组合楼板的设计、施工及质量验收除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的要求。

**2 术语和符号**

**2.1 术语**

2.1.1组合楼板composite slab

在楼承板上现浇混凝土，楼承板与混凝土共同承受荷载的楼板。

2.1.2 楼承板 deck

施工阶段可以承受全部施工荷载，用以替代模板的压型钢板或钢筋桁架板。

2.1.3压型钢板 profiled steel sheet

经辊压冷弯，沿板宽方向形成波形截面的成型钢板。

2.1.4 开口型压型钢板open trough profile

竖向肋（腹）板沿板件横向张开的压型钢板。

2.1.5 缩口型压型钢板re-entrant-trough profile

竖向肋（腹）板沿板件横向缩紧，缩紧处开口不大于20mm的压型钢板。

2.1.6 闭口型压型钢板 flat profile

两竖向肋板被机械力咬合在一起的压型钢板。

2.1.7 永久模板 permanent shuttering

仅承受施工阶段荷载，施工完成后不拆除但不考虑与混凝土共同作用的压型钢板。

2.1.8 钢筋桁架板 steel-bars truss deck

由钢筋桁架与底模通过连接件连成一体的楼承板，又称为钢筋桁架楼承板。

2.1.9钢筋桁架 steel-bars truss

由钢筋焊接形成的桁架。

2.1.10 连接件 fastener

将钢筋桁架与底模连接固定的各类机械零件、焊点、预埋件以及包括钢筋和底模在内的完整连接系统。

2.1.11 底模 bottom formwork

设置在钢筋桁架底部并与钢筋桁架可靠连接的承重薄板。

2.1.12 支座钢筋 support reinforcement

焊接于钢筋桁架两端的水平及竖向钢筋。

2.1.13 可拆底模钢筋桁架板 remove bottom formwork steel-bars truss deck

楼板现浇混凝土达到一定强度后，底模被拆除的钢筋桁架板。

2.1.14 免拆底模钢筋桁架板 permanent bottom formwork steel-bars truss deck

楼板施工完成后，底模永久保留在楼板底面的钢筋桁架板。

2.1.15 底模外露

施工完成后，钢筋桁架板底模不拆除，且楼板底面直暴露或仅做简单涂装的楼板使用状态。

2.1.16 组合楼盖 composite floor system

钢梁与组合楼板组成的楼板体系。

**2.2 符号**

**2.2.1 材料性能**

*E*a—钢板弹性模量；

*E*c—混凝土弹性模量；

*E*s—钢筋弹性模量；

*f*a—钢板抗拉强度设计值；

*f*bt—螺栓、螺钉抗拉强度设计值

*f*c、*f*t—混凝土抗压、抗拉强度设计值；

*f*ck*、f*tk—混凝土抗压、抗拉强度标准值；

*f*c,T—高温下混凝土抗压强度设计值；

*f*fwk—纤维水泥平板饱水抗折强度标准值；

*f*st,T—高温下钢筋强度设计值；

*f*yk、*f*y钢筋强度标准值、设计值。

**2.2.2 作用、作用效应及承载力**

*M*—弯矩设计值；

*M*1G—组合楼板自重在计算截面产生的弯矩设计值 ；

*M*2G—除施工阶段永久荷载以外，其他永久荷载在计算截面产生的弯矩设计值；

*M*2Q—使用阶段可变荷载在计算截面产生的弯矩设计值。

*M*k—按荷载效应的标准组合计算的弯矩值；

*M*T—耐火极限状态时弯矩设计值；

*M*u,T—耐火极限时组合楼板截面受弯承载力；

*N*—钢筋桁架杆件轴心拉力或压力设计值；

*V*—剪力设计值；

*V*1G—施工阶段永久荷载在计算截面产生的剪力设计值

*V*2G—施工阶段永久荷载以外，其他永久荷载在计算截面产生的剪力设计值；

*V*2Q—使用阶段可变荷载在计算截面产生的剪力设计值；

Δc—施工阶段按荷载效应的标准组合计算的楼承板挠度值；

Δq—按荷载效应的准永久组合计算的组合楼板挠度值；

Δs—按荷载效应的标准组合计算的组合楼板挠度值。

**2.2.3 几何参数**

*a*—剪跨；

*A*a*—*计算宽度内组合楼板压型钢板截面面积；

*A*s—钢筋面积；

*b—*板计算单位宽度；

*b*e—组合楼板的有效宽度；

*b*l,min—压型钢板单个板肋的最小宽度；

*b*min—计算宽度内组合楼板换算腹板宽度；

*b*p—局部荷载宽度或长度，取荷载垂直跨度方向的宽度或长度；

*b*w—局部荷载在组合楼板中的工作宽度；

*C*s—压型钢板板肋中心线间距；

*h*c—压型钢板肋以上混凝土厚度；

*h*f—地面饰面层厚度。

*l*—板计算跨度；

*l*n—板净跨度；

*l*p—荷载作用点至楼板支座的较近距离；

*I*a—压型钢板截面惯性矩；

*I*ae—压型钢板有效截面惯性矩；

*W*ae—压型钢板有效截面抵抗矩；

*I*eq—换算截面惯性矩；

*B*s、*B*l—短期荷载作用下及长期荷载作用下的截面抗弯刚度；；

*I*eqs、*I*eql—短期荷载作用下及长期荷载作用下的平均换算截面惯性矩；

*h*—组合楼板厚度；

*h*c—压型钢板肋上混凝土厚度；

*h*s—压型钢板的高度；

*h*0—组合楼板截面有效高度；

*x—*混凝土受压区高度。

**2.2.4 计算系数**

*k*w—组合楼板工作系数

*γ*0—结构重要性系数；

*ρ*a—计算宽度内组合楼板截面压型钢板含钢率；

*m*、*k*—剪切粘结系数；

*α*E—钢与混凝土的弹性模量比；

*γ*—施工时与支撑条件有关的支撑系数。

**3　材料**

**3.1 混凝土**

3.1.1 压型钢板组合楼板用混凝土强度等级不应低于C30；钢筋桁架组合楼板用混凝土强度等级不应低于C25，采用钢筋强度等级 500 MPa及以上时，混凝土强度等级不应低于 C30。

3.1.2 混凝土轴心抗压、轴心抗拉强度标准值*f*ck、*f*tk应按表3.1.2采用。

**表3.1.2 混凝土强度标准值（N/mm²）**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 强度种类 | 符号 | 混凝土强度等级 | | | | | |
| C25 | C30 | C35 | C40 | C45 | C50 |
| 轴心抗压 | *f*ck | 16.7 | 20.1 | 23.4 | 26.8 | 29.6 | 32.4 |
| 轴心抗拉 | *f*tk | 1.78 | 2.01 | 2.20 | 2.39 | 2.51 | 2.64 |

3.1.3 混凝土轴心抗压、轴心抗拉强度设计值*f*c、*f*t应按表3.1.3采用。

**表3.1.3 混凝土强度设计值（N/mm²）**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 强度种类 | 符号 | 混凝土强度等级 | | | | | |
| C25 | C30 | C35 | C40 | C45 | C50 |
| 轴心抗压 | *f*c | 11.9 | 14.3 | 16.7 | 19.1 | 21.1 | 23.1 |
| 轴心抗拉 | *f*t | 1.27 | 1.43 | 1.57 | 1.71 | 1.80 | 1.89 |

* + 1. 混凝土受压或受拉的弹性模量*E*c应按表3.1.4采用。

**表3.1.4 混凝土弹性模量（×104 N/mm²）**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 混凝土强度等级 | C25 | C30 | C35 | C40 | C45 | C50 |
| *E*c | 2.80 | 3.00 | 3.15 | 3.25 | 3.35 | 3.45 |

**3.2 钢筋**

3.2.1 钢筋强度标准值*f*yk应按表3.2.1采用。

**表3.2.1 钢筋强度标准值（N/mm²）**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 种类 | | 符号 | *f*yk |
| 热轧钢筋 | HPB300 | **A** | 300 |
| HRB400 | C | 400 |
| HRBF400 | CF | 400 |
| RRB400 | CR | 400 |
| HRB500 | D | 500 |
| HRBF500 | DF | 500 |
| 冷轧带肋钢筋 | CRB550 | ΦRH | 500 |
| CRB600H | ΦRH | 520 |
| 冷拔光圆钢筋 | CPB550 | Acp | 500 |

3.2.2 钢筋抗拉强度设计值*f*y和抗压强度设计值*f ’*y应按表3.2.2采用。

表3.2.2 钢筋强度设计值（N/mm²）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 种类 | | *f*y | *f* 'y |
| 热轧钢筋 | HPB300 | 270 | 270 |
| HRB400  HRBF400  RRB400 | 360 | 360 |
| HRB500  HRBF500 | 435 | 435 |
| 冷轧带肋钢筋 | CRB550 | 400 | 380 |
| CRB600H | 415 | 380 |
| 冷拔光圆钢筋 | CPB550 | 360 | 360 |

3.2.3 钢筋弹性模量*E*s应按表3.2.3采用。

表3.2.3 钢筋弹性模量（×105N/mm²）

|  |  |
| --- | --- |
| 牌号或种类 | *E*s |
| HPB300 | 2.1 |
| HRB400、HRBF400  RRB400、HRB500、HRBF500 | 2.0 |
| CRB550、CRB600H | 1.9 |
| CPB550 | 2.0 |

**3.3 压型钢板**

3.3.1压型钢板质量应符合现行国家标准《建筑用压型钢板》GB/T12755的要求，用于冷弯压型钢板的基板应选用热浸镀锌钢板，不宜选用镀铝锌板。镀锌层应符合现行国家标准《连续热镀锌薄钢板和钢带》GB/T2518的规定。钢板的强度标准值应具有不小于95%的保证率，压型钢板材质应按下列规定选用：

1 现行国家标准《连续热镀锌薄钢板和钢带》GB/T2518中规定的S250（S250GD+Z、S250GD+ZF），S350（S350GD+Z、S350GD+ZF），S550（S550GD+Z、S550GD+ZF）牌号的结构用钢；

2 现行国家标准《碳素结构钢》GB/T700和《低合金高强度结构钢》GB/T1591中规定的Q235、Q355牌号钢。

3 压型钢板采用其他牌号的钢材时，应符合相应的现行国家有关标准的要求。

3.3.2压型钢板抗拉强度设计值*f*a应按表3.3.2采用。

**表3.3.2 钢板抗拉强度设计值 (N/mm2)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | S250 | S350 | S550 | Q235 | Q355 |
| *f*a | 205 | 290 | 395 | 205 | 300 |

3.3.3压型钢板的弹性模量可按表3.3.3采用。

表3.3.3 钢板的弹性模量（×105N/mm2）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 钢材品种 | 冷扎钢板 | 热轧钢板 |
| *E*s | 1.90 | 2.06 |

3.3.4压型钢板在不涂装防腐涂料的情况下，一般可采用两面镀锌量为275g/m2的钢板，且钢板两面镀锌量不应小于180g/m2；永久模板采用的压型钢板，两面镀锌量不宜小于120g/m2。

镀锌量损耗可按表3.3.4腐蚀速率计算。

**表3.3.4 压型钢板镀锌量腐蚀速率**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 代号 | 腐蚀环境种类 | 腐蚀风险 | 每年损失的锌层厚度μm/年 |
| C1 | 室内：干燥 | 很低 | ≤0.1 |
| C2 | 室内：偶尔结露  室外：内陆农村 | 低 | 0.1~0.7 |
| C3 | 室内：高湿度，一些空气污染  室外：内陆城市或温和的沿海地区 | 中等 | 0.7~2 |
| C4 | 室内：游泳池，化工厂等  室外：内陆工业城市或沿海城市 | 高 | 2~4 |
| C5 | 室外：高湿度工业区或高盐度沿海地区 | 很高 | 4~8 |
| Im 2 | 温带海水 | 很高 | 10~20 |

注：镀锌厚度1μm为7g/m2；

**3.4 钢筋桁架及底模**

3.4.1 钢筋桁架宜采用HRB300、HRB400、HRBH400 、RRB400、HRB400、HRBF550、CRB550和CRB600H钢筋制作；腹杆钢筋也可采用CPB550、CRB550钢筋。钢筋桁架宜按《钢筋桁架楼承板》JG/T368规格制作，当钢筋桁架规格、型号与《钢筋桁架楼承板》JG/T368不同时，其质量仍应符合其规定。

3.4.2钢筋桁架板的质量检验应按《钢筋桁架楼承板》JG/T368检验规则及实验方法进行检验。

3.4.3 钢筋桁架板底模：

1 压型钢板底模应符合本规范3.3节的规定，且宜符合《钢筋桁架楼承板》JG/T368的规定；免拆底模钢板两面镀锌量不宜小于120g/m2的热侵镀锌钢板，厚度不应小于0.5mm；施工完成后底模拆除的，钢板可采用非镀锌板材，厚度不应小于0.4mm；

2 竹胶合板、铝合金板和钢模板应分别符合现行业标准《竹胶合板模板》JG/T156、《铝合金模板》JG/T522和《组合钢模板》JG/T3060相关规定；

3 混凝土板底模，应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010规定，混凝土强度等级不应低于C30，板厚不小于15mm；

3.4.4 纤维水泥平板底模应选用符合现行行业标准《纤维水泥平板第1部分：无石棉纤维水泥平板》JC/T 412.1和《玻璃纤维增强水泥外墙板》JC/T 1057相关规定的A类或B类纤维水泥平板，其表观密度不应低于1400kg/ m3*、*湿涨率不应大于0.25%、弹性模量不应小于6000N/mm2，抗折强度标准值应按表3.4.3规定取用。

**表3.4.4纤维水泥平板抗折强度标准值（N/mm²）**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 强度种类 | 纤维水泥平板抗折强度标准值 | | |
| R3 | R4 | R5 |
| 饱水强度*f*fwk | 13 | 18 | 24 |

**3.5　栓钉及螺栓、螺钉、自攻螺钉**

3.5.1栓钉成品应满足现行国家标准《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T104333和《栓钉焊接技术规程》CECS226的规定，其材料的化学成份及力学性能应符合表3.5.1-1及表3.5.1-2的规定,成品规格应符合表3.5.1-3的规定。

**表3.5.1-1 栓钉材料化学成份**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌 号 | C | Si | Mn | P | S | Alt |
| ML15 | 0.13～0.15 | 0.15～0.35 | 0.30～0.60 | ≤0.035 | ≤0.035 | -- |
| ML15AL | 0.13～0.18 | ≤0.10 | 0.30～0.60 | ≤0.035 | ≤0.035 | ≥0.020 |

**表**

**3.5.1-2 栓钉成品力学性能**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 抗拉强度 Rm(N/mm2) | 屈服强度Rel(N/mm2) | 伸长率 A(﹪) |
| ≥400 | ≥320 | ≥14 |

**表3.5.1-3 成品栓钉规格 (mm)**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 公称直径d | 10 | 13 | 16 | 19 | 22 | 25 |
| min | 9.64 | 12.57 | 15.57 | 18.48 | 21.48 | 24.48 |
| max | 10 | 13 | 16 | 19 | 22 | 25 |

注:d为栓钉钉杆直径。

3.5.2与栓钉配套瓷环成品应满足国家现行标准《电弧螺栓焊用圆柱头焊钉》GB/T10433及《栓钉焊接技术规程》CECS226的规定。其化学组成及物理性能应符合表3.5.2-1及表3.5.2-2的规定。

表3.5.2-1 瓷环的化学组成

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| MgO | Al2O3 | SiO2 | 其它 |
| 1～7 | 20～25 | 60～70 | 0～19 |

表3.5.2-2 瓷环的物理性能

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 体积密度  (g/cm3) | 耐火度  (oC) | 吸水率  （℅） | 耐压强度  （KN/mm2） | 击穿电压  （KV/mm） |
| 2.1～2.2 | ≥1500 | ≤5 | 280～500 | 10～20 |

3.5.3 螺栓、螺钉、自攻螺钉机械性能应符合现行国家标准《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T3098的规定，抗拉强度设计值*f*tb可按表3.5.3取值。

**表3.5.3 螺栓、螺钉、自攻螺钉抗拉强度设计值*f*tb(N/mm2)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 螺栓、螺钉、自攻螺钉等级 | 4.6 4.8 | 5.6 | 5.8 |
| *f*bt | 170 | 210 | 400 |

**3.6 焊接材料**

3.6.1 手工焊采用焊条应符合现行国家标准《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117和《高强钢焊条》GB/T 32533的规定。

3.6.2 钢筋桁架与底模之间的电阻焊点，其抗剪承载力标准值应按表3.6.2采用。

表3.6.3 电阻焊点抗剪承载力标准值（N）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 钢板厚度（mm） | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.8 |
| 焊点抗剪承载力 | 750 | 1000 | 1350 | 2100 |

3.6.3 钢筋桁架与底模之间的电阻焊点，其抗剪承载力设计值应按表3.6.3采用。

表3.6.3 电阻焊点抗剪承载力设计值（N）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 钢板厚度（mm） | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.8 |
| 焊点抗剪承载力 | 375 | 500 | 675 | 1050 |

**4　基本设计规定**

**4.1　设计原则**

4.1.1 组合楼板应对施工及使用两个阶段分别按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计，并应符合现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB50068的规定。

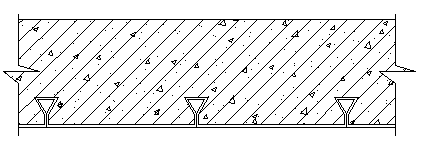
4.1.2 组合楼板内力计算时，弯矩计算应采用计算跨度，剪力计算可采用净跨度。

施工阶段设计时，跨度可按临时支撑的跨度计算；使用阶段设计时，跨度必须按拆除临时支撑后的跨度计算。

4.1.3组合楼板采用的楼承板，可采用压型钢板（图4.1.3a、图4.1.3b、图4.1.3c）和钢筋桁架板（图4.1.3d）。根据计算可在压型钢板底部不配置（图4.1.3e）、部分配置或配置受拉钢筋（图4.1.3f）。按双向板计算配筋的压型钢板组合楼板，垂直压型钢板肋方向配筋可配置在压型钢板波谷之上（图4.1.3g、图4.1.3h）、也可采用压型钢板波谷上铺设双向钢筋网片（图4.1.3i）。按双向板计算配筋的钢筋桁架组合楼板或单向板弱边的构造配筋，应将现场配置的钢筋架设在钢筋桁架下弦之上（图4.1.3j）

(a)开口型压型钢板组合楼板 (b)缩口型压型钢板组合楼板

(c)闭口型压型钢板组合楼板 (d)钢筋桁架组合楼板

（e）压型钢板全部替代正弯矩受拉钢筋 （f）压型钢板部分替代正弯矩受拉钢筋

（g）压型钢板顶部垂直肋方向配置受拉钢筋 （h）压型钢板组合楼板配置双向钢筋

（i）压型钢板肋顶布置双向钢筋网片 （j）钢筋桁架组合楼板配置板顶钢筋

注：压型钢板组合楼板截面配筋形式，仅以开口型压型钢板组合楼板表示，其他类型与其同样；本规范涉及到压型钢板组合楼板的，在没有特指的情况下均以开口型压型钢板组合楼板表示。

**图4.1.3 组合楼板截面及配筋**

4.1.4免拆底模钢筋桁架板，底模可采用压型钢板、混凝土板和纤维水泥平板。

采用纤维水泥平板作为底模的免拆模钢筋桁架板，室内环境应满足本规范3.3.4条C1、C2的要求。底模外露的纤维水泥平板免拆模钢筋桁架板，强度等级不应小于R4级，外露金属件宜采用不锈钢材料。

当有观感要求时，可采用装饰、装修等方法遮挡免拆底模对观感不适的影响。

4.1.5钢筋的混凝土保护层厚度应满足《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T50476的要求。镀锌板可按本规范第3.3.4条镀锌层的损失速率适当折减混凝土保护层厚度；混凝土底模厚度可计入保护层厚度；不考虑纤维水泥板对钢筋保护的有利作用。

压型钢板组合楼板、钢筋桁架组合楼板附加受力钢筋时，附加钢筋的现浇混凝土钢筋净保护层厚度不应小于10mm。

**4.2荷载、荷载效应及效应组合**

4.2.1施工阶段，楼承板作为模板，计算时应考虑以下荷载：

1 永久荷载：楼承板、钢筋和混凝土自重；

2 可变荷载：施工荷载应以施工实际荷载为依据；

3 当不能测量施工实际可变荷载或测量的均布可变荷载小于1.0kN/m2，施工均布可变荷载可按1.0kN/m2计取。

4.2.2验算组合楼板舒适度（自振频率和峰值加速度）时，按有效荷载计算，有效荷载等于楼盖自重与有效可变荷载之和，有效可变荷载应按下述取值：住宅：0.25kN/m2，其他：0.5kN/m2。

4.2.3施工阶段，楼承板按承载能力极限状态设计时，其荷载效应组合的设计值应按下式确定：

 （4.2.3）

式中：*S*—荷载效应设计值；

*S*s—楼承板、钢筋自重在计算截面产生的荷载效应标准值；

*S*c—混凝土自重在计算截面产生的荷载效应标准值；

*S*q—施工阶段可变荷载在计算截面产生的荷载效应标准值。

4.2.4施工阶段，楼承板视不同的支撑条件可按单跨、两跨、三跨计算挠度，计算跨度可取支撑间的距离。

4.2.5 使用阶段，组合楼板弯矩设计值可按下列规定取用：

1 不设置临时支撑时：

板跨中计算截面弯矩：

 　　　　　（4.2.5-1）

压型钢板组合楼板及钢筋桁架组合楼板中间支座处连接钢筋处弯矩：

 　　　 （4.2.5-2）

桁架连续的钢筋桁架板支座处弯矩：

 　　　 （4.2.5-3）

2 设置临时支撑时，组合楼板跨中、支座计算截面弯矩：

 　　　 （4.2.5-4）

式中：*M*—组合楼板弯矩设计值；

*M*1G—组合楼板自重在计算截面产生的弯矩设计值 ；

*M*2G—除施工阶段永久荷载以外，其他永久荷载在计算截面产生的弯矩设计值；

*M*2Q—使用阶段可变荷载在计算截面产生的弯矩设计值。

4.2.6使用阶段，组合楼板剪力设计值可按下列规定取用：

 （4.2.6）

式中：*V*—组合楼板最大剪力设计值；

*V*1G—施工阶段永久荷载在计算截面产生的剪力设计值

*V*2G—施工阶段永久荷载以外，其他永久荷载在计算截面产生的剪力设计值；

*V*2Q—使用阶段可变荷载在计算截面产生的剪力设计值；

*γ*—施工时与支撑条件有关的支撑系数，应按表4.2.6取用。

表4.2.6 支撑系数*γ*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 支撑条件 | 满支撑 | 三分点支撑 | 中点支撑 | 无支撑 |
| 支撑系数 | 1.0 | 0.733 | 0.625 | 0.0 |

4.2.7使用阶段，组合楼板挠度应按下列公式进行组合。

荷载效应的标准组合：

 (4.2.7.-2)

荷载效应的准永久组合：

 (4.2.7 -3)

