SICHUAN GONGCHENG JIANSHE BIAOZHUN SHEJI

四川省工程建设标准设计

四川省建筑消能减震构造图集

四川省住房和城乡建设厅

(征求意见稿)

图集号　川*** ***

《四川省建筑消能减震构造图集》

编审人员名单

主 编 单 位：

参 编 单 位：

编制组成员：

审查组成员：

四川省建筑消能减震构造图集

批准部门：四川省住房和城乡建设厅　　批准文号：川建标发【xxxx】xx号

主编单位：中国建筑西南设计研究院有限公司 四川省建筑科学研究院有限公司　　图 集 号：川xxxxxx-xxx

实施日期：XXX年X月X日

主 编 单 位 负责人：

主编单位技术负责人：

技 术 审 定 人：

设 计 负 责 人：

目 录

目 录 …… 1
总说明 …… 3
1 消能器的分类、性能要求
消能器的分类 …… 6
黏滞消能器 …… 7
黏弹性消能器 …… 8
金属消能器 …… 9
摩擦型消能器 …… 10
消能减震墙板 …… 11
2 消能器的布置
消能减震建筑主体结构的要求 …… 13
杆式黏滞消能器的主要支撑形式及特点 …… 14
平板式黏弹性消能器的主要支撑形式及特点 …… 18
金属消能器的主要支撑形式及特点 …… 20
摩擦消能器的主要支撑形式及特点 …… 22
消能部件平面布置 …… 23
消能部件立面布置 …… 28
3 消能器的支承型式
单斜杆式布置 …… 31
双斜杆式布置 …… 35
门架支撑布置 …… 39
肘节式位移增大布置 …… 42
墙式支墩布置 …… 44
悬臂梁式布置 …… 47
伸臂桁架式布置 …… 48
4 消能器的连接构造
黏滞消能器与主体结构的连接 …… 51
黏弹性、摩擦型、金属消能器与主体结构的连接 …… 58
屈曲约束支撑与主体结构的连接 …… 61
消能器与墙式支墩连接 …… 66
支撑与主体结构的连接 …… 70
消能器与斜杆支撑的连接 …… 76
连梁消能器与主体结构连接 …… 77
伸臂桁架式阻尼器与框架柱的连接 …… 78
预锚件计算及要求 …… 80
5 既有建筑加固设置消能器的连接形式及构造
黏滞消能器与既有加固建筑中的支承型式 …… 83
黏弹性消能器与既有加固建筑中的支承型式 …… 89
金属消能器与既有加固建筑中的支承型式 …… 93
摩擦消能器与既有加固建筑中的支承型式 …… 98
黏滞消能器与既有混凝土结构的连接 …… 101
黏弹性及金属消能器与既有混凝土结构的连接 …… 105

目录									图集号	
审核			校对			设计			页	1

四川省建筑消能减震构造图集

批准部门: 四川省住房和城乡建设厅　　批准文号:川建标发【xxxx】xx号

主编单位: 中国建筑西南设计研究院有限公司 四川省建筑科学研究院有限公司　　图 集 号:川xxxxxxx-xxx

实施日期: XXX年X月X日

主 编 单 位 负责人:

主编单位技术负责人:

技 术 审 定 人:

设 计 负 责 人:

目 录

支撑与既有混凝土结构的连接 …… 107
既有混凝土结构外包钢节点大样 …… 110
既有混凝土结构内嵌钢框架连接构造 …… 111

6 消能部件的围护构造

消能部件与砌体围护构造 …… 112
消能部件与外墙条板围护构造 …… 114
消能部件与外墙轻质墙板围护构造 …… 115
消能部件与玻璃幕墙围护构造 …… 116
消能部件与内墙条板围护构造 …… 117
消能部件与轻钢龙骨围护构造 …… 118
消能部件墙式支墩围护构造 …… 119
装配式消能减震轻质复合填充墙板围护构造 …… 120
消能部件垂直穿越墙体构造 …… 121
消能部件穿越室内回填层构造 …… 122

7 消能部件的维护与更换

消能器部件的维护 …… 124
消能减震部件的更换 …… 125
消能减震墙的检测与维护 …… 126
减震建筑标识的验收与维护 …… 127

8 算例

消能器门架支承构件计算 …… 128
消能器门架支承节点板的计算 …… 130
悬臂墙配筋连接件及预埋件的计算 …… 131
装配式消能减震轻质复合墙板计算 …… 134

总 说 明

1 编制依据

1.1 本图集根据《四川省住房和城乡建设厅关于下达2023年四川省工程建设地方标准设计制定项目计划的通知》(川建标函[2023]1805号)进行编制。

1.2 本图集主要依据以下标准编制：

《工程结构通用规范》	GB 55001-2021
《建筑与市政工程抗震通用规范》	GB 55002-2021
《钢结构通用规范》	GB 55006-2021
《混凝土结构通用规范》	GB 55008-2021
《钢结构设计标准》	GB 50017-2017
《钢结构加固设计标准》	GB 51367-2019
《混凝土结构加固设计规范》	GB 50367-2013
《建筑抗震鉴定标准》	GB 50023-2009
《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
《钢结构焊接规范》	GB 50661-2011
《建筑钢结构防火技术规范》	GB 51249-2017
《混凝土结构设计标准》（2024年版）	GB/T 50010-2010
《建筑抗震设计标准》（2024年版）	GB/T 50011-2010
《低合金高强度结构钢》	GB/T 1591-2018
《高层建筑混凝土结构技术规程》	JGJ 3-2010
《建筑消能减震技术规程》	JGJ 297-2013
《建筑消能阻尼器》	JG/T 209-2012
《建筑抗震加固技术规程》	JGJ 116-2009
《混凝土结构后锚固技术规程》	JGJ 145-2013
《钢结构高强度螺栓连接技术规程》	JGJ 82-2011
《消能减震填充墙应用技术规程》	T/CECS 1679-2024
《屈曲约束支撑应用技术规程》	T/CECS 817-2021
《建筑消能减震加固技术规程》	T/CECS 547-2018
《四川省建筑隔震减震工程施工验收及维护标准》	DBJ51/T 259-2024
《四川省建筑消能减震技术标准》	DBJ51 075-2024
《四川省基于保持正常使用功能的建筑隔震减震工程设计标准》	DBJ51/T 263-2024
《建筑结构消能减震(振) 设计》	09SG610-2
《砌体填充墙构造详图(二)》	10SG614-2
《点支承玻璃幕墙、全玻璃幕墙》	13J103-3
《内隔墙-轻质条板》	24J113-1

当依据的标准规范有修订或有新的标准规范出版实施时，工程人员应对本图集相关内容进行复核后方可选用。

消能减震结构是指在结构某些部位(如支撑、剪力墙、节点、楼层空间等)设置消能(阻尼)装置或元件，通过消能(阻尼)装置产生摩擦、弯曲(或剪切、扭转)变形来耗散或吸收地震输入结构中的能量，以减小主体结构的地震响应，避免结构产生破坏或倒塌。本图集是关于消能减震结构的消能部件布置、消能器支撑形式、连接构造、节点设计及消能部件围护等方面的四川省标准图集。

2 适用范围

本图集适用于四川省抗震设防为6、7、8和9度地区新建建筑结构和既有建筑结构抗震加固的消能减震设计。

3 编制目的

近年来建筑结构消能减震(振)技术在国内新建建筑及既有建筑物的加固改造中已逐渐推广应用。自2008年汶川地震以来，尤其是新版《建设工程抗震管理条例》发布以后，四川省积极响应，陆续颁发了《四川省基于保持正常使用功能的建筑隔震减震

工程设计标准》、《四川省建筑消能减震设计标准》等地方规程，极大的促进减震(振)技术在我省的大量工程实践。随着减震产品的不断丰富、消能减震技术的不断发展进步和消能减震技术应用经验的不断总结，需与之配套的新的消能减震构造图集对设计、施工、维护等进行指导。本图集充分结合四川省幅员辽阔、地震多发、高烈度区较多等地域特色，总结全国消能减震技术应用经验，汇集了目前国内比较常用的消能器类型和产品,聚焦消能减震的构造要求，力求使图集做到安全适用、技术先进、经济合理，以正确指导和促进减震技术在我省的推广和应用。

4 材料选用

4.1 混凝土：新建建筑及既有建筑混凝土的强度等级应不低于相关规范的规定；对于抗震设防分类为乙类的既有建筑，新增混凝土强度等级不宜低于C30。

4.2 钢筋:应优先选用HRB400级和HRB500级钢筋，也可采用HPB300级钢筋。

4.3 钢材:宜采用Q235B、Q355B、Q390B和Q420B，尚应满足《钢结构设计标准》GB 50017以及《建筑抗震设计标准》GB/T 50011要求。

4.4 螺栓、锚栓、螺杆、焊条和焊剂的选用应符合《钢结构设计标准》GB 50017的要求。

5 建筑结构消能减震设计原理及方法

5.1 消能减震原理

通过在结构中某些相对变形较大的部位安装消能器或将某些非承重构件设计成消能构件，由消能装置和消能构件提供的附加阻尼，大量消耗地震输入能量，从而达到减震目的。

5.2 消能减震设计方法

根据主体结构、消能器的工作状态选择,可采用振型分解反应谱法、弹性(线性、非线性) 时程分析法、静力弹塑性分析法和弹塑性时程分析法。

（1）当消能减震结构主体结构处于弹性工作状态，且消能器处于线性工作状态时，可采用振型分解反应谱法、弹性时程分析法。

（2）当消能减震结构主体结构处于弹性工作状态，且消能器处于非线性工作状态时，可将消能器进行等效线性化，采用附加有效阻尼比和有效刚度的振型分解反应谱法、弹性时程分析法，也可采用弹塑性时程分析法。

（3）当消能减震结构主体结构进入弹塑性状态时，应采用静力弹塑性分析法或弹塑性时程分析法。

5.3 设计流程

新建消能减震结构设计流程见图5.3.1，既有建筑消能减震结构计算流程见图5.3.2。

6 消能减震地震作用

（1）新建消能减震建筑的地震作用按照现行抗震规范以及地震烈度区划图进行确定;场地特征周期应按《建筑抗震设计标准》GB/T 50011的有关规定执行，计算罕遇地震和极罕遇地震作用时，场地特征周期应分别增加0.05s和0.10s。

（2）对于抗震鉴定中的A、B、C类建筑，各级地震作用应满足《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB 55021的要求。

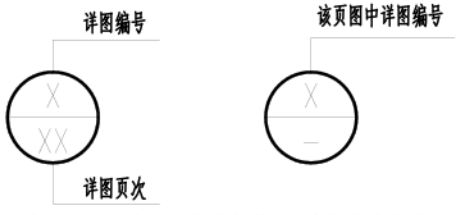
7 施工

减震工程分项工程施工及施工中的环境保护、安全措施、劳动保护、防火要求和安全文明等应符合相关法律、法规和国家现行有关标准的规定。

8 单位、图例

8.1 本图集未注明单位的尺寸均以毫米(mm)为单位。

8.2 本图集索引示例见下图。



9 其他

9.1 本图集中仅示出与消能部件相连的主体结构构件,其余结构构件未示出。

9.2 本图集中连接构件尺寸、钢筋直径、螺栓规格和焊缝尺寸应根据实际工程的具体情况经计算确定。

9.3 本图集未尽事宜，应按国家现行相关标准、规范和相关法规文件的要求执行。

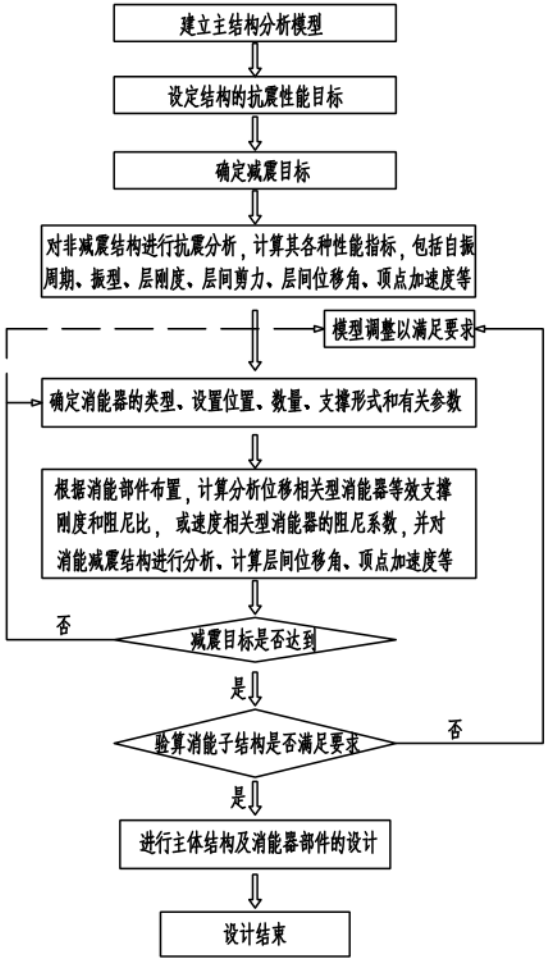


图5.3.1 新建消能减震结构设计流程

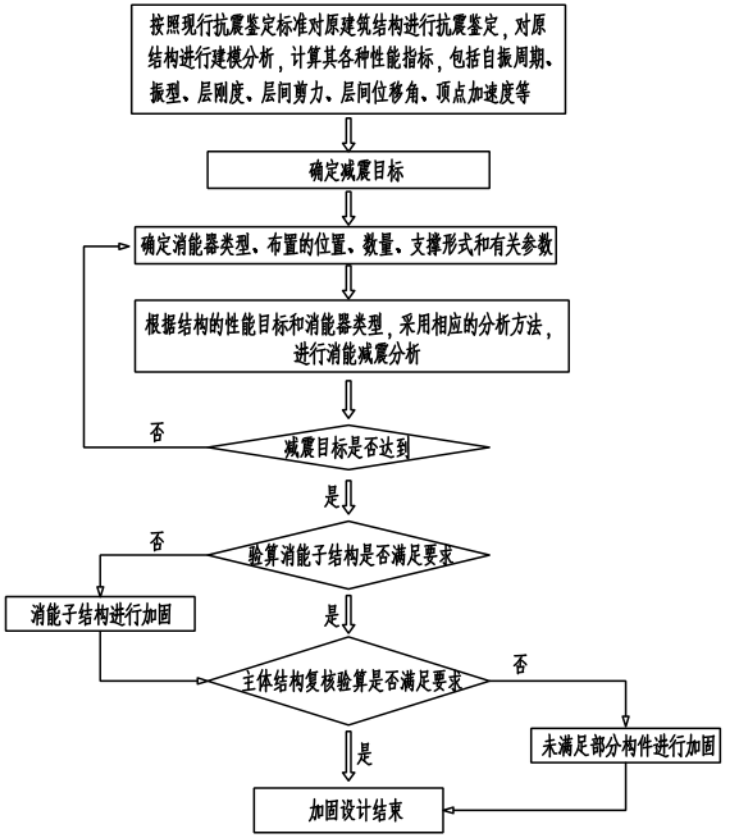


图5.3.2 既有建筑消能减震结构计算流程

总说明3									图集号	
审核			校对			设计			页	5

消能部件的分类

1 消能部件的分类

消能减震结构中附加的耗能减震元件或装置一般统称为消能部件。

1.1 根据阻尼力与位移、速度的相关性等消能部件耗能机理的不同，消能部件的类型可分为速度相关型消能部件、位移相关型消能部件和复合型消能部件。

1.2 速度相关型消能部件通常由黏滞材料或黏弹性材料制成，在地震往复作用下利用其黏滞材料和黏弹性材料的阻尼特性来耗散地震能量，消能部件耗散的阻尼力与消能部件两端的相对速度有关，目前常用的速度相关型消能部件如下：

- 速度相关型消能部件
  - 黏滞消能部件
    - 杆(筒)式黏滞消能部件
    - 黏滞阻尼墙消能部件(剪切阻抗式)
  - 黏弹性消能部件
    - 板式黏弹性消能部件
    - 筒式黏弹性消能部件

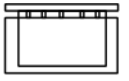
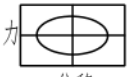
1.3 位移相关型消能部件通常由较好塑性变形性能的金属材料或耐摩擦元件制成，在地震往复作用下通过金属材料屈服时产生的弹塑性滞回变形或构件相对运动产生摩擦做功来耗散地震能量，消能部件耗散的地震能量与消能部件两端的相对变形有关，如金属消能部件、摩擦消能部件、屈曲约束支撑、减震墙板等。目前常用的位移相关型消能部件如下：

- 位移相关型消能部件
  - 金属屈服型消能部件
    - 金属剪切消能部件
    - 金属剪弯消能部件
    - 屈曲约束支撑
  - 摩擦消能部件

1.4 复合型消能部件兼具了以上两种类型消能部件的特性，其耗能能力与消能部件两端的相对速度和相对位移有关，通常由塑性变形性能好的金属材料和利用剪切滞回变形耗能的黏弹性材料组成。

1.5 常用的消能部件主要有黏滞消能部件、黏弹性消能部件和金属消能部件。以上三种消能部件的基本构造、滞回性能、工作机理、耗能能力及其对结构动力特性和动力响应的影响见表1.5。

表1.5 消能部件性能对比

对比项	黏滞消能部件		黏弹性消能部件	金属消能部件
基本构造	 杆式黏滞消能部件	 黏滞阻尼墙	 黏弹性消能部件	 屈曲约束支撑
理想滞回曲线				
工作机理	流体通过空隙产生阻尼力	流体发生剪切变形产生阻尼力	黏弹性材料的剪切变形或拉压变形耗散能量	钢材塑性变形吸收振动能量
多遇地震耗能能力	不提供附加静刚度，提供动刚度和附加阻尼，耗能效果好		可提供附加静刚度和附加阻尼，耗能效果较好	可提供附加静刚度但不能耗能
罕遇地震耗能能力	可有效耗能，提供附加阻尼		容许变形过小，耗能有限	可在金属屈服后有效耗能
对结构周期的影响	不影响结构周期		降低结构周期	降低结构周期
对基底剪力的影响	减小效果最明显		减小效果一般	减小或增大
对结构位移的影响	有效降低结构位移响应		可降低结构位移响应	有效降低结构位移响应
对结构加速度的影响	有效降低结构加速度，提高舒适度		可降低结构加速度，提高舒适度	可能增大结构加速度，降低舒适度
受环境温度的影响	影响很小		影响很大	几乎不受影响

2 黏滞阻尼器

2.1 基本构造

黏滞消能部件是以黏滞材料为阻尼介质的速度相关型消能部件，可分为杆式黏滞消能部件，黏滞阻尼墙或筒式黏滞消能部件。

2.1.1 杆式黏滞阻尼器

杆式黏滞消能部件对密封性要求较高，将消能部件端部做成球铰连接可以适应连接误差和平面外变形，保证消能部件主要承受轴力，避免过大的剪力和弯矩对密封性的不利影响。

单出杆和双出杆黏滞消能部件的构造示意见图2.1.1-1。杆式黏滞消能部件可采用一端球铰连接或一端球铰连接一端法兰连接两种连接形式，见图2.1.1-2所示。

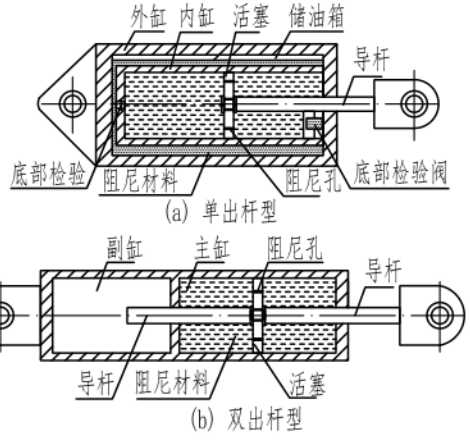


图2.2.1-1 黏滞阻尼器的构造示意图

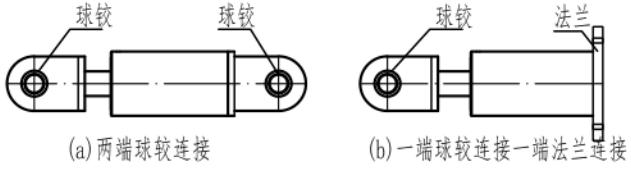


图2.2.1-2 黏滞消能部件连接方式

2.1.2 黏滞阻尼墙

黏滞阻尼墙的阻尼力是利用黏滞体的剪切阻抗力，阻尼力与相对速度(剪切速度)成正比，与剪切面积成正比，比例常数为粘度。剪切阻抗式是将建筑物振动时产生的层间变形变换成多个阻抗板的相对运动实现能量转换，阻尼力和变形的滞回环吸收能量。

黏滞阻尼墙的构造示意见图2.2.2。黏滞阻尼墙上下两端一般采用螺栓连接方式。

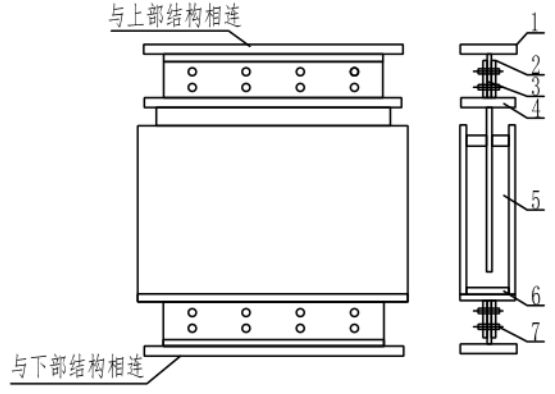


图2.2.2 黏滞阻尼墙的构造示意图

1-预埋板;2-夹板;3-连接板;4-内钢板;5黏材料;6外钢板;7-高强螺栓

2.2 性能及设计要求

2.2.1 黏滞消能部件的外观、材料、性能、检测应满足《四川省建筑隔震减震工程施工验收及维护标准》DBJ51/T 259要求。

2.2.2 黏滞消能部件为速度相关型，在很小的位移条件下即可耗能，可用于结构抗风也可用于结构抗震。当用于结构抗风时，可选用线性黏滞消能部件或速度指数较大的非线性黏滞消能部件。当用于结构抗震时，为避免在罕遇地震下消能部件阻尼力过大，可选用速度指数较小的非线性黏滞消能部件。

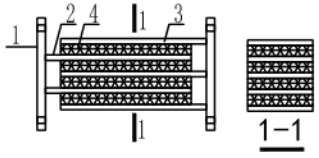
3 黏弹性消能部件

3.1 基本构造

(1)国内的黏弹性消能部件产品有平板式和圆筒式两种类型。平板式消能部件中黏弹性材料的层数多为多层，剪切面积大、耗能能力强，可适用于各种情况下的建筑消能减震;而圆筒式消能部件由于黏弹性材料层数少、耗能能力相对较弱，一般用于大跨网架等对消能部件外形有特殊要求的结构。本图集主要介绍平板式黏弹性消能部件。

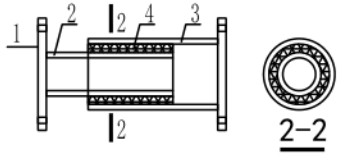
(2)黏弹性消能部件按变形方向可分为拉压型和剪切型两种类型。

(3)黏弹性阻尼器的构造示意见图3.2。



1—连接板;2—内平板;3-外平板;4—黏弹性材料(四层)

(a)平板式



1—连接板;2-内筒;3-外筒;4—黏弹性材料(一层)

(b)圆筒式

图3.2 黏弹性阻尼器的构造示意

3.2 性能及设计要求

3.2.1 黏弹性消能部件的外观、材料、各种性能、检测应满足《建筑消能阻尼器》JG/T 209及《四川省建筑隔震减震工程施工验收及维护标准》DBJ51/T259要求。

3.2.2 黏弹性消能部件为速度和位移均相关型，在很小的位移条件下即可耗能，可用于结构抗风也可用于结构抗震。

4 金属消能部件

4.1 基本构造

国内应用较多的是金属消能部件中的屈曲约束支撑、金属剪切消能部件和金属弯曲消能部件，因此本图集仅针对以上类型，并可作为其它类型的参考。

4.2.1 屈曲约束支撑

屈曲约束支撑是利用低屈服点芯材在轴向力下的塑性变形来耗能。屈曲约束支撑一般由核心单元、约束单元组成。核心单元为主受力、耗能构件。约束单元提供约束机制，以防止核心单元受轴压时发生整体失稳或局部屈曲。屈曲约束支撑的构造见图5.2.1。

4.2.2 金属剪切消能部件

金属剪切消能部件是利用低屈服点金属平面内剪切应力作用下产生的塑性滞回变形来耗能。在剪切金属消能部件中，为防止金属板发生平面外的屈曲或抑制屈曲量，一般需对剪切板设置适当间隔的加劲肋。金属剪切消能部件构造见图5.2.2。

4.2.3 金属弯曲消能部件

金属弯曲消能部件是利用低屈服点金属在平面外弯矩作用下产生的塑性滞回变形来耗能。

金属弯曲消能部件构造见图4.2.3。

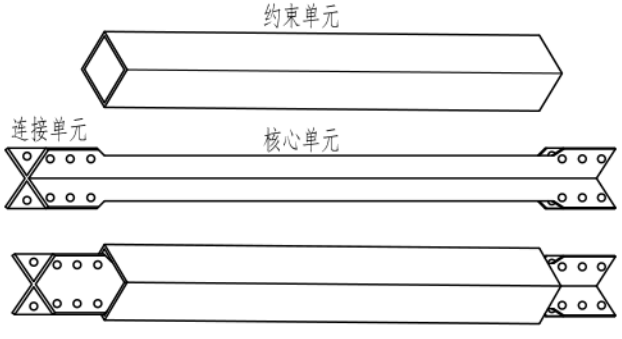


图4.2.1 屈曲约束支撑构造示意

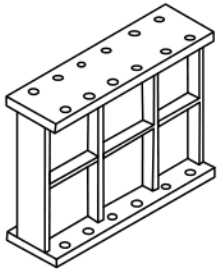


图4.2.2 金属剪切消能部件构造示意

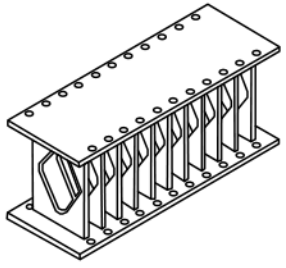


图4.2.3 金属弯曲消能部件构造示意

4.2 性能及设计要求

4.2.1 金属消能部件的外观、材料、各种性能、检测应满足《建筑消能阻尼器》JG/T 209及《四川省建筑隔震减震工程施工验收及维护标准》DBJ51/T259要求。

4.2.2 金属消能部件在小位移条件下仅提供刚度，只有在屈服后才具有耗能能力，一般仅用于结构抗震。

4.2.3 金属消能部件整体稳定和局部稳定应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的规定，消能部件在消能方向运动时，平面外应具有足够的刚度，不能产生翘曲和侧向失稳。

5 摩擦消能部件

5.1 基本构造

根据摩擦消能部件的构造和消能机制，主要可分为结点型摩擦消能部件、板式摩擦消能部件、筒式摩擦消能部件和复合型摩擦消能部件。本图集仅介绍常用的Pall摩擦消能部件和长孔螺栓摩擦消能部件，其均属于板式摩擦消能部件。

5.1.1 Pall摩擦消能部件

Pall摩擦消能部件由交叉处的摩擦滑动节点和周围四根链杆组成。摩擦滑动节点是由钢板通过高强螺栓连接而成，消能部件的起滑力由节点板间的摩擦力控制，可在钢板之间夹设摩擦材料或对接触面进行处理来提高摩擦系数，并通过松紧节点螺栓来调节钢板正压力以调节消能部件的摩擦力。图5.1.1表示Pall摩擦消能部件构造。

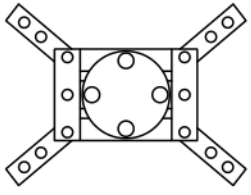
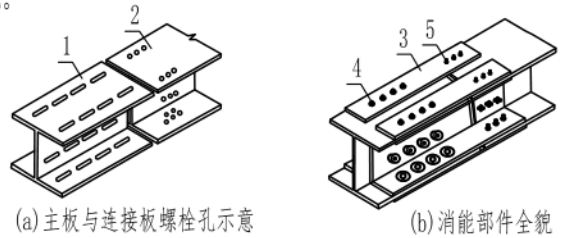


图5.1.1 Pall摩擦消能部件构造

5.1.2 长孔螺栓摩擦消能部件

长孔螺栓摩擦消能部件是由开有长孔的主板和开有螺栓孔的副板及紧固螺栓组成，长孔与受力方向平行，螺栓穿过长孔，螺帽下加设弹簧和垫圈，以保持恒定的螺栓预紧力。在主板和副板之间可嵌入摩擦片以增强摩擦，保持滑动摩擦力均匀稳定。长孔螺栓摩擦消能部件构造见图5.1.2。



1-主板 2-连接板
3-副板 4-紧固螺栓
5-高强螺栓

(a)主板与连接板螺栓孔示意　　(b)消能部件全貌

图5.1.2 长孔螺栓摩擦消能部件构造

5.2 性能及设计要求

5.2.1 摩擦消能部件的外观、材料、各种性能、检测应满足《建筑消能阻尼器》JG/T 209及《四川省建筑隔震减震工程施工验收及维护标准》DBJ51/T259要求。

5.2.2 摩擦消能部件在小变形情况下即可滑移耗能，若用于抵抗风振或其他振动，会因频繁的滑移磨损导致摩擦力减小和耗能能力减弱，因而摩擦耗能器一般用于结构减震并保证风振作用下不发生摩擦滑移。

6 消能减震墙板

6.1 基本构造

消能减震墙主要由墙体单元、减震层或耗能元件、墙体与结构构件之间或墙体单元之间的连接构造组成。

6.1.1 消能减震填充墙用于砌块类填充墙，由若干对墙体横向分块的墙体单元、消能减震层、墙-竖向构件间柔性连接构造构成。根据所采用的墙体材料和耗能原理可分为以下几类：

(1)装配式减震墙板；

(2)装配式金属消能减震复合墙板；

(3)装配式减震轻质复合填充墙板。

6.1.2 装配式减震墙板在阻尼填充墙基础上针对装配式隔墙板特点进行改造而提出的，由若干横向布置的墙板(即墙体单元)、消能减震层、墙-竖向构件间柔性连接构造构成。墙体根据预制墙板布置方式的不同，可将装配式减震墙板细分为横条型与竖条型装配式减震墙板，构造见图6.1.2。

6.1.3 装配式金属消能减震复合墙板主要用于对普通复合混凝土墙板的改进而成的复合夹心墙，主要由两块中心对称布置的L型预制混凝土板、拉接两块L型预制混凝土板的若干个金属消能减震元件、墙-梁之间连接构造、墙-竖向构件之间与两块L型预制混凝土之间的柔性连接及防水保温填充材料构成，构造见图6.1.3。

6.1.4 装配式消能减震轻质复合填充墙板包括上复合墙板和下复合墙板及其之间的金属耗能元件，墙板在墙厚方向由钢筋混凝土板和砌块复合而成，构造见图6.1.4。

6.2 性能及设计要求

6.2.1 消能减震墙板的外观、材料、各种性能、检测应满足《建筑消能阻尼器》JG/T 209及《四川省建筑隔震减震工程施工验收及维护标准》DBJ51/T259要求。

6.2.2 现有砌体填充墙的刚度及耗能能力不可量化，且连接稳定性和可靠性不好，消能墙板可实现消能减震的目的。适用于采用消能减震墙技术的新建、改建和扩建民用建筑工程。

6.2.3 进行结构减震分析时，需将上下墙板按悬臂墙在软件中建模，并在中间设置连接单元模拟耗能元件。悬臂墙按刚度等效得到等效厚度，连接单元本构参数根据耗能元件参数填写。

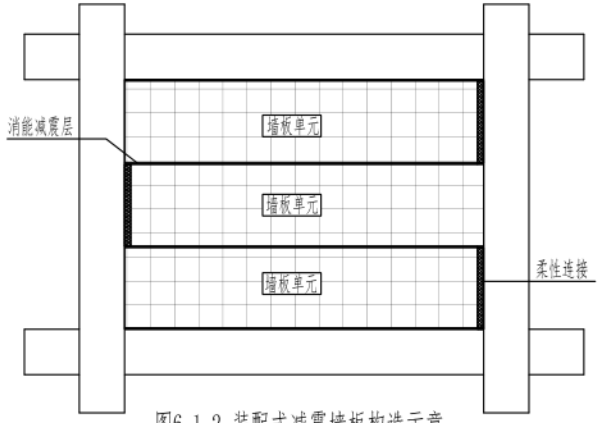


图6.1.2 装配式减震墙板构造示意

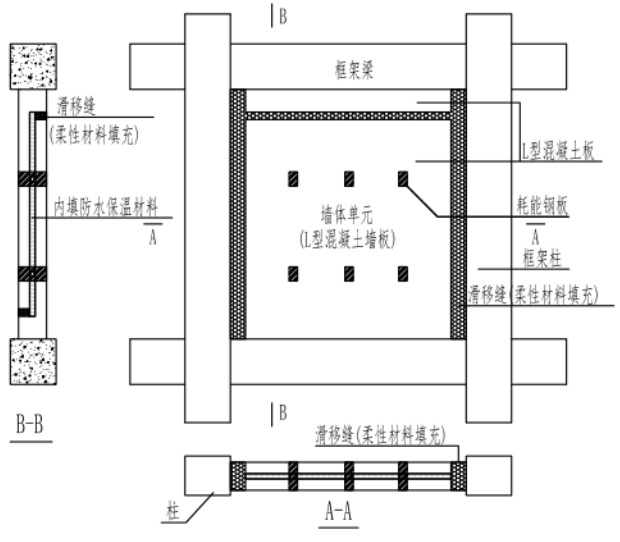


图6.1.3 装配式金属消能减震复合墙板构造示意

消能减震墙板									???	?24Jxxx
??			??			??			?	11

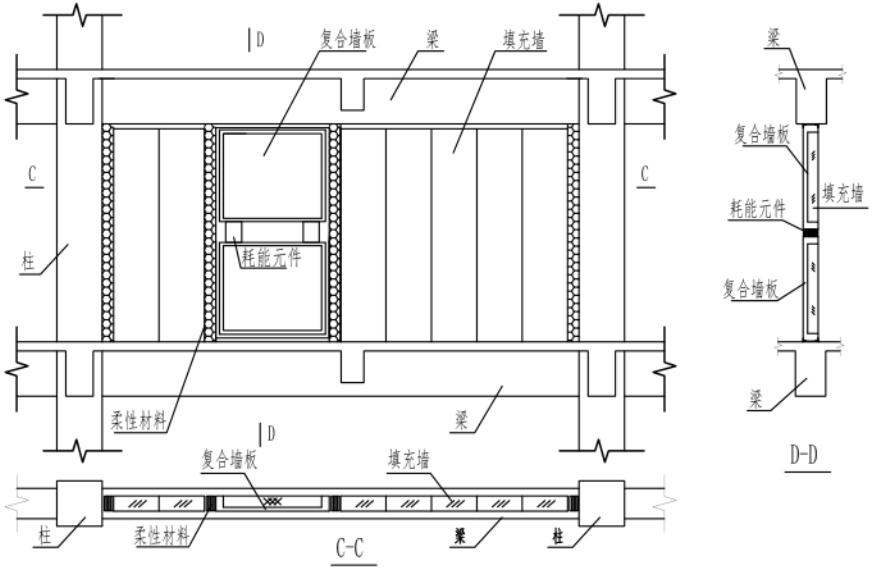


图6.1.4 装配式消能减震轻质复合填充墙板构造示意

消能减震墙板										???	?24Jxxx
??			??			??				?	12

1 消能减震建筑主体结构的要求

1.1 消能减震结构的抗震设防目标

(1) 当遭受低于本地区抗震设防烈度的多遇地震影响时、消能部件正常工作，主体结构不受损坏或不需要修理可继续使用;当遭受相当于本地区抗震设防烈度的设防地震影响时，消能部件正常工作，主体结构可能发生损坏，但经一般修理仍可继续使用。

(2) 当遭受高于本地区抗震设防烈度的罕遇地震影响时，消能部件不应丧失功能，主体结构不致倒塌或发生危及生命的严重破坏。位于高烈度设防地区、地震重点监视防御区的新建学校、幼儿园、医院、养老机构、儿童福利机构、应急指挥中心应急避难场所、广播电视等建筑应当按照国家有关规定采用隔震减震等技术保证发生本区域设防地震时能够满足正常使用要求。

1.2 抗震性能化设计

消能减震结构采用抗震性能化设计时，应根据建筑结构的实际需求，分别选定针对整个结构、局部部位或关键部位，关键部件、重要构件、次要构件以及建筑构件和消能部件的性能目标。

1.3 消能子结构

1.3.1 子结构范围

消能子结构可认为消能器通过支撑结构连接到主体结构的部分。常见的消能器布置形式的子结构见图1.2。

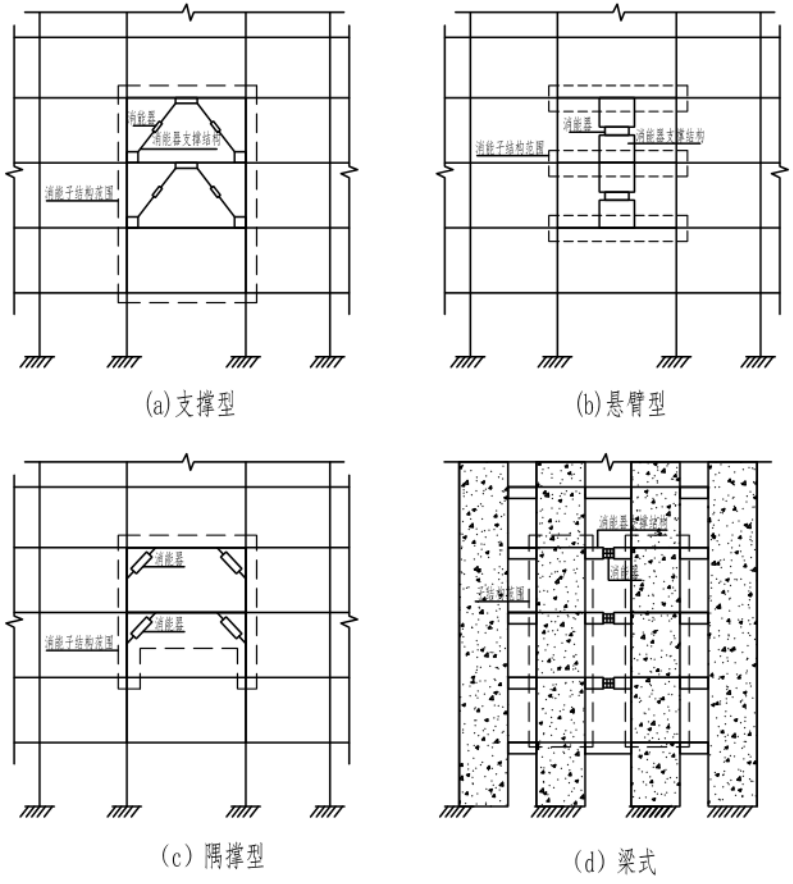
1.3.2 承载力要求

(1)消能子结构中非消能部件的梁、柱、墙构件应按重要构件进行设计，进行性能化设计时，消能子结构性能要求宜比其他相邻主体构件高一个等级。

(2)消能子结构性能目标：一般情况下可满足中震抗弯不屈服，抗剪弹性，同时应满足大震极限强度要求；《基于保持建筑正常使用功能的抗震技术导则》中第I类正常使用建筑中的消能子结构承载力宜满足大震不屈服。

(3)采用屈曲约束支撑(BRB)的消能子结构构件不宜先于屈曲约束支撑(BRB)屈服。

(4)消能子结构的框架柱在两个方向都应满足上述强度要求。



(a)支撑型　(b)悬臂型　(c) 隅撑型　(d) 梁式

图1.2 常见消能布置的子结构范围

消能减震建筑主体结构的要求									图集号	
审核			校对			设计			页	13

2 杆式黏滞消能器的支撑型式及特点

对于杆式黏滞消能器，常用的支撑形式主要有斜杆型支撑、人字型支撑、门架型支撑、墙式支墩、伸臂桁架等类型。

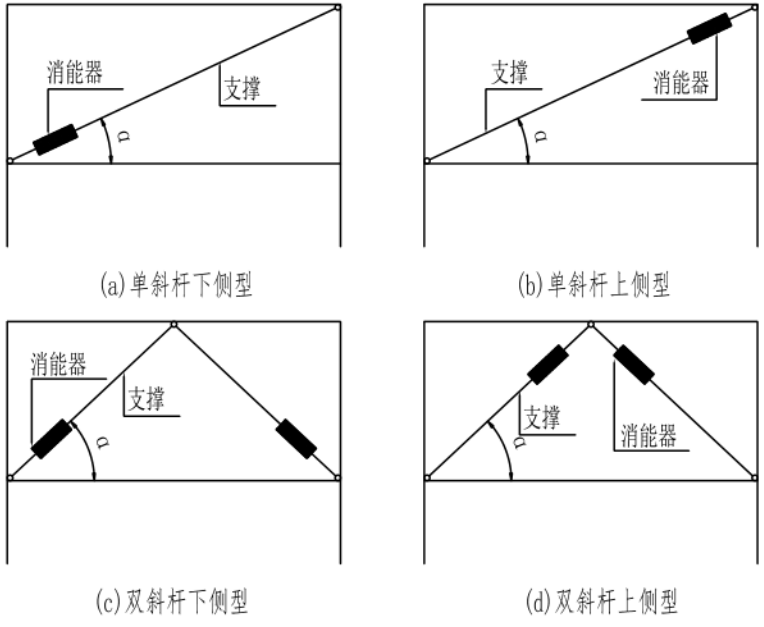
2.1 斜杆型支撑

根据斜撑的数量和消能器的位置，斜杆型支撑可分为单斜杆上侧型、单斜杆下侧型、双斜杆上侧型和双斜杆下侧型，如图2.1所示。

2.1.1 斜杆型支撑的特点

(1)构造简单，施工方便。

(2)当结构的层间位移为△时，消能器两端的相对位移为△cosα，故其耗能效率较低。



(a)单斜杆下侧型　(b)单斜杆上侧型

(c)双斜杆下侧型　(d)双斜杆上侧型

图3.1 斜杆型支撑

(适用于一端铰接一端法兰连接的消能器)

2.1.2 注意事项

(1)由于消能器的耗能效率随α角度增大而降低，故其倾角不宜过大，一般为25°～50°

(2)由于消能器和斜撑通过法兰连接，消能器会承受其本身及斜撑的自重引起的剪力和弯矩，为减小此剪力和弯矩对消能器长期性能的不利影响，斜撑的长度不宜过大。

(3)斜撑的计算长度取值应遵循的原则：计算斜撑的轴向刚度时，计算长度应取其净长；计算平面内、外稳定时，计算长度应取斜撑与消能器的长度总和。

2.2 人字型支撑

两斜向支撑与水平支撑的轴线交于一点时，称之为人字型支撑，根据消能器的安装位置和数量，人字型支撑可分为正人字单侧型、正人字双侧型，倒人字单侧型和倒人字双侧型四种类型，如图2.2所示。图中仅给出消能器与梁连接的示意。根据具体情况消能器也可与柱或梁柱节点连接。

2.2.1 人字型支撑的特点

(1)支撑杆件较多，连接构造较斜杆型支撑复杂。

(2)支撑杆件基本为轴向受力，支撑的侧向刚度较大。

(3)消能器两端的相对位移基本为结构的层间位移，与斜杆型支撑相比其耗能效率较高。

(4)消能器两端与支撑和主体结构采用球铰连接，消能器仅承受本身自重引起的剪力和弯矩，此剪力和弯矩相对较小，因此消能器基本为轴向受力构件。

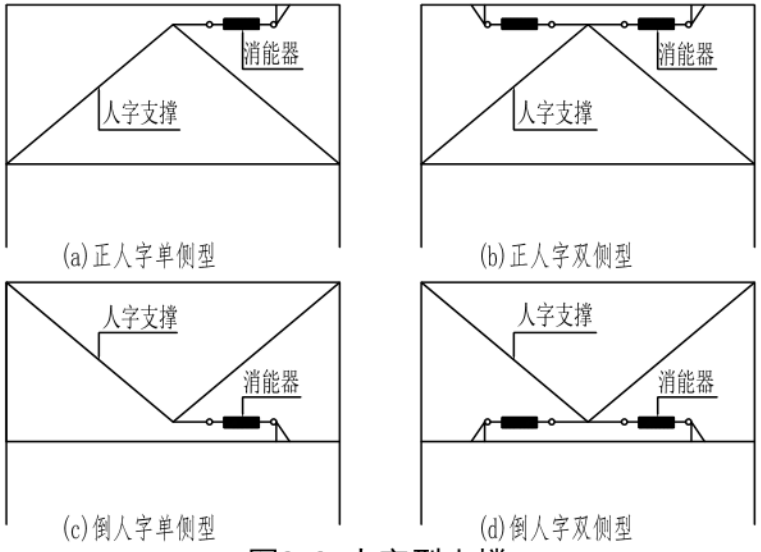


图2.2 人字型支撑

(适用于两端铰接连接的消能器)

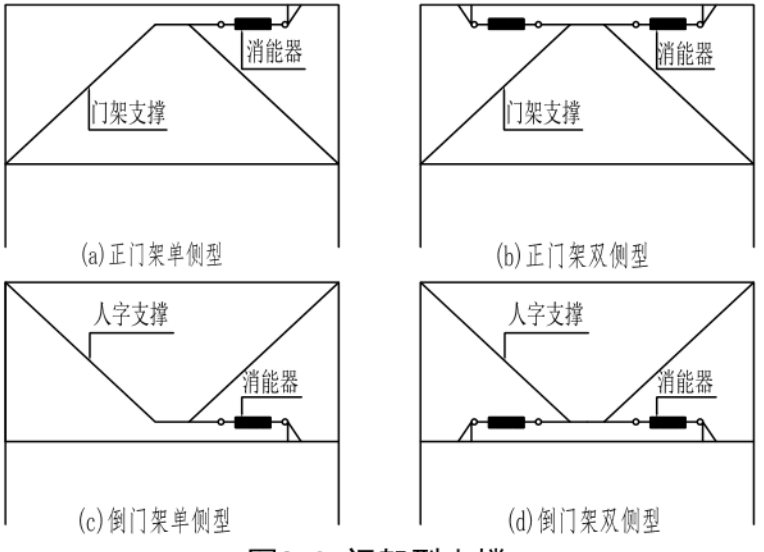


图2.3 门架型支撑

(适用于两端球铰连接的消能器)

2.2.2 注意事项

(1)应在支撑顶部设置侧向限位装置以防止其平面外失稳。

(2)支撑的水平悬臂段长度不宜过大。

(3)与单侧型相比，在相同的耗能能力条件下，双侧型中单个消能器的阻尼系数，最大输出力及连接节点的受力皆可大幅减小。当采用单侧型支撑时，若消能器的最大输出力及连接节点的受力过大，可考虑改用双侧型支撑。

2.3 门架型支撑

两斜向支撑与水平支撑的轴线不交于一点时，称之为门架型支撑。根据消能器的安装位置和数量，门架型支撑可分为正门架单侧型、正门架双侧型、倒门架单侧型和倒门架双侧型四种类型，如图2.3所示，图中仅给出消能器与梁连接的示意，根据具体情况消能器也可与柱或梁柱节点连接。

2.3.1 门架型支撑的特点

(1)布置较灵活，可用于跨度较大或建筑有特殊要求（如开门洞)的情况。

(2)支撑杆件较多，连接构造较斜杆型支撑复杂。

(3)与人字型支撑相比，由于支撑杆件不汇交于一点，在消能器水平力作用下，支撑中的弯矩会增大其水平变形，相应减小了消能器两端的相对位移，在一定程度上降低了消能器的耗能效率。

(4)消能器两端与支撑和主体结构采用球铰连接，消能器仅承受本身自重引起的剪力和弯矩， 此剪力和弯矩相对较小，因此消能器基本为轴向受力构件。

2.3.2 注意事项：同人字型支撑。

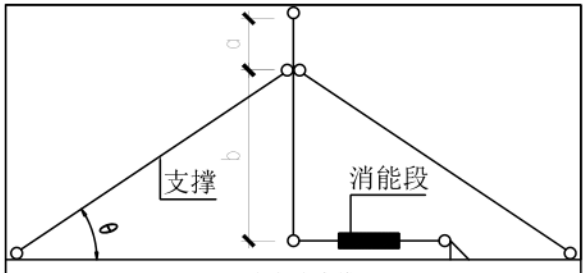
2.4 速度型消能器位移增效机构

2.4.1 当结构侧向刚度较大时，在地震作用下，结构层间位移可能较小，速度型消能器行程很小，其效能未被充分利用，造成资源浪费。因此，特设置位移增效机构将结构的层间位移在消能器处进行放大，使消能器获得更好的减震效果。速度型消能器位移增效机构常见形式见图2.4。

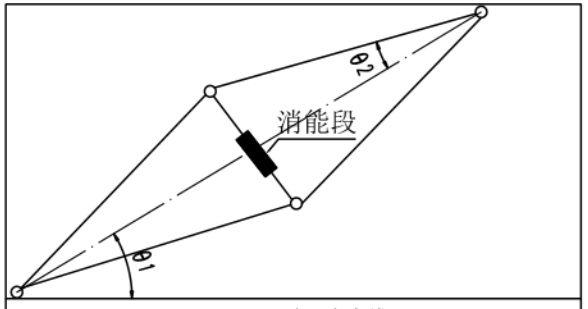
2.4.2 常见的位移增效机构主要有杠杆式，剪刀式，上肘杆支撑及下肘杆支撑等常见形式见图2.4。各种支撑形式的位移放大倍数见表2.4.2。

表2.4.2 各种支撑形式的位移放大倍数

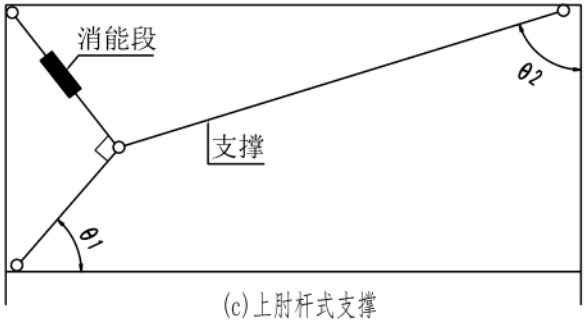
支撑形式	位移放大倍数
人字支撑	1
杠杆式支撑	b/a
剪刀式支撑	$\cos\theta1/\tan\theta2$
上肘杆式支撑	$\sin\theta2/\cos(\theta1+\theta2)+\sin\theta1$
下肘杆式支撑	$\sin\theta2/\cos(\theta1+\theta2)$



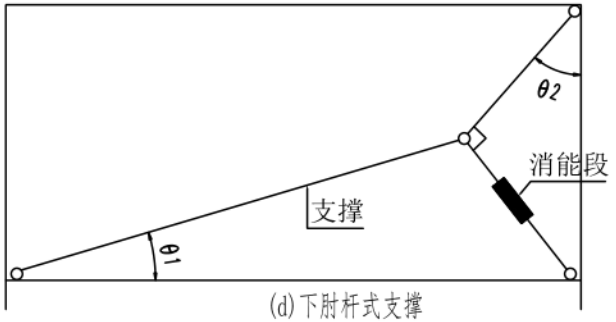
(a)杠杆式支撑



(b)剪刀式支撑



(c)上肘杆式支撑



(d)下肘杆式支撑

图2.4 速度型消能器位移增效机构示意

2.5 伸臂桁架支撑形式与特点

黏滞阻尼伸臂的工作原理通过伸臂桁架的杠杆作用将核心筒的弯曲变形转换为黏滞阻尼器的轴向变形。因此，竖向布置于伸臂桁架端部的黏滞阻尼器的变形和速度直接由伸臂桁架端部与框架柱之间相对竖向变形和相对竖向速度来决定，而伸臂桁架端部的变形和运动由核心筒来决定，则黏滞阻尼器的变形和速度依赖于核心筒与框架柱之间相对的竖向变形差和竖向速度差。

2.5.1 黏滞阻尼伸臂变形分解

影响黏滞阻尼器变形的主要因素有框架柱、核心筒和伸臂桁架。

(1)框架柱的轴向变形。外框架柱的轴向变形直接影响黏滞阻尼器的轴向变形，以剪切变形为主，降低黏滞阻尼器耗能作用的发挥，但外框架其弯曲变形的分量往往很小，可以忽略不计。

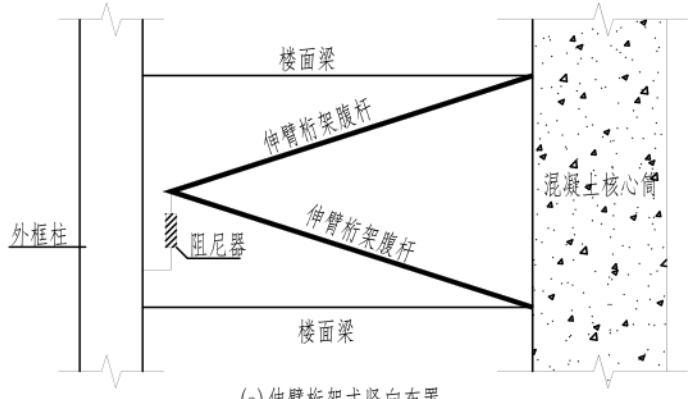
(2)核心筒转动变形。当伸臂刚度足够大，当核心筒发生转动时，通过伸臂桁架的杠杆效应将核心筒的转角转变为阻尼器的变形，有利于黏滞阻尼器耗能作用的发挥。

(3)伸臂桁架受力变形。由于伸臂桁架刚度有限，黏滞阻尼器反力会引起伸臂桁架端部变形,不利于阻尼器的发挥。

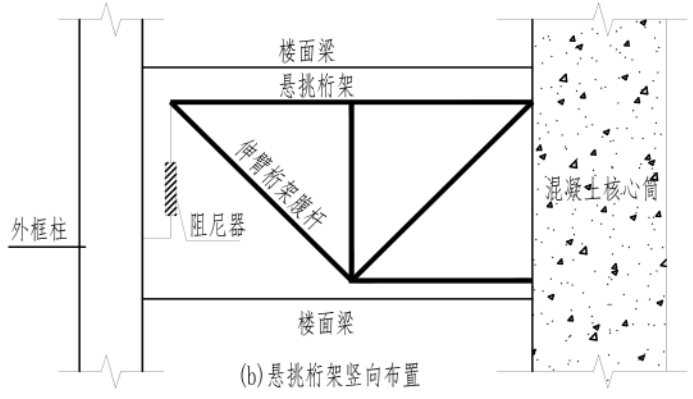
2.5.2 伸臂桁架支撑形式

(1)伸臂桁架一般采用钢支撑，钢桁架应伸入核心筒内，有条件情况下宜贯通。

(2)伸臂桁架应考虑面外稳定构造。



(a)伸臂桁架式竖向布置



(b)悬挑桁架竖向布置

图2.5 伸臂桁架布置示意

注：1.本图阻尼器布置位置仅为示意。

2.根据建筑使用功能及耗能需求，伸臂桁架式支承阻尼器的布置可分为水平布置式及竖向布置式。一般来讲，竖向布置式阻尼器耗能能力优于水平布置式。

3 平板式黏弹性消能器的支撑形式及特点

对于平板式黏弹性消能器，常用的支撑形式主要有斜杆型支撑、人字型支撑、门架型支撑和隅撑型四种类型。

3.1 斜杆型支撑

在斜杆型支撑中，常采用两端法兰连接的拉压型消能器，消能器放置在斜撑中间。根据斜撑的数量，斜杆型支撑可分为单斜杆支撑和双斜杆支撑两种形式，如图3.1所示。

3.1.1 斜杆型支撑的特点

(1)构造简单，施工方便。

(2)当结构的层间位移为△时，消能器两端的相对位移为△cosα，其耗能效率较低。

3.1.2 注意事项

(1)由于消能器的耗能效率随a角度增大而降低，故其倾角不宜过大，一般为25°～50°。

(2)由于黏弹性消能器在长期荷载作用下会发生徐变，支撑与主体结构的连接应具有一定的抗弯刚度(可采用刚接或通过腹板焊接的铰接连接)， 并足以承受消能器及斜撑的自重作用，保证黏弹性消能器本身不承受长期荷载。

