

GUOJIANZHUBIAOZHUNSHENJI 20G122

国家建筑标准设计图集

20G122

钢板剪力墙结构设计

中国建筑标准设计研究院

国家建筑标准设计图集 20G122

钢板剪力墙结构设计

组织编制：中国建筑标准设计研究院

中国计划出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

国家建筑标准设计图集. 钢板剪力墙结构设计: 20G122 / 中国建筑标准设计研究院组织编制. —北京: 中国计划出版社, 2020. 11
ISBN 978 - 7 - 5182 - 1251 - 4

I. ①国... II. ①中... III. ①建筑设计—中国—图集
②钢板—剪力墙结构—结构设计—中国—图集 IV.
①TU206②TU398 - 64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2020) 第 210900 号

郑重声明: 本图集已授权“全国律师知识产权保护协作网”对著作权 (包括专有出版权) 在全国范围予以保护, 盗版必究。

举报盗版电话: 010 - 63906404
010 - 68318822

吸纳网络精髓资源, 分享互助共学共进!



欢迎各位小伙伴扫码关注, 公众号, 感谢!

国家建筑标准设计图集 钢板剪力墙结构设计

20G122

中国建筑标准设计研究院 组织编制

(邮政编码: 100048 电话: 010 - 68799100)

广告发布登记号: 京西市监广登字 20170256 号

☆

中国计划出版社出版

(地址: 北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 3 层)

北京强华印刷厂印刷

787mm × 1092mm 1/16 4.25 印张 109 千字

2020 年 11 月第 1 版 2020 年 11 月第 1 次印刷

☆

ISBN 978 - 7 - 5182 - 1251 - 4

定价: 49.00 元

《钢板剪力墙结构设计》编审名单

编制组负责人：范重 朱丹

编制组成员：李国强 胡纯炀 刘学林 孙飞飞 金华建 陈巍 许庆 王金金 刘涛 王义华
杨苏 朱立新 张义 韩羽 王磊 武仁民 韩华 胡大柱 陈云 吴波

审查组长：郁银泉

审查组成员：吴小宾 吴汉福 芮明倬 余海群 陈彬磊 罗赤字 周建龙 樊建生

(按姓氏笔画顺序)



微信搜一搜

Q DZ大笨象资源圈

项目负责人：曹爽

项目技术负责人：高志强

参编单位：同济大学

中建三局第一建设工程有限责任公司

中信建设有限责任公司

中冶建工集团(天津)建设工程有限公司

南通蓝科减震科技有限公司

云南建投钢结构股份有限公司

国标图热线电话：010-68799100

发行电话：010-68318822

查阅标准图集相关信息请登录国家建筑标准设计网站 <http://www.chinabuilding.com.cn>


钢板剪力墙结构设计

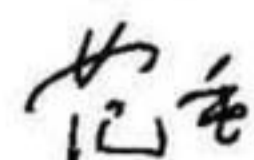
主编单位 中国建筑设计研究院有限公司

统一编号 GJBT-1569

实行日期 二〇二一年四月一日

图集号 20G122

主编单位负责人 

主编单位技术负责人 

技术审定人  刘学林

设计负责人 

目 录

总说明

总说明..... 1-1

非加劲钢板剪力墙

工程概况、设计选型及设计流程..... 2-1

非加劲钢板剪力墙的设计计算原则..... 2-2

结构整体计算分析..... 2-3

非加劲钢板剪力墙的截面设计及计算..... 2-6

非加劲钢板剪力墙的构造要求..... 2-9

竖向加劲钢板剪力墙

工程概况、设计选型及设计流程..... 3-1

竖向加劲钢板剪力墙的设计计算原则..... 3-2

结构整体计算分析..... 3-3

竖向加劲钢板剪力墙的截面设计及计算..... 3-6

竖向加劲钢板剪力墙的构造要求..... 3-11

屈曲约束钢板剪力墙

工程概况..... 4-1

设计选型及设计流程..... 4-2

钢板剪力墙平面布置图..... 4-3

设计计算原则、结构整体计算分析..... 4-5

屈曲约束钢板剪力墙的截面设计及计算..... 4-7

屈曲约束钢板剪力墙的构造要求..... 4-11

无屈曲钢板剪力墙

工程概况..... 5-1

一般规定 无屈曲钢板剪力墙平面布置图..... 5-2

无屈曲钢板剪力墙立面布置图..... 5-3

无屈曲钢板剪力墙节点构造图 无屈曲钢板剪力墙的

设计流程..... 5-4

无屈曲钢板剪力墙设计公式..... 5-5

无屈曲钢板剪力墙简化计算模型..... 5-6

结构整体计算..... 5-7

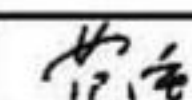
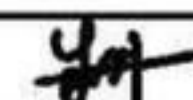
节点连接设计..... 5-9

无屈曲钢板剪力墙规格表..... 5-10

相关技术资料

目 录

图集号 20G122

审核 范重  校对 刘学林 刘学林 设计 朱丹  页 I

总 说 明

1 编制依据

1.1 本图集根据住房和城乡建设部《关于印发〈2015年国家建筑标准设计编制工作计划〉的通知》(建质函〔2015〕140号)进行编制。

1.2 现行标准规范:

《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380-2015

《钢结构设计标准》GB 50017-2017

《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068-2018

《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223-2008

《建筑结构荷载规范》GB 50009-2012

《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010(2016年版)

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015

《冷弯薄壁型钢结构技术规程》GB 50018-2002

《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205-2020

《钢结构焊接规范》GB 50661-2011

《建筑钢结构防腐技术规程》JGJ/T 251-2011

《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010(2015年版)

《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010

《建筑设计防火规范》GB 50016-2014(2018年版)

《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249-2017

当依据的标准规范进行修订或有新的标准规范出版实施时,本图集与现行工程建设标准不符的内容、限制或淘汰的技术或产品,视为无效。工程技术人员在参考使用时,应注意加以区分,并应对本图集相关内容进行复核后选用。

2 适用范围

2.1 本图集适用于工业与民用建筑中钢板剪力墙结构设计、制作与安装,适用于钢结构及钢-混凝土组合结构。

2.2 本图集适用于抗震设防烈度为6~9度地区的非加劲钢板剪力墙、竖向加劲钢板剪力墙、屈曲约束钢板剪力墙和无屈曲钢板剪力墙结构设计。

3 编制内容

3.1 本图集由总说明、四种不同类型的钢板剪力墙设计示例组成。通过四个典型的实际工程设计示例,给出不同种类钢板剪力墙的一般计算方法、构造措施以及典型节点连接构造。

3.2 本图集中钢板剪力墙是指承受水平剪力为主的构件,包含非加劲钢板剪力墙、竖向加劲钢板剪力墙、屈曲约束钢板剪力墙以及无屈曲钢板剪力墙,如图1-1所示。

3.2.1 非加劲钢板剪力墙是指由内嵌钢板及边框梁柱构成的钢板剪力墙,如图1-1(a)所示。

总 说 明

图集号

20G122

审核

范重

范重

校对

刘学林

刘学林

设计

朱丹

朱丹

页

1-1

总说明

钢板非加劲墙

钢板竖向加劲墙

钢板屈曲约束墙

钢板无屈曲墙

总说明

钢板非加劲墙

钢板竖向加劲墙

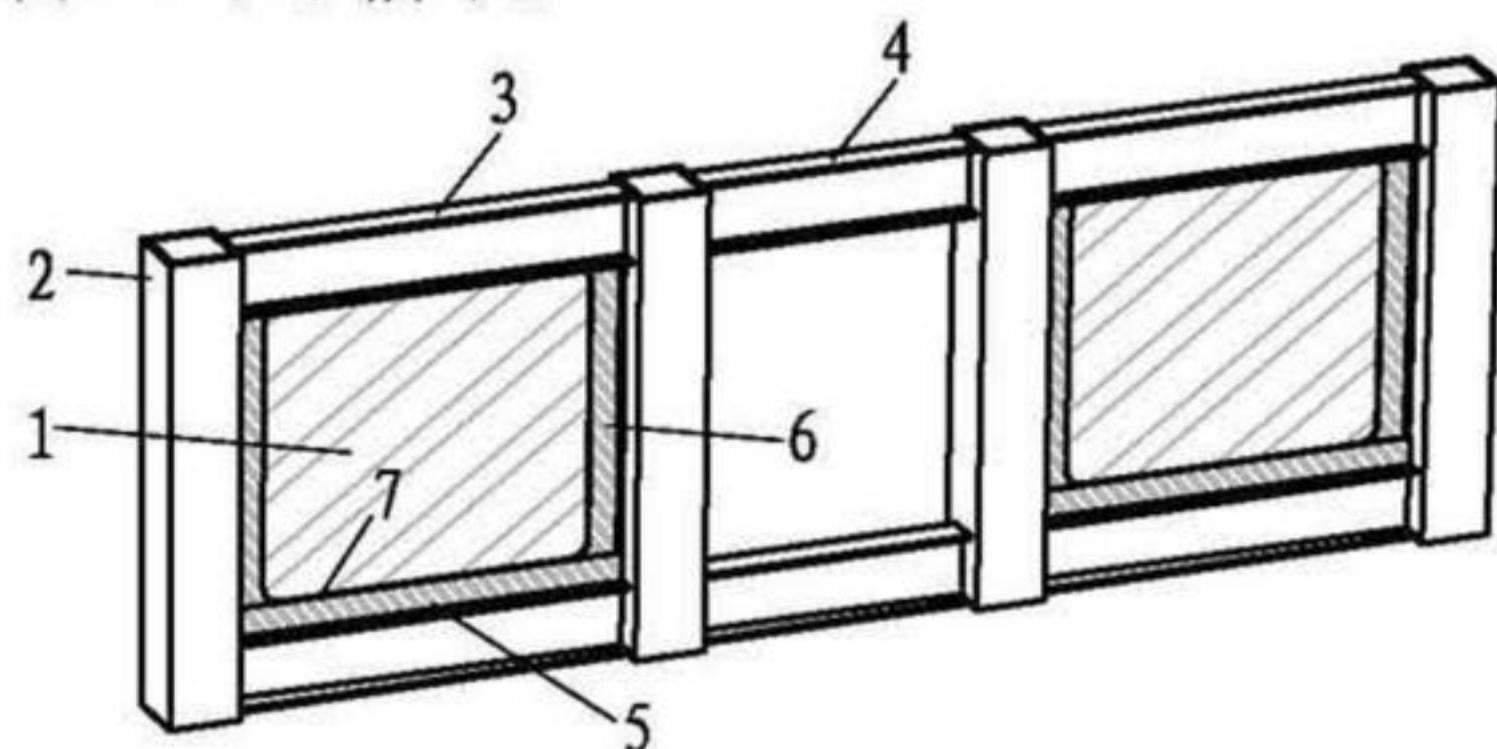
钢板屈曲约束墙

钢板无屈曲墙

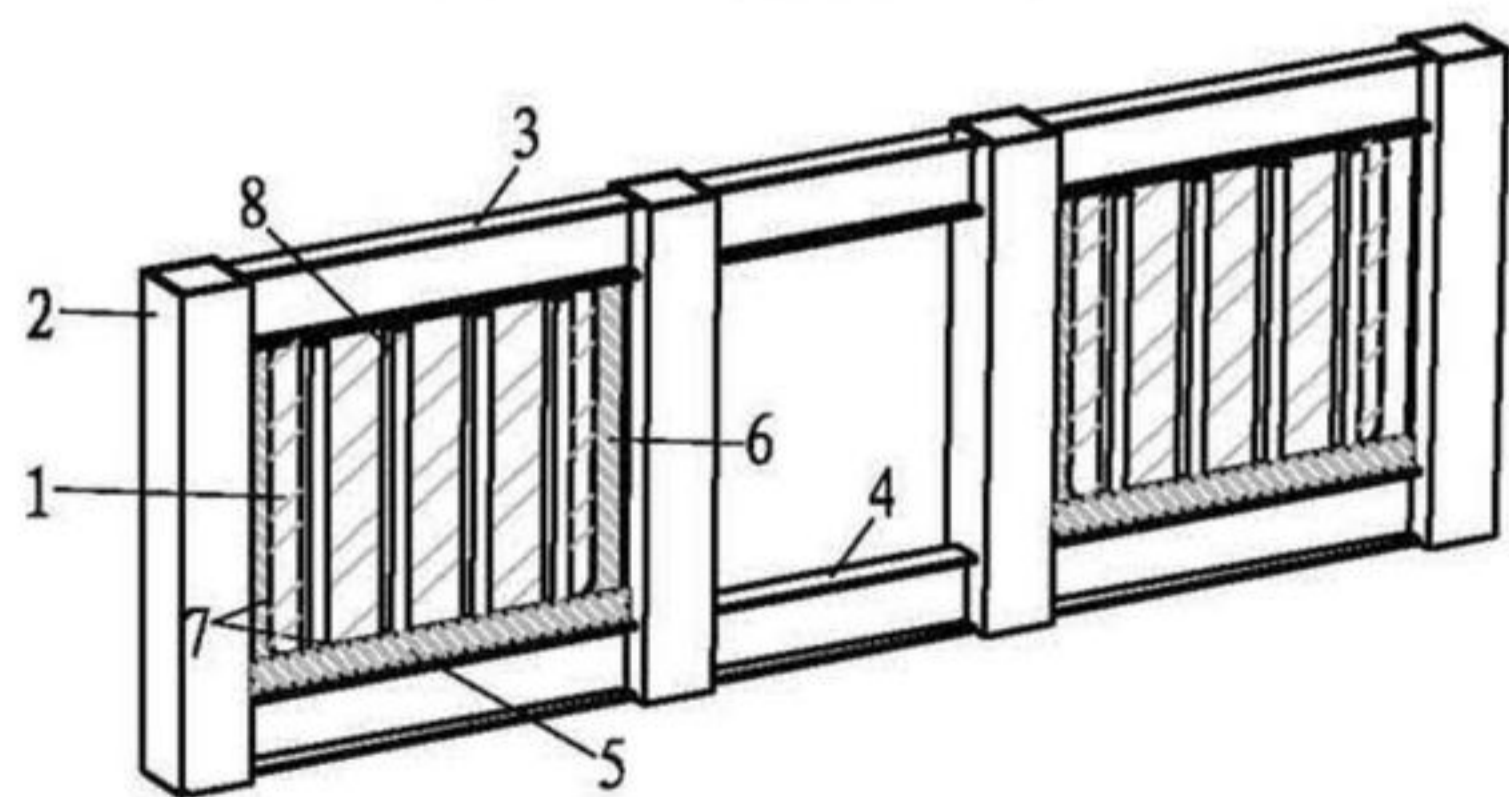
3.2.2 竖向加劲钢板剪力墙是指在内嵌钢板上加设竖向加劲肋以增加平面外刚度的钢板剪力墙,如图1-1(b)所示。

3.2.3 屈曲约束钢板剪力墙是指在内嵌钢板面外设置混凝土预制板等刚性约束构件以抑制平面外屈曲,使内嵌钢板达到充分耗能的钢板剪力墙,如图1-1(c)所示。

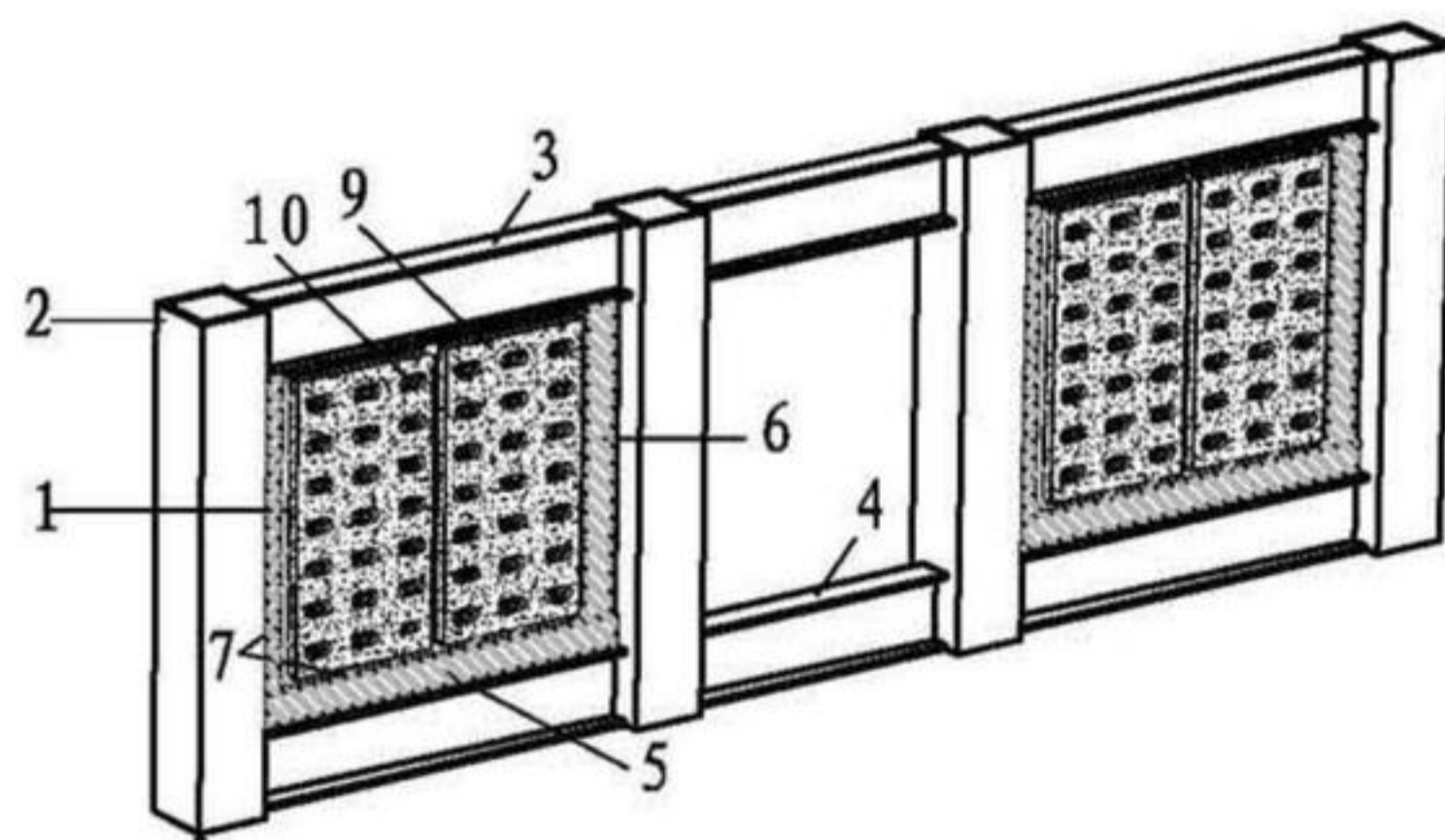
3.2.4 无屈曲钢板剪力墙是指使用波纹钢板作为内嵌钢板,钢板通过波折形式提高面外刚度,从而兼具承载与消能双功能的钢板剪力墙,如图1-1(d)所示。



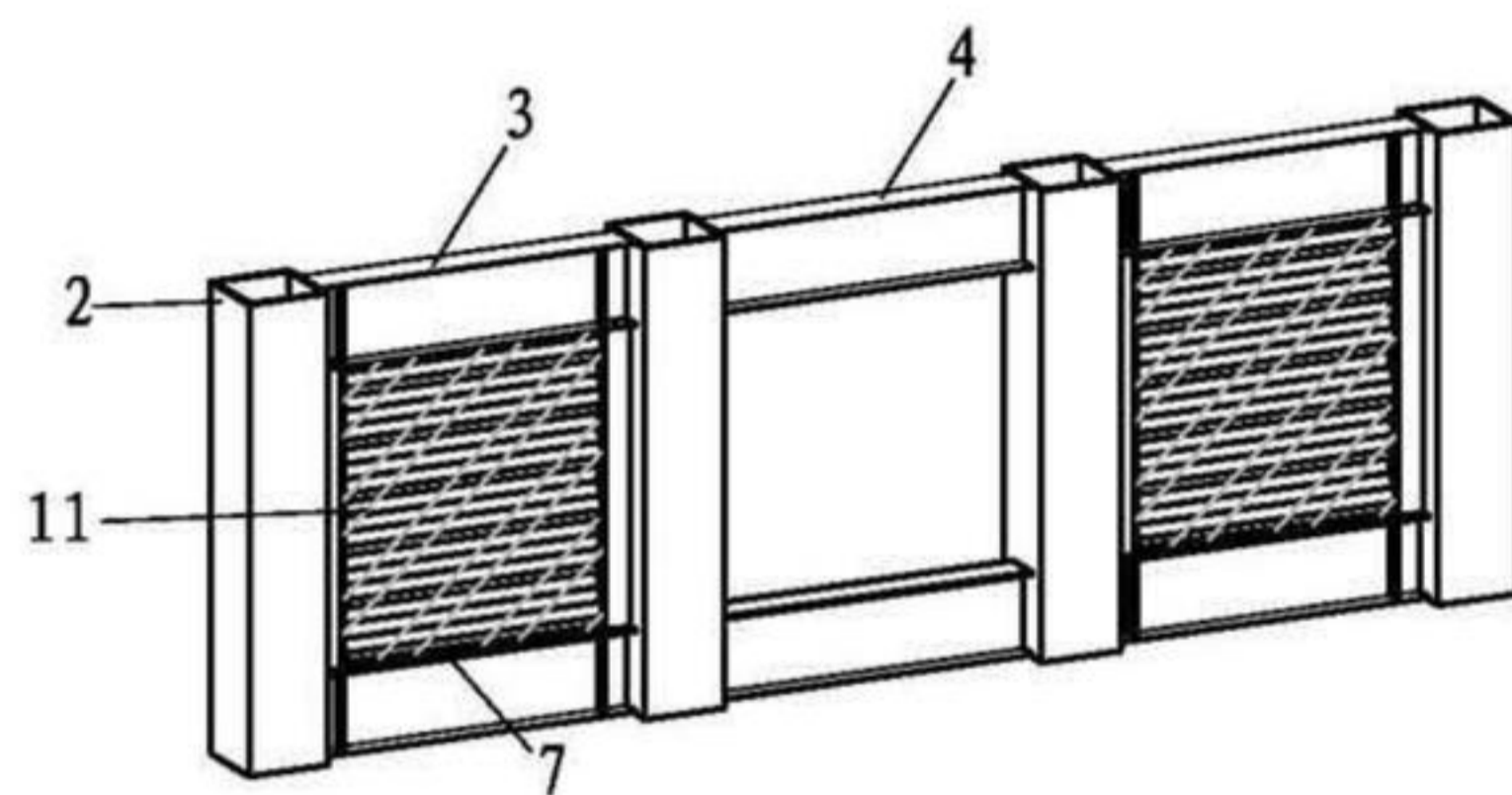
(a) 非加劲钢板剪力墙



(b) 竖向加劲钢板剪力墙



(c) 屈曲约束钢板剪力墙



(d) 无屈曲钢板剪力墙

1—内嵌钢板; 2—钢板剪力墙边框柱; 3—钢板剪力墙边框梁;
4—钢板剪力墙洞口连梁; 5—横向鱼尾板; 6—竖向鱼尾板; 7—焊接;
8—竖向钢加劲肋; 9—混凝土盖板; 10—螺栓连接; 11—波纹内嵌钢板

图1-1 本图集所包含的钢板剪力墙示意图

总说明

图集号

20G122

审核

范重

范重

校对

刘学林

刘学林

设计

朱丹

朱丹

页

1-2

4 选型原则

4.1 本图集所涉及的四类钢板剪力墙主要特点如表1-1所示:

表1-1 本图集各类钢板剪力墙特点

类型	特点
非加劲钢板剪力墙	构造简单,焊缝较少。无法承受较大的竖向重力荷载,容易发生面外屈曲、变形;
竖向加劲钢板剪力墙	耗能能力大于非加劲钢板剪力墙,运输安装过程中不易变形。焊接量较大;
屈曲约束钢板剪力墙	耗能能力大于非加劲钢板剪力墙,混凝土盖板具有防火功能,焊接量较少。混凝土盖板自重较大,运输安装费用较高;
无屈曲钢板剪力墙	面外刚度较大、耗能能力强,装配集成化程度高。防火涂料表面积相对增加,材料用量有所提高。

4.2 选用钢板剪力墙类型时,应考虑如下因素:

4.2.1 应考虑项目的适用性与经济合理性,对建筑功能、结构承载力、延性、加工及施工的难度、时间成本等因素进行综合分析,选用对工程技术经济性最优的钢板剪力墙类型;

4.2.1 应考虑工程的施工条件和构件供应情况,包括施工单位的吊装能力、焊接技术、构件运输能力、预制混凝土构件生产供应情况等。

5 材料

5.1 钢板剪力墙材料应符合下列规定:

5.1.1 钢材性能应具有屈服强度、断后伸长率、抗拉强度等力学性能和冷弯试验的合格保证,同时尚应具有碳、硫、磷等化学成分的合格保证。

5.1.2 钢材应有明显的屈服台阶,且伸长率不应小于20%。

5.1.3 内嵌钢板、边框梁柱钢材屈强比不应大于0.85,且屈服强度波动范围不应大于 $120\text{N}/\text{mm}^2$ 。

5.1.4 钢板厚度不小于40mm时,宜选用建筑结构用GJ钢。

5.1.5 对于抗震等级为三级及以上的高层民用建筑钢结构,钢材应具有与其工作温度相应的冲击韧性合格保证。

5.2 钢板剪力墙内嵌钢板材料除满足本图集第5.1条规定外,尚应满足下列要求:

5.2.1 钢材牌号宜采用Q235钢和Q355钢,钢材质量应分别符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700与《低合金高强度结构钢》GB/T 1591的规定。对考虑屈曲后强度的钢板剪力墙宜采用Q235GJ钢和Q345GJ钢,钢材质量应符合现行国家标准《建筑结构用钢板》GB/T 19879的规定。当以中大震耗能为主、多遇地震下钢板剪力墙保持弹性状态时,可选用低屈服强度钢。

5.2.2 钢材质量等级宜选用B级及以上级别,当选用Q235钢材时,钢材材质应为镇静钢。

5.3 钢板剪力墙边框梁柱除应满足本图集第5.1条规定外,尚应满足下列要求:

5.3.1 当钢板剪力墙洞口连梁设计成耗能梁段时,所用钢材的屈服强度不应大于 $355\text{N}/\text{mm}^2$,屈强比不应大于0.8,且屈服强度波动范围不应大于 $100\text{N}/\text{mm}^2$ 。

总 说 明

图集号

20G122

审核 李国强

校对 孙飞飞

设计 金华建

页

1-3

5.3.2 钢板剪力墙边框柱采用箱形截面且壁厚不大于20mm时,宜选用直接成方工艺成型的冷弯方(矩)形焊接钢管,其材质和材料性能应符合现行行业标准《建筑结构用冷弯矩形钢管》JG/T 178-2005中I级产品的相关规定。钢板剪力墙边框柱采用圆钢管时,宜选用直缝焊接圆钢管,其材质和材料性能应符合现行行业标准《建筑结构用冷成型焊接圆钢管》JG/T 381的规定,其截面规格的径厚比不宜小于20(Q235钢)或25(Q355钢)。

5.4 钢板剪力墙中所用焊接/连接材料应符合表1-2的规定。

表1-2 钢板剪力墙焊接/连接材料应符合的规范/标准

材料类型	应符合的规范/标准
手工焊接焊条	《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117
自动焊或半自动焊用焊丝	《熔化焊用钢丝》GB/T 14957 《气体保护电弧焊用碳钢低合金钢焊丝》GB/T 8110 《碳钢药芯焊丝》GB/T 10045 《低合金钢药芯焊丝》GB/T 17493
埋弧焊用焊丝和焊剂	《埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合》GB/T 5293 《埋弧焊用热强钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求》GB/T 12470
普通螺栓	《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1 《紧固件公差 螺栓、螺钉、螺柱和螺母》GB/T 3103.1 《六角头螺栓 C级》GB/T 5780 《六角头螺栓》GB/T 5782

续表1-2

材料类型	应符合的规范/标准
圆柱头焊(栓)钉	《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T 10433
高强度螺栓	《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632 《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228 《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T 1229 《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230 《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231

6 设计原则

6.1 钢板剪力墙在结构平面中的布置宜规则、对称;竖向宜连续布置,承载力与刚度宜自下而上逐渐减小,同一楼层内抗侧力构件宜采用同类型钢板剪力墙。

6.2 钢板剪力墙的设计应符合下列规定:

6.2.1 钢板剪力墙的连接不应先于钢板剪力墙破坏。

6.2.2 钢板剪力墙边框梁柱腹板厚度不应小于钢板剪力墙厚度。

6.2.3 钢板剪力墙上不宜开设洞口,若必需开设洞口,洞口的边长或直径不宜大于700mm。当钢板剪力墙上开设洞口时,应按等效的原则采取补强措施,方形洞口角部应设圆弧角。补强做法如图1-2所示。

总 说 明

图集号

20G122

审核

范重

范重

校对

刘学林

刘学林

设计

朱丹

朱丹

页

1-4

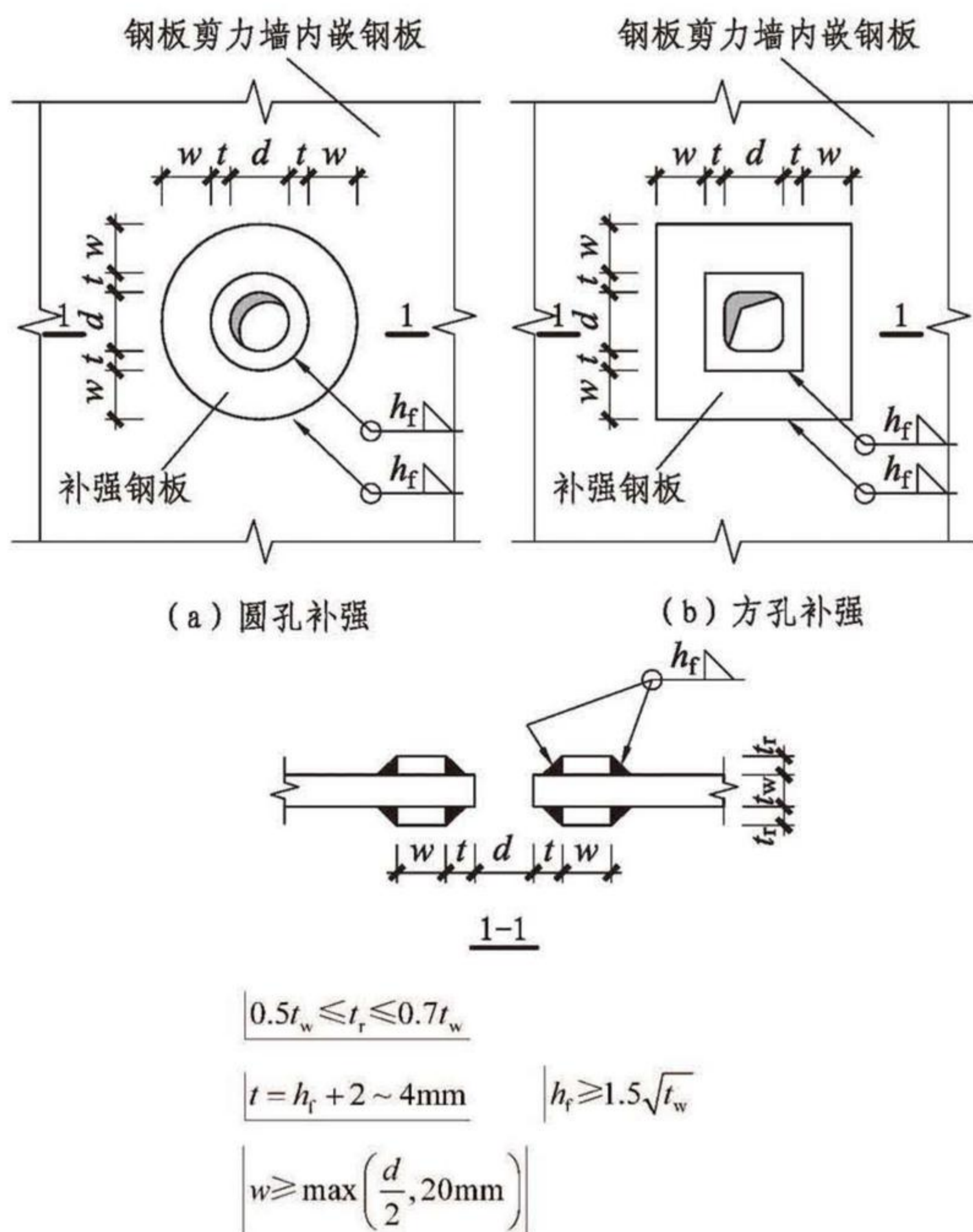


图1-2 钢板剪力墙洞口补强构造

6.2.4 非加劲钢板剪力墙、竖向加劲钢板剪力墙、屈曲约束钢板剪力墙及无屈曲钢板剪力墙宜按不承受竖向荷载设计计算，并应采用相应的构造和施工措施来实现计算假定。

6.2.5 钢板剪力墙可定义底部两层和墙体总高度的1/10二者的较大值为底部加强区，底部加强区范围内不应减小钢板剪力墙内嵌钢板厚度、边框梁柱刚度，应采取必要的构造措施防止钢板剪力墙发生角部撕裂破坏。

6.3 钢板剪力墙的计算应符合下列规定：

6.3.1 当实际情况下钢板剪力墙需承受竖向荷载时，其竖向应力导致抗剪承载力的下降不应大于20%。

6.3.2 在罕遇地震作用下，边框梁柱不应先于钢板剪力墙破坏。

6.3.3 钢板剪力墙应采用下列整体内力分析模型：不承担竖向荷载的钢板剪力墙，可采用剪切膜单元参与结构的整体内力分析。参与承担竖向荷载的钢板剪力墙，可采用正交异性板的平面应力单元参与结构的整体内力分析。

6.3.4 在风荷载或多遇地震作用下，采用钢板剪力墙的结构弹性层间位移角不宜大于1/250。

6.3.5 在罕遇地震作用下，采用钢板剪力墙的结构弹塑性层间位移角不宜大于1/50。

7 荷载效应组合

风荷载及多遇地震工况荷载效应组合见表1-3。

总说明

图集号

20G122

审核 李国强

校对 孙飞飞

设计 金华建

页

1-5

表1-3 风荷载及多遇地震工况荷载效应组合

序号	荷载效应组合	检验标准
1.1	$1.3D+1.5(\psi L+W)$	构件承载力验算: $S < \gamma_0 R$ 式中: γ_0 ——结构重要性系数; S ——荷载效应组合设计值; R ——构件承载力设计值。
1.2	$1.3D+1.5(L+0.6W)$	
1.3	$1.0D+1.5(\psi L+W)$	
1.4	$1.0D+1.5(L+0.6W)$	
1.5	$1.3D+1.5W$	
1.6	$1.0D+1.5W$	
2.1	$1.2(D+\beta L)+1.3E_h$	构件承载力验算: $S < R/\gamma_{RE}$ 式中: S ——荷载效应组合设计值; R ——构件承载力设计值; γ_{RE} ——承载力抗震调整系数。
2.2	$1.0(D+\beta L)+1.3E_h$	
3.1	$1.2(D+\beta L)+1.3E_v$	
3.2	$1.0(D+\beta L)+1.3E_v$	
4.1	$1.2(D+\beta L)+1.3E_h+0.5E_v$	
4.2	$1.0(D+\beta L)+1.3E_h+0.5E_v$	
4.3	$1.2(D+\beta L)+0.5E_h+1.3E_v$	
4.4	$1.0(D+\beta L)+0.5E_h+1.3E_v$	
5.1	$1.2(D+\beta L)+1.3E_h+0.28W$	
5.2	$1.0(D+\beta L)+1.3E_h+0.28W$	
5.3	$1.2(D+\beta L)+1.3E_v+0.28W$	
5.4	$1.0(D+\beta L)+1.3E_v+0.28W$	
5.5	$1.2(D+\beta L)+1.3E_h+0.5E_v+0.28W$	
5.6	$1.0(D+\beta L)+1.3E_h+0.5E_v+0.28W$	
5.7	$1.2(D+\beta L)+0.5E_h+1.3E_v+0.28W$	
5.8	$1.0(D+\beta L)+0.5E_h+1.3E_v+0.28W$	

- 注: 1.表中: D —恒荷载作用效应; L —活荷载作用效应; W —风荷载作用效应; E_h —水平地震作用效应; E_v —竖向地震作用效应。
2. ψ 为非地震作用下活荷载组合值系数, 应满足现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009相关规定。
3. β 为重力荷载代表值活荷载组合值系数, 应满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011相关规定。
4. 9度抗震设计, 大跨度、长悬臂结构在7度(0.15g)、8度抗震设计时应计入竖向地震作用。
5. 计算水平及竖向地震作用效应时应考虑不同地震方向及双向地震作用的不利影响。
6. 表中5.1~5.8荷载效应组合仅适用于风荷载起控制作用的建筑。

8 施工与安装

- 8.1 钢板剪力墙单元组成部件宜分别组装、焊接, 经检验合格后, 再进行单元总装焊接。
- 8.2 钢板剪力墙内嵌钢板加工时面外偏差不得大于 $h/1000$ 与 10mm 之较小值见图1-3, 其中 h 为钢板剪力墙内嵌钢板高度。

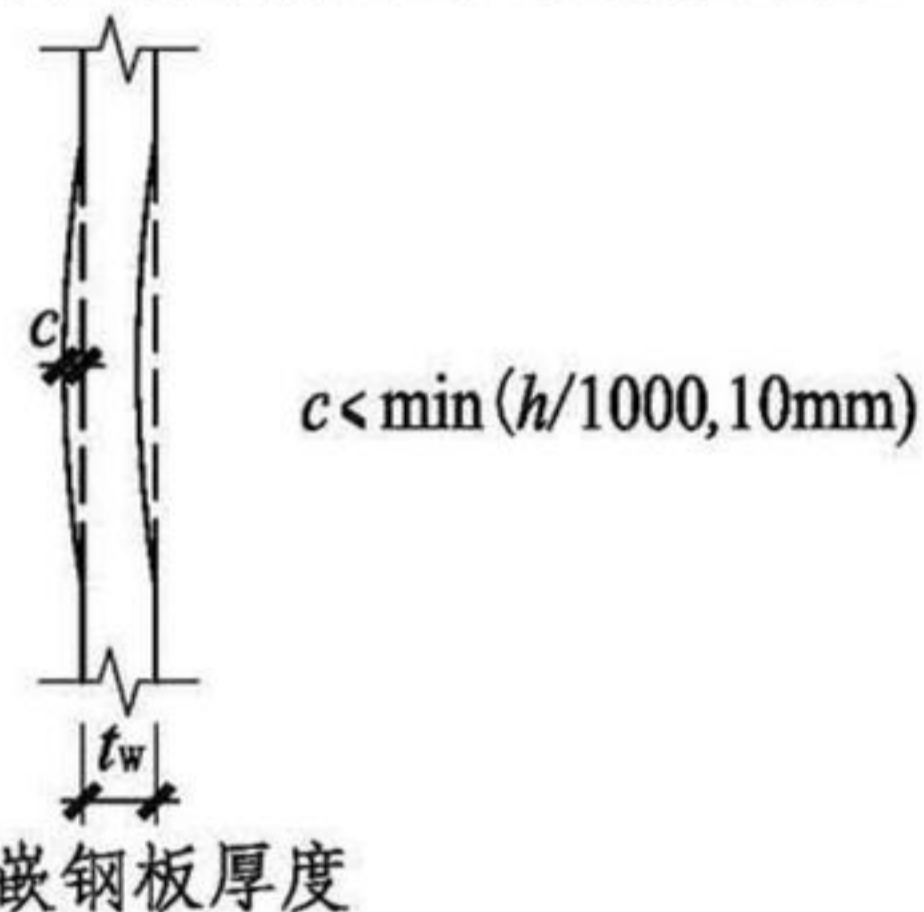


图1-3 钢板剪力墙内嵌钢板面外允许偏差

总说明

图集号

20G122

审核

范重

范重

校对

刘学林

刘学林

设计

朱丹

朱丹

页

1-6

8.3 钢板剪力墙运输过程中,宜采用专用胎架,如图1-4所示。



图1-4 钢板剪力墙内嵌钢板专用胎架

8.4 装卸及吊装时,应采用牢固的绑扎方式,吊点设置宜选择保证钢板剪力墙变形最小的位置。钢板剪力墙单元吊装就位后应采取临时固定措施。

8.5 钢板剪力墙宜对称安装。当钢板剪力墙按不承受竖向荷载进行设计计算时,其焊接固定应在主要恒载全部施加后最终完成。

8.6 钢板剪力墙采用后安装方式时,现浇楼板处应预留钢板剪力墙的安装空间。图1-5所示为采用后焊接方式实现钢板剪力墙的后安装,在结构竖向变形完成前不焊接钢板剪力墙与底部鱼尾板,使二者之间可以自由相对运动;当竖向变形完成后对钢板剪力墙与底部鱼尾板进行施焊固定,从而避免钢板剪力墙承受竖向荷载,实现后安装。

8.7 钢板剪力墙采用后安装方式时,应对各结构构件进行施工阶段验算,并应考虑风荷载等水平力作用的影响。

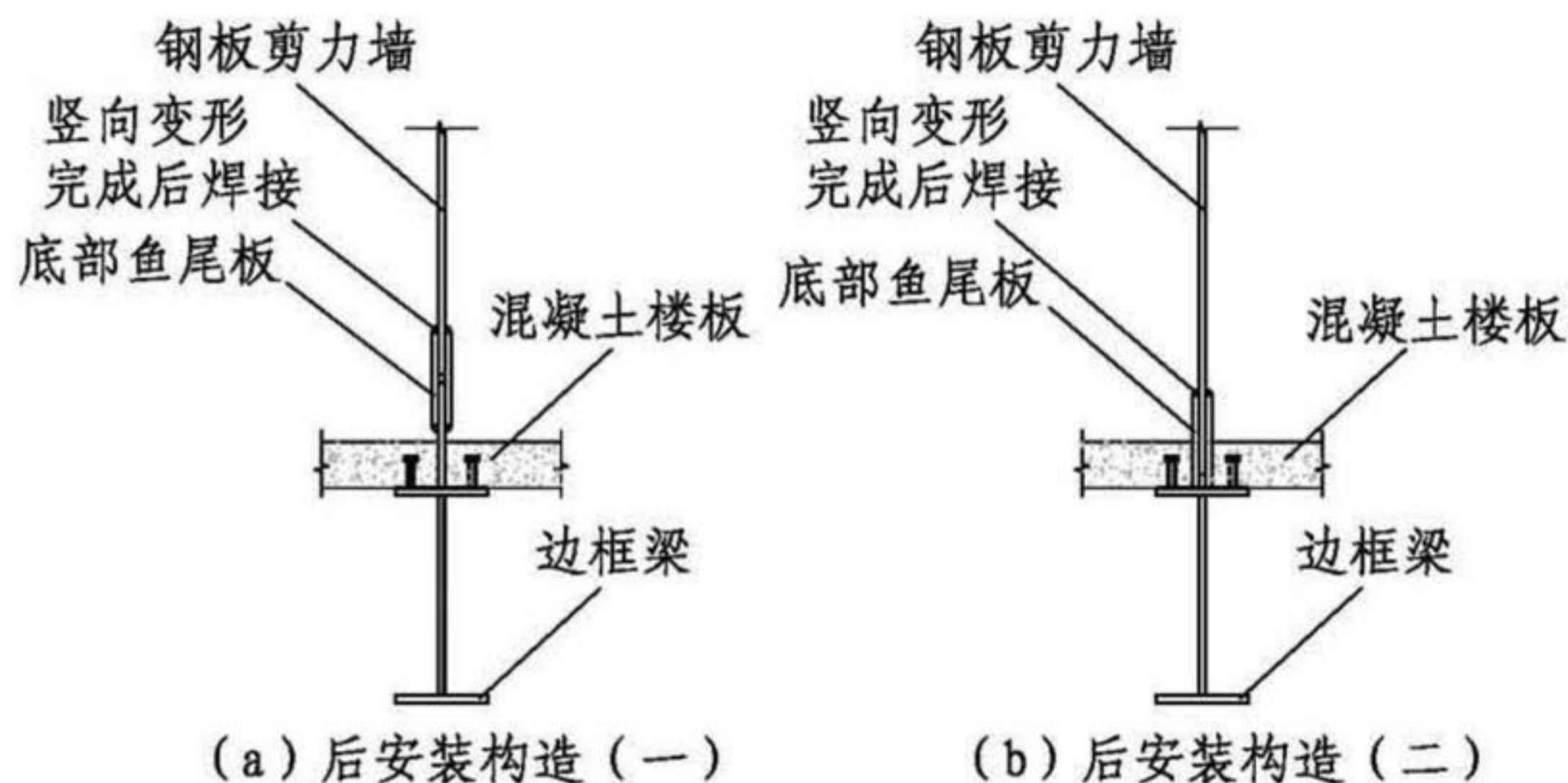


图1-5 钢板剪力墙采用后焊接方式实现后安装

8.8 应采取可靠的焊接工艺,严格控制钢板面外变形,减小焊接残余应力。可以采用的焊缝变形控制措施包括:

8.8.1 控制焊接线能量输入和焊接坡口间隙。

8.8.2 采用分段焊或间断焊工艺。

8.8.3 采用刚性固定法或增加约束度,刚性固定法可参照图1-6。

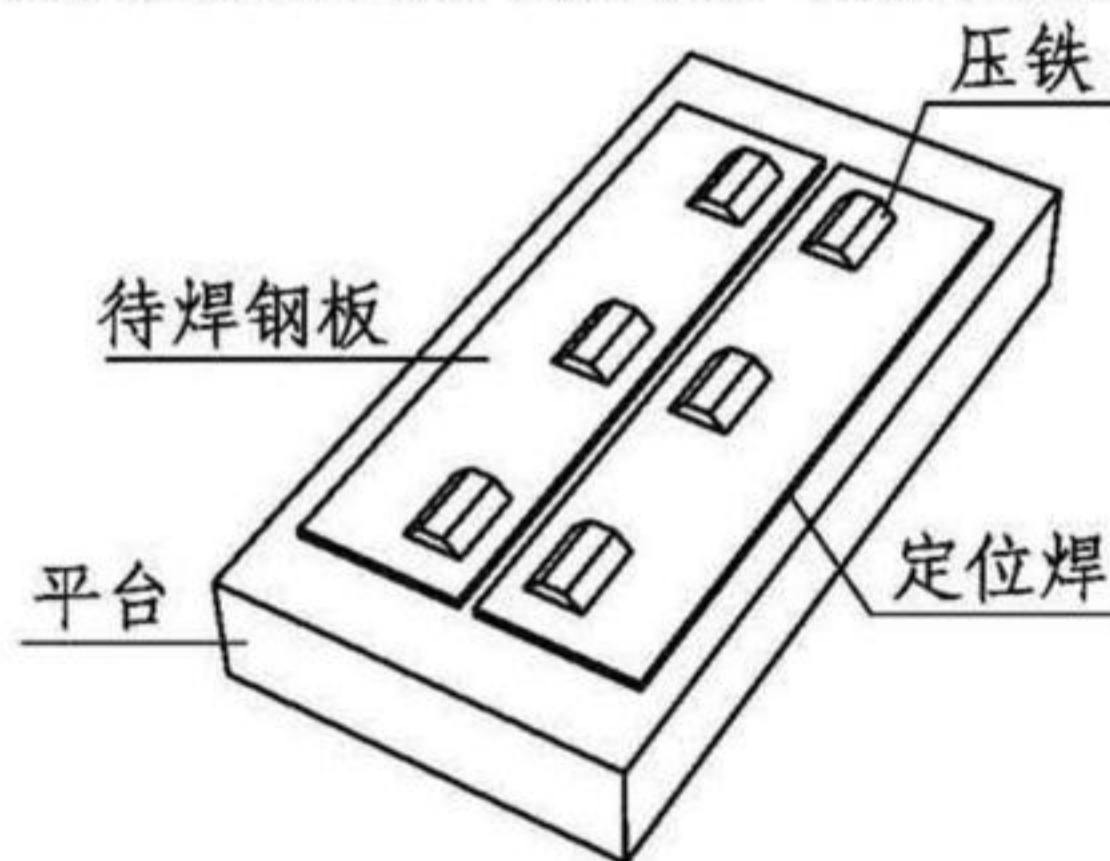


图1-6 刚性固定法示意图

总说明

图集号

20G122

审核

范重

范重

校对

刘学林

刘学林

设计

朱丹

朱丹

页

1-7

8.8.4 采取反变形措施，反变形措施可参照图1-7。

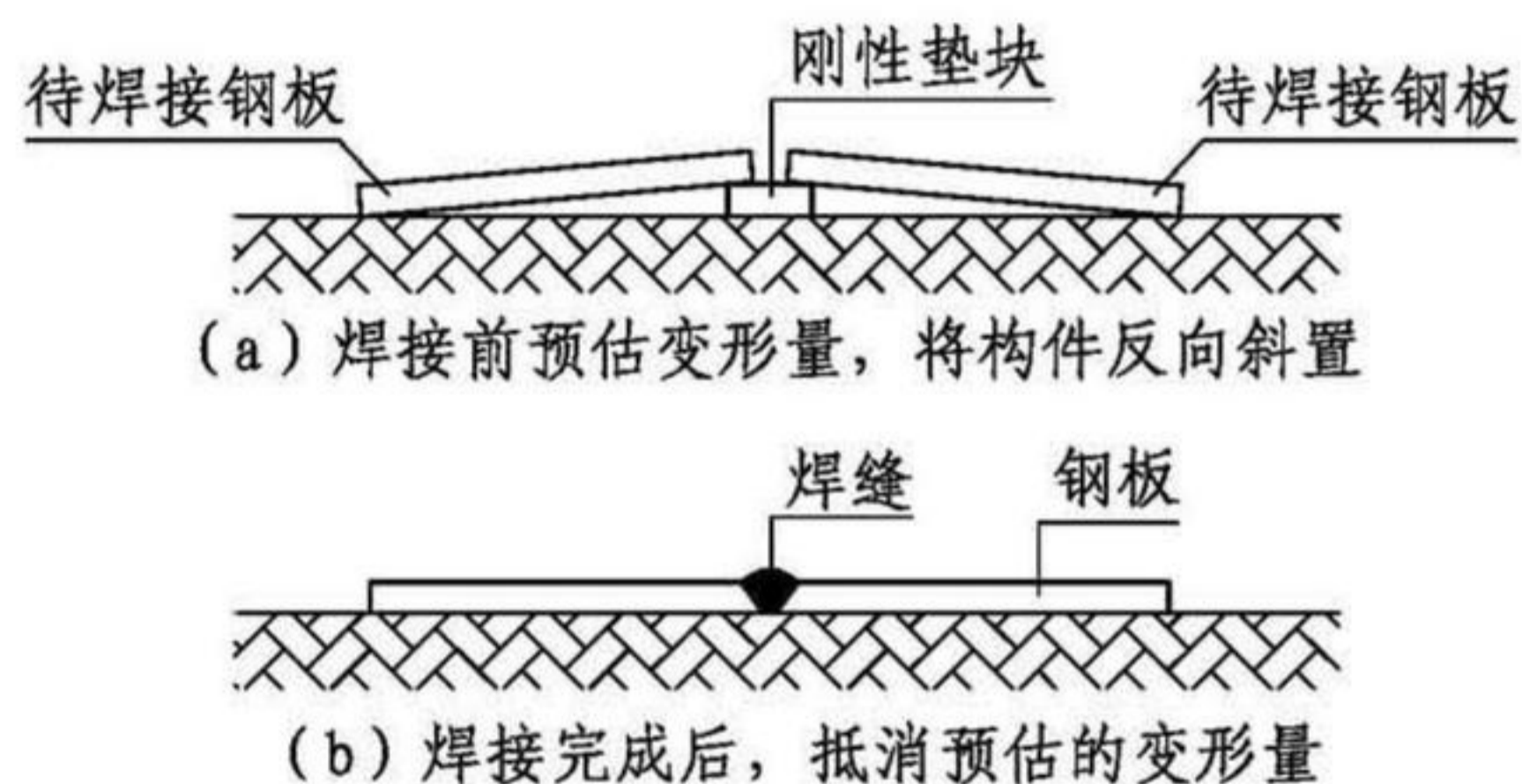


图1-7 反变形措施示意

8.9 钢板剪力墙在现场焊接应符合下列规定：

8.9.1 整体焊接时，竖向应自下而上焊接，平面上应以中心单元为基点，向两侧逐块焊接。

8.9.2 单个单元的焊接时，应先焊接立焊缝再焊接横焊缝。

8.9.3 钢板厚度大于30mm时，宜采用双面坡口焊缝，且横焊缝宜采用K形坡口焊缝，立焊缝宜采用X形坡口焊缝。

8.10 钢板剪力墙焊缝的端部、角部以及间距较小的焊缝和加劲肋焊缝，施焊时宜留应力释放孔。

9 防火设计

9.1 钢板剪力墙的耐火极限可按梁的耐火极限确定，并符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016的规定。