式中：Δs—按荷载效应的标准组合计算的组合楼板挠度值；

Δq—按荷载效应的准永久组合计算的组合楼板挠度值；

Δc1Gk—在施工阶段永久荷载效应的标准组合下、按临时支撑跨度计算的楼承板挠度

值；

Δs1Gk—在施工阶段永久荷载效应的标准组合下、无临时支撑组合楼板按短期截面抗弯刚度计算的挠度值；

Δs2Gk—使用阶段其他永久荷载标准组合，且按短期截面抗弯刚度计算的组合楼板挠度

值；

ΔsQ1k—使用阶段第1个可变荷载标准值作用下，按短期截面抗弯刚度*B*s计算的挠度

值；

Δs2Qik—使用阶段第i个可变荷载标准值作用下，按短期截面抗弯刚度*B*s计算的挠度

值；

Δl1Gk—在施工阶段永久荷载标准组合下、无临时支撑组合楼板按长期截面抗弯刚度计算的挠度值；

Δl2Gk—使用阶段其他永久荷载标准组合，且按长期截面抗弯刚度计算的组合楼板挠度

值；

ΔlQik—使用阶段第i个可变荷载标准值作用下，按长期截面抗弯刚度*Bl*计算的挠度值；

*ѱ*ci—第i个可变荷载的组合系数，按《建筑结构荷载规范》GB50009选用；

*ѱ*qi—第i个可变荷载的准永久系数，按《建筑结构荷载规范》GB50009选用；

*γ*—支撑系数，按本规范表4.2.6取用。

4.2.8 组合楼板使用阶段在耐火极限状态时，弯矩设计值可按下式计算：

 　　　　　 （4.2.8）

式中：*M*T—耐火极限状态时弯矩设计值；

*M*Gk－永久荷载在计算截面产生的弯矩标准值；

*M*Qk－可变荷载在计算截面产生的弯矩标准值；

*ψ*T—火灾时可变荷载组合值系数，走道取1.0；书库、机房取0.9；其他取0.7 。

**4.3　正常使用的限值**

4.3.1组合楼板最大裂缝宽度限值应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010的相关要求。

4.3.2 施工阶段楼承板挠度应符合下列规定：

1 楼承板施工阶段挠度不应大于板跨***l***的1/180，且不应大于20mm；

2对结构底面或底模外露的楼承板，施工阶段永久荷载产生的挠度不应大于计算跨度的 1/400；

3对结构表面或底模隐蔽的楼承板，施工阶段永久荷载产生的挠度不应大于计算跨度的 1/250；

4.3.3组合楼板使用阶段的最大挠度，应按荷载的准永久组合，并考虑荷载长期作用的影响进行计算，其计算值不应超计算跨度*l*的1/200。

4.3.4组合楼盖在正常使用时，其自振频率*f*n不应小于3Hz，且不宜大于8Hz，且振动峰值加速度*a*p与重力加速度*g*之比不宜大于表4.3.4中值。

表4.3.4 振动峰值加速度限值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 房屋功能 | 住宅、办公 | 商场、餐饮 |
| *a*p/*g* | 0.005 | 0.015 |

**注：** 1. 舞厅、健身房、手术室等其他功能的房屋应做专门研究论证；

2. 当*f*n＜3Hz或*f*n＞大于9Hz时，应做专门研究论证。

**5 压型钢板组合楼板设计**

**5.1 一般计算规定**

5.1.1 压型钢板截面特性应按国家现行标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB50018进行计算。

5.1.2 施工阶段，压型钢板应沿强边方向按单向板计算。

5.1.3使用阶段，当压型钢板肋顶以上混凝土厚度*h*c=50mm～100mm时, 组合楼板可沿强边方向按单向板计算。当压型钢板肋顶以上混凝土厚度mm时，应根据有效边长比，按下列规定进行计算：

当时，按强边方向单向板进行计算；

当时，按弱边方向单向板进行计算；

当时，按正交异性双向板计算；也可按本规范第5.1.4条的简化方法计算。

有效边长比可按下列公式计算：

 （5.1.3-1）

 (5.1.3-2)

式中：—板的各向异性系数；

*I*x—组合楼板强边计算宽度的截面惯性矩；

*I*y—组合楼板弱边方向计算宽度的截面惯性矩，只考虑压型钢板肋顶以上混凝土的厚度*h*c；

、—组合楼板强边、弱边方向的边长。

5.1.4正交异性双向板（图5.1.4a），对边长修正后，可简化为等效各向同性板。计算强边方向弯矩时（图5.1.4b），弱边方向等效边长可取。计算弱边方向弯矩时（图5.1.4c），强边方向等效边长可取。



(*a*)正交异性板



(*b*)等效各向同性板（计算*M*x时）　　　　　　　(c)等效各向同性板（计算*M*y时）

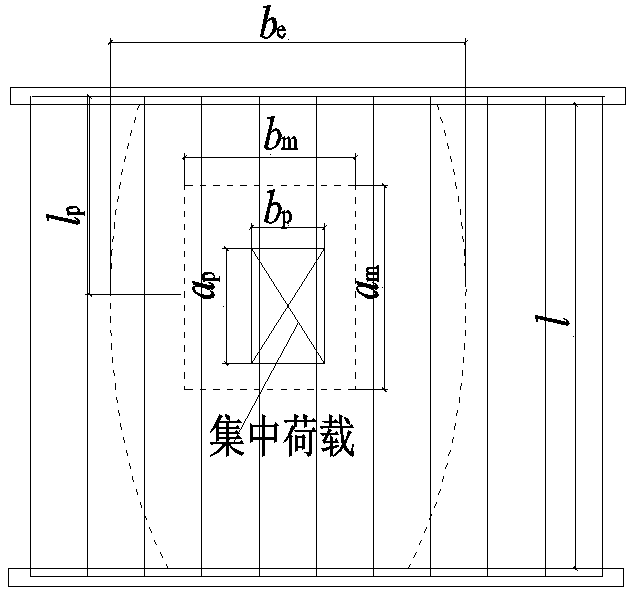
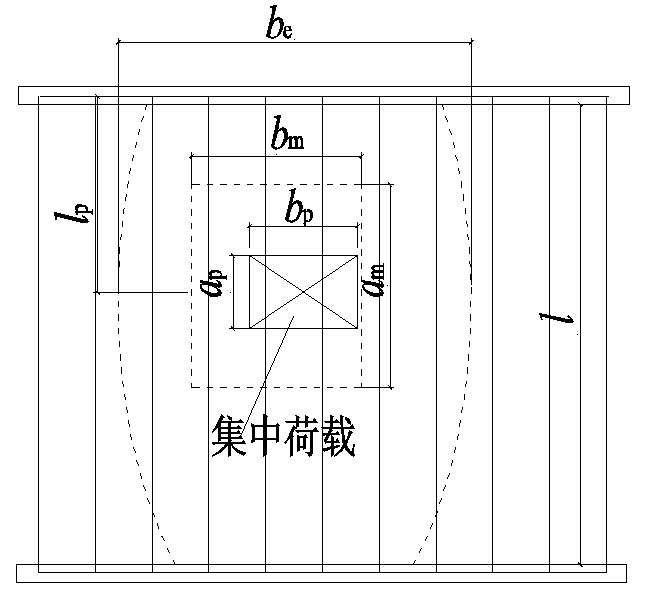
图5.1.4 双向正交异性板的计算边长

5.1.5连续组合楼板在强边方向正弯矩作用下，采用弹性分析计算内力时，可考虑塑性内力重分布，但支座弯矩调幅不宜大于15%。

5.1.6 组合楼板跨内集中荷载或局部面荷载（图5.1.6-1）大于7.5kN或5.0kN/m2时，组合楼板尚应单独验算集中荷载或面荷载作用下楼板的承载能力。

当压型钢板肋高*h*s与组合楼板高度*h*之比不大于0.6时（*h*s/*h*≤0.6），结构整体分析和组合楼板承载力承载力计算，其楼板的有效宽度可按下式简化计算：

 (5.1.6)

（a）荷载分布平行于跨度方向 （b）荷载分布平行于跨度方向

图5.1.6-1跨内集中荷载或局部面荷载

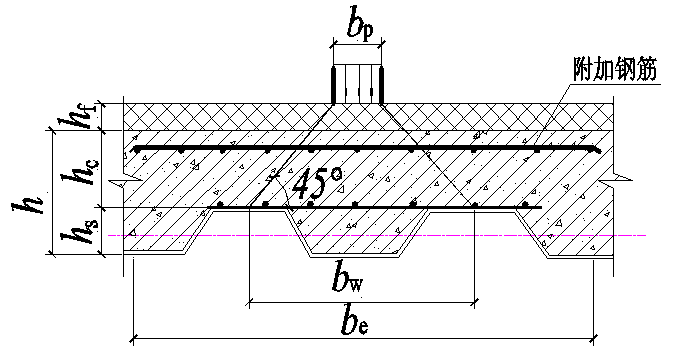


图5.1.6-2荷载在组合楼板中的有效宽度

式中：*l*—组合楼板跨度；

*l*p—荷载作用点至楼板支座的较近距离；

*b*e—组合楼板的有效宽度；

*b*w—局部荷载在组合楼板中的工作宽度，；

*b*p—局部荷载宽度或长度，取荷载垂直跨度方向的宽度或长度（图5.1.6-1）、

图（5.1.6-2）；

—压型钢板肋以上混凝土厚度；

—地面饰面层厚度。

*k*w—组合楼板工作系数，当计算受弯和剪切粘结承载力时，取*k*w=2；连续板，取*k*w=1.33；

计算斜截面受剪承载力，*k*w=1.0。

5.1.7 组合楼板考虑弱边方向受力时，可按板厚为的普通混凝土板计算。

5.1.8连续组合楼板按简支板设计时，支座截面应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010的规定。

**5.2施工阶段承载力及变形计算**

5.2.1 压型钢板应根据施工时临时支撑情况，按单跨、两跨或多跨计算；压型钢板承载力和构造应满足现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB50018的要求。承载力计算时，结构重要性系数*γ*0可取0.9。

5.2.2 施工阶段，压型钢板受弯承载力应满足下列要求：

 (5.2.2)

式中：*M* —计算宽度内压型钢板的弯矩设计值，按本规范第4.2.3条的规定计算；

*f*a—压型钢板抗拉强度设计值；

*W*ae—计算宽度内压型钢板的有效截面抵抗矩，应按现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB50018计算，并应分别考虑受拉和受压截面抵抗矩；

—结构重要性系数，可取0.9。

5.2.3施工阶段挠度验算应采用按《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB50018计算的有效截面惯性矩，最大挠度值应满足本规范第4.3.2条的要求。

**5.3使用阶段受弯承载力计算**

5.3.1组合楼板在强边方向正弯矩作用下，正截面受弯承载力应满足下列要求（图5.3.1）。

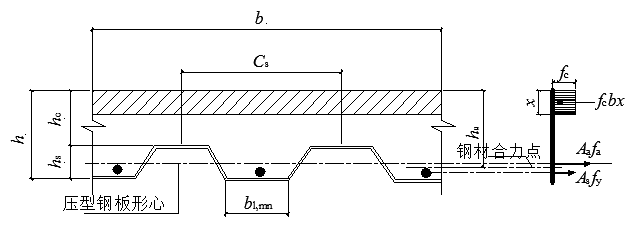


图5.3.1 组合楼板受弯计算简图

 (5.3.1-1)

混凝土受压区高度*x* 应按下列公式确定：

 (5.3.1-2)

适用条件：  且 

式中：*M*—计算宽度内组合楼板的正弯矩设计值，按本规范第4.2.5条计算；

*h*c—压型钢板肋以上混凝土厚度；

*b—*组合楼板计算宽度，可取单位宽度1000mm或取一个波距宽度；

*x—*混凝土受压区高度；

*h*0—组合楼板截面有效高度，等于压型钢板及钢筋拉力合力点至混凝土构件顶面的距离；

*A*a—计算宽度内压型钢板截面面积；

*A*s—计算宽度内板受拉钢筋截面面积；

*f*a—压型钢板抗拉强度设计值；

*f*y—钢筋抗拉强度设计值；

*f*c—混凝土抗压强度设计值；

*ξ*b—相对界限受压区高度。

对有屈服点钢材：

 (5.3.1-3)

对无屈服点钢材（S550牌号钢）：

 (5.3.1-4)

式中：*β*1—系数，混凝土强度等级不超过C50时，取；

*ε*cu—非均匀受压时混凝土极限压应变，当混凝土强度等级不超过C50时，=0.0033。

当按式（5.3.1-2）计算时，应取并代入式（5.3.1-1）进行计算。

注：当截面受拉区配置钢筋时，相对界限受压区高度计算式（5.3.1-3）或（5.3.1-4）中的*f*a应分别用钢筋强度设计值*f*y和压型钢板强度设计值*f*a代入计算，其较小值为相对界限受压区高度*ξ*b。

**5.3.2** 组合楼板在强边方向正弯矩作用下，当时，此时宜调整压型钢板型号和尺寸；无替代产品时可按下式验算。

 （5.3.2）

式中：*M*—计算宽度内组合楼板的正弯矩设计值，按本规范第4.2.5条取值。

**5.3.3** 组合楼板强边方向在负弯矩作用下，不考虑压型钢板受压，可将组合楼板截面简化成等效T型截面（图5.3.3），受弯承载力应符合《混凝土结构设计规范》GB50010的要求，计算宽度内组合楼板的负弯矩设计值，按本规范第4.2.5条取值。等效截面可按下式计算：

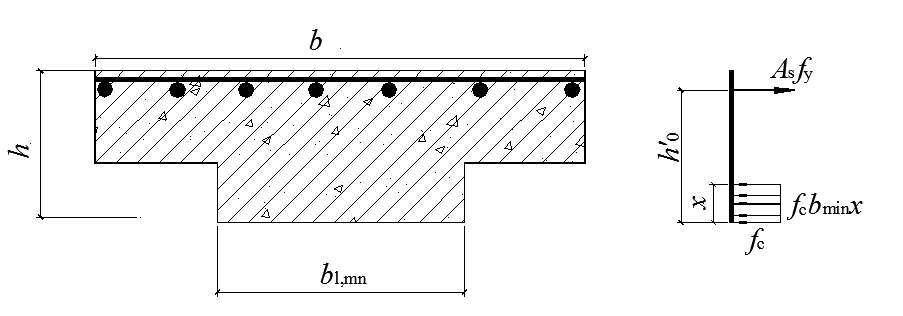


图5.3.3 简化的T型截面

 （5.3.3）

式中 **—计算宽度内组合楼板换算腹板宽度；

*—*组合楼板计算宽度；

*c*s*—*压型钢板板肋中心线距离（图5.3.1）；

*b*l,min—压型钢板单个板肋的最小宽度（图5.3.1）。

**5 .4 使用阶段受剪承载力计算**

**5.4.1** 组合楼板剪切粘结承载力应符合下列要求。

 （5.4.1）

式中：*V*—组合楼板最大剪力设计值，按本规范第4.2.6条计算；

*f*t—混凝土轴心抗拉强度设计值；

*a*—剪跨，均布荷载作用时取*a*=*l*n/4；

*l*n—板净跨度，连续板可取反弯点之间的距离；

*ρ*a—计算宽度内组合楼板截面压型钢板含钢率，；

*A*a—计算宽度内组合楼板压型钢板截面面积；

*m*、*k*—剪切粘结系数，应按附录 A规定的实验方法确定，*k*为无量纲系数，*m*的单位为N/mm2；当无实验条件时，可按本规范附录B选用。

**5.4.2** 组合楼板斜截面受剪承载力应符合下列要求。

(5.4.2)

式中：*V* —组合楼板最大剪力设计值，按本规范第4.2.6条计算；

*f*t—混凝土轴心抗拉强度设计值；

*b*min—计算宽度内组合楼板换算腹板宽度；

*h*0—组合楼板截面有效高度。

**5.4.3** 组合楼板在局部荷载作用下的受冲切承载力应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010有关规定，混凝土板的有效高度可取组合楼板肋以上混凝土厚度*h*c。

**5.5使用阶段正常使用极限状态验算**

**5.5.1** 组合楼板负弯矩区最大裂缝宽度验算应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》 GB50010进行，并应符合其有关规定。

**5.5.2**组合楼板在正常使用极限状态下的挠度，可根据组合楼板的截面抗弯刚度用结构力学方法并应按本规范第4.2.7条进行挠度组合计算。计算所得的最大值挠度值不应超过本规范第4.3.3条规定的限值。

5.5.3组合楼板短期荷载作用下截面抗弯刚度可按下列公式计算。

 (5.5.3-1)

 (5.5.3-2)

式中：—短期荷载作用下的截面抗弯刚度；

—短期荷载作用下的平均换算截面惯性矩；

、—短期荷载作用下未开裂换算截面惯性矩及开裂换算截面惯性矩，应按第

5.5.4条和第5.5.5条的规定计算；

*E*c—混凝土弹性模量。

5.5.4未开裂截面，其换算截面惯性矩可按下列公式计算（图5.5.4）。

1 截面中和轴距混凝土顶面距离

 (5.5.4-1)

2 截面惯性矩



(5.5.4-2)

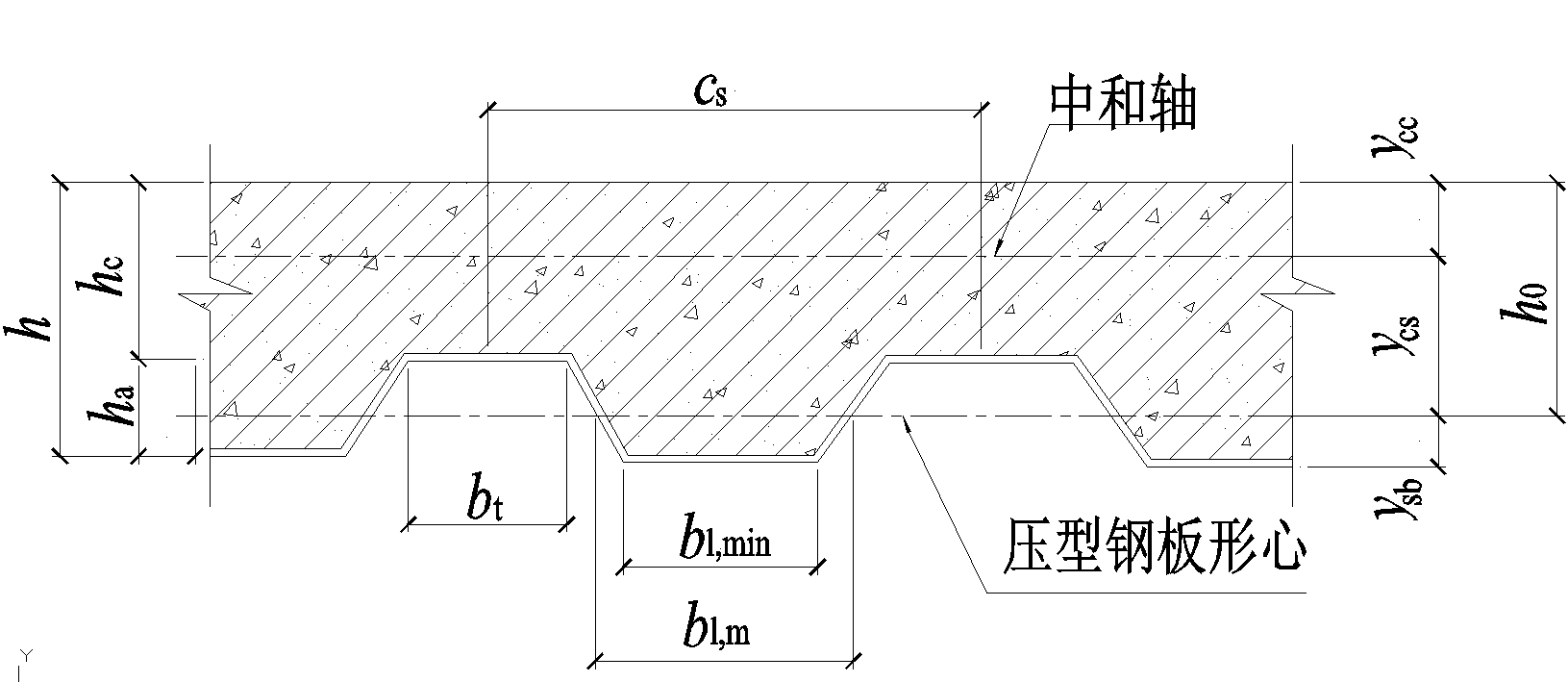


图 5.5.4 组合楼板截面刚度计算简图

5.5.5开裂截面，其换算截面惯性矩可按下列公式计算（图5.5.4）。

1 截面中和轴距混凝土顶面距离

 (5.5.5-1)

若计算的，取。

2 截面惯性矩

 (5.5.5-2)

式中 *b*—组合楼板计算宽度；

*c*s—压型钢板板肋中心线距离；

*b*l,m—单个板肋的平均宽度；

—压型钢板肋顶上混凝土厚度；

—压型钢板的高度；

—组合楼板截面有效高度；

—截面中和轴距混凝土顶面距离；

—截面中和轴距压型钢板截面重心轴距离，；

—钢与混凝土的弹性模量比值，；

— 钢板弹性模量；

—混凝土弹性模量；

*A*a —计算宽度内组合楼板中压型钢板的截面面积；

*I*a—计算宽度内组合楼板中压型钢板的截面惯性矩；

*ρ*a—计算宽度内组合楼板截面压型钢板含钢率。

5.5.6长期荷载作用下组合楼板截面抗弯刚度，可将本规范第5.5.4、5.5.5-2条中的改用2，计算所得截面惯性矩即为长期荷载作用下未开裂换算截面惯性矩*I*lu和开裂换算截面惯性矩*I*lc。长期荷载作用下截面抗弯刚度可按下式计算。

 (5.5.6-1)

 (5.5.6-2)

式中  *B*l—长期荷载作用下的截面抗弯刚度；

—长期荷载作用下的平均换算截面惯性矩；

、—长期荷载作用下未开裂换算截面惯性矩及开裂换算截面惯性矩。

5.5.7 组合楼盖舒适度应验算一个振动板格的峰值加速度，板格划分可取由柱或剪力墙在平面内围成的区域（图5.5.9）。峰值加速度按动力时程分析，也可按下式计算。峰值加速度不应超过本规范第4.3.4的要求。

 （5.5.7）

式中 *a*p—组合楼盖加速度峰值；

*f*n—组合楼盖自振频率，可按本规范第5.5.8条计算或采用动力有限元计算；

*G*E—计算板格的有效荷载，按可本规范第5.5.9条计算；

*P*0—人行走产生的激振作用力，一般可取0.3kN；

*g*—重力加速度；

—楼盖阻尼比，可按表5.5.7取值。

表5.5.7 楼盖阻尼比

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 房间功能 | 住宅、办公 | 商业、餐饮 |
| 计算板格内无家具或家具很少、没有非结构构件或非结构构件很少 | 0.02 | 0.02 |
| 计算板格内有少量家具、有少量可拆式隔墙 | 0.03 |
| 计算板格内有较重家具、有少量可拆式隔墙 | 0.04 |
| 计算板格内每层都有非结构分隔墙 | 0.05 |

5.5.8组合楼盖自振频率可按下式计算，且其自振频率应满足本本规范4.3.4要求。

 （5.5.8-1）

式中 Δj—组合楼盖板格中次梁板带的挠度，对于简支次梁或等跨连续次梁可按有效均布荷载作用下的简支梁计算，在板格内各梁板带挠度不同时取挠度较大值，mm；

Δg—组合楼盖板格中主梁板带的挠度，对于简支主梁或等跨连续主梁可按有效均布荷载作用下的简支梁计算，在板格内各梁板带挠度不同时取挠度较大值，mm；

当主梁跨度*l*g小于有效宽度*b*Ej时，式（5.5.8-1）中的主梁挠度Δg替换为。

****  （5.5.8-2）

式中 *l*g—主梁跨度；

*b*Ej—次梁板带有效宽度。

5.5.9 组合楼盖计算板格有效荷载可按下式计算。

 （5.5.9-1）

 （5.5.9-2）

 （5.5.9-3）

式中 *G*Eg—主梁上的有效荷载；

*G*Ej—次梁上的有效荷载。

—系数，当为连续梁时，取1.5，简支梁取1.0；

*g*Eg—主梁板带上的有效荷载，按本规范第4.1.6条计算；

*g*Ej—次梁板带上的有效荷载，按本规范第4.1.6条计算；

*l*j—次梁跨度；

*b*Ej—次梁板带有效宽度，应按下式计算，但不大于（图5.5.9）；

 （5.5.9-4）

*b*Eg—主梁板带有效宽度，应按下式计算，但不大于（图5.5.9）；

 (5.5.9-5）

*n*—板格个数，当*n*＞3时，取*n*=3；

*C*j—楼板受弯连续性影响系数，计算板格为内板格取2.0，边板格取1.0；

*D*s—垂直于次梁方向组合楼板单位惯性矩，可按下式计算：

 （5.5.9-6）

*h*0—组合楼板有效高度；

*α*E—钢与混凝土弹性模量比值；

*D*j—计算板格内次梁板带单位宽度截面惯性矩，当次梁截面和次梁间距相等时，

等于次梁惯性矩（可按组合梁考虑）除以次梁间距。

*C*g—主梁支撑影响系数，支撑次梁时，取1.8；支撑框架梁时，取1.6；

*D*g—计算板格内主梁板带单位宽度截面惯性矩，当主梁截面和主梁间距相等时，

等于主梁惯性矩（可按组合梁考虑）除以主梁间距。



图5.5.9组合楼盖板格及板带有效宽度

**6 钢筋桁架组合楼板设计**

**6.1 一般计算规定**

6.1.1 钢筋桁架板底模沿桁架方向宜采用整张板；纤维水泥平板、竹胶合模板可采用拼板，拼接板缝不宜超过四块板。纤维水泥平板底模强度等级应不低于R3级，混凝土底模强度等级应不小于C30且应大于组合楼板混凝土强度一个等级。