(3)在进行斜杆型消能部件的平面内、外的整体稳定计算时，应考虑黏弹性消能器平面内、外的等效抗弯刚度，宜采用消能器与支撑串联的计算模型进行分析。

3.2 人字型和门架型支撑

根据消能器的安装位置，人字型和门架型支撑可分为正人字型、倒人字型、正门架型和倒门架型四种类型，如图4.2所示。

3.2.1 人字型和门架型支撑的特点

(1)支撑杆件较多，连接构造较斜杆型支撑复杂。

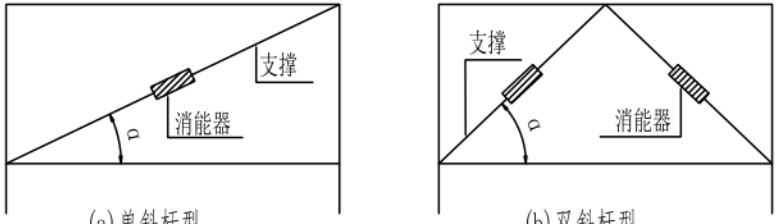
(2)消能器的剪切变形基本为结构层间变形，其耗能效率较斜杆型支撑高。

(3)与人字型支撑相比，门架型支撑内存在较大弯矩，抗侧刚度相对较弱，且受力复杂。

(4)由于剪切型黏弹性消能器具有一定的平面外刚度，故在支撑顶部无需额外设置侧向限位装置。

3.2.2 注意事项

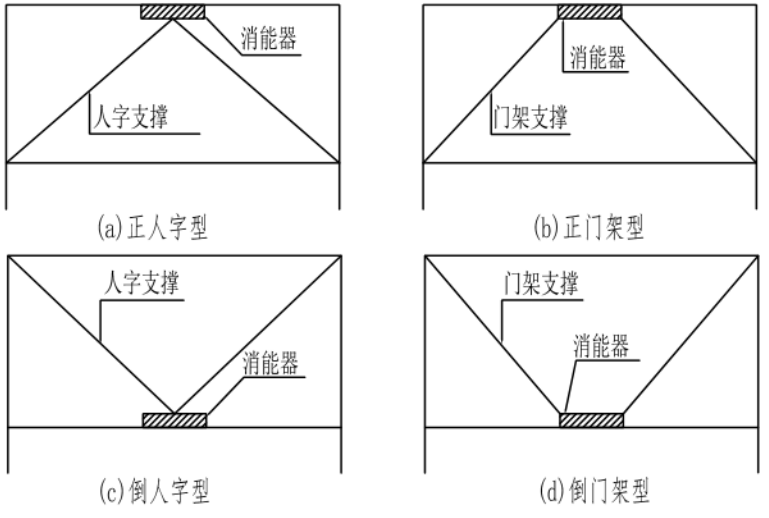
对于人字型和门架型支撑，在黏弹性消能器安装后，梁的后期挠度将在消能器中引起垂直于行程方向的变形，消能器的构造应能适应这种变形，同时应考虑其对消能器有效行程及长期性能的不利影响。为了减小这种不利影响，消能器宜在梁的全部恒载施加完成后安装。



(a)单斜杆型　　(b)双斜杆型

图4.1 斜杆型支撑

(适用于拉压型消能器)



(a)正人字型　　(b)正门架型

(c)倒人字型　　(d)倒门架型

图3.2 人字型和门架型支撑

(适用于剪切型消能器)

3.3 隅撑型支撑

隅撑型支撑设置在框架梁柱节点处，黏弹性消能器直接与节点附近的梁柱连接见图4.3，在隅撑型支撑中，一般采用拉压型黏弹性消能器。

3.3.1 隅撑型支撑的特点

(1)构造简单，布置灵活，对建筑空间影响较小，可在当建筑有特殊要求(如开门洞等)时采用。

(2)属于节点型消能装置，消能器变形小，耗能效率低，耗能能力难以充分发挥。

3.3.2 注意事项

由于消能器与主体结构的连接部位可能处于梁柱的塑性铰区附近，应考虑其对相连梁柱受力的影响。

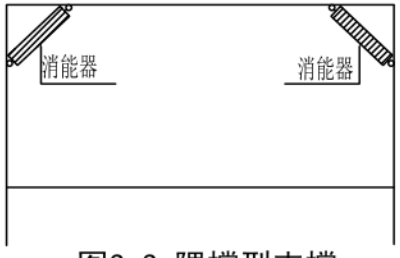


图3.3 隅撑型支撑

(适用于拉压型消能器)

4 金属消能器的支撑形式及特点

位移相关型消能器主要分为以下几种:金属消能器主要采用人字形(门架形)支撑、墙式支墩、连梁连接;摩擦消能器主要采用交叉型支撑、单斜杆支撑、双斜杆支撑;屈曲约束支撑主要采用单斜杆支撑、双斜杆支撑等。 对于金属消能器，常用的支撑形式主要有斜杆型、人字型、门架型、双人字型、双门架型五种类型。

4.1 斜杆型支撑

斜杆型支撑主要用于屈曲约束支撑，在斜杆型支撑中，屈曲约束支撑一般作为支撑构件直接与主体结构连接。根据斜撑的数量，斜杆型支撑可分为单斜杆支撑和双斜杆支撑两种形式见图4.1。

4.1.1 斜杆型支撑的特点

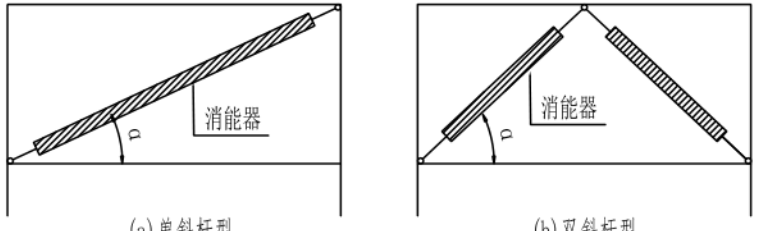
(1) 构造简单，施工方便，易于更换。

(2) 屈曲约束支撑长度较长，可根据实际工程定制，兼具普通支撑(抗风和小震条件下提供刚度) 和消能构件(中震和大震条件下提供阻尼)的双重作用。

4.1.2 注意事项

(1) 在结构分析时，斜杆型屈曲约束支撑的连接部分一般简化为铰接模型，但对连接部分进行细部设计时，应考虑由于高强螺栓或焊接连接实际存在弯曲刚度引起的附加弯矩的不利影响。

(2) 对于双斜杆型支撑，屈曲约束支撑安装后的结构竖向荷载会在其内部产生附加拉力或压力，在结构抗震分析时，应将此附加内力与地震作用内力进行叠加，按照叠加后的内力对屈曲约束支撑进行设计。



(a)单斜杆型　　(b)双斜杆型

图4.1 斜杆型支撑
(适用于屈曲约束支撑)

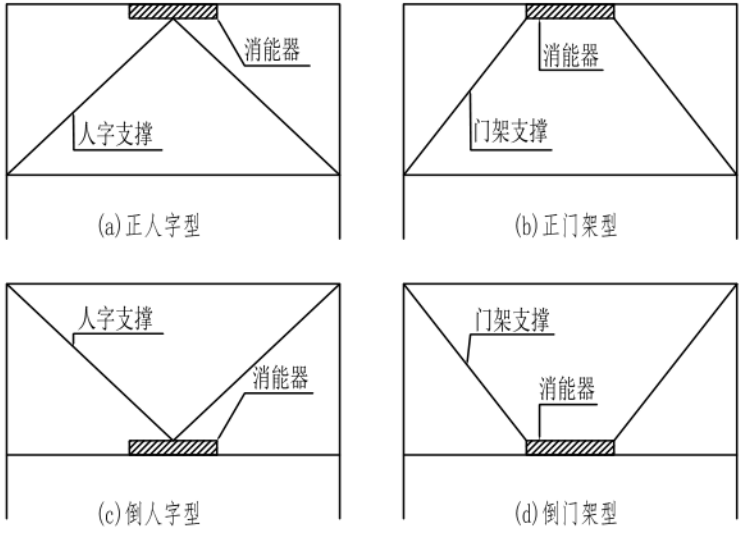
4.2 人字型和门架型支撑

人字型和门架型支撑适用于剪切钢板消能器和弯曲消能器，根据消能器的安装位置，人字型和门架型支撑可分为人字型、倒人字型、正门架型和倒门架型四种类型，如图4.2所示。

4.2.1 人字型和门架型支撑的特点同黏弹性消能器。

4.2.2 注意事项

对于人字型和门架型支撑，金属消能器安装后的结构竖向荷载会在消能部件内产生附加内力，在结构抗震分析时，应将此附加内力与地震作用内力进行叠加，按照叠加后的内力对消能部件进行设计。为了减小附加内力的影响，消能器宜在结构的全部竖向恒载施加完成后安装。



(a)正人字型　(b)正门架型

(c)倒人字型　(d)倒门架型

图4.2人字型和门架型支撑
(适用于剪切钢板消能器和弯曲消能器)

4.3 双人字型和双门架型

4.3.1 当剪切钢板消能器或加劲消能器位于层间位置，上下分别与一个正人字(门架)和一个倒人字（门架)支撑相连就构成了双人字型和双门架型支撑,如图4.3所示。

4.3.2 双人字型和双门架型支撑的特点

(1)适用于楼层较高的情况，此时若采用人字型或门架型支撑，其杆件可能过长，不够合理，则可改用此类型支撑。

(2)支撑杆件较多，构造较人字型和门架型支撑更复杂。

4.3.3 注意事项

(1)在进行消能部件的稳定计算时，应将上下支撑及消能器作为整体考虑。当上下人字(门架) 支撑对称时，可将其分别作为独立的悬臂构件进行计算。

(2)由于金属消能器抗疲劳能力较差，应防止其在风振作用下进入塑性状态，避免疲劳损伤的积累导致疲劳寿命降低。

(3)金属消能器的最大承载力受钢材应变硬化的影响较大，在设计连接构件时，必须充分考虑钢材应变硬化引起的消能器承载力的提高，应按提高后的承载力对连接节点及支撑杆件进行强度和稳定验算。

4.4 悬臂梁式支撑形式

4.4.1 连梁阻尼器常采用悬臂梁式支承，其构造见图4.4。梁式的支承构件为连梁或框架梁,需尽量减少楼板对消能器的影响。

4.4.2 连梁阻尼器可以采用金属消能器或者摩擦消能器，可根据需要设计成弯曲屈服型、剪切屈服型和弯剪复合屈服型。摩擦消能器，可根据需要设计成板式摩擦消能器或者筒式摩擦消能器。

4.4.3 连梁阻尼器具有屈服承载力可控、震后更换方便、不占使用空间、抗震性能良好等诸多优点，在混凝土剪力墙结构体系的住宅项目中,用于替代混凝土联肢剪力墙中的传统混凝土连梁，可大幅度提高连梁的延性和耗能能力。

4.5 墙式支墩

4.5.1 典型墙式支墩型消能器上下支墩分别与框架梁连接;墙式支墩的支承构件主要为钢筋混凝土连接墙或钢板连接墙及钢筋混凝土梁，其构造形式见图4.5。

4.5.2 墙式支墩一般优先布置于跨中，以提高墙式支墩中阻尼器耗能能力，增加消能器的变形能力。

4.5.3 墙式支墩中的消能器可采用黏滞消能器，金属消能器，摩擦性消能器。

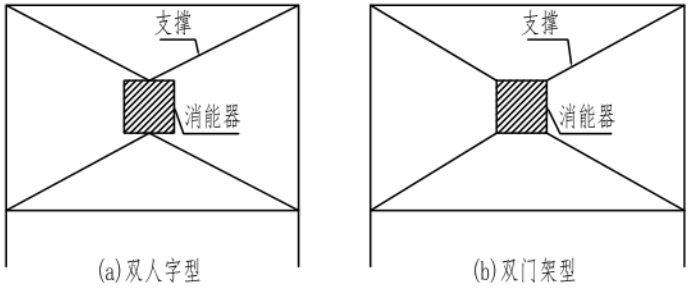


图4.3 双人字型和双门架型支撑

(适用于弯曲消能器)

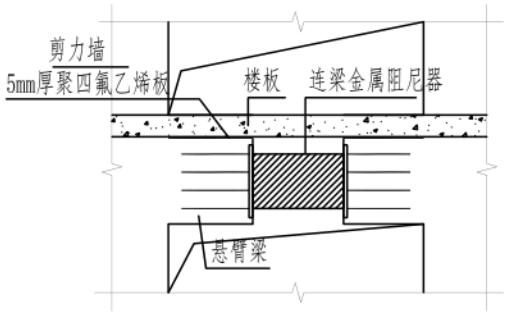


图4.4 悬臂梁式支撑阻尼器构造示意

(适用于连梁金属阻尼器)

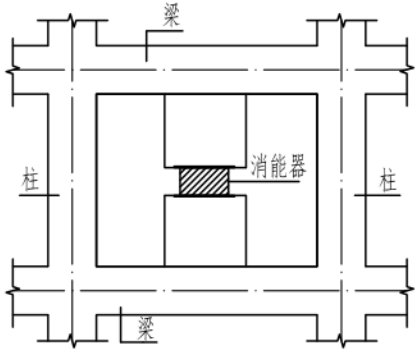


图4.5 墙式支墩示意

金属消能器的支撑形式及特点									图集号	
审核			校对			设计			页	21

5 摩擦消能器的支撑形式及特点

本图集中的Pall摩擦消能器产品，一般采用交叉型支撑见图5.1。对于长孔螺栓摩擦消能器，一般采用斜杆型支撑，根据斜撑的数量，斜杆型支撑可分为单斜杆支撑和双斜杆支撑两种形式见图5.2。

5.1 交叉型支撑的特点

(1)与主体结构连接节点较多，构造复杂，Pall摩擦消能器造价较高。

(2)由于Pall摩擦消能器消能节点周围的四根链杆起到协调支撑拉压变形的作用，避免了拉压支撑产生屈曲，交叉型支撑杆件可按拉杆进行设计，杆件尺寸较小。

5.2 斜杆型支撑的特点

(1)构造简单，施工安装方便，造价低。

(2)斜向支撑既是消能器与主体结构之间的连接构件，也是摩擦消能器的一部分。

(3)支撑斜杆要考虑整体稳定，杆件尺寸比交叉型支撑大。

(4)在抗风和小震条件下，摩擦消能器不产生滑动，斜向支撑可作为普通支撑仅提供刚度；在中震和大震条件下，斜向支撑的消能段滑动，通过摩擦耗能提供附加阻尼。

5.3 摩擦消能器设计的注意事项

部分摩擦消能器产品起滑时及荷载转向时的瞬间静摩擦力大于动摩擦力，在设计连接构件时，应按此静摩擦力对连接节点和支撑进行计算。

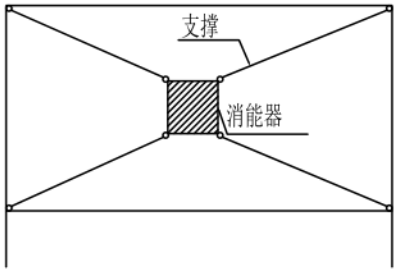


图5.1 交叉型支撑
(适用于双剪型pall摩擦消能器)

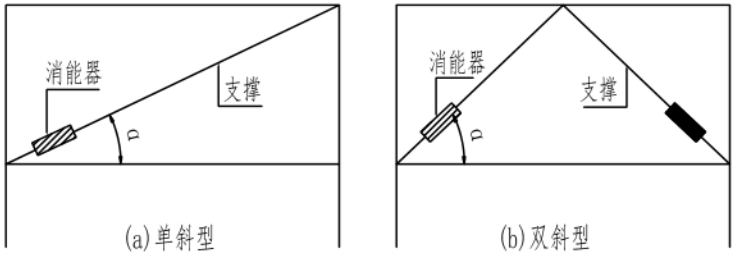
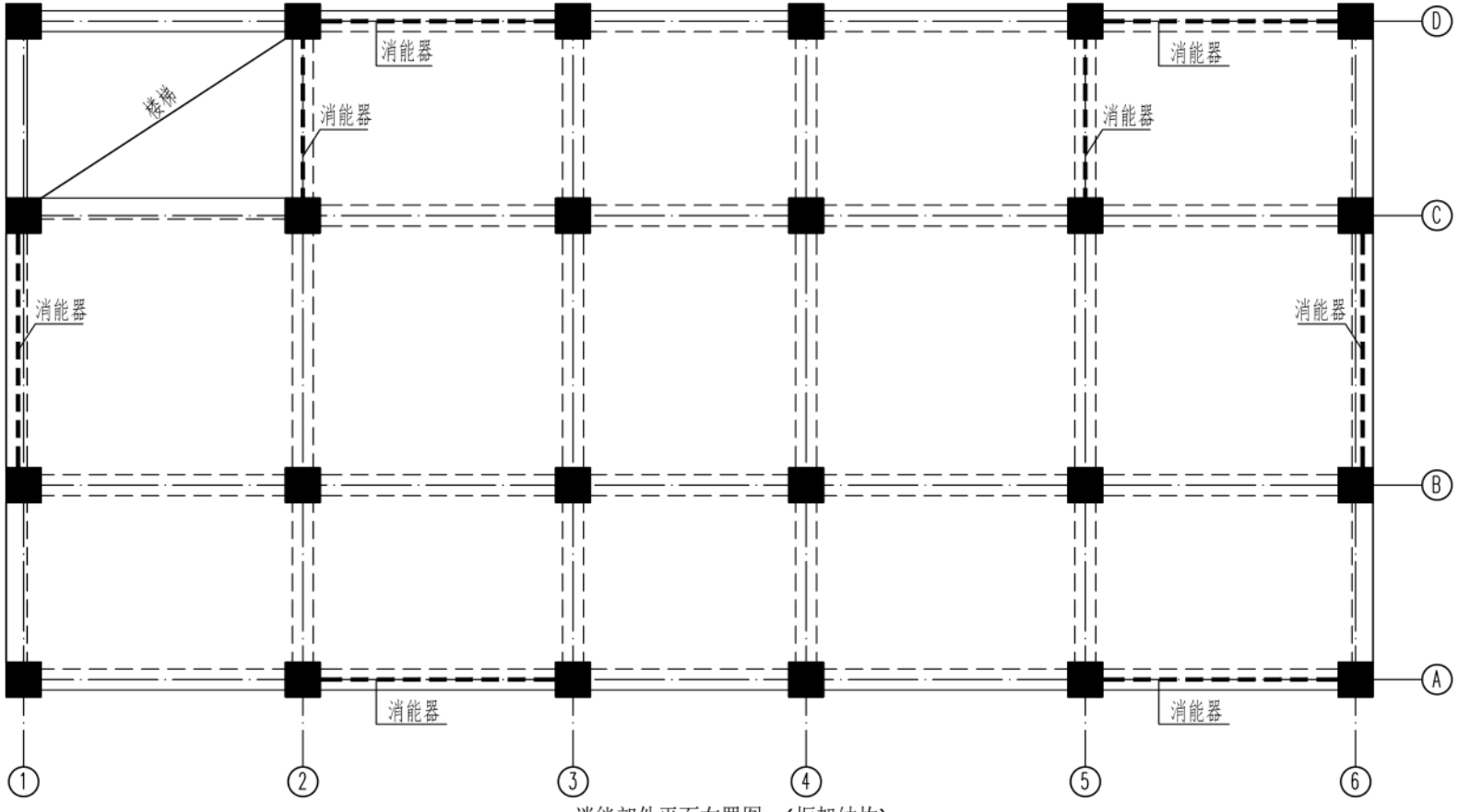


图5.2 斜杆型支撑
(适用于长孔螺栓摩擦消能器)

6 消能部件平面布置

典型的消能部件平面布置见下图，其布置原则应满足现行国家规范及地方标准的要求。



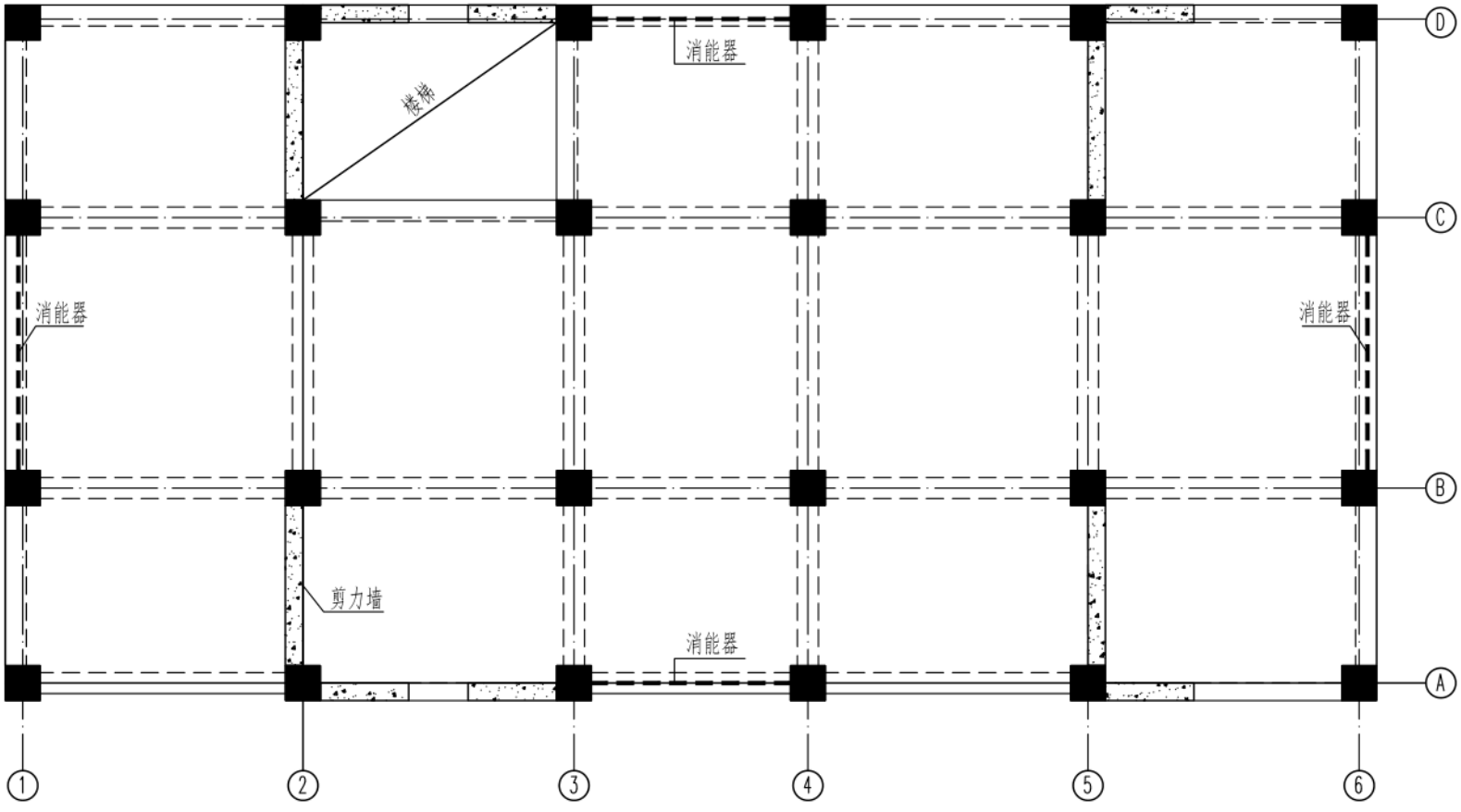
消能部件平面布置图一(框架结构)

注：1.本示意图适用于黏弹性消能器、黏滞消能器、金属消能器、摩擦消能器。

2.对于框架结构，消能器可仅布置在下部楼层;为了控制结构的扭转，宜采用位移相关型消能器并将消能署布量在结构周边。

3.当消能部件采用支撑型连接时，可采用单斜支撑布置，“V”字型和人字型等布置，不宜采用“K”字型布置。

消能部件平面布置图1									图集号	
审核			校对			设计			页	23

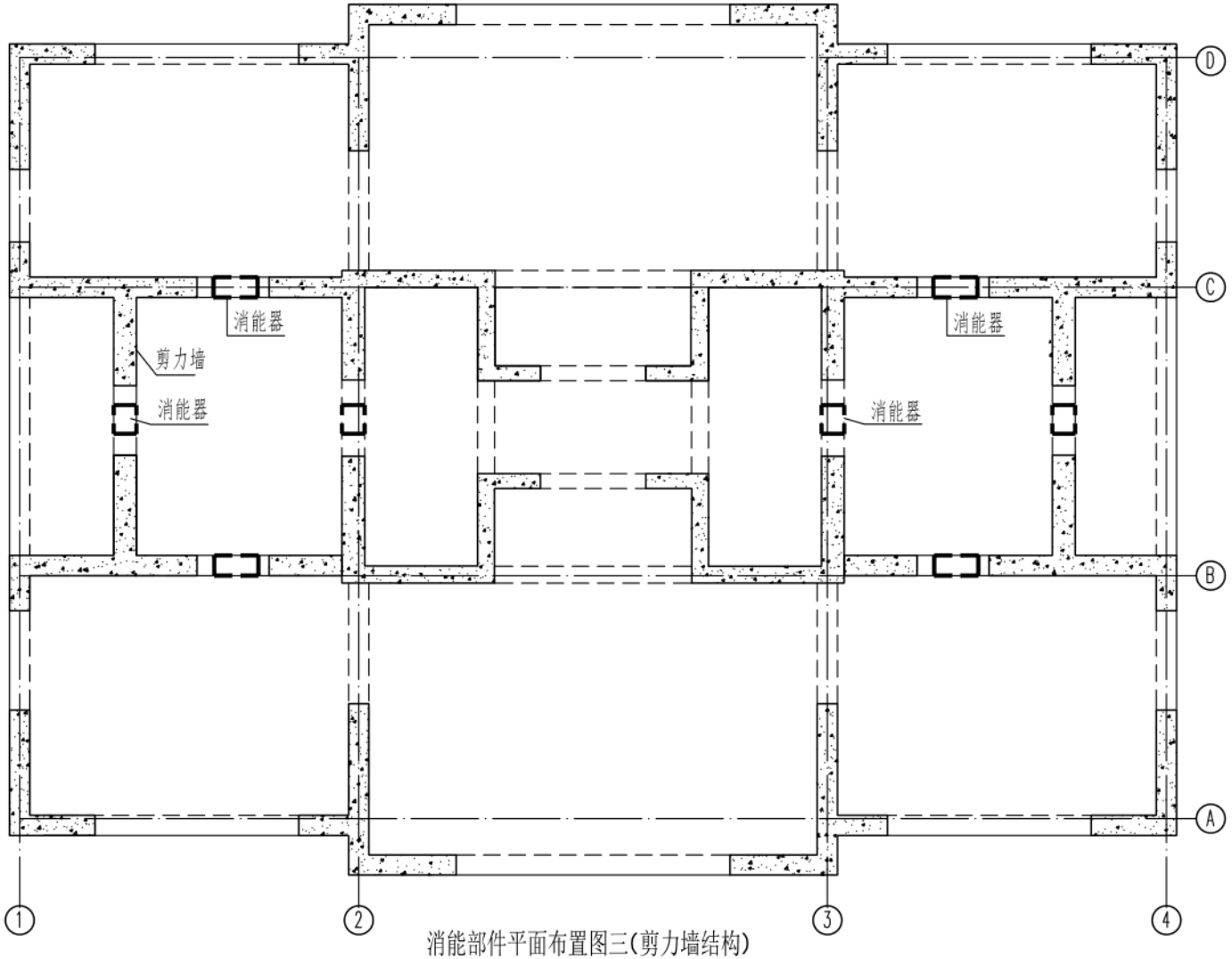


消能部件平面布置图二(框架-剪力墙结构)

注：1.本示意图适用于黏弹性消能器、黏滞消能器、金属消能器、摩擦消能器。

2.对于框架结构，消能器可仅布置在下部楼层；为了控制结构的扭转，宜采用位移相关型消能器并将消能器布置在结构周边。

消能部件平面布置2									图集号	
审核			校对			设计			页	24

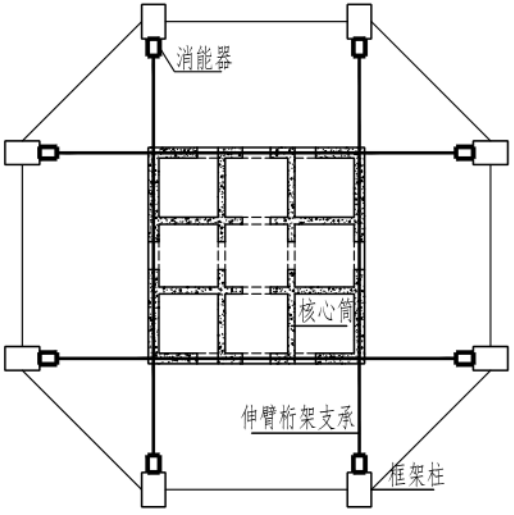


消能部件平面布置图三(剪力墙结构)

注:1.本示意图适用于连梁阻尼器等金属阻尼器。

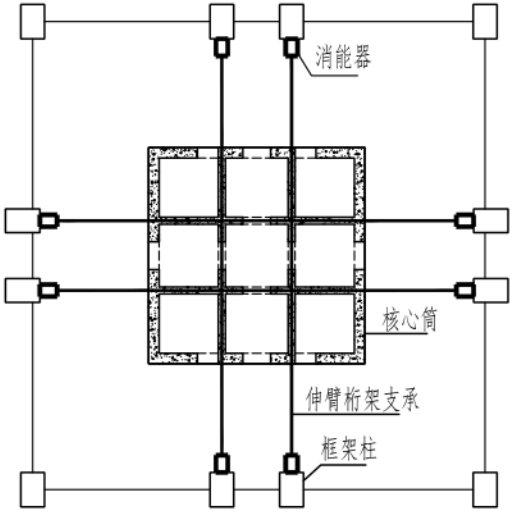
2.对于剪力墙结构，通过抗震墙的连梁位置设置位移相关型消能部件，把抗震墙设计成双肢或多肢消能抗震墙。

消能部件平面布置3									图集号	
审核			校对			设计			页	25



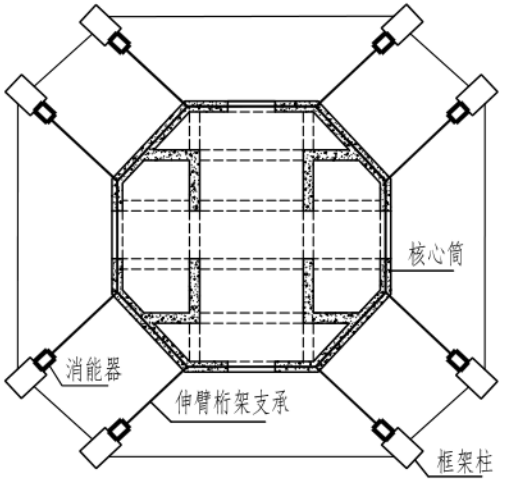
伸臂桁架平面布置(一)

(翼墙贯通式)



伸臂桁架平面布置(二)

(腹墙贯通式)



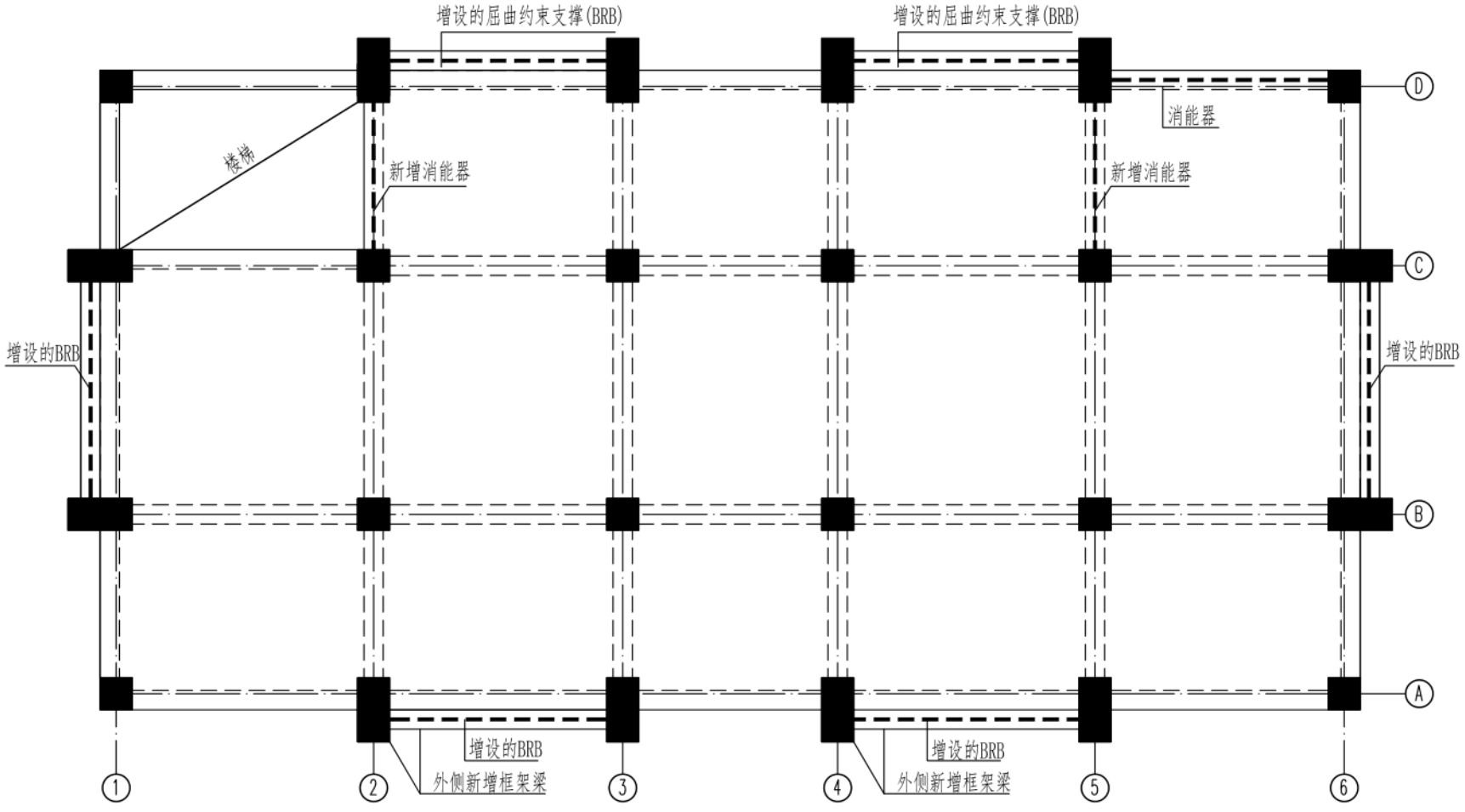
伸臂桁架平面布置(三)

(环绕贯通式)

注：1.本示意图适用于黏滞消能器。

2.连接阻尼器的伸臂桁架宜贯通。

消能部件平面布置4									图集号	
审核			校对			设计			页	26



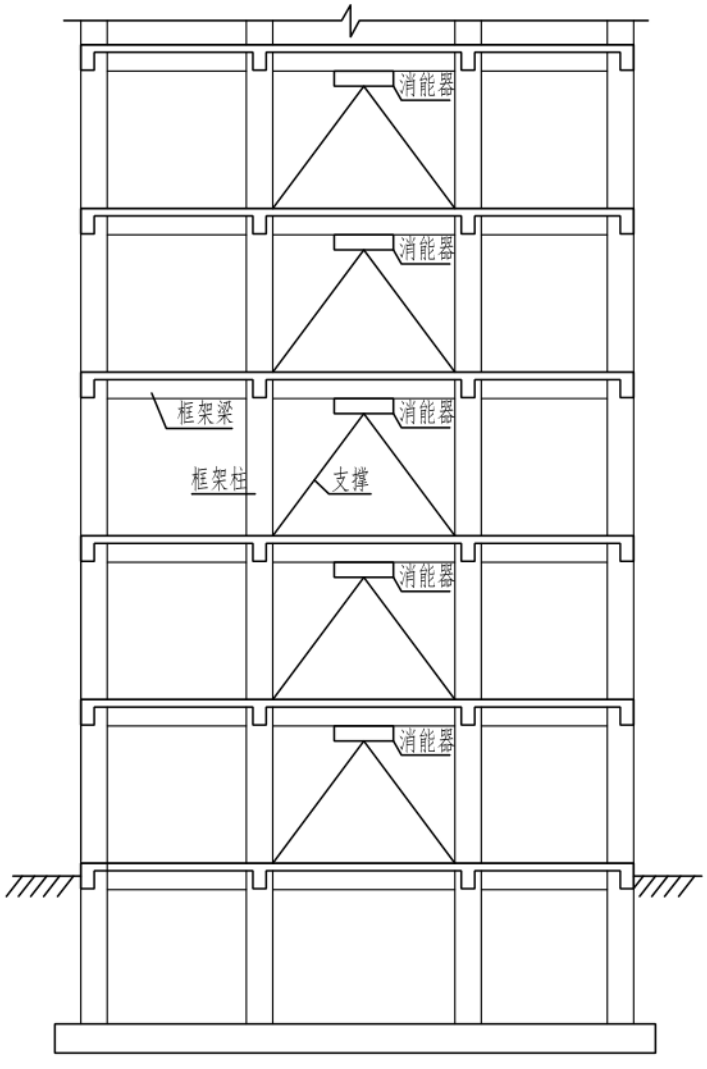
消能部件平面布置图四(屈曲约束支撑加固)

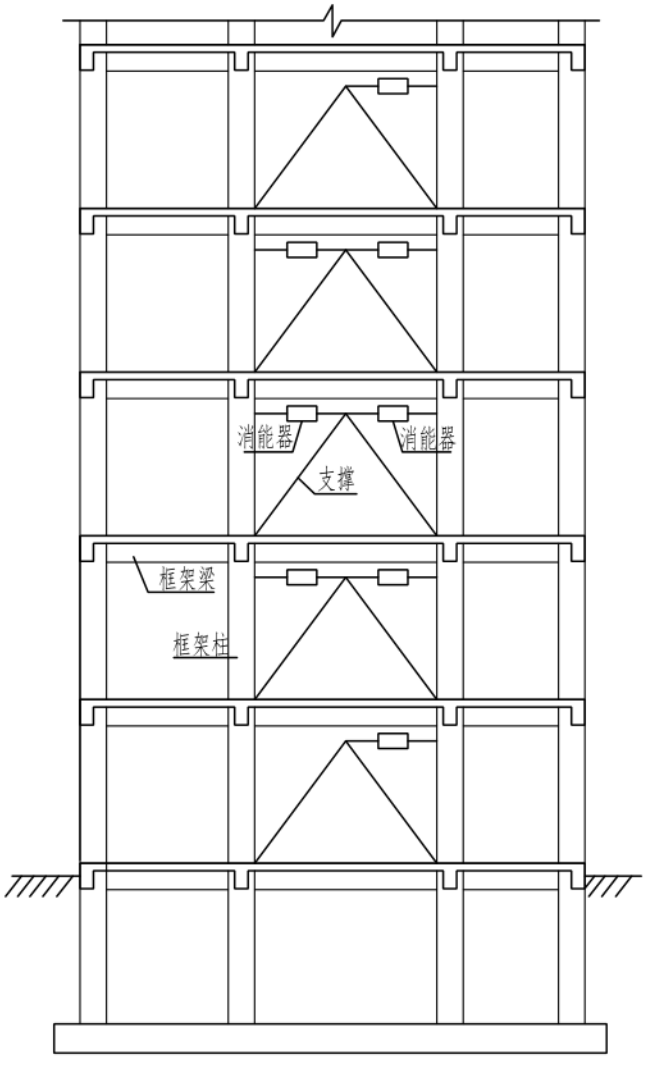
注:1.适用于屈曲约束支撑消能器对既有结构的加固改造。

2.增设屈曲约束支撑消能器适用于既有结构综合抗震能力与地震作用效应有较大差距,需增加一定抗侧刚度和抗震承载力的结构。

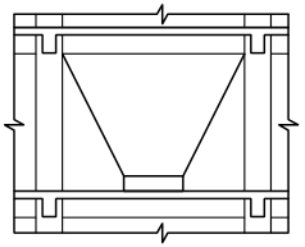
3.增设屈曲约束支撑消能器后,原结构框架梁柱是否加固需由计算确定。

消能部件平面布置5									图集号	
审核			校对			设计			页	27

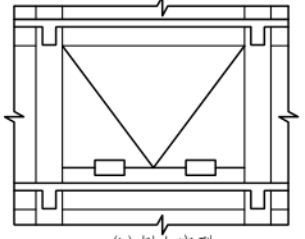




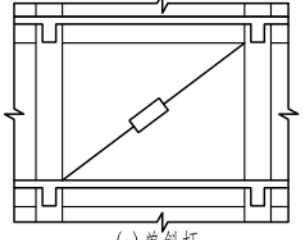
消能部件支撑型立面布置示意图



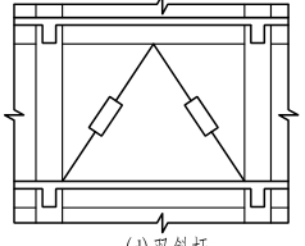
(a)倒门架型



(b)倒人字型



(c)单斜杆

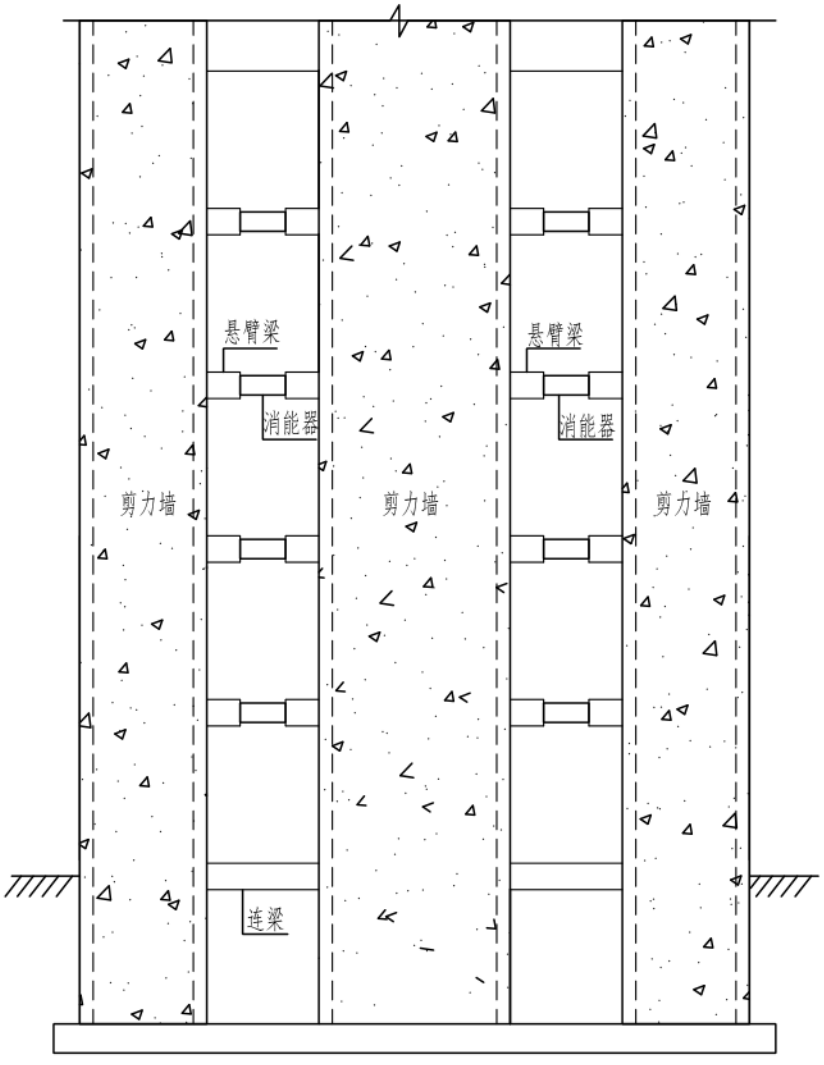


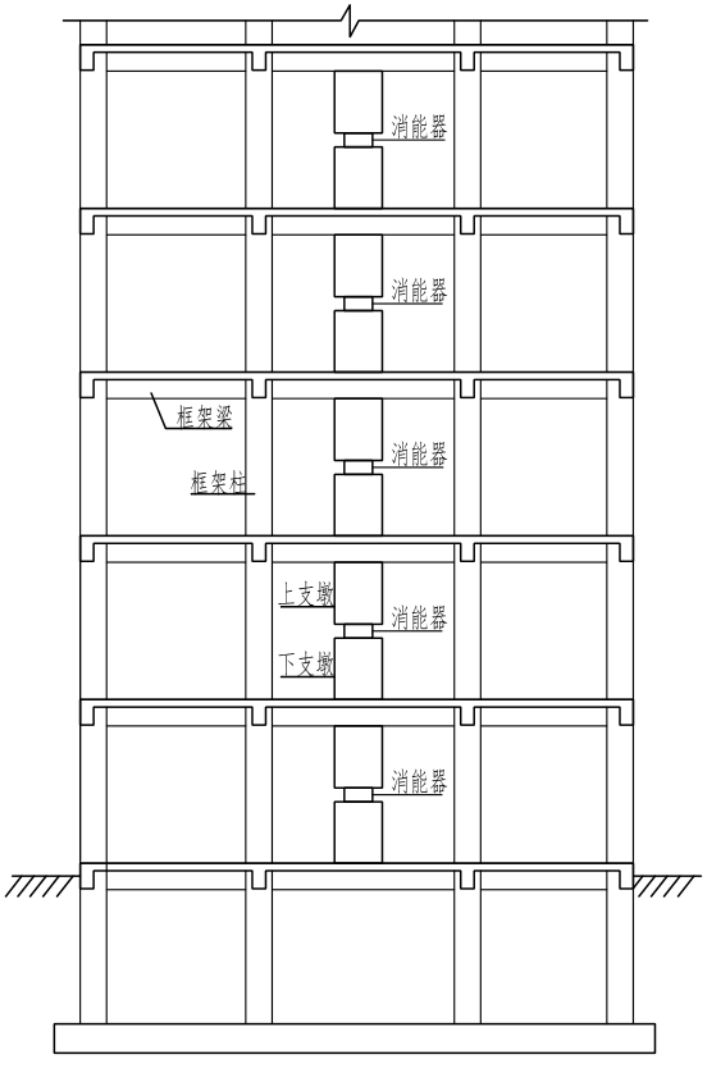
(d)双斜杆

支撑型立面其他布置示意图

注：1.图中消能器支撑型立面布置形式仅为示意，其他布置形式见右图。
2.对于框架结构，消能器可仅布置在下部楼层。

消能部件立面布置1									图集号	
审核			校对			设计			页	28

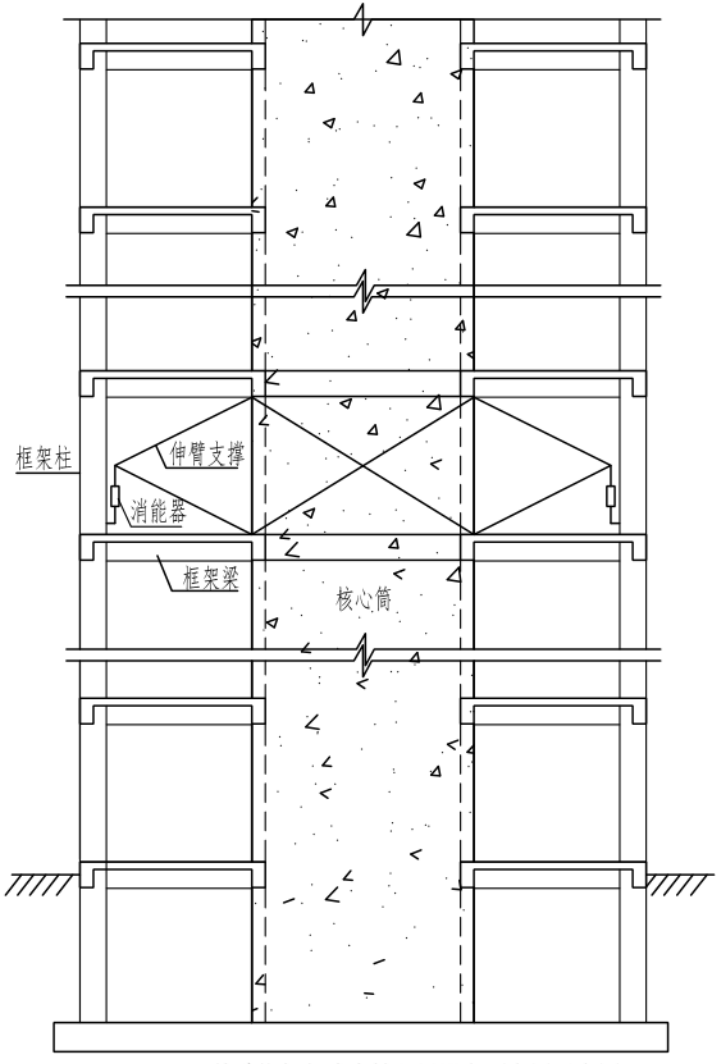




消能部件悬臂梁、墙式立面布置示意图

注：1.图中消能器支撑型立面布置形式仅为示意，其他布置形式见右图。
2.对于框架结构，消能器可仅布置在下部楼层。

消能部件立面布置2									图集号	
审核			校对			设计			页	29

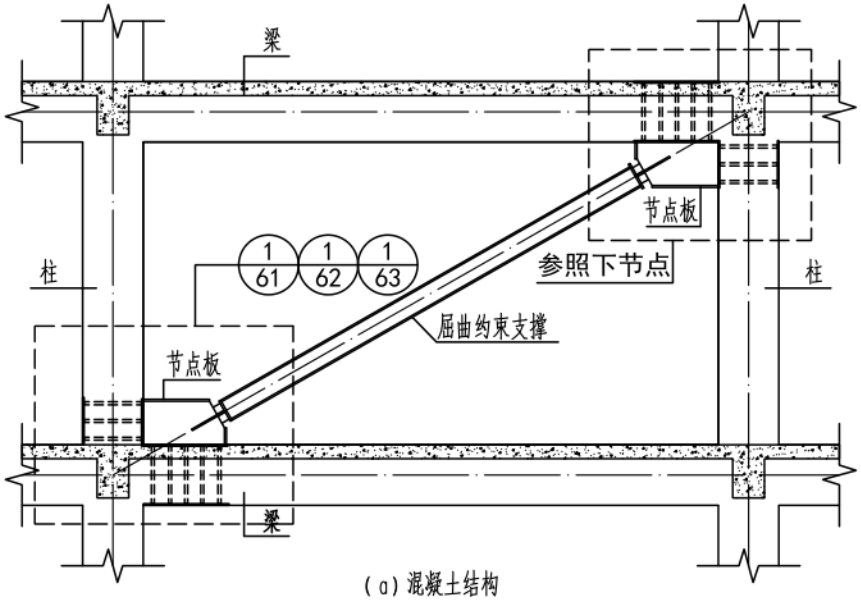


伸臂桁架竖式支撑阻尼器立面布置示意图

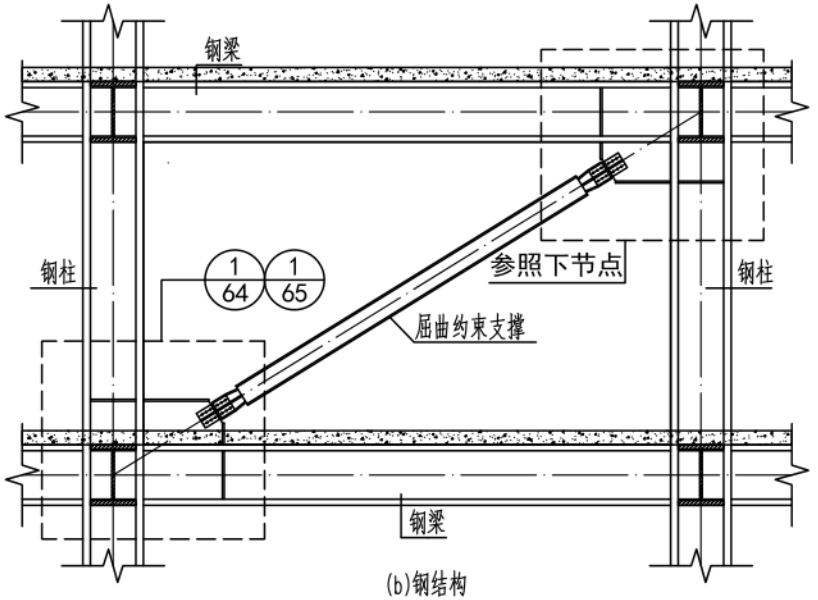
注：1.框筒结构中，伸臂桁架支撑阻尼器在中上部位置设置效率较高。

消能部件立面布置3									图集号	
审核			校对			设计			页	30

1 单斜杆式布置



(a)混凝土结构

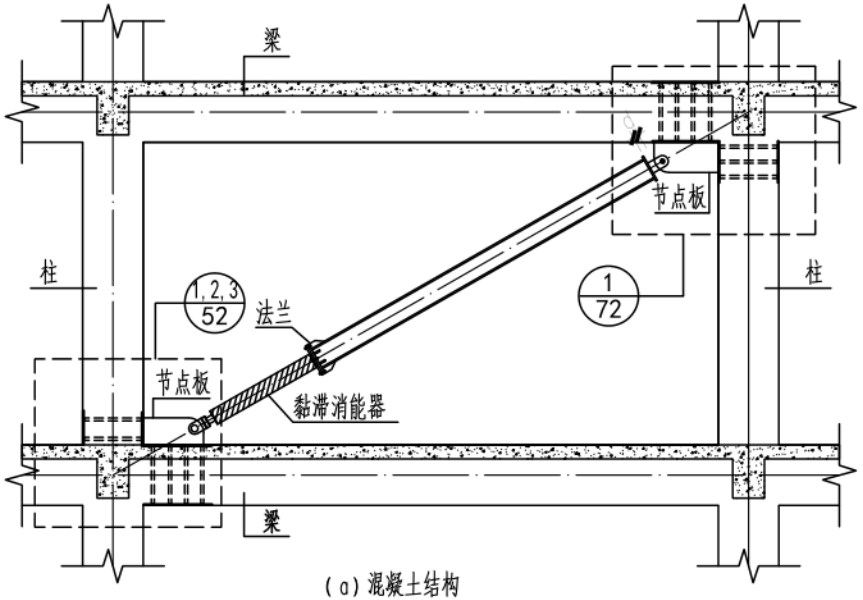


(b)钢结构

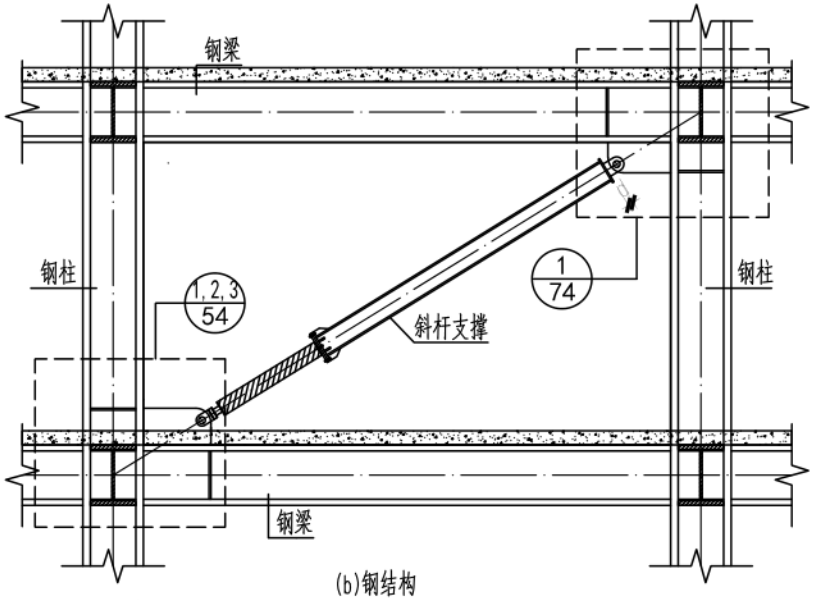
屈曲约束支撑单斜杆式布置

注：

1. 本图为在新建钢筋混凝土结构、新建钢结构中的单斜杆支撑形式。
2. 安装方法：首先在主体结构上焊接节点板（或预埋节点板），然后通过螺栓(或焊接)将消能器与节点板连接。
3. 拼接角钢也可采用焊接方式与屈曲约束支撑连接，为便于更换，推荐使用螺栓连接。
4. 安装消能部件时，应保证斜杆支撑轴线与消能器轴线重合，即通过主体结构梁柱节点中心，防止轴线错位引起的平面内或平面外弯曲。
5. 在结构分析时，屈曲约束支撑的连接部分一般简化为铰接模型，但对连接部分进行细部设计时，应考虑由于高强螺栓或焊接连接实际存在有弯曲刚度引起的附加弯矩的不利影响。
6. 主体结构与屈曲约束支撑相连的部位及节点应采取加强措施，避免在消能器最大输出力作用下发生破坏。
7. 在屈曲约束支撑安装后，结构的后期竖向荷载会在消能部件内产生附加内力，为减小此附加内力的影响，消能器宜在结构的全部竖向恒载施加完成后安装。