9.2 钢板剪力墙进行防火保护设计时，可采用喷涂防火涂料、外包防火板或柔性隔热材料等防火保护措施。不同防火措施的特点与适用范围参见表1-4。

表1-4 防火措施的特点与适用范围

防火措施		特点及适用范围	
喷涂防火涂料	膨胀型	重量轻、施工简便，应用广，但对涂覆的基底和环境条件要求严格	宜用于设计耐火极限要求低于1.50h的钢板剪力墙构件
	非膨胀型		耐久性好、防火保护效果好
外包防火板		预制性好，完整性优，性能稳定，表面平整、光洁，装饰性好，施工不受环境条件限制，特别适用于交叉作业和不允许湿作业施工的场所	
外包柔性隔热材料		隔热性好，施工简便，造价较高，适用于室内不易受机械伤害和免受水湿的部位	

9.3 防火涂料应符合下列规定：

9.3.1 设计耐火极限大于1.50h的构件，不宜选用膨胀型防火涂料。

9.3.2 非膨胀型防火涂料涂层的厚度不应小于10mm。

9.3.3 防火涂料与防腐涂料应相容、匹配。

9.3.4 钢板剪力墙与周边构件连接处的涂层厚度不应小于相邻构件的涂层厚度。

9.3.5 采用非膨胀型防火涂料时，宜在涂层内设置与钢板剪力墙相连的钢丝网，钢丝网设置如图1-8所示。

9.3.6 防火涂料施工前钢板的除锈应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理》GB/T 8923的规定。

9.3.7 防火涂料应分层施工，应在前一道涂层干燥或固化后进行后一道涂层的施工。

总 说 明

图集号

20G122

审核

范重

范重

校对

刘学林

刘学林

设计

朱丹

朱丹

页

1-8

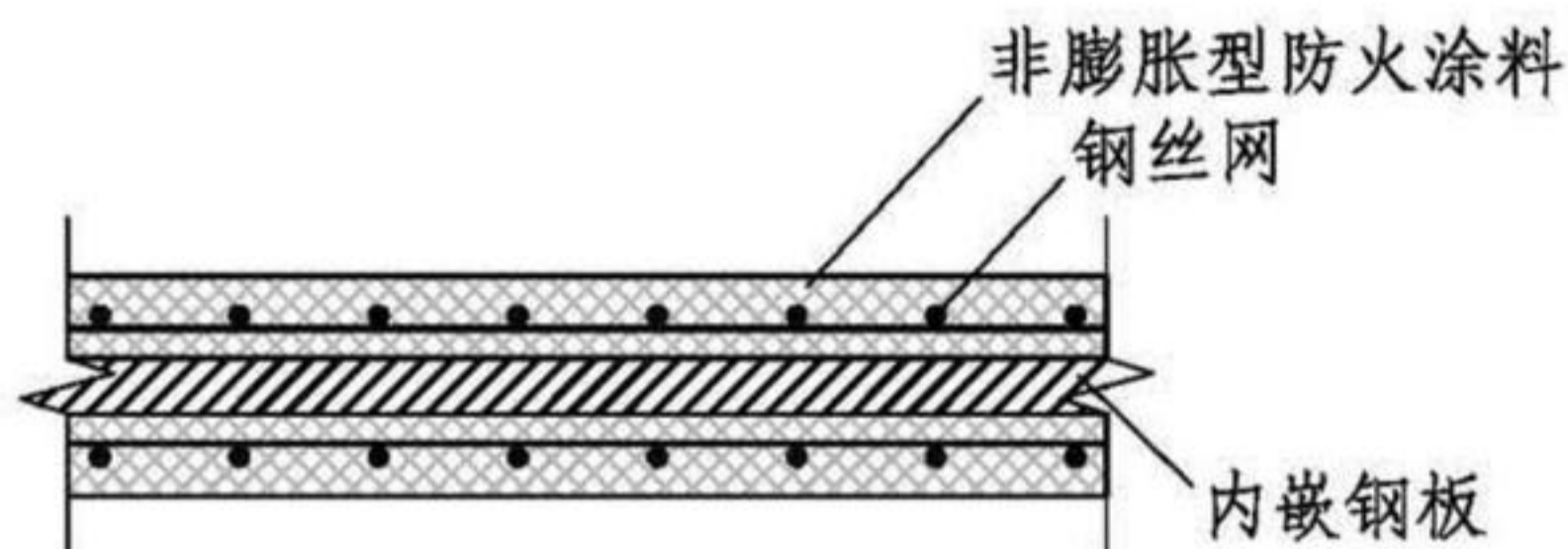


图1-8 非膨胀型防火涂料钢丝网示意

9.4 外包防火板或柔性隔热材料应符合下列规定:

9.4.1 防火板应为不燃材料,且受火时不应出现炸裂和穿透裂缝等现象。

9.4.2 防火板的包覆应采取确保安装牢固稳定的措施。

9.4.3 固定防火板的龙骨及黏结剂应为不燃材料。龙骨应便于与构件及防火板连接,黏结剂在高温下应能保持一定的强度,并应能保证防火板的包敷完整。

9.4.4 柔性隔热材料不应用于易受潮或受水的部位。

9.4.5 在自重作用下,柔性隔热材料不应发生压缩不均的现象。

9.5 防火涂料、外包防火板或柔性隔热材料的相关构造要求应符合现行国家标准《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249的规定。

10 防腐设计

10.1 钢板表面原始锈蚀等级和除锈等级应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理》GB/T 8923的规定。

10.2 钢板表面除锈后,应及时涂刷底漆。表面除锈处理与涂装的间隔不宜超过4h,在车间内作业或湿度较低的晴天不应超过8h。

10.3 钢板剪力墙涂装时的环境温度和相对湿度,应符合涂料产品性能要求。

10.4 工地焊接部位的焊缝两侧宜留出暂不涂装区,宽度可为焊缝两侧各100mm。焊缝两侧也可涂刷不影响焊接性能的车间底漆。焊接完毕后,对焊缝热影响区应按原涂装要求重新进行表面清理和涂装。

11 其他

11.1 本图集集中的尺寸除注明者外,均以毫米为单位。

11.2 本图集中设计示例给出了不同形式钢板剪力墙的设计流程与计算方法,仅供参考。具体工程中钢板剪力墙结构的选型设计、施工、安装等,应由设计人员根据具体情况确定,不可直接应用本图集相关内容。

11.3 本图集中主要构件代号如表1-5所示。

11.4 本图集中主要几何参数及物理意义如表1-6所示。

总 说 明

图集号

20G122

审核

范重

范重

校对

刘学林

刘学林

设计

朱丹

朱丹

页

1-9

总说明

表1-5 主要构件代号表

代号	构件名称
SP	钢板剪力墙内嵌钢板
BKZ	钢板剪力墙边框柱
BKL	钢板剪力墙边框梁
GLL	钢板剪力墙洞口连梁
JJL	钢板剪力墙加劲肋
GKZ	钢框架柱
GKL	钢框架梁

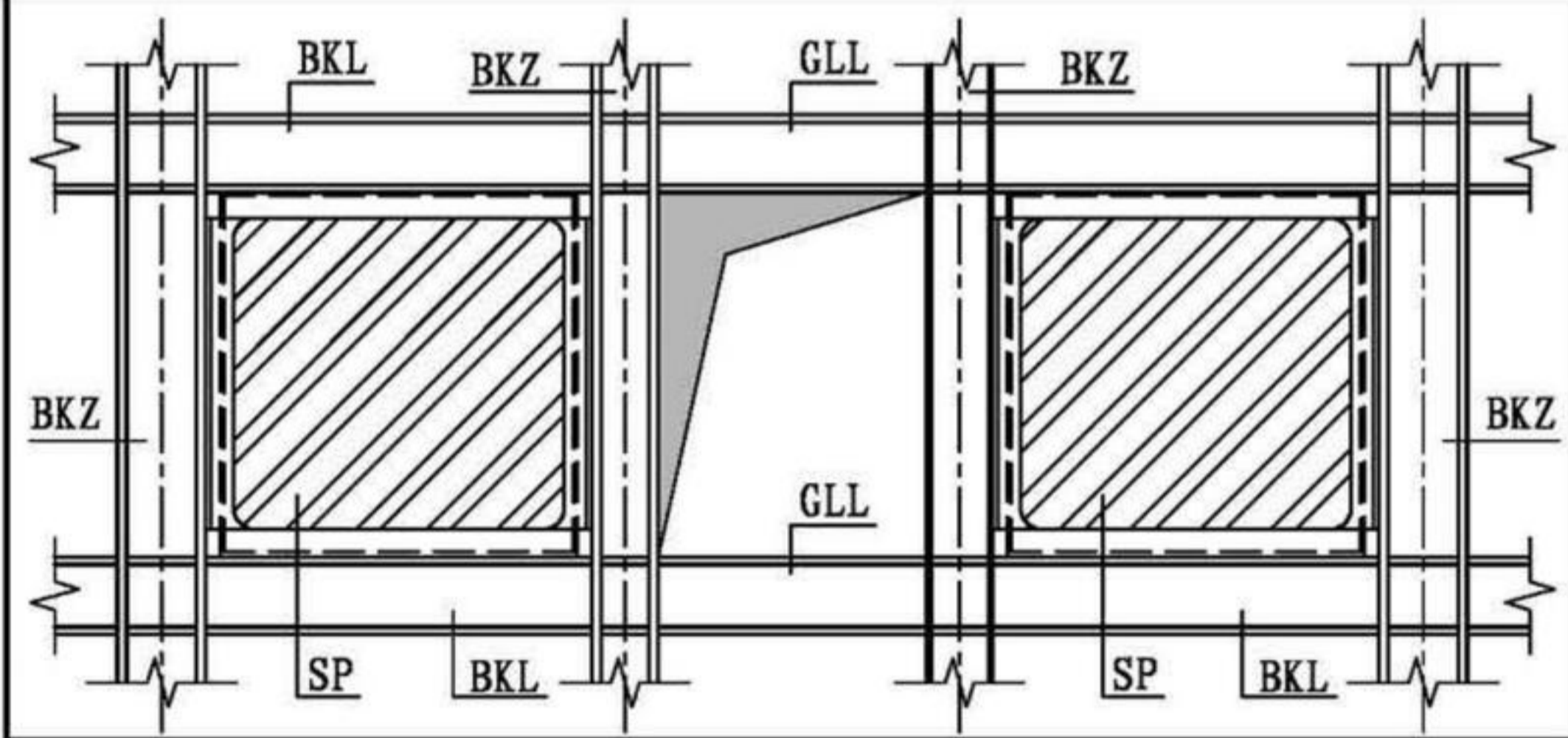
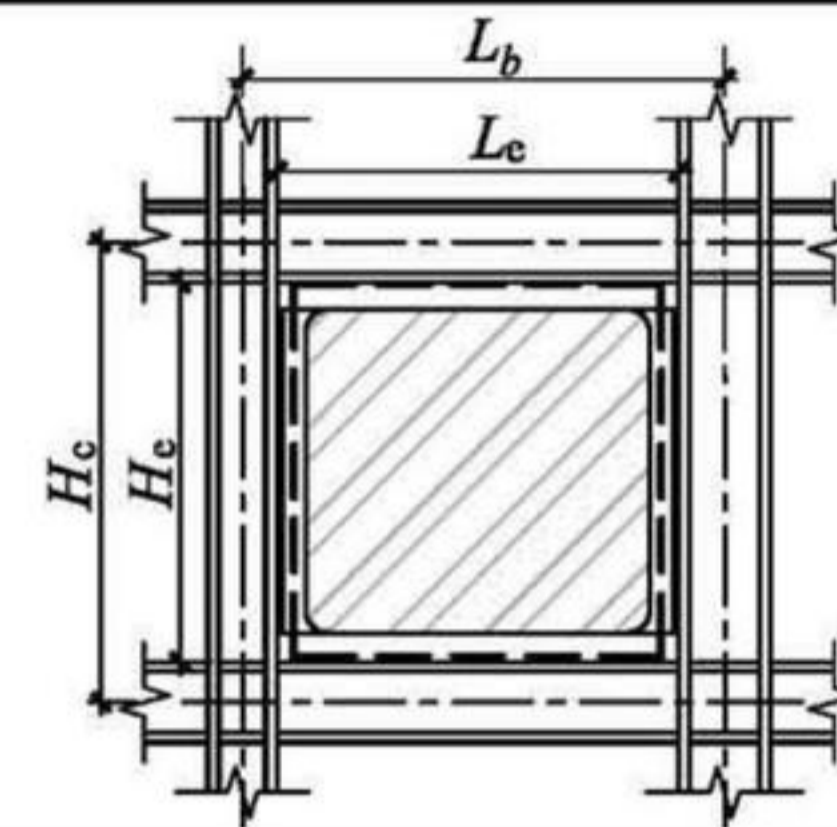


表1-6 主要几何参数及物理意义

几何参数	物理意义
t_w	内嵌钢板厚度
H_e	内嵌钢板净高度
L_e	内嵌钢板净跨度
H_c	钢板剪力墙边框柱高度
L_b	钢板剪力墙边框梁跨度



总说明

钢板非加劲墙

钢板竖向加劲墙

钢板屈曲约束墙

钢板无屈曲墙

钢板非加劲墙

钢板竖向加劲墙

钢板屈曲约束墙

钢板无屈曲墙

总说明

图集号 20G122

审核 范重 范重 校对 刘学林 刘学林 设计 朱丹 朱丹

页 1-10

非加劲钢板剪力墙

1 工程概况

某工程为一办公楼，建筑面积25344m²，地上20层，地下2层，标准层层高为4.5m，房屋总高度为90.3m。建筑平面为典型的矩形，平面尺寸为17.5m×76.3m。标准柱网尺寸为8.4m×8.4m。根据结构特点及建筑使用功能的要求，采用钢框架钢板剪力墙结构，钢板剪力墙为四边连接的非加劲钢板剪力墙。

框架柱及钢板剪力墙边框柱采用箱型柱，钢板剪力墙边框梁及框架梁、次梁均采用H型钢。楼盖采用设置一道钢次梁的钢筋桁架楼盖板方案，楼板厚度为150mm。主要构件截面及主要设计参数分别如表2-1、表2-2所示，标准层平面图如图2-1所示。

表2-1 主要构件截面尺寸

构件类型	截面规格 (mm)	材料	备注
边框柱 BKZ	□700×700×50×50	Q345GJB	焊接箱形钢
	□700×700×40×40		
	□400×700×40×40		
	□400×700×35×35		
框架柱 GKZ	□700×700×30×30	Q355B	
边框梁 BKL	H600×300×25×30	Q355B	焊接H型钢
	H600×300×20×25		
	H800×400×20×35	Q345GJB	
框架梁 GKL	H500×250×12×20	Q355B	
型钢暗梁 GAL	H800×400×25×40	Q345GJB	焊接H型钢

续表2-1

构件类型	截面规格 (mm)	材料	备注
钢板剪力墙 SPSW	内嵌钢板 SP	Q235B	钢板，适用于F3~F20
			钢板，适用于F1~F2

表2-2 主要设计参数

抗震设防烈度	8度	设计使用年限	50年
基本地震加速度	0.20g	结构设计基准期	50年
场地类别	Ⅲ类	抗震设防类别	标准设防类
设计地震分组	第二组	结构安全等级	二级
场地特征周期	0.55s	建筑耐火等级	一级

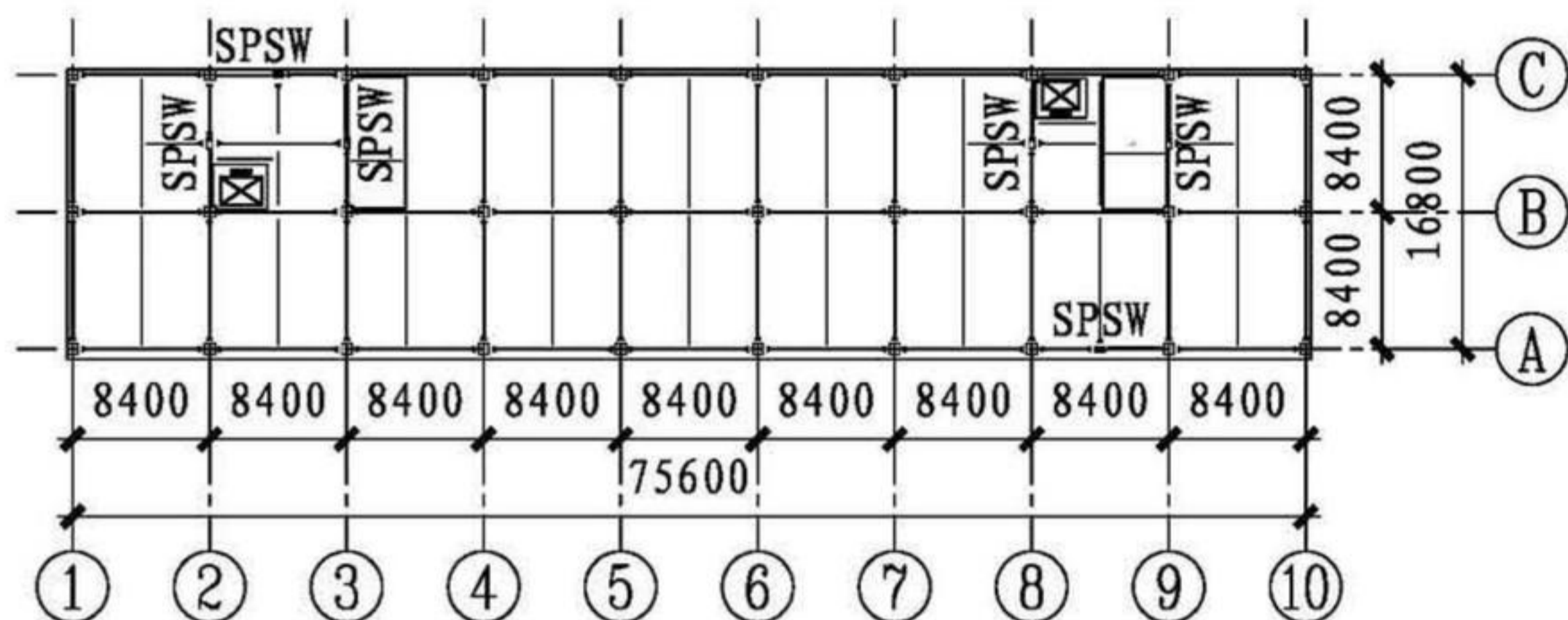


图2-1 结构标准层平面布置图

2 设计选型及设计流程

本工程为一般办公类建筑，结构高宽比较大， $H/B=5.4$ 。抗震设防烈度为8度（0.20g），场地类别为Ⅲ类，地震作用较大。综合考虑施工工期、节点构造等因素，确定选用非加劲钢板剪力墙结构体系。设计、验算流程如图2-2所示。

工程概况、设计选型及设计流程

图集号 20G122

审核 范重 范重 校对 刘学林 刘学林 设计 朱丹 朱丹 页 2-1

总说明

钢板非加劲墙

钢板竖向加劲墙

钢板屈服约束墙

钢板无屈服墙

总说明

钢板非加劲墙

钢板竖向加劲墙

钢板屈服约束墙

钢板无屈服墙

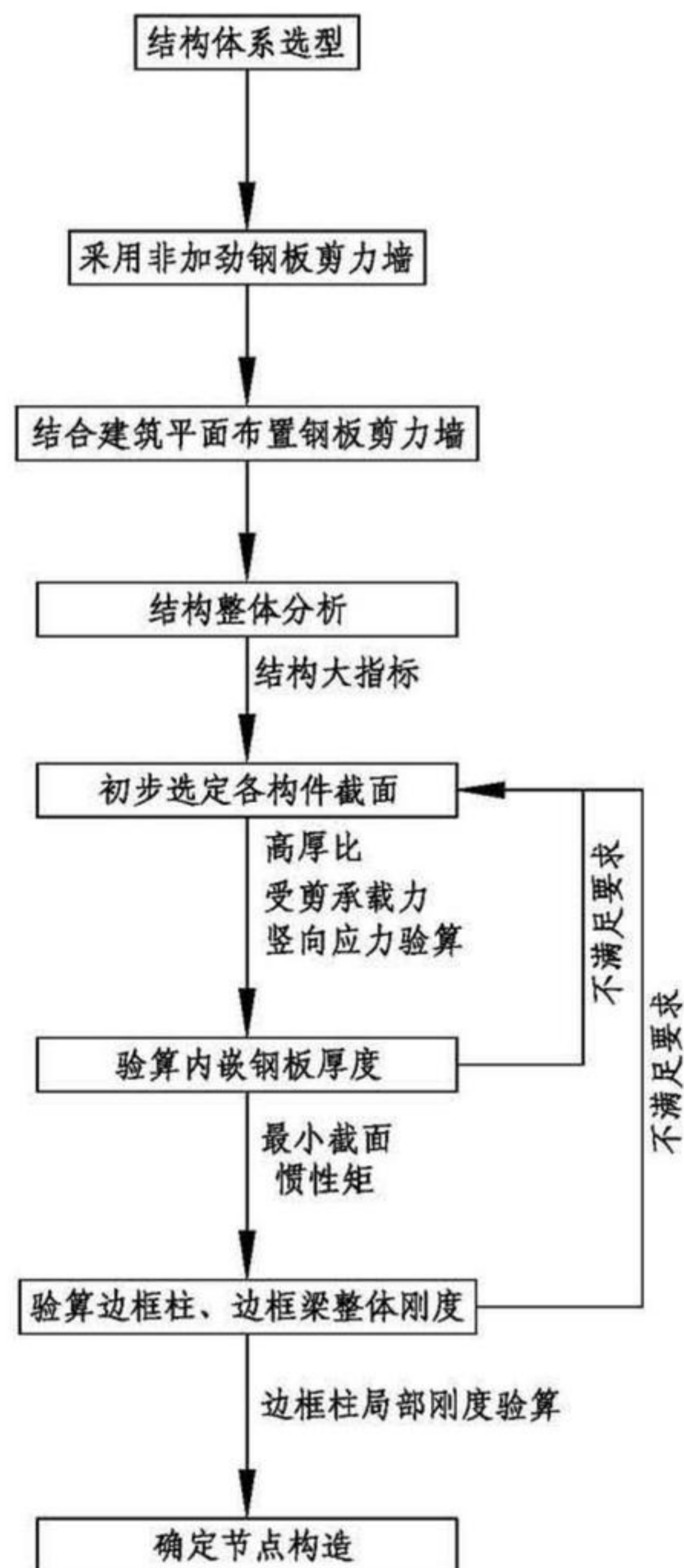


图2-2 非加劲钢板剪力墙设计、验算流程图

3 非加劲钢板剪力墙的设计计算原则

- 3.1 非加劲钢板剪力墙可利用钢板屈曲后强度承担剪力。
- 3.2 当非加劲钢板剪力墙按不承受竖向荷载进行设计时，应在楼层竖向变形完成后将钢板剪力墙内嵌钢板与周边框架进行连接。
- 3.3 当非加劲钢板剪力墙采取后安装方式以避免承受竖向荷载时，结构的整体内力分析可采用剪切膜单元进行钢板剪力墙的模拟，并应通过施工模拟考虑钢板剪力墙的后安装。
- 3.4 按不承受重力荷载进行内力分析的钢板剪力墙，不考虑竖向应力对抗剪承载力的影响，但应限制实际可能存在的竖向应力。
- 3.5 仅下侧与钢板剪力墙相连的顶层边框梁、单侧与钢板剪力墙相连的边框柱，应有足够的刚度保证钢板剪力墙拉力带充分发展。

4 结构整体计算分析

4.1 小震弹性分析：

利用某大型通用设计软件建立整体三维模型进行计算分析，得到结构前三阶周期及振型如表2-3所示。

表2-3 结构前三阶周期及振型

阶数	周期 (s)	振型
1	4.33	X向平动
2	4.28	Y向平动
3	3.69	扭转

扭转周期与第一阶平动周期之比为 $3.69/4.33=0.85 < 0.90$ ，满足现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010的相关要求。计算得到的各楼层层间位移角如图2-3所示。

非加劲钢板剪力墙的设计计算原则

图集号

20G122

审核

范重

范重

校对

刘学林

刘学林

设计

朱丹

朱丹

页

2-2

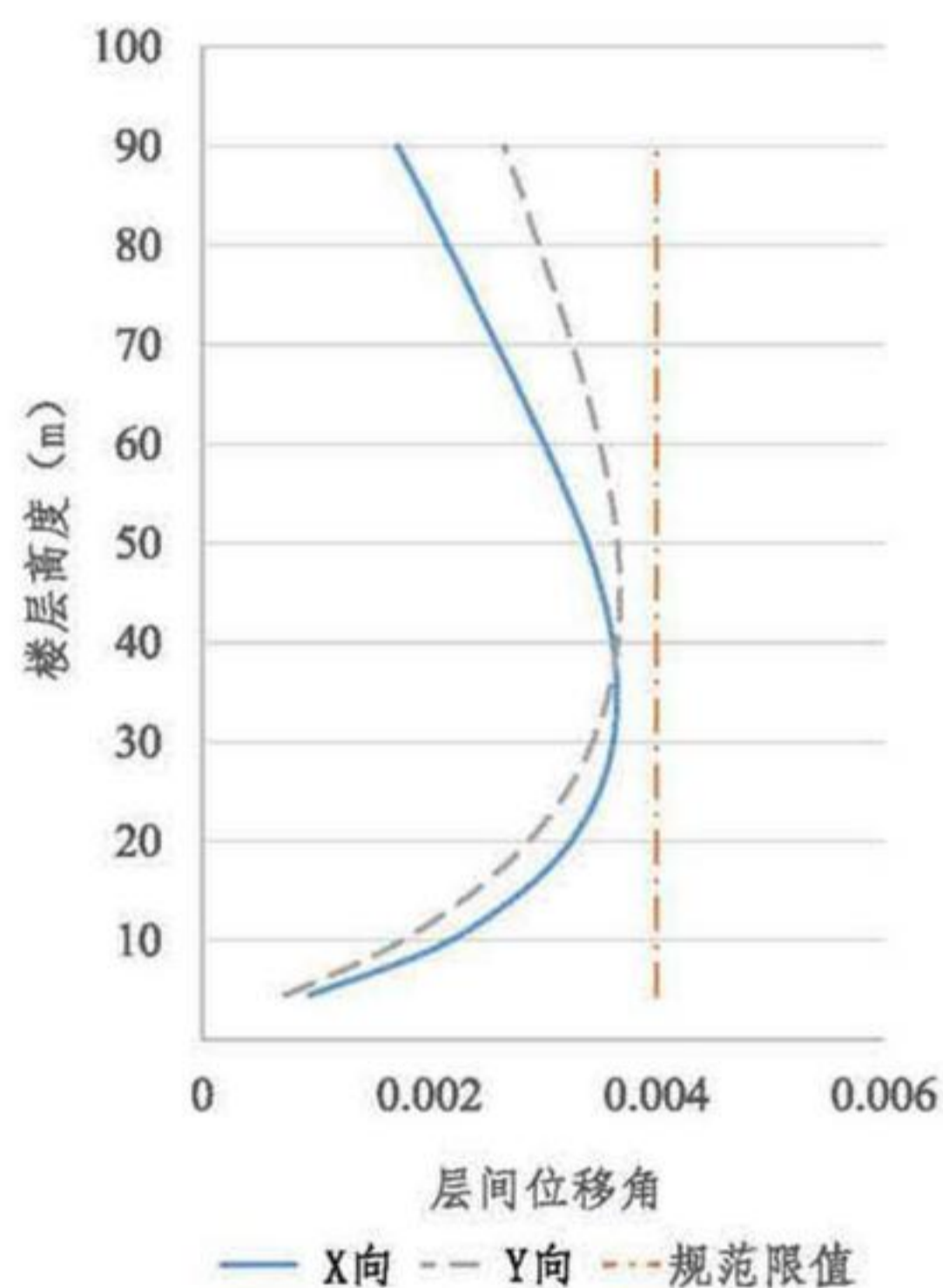


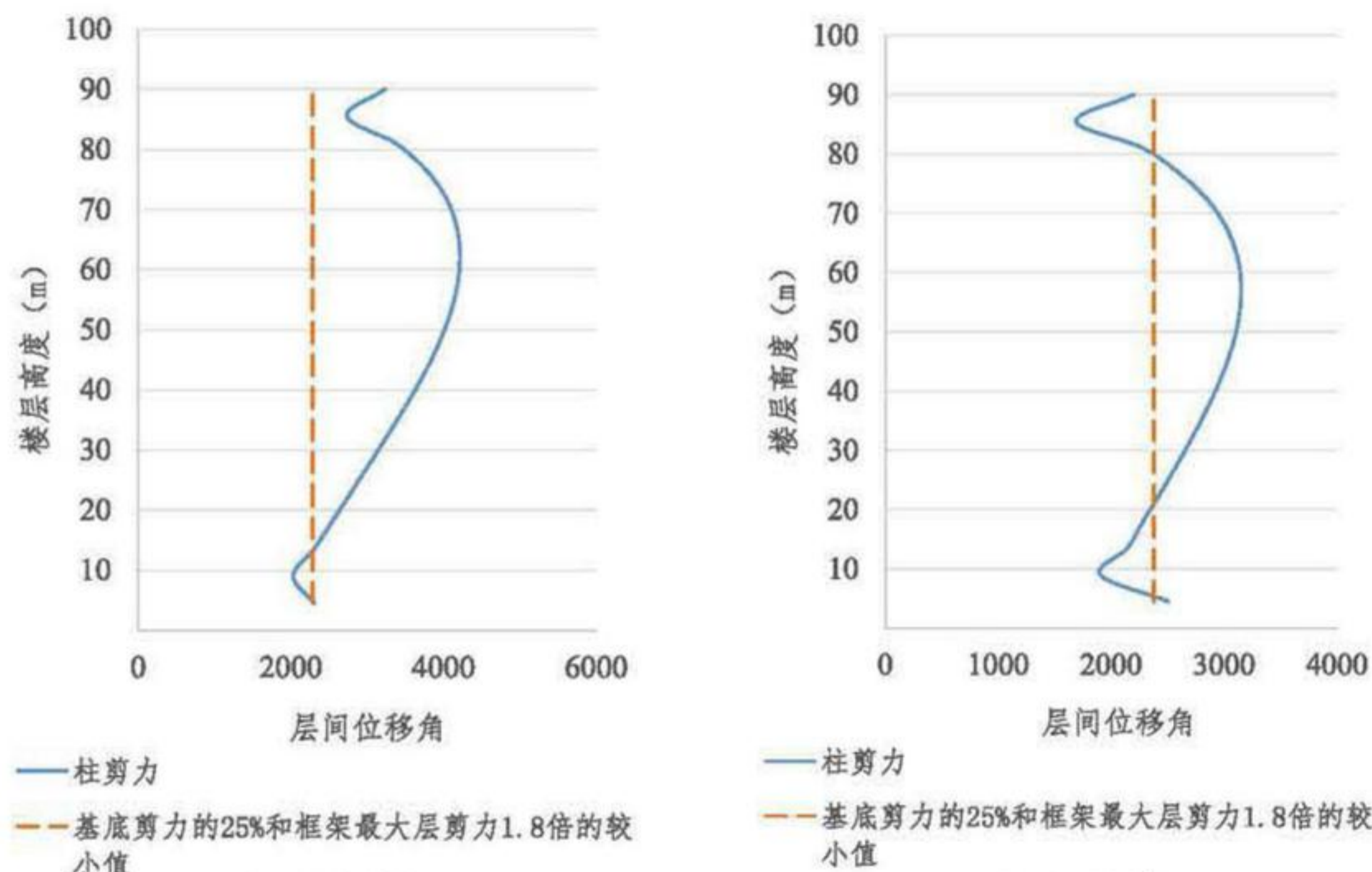
图2-3 小震弹性层间位移角

X向及Y向最大层间位移角分别为1/273、1/271，均不大于1/250，满足《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015要求。

根据《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015第6.2.6条的规定，各层框架部分承担的地震层剪力不应小于结构总地震剪力的25%和框架部分计算最大层剪力1.8倍二者的较小值。本设计示例框架承担的楼层剪力验算结果如图2-4所示，少量楼层框架剪力需要进行调整，调整系数最大值为1.41。

4.2 大震弹塑性分析:

利用某大型通用有限元软件建立三维模型进行弹塑性时程分析，重点关注在罕遇地震作用下结构受力特性及钢板剪力墙的耗能能力，钢板剪力墙及边框梁柱有限元模型如图2-5所示。



(a) X向

(b) Y向

图2-4 框架层剪力验算



图2-5 非加劲钢板剪力墙模型

结构整体计算分析

图集号

20G122

审核

范重

范重

校对

朱立新

朱立新

设计

张义

张义

页

2-3

选取三条地震波（两条天然波+一条人工波）进行大震弹塑性时程分析，三条地震波计算得到的弹塑性层间位移角如图2-6所示。由图中可看出，两个方向的弹塑性层间位移角各时程波包络值均小于1/50的规范限值。

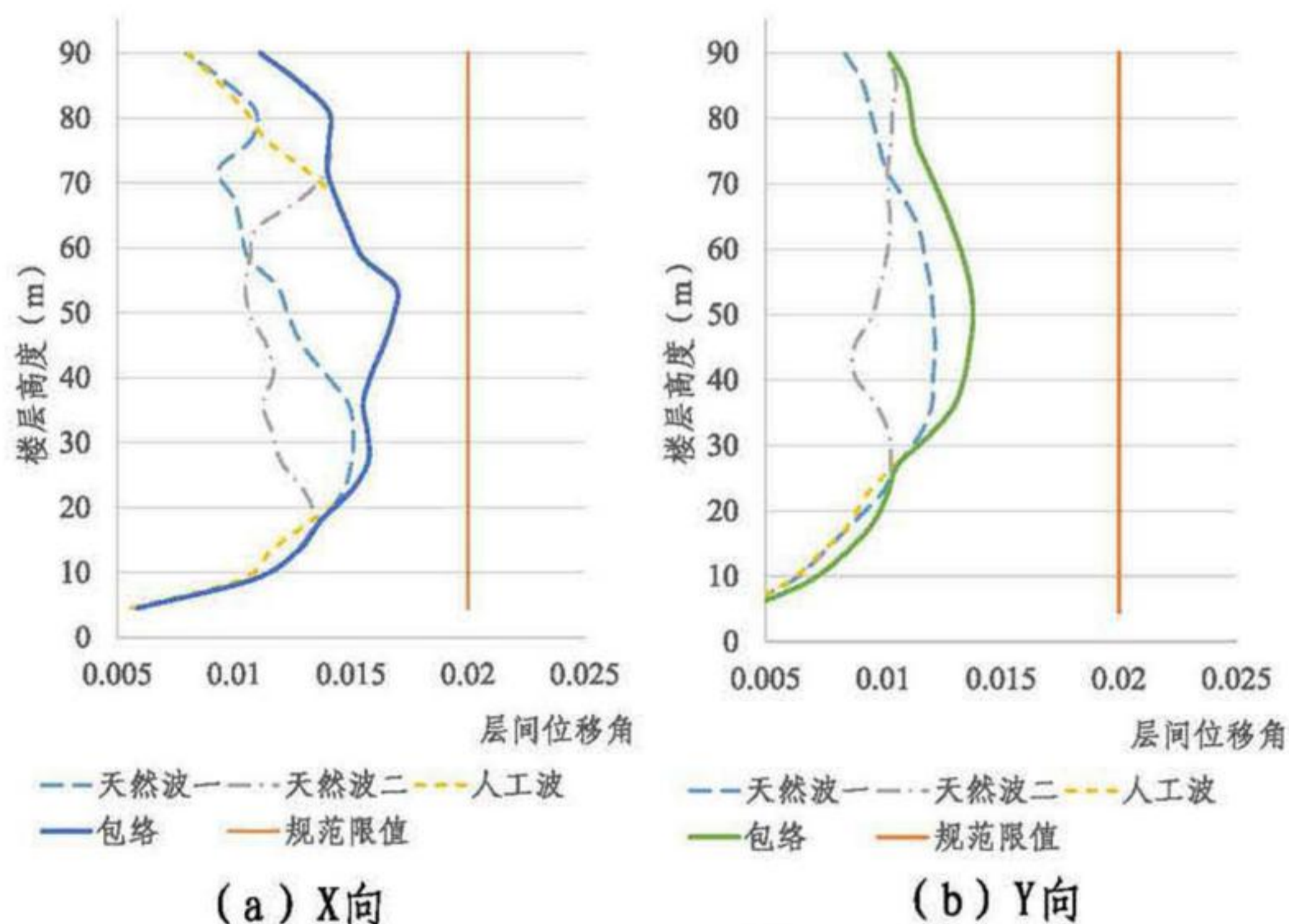


图2-6 大震层间位移角

计算得到大震作用下结构整体典型弹塑性损伤云图如图2-7所示，图中云图所示为塑性应变，评定钢材的损坏程度可以塑性应变与屈服应变的比值 (ϵ_p/ϵ_y) 为标准。不同损伤程度所对应的 ϵ_p/ϵ_y 取值范围如表2-4所示。

表2-4 构件损伤程度所对应的 ϵ_p/ϵ_y 取值范围

损伤程度	轻微	轻度	中度	比较严重	严重
ϵ_p/ϵ_y 取值范围	0~1	1~3	3~6	6~12	>12

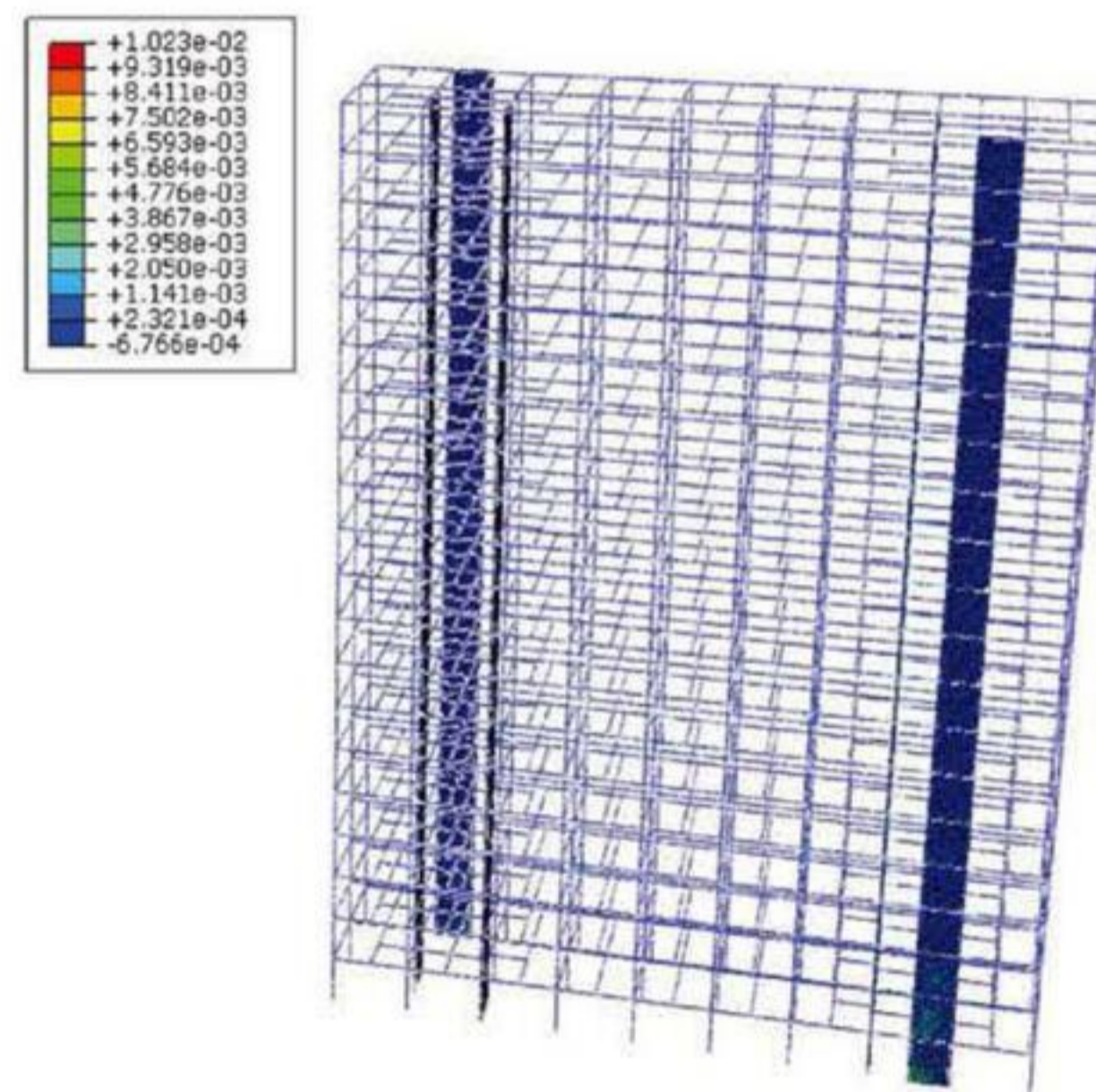


图2-7 大震弹塑性损伤云图

由图2-7可看出，构件进入塑性耗能和损伤程度最严重的是底部楼层区域的钢板剪力墙 ϵ_p/ϵ_y 最大平均值为2.84，属于轻度至中度损伤；其次为框架梁， ϵ_p/ϵ_y 最大平均值为2.05，属于轻度损伤，钢框架柱基本处于弹性状态，主要耗能构件——钢板剪力墙与框架梁起到了很好的消能减震效果。

图2-8与图2-9分别为设计示例——非加劲钢板剪力墙典型Von-mises应力云图及面外变形云图，由图中可看出，钢板剪力墙在底

部二层底部加强区形成了明显的拉力带，且钢板剪力墙与边框梁柱连接的角部应力最大；由于非加劲钢板剪力墙面外没有有效的约束构件，在地震反复作用下内嵌钢板出现了明显的面外变形，最大面外相对变形达到了约8.7cm。

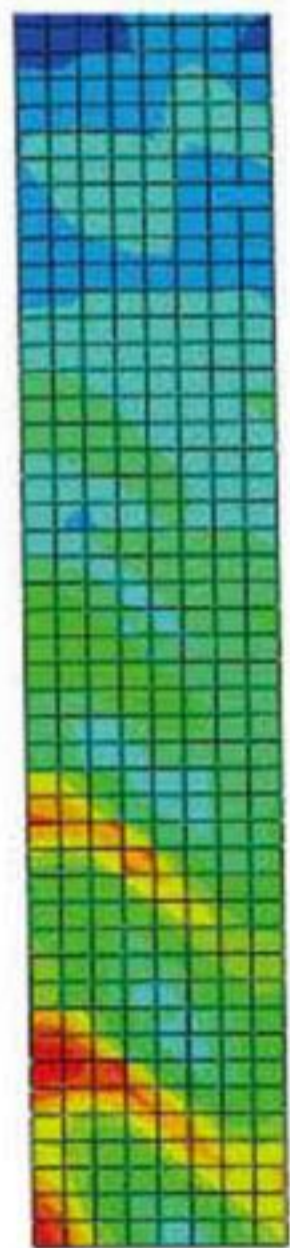
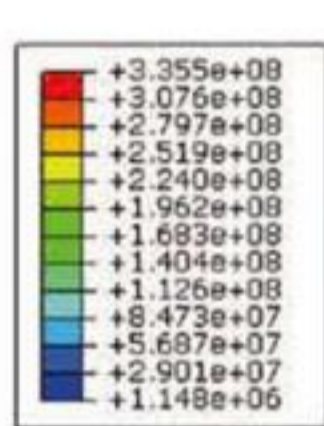


图2-8 应力云图 (MPa)

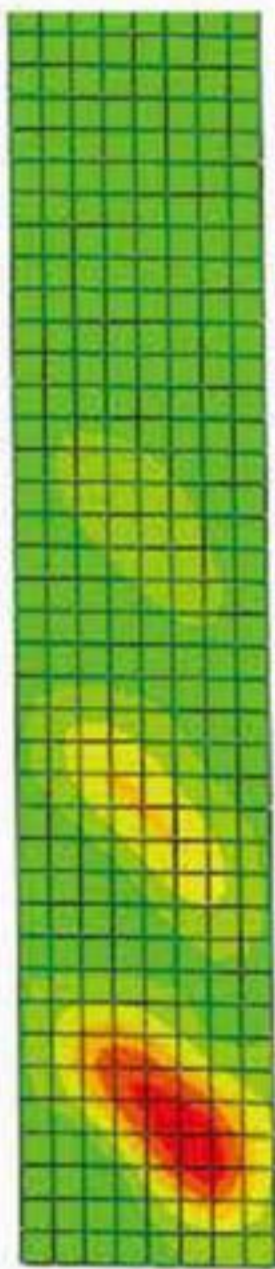
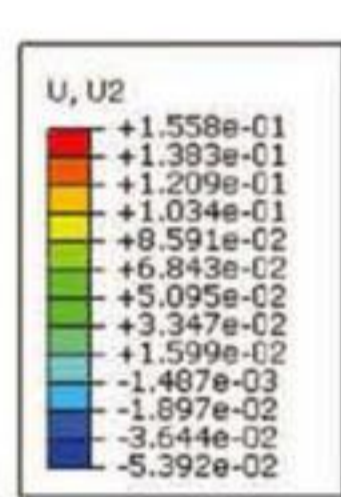


图2-9 面外变形 (m)