6.1.2 钢筋桁架的两个下弦杆均应通过焊点、机械连接、预埋件、预埋钢筋等方式与底板建立可靠的连接，连接件宜均匀布置，同一下弦杆两个连接件的距离不应大于400mm（图6.1.2）。

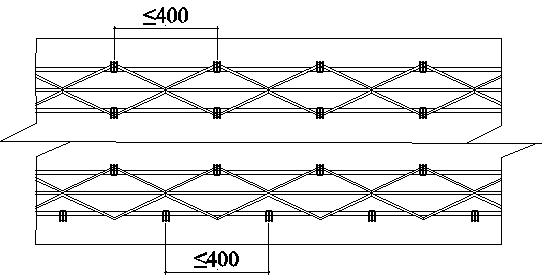


图 6.1.2 连接件布置

6.1.3钢筋桁架板施工阶段，可采用弹性分析方法，应分别计算钢筋桁架和底模的荷载效应。验算钢筋桁架时，全部荷载由桁架承担；验算底模及钢筋桁架与底模的连接件时，荷载全部由底模承担。

6.1.4强度等级不低于R4级纤维水泥平板沿桁架纵向底模为整板或底模为混凝土板时，验算钢筋桁架板施工阶段挠度时,可将底模刚度计入钢筋桁架板刚度。

6.1.5使用阶段，不考虑钢筋桁架整体对楼板的有利作用。弦杆可作为混凝土楼板中配置的上、下受力钢筋与混凝土共同工作。

底模为混凝土的钢筋桁架板可考虑其底模与现浇混凝土共同工作，其他类型钢筋桁架板不考虑底模与现浇混凝土共同工作。

6.1.6组合楼板按连续板设计时，支座处配筋应按计算确定并按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010执行；按简支板设计时，支座截面应按本规范第9.2.1条规定配置构造钢筋。

6.1.7使用阶段，组合楼板长宽比不大于2时，应按双向板设计，长宽比大于2，但不大于3时，宜按双向板设计。与桁架垂直方向的配筋应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的要求。

6.1.8多跨连续组合楼板采用弹性分析计算内力时，可考虑塑性内力重分布，但支座弯矩调幅不宜大于15%。

**6.2施工阶段承载力及变形计算**

6.2.1钢筋桁架板应根据施工时楼承板支撑及临时支撑情况，按单跨、两跨或多跨计算。计算可取钢筋桁架板一个单元*C*s（图6.2.1）。



图6.2.1 钢筋桁架板计算单元*cs*

6.2.2钢筋桁架各杆件承载力应满足下列要求：

 （6.2.2）

式中 *N*——杆件轴心拉力或压力设计值，按本规范第4.2.3条计算；

*f*y——钢筋抗拉或抗压强度设计值；

*A*s——钢筋截面面积；

*γ*0——结构重要性系数，可取0.9。

6.2.3 钢筋桁架各受压杆件稳定性应满足下列要求：

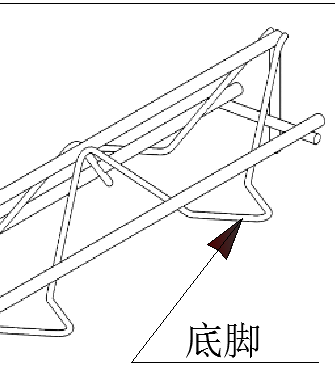
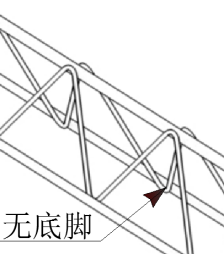
 （6.2.3）

式中 *N* ——杆件轴心压力设计值，按本规范第4.2.3条计算；

*f y’*——钢筋抗压强度设计值；

*φ*——轴心受压构件的稳定系数，应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017采用。

其中受压弦杆的计算长度不应小于0.9倍的受压弦杆节点间距；腹杆的计算长度按不同腹杆形式计算：当腹杆有伸出桁架的底脚时（图6.2.4a），计算长度应取不小于0.7倍的腹杆节点间距；腹杆无伸出桁架的底脚时（6.2.4b），计算长度应取应取1.0倍的腹杆节点间距。

1. 带底脚腹杆 （b）无底脚腹杆

图6.2.3 腹杆形式

6.2.4 钢筋桁架与底模焊接（点焊），螺栓、螺钉、自攻螺钉连接应满足下列要求。

1 焊接:

 （6.2.4-1）

2 螺栓、螺钉、自攻螺钉：

 （6.2.4-2）

式中：*V*——钢筋桁架与底模或连接件焊点剪力设计值；按本规范第4.2.3条计算；

*P*b——钢筋桁架与底模连接的螺栓、螺钉的拉力设计值；按本规范第4.2.3条计算；

*N*v——单个焊点剪力设计值，按本规范第3.6.3条计算；

*f*tb\_——螺栓、螺钉、自攻螺钉的抗拉设计强度，按本规范第3.5.3条取值，螺栓可按

现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017取值；

*A*be——螺栓、螺钉、自攻螺钉的有效面积；

*n*——单位面积内焊点、螺栓、螺钉、自攻螺钉的个数。

6.2.5 纤维水泥平板底模与钢筋桁架连接采用螺栓、螺钉、自攻螺钉连接时，通孔（预留孔）应分别符合国家现行标准《紧固件 螺栓和螺钉通孔》GB/T5277、现行行业标准《自攻螺纹 》SJ2495的要求，且连接件和连接件周围底模应满足下列要求：

 （6.2.5-1）

 （6.2.5-2）

 （6.2.5-3）

式中：*F*tm—施工阶段底模边缘上集中荷载产生的拉力或压力，取为1.2kN；

*N*tm1—螺栓、螺钉、自攻螺钉抗拔承载力，kN；

*N*tm2—连接件周围底模计算断面的抗折承载力；kN；

*d*k—螺栓、螺钉、自攻螺钉钉帽直径；

*h*——纤维水泥平板的厚度;

*f*fwk—纤维水泥平板的饱水抗折强度，按本规范第3.4.4条取值;

*b*—线性荷载长度之半，取为125mm；

*e*—线性荷载作用点距连接件中心的距离（图6.2.5），取*e*=*l*c/2。

*l*c—钢筋桁架板底模侧向边缘至桁架最外侧连接件中心的距离（图6.2.5）

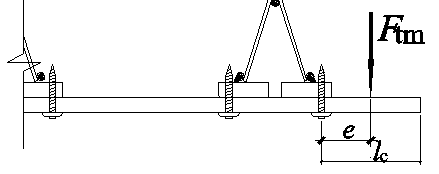


图6.2.5 荷载偏心距

6.2.6 纵向为单张整块板的免拆模钢筋桁架板，底模满足本规范第6.1.3条的纤维水泥平板底模或混凝土底模，考虑底模与桁架共同作用时，应对施工阶段底模抗裂进行验算，可采用下列公式验算：

 （6.2.6）

式中：*σ*1k—施工荷载标准组合作用下底模边缘拉应力值；

*M*1k—施工荷载标准组合值作用下楼承板弯矩；

*f*bt—底模抗拉强度，纤维水泥平板底模取0.5*f*fwk，混凝土底模取*f*tk，*f*fwk纤维水泥平板饱水抗折强度标准值，按本规范第3.4.4条取值；*f*tk混凝土抗拉强度标准值，按本规范第3.1.2条取值；

*W*ct—楼承板换算截面抵抗矩；计算楼承板截面抵抗矩时，可将底模视为翼缘板并换算成钢质材料，按《组合结构设计规范》JGJ138规定计算翼缘有效宽度。

6.2.7钢筋桁架板施工阶段挠度，除满足本规范第6.1.4条规定的底模外，可按桁架计算、不考虑底模作用，最大挠度值应满足本规范第4.3.2条的要求。

**6.3使用阶段承载能力极限状态计算**

6.3.1除混凝土底模外，组合楼板正截面受弯不考虑底模的作用，其受弯承载力应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010的要求，弯矩设计值可按本规范第4.2.5条计算。

6.3.2组合楼板斜截面受剪不考虑钢筋桁架腹杆的作用，其受剪承载力应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010的要求，剪力设计值可按本规范第4.2.6条计算。

6.3.3组合楼板在局部荷载作用下，受冲切承载力应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010的要求。

**6.4正常使用极限状态验算**

6.4.1 组合楼板正截面裂缝宽度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010的要求。

6.4.2 除混凝土底板的钢筋桁架板外，组合楼板挠度不考虑钢筋桁架板的刚度，将钢筋桁架上、下弦杆视为配筋，楼板刚度应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定计算，荷载效应挠度组合值应按本规范第4.2.7条计算，所求得的挠度值不应超过本规范第4.2.3条规定的限值。

6.4.3 组合楼盖峰值加速度和自振频率应按本规范第5.5.7条~第5.5.8条计算，并满足本规范第4.3.4条的要求，此时钢筋桁架组合楼板的短期刚度、长期刚度按《混凝土结构设计规范》执行。

6.4.4施工阶段无支撑时，组合楼板中钢筋桁架下弦钢筋在准永久荷载作用下的拉应力，应符合下列规定：

 （6.4.4-1）

 （6.4.4-2）

 （6.4.4-3）

 （6.4.4-4）

式中：*σ*sq—钢筋桁架下弦的拉应力。

*σ*s1k—施工阶段楼承板在永久荷载下的钢筋桁架下弦的拉应力；

*A*s—计算宽度内组合楼板钢筋截面面积；

*f*y—钢筋抗拉强度设计值，按本规范第3.2.2取值；

*h*0—楼板截面有效高度；

*N*1Gk—钢筋桁架板施工阶段在永久荷载按桁架模型计算的钢筋桁架下弦拉力标准值；

*M*2q—除施工永久荷载外，其他永久荷载与可变荷载的准永久组合在计算截面产生的

弯矩设计值；

*σ*s2q—按弯矩*M*2q作用下计算的钢筋桁架下弦的拉应力；

6.4.5 可拆底模钢筋桁架组合楼板，其抗裂和裂缝宽度验算应按《混凝土结构设计规范》GB50010执行并应符合其要求。荷载组合时，将施工阶段的永久荷载应乘以本规范第4.2.6条的支撑系数*γ*后参与荷载组合。

6.4.6 纵向为单张整块板的免拆模钢筋桁架板，底模满足本规范第6.1.3条的纤维水泥平板底模或混凝土底模应进行抗裂验算。此时，在荷载的标准组合下，抗裂验算底模边缘的拉应力不应大于底模抗拉强度。底模抗裂验算可按下列式计算：

 （6.4.6-1）

 （6.4.6-2）

 （6.4.6-3）

式中：*σ*ck—使用阶段，组合楼板在荷载标准组合值在计算界面产生的底模边缘的拉应力；

*f*bt—底模抗拉强度，纤维水泥平板底模取0.5*f*fwk，混凝土底模取*f*tk；*f*fwk纤维水泥平板

饱水抗折强度标准值，按本规范第3.4.4条取值；*f*tk混凝土抗拉强度标准值，按

本规范第3.1.2条取值；

*σ*1k—施工荷载标准组合作用下底模边缘拉应力值，按本规范第6.2.6条计算；

*M*2k—使用阶段在荷载标准组合值在计算界面产生的弯矩值；

*M*2Gk—使用阶段永久荷载标准值在计算界面产生的弯矩值；

*M*2Qk—使用阶段可变荷载标准值在计算界面产生的弯矩值。

*W*c0—组合楼板换算截面抵抗矩，此时可将底模面积按弹性模量比换算成后浇混凝土

截面面积。

6.4.7混凝土底模的钢筋桁架组合楼板的裂缝宽度验算应按《混凝土结构设计规范》GB50010叠合板相关规定执行并符合其要求。荷载组合时，将施工阶段的永久荷载应乘以本规范第4.2.6条的支撑系数*γ*后参与荷载组合。

**7 组合楼板耐火设计**

**7.1 一般要求**

7.1.1 组合楼板的耐火性能应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB50016对楼板的规定。

7.1.2 压型钢板作为永久模板的非组合楼板其耐火设计应按普通钢筋混凝土楼板耐火设计方法进行。

7.1.3 压型钢板组合楼板正弯矩受拉区钢筋、钢筋桁架组合楼板下弦杆起耐火作用时，其钢筋的混凝土保护层厚度应符合该楼板构件的耐火极限要求。

7.1.4无防火防护的压型钢板组合楼板的耐火极限可采用耐火测试方法或计算方法确定。

1 采用耐火测试方法确定耐火极限时，应按现行国家标准《建筑构件耐火试验方法》GB/T 9978的相关规定执行；

2 采用计算方法确定时，应满足本规范第7.2节的要求。

7.1.5 压型钢板涂敷防火涂料防护时，应符合现行团体标准《钢结构防火涂料应用技术规范》CECS24的要求。

**7.2 火灾下压型钢板组合楼板承载力**

7.2.1 本节适用于连续或是一端固结的单跨组合楼板，且火灾下允许产生大变形的压型钢板组合楼板。

简支压型钢板组合楼板的耐火极限可按不大于0.5h考虑；超过0.5h时，可通过在正弯矩区配置受力钢筋来满足其相应耐火极限的要求。

满足本节规定的压型钢板组合楼板可不涂敷防火涂料。

7.2.2 组合楼板的耐火极限计算，可采用以下假定：

1 不考虑升温时楼板支座对楼板平面内的约束作用（轴向力）的影响；

2 不考虑升温时压型钢板对楼板承载力的影响；

3 假设楼板内温度仅考虑与距受火表面的深度有关；

4 不考虑剪切粘结承载力极限状态；

5 除楼板的受力主筋外，楼板中的构造钢筋、温度抗裂钢筋亦可作为受力钢筋；

6 组合楼板的支承梁满足耐火极限的要求。

7.2.3组合楼板达到设计耐火极限状态时，应满足下列要求：

 （7.2.3）

式中：*M* mid—组合楼板达到耐火极限状态时，楼板跨中截面的受弯承载力；

*M* lu,T—组合楼板达到耐火极限状态时，楼板左端支座截面的受弯承载力；

*M* ru,T—组合楼板达到耐火极限状态时，楼板右端支座截面的受弯承载力；

*M*0,T—按本规范第4.2.8条计算的简支板跨中耐火极限弯矩设计值。

7.2.4 组合楼板达到设计耐火极限时，各截面受弯承载力可按下式计算（图7.2.4）。



（a）正弯矩作用时



（b）负弯矩作用时

图7.2.4 耐火承载力计算中的板截面

 (7.2.4-1)

式中： *M*u,T —耐火极限状态时各截面受弯承载力，分别为跨中截面的*M* midu,T、左支座截面的*M* lu,T和右支座截面的*M* ru,T。

－钢筋i 单元的截面面积；

－受压混凝土j 单元的截面面积；

－高温下钢筋抗拉或抗压强度设计值，在中和轴受拉一侧取负值，在中和轴受压一侧取正值；

－高温下混凝土抗压强度设计值。

－钢筋单元i 距中和轴的距离，在中和轴受拉侧取负值，在中和轴受压侧取正值；

－混凝土单元j 距中和轴的距离，取正值。

—钢筋单元编号；

—受压混凝土单元编号；

—钢筋单元总数；

—混凝土单元总数。

中和轴位置可按下式确定；

 （7.2.4-2）

7.2.5 高温下混凝土抗压强度设计值*f*c,T可按下式计算：

 （7.2.5）

式中 －高温下混凝土抗压强度设计值；

－混凝土抗压强度设计值值；

－高温下混凝土轴心抗压强度折减系数，可按表7.2.5取用。

表7.2.5高温下混凝土抗压强度折减系数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 混凝土的温度（℃） | 普通混凝土 | 轻骨料混凝土 |
| 20 | 1.00 | 1.00 |
| 100 | 0.95 | 1.00 |
| 200 | 0.90 | 1.00 |
| 300 | 0.85 | 1.00 |
| 400 | 0.75 | 0.88 |
| 500 | 0.60 | 0.76 |
| 600 | 0.45 | 0.64 |
| 700 | 0.30 | 0.52 |
| 800 | 0.15 | 0.40 |
| 900 | 0.08 | 0.28 |
| 1000 | 0.04 | 0.16 |
| 1100 | 0.01 | 0.04 |
| 1200 | 0.00 | 0.00 |

7.2.6 高温下热轧钢筋抗拉（抗压）强度设计值可按下式计算：

 （7.2.6-1）

式中 －高温下钢筋抗拉（抗压）强度设计值；

－钢筋的抗拉（抗压）强度设计值；

**—钢材强度调整系数，取**=1.1；

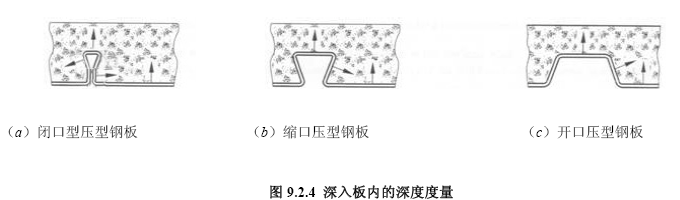
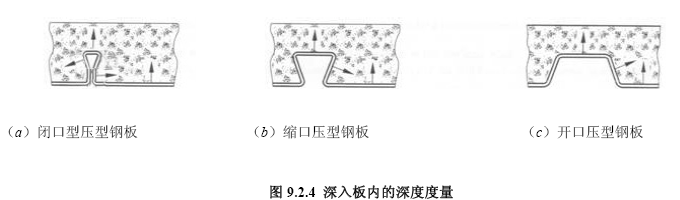
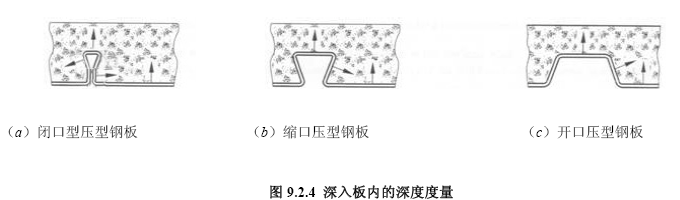
－高温下热轧钢筋抗拉（抗压）强度折减系数，按（7.2.6-2）确定。

（7.2.6-2）

7.2.7组合楼板混凝土自受火面算起，内部不同深度处的温度可按表7.2.7确定（图7.2.7）。

表7.2.7组合楼板混凝土内部温度分布（℃）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 混凝土内部深度  （mm） | 耐火极限1.5h时温度分布（℃） | | 耐火极限2.0h时温度分布（℃） | |
| 普通混凝土 | 轻骨料混凝土 | 普通混凝土 | 轻骨料混凝土 |
| 10 | 790 | 720 | — | 770 |
| 20 | 650 | 580 | 720 | 640 |
| 30 | 540 | 460 | 610 | 530 |
| 40 | 430 | 360 | 510 | 430 |
| 50 | 370 | 280 | 440 | 340 |
| 60 | 310 | 230 | 370 | 280 |
| 70 | 260 | 170 | 320 | 220 |
| 80 | 220 | 130 | 270 | 180 |
| 90 | 180 | 100 | 240 | 150 |
| 100 | 160 | 80 | 210 | 140 |



（a）闭口型压型钢板 （b）缩口型压型钢板 （c）开口型压型钢板c

图7.2.7 混凝土内部深度度量示意图

7.2.8无防火保护的压型钢板组合楼板，满足耐火隔热性最小楼板厚度可按表7.2.8确定。

表7.2.8 压型钢板组合楼板隔热性最小厚度（mm）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 压型钢板类型 | 最小楼板计算厚度 | 隔热极限（h） | | | |
| 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 开口型压型钢板 | 压型钢板肋以上厚度 | 60 | 70 | 80 | 95 |
| 其它类型的压型钢板 | 组合楼板的板总厚度 | 90 | 90 | 110 | 125 |

**8 压型钢板组合楼板构造要求**

**8.1一般要求**

8.1.1组合楼板用压型钢板基板的厚度不应小于0.75mm；作为永久模板使用的压型钢板基板的厚度不宜小于0.5mm。

8.1.2压型钢板浇筑混凝土面，开口型压型钢板凹槽重心轴处宽度*b*l,m、缩口型压型钢板和闭口型压型钢板槽口最小浇宽度*b*l,m不应小于50mm。当槽内放置栓钉时，包括压痕在内压型钢板总高*h*s不宜大于80mm（图8.1.2）。



（a）开口型压型钢板



（b）缩口型压型钢板



（c）闭口型压型钢板

图8.1.2 组合楼板截面凹槽宽度示意图

8.1.3 组合楼板总厚度*h*不应小于90mm，压型钢板肋顶部以上混凝土厚度*h*c不应小于50mm。

**8.2 配筋要求**

8.2.1设计需要提高组合楼板正截面承载力时，可在板底沿顺肋方向配置附加的抗拉钢筋，钢筋保护层净厚度不应小于15mm。

8.2.2组合楼板不宜采用钢板表面无压痕的光面开口型压型钢板，若必须采用时，应沿垂直肋方向布置不小于6@200的横向钢筋，并应焊接于压型钢板上翼缘。焊有横向抗剪钢筋的压型钢板组合楼板的剪切粘结系数应按附录A实验确定。

8.2.3组合楼板在有较大集中荷载或局部面荷载作用部位应设置横向钢筋，其截面面积不应小于压型钢板肋以上混凝土截面面积的0.2%，延伸宽度不应小于集中荷载或局部面荷载分布的有效宽度*b*e（图5.1.6-2）。钢筋的间距不宜大于150mm，直径不宜小于6mm。

8.2.4组合楼板支座处构造钢筋及板面温度钢筋配置应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010的有关规定。

8.2.5组合楼板截面配筋可采用以下几种形式：

1 组合楼板正弯矩区的压型钢板满足受弯承载力要求时，正弯矩区可不配置钢筋，可仅在负弯矩区配置受力钢筋及在楼板顶面配置温度抗裂钢筋（图4.1.3e）；

2 组合楼板正弯矩区的压型钢板不能满足受弯承载力要求或耐火极限计算不能满足要求时，可在正弯矩区配置受力钢筋（图4.1.3f、4.1.3h）；

3 当组合楼板内承受较大拉应力时，可在压型钢板肋顶布置双向钢筋网片（图4.1.3g、4.1.3i）。

**8.3 端部构造**

8.3.1压型钢板在钢梁上的支承长度不应小于50mm，在设有预埋件的混凝土梁或砌体墙上的支承长度不应小于75mm，如图8.3.1。当压型钢板端部采用栓钉固定时，楼承板支承长度尚要满足栓钉中心至梁侧边或预埋件边距离和至楼承板自由边的距离要求。

（a）边梁 （b）中间梁（压型钢板不连续） （c）中间梁（压型钢板连续）

图8.3.1楼承板的支承搭接

注：括号内数字适合于楼承板支承在混凝土梁或砌体墙上

8.3.2组合楼板在钢梁上的支承长度不应小于75mm，在混凝土梁或砌体墙上的支承长度不应小于100mm（图8.3.2）。当钢梁按组合梁设计时，组合楼板在钢梁上的最小支承长度应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017的构造规定。

（a）边梁 （b）中间梁，压型钢板不连续 （c）中间梁，压型钢板连续

图8.3.2组合楼板的支承要求

注：括号内数字适合于组合楼板支承在混凝土梁或砌体墙上

8.3.3组合楼板与梁之间应设有抗剪连接件。一般可采用栓钉连接，栓钉焊接应符合国家现行标准《栓钉焊接技术规程》CECS226的规定。

8.3.4栓钉的设置应符合以下规定。

1 栓钉沿梁轴线方向间距不应小于栓钉杆径的6倍，不应大于楼板厚度的4倍，且不应大于400 mm；栓钉垂直于梁轴线方向不应小于栓钉杆径的4倍，且不应大于400 mm；