(a)混凝土结构

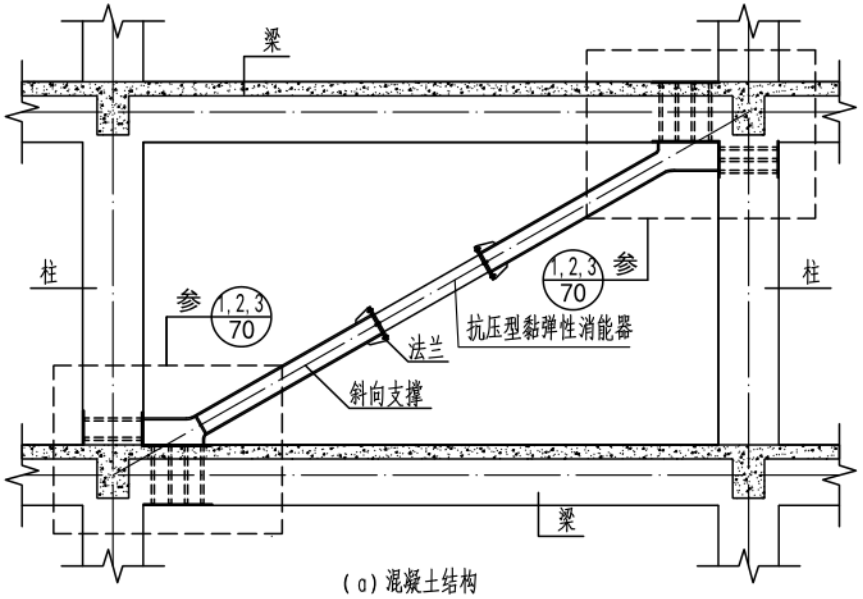


(b)钢结构

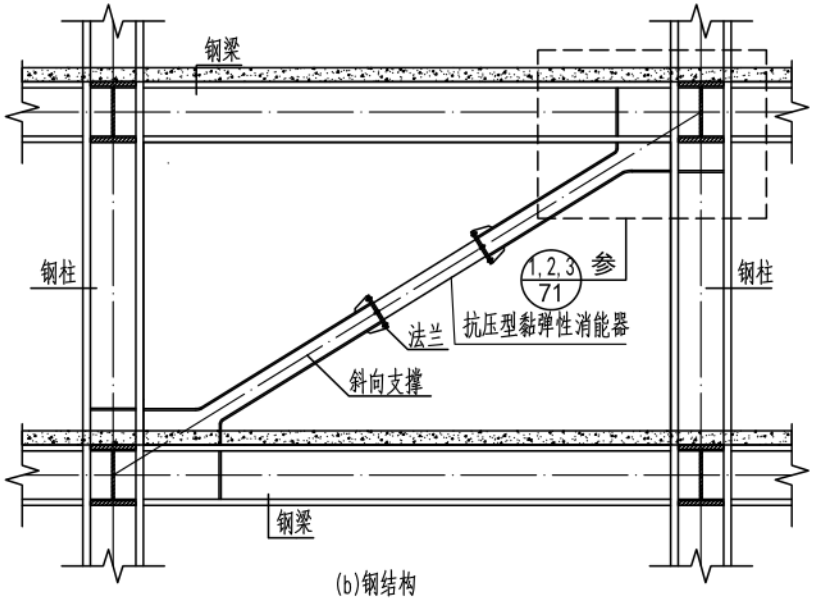
黏滞消能器单斜杆式布置

注：

1. 本图为黏滞消能器在混凝土结构及钢结构中的单斜杆支撑型式，其中黏滞消能器可设置在斜杆支撑的下端，也可设置在斜杆支撑的上端。
2. 消能器与斜向支撑采用法兰连接，消能器、斜向支撑与主体结构采用球铰连接以适应平面内外变形。
3. 为保证安装精度及方便施工，推荐采用以下安装顺序：(1)节点板与主体结构连接；(2)黏滞消能器及支撑与节点板销栓连接；(3)黏滞消能器与支撑通过法兰连接。
4. 安装消能部件时，应保证斜杆支撑轴线与消能器轴线重合，即通过主体结构梁柱节点中心，防止轴线错位引起的平面内或平面外弯曲。
5. 销栓的安装公差不应大于0.1mm。
6. 新建混凝土结构与减震装置相连的预埋件有两种锚固方式：(1)钢筋锚固；(2)对拉锚固。由于预埋件一般位于构件的塑性铰区，为了防止混土开裂后锚筋拔出，本图集推荐采用对拉锚固。
7. 主体结构与支撑、消能器相连的部位及节点应采取加强措施，避免在消能器最大输出力作用下发生破坏。
8. 黏滞消能器安装完毕后应保证活塞处于平衡位置。
9. 为保证斜向支撑在平面内具有足够的转动能力。斜向支撑端板与节点板的间隙d宜取10mm～15mm。
10. 为保证球铰连接能适应消能部件的平面外变形，同时销栓处于纯剪状态，建议耳板与两侧节点板之间的间隙为2mm～3mm。
11. 单斜杆型消能部件跨度不宜过大，以防止消能器在消能部件自重下产生过大的弯矩和剪力。
12. 焊接施工时应对原结构采取可靠的支撑措施，避免在承载状态下因受热而对其产生不利影响。



(a)混凝土结构

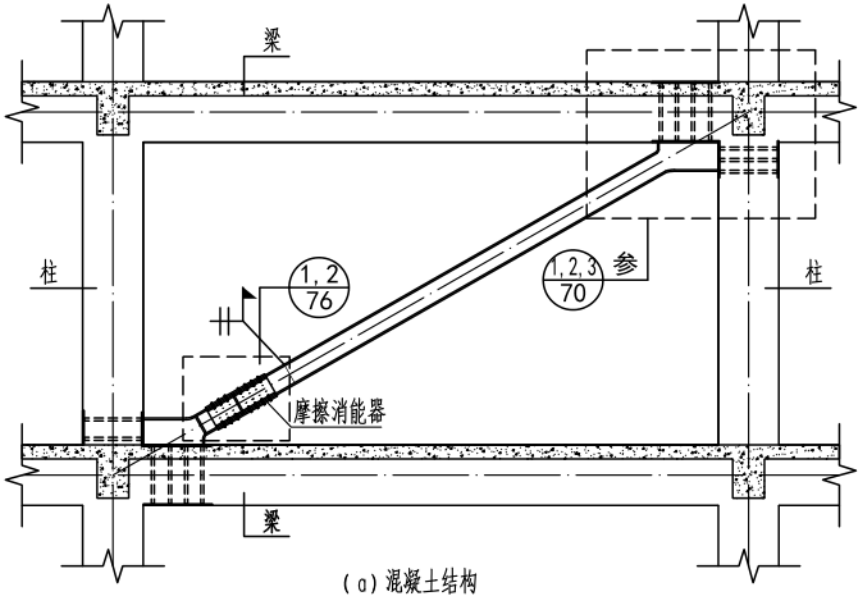


(b)钢结构

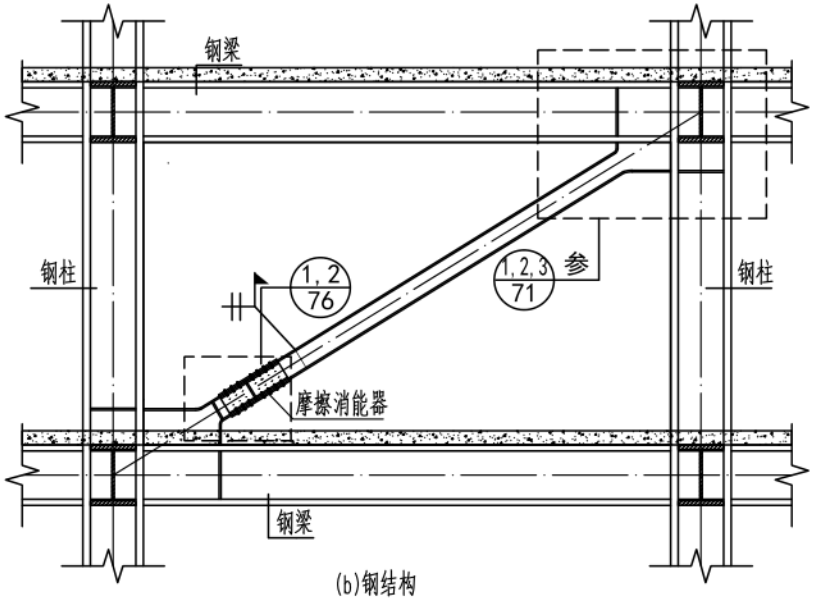
黏弹性消能器单斜杆式布置

注：

1. 本图为黏弹性消能器在新建钢筋混凝土结构、新建钢结构中的单斜杆支撑形式。
2. 节点连接方式
   (1)黏弹性消能器与斜杆支撑之间节点连接可采用法兰或高强度螺栓连接，本图集为常用的法兰连接形式。
   (2)斜杆支撑与主体结构的连接节点宜采用刚接。为防止黏弹性消能器在消能部件自重下发生徐变，斜杆支撑与主体结构不应采用销栓连接的铰接形式。
3. 安装方法
   (1)消能部件安装时，应保证斜杆支撑轴线与消能器轴线重合，防止轴线错位引起的平面内或平面外弯曲。
   (2)由于黏弹性消能器的有效行程较小(一般为20mm～50mm)，应考虑消能器安装后，梁的后期挠度对消能器有效行程及长期性能的不利影响，为减小这种不利影响，消能器宜在梁的全部竖向恒载施加完成后安装。
   (3)混凝土结构中，消能部件和主体结构构件的总体安装顺序宜采用后装法进行。钢结构中，消能部件和主体结构构件的总体安装顺序宜采用平行安装法，平面上应从中部向四周开展，竖向应从下向上逐渐进行。



(a) 混凝土结构



(b)钢结构

摩擦消能器单斜杆式布置

注：

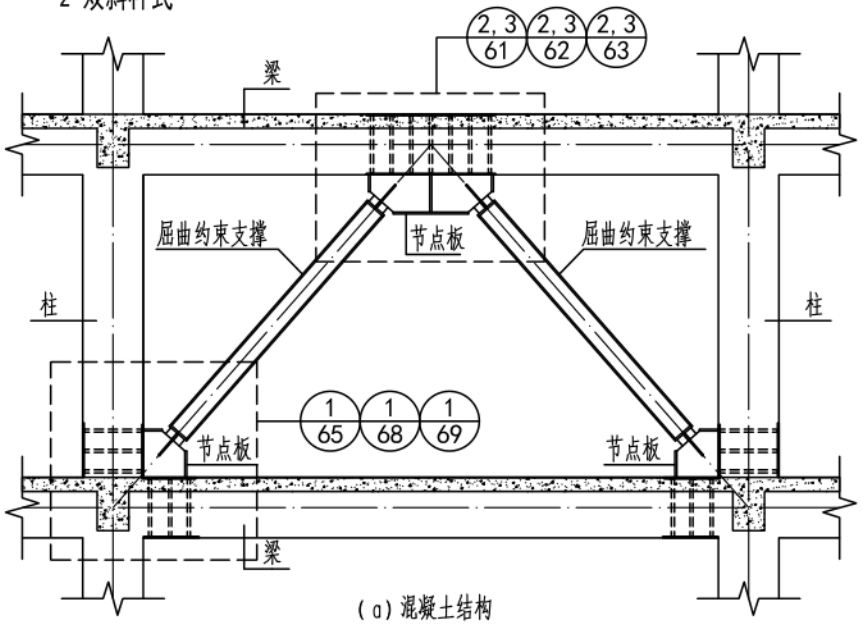
1. 本图为摩擦消能器在新建钢筋混凝土结构、新建钢结构中的单斜杆支撑形式。其中摩擦消能器可设置在斜杆支撑的下，也可设置在斜杆支撑的上端。
2. 节点连接方式：摩擦消能器与斜杆支撑可采用高强螺栓或焊接连接，支撑与主体结构采用刚接。
3. 安装方法：

(1)混凝土结构中，消能部件和主体结构构件的总体安装顺序宜采用后装法进行。首先在主体结构上预埋节点板(或焊接节点板)，然后通过螺栓(或焊接)将支撑与节点板连接，最后通过螺栓、夹板及辅助材料将支撑连接起来，并成摩擦消能器。

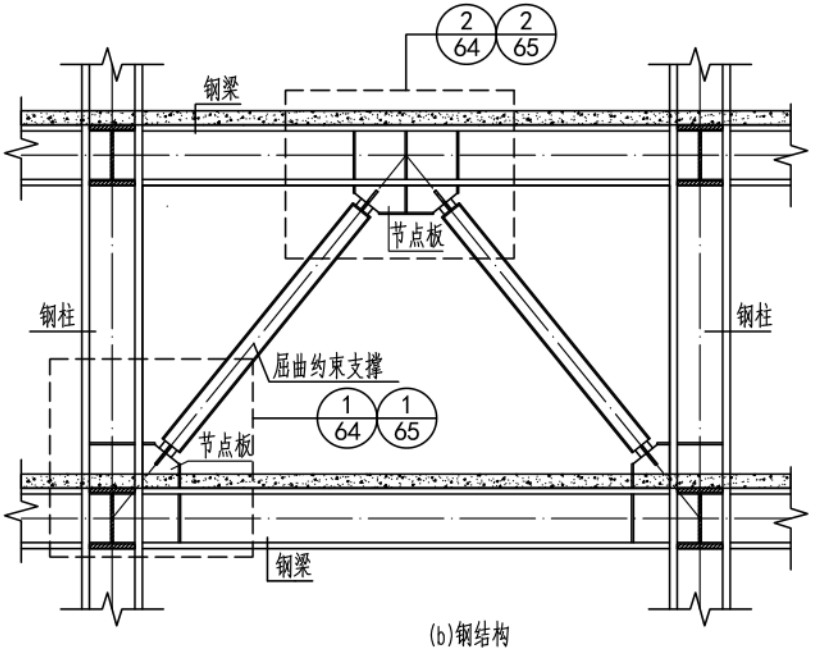
(2)钢结构中，消能部件和主体结构构件的总体安装顺序宜采用平行安装法，平面上应从中部向四周开展，竖向应从下向上逐渐进行。

4. 安装消能部件时，应保证斜杆支撑轴线与消能器轴线重合，即通过主体结构梁柱节点中心，防止轴线错位引起的平面内或平面外弯曲。
5. 对主体结构与支撑、消能器相连的部位及连续节点应采取加强措施，避免其在消能器最大输出力作用下发生破坏。
6. 摩擦消能器现场组装时，应采取措施保证施工安装精度，防止主板和连接节点的错位引起副板翘曲面导致摩擦面压力不均匀，以保证消能器的耗能效果。
7. 在确定消能器的长孔长度及主板和连接节点的间隙时，应考虑消能器在外力作用下的最大变形和施工安装偏差。
8. 摩擦消能器现场组装完毕后，应保证紧固螺栓处于主板长孔的中间位置。

2 双斜杆式



(a)混凝土结构

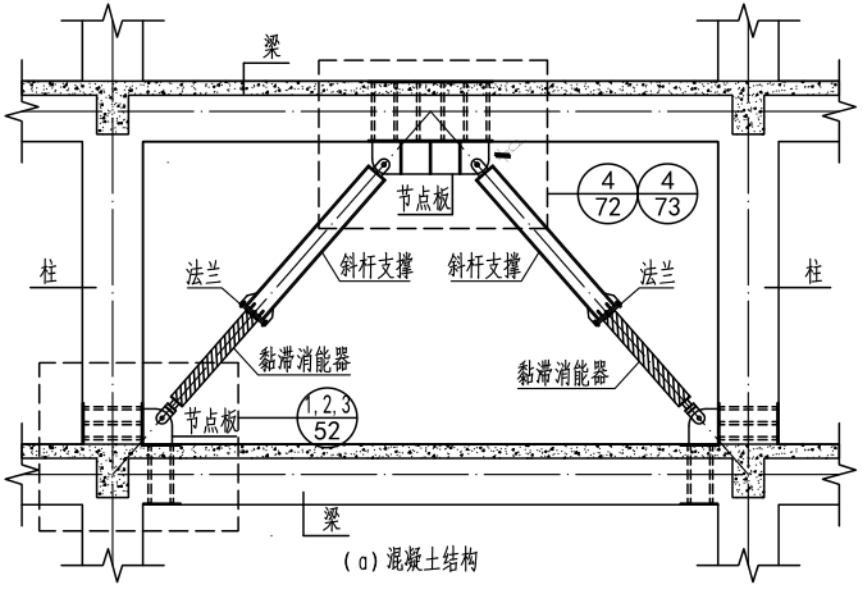


(b)钢结构

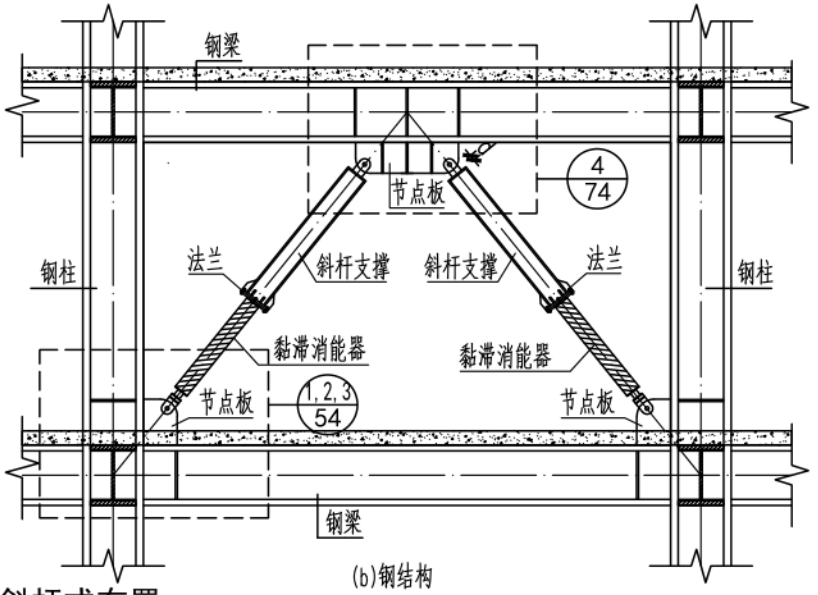
屈曲约束支撑双斜杆式布置

注：

1. 本图为在新建钢筋混凝土结构、新建钢结构中的双斜杆支撑形式。
2. 安装方法：首先在主体结构上焊接节点板（或预埋节点板），然后通过螺栓(或焊接)将消能器与节点板连接。
3. 拼接角钢也可采用焊接方式与屈曲约束支撑连接，为便于更换，推荐使用螺栓连接。
4. 安装消能部件时，应保证斜杆支撑轴线与消能器轴线重合，即通过主体结构梁柱节点中心，防止轴线错位引起的平面内或平面外弯曲。
5. 在结构分析时，屈曲约束支撑的连接部分一般简化为铰接模型，但对连接部分进行细部设计时，应考虑由于高强螺栓或焊接连接实际存在有弯曲刚度引起的附加弯矩的不利影响。
6. 主体结构与屈曲约束支撑相连的部位及节点应采取加强措施，避免在消能器最大输出力作用下发生破坏。
7. 在屈曲约束支撑安装后，结构的后期竖向荷载会在消能部件内产生附加内力，为减小此附加内力的影响，消能器宜在结构的全部竖向恒载施加完成后安装。



(a)混凝土结构

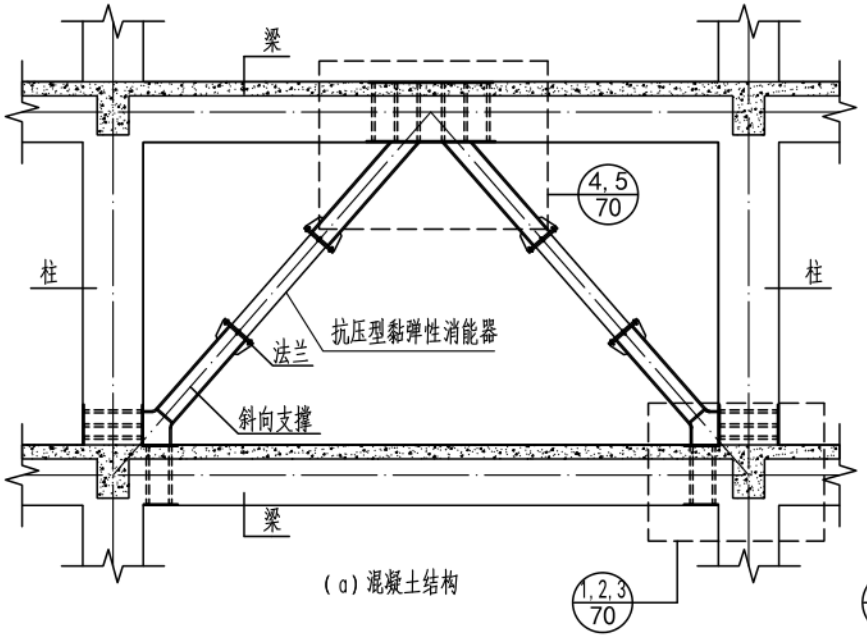


(b)钢结构

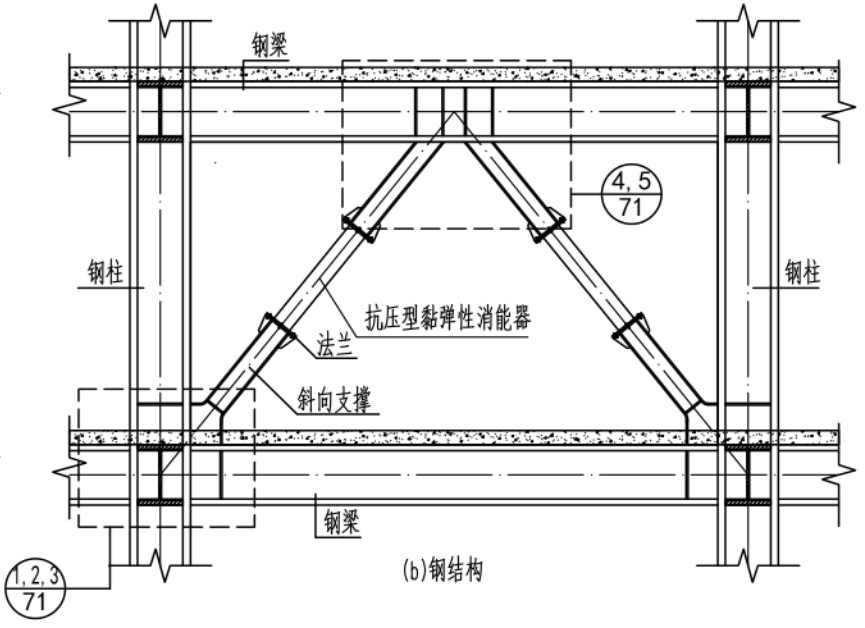
黏滞阻尼器双斜杆式布置

注：

1. 本图为黏滞消能器在混凝土结构及钢结构中的双斜杆支撑型式，其中黏滞消能器可设置在斜杆支撑的下端，也可设置在斜杆支撑的上端。
2. 消能器与斜向支撑采用法兰连接，消能器、斜向支撑与主体结构采用球铰连接以适应平面内外变形。
3. 为保证安装精度及方便施工，推荐采用以下安装顺序：(1)节点板与主体结构连接；(2)黏滞消能器及支撑与节点板销栓连接；(3)黏滞消能器与支撑通过法兰连接。
4. 安装消能部件时，应保证斜杆支撑轴线与消能器轴线重合，即通过主体结构梁柱节点中心，防止轴线错位引起的平面内或平面外弯曲。
5. 销栓的安装公差不应大于0.1mm。
6. 新建混凝土结构与减震装置相连的预埋件有两种锚固方式：(1)钢筋锚固；(2)对拉锚固。由于预埋件一般位于构件的塑性铰区，为了防止混土开裂后锚筋拔出，本图集推荐采用对拉锚固。
7. 主体结构与支撑、消能器相连的部位及节点应采取加强措施，避免在消能器最大输出力作用下发生破坏。
8. 黏滞消能器安装完毕后应保证活塞处于平衡位置。
9. 为保证斜向支撑在平面内具有足够的转动能力。斜向支撑端板与节点板的间隙d宜取10mm～15mm。
10. 为保证球铰连接能适应消能部件的平面外变形，同时销栓处于纯剪状态，建议耳板与两侧节点板之间的间隙为2mm～3mm。
11. 斜杆型消能部件跨度不宜过大，以防止消能器在消能部件自重下产生过大的弯矩和剪力。
12. 焊接施工时应对原结构采取可靠的支撑措施，避免在承载状态下因受热而对其产生不利影响。



(a) 混凝土结构

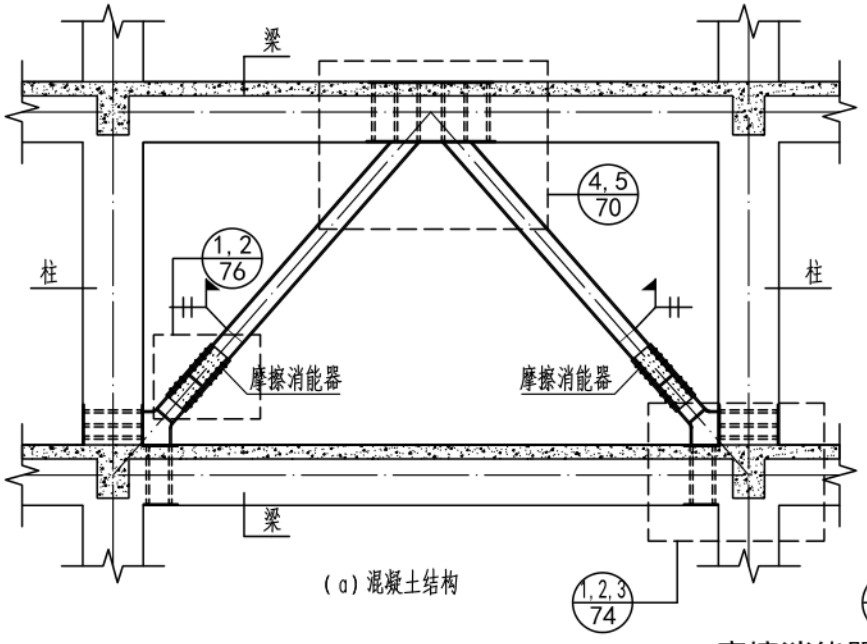


(b)钢结构

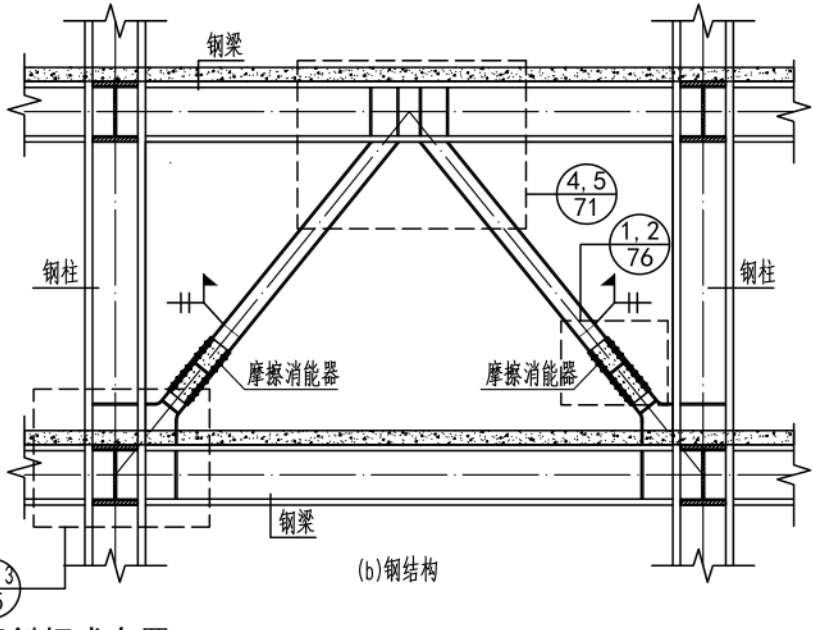
黏弹性消能器双斜杆式布置

注：

1. 本图为黏弹性消能器在新建钢筋混凝土结构、新建钢结构中的单斜杆支撑形式。
2. 节点连接方式
   (1)黏弹性消能器与斜杆支撑之间节点连接可采用法兰或高强度螺栓连接，本图集为常用的法兰连接形式。
   (2)斜杆支撑与主体结构的连接节点宜采用刚接。为防止黏弹性消能器在消能部件自重下发生徐变，斜杆支撑与主体结构不应采用销栓连接的铰接形式。
3. 安装方法
   (1)消能部件安装时，应保证斜杆支撑轴线与消能器轴线重合，防止轴线错位引起的平面内或平面外弯曲。
   (2)混凝土结构中，消能部件和主体结构构件的总体安装顺序宜采用后装法进行。
   (3)钢结构中，消能部件和主体结构构件的总体安装顺序宜采用平行安装法，平面上应从中部向四周开展，竖向应从下向上逐渐进行。



(a) 混凝土结构



(b)钢结构

摩擦消能器双斜杆式布置

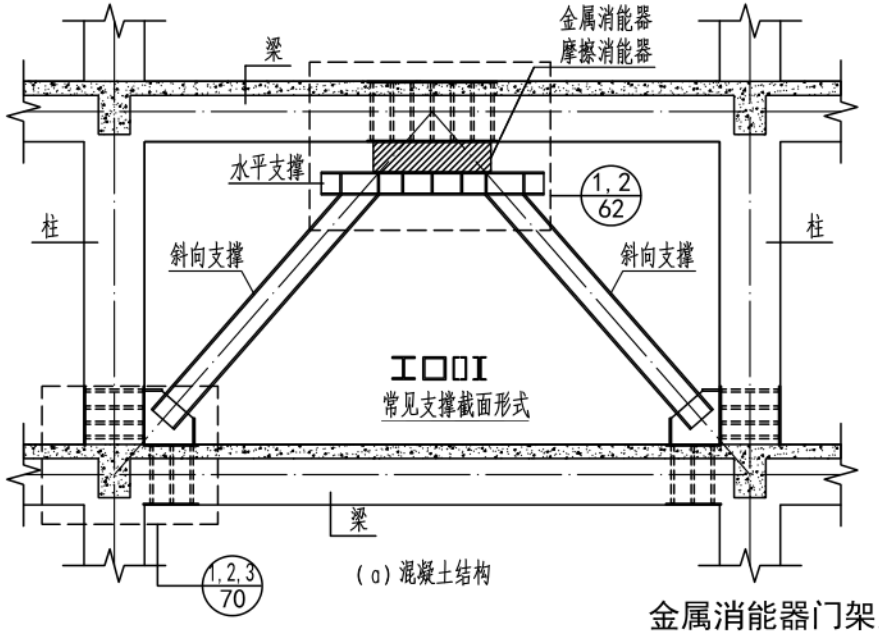
注:

1. 本图为摩擦消能器在新建钢筋混凝土结构、新建钢结构中的双斜杆支撑形式。其中摩擦消能器可设置在斜杆支撑的下，也可设置在斜杆支撑的上端。
2. 节点连接方式:摩擦消能器与斜杆支撑可采用高强螺栓或焊接连接，支撑与主体结构采用刚接。
3. 安装方法

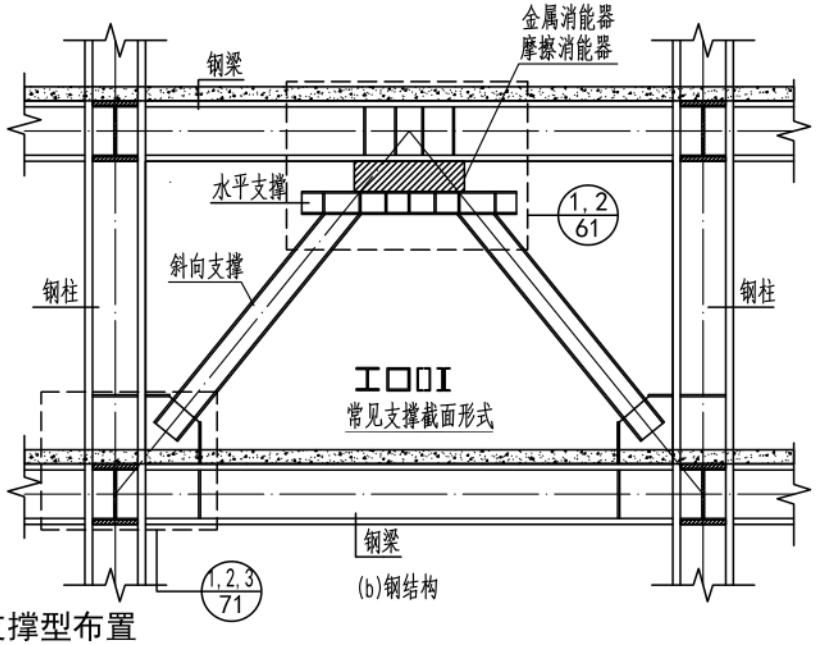
(1)混凝土结构中，消能部件和主体结构构件的总体安装顺序宜采用后装法进行。首先在主体结构上预埋节点板(或焊接节点板)，然后通过螺栓(或焊接)将支撑与节点板连接，最后通过螺栓、夹板及辅助材料将支撑连接起来，并成摩擦消能器。

(2)钢结构中，消能部件和主体结构构件的总体安装顺序宜采用平行安装法，平面上应从中部向四周开展，竖向应从下向上逐渐进行。

4. 安装消能部件时，应保证斜杆支撑轴线与消能器轴线重合，即通过主体结构梁柱节点中心，防止轴线错位引起的平面内或平面外弯曲。
5. 对主体结构与支撑、消能器相连的部位及连续节点应采取加强措施，避免其在消能器最大输出力作用下发生破坏。
6. 摩擦消能器现场组装时，应采取措施保证施工安装精度，防止主板和连接节点的错位引起副板翘曲面导致摩擦面压力不均匀，以保证消能器的耗能效果。
7. 在确定消能器的长孔长度及主板和连接节点的间隙时，应考虑消能器在外力作用下的最大变形和施工安装偏差。
8. 摩擦消能器现场组装完毕后，应保证紧固螺栓处于主板长孔的中间位置。



(a) 混凝土结构



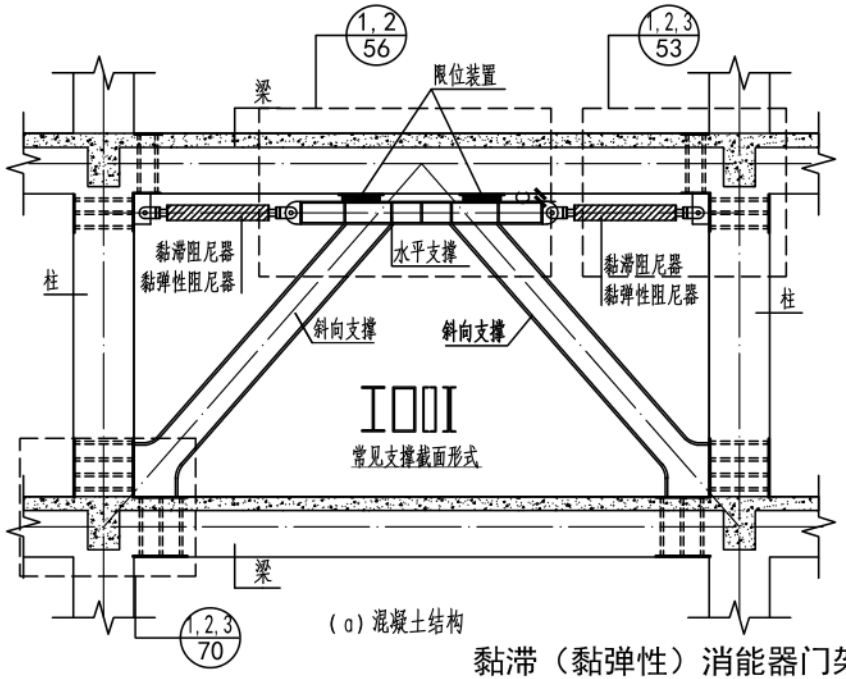
(b)钢结构

金属消能器门架支撑型布置

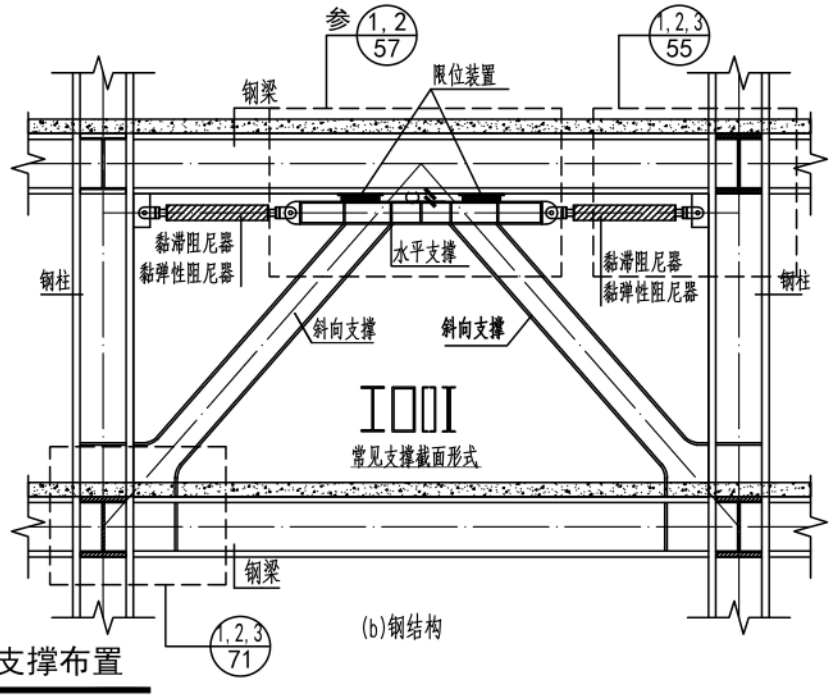
注：

1. 本图为金属消能器在新建钢筋混凝土结构、新建钢结构中的上门架或下门架支撑型式。
2. 支撑与主体结构连接宜根据支撑截面及施工方便性采用合适的连接方式，当消能器输出力较大时，宜采用刚接。
3. 消器器与水平支撑，主体结构采用高强螺栓连接。
4. 安装方法：首先在主体结构上焊接节点板，然后通过螺栓(或焊接)将支撑与节点板连接，形成门架支撑，最后通过螺栓将消能器与主体结构和门架支撑连接。
5. 金属弯剪消能器人字型减震装置同门架型。
6. 支撑与钢结构通过腹板焊缝的铰接连接用于人字型支撑、门架型支撑。
7. 本连接能传递一定的弯矩，此时要考虑对构件的不利影响。
8. 安装消能部件时，应保证斜杆支撑轴线与消能器轴线重合，即通过主体结构柱节点中心，防止轴线错位引起的平面内或平面外弯曲。
9. 主体结构与支撑、消能器相连的部位及节点应采取加强措施，避免在消能器最大输出力作用下发生破坏.
10. 对于人字型和门架型支撑，在金属弯剪消能器安装后，结构的后期竖向荷载会在消能部件内产生附加内力，为减小此附加内力的影响，消能器宜在结构的全部竖向恒载施加完成后安装。

单门架支撑布置1									图集号	
审核			校对			设计			页	39



(a)混凝土结构



(b)钢结构

黏滞（黏弹性）消能器门架支撑布置

注：

1.本图为黏滞(黏弹)消能器在新建混凝土结构及钢结构中的下门架支撑型式，上门架单、双侧型做法可参照本图。

2.连接节点方式

(1)门架与主体结构可采用刚接或者铰接，黏滞消能器在极限速度下的阻尼力较大时，宜采用刚接。

(2)消能器与门架水平杆和主体结构之间采用球铰连接。

3.消能部件安装

(1)现浇混凝土结构中，消能部件和主体结构构件的总体安装顺序宜采用后装法进行。

钢结构中，消能部件和主体结构构件的总体安装顺序宜采用平行安装法，平面上应从中部向四周开展，竖向应从下向上逐渐进行。

(2)为保证消能器的球铰在平面外具有一定的转动能力，同时销栓处于纯剪状态，建议消能器的耳板与两侧节点板之间的间隙为2mm～3mm。

(3)门架水平杆长度不宜超过1m，以保证其稳定性。

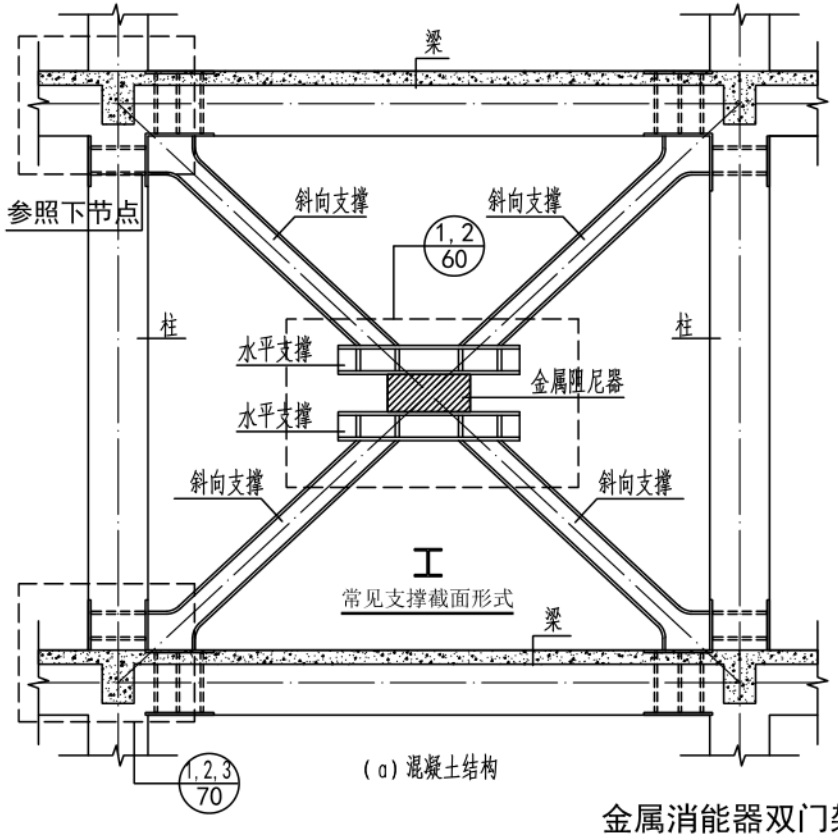
(4)考虑框架梁在竖向荷载下的挠曲变形以及安装控件，c不宜小于50m。

(5)黏滞消能器安装完毕后应保证活塞处于油缸中心位置。

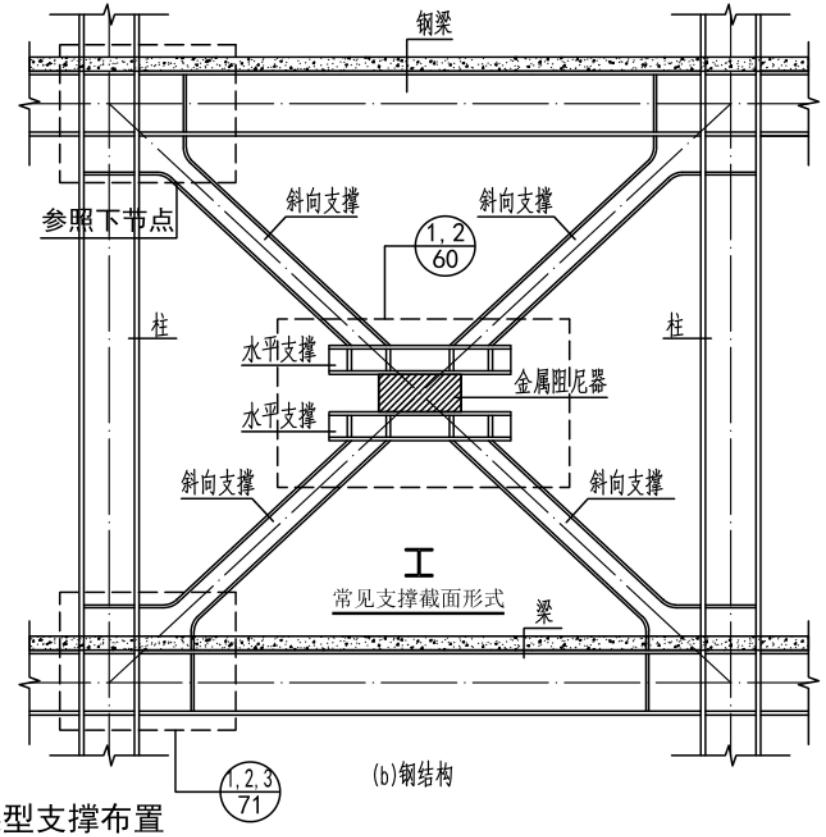
(6)为保证消能器性能的充分发挥，销栓与球铰的间隙不宜大于0.1m。

(7)主体结构与支撑、消能器相连的部位及节点应采取加强措施，避免在消能器最大输出力作用下发生破坏。

4.安装消能部件时，应保证斜杆支撑轴线与消能器轴线重合，即通过主体结构梁柱节点中心及其中点防止轴线错位引起的平面内或平面外弯曲。



(a) 混凝土结构



(b)钢结构

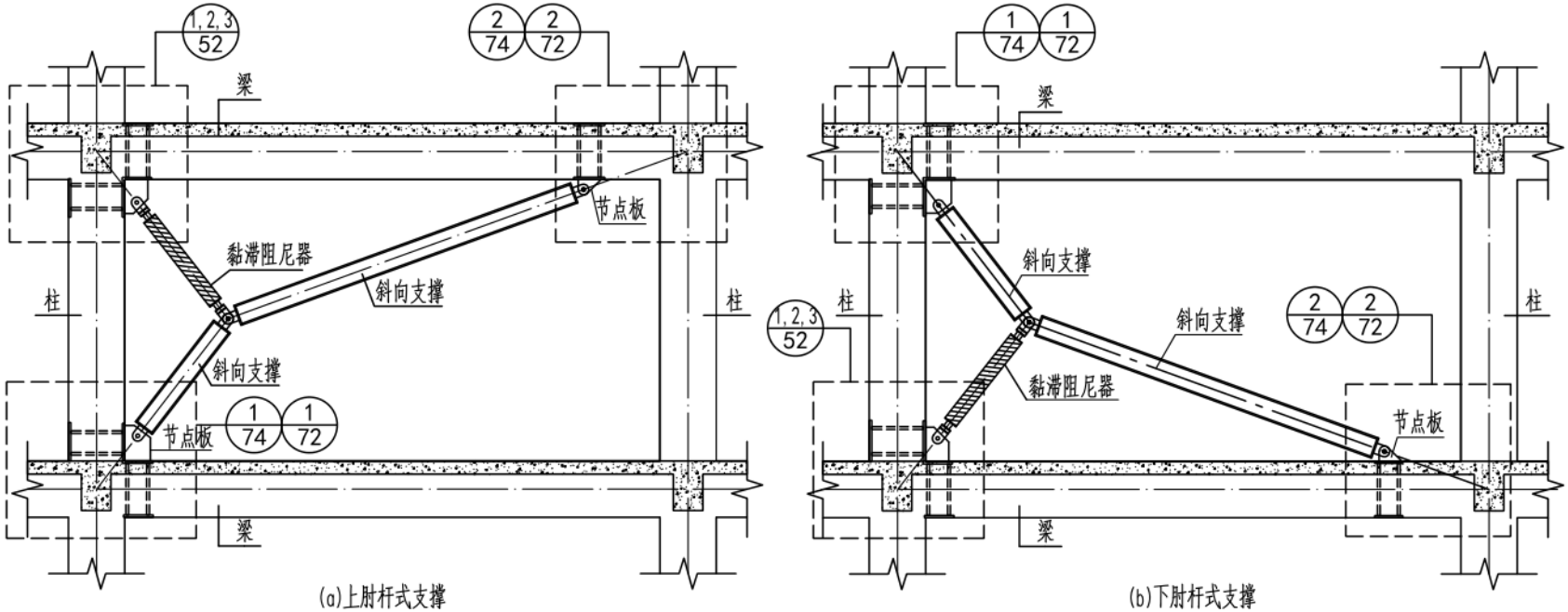
金属消能器双门架型支撑布置

注:

1. 本图为金属消能器在新建混凝土结构及钢结构中的双门架支撑型式,双人字型做法可参照本图。
2. 安装方法:首先在主体结构上焊接节点板(或预埋节点板),然后通过螺栓(或焊接)将支撑与节点板连楼,形成门架支撑,最后通过螺栓将消能器与支撑连接。
3. 连接形式:支撑与主体结构采用刚接,消能器与水平支撑采用高强螺栓连接。
4. 注意事项:对主体结构与支撑、消能器相连的部位及连接节点应采取加强措施,避免其在消能器最大输出力作用下发生破坏。

门架支撑布置3									图集号	
审核			校对			设计			页	41

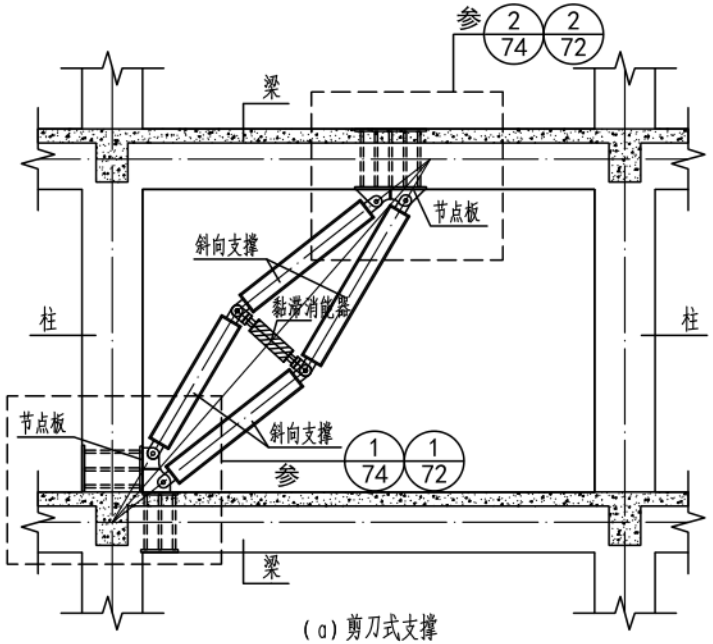
4 肘节式



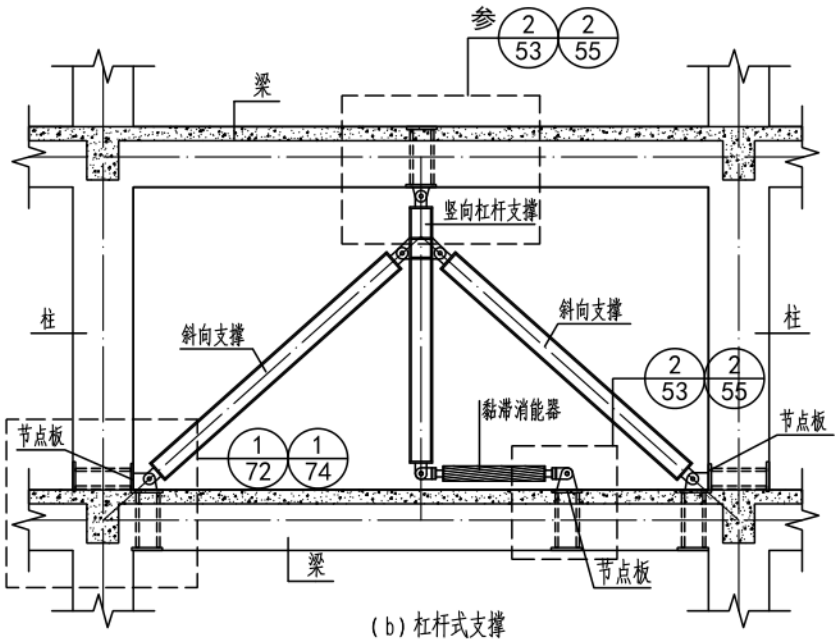
黏滞消能器肘节式支撑布置

注：图中黏滞消能器肘节式支撑布置及连接形式仅为示意。

肘节式位移增大布置1									图集号	
审核			校对			设计			页	42



(a) 剪刀式支撑

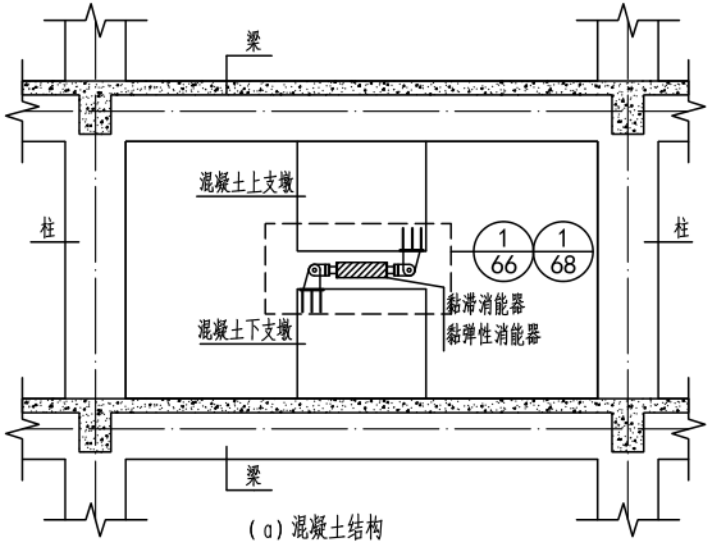


(b) 杠杆式支撑

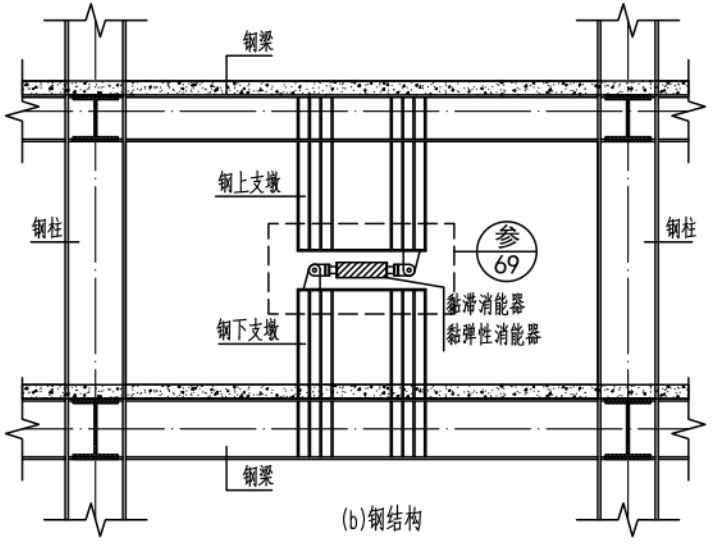
黏滞消能器位移增大支撑布置

注：图中黏滞消能器位移增大支撑布置及连接形式仅为示意。

肘节式位移增大布置2									图集号	
审核			校对			设计			页	43



(a) 混凝土结构



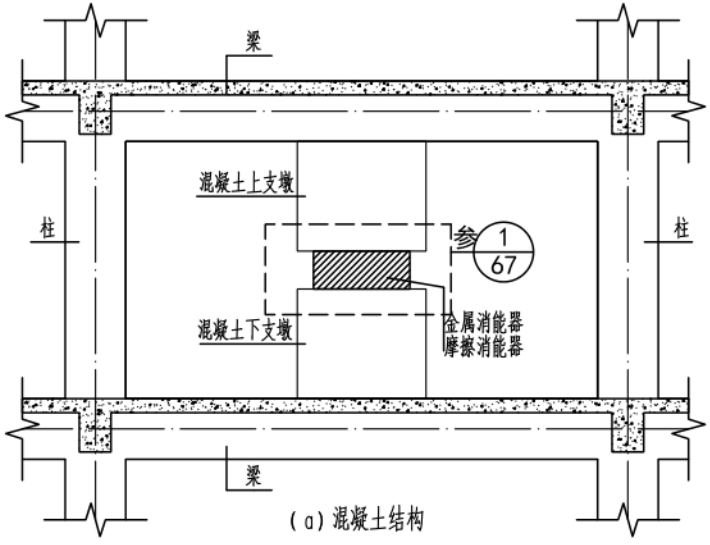
(b)钢结构

黏滞/黏弹性消能器墙式支墩

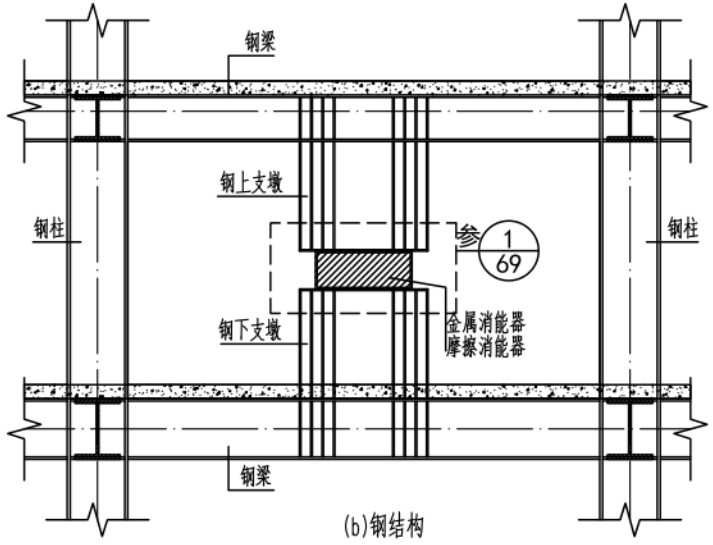
注：

1. 本图为黏滞消能器在新建混凝土结构及钢结构中的墙式支墩连接方式。
2. 黏滞消能器与墙式支墩之间连接节点方式一般采用销轴连接。
3. 安装消能部件时，应保证支墩轴线与消能器轴线重合，防止轴线错位引起的平面内或平面外弯曲。