5 非加劲钢板剪力墙的截面设计及计算

选取第二层②~③×①轴墙体为例进行钢板剪力墙各构件的截面设计及计算。选取计算的墙体平面及立面图如图2-10、图2-11所示。

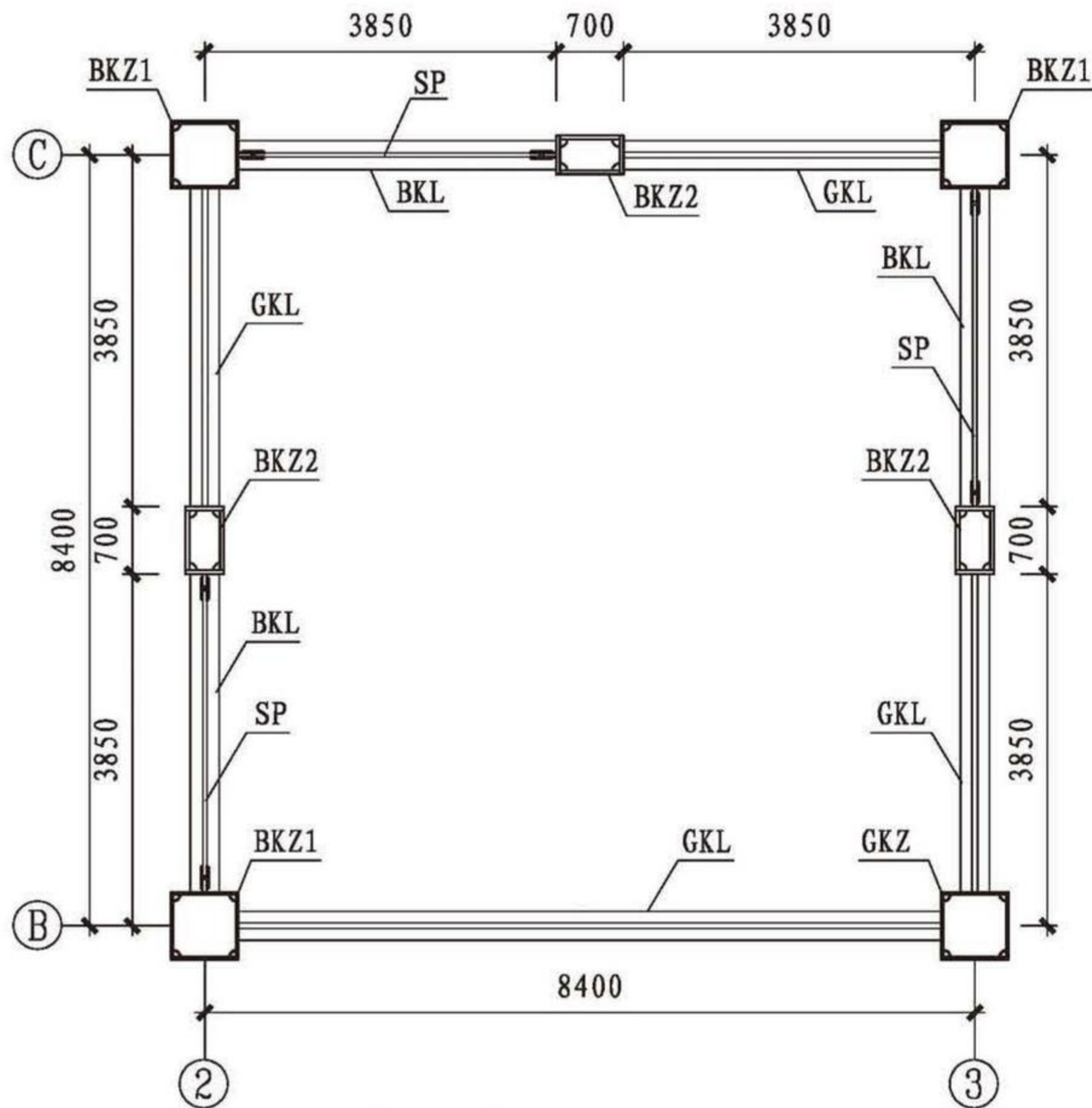


图2-10 ②~③轴×①~②轴钢板剪力墙平面布置图

注：图中未示意核心筒内其他结构构件。

结构整体计算分析							图集号	20G122	
审核	范重	范重	校对	刘学林	刘学林	设计	朱丹	页	2-5

总说明

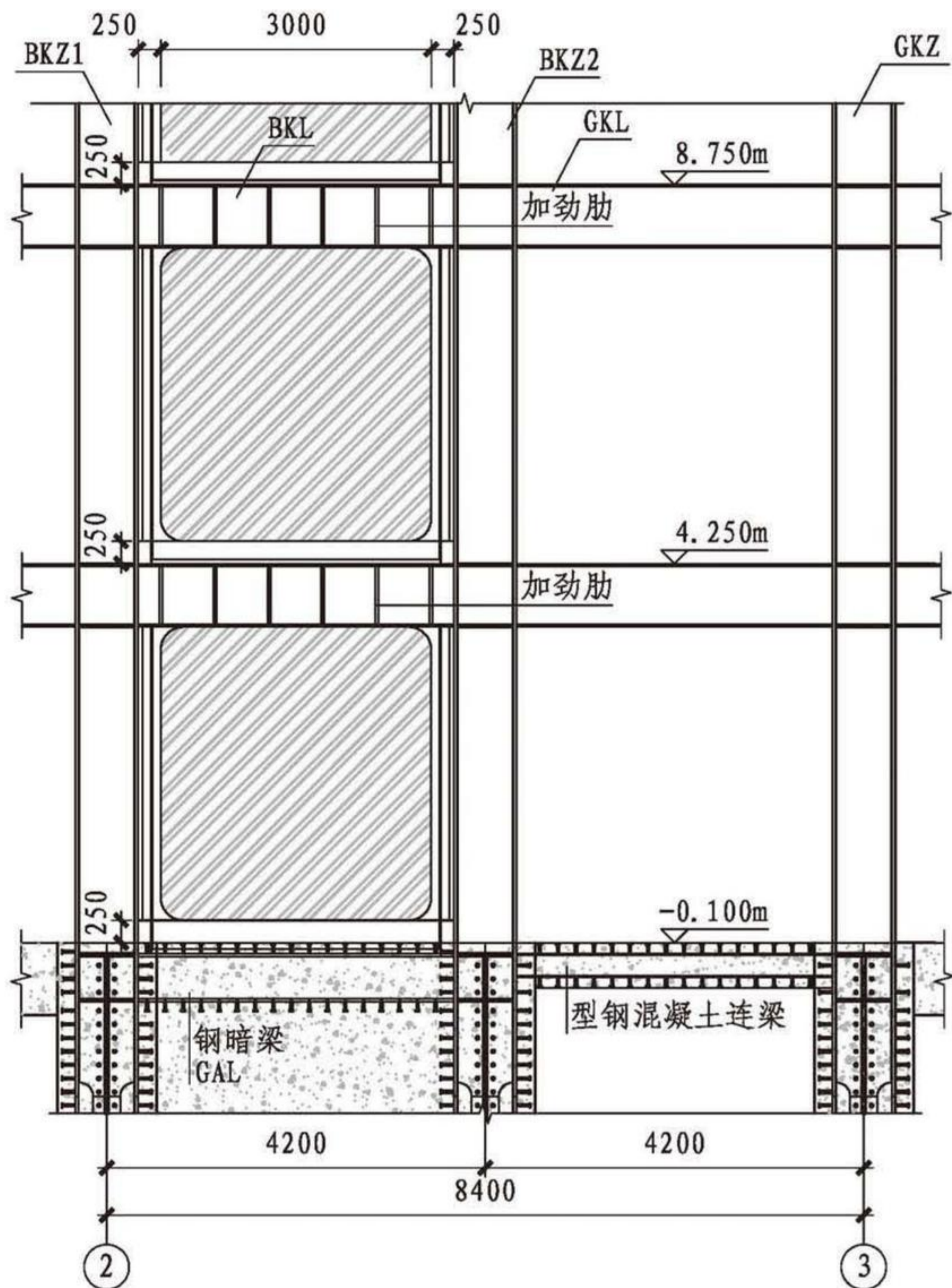


图2-11 钢板剪力墙立面图

总说明

钢板非加劲墙

钢板竖向加劲墙

钢板屈曲约束墙

钢板无屈曲墙

5.1 内嵌钢板设计。

5.1.1 高厚比要求：

非加劲钢板剪力墙的相对高厚比满足下列要求：

$$\lambda = \frac{H_e}{t_w \varepsilon_k} = \frac{3900}{25 \times \sqrt{235/235}} = 156 \leq 600$$

式中： λ ——钢板剪力墙的相对高厚比；

ε_k ——钢号修正系数，取 $\sqrt{235/f_{yp}}$ ；

f_{yp} ——钢材牌号中屈服点数值。

H_e ——内嵌钢板净高度（mm），详见本图集第1-10页表1-6；

t_w ——内嵌钢板厚度（mm）。

5.1.2 受剪承载力验算：

本设计示例采用的是四边连接的非加劲钢板剪力墙，墙体受剪承载力应符合下式要求：

$$V_u = 0.42 f_t L_c = 0.42 \times 205 \times 25 \times 3500 = 7533.75 \text{ kN}$$

$$V = 3540.71 \text{ kN} < V_u = 7533.75 \text{ kN}$$

式中： V ——钢板剪力墙的剪力设计值（N）；

V_u ——钢板剪力墙的受剪承载力设计值（N）；

f ——内嵌钢板的抗拉、抗压和抗弯强度设计值（N/mm²）；

L_c ——内嵌钢板净跨度（mm），详见本图集第1-10页表1-6。

5.2 钢板剪力墙竖向应力验算。

钢板剪力墙可能存在的竖向应力应按下式计算：

$$\sigma_G = \frac{\sum N_i}{\sum A_i + A_s}$$

式中： $\sum N_i$ ——重力荷载在边框柱中产生的轴力之和（N）；

非加劲钢板剪力墙的截面设计及计算

图集号

20G122

审核

范重

范重

校对

刘学林

刘学林

设计

朱丹

朱丹

页

2-6

$\sum A_i$ ——边框柱截面面积之和 (mm^2);
 A_s ——钢板剪力墙截面面积 (mm^2)。

本设计示例中, 由于施工期间采取钢板剪力墙后安装的方式, 因此重力荷载主要来自于活荷载, 重力荷载在BKZ-1及BKZ-2中产生的轴力分别为1927.85kN及912.82kN, 故:

$$\begin{aligned} \sum N_i &= 1927850 + 912820 = 2840670(\text{N}) \\ \sum A_i &= 130000 + 81600 = 211600(\text{mm}^2) \\ A_s &= 3500 \times 25 = 87500(\text{mm}^2) \\ \sigma_G &= \frac{2840670}{211600 + 87500} = 9.50(\text{MPa}) \end{aligned}$$

竖向应力应符合下式规定:

$$\begin{aligned} \sigma_G &\leq 0.3\varphi_\sigma f \\ \varphi_\sigma &= \frac{1}{(1 + \lambda_\sigma^{2.4})^{0.833}} \\ \lambda_\sigma &= \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr0}}} \\ \sigma_{cr0} &= \frac{k_{\sigma_0} \pi^2 E}{12(1 - \nu^2)} \left(\frac{t_w}{L_e} \right)^2 \\ k_{\sigma_0} &= \chi \left(\frac{L_e}{H_e} + \frac{H_e}{L_e} \right)^2 \end{aligned}$$

式中: χ ——嵌固系数, 取1.23;

E ——钢板剪力墙弹性模量 (N/mm^2);

f_y ——钢材屈服强度 (N/mm^2);

$\bar{\nu}$ ——钢板剪力墙钢材的泊松比。

本设计示例中, $H_e = 3900\text{mm}$, $L_e = 3500\text{mm}$

$$\begin{aligned} k_{\sigma_0} &= 1.23 \times \left(\frac{3500}{3900} + \frac{3900}{3500} \right)^2 = 4.98 \\ \sigma_{cr0} &= \frac{4.98 \times \pi^2 \times 2.06 \times 10^5}{12(1 - 0.3^2)} \left(\frac{25}{3500} \right)^2 = 47.31(\text{MPa}) \\ \lambda_\sigma &= \sqrt{\frac{235}{47.31}} = 2.23 \\ \varphi_\sigma &= \frac{1}{(1 + 2.23^{2.4})^{0.833}} = 0.180 \end{aligned}$$

$$\sigma_G = 9.50\text{MPa} < 0.3 \times 0.180 \times 205 = 11.07\text{MPa}$$

钢板剪力墙中可能存在的竖向应力满足设计要求。

5.3 边框柱设计。

边框柱的截面惯性矩应符合下式的规定:

$$\begin{aligned} I_c &\geq (1 - \kappa) \cdot I_{c\min} \\ I_{c\min} &= \frac{0.0031 t_w H_e^4}{L_b} \\ \kappa &= \begin{cases} 1.0 & (\lambda_{n0} \leq 0.8) \\ 1 - 0.88(\lambda_{n0} - 0.8) & (0.8 < \lambda_{n0} \leq 1.2) \\ 0.94 / \lambda_{n0}^2 & (\lambda_{n0} > 1.2) \end{cases} \\ \lambda_{n0} &= \frac{1}{37\sqrt{k_r}} \left(\frac{H_e}{t_w} \right) \frac{1}{\varepsilon_k} \\ k_r &= 8.98 + 5.6(l_{\min}/l_{\max})^2 \end{aligned}$$

非加劲钢板剪力墙的截面设计及计算

图集号

20G122

审核

范重

范重

校对

刘学林

刘学林

设计

朱丹

朱丹

页

2-7

式中： I_c ——边框柱截面惯性矩 (mm^4)；
 $I_{c\min}$ ——钢板剪力墙边框柱截面最小惯性矩 (mm^4)；
 H_c ——柱高，按与钢板剪力墙相连上下框架梁的轴线距离计算 (mm)；
 L_b ——梁跨，按与钢板剪力墙相连框架柱的轴线距离计算 (mm)；
 κ ——剪力分配系数；
 λ_{n0} ——非加劲钢板剪力墙的正则化高厚比；
 k_r ——四边固接板的弹性抗剪屈曲系数；
 l_{\min} ——钢板剪力墙短边长度 (mm)；
 l_{\max} ——钢板剪力墙长边长度 (mm)。

本设计示例中， $l_{\min} = 3500\text{mm}$ ， $l_{\max} = 3900\text{mm}$ ，计算得到：

$$k_r = 8.98 + 5.6(3500/3900)^2 = 13.49$$

$$\lambda_{n0} = \frac{1}{37 \times \sqrt{13.49}} \times \frac{4500}{25} \times \frac{1}{\sqrt{235/235}} = 1.32$$

$$\kappa = \frac{0.94}{1.32^2} = 0.54$$

$$(1-\kappa) \cdot I_{c\min} = (1-0.54) \times \frac{0.0031 \times 25 \times 4500^4}{4200} = 3.48 \times 10^9 \text{mm}^4$$

本设计示例中钢板剪力墙边框柱截面惯性矩分别为：

□700×700×50×50：

$$I_c = 9.21 \times 10^9 \text{mm}^4 > (1-\kappa) \cdot I_{c\min} = 3.65 \times 10^9 \text{mm}^4$$

□400×700×40×40：

$$I_c = 5.08 \times 10^9 \text{mm}^4 > (1-\kappa) \cdot I_{c\min} = 3.65 \times 10^9 \text{mm}^4$$

截面刚度均满足要求。

5.4 顶层边框梁设计：

钢板剪力墙顶层边框梁的截面惯性矩应符合下式要求：

$$I_{b\min} = \frac{0.0031 t_w L_b^4}{H_c} = \frac{0.0031 \times 20 \times 4200^4}{4400} = 4.38 \times 10^9 \text{mm}^4$$

$$I_b = 4.75 \times 10^9 \text{mm}^4 > I_{b\min} = 4.38 \times 10^9 \text{mm}^4$$

式中： I_b ——顶层边框梁截面惯性矩 (mm^4)；

$I_{b\min}$ ——顶层边框梁截面最小惯性矩 (mm^4)。

6 非加劲钢板剪力墙的构造要求

6.1 非加劲钢板剪力墙与框架梁、钢暗梁可采用鱼尾板过渡连接方式，构造示意图如图2-12～图2-14所示。横向鱼尾板与边缘构件宜采用焊接连接，非加劲钢板剪力墙内嵌钢板与横向鱼尾板应在楼层变形完成后焊接，楼板内钢筋可与鱼尾板焊接连接，横向鱼尾板板厚均不得小于内嵌钢板厚度。

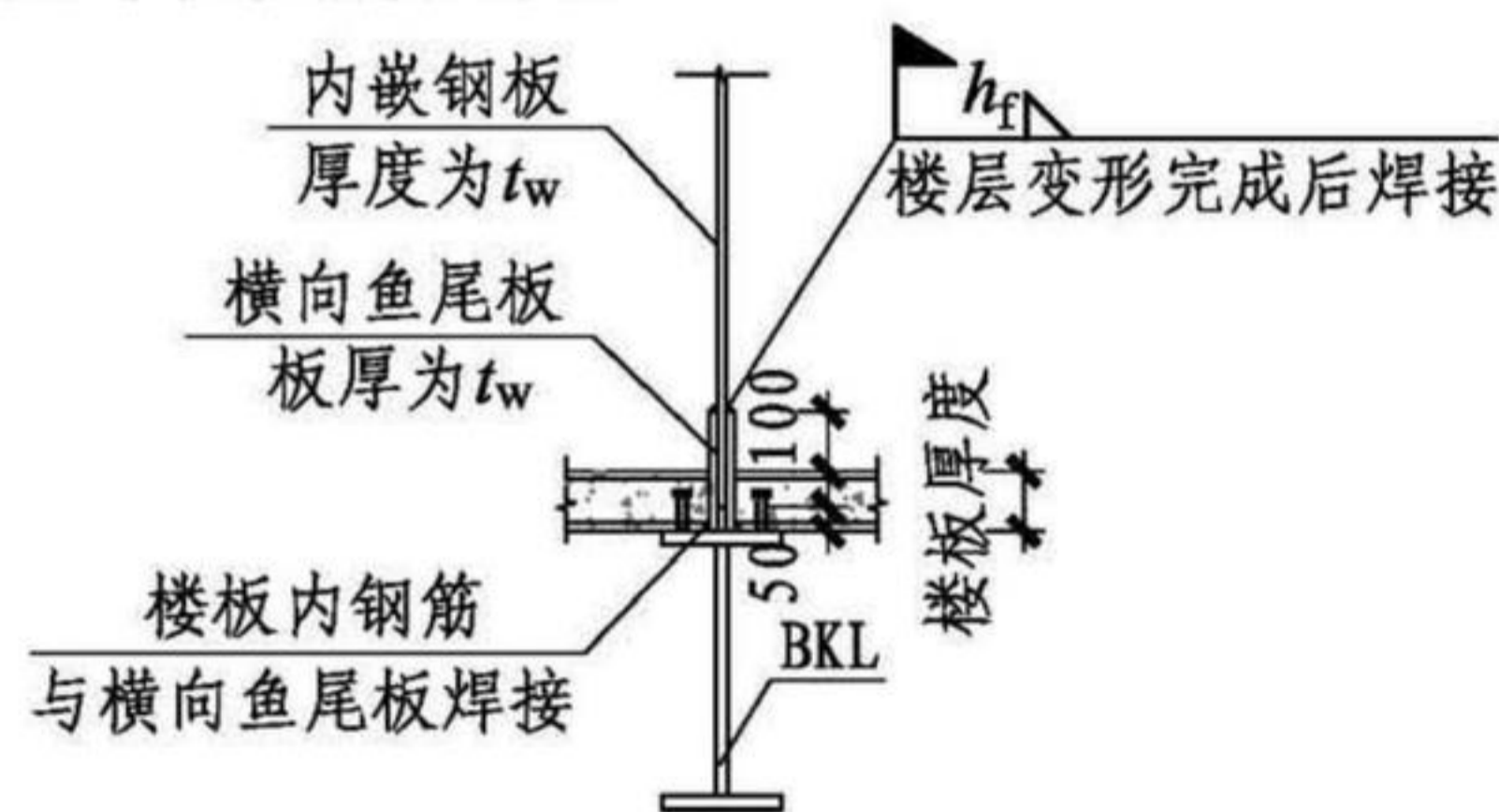


图2-12 内嵌钢板与底部边框梁连接构造

非加劲钢板剪力墙的截面设计及计算

图集号

20G122

审核

范重

范重

校对

刘学林

刘学林

设计

朱丹

朱丹

页

2-8

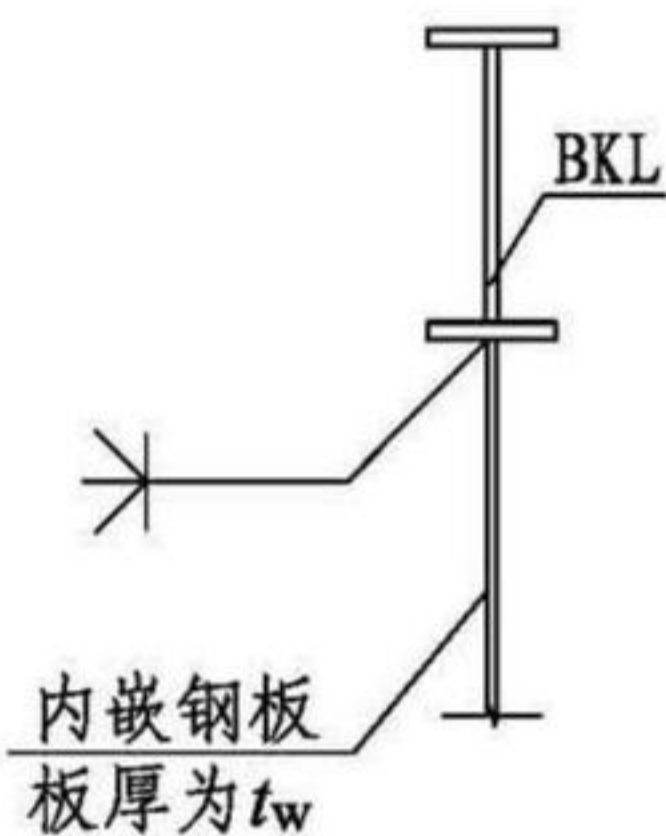


图2-13 内嵌钢板与顶部边框梁连接构造

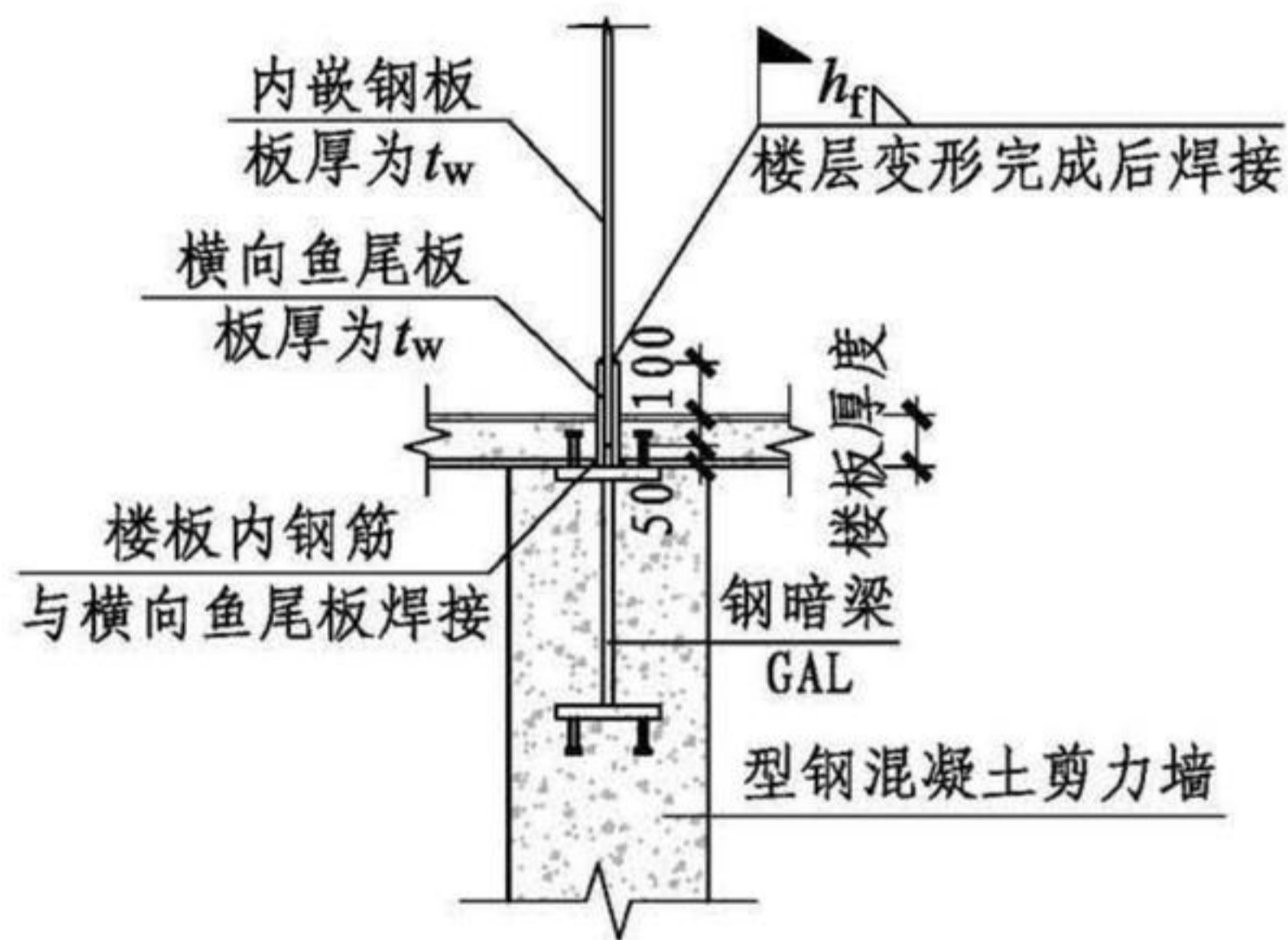


图2-14 内嵌钢板与钢暗梁连接构造

6.2 边框梁腹板厚度不应小于钢板剪力墙内嵌钢板厚度，当边框梁腹板高厚比较大时，宜设置横向加劲肋。

6.3 底部加强区范围内钢板剪力墙与边框梁柱连接应进行角部倒角处理、拼接焊缝避让等构造措施防止钢板剪力墙出现角部应力集中、焊缝撕裂破坏，非加劲钢板剪力墙非底部加强区及底部加强区范围内连接构造示意图分别如图2-15、图2-16所示。

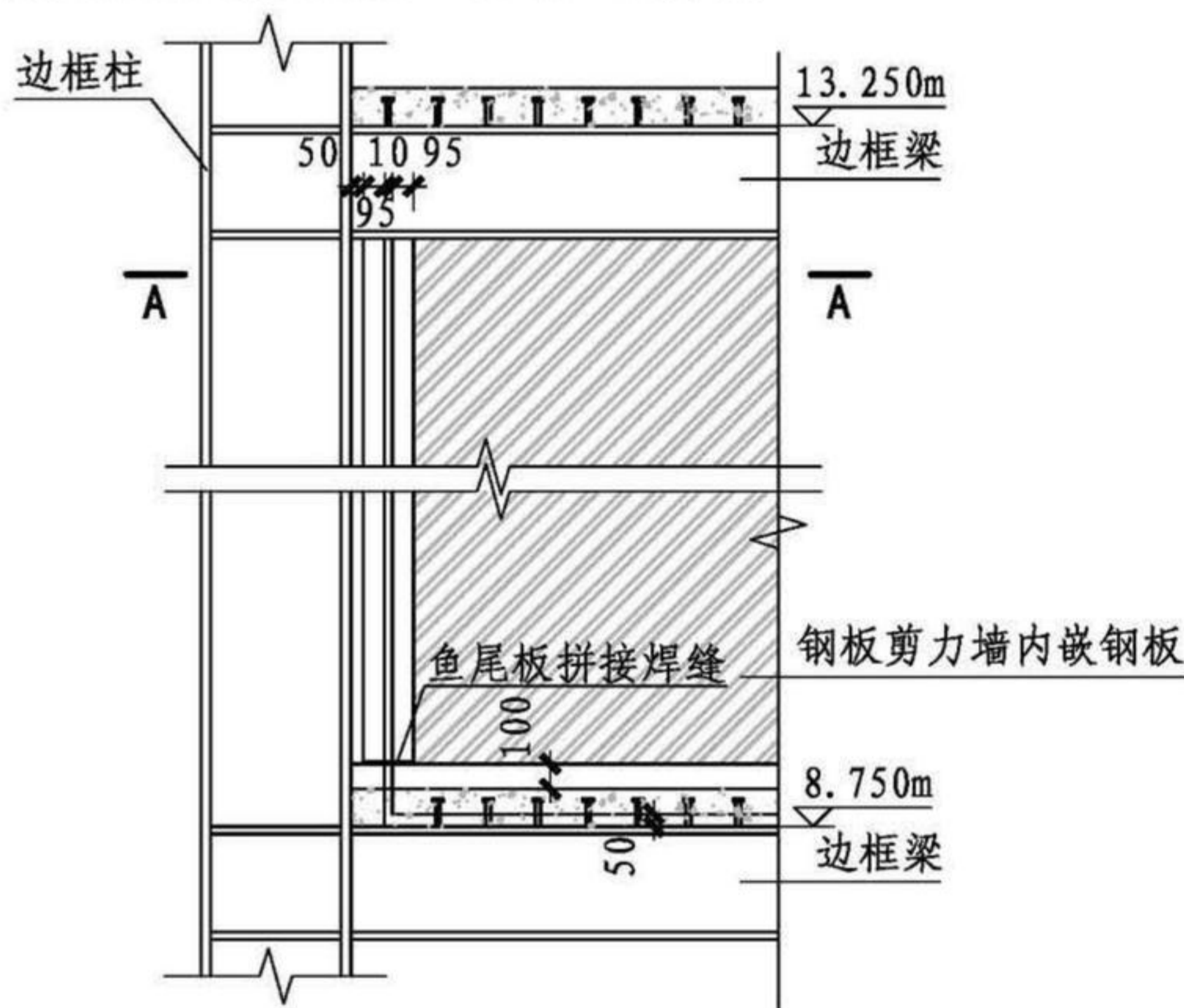


图2-15 非加劲钢板剪力墙非底部加强区构造

注：1. 图中未示出边框梁腹板加劲肋；
2. A-A剖面图详见图2-18。

非加劲钢板剪力墙的构造要求

图集号

20G122

审核 范重 范重 校对 刘学林 刘学林 设计 朱丹 朱丹

页

2-9

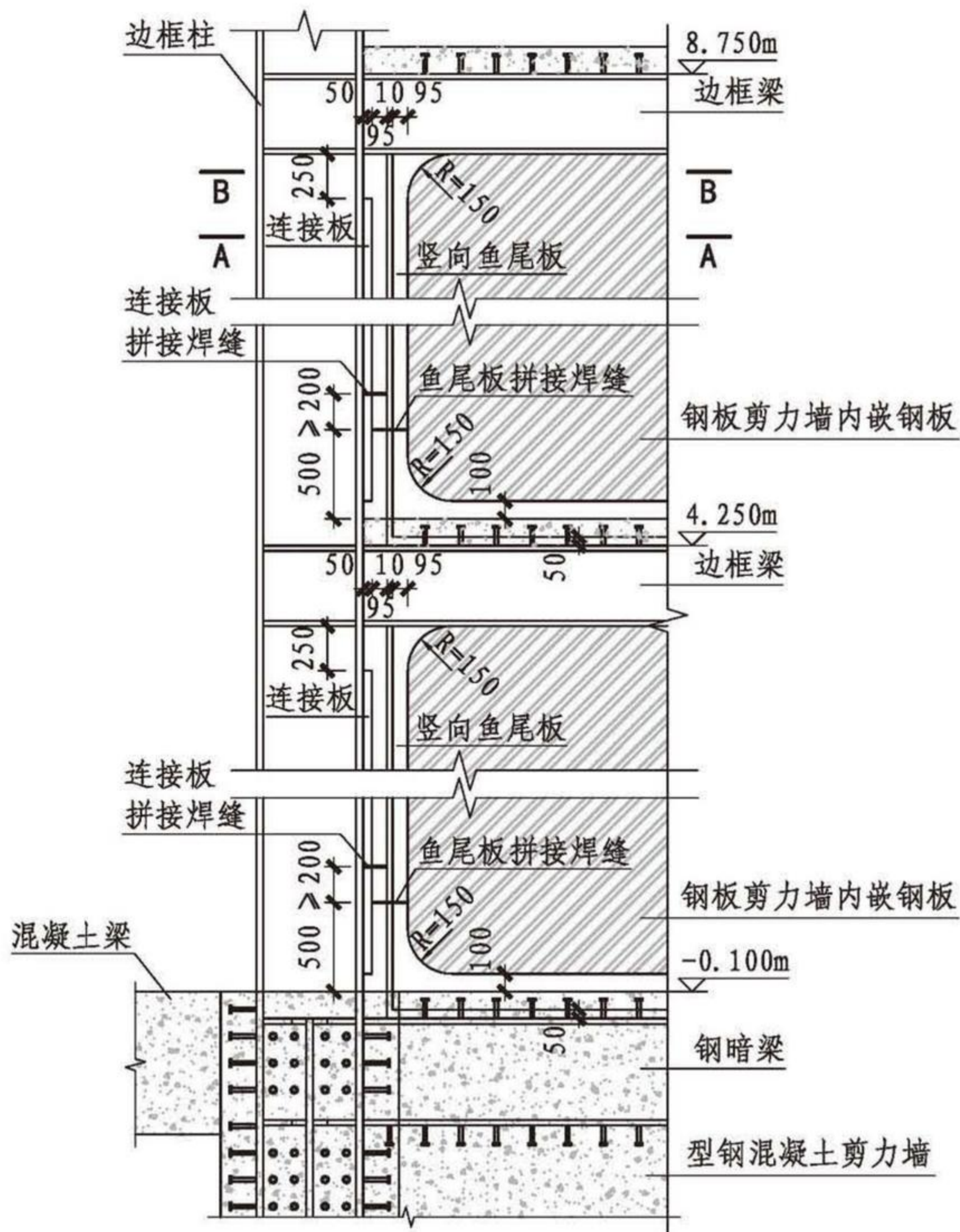


图2-16 非加劲钢板剪力墙底部加强区构造

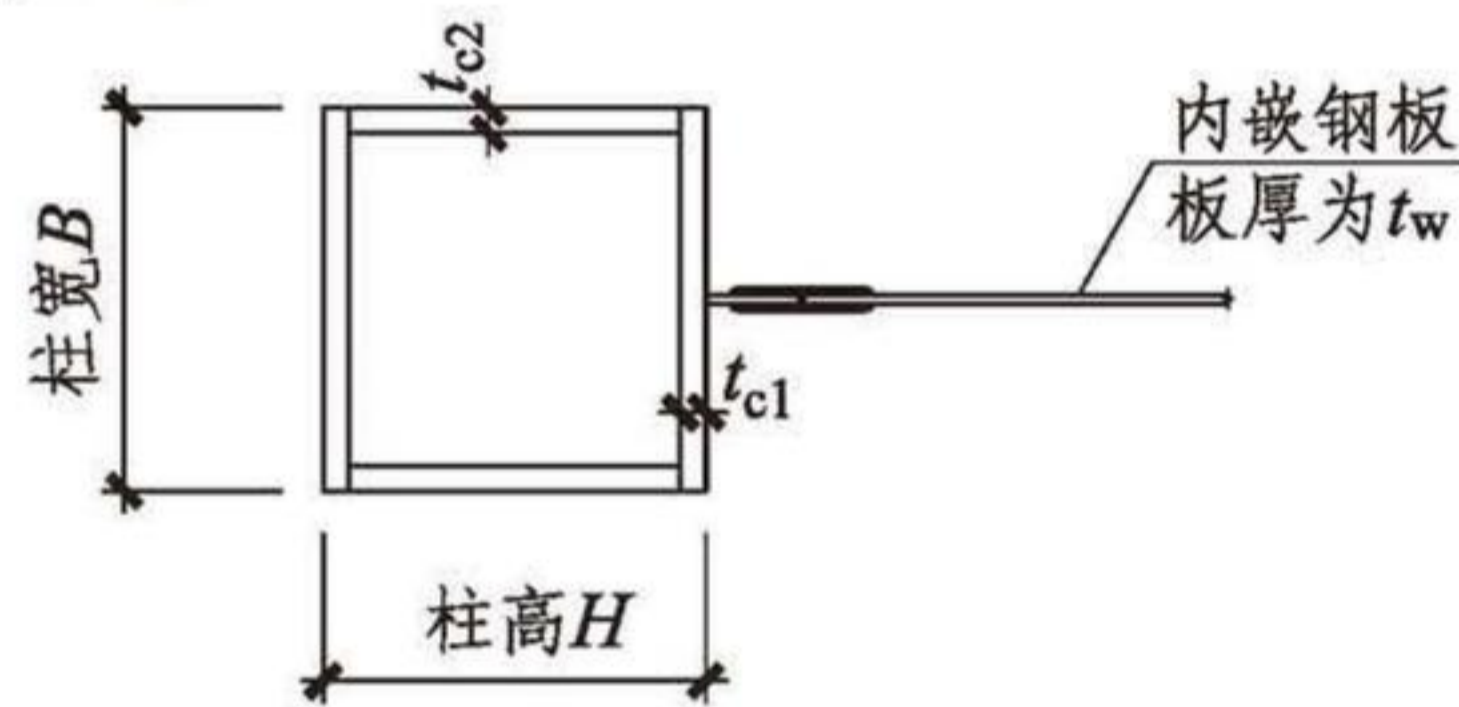
注: 1. 图中未示出边框梁腹板加劲肋;
2. A-A、B-B剖面图详见图2-18。

6.4 与钢板剪力墙连接的边框柱壁板应具有足够的厚度以确保钢板剪力墙拉力带的有效开展, 当边框柱壁厚不足时, 应设置与内嵌钢板相对应的柱内加劲肋。当钢板剪力墙内嵌钢板位于边框柱中心时, 箱型边框柱壁板厚度可按下列公式验算:

$$t_{c1} \geq \sqrt{\frac{2f_y t_w (B - t_{c2}) \sin^2 \alpha}{3f_{yc}}}$$

$$\alpha = \tan^{-1}(H_c/L_c)$$

式中: t_{c1} ——与钢板剪力墙连接的边框柱壁板厚度 (mm);
 t_{c2} ——不与钢板剪力墙连接的边框柱壁板厚度 (mm);
 B ——与钢板剪力墙连接的一侧边框柱宽度 (mm);
 α ——钢板剪力墙拉力带的倾角;
 f_{yc} ——钢板剪力墙边框柱钢材屈服强度 (N/mm^2)。
其中 t_{c1} 、 t_{c2} 、 B 的几何含义如图2-17所示。

图2-17 t_{c1} 、 t_{c2} 、 B 的几何含义

以本设计示例中 ②~③ × ①轴墙体为例进行验算。

$$\alpha = \tan^{-1}(3900/3500) = 48.09^\circ$$

非加劲钢板剪力墙的构造要求

图集号

20G122

审核

范重

范重

校对

许庆

许庆

设计

刘涛

刘涛

页

2-10

对于BKZ1, 边框柱壁板厚度应满足:

$$t_{cl} \geq \sqrt{\frac{2 \times 225 \times 25 \times (700 - 50) \times \sin^2 48.09^\circ}{3 \times 345}} = 62.55(\text{mm})$$

实际设计选用的壁板壁厚为50mm, 不满足计算需要, 因此需设置内部加劲肋以确保钢板剪力墙拉力带的有效开展。

对于BKZ2, 边框柱壁板厚度应满足:

$$t_{cl} \geq \sqrt{\frac{2 \times 225 \times 25 \times (400 - 40) \times \sin^2 48.09^\circ}{3 \times 345}} = 46.55(\text{mm})$$

实际设计选用的壁板壁厚为40mm, 不满足计算需要, 因此需设置内部加劲肋以确保钢板剪力墙拉力带的有效开展。

BZK1、BZK2与边框柱连接构造示意图如图2-18所示。

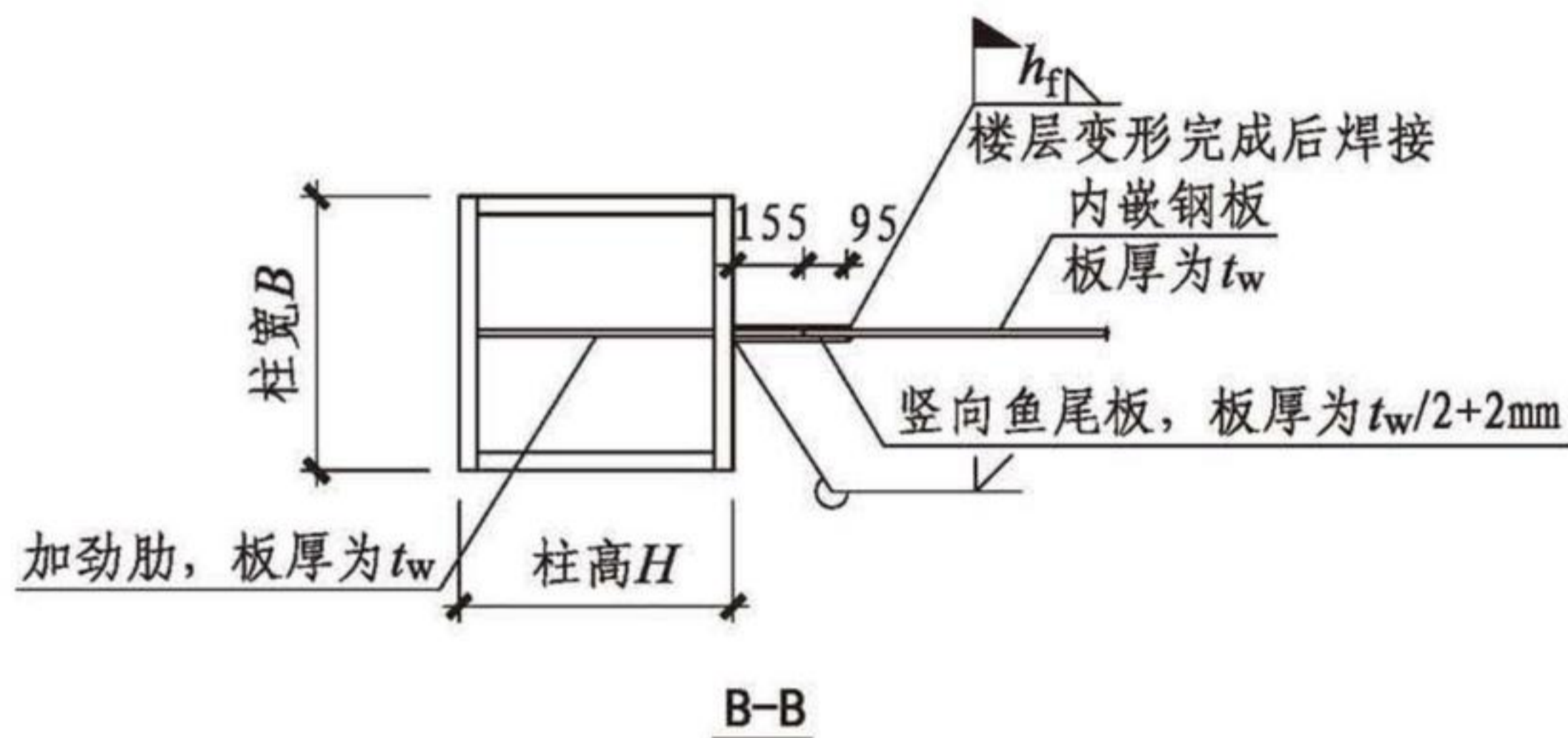
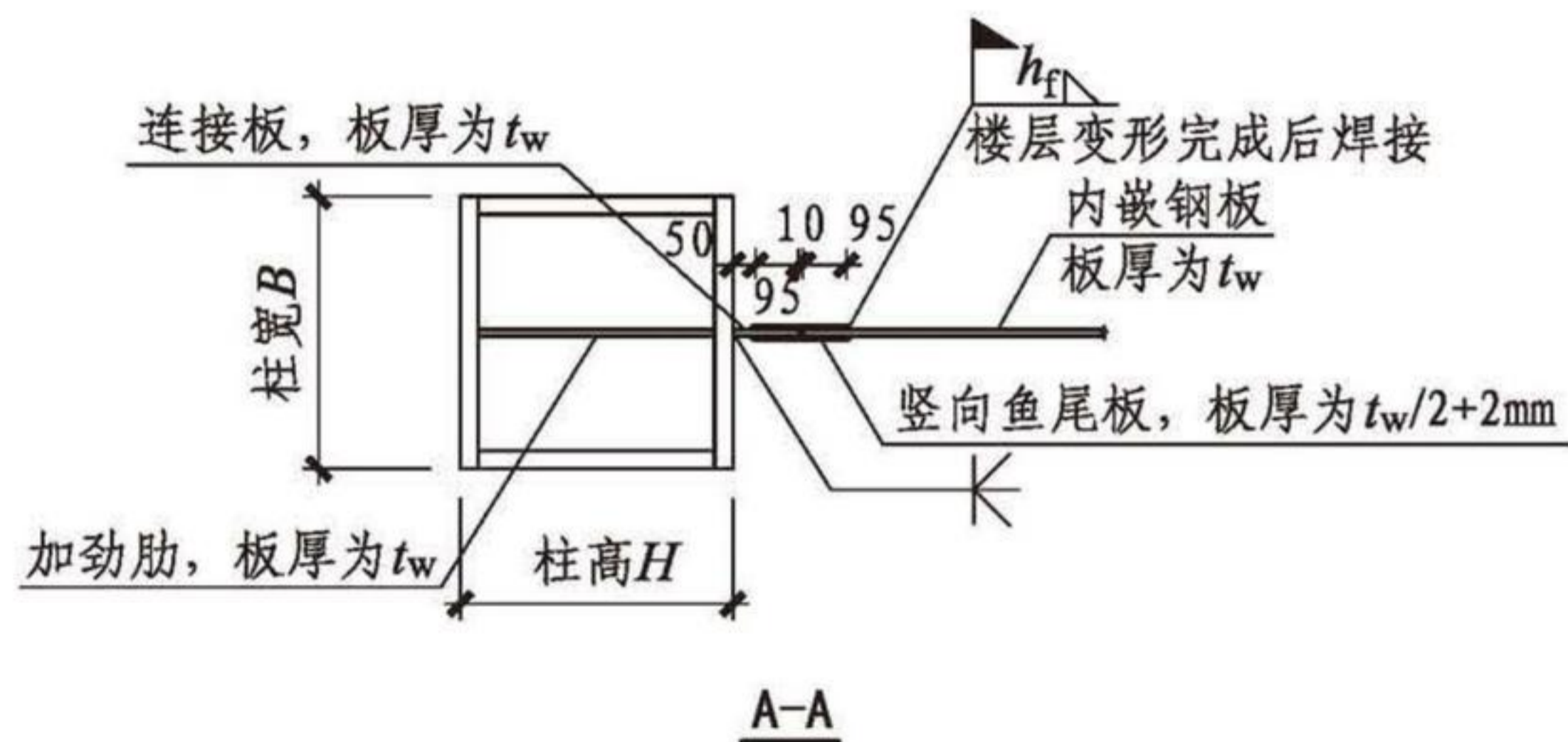


图2-18 BKZ1、BZK2与钢板剪力墙连接构造

注: A-A及B-B剖切位置参见图2-15、图2-16。

非加劲钢板剪力墙的构造要求

图集号 20G122

审核 范重 范重 校对 陈巍 设计 王金金 王金金 页 2-11

竖向加劲钢板剪力墙

1 工程概况

某工程为一办公楼，基本工程概况同“非加劲钢板剪力墙”设计示例。根据结构特点及建筑使用功能的要求，采用钢框架钢板剪力墙结构，钢板剪力墙为四边连接的竖向加劲钢板剪力墙。

钢板剪力墙框架柱采用箱型柱，钢板剪力墙边框梁及框架梁、次梁均采用H型钢。楼盖采用设置一道钢次梁的钢筋桁架楼承板方案，楼板厚度为150mm。主要构件截面及主要设计参数分别如表3-1、表3-2所示，标准层平面图如图3-1所示。

表3-1 主要构件截面尺寸

构件类型	截面规格 (mm)		材料	备注
边框柱 BKZ	□700×700×50×50		Q345GJB	焊接箱型钢
	□700×700×40×40			
	□400×700×40×40			
	□400×700×35×35			
框架柱 GKZ	□700×700×30×30		Q355B	
边框梁 BKL	H600×300×25×30		Q355B	焊接H型钢
	H600×300×20×25			
	H800×400×20×35			
框架梁 GKL	H500×250×12×20		Q355B	
钢板剪力墙 SPSW	内嵌钢板 SP	$t_w=14\text{mm}$	Q235B	钢板，适用于F3~F20
		$t_w=16\text{mm}$		钢板，适用于F1~F2
	竖向加劲肋 JJL	2□100×100×8		槽钢，适用于F3~F20
		2□100×100×10		槽钢，适用于F1~F2

表3-2 主要设计参数

抗震设防烈度	8度	设计使用年限	50年
基本地震加速度	0.20g	结构设计基准期	50年
场地土类别	Ⅲ类	抗震设防类别	标准设防类
设计地震分组	第二组	结构安全等级	二级
场地特征周期	0.55s	建筑耐火等级	一级

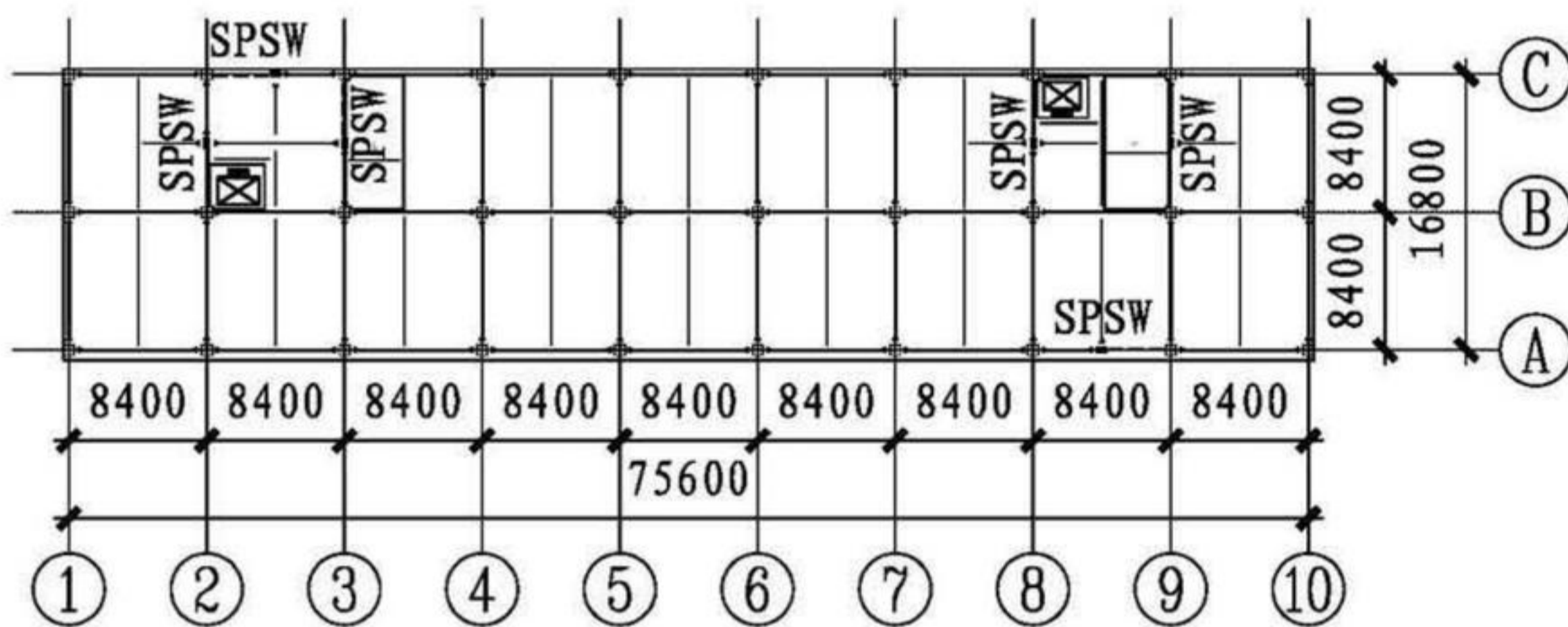


图3-1 结构标准层平面布置图

2 设计选型及设计流程

本工程为一般办公类建筑，结构平面及立面均较规则，结构的高宽比较大， $H/B=5.4$ 。地震烈度为8度（0.20g），场地类别为Ⅲ类，地震作用较大。综合考虑施工工期、节点构造等因素，选用竖向加劲钢板剪力墙结构体系。设计、验算流程如图3-2所示。