2 栓钉中心至钢梁上翼缘侧边或预埋件边的距离不应小于35mm，至设有预埋件的混凝土梁或砌体墙上翼缘侧边的距离不应小于60mm；

3 栓钉钉头上表面混凝土保护层厚度不应小于15mm，栓钉钉头下表面高出压型钢板底部钢筋顶面不应小于30mm；

4 当栓钉位置不正对钢梁腹板时，在钢梁上翼缘受拉区，栓钉杆直径不应大于钢梁上翼缘厚度的1.5倍，在钢梁上翼缘非受拉区，栓钉杆直径不应大于钢梁上翼缘厚度的2.5倍；栓钉杆直径不应大于压型钢板凹槽宽度的0.4倍，且不宜大于19 mm；

5 栓钉长度不应小于其杆径的4倍，焊后栓钉高度*h*d应符合的要求。

8.3.5组合楼板支承于混凝土梁上时，可采用在混凝土梁上设置预埋件，组合楼板端部锚固应符合本规范第8.3.2条～第8.3.4条的要求。预埋件设计应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010的要求，不得采用膨胀螺栓固定预埋件。

8.3.6组合楼板支承于砌体墙上时，可采用在砌体墙上设混凝土圈梁，在圈梁上设置预埋件，组合楼板端部锚固应符合本规范第8.3.5条的要求。

8.3.7组合楼板支承于剪力墙侧面上，宜在剪力墙预留钢筋，并与组合楼板连接。剪力墙侧面预埋件不得采用膨胀螺栓固定埋件，可采用图8.3.7所示的构造形式。剪力墙预留钢筋、预埋件的设置应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010的要求。槽钢或角钢尺寸及与预埋件的焊接应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017计算确定，但槽钢、角钢不应小于[18或L70×5，焊缝高度不小于5mm。



图8.3.7 组合楼板与剪力墙侧面连接构造

8.3.8当组合楼板在与柱相交处被切断，且梁上翼缘外侧至柱外侧的距离大于75mm时，应采取加强措施。可采取在柱上或梁上翼缘焊支托方式进行处理（图8.3.8）。当柱为开口型截面（如H型截面）时，可在梁上翼缘柱截面开口处设水平加劲肋。



（a）在柱上设角钢 (b) 在梁上翼缘设角钢

图8.3.8柱与梁交接处的压型钢板支托构造

**8.4 组合楼板开洞**

8.4.1组合楼板开矩形洞、孔洞长边或开圆孔孔径小于300mm时，当孔洞周边无较大集中荷载时，可不采取加强措施。

8.4.2组合楼板开矩形洞、孔洞某一边长或开圆孔孔径在300mm～750mm之间且压型钢板的波高不小于50mm时，当孔洞周边无较大集中荷载时，可在垂直板肋方向设置角钢（图8.4.2a）或孔洞两侧增加附加钢筋（图8.4.2b）。



（a）附加角钢加固措施 （b）附加钢筋加固措施

图8.4.2组合楼板开孔的加强措施

8.4.3 当孔洞边有较大集中荷载或孔洞某一边长大于750mm时，沿该边长方向应设置构造边梁。

8.4.4当组合楼板并列开有一个以上洞口，且两洞口之间的净距小于相邻两洞口宽之和时，应验算洞口间板带的承载能力，并根据计算结果采取相应的加强措施。

**9 钢筋桁架组合楼板的构造要求**

**9.1 一般要求**

9.1.1采用纤维水泥平板拼接底模时，宜考虑其湿涨性能，按其湿涨率和制作工艺预留拼缝宽度。拼缝两侧钢筋桁架下弦钢筋均应固定在底模上（图9.1.1）且连接件轴线距拼缝不宜大于150mm。

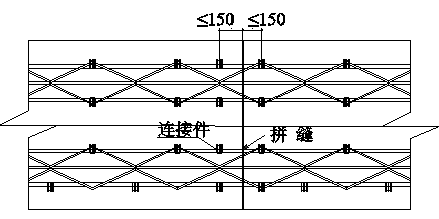


图9.1.1底板拼缝处连接件

9.1.2混凝土底模纵向应浇筑成整张底模，宜以600mm为宽度的模数；桁架中心线底模纵向侧边缘距离*l*s不应大于100mm，图9.1.2。

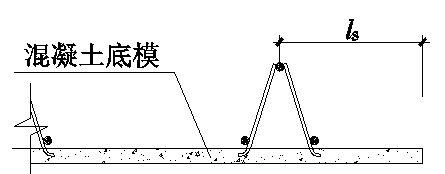


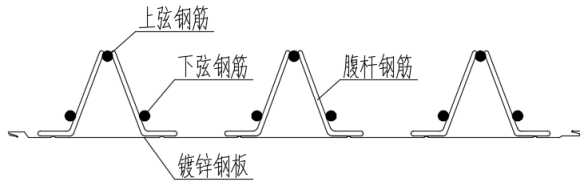
图9.1.2 桁架板侧向

9.1.3钢筋桁架或通过连接件与底模连接可以采用焊接（图9.1.3a）、机械连接（图9.1.3b）（图9.1.3c）或预埋钢筋（图9.1.3d）等方式连接：

1 桁架节点与底模点焊焊点应按《电焊接头剪切拉伸疲劳试验方法》（GB/T15111）进行实验，且点焊实测承载力不应小于本规范第3.6.2条的要求；

2 机械连接连接件中含有螺栓、螺钉的，螺钉等级不应小于ST4.8级，机械连接应按本规范附录C进行实验。

3 采用预埋件连接应符合《混凝土结构设计规范》（GB50010）的要求，并应按本规范附录D进行实验。



（a）点焊连接 （b）机械连接（螺钉）

（c）机械连接（卡扣） （d）预埋连接

图9.1.3 钢筋桁架与底模连接

9.1.4钢筋桁架杆件钢筋直径应按计算确定，但弦杆直径不应小于6mm，腹杆直径不应小于4mm（图9.1.4）。



图9.1.4钢筋桁架杆件

9.1.5支座水平钢筋和竖向钢筋直径，当钢筋桁架高度不大于100mm时，分别不应小于10mm和12mm；当钢筋桁架高度大于100mm时，分别不应小于12mm和14mm（图9.1.5）。当考虑竖向支座钢筋承受施工阶段的支座反力时，应按计算确定其直径。

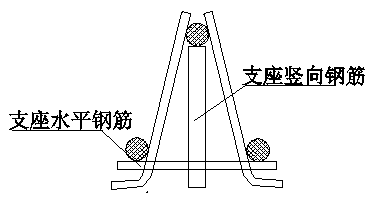


图9.1.5 支座钢筋

9.1.6钢筋桁架两个下弦杆或两榀桁架相邻下弦杆间距不宜大于200mm；当不满足上述要求时，应在楼板中设置附加受力钢筋并应满足《混凝土结构设计规范》GB50010的要求。

**9.2 配筋要求**

9.2.1两块钢筋桁架板在支座连接处，上、下弦部位应设置连接钢筋（图9.2.1），且满足下列要求：

1 当组合楼板在支座处按连续板设计时，上弦部位的连接钢筋应按计算确定；当组合楼板在支座处按简支板设计时，钢筋桁架上弦部位应配置不应小于Φ8@200的构造连接钢筋。

2 钢筋桁架下弦部位应配置不小于Φ8@200的构造连接钢筋。

3 连接钢筋应跨过支承梁并向板内延伸与上、下弦钢筋搭接。上弦钢筋搭接长度不应小于1.6*l*a，下弦钢筋搭接长度不应小于1.2*l*a，且均不应小于300mm。*l*a为按《混凝土结构设计规范》GB50010计算的钢筋锚固长度。



图9.2.1支座处钢筋构造

9.2.2钢筋桁架板组合楼板垂直于下弦杆方向应按《混凝土结构设计规范》GB50010规定配置构造分布钢筋。

9.2.3钢筋桁架板组合楼板板面防裂钢筋应符合《混凝土结构设计规范》GB50010的要求。

9.2.4组合楼板在有较大集中（线）荷载部位应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010设置附加钢筋。

9.2.5 钢筋桁架下弦杆钢筋的混凝土保护层厚度应符合国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010的要求。

9.2.6组合楼板板纵向受力钢筋最小配筋率应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010的要求。

**9.3 端部构造**

9.3.1钢筋桁架板与钢梁连接，连接形式和构造配筋分别按下列规定执行：

**1** 采用钢筋桁架伸入支座的连接方式时（图9.3.1a和图9.3.1b），钢筋桁架支座竖筋外侧至钢梁边缘的距离不应小于5倍的下弦钢筋直径，且不应小于50mm；钢筋桁架也可采用在钢筋桁架端部第一个腹杆波谷下方设置临时支撑的连接方式（图9.3.1c）；

**2** 可拆底模顶宜与钢梁顶齐平；免拆底模顶可与钢梁顶齐平，也可采用免拆底模底与钢梁顶齐平的方式；混凝土底模底应与钢梁顶齐平；

**3** 纤维水泥平板底模和混凝土底模伸入钢梁上翼缘不宜小于15mm；

**4** 钢筋桁架上、下弦杆均应设置连接钢筋，连接钢筋锚固长度应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010的要求。



图9.3.1a 压型钢板底模钢筋桁架板与钢梁采用支座钢筋连接端部构造



图9.3.1b 水泥纤维板底模钢筋桁架板与钢梁采用支座钢筋连接端部构造



图9.3.1c混凝土底模钢筋桁架板与钢梁采用临时支撑连接端部构造

9.3.2钢筋桁架板与混凝土叠合梁、预制混凝土剪力墙连接，连接形式和构造配筋按下列规定执行：

**1** 钢筋桁架现场宜搁置在连接于叠合梁或预制混凝土剪力墙侧面的支承件上（图9.3.2a）或临时支撑上（图9.3.2b）；钢筋桁架伸入叠合梁或预制混凝土剪力墙内时不应超过箍筋表面外侧；

**2** 混凝土底模底应与叠合梁顶或预制混凝土剪力墙顶齐平；其余底模顶可与叠合梁顶或预制混凝土剪力墙顶齐平，也可采用底模底与叠合梁顶或预制混凝土剪力墙顶齐平；底模伸入叠合梁或预制混凝土剪力墙内时不应超过箍筋表面外侧；

**3** 钢筋桁架上、下弦杆均应设置连接钢筋，连接钢筋锚固长度应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010的要求。

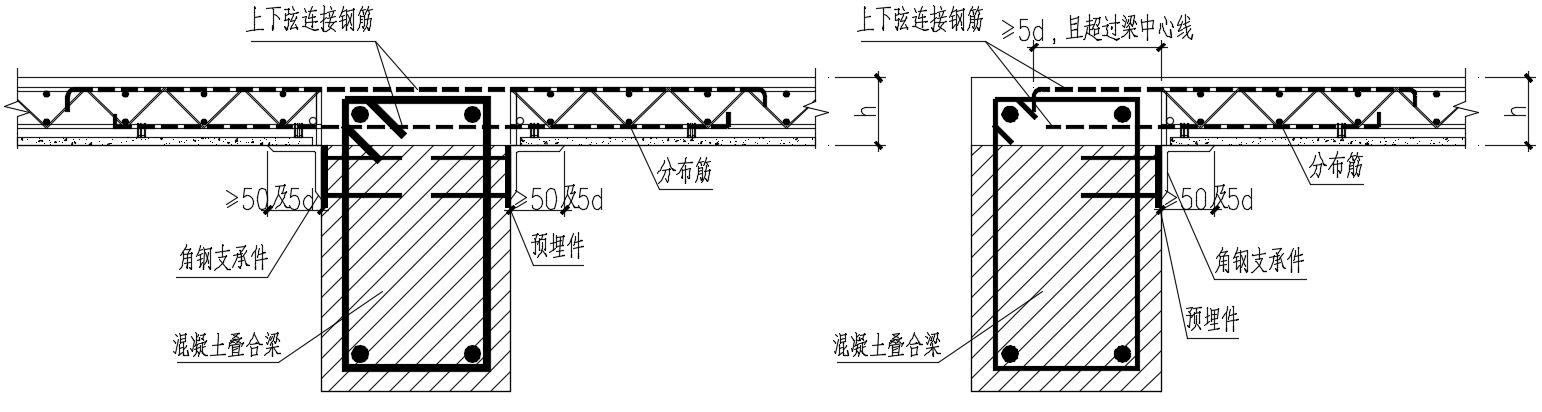


图9.3.2a 水泥纤维板底模钢筋桁架板与混凝土叠合梁采用支承件连接端部构造



图9.3.2b 混凝土底模钢筋桁架板与混凝土叠合梁采用临时支撑连接端部构造

9.3.3钢筋桁架板与现浇混凝土梁、现浇混凝土剪力墙连接，连接形式和构造配筋按下列规定执行：

**1** 钢筋桁架板宜搭接在现浇混凝土梁或剪力墙的侧模上，钢筋桁架板端部下方宜设置临时支撑，且宜搁置在临时支撑上（图9.3.3）；

**2** 钢筋桁架和底模伸入现浇混凝土梁或剪力墙内时不应超过箍筋表面外侧；

**3** 钢筋桁架上、下弦杆均应设置连接钢筋，连接钢筋锚固长度应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010的要求。

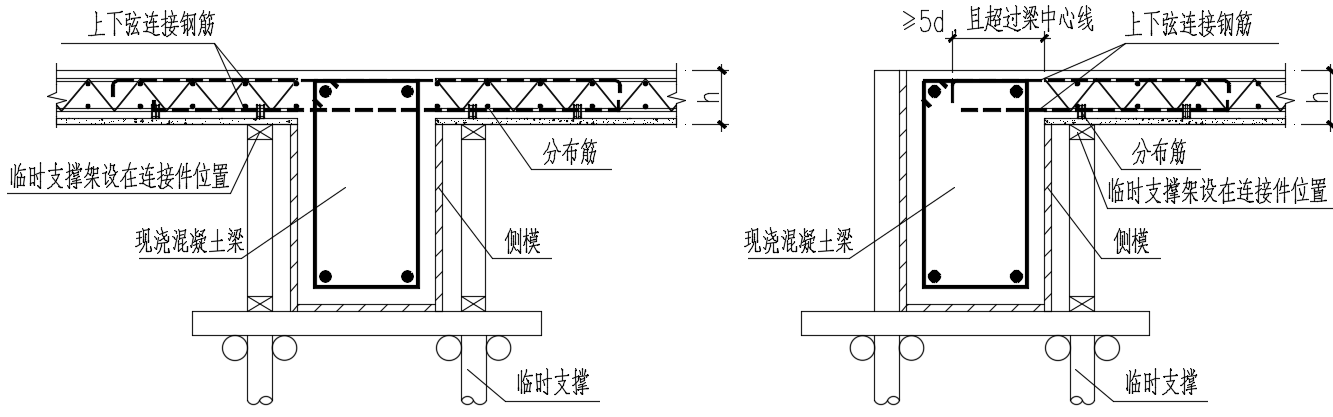


图9.3.3 钢筋桁架板与现浇混凝土梁支座连接端部构造

9.3.4 组合楼板抗剪连接件设置应符合本规范第8.3.3条～第8.3.8条的规定。

9.3.5组合楼板在与钢柱相交处被切断，柱边板底应设支承件，板内应配置不应小于2Φ14的附加钢筋（图9.3.5）。

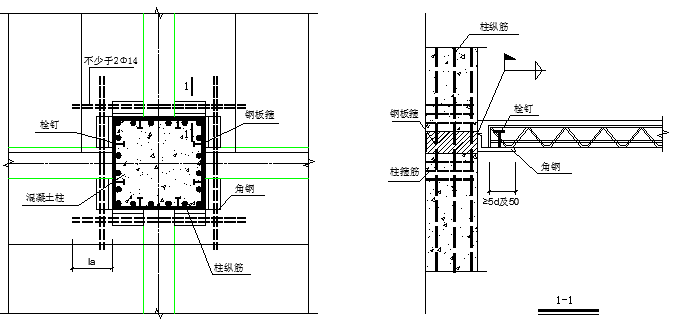


图9.3.5柱边板底构造图

**9.4 组合楼板开洞**

9.4.1组合楼板开洞，孔洞切断桁架上下弦钢筋时（图9.4.1），孔洞边应设加强钢筋。



图9.4.1楼板开孔构造措施

9.4.2 当孔洞边有较大集中荷载或孔洞某一边长大于1000mm时，沿该边长方向应设置构造边梁。

**10 施工**

**10.1 吊装及堆放**

10.1.1楼承板进场前应拟定详细的进场计划，包括起重设备、进场路线、质量检验以及露天存放。楼承板宜采用专用运输车运输，运至现场后应避免损坏与污染。

10.1.2楼承板的堆放需符合下列规定：

1 堆放场地应平整、坚实，并应有排水措施；

2 底层应设置垫块，垫块间距不应大于2m；可采用专用堆放架进行堆放；

3 应平放，钢筋桁架应向上，上、下对齐，严禁倒置；

4 应合理布置楼承板垫块，垫块位置宜与吊点位置一致；

5 多层堆放高度不宜大于2000mm；

6 混凝土底模楼承板应有遮阳措施，不应暴晒。

10.1.3吊装宜采用专用吊具与吊装带，吊装前应与图纸核对板型号及吊装位置是否准确。

10.1.4吊装楼承板宜按楼层顺序由下往上逐层进行。

10.1.5运输时宜在楼承板下部用方木垫起，卸车时应先抬高再移动，应避免板面之间互相摩擦，并确保板的边缘和端部不损坏。

**10.2放样与铺设**

10.2.1放样前应测量构件定位尺寸。

10.2.2安装楼承板时，宜在支承梁上弹设基准线。

10.2.3主体结构及必要的支承构件验收合格后方可进行楼承板铺设。在楼承板铺设之前，必须将梁顶面杂物清扫干净，并对有弯曲、扭曲、开裂严重的楼承板铺进行矫正或处理。封口板、边模、边模补强收尾工程应在浇注混凝土前及时完成。

10.2.4楼承板铺设安装时除须满足国家法律法规及现行国家相关标准规范的要求外，尚应符合下列安全要求：

1 施工时，应系安全绳，必要时采用安全网等安全措施。

2 施工人员应戴手套，穿胶底鞋。不得在未固定牢靠或未按设计要求设临时支撑的楼承板上行走、堆放施工材料和器具。

3 楼承板上应铺设脚手板供施工人员使用，严禁人员在压型板板或钢筋桁架板底模上行走、踩踏。

4 楼承板端部未采取有效固定措施之前，铺设工人严禁撤离施工现场。

**10.3 楼承板端部与梁搭接**

10.3.1楼承板强边端部必须采取有效固定措施：

1 压型钢板与钢梁或砌体墙搭接长度应符合本规范第8.3.1条规定。压型钢板可采用点焊焊接固定或栓钉固定。

采用焊接固定是，每个焊点的受剪承载力不小于现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB50018的规定，计算宽度内焊点承载力之和应满足式（10.3.1）的要求；且压型钢板的每个波谷至少应点焊一处；连续板与中间支承钢梁连接时，可适当减少焊点，但每块板不应少于2处。

 （10.3.1）

式中 *V*—施工阶段压型钢板端部剪力设计值，按本规范第4.2.3条取用；

*N*vs—单个焊点的抗剪承载力设计值，按《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB50018取值；

*n*—压型钢板计算宽度内焊点个数。

采用栓钉固定，栓钉应设置在支座的压型钢板凹槽处，每槽不少于1个，并应穿透压型钢板与钢梁焊牢，栓钉中心到压型钢板自由边距离不应小于2d（d为栓钉直径）。栓钉直径可按表10.3.1采用。当固定栓钉作为组合楼板与梁之间的抗剪栓钉使用时，还应符合本规范第8.3节的规定。

表10.3.1 固定压型钢板的栓钉直径

|  |  |
| --- | --- |
| 板跨*l*(m) | 栓钉直径(mm) |
| *l*＜3 | 13 |
| 3≤*l*≤6 | 16，19 |
| *l*＞6 | 19 |

2钢筋桁架板与钢梁或砌体墙搭接应符合本规范第9.3.1~9.3.3条的规定。铺设就位后，应立即采取措施将钢筋桁架固定于支座构件上。

钢筋桁架板支承在钢梁或设有预埋件的混凝土构件上时，钢筋桁架的支座钢筋应与支承构件焊牢。以压型钢板为底模钢筋桁架板也可按本条第一款将底模与支承构件点焊。

当钢筋桁架支座钢筋不能与支承构件建立有效固定时，可按本规范第9.3节设置连接钢筋，连接钢筋应与钢筋桁架弦杆焊接连接，钢筋连接应符合《混凝土结构设计规范》GB50010的规定。

10.3.2楼承板侧向与梁或砌体墙搭接与固定措施：

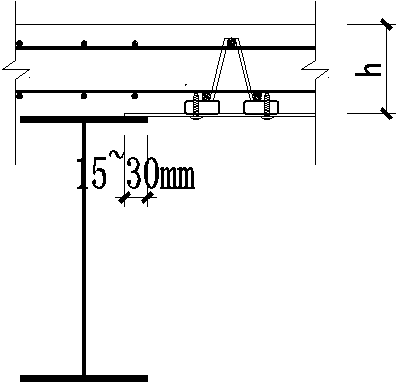
1 压型钢板或底模为压型钢板的钢筋桁架板侧向在钢梁上的搭接长度不宜小于25mm（图10.3.2a），在设有预埋件的混凝土构件或砌体墙上的搭接长度不宜小于50mm。

2 底模为纤维水泥板或混凝土的免拆模钢筋桁架板侧向在钢梁或设有预埋件的混凝土梁或砌体墙上的搭接长度宜在15mm~30mm之间（图10.3.2b）。

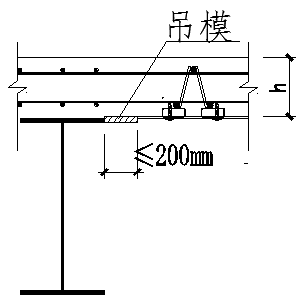
3 可拆底模钢筋桁架板，底模侧面应与钢梁或或预埋件顶紧，板长大于2000mm时，每2000mm宜设一个卡扣将底模与钢梁或预埋件临时固定。

4楼承板铺设末端距钢梁上翼缘或预埋件边不大于200mm时，可采用收边板、吊模或过桥钢板等收头(图10.2.3 c、图10.3.2 d、图10.3.2e)。对于钢筋桁架楼承板收头范围内纵向钢筋间距不满足《混凝土结构设计规范》GB50010要求时，应附加配置与桁架下弦钢筋相同的纵向钢筋。

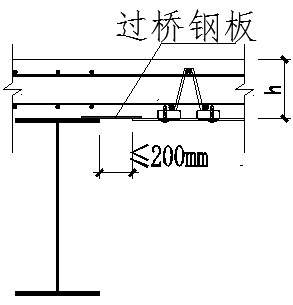
楼承板宜通过与支座配置的构造钢筋的绑扎或焊接、压型钢板点焊以及栓钉等方式与梁或预埋件进行有效固定。点焊焊接时点焊间距不宜大于400mm；采用栓钉固定时间距不宜大于400mm，当栓钉间作抗剪栓钉时应符合设计要求。

1. （b）



（c） （d）



（e）

图10.3.3楼承板侧向搭接

（括号内数字适合于楼承板侧向与混凝土梁或砌体墙搭接）

10.3.3压型钢板公母肋扣合处，应采用有效的机械连接固定；当采用自攻螺丝或拉铆钉固定时，固定间距不宜大于500mm。钢筋桁架板的压型钢板底模侧向可采用扣接方式，板侧边应设连接拉钩，搭接宽度*l*d不应小于10mm（图10.3.5）。



图10.3.5 钢筋桁架板侧连接拉钩构造图

10.3.4 钢筋桁架板底模为非压型钢板时，相邻两块板的高低误差不应大于2mm，并应采取防漏浆措施。

**10.4封口板、收边构造和临时支撑**

10.4.1混凝土浇筑前应对楼承板进行检查，对可能漏浆处进行封堵。对压型钢板可采用通用Z型封口板或专用封堵件封堵；采用金属封口板，封口板应于压型钢板波峰、波谷处点焊连接。

10.4.2楼承板边缘端部宜采取收边，收边板应与钢梁点焊，其高度应为楼板总厚度。

10.4.3当设计要求施工阶段设置临时支撑时，应按设计要求在相应位置设置临时支撑。临时支撑可根据具体工程的特点采用设置临时梁、从下层楼面支顶等方式。临时支撑不得采用孤立的点支撑，应设置木材或钢板等带状水平支撑，带状水平支撑与楼承板接触面宽度不应小于100mm。