墙式支墩布置1									图集号	
审核			校对			设计			页	44



(a) 混凝土结构



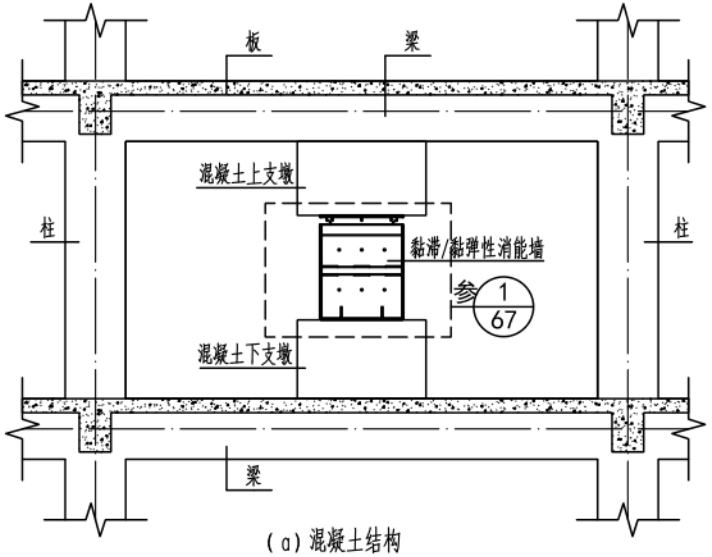
(b)钢结构

金属消能器/摩擦消能器墙式支墩

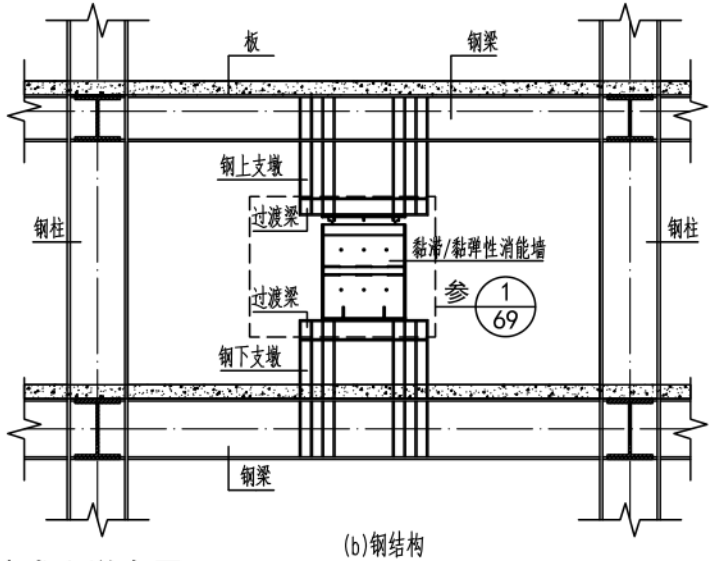
注：

1. 本图为金属消能器/摩擦消能器在新建混凝土结构及钢结构中的墙式支墩连接方式。
2. 金属消能器/摩擦消能器与墙式支墩之间连接节点方式一般采用螺栓连接。
3. 安装消能部件时，应保证墙式支墩轴线与消能器轴线重合，防止轴线错位引起的平面内或平面外弯曲。

墙式支墩布置2									图集号	
审核	吴小宾		校对	李剑群		设计	涂雨		页	45



(a) 混凝土结构



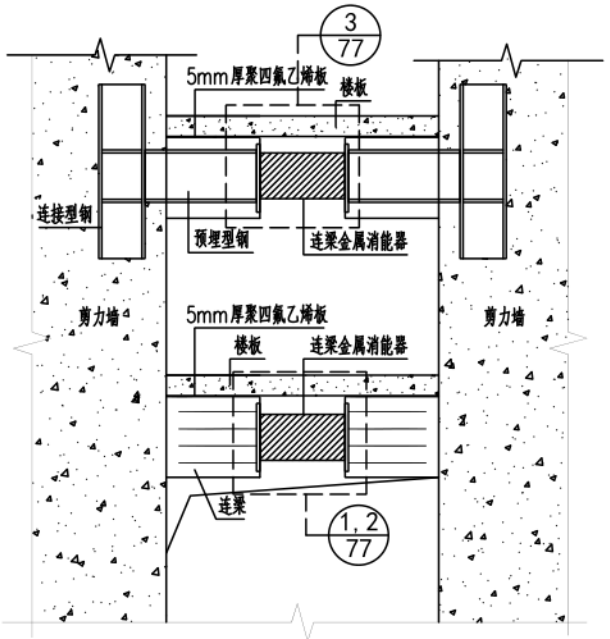
(b)钢结构

黏滞/黏弹性阻尼墙墙式支墩布置

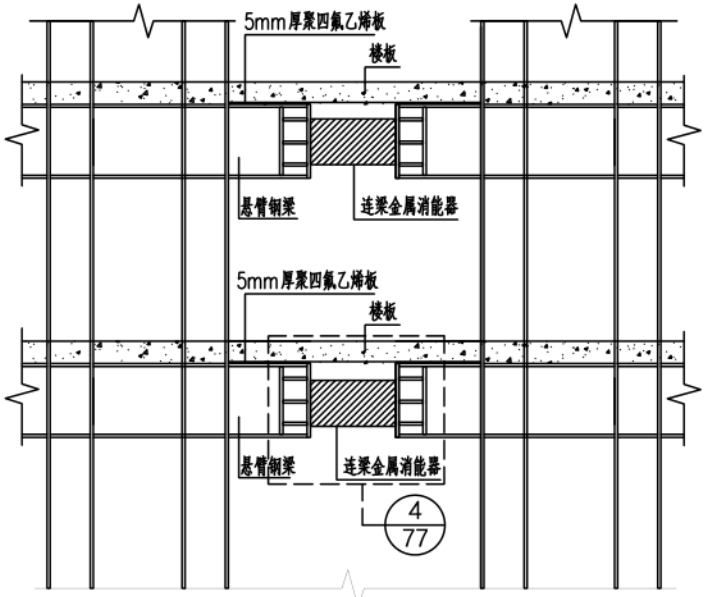
注：

1. 本图适用于黏滞/黏弹性阻尼墙。
2. 连接方式：(1)支撑为混凝土或钢墙式支撑；(2)阻尼墙与支撑采用螺栓或焊接连接。
3. 主体结构与支撑、消能器相连的部位及节点应采取加强措施，避免在消能器最大输出力作用下发生破坏。
4. 新建混凝土结构与减震装置相连的预埋件有两种锚固方式：(1)锚筋锚固；(2)对拉锚固。由于预埋件一般位于构件的塑性铰区，为了防止混凝土开裂后锚筋拔出，推荐采用对拉锚固。
5. 焊接施工时应对原结构采取可靠的支撑措施，避免在承载状态下因受热而对其产生不利影响。

墙式支墩布置3									图集号	
审核	吴小宾		校对	李剑群		设计	涂雨		页	46



(a)混凝土结构



(b)钢结构

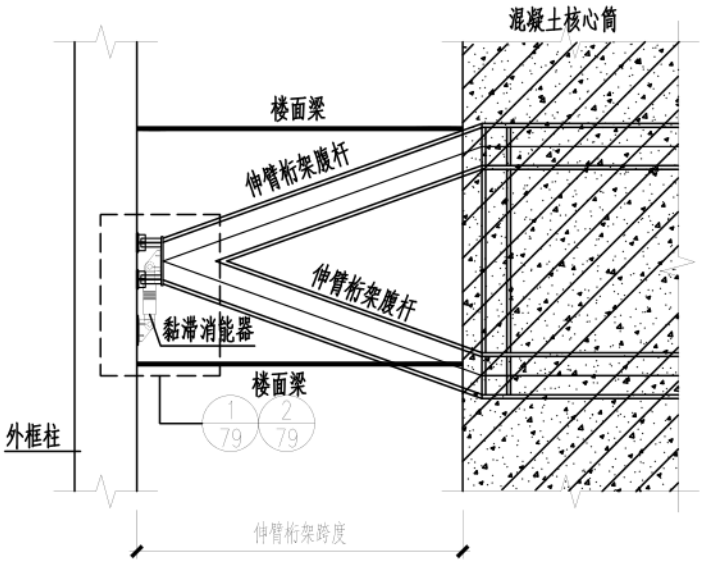
悬臂梁式支承阻尼器布置

(适用于连梁金属阻尼器)

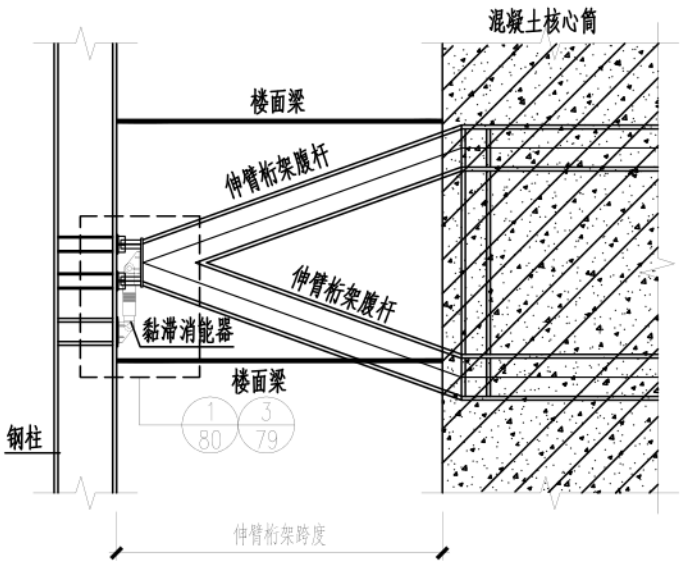
注:

1. 本图为悬臂梁式支承消能器在混凝土结构中的构造示意，主要适用于连梁金属消能器。
2. 连梁金属消能器宜布置于跨高比较小的连梁处。
3. 连梁金属消能器顶与楼板底的间隙不宜小于10mm，以避免连梁金属消能器屈服时楼板对其的影响。
4. 连梁金属消能器局部楼板宜后浇，并增设5mm厚聚四氟乙烯板，以减小楼板对连梁金属消能器的影响。

悬臂梁式布置									图集号	
审核	吴小宾		校对	李剑群		设计	涂雨		页	47



(a) 混凝土结构



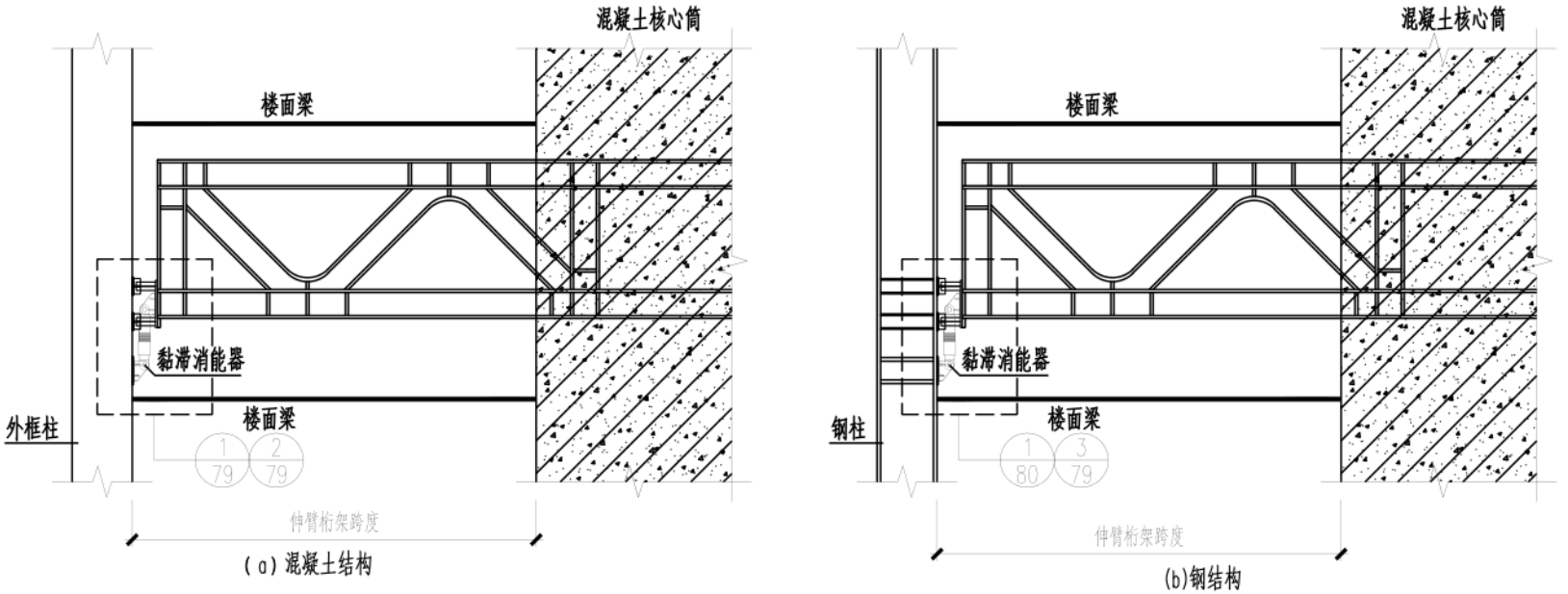
(b)钢结构

伸臂桁架式支承构造形式一

注：

1. 本图为伸臂桁架式支承黏滞消能器的构造示意，主要用于高层、超高层结构。
2. 伸臂桁架构造形式应根据伸臂桁架跨度及消能器出力确定，确保具备足够的刚度，以保证消能器的耗能效率。
3. 消能器与伸臂桁架主体连接采用销轴连接。黏滞流体阻尼器安装完毕后应保证活塞处于平衡位置。
4. 主体结构与伸臂桁架相连的部分及节点应进行节点分析，并采取加强措施，避免在消能器最大出力作用下发生破坏。
5. 伸臂桁架型消能部件跨度不宜过大，以提高传力效率，并防止消能器在消能部件自重下产生过大的弯矩和轴力。
6. 为保证阻尼器铰接连接能适应平面外变形，同时销轴处于纯剪状态，建议耳板与两侧节点板之间的间隙为2mm～3mm。
7. 伸臂桁架与楼板的间隙宜不小于100mm，伸臂桁架弦杆兼做楼面梁时，应对伸臂桁架处楼板应力进行充分分析。
8. 钢结构中消整部件和主体结构构件的总体安装顺序宜采用平行安装法，平面上应从中部向四周开展。混凝土结构中，消能部件和主体结构构件的总体安装质序宜采用后装法进行。

伸臂桁架式布置1									图集号	
审核	吴小宾		校对	李剑群		设计	涂雨		页	48

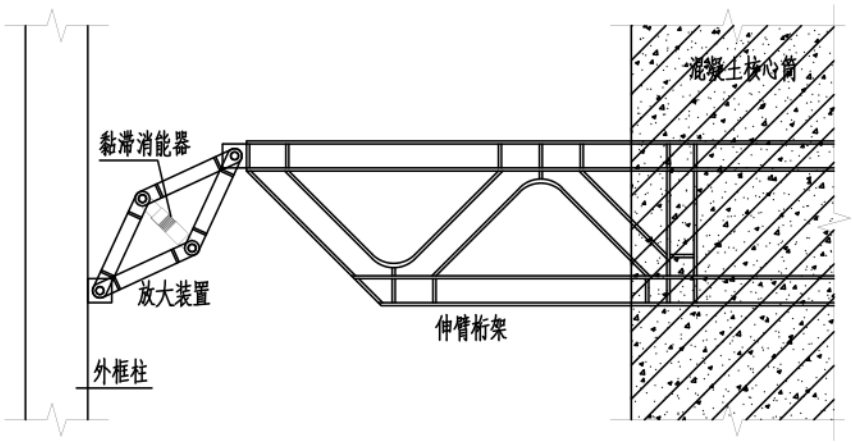


伸臂桁架式支承构造形式二

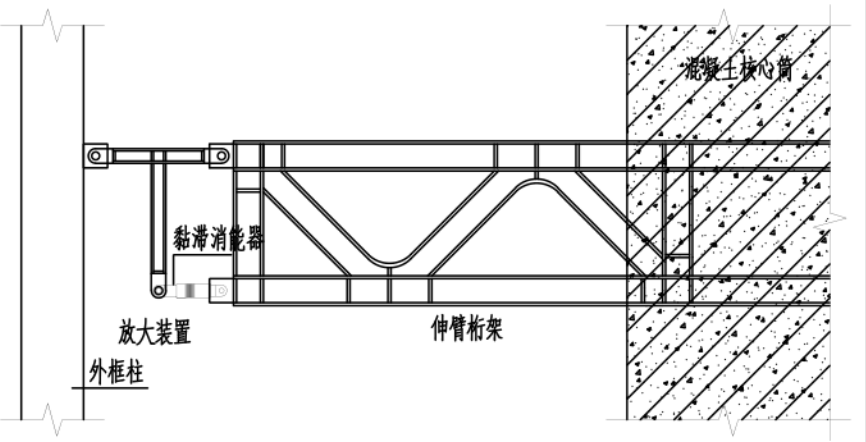
注：

1. 本图为伸臂桁架式支承阻尼器的构造示意，主要用于高层、超高层结构。
2. 伸臂桁架构造形式应根据伸臂桁架跨度及阻尼器出力确定，确保具备足够的刚度，以保证阻尼器的耗能效率。
3. 消能器与伸臂桁架主体连接采用销轴连接。黏滞流体阻尼器安装完毕后应保证活塞处于平衡位置。
4. 主体结构与伸臂桁架相连的部分及节点应进行节点分析，并采取加强措施，避免在阻尼器最大出力作用下发生破坏。
5. 伸臂桁架型消能部件跨度不宜过大，以提高传力效率，并防止消能器在消能部件自重下产生过大的弯矩和轴力。
6. 为保证阻尼器铰接连接能适应平面外变形，同时销轴处于纯剪状态，建议耳板与两侧节点板之间的间隙为2mm～3mm。
7. 伸臂桁架与楼板的间隙宜不小于100mm，伸臂桁架弦杆兼做楼面梁时，应对伸臂桁架处楼板应力进行充分分析。
8. 钢结构中消整部件和主体结构构件的总体安装顺序宜采用平行安装法，平面上应从中部向四周开展。混凝土结构中，消能部件和主体结构构件的总体安装质序宜采用后装法进行。

伸臂桁架式布置2								图集号	
审核	吴小宾		校对	李剑群		设计	涂雨	页	49



(a) 剪刀型放大装置



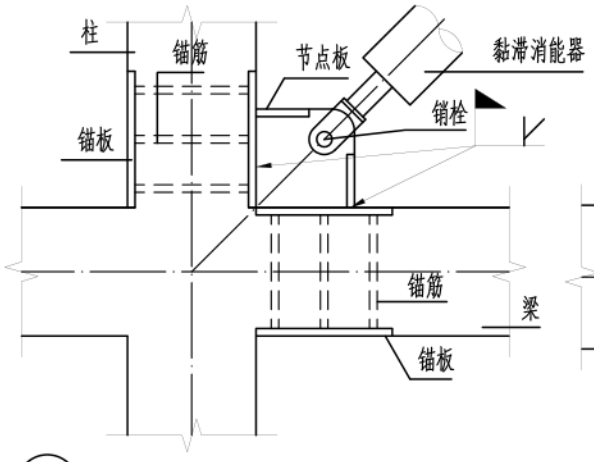
(b)T型放大装置

带放大装置的伸臂桁架式支承

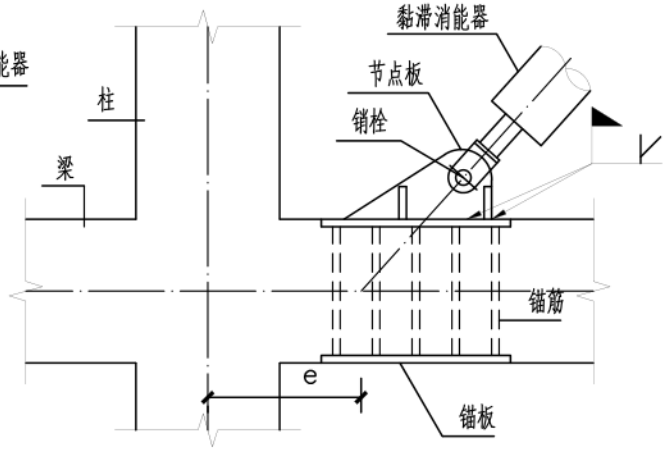
注：

1. 本图为带放大装置的伸臂桁架式支承黏滞消能器的构造示意，主要用于高层、超高层结构。
2. 放大装置与主体结构连接采用销轴连接，并应复核其在消能器最大出力时的承载力，确保放大装置在地震作用下正常工作。
3. 黏滞消能器与伸臂桁架主体及放大装置连接采用销轴连接。黏滞消能器安装完毕后应保证活塞处于平衡位置。
4. 主体结构与伸臂桁架相连的部分及节点应进行节点分析，并采取加强措施，避免在消能器最大出力作用下发生破坏。
5. 伸臂桁架型消能部件跨度不宜过大，以提高传力效率，并防止消能器在消能部件自重下产生过大的弯矩和轴力。
6. 为保证消能器铰接连接能适应平面外变形，同时销轴处于纯剪状态，建议耳板与两侧节点板之间的间隙为2mm～3mm。
7. 伸臂桁架与楼板的间隙宜不小于100mm，伸臂桁架弦杆兼做楼面梁时，应对伸臂桁架处楼板应力进行充分分析。
8. 钢结构中消整部件和主体结构构件的总体安装顺序宜采用平行安装法，平面上应从中部向四周开展。混凝土结构中，消能部件和主体结构构件的总体安装质序宜采用后装法进行。

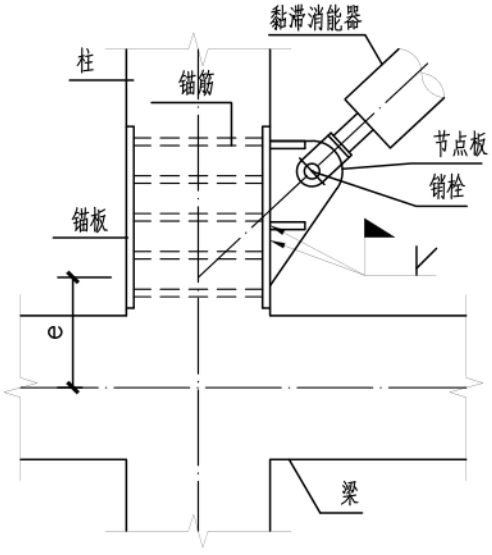
1 黏滞消能器与主体结构铰接连接



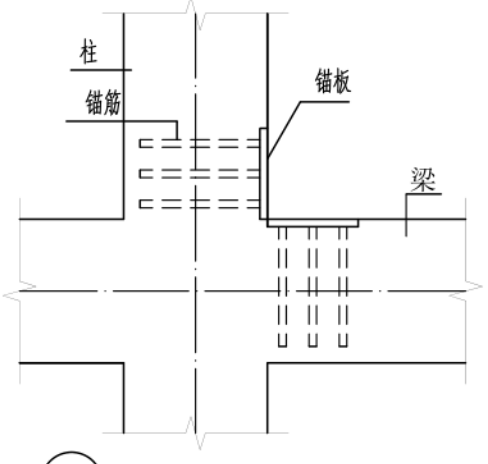
① 黏滞消能器与混凝土梁柱节点斜向球铰连接



② 黏滞消能器与混凝土梁斜向球铰连接



③ 黏滞消能器与混凝土柱斜向球铰连接



④ 锚筋锚固示意图

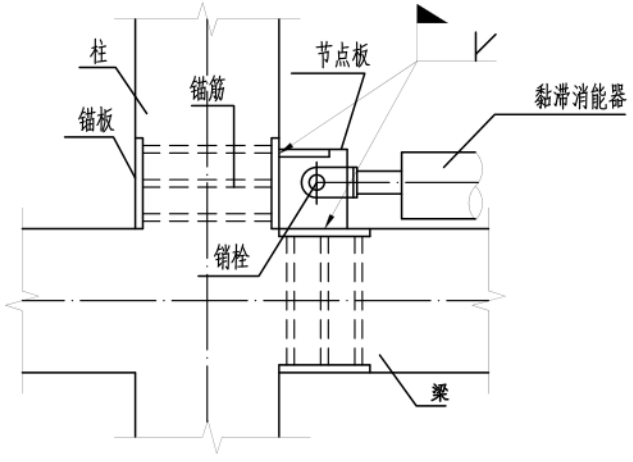
注：

1.与消能部件相连的预埋件在新建混凝土结构中的锚固方式有：(1)对拉锚固(图①～③)；(2)锚筋锚固(图④)。
抗震设计时，由于预埋件一般位于构件的塑性铰区，为了防止混凝土开裂后锚筋拔出，宜采用对拉锚固；
抗风设计时可采用锚筋锚固。
预埋件的尺寸、数量及构造应满足《混凝土结构设计标准》GB/T 50010相关要求。

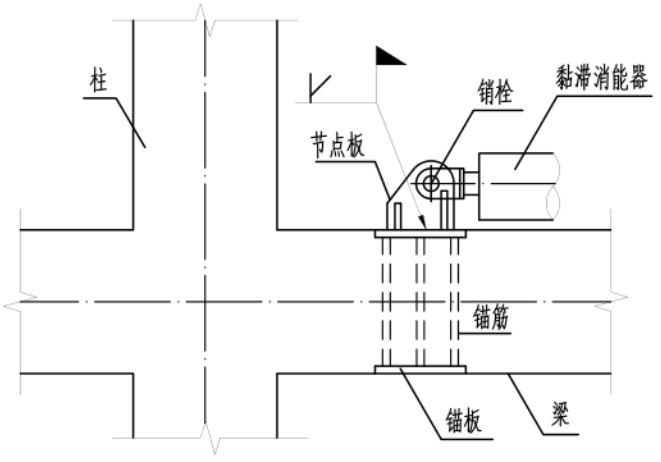
2.节点板在黏滞消能器的输出力作用下，除具有足够的承载力刚度外，还应防止其发生失稳破坏，一般可采用增加节点板厚度或设置加劲肋等措施。

3.消能部件与新建混凝土主体结构的连接部位有以下三种：与梁柱节点连接①，与梁连接②，与柱连接③。
连接①中消能器部件同时与梁柱连接，且相对于梁柱节点偏心较小，受力较为可靠；
连接②，③中消能部件相对于梁柱节点偏心较大，应考虑偏心受力对梁、柱的不利影响以及梁柱变形对消能部件效能的削弱。
在三种连接下，连接③施工最为方便，而对于①、②，框架梁在对拉锚板处钢筋绑扎和混凝土浇捣较为困难，在设计时可采取增加梁宽，减小钢筋密度等措施。

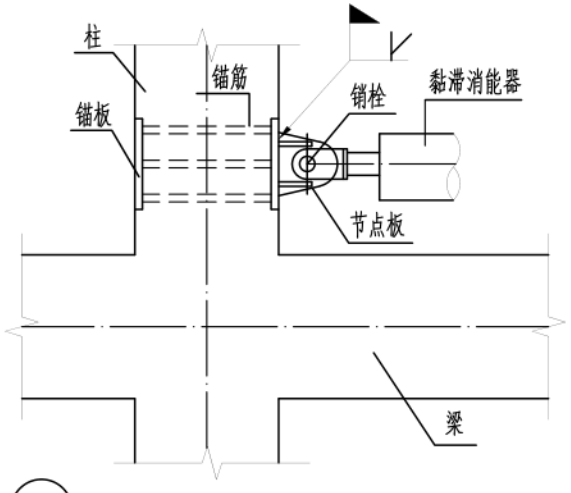
黏滞消能器与主体结构的连接1									图集号	
审核			校对			设计			页	52



① 黏滞消能器与混凝土梁柱节点水平球铰连接



② 黏滞消能器与混凝土梁水平球铰连接



③ 黏滞消能器与混凝土柱水平球铰连接

注：

1.水平安装的黏滞消能器用于人字型和门架型消能部件，其与新建混凝土主体结构的连接部位有以下三种：与梁柱节点连接①、与梁连接②、与柱连接③；

当人字(或门架)型节点与梁柱节点距离较大时，为减小水平支撑悬臂段长度，宜选用连接构造②；

当人字(或门架)型节点与梁柱节点距离不大时，宜选用连接构造①、③，其中③用于水平支撑与梁的垂直距离较大的情况；采用②、③应考虑偏心受力对梁柱的不利影响。

2.与消能部件相连的预埋件在新建混凝土结构中的锚固方式有：

(1)对拉锚固(图①~③)；

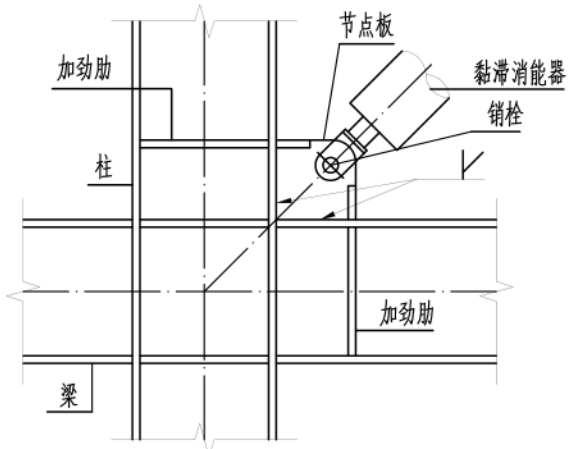
(2)锚筋锚固(图④)。

抗震设计时，由于预埋件一般位于构件的塑性铰区，为了防止混凝土开裂后锚筋拔出，宜采用对拉锚固；

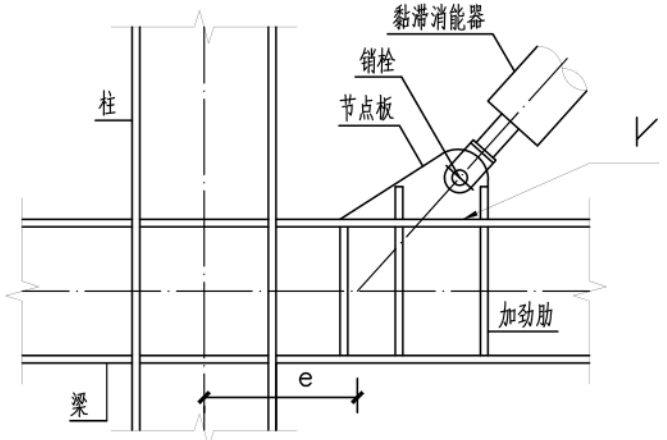
抗风设计时，可采用锚筋锚固。预埋件的尺寸、数量及构造应满足《混凝土结构设计准》GB/T 50010相关要求。

3.节点板在黏滞消能器的输出力作用下，除具有足够的承载力刚度外，还应防止其发生失稳破坏，一般可采用增加节点板厚度或设置加劲肋等措施。

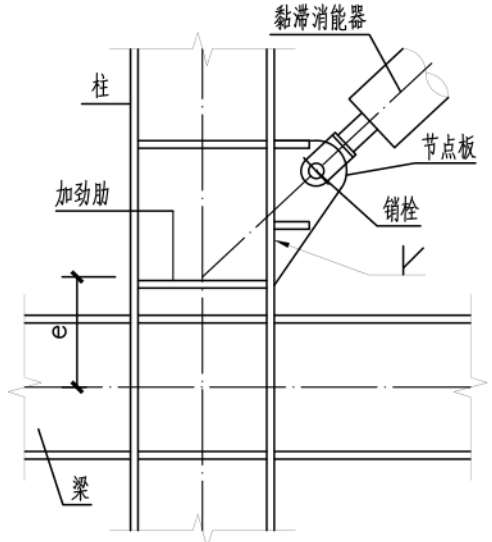
黏滞消能器与主体结构的连接2									图集号	
审核			校对			设计			页	53



① 黏滞消能器与钢梁柱节点斜向球铰连接



② 黏滞消能器与钢梁斜向球铰连接

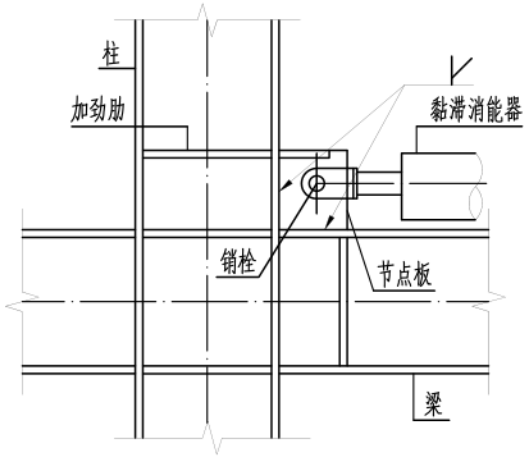


③ 黏滞消能器与钢柱斜向球铰连接

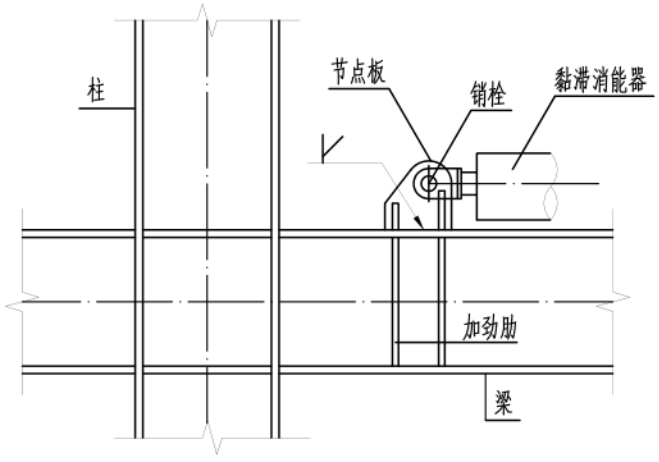
注：

1. 钢结构连接构造基本要求：
   (1) 图中焊缝尺寸应根据计算确定，并满足现行规范、规程的要求；
   (2) 图中坡口(单面或双面)仅为示意，应根据板厚和焊接工艺合适的坡口方式；
   (3) 图中仅给出梁柱截面为H型钢的连接做法，当与其他截面形式的梁、柱连接时，应根据具体截面形式采取相应的连接构造做法。
2. 图中节点适用消能器与新建钢结构和既有钢结构的连接，当用于既有结构时，应复核与节点板连接的原结构构件的强度和稳定性；焊接施工时应对原结构采取可靠的支撑措施，避免在承载状态下因受热而对其产生不利影响。
3. 对于型钢混凝土组合结构，节点板应与梁、柱内的型钢连接，连接做法可参照本图钢结构节点，并满足现行相应规范、规程的要求。
4. 斜向安装的黏滞消能器与钢结构的连接部位有以下三种：与梁柱节点连接①，与梁连接②，与柱连接③，宜优先选用连接构造①，当采用①有困难时可选用②或③，此时应考虑偏心受力对梁、柱的不利影响以及梁柱变形对消能部件效能的削弱。
5. 节点板在黏滞消能器的输出力作用下，除具有足够的承载力和刚度外，还应防止其发生失稳破坏，一般可采用增加节点板厚度或设置加劲肋等措施。

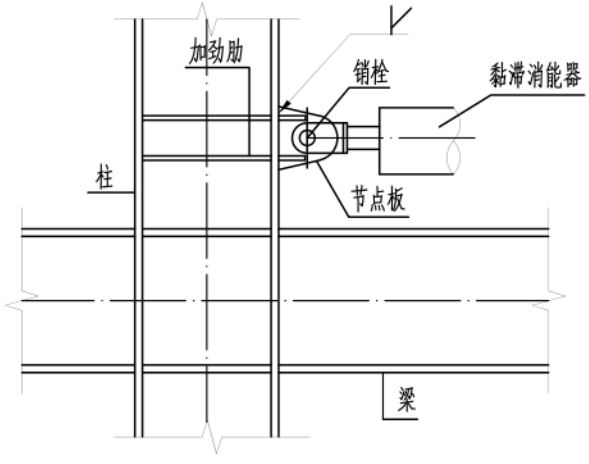
黏滞消能器与主体结构的连接3									图集号	
审核			校对			设计			页	54



① 黏滞消能器与钢梁柱节点水平球铰连接



② 黏滞消能器与钢梁水平球铰连接



③ 黏滞消能器与钢柱水平球铰连接

注：

1. 水平安装的黏滞消能器用于人字型和门架型消能部件，其与钢结构的连接部位有以下三种：

(1) 与梁柱节点连接①、与梁连接②、与柱连接③，当人字(或门架)型节点与梁柱节点距离较大时，为减小水平支撑悬臂段长度，宜选用连接构造②；

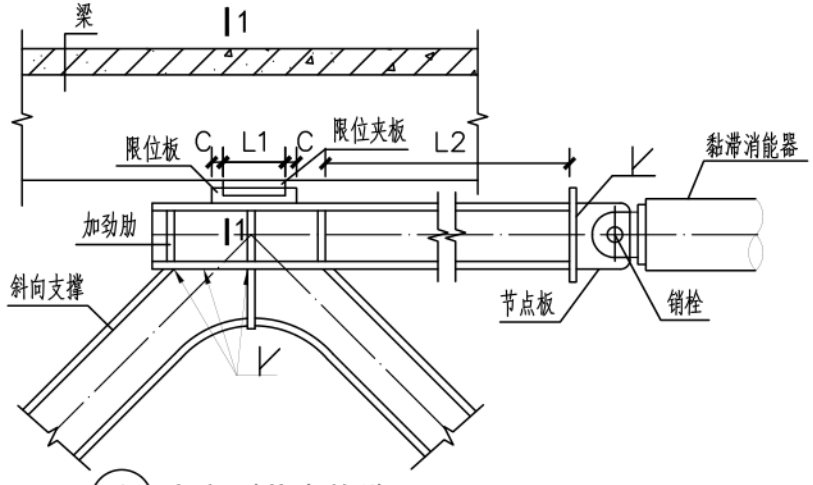
(2) 当人字(或门架)型节点与梁柱节点距离不大时，宜选用连接构造①、③，其中③用于水平支撑与梁的垂直距离较大的情况；

(3) 采用②、③应考虑偏心受力对梁柱的不利影响。

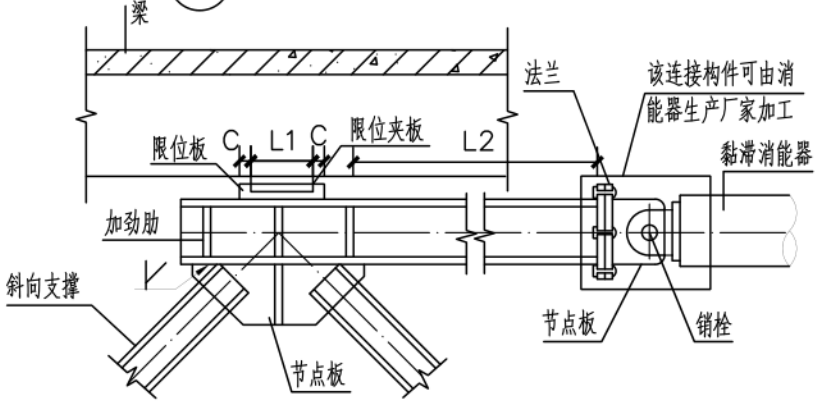
2. 节点板在黏滞消能器的输出力作用下，除具有足够的承载力和刚度外，还应防止其发生失稳破坏，一般可采用增加节点板厚度或设置加劲肋等措施。

3. 其余说明详见本图集第66页注1～3。

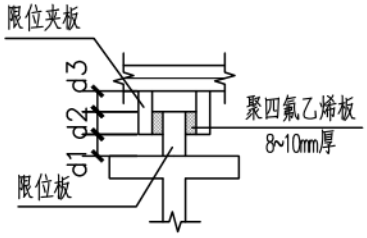
黏滞消能器与主体结构的连接4									图集号	
审核			校对			设计			页	55



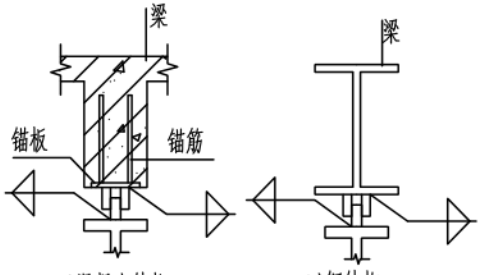
① 人字型节点构造1



② 人字型节点构造2



侧向限位装置详图



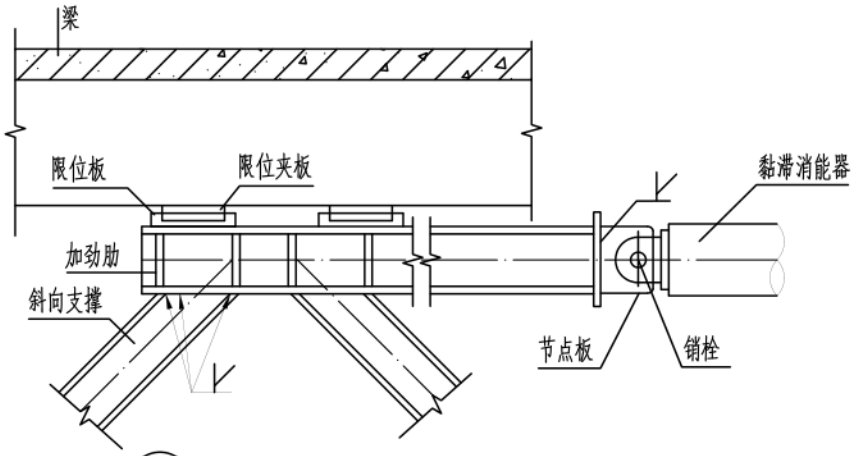
(a)混凝土结构　(b)钢结构

1-1

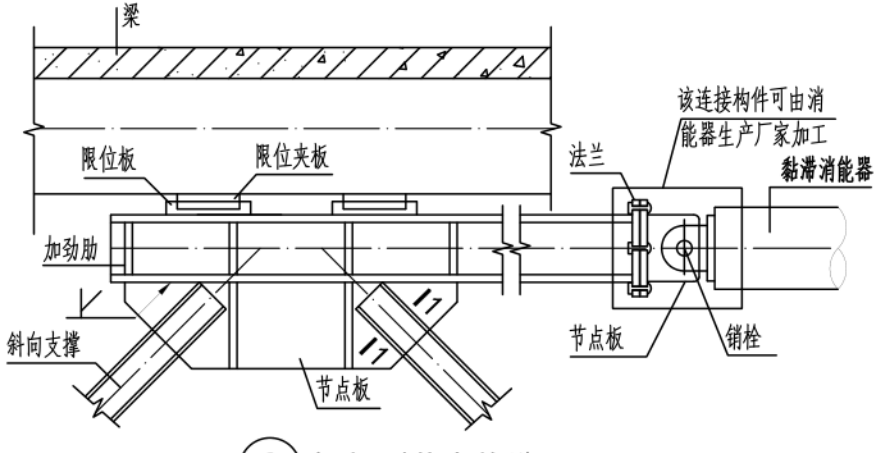
注：

1. 黏滞消能器与水平支撑的连接可采用①或②。
2. 考虑梁的竖向变形和安装空间，d1、d2、d3宜不小于50mm。
3. 限位板与聚四氟乙烯板的间隙不宜大于1mm，同时限位板和限位夹板应具有足够的厚度，对于限位夹板还可通过设置加劲肋进行加强。
4. 限位夹板长度L1不宜小于200mm；限位板每侧宽出限位夹板长度c宜大于消能器的极限位移。
5. 连接支撑悬挑部分L_2不宜大于1000mm，当L_2大于1000mm时宜在悬臂端增设限位夹板。

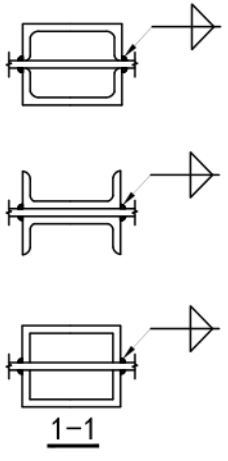
黏滞消能器与主体结构的连接5									???	
??			??			??			?	56



① 门架型节点构造1



② 门架型节点构造2

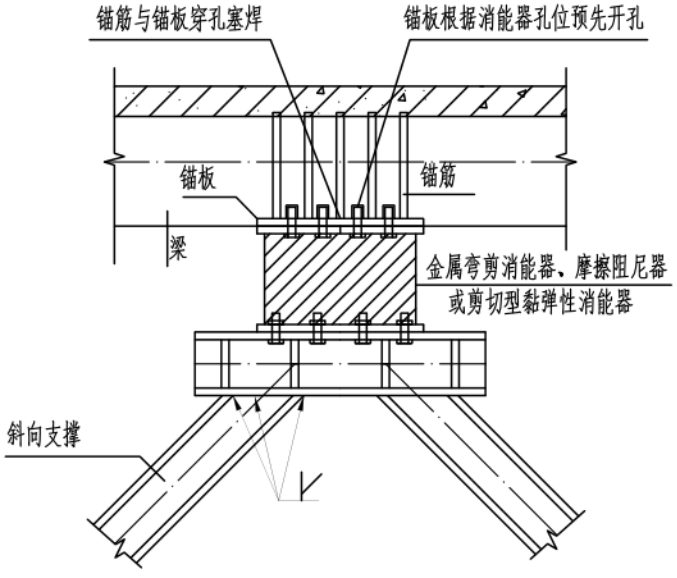


注：

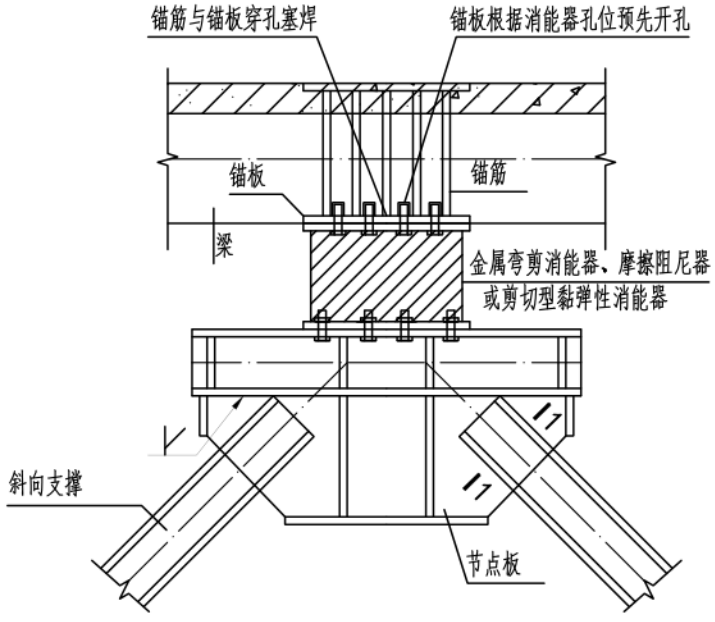
1. 黏滞消能器与水平支撑的连接可采用①或②。
2. 考虑梁的竖向变形和安装空间，d1、d2、d3宜不小于50mm。
3. 限位板与聚四氟乙烯板的间隙不宜大于1mm，同时限位板和限位夹板应具有足够的厚度，对于限位夹板还可通过设置加劲肋进行加强。
4. 限位夹板长度L1不宜小于200mm；限位板每侧宽出限位夹板长度c宜大于消能器的极限位移。
5. 连接支撑悬挑部分L_2不宜大于1000mm，当L_2大于1000mm时宜在悬臂端增设限位夹板。

黏滞消能器与主体结构的连接6									???	
??			??			??			?	57

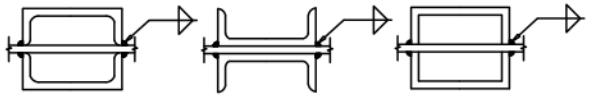
2 黏弹、金属与主体结构铰接连接



① 消能器与混凝土结构、门架连接一



② 消能器与混凝土结构、门架连接二

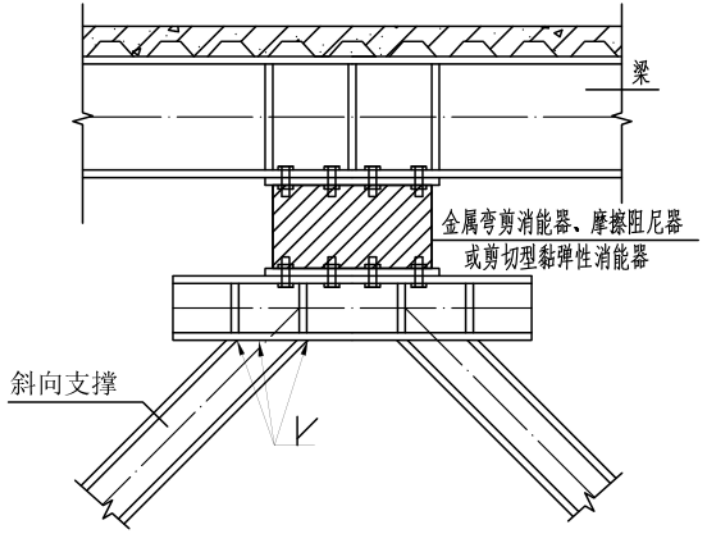


1-1

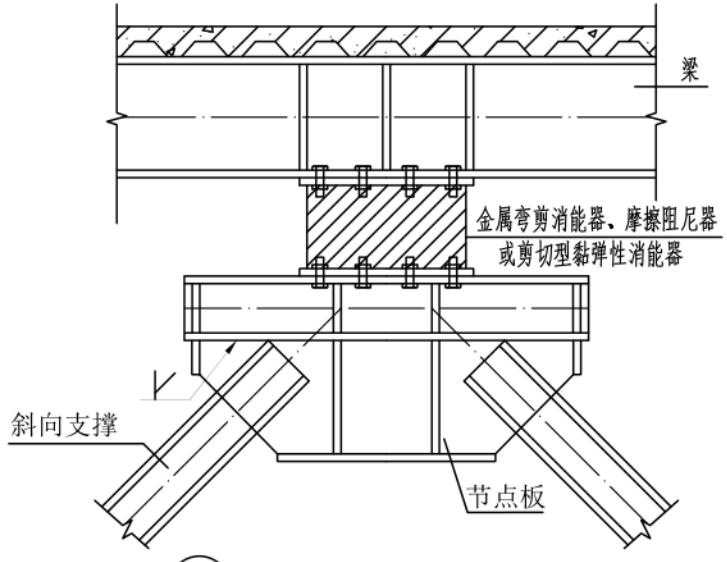
注：

1. 本页做法适用于金属弯剪消能器、黏滞/黏弹性阻尼墙或剪切型黏弹性消能器。
2. 支承受力较大时宜采用刚性连接图①;图②中门架斜杆与节点板通过熔透焊缝连接,适用于支承受力较小的情况。
3. 预埋件的构造应满足《混凝土结构设计标准》GB/T 50010的相关要求。