工程概况、设计选型及设计流程		图集号	20G122
审核	胡纯炀	校对	刘学林
设计	朱丹	设计	刘学林
页		页	3-1

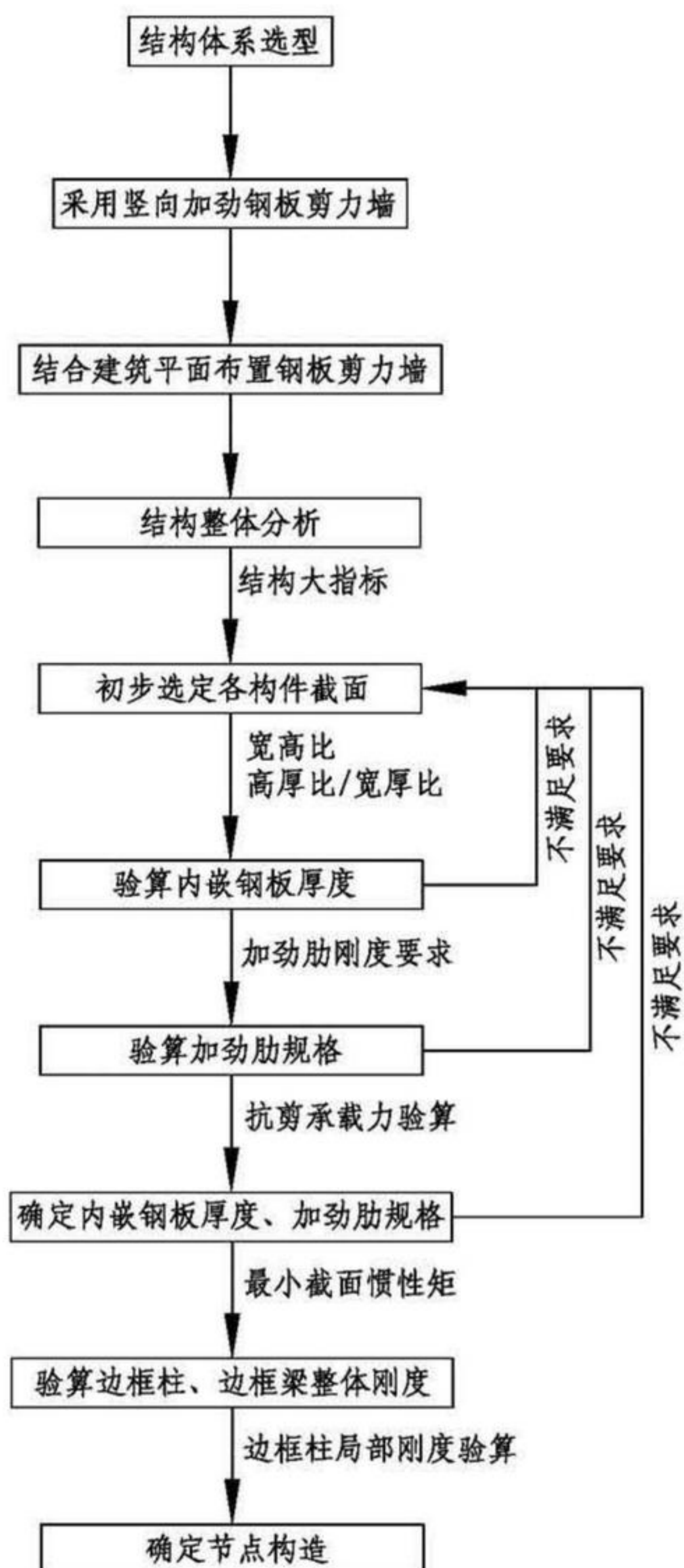


图3-2 竖向加劲钢板剪力墙设计、验算流程图

3 竖向加劲钢板剪力墙的设计计算原则

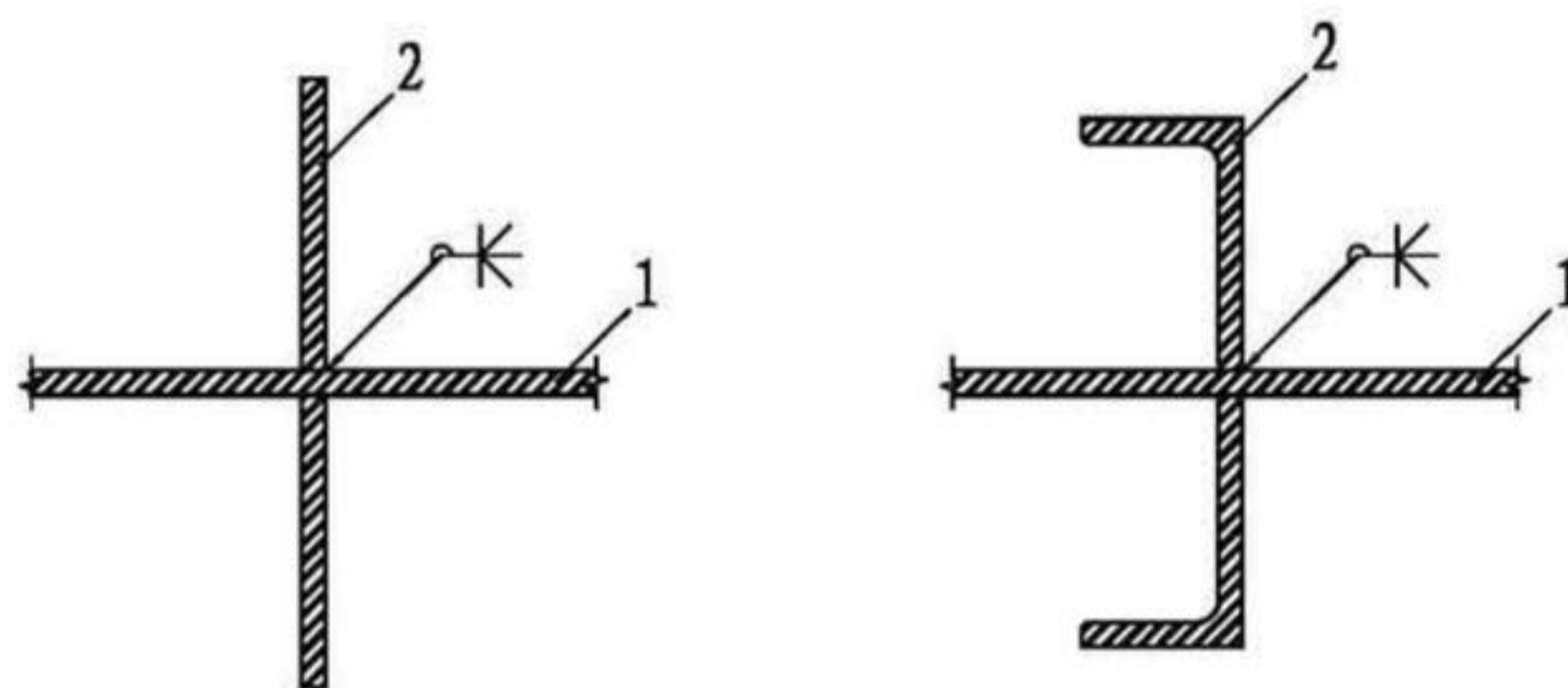
3.1 竖向加劲钢板剪力墙承载力计算时，可采用钢板剪力墙屈曲为承载力极限状态或考虑屈曲后强度。

3.2 当竖向加劲钢板剪力墙按不承受竖向荷载进行设计时，应在楼层竖向变形完成后将钢板剪力墙内嵌钢板与周边框架进行连接。

3.3 当竖向加劲钢板剪力墙采取后安装方式以避免承受竖向荷载时，结构的整体内力分析可分别采用剪切膜单元及梁单元进行钢板剪力墙内嵌钢板和竖向加劲肋的模拟，并应通过施工模拟考虑钢板剪力墙的后安装。

3.4 仅下侧与钢板剪力墙相连的顶层边框梁、单侧与钢板剪力墙相连的边框柱，应有足够的刚度保证钢板剪力墙拉力带机制充分发展。

3.5 竖向加劲钢板剪力墙有加劲肋宜采用单板、开口或闭口截面形式的热轧型钢或冷弯薄壁型钢等加劲构件，可单侧或双侧布置，如图3-3所示：



(a) 单板加劲肋

(b) 热轧型钢加劲肋（角钢）

竖向加劲钢板剪力墙的设计计算原则

图集号

20G122

审核 胡纯炀

设计 朱丹

校对 刘学林

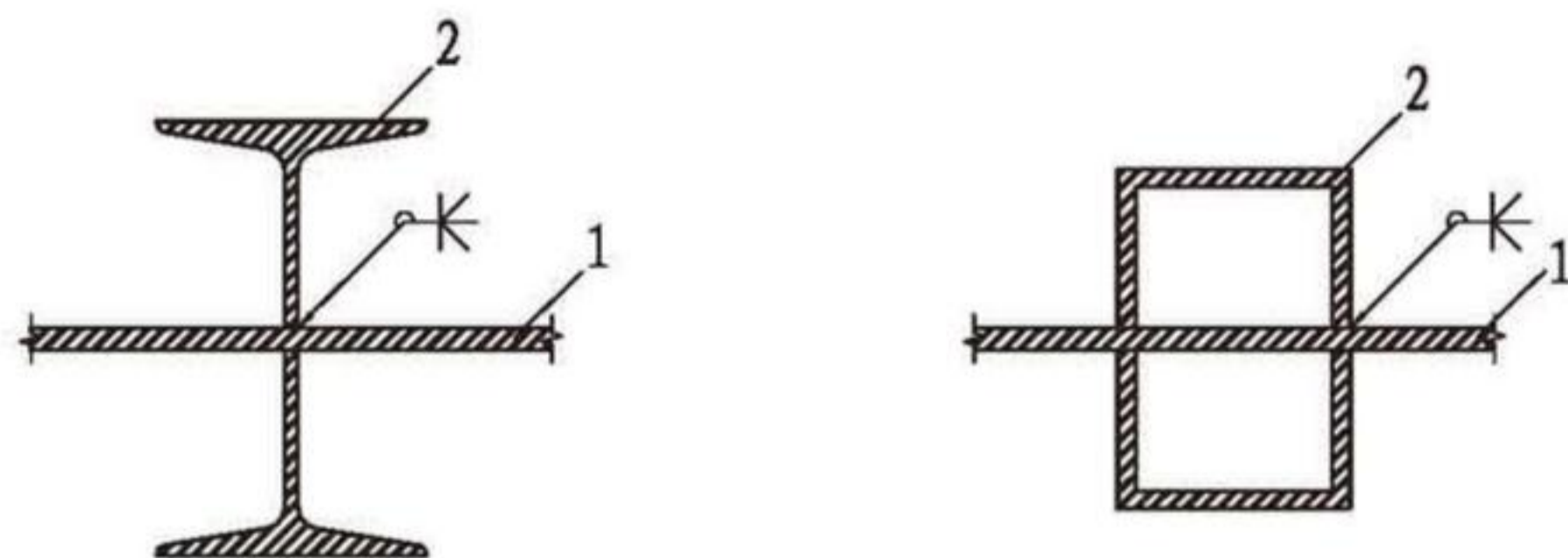
设计 朱丹

设计 朱丹

设计 朱丹

页

3-2



(c) 热轧型钢加劲肋 (T形截面) (d) 焊接钢板闭口加劲肋

1—内嵌钢板; 2—加劲肋

图3-3 竖向加劲钢板剪力墙加劲肋示意

4 结构整体计算分析

4.1 小震弹性分析:

利用某大型通用设计软件建立整体三维模型进行计算分析, 得到结构前三阶周期及振型如表3-3所示。

表3-3 结构前三阶周期及振型

阶数	周期 (s)	振型
1	4.35	X向平动
2	4.31	Y向平动
3	3.72	扭转

扭转周期与第一阶平动周期之比为 $3.72/4.35=0.86<0.90$, 满足现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010要求。计算得到的各楼层层间位移角如图3-4所示。

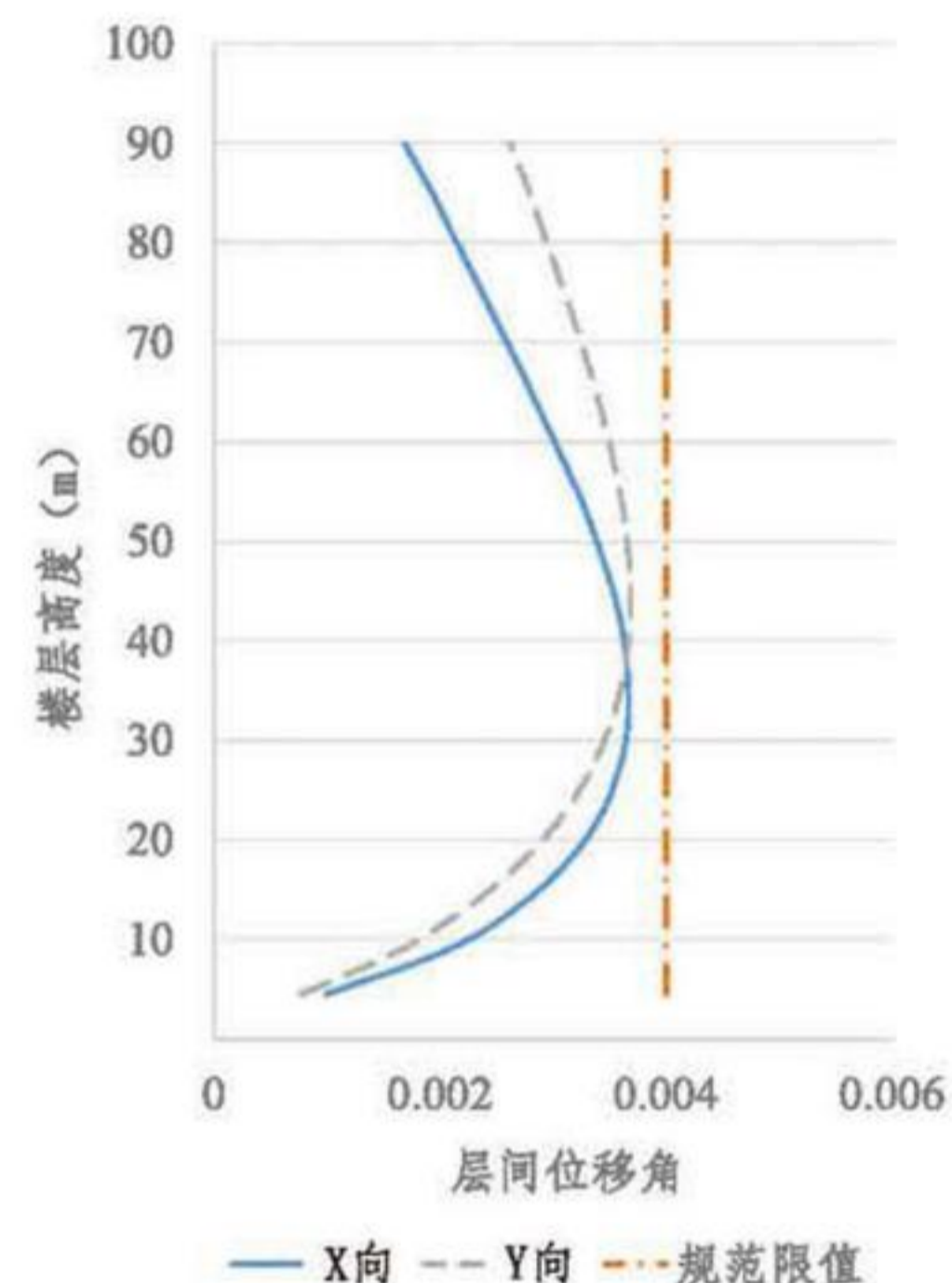


图3-4 小震弹性层间位移角

X向及Y向最大层间位移角分别为1/273和1/271, 均不大于1/250, 满足《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015要求。

根据《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015第6.2.6条的规定, 各层框架部分承担的地震层剪力不应小于结构总地震剪力的25%和框架部分计算最大层剪力1.8倍二者的较小值。本设计示例框架承担的楼层剪力验算结果如图3-5所示, 少量楼层框架剪力需要进行调整, 调整系数最大值为1.30。

4.2 大震弹塑性分析:

利用某大型通用有限元软件建立三维模型进行弹塑性时程分析, 重点关注在罕遇地震作用下结构受力特性及钢板剪力墙的耗能能力, 钢板剪力墙及边框梁柱有限元模型如图3-6所示。

结构整体计算分析

图集号

20G122

审核 胡纯炀 校对 王义华 王义华 设计 杨苏 杨苏

页

3-3

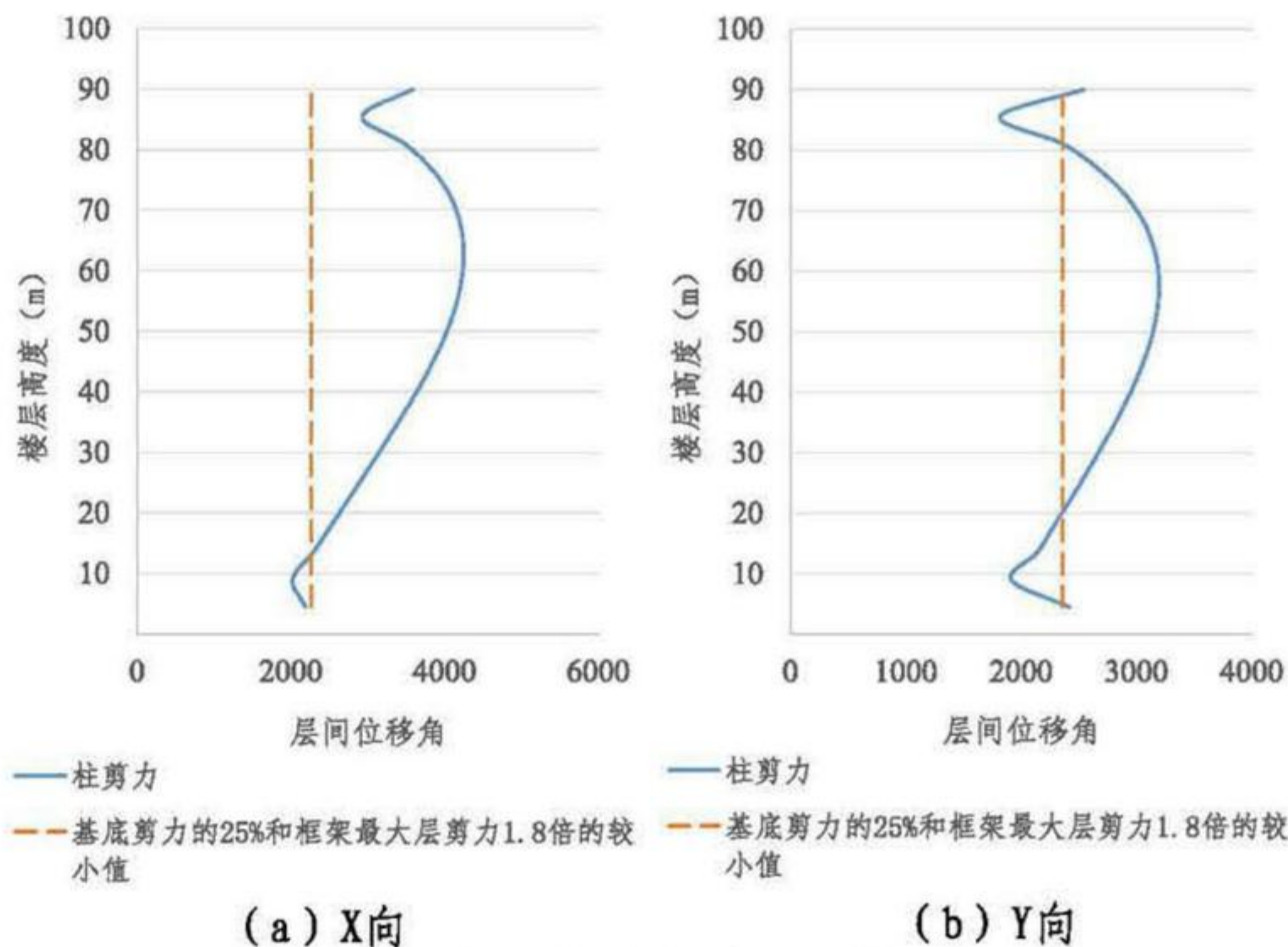


图3-5 框架层剪力验算



图3-6 竖向加劲钢板剪力墙模型

选取三条地震波（两条天然波+一条人工波）进行大震弹塑性时程分析，三条地震波计算得到的弹塑性层间位移角如图3-7所示。由图中可看出，两个方向的弹塑性层间位移角各时程波包络值均小于1/50的规范限值。

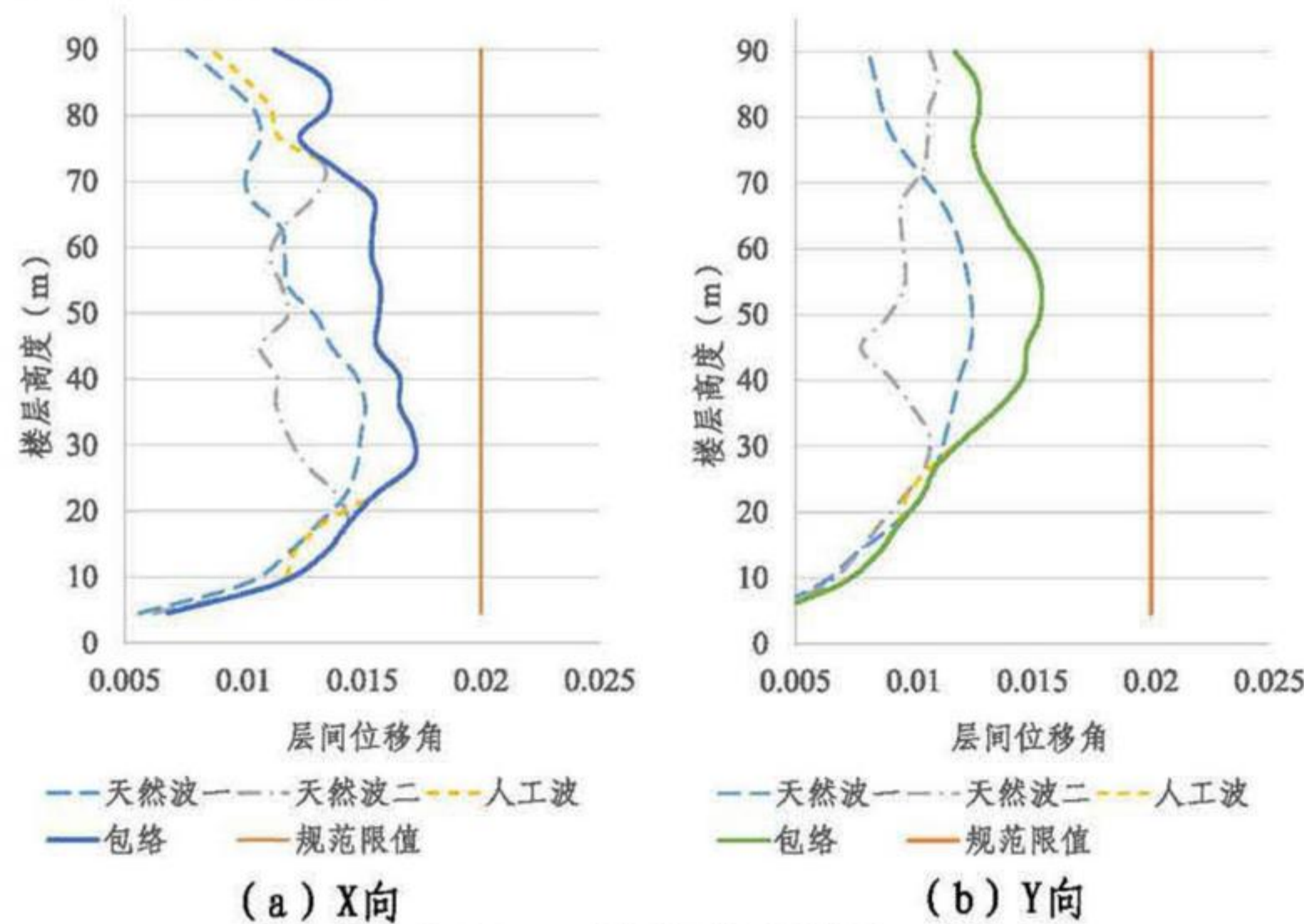


图3-7 大震层间位移角

计算得到大震作用下结构整体典型弹塑性损伤云图如图3-8所示，图中云图所示为塑性应变，评定钢材的损坏程度可以塑性应变与屈服应变的比值 (ϵ_p/ϵ_y) 为标准。不同损伤程度所对应的 ϵ_p/ϵ_y 取值范围如表3-4所示。

表3-4 构件损伤程度所对应的 ϵ_p/ϵ_y 取值范围

损伤程度	轻微	轻度	中度	比较严重	严重
ϵ_p/ϵ_y 取值范围	0~1	1~3	3~6	6~12	>12

结构整体计算分析

图集号 20G122

审核 胡纯炀 校对 韩羽 设计 王磊

页 3-4

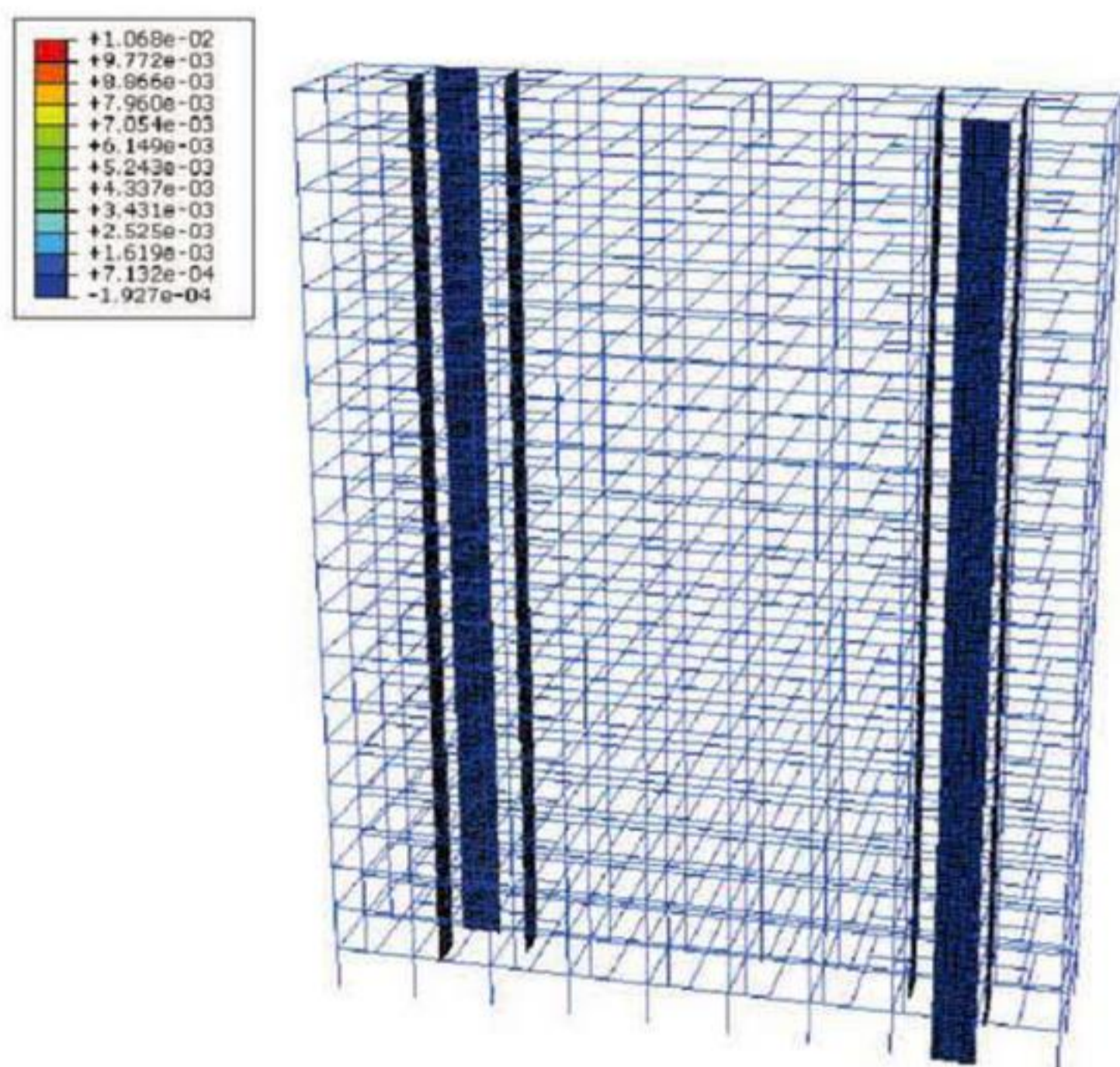


图3-8 大震弹塑性损伤云图

由图3-7中可看出，构件进入塑性耗能 and 损伤程度最严重的是框架梁， $\varepsilon_p/\varepsilon_y$ 最大平均值为2.5，属轻度损伤；其次为钢板剪力墙， $\varepsilon_p/\varepsilon_y$ 最大平均值为2.0，也属轻度损伤，钢框架柱基本处于弹性状态，主要耗能构件——钢板剪力墙与钢框架梁起到了很好的耗能减震效果。

图3-9与图3-10分别为设计示例二竖向加劲钢板剪力墙典型 Vonmises应力云图及面外变形云图，由图中可看出，钢板剪力墙在底部二层底部加强区出现了明显的屈服，但钢板剪力墙受力整体性

较好，最大应力主要位于钢板剪力墙与边框梁柱连接的角部；由于竖向加劲肋对钢板剪力墙面外变形的有效约束，在地震反复作用下内嵌钢板面外相对变形量很小。

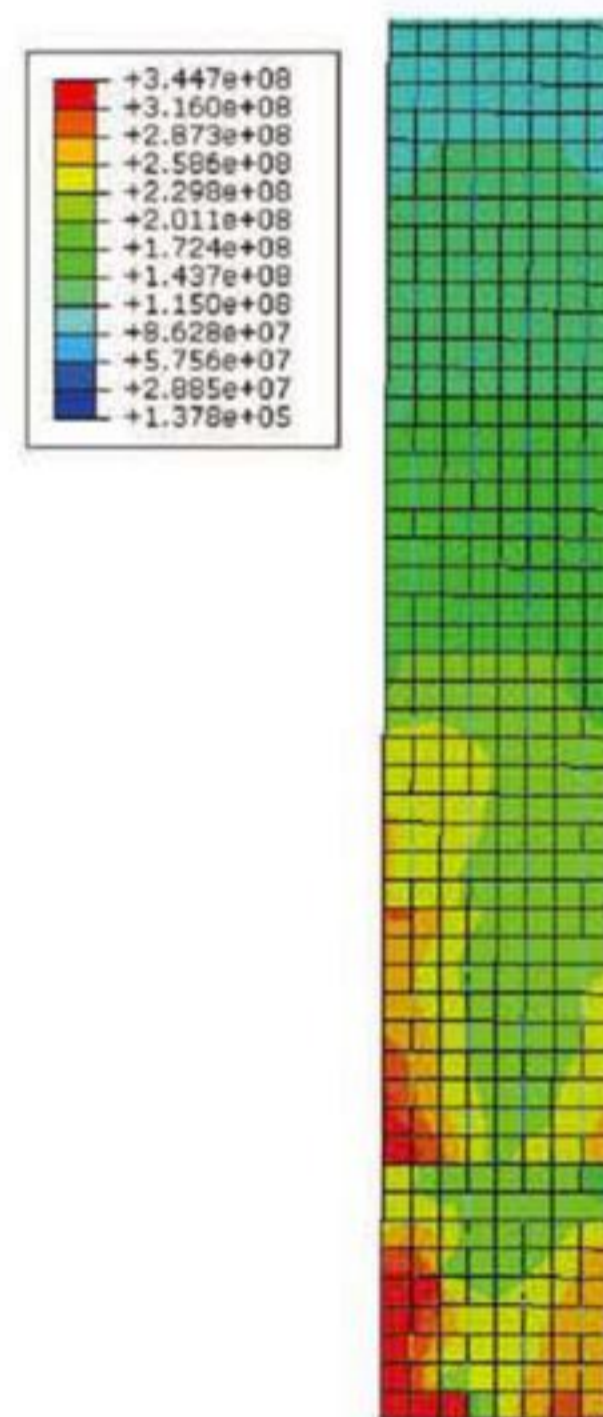


图3-9 应力云图 (MPa)

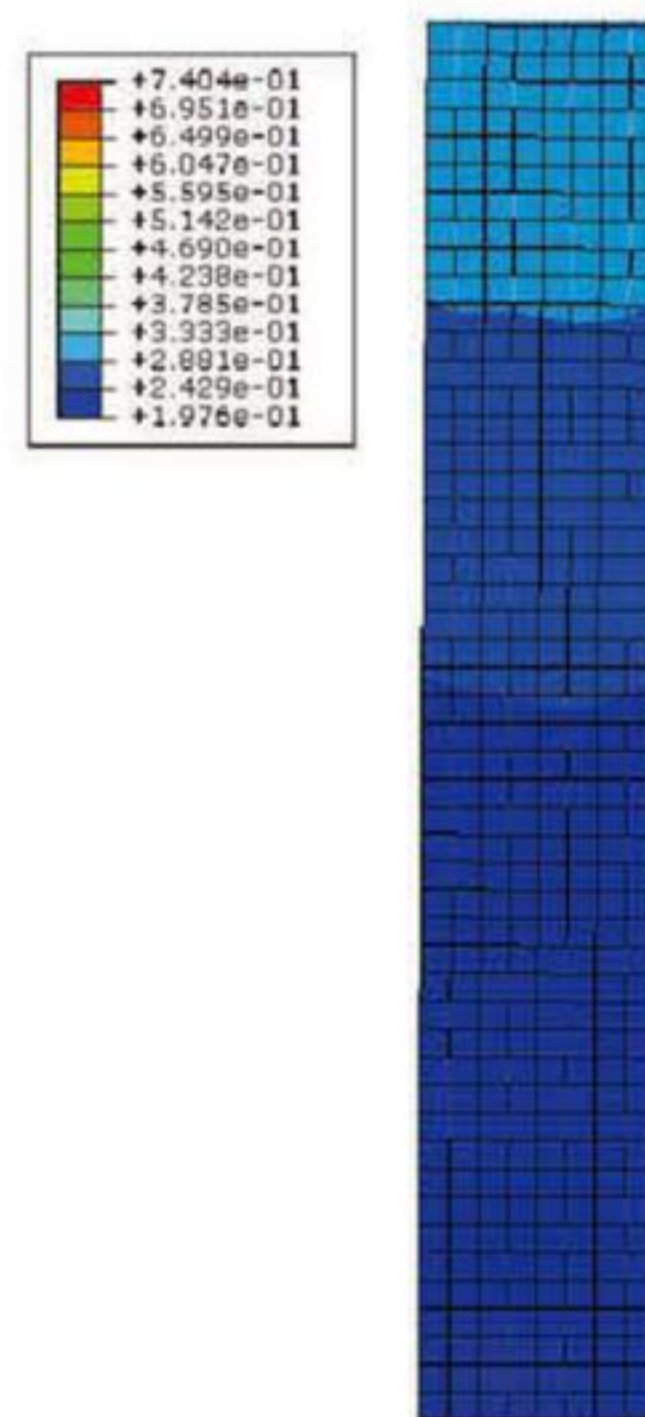


图3-10 面外变形 (m)

5 竖向加劲钢板剪力墙的截面设计及计算

选取第二层②~③×①轴墙体为例进行钢板剪力墙各构件的截面设计及计算。选取计算的墙体平面及立面图如图3-11、图3-12所示。

结构整体计算分析

图集号

20G122

审核 胡纯炀

胡纯炀

校对

刘学林

刘学林

设计 朱丹

朱丹

朱丹

页

3-5

总说明

总说明

钢板非加劲剪力墙

钢板非加劲剪力墙

钢板竖向加劲剪力墙

钢板竖向加劲剪力墙

钢板屈曲约束剪力墙

钢板屈曲约束剪力墙

钢板无屈曲剪力墙

钢板无屈曲剪力墙

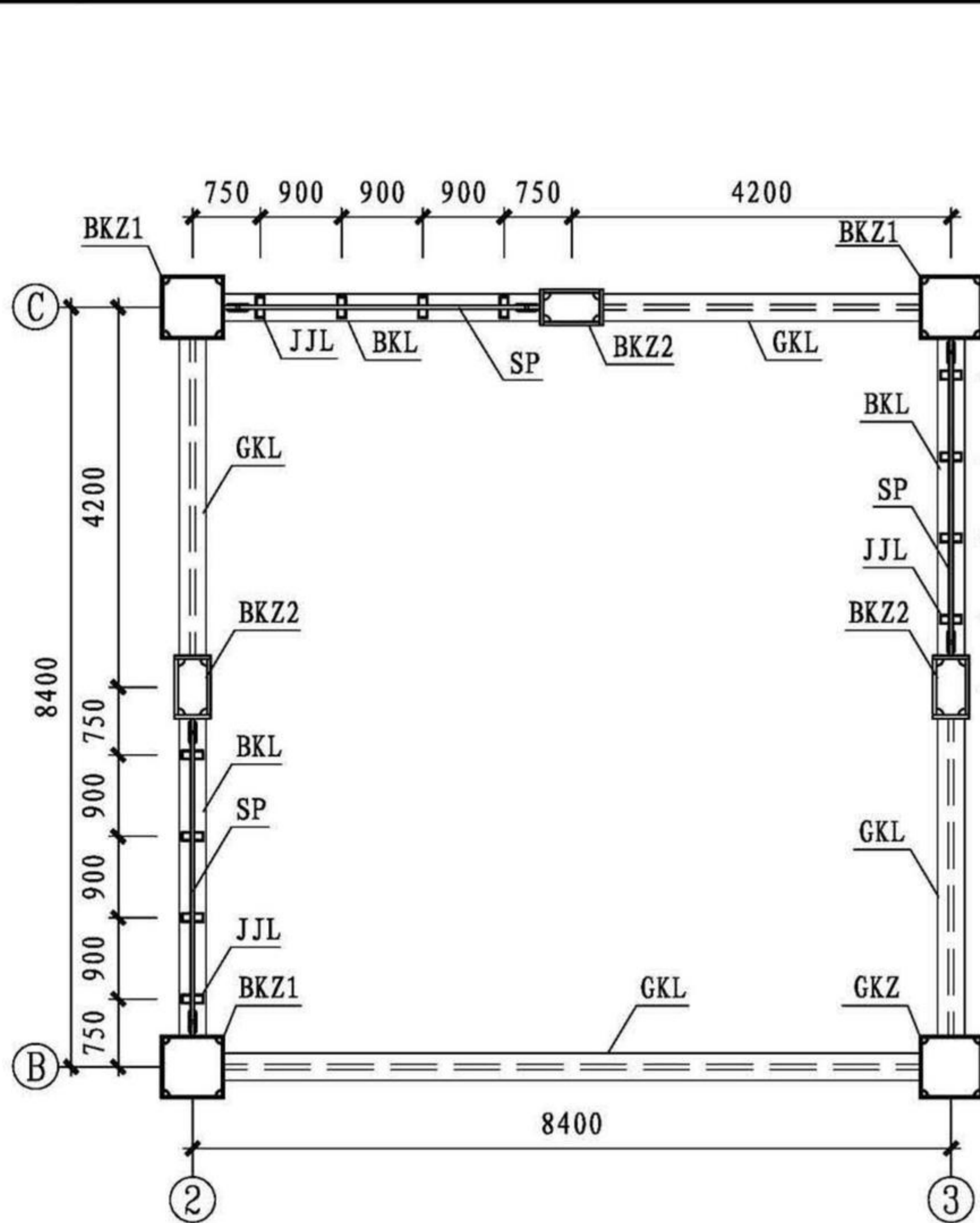


图3-11 ②~③轴×①~②轴钢板剪力墙平面布置图

注：图中未示意核心筒内其他结构构件。

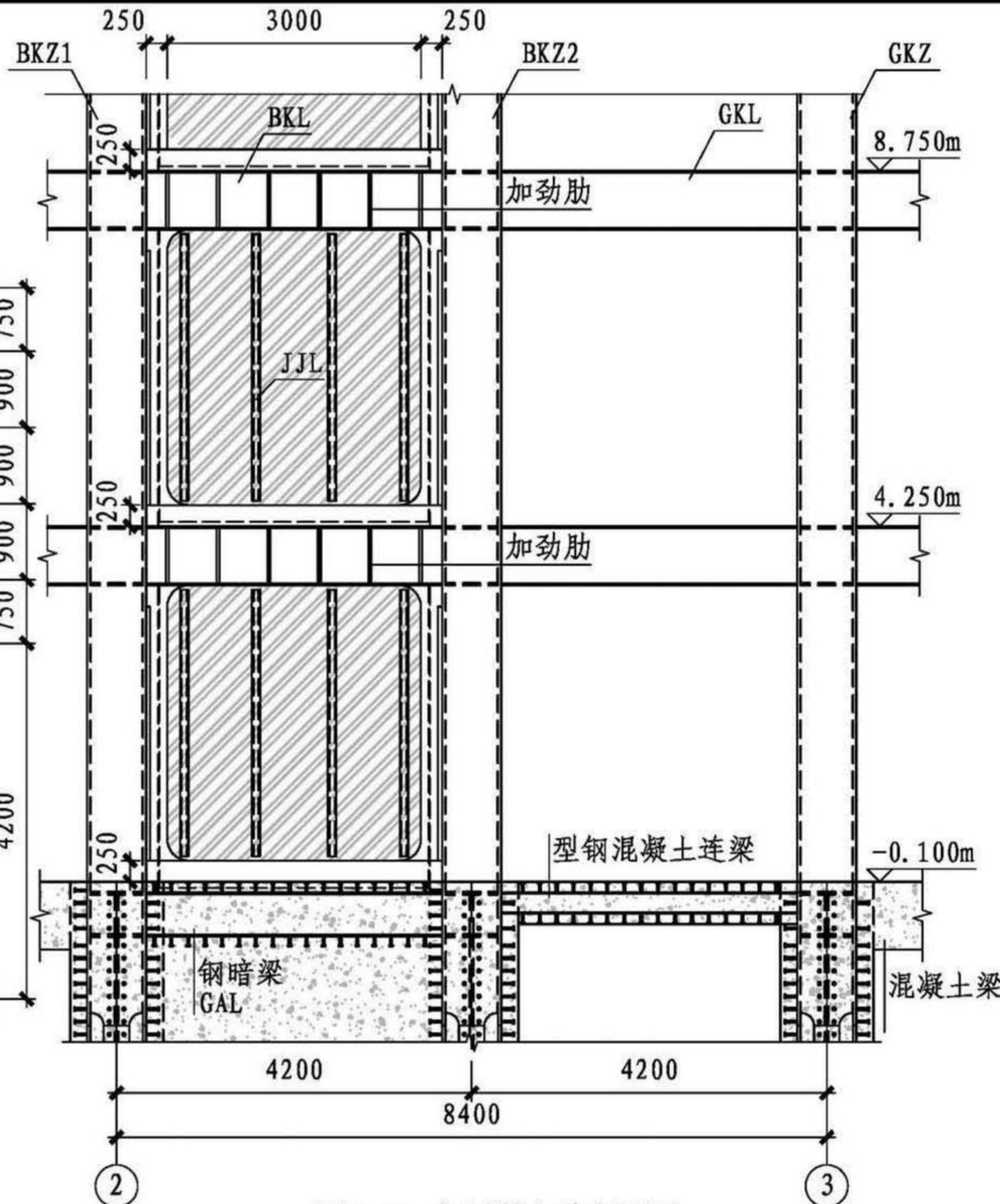


图3-12 钢板剪力墙立面图

竖向加劲钢板剪力墙的截面设计及计算

图集号 20G122

审核 胡纯炀 校对 刘学林 设计 朱丹

页 3-6

5.1 内嵌钢板设计。

5.1.1 宽高比要求:

参照美国国家标准AISC341-05(钢结构建筑抗震规定)和FEMA450(抗震规范)的规定,加劲钢板剪力墙内嵌钢板的宽高比一般应在0.8~2.5之间,内嵌钢板的宽高比应满足下列要求:

$$0.8 \leq \frac{L_c}{H_e} = \frac{3500}{3900} = 0.90 \leq 2.5$$

5.1.2 高厚比/宽厚比要求:

国外规范规定加劲钢板剪力墙内嵌钢板高厚比或宽厚比应满足以下要求:

$$\frac{\max(L_c, H_c)}{t_w} = \frac{3900}{16} = 243.8 \leq 25 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 25 \times \sqrt{\frac{206000}{235}} = 740$$

式中: t_w —— 钢板剪力墙内嵌钢板的厚度 (mm);

E —— 内嵌钢板的弹性模量 (N/mm²);

f_y —— 内嵌钢板的屈服强度 (N/mm²)。

5.1.3 加劲肋刚度要求:

竖向加劲肋的刚度应满足下列要求:

$$\eta_y = \frac{EI_{sy}}{Dl_1} \geq 50$$

$$D = \frac{Et_w^3}{12(1-\nu^2)}$$

式中: η_y —— 竖向加劲肋的刚度参数;

D —— 单位宽度钢板剪力墙的弯曲刚度 (N·mm);

ν —— 钢材的泊松比;

l_1 —— 钢板剪力墙区格宽度 (mm);

I_{sy} —— 竖直方向加劲肋的截面惯性矩 (mm⁴), 可考虑加劲肋与钢板剪力墙有效宽度组合截面, 单侧钢板剪力墙的有效宽度取15倍的钢板厚度:

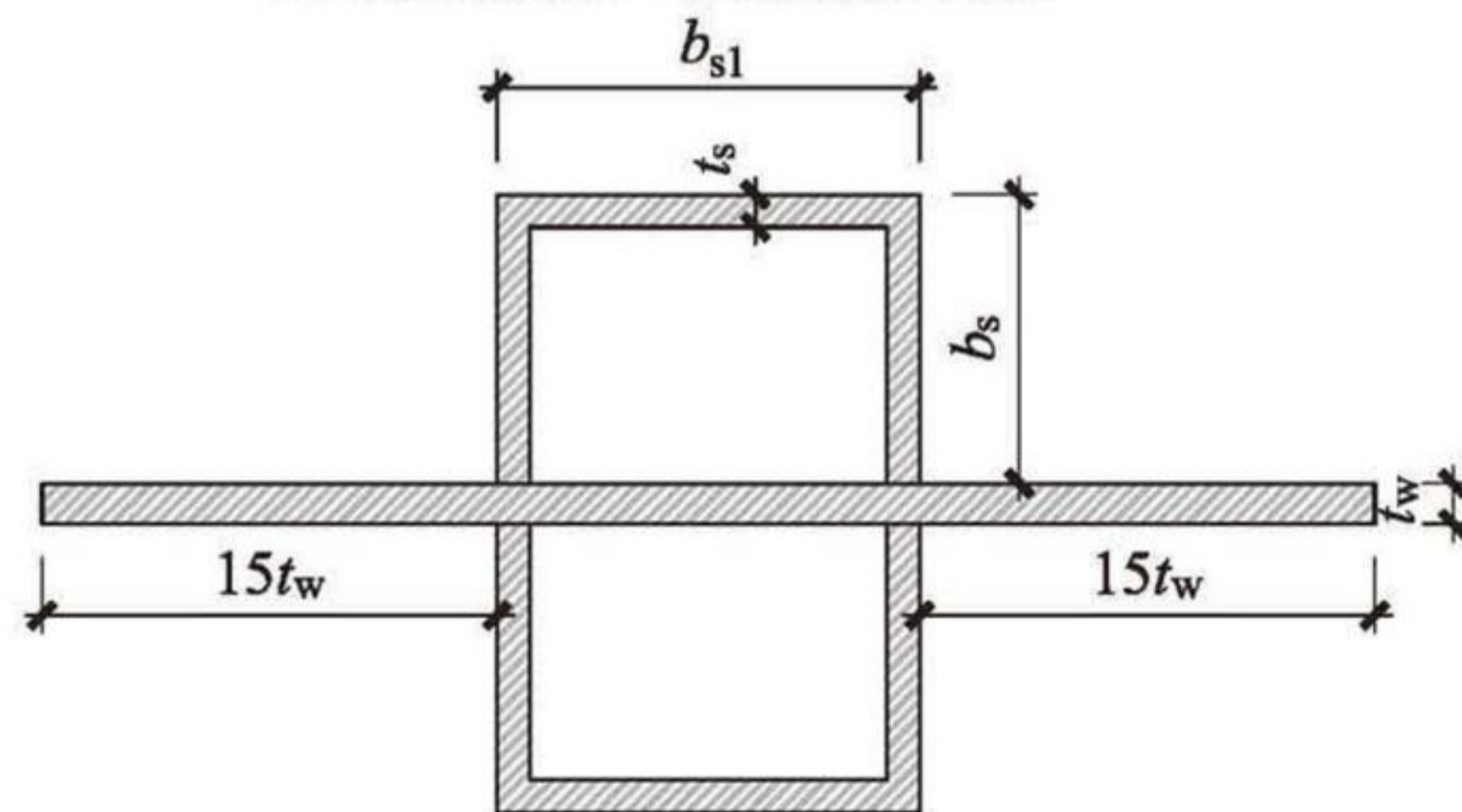


图3-13 加劲肋与钢板剪力墙有效宽度组合截面

I_{sy} 可按下式计算:

$$I_{sy} = \frac{(b_{s1} + 30t_w)}{12} \times t_w^3 + \frac{t_s b_s^3}{3} + b_s t_s (b_s + t_w)^2 + \frac{t_s^3}{6} (b_{s1} - 2t_s) + (2b_{s1} - 4t_s) \left(b_s + \frac{t_w - t_s}{2} \right)^2 t_s$$