10.4.4临时支撑应视为一个支承梁，上表面应与钢梁上表面在同一标高，并应考虑受施工阶段永久荷载作用可能产生的挠度。

10.4.5 临时支撑的承载力和稳定性应满足有关现行国家规范的要求。当临时支撑采用从下层楼面支顶方式时，应验算下一层楼板或楼承板的承载能力和挠度，以满足有关现行国家标准要求。

10.4.6当组合楼板的混凝土未达到设计强度75%前，不得拆除临时支撑；对裂缝控制严格的组合楼板的临时支撑和悬挑部位的临时支撑应在混凝土达到设计强度100%后方可拆除。

**10.5混凝土浇筑**

10.5.1浇筑混凝土前，必须清除楼承板上的杂物及灰尘、油脂等；楼承板面上，人员、小车走动较频繁的区域应铺设脚手板，严禁人员在压型板板或钢筋桁架板底模上行走、踩踏。

10.5.2浇筑混凝土时，不得对楼承板造成的冲击，应保持均匀一致。混凝土布料时，宜在正对钢梁或临时支撑的楼承板上倾倒，混凝土布料造成的临时堆积椎体底面不得超过梁或临时支撑左右各1/6板跨范围内的楼承板上，并应迅速向四周摊开，应避免堆积过高；严禁在楼承板跨中（临时支撑此时视为支座）部位倾倒混凝土。泵送混凝土管道支架应支撑在钢梁上。

10.5.3 混凝土的强度未达到75%设计强度前，不得在楼层面上附加任何其它荷载。

10.5.4楼板开洞时，必须待混凝土达到75%的设计强度后方可切断楼承板。

**10.6 现场切割与拆模**

10.6.1楼承板开洞或切割时，对压型钢板宜采用等离子切割，不得采用火焰切割。

10.6.2 拆除底模或拆除施工临时支撑，混凝土强度应满足设计要求，且不得低于设计强度的75%。

**11 验收**

**11.1 一般规定**

11.1.1 楼承板施工质量验收除应遵守本规范外，还应遵守《钢结构工程施工质量验收标准》（GB50205）、《混凝土结构工程施工质量验收规范》（GB50204）相关要求。

11.1.2楼承板施工，施工单位施工现场质量管理应有相应的产品标准、质量管理体系、质量控制及检验制度，施工现场应有经项目技术负责人签字的施工组织设计、方案等技术文件。

11.1.3本章规定的检验主控项目、一般项目应按《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204归类。

11.1.4楼承板产品质量证明资料应完整，至少应包括：楼承板结构尺寸、外形尺寸、焊接质量以及其组成材料规格型号、外观质量等产品出厂检测报告、出厂合格证等质量证明文件等文件；组合楼板结构使用的材料压型钢板、钢筋等质量证明及楼承板厂家复验报告；证明资料均应符合本规范及相关标准的要求。

11.1.5按《钢筋桁架楼承板》JG/T368生产的钢筋桁架板，按其规定提供相应的资料。

钢筋桁架板当其底模与《钢筋桁架楼承板》JG/T368不同时，钢筋桁架板应有按本规范附录C、附录D实验的检验合格报告以及现场复试报告。采用非定型建筑模板为底模的钢筋桁架板还应该提供底模材料强度等级检验报告。

11.1.6施工记录、检验资料完整有效。施工过程检验，施工单位形成自检记录，自检合格后报专业监理工程师或建设单位技术负责人验收确认。

11.1.7压型钢板采用本规范附录B之外的板型时，应提供按本规范附录A方法得到的剪切粘结系数实验报告。

11.1.8 建设单位、设计单位、监理单位对产品性能有异议时，对产品进行现场取样检测的实验报告。

**11.2 质量要求**

11.2.1楼承板结构尺寸、外形尺寸、外观质量、焊接质量以及组成材料的规格型号、性能等应符合相应的产品标准和设计要求。

检验数量：全数检查

检验方法：检查产品的质量合格证明文件、检验报告、楼承板生产厂家的材料复验报告等。

11.2.2 压型钢板铺设完成后应按《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205进行验收。

11.2.3 钢筋桁架板铺设完成后，钢筋工程应按《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204进行验收。

**11.3 性能检验**

11.3.1 对压型钢板生产厂家提供的剪切粘结系数有异议时，可对其压型钢板粘结系数进性检验。

检验内容：压型钢板剪切粘结系数*m*、*k*。

检测数量：按本规范附录A执行。

检验方法：按本规范附录A执行。

11.3.2 钢筋桁架板，桁架与底模连接应按本规范附录C或附录D进行承载力进行复验。

检验内容：钢筋桁架板桁架与底模连接承载力。

检测数量：按本规范附录C执行。

检验方法：按本规范附录C执行。

附录A：压型钢板**组合楼板剪切粘结*m*、*k*系数确定的标准实验方法**

**A.1 说明：**

A.1.1 按本规范计算组合楼板的剪切粘结承载力时，应按本附录确定相应的剪切粘结*m、k*系数。

A.1.2实验应在有资质的结构实验室进行，并应有国家注册工程师（国家注册监理工程师或国家注册一级结构工程师）全过程见证。

**A.2 试件制作**

A.2.1 制作材料

压型钢板应符合本规范规定，钢筋与混凝土应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010的规定。

A.2.2 试件尺寸

1 长度：试件的长度应取实际工程，且应满足A.2.3中有关剪跨的要求；

2 宽度：所有构件的宽度应至少等于一块压型钢板的宽度，且不应小于600mm；

3 板厚：板厚应按实际工程选择，且应满足本规范的构造要求；

A.2.3 试件数量

1 组合楼板试件总量不应少于6个，其中必须保证有两组实验数据分别落在A和B两个区域（表A.2.3），每组不应少于2个试件。

2 A、B两个区域之间宜增加一组不少于2个试件，或分别在A、B两个区域内各增加一个校验数据。

3 A区组合楼板试件的厚度应大于90mm，剪跨*a*应大于900mm； B区组合楼板试件可取最大板厚，剪跨*a*应不小于450mm，且应小于试件截面宽度。试件设计应保证试件破＜坏形式为剪切粘结破坏。

表 A.2.3 厚度及剪跨限值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 区域 | 板 厚*h* | 剪 跨*a* |
| A | *h*min≧90mm | *a>*900*mm*，但*P*×*a*/2＜0.9*M*u |
| B | *h*max | 450mm≦*a*≦试件截面宽度 |

注：为试件以材料实测强度代入本规范式（5.3.1-1）计算所的受弯极限承载力，计算公式改为等号。

A.2.4 剪力件设计

剪力件的设计应与实际工程一致，且满足本规范的要求。

**A.3 实验步骤**

A.3.1试件加载

1 实验可采用集中加载方案，剪跨*a*取板跨*l*n的1/4，按图A.3.1所示加载测试；也可采用均布荷载加载，此时剪跨*a*应取支座到主要破坏裂缝的距离。

2 施加荷载应按所估计破坏荷载的1/10逐级加载，除了在每级荷载读仪表记录有暂停外，应对构件连续加载，并无冲击作用。加载速率不应超过混凝土受压纤维极限的应变率（约为1MPa/min）。



图A.3.1集中加载实验

A.3.2 测量精度

荷载测试仪器精度应在±1%内。跨中变形及钢板与混凝土间的端部滑移在每级荷载作用下测量精度应为0.01mm。

A.3.3数据记录

对每个试件记录数据不应少于按附表A1、A2的内容，并整理成册。

**A.4 实验结果分析**

A.4.1剪切极限承载力应按下式计算：

 （A.4.1）

式中 *P*—实验加载值；

*g*k—试件单位长度自重；

*l*n—实验时试件支座之间的净距离；

—试件制作时与支撑条件有关的支撑系数，应按本规范表4.1.10取用。

A.4.2 剪切粘结*m、k*系数

1 按图A.4.2建立坐标系，竖向坐标为，横向坐标为。其中，*V*u为剪切极限承载力；*b、h*0为组合楼板试件的截面宽度和有效高度；*ρ*a为计算宽度内组合楼板截面压型钢板含钢率；*f*t,m为混凝土轴心抗拉强度平均值，可由混凝土立方体抗压强度计算，，为混凝土立方体抗压强度平均值。由实验数据得出的坐标点确定剪切粘结曲线，应采用线性回归分析的方法得到该线的截距*k*1和斜率*m*1。

2 回归分析得到的*k*1、*m*1值应分别降低15%得到剪切粘结系数*k*、*m*值，该值可用于本规范第5.4.1条的剪切粘结承载力计算。如果数据分析中有多于8个实验数据，则可分别降低10%。

A.4.3当某个实验数据的坐标值偏离该组平均值大于±15%时，至少应再进行同类型的两个附加实验并应采用两个最低值确定剪切粘结系数。



图A.4.2剪切粘结实验拟合曲线

**A.5 实验结果应用**

A.5.1设计人应审核确认附表A1、A2原始数据，并应根据原始数据按本规范要求分析得到*m、k*系数。由实验人分析得到附表A3的 剪切粘结*m、k*系数，应用前应得到设计人的确认。

A.5.2 实验所得到的*m、k*系数，可用于实验所针对的工程；当用于其他工程时，应满足A.5.3的要求。

A.5.3 已有实验结果

1对以往的实验数据，若是按本附录实验方法得到的数据，且满足本附录A.2.3 实验数据的要求，其*m、k*系数可用于该工程。

2 已有的实验数据如未按本附录表A.2.3的要求落入A区和B区，可做补充实验，实验数据至少应有一个落入A区和一个落入B区，同以往数据一起分析*m、k*系数。

A.5.4 剪力件的影响

实验中没有剪力件的实验结果所得到的*m、k*系数可用于有剪力件的组合楼板设计；有剪力件的实验结果所得到的*m、k*系数，组合楼板设计中采用的剪力件应与实验采用的剪力件相同。

附表A1： 组合楼板实验（试件编号： ）

| 试件编号 |  | | | 试件制作日期 | | | |  | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 压型钢板 | 型 号 | | | 板 厚（mm） | | |  | | |
| 正截面惯性矩（cm4） | |  | | | 正截面抵抗矩（cm3） | | |  |
| 截面面积 （cm2） | |  | | | 压型钢板高 （mm） | | |  |
| 中心距 （mm） | |  | | |  | | |  |
| 实测屈服强度（N/mm2） | |  | | | 实测抗拉极限强度（N/mm2） | | |  |
| 压型钢板的其他说明：如表面锈蚀、镀锌量等。 | | | | | | | | | |
| 混凝土龄期（ *d*） | |  | | 实测混凝土强度立方体抗压强度平均值 | | | |  | |
| 组合楼板试件 | 试件长度（mm） | |  | | | 试件宽度（mm） | | |  |
| 板厚（mm） | |  | | | 设计剪跨（mm） | | |  |
| 组合楼板试件其他说明（如混凝土构件表面质量、配筋、试件制作时支撑、剪力件、构件图、加载图等）： | | | | | | | | |
| 注册工程师 | | （签字、注册章） | | | 实验负责人 | | | （签字） | |
| 实验单位 | | （ 公章） | | | | | | | |

附表A2： 组合楼板实验（试件编号： ）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 试件编号 | |  | | | | | | 实验日期 | |  |
| 实验时板跨度（mm） | | | | |  | | | 实验时剪跨（mm） | |  |
| 构件自重荷载（kN/m2） | | | | |  | | | 其他荷载 | |  |
| 加载实验记录 | 荷载级数 | | | 荷载值（kN） | | 裂缝（mm） | | 跨中挠度（mm） | | 端部滑移（mm） |
|  | | |  | |  | |  | |  |
|  | | |  | |  | |  | |  |
|  | | |  | |  | |  | |  |
|  | | |  | |  | |  | |  |
|  | | |  | |  | |  | |  |
|  | | |  | |  | |  | |  |
|  | | |  | |  | |  | |  |
| 实验过程及破坏形态等描述（附试件裂缝和破坏照片）： | | | | | | | | | | |
| 注册工程师 | | | （签字、注册章） | | | | 实验负责人 | | （签字） | |
| 实验单位 | | | （公章） | | | | | | | |

附表A3： 组合楼板实验数据分析

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 剪切粘结实验拟合曲线： | | | |
| 剪切粘结系数： | | | |
| 数据分析人 |  | 校核人 |  |
| 数据分析单位 | （公章） | | |

**附录B：常用压型钢板组合楼板的剪切粘结m-k系数**

**B.1说明**

B.1.1本附录中给出的组合楼板用压型钢板板型的*m-k*系数是规范编制组按本规范附录A进行实验和分析的结果，可供设计人员参考使用。

B.1.3 本附录中给出的剪切粘结*m-k*系数仅适用于对应的压型钢板板型，不得用于其他类型或类似的板型。

B.1.4采用本附录m、k系数计算剪切粘结承载力时，应满足本规范A.5.3的规定。

**B.2 YX75-200-600压型钢板组合楼板m-k系数**

B.2.1 YX75-200-600压型钢板截面如图B.2.1。



图B.2.1 YX75-200-600压型钢板截面

B.2.2采用本附录B.2.3的*m、k*系数设计组合楼板时必须按设置栓钉，栓钉为：当板跨小于2700mm时，采用焊后高度不小于135mm、直径不小于13mm的栓钉；当板跨大于2700mm时，采用焊后高度不小于135mm、直径不小于16mm的栓钉，且一个压型钢板宽度内每边不少于4个，栓钉应穿透压型钢板。

B.2.3 剪切粘结系数*m*= 203.92N/mm2 ；*k*=-0.022。适用板跨度在1800mm～3600mm之间。

**B.3 YX76-344-688压型钢板组合楼板m-k系数**

B.3.1 YX76-344-688压型钢板如图B.3.1。



图B.3.1 YX76-344-688压型钢板截面

B.3.2采用本附录B.3.3的*m、k*系数设计组合楼板时必须按设置栓钉，栓钉为：当板跨小于2700mm时，采用焊后高度不小于135mm、直径不小于13mm的栓钉；当板跨大于2700mm时，采用焊后高度不小于135mm、直径不小于16mm的栓钉，且一个压型钢板宽度内每边不少于4个，栓钉应穿透压型钢板。

B.3.3剪切粘结系数*m*= 213.25 N/mm2 ；*k*=-0.0016。适用板跨度在1800mm～3600mm之间。

**B.4 DWYX65-170-510压型钢板组合楼板m-k系数**

B.4.1 DWYX65-170-510压型钢板如图B.4.1。



图B.4.1 DWYX65-170-510压型钢板截面

B.4.2采用本附录B.4.3的*m、k*系数设计组合楼板时应按本规范8.3.3设置构造栓钉，栓钉可作为安全储备。

B.4.3剪切粘结系数182.25N/mm2 ；0.1061。适用板跨度在1800mm～3600mm之间。

**B.5 Lysaght-2W压型钢板组合楼板m-k系数**

B.5.1 Lysaght -2W压型钢板如图B.5.1。



图B.5.1Lysaght 2W压型钢板截面

B.5.2采用本附录B.5.3的*m、k*系数设计组合楼板时应按本规范8.3.3设置构造栓钉，栓钉可作为安全储备。

B.5.3剪切粘结系数101.58N/mm2 ；-0.0001。适用板跨度在1800mm～3600mm之间。

**B.6 Lysaght-3W压型钢板组合楼板m-k系数**

B.6.1 Lysaght-3W压型钢板如图B.6.1。



图B.6.1 Lysaght 3W压型钢板截面

B.6.2采用本附录B.6.3的*m、k*系数设计组合楼板时应按本规范8.3.3设置构造栓钉，栓钉可作为安全储备。

B.6.3剪切粘结系137.08N/mm2 ；-0.0153。适用板跨度在1800mm～3600mm之间。

**B.7 Lysaght-Bondek压型钢板组合楼板m-k系数**

B.7.1 Lysaght-Bondek压型钢板如图B.7.1。



图B.7.1 Lysaght Bondek压型钢板截面

B.7.2采用本附录B.7.3的*m、k*系数设计组合楼板时应按本规范8.3.3设置构造栓钉，栓钉可作为安全储备。

B.7.3剪切粘结系数238.94N/mm2 ；0.0178。适用板跨度在1800mm～3600mm之间。

**B.8 YJ66-240-720压型钢板组合楼板m-k系数**

B.8.1 YJ66-240-720压型钢板如图B.8.1。



图B.8.1 YJ66-240-720压型钢板截面

B.8.2采用本附录B.8.3的*m、k*系数设计组合楼板时应按本规范8.3.3设置构造栓钉，栓钉可作为安全储备。

B.8.3剪切粘结系数245.54N/mm2 ；0.0527。适用板跨度在1800mm～3600mm之间。

**B.9 YJ46-200-600压型钢板组合楼板m-k系数**

B.9.1 YJ46-200-600压型钢板如图B.9.1。



图B.9.1 YJ46-200-600压型钢板截面示意图

B.9.3采用本附录B.9.3的*m、k*系数设计组合楼板时应按本规范8.3.3设置构造栓钉，栓钉可作为安全储备。

B.9.4剪切粘结系数137.79N/mm2 ；0.0577。适用板跨度在1800mm～3600mm之间。

附录C：钢筋桁架与纤维水泥板底模连接件承载力标准实验方法

**C.1 说明**

C.1.1按本规范设计钢筋桁架组合楼板当连接件含有螺栓、螺钉时，应按本附录对钢筋桁架与底模的连接件承载力进行实验，实验应在有资质的结构实验室进行。

C.1.2 工地抽检实验应有国家注册工程师（国家注册监理工程师或国家注册一级结构工程师）全过程见证，国家注册工程师在实验记录上签字并加盖执业印章。

C.1.3 本附录适用于非混凝土底模的钢筋桁架板的工厂出厂检验、型式检验和工地复试。

**C.2 试件制作**

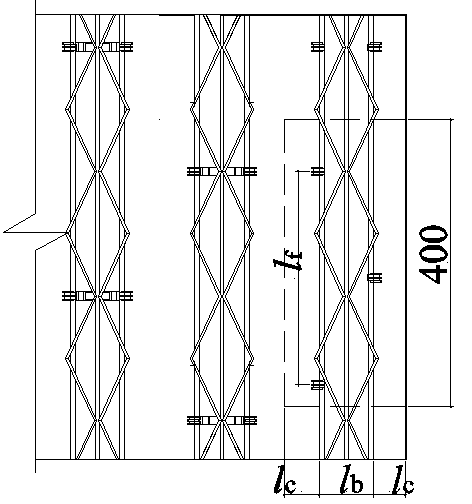
C.2.1 制作材料

实验中所用材料应符合本规范要求，并与工程中使用的材料一致。

C.2.2 试件制备

1 纤维水泥平板：从一块钢筋桁架板中取出一个试件，试件长度为400mm,宽度为2*l*c+*l*b，*l*c是钢筋桁架板底模边缘至桁架最外侧连接件中心的距离，*l*b是桁架下弦两个连接件之间的垂直距离，桁架两侧各至少包含一个连接件，如图C.2.2。

2 竹胶木板、钢模板、铝模板等底板，可由单独提供同质材料组装成的试件。

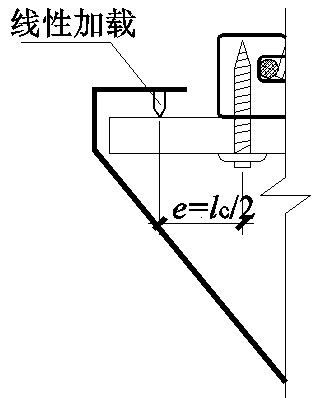
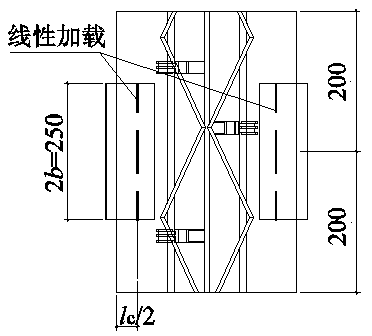


**图**C.2.2 试件取样

**C.3 实验步骤**

C.3.1 实验宜在拉力实验机上进行。

将桁架上弦和底模分别固定在拉力试验机两端，当模板难以在试验机卡具上固定时，可制作宜于试验机加持的辅助卡具（如图C.3.1-1），辅助卡具应保证足够的强度和刚度。辅助卡具的加载点距紧邻连接件与底模连接点的距离为*l*c/2（图C.3.1-2）。加载过程中，卡具除加载点外任何部位不得与试件发生接触。加载应居构件中部，线性加载长度为250mm。

图C.3.1-1 辅助卡具 图C.3.1-2 加载点 图C.3.1-3 线性加载

C.3.2实验加载速率控制在15s—30s内加载至破坏，读取破坏荷载，精确到0.01kN，此时的荷载为最终拉力值*P*（kN）。

纤维水泥平板试件应在水中浸泡不少于24小时，取出后擦干并在1小时内完成实验。

C.3.3实验应记录实验过程，并应按附表C1填写实验数据。

**C.4 实验结果分析**

C.4.1 桁架与底模连接件承载力可按下式计算。

 （C.4.1）

*P*—实验测得的拉力值kN；

*P*i—一个连接件的拉力值kN；

*l*f—同一下弦钢筋两个连接件的最大距离mm；

*i*—试件编号；

C.4.2实验报告应注明标准号、委托方名称、产品型号、实验数量及按本附录的方法计算桁架与底模连接承载力标准值*P*，实验记录数据不少于附表C1的规定。

**C.5实验结果与判定准则**

C.5.1 按本附录式（C.4.1）计算单个试件*P*i≥0.75kN时即为试件合格，*P*i<0.75kN时即为试件不合格。

C.5.2工地抽检组批与抽样规则

自工程使用的、每批楼承板构件中随机抽取一个构件为样品，在该样品中取不少于3个试件。抽取批次随供货批次，当同一批次楼承板构件大于3000m2时，每3000m2作为一个检验批。实验方法应C.3执行。

C.5.3工地抽检，有一个试件检测值不合格（*P*i<0.75kN），应增加两倍的检验数量进行检验，如仍有一个试件不合格，即判定该批构件不合格 。

**C.6 生产厂商进行的承载力实验**

C.6.1 本实验由生产厂商进行，分为出厂检验和型式检验，实验检验不得少于本规定的内容。

C.6.2 实验及数据分析应按C.2~C.4进行。

C.6.3 生产商应按本附录规定进行型式检验。

C.6.4工厂出厂检验，试件应取自生产线，批次按生产批次计，抽取试件数量3个。

C.6.5 型式检验应符合下列规定：

1 从生产同样材料、工艺、连接件材料的楼承板构件中随机抽取5个构件为样品，在该样品中取不少于3个、总数不少于15个试件。其他要求见本附录C.2.2条。连接件组合材料的改变视为连接件改变。

2 实验方法应按C.3条执行。

C.6.6判定规则

1 按本附录式（C.4.1）计算*P*i≥0.75kN时即为试件合格，*P*i<0.75kN时即为试件不合格。

2 出厂检验，有一个试件不合格，应增加两倍的检验数量进行检验，如仍有一个试件不合格，即判定该批产品不合格 。

3 型式检验有一个试件不合格即判定整批产品不合格。

附表C1：钢筋桁架楼承板底模与桁架连接承载力实验

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 工程名称 |  | | | | | | 工程部位 | | | | | | | |  | |
| 试件编号 |  | | | | | | 试件制作日期 | | | | | | | |  | |
| 钢筋桁架楼承板 | 楼承板型号 | | |  | | | 楼承板批号（mm） | | | | | | | |  | |
| 底模材质（mm） | | |  | | | 底模厚度（mm） | | | | | | | |  | |
| 底模强度等级 | | |  | | | 加载速率（N/s） | | | | | | | |  | |
| 试件其他说明：（如完成性） | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 实验荷载：*P*（kN） | | |  | | | | | 承载力标准值：*P*k（kN） | | | | | | | |  |
| 实验序号 | | 1 | 2 | | 3 | 4 | |  | | |  | *n* | | | | |
| 实验荷载 | |  |  | |  |  | |  | | |  |  | | | | |
| 实验人 | | | （签字） | | | | | | 实验负责人 | | | | | （签字） | | |
| 实验单位 | | | （ 公章） | | | | | | | | | | | | | |
| 委托单位 | | |  | | | | | | | 委托人 | | |  | | | |
| 注册工程师 | | | （签字、执业章） | | | | | | | | | | | | | |