消能器与混凝土结构门架连接节点									???	
??			??			??			?	58



① 消能器与钢结构、门架连接一

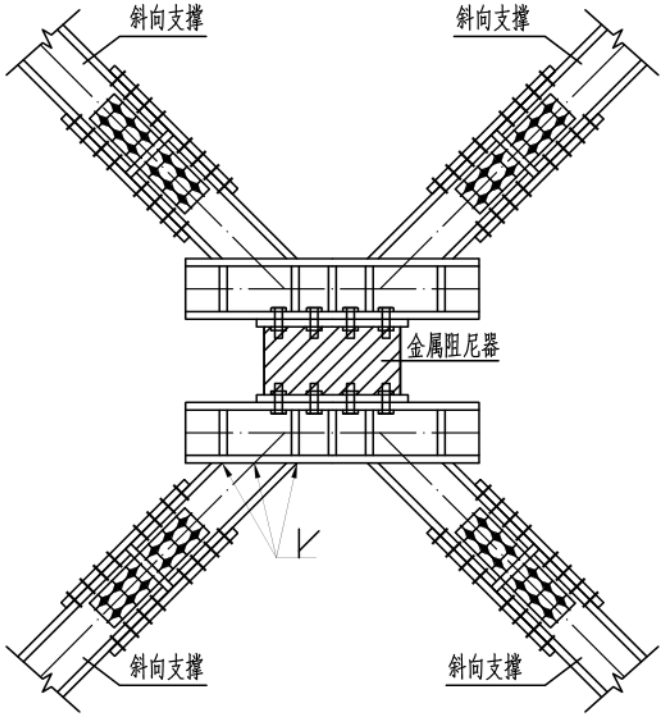


② 消能器与钢结构、门架连接二

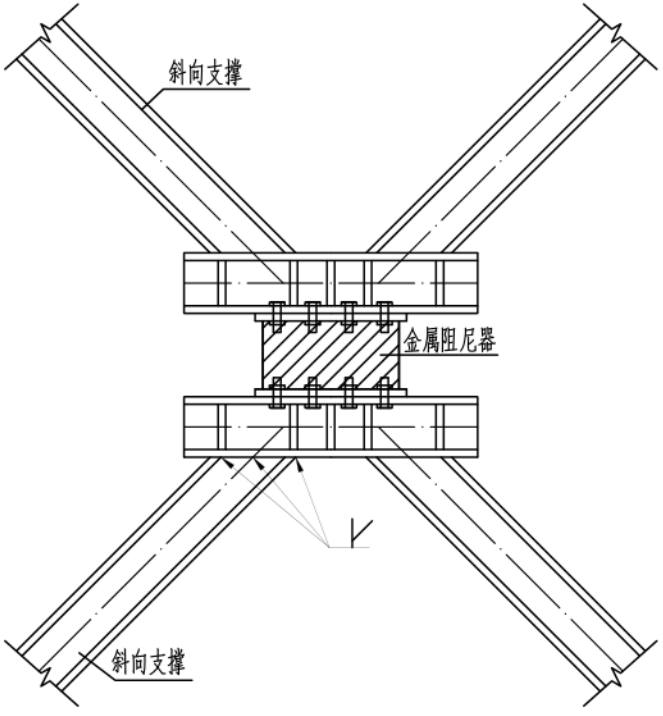
注：

1. 本页做法适用于金属弯剪消能器、黏滞/黏弹性阻尼墙或剪切型黏弹性消能器。
2. 图②中门架斜杆与节点板通过熔透焊缝连接，由于此种连接方式在支撑平面内存在着弯曲刚度，在结构的水平条件下，连接部分会产生一定的附加弯矩，在结构的水平变形条件下，连接部分会产生一定的附加弯矩，对连接部分进行细部设计时，应考虑此附加弯矩的不利影响，此种连接适用于支撑力较小的情况，当支撑力较大时宜采用刚性连接，如图①。
3. 节点板可动加节点板厚度或设置加劲肋等防止发生失稳破坏。
4. 钢结构连接构造基本要求：
   (1) 图中焊缝尺寸应根据计算确定，并满足规范的要求；
   (2) 图中焊缝坡口（单面或双面）应根据板厚和焊接工艺选择合适的坡口方式。
5. 图中节点适用消能器与新建钢结构的连接，焊接施工时应对预安结构采取可靠的支撑措施，避免在承载状态下因受热而对其产生不利影响。
6. 对于型钢混凝土组合结构，节点板应与架、柱内的型钢连接，连接做法可参本图消能器与钢结构连接节点。

消能器与钢结构门架连接节点									???	
??			??			??			?	59



① 消能器与上下门架支撑连接一



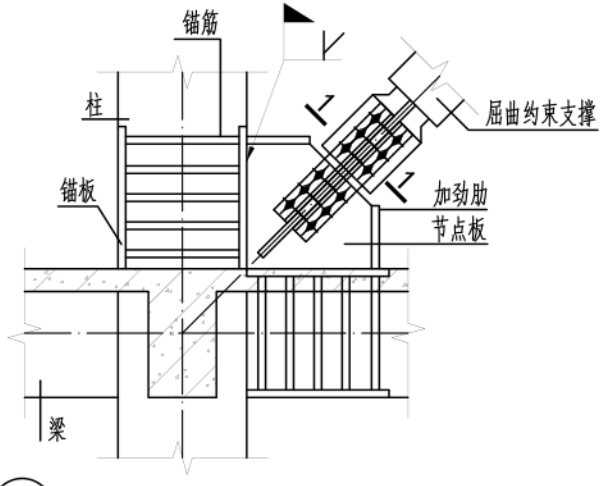
② 消能器与上下门架支撑连接二

注：

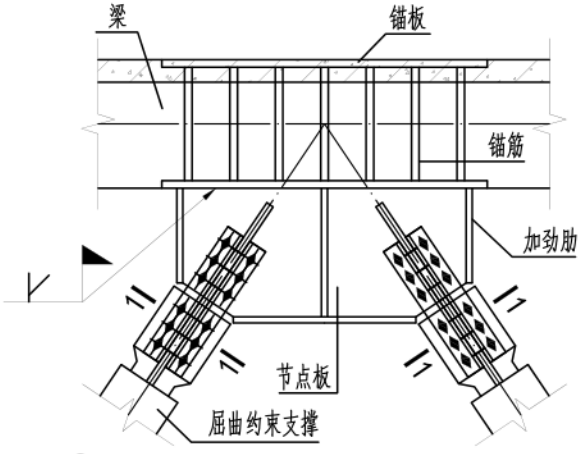
1. 图中焊缝尺寸应根据计算确定，并满足规范要求。
2. 图中焊缝坡口（单面或双面）应根据板厚和焊接工艺选择合适的坡口方式。

消能器与双门架支撑连接节点									???	
??			??			??			?	60

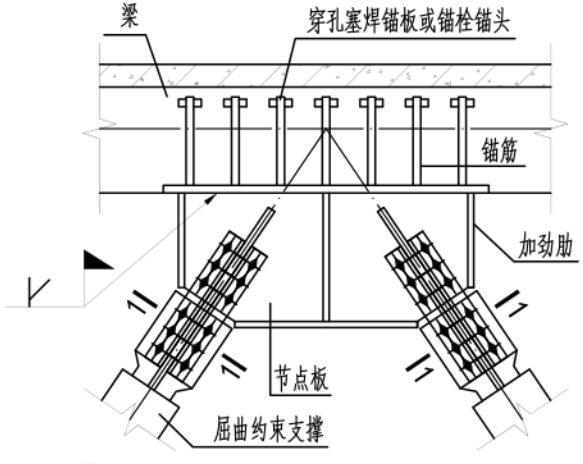
3 屈曲约束支撑与主体结构的连接



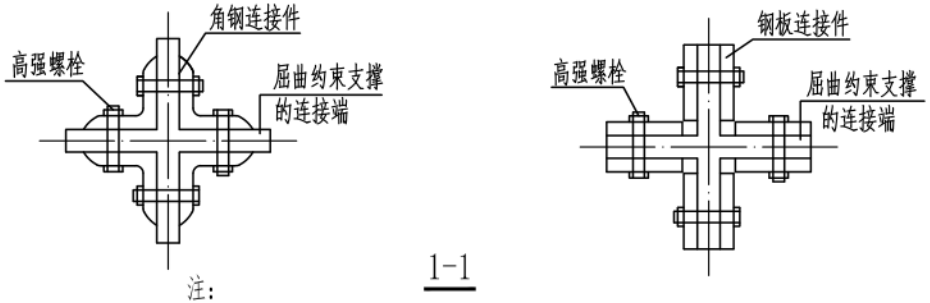
① 屈曲约束支撑与混凝土梁柱节点连接



② 屈曲约束支撑与混凝土梁连接一



③ 屈曲约束支撑与混凝土梁连接二

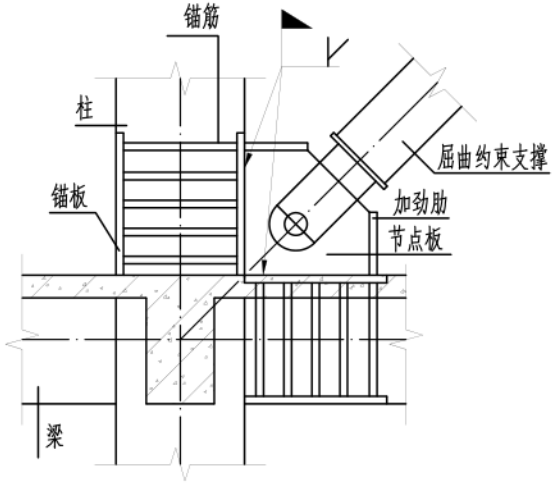


1-1

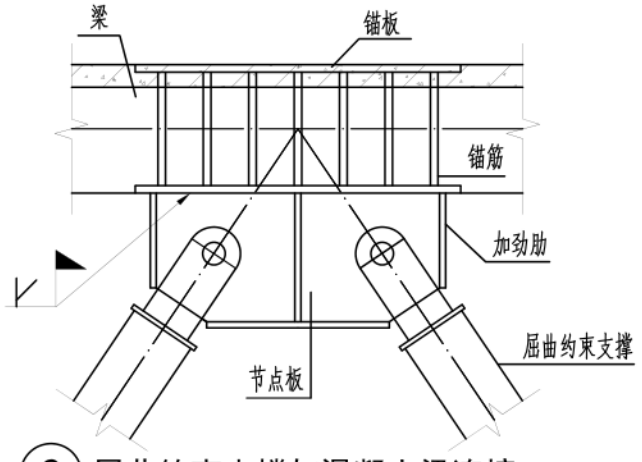
注：

1. 本图为屈曲约束支撑与混凝土结构的螺栓连接型式。
2. 与消能部件相连的预埋件在新建混凝土结构中的锚固方式有：(1)对拉锚固；(2)锚筋锚固。预埋件位于梁柱端时，宜采用对拉锚固以防止塑性铰区混凝土开裂后锚筋失效。
3. 预埋件的尺寸、数量应满足《混凝土结构设计标准》GB/T 50010相关要求。
4. 节点板宜设置加劲肋。

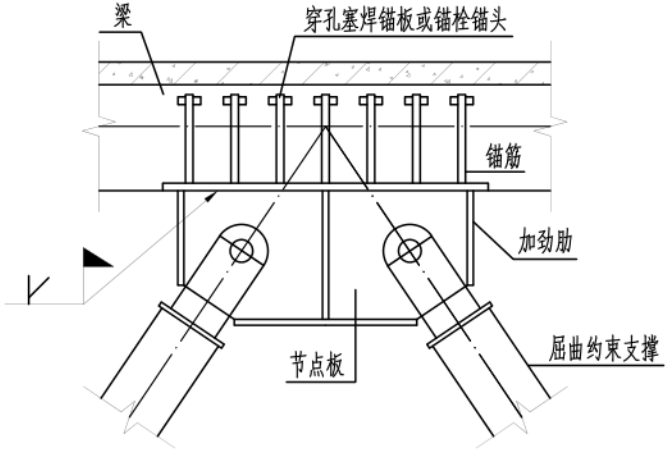
屈曲约束支撑与新建混凝土结构连接1									图集号	
审核			校对			设计			页	61



① 屈曲约束支撑与混凝土梁柱节点连接



② 屈曲约束支撑与混凝土梁连接一

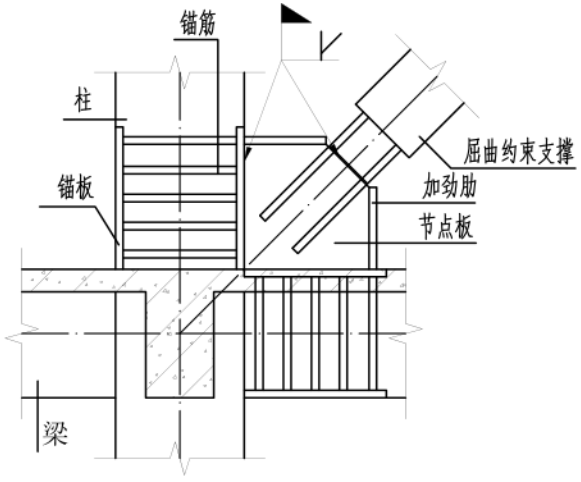


③ 屈曲约束支撑与混凝土梁连接二

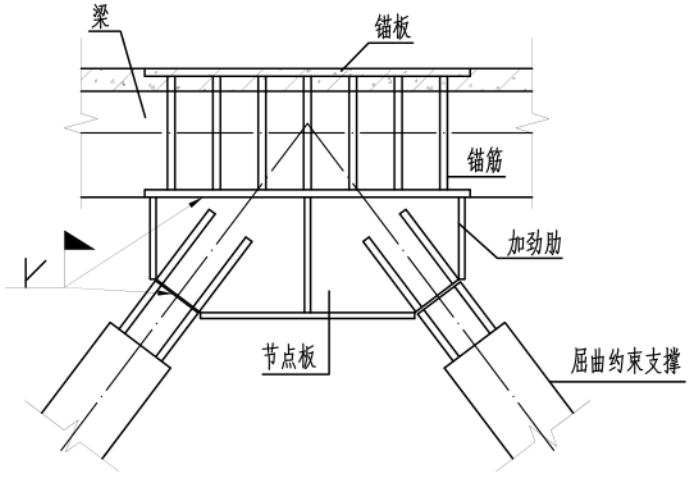
注：

1. 本图为屈曲约束支撑与混凝土结构的销轴连接型式。
2. 与消能部件相连的预埋件在新建混凝土结构中的锚固方式有：(1)对拉锚固；(2)锚筋锚固。预埋件位于梁柱端时，宜采用对拉锚固以防止塑性铰区混凝土开裂后锚筋失效。
3. 预埋件的尺寸、数量应满足《混凝土结构设计标准》GB/T 50010相关要求。
4. 节点板宜设置加劲肋。
5. 屈曲约束支撑与新建混凝土主体结构的连接部位在梁柱节点的梁底部或顶部。

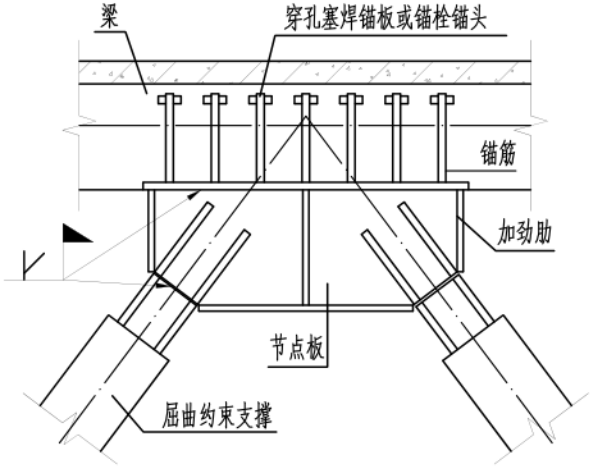
屈曲约束支撑与新建混凝土结构连接2									图集号	
审核			校对			设计			页	62



① 屈曲约束支撑与混凝土梁柱节点连接



② 屈曲约束支撑与混凝土梁连接一

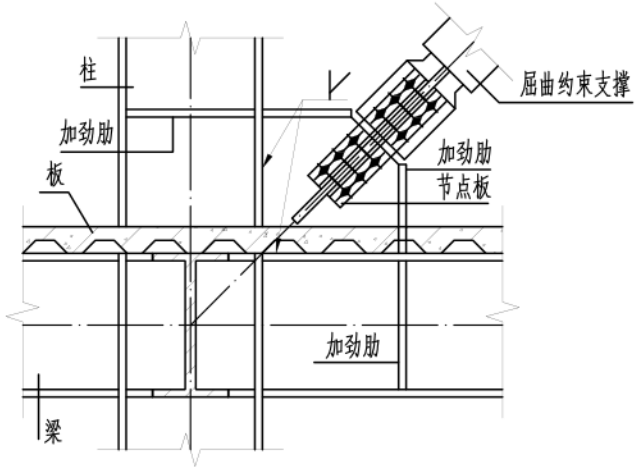


③ 屈曲约束支撑与混凝土梁连接二

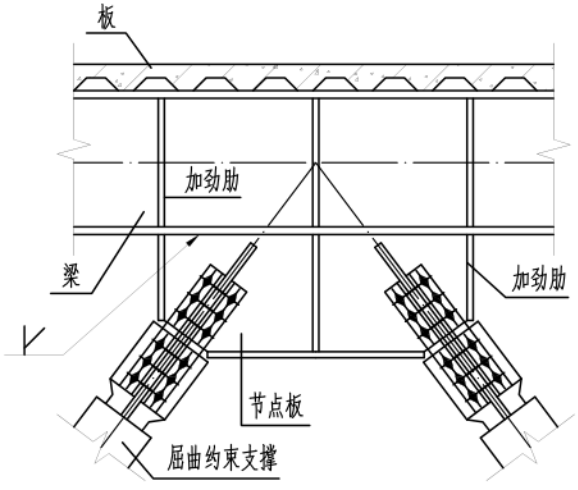
注：

1. 本图为屈曲约束支撑与混凝土结构的焊接连接型式。
2. 与消能部件相连的预埋件在新建混凝土结构中的锚固方式有：(1)对拉锚固；(2)锚筋锚固。预埋件位于梁柱端时，宜采用对拉锚固以防止塑性铰区混凝土开裂后锚筋失效。
3. 预埋件的尺寸、数量应满足《混凝土结构设计标准》GB/T 50010相关要求。
4. 节点板宜设置加劲肋。

屈曲约束支撑与新建混凝土结构连接3									图集号	
审核			校对			设计			页	63



① 屈曲约束支撑与钢梁柱节点连接

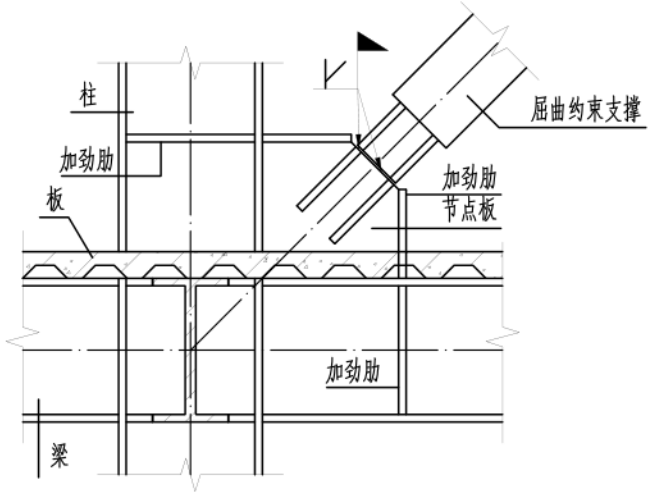


② 屈曲约束支撑与钢梁节点连接

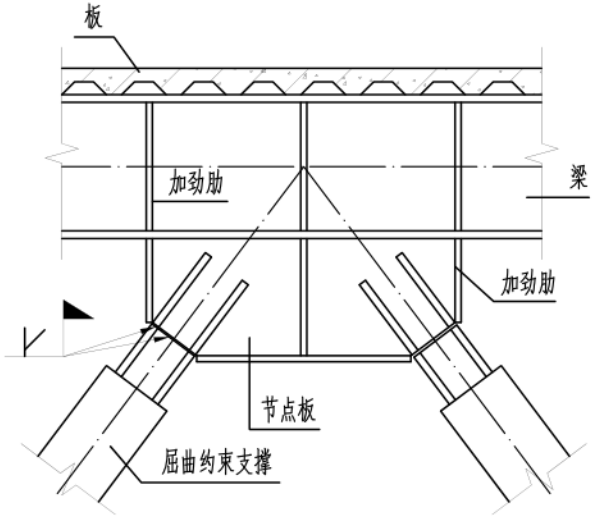
注：

1. 节点板宜设置加劲肋等措施防止发生失稳破坏。
2. 钢结构连接构造基本要求：
   (1) 图中焊缝尺寸应根据计算确定，并满足规范的要求；
   (2) 图中焊缝坡口(单面段双面)，应根据板厚和焊接工艺选择合适的坡口方式。
3. 图中节点适用消能器与钢结构的连接，焊接施工时应对预安结构采取可靠的支撑措施，避免在承载状态下因受热而对其产生不利影响。
4. 对于型钢混凝土组合结构，节点板应与梁、柱内的型钢连接，连接做法可参照本图钢结构节点，并满足相应规范的要求。

屈曲约束支撑与钢结构连接1									图集号	
审核			校对			设计			页	64



① 屈曲约束支撑与钢梁柱节点连接

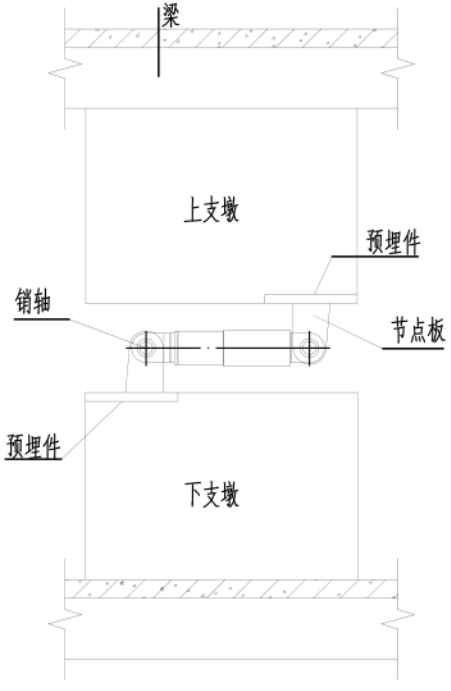


② 屈曲约束支撑与钢梁节点连接

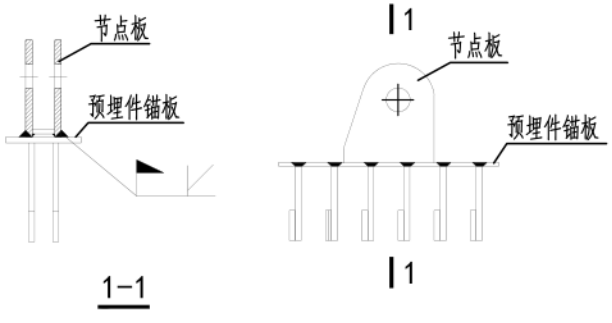
注：节点板宜设置加劲肋等措施防止发生失稳破坏。

屈曲约束支撑与钢结构连接2									图集号	
审核			校对			设计			页	65

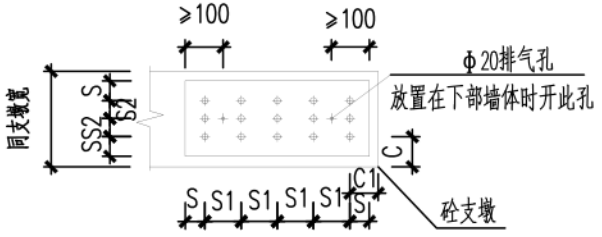
4 悬臂墙式与主体结构的连接

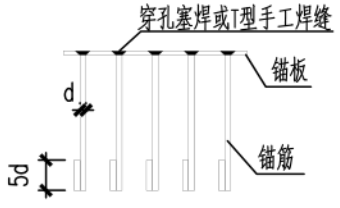


① 消能器与墙式支墩连接

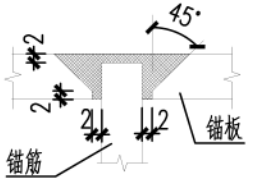


节点板示意图

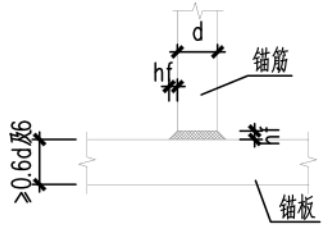




预埋件做法



穿孔塞焊示意图



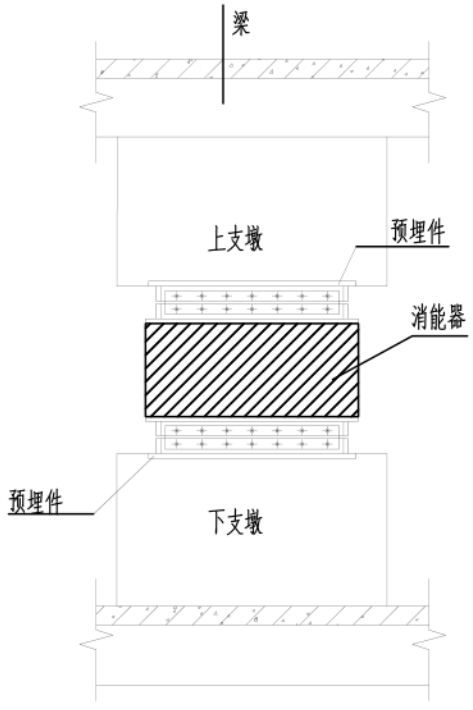
T型手工焊示意图

hf≥0.5d(HPB300级钢筋)
hf≥0.6d(HRB400级钢筋)
hf≥6

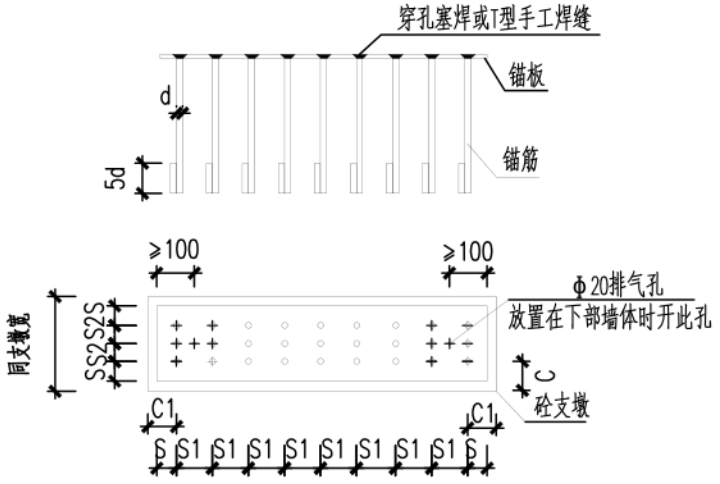
注：

1. 受力预埋件的锚板宜采用Q235,Q355级钢；锚板厚度应根据受力计算确定，且不宜小于锚筋直径的60%，受拉和受弯预埋件的锚板厚度尚宜大于b/8，b为锚筋的间距。
2. 受力预埋件的锚筋应采用HRB400或HPB300钢筋，不应采用冷加工钢筋。
3. 直锚筋与锚板应采用T型手工焊接。当锚筋不大于20mm时,宜采用压力埋弧焊；当锚筋直径大于20mm时，宜采用穿孔塞焊。
4. S不应小于2d和20mm。预埋件位置应使锚筋位于构件的外层主筋的内侧。预埋件的受力直锚筋直径不宜小于8mm，且不宜大于25mm。直锚筋数量不宜少于四根，且不宜多于四排；受剪预埋件的直锚筋可采用两根。
5. C≥3d、45mm；C1≥6d、70mm；6d、70mm≤S1≤300mm；3d、45mm≤S2≤300mm。
6. 锚筋规格、数量、锚固长度以及锚板规格尺寸均由具体项目设计确定。

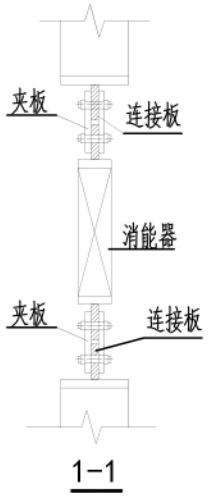
消能器与墙式支墩连接1									图集号	
审核			校对			设计			页	66



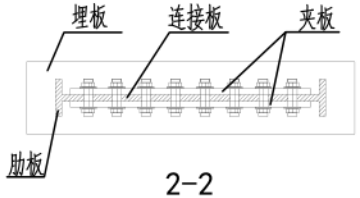
① 消能器与墙式支墩连接



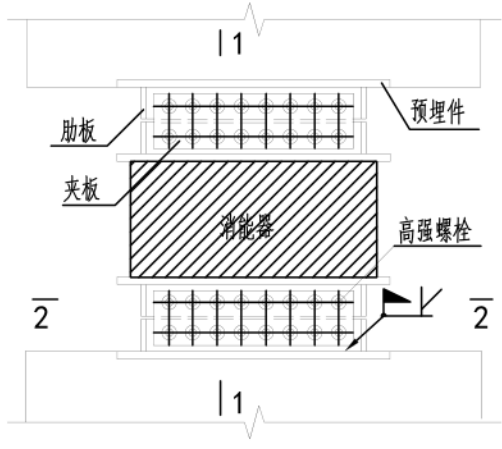
预埋件做法



1-1



2-2

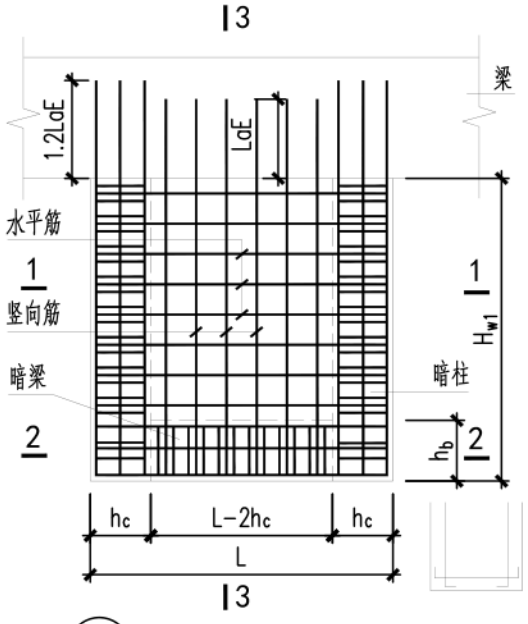


消能器与墙式支墩连接示意图

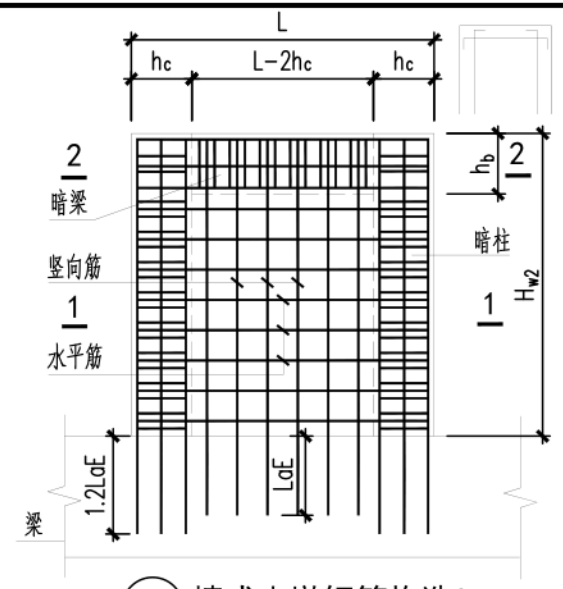
注：

1. 受力预埋件的锚板宜采用Q235，Q355级钢；锚板厚度应根据受力计算确定，且不宜小于锚筋直径的60%，受拉和受弯预埋件的锚板厚度尚宜大于b/8，b为锚筋的间距。
2. 受力预埋件的锚筋应采用HRB400或HPB300钢筋，不应采用冷加工钢筋。
3. 直锚筋与锚板应采用T型手工焊接。当锚筋不大于20mm时，宜采用压力埋弧焊；当锚筋直径大于20mm时，宜采用穿孔塞焊。
4. S不应小于2d和20mm。预埋件位置应使锚筋位于构件的外层主筋的内侧。预埋件的受力直锚筋直径不宜小于8mm，且不宜大于25mm。直锚筋数量不宜少于四根，且不宜多于四排；受剪预埋件的直锚筋可采用两根。
5. C≥3d、45mm；C1≥6d、70mm；6d、70mm≤S1≤300mm；3d、45mm≤S2≤300mm。
6. 锚筋规格、数量、锚长以及锚板规格尺寸均由具体项目设计确定。

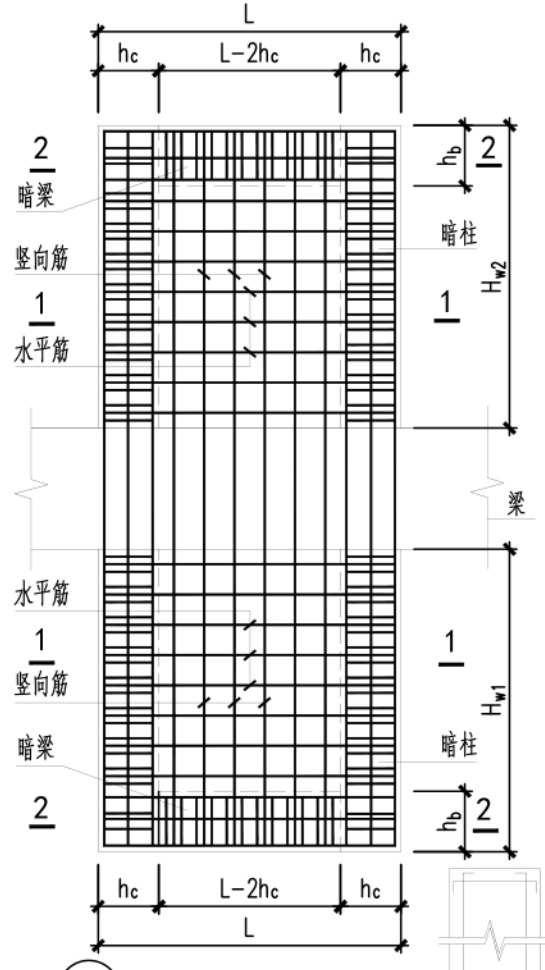
消能器与墙式支墩连接2									图集号	
审核			校对			设计			页	67



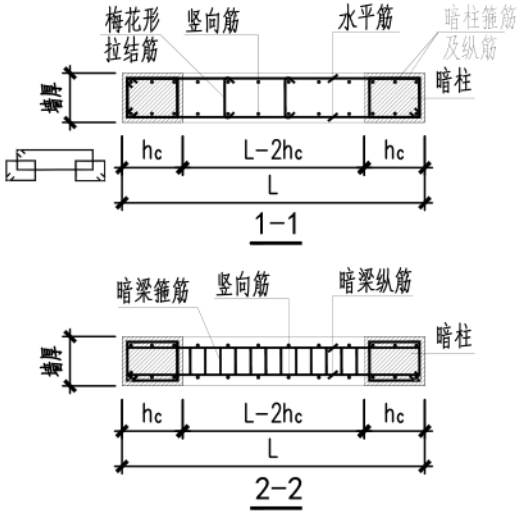
1 墙式支墩钢筋构造1

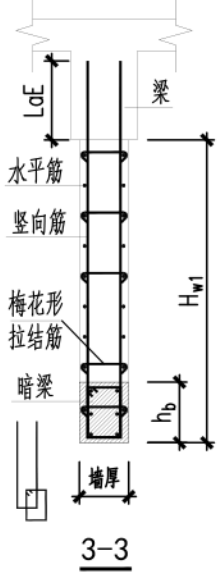


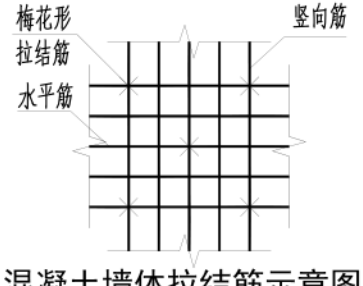
2 墙式支墩钢筋构造2



3 墙式支墩钢筋构造3





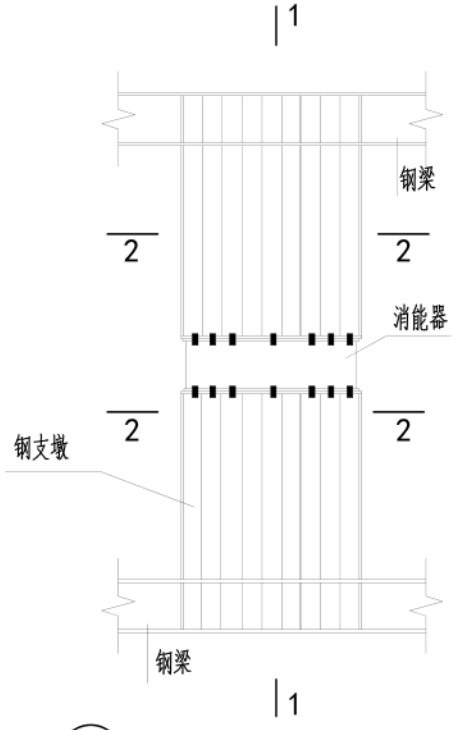


混凝土墙体拉结筋示意图

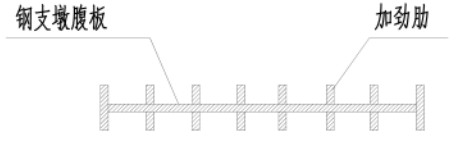
注：

1. 墙混凝土标号同主体结构梁。
2. 暗柱高度h_c及暗梁高度h_b由设计指定。
3. 暗柱纵筋锚入梁内长度不小于1.2LaE，墙竖向筋锚入梁内长度不小于LaE。若梁高度不满足直锚时可采用弯锚。
4. 当墙身竖向钢筋在梁内的保护层厚度≤5d时，应设置锚固区横向钢筋；横向钢筋应满足直径≥d/4(d为纵筋最大直径)，间距≤10d(d为纵筋最小直径)且≤100mm的要求。

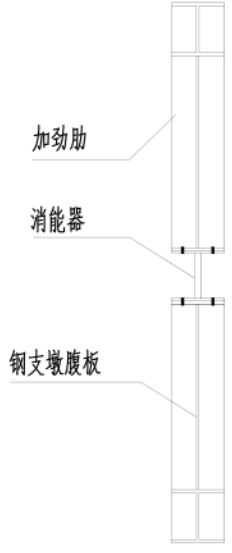
消能器与墙式支墩连接3									图集号	
审核			校对			设计			页	68



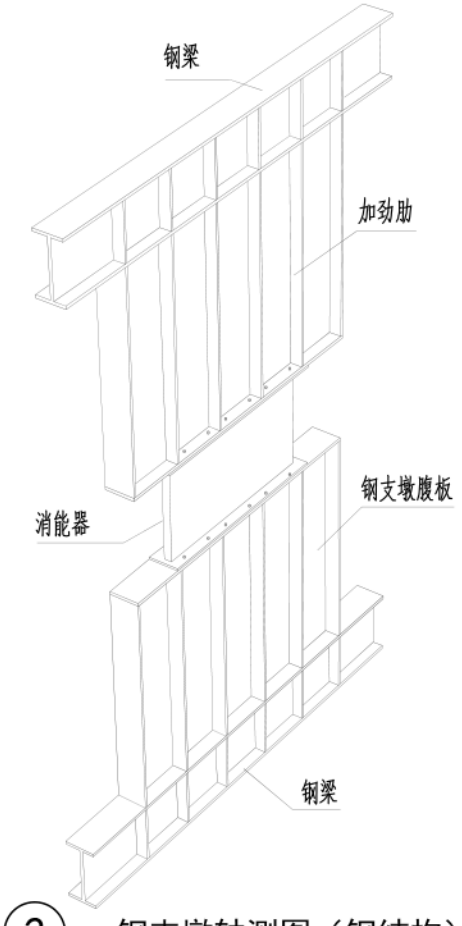
① 钢支墩（钢结构）



2-2



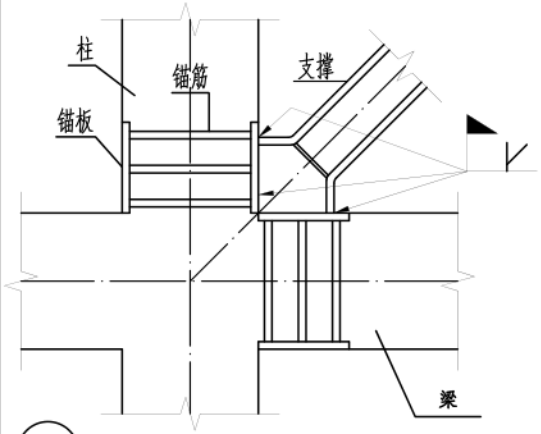
1-1



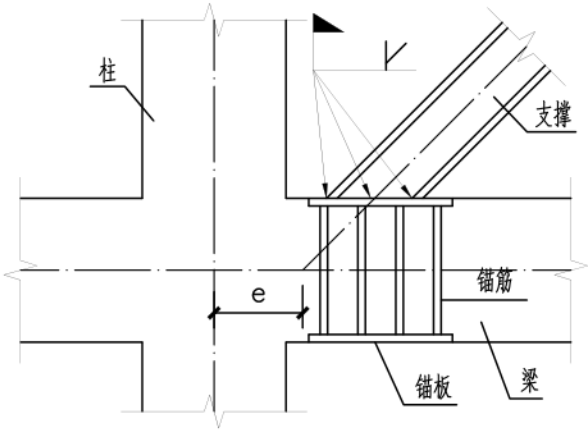
② 钢支墩轴测图（钢结构）

消能器与墙式支墩连接4										图集号	
审核			校对			设计				页	69

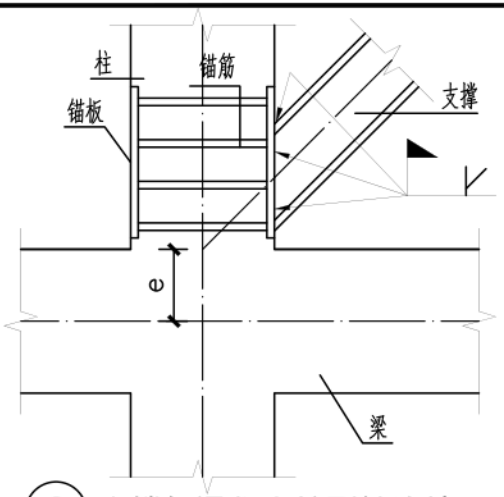
5 支撑与主体结构的连接



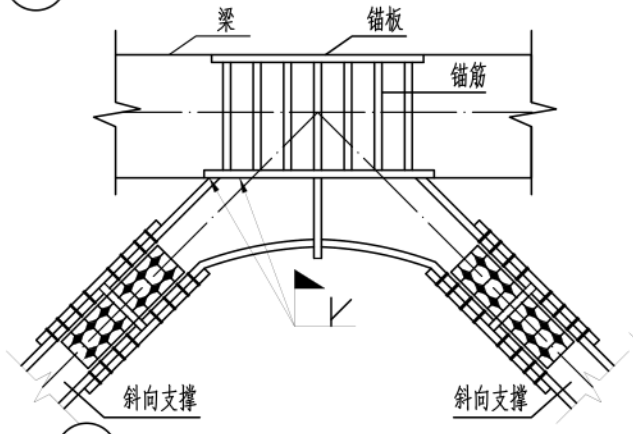
① 支撑与混凝土梁柱节点刚性连接



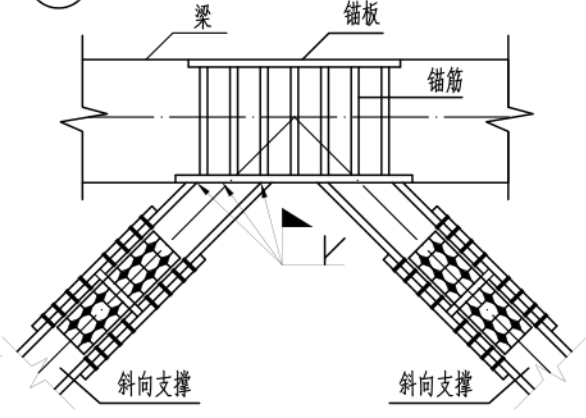
② 支撑与混凝土梁刚性连接



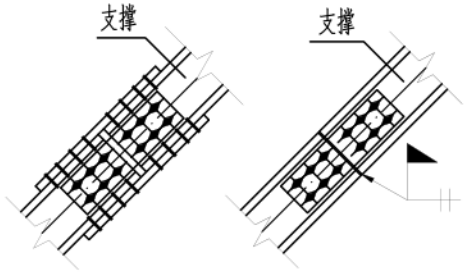
③ 支撑与混凝土柱刚性连接



④ 双斜撑与混凝土梁刚性连接1



⑤ 双斜撑与混凝土梁刚性连接2



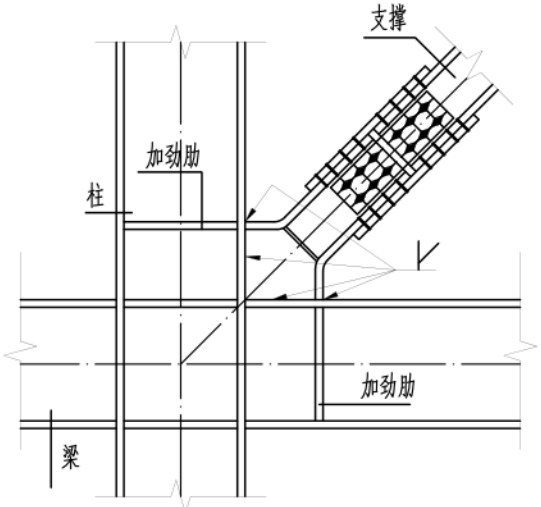
(a) 高强螺栓连接　　(b) 栓焊连接

⑥ 支撑分段安装构造

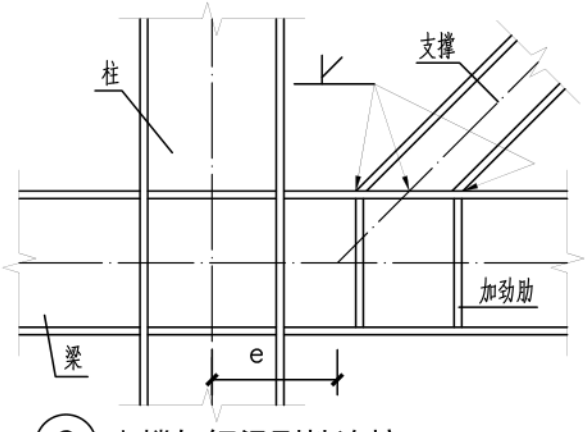
注：

1. 本图中的刚性连接用于人字型支撑、门架型支撑及黏弹性消能器的斜杆型支撑，其常用的支撑截面形式为H型钢或工字钢。
2. 为方便施工，支撑可分段安装，支撑的分段安装可采用高强螺栓连接或栓焊连接，如图⑥。
3. ①~③连接构造的优缺点及注意事项详见本图集第66页注3。
4. 与支撑相连的预埋件在新建混凝土结构中的锚固方式有：(1)对拉锚固；(2)锚筋锚固。
抗震设计时，由于预埋件一般位于构件的塑性铰区，为了防止混凝土开裂后锚拔出，宜采用对拉锚固；
抗风设计时，可采用锚筋锚固，预埋件的构造应满足《混凝土结构设计标准》GB/T 50010相关要求。

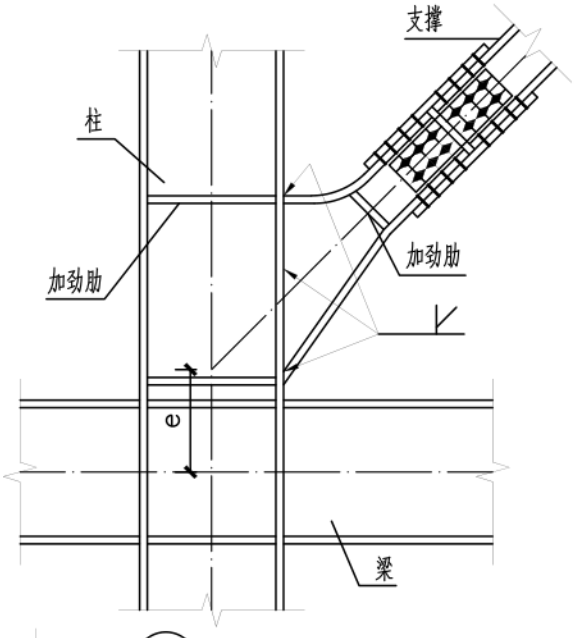
支撑与主体结构的连接1									图集号	
审核			校对			设计			页	70



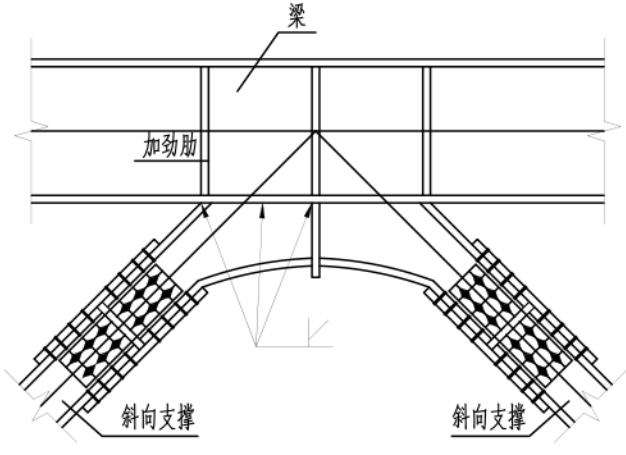
① 支撑与钢梁柱节点刚性连接



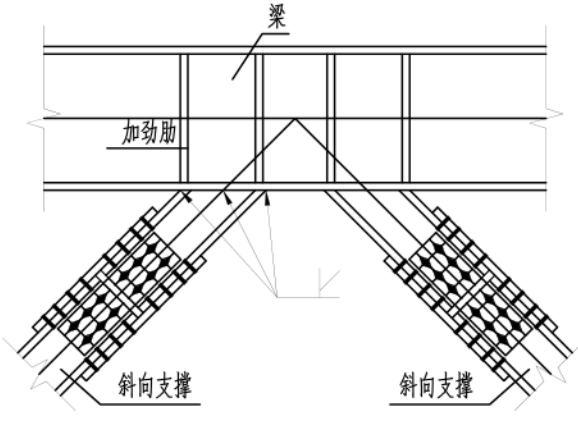
② 支撑与钢梁刚性连接



③ 支撑与钢柱刚性连接



④ 双斜撑与钢梁刚性连接1

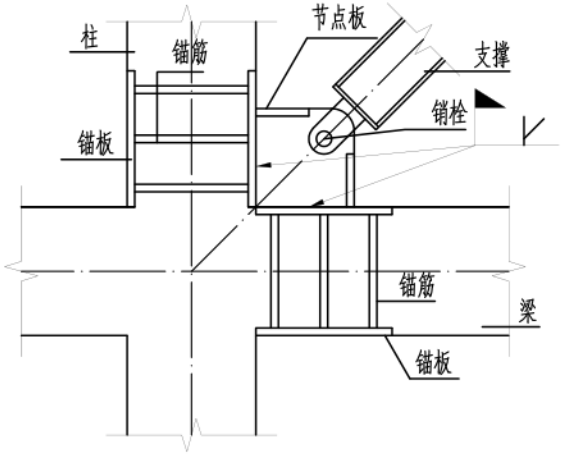


⑤ 双斜撑与钢梁刚性连接2

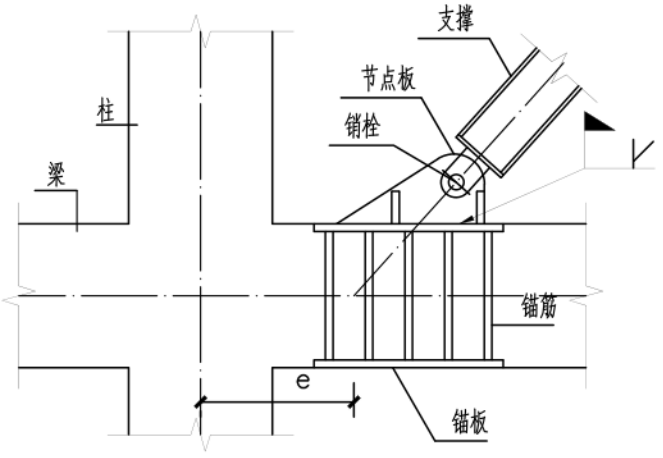
注：

1. 本图中的刚性连接可用于人字型支撑、门架型支撑及黏弹性消能器的斜杆型支撑，其常用的支撑截面形式为H型钢或工字钢。
2. ① ③连接构造中，应优先选用连接构造①；当采用①有困难时可选用②或③，此时应考虑偏心受力对梁、柱的不利影响以及梁柱变形对消能部件效能的削弱。
3. 为方便施工，支撑可分段安装，其做法见本图集82页图⑥。
4. 支撑杆件与节点除采用高强螺栓连接外，还可采用焊接或栓焊连接。
5. 其余说明见本图集第66页注1～3。

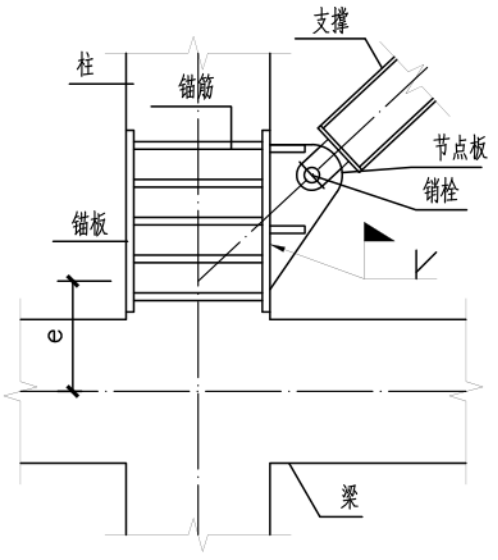
支撑与主体结构的连接2									图集号	
审核			校对			设计			页	71



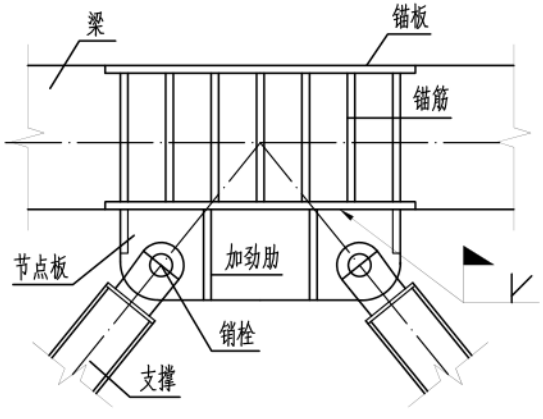
① 支撑与混凝土梁柱节点铰接连接



② 支撑与混凝土梁铰接连接



③ 支撑与混凝土柱铰接连接



④ 双斜撑与混凝土梁铰接连接

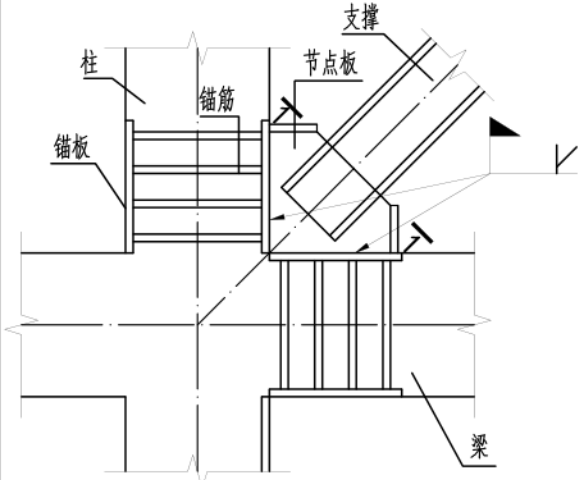
注：

1.与支撑相连的预埋件在新建混凝土结构中的锚固方式有：(1)对拉锚固；(2)锚筋锚固。
抗震设计时，由于预埋件一般位于构件的塑性铰区，为了防止混凝土开裂后锚筋拔出，宜采用对拉锚固。
抗风设计时，可采用锚筋锚固。预埋件的构造应满足《混凝土结构设计标准》GB/T 50010相关要求。

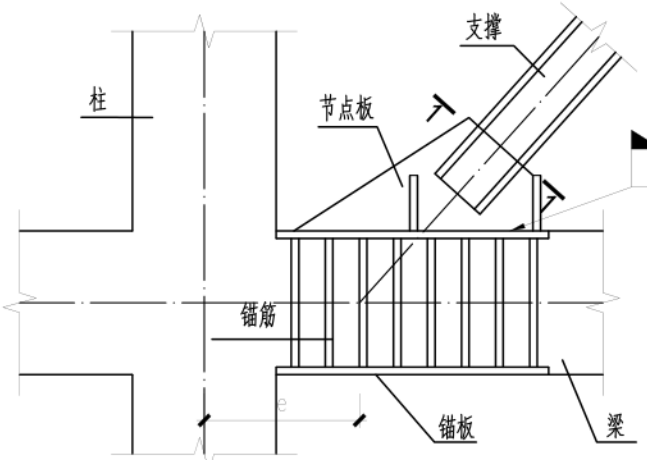
2.节点板在支撑力作用下，除具有足够的承载力和刚度外，还应防止其发生失稳破坏，一般可采用增加节点板厚或设置加劲肋等措施。