式中: b_{s1} —— 加劲肋宽度 (mm);

b_s —— 加劲肋高度 (mm);

t_s —— 加劲肋厚度 (mm)。

竖向加劲钢板剪力墙的
截面设计及计算

图集号

20G122

审核 胡纯炀

校对 刘学林

设计 朱丹

页

3-7

本设计示例中进行验算的钢板剪力墙内嵌钢板厚度为16mm，加劲肋为2□100×100×10。

$$D = \frac{2.06 \times 10^5 \times 16^3}{12 \times (1 - 0.3^2)} = 7.727 \times 10^7 \text{ (N}\cdot\text{mm)}$$

$$I_{sy} = \frac{(100 + 30 \times 16)}{12} \times 16^3 + \frac{10 \times 100^3}{3} + 100 \times 10 \times (100 + 16)^2 + \frac{10^3}{6} \times (100 - 2 \times 10) + (2 \times 100 - 4 \times 10) \times \left(100 + \frac{16 - 10}{2}\right)^2 \times 10$$

$$= 3.398 \times 10^7 \text{ (mm}^4\text{)}$$

$$\eta_y = \frac{2.06 \times 10^5 \times 3.398 \times 10^7}{7.727 \times 10^7 \times 800} = 113.24 > 50$$

竖向加劲肋刚度满足要求。

5.1.4 受剪承载力验算：

本设计示例采用的是焊接加劲钢板剪力墙，采用以加劲钢板剪力墙的屈曲状态为承载力极限状态时，受剪承载力应符合下列公式规定：

$$\tau \leq \varphi_s f_v \quad \varphi_s \leq 1.0$$

$$\varphi_s = \frac{1}{\sqrt[3]{0.738 + (\lambda_n)^6}}$$

$$\lambda_n = \sqrt{\frac{f_{vy}}{\tau_{cr}}}$$

$$\eta_{th} = 6\eta_k (7\beta^2 - 5) \geq 10$$

$$\eta_k = 0.42 + \frac{0.58}{\left[1 + 5.42 \left(\frac{J_{sy}}{I_{sy}}\right)^{2.6}\right]^{0.77}}$$

$$0.8 \leq \beta = \frac{H_e}{l_1} \leq 5$$

式中： τ ——外荷载作用下钢板剪力墙产生的剪应力设计值 (N/mm²)；

f_v ——钢材的抗剪强度设计值 (N/mm²)；

f_{vy} ——钢材的抗剪屈服强度 (N/mm²)，可取 $f_{vy} = 0.58 f_y$ ；

φ_s ——焊接加劲钢板剪力墙抗剪稳定系数；

λ_n ——焊接加劲钢板剪力墙的正则化高厚比；

τ_{cr} ——焊接加劲钢板剪力墙弹性剪切屈曲临界应力 (N/mm²)；

J_{sy} ——竖向加劲肋自由扭转常数 (mm⁴)，对于如图3-13所示的双向槽型加劲肋， J_{sy} 可按下列公式计算：

$$J_{sy} = \frac{8b_{s1}^2 b_s^2 t_s^2}{b_{s1} t_s + 2b_s t_s}$$

根据《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380-2015附录C的要求，应首先计算 η_{th} 并与 η_y 进行比较，以确定计算 τ_{cr} 时所选用的公式。

$$0.8 \leq \beta = \frac{3900}{800} = 4.88 \leq 5$$

$$J_{sy} = \frac{8 \times 100^2 \times 100^2 \times 10^2}{100 \times 10 + 2 \times 100 \times 10} = 2.667 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$\eta_k = 0.42 + \frac{0.58}{\left[1 + 5.42 \times \left(\frac{2.667 \times 10^7}{3.398 \times 10^7}\right)^{2.6}\right]^{0.77}} = 0.624$$

$$\eta_{th} = 6\eta_k (7\beta^2 - 5) = 6 \times 0.624 \times (7 \times 4.88^2 - 5) = 605.41 \geq 10$$

竖向加劲钢板剪力墙的 截面设计及计算

图集号

20G122

审核 胡纯炀

设计 朱丹

校对 刘学林

设计 朱丹

设计 朱丹

设计 朱丹

设计 朱丹

设计 朱丹

设计 朱丹

设计 朱丹

页

3-8

由于 $\eta_y = 57.22 < \eta_{\text{rth}} = 605.41$ ，且 $\frac{H_e}{l_1} = \frac{3900}{800} = 4.88 > 1$ ，

$\frac{H_e}{L_e} = \frac{3900}{3500} = 1.11 > 1$ ，因此， τ_{cr} 应按下列式计算：

$$\tau_{\text{cr}} = k_{\text{ss}} \frac{\pi^2 D}{l_1^2 t_w}$$

$$k_{\text{ss}} = k_{\text{ss0}} \left(\frac{l_1}{L_e} \right)^2 + \left[k_{\text{tp}} - k_{\text{ss0}} \left(\frac{l_1}{L_e} \right)^2 \right] \left(\frac{\eta_y}{\eta_{\text{rth}}} \right)^{0.6}$$

$$k_{\text{tp}} = \chi \left[5.34 + \frac{4}{(H_e/l_1)^2} \right]$$

$$k_{\text{ss0}} = 6.5 + \frac{5}{(H_e/L_e)^2}$$

式中： χ ——采用闭口加劲肋时取1.23，开口加劲肋时取1.0。

代入本示例中各项计算参数：

$$k_{\text{tp}} = 1.23 \times \left[5.34 + \frac{4}{(3900/800)^2} \right] = 6.78$$

$$k_{\text{ss0}} = 6.5 + \frac{5}{(3900/3500)^2} = 10.53$$

$$k_{\text{ss}} = 10.53 \times \left(\frac{800}{3500} \right)^2 + \left[6.78 - 10.53 \times \left(\frac{800}{3500} \right)^2 \right] \times \left(\frac{113.24}{605.41} \right)^{0.6}$$

= 2.83

$$\tau_{\text{cr}} = k_{\text{ss}} \frac{\pi^2 D}{l_1^2 t_w} = 2.83 \times \frac{\pi^2 \times 7.727 \times 10^7}{800^2 \times 16} = 210.76 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

代入竖向加劲钢板剪力墙受剪承载力计算公式中，得到：

$$\lambda_n = \sqrt{\frac{1.09 \times 125}{210.76}} = 0.804$$

$$\varphi_s = \frac{1}{\sqrt[3]{0.738 + 0.804^6}} = 0.997$$

根据整体模型计算结果：

$$V = 3486.17 \text{ kN}$$

$$\tau = \frac{V}{L_e t_w} = \frac{3486.17 \times 10^3}{3500 \times 16} = 62.25 \text{ MPa} < 0.997 \times 125 = 124.66 \text{ (MPa)}$$

式中： V ——钢板剪力墙的剪力设计值 (N)。

5.2 边框柱设计：

边框柱的截面惯性矩应符合下列式的规定：

$$I_c \geq (1 - \kappa) \cdot I_{\text{cmin}}$$

$$I_{\text{cmin}} = \frac{0.0031 t_w H_c^4}{L_b}$$

$$\kappa = \begin{cases} 1.0 & (\lambda_{n0} \leq 0.8) \\ 1 - 0.88(\lambda_{n0} - 0.8) & (0.8 < \lambda_{n0} \leq 1.2) \\ 0.94 / \lambda_{n0}^2 & (\lambda_{n0} > 1.2) \end{cases}$$

$$\lambda_{n0} = \frac{1}{37 \sqrt{k_r}} \left(\frac{H_c}{t_w} \right) \frac{1}{\varepsilon_k}$$

$$k_r = 8.98 + 5.6 (l_{\text{min}} / l_{\text{max}})^2$$

式中： I_c ——边框柱截面惯性矩 (mm⁴)；

I_{cmin} ——钢板剪力墙边框柱截面最小惯性矩 (mm⁴)；

竖向加劲钢板剪力墙的 截面设计及计算

图集号

20G122

审核 胡纯炀

设计 朱丹

校对 刘学林

设计 朱丹

设计 朱丹

设计 朱丹

页

3-9

$\overline{H_c}$ ——柱高，按与钢板剪力墙相连上下框架梁的轴线距离计算 (mm)；

$\overline{L_b}$ ——梁跨，按与钢板剪力墙相连框架柱的轴线距离计算 (mm)；

$\overline{\kappa}$ ——剪力分配系数；

λ_{n0} ——非加劲钢板剪力墙的正则化高厚比；

$\overline{k_r}$ ——四边固接板的弹性抗剪屈曲系数；

$\overline{l_{min}}$ ——钢板剪力墙短边长度 (mm)；

$\overline{l_{max}}$ ——钢板剪力墙长边长度 (mm)。

本设计示例中， $\overline{l_{min}} = L_c = 3500\text{mm}$ ， $\overline{l_{max}} = H_c = 3900\text{mm}$ ，计算得到：

$$k_r = 8.98 + 5.6(3500/3900)^2 = 13.49$$

$$\lambda_{n0} = \frac{1}{37 \times \sqrt{13.49}} \times \frac{4500}{16} \times \sqrt{235/235} = 2.07$$

$$\kappa = \frac{0.94}{2.07^2} = 0.22$$

$$(1 - \kappa) \cdot I_{cmin} = (1 - 0.22) \times \frac{0.0031 \times 16 \times 4500^4}{4200} = 3.78 \times 10^9 (\text{mm}^4)$$

本设计示例中钢板剪力墙边框柱惯性矩分别为：

□700×700×50×50：

$$I_c = 9.21 \times 10^9 \text{mm}^4 > (1 - \kappa) \cdot I_{cmin} = 3.78 \times 10^9 \text{mm}^4$$

□400×700×40×40：

$$I_c = 5.08 \times 10^9 \text{mm}^4 > (1 - \kappa) \cdot I_{cmin} = 3.78 \times 10^9 \text{mm}^4$$

截面刚度均满足要求。

5.3 顶层边框梁设计：

顶层钢板剪力墙边框梁的截面惯性矩应符合下式要求：

$$I_{bmin} = \frac{0.0031 t_w L_b^4}{H_c} = \frac{0.0031 \times 14 \times 4200^4}{4400} = 3.07 \times 10^9 \text{mm}^4$$

$$I_b = 3.50 \times 10^9 \text{mm}^4 > I_{bmin} = 3.07 \times 10^9 \text{mm}^4$$

式中： I_b ——顶层边框梁截面惯性矩 (mm⁴)；

I_{bmin} ——顶层边框梁截面最小惯性矩 (mm⁴)。

6 竖向加劲钢板剪力墙的构造要求

6.1 竖向加劲钢板剪力墙与框架梁、钢暗梁可采用鱼尾板过渡连接方式，构造示意图如图 3-14～图 3-16 所示。横向鱼尾板与边缘构件、连接板宜采用焊接连接，竖向加劲钢板剪力墙内嵌钢板与横向鱼尾板应在楼层变形完成后焊接，楼板内钢筋可以与鱼尾板焊接连接，横向鱼尾板板厚均不得小于内嵌钢板厚度。加劲肋上下端应设置封口板，板厚不宜小于 6mm。

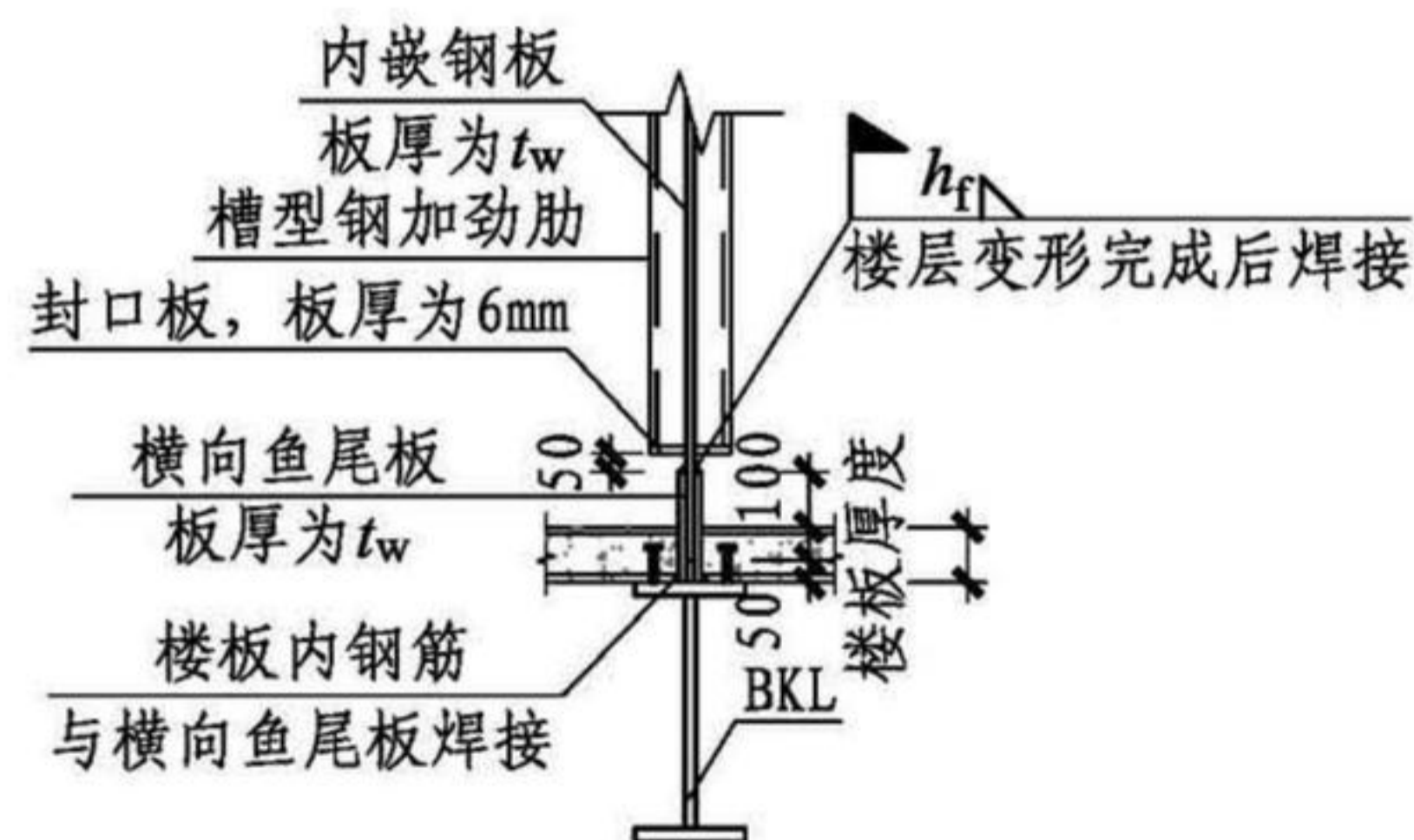


图3-14 内嵌钢板与底部边框梁连接构造

竖向加劲钢板剪力墙的截面设计及计算

图集号

20G122

审核 胡纯炀

设计 朱丹

校对 刘学林

设计 朱丹

设计 朱丹

设计 朱丹

设计 朱丹

页

3-10

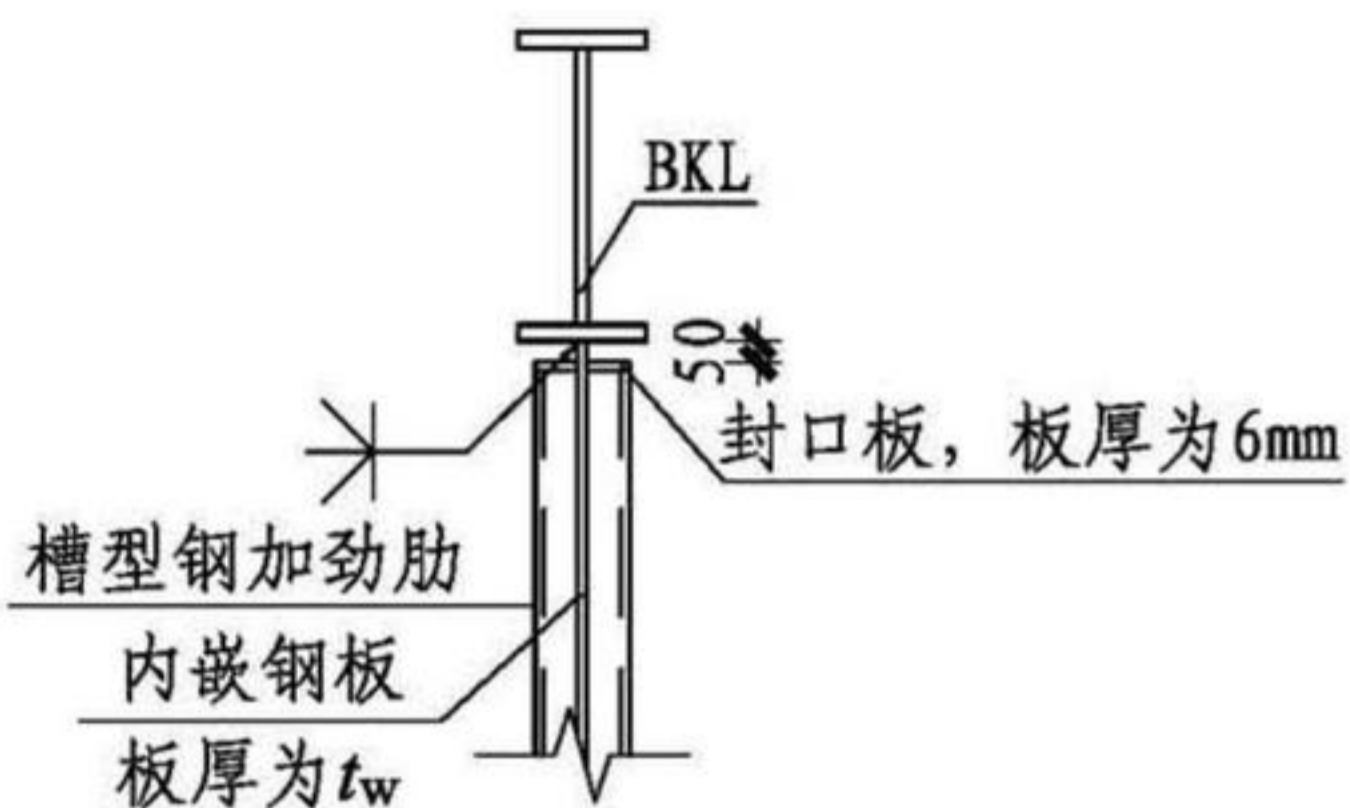


图3-15 内嵌钢板与顶部边框梁连接构造

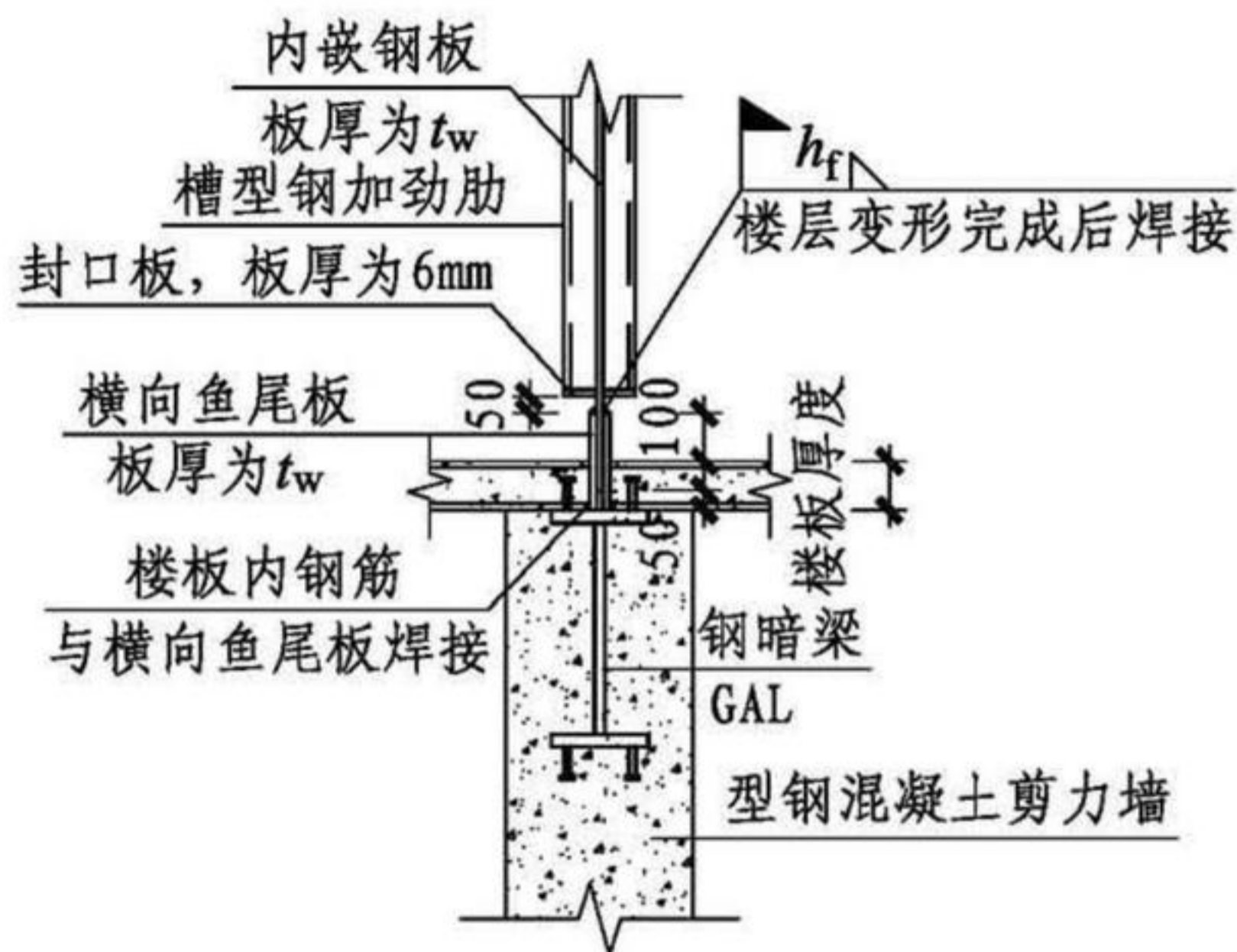


图3-16 内嵌钢板与钢暗梁连接构造

6.2 边框梁腹板厚度不应小于钢板剪力墙内嵌钢板厚度，当边框梁腹板高厚比较大时，宜设置横向加劲肋。

6.3 底部加强区范围内钢板剪力墙与边框梁柱连接应进行角部倒角处理、拼接焊缝避让等构造措施防止钢板剪力墙出现角部应力集中、焊缝撕裂破坏，竖向加劲钢板剪力墙非底部加强区及底部加强区范围内连接构造示意图分别如图3-17、图3-18所示。

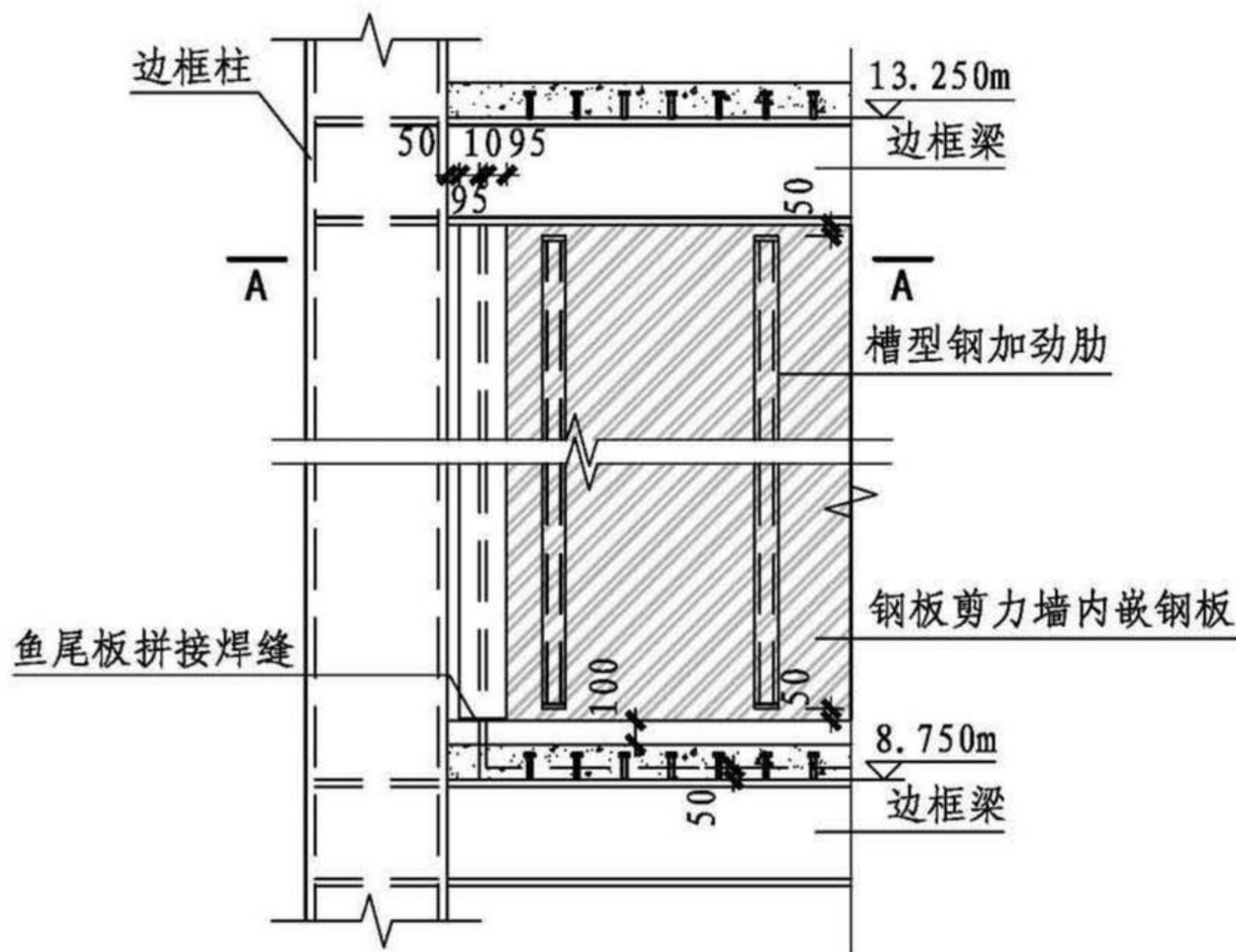


图3-17 竖向加劲钢板剪力墙非底部加强区构造

注：1. 图中未示出边框梁腹板加劲肋；
2. A-A剖面图详见图3-20、图3-21。

竖向加劲钢板剪力墙的构造要求		图集号	20G122
审核	胡纯炀	校对	刘学林
设计	朱丹	设计	朱丹
页	3-11		

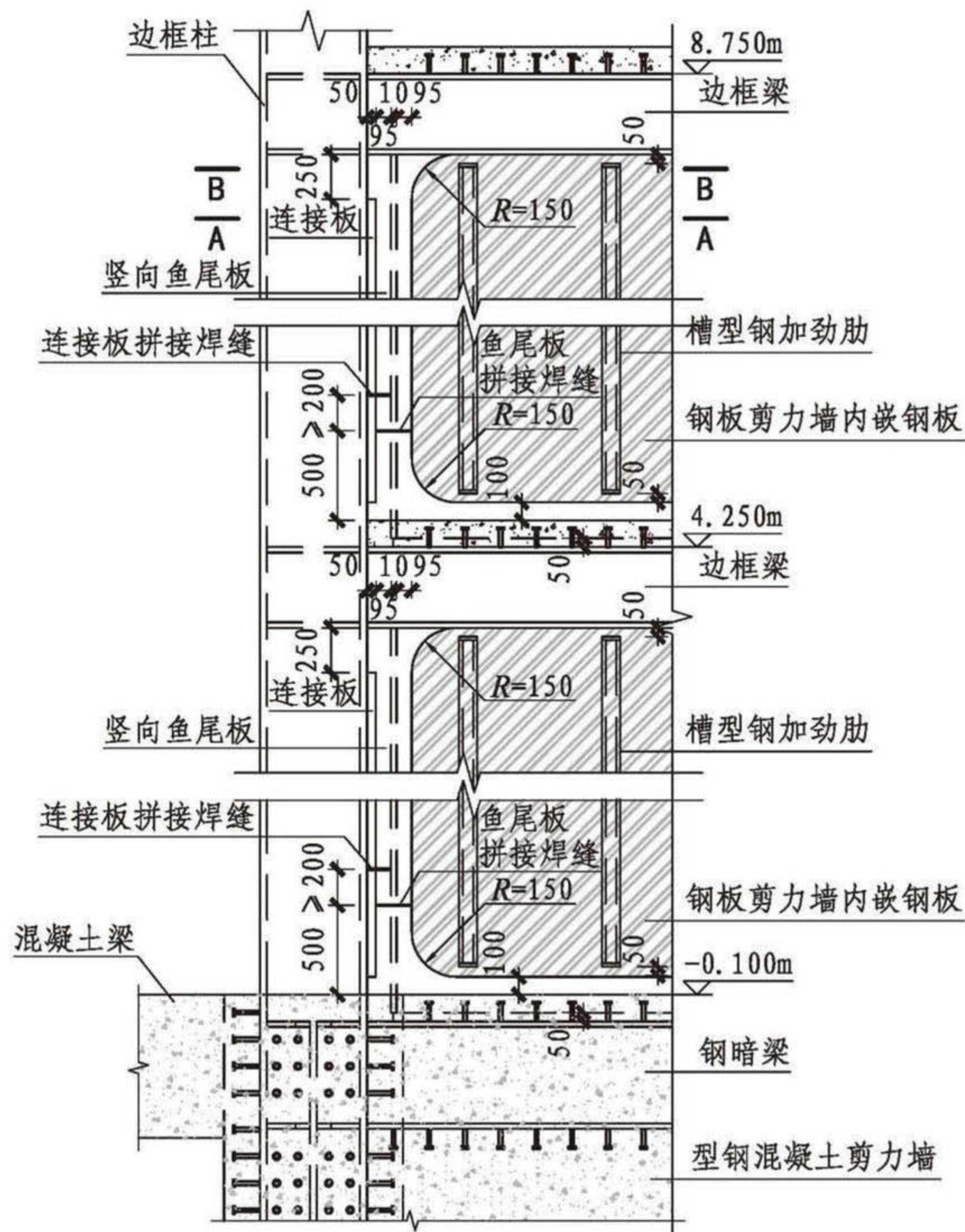


图3-18 竖向加劲钢板剪力墙底部加强区构造

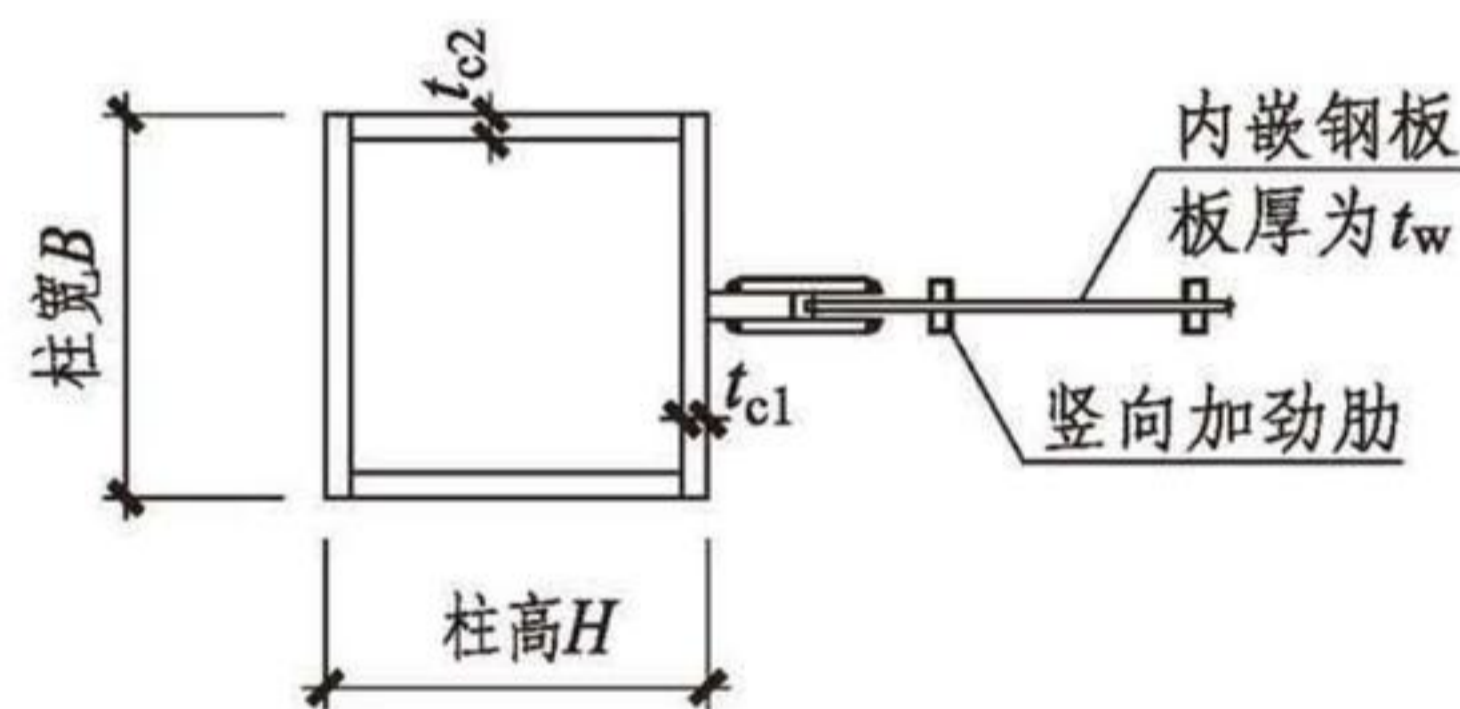
注: 1. 图中未示出边框梁腹板加劲肋;
2. A-A、B-B剖面图详见图3-20、图3-21。

6.4 与钢板剪力墙连接的边框柱壁板应具有足够的厚度以确保钢板剪力墙拉力带的有效开展, 当边框柱壁厚不足时, 应设置与内嵌钢板相对应的柱内加劲肋。当钢板剪力墙内嵌钢板位于边框柱中心时, 箱型边框柱壁板厚度可按下列公式验算:

$$t_{c1} \geq \sqrt{\frac{2f_y t_w (B - t_{c2}) \sin^2 \alpha}{3f_{yc}}}$$

$$|\alpha = \tan^{-1}(H_c/L_c)|$$

式中: t_{c1} ——与钢板剪力墙连接的边框柱壁板厚度 (mm);
 t_{c2} ——不与钢板剪力墙连接的边框柱壁板厚度 (mm);
 B ——与钢板剪力墙连接的一侧边框柱宽度 (mm);
 α ——钢板剪力墙拉力带的倾角;
 f_{yc} ——钢板剪力墙边框柱钢材屈服强度 (N/mm^2)。
其中, t_{c1} 、 t_{c2} 、 B 的几何含义如图3-19所示:

图3-19 t_{c1} 、 t_{c2} 、 B 的几何含义

以本设计示例二层 ②-③ × ①轴墙体为例进行验算。

$$\alpha = \tan^{-1}(3900/3500) = 48.09^\circ$$

对于BKZ1, 边框柱壁板厚度应满足:

竖向加劲钢板剪力墙的构造要求

图集号

20G122

审核 胡纯炀

设计 朱丹

校对 刘学林

设计 朱丹

设计 朱丹

设计 朱丹

设计 朱丹

页

3-12

总说明

$$t_{cl} \geq \sqrt{\frac{2 \times 235 \times 16 \times (700 - 50) \times \sin^2 48.09^\circ}{3 \times 345}} = 51.14(\text{mm})$$

实际设计选用的壁板壁厚为50mm，与计算值相差2.23%，属于合理偏差范围内，出于经济合理性考虑，边框柱内不再设置加劲肋。

对于BKZ2，边框柱壁板厚度应满足：

$$t_{cl} \geq \sqrt{\frac{2 \times 235 \times 16 \times (400 - 40) \times \sin^2 48.09^\circ}{3 \times 345}} = 38.06(\text{mm})$$

实际设计选用的壁板壁厚为40mm，满足计算需要。BKZ1及BKZ2与钢板剪力墙连接构造分别如图3-20及图3-21。

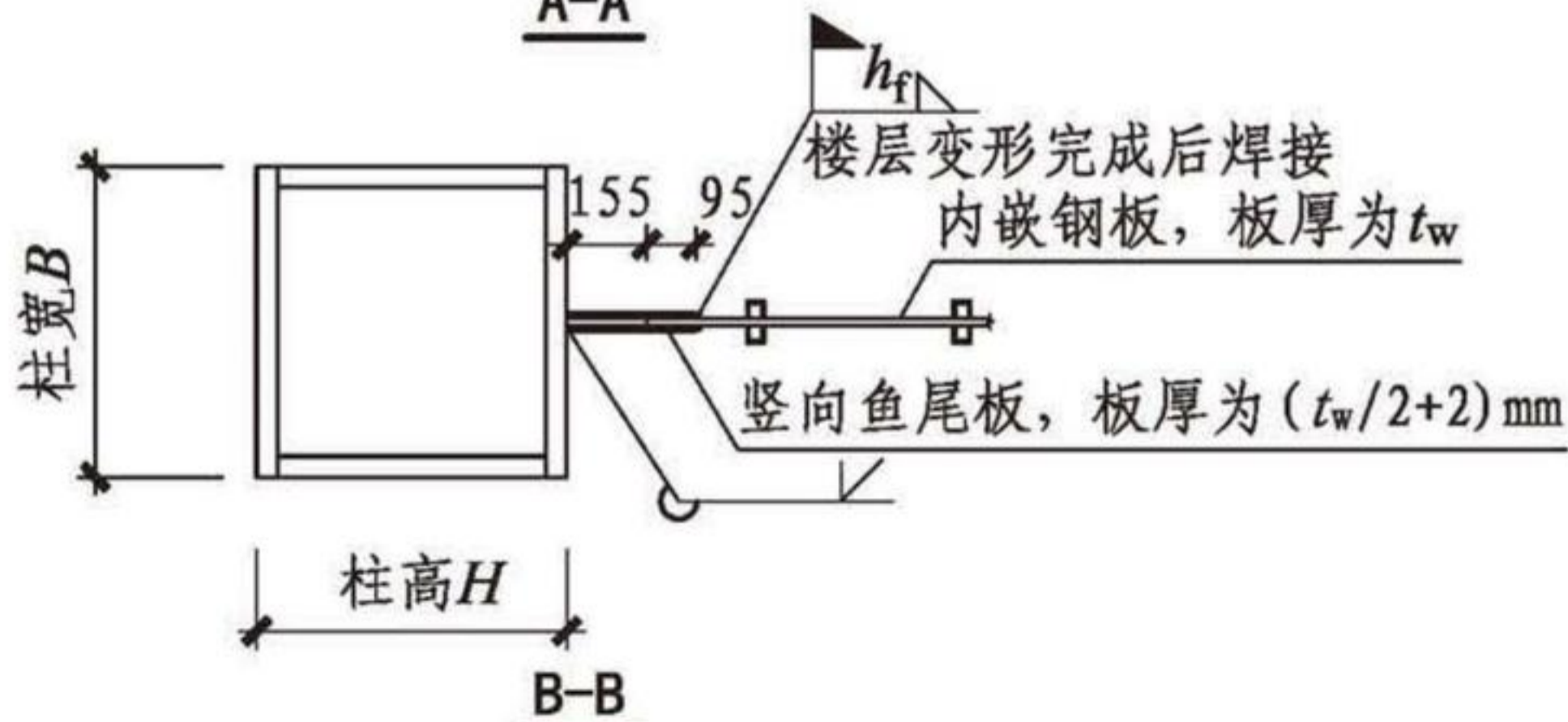
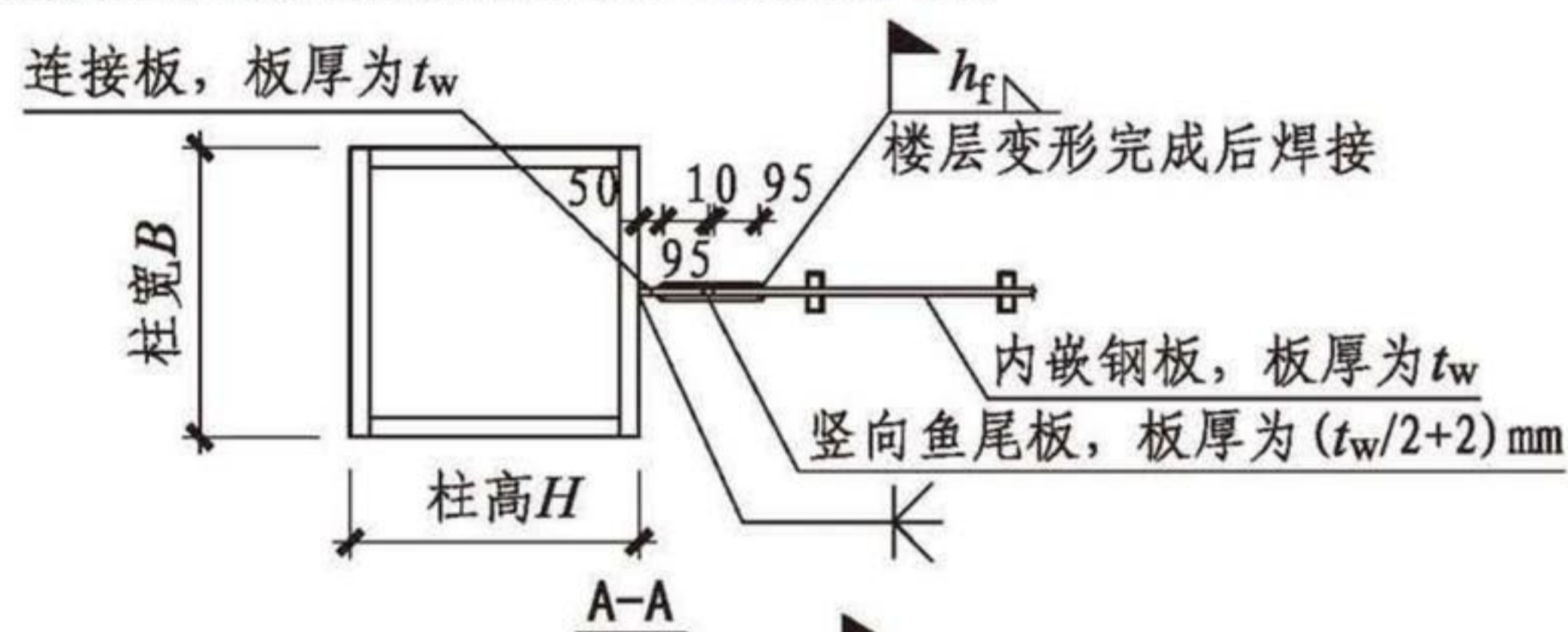


图3-20 BKZ1与钢板剪力墙连接构造

注：A-A及B-B剖切位置参见图3-17、图3-18。

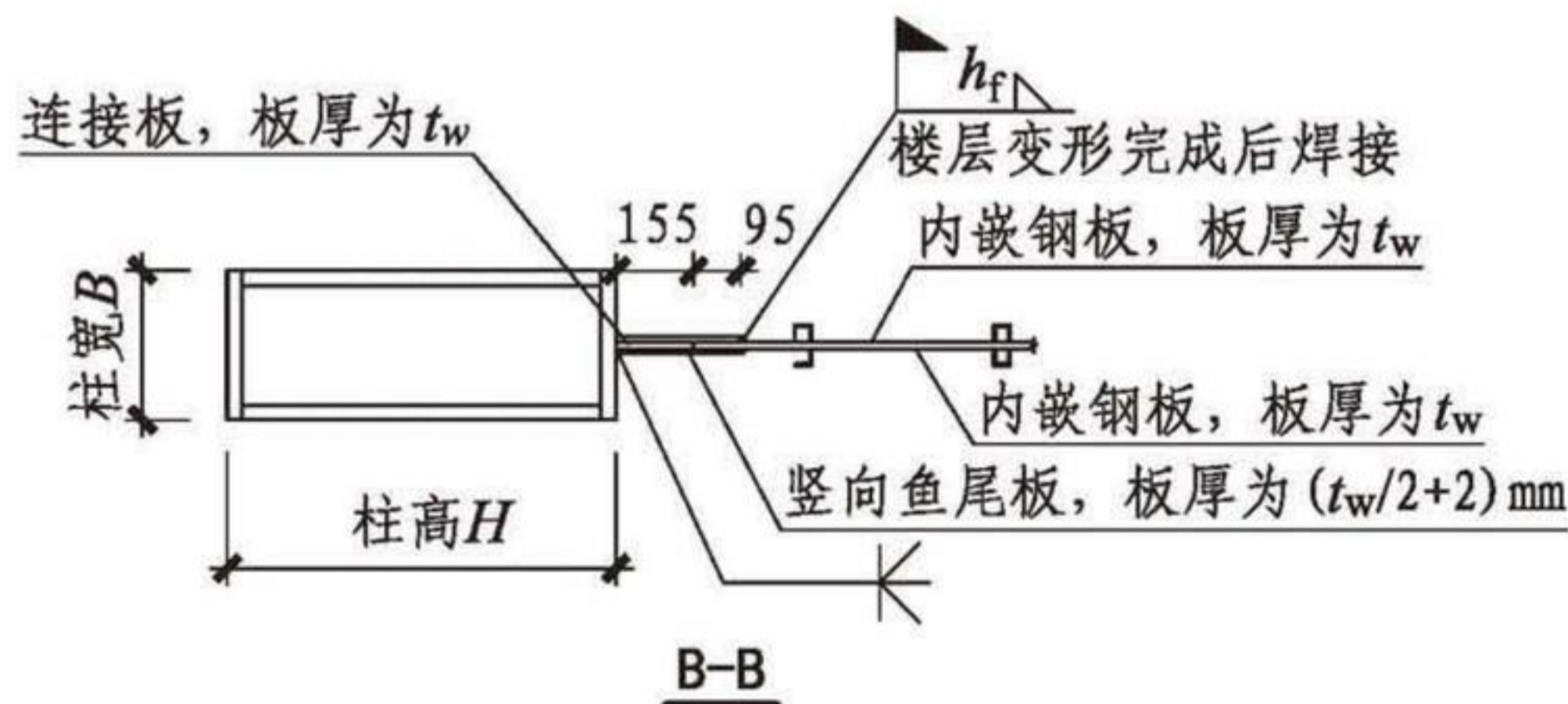
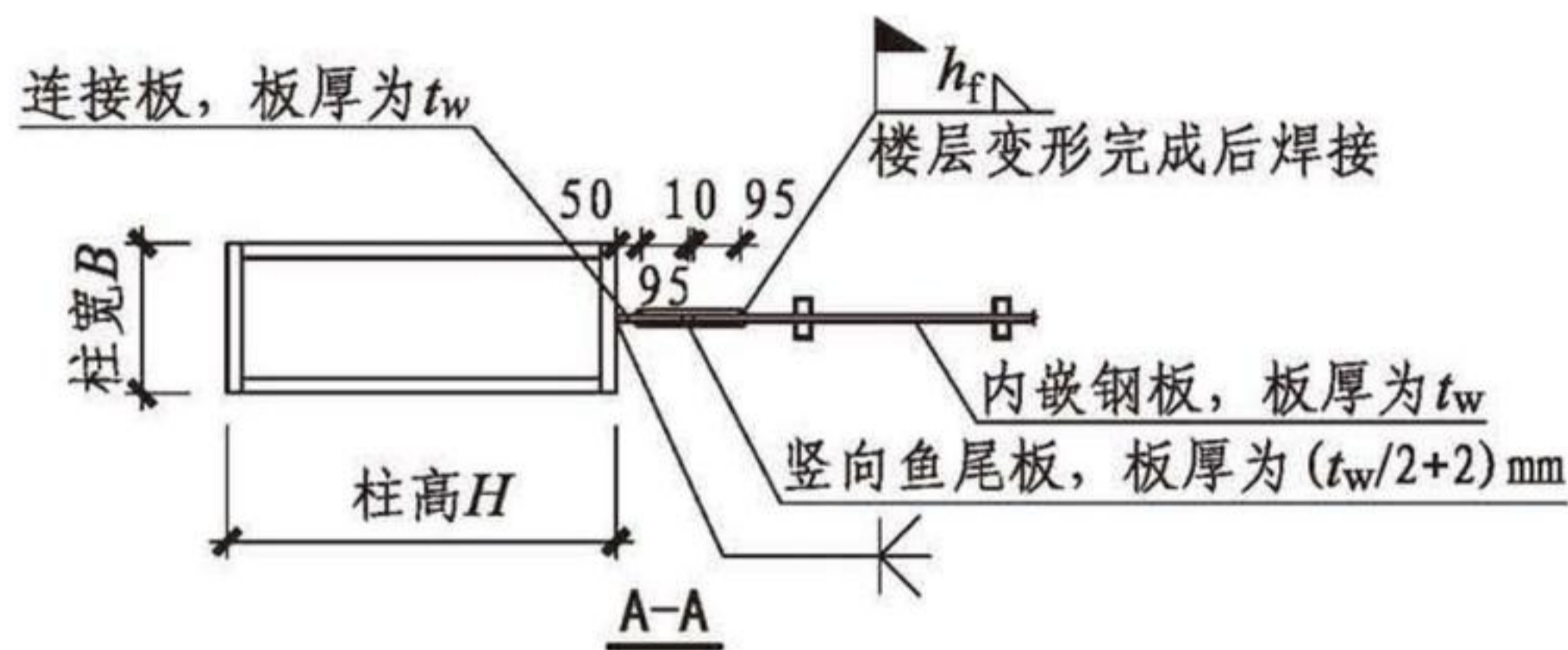


图3-21 BKZ2与钢板剪力墙连接构造

注：A-A及B-B剖切位置参见图3-17、图3-18。

总说明

钢板非加劲墙

钢板竖向加劲墙

钢板屈服约束墙

钢板无屈服墙

钢板非加劲墙

钢板竖向加劲墙

钢板屈服约束墙

钢板无屈服墙

竖向加劲钢板剪力墙的构造要求

图集号

20G122

审核 胡纯炀

设计 朱丹

校对 刘学林

设计 朱丹

设计 朱丹

设计 朱丹

页

3-13

屈曲约束钢板剪力墙

1 工程概况

某工程为一栋住院综合楼，建筑面积43010m²，地下2层，地上14层，标准层层高为4.0m，房屋总高度为56.3m。根据结构特点及建筑使用功能的要求，采用钢框架屈曲约束钢板剪力墙结构。建筑功能为住院病房及医生办公室，建筑外形为L形，最大尺寸为80m×80m，标准柱网尺寸为8m×8m，结构标准层平面图详见图4-1，钢板剪力墙平面及立面图如图4-3~图4-5所示。