附录D：钢筋桁架与混凝土底模连接件承载力标准实验方法

**D.1 说明**

D.1.1按本规范设计的免拆底模钢筋桁架组合楼板当连接件为腹杆钢筋时，应按本附录对钢筋桁架与底模的连接件承载力进行实验，实验应在有资质的结构实验室进行。

D.1.2 工地抽检实验应有国家注册工程师（国家注册监理工程师或国家注册一级结构工程师）全过程见证，国家注册工程师在实验记录上签字并加盖执业印章。

D.1.3 本附录适用于混凝土底模与钢筋桁架预埋式连接的钢筋桁架板的工厂出厂检验、型式检验和工地复试。

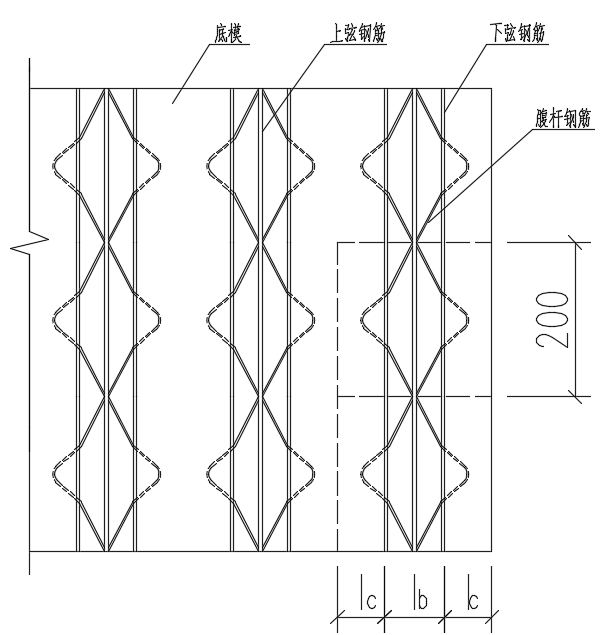
**D.2 试件制作**

D.2.1 制作材料

实验中所用材料应符合本规范要求，并与工程中使用的材料一致。

D.2.2 试件制备

从一块钢筋桁架板中取出一个试件，试件包含钢筋桁架及两侧各一个连接件，长度为200mm，宽度为2*l*c+*l*b， *l*c是连接件内侧到板边缘的距离，*l*b是桁架底部两个连接件间的净距，如图D.2.2。

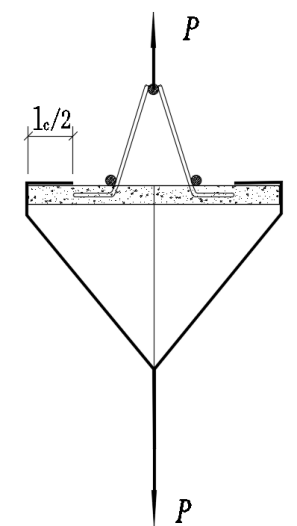
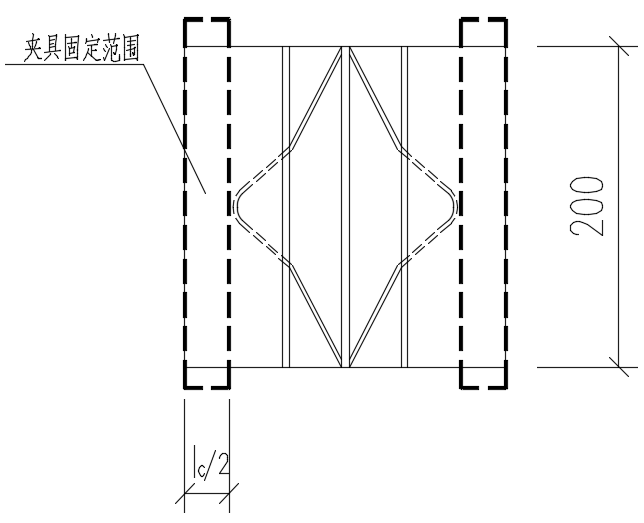


图D.2.2 试件取样

**D.3 实验步骤**

D.3.1 实验宜在拉力实验机上进行。

将桁架上弦和底模分别固定在拉力试验机两端，当底模难以在试验机卡具上固定时，可制作宜于试验机加持的辅助卡具（如图D.3.1-1），辅助卡具应保证足够的强度和刚度。辅助卡具伸入底模的范围不小于*l*c/2（图D.3.1-2）。

图D.3.1-1 辅助卡具 图D.3.1-2 辅助卡具固定平面示意

D.3.2实验加载速率控制在15s~30s内加载至破坏，读取破坏荷载，精确到0.01kN，此时的荷载为最终拉力值*P*（kN）。

D.3.3实验应记录实验过程，并应按附表D1填写实验数据。

**D.4 实验结果分析**

D.4.1 钢筋桁架与底模连接件承载力可按下式计算。

（D.4.1）

*P*—实验测得的拉力值，单位为kN；

*P*i—一个连接件的拉力标准值，单位为kN；

*i*—试件编号；

D.4.2实验报告应注明标准号、委托方名称、产品型号、实验数量及按本附录的方法计算桁架与底模连接承载力标准值*P*i，按附表D1记录实验数据。

**D.5实验结果与判定准则**

D.5.1 按本附录式（D.4.1）计算单个试件*P*i≥0.75kN时即为试件合格，*P*i<0.75kN时即为试件不合格。

D.5.2工地抽检组批与抽样规则

自工程使用的、每批楼承板构件中随机抽取1个构件为样品，在该样品中取不少于3个试件。抽取批次随供货批次，当同一批次楼承板构件总面积大于3000m2时，每3000m2楼承板构件作为一个检验批。实验方法应D.3执行。

D.5.3工地抽检，有1个试件不合格，应增加两倍的检验数量进行检验，如仍有一个试件不合格，即判定该批构件不合格。

**D.6 生产厂商进行的承载力实验**

D.6.1 本实验由生产厂商进行，分为出厂检验和型式检验，实验检验不得少于本规定的内容。

D.6.2 实验及数据分析应按D.2~D.4进行。

D.6.3工厂出厂检验，试件应取自生产线，批次按生产批次计，抽取试件数量3个。

D.6.4 生产商应按本附录规定进行型式检验。

D.6.5 型式检验应符合下列规定：

1 按同样材料、工艺、连接件材生产的楼承板构件中随机抽取5个构件为样品，在每个样品中取不少于3个试件，试件总数不少于15个。其他要求见本附录D.2.2条。

2 实验方法应按D.3条执行。

D.6.6判定规则

1 按本附录式（D.4.1）计算*P*i≥0.75kN时即为试件合格，*P*i<0.75kN时即为试件不合格。

2 出厂检验，有1个试件不合格，应增加两倍的检验数量进行检验，如仍有1个试件不合格，即判定该批产品不合格 。

3 型式检验有1个试件不合格即判定整批产品不合格。

附表D1：钢筋桁架楼承板底模与桁架连接承载力实验记录

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 工程名称 | |  | | | | 工程部位 | | | | |  | | |
| 试件编号 | |  | | | | 试件制作日期 | | | | |  | | |
| 钢筋桁架楼承板 | | 楼承板型号 | |  | | 楼承板批号 | | | | |  | | |
| 底模材质 | |  | | 底模厚度（mm） | | | | |  | | |
| 底模强度等级 | |  | | 加载速率（N/s） | | | | |  | | |
| 试件其他说明：（如完成性） | | | | | | | | | | | | | |
| 实验荷载：*P*（kN） | | |  | | 承载力标准值：*P*i（kN） | | | | | | |  | |
| 实验序号 | 1 | | 2 | 3 | | | 4 |  | | | |  | *n* |
| 实验荷载 |  | |  |  | | |  |  | | | |  |  |
| 实验人 | | | （签字） | | | | 实验负责人 | | | （签字） | | | |
| 实验单位 | | | （ 公章） | | | | | | | | | | |
| 委托单位 | | |  | | | | 委托人 | |  | | | | |
| 注册工程师 | | | （签字、执业章） | | | | | | | | | | |

**引用标准名录**

《混凝土结构设计规范》GB50010

《建筑用压型钢板》GB/T12755

《连续热镀锌薄钢板和钢带》GB/T2518

《碳素结构钢》 GB/T700

《低合金高强度结构钢》GB/T1591

《钢铁结构耐腐蚀防护锌和铝覆盖层 指南》GB/T19355

《工程结构通用规范》GB55001

《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB50018

《钢结构设计标准》GB50017

《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》 GB10433

《碳钢焊条》GB/T 5117

《低合金钢焊条》GB/T 5118

《建筑结构荷载规范》GB50009

《建筑构件耐火试验方法》GB/T 9978

《钢结构防火涂料应用技术规范》CECS24

《栓钉焊接技术规程》CECS226

**本标准中表示严格程度的典型用词及其说明如下：**

一、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”；

二、表示严格，在正常情况均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

三、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”；

1. 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

**CECS273:202X**

**中国工程建设协会标准**

**组合楼板设计与施工规范**

**Code for composite slabs design and construction**

**（条文说明）**

**修订组**

目 次

1总 则····································································82

2术语和符号·······························································83

2.1 术语···································································86

2.2 符号···································································86

3材料 ····································································86

3.1 混凝土·································································86

3.2 钢筋···································································86

3.3 压型钢板·······························································86

3.4 钢筋桁架及底模·························································89

3.5 栓钉及螺栓、螺钉、自攻螺钉············································90

3.6 焊接材料······························································90

4基本规定································································91

4.1 设计原则······························································91

4.2 荷载、荷载效应及效应组合··············································91

4.3 正常使用的限值························································93

5压型钢板组合楼板设计····················································96

5.1 一般计算规定··························································96

5.2 施工阶段承载力及变形计算··············································96

5.3 使用阶段受弯承载力计算················································97

5.4 使用阶段受剪承载力计算················································97

5.5 使用阶段正常使用极限状态验算··········································99

6钢筋桁架组合楼板设计···················································103

6.1 一般计算规定·························································103

6.2 施工阶段承载力及变形计算·············································103

6.3 使用阶段承载力极限状态计算···········································106

6.4 使用阶段正常使用极限状态验算·········································106

7组合楼板耐火设计·······················································108

7.1 一般要求·····························································108

7.2 火灾下压型钢板组合楼板承载力·········································108

8压型钢板组合楼板构造要求···············································112

8.1 一般要求·····························································112

8.2 配筋要求·····························································112

8.3 端部构造·····························································114

8.4 组合楼板开洞·························································115

9钢筋桁架组合楼板的构造要求·············································116

9.1 一般要求······························································116

9.2 配筋要求·····························································116

9.3 端部构造·····························································116

9.4 组合楼板开洞··························································116

10施工 ·································································117

10.1 吊装及堆放··························································117

10.2 放样与铺设···························································117

10.3 楼承板端部与梁搭接··················································117

10.4 封口板、收边构造和临时支撑··········································120

10.5 混凝土浇筑··························································120

10.6 现场切割与拆模······················································120

11验收 ·································································121

附录A压型钢板组合楼板剪切粘结m、k系数确定的标准实验方法 ···············122

附录B 常用压型钢板组合楼板的剪切粘结m、k系数··························125

附录C 钢筋桁架与纤维水泥板底模连接件承载力标准实验方法···················126

附录D 钢筋桁架与混凝土底模连接件承载力标准实验方法·······················127

**1.总则**

1.0.1本条的规定是制订本标准的基本方针和原则。

1.0.2 本条规定了本规范的适用范围。

钢筋桁架板在施工过程中承担混凝土湿重和施工荷载，使用阶段钢筋桁架与混凝土共同作用，因此也可视为组合楼板。

此外，压型钢板组合楼板未见到疲劳试验的报告，因此本规范不适用于直接承受动力荷载作用的压型钢板组合楼板。

压型钢板组合楼板用于高温、高湿或露天等环境除应满足本规范要求外，还应满足有关专门标准的要求。

1.0.3 本条提出了设计与施工中应考虑的一些注意事项。

1.0.4本规范立足于我国组合楼板设计与施工的具体条件编制而成，凡本规范未规定的部分应符合其他相关国家现行标准。

**2.术语和符号**

**2.1 术语**

本规范中的术语仅给出了本规范中专有的术语，其他术语与现行国家标准《工程结构设计基本术语和通用符号》GBJ123、《建筑结构设计术语和符号》GB/T50083、《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068、《工程结构通用规范》GB55001、《建筑结构荷载规范》GB50009、《混凝土结构设计规范》GB50010、《钢结构设计规范》GB50017、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB50018等标准规范相同。

2.1.1 组合楼板

在楼承板上现浇混凝土，混凝土硬结后楼承板与混凝土共同工作，由楼承板和混凝土组合在一起的楼板。组合楼板分为压型钢板组合楼板与钢筋桁架组合楼板。图1所示为压型钢板组合楼板。



图1 压型钢板组合楼板

2.1.2 楼承板

楼承板是压型钢板和钢筋桁架板的统称，施工阶段作为混凝土施工的模板、使用阶段作为钢筋使用。

2.1.3～2.1.6开口型、缩口型、闭口型压型钢板是我国工程实践中的惯称，以下为我国常用的几种压型钢板。



图2 开口型压型钢板图示 图3 缩口型压型钢板图示

（a） （b）

图2 闭口型压型钢板

2.1.8~2.12钢筋桁架板或钢筋桁架楼承板是由钢筋桁架（图3）与底模组成的施工阶段受力体。钢筋桁架与底模的连接有多种形式，一般金属材料底模多采用焊接（点焊）、纤维水泥板底模多采用机械连接、混凝土底模则采用预埋钢筋等形式连接，本规范将所有这些连接部位称为连接件。



(a) 钢筋桁架板横剖面



(b) 钢筋桁架板纵剖面

图3 钢筋桁架板

2.1.15 底模外露是指组合楼板施工完成后，楼承板底模成为楼板的一部分。建筑上不再对该底模采取抹灰找平、吊顶等装饰工程遮掩底模，仅采用或不采用涂料涂装即投入使用的楼板状态。

底模外露仅指钢筋桁架组合楼板的一种使用状态，不包含压型钢板组合楼板，压型钢板组合楼板有类似使用状态和要求时，可参考对底模外露的钢筋桁架板组合楼板的要求进行设计。

**3.材料**

**3.1 混凝土**

《组合结构通用规范》GB58004规定组合结构构件混凝土强度等级不应低于C30，《混凝土结构通用规范》GB55008规定，钢筋混凝土结构构件的混凝土强度等级不应低于C25。

为了方便使用，本章给出了C20～C50混凝土的物理力学性能，这些规定与《混凝土结构设计规范》GB50010完全相同，当《混凝土结构设计规范》GB50010修订时，应按现行标准执行。近年来采用高强度等级混凝土的越来越多，但C50以上混凝土在楼板中应用很少，本规范混凝土强度等级仅给到C50。

如采用轻骨料混凝土应符合《轻骨料混凝土结构设计规程》JGJ12的规定。

**3.2 钢筋**

钢筋的物理力学性能指标取自于《混凝土结构设计规范》GB50010-2002，在这里给出是为了设计者方便使用。当《混凝土结构设计规范》GB50010-2002修订时，应按现行标准执行。

本规范还给出冷轧带肋钢筋以及冷轧光园钢筋的物理力学指标，有关设计和施工尚应符合《冷轧带肋钢筋混凝土结构技术规程》JGJ95及《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ114的要求。

**3.3 压型钢板**

3.3.1 镀锌钢板主要有电镀锌板和连续热镀锌板，电镀锌仅仅是在钢板的表面镀上一层镀层，防腐性能较差，冷弯时有可能出现剥皮等现象；而连续热镀锌，锌可以浸入到钢板的表面，形成Zn—Fe合金，防腐性能较好，因此本规范推荐压型钢板采用的板材为连续热镀锌钢板。根据《钢铁结构耐腐蚀防护锌和铝覆盖层指南》GB/T19355-2003的规定，镀铝锌板直接与混凝土接触，应对接触面进行钝化处理，防止铝与混凝土发生化学反应，破坏混凝土与压型钢板的粘结性能，理论上可以对镀铝锌板表面做钝化处理，但实际上增加成本很大，难以做到。我国近几年某些工程使用了镀铝锌（5%Al）板，从国外的工程中未见到镀铝锌板作为组合楼板使用的报道，由于这种板材的工程实践较少，而且没有经过长时间的工程检验，参考国际标准，不推荐镀铝锌板作为组合楼板用压型钢板。

《连续热镀锌薄钢板和钢带》GB/T2518不仅给出了钢板热镀锌技术条件，还给出了镀锌钢板牌号，本规范推荐目前工程中常用的S250（S250GD+Z、S250GD+ZF）， S350（S350GD+Z、S350GD+ZF），S550（S550GD+Z、S550GD+ZF）牌号钢作为压型钢板材料。

Q235、Q345是《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB50018-2002推荐采用的钢板。

随着冶金工业的发展和国际贸易的增加，钢材的品种也越来越多，参考《钢结构设计规范》GB50017的规定，给出了本规范第3款。

3.3.2《连续热镀锌薄钢板和钢带》GB2518-2008给出的牌号，其牌号与热轧板有较大的区别，牌号如下：

表1 连续热镀锌薄钢板性能

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | *Rp（0.2）*/ | *Rm*/ | *A80m*/*%* |
| 牌号 | N/mm2 | N/mm2 |  |
|  | 不小于 | 不小于 | 不小于 |
| S220 | 220 | 300 | 20 |
| S250 | 250 | 330 | 19 |
| S280 | 280 | 360 | 18 |
| S320 | 320 | 390 | 17 |
| S350 | 350 | 420 | 16 |
| S550 | 550 | 560 | — |

钢材经过冷加工后，板材变硬，强屈比减小，特别是随着强度的增高，更加明显。材料强屈比如下表

表2 连续热镀锌钢板强屈比

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | *Rp（0.2）* | *Rm* | *Rp/Rm* |
| S220 | 220 | 300 | 1.36 |
| S250 | 250 | 330 | 1.32 |
| S280 | 280 | 360 | 1.29 |
| S320 | 320 | 390 | 1.22 |
| S350 | 350 | 420 | 1.20 |
| S550 | 550 | 560 | 1.02 |

关于S250、S350、S550钢材设计强度取值，本次制订规范时，各类牌号的钢材共做了48组144个试件试验。试验结果表明，没有出现一个试件的屈服或抗拉强度低于公称屈服强度，试验屈服强度高于公称屈服强度1.259倍，试验抗拉强度高于公称抗拉强度1.21倍。因此，本规范将钢板的抗拉强度标准值取为《连续热镀锌薄钢板和钢带》GB2518标准的公称屈服强度，为了保证安全，本规范对强屈比小于1.15的S550级的钢材，参考美国标准《Standard for the Structural Design of composite Slabs》ASCE-3对强屈比较小的钢材用于组合楼板时，对抗力折减的相关规定，本规范将S550的抗拉强度标准值取公称抗拉强度的85%。

材料分项系数是要进行大量的统计分析而得到的，本规范没有进行该项工作，仅仅做了48组144个试件试验的抗拉强度试验，但目前没有相应的国家标准对此进行了规定，这些材料又大量的用于实际工程中，因此本规范参考冷轧钢筋，取材料分项系数为1.2。当国家相关标准对此进行规定之后，应遵守其相应的规定。

设计强度取值：

例1：牌号S250，*Rp=*250kN/mm2、*Rm*=330，则 *fyk=*250，在除以分项系数1.2，则*fy=*250/1.2=205N/mm2（取整）。

例2：牌号550，*R0.2=*550kN/mm2、*Rm*=560，则 *fyk=*0.85×560=476（取整），在除以分项系数1.2，则*fy=*476/1.2=395N/mm2（取整）。

3.3.3 钢材经冷加工之后弹性模量一般都会降低，参考冷轧钢筋，冷轧板材的弹性模量取为1.9×105N/mm2。

3.3.4 压型钢板采用的镀锌量，我国原冶金工业部标准《钢—混凝土组合楼盖设计与施工技术规程》YB9238-92在条文说明中给出一般可采用275g/m2，参考英国规范《Code of practice for design of composite slabs with profiled steel sheeting》BS5950Part4和美国标准ASCE-3等规定，本规范推荐优先采用两面镀锌量275g/m2 的镀锌板，当采用更大镀锌量的钢板时，应对其经济性进行分析，因镀锌量与钢板价格并非正比的关系；同时为了保证采用的镀锌钢板镀锌量不至于过小，同时给出了最小镀锌量为180g/m2。对于仅做模板使用的压型钢板，考虑到楼板底部的感观，给出了最小镀锌量为120g/m2的要求。

为了使设计人员更好的掌握镀锌量的要求，本规范给出了表3.3.4，该表取自于现行国家标准《钢铁结构耐腐蚀防护锌和铝覆盖层指南》GB/T19355-2003。

GB/T19355-2003是等同采用的国际标准《Protection against corrosion of iron and steel in structures —Zinc and aluminium coatings — Guidelines》 BS EN ISO 14713。该标准虽然已在英国、欧洲以及美国部分州应用，但该标准在同等腐蚀环境下，锌的腐蚀速率跨度范围较大，因此需要设计人员对腐蚀环境进行甄别。

**3.4 钢筋桁架及底模**

3.4.1~3.4.2《钢筋桁架楼承板》JG/T368规定了钢筋桁架板材料、质量和检验方法。由于材料的变化，在钢筋桁架楼承板发展很快，本节给出了桁架制作，底模选择一些规定。并规定当桁架采用的钢筋与《钢筋桁架楼承板》JG/T368不同时，JG/T368建立的检验方法和规则仍然适用各类钢筋桁架板。

3.4.4纤维水泥平板产品标准没有给出其抗拉强度，给出的仅是抗折强度，这个值就是本规范表3.4.4中的抗折强度标准值。依据我们的试验，抗拉强度平均值约为0.58抗折强度，计算中用到纤维水泥平板抗拉强度时，可取0.5倍的抗折强度。

**3.5　栓钉及螺栓、螺钉、自攻螺钉**

**给出了栓钉及螺栓、螺钉、自攻螺钉的型号，**表3.5.3**螺栓、螺钉、自攻螺钉的抗拉强度设计值取自《组合结构设计规范》JGJ138**

**3.6 焊接材料**

3.6.2～3.6.3 表3.6.3中给出的数值是经过试验并参考国外标准给出的数值，该数值小于《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB50018给出的数值，是偏于安全的，当板厚不在表中时，可按相近较薄板焊点抗剪承载力取值。

**4 基本设计规定**

**4.1设计原则及荷载**

4.1.1本规范遵循《建筑结构可靠度设计统一标准》GB50068，采用以概率理论为基础的极限状态设计法，以分项系数的设计表达式进行设计。

4.1.4 本条规定了免拆底模钢筋桁架板的使用条件。由于钢筋桁架板底模存在拼缝，拼缝这种拼缝可能给使用者带来不适的感觉，同样压型钢板也可能给人冰冷的感觉，为了减少这种感觉，规范建议采用装饰、装修的方法给予遮盖。压型钢板组合楼板板底也可按本条处理。

4.1.5 由于目前没有纤维水泥板对钢筋保护作用的数据，因此暂不考虑其有利作用。楼板中对附加受力钢筋，要求现浇混凝土钢筋净保护层厚度不小于10mm，是考虑了钢筋与混凝土的粘结。

**4.2荷载、荷载效应及效应组合**

4.1.4施工荷载系指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。由于施工习惯和方法的不同，施工阶段的可变荷载也不完全相同，因此测量施工时的施工荷载是十分重要的。楼承板施工阶段的承载力和挠度，应按实际施工荷载计算。

当工地无法测量实际施工荷载或测量结果小于1.0kN/m2时，可取不小于施工均布荷载1.0kN/m2作为施工荷载。本规程发布十几年来，1.0kN/m2作为施工活荷载最小值得到了较好的工程实践，该数值是可行的。《工程结构通用规范》GB55001给出的建议值也是1.0kN/m2。

4.2.2验算舒适度时采用的荷载值不是设计荷载值，而是结构实际荷载值，也就是楼盖自重标准值与本条给定的有效可变荷载之和。本条给定的有效可变荷载值是国际上通用的数值。