3.①～③连接构造的优缺点及其注意事项详见本图集第66页注3。

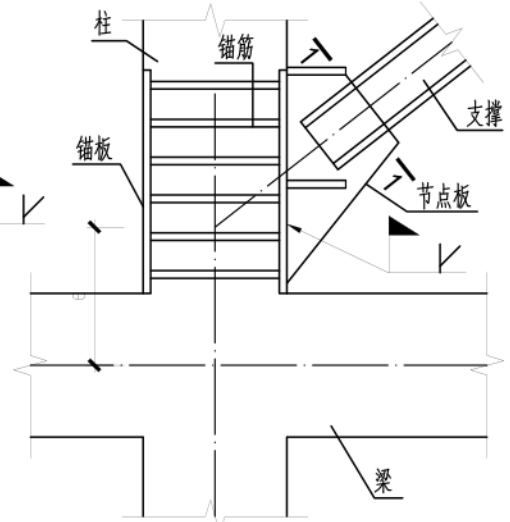
支撑与主体结构的连接3									图集号	
审核			校对			设计			页	72



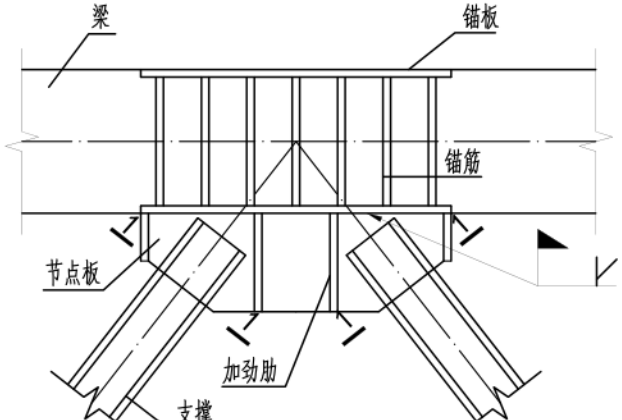
① 支撑与混凝土梁柱节点铰接连接



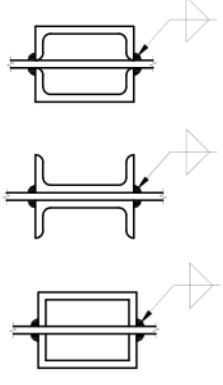
② 支撑与混凝土梁铰接连接



③ 支撑与混凝土柱铰接连接



④ 双斜撑与混凝土梁铰接连接

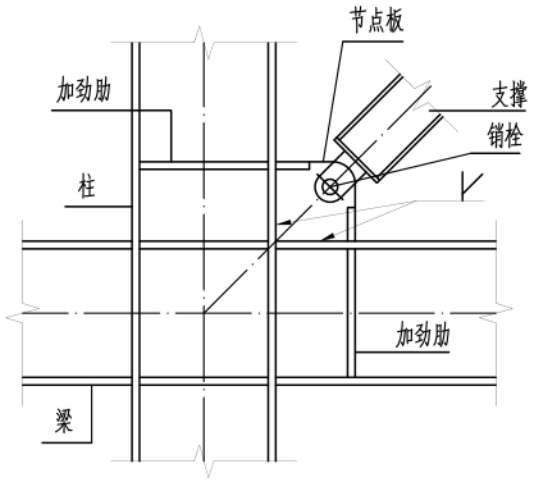


1-1

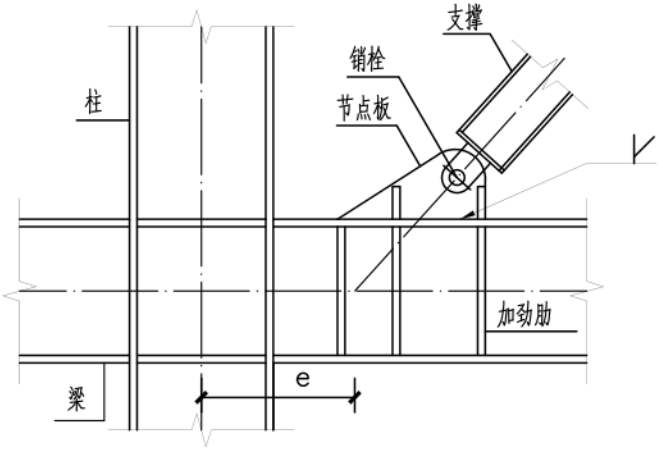
注：

1. 本图中支撑与节点板通过角焊缝连接，支撑设计按铰接考虑，但由于此种连接方式在支撑平面内存在着弯曲刚度，在结构的水平变形条件下，连接部分会产生一定的附加弯矩。因此对连接部分进行细部设计时，应考虑此附加弯矩的不利影响。此种连接适用于支撑受力较小的情况，当支撑受力较大时采用本图集第64页的刚性连接。
2. 本图中的铰接连接用于人字型支撑、门架型支撑及黏弹性消能器的斜杆型支撑。
3. 节点板在支撑传来的轴力及附加弯矩作用下，除应具有足够的承载力和刚度外，还应防止其发生失稳破坏，一般可采用增加节点板厚度或设置加劲肋等措施。
4. ①～③连接构造的优缺点及注意事项详见本图集第66页注3。
5. 其余说明详见本图集第84页注1。

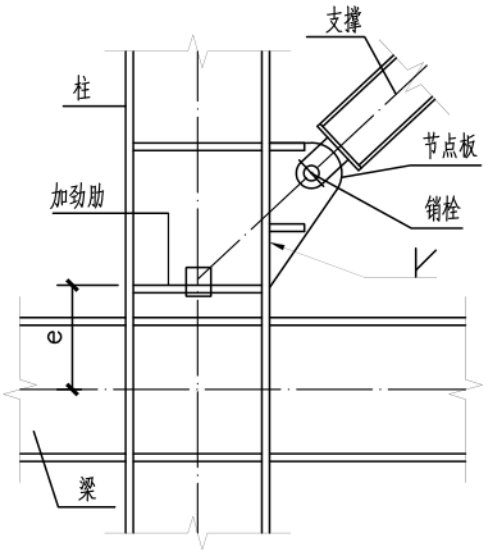
支撑与主体结构的连接4									图集号	
审核			校对			设计			页	73



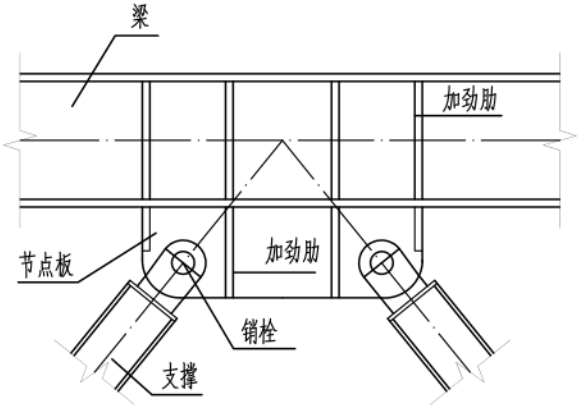
① 支撑与钢梁柱节点铰接连接



② 支撑与钢梁铰接连接



③ 支撑与钢柱铰接连接

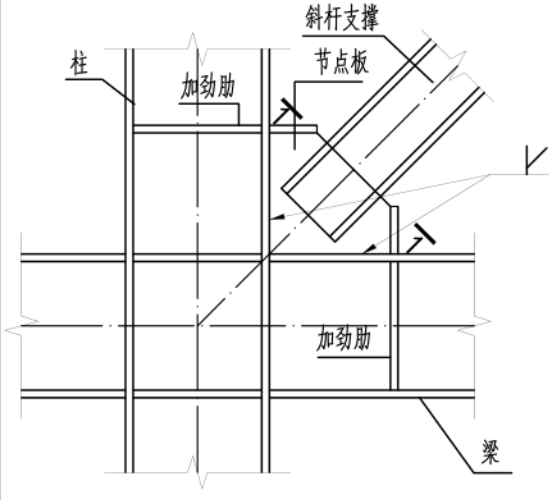


④ 双斜撑与钢梁铰接连接

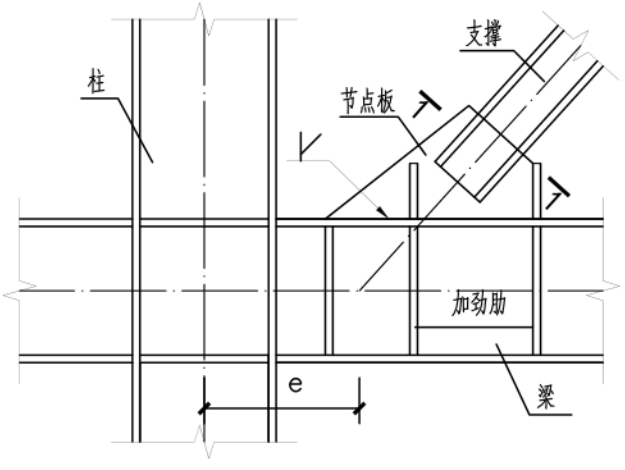
注：

1. ①～③连接构造中，应优先选用连接构造①；当采用①有困难时可选用②或③，此时应考虑偏心受力对梁、柱的不利影响以及梁柱变形对消能部件效能的削弱。
2. 节点板在支撑力作用下，除具有足够的承载力和刚度外，还应防止其发生失稳破坏，一般可采用增加节点板厚或设置加劲肋等措施。
3. 其余说明见本图集66页注1～3。

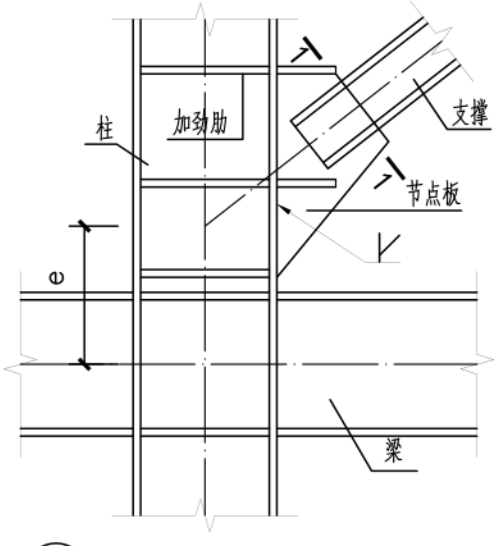
支撑与主体结构的连接5									图集号	
审核			校对			设计			页	74



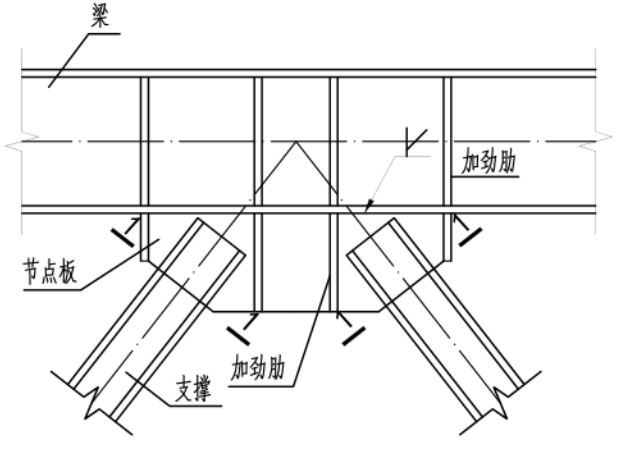
① 支撑与钢结构梁柱节点铰接连接



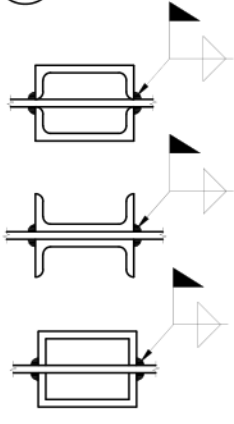
② 支撑与钢结构梁铰接连接



③ 支撑与钢结构柱铰接连接



④ 双斜撑与钢结构梁铰接连接



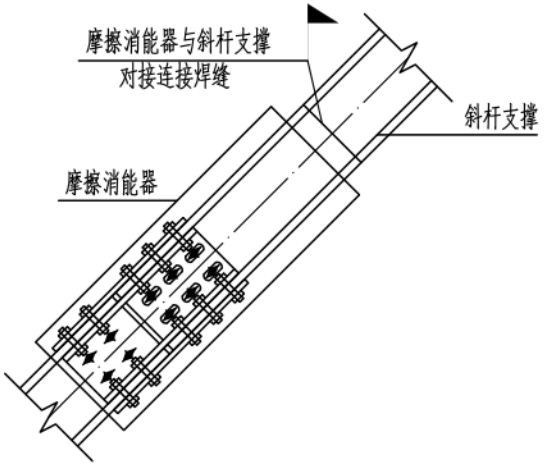
1-1

注:

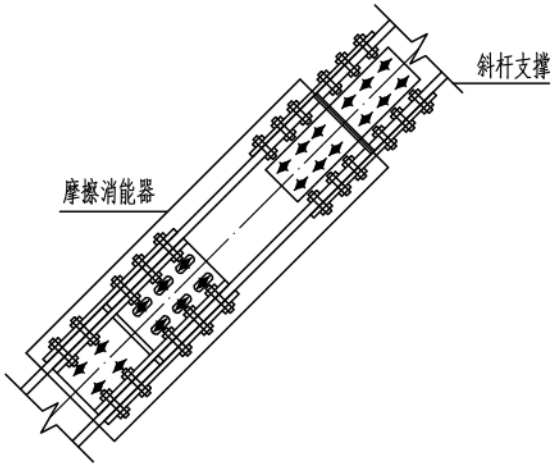
1. 本图中支撑与节点板通过角焊缝连接，支撑设计按铰接考虑，但由于此种连接方式在支撑平面内存在着弯曲刚度，在结构的水平变形条件下，连接部分会产生一定的附加弯矩,因此对连接部分进行细部设计时，应考虑此附加弯矩的不利影响。此种连接适用于支撑受力较小的情况，当支撑受力较大时采用本图集第65页的刚性连接。
2. 本图中的铰接连接用于人字型支撑、门架型支撑及黏弹性消能器的斜杆型支撑。
3. ①～③连接构造中，应优先选用连接构造①，当采用①有困难时可选用②或③，此时应考虑偏心受力对梁、柱的不利影响以及梁柱变形对消能部件效能的削弱。
4. 节点板在支撑传来的轴力及附加弯矩作用下，除应具有足够的承载力和刚度外，还应防止其发生失稳破坏，一般可采用增加节点板厚度或设置加劲肋等措施。
5. 其余说明详见本图集第70页注1。

支撑与主体结构的连接6									图集号	
审核			校对			设计			页	75

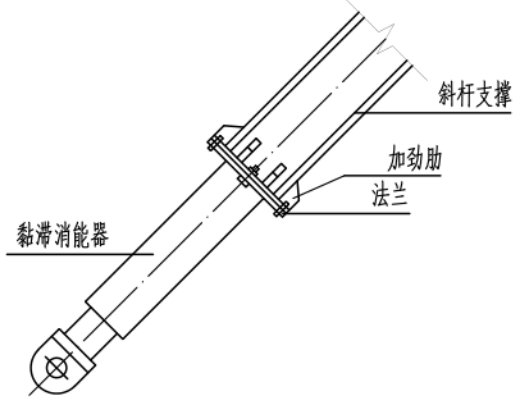
5 消能器与斜杆支撑连接



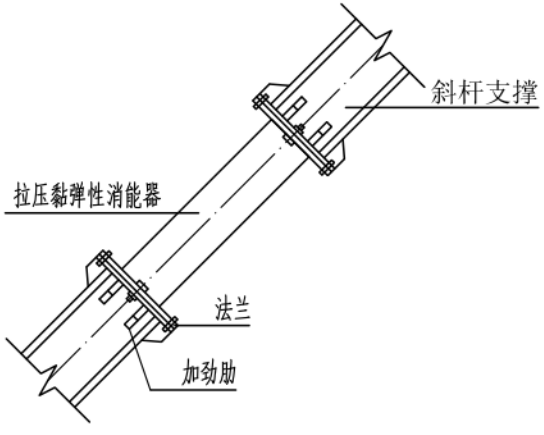
① 摩擦消能器与斜杆支撑焊接连接



② 摩擦消能器与斜杆支撑螺栓连接



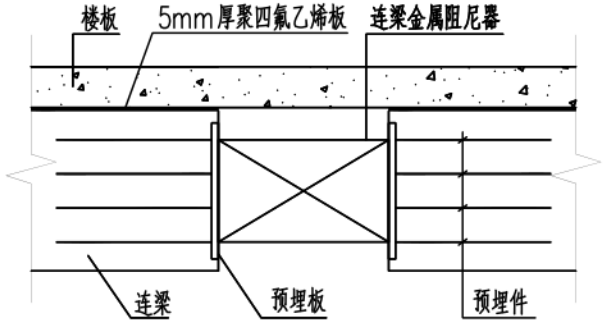
③ 黏滞消能器与斜杆支撑法兰连接



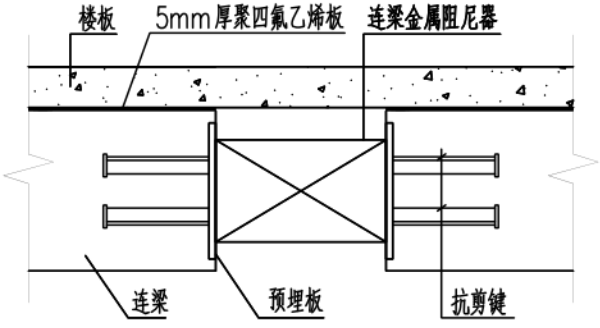
④ 拉压型黏弹性消能器与斜杆支撑法兰连接

消能器与斜杆支撑连接									图集号	
审核			校对			设计			页	76

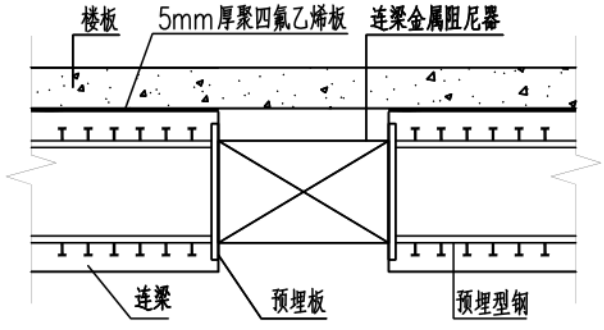
6 悬臂梁式支承消能器与主体结构连接



① 悬臂梁式支承消能器与混凝土结构锚筋连接



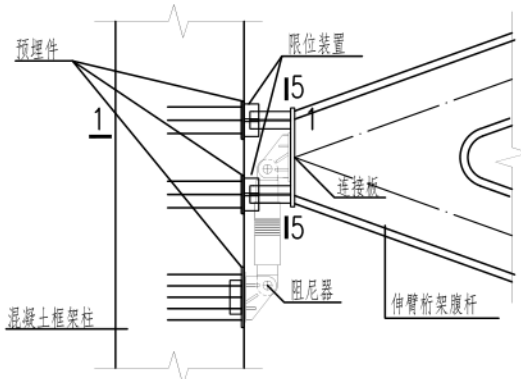
② 悬臂梁式支承消能器与混凝土结构抗剪键式连接



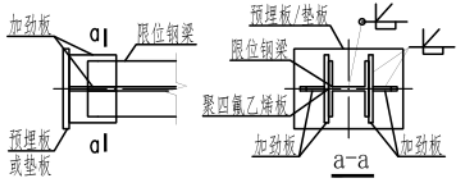
③ 悬臂梁式支承消能器与混凝土结构预埋型钢式连接

注：
1. 本图为悬臂梁式支承阻尼器与混凝土结构连接示意，主要适用于连梁金属阻尼器。
2. 连梁金属阻尼器宜通过预埋件形式与混凝土结构相连。
3. 连梁金属阻尼器与混凝土结构连接可采用锚筋连接式、抗剪键式及预埋型钢式。
4. 预埋件形式应根据连梁金属阻尼器出力确定，并应满足相关设计规范要求。

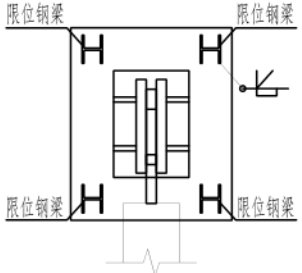
7 伸臂桁架式消能器与主体结构连接

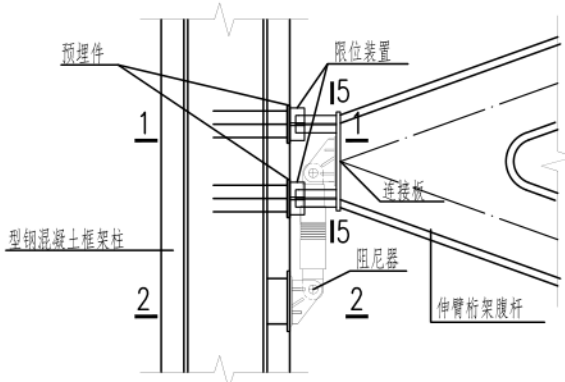


① 伸臂桁架式支承消能器与混凝土框架柱连接

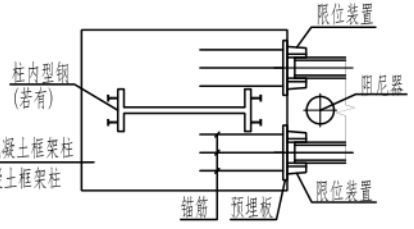


限位装置详图

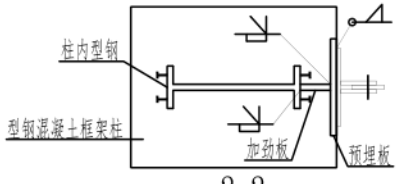




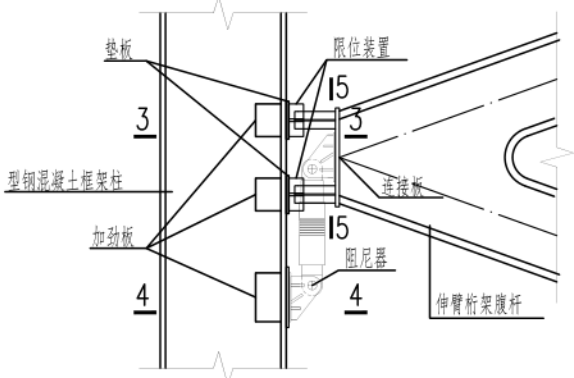
② 伸臂桁架式支承消能器与型钢混凝土框架柱连接



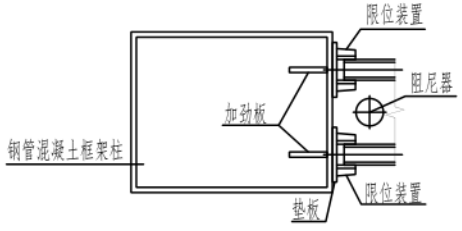
(限位装置与型钢混凝土柱/混凝土柱连接示意)



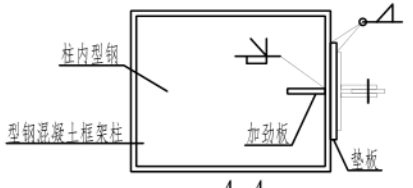
(消能器与型钢混凝土柱连接示意)



③ 伸臂桁架式支承消能器与钢管混凝土框架柱连接



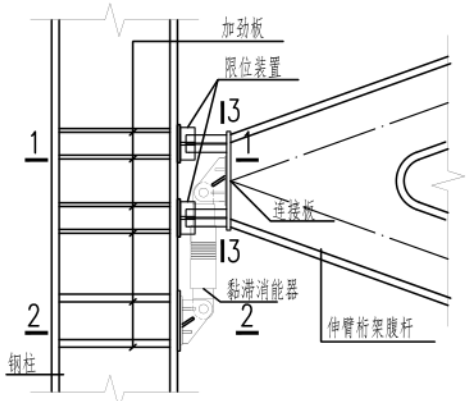
(限位装置与钢管混凝土柱连接示意)



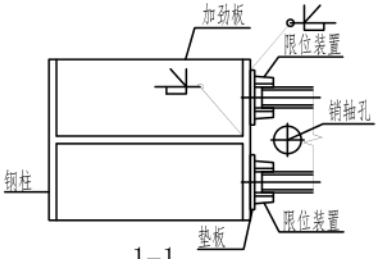
(消能器与钢管混凝土柱连接示意)

注：1. 图中焊缝尺寸、加劲板厚度、锚筋等应根据计算确定。
2. 加劲板尺寸尚应满足相关设计规范构造规定。
3. 消能器与混凝土框架柱连接可参照限位装置与混凝土框架柱连接。
4. 消能器/限位装置与混凝土框架柱连接根据消能器出力大小可采用锚筋或抗剪键形式。

伸臂桁架式消能器与框架柱连接1									???	
??			??			??			?	78

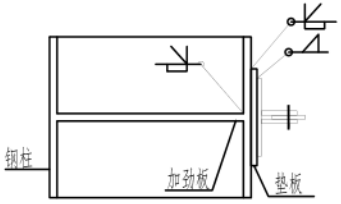


① 伸臂桁架式支承消能器与钢柱连接



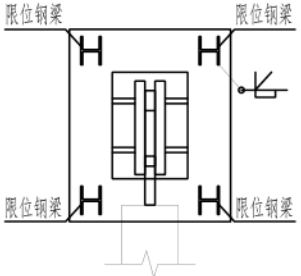
1-1

(限位装置与钢柱连接示意)

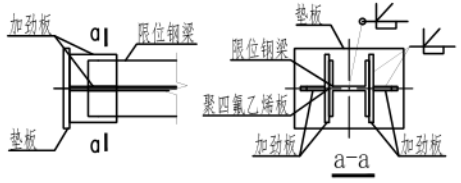


2-2

(阻尼器与钢柱连接示意)



3-3



限位装置详图

注：1.图中焊缝尺寸、加劲板厚度、锚筋等应根据计算确定。
2.加劲板尺寸尚应满足相关设计规范构造规定。

伸臂桁架式消能器与框架柱连接2									???	
??			??			??			?	79

8 预埋件计算及要求

8.1 计算原则

预埋件承载力极限状态计算采用下列表达式：

$$S \le R/\gamma_{RE}$$

式中：

S ：作用力设计值，取地震作用效应与其他荷载效应的基本组合；

R ：预埋件承载力设计值，即为后文所述Vuo；

γ_{RE} ：承载力抗震调整系数，取值为1。

根据《建筑消能减震技术规程》JGJ297第7.1.6条规定：与位移相关型或速度相关型消能器的预埋件、支撑和支墩、剪力墙及节点板的作用力取值应为消能器在设计位移或设计速度下对应阻尼力的1.2倍。

8.2 预埋件分类

根据采用的锚件形式，可将预埋件分为锚筋形式、抗剪键形式。

8.3 锚筋形式的预埋件计算及要求

根据《混凝土结构设计标准》GB/T 50010第9.7.1条和第11.1.9条规定，受力预埋件的锚板采用Q235、Q355级钢，锚板厚度应根据受力情况而定且不宜小于锚筋直径的60%；受拉和受弯预埋件的锚板厚度尚宜大于锚筋间距的1/8。

根据《混凝土结构设计标准》GB/T 50010第9.7.2条，预埋件在拉力与剪力共同作用下，所需锚筋面积应满足：

$$A_s \ge \frac{V}{\alpha_r \alpha_v f_y} + \frac{N}{0.8\alpha_b f_y} + \frac{M}{1.3\alpha_r \alpha_b f_y z}$$

$$A_s \ge \frac{N}{0.8\alpha_b f_y} + \frac{M}{0.4\alpha_r \alpha_b f_y z}$$

$$\alpha_v = (4.0 - 0.08d)\sqrt{\frac{f_c}{f_y}}$$

$$\alpha_b = 0.6 + 2.5\frac{t}{d}$$

当 α_v 大于0.7时，取0.7。

式中：

f_y 锚筋抗拉强度设计值，不应大于300N/mm^2；

V 剪力设计值；

M 弯矩设计值；

N 法向拉力或法向压力设计值，法向压力设计值不应大于 $0.5f_cA$ ，此处，A 为锚板面积；

α_b 锚板的弯曲变形折减系数；

d 锚筋直径；

t 锚板厚度；

α_v 锚筋的受剪承载力系数；

α_r 锚筋层数的影响系数，当锚筋按等间距布置时：两层取1.0，三层取0.9，四层取0.85，五层时，取值应不大于0.75；不宜大于六层，大于六层时，取六层计算且该值应不大于0.75。

根据《混凝土结构设计标准》GB/T 50010第11.1.9条的要求，直锚钢筋截面面积应增大25%；锚筋的锚固长度应增加10%。

根据《混凝土结构设计标准》GB/T 50010第8.3.3条，预埋钢筋采用一侧贴焊锚筋的机械锚固形式（贴筋长度为5d），直锚段长度大于0.6LaE。

锚筋构造应满足《混凝土结构设计标准》GB/T 50010相关要求。

8 预埋件计算及要求

8.4 抗剪键形式的预埋件计算及要求

锚筋预埋件的承载力有限，对于较大吨位的消能器，可以采用槽钢抗剪键预埋型钢等措施，提高预埋件抗剪承载力，并可减小预埋件尺寸。

1）槽钢连接件就是将槽钢截断成一定长度然后用角焊缝焊接到锚板即可。槽钢连接件主要依靠槽钢翼缘内侧混凝土抗压、混凝土与槽钢界面的摩擦力及槽钢腹板的抗拉和抗剪来抵抗水平剪切作用，同时也有较强的抗掀起能力。影响槽钢连接件承载力的主要因素为混凝土的强度和槽钢的几何尺寸及材质等。混凝土强度越高，抗剪连接件的承载力越大。槽钢高度增大有利于腹板抗拉强度的发挥，同时混凝土的约束作用也越大，而槽钢翼缘宽度较大时也可以产生更大的混凝土压应力区和更高的界面摩擦力。

《钢结构设计标准》GB-50017第14.3.1条第2款规定槽钢连接件的抗剪承载力设计值按下式计算：

$$V_{u0} = 0.26(t + 0.5t_w)l_c\sqrt{E_c f_c}$$

式中：

t 槽钢翼缘的平均厚度；

t_w 槽钢腹板的厚度；

l_c 槽钢的长度；

E_c 混凝土弹性模量；

f_c 混凝土强度。

槽钢连接件通过下翼缘肢尖和肢背的 两条通长角焊缝与锚板相连接。角焊缝应根据槽钢连接件的抗剪承载力按照《钢结构设计标准》GB-50017有关内容进行验算。试验表明，槽钢连接件在顺槽钢背和逆槽钢背方向的剪力作用下，其极限承载力相近，故对肢尖方向没有要求。

2）角钢抗剪键的抗剪承载力设计值按下式计算：

$$V_{u0} = 3n\alpha_r\sqrt{W_{min}b'f f_c}$$

式中：

n 角钢根数；

W_{min} 角钢对x-x重心轴的最小截面抵抗矩；

b' 角钢肢宽度。

3）配置直锚筋和抗剪钢板的抗剪承载力设计值按下式计算：

$$V_{u0} = \alpha_r\alpha_v f_y A_s + min(0.7f_c b_v h_v,\ b_v t_v f_v)$$

式中：

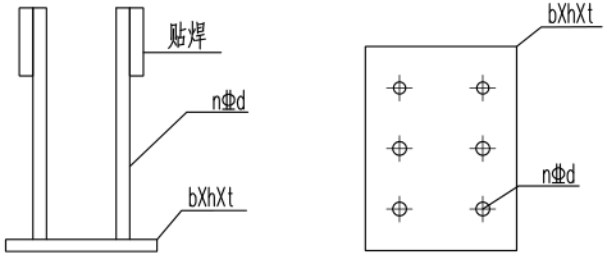
b_v 抗剪钢板宽度；

h_v 抗剪钢板高度；

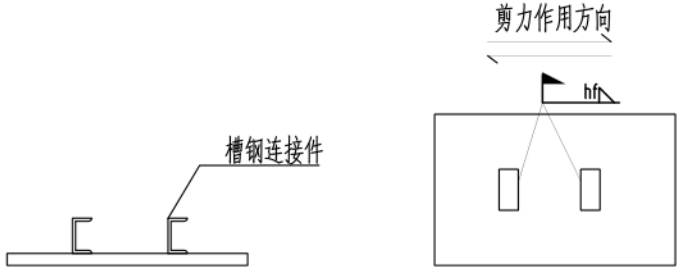
t_v 抗剪钢板厚度；

f_v 抗剪钢板抗剪强度设计值。

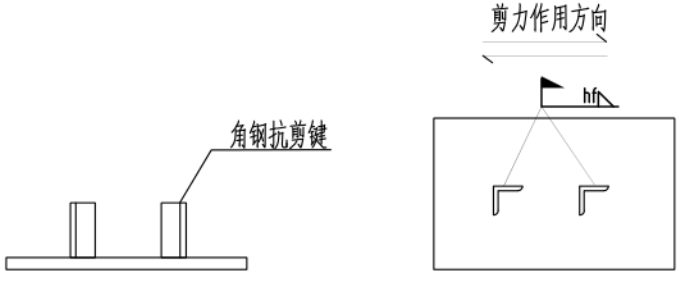
采用抗剪键形式预埋件时，仍需采用锚筋以抵抗弯矩和拉力。



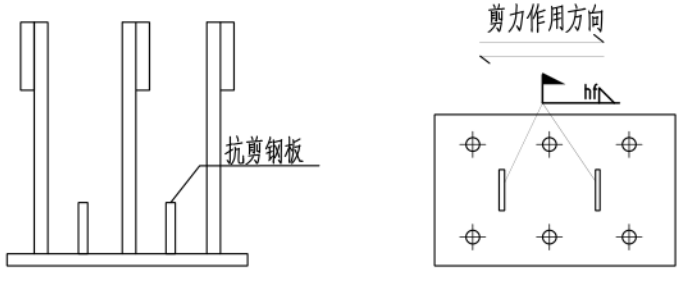
1 锚筋形式预埋件构造



2 槽钢连接件形式预埋件构造



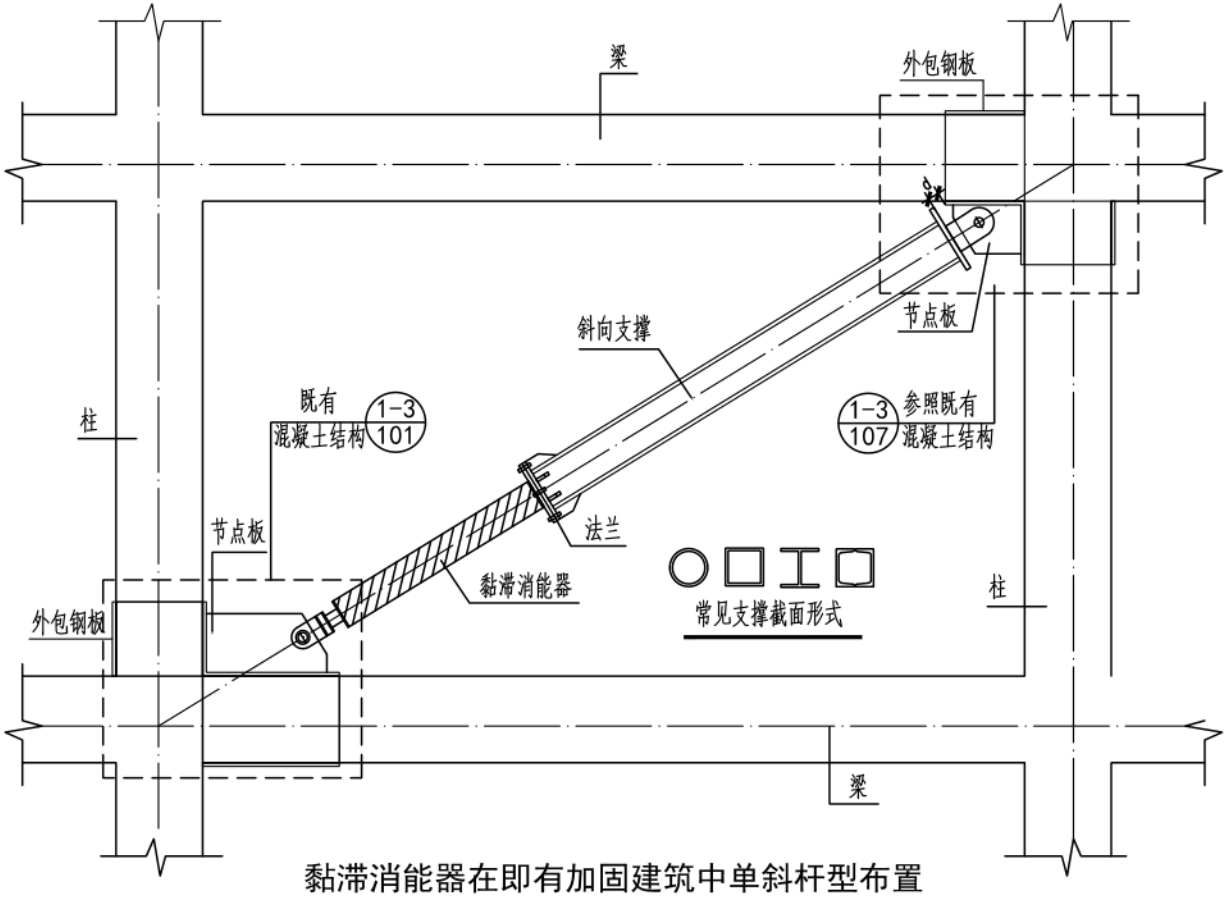
3 角钢形式预埋件构造



4 抗剪钢板形式预埋件构造

预埋件计算及要求3									图集号	
审核			校对			设计			页	82

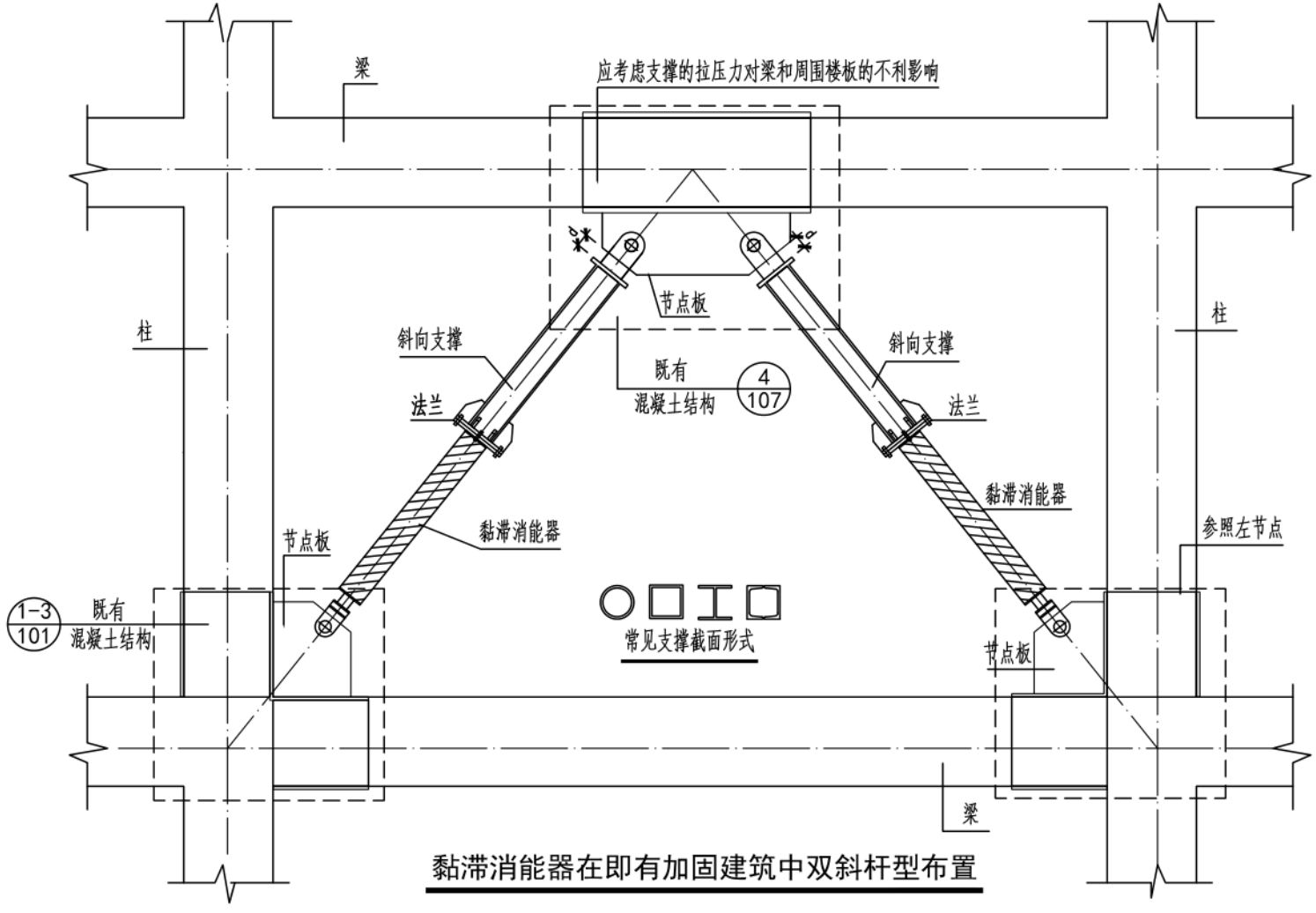
1 黏滞阻尼器与既有结构的支承型式



黏滞消能器在即有加固建筑中单斜杆型布置

注：1. 本图仅表示黏滞消能器在即有加固建筑中单斜杆下侧型消能部件，上侧型做法可参照本图。
2. 连接形式及注意事项同本图集14页。

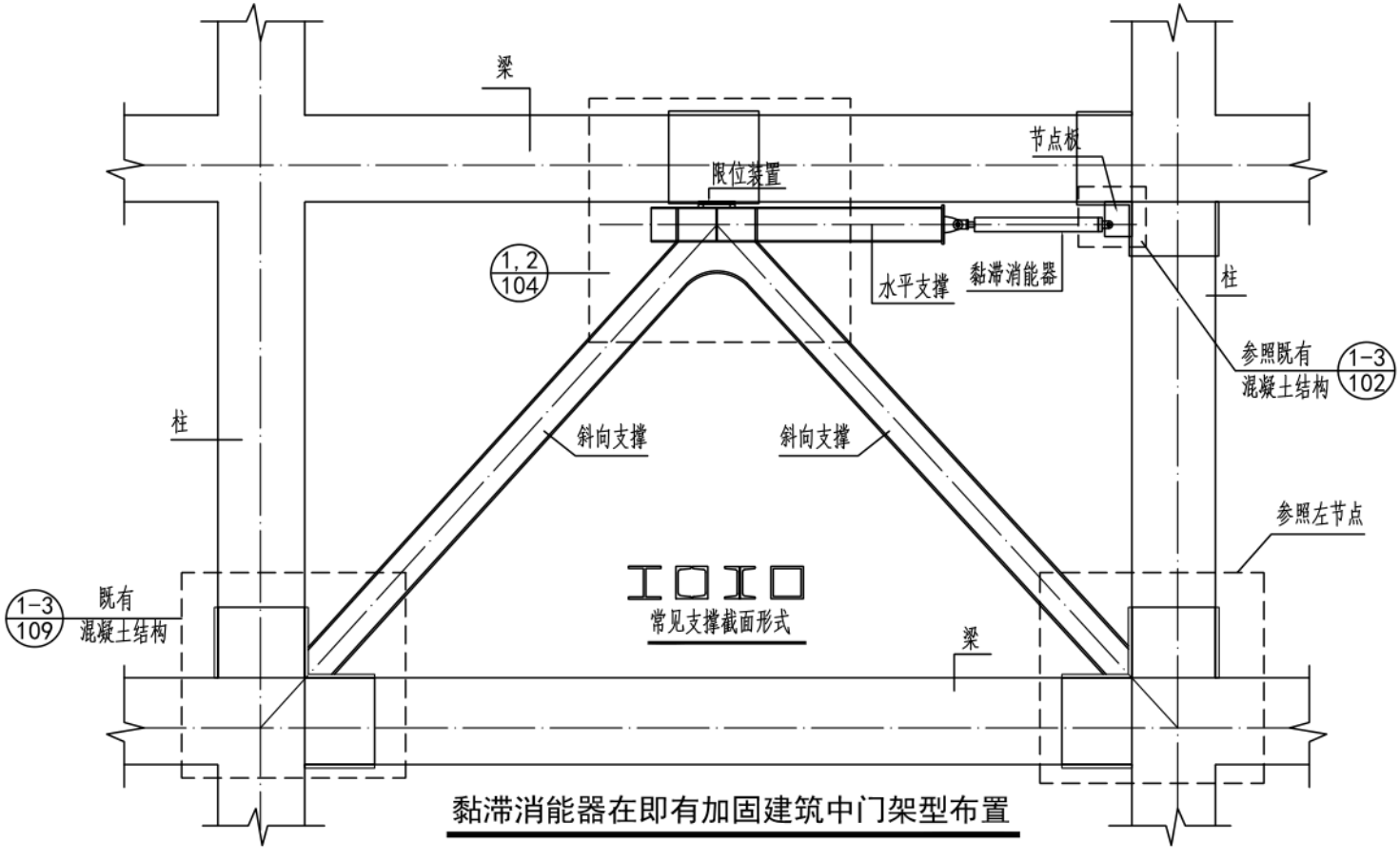
黏滞消能器与既有结构的支承型式1									图集号	
审核			校对			设计			页	83
	吴小宾			李剑群			省建研院			



黏滞消能器在即有加固建筑中双斜杆型布置

注：1. 本图仅表示黏滞消能器在即有加固建筑中双斜杆下侧型消能部件，上侧型做法可参照本图。
2. 连接形式及注意事项同本图集14页。

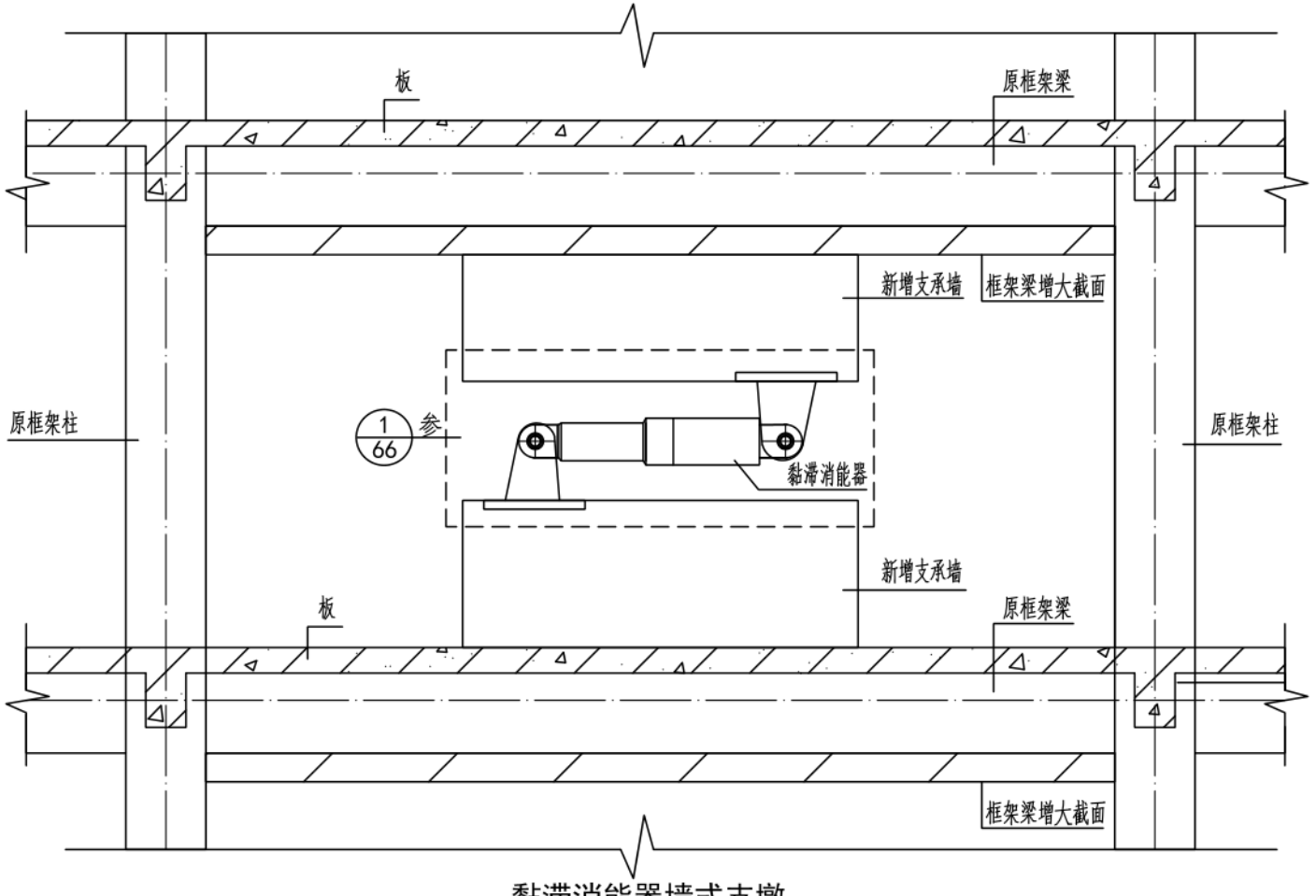
黏滞消能器与既有结构的支承型式2									图集号	
审核			校对			设计			页	84



黏滞消能器在即有加固建筑中门架型布置

注：1. 本图仅表示黏滞消能器正门架单侧型消能部件。正人字双侧型及倒人字单、双侧型做法可参照本图。
2. 连接形式及注意事项同本图集第15页。

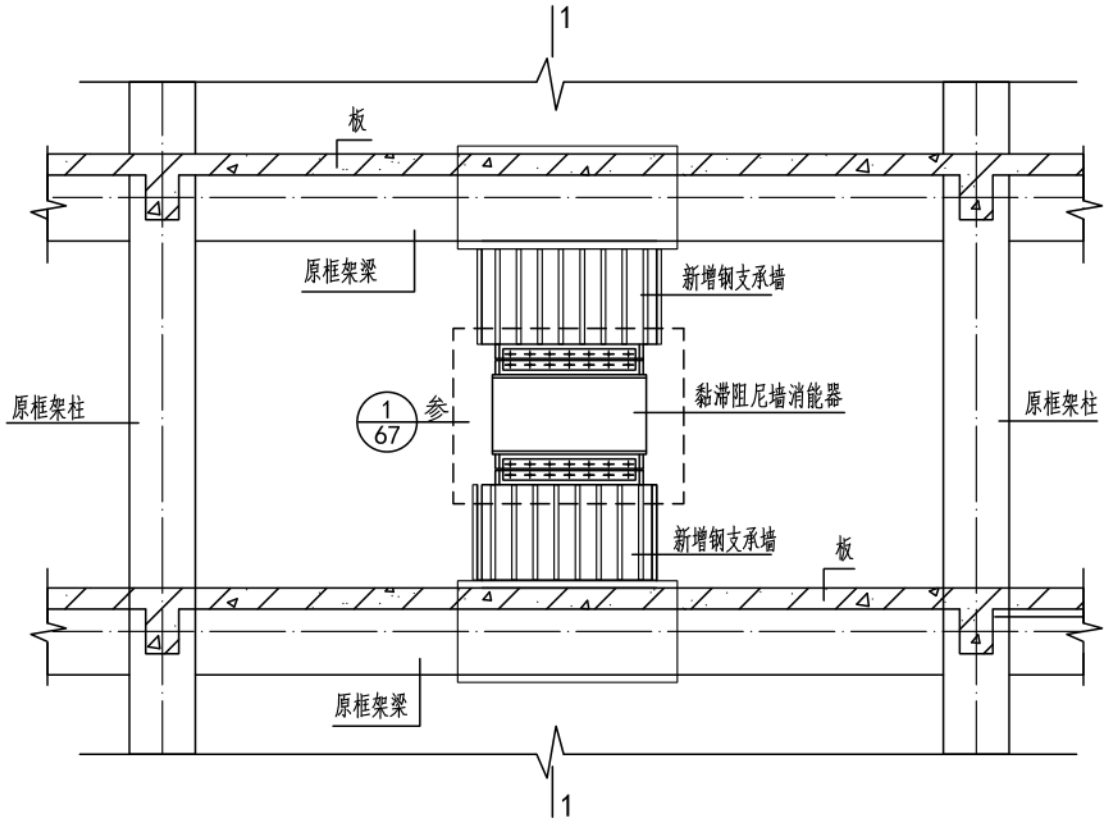
黏滞消能器与既有结构的支承型式3									图集号	
审核			校对			设计			页	85

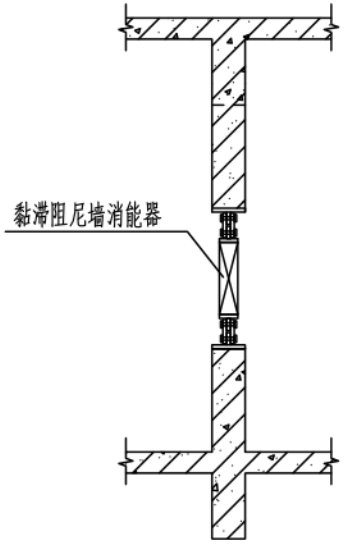


黏滞消能器墙式支墩

注：1. 本图黏滞消能器在既有混凝土结构中的墙式支墩支撑形式。
2. 新增支承墙的竖向钢筋在原梁上钻孔植筋锚固，当锚固深度不足或原梁承载力不足时，可对原梁或原梁局部采用钢筋混凝土增大截面法进行加固。