钢板剪力墙边框柱采用方钢管混凝土柱及方钢管柱，其他框架柱采用方钢管柱，钢板剪力墙边框梁及框架梁、次梁均采用H型钢。楼盖采用设置一道钢次梁的钢筋桁架楼承板方案，楼板厚度为150mm。主要构件截面及主要设计参数分别如表4-1及表4-2所示。

表4-1 主要构件截面尺寸

构件类型	截面规格 (mm)	材料	备注
边框柱 BKZ	□600×600×40×40	C40/Q345GJB	方钢管混凝土
	□600×600×50×50		
	□300×600×40×40	Q345GJB	焊接箱型钢
	□300×800×40×40		
框架柱 GKZ	□600×600×30×30	Q355B	焊接箱型钢
	□600×700×30×30		
边框梁 BKL	H700×300×20×35	Q345GJB	焊接H型钢
洞口连梁 GLL	H700×300×16×30		

续表4-1

构件类型	截面规格 (mm)	材料	备注
钢板剪力墙 SPSW	内嵌钢板 $t_w=12$	Q235B	钢板
	混凝土盖板 $t_c=100$	C40	预制混凝土板

表4-2 主要设计参数

抗震设防烈度	8度	设计使用年限	50年
基本地震加速度	0.30g	结构设计基准期	50年
场地土类别	Ⅲ类	抗震设防类别	重点设防类
设计地震分组	第二组	结构安全等级	一级
场地特征周期	0.55s	建筑耐火等级	一级

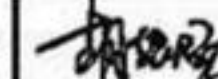
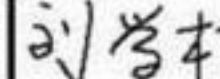

2 设计选型及设计流程

本工程为重点设防类建筑，地震烈度为8度（0.30g），场地类别为Ⅲ类，地震作用较大，需选用具有较高抗剪承载力的钢板剪力墙形式。综合当地混凝土预制构件的制作运输，以及防火成本等因素，确定选用屈曲约束钢板剪力墙。

在进行屈曲约束钢板剪力墙结构设计时，需要根据现行国家标准《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380、《建筑抗震设计规范》GB 50011等对其内嵌钢板、混凝土盖板、边框梁柱、钢连梁等进行设计、验算，设计、验算流程如图4-2所示。

工程概况

图集号 20G122

审核 胡纯炀  校对 刘学林  设计 朱丹  页 4-1

总说明

钢板非加力劲墙

钢板竖向加力劲墙

钢板屈曲约束

钢板无屈曲

总说明

钢板非加力劲墙

钢板竖向加力劲墙

钢板屈曲约束

钢板无屈曲

总说明
 钢板非加劲墙
 钢板剪力墙
 钢板剪力墙
 钢板剪力墙
 钢板无屈曲墙

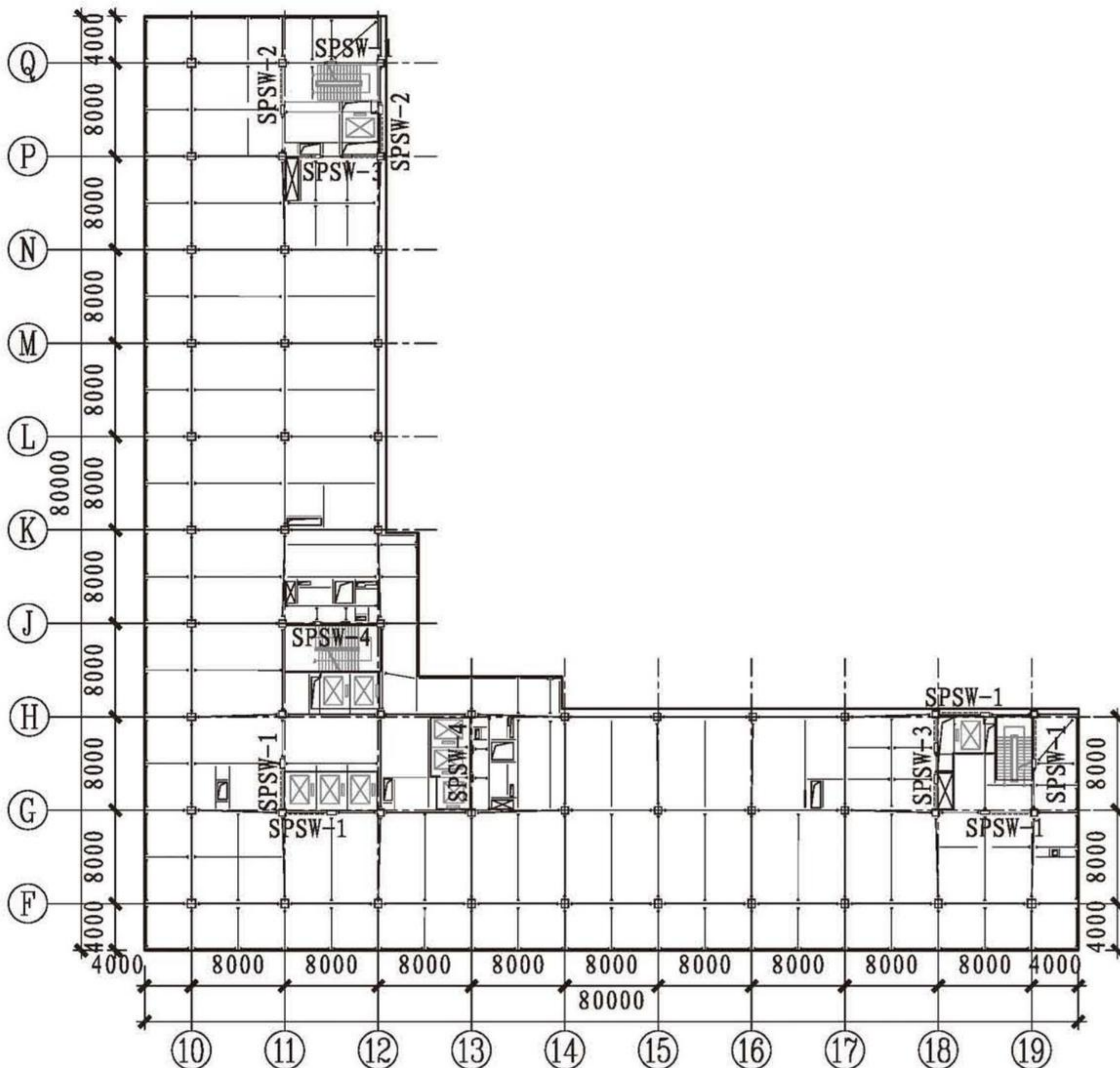


图4-1 某住院综合楼标准层结构平面布置图

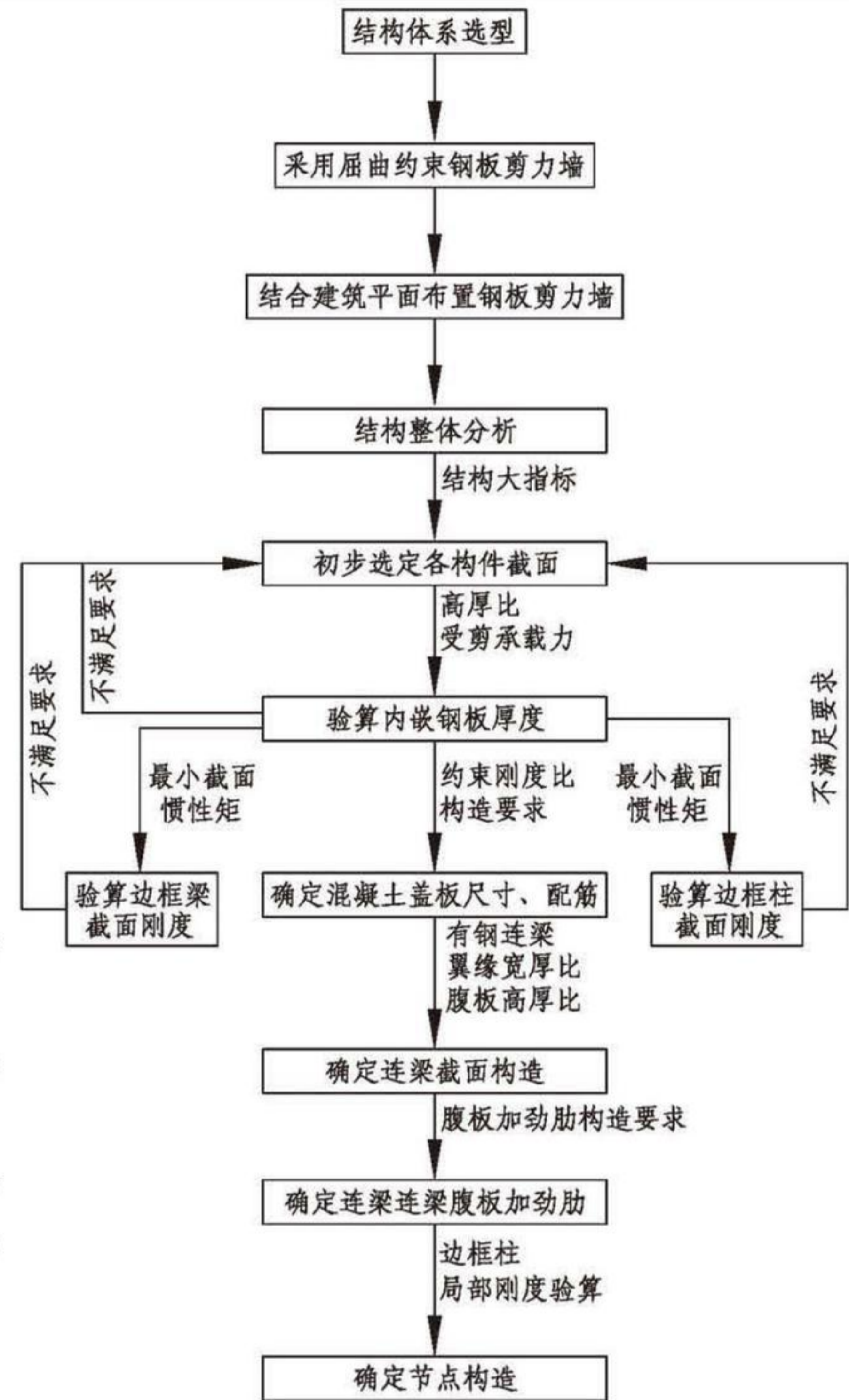


图4-2 屈曲约束钢板剪力墙设计、验算流程图

总说明
 钢板非加劲墙
 钢板剪力墙
 钢板剪力墙
 钢板剪力墙
 钢板无屈曲墙

设计选型及设计流程							图集号	20G122	
审核	胡纯物	胡纯物	校对	刘学林	刘学林	设计	朱丹	页	4-2

总说明

钢板非加劲墙

钢板竖向加劲墙

钢板屈曲约束墙

钢板无屈曲力墙

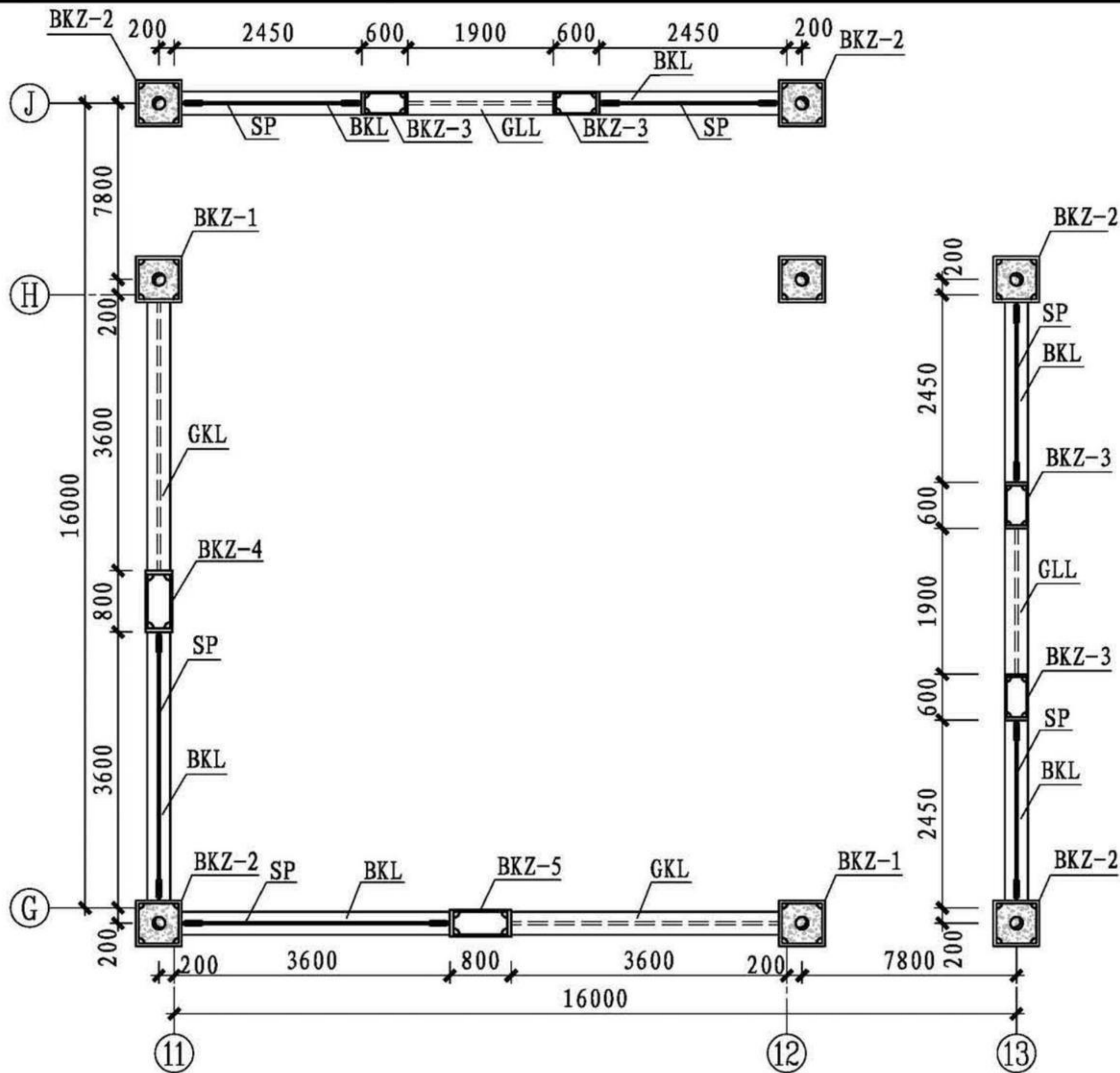


图4-3 钢板剪力墙平面布置图 (一)

注: 1. 图中未示意核心筒内其他结构构件;
2. 图中未示意混凝土盖板。

钢板剪力墙平面布置图

图集号 20G122

审核 胡纯炀 校对 刘学林 设计 朱丹

页 4-3

总说明

钢板非加劲墙

钢板竖向加劲墙

钢板屈曲约束墙

钢板无屈曲力墙

总说明

钢板非加劲墙

钢板竖向加劲墙

钢板屈曲约束墙

钢板无屈曲墙

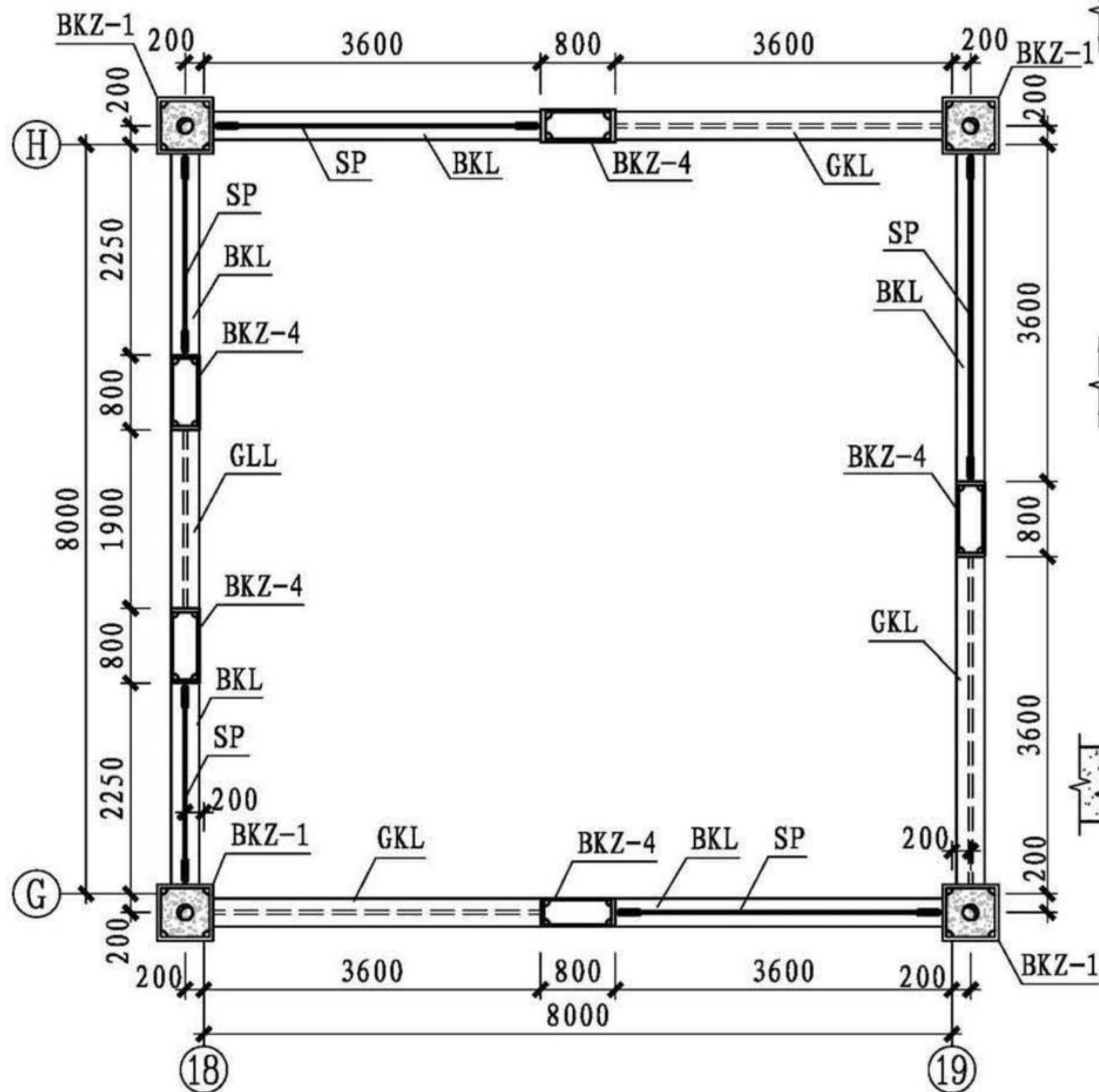


图4-4 钢板剪力墙平面布置图(二)

注: 1. 图中未示意核心筒内其他结构构件;
2. 图中未示意混凝土盖板。

总说明

钢板非加劲墙

钢板竖向加劲墙

钢板屈曲约束墙

钢板无屈曲墙

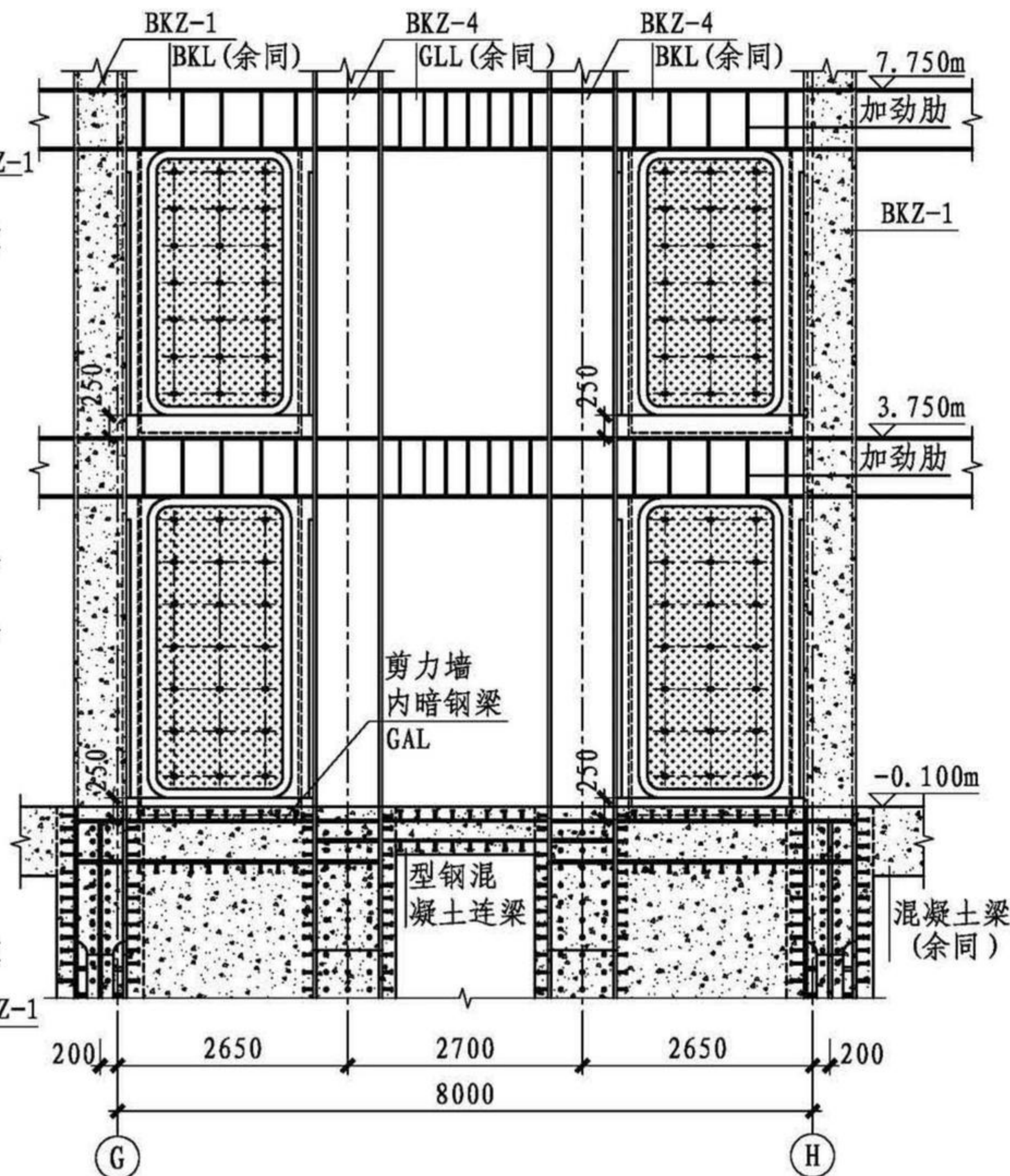


图4-5 18 X G~H轴钢板剪力墙立面图

钢板剪力墙平面布置图

图集号 20G122

审核 胡纯炀 校对 刘学林 设计 朱丹

页 4-4

3 屈曲约束钢板剪力墙的设计计算原则

- 3.1 屈曲约束钢板剪力墙设计中，不应考虑混凝土盖板对内嵌钢板的黏结作用，且不应考虑其对钢板抗侧刚度和承载力的贡献。
- 3.2 混凝土盖板等防止钢板屈曲的构件应能向钢板提供持续的面外约束。
- 3.3 当屈曲约束钢板剪力墙按不承受竖向荷载进行设计时，应在楼层竖向变形完成后将钢板剪力墙内嵌钢板与周边框架进行连接。
- 3.4 当屈曲约束钢板剪力墙采取后安装方式以避免承受竖向荷载时，结构的整体内力分析可采用剪切膜单元进行钢板剪力墙内嵌钢板的模拟，并应通过施工模拟考虑钢板剪力墙的后安装。
- 3.5 仅下侧与钢板剪力墙相连的顶层边框梁、单侧与钢板剪力墙相连的边框柱，应有足够的刚度保证钢板剪力墙拉力带机制充分发展。

4 结构整体计算分析

4.1 小震弹性分析：

利用某大型通用设计软件建立整体三维模型进行计算分析，得到结构前三阶周期及振型如表4-3所示。

表4-3 结构前三阶周期及振型

阶数	周期 (s)	振型
1	2.14	X向平动
2	2.07	Y向平动
3	1.86	扭转

扭转周期与第一阶平动周期之比为 $1.86/2.14=0.87<0.90$ ，满足现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010要求。

由于设计示例三结构平面为L型，考虑可能的不利地震作用方向，补充了45°与135°方向地震计算。计算得到的各楼层层间位移角如图4-6所示。

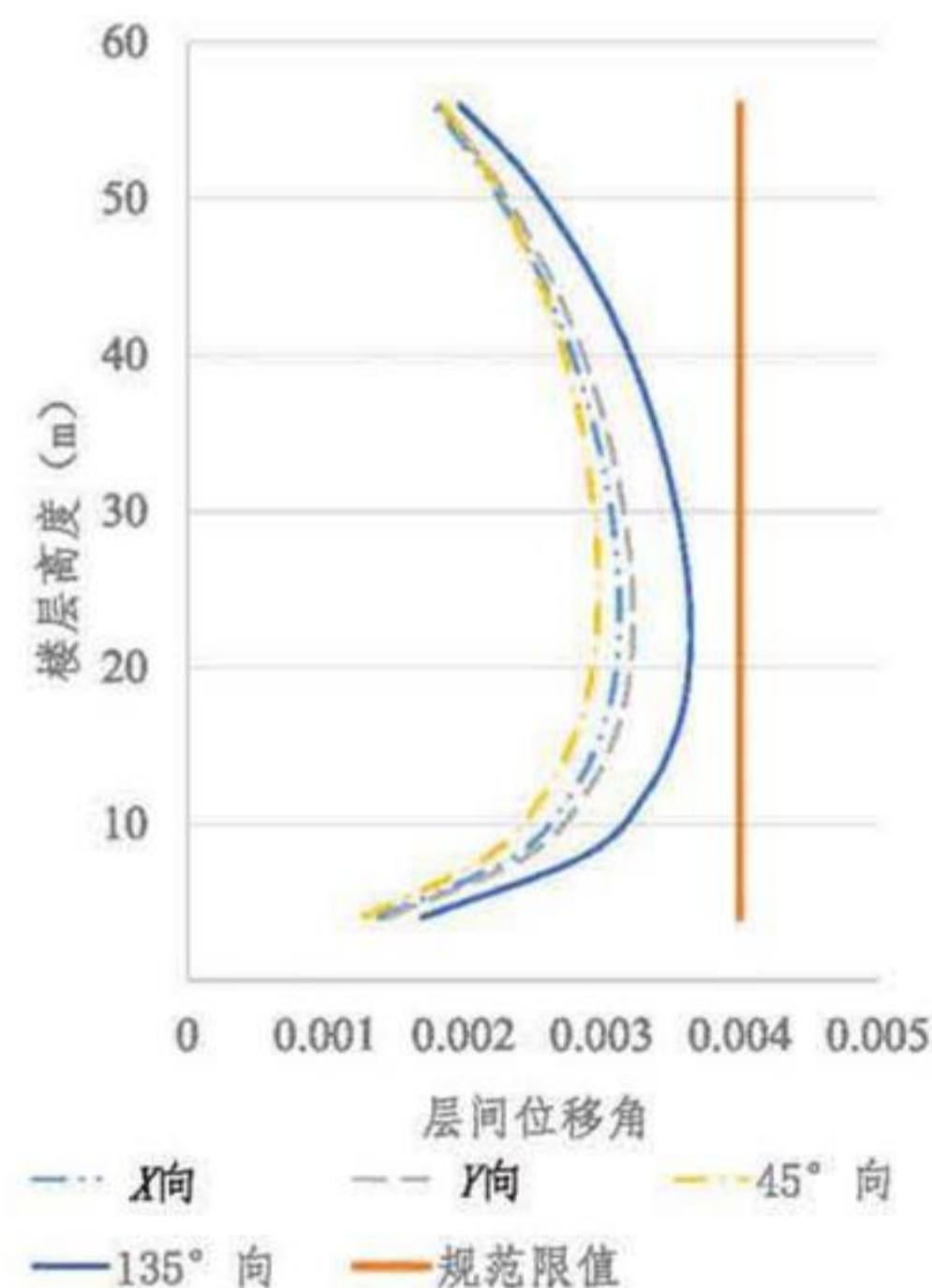


图4-6 小震弹性层间位移角

X向最大层间位移角为1/320，Y向最大层间位移角为1/310，45°向最大层间位移角为1/336，135°向最大层间位移角为1/275，均满足现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015要求。

根据现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015第6.2.6条的规定，各层框架部分承担的地震层剪力不应小于结构总地震剪力的25%和框架部分计算最大层剪力1.8倍二者的较小值。本设计示例框架承担的楼层剪力验算结果如图4-7所示，少量楼层框架剪力需要进行调整，调整系数最大值为1.27。

设计计算原则、结构整体计算分析

图集号

20G122

审核 胡纯炀

校对 刘学林

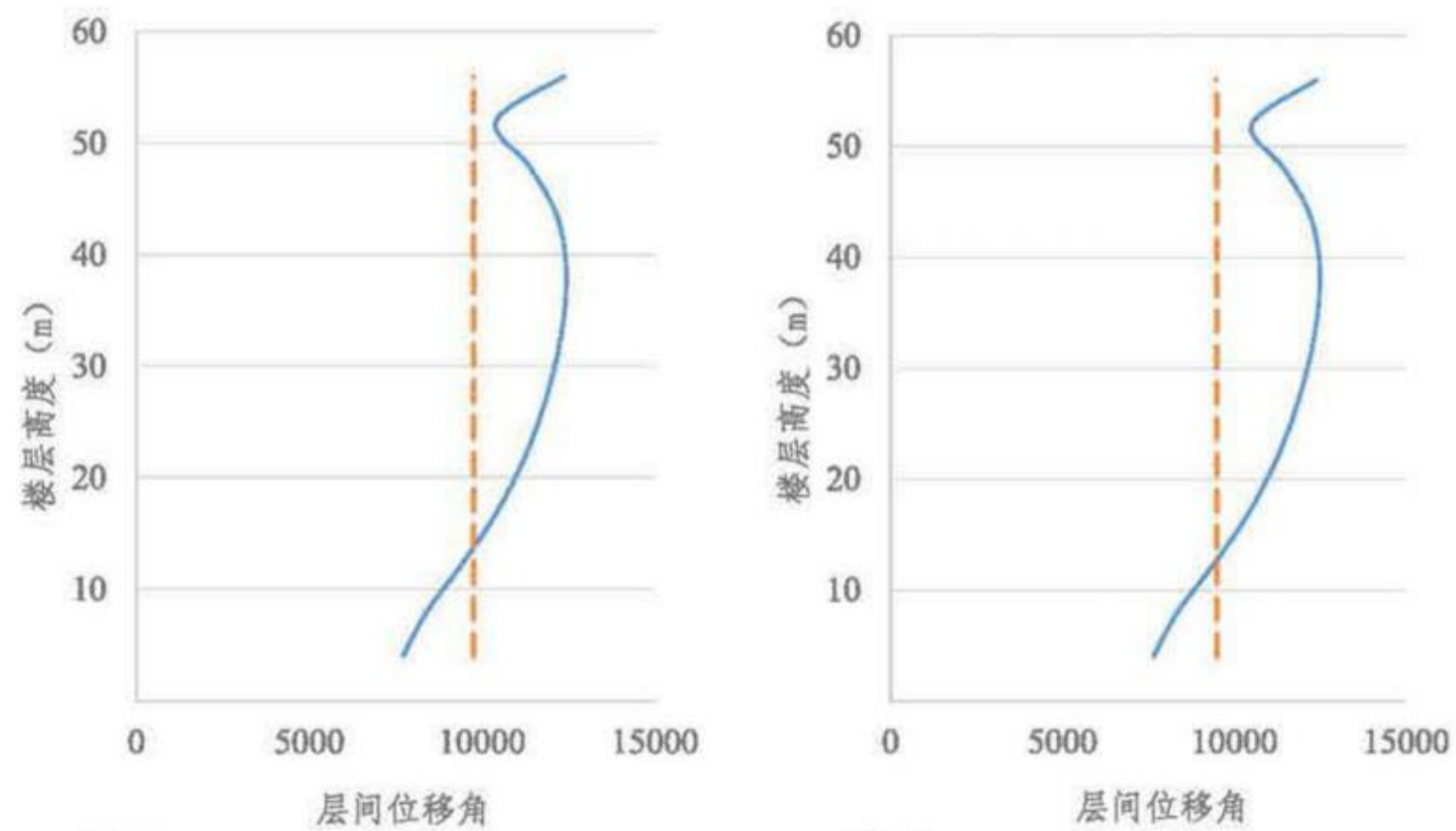
设计 朱丹

页

4-5

页

4-5



(a) X向 (b) Y向

图4-7 框架层剪力验算

4.2 大震弹塑性分析:

由于屈曲约束钢板剪力墙与竖向加劲钢板剪力墙均属于钢板面外变形得到有效约束、耗能曲线饱满的钢板剪力墙类型，其基本分析方法、钢板耗能特性及面外变形等与竖向加劲钢板剪力墙类似，本节从略。

5 屈曲约束钢板剪力墙的截面设计及计算

选取第1层 ⑮ ~ ⑯ × ⑨轴钢板剪力墙为例进行各构件的截面设计及计算，核心筒平面布置图如图4-4所示，用于截面设计及计算的钢板剪力墙立面图如图4-8所示。

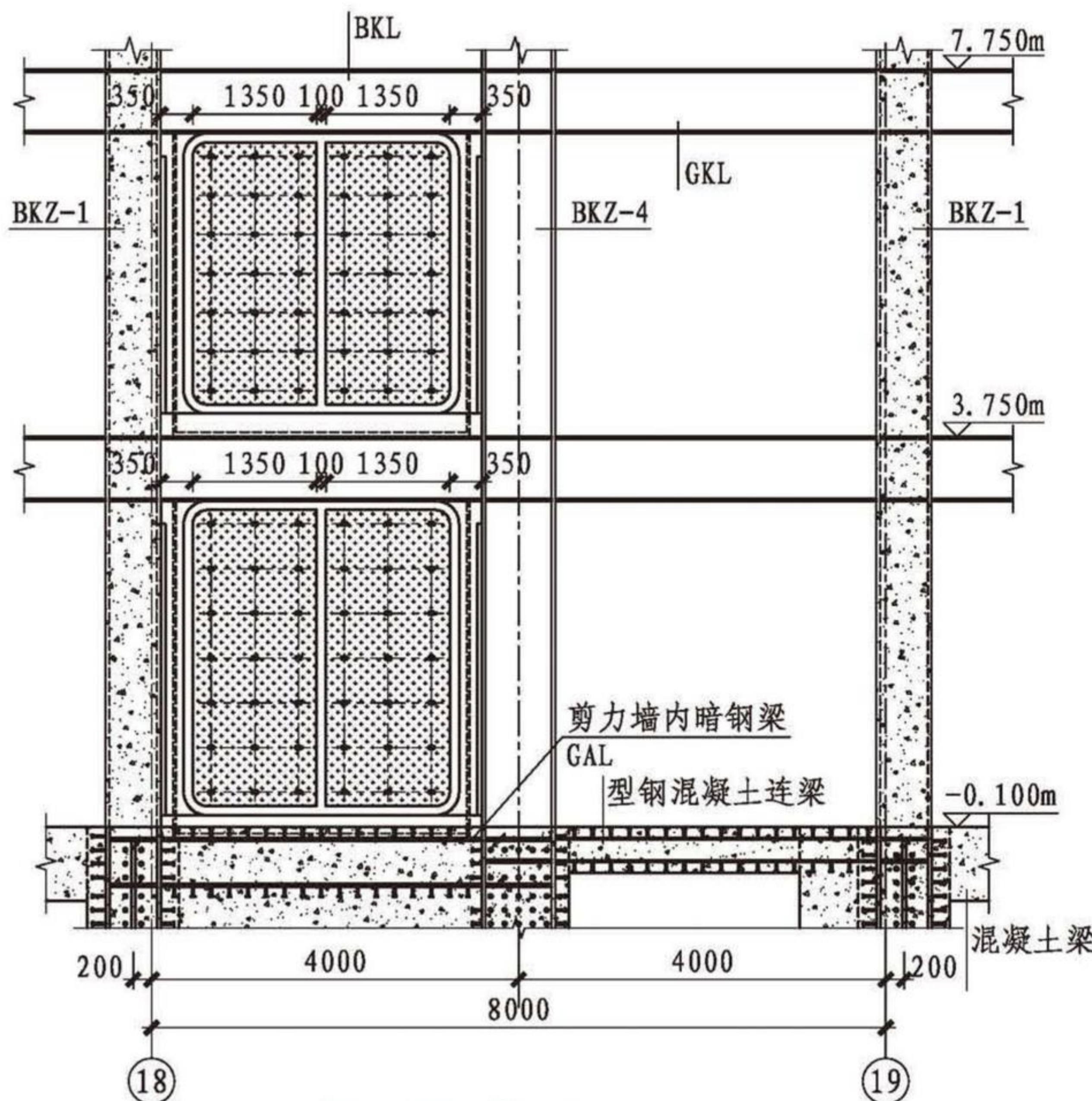


图4-8 ⑮ ~ ⑯ X(9)轴钢板剪力墙立面图

注：图中未示出边框梁腹板加劲肋。

设计计算原则、结构整体计算分析		图集号	20G122
审核 胡纯炀	校对 武仁民	设计 韩华	页 4-6

5.1 内嵌钢板设计。

5.1.1 高厚比要求：

屈曲约束钢板剪力墙的高厚比满足下列要求：

$$100 \leq \lambda = \frac{H_e}{t_{sw} \varepsilon_k} = \frac{3300}{12 \times \sqrt{235/235}} = 275 \leq 600$$

式中： λ ——钢板剪力墙的相对高厚比；

ε_k ——钢号修正系数，取 $\sqrt{235/f_{yp}}$ ；

f_{yp} ——钢材牌号中屈服点数值。

5.1.2 受剪承载力验算：

本工程采用的是四边连接的屈曲约束钢板剪力墙，墙体受剪承载力应符合下式要求：

$$V_u = 0.53 f L_c t_w = 0.53 \times 215 \times 3500 \times 12 = 4785.9 (\text{kN})$$

根据整体模型计算结果：

$$V = 4131.4 (\text{kN}) \leq V_u = 4785.9 (\text{kN})$$

式中： V ——钢板剪力墙的剪力设计值 (N)；

V_u ——钢板剪力墙的受剪承载力设计值 (N)；

f ——内嵌钢板强度设计值 (N/mm²)。

5.2 混凝土盖板设计。

约束钢板平面外屈曲的混凝土盖板按两面设置时，单侧混凝土盖板的约束刚度比应符合下列公式规定：

$$\eta_c \geq \begin{cases} 1.15 & \lambda \leq 200 \\ 0.45 + \frac{\lambda}{285} & \lambda > 200 \end{cases}$$

$$\eta_c = \frac{1.48 k_s E_c t_c^3}{f t_w H_c^2}$$

当 $H_e/L_e \geq 1.0$ 时， $k_s = 4.0 + 5.34(H_e/L_e)^2$

当 $H_e/L_e < 1.0$ 时， $k_s = 5.34 + 4.0(H_e/L_e)^2$

式中： η_c ——混凝土盖板的面外约束刚度比；

E_c ——混凝土的弹性模量，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 执行 (N/mm²)；

t_c ——单侧混凝土盖板厚度 (mm)；

k_s ——四边简支板的弹性抗剪屈曲系数。

本设计示例中，由于 $H_e/L_e = 3300/3500 = 0.943 < 1.0$ ，因此：

$$k_s = 5.34 + 4.0 \times 0.943^2 = 8.90$$

$$\eta_c = \frac{1.48 \times 8.90 \times 3.25 \times 10^4 \times 100^3}{215 \times 12 \times 3300^2} = 15.24 > 0.45 + \frac{275}{285} = 1.41$$

混凝土盖板满足刚度要求。

5.3 边框柱设计。

边框柱的截面惯性矩应符合下式的规定：

$$I_c \geq (1 - \kappa) \cdot I_{cmin}$$

$$I_{cmin} = \frac{0.0031 t_w H_c^4}{L_b}$$

$$\kappa = \begin{cases} 1.0 & (\lambda_{n0} \leq 0.8) \\ 1 - 0.88(\lambda_{n0} - 0.8) & (0.8 < \lambda_{n0} \leq 1.2) \\ 0.94 / \lambda_{n0}^2 & (\lambda_{n0} > 1.2) \end{cases}$$

屈曲约束钢板剪力墙的截面设计及计算

图集号

20G122

审核 胡纯炀 校对 刘学林 设计 吴波

页

4-7

$$\lambda_{n0} = \frac{1}{37\sqrt{k_r}} \left(\frac{H_c}{t_w} \right) \frac{1}{\varepsilon_k}$$

$$k_r = 8.98 + 5.6(l_{\min}/l_{\max})^2$$

式中： I_c ——边框柱截面惯性矩 (mm^4)；

$I_{c\min}$ ——钢板剪力墙边框柱截面最小惯性矩 (mm^4)；

H_c ——柱高，按与钢板剪力墙相连上下框架梁的轴线距离计算 (mm)；

L_b ——梁跨，按与钢板剪力墙相连框架柱的轴线距离计算 (mm)；

κ ——剪力分配系数；

λ_{n0} ——非加劲钢板剪力墙的正则化高厚比；

k_r ——四边固接板的弹性抗剪屈曲系数；

l_{\min} ——钢板剪力墙短边长度 (mm)；

l_{\max} ——钢板剪力墙长边长度 (mm)。

本设计示例中， $l_{\min} = H_c = 3300\text{mm}$ ， $l_{\max} = L_b = 3500\text{mm}$ ，计算得到：

$$k_r = 8.98 + 5.6(3300/3500)^2 = 13.96$$

$$\lambda_{n0} = \frac{1}{37 \times \sqrt{13.96}} \times \frac{4000}{12} = 2.41$$

$$\kappa = \frac{0.94}{2.41^2} = 0.16$$

$$(1 - \kappa) \times I_{c\min} = (1 - 0.16) \times \frac{0.0031 \times 12 \times 4000^4}{4000} = 2.00 \times 10^9 (\text{mm}^4)$$

本设计示例中钢板剪力墙边框柱为方钢管混凝土柱及方钢管

柱，方钢管混凝土柱截面等效惯性矩按下式计算：

$$I_c = I_{cs} + 0.8 \frac{E_{cc}}{E_{cs}} I_{cc}$$

式中： I_{cs} ——钢管截面对其形心轴的惯性矩 (mm^4)；

I_{cc} ——钢管内混凝土截面对其形心轴的惯性矩 (mm^4)；

E_{cc} ——钢管内混凝土的弹性模量 (N/mm^2)；

E_{cs} ——钢管的弹性模量 (N/mm^2)。

本设计示例中钢板剪力墙边框柱截面惯性矩分别为：

□600×600×40×40 (方钢管混凝土柱)：

$$I_c = 4.71 \times 10^9 + 0.8 \times \frac{3.45 \times 10^4}{2.06 \times 10^5} \times 6.09 \times 10^9$$

$$= 5.53 \times 10^9 (\text{mm}^4) > I_{c\min} = 2.00 \times 10^9 (\text{mm}^4)$$

□800×300×40×40 (方钢管柱)：

$$I_c = 5.96 \times 10^9 (\text{mm}^4) > I_{c\min} = 2.00 \times 10^9 (\text{mm}^4)$$

截面刚度均满足要求。

5.4 顶层边框梁设计。

钢板剪力墙顶层边框梁的截面惯性矩应符合下式要求：

$$I_{b\min} = \frac{0.0031 t_w L_b^4}{H_c} = \frac{0.0031 \times 12 \times 4000^4}{4000} = 2.38 \times 10^9 (\text{mm}^4)$$

$$I_b = 2.74 \times 10^9 (\text{mm}^4) > I_{b\min} = 2.38 \times 10^9 (\text{mm}^4)$$

式中： I_b ——顶层边框梁截面惯性矩 (mm^4)；

$I_{b\min}$ ——顶层边框梁截面最小惯性矩 (mm^4)。

5.5 洞口连梁设计。

屈曲约束钢板剪力墙的截面设计及计算

图集号

20G122

审核 胡纯炀 校对 刘学林 设计 朱丹

页

4-8

本设计示例所采用的钢连梁 (GLL) 截面规格为 H700 × 300 × 16 × 30, 净跨度为 1900mm。钢连梁 (GLL) 在平面及立面中的位置参见图 4-4、图 4-5。

5.5.1 翼缘宽厚比构造要求:

钢板剪力墙洞口连梁 (以下简称“连梁”) 翼缘宽厚比应满足下式要求:

$$b_{11}/t_{1f} = (300 - 16)/(2 \times 30) = 4.73 < 8\sqrt{235/f_{yp}} = 6.60$$

式中: b_{11} —— 连梁翼缘外伸宽度 (mm);

t_{1f} —— 连梁翼缘厚度 (mm);

f_{yp} —— 钢材牌号中屈服点数值。

5.5.2 腹板高厚比构造要求:

连梁腹板计算高度 h_{10} 与其厚度 t_{1w} 之比应符合下式要求:

$$\text{当 } N/(Af) \leq 0.14 \text{ 时, } \frac{h_{10}}{t_{1w}} \leq 90 \left(1 - 1.65 \frac{N}{Af} \right) \sqrt{\frac{235}{f_{yp}}}$$

$$\text{当 } N/(Af) > 0.14 \text{ 时, } \frac{h_{10}}{t_{1w}} \leq 33 \left(2.3 - \frac{N}{Af} \right) \sqrt{\frac{235}{f_{yp}}}$$

式中: $N/(Af)$ —— 连梁的轴压比。

本设计示例中:

$$\frac{N}{Af} = \frac{1009 \times 10^3}{28239 \times 325} = 0.11 < 0.14$$

$$\frac{h_{10}}{t_{1w}} = \frac{640}{16} = 40 \leq 90 \times (1 - 1.65 \times 0.11) \times 0.83 = 61.14$$

腹板高厚比满足构造要求。

5.5.3 腹板加劲肋构造要求:

连梁应按下列要求设置腹板加劲肋:

(1) 当 $a > 5M_{ip}/V_{ip}$ 时, 可不配置中间加劲肋;

(2) 当 $|2.6M_{ip}/V_{ip} < a \leq 5M_{ip}/V_{ip}|$ 时, 应在梁端部 $1.5b_{1f}$ 处配置中间加劲肋, 且中间加劲肋间距不大于 $(52t_{1w} - h_{10}/5)$;

(3) 当 $a \leq 1.6M_{ip}/V_{ip}$ 时, 加劲肋间距不大于 $(30t_{1w} - h_{10}/5)$;

(4) 当 $1.6M_{ip}/V_{ip} < a \leq 2.6M_{ip}/V_{ip}$ 时, 中间加劲肋的间距应在上述二者之间通过线性差值确定。

(5) 加劲肋应与连梁的腹板等高设置, 当连梁截面高度不大于 640mm 时, 可配置单侧加劲肋, 连梁截面高度大于 640mm 时, 应在两侧配置加劲肋, 一侧加劲肋的宽度不应小于 $(b_{1f}/2 - t_{1w})$, 厚度不应小于 t_{1w} 和 10mm。

其中:

$$V_{ip} = \min(0.58A_{1w} \cdot f_{ly}, 2M_{ip}/a)$$

$$A_{1w} = (h_1 - 2t_{1f}) \cdot t_{1w}$$

$$M_{ip} = f_{ly} \cdot W_{ip}$$

式中: a —— 连梁净长 (mm);

h_1 —— 连梁高度 (mm);

V_{ip} —— 钢连梁不计入轴力影响的抗剪承载力 (N);

屈曲约束钢板剪力墙的截面设计及计算

图集号

20G122

审核 胡纯炀

设计 朱丹

校对 刘学林

设计 朱丹

设计 朱丹

设计 朱丹

设计 朱丹

页

4-9

M_{lp} ——连梁全塑性受弯承载力 ($N \cdot mm$) ;

A_{lw} ——连梁腹板截面面积 (mm^2) ;

f_{ly} ——连梁钢材屈服强度 (N/mm^2) ;

W_{lp} ——连梁的塑性净截面模量 (mm^3) 。

本工程示例中:

$$A_{lw} = (h_l - 2t_{lf}) \cdot t_{lw} = (700 - 2 \times 30) \times 16 = 10240 (mm^2)$$

$$W_{lp} = 2 \times (300 \times 30 \times 335 + 16 \times 320 \times 160) = 7.67 \times 10^6 (mm^3)$$

$$M_{lp} = f_{ly} \cdot W_{lp} = 335 \times 7.67 \times 10^6 = 2.57 \times 10^9 (N \cdot mm)$$

$$0.58 A_{lw} \cdot f_{ly} = 0.58 \times 10240 \times 345 = 2049 (kN)$$

$$2M_{lp} / a = 2 \times 2.57 \times 10^9 / 1900 = 2705 (kN)$$

$$V_{lp} = \min(0.58 A_{lw} \cdot f_{ly}, 2M_{lp} / a) = 2049 (kN)$$

$$1.6M_{lp} / V_{lp} = 1944 (mm) > a = 1900 (mm)$$

因此, 根据前述加劲肋设置的原则, 加劲肋间距应不大于:

$$30t_{lw} - h_{l0} / 5 = 30 \times 16 - 640 / 5 = 352 (mm)$$

由于设计示例中连梁高度为 $700mm > 640mm$, 因此需两侧配置与连梁腹板等高的加劲肋, 厚度不小于 $t_{lw} = 16mm$ 。

6 屈曲约束钢板剪力墙的构造要求

6.1 内嵌钢板与两侧预制混凝土盖板可采用螺栓连接, 内嵌钢板的螺栓孔直径宜比连接螺栓直径大 $2.0mm \sim 2.5mm$, 混凝土盖板螺栓孔不应小于内嵌钢板的螺栓孔直径。相邻螺栓中心距离与内嵌钢板厚度的比值不宜大于100, 本示例螺栓布置如图4-9。