4.2.3 湿状态混凝土是永久荷载，式（4.2.3）中湿混凝土的分项系数取1.4是考虑了浇筑混凝土时可能出现的堆载，同样浇筑过程中的混凝土仍然是静荷载。均布可变荷载和集中线可变荷载不同时考虑。

4.2.5组合楼板内力计算不仅与支座条件有关，同时也与其加载史、施工时临时支撑条件有关。参考《混凝土结构设计规范》GB50010中关于叠合构件设计的有关规定给出了荷载组合。

1 不设置临时支撑，组合楼板正弯矩正截面，无论是压型钢板还是钢筋桁架，始终承受着施工阶段（也称为第一阶段）的混凝土自重荷载，两阶段荷载组合后，组合楼板正弯矩正截面极限承载力计算时，认为压型钢板或钢筋桁架下弦杆全部屈服，因此加载史的影响不大，本规范给出了（4.2.5-1）式；压型钢板组合楼板及钢筋桁架板组合楼板在支座断开处的连接钢筋负弯矩正截面（图4），在混凝土硬结前，负弯矩钢筋与混凝土没有粘结，负弯矩区钢筋不承受荷载，负弯矩区钢筋承受的是混凝土硬结后，除楼承板和混凝土自重以外的荷载，因此本规范给出了（4.2.5-2）式；钢筋桁架板钢筋桁架连续处，由于钢筋桁架上弦已承受施工阶段的永久荷载，因此给出了（4.2.5-3）式。



图4钢筋桁架板支座负钢筋示意图

2 当设置临时支撑时，拆除临时支撑时，混凝土已经硬结，虽然加载史对结构受力有一些影响，但影响较小。因此本规范规定可以按普通钢筋混凝土现浇板组合荷载效应。

4.2.6组合楼板剪力设计值与加载史关系非常密切，不设置临时支撑时，楼承板上浇筑的混凝土还未硬化，包括楼承板自重在内的全部荷载由楼承板单独承担。对于压型钢板，混凝土自重不会在压型钢板与混凝土之间产生粘结应力，竖向剪力由压型钢板腹板承担；对于钢筋桁架板竖向剪力则由钢筋桁架腹杆承担。另一方面如果施工中使用了临时支撑为满支撑，且混凝土硬化后才拆除，对于压型钢板组合楼板自重和其他附加永久荷载及可变荷载都产生粘结应力，而竖向剪力则全部由组合楼板承担，因此本规程给出了与支撑有关的剪力设计值组合式（4.2.6）。

4.2.7组合结构挠度效应与加载史关系密切，施工阶段楼承板受荷，当施工活荷载除去之后，混凝土自重留下永久变形Δc1Gk，一般称为施工阶段变形或第一阶段变形。施工中如果没有使用临时支撑，则施工阶段永久荷载产生的变形即已完成，此时施工阶段永久在组合楼板混凝土硬结后也不会再产生新的变形；施工中如果使用了满支撑临时支撑，在混凝土达到一定强度、拆除临时支撑，整个施工阶段的永久荷载作用在组合楼板上，此时组合楼板产生的挠度为Δs1Gk或Δl1Gk，施工时临时支撑为一跨、两跨、三跨时，可以证明，拆除临时支撑后施工阶段的永久荷载在组合楼板上产生的挠度为*γ*Δs1Gk或*γ*Δl1Gk。

4.2.8考虑到火灾是小概率事件，因此在进行荷载效应组合时，楼面或屋面活荷载给予了折减。本条比《建筑结构荷载规范》GB50009的频遇值取值偏高一点。

**4.3 正常使用的限值**

4.3.2 对结构表面或免拆底模外露的楼承板挠度限值取1/400，针对的是楼板施工完成后不再进行吊顶装饰、抹灰找平且有观感要求的楼板。主要是指民用住宅等以混凝土楼板板底作为基层，仅仅采用刮石膏、刷墙漆等简单装修的建筑，1/400的限值是参考了现浇混凝土模板。本条规定是考虑了免用户产生不必要的心里不安。

4.3.3 本条是《混凝土结构设计规范》GB50010对楼板的要求。事实上本条要求相对于普通钢筋混凝土楼板来讲比较严格一些。因为当施工完成后，活荷载移除，留下的永久挠度约为*l*/270～*l*/240，这样留给使用阶段的允许挠度非常小了。但经过规范组试算，由于楼承板上浇筑混凝土后，刚度提高非常多，多数情况下可以满足要求。

4.3.4本规范参考了《Evaluationof Human Exposure to Whole-Body Vibration-Part 2: Human Exposure to Continuous and Shock-Induced Vibration Buildings (1 to 8 Hz)》ISO2631-1989、AISC Steel Design Guide Series 11：《Floor Vibrations Due to Human Activity》和ATC design guide 1:《Minimizing Floor Vibration》的相关要求，给出了组合楼盖峰值加速度的要求。图5是ISO2631-2楼盖自振频率与峰值加速度的关系。

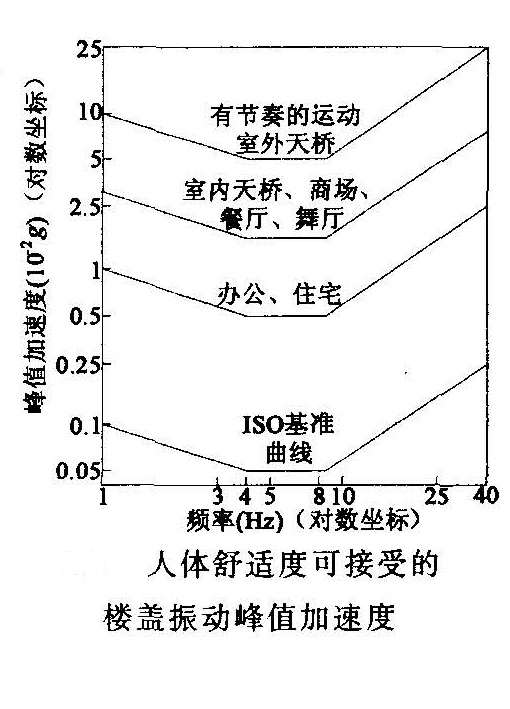
****

图5 人体舒适度可接受的楼盖振动峰值加速度

当楼盖自振频率小于3Hz时，频率过低、周期过长，人会感到不舒适的感觉；当自振频率超过9～10Hz时，虽然不会明显的与人步行频率重合而产生的共振现象，但步行产生的振动仍然令人不安，经验指出，为了确保楼盖自振频率超过9～10Hz的住宅、办公用房的性能，还需进行1kN/mm力作用下的挠度附加验算。计算表明，组合楼盖自振频率一般都在4～8Hz，因此本规范限制定为4～8Hz的组合楼盖；此外，本规范还将房屋功能限制在住宅、办公、餐饮和商场，基本上满足了绝大部分建筑功能要求，当超出这些范围时，应做专门研究。

**5 压型钢板组合楼板设计**

**5.1 一般计算规定**

5.1.1 《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB50018中设置了压型钢板一章，规定了受压板件的有效宽度。

5.1.2 由于压型钢板弱边方向惯性矩很小，所以仅沿强边按单向板计算。

5.1.3～5.1.4压型钢板组合楼板是程度不同的正交异性板。本条文规定了组合楼板按单向板或按正交异性双向板计算的具体条件。

正交各向异性板可采用有限元方法计算。本条是正交各向异性板的近似分析法，采用有效边长比替代实际边长比，并以此对有关边长作修正，将正交异性双向板简化成等效的各向同性双向板。

5.1.5连续组合楼板支座负弯矩调幅的目的是为了充分发挥组合楼板正弯矩抗弯承载力的潜力。

5.1.6 压型钢板组合楼板上有较大的集中荷载或有较大的局部面荷载局部范围内组合楼板受力较大，因此应对该部分承载力进行验算。这种情况在高层建筑设备层和多层工业厂房中可能会出现。

5.1.7 按本规范第5.1.4条，当或时，或考虑组合楼板弱边方向的承载力时，组合楼板按板厚为*hc*的普通钢筋混凝土楼板计算。

**5.2 施工阶段承载力及变形验算**

5.2.1在施工阶段计算时，压型钢板的临时支撑可作为一个支座考虑；而压型钢板承载力及构造应符合《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB50018的要求，由于压型钢板在施工阶段作为模板承受荷载，属临时结构，根据《建筑结构可靠度设计统一标准》GB50068的规定，结构重要性系数可取*γ0*=为0.9。

5.2.2在均布荷载下，压型钢板的承载力基本上由受弯控制，该条是本规范承载力计算的一部分，为方便设计者使用本条特意给出了受弯计算公式。

5.2.3 施工阶段压型钢板的挠度应按结构力学的方法计算，特别需注意惯性矩应采用截面有效惯性矩。

**5.3 使用阶段受弯承载力计算**

5.3.1 组合楼板受弯计算时认为压型钢板全部屈服，并以压型钢板截面重心为合力点。当配有受拉钢筋时，则受拉合力点为钢筋和压型钢板截面的形心。图5.3.1是以开口型压型钢板组合楼板给出的，缩口型、闭口型压型钢板组合楼板亦同样，后面的压型钢板组合楼板计算均以开口型压型钢板为例。

5.3.2当，且时，表明压型钢板肋以上混凝土受压面积不够，还需部分压型钢板内的混凝土连同该部分压型钢板受压，这种情况出现在压型钢板截面面积很大时。当遇到这种情况时，应重新选择压型钢板进行计算；否则，应采取试验的方法确定其承载能力；在无试验条件的情况下可偏于安全地按简化公式（5.3.2）计算。

5.3.3 将单位宽度的组合楼板简化为倒T型梁计算。压型钢板肋槽多为梯型截面，简化公式（5.3.3）偏于安全地取了梯形截面小边尺寸。

**5.4 使用阶段受剪承载力计算**

5.4.1 组合楼板的破坏形式最常见的是剪切粘结破坏（也称纵向受剪），是组合楼板设计最重要的部分之一。组合楼板剪切粘结承载力与压型钢板截面面积、形状、表面加工情况、剪跨、剪力件、混凝土强度等级等诸多因素有关。美国学者Porter, M. L 和 C. E. Ekgerg根据455块组合楼板试验得出回归剪切粘结承载力的计算公式

 （1）

目前，美国、英国、欧洲等规范基本上都采用了上述公式。我国没有这一特征值，实质上在美国规范中，即相当于混凝土抗拉强度特征值（为系数），我国混凝土抗拉强度为，规范组用替代对不同种类不同型号的压型钢板组合楼板进行了大量的试验，给出了剪切粘结承载力的计算公式（5.4.1）：



试验表明，剪切粘结承载力与有良好的相关性。

式（5.4.1）第一项，剪切粘结承载力与是否配置正弯矩受拉钢筋无关，剪切粘结承载能力仅取决于压型钢板的面积和表面形状，因此第一项中与压型钢板相关的参数为。是与压型钢板截面形状和混凝土强度等级有关的参数，由试验得到。本规范采用的试验方法是标准试验方法，也是国际通用组合楼板的试验方法。

试验确定时采用的是简支板，没有考虑连续板的有利作用，我国试验证实连续板剪切粘结计算跨度可采用反弯点之间的距离作为*ln*，美国规范《Standard for the Structural Design of composite Slabs》ASCE-3也有同样的规定。

公式（5.4.1）第一项分母中的系数1.25是该项的抗力分项系数，同时也包括了计算模型的不确定性。

5.4.3 组合楼板受冲切验算，按板厚为*h*c的普通钢筋混凝土板计算，不考虑压型钢板槽内混凝土和压型钢板的作用，计算简单、偏于安全。

**5.5 正常使用极限状态计算**

5.5.1 组合楼板负弯矩区性能与普通钢筋混凝土楼板一样。

5.5.2～5.5.5 本规范编制时（2008版），国内还没有楼盖舒适度验算的相关标准规范，2019年建设部颁布了《建筑楼盖结构振动舒适度技术标准》(JGJ/T 441-2019)，其验算组合楼盖舒适度验算方法与本规范相同，均源自于美国土木工程师协会ASCE-3标准中给出的方法，为了保持规范的连续性，此次修订仍保留了该部分内容。

该方法将压型钢板换算成混凝土的单质未开裂换算截面及开裂换算截面。经中冶集团建筑研究总院对建筑物在用组合楼板的测试，ASCE-3计算方法与实测值符合较好。

5.5.6组合楼板挠度验算时，既要考虑短期荷载作用下的挠度，还要考虑混凝土徐变的影响.在长期荷载作用下混凝土软化后，在长期荷载作用下的挠度。长期荷载作用下，由于是混凝土弹性模量软化，因此在刚度计算时，混凝土乘以0.5倍，但压型钢板换算成的混凝土钢不考虑软化，因此采用本规范5.5.4、5.5.5条时，将改用2，式（5.5.6-1）再乘上0.5，则钢与混凝土仍然是倍的关系。

5.5.7～5.5.8对组合楼盖峰值加速度和自振频率的验算，是对组合楼盖使用阶段的舒适度验算。研究表明仅限制楼板的振动，不能解决楼盖舒适度的问题，因为楼板只是楼盖体系的一部分，楼板和梁即楼盖一起振动，因此本规范给出的是组合楼盖的舒适度验算。主、次梁均参与振动，振动体系如图6所示。



图6 楼盖振动体系

式（5.5.7）、（5.5.8-1）均为理论公式，也可以采用动力时程分析和动力有限元计算。

本规范对自振频率的计算即式（5.5.8-1）中的Δj、Δg仅适用于简支梁或等跨连续梁的情况，对于不等跨或悬挑梁应对Δj、Δg进行修正，由于刚度修正较为繁琐，本规范并未给出修正公式。实际工程中如果跨度相差不超过10%则可按等跨计算，如跨度差超过10%或是悬挑，则可按动力有限元计算。

5.5.9 楼盖振动双方向都在振动（图7），计算板格内两个方向由于参与振动有效荷载的并不相同，有效荷载按主梁、次梁的挠度取加权平均值。



图7a主梁方向振动曲线



图7b 次梁方向振动曲线

图7楼盖振动曲线

主、次梁方向振动的板带，并不仅仅是在板格内，板格外的板带也有部分参与到该板格的振动，参与振动的板带宽度称之为板带有效宽度*b*Ej、*b*Eg。板带有效宽度取决于楼盖两个方向的单位截面惯性矩，也就是楼盖的各向异性系数。次梁板带有效宽度*b*Ej，取决于组合楼板单位截面惯性矩（一般情况下是顺肋方向单位惯性矩）*D*s和次梁板带单位截面惯性矩*D*j，即式（5.5.9-4），次梁板带单位截面惯性矩*D*j是将计算板格内次梁板带上的次梁按组合梁计算的惯性矩平均到计算板格内次梁板带上；主梁板带有效宽度*b*Eg，取决于次梁板带单位截面*D*j和主梁板带单位截面惯性矩*D*g，即式（5.5.9-5），主梁板带单位截面惯性矩*D*g是将计算板格内主梁板带上的主梁按组合梁计算的惯性矩平均到计算板格内主梁板带上。

式（5.5.9-6）中的系数1.35是考虑了人行走为瞬时振动，将混凝土弹性模量放大。

系数在第5.5.8条中，主次梁挠度均按简支板计算，梁的连续性对峰值加速度有一定的影响，在计算有效荷载时给予考虑。

有效荷载gEj、gEg并不相同，gEj中的自重部分不含主梁之中，而gEg中的自重部分则应包括主梁自重。

**6 钢筋桁架组合楼板设计**

**6.1 一般计算规定**

6.1.1此条是对钢筋桁架板（包括可拆底模、免拆底模）底模的最低要求。纤维水泥平板、竹胶合模板一般是定尺供货，难以做到不拼接，从楼板表面外观考虑，本规范建议底板拼接不宜超过四块板，即拼接板缝不超过三道。纤维水泥平板不低于R3级主要是从经济性考虑，经计算分析，当水泥纤维平板不不低于R3级时可保证底板自身的承载能力。

6.1.2 连接件可以采用正对称或斜对称布置，试验表明钢筋桁架与底板连接的承载力与连接件的单位面积内数量关系密切，而与布置形式关系不大。

6.1.3施工阶段，钢筋桁架板的受力模型：首先底模承担全部荷载，再经底模与钢筋桁架的连接件，将荷载全部传给钢筋桁架，由钢筋桁架再将荷载传到两端支撑上。因此钢筋桁架与底模分别承担全部荷载进行验算。

6.1.4连接件可以很好地把钢筋桁架和底板连接为整体，试验表明，当底板为整体板而无拼缝时，在外荷载作用下，桁架和底板之间的连接是无相对滑动变形的连接，桁架和底模作为整体共同受力作用，纤维水泥平板底模、混凝土板对桁架板的刚度贡献较大，故考虑底板对桁架楼承板的刚度贡献。

6.1.5底模为混凝土时，钢筋桁架与混凝土底板内预埋钢筋连接，由于这种连接点较密，底板和钢筋桁架之间无相对滑移变形，桁架腹杆可以看做底板与后浇混凝土之间的连接钢筋，对阻止底板与后浇混凝土之间的滑移起到很好的阻止作用，类似于叠合板中的胡子筋的作用，因此，底模为混凝土的桁架板可以考虑底模与后浇混凝土的共同作用。

6.1.6组合楼板按连续板设计时，连续钢筋桁架板应验算钢筋桁架上弦是否满足配筋要求，非连续钢筋桁架板应计算断开处所需的负弯矩钢筋。按简支板设计时，支座处应配置足够的构造钢筋。

6.1.7 使用阶段组合楼板的工作性能与普通钢筋混凝土楼板相同，当满足双向板条件时，可按双向板设计，并应计算与桁架垂直方向的配筋。

6.1.8连续组合楼板支座负弯矩调幅的目的是为了充分发挥钢筋桁架下弦钢筋抗弯承载力的潜力。

**6.2施工阶段承载力及变形验算**

6.2.1 施工阶段临时支撑可视为板的支座考虑楼承板的连续性。

6.2.2 将钢筋桁架各杆件视为钢结构杆件，式（6.2.2）是现行国家标准《钢结构设计规范》GB50017的承载力计算公式，取0.9*f*y是为防止施工阶段钢筋应力过高。

6.2.3本条是现行国家标准《钢结构设计规范》GB50017受压杆件稳定计算的计算公式。考虑到腹杆与弦杆交叉点为双腹杆与弦杆焊接，双腹杆与弦杆相交对弦杆有一定的约束作用，同时参照《网壳结构技术规程》JGJ61-2003等给出了0.9的长度系数，即计算长度弦杆取0.9倍的节间长度；腹杆钢筋分别伸出桁架上下弦杆并与弦杆焊接（图8），伸出段对腹杆有较大的约束，采用对桁架腹杆分析计算，长度系数*μ*=0.6左右，考虑到制作偏差引起的初始缺陷，腹杆的计算长度统一规定，取0.7倍的腹杆节点间距。腹杆无伸出桁架的底脚时，由于没有足够的试验数据和理论分析，故长度系数取为1.0。

图8a 图8b

图8 桁架腹杆计算长度计算简图

6.2.4施工阶段钢筋桁架板，底模承担了全部荷载，并经连接件传给桁架，因此对桁架与底模的连接承载力应予验算。按《钢筋桁架楼承板》JG/T368生产的楼承板可不进行该验算。

6.2.5 为了防止施工人员不慎踩踏底模时，保证施工人员不至于发生安全事故进行的验算。式6.2.5-1）*F*tm取为1.2kN是考虑了一个人的体重乘以冲击系数得到的。

试验表明在集中力作用下，底模破坏有三种形态：1.自攻螺钉钉帽被拉出；2.底模边缘破坏；3.连接件破坏。本条对钉帽拉出和底模边缘破坏进行了验算，由于连接件样式多种，很难规定一个验算方法，而对于一个生产产商来讲连接件可能是专利产品，同时也是一个标准化产品，故采用标准实验来保证其质量。式（6.2.5-3）的验算实际上也限制了钢筋桁架板侧向边缘至桁架最外侧连接件中心的距离*l*c。

式（6.2.5-2）是钉帽拉出力由局部承压公式导出、式（6.2.5-3）是底模边缘破坏力由理论推导而得，两式与试验结果符合良好。

本节并未对混凝土底模进行验算，而是在本规范第9.1.2条对桁架中心线底模纵向侧边缘距离*l*s不应大于100m的限制。

采取两种不同限制方法是因为混凝土底模是在楼承板制作过程中现浇，易于满足要求；而纤维水泥板是定型采购，在定型采购的纤维水泥板均匀安排桁架*l*s可能不宜满足100mm的限制，因此采用了计算方法。

6.2.6由于底模不拆除，施工阶段如果开裂，裂缝将带到使用阶段，考虑到使用者不易接受，故提出本条要求，纤维水泥板的抗拉强度标准值约为0.58倍的抗折强度，本规范取0.5倍，即为本条*f*bt=0.5*f*fwk

6.2.7 施工阶段钢筋桁架承担了全部荷载，并由钢筋桁架将荷载传给支座，此时底模仅仅是模板，因此仅考虑桁架的挠度就是钢筋桁架板的挠度。

**6.3使用阶段承载力极限状态计算**

6.3.1～6.3.3钢筋桁架-混凝土组合楼板，当混凝土硬结后其性能与钢筋混凝土现浇楼板相同，承载能力计算应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》（GB50010）进行。

**6.4使用阶段正常使用极限状态计算**

6.4.3 本规范第5.5.3条~第5.5.6条是压型钢板组合楼板刚度的计算，第5.5.7条~第5.5.9条是组合楼板舒适度验算方法，这一方法是楼盖舒适度验算的通用方法（放在规范第5.5节是为了避免重复，如果单成附录内容又较少），因此钢筋桁架组合楼形成的楼盖盖舒适度仍采取该方法验算，此时采用的组合楼板刚度是按《混凝土结构设计规范》GB50010计算的钢筋桁架组合楼板的刚度。

6.4.4由于在施工阶段以截面高度较小的钢筋桁架承担该阶段全部荷载，使得受拉钢筋中的应力比假定组合楼板全截面承担同样荷载时要大。这一现象称为“受拉钢筋应力超前”。当楼板混凝土达到强度后，在使用阶段荷载作用下，钢筋桁架组合楼板与同样截面普通混凝土楼板相比，其钢筋拉应力及曲率偏大，并有可能使受拉钢筋在弯矩标准值的作用下过早达到屈服。这种情况在设计中应予以防止。为此，参照叠合式受弯构件给出了式（6.4.4-1）的受拉钢筋应力控制条件。本条是参考了《混凝土结构设计规范》GB50010叠合构件相关条文编写的。

6.4.6 本条是参考了《混凝土结构设计规范》GB50010叠合板的抗裂要求编写的

6.4.7 施工阶段有临时支撑时，《混凝土结构设计规范》GB50010对叠合板并不要求验算裂缝宽度，但当使用阶段荷载较大或板跨度较大时，有支撑的楼板仍有开裂的可能，故本规范对有临时支撑的可拆底模钢筋桁架组合楼板仍要求验算。对于有施工临时支撑的楼板，在移除支撑后，可以证明此时产生的荷载效应是满支撑时的*γ*倍。

**7组合楼板防火设计**

**7.1 一般要求**

7.1.1 本条是组合楼板的基本要求，当组合楼板用于特定的建筑物时，如高层建筑，尚应满足其相应的标准。

7.1.2 压型钢板作为永久模板的非组合楼板，其使用阶段与普通钢筋混凝土板相同，因此其耐火极限按普通钢筋混凝土板考虑。

7.1.3 组合楼板依靠正弯矩区配置钢筋防火，如同普通混凝土楼板一样，因此其钢筋的混凝土保护层厚度应满足耐火极限的要求。

7.1.4压型钢板组合楼板在实际工程应用中，大多是采用无防火保护的组合楼板，如果组合楼板全部采用防火保护，则防火保护的造价将会大大提高，组合楼板实用价值将大大降低。众多试验表明，压型钢板组合楼板满足一定的条件在不采取防火保护时即可满足防火要求。

压型钢板组合楼板耐火设计可采用试验测试确定或计算确定，这两种方法在国际上都是通行的。由于受试验装置的影响，对工程中足尺寸的构件进行测试是非常困难的或者是不可能的，多数情况下是采用由大量的模型构件试验中得到的计算方法来确定耐火极限。