黏滞消能器与既有结构的支承型式4									图集号	
审核			校对			设计			页	86



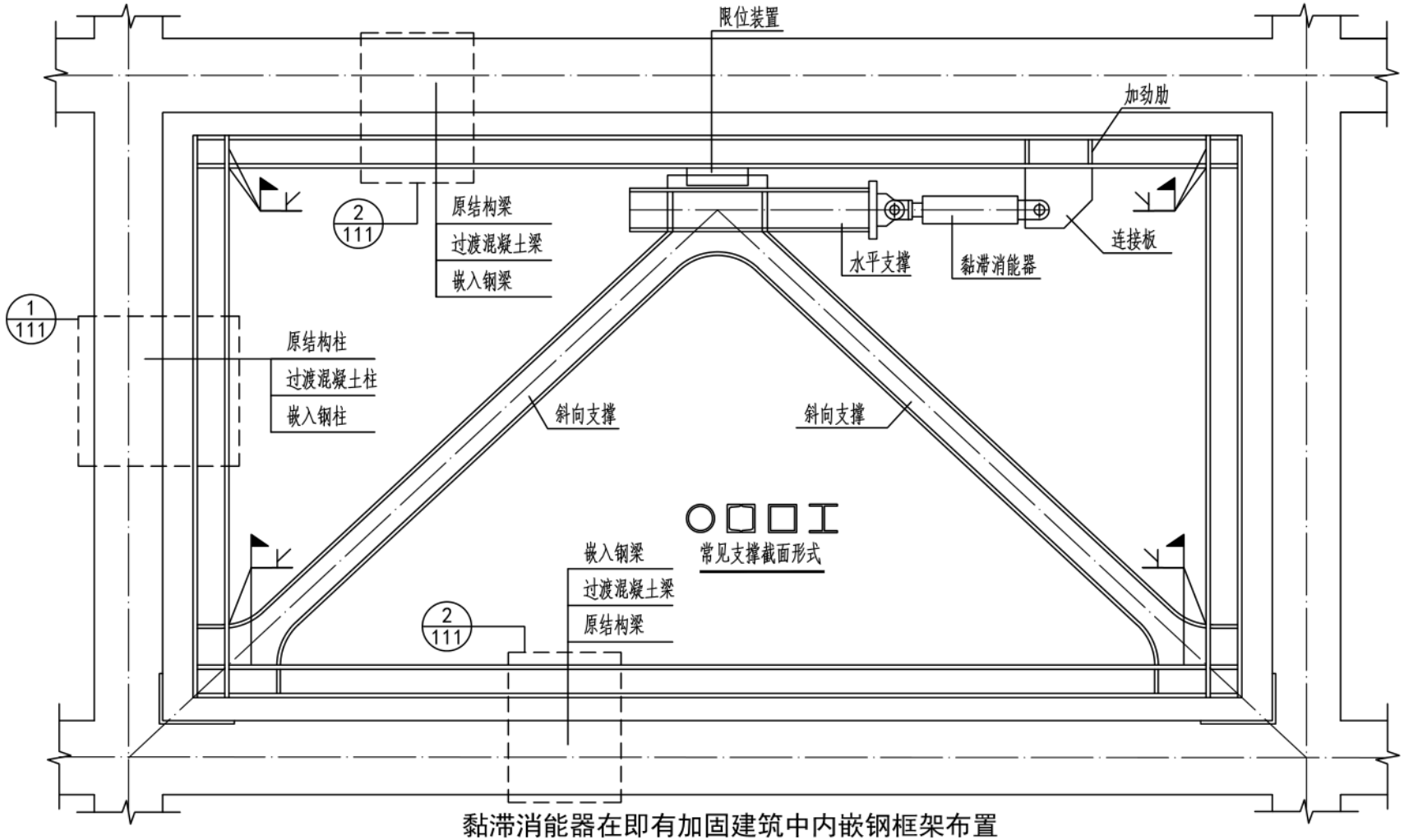


黏滞阻尼墙消能器混凝土支墩型

注：1. 本图为黏滞阻尼墙消能器在既有混凝土结构中的钢墙式支墩支撑形式。摩擦型消能器墙式支撑可参照本图执行。

2. 新增支承墙的竖向钢筋在原梁上钻孔植筋锚固，当锚固深度不足或原梁承载力不足时，可对原梁或原梁局部采用钢筋混凝土增大截面法进行加固。

黏滞消能器与既有结构的支承型式5									图集号	
审核			校对			设计			页	87



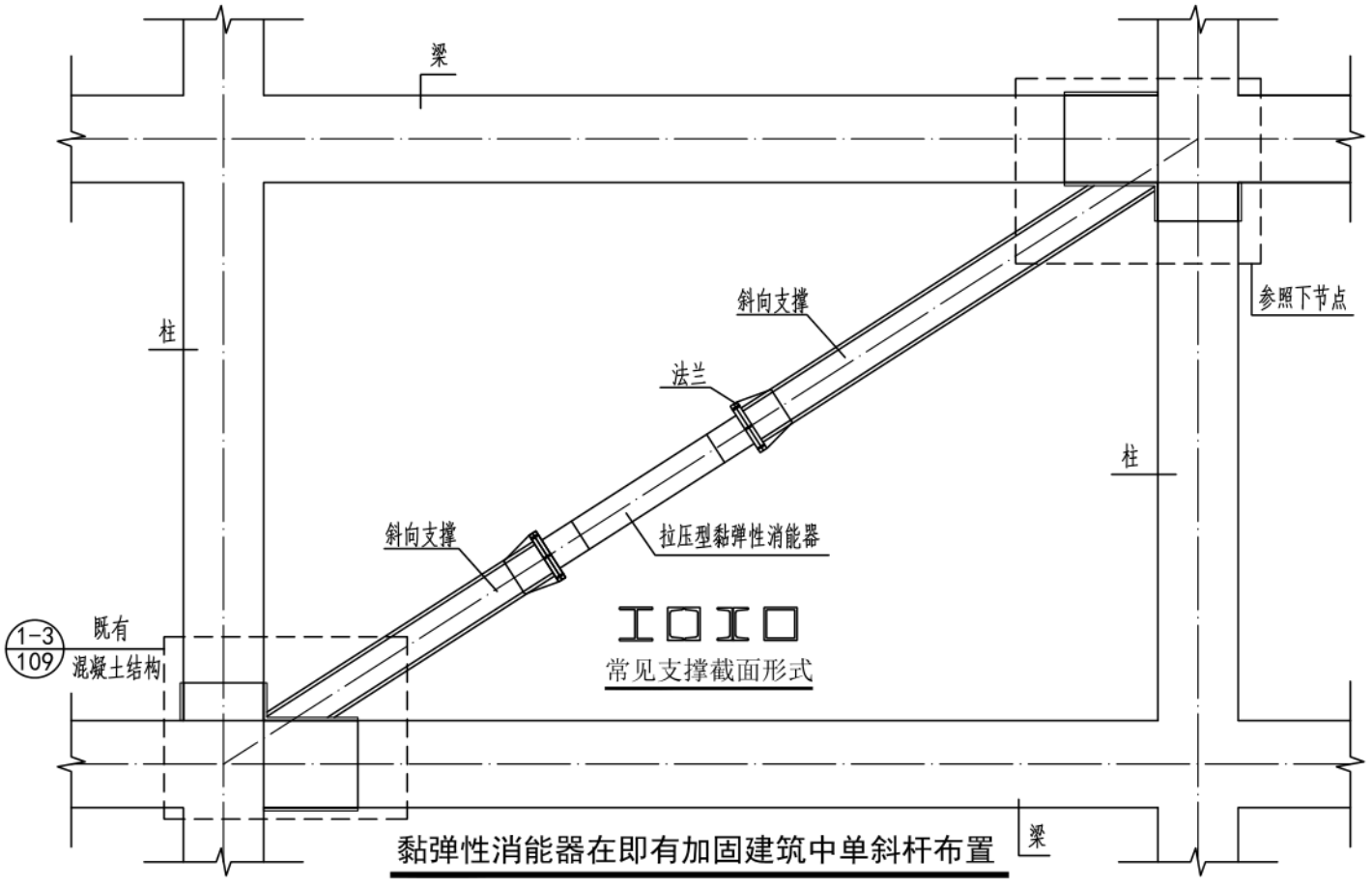
黏滞消能器在即有加固建筑中内嵌钢框架布置

注：1.本图主要表示内嵌钢框架与主体结构的连接。

2.消能部件不限于本图中的人字型消能部件，也可采用钢结构中其他形式黏滞消能部件。

3.消能部件与内嵌钢框架的连接做法可参照钢结构中相应消能部件做法。

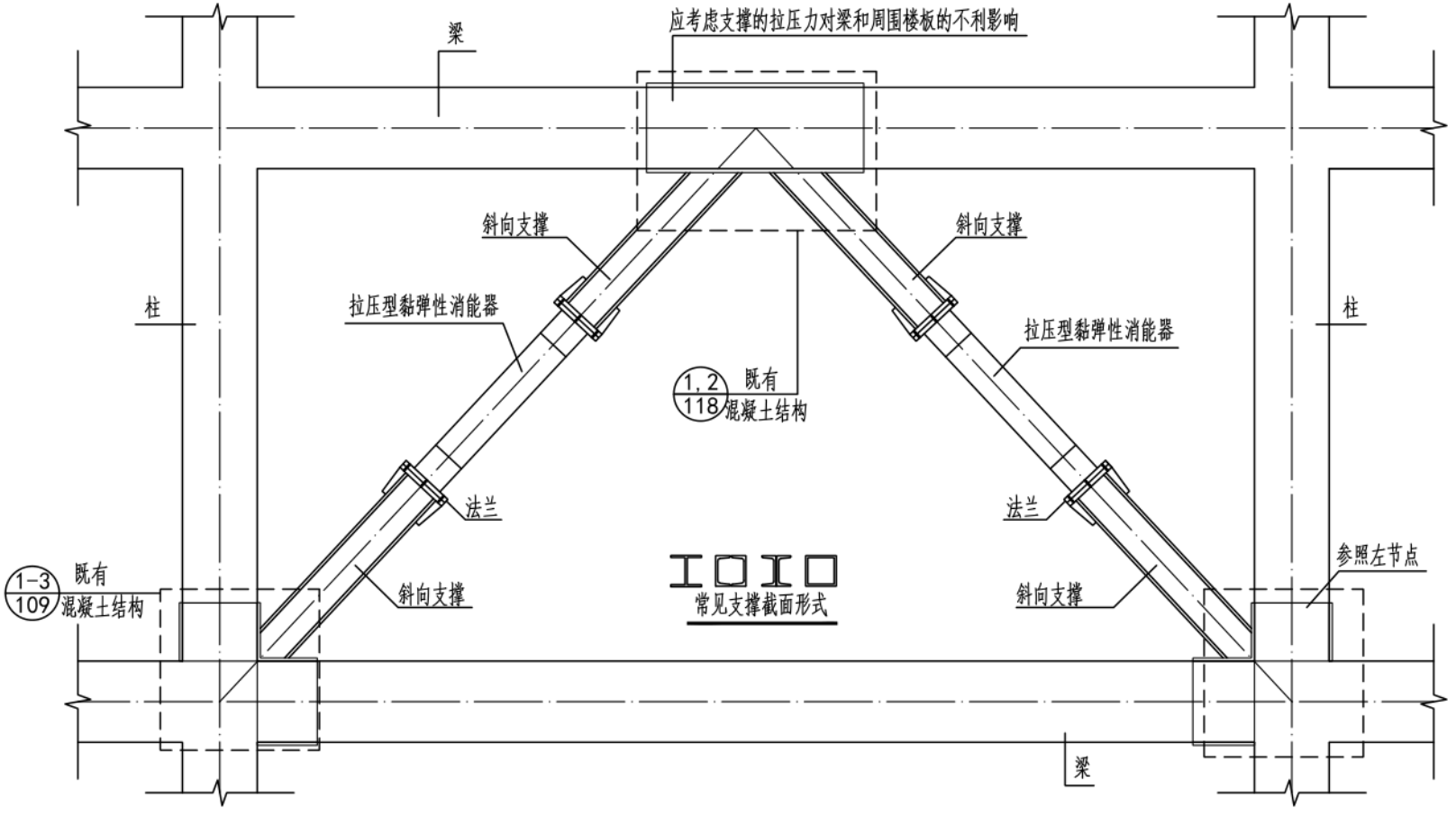
黏滞消能器与既有结构的支承型式6									图集号	
审核			校对			设计			页	88



黏弹性消能器在即有加固建筑中单斜杆布置

注：1.本图支撑形式适用于拉压型黏弹性消能器。
2.连接形式及注意事项同本图集第18页。

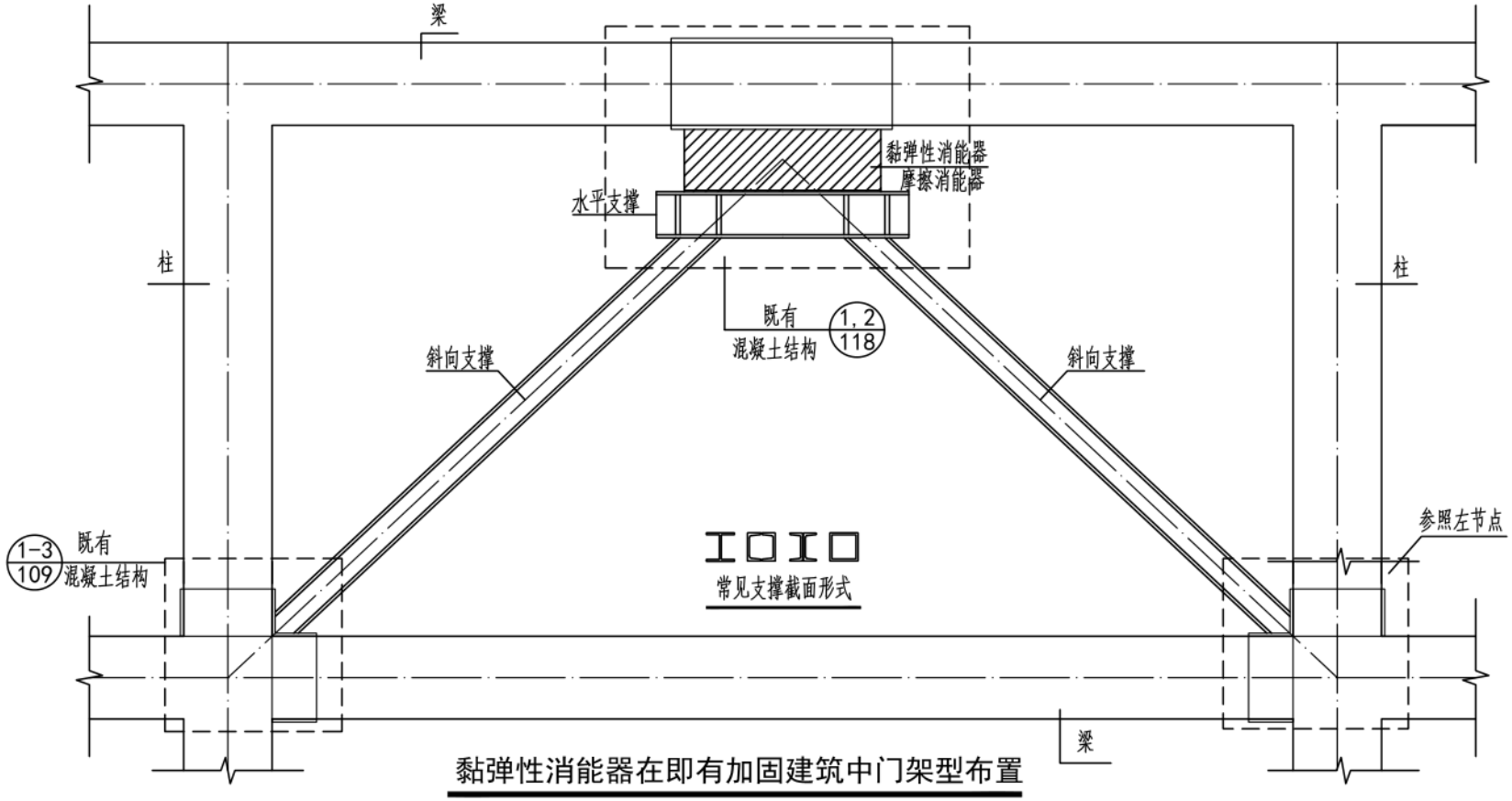
黏弹性消能器与既有结构的支承型式1									图集号	
审核			校对			设计			页	89



黏弹性消能器在即有加固建筑中双斜杆布置

注：1.本图支撑形式适用于拉压型黏弹性消能器。
2.连接形式及注意事项同本图集第18页。

黏弹性消能器与既有结构的支承型式2									图集号	
审核			校对			设计			页	90

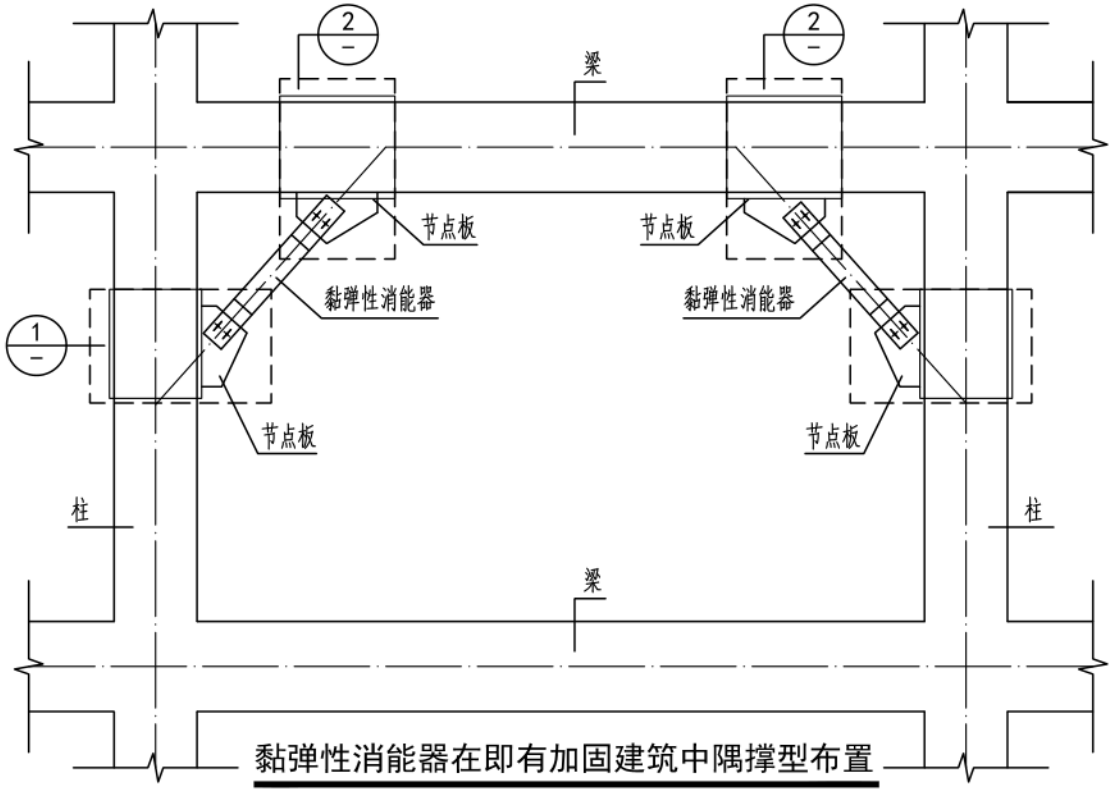


黏弹性消能器在即有加固建筑中门架型布置

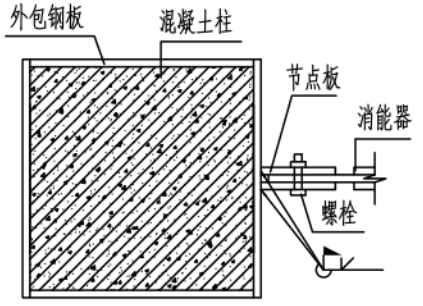
注：1. 本图仅表示剪切型黏弹性消能器正门架型消能部件、倒门架型和人字型做法可参照本图。

2. 连接形式及注意事项同本图集第20页。

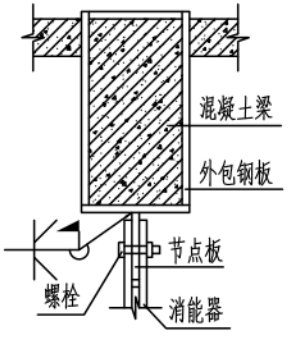
黏弹性消能器与既有结构的支承型式3									图集号	
审核			校对			设计			页	91



黏弹性消能器在即有加固建筑中隅撑型布置



① 消能器与外包钢板混凝土柱连接



② 消能器与外包钢板混凝土梁连接

注：1.连接形式：消能器两端与节点板采用螺栓连接。

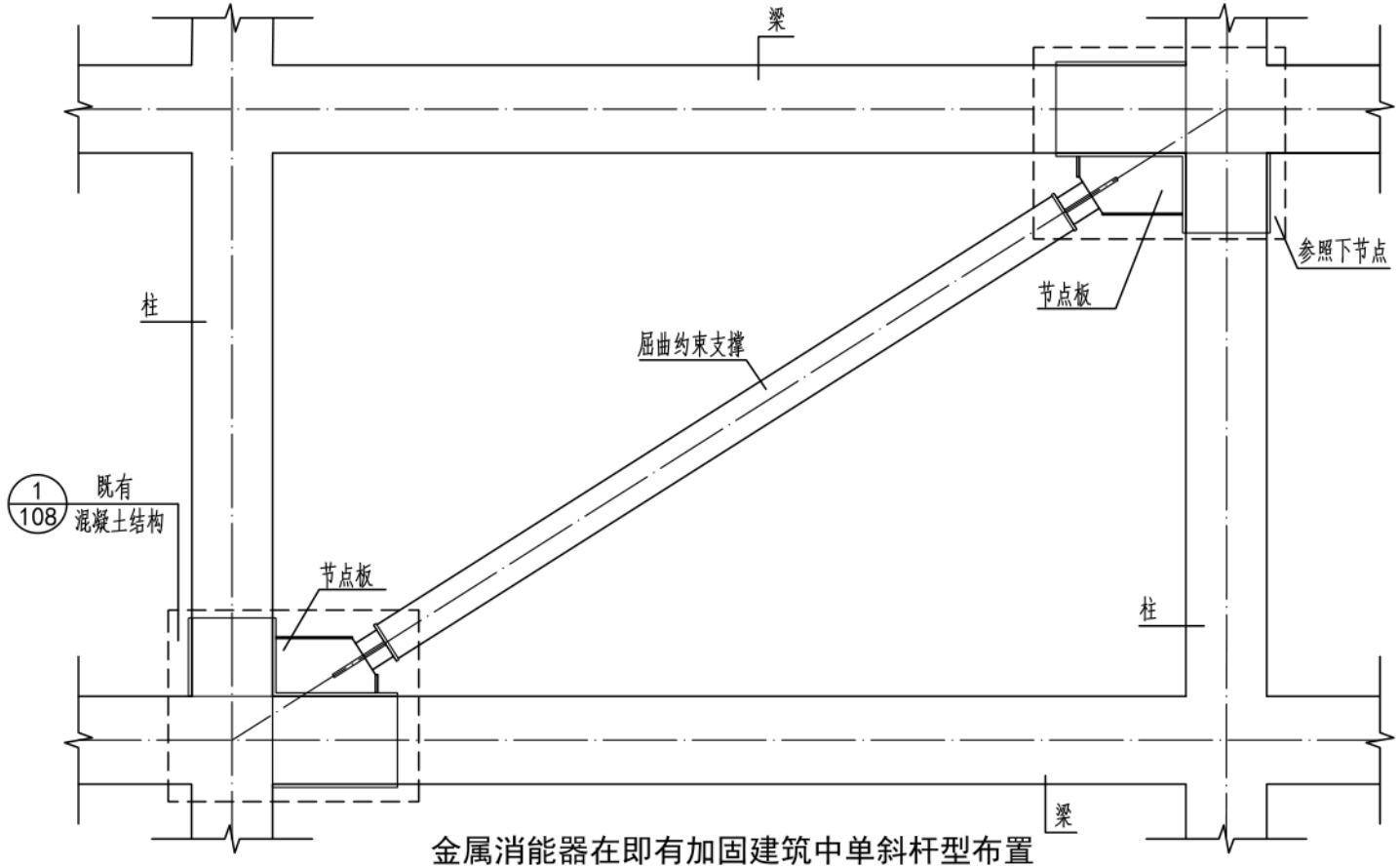
2.注意事项：

(1)由于消能器与主体结构的连接部位可能处于梁柱的塑性铰区附近，对主体结构与消能器相连的部位应采取加强措施，避免其在消能器输出力作用下发生破坏。

(2)为保证节点板具有足够的刚度和稳定性，可采取增加节点板厚度，设置加劲肋等加强措施。

(3)外包钢板做法详见本图集第110页。

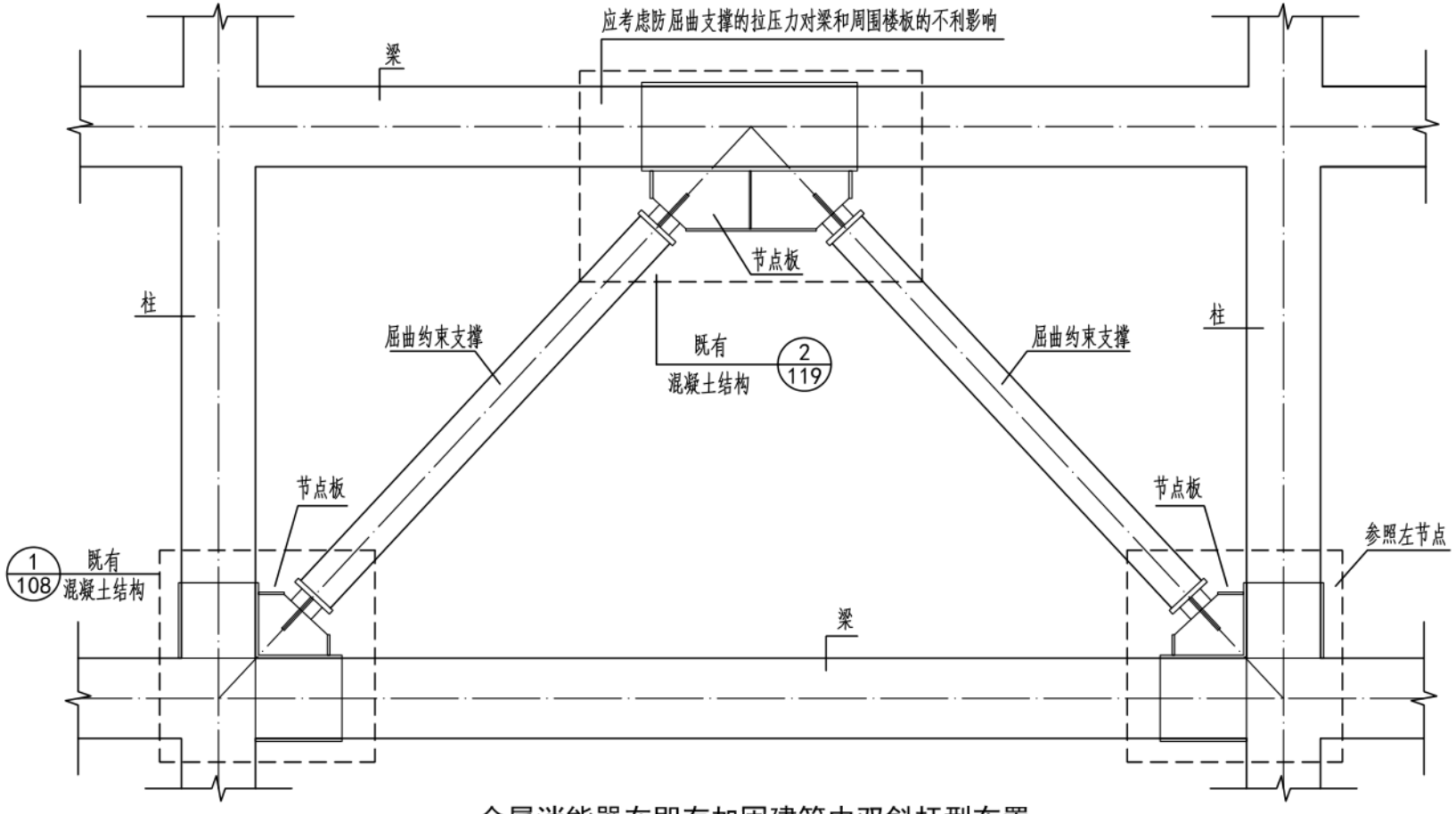
黏弹性消能器与既有结构的支承型式4									图集号	
审核			校对			设计			页	92



金属消能器在即有加固建筑中单斜杆型布置

注:1.本图支撑形式适用于屈曲约束支撑。
2.连接形式及注意事项同本图集第20页。

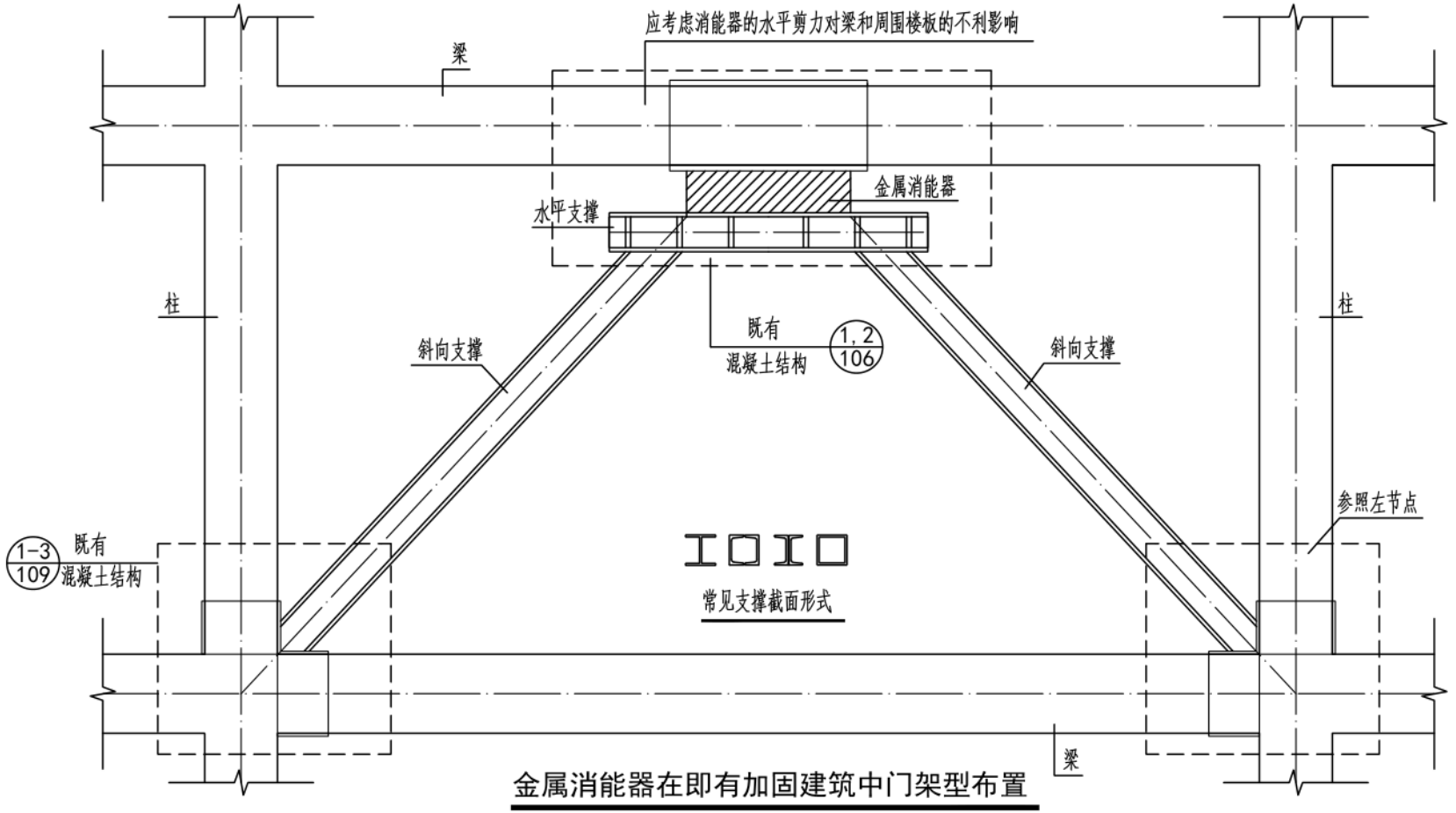
金属消能器与既有结构的支承型式1									图集号	
审核			校对			设计			页	93



金属消能器在即有加固建筑中双斜杆型布置

注:1.本图支撑形式适用于屈曲约束支撑。
2.连接形式及注意事项同本图集第20页。

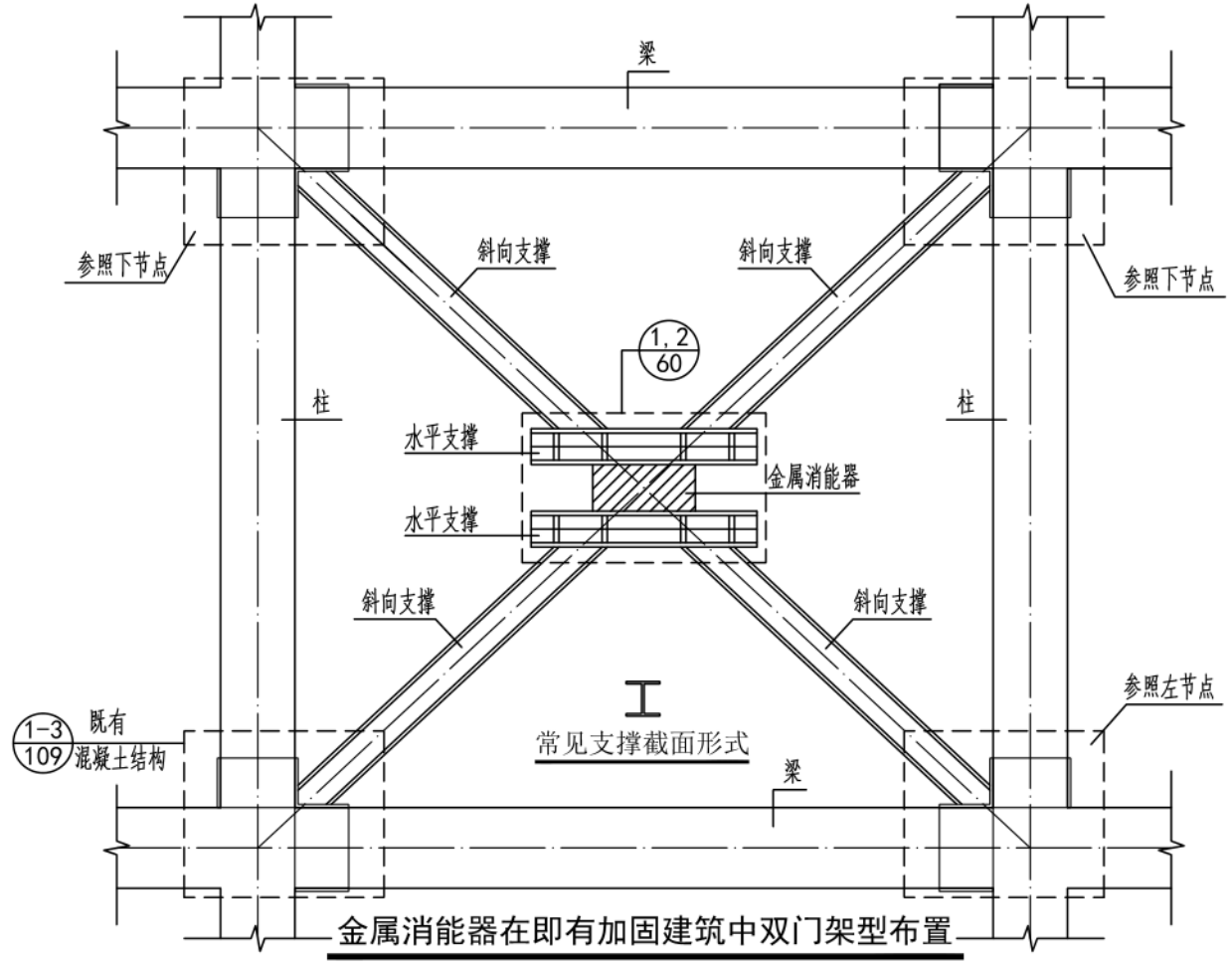
金属消能器与既有结构的支承型式2									图集号	
审核			校对			设计			页	94



金属消能器在即有加固建筑中门架型布置

注:1.本图支撑形式适用于金属消能器，本图仅表示金属消能器正门架型消能部件，倒门架型和人字型法可参照本图。
2.连接形式及注意事项参本图集第20页。

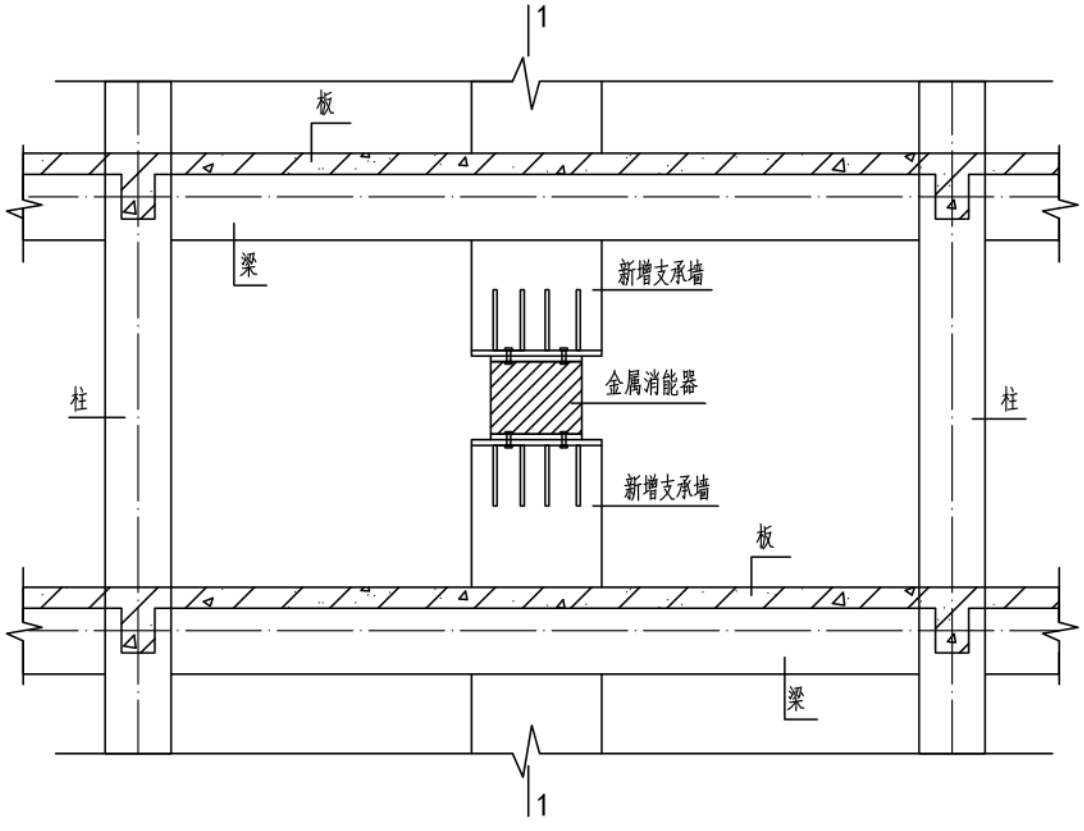
金属消能器与既有结构的支承型式3									图集号	
审核			校对			设计			页	95



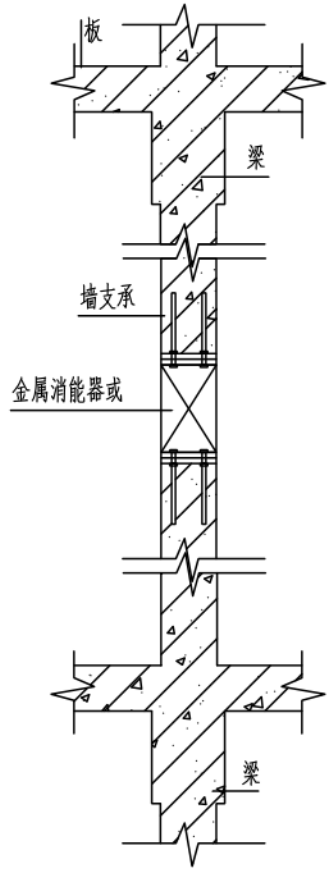
金属消能器在即有加固建筑中双门架型布置

注:1.本图支撑形式适用于金属消能器，仅表示金属消能器双门架型消能部件，双人字型做法可参照本图。
2.连接形式及注意事项参本图集第21页。

金属消能器与既有结构的支承型式4									图集号	
审核			校对			设计			页	96



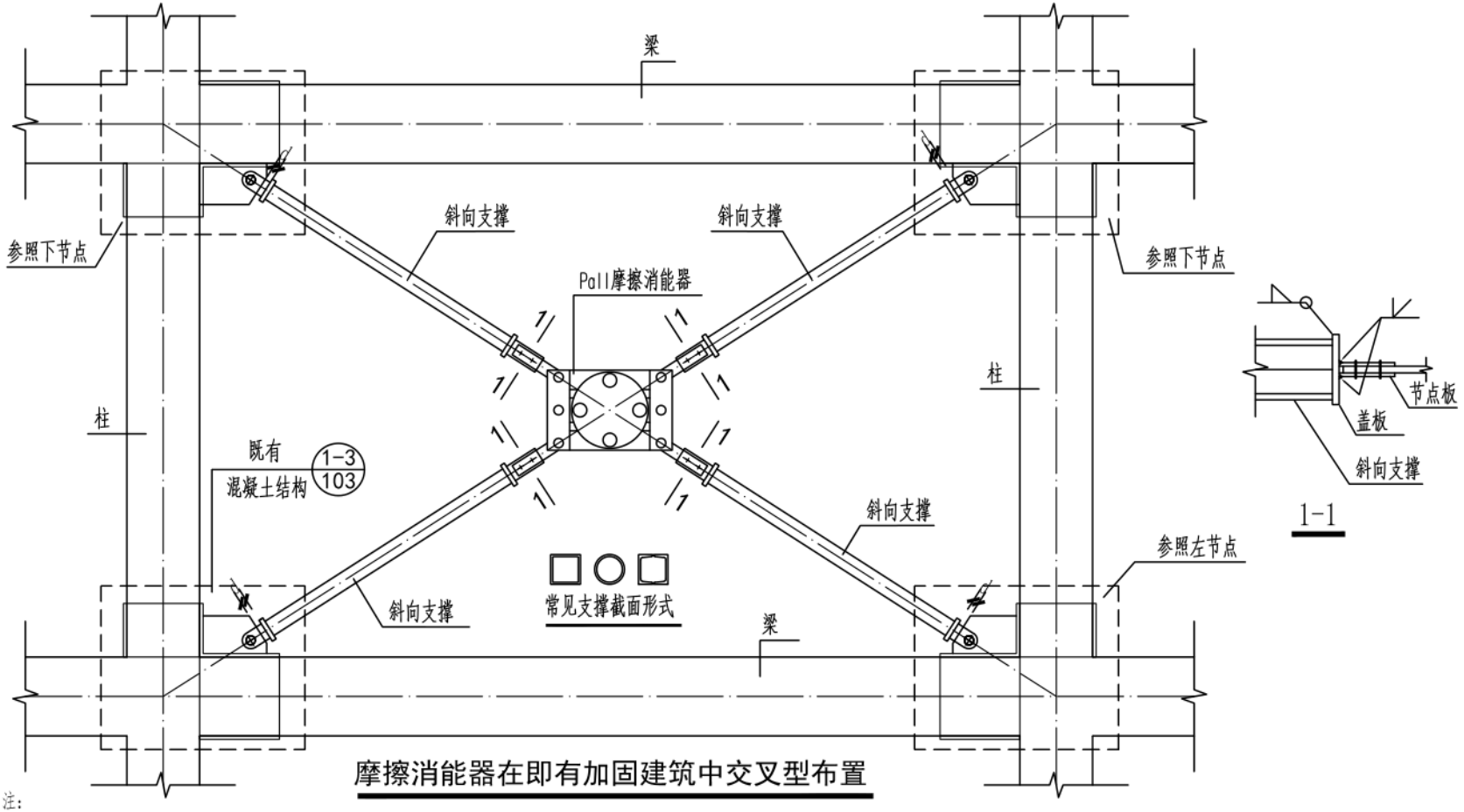
消能器墙支承型一



1-1

注：1. 本图为金属弯剪消能器或剪切型黏弹性消能器在混凝土结构中的墙支承型式。
2. 新增支承墙的竖向钢筋在原梁上钻孔植筋锚固，当锚固深度不足或原梁承载力不足时，可对原梁或原梁局部采用钢筋混凝土增大截面法进行加固。

金属消能器与既有结构的支承型式5									图集号	
审核			校对			设计			页	97



摩擦消能器在即有加固建筑中交叉型布置

注：

1.本图支撑形式适用于Pall摩擦消能器。

2.连接形式：Pall摩擦消能器四角通过支撑与主体结构相连、支撑与消能器采用高强螺栓连接，支撑与主体结构通过销栓铰接连接。

3.注意事项：

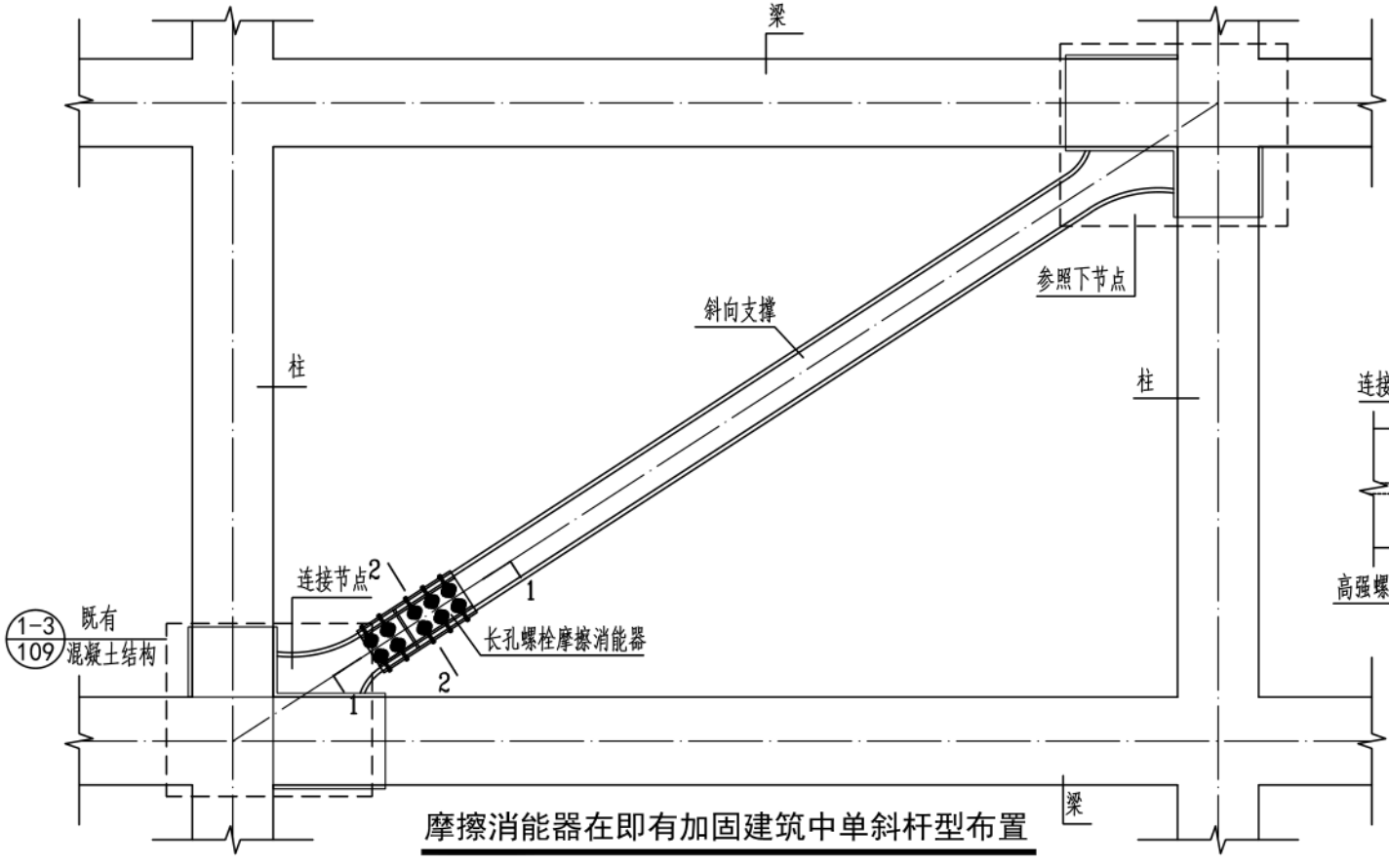
(1)对主体结构与支撑。消能器相连的部位及连接节点应采取加强措施，避免其在消能器最大输出力作用下发生破坏。

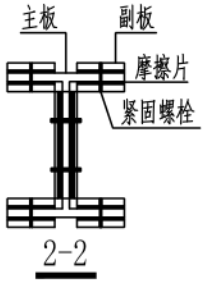
(2)由于Pall消能器能协调四周斜向支撑的拉压变形，避免其受压时产生屈曲，故斜向支撑可按拉杆进行设计。

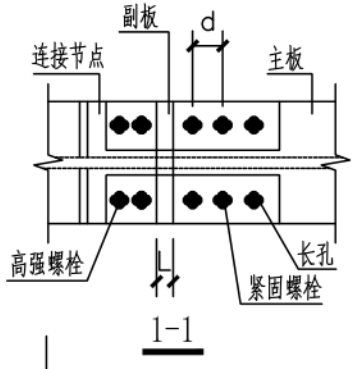
(3)为保证斜向支撑在平面内具有足够的转动能力，避免其在结构最大侧向位移条件下与节点板发生碰撞，支撑端板与节点板的间隙d宜取10mm~15mm。

(4)为保证消能器性能的充分发挥，销铰与销栓孔的间隙宜≤0.1mm。

摩擦消能器与既有结构的支承型式1									图集号	
审核			校对			设计			页	98



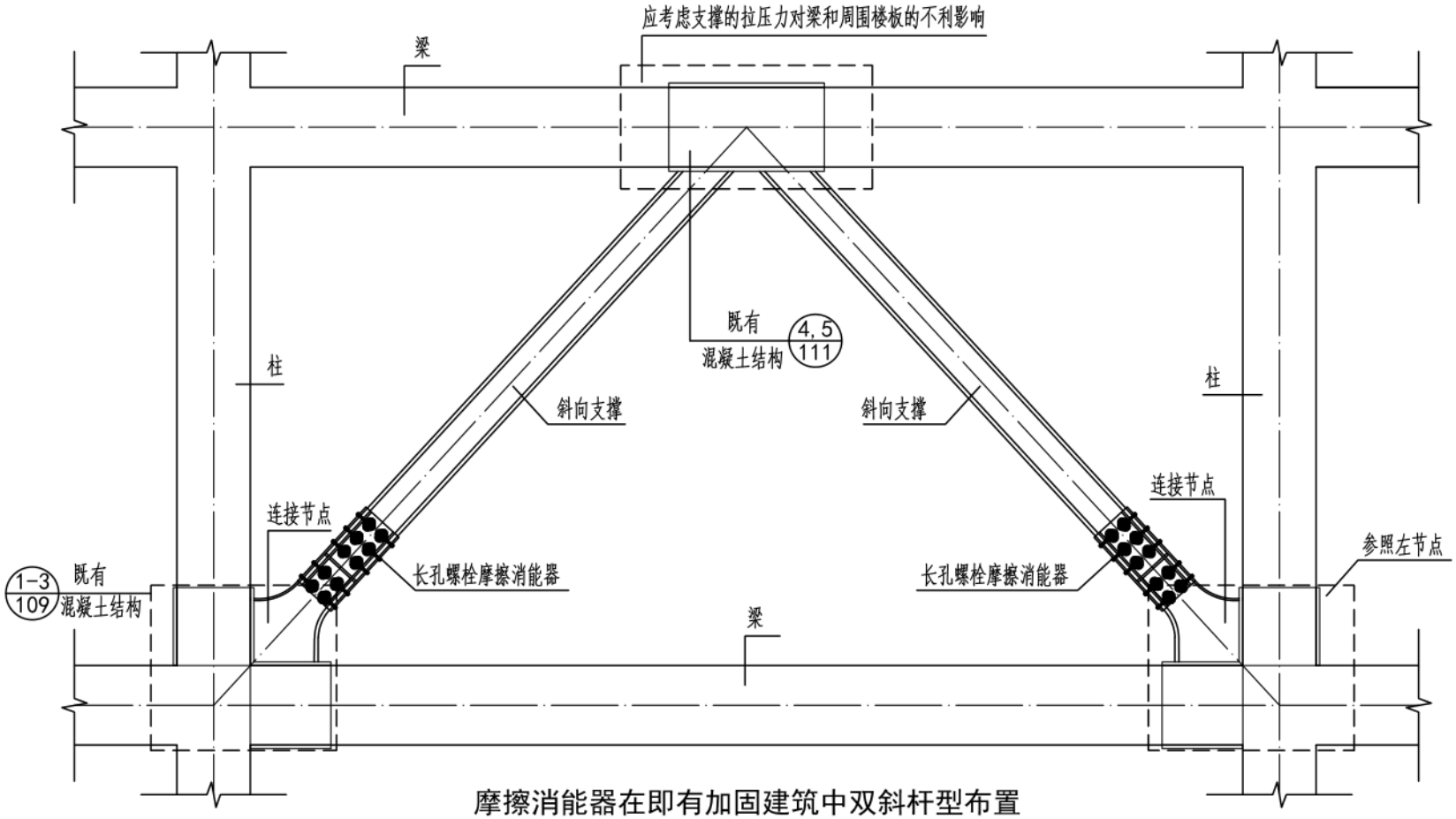




摩擦消能器在即有加固建筑中单斜杆型布置

注：1.本图支撑形式适用于长孔螺栓摩擦消能。
2.连接形式及注意事项本图集第22页。

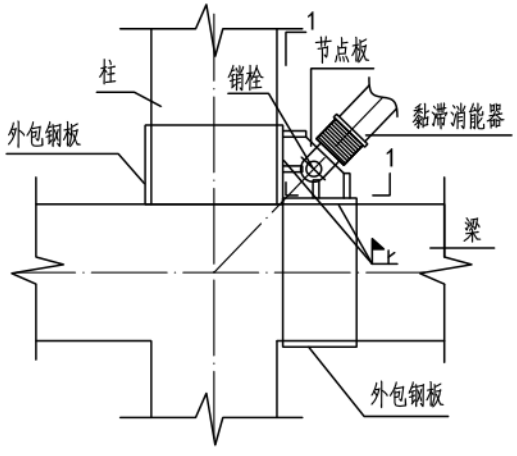
摩擦消能器与既有结构的支承型式2									图集号	
审核			校对			设计			页	99



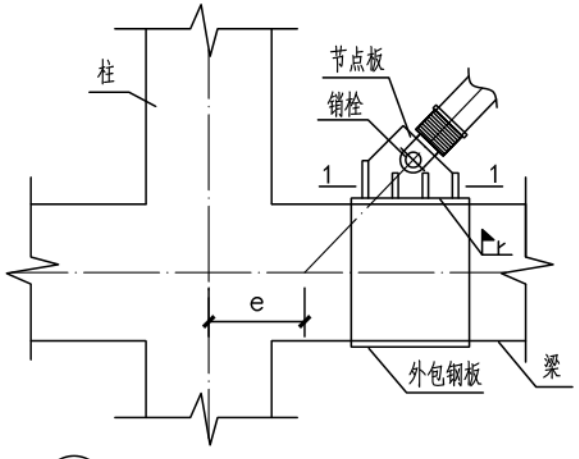
摩擦消能器在即有加固建筑中双斜杆型布置

注：1.本图支撑形式适用于长孔螺栓摩擦消能。
2.连接形式及注意事项本图集第22页。

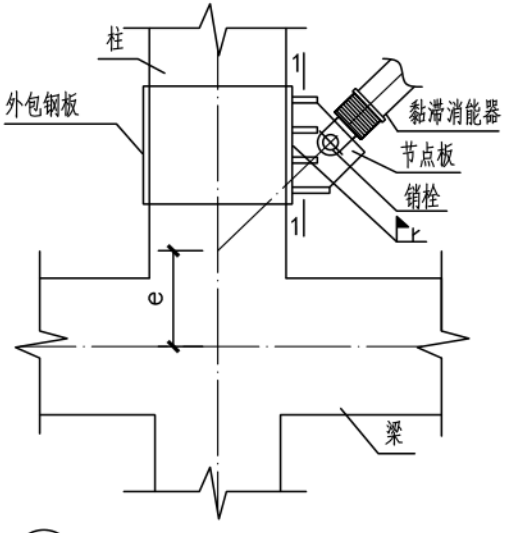
摩擦消能器与既有结构的支承型式3									图集号	
审核			校对			设计			页	100