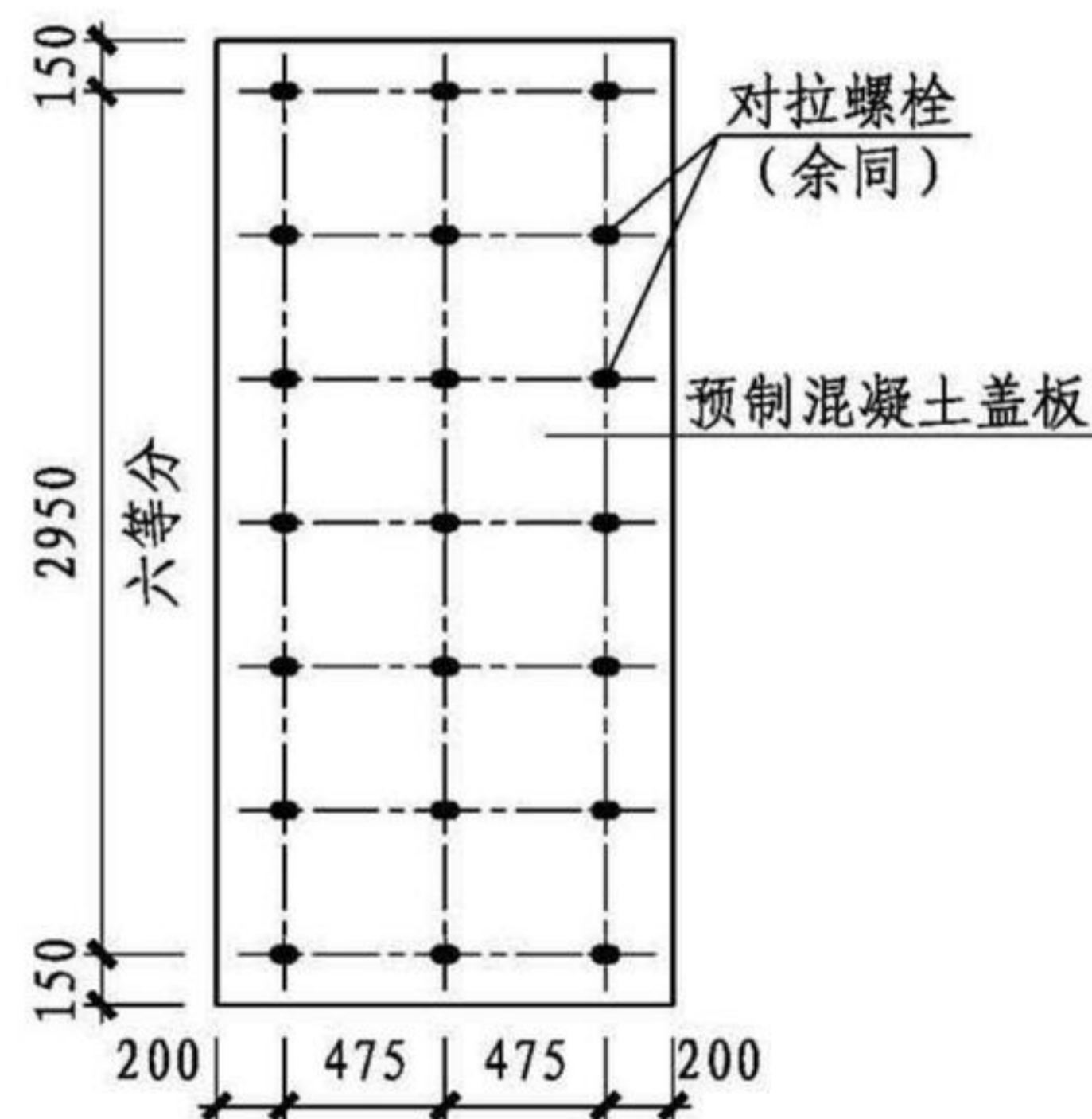


图4-9 预制混凝土盖板螺栓布置

6.2 边框梁腹板厚度不应小于钢板剪力墙内嵌钢板厚度, 当边框梁腹板高厚比较大时, 宜设置横向加劲肋。

6.3 底部加强区范围内钢板剪力墙与边框梁柱连接应采取角部倒角处理、拼接焊缝避让等构造措施防止钢板剪力墙出现角部应力集中、焊缝撕裂破坏。

6.4 混凝土盖板与周边框架之间应预留间隙, 每侧间隙 a 不应小于 $H_0/50$, 其中 H_0 为钢板剪力墙的净高度。图4-10、图4-11为本设计示例根据第6.3、6.4条相关规定的构造示意图。

屈曲约束钢板剪力墙的截面设计及计算

图集号

20G122

审核 胡纯炀

设计 朱丹

校对 刘学林

设计 朱丹

设计 朱丹

设计 朱丹

设计 朱丹

页

4-10

总说明

钢板非加劲墙

钢板竖向加劲墙

钢板屈曲约束墙

钢板无屈曲力墙

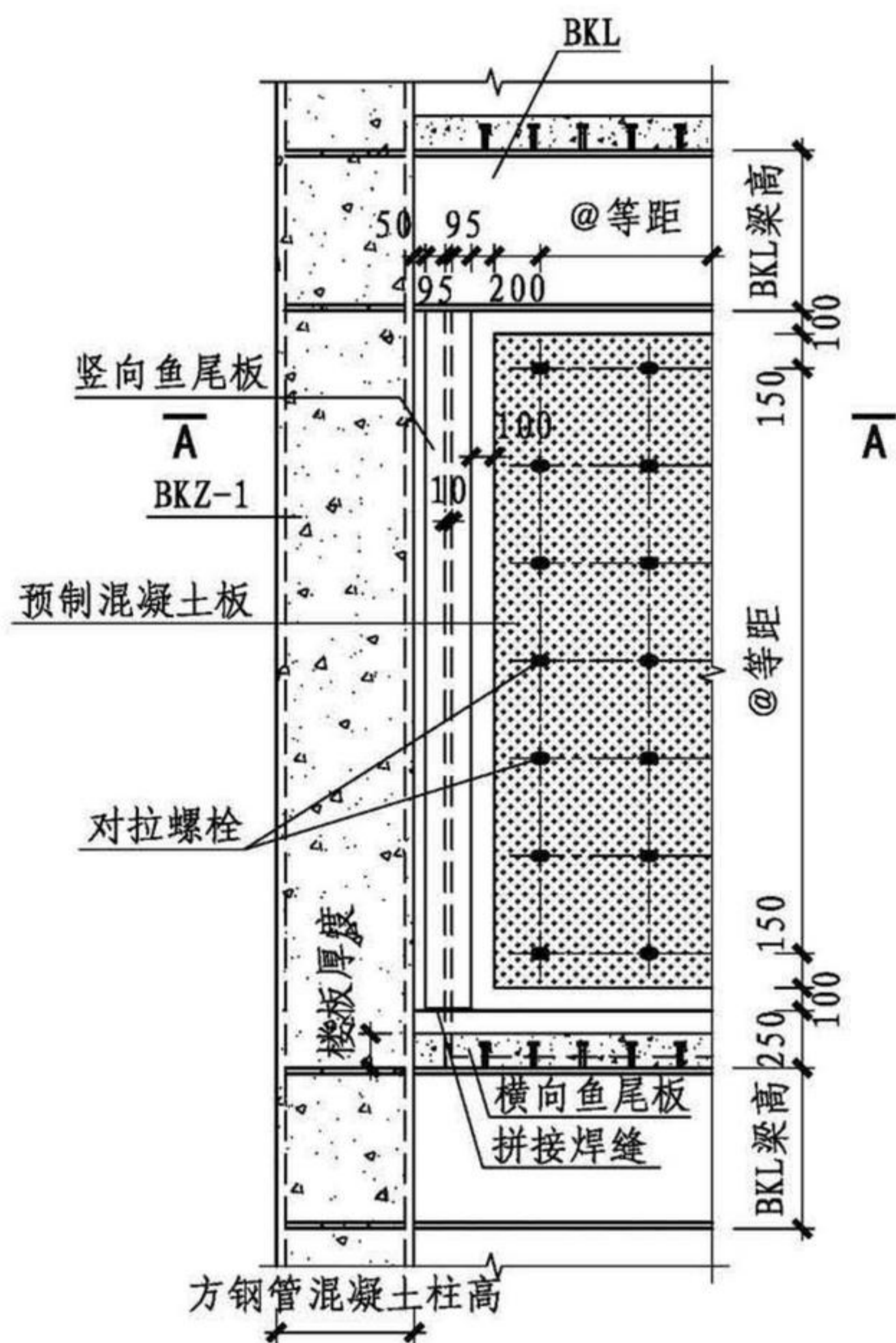


图4-10 屈曲约束钢板剪力墙非底部加强区构造

注: 1. 图中未示出边框梁腹板加劲肋;
2. A-A剖面图详见图4-13.

总说明

钢板非加劲墙

钢板竖向加劲墙

钢板屈曲约束墙

钢板无屈曲力墙

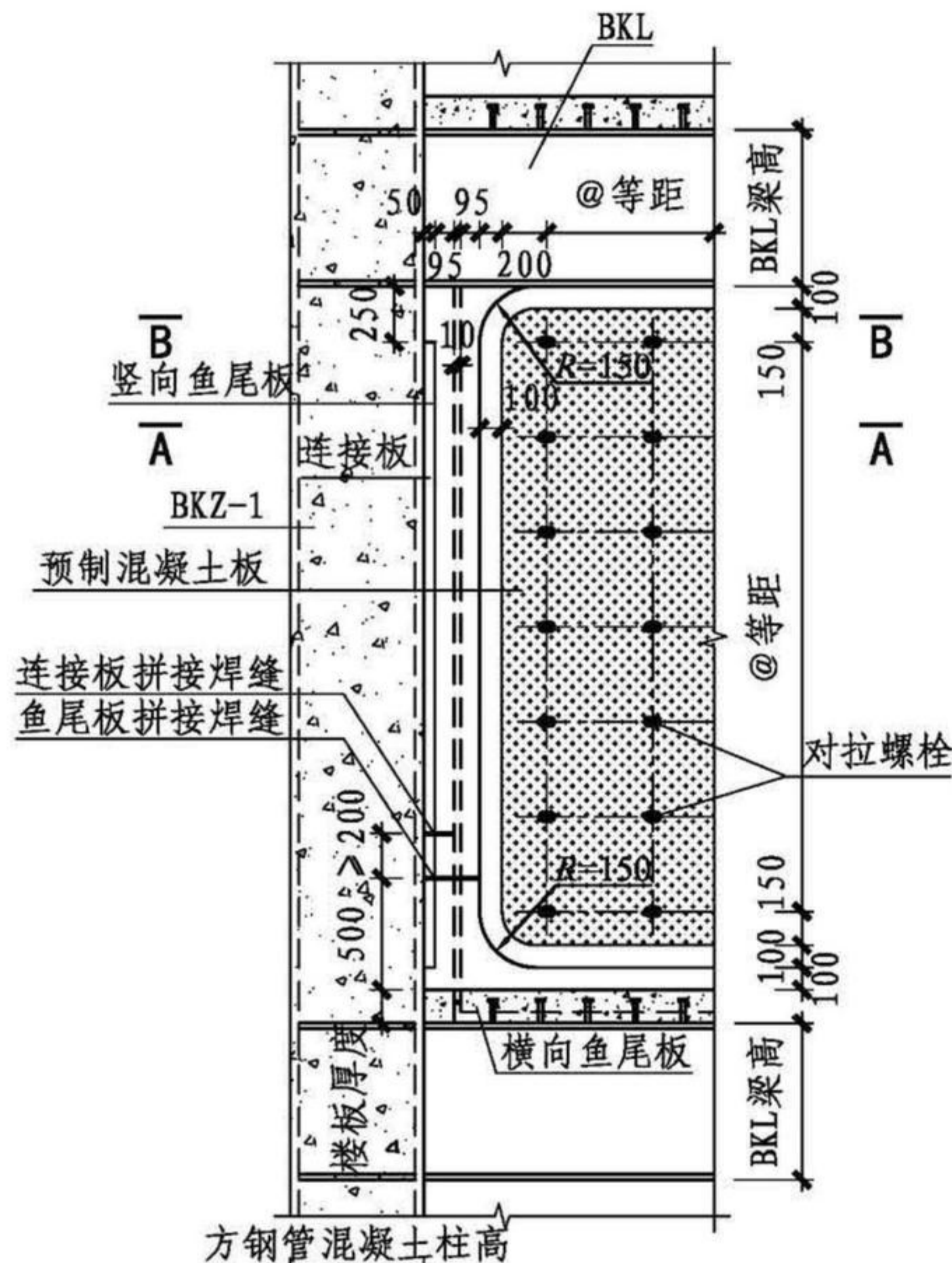


图4-11 屈曲约束钢板剪力墙底部加强区构造

注: 1. 图中未示出边框梁腹板加劲肋;
2. A-A、B-B剖面图详见图4-13.

6.5 屈曲约束钢板剪力墙与边框柱、边框梁宜采用鱼尾板过渡。鱼尾板与边缘构件、连接板宜采用焊接连接, 竖向鱼尾板厚度之和应

屈曲约束钢板剪力墙的构造要求

图集号 20G122

审核 胡纯炀 校对 刘学林 设计 朱丹

页 4-11

大于内嵌钢板厚度。

6.6 与钢板剪力墙连接的边框柱壁板应具有足够的厚度以确保钢板剪力墙拉力带的有效开展,边框柱壁厚不足时,应设置与内嵌钢板相对应的柱内加劲肋。当钢板剪力墙内嵌钢板位于边框柱中心时,边框柱壁板厚度可按下式验算:

$$t_{c1} \geq \sqrt{\frac{2f_y t_w (B - t_{c2}) \sin^2 \alpha}{3f_{yc}}} \quad (\text{方钢管柱})$$

$$t_{c1} \geq \sqrt{\frac{f_y t_w (B - t_{c2}) \sin^2 \alpha}{2f_{yc}}} \quad (\text{方钢管混凝土柱})$$

$$\alpha = \tan^{-1}(H_c/L_c)$$

式中: t_{c1} ——与钢板剪力墙连接的边框柱壁板厚度 (mm);
 t_{c2} ——不与钢板剪力墙连接的边框柱壁板厚度 (mm);
 B ——与钢板剪力墙连接的一侧边框柱宽度 (mm);
 α ——钢板剪力墙拉力带的倾角;
 f_{yc} ——钢板剪力墙边框柱钢材屈服强度 (N/mm²)。

其中 t_{c1} 、 t_{c2} 、 B 的几何含义如图4-12所示。

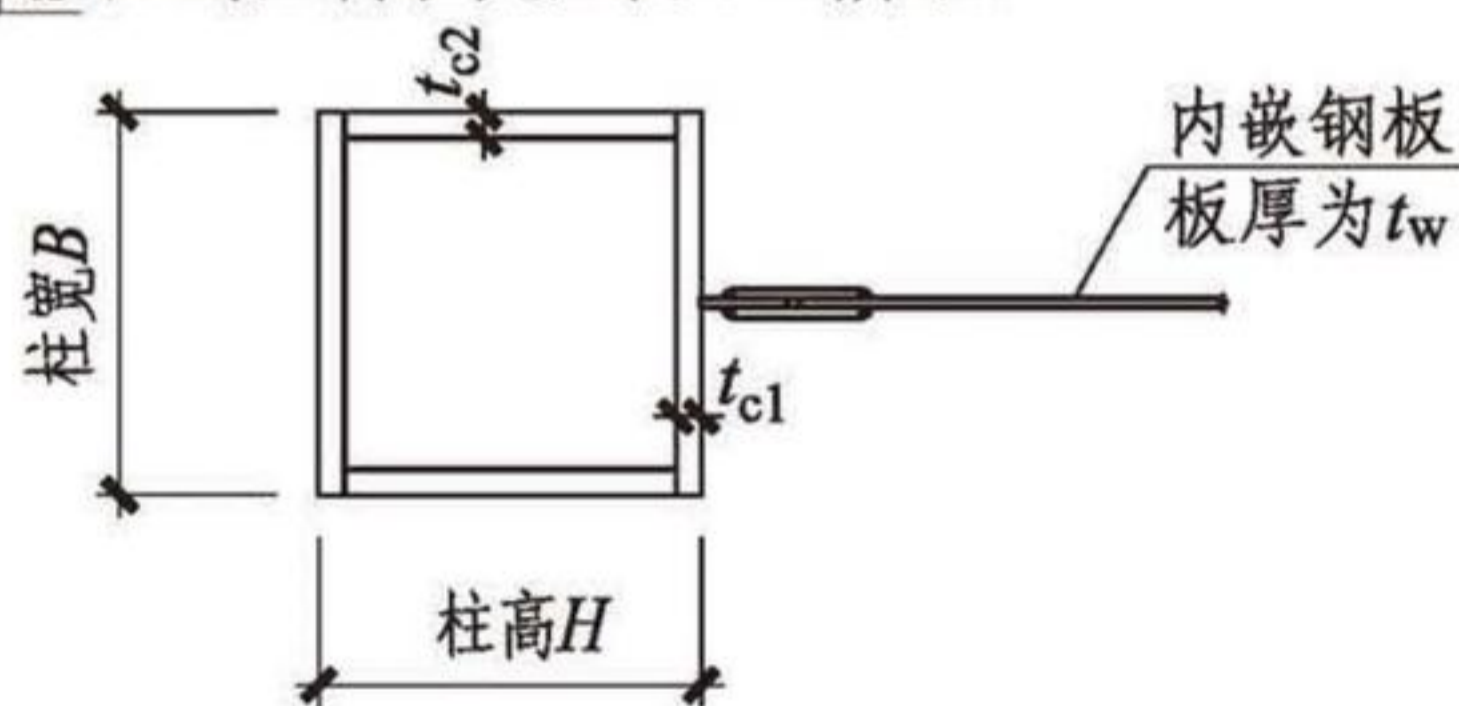


图4-12 t_{c1} 、 t_{c2} 、 B 的几何含义

以本设计示例一层 (18) ~ (19) × (G) ~ (H) 轴核心筒SPSW-1墙体为例进行验算。

$$\alpha = \tan^{-1}(3300/3500) = 43.32^\circ$$

对于BKZ1, 边框柱壁板厚度应满足:

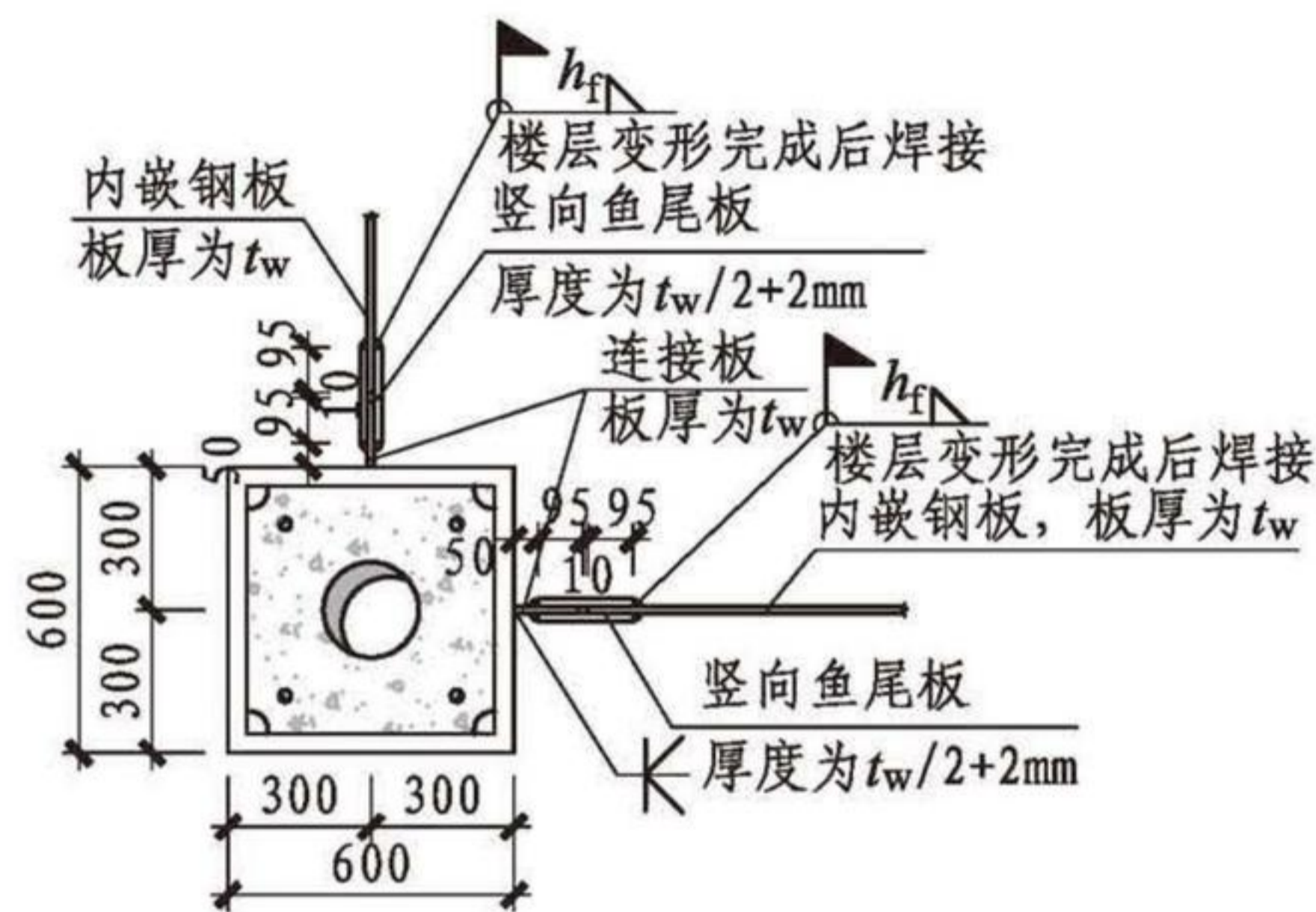
$$t_{c1} \geq \sqrt{\frac{235 \times 12 \times (600 - 40) \times \sin^2 43.32^\circ}{2 \times 345}} = 32.82(\text{mm})$$

实际设计选用的壁板壁厚为40mm, 满足计算需要。

对于BKZ4, 边框柱壁板厚度应满足:

$$t_{c1} \geq \sqrt{\frac{2 \times 235 \times 12 \times (300 - 40) \times \sin^2 43.32^\circ}{3 \times 345}} = 25.82(\text{mm})$$

实际设计选用的壁板壁厚为40mm, 满足计算需要。内嵌钢板与边框柱连接构造如图4-13所示。



(a) 钢管混凝土框架柱

屈曲约束钢板剪力墙的构造要求

图集号 20G122

审核 胡纯炀 校对 刘学林 设计 朱丹

页 4-12

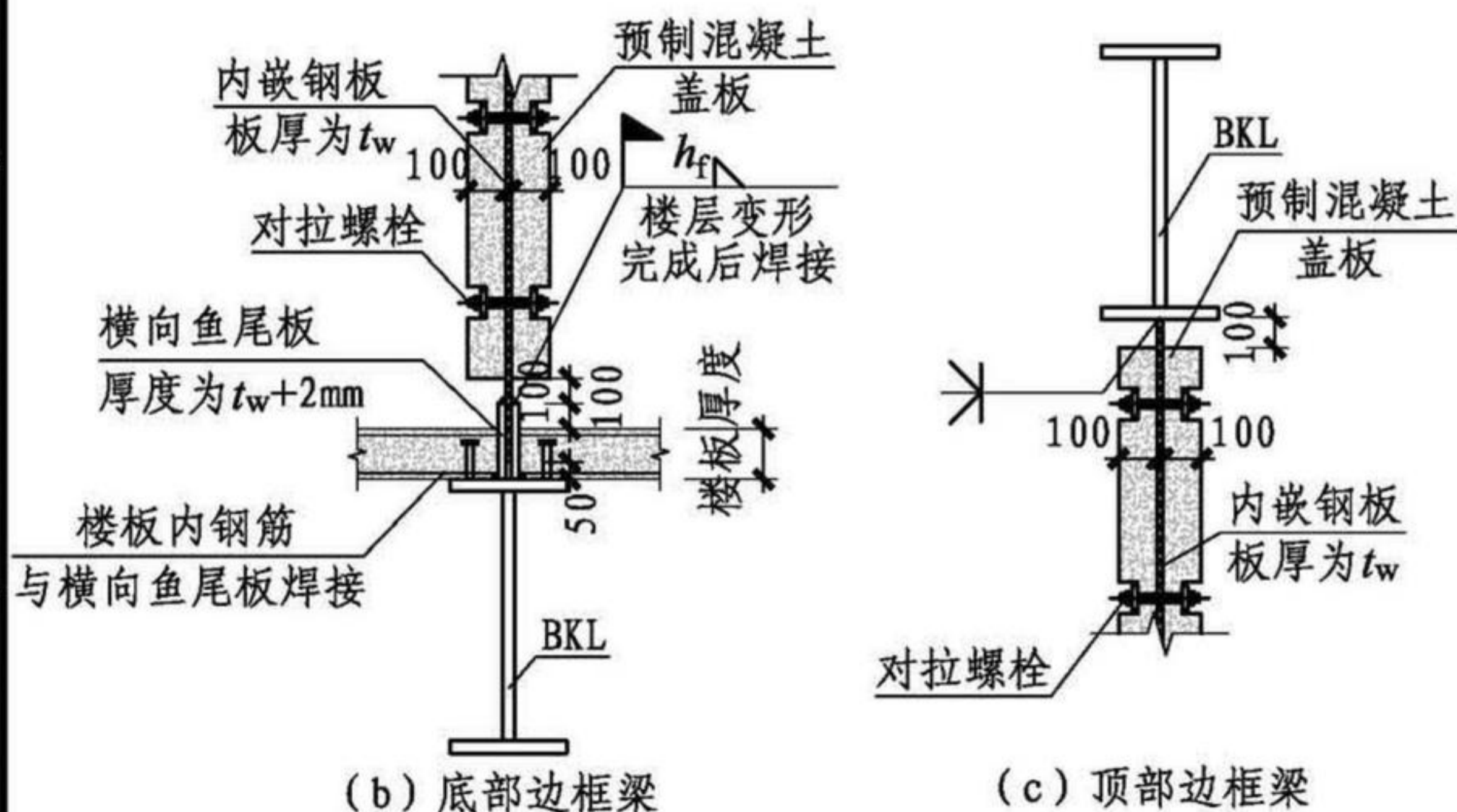


图4-14 屈曲约束钢板剪力墙与水平边缘构件连接构造图

6.8 屈曲约束钢板剪力墙中单侧预制混凝土盖板厚度不宜小于100mm，且应双层双向配筋，每个方向的单侧配筋率均不应小于0.2%，且钢筋最大间距不宜大于200mm。

6.9 屈曲约束钢板剪力墙应在混凝土盖板的单层双向钢筋网之间设置连系钢筋，并应在板边缘处做加强处理。

6.10 根据5.5.3条相关内容，钢连梁应设置腹板加劲肋，图4-15为钢连梁连接构造示意图，图中在梁端距离钢柱边缘40mm的范围内设置了翼缘加厚区。其中， t_f 为洞口连梁翼缘厚度。

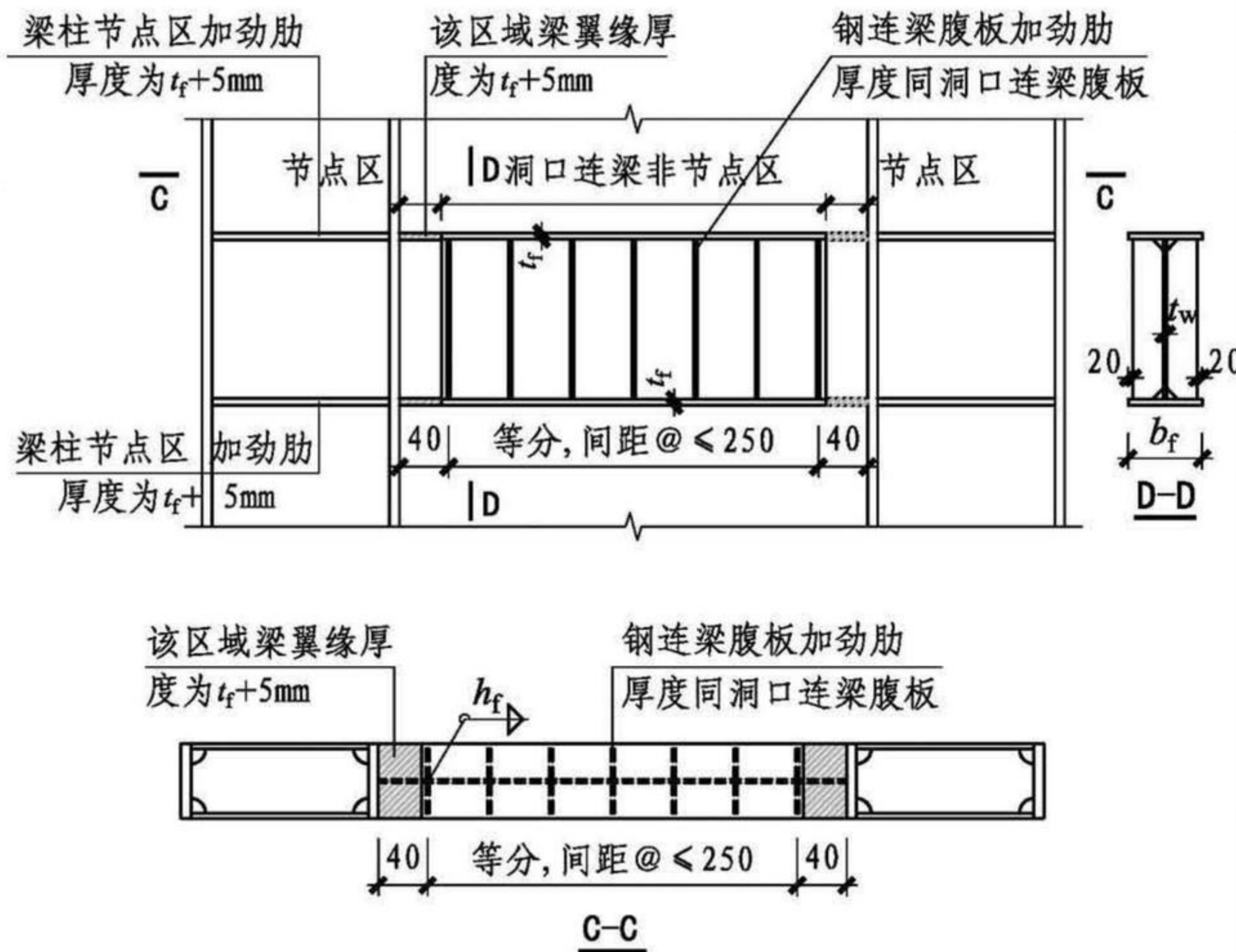


图4-15 钢连梁连接构造示意图

6.11 屈曲约束钢板剪力墙安装完毕后，混凝土盖板与框架之间的间隙宜采用隔声的弹性材料填充，并宜用轻型金属架及耐火材料覆盖。

屈曲约束钢板剪力墙的构造要求

图集号 20G122

审核 胡纯炀 校对 刘学林 设计 朱丹

页 4-14

无屈曲钢板剪力墙

1 工程概况

某工程为一栋高层办公楼，建筑面积25194m²，地下3层，地上18层，建筑高度为75.90m，该建筑平面尺寸为长乘以宽（L×B）=42m×27m，结构体系采用框撑结构，标准层高4.2m。其中，1~18层采用了无屈曲钢板剪力墙。钢板剪力墙边框柱、边框梁构件截面如表5-1所示，主要设计参数如表5-2所示，结构标准层布置如图5-1所示。

表5-1 主要构件截面尺寸

构件类型	截面规格 (mm)	材料	备注
边框柱	□900×900×40×40	Q420GJB/C50	方钢管混凝土柱
	□500×500×40×40		
边框梁	H450×250×20×40	Q345GJB	焊接H型钢
	H400×250×20×40		
	H300×250×16×20		
无屈曲钢板剪力墙波纹钢板		LY225	机械弯折
无屈曲钢板剪力墙边缘构件		Q345GJB	焊接

表5-2 主要设计参数

抗震设防烈度	8度	建筑设计使用年限	50年
基本地震加速度	0.20g	结构设计基准期	50年
场地类别	II类	抗震设防类别	标准设防类
设计地震分组	第二组	结构安全等级	一级
场地特征周期	0.40s	建筑耐火等级	一级

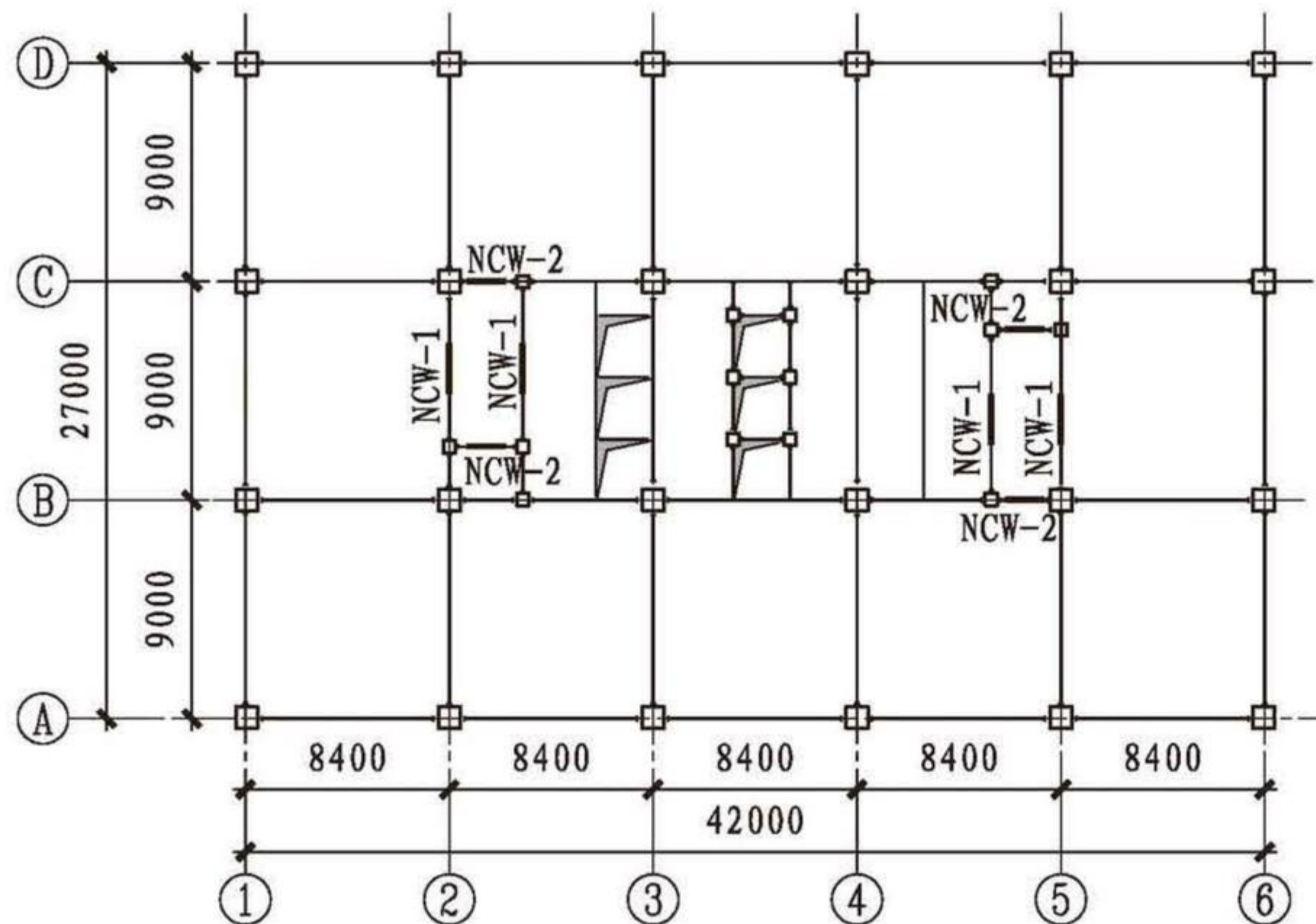


图 5-1 结构标准层平面布置图

工程概况

图集号

20G122

审核 李国强

校对 孙飞飞

设计 金华建

页

5-1

页

5-1

2 一般规定

2.1 无屈曲钢板剪力墙与框架梁可直接焊接，当波纹钢板板厚不大于12mm时，可采用角焊缝。其中，工厂焊接坡口焊缝检验等级为一级，现场焊接坡口焊缝质量检验等级为二级，角焊缝质量检验等级为三级。

2.2 无屈曲钢板剪力墙应保证具有良好的环境特性，耐气候、耐腐蚀。承重时耐火极限为3.00h。无屈曲钢板剪力墙正常维护使用年限为50年。墙体部分宜用轻型金属架及耐火材料覆盖。

2.3 无屈曲钢板剪力墙试验时，应依次在其结构所在层的层间位移角弹性限值、1/150、1/100、1/75、1/50所对应的构件变形下往复加载各3次变形；在上述试验完成后，在层间位移角1/40所对应的构件变形下往复1次变形。试验得到的滞回曲线应稳定、饱满，具有正的增量刚度，且最后一级变形第3次循环的承载力不低于历经最大承载力的85%。

3 无屈曲钢板剪力墙的设计

B-C轴、2-3轴无屈曲钢板剪力墙平面、立面布置图及其节点构造图如图 5-2~5-4所示。

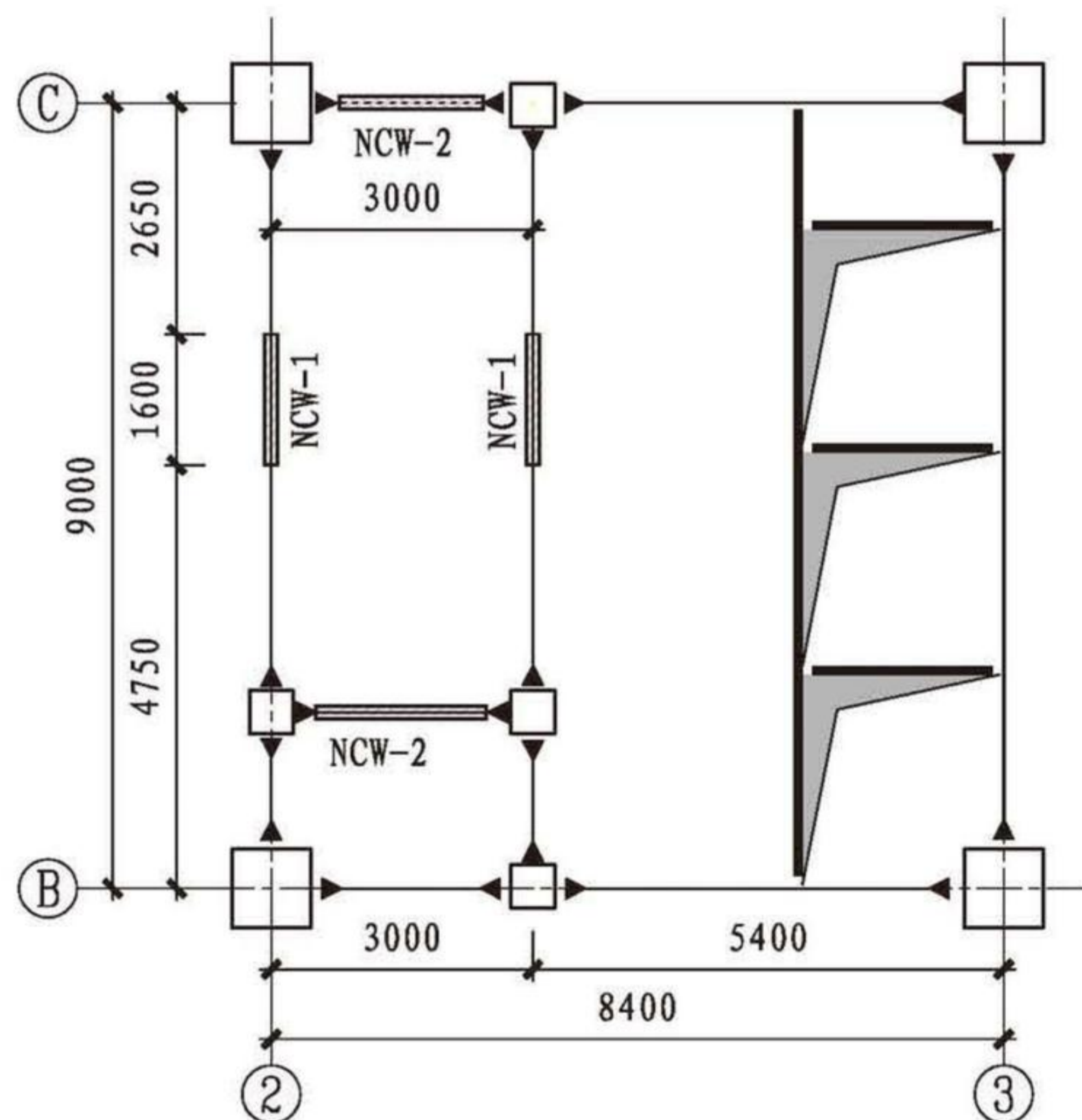


图 5-2 无屈曲钢板剪力墙平面布置图

一般规定 无屈曲钢板剪力墙平面布置图

图集号

20G122

审核 李国强

设计 陈云

校对 胡大柱

设计 陈云

设计 陈云

设计 陈云

设计 陈云

页

5-2

总说明

总说明

钢板非加劲剪力墙

钢板非加劲剪力墙

钢板竖向加劲剪力墙

钢板竖向加劲剪力墙

钢板屈服约束剪力墙

钢板屈服约束剪力墙

钢板无屈服剪力墙

钢板无屈服剪力墙

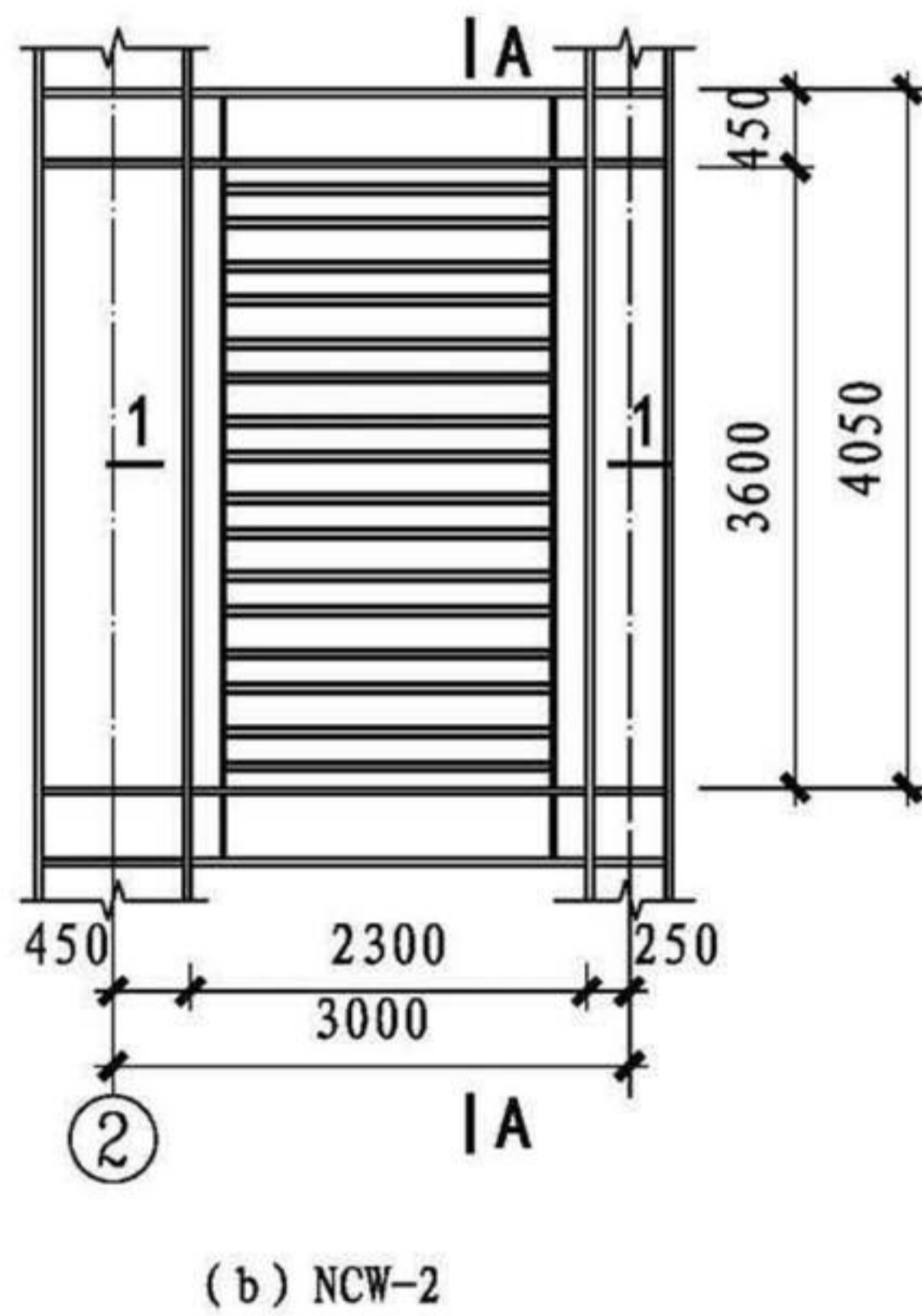
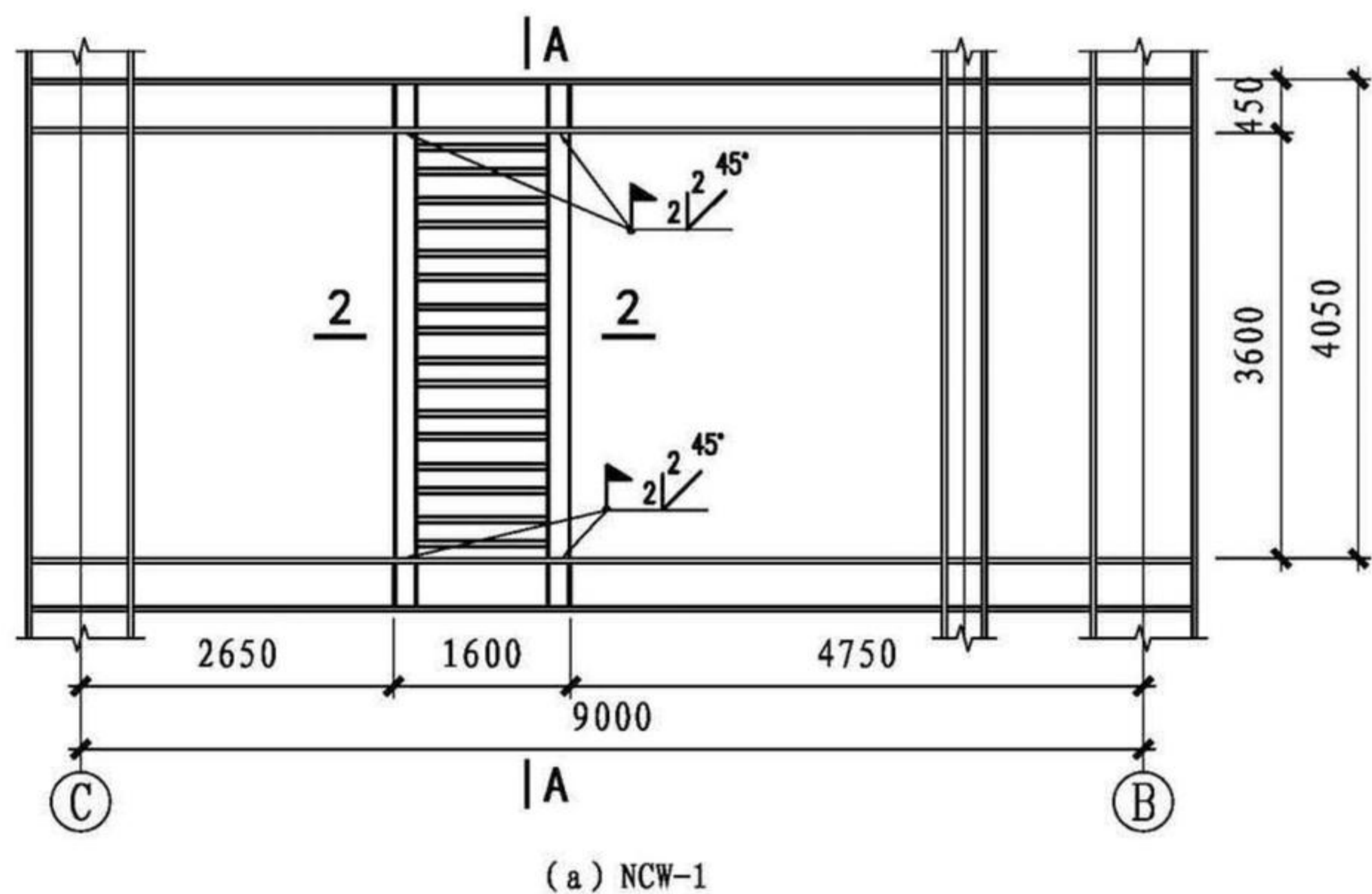