**7.2 火灾下压型钢板组合楼板承载力**

7.2.1无防火保护的压型钢板组合楼板耐火性能与组合楼板端部边界条件有关，试验表明组合楼板构件耐火极限主要是利用了构件负弯矩区的极限承载能力，也就是结构的塑性设计方法。组合楼板耐火极限的设计计算是针对构件整体或结构进行的设计计算，不是针对截面的计算。当连续构件某一截面失去承载能力时，将进行内力重分配，直至构件屈服截面的数量使结构形成机构，结构才宣布破坏。

对简支板，当跨中截面屈服后即形成机构，因此其耐火极限远低于超静定构件。根据国内外试验，简支组合楼板耐火极限不大于0.5h，参考国内试验数据和英国规范《Code of practice for fire resistant design》BS5950-Part8中的规定，本规范给出了0.5h的耐火极限。欲提高其耐火极限可考虑增加正弯矩区钢筋。

7.2.2本条给出了耐火极限计算相应的条件。由于火灾下允许组合楼板发生大变形，因此可假定其内力重分布不受限制。试验表明，火灾下压型钢板组合楼板已发生剪切粘结破坏，但结构并不因为剪切粘结破坏而达到火灾时的楼板破坏条件。

7.2.3耐火极限承载能力计算时采用了板塑性铰线理论上限定理。图9是火灾下单向组合楼板均布荷载作用下的弯矩示意图，据此可建立式（7.2.3）的极限平衡方程；承受其他形式的荷载或按本规范第5.1.4条满足双向板条件时，可按虚功原理建立平衡方程。

*M l*u,T

*M* *r*u,T

*M* midu,T

(*M r*u,T+ *M* *l*u,T)/2

**图9 组合板耐火极限时极限平衡计算简图**

由式（7.2.3）知，提高压型钢板组合楼板耐火极限可采取在正弯矩区配置一定的钢筋，提高正弯矩区承载能力（提高）；也可以采取提高负弯矩区承载能力（提高，）的方式，设计人员可按经济的原则采取相应的措施。

上限定理：假设各塑性绞处的弯矩等于屈服弯矩且满足边界条件，若板对于位移的微小增量所作的内功等于给定荷载对比位移的微小增量所作的外功，则此荷载为实际承载能力的上限。

采用塑性绞线法求得板的极限荷载是其上限值，即对于已知受弯承载能力的板，计算所得的破坏荷载可能比实际值高。采用塑性绞线法关键在于理塑性绞线的设定，试验表明，塑性绞线设定比较符合实际时，按塑性绞线法求得的极限荷载和板的实际破坏荷载非常接近，所以采用塑性绞线法求出的结果是令人满意的。本规范计算的是超静定单向板，塑性绞线明确，板的塑性绞出现在支座处和跨中（均布荷载）或集中荷载作用点下。

本规范给出的耐火极限设计方法与《建筑钢结构防火技术规范》CECS200的设计原理和应用范围不同。在设计原理方面，CECS200考虑了双向钢筋网的薄膜效应，是目前对组合楼板耐火研究取得的新成果；而本规范是采用了经典的板塑性铰线理论上限定理。在应用条件上，CECS200计算板块（板格）为矩形，且长宽比不大于2，与常温下的单向板、双向板并不一定是一个区域；板块四周应有梁支撑，该支撑梁要满足防火要求；板块内可以有一根以上的次梁，板块内的次梁不涂装防火涂料。本规范没有长宽比的限制，次梁必须采用防火防护来满足耐火极限的要求，计算区域与常温下相同。

7.2.4 本条给出了火灾下组合楼板各截面极限承载能力的计算。计算时由于截面内钢筋和混凝土所受的温度不同，因此要划分成不同的单元，单元越细，计算精度越高。根据试算结果，一般情况下可每10mm划分为一个单元，式（7.2.4-2）两次计算的误差小于5%即可认为达到计算精度。

截面单元划分时，对承受负弯矩的截面，在负弯矩钢筋与组合楼板截面下表面之间划分单元；对承受正弯矩的截面，由于正截面有不同形式的配筋，可按图10在正截面区按以下划分单元：

（1）在组合楼板未配正弯矩受力钢筋时，可在楼板顶面抗裂钢筋至楼板混凝土上表面之间划分单元（图10a）；

（2）在组合楼板配置了正弯矩受力钢筋时，可在受拉钢筋至楼板混凝土上表面之间划分单元（图10b）；

（3）压型钢板肋顶部构造钢筋，可在肋顶部钢筋至楼板混凝土上表面之间划分单元（图10c）。



（a）未配正弯矩受力钢筋的组合楼板



（b）配置正弯矩受力钢筋的组合楼板



（c）压型钢板肋顶部配置构造钢筋的组合楼板

图10组合楼板正弯矩区单元划分区域

7.2.5 ～7.2.7取自于《建筑钢结构防火技术规范》CECS200。

7.2.8《建筑构件耐火试验方法》GB/T 9978对楼板被火面的温度有一定的要求，当被火面超过要求的温度时则不能满足要求。表7.2.8是组合楼板满足隔热性要求的楼板最小厚度，本条主要取自于英国规范《Code of practice for fire resistant design》BS5950-Part8中的相关内容，我国试验对此也进行了证实。

**8 压型钢板组合楼板构造要求**

**8.1一般要求**

8.1.1本条是对组合楼板用压型钢板从构造上对其基板最小厚度的要求。本规范未对压型钢板基板厚度做上限要求，但工程实践表明，采用栓钉穿透焊时，当基板净厚度大于1.20mm，有必要采取相应的措施保证栓钉穿透焊接质量。

8.1.2保证一定的凹槽宽度，使混凝土骨料容易浇入压型钢板槽口内，从而保证混凝土密实。由于目前还未见到总高度*h*s大于80mm的压型钢板，对其性能没有试验数据，当开发出*h*s>80mm的压型钢板时，应有足够的试验数据证明其形成组合楼板后的性能满足本规范的要求。

8.1.3本条是从构造上对组合楼板的最小厚度要求，合理的厚度应考虑承载力极限状态和正常使用极限状态以及耐火、隔热性等前提下，按经济合理的原则确定。

**8.2 配筋要求**

8.2.1 组合楼板正截面受弯承载能力不足是极少见的，组合楼板正截面配筋仅能提高受弯承载力，但不能提高剪切粘结承载能力。当考虑大量吊挂可能对压型钢板的损坏、压型钢板锈蚀、局部可能有较大集中荷载、可能的火灾等影响时，在板底适当附加配置一些受拉钢筋，以提高安全储备。尽管压型钢板对钢筋耐久性可起到一定作用，保护层厚度可以适当减少，但为了保证钢筋与混凝土之间的粘结，钢筋保护层净厚度不应小于15mm。

8.2.2压型钢板表面有凹凸压痕的通常称为有压痕的压型钢板，反之则称为无压痕光面压型钢板。组合楼板采用光面开口型压型钢板时，压型钢板与混凝土之间的粘结力较低，组合作用较差，一般在组合楼板中不宜采用。若必须采用时，为提高混凝土和压型钢板的组合作用，可在压型钢板肋顶上配置抗滑移横向钢筋。

8.2.3配置横向钢筋可起到分散板面荷载，扩大集中荷载或局部面荷载的分布范围，改善组合楼板的工作性能。

8.2.5为了方便设计者使用，本条给出了组合楼板截面配筋形式。

1 组合楼板正弯矩区的压型钢板满足受弯承载力要求时，相当于用压型钢板取代了钢筋，正弯矩区可不配置钢筋。负弯矩区受力钢筋和楼板顶面构造配筋同普通钢筋混凝土楼板。

2 组合楼板正弯矩区的压型钢板不能满足受弯承载力要求时，应在正弯矩区配置受力钢筋，以使其受弯承载力满足要求。当耐火极限计算不能满足要求时，可以通过在正弯矩区配置受力钢筋解决。

3 当组合楼板中的拉应力超过混凝土的抗拉强度时，因组合楼板中压型钢板在弱边方向连接较弱，组合楼板弱边方向底部将可能出现裂缝，可通过在压型钢板肋顶布置双向钢筋网片抵抗拉应力。

（1）通常情况下，楼板传递水平力，特别是在楼板开洞较多情况下，可能在楼板中产生较大拉应力。

（2）温度和混凝土收缩将在楼板中产生拉应力，特别是超长楼板将会在板中产生较大的拉应力。在温度、收缩应力较大或对裂缝要求较高的组合楼板区域，除从材料、施工等方面采取必要措施，如降低混凝土水灰比、采用低水化热水泥、留后浇带、加强养护外，尚应在压型钢板肋顶和组合楼板顶配置构造钢筋。目前温度和收缩应力尚不易准确计算，对温度和收缩应力较大的工程，建议进行必要的计算分析，并结合已有工程经验确定温度和收缩钢筋的配筋量。

**8.3 端部构造**

8.3.1~8.3.2条是压型钢板在支撑钢梁上的要求，8.3.2是组合楼板支撑在钢梁上的要求。

8.3.3～8.3.4为了保证梁板结构的整体性，形成可靠的组合楼盖，组合楼板与梁之间应设有抗剪连接件。目前栓钉广泛应用于建筑工程，本规范主要推荐采用栓钉作为抗剪连接件。有关抗剪连接件的构造规定是参照现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017制订的。栓钉高度是指焊后高度，栓钉焊接后通常会使其长度减少5mm左右，因此选择栓钉长度通常按所需的栓钉高度加5～10mm。当梁按组合梁设计时，栓钉的外侧边缘至混凝土翼板边缘的距离不应小于100mm。

当压型钢板端部与梁采用栓钉固定时，且栓钉固定件满足本条规定时，可作为组合楼板和梁之间的抗剪连接件。当压型钢板端部与梁采用焊接固定时，组合楼板与梁之间应另设抗剪连接件。压型钢板在梁上连续布置也应设置抗剪连接件。

8.3.5～8.3.6当组合楼板支承在混凝土构件上时，可在混凝土构件上设置预埋件，固定方式则同钢梁；组合楼板支承于砌体墙上时，可采用在砌体墙上设混凝土圈梁，将组合楼板支承在砌体墙上转换为支承在混凝土圈梁上。由于膨胀螺栓不能承受振动荷载，因此本规范特别强调预埋件不得用膨胀螺栓固定。

8.3.6对组合楼板支承于剪力墙侧面上，预埋件起到传递剪力的作用，由于膨胀螺栓不能承受振动荷载，因此本规范特别强调预埋件不得用膨胀螺栓固定。一般情况下楼板要传递水平力，因此，组合楼板与剪力墙之间要求有拉接钢筋。若计算中不考虑楼板作用，组合楼板与剪力墙之间可以不设拉接钢筋。此外拉接钢筋还可起到控制裂缝宽度的作用。

8.3.8压型钢板在与柱相交处被切断，将造成压型钢板局部悬臂，当被切断的压型钢板宽度小于75mm时，一般切断半个波距左右，对组合楼板的承载力影响较小，当被切断的压型钢板宽度大于75mm时，对组合楼板的承载力影响将会逐步加大，应采取避免压型钢板悬臂的加强措施。对柱为开口型截面，如H型截面，当梁柱连接按铰接设计时，按计算梁柱连接处可能不需设置水平加劲肋，但为了防止楼板空缺，一般在梁上翼缘柱截面开口处设水平加劲肋。

**8.4 组合楼板开洞**

8.4.1 ~8.4.3第8.3.1条~第8.3.2条是工程中常用的方法，是为了方便设计者给出的加强措施，第8.3.3条是解决开洞问题的根本方法。

8.4.4 在相近的位置同时开两个或两个以上的洞口，且相邻两个洞口相近时，此时两个洞口间的板带承载力变化较大，较难用通用构造来满足设计，因此应对该板带进行承载力验算。当在相近的位置同时开两个或两个以上孔径小于300mm的圆洞，或边长小于300mm的矩形洞，且相邻两个洞口相近时，可把几个洞口的外包尺寸作为1个大洞按本规范第8.4.2条～第8.4.3条规定进行处理。

**9 钢筋桁架组合楼板的构造要求**

**9.1 一般要求**

9.1.1 基于对楼承板外观和平整度的要求。

9.1.2 限制*l*s值是为了防止施工过程中施工人员不慎踩踏而发生人身事故。纤维水泥板底模的限制则是由第6.2.4条计算确定的。

9.1.5 由于下弦杆件作为受力钢筋，应满足现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010的要求。当不满足时，可在楼板中配置附加钢筋以满足规范要求。

**9.2 配筋要求**

9.2.1 两块钢筋桁架板在梁上同向连接时，考虑钢筋桁架的连续性，应在上、下弦部位均匀布置连接钢筋。当组合楼板在该支座处设计成连续板时，支座负弯矩钢筋按计算确定。因为上弦钢筋全部截断在一个断面上，所以不考虑上弦钢筋在支座处的作用。

**9.3 端部构造**

9.3.1~9.3.3 钢筋桁架组合楼板中钢筋桁架下弦钢筋作为楼板底部受拉钢筋，其钢筋搭接应符合《混凝土结构设计规范》GB50010的要求，正文中给出了几种楼承板与结构中其他构件相交处的端部做法，无论采取什么方法处理楼承板与结构其他构件的交接都应保证楼承板稳定性、搭接钢筋应符合《混凝土结构设计规范》GB50010的要求。

**9.4 组合楼板开洞**

本节内容给出了常用的开洞后的加固原则和方法，设计者可根据自己的设计经验采取不同的加固措施，只要满足结构计算即可。

**10 施工**

**10.1 吊装及堆放**

本节主要是对楼承板吊装和堆放要求，是为了避免在施工过程中楼承板被损害或碰撞。

**10.2 放样与铺设**

本节是针对楼承板铺设过程中的安全要求。

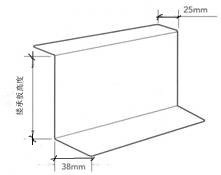
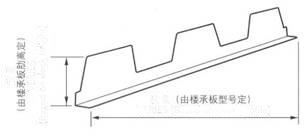
**10.3 楼承板端部与梁搭接**

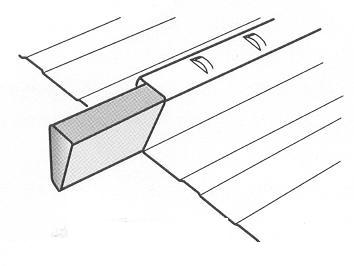
10.3.1当压型钢板或底模端部可采用焊接固定，也可以采用栓钉固定。其它固定方法，如射钉法、钢筋插入法、拧“麻花”法等，因施工质量不好控制，目前已较少采用，本规范不建议采用。当采用焊接固定时，为了保证组合楼盖的整体性，组合楼板与梁之间还应按本规范第8.3.3条设置抗剪连接件。当采用栓钉固定时，且固定栓钉满足本规范第8.3.3条要求，组合楼板和梁之间的抗剪连接件可结合设置。若按组合梁设计，尚应符合《钢结构设计标准》GB50017的规定。根据板跨，表10.3.1给定的栓钉直径仅是采用栓钉固定楼承板的要求。

10.3.2 楼承板侧向一般情况下是搭接在钢梁或预埋件上，可拆底模钢筋桁架板或设计上需要底模不能搭在梁上，为了避免在梁边出现肉眼可见的挠度引起的不适，可在钢梁上焊接临时卡扣托住边板。

**10.4封口板、收边构造和临时支撑**

10.4.1 本条是浇筑混凝土时，为防止跑浆漏浆应采取的施工措施，给出的几个图例也是工程常用的方法。我国工程实践创造了多种不同的方法，无论采取什么方法，都应起到防止跑浆漏浆的作用。图13是国内经常采用的封口板。

 （a）通用Z型封口板示意图 （b）开口型压型钢板封口板示意图



（c）缩口型压型钢板泡沫堵头

图11 封口板示意图

10.4.2本条是对我国目前工程实践中常用的收边板构造要求。工程实践中也可采取如支边摸等其他方法。国内常见做法如图12。



（a）板肋与梁垂直收边构造措施之一



（b）板肋与梁垂直收边构造措施之二 （c）板肋与梁平行收边构造措施

图12 组合楼板边缘端部收边构造措施

当施工阶段永久荷载不超过3kN/m2、钢板材质为Q235时，图14b、c中收边钢板厚度可按表3确定。

表3 收边钢板厚度

|  |  |
| --- | --- |
| 悬挑长度（mm） | 收边板厚度（mm） |
| 0～80 | 1.2 |
| 80～120 | 1.5 |
| 120～180 | 2.0 |
| 180～250 | 2.6 |

10.4.3当楼承板跨度较大时，往往施工阶段承载力或变形不满足要求，通常通过设置临时支撑解决。临时支撑位置与组合楼板计算有关，应按设计图纸要求设置。临时支撑可采用临时梁或从下层楼面支顶方式。临时梁可以周转使用，为了便于拆卸，临时梁一般采用螺栓连接，在永久钢构件加工时应将临时梁的端部节点板一并加工。当采用从下层楼面支顶的临时支撑时，采用孤立的点支撑将可能造成楼承板局部损坏，应将支撑柱顶紧木材或钢板等带状水平支撑，带状水平支撑与楼承板接触面宽度不应小于100mm。如果支撑柱下层着力点是楼承板，亦应设置带状水平支撑。

10.4.4临时支撑由于刚度较小，在楼承板和混凝土湿重下可能会产挠度，为保证支撑与梁在同一标高，应将该挠度计算在内。

10.4.5临时支撑应通过计算确定。当临时支撑采用从下层楼面支顶方案时，必须保证其下各层楼面承载力和挠度满足要求。

**10.5混凝土浇筑**

10.5.1楼承板铺设完成后，在楼承板上还要继续各种施工作业，难免留下各种杂物，浇筑混凝土前必须清理干净。楼承板铺设完成后，施工人员行走、小车等移动会造成压型钢板翼缘板可能被压出坑凹、肋板可能会压弯、钢筋桁架可能会侧向失稳，为了防止这些现象的出现，要求铺设垫板。

10.5.2浇筑混凝土时应尽可能在钢梁上倾倒，不能保证在钢梁上倾倒时亦应在其周围倾倒。在楼承板跨中倾倒混凝土，当施工人员未能及时将混凝土摊开时，则是危险的，容易造成楼承板破坏，施工人员受到伤害，工程中出现过此类事故，为了保证人员安全，本规范规定严禁在楼承板跨中倾倒混凝土。在楼承板上支撑泵送混凝土管道支架，容易将压型钢板压出坑凹，影响楼板的美观。

**10.6 现场切割**

10.6.1 采用火焰切割，宜造成压型钢板或底模板边卷边、毛刺，烧伤镀锌层等。

**11 验收**

组合楼板施工质量验收，按钢结构工程和混凝土结构工程按分类所属按《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204进行验收。

压型钢板可按钢结构构件、钢筋桁架板可按混凝土预制构件的分类进行进场验收。

**附录A 组合楼板剪切粘结m、k系数确定的标准试验方法**

**A.1 说明：**

国内外大量的试验证明，该试验方法所得剪切粘结系数*m*、*k*的相关性非常好，只要将工程实际限值在试验的范围内，采用这种少量的试验取得的试验数据，可以满足设计的需要。本规范采用的试验方法是国际通行的标准试验方法，试验结果仅可用于本规范剪切粘结承载能力计算。

本试验为见证试验，应有国家注册监理工程师或国家注册一级结构工程师全过程见证，见证试验是否符合本附录的各项要求，这也是国际上通行的做法。

**A.2 试件制作**

A.2.1 对材料的基本要求。

A.2.2试件尺寸对剪切粘结承载力都有一定的影响，将试件尺寸限定在一个范围内，使构件制作标准化。

A.2.3 试验数据应具有一定的代表性，本规范规定试件总量不应少于6个，其中最大、最小剪跨区内的数据对剪切粘结承载力影响较大，因此须保证有两组试验数据分别落在A和B两个区域。为了对试验数据进行校核，保证数据可靠性，本规范规定需增加两个试验数据，这组数据可以在A、B两个区域各增加一个，也可在A、B两个区域之间增加一组。

当时，理论上可能会出现弯曲破坏，试验应保证是剪切粘结破坏。

A.2.4 本规范没有采用+（栓钉贡献）形式的公式，采用了美国ASCE-3规范的形式，将剪力件对剪切粘结承载能力的贡献隐含在*m*、*k*系数中，因此要求试件剪力件的设计应与实际工程一致。

**A.3试验步骤**

A.3.1一般楼板多承受受均布荷载作用，但试验采用均布荷载是比较困难的。剪跨*a*取板跨*l*n的1/4是最近似与均布荷载的情况。施加荷载的规定是将加载对试验结果的影响降到可以接受的程度。

A.3.2对测量仪器精度的要求，将仪器对试验结果的影响降到可以接受的程度。

A.3.3 保存试验必要的数据记录，可以对试验结果进行追溯。

**A.4 试验结果分析**

A.4.1 极限荷载应考虑试件制作过程对承载能力的影响。

A.4.2 剪切粘结*m*1*、k*1系数由回归分析得到，由于这种试验试件数量偏少，因此本规范规定试验回归得到的剪切粘结系数用于本规范设计时，应降低15%，当试件数量多于8个时，可降低10%。

*m*、*k*系数从物理意义上讲，*m*大致可以理解为机械咬合效应的度量，*k*可以理解为摩擦效应的度量。当压型钢板板型对跨度敏感时，*k*可能会出现负值，这是正常的。

A.4.3当试验数据值偏离该组平均值大于±15%时，说明数据离散性较大，为了保证数据的准确性，本规范规定至少应再进行同类型的2个附加试验，为保证安全应用两个最低值确定剪切粘结系数。

**A.5 试验结果应用**

A.5.1设计人员审核确认的附表A1、附表A2的原始数据，其中附表中的“工程师”一栏并不一定是设计人员本人，可以是其他的国家注册监理工程师或国家一级注册结构工程师。这里要求设计人员审核确认，是要求设计人员确认试验符合所设计的工程，设计人员有权判定试验是否满足所设计的工程的需要。

一般情况下，剪切粘结试验由压型钢板供货商进行委托，被委托方的专业人员按本规范要求分析得到*m、k*系数按附表A3给出，该数值使用前应得到设计人员的确认。设计人员也可根据原始数据自行分析确定*m、k*系数。

A.5.3 试验要求针对所设计的实际工程进行。但以往非针对本工程的试验数据，工程条件满足本规范A.2.3的要求，说明该设计与原试验条件基本一致，因此其*m、k*系数可用于该工程。如果已有的试验数据未按A.2.3的要求落入A区和B区，可以做少量的满足A.2.3要求的补充试验，然后同以往数据一起分析*m、k*系数，如果相关性仍然满足要求，则m、k系数可用于该工程。

本条的提出源于ASCE-3标准，英国、欧洲规范并未提出该项要求，原因是这种标准试验复现性较好，而实际工程中组合楼板基本上都在大致相同的范围内。由于本规范是在国内首次采用该方法，对不同类型的压型钢板组合楼板试验数据不多，因此采用了ASCE-3的要求。

A.5.4 没有剪力件的试验结果所得到的*m、k*系数，如果用于有剪力件的工程是偏于保守的，因此可用在有剪力件的组合楼板设计；有剪力件的试验结果所得到的*m、k*系数，由于剪力件的影响包含在*m、k*系数中，因此要求组合楼板设计中采用的剪力件应与试验采用的剪力件完全相同。

**附录B 常用压型钢板组合楼板的剪切粘结m-k系数**

本附录B给出的*m、k*系数是规范编制组对部分板型的压型钢板组合楼板所进行试验及分析的结果。试验原始数据存于相应的压型钢板生产厂家和规范编制组。

本附录是为了方便设计供设计人员参考使用，设计人员有权决定是否采用本附录的数据。

当设计采用本附录中的压型钢板时，设计人员仍可以要求针对所设计的工程再次进行试验。

附录C：钢筋桁架与底模连接件承载力标准实验方法

本附录C是针对钢筋桁架与非现浇材料底模通过机械连接件、焊接连接件组装成钢筋桁架板的连接件承载力试验。

实验未区分破坏形态，无论那种破坏形态，只要出现*P*i<0.75kN均认为不合格。

附录D：钢筋桁架与混凝土底模连接件承载力标准实验方法

本附录C是针对钢筋桁架与混凝土底模通过预埋钢筋、预埋件组装成钢筋桁架板的连接件承载力试验。

实验未区分破坏形态，无论那种破坏形态，只要出现*P*i<0.75kN均认为不合格。