图5-3 B-C轴、2-3轴无屈服钢板剪力墙立面布置图

无屈服钢板剪力墙立面布置图

图集号

20G122

审核 李国强

校对 孙飞飞

设计 金华建

页

5-3

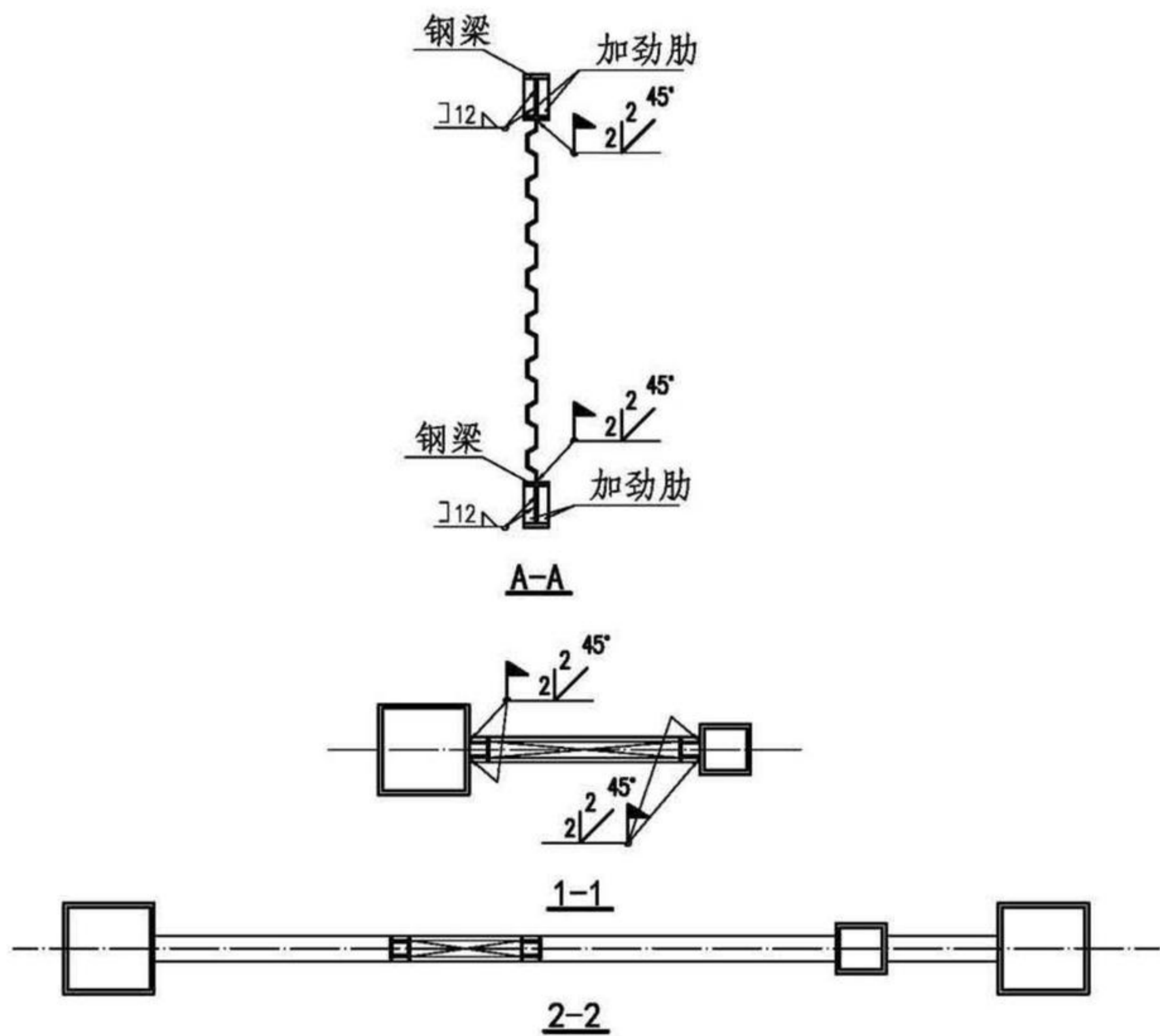


图5-4 无屈曲钢板剪力墙节点构造图

3.1 无屈曲钢板剪力墙的设计流程:

无屈曲钢板剪力墙的基本设计流程如图5-5所示。

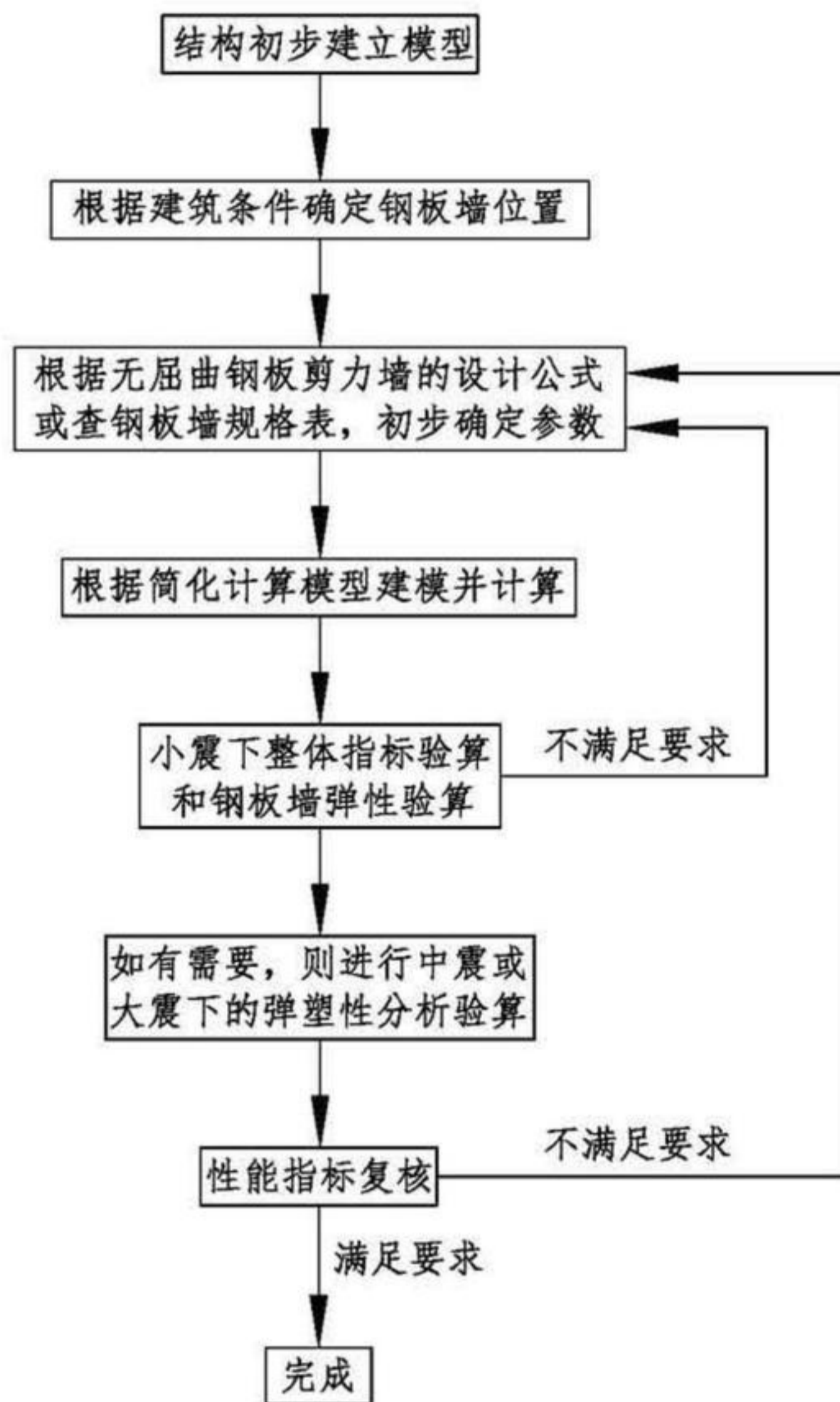


图5-5 无屈曲钢板剪力墙的设计流程

无屈曲钢板剪力墙节点构造图							图集号	20G122
无屈曲钢板剪力墙的设计流程							页	5-4
审核	李国强	孙飞飞	设计	金华建	孙飞飞	页	5-4	

3.2 无屈曲钢板剪力墙设计计算公式:

3.2.1 屈服承载力。

无屈曲钢板剪力墙波纹钢板上的剪应力均匀分布, 屈服承载力可按下列式计算:

$$Q_y = \eta_{yc} \tau_{yc} t_w a_w$$

式中: Q_y ——无屈曲钢板剪力墙的屈服承载力;

t_w ——波纹钢板厚度;

a_w ——波纹钢板宽度;

τ_{yc} ——波纹钢板钢材的剪切强度设计值;

η_{yc} ——波纹钢板钢材的超强系数: 对于LY225钢材, η_{yc} 可取为1.10; 对于Q235钢材, η_{yc} 可取为1.25。

3.2.2 极限承载力。

根据无屈曲钢板剪力墙的性能目标, 即在达到层间位移角1/50前都不发生面外屈曲, 将1/50层间位移角对应的钢板墙承载力定义为极限承载力, 可按下列式保守估算:

$$Q_u = \omega \eta_{yc} \tau_{yc} t_w a_w$$

式中: Q_u ——无屈曲钢板剪力墙的极限承载力;

ω ——波纹钢板钢材的循环强化系数: 对于LY225钢材, ω 可取为1.5; 对于Q235钢材, ω 可取为2.4。

3.2.3 抗侧刚度。

在水平力作用下, 无屈曲钢板剪力墙的变形主要有: 1) 剪切变形; 2) 扭转变形; 3) 弯曲变形。因此, 其抗侧刚度可按下列式计算:

$$K = \frac{1}{n \left(\frac{1}{K_s} + \frac{1}{K_d} \right) + \frac{1}{K_m}}$$

式中: K_s 、 K_d ——单波的抗剪刚度和抗扭刚度;

K_m ——整体抗弯刚度;

n ——单波数量。

单波的抗剪刚度 K_s 可由下列式计算:

$$K_s = \frac{Et_w a_w}{4a_1(1+\nu)(1+\cos\theta)}$$

式中: ν ——泊松比;

E ——钢材弹性模量;

a_1 ——水平段及斜向段长度;

θ ——波折角度。

波型应满足钢板墙在1/50层间位移角下不发生面外屈曲, 各参数如图5-6所示。

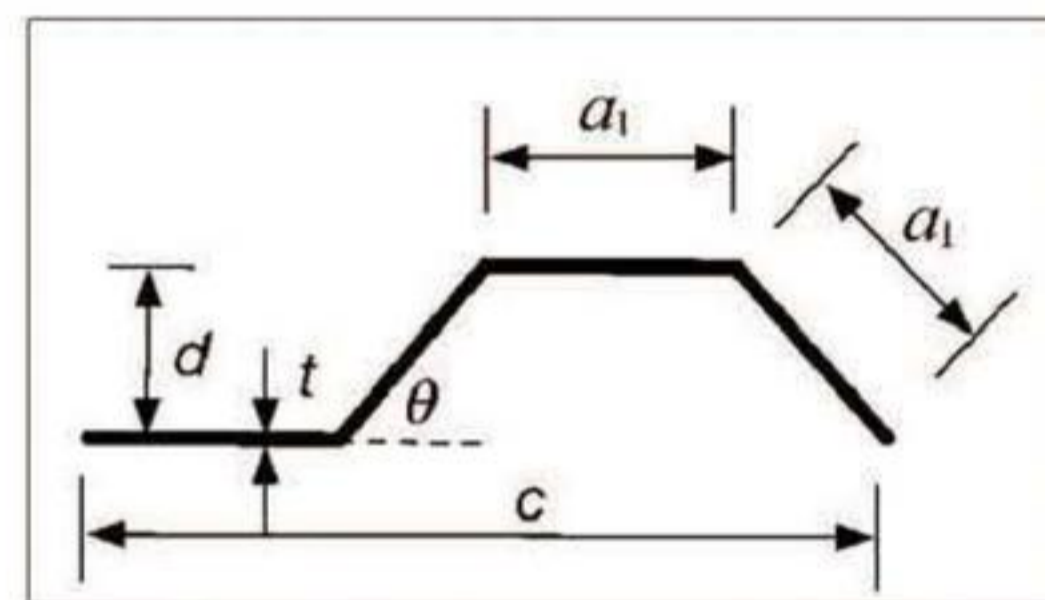


图5-6 波型参数示意图

单波的抗扭刚度 K_d 可由下列式计算:

$$K_d = \frac{Et_w^3 a_w^3}{144 D d^3 a_1^2}$$

无屈曲钢板剪力墙设计公式

图集号

20G122

审核 李国强 孙飞飞 设计 金华建

页

5-5

$$D = \frac{a_1^2}{8da_1(1 + \cos\theta)}$$

式中： d ——波折高度，如图5-6所示。

无屈曲钢板剪力墙整体的弯曲刚度可由下式计算。

$$K_m = \frac{12EI}{h_w^3}$$

式中： I ——无屈曲钢板剪力墙的面内惯性矩；

h_w ——墙高。

3.3 简化计算模型：

根据图5-5所示无屈曲钢板剪力墙设计流程，以图5-2所示底层B-C轴间2轴处无屈曲钢板剪力墙（NCW-1）为例。可根据无屈曲钢板剪力墙的设计公式进行初步设计或者直接查表5-5，选用NCW-225-1719-3600-1100型钢板墙，其抗侧刚度 $K=83\text{kN/mm}$ ，从而根据简化计算模型（图5-7）的计算公式，可得到各个设计参数，过程如下：

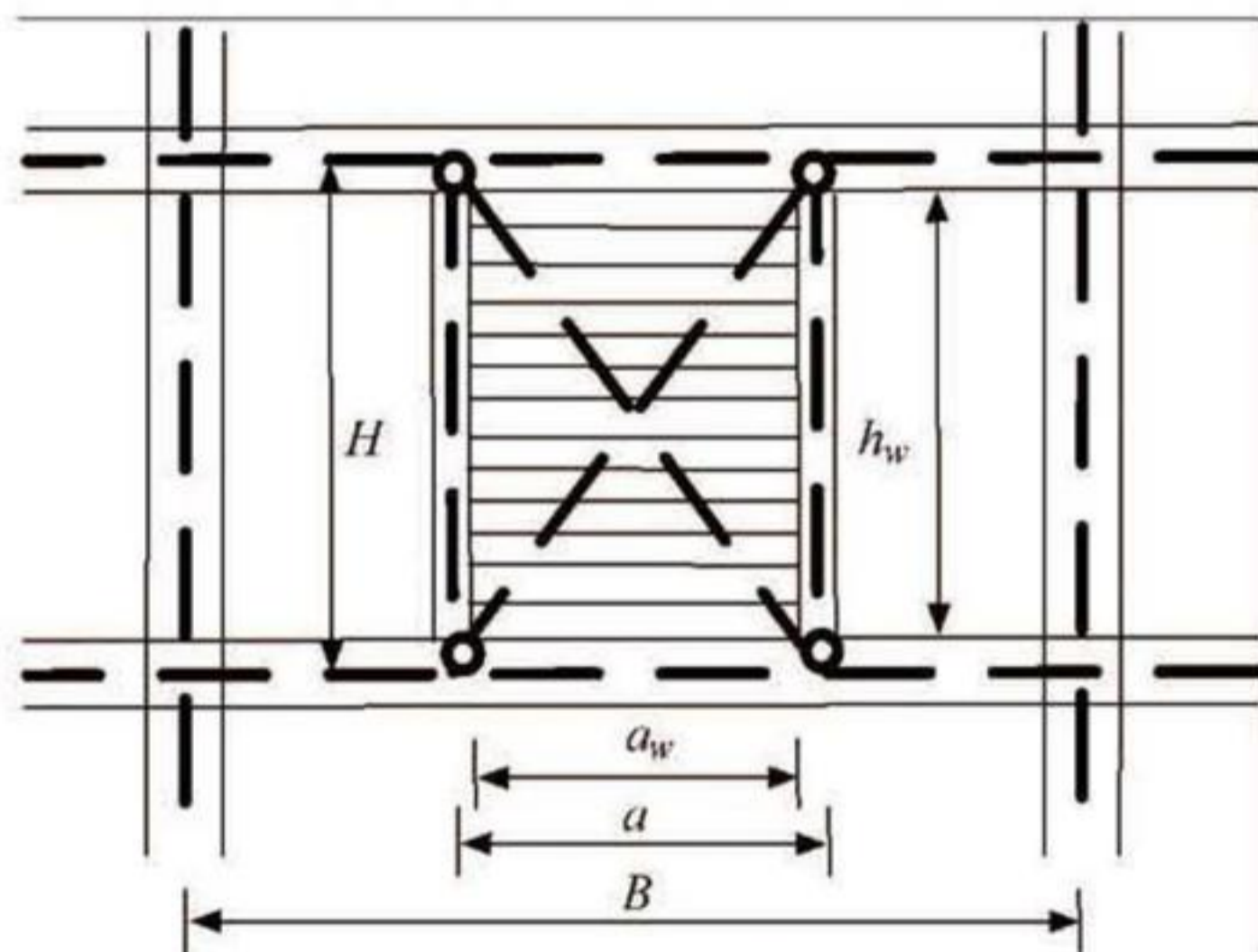


图5-7 等效交叉支撑简化计算模型

3.3.1 等效交叉支撑。

等效交叉支撑的截面面积 A_b 可根据抗侧刚度等效原则，由无屈曲钢板剪力墙的抗侧刚度等参数确定，按下式计算：

$$A_b = \frac{K(H^2 + a^2)^{\frac{3}{2}}}{2Ea^2}$$

式中： K ——无屈曲钢板剪力墙抗侧刚度；

H ——框架梁中心距；

a_w ——波纹钢板宽度；

a ——竖向边缘构件中心距。可假定竖向边缘构件截面高度 a_c 为250mm，则由图5-2、图5-3可知：

$$H = h_w + h_b = 3600 + 450 = 4050 \text{ (mm)}$$

$$a = a_w + a_c = 1100 + 250 = 1350 \text{ (mm)}$$

因此，由上式可得， $A_b = 8600 \text{ (mm}^2\text{)}$ 。

3.3.2 竖向边缘构件。

通过小震分析可得到简化计算模型中等效交叉支撑和竖向边缘构件在水平地震作用工况下的内力设计值。由于在大震下无屈曲钢板剪力墙不会超过其极限承载力，因此，可先考虑交叉支撑内力竖向分量对竖向边缘构件内力的修正，再将无屈曲钢板剪力墙极限承载力与小震下等效交叉支撑内力水平分量的比值，作为竖向边缘构件内力修正值的放大系数，从而可保守地估算竖向边缘构件在大震下的最大内力设计值。具体计算过程如表5-3所示。

无屈曲钢板剪力墙简化计算模型

图集号

20G122

审核 李国强 孙飞飞 设计 金华建

页

5-6

表5-3 竖向边缘构件最大内力计算

小震下交叉支撑内力水平分量 (kN)	632
无屈曲钢板剪力墙极限承载力 (kN)	2578
内力放大系数	4.08
小震下交叉支撑单根支撑内力竖向分量 (kN)	949
小震下简化计算模型竖向边缘构件内力 (kN)	510
小震下竖向边缘构件内力修正值 (kN)	1459
大震下竖向边缘构件最大内力 (kN)	5953

为保证竖向边缘构件在无屈曲钢板剪力墙达到大震下仍保持弹性, 其截面积 A_c 可按下式进行计算:

$$A_c = \frac{N_c}{f_b}$$

式中: N_c ——大震下竖向边缘构件最大内力设计值;

f_b ——竖向边缘构件钢材的屈服强度设计值。

可知, $N_c=5953\text{kN}$, $f_b=295\text{MPa}$, 得到 $A_c=20180\text{mm}^2$ 。经设计, 竖向边缘构件截面可采用双腹板截面, 如图5-8所示, 双腹板厚度均为20mm, 高度180mm, 上下翼缘厚度均为35mm, 宽度200mm, 得到竖向边缘构件截面积 $A_c=21200\text{mm}^2 > 20180\text{mm}^2$, 满足要求。

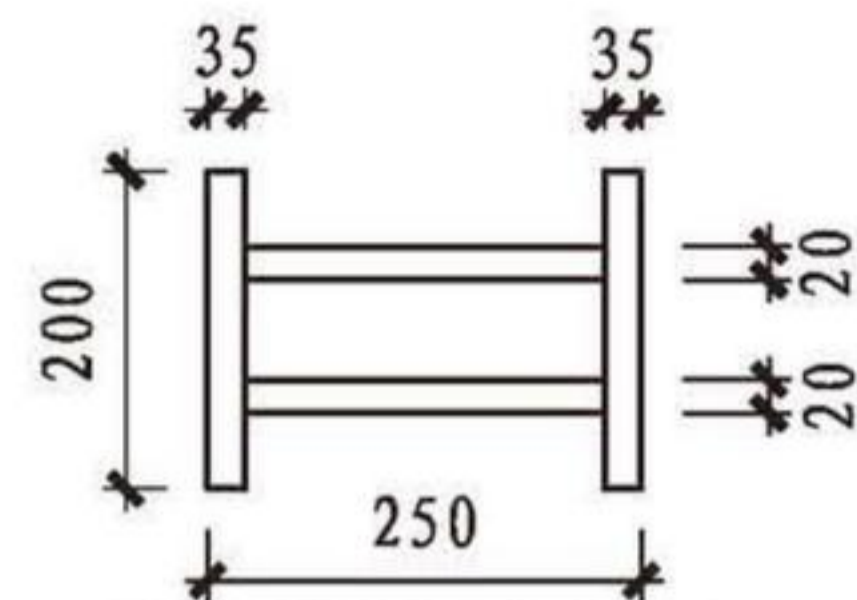


图5-8 竖向边缘构件截面示意图

3.4 小震下结构整体指标计算。

由整体指标对比(见表5-4)可知, 原结构周期比及位移角均不满足规范限值要求, 采用无屈曲钢板剪力墙后, 增加了结构整体抗侧刚度和抗扭刚度, 扭转周期与平动周期比值及层间位移角均满足规范限值要求, 如图5-9所示。

表5-4 整体指标对比

指标	原结构		原结构+NCW	
周期	$T_1 = 3.9986$ $T_2 = 3.8998$ $T_3 = 3.8304$ $T_3/T_1 = 0.957$		$T_1 = 3.7306$ $T_2 = 3.3725$ $T_3 = 3.3287$ $T_3/T_1 = 0.892$	
总质量 (t)	32664.965		33456.660	
位移角	X向地震	1/271	X向地震	1/289
	Y向地震	1/245	Y向地震	1/352

结构整体计算

图集号

20G122

审核 李国强

设计 孙飞飞

校对 孙飞飞

设计 孙飞飞

设计 孙飞飞

设计 孙飞飞

设计 孙飞飞

设计 孙飞飞

设计 孙飞飞

设计 孙飞飞

设计 孙飞飞

设计 孙飞飞

页

5-7

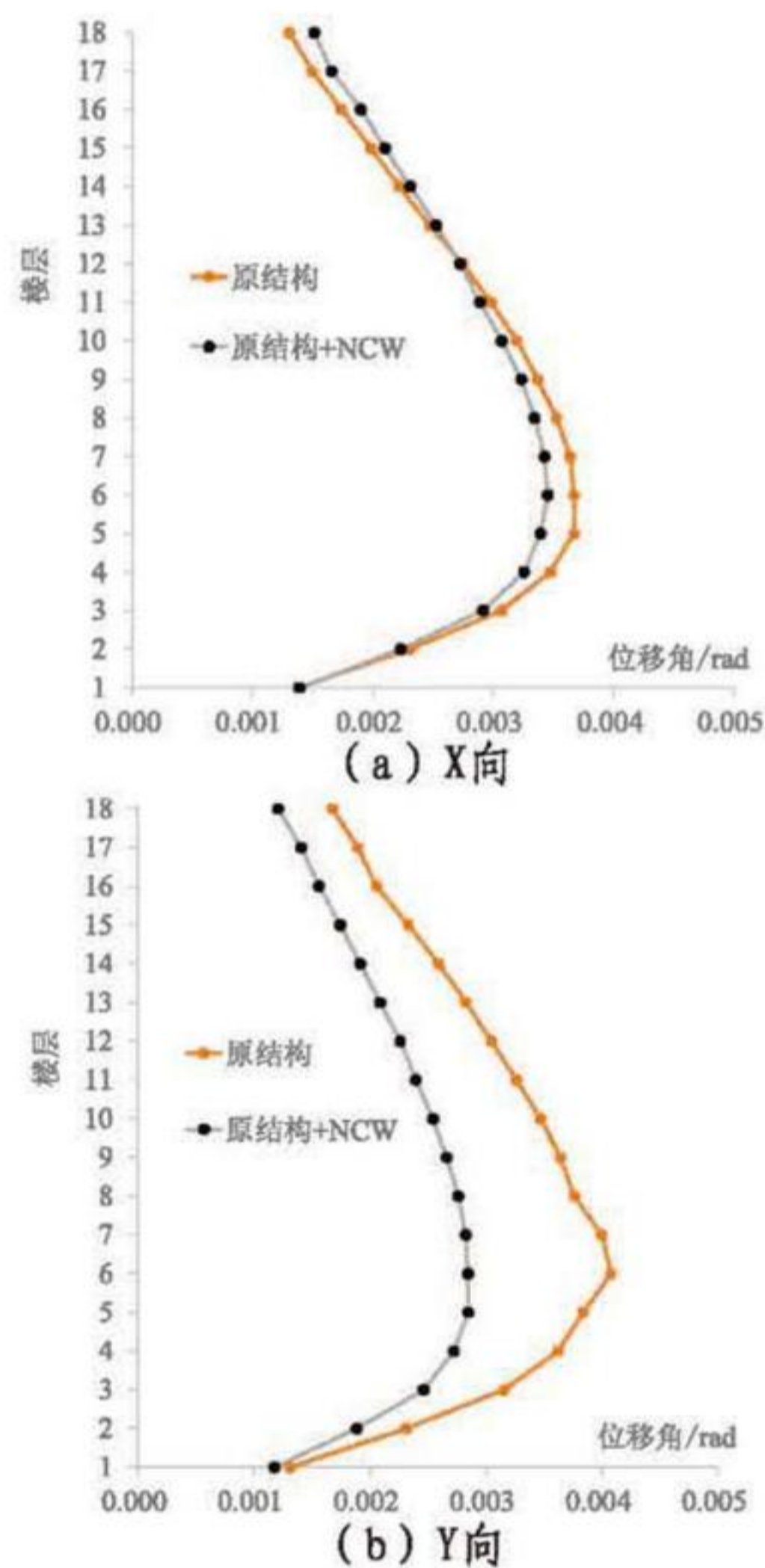


图5-9 结构层间位移角对比

3.5 无屈曲钢板剪力墙小震下弹性验算:

无屈曲钢板剪力墙 NCW-225-1719-3600-1100的屈服承载力设计值为1719kN, 高度3600mm。分析模型中, 小震下得到简化计算模型最不利工况组合下的最大内力设计值为632kN, 小于NCW-225-1719-3600-1100型无屈曲钢板剪力墙的屈服承载力值1719kN, 因此满足设计要求, 可保证其在小震下保持弹性。

3.6 大震弹塑性分析:

利用某大型通用有限元软件建立三维模型进行弹塑性分析, 重点关注在罕遇地震作用下结构的受力特性及无屈曲钢板墙的耗能能力。

选取三条地震波(两条天然波+一条人工波)进行大震弹塑性时程分析, 三条地震波计算得到的弹塑性层间位移角如图5-10所示。由图可知, 两个方向的弹塑性层间位移角各时程波包络值均小于1/50的规范限值。

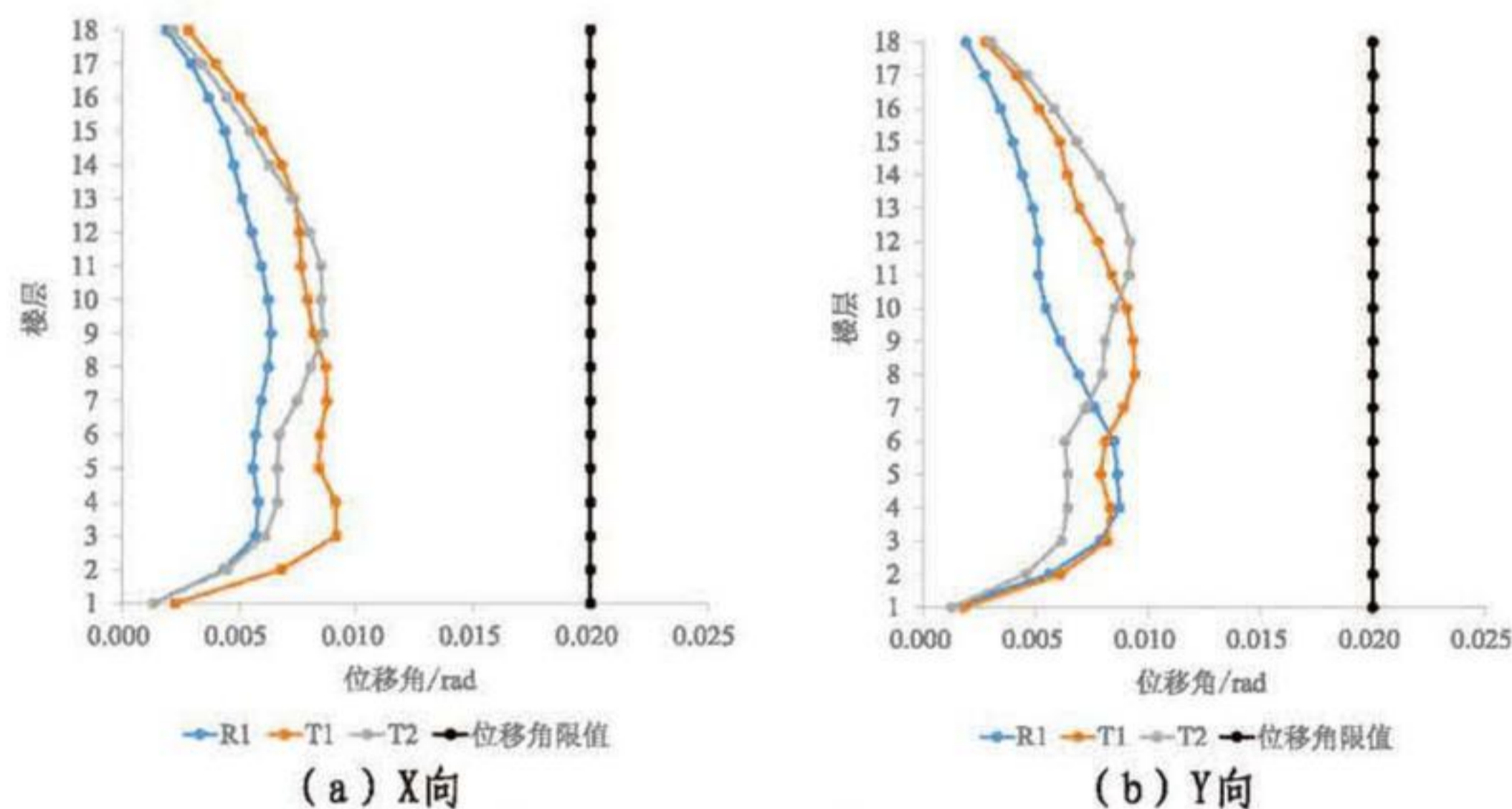


图5-10 大震层间位移角

计算得到的大震作用下结构的整体典型弹塑性损伤云图如图5-11所示, 由图可知, 无屈曲钢板剪力墙的延性系数主要介于2.3~4.6之间, 表明其耗能效果显著, 框架梁为中度或轻度损伤, 框架柱为轻微或轻度损伤, 主要耗能构件无屈曲钢板墙起到了很好的耗能效果。与钢板剪力墙相连的结构构件的损伤程度不高于中度损伤, 可为钢板剪力墙发挥耗能作用提供有效支撑。

结构整体计算

图集号 20G122

审核 李国强 孙飞飞 设计 金华建

页 5-8

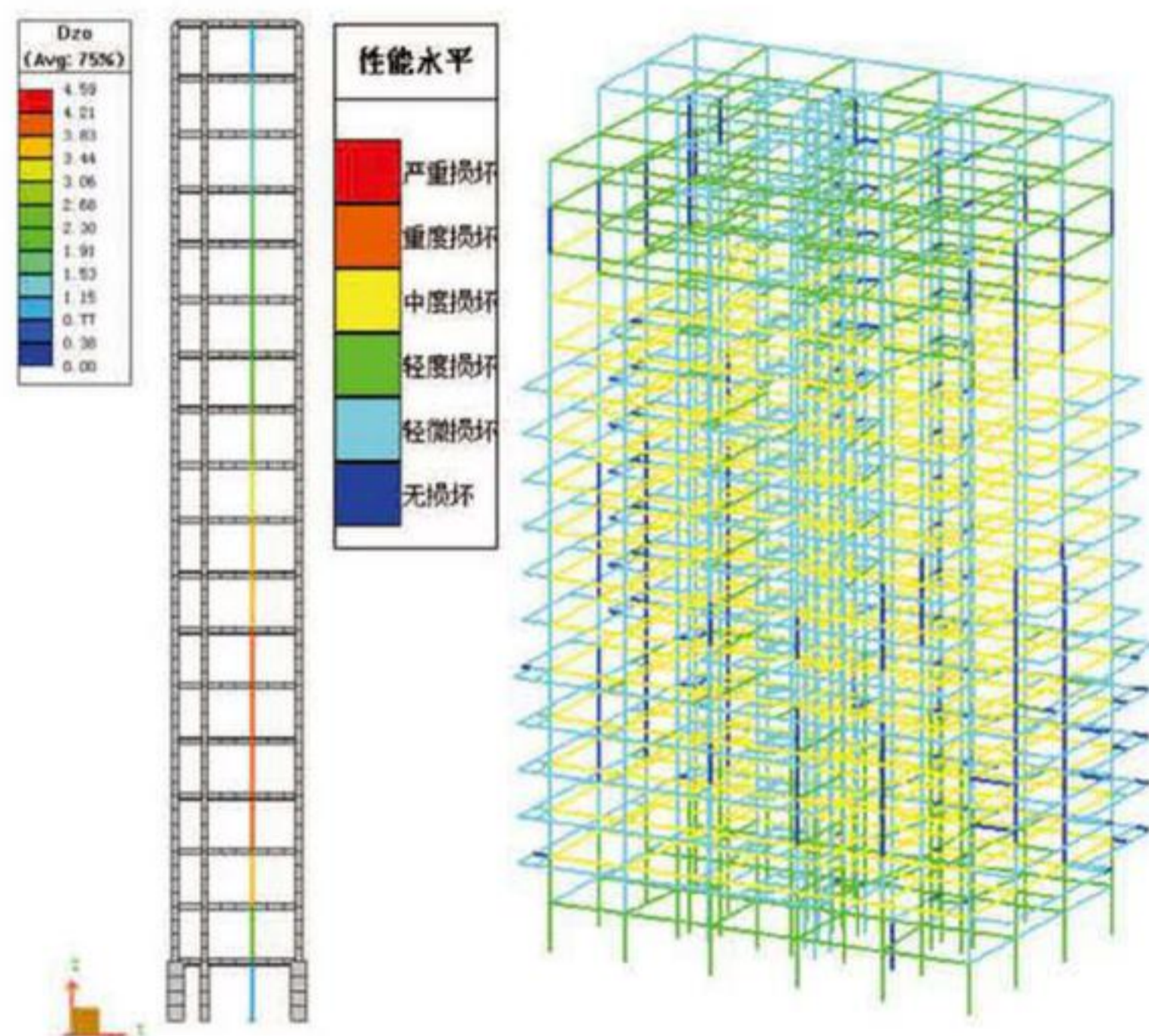


图5-11 大震弹塑性损伤云图

4 节点连接设计

根据无屈曲钢板剪力墙的受力机理，波纹钢板主要承受水平剪力作用，竖向边缘构件主要承受竖向轴力作用。

无屈曲钢板剪力墙与框架梁可采用全熔透对接焊接进行连接。该连接焊缝的验算可分为两部分，包括：

(1) 波纹钢板与框架梁对接焊缝的剪应力验算，如图5-12所示。

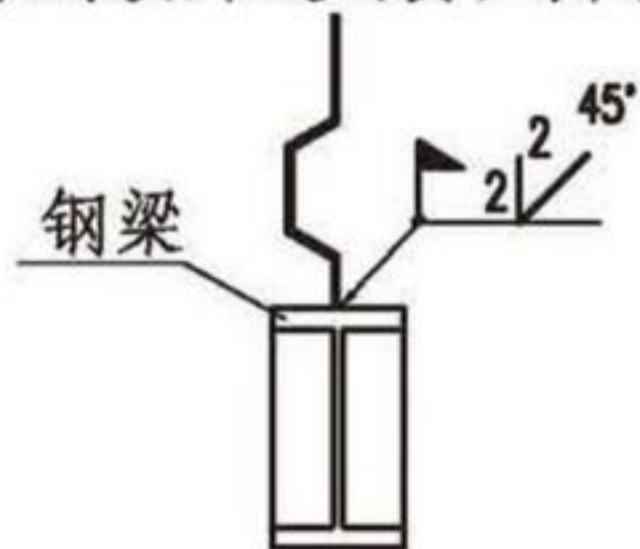


图5-12 波纹钢板与框架梁对接焊缝

(2) 竖向边缘构件与框架梁对接焊缝的正应力验算，如图5-13所示。

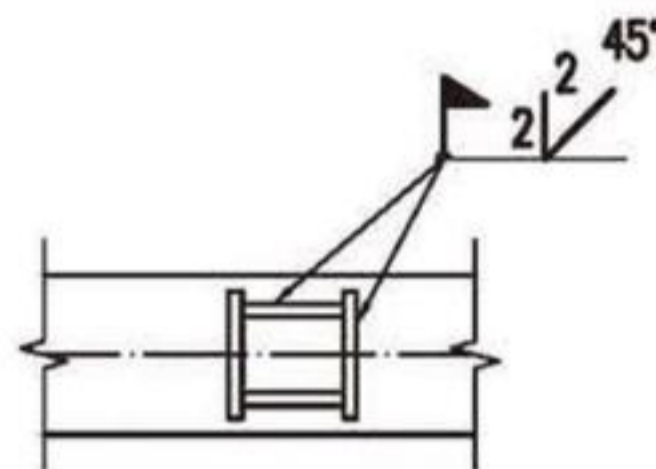


图5-13 竖向边缘构件与框架梁对接焊缝

并应满足下列要求：

波纹钢板与框架梁对接焊缝的极限承载力不应小于无屈曲钢板剪力墙极限承载力的1.2倍，竖向边缘构件与框架梁对接焊缝的极限承载力不应小于竖向边缘构件在大震下最大内力设计值的1.2倍。

其中，焊缝连接的极限承载力可按照焊缝的抗拉强度进行计算。当无屈曲钢板剪力墙采用低屈服点钢时，与普通低碳钢、合金钢进行焊接可采用与被连接钢材相配套的焊剂，焊接强度需根据焊接工艺评定结果确定。对于LY225与Q345的对接焊缝，当采用E50系列焊剂时，焊缝强度超过母材Q345的极限强度。

以底层一片NCW-225-1719-3600-1100 (NCW-1) 无屈曲钢板剪力墙的节点连接为例，其焊缝连接计算过程如下：

已知：无屈曲钢板剪力墙NCW-225-1719-3600-1100的波纹钢板宽度 a_w 为1100mm，厚度 t_w 为12mm，竖向边缘构件截面积 A_c 为21200mm²。同时，无屈曲钢板剪力墙的极限承载力为2578kN，竖向边缘构件最大内力设计值 N_c 为5953kN。波纹钢板钢材为LY225，竖向边缘构件钢材为Q345，采用E50系列焊剂，因此对接焊缝的抗拉强度为480N/mm²，抗剪强度为277N/mm²。

节点连接设计

图集号

20G122

审核 李国强

孙飞飞

校对 孙飞飞

设计 金华建

页

5-9

页

5-9

1) 波纹钢板与框架梁对接焊缝的剪应力 τ 验算:

$$\tau = \frac{1.2Q_u}{a_w t_w} = \frac{1.2 \times 2578000}{12 \times 1100} = 234.4 (\text{N/mm}^2)$$

满足要求。

2) 竖向边缘构件与框架梁对接焊缝正应力 σ 验算:

$$\sigma = \frac{1.2N_c}{A_c} = \frac{1.2 \times 5953000}{21200} = 337.0 (\text{N/mm}^2)$$

满足要求。

5 无屈曲钢板剪力墙规格选型

无屈曲钢板剪力墙的规格选型详见表5-5所示。

表5-5 无屈曲钢板剪力墙规格表

型号 (NCW-材质-屈服承载力-墙高-波纹钢板宽度)	波纹 钢板宽 (mm)	墙高 (mm)	板厚 (mm)	屈服 承载力 (kN)	抗侧 刚度 (kN/mm)
NCW-225-1719-1500-1100	1100	1500	12	1719	198
NCW-225-1719-2100-1100	1100	2100	12	1719	142
NCW-225-1719-2400-1100	1100	2400	12	1719	124
NCW-225-1719-3000-1100	1100	3000	12	1719	99
NCW-225-1719-3600-1100	1100	3600	12	1719	83
NCW-225-1719-3900-1100	1100	3900	12	1719	76
NCW-225-1719-4200-1100	1100	4200	12	1719	71
NCW-225-1719-4500-1100	1100	4500	12	1719	66
NCW-225-1719-4800-1100	1100	4800	12	1719	62
NCW-225-2005-1500-1100	1100	1500	14	2005	286

续表5-5

型号 (NCW-材质-屈服承载力-墙高-波纹钢板宽度)	波纹 钢板宽 (mm)	墙高 (mm)	板厚 (mm)	屈服 承载力 (kN)	抗侧 刚度 (kN/mm)
NCW-225-2005-2100-1100	1100	2100	14	2005	204
NCW-225-2005-2400-1100	1100	2400	14	2005	179
NCW-225-2005-3000-1100	1100	3000	14	2005	143
NCW-225-2005-3600-1100	1100	3600	14	2005	119
NCW-225-2005-3900-1100	1100	3900	14	2005	110
NCW-225-2005-4200-1100	1100	4200	14	2005	102
NCW-225-2005-4500-1100	1100	4500	14	2005	95
NCW-225-2005-4800-1100	1100	4800	14	2005	90
NCW-225-1719-1500-1100	1100	1500	16	2291	385
NCW-225-1719-2100-1100	1100	2100	16	2291	275
NCW-225-1719-2400-1100	1100	2400	16	2291	241
NCW-225-1719-3000-1100	1100	3000	16	2291	193
NCW-225-1719-3600-1100	1100	3600	16	2291	160
NCW-225-1719-3900-1100	1100	3900	16	2291	148
NCW-225-1719-4200-1100	1100	4200	16	2291	138
NCW-225-1719-4500-1100	1100	4500	16	2291	128
NCW-225-1719-4800-1100	1100	4800	16	2291	121
NCW-225-2656-1500-1700	1700	1500	12	2656	525
NCW-225-2656-2100-1700	1700	2100	12	2656	375
NCW-225-2656-2400-1700	1700	2400	12	2656	328

无屈曲钢板剪力墙规格表

图集号

20G122

审核 李国强 孙飞飞 设计 金华建

页

5-10

总说明

续表5-5

型号 (NCW-材质-屈服承载力-墙高-波纹钢板宽度)	波纹 钢板宽 (mm)	墙高 (mm)	板厚 (mm)	屈服 承载力 (kN)	抗侧 刚度 (kN/mm)
NCW-225-2656-3000-1700	1700	3000	12	2656	263
NCW-225-2656-3600-1700	1700	3600	12	2656	219
NCW-225-2656-3900-1700	1700	3900	12	2656	202
NCW-225-2656-4200-1700	1700	4200	12	2656	188
NCW-225-2656-4500-1700	1700	4500	12	2656	175
NCW-225-2656-4800-1700	1700	4800	12	2656	164
NCW-225-3099-1500-1700	1700	1500	14	3099	709
NCW-225-3099-2100-1700	1700	2100	14	3099	506
NCW-225-3099-2400-1700	1700	2400	14	3099	443
NCW-225-3099-3000-1700	1700	3000	14	3099	355
NCW-225-3099-3600-1700	1700	3600	14	3099	295
NCW-225-3099-3900-1700	1700	3900	14	3099	273
NCW-225-3099-4200-1700	1700	4200	14	3099	253
NCW-225-3099-4500-1700	1700	4500	14	3099	236

续表5-5

型号 (NCW-材质-屈服承载力-墙高-波纹钢板宽度)	波纹 钢板宽 (mm)	墙高 (mm)	板厚 (mm)	屈服 承载力 (kN)	抗侧 刚度 (kN/mm)
NCW-225-3099-4800-1700	1700	4800	14	3099	222
NCW-225-3541-1500-1700	1700	1500	16	3541	902
NCW-225-3541-2100-1700	1700	2100	16	3541	645
NCW-225-3541-2400-1700	1700	2400	16	3541	564
NCW-225-3541-3000-1700	1700	3000	16	3541	451
NCW-225-3541-3600-1700	1700	3600	16	3541	376
NCW-225-3541-3900-1700	1700	3900	16	3541	347
NCW-225-3541-4200-1700	1700	4200	16	3541	323
NCW-225-3541-4500-1700	1700	4500	16	3541	301
NCW-225-3541-4800-1700	1700	4800	16	3541	282

- 注: 1. 以无屈曲钢板剪力墙NCW-225-1719-3600-1100为例, 该编号表示波纹钢板采用LY225钢材, 屈服承载力为1719kN, 墙高3600mm, 波纹钢板宽1100mm;
2. 当墙高的参数与表中参数不一致时, 抗侧刚度可进行内插;
3. 当超出表格参数范围时, 无屈曲钢板剪力墙应进行定制设计。

无屈曲钢板剪力墙规格表

图集号

20G122

审核

李国强

孙飞飞

校对

孙飞飞

设计

金华建

页

页

5-11

总说明

钢板非加劲墙

钢板竖向加劲墙

钢板屈曲约束墙

钢板无屈曲墙

钢板非加劲墙

钢板竖向加劲墙

钢板屈曲约束墙

钢板无屈曲墙

浙江优匠建筑科技有限公司钢结构建筑部品相关技术资料

浙江优匠建筑科技有限公司是一家专业从事装配式建筑技术及产品研发、产品生产的公司。公司现阶段主要开发的适合于钢结构的专利技术部品主要有 AAC 大板（即 AAC 组合大板、AAC 板组装单元体）、AAC 砌块复合墙体、预制轻型楼梯、轻型 PC 飘窗等。

1 AAC 大板、AAC 砌块复合墙体产品技术简介

1) AAC 大板。是在专业工厂用多块 AAC 条板预制的大型轻质建筑墙体，被列入了“十三五”国家重点研发计划项目示范工程。AAC 大板采用板缝专利处理技术及包括条板间通长穿筋、窗洞扁钢或其它材料边框等结构加强专利技术，确保板缝强度高于母材和大板整体的刚度及强度。其中板缝具有刚性及柔性双重防水构造。

2) AAC 砌块复合墙体。是一种沿板跨度方向设置加强肋的专利结构技术，采用大型 AAC 砌块在工厂完成预制的大型轻质预制墙体，能满足建筑外墙的抗风及抗震要求。

3) 产品优点。AAC 大板和 AAC 砌块复合墙体属于轻质高强非承重的大型自保温外墙预制部品，应用于高层建筑外墙可满足抗风、抗震和防渗漏要求。同时采用本公司研发的专利技术加强 AAC 大板与四周主体建筑的连接，有效的降低了 AAC 条板板缝及 AAC 大板与主体建筑间的开裂渗漏风险。

产品具有经济、轻质、高强、保温性能好、生产、运输、安装方便及效率高的优点。可应用于钢筋混凝土结构、尤其适用于钢结构建筑外墙，可内嵌、也可外挂安装。本产品有保温一体化和保温装饰一体化两种预制装配建筑外墙部品。

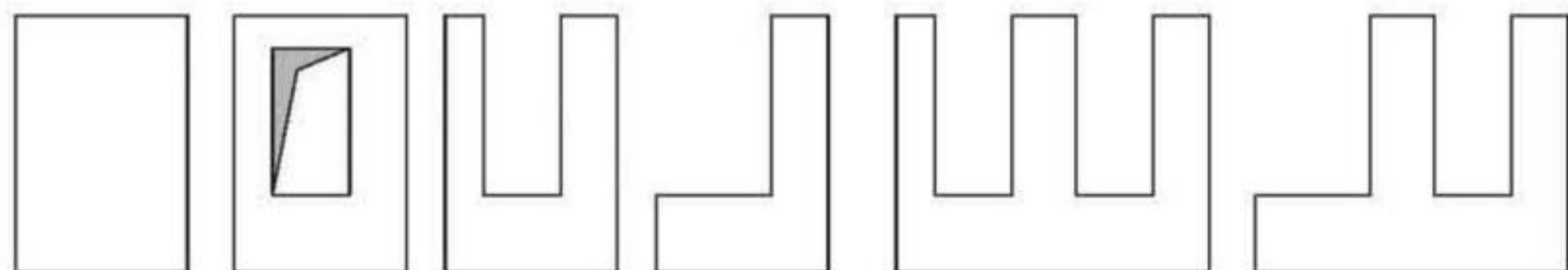
4) 物理指标。

强度等级	干容重 (kg/m ³)	计算导热系数 (w/m·k)
A3.5	≤ 525	0.16
A5.0	≤ 625	0.19

5) 规格类型。

厚度：150mm、200mm、225mm、240mm、250mm、300mm。

板型（立面，可附加竖向或水平造型线条）。



2 预制轻型楼梯

预制轻型楼梯是采用我司专利结构的一种梁式楼梯，有全 PC 和 PC 与钢梁组合两种结构，分剪刀梯和带休息平台双跑楼梯。

预制轻型楼梯具有承载力大、重量轻、施工效率高及美观经济的优点。其中剪刀楼梯自重不大于 2.5 吨/跑，带休息平台双跑楼梯自重不大于 1.5 吨/跑。可采用普通塔吊完成吊装。

预制轻型楼梯可应用于钢筋混凝土结构、尤其适用于钢结构。



注：本页根据浙江优匠建筑科技有限公司提供的技术资料编制。

参编企业、联系人及电话

杭州科维钢结构技术咨询有限公司

浙江优匠建筑科技有限公司

华东建筑设计研究院有限公司

中建三局集团有限公司

李 浩

13516825922

赵东昕

13806876131

包联进

13701768801

余地华

13720335789

图集简介

20G122《钢板剪力墙结构设计》国家建筑标准设计图集适用于工业与民用建筑中钢板剪力墙结构设计、制作安装，适用于抗震设防烈度为6~9度地区的钢结构及钢-混凝土组合结构，可供工程设计技术人员及施工技术人员参考。

本图集通过总说明以及四种不同类型的钢板剪力墙设计示例，给出了非加劲钢板剪力墙、竖向加劲钢板剪力墙、屈曲约束钢板剪力墙和无屈曲钢板剪力墙的一般计算方法、构造措施以及典型节点连接构造。其中总说明部分主要给出本图集的选型原则、材料要求、荷载效应组合、设计计算原则、施工与安装要求、防火及防腐设计原则等；四个设计示例分别从设计选型及设计流程、结构整体计算分析、钢板剪力墙的截面设计及计算、节点连接构造等方面系统阐述四类钢板剪力墙结构的一般设计计算方法及构造要求。