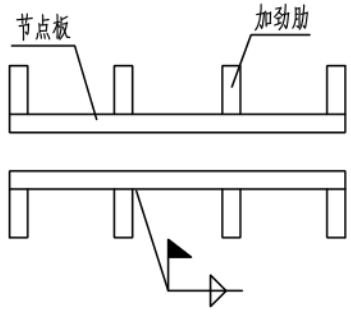
① 黏滞消能器与混凝土梁柱节点
斜向球铰连接



② 黏滞消能器与混凝土梁
斜向球铰连接



③ 黏滞消能器与混凝土柱
斜向球铰连接

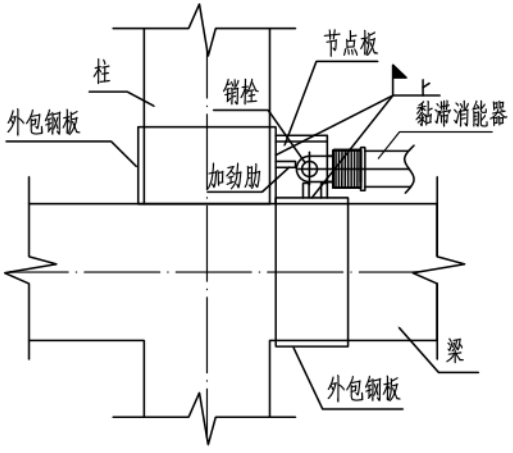


1-1

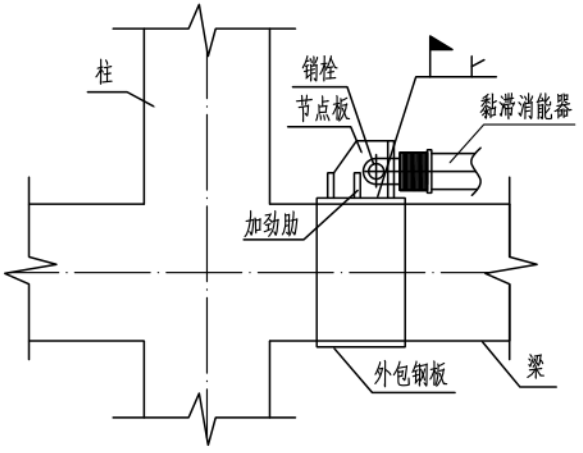
注：

1. 本图用于既有混凝土结构加固，外包钢板做法见本图集第110页。
2. 消能减震(振)技术用于既有混凝土结构加固时，消能部件与原主体结构的连接除可采用本图所示局部外包钢法外，尚可采用内嵌钢框架法、对拉螺栓(或化学锚栓)的局部后锚固法、内嵌钢框架法详见本图集第111页。
3. 局部外包钢法与局部后锚固法相比，外包钢法连接可靠，同时外包钢板对主体结构节点具有加强作用，因而宜采用局部外包钢法。
4. 外包钢板应有充分的承载力和刚度，为了防止与消能部件相连的外包钢板发生翘曲变形，可采取如下措施：(1)增加外包钢板厚度；(2)设置加劲肋；(3)当梁柱截面较大，采用措施(1)、(2)难以防止外包钢板发生翘曲时，可采用附加对拉锚栓的方法。
5. 节点板在黏滞消能器的输出力作用下，除具有足够的承载力和刚度外，还应防止其发生失稳破坏，一般可采用增加节点板厚度或设置加劲肋等措施。
6. 连接构造中①~③，宜优先选用连接构造①，当采用①有困难时可选用②或③。此时应考虑偏心受力对梁、柱的不利影响以及梁柱变形对消能部件效能的削弱。若原结构的梁柱承载力不满足要求，还需对其进行加固。
7. 对于连接构造②、③，可通过设置锚栓或对拉锚栓来防止外包钢板沿梁或柱轴向产生滑移，具体做法详本图集第110页。

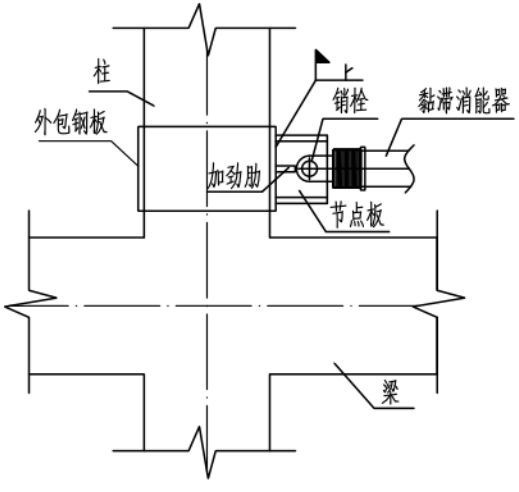
黏滞消能器与既有混凝土结构的连接1									图集号	
审核			校对			设计			页	101



① 黏滞消能器与混凝土梁柱节点水平球铰连接



② 黏滞消能器与混凝土梁水平球铰连接



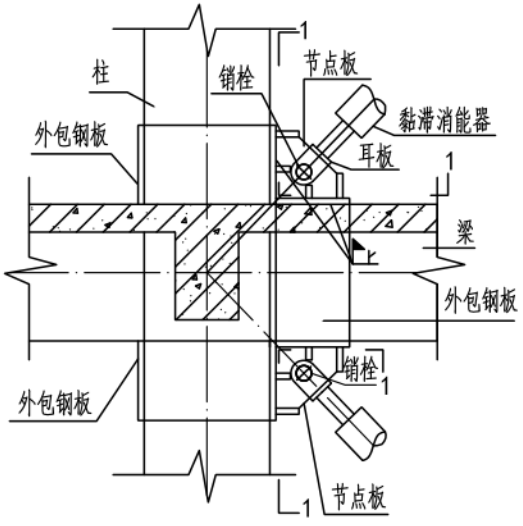
③ 黏滞消能器与混凝土柱水平球铰连接

注：

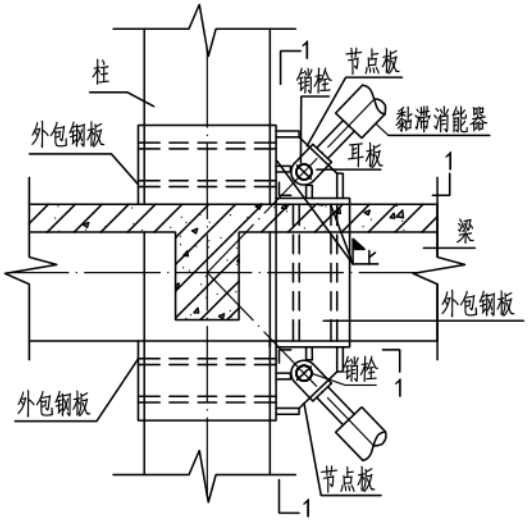
1. 水平安装的黏滞消能器用于人字型和门架型消能部件，其与既有混凝土结构的连接部位有以下三种：与梁柱节点连接①、与梁连接②、与柱连接③。当人字(或门架)型节点与梁柱节点距离较大时，为减小水平支撑悬臂段长度，宜选用连接构造②；当人字(或门架)型节点与梁柱节点距离不大时，宜选用连接构造①、③，其中③用于水平支撑与梁的垂直距离较大的情况；采用②、③应考虑偏心受力对梁柱的不利影响。若原结构的梁柱承载力不满足要求，还需对其进行加固。

2. 对于连接构造②、③，可通过设置锚栓或对拉锚栓防止外包钢板沿梁或柱轴向产生滑移，具体做法详见本图集第110页。

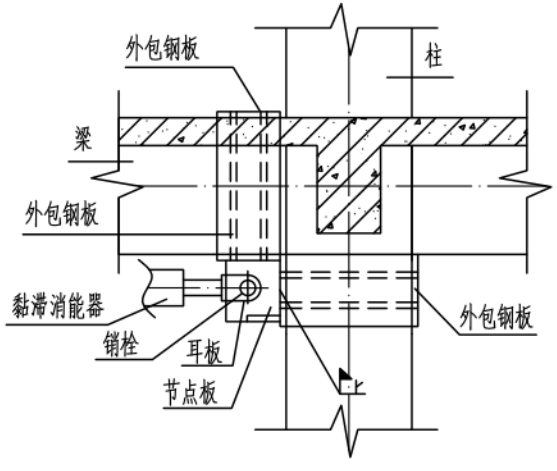
黏滞消能器与既有混凝土结构的连接2									图集号	
审核			校对			设计			页	102

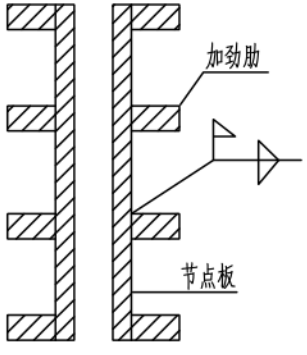


① 黏滞消能器与既有混凝土结构铰接连接（斜向一）



② 黏滞消能器与既有混凝土结构铰接连接（斜向二）





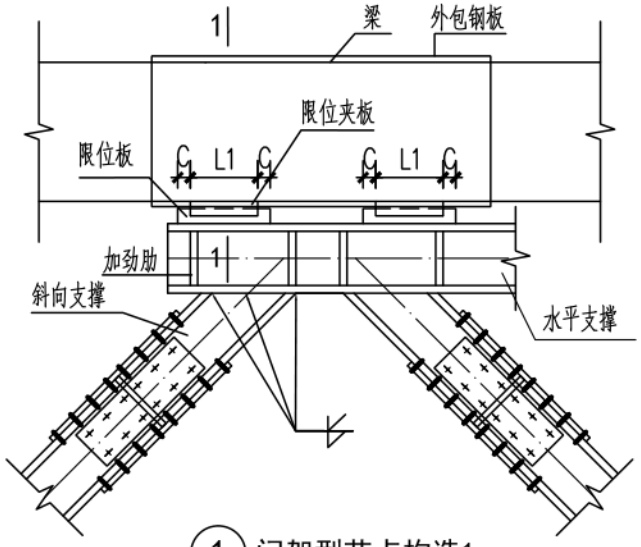
1-1

③ 黏滞消能器与既有混凝土结构铰接连接（水平向）

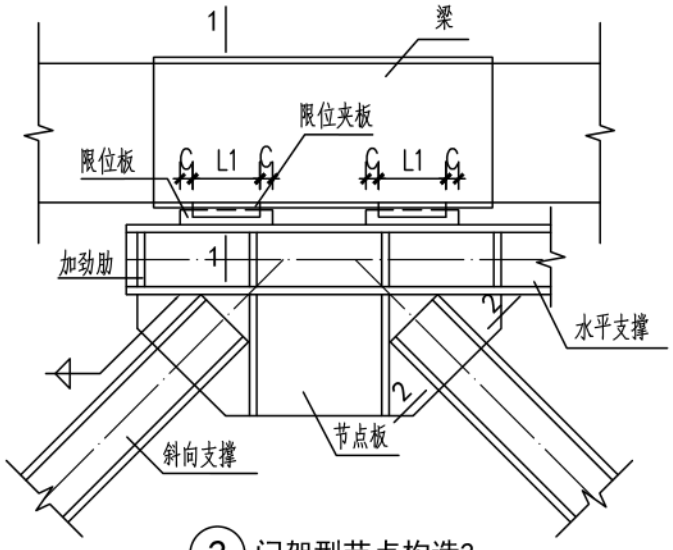
注：
1. 本图用于既有混凝土结构加固，外包钢板做法见本图集第110页。
2. 外包钢板应采取防止发生翘曲变形的下列措施：(1)增加外包钢板厚度；(2)设置加劲肋；(3)附加对拉锚栓的方法。
3. 节点板宜设置加劲肋。
4. 水平安装的黏滞消能器用于人字型和门架型消能部件。

销栓

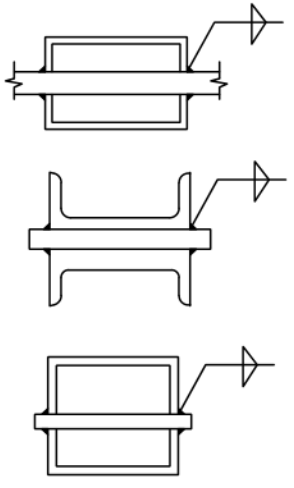
黏滞消能器与既有混凝土结构的连接3									图集号	
审核			校对			设计			页	103



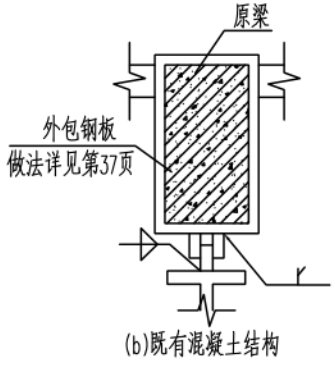
① 门架型节点构造1



② 门架型节点构造2

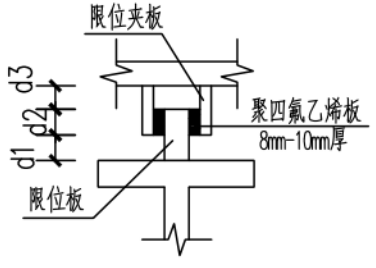


2-2



(b)既有混凝土结构

1-1

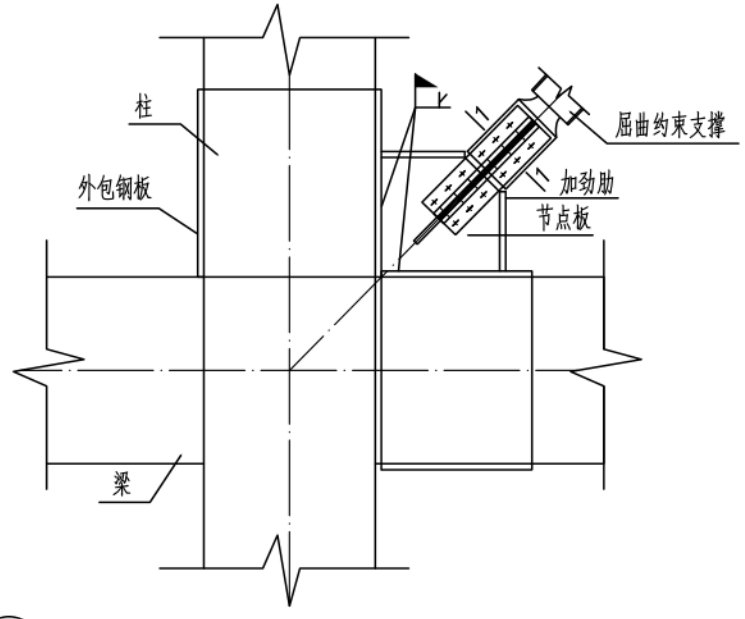


Ⓐ 侧向限位装置详图

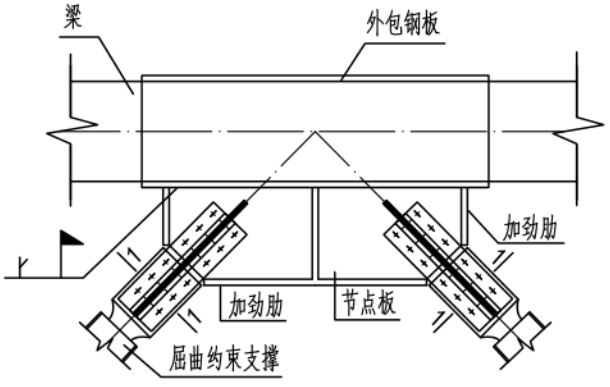
注：

1. 考虑到梁的竖向变形和安装空间，d_1、d_2、d_3均宜≥50mm。
2. 为了保证侧向限位装置能有效限制消能部位的平面外变形，限位板与聚四氟乙烯板的间隙不宜大于1mm，同时限位板和限位夹板应具有足够的厚度，对于限位夹板还可通过设置加劲板进行加强。
3. 限位夹板长度L宜≥200mm；限位板每侧宽出限位夹板长度c宜大于消能器的极限位移。

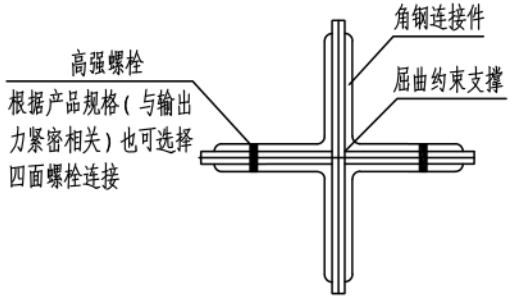
黏滞消能器与既有混凝土结构的连接4									图集号	
审核			校对			设计			页	104



① 屈曲约束支撑与混凝土梁柱节点连接



② 屈曲约束支撑与混凝土梁连接



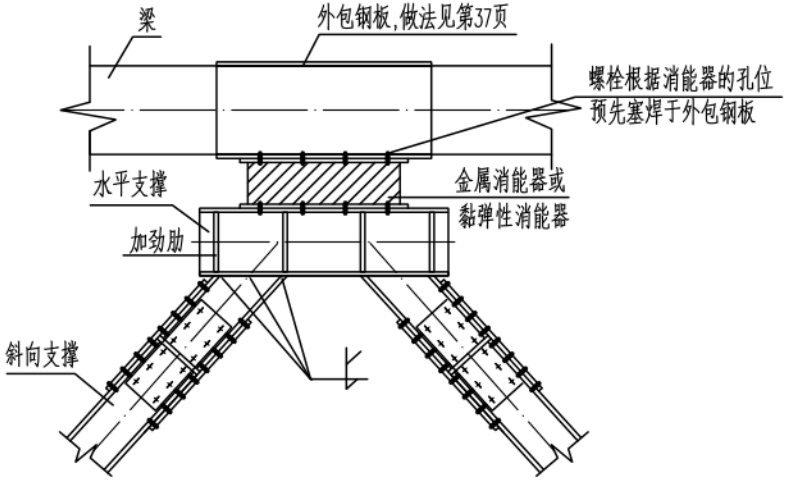
1-1

注：

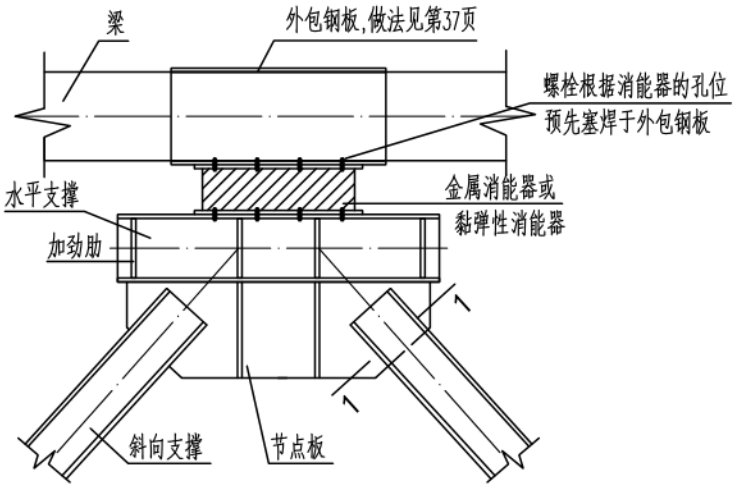
1.节点板在支撑力作用下，除具有足够的承载力和刚度外，还应防止其发生失稳破坏，一般可采用增加节点板厚度或设置加劲肋等措施。

2.对于连接构造②，可通过设置锚栓或对拉锚栓防止外包钢板沿梁轴向产生滑移，具体做法见本图集110页。

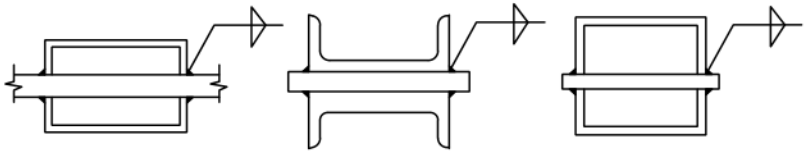
黏弹性及金属消能器与既有混凝土结构的连接1									图集号	
审核			校对			设计			页	105



① 金属消能器或黏弹性消能器与混凝土结构的连接1



② 金属消能器或黏弹性消能器与混凝土结构的连接2

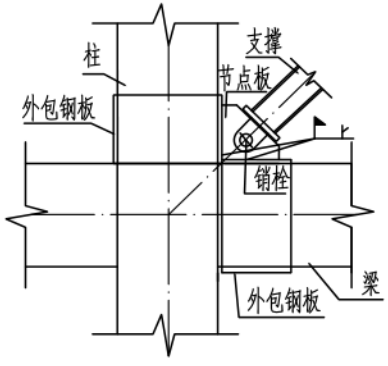


1-1

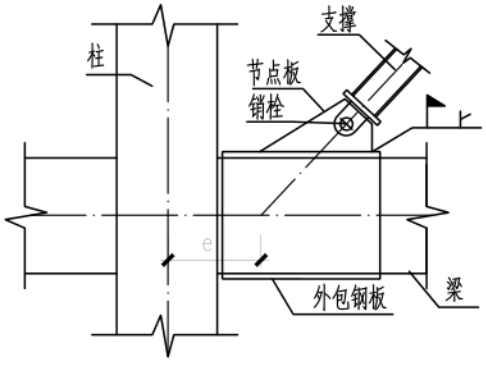
注：

1. 本图②中斜向支撑与节点板通过角焊缝连接：由于此种连接方式在支撑平面内存在着弯曲刚度，在结构的水平变形条件下，连接部分会产生一定的附加弯矩，对连接部分进行细部设计时，应考虑此附加弯矩的不利影响。连接②适用于支撑力较小的情况，当支撑力较大时宜采用刚性连接①。
2. 对于连接构造①、②，可通过设置锚栓或对拉锚栓防止外包钢板沿梁轴向产生滑移，具体做法详见本图集第110页。
3. 节点板在支撑力(考虑附加弯矩)作用下，除具有足够的承载力和刚度外，还应防止其发生失稳破坏，一般可采用增加节点板厚度或设置加劲肋等措施。

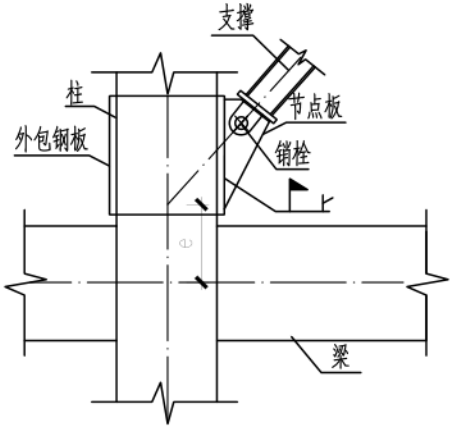
黏弹性及金属消能器与既有混凝土结构的连接2									图集号	
审核			校对			设计			页	106



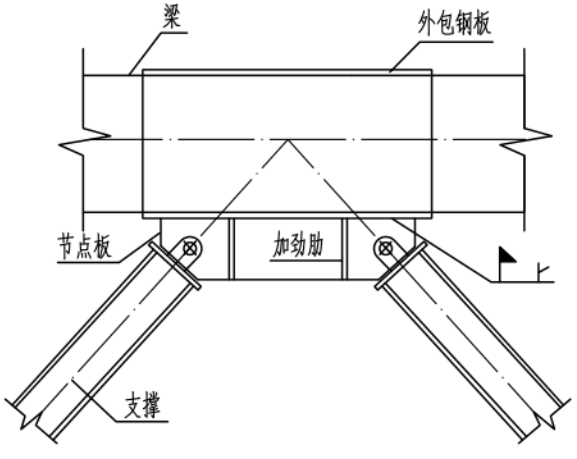
① 支撑与混凝土梁柱节点铰接连接



② 支撑与混凝土梁铰接连接



③ 支撑与混凝土柱铰接连接



④ 双斜撑与混凝土梁铰接连接

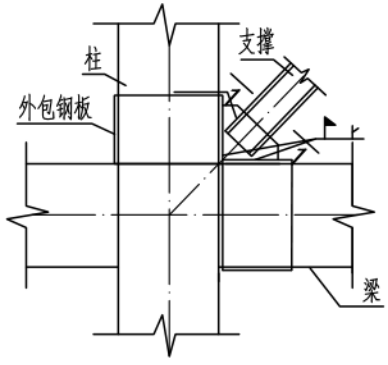
注：

1.①~③连接构造中，应优先选用连接构造①，当采用①有困难时可选用②或③，此时应考虑偏心受力对梁、柱的不利影响以及梁柱变形对消能部件效能的削弱，若原结构的梁柱承载力不满足要求，还需对其进行加固。

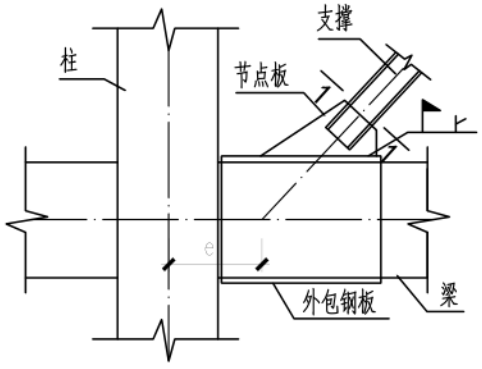
2.对于连接构造②~④，可通过设置锚栓或对拉锚栓防止外包钢板沿梁或柱轴向产生滑移，具体做法详见本图集第110页。

3.节点板在支撑力作用下，除具有足够的承载力和刚度外，还应防止其发生失稳破坏，一般可采用增加节点板厚或设置加劲肋等措施。

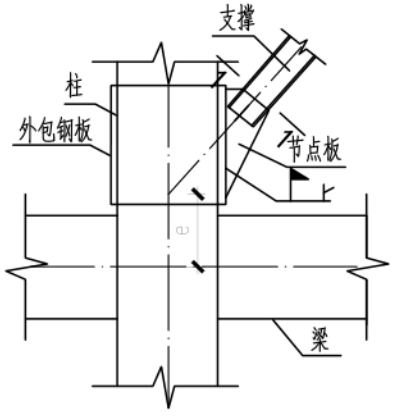
支撑与既有混凝土结构的连接1									图集号	
审核			校对			设计			页	107



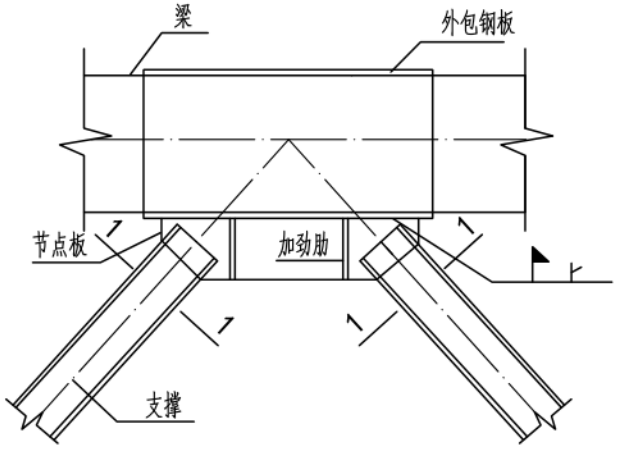
① 支撑与混凝土梁柱节点铰接连接



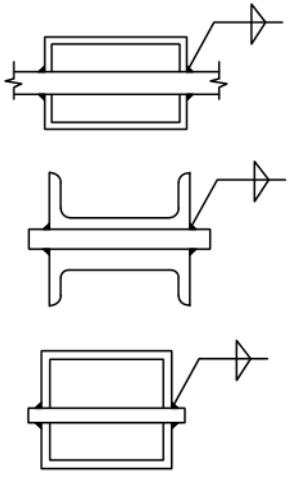
② 支撑与混凝土梁铰接连接



③ 支撑与混凝土柱铰接连接



④ 双斜撑与混凝土梁铰接连接

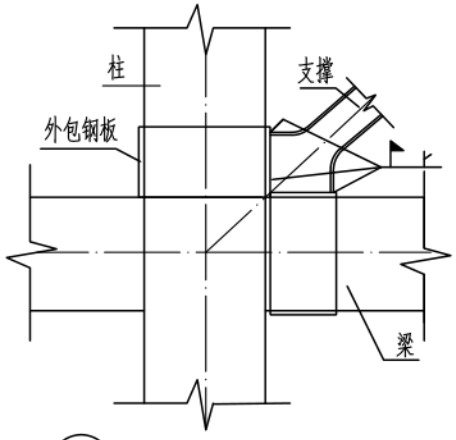


1-1

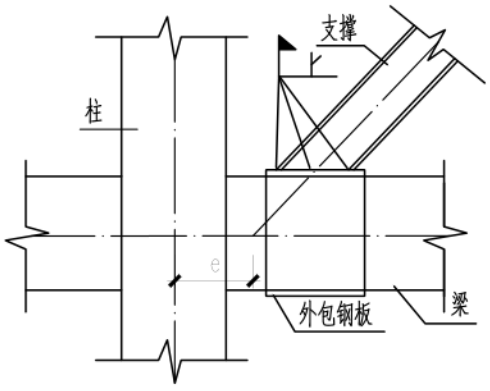
注：

1. 本图中支撑与节点板通过角焊缝连接，支撑设计按铰接考虑，但由于此种连接方式在支撑平面内存在着弯曲刚度，在结构的水平变形条件下，连接部分会产生一定的附加弯矩，因此对连接部分进行细部设计时，应考虑此附加弯矩的不利影响，此种连接适用于支撑受力较小的情况，当支撑力较大时宜采用本图集第109页的刚性连接。
2. 本图中的铰接连接用于人字型支撑、门架型支撑及黏弹性消能器的斜杆型支撑。
3. ①～③连接构造中，应优先选用连接构造①，当采用①有困难时可选用②或③，此时应考虑支撑偏心受力对梁、柱的不利影响以及梁柱变形对消能部件效能的削弱。
4. 对于连接构造②、③，可通过设置锚栓或对拉锚栓防止外包钢板沿梁或柱轴向产生滑移，具体做法详见本图集第110页。
5. 节点板在支撑传来的轴力及附加弯矩作用下，除应具有足够的承载力和刚度外，还应防止其发生失稳破坏， 一般可采用增加节点板厚度或设置加劲肋等措施。

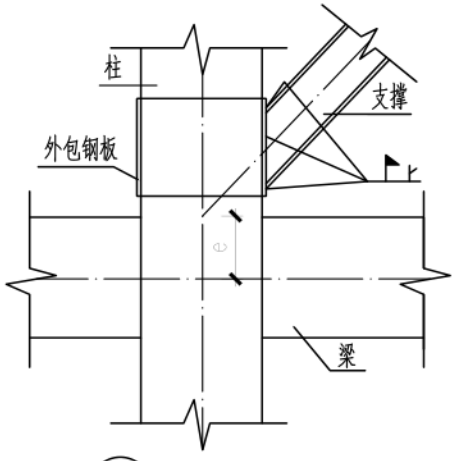
支撑与既有混凝土结构的连接2									图集号	
审核			校对			设计			页	108



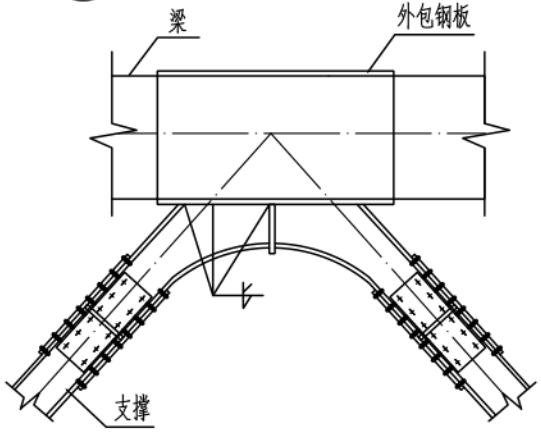
① 支撑与混凝土梁柱节点刚性连接



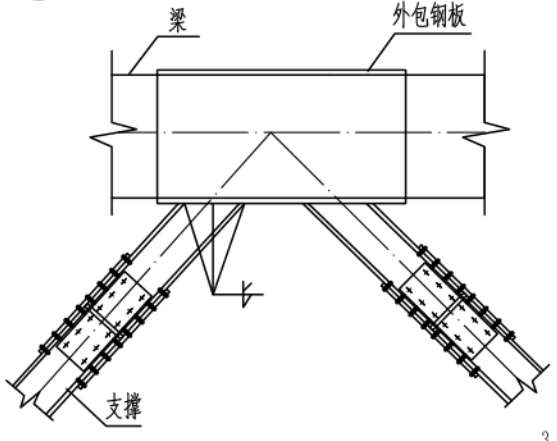
② 支撑与混凝土梁刚性连接



③ 支撑与混凝土柱刚性连接



④ 双斜撑与混凝土梁刚性连接1



⑤ 双斜撑与混凝土梁刚性连接2

注：

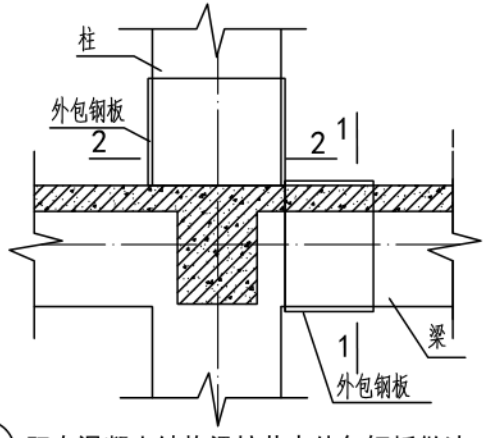
1. 本图中的刚性连接用于人字型支撑、门架型支撑及黏弹性消能器的斜杆型支撑，其常用的支撑截面形式为H型钢或工字钢。

2. ①～③连接构造中，应优先选用连接构造①，当采用①有困难时可选用②或③，此时应考虑支撑传来的偏心力对梁、柱的不利影响以及梁柱变形对消能部件效能的削弱。

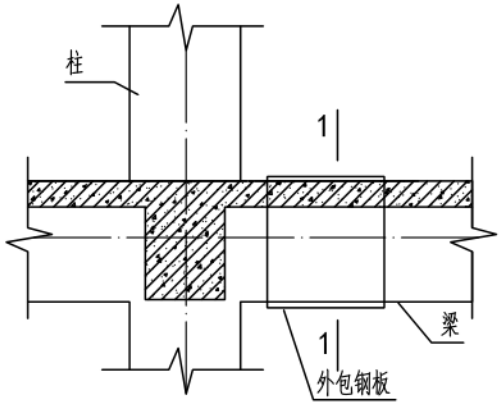
3. 对于连接构造②～⑤，可通过设置锚栓或对拉锚栓防止外包钢板沿梁或柱轴向产生滑移，具体做法详见本图集第110页。

4. 为方便施工，支撑可分段安装，支撑的分段安装可采用高强螺栓连接或栓焊连接。

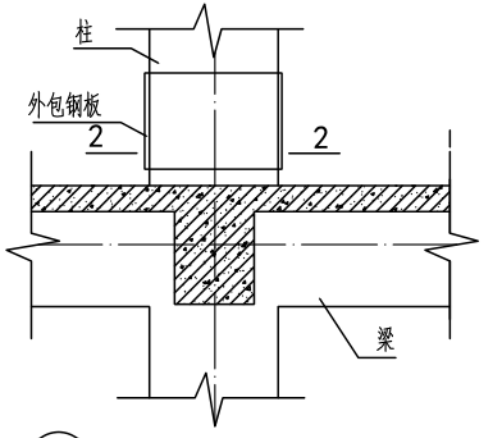
支撑与既有混凝土结构的连接3									图集号	
审核			校对			设计			页	109



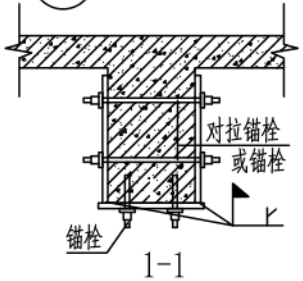
① 既有混凝土结构梁柱节点外包钢板做法



② 既有混凝土结构梁外包钢板做法

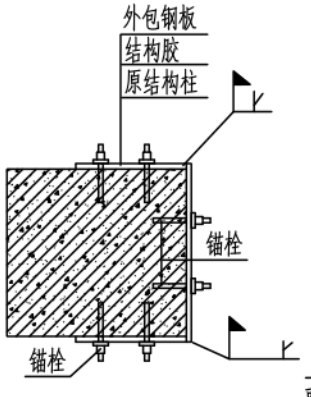


③ 既有混凝土结构柱外包钢板做法



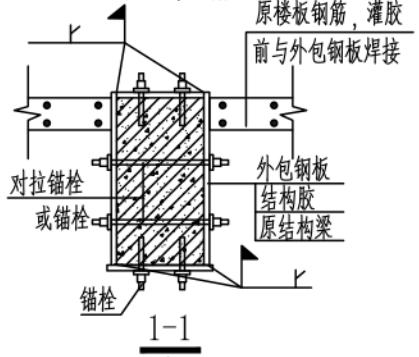
1-1

(三面外包钢)



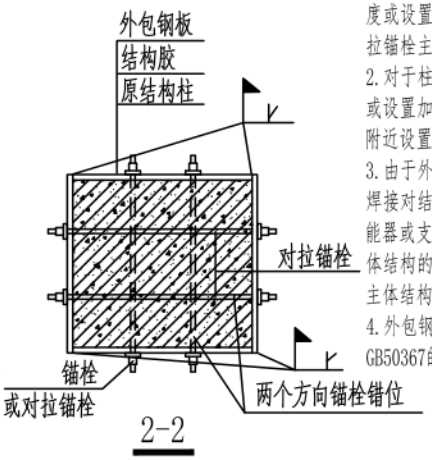
2-2

(三面外包钢)



1-1

(四面外包钢)



2-2

(四面外包钢)

注：

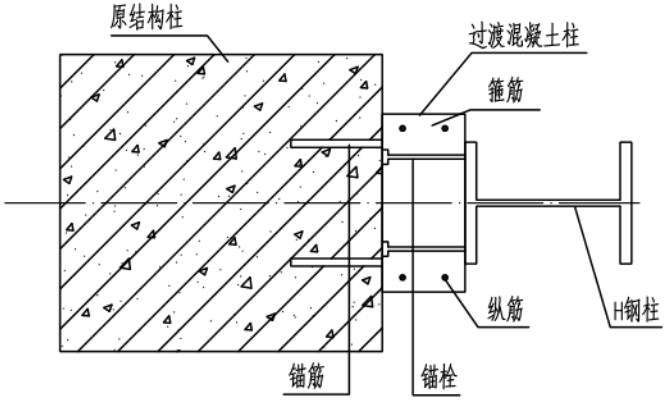
1.对于梁上的局部外包钢板，由于梁的截面宽度一般较小，可采取加大钢板厚度或设置加劲肋的方法来防止与消能部件相连的外包钢板发生翘曲，锚栓和对拉锚栓主要起到防止外包钢板沿梁轴向滑移的作用。

2.对于柱上的局部外包钢板，由于柱的截面宽度一般较大，采取加大钢板厚度或设置加劲肋难以防止与消能部件相连的外包钢板发生翘曲，此时可在节点板附近设置对拉锚栓，同时对拉锚栓还起到防止外包钢板沿柱轴向滑移的作用。

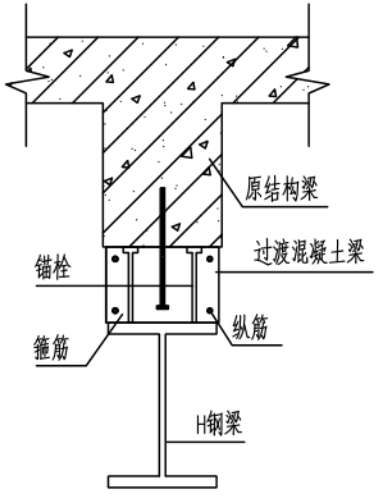
3.由于外包钢板一般较厚，其与主体结构宜采用灌胶方法连接，为了防止钢板焊接对结构胶的影响，具体施工工序为：(1)将节点周围的外包钢板(包括与消能器或支撑连接的节点板及加劲肋)全部焊接完毕并固定；(2)将外包钢板与主体结构的边界用结构胶封堵并预留灌胶孔；(3)采用压力灌胶方法将外包钢板与主体结构牢固连接。

4.外包钢和后锚固技术应满足现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB50367的及《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ145相关要求。

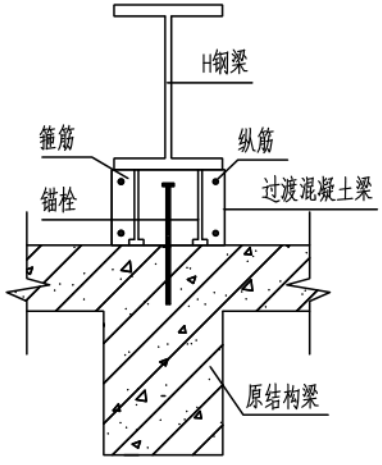
既有混凝土结构外包钢节点大样									图集号	
审核			校对			设计			页	110



① 既有混凝土结构内嵌钢框架柱节点做法



（a）上部梁



（b）下部梁

② 既有混凝土结构内嵌钢框架梁节点做法

注：

1. 采用消能减震技术对既有混凝土结构进行加固改造时，消能部件与原主体结构的连接除了外包钢板连接外，还可采用内嵌钢框架连接方式。
2. 内嵌钢框架消能部件做法：消能部件不直接与被加固的主体结构相连，而是与嵌固于主体结构内的独立钢框架相连，钢框架与主体结构通过过渡混凝土结构相连。
3. 在内嵌钢框架消能部件中，应保证在消能器最大输出力或位移条件下，钢框架与主体结构能可靠连接和共同变形。
4. 为了保证内嵌钢框架与主体结构的可靠连接，应注意如下事项：

(1) 钢框架与消能支撑及消能器相连的节点是受力最大的位置，对这些位置过渡混凝土内的锚筋及锚栓要进行加密，保证在消能器最大输出力情况下，此处锚筋不被拔出。

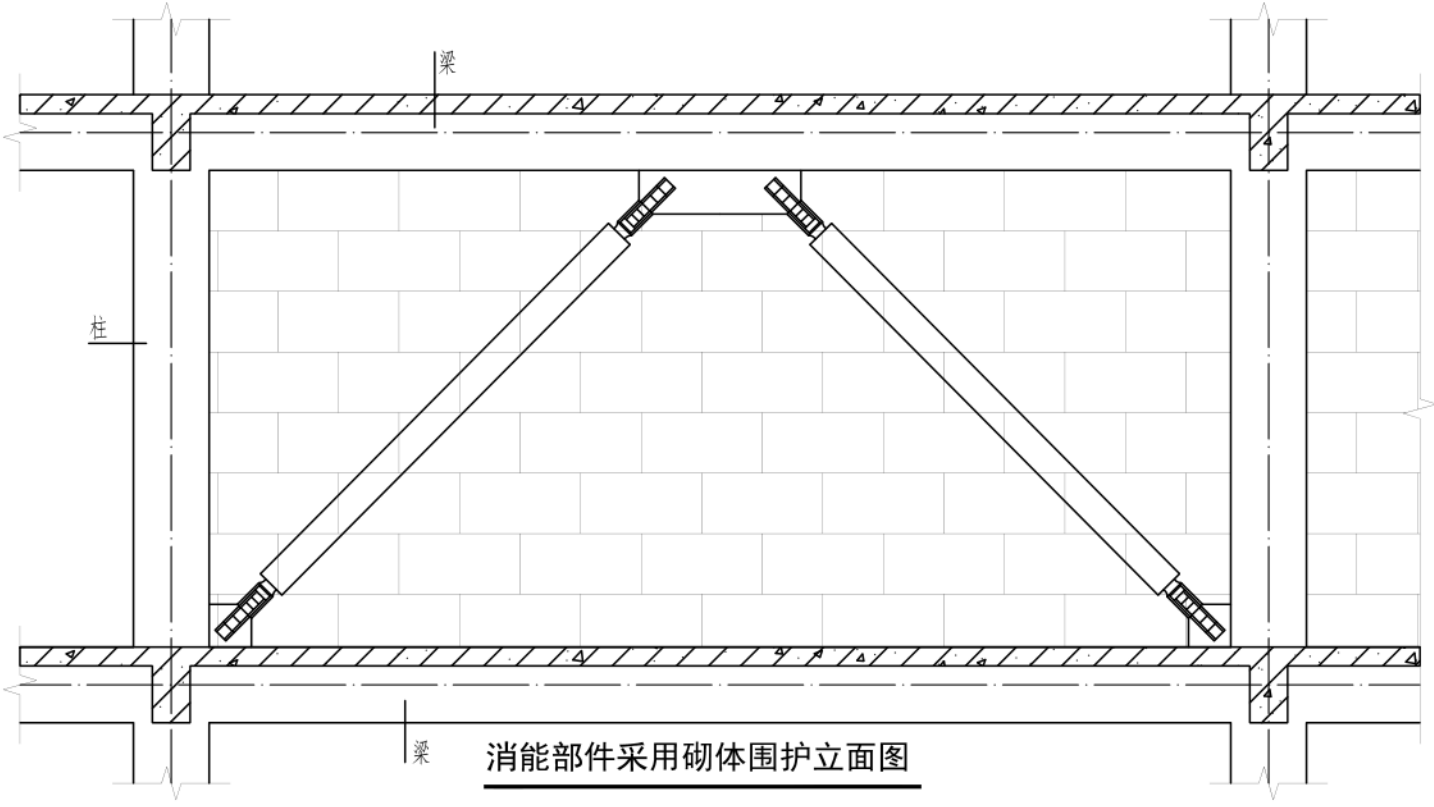
(2) 内嵌钢框架本身要保证具有一定的刚度，截面尺寸不能过小。

(3) 锚筋和锚栓间距及直径由计算确定，并满足现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》CB50367及《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ145相关要求。

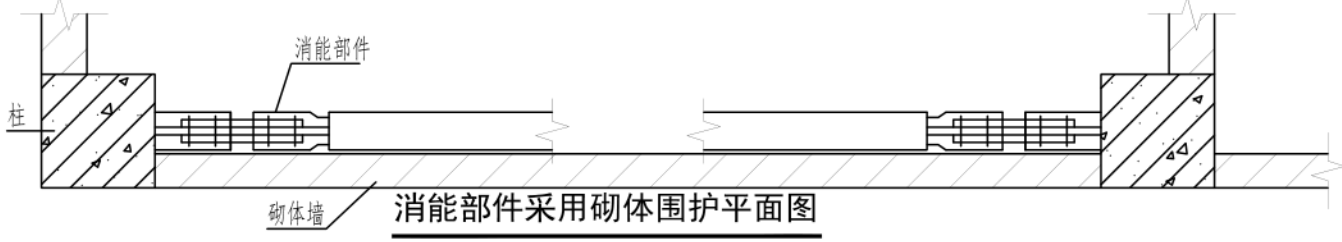
(4) 除了验算内嵌钢框架的受力外，还需要验算原主体结构与内嵌钢框架相连节点及构件受力是否满足要求。

(5) 为防止消能过程中，相连主体结构节点受力过大，对结构产生过大的不利影响，内嵌钢框架消能部件中选用的消能器最大输出力不宜过大，

(6) 过渡混凝土梁、柱采用的混凝土强度等级宜比原主体结构混凝土强度等级提高一级以上。



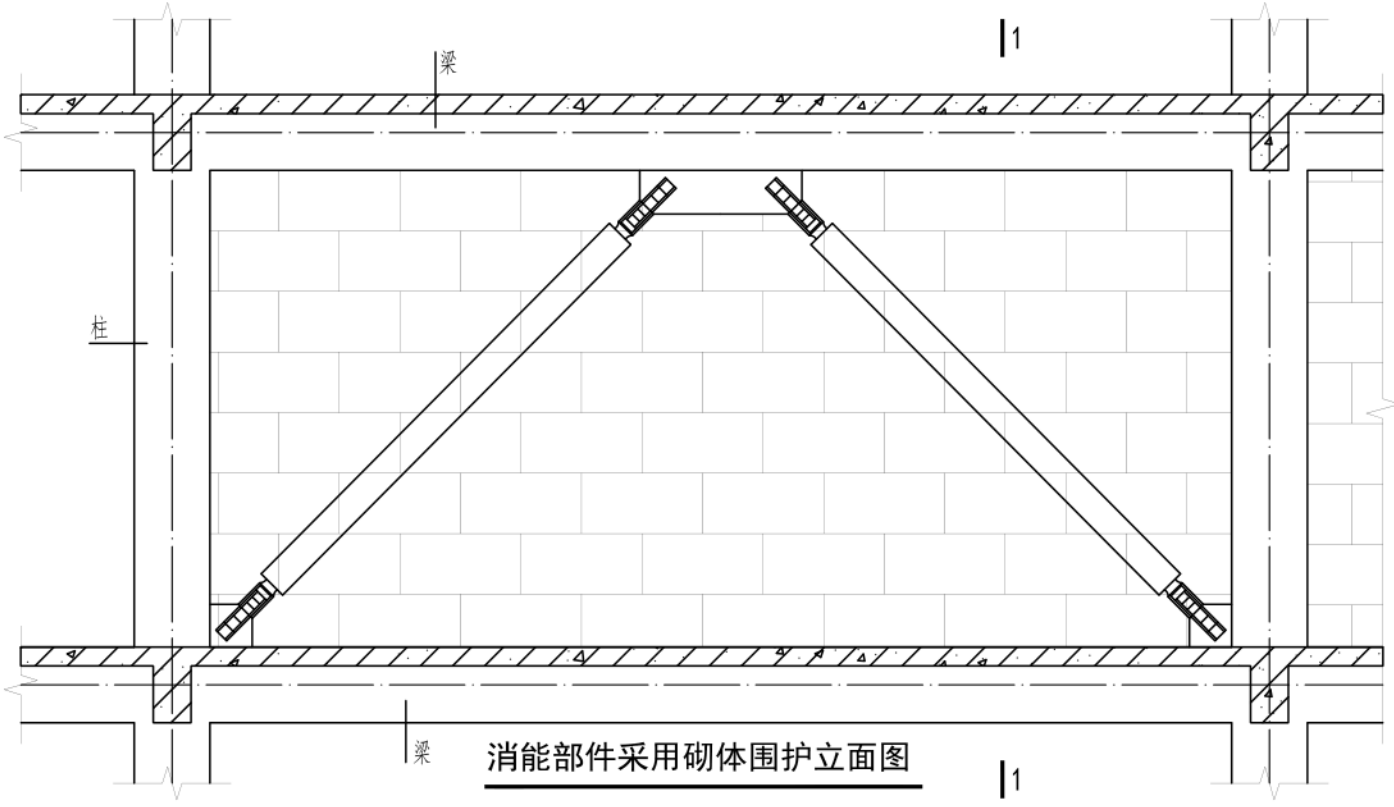
消能部件采用砌体围护立面图



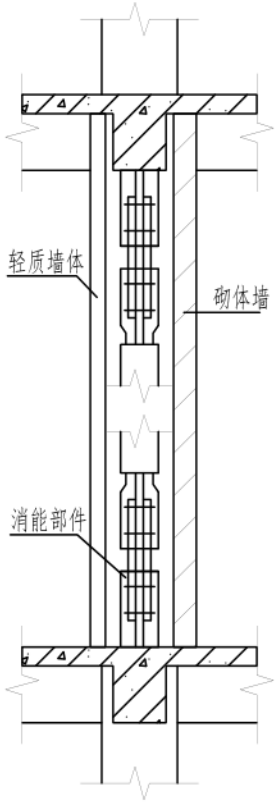
消能部件采用砌体围护平面图

注：1. 砌体墙中的构造柱、拉结钢筋应符合相关规范的要求。
2. 砌体墙与框架优先采用柔性连接。
3. 消能器与墙体之间应设置不小于10㎜的水平缝。

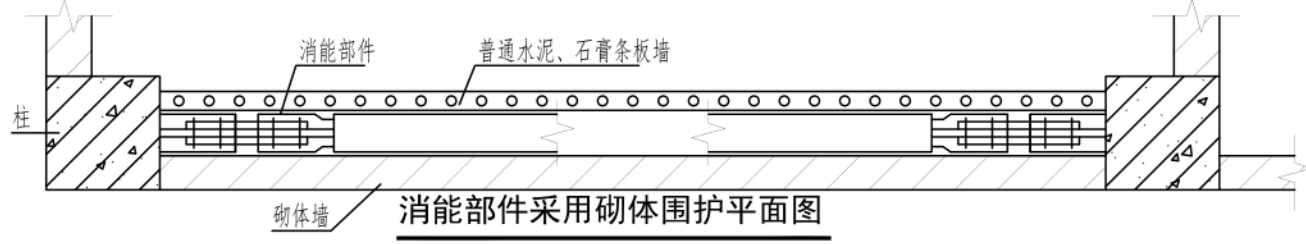
消能部件与砌体围护构造1									???	
??			??			??			?	112



消能部件采用砌体围护立面图



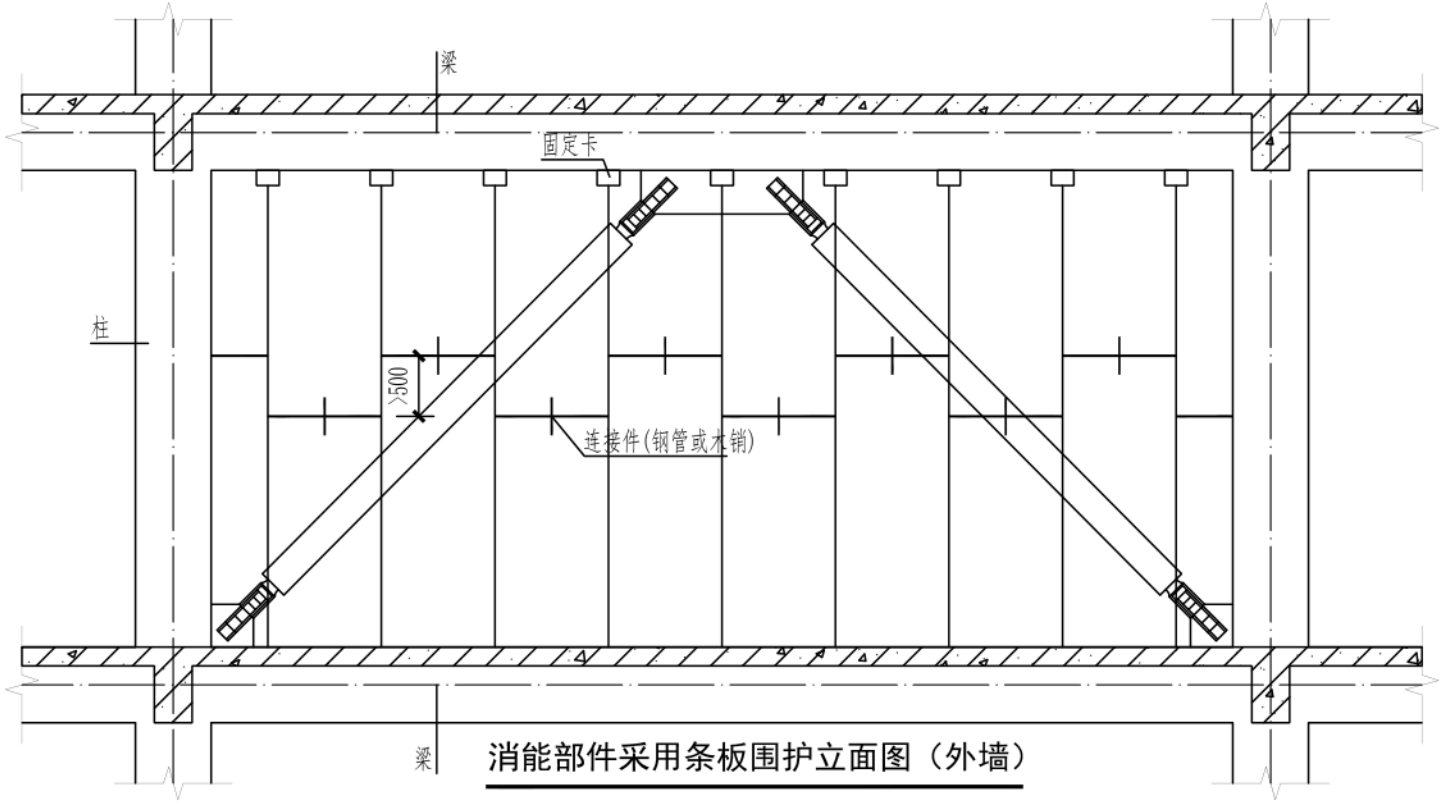
1-1



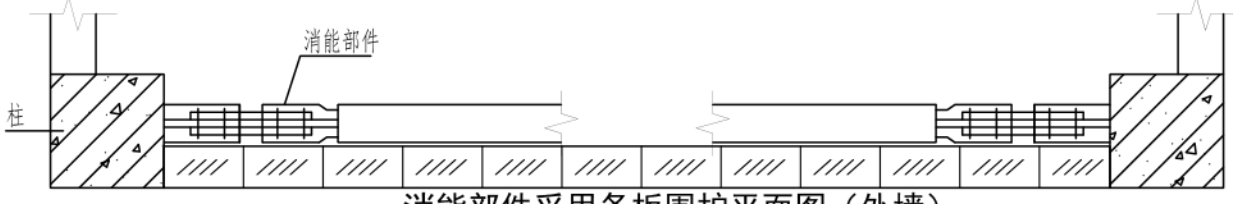
消能部件采用砌体围护平面图

注：1. 砌体墙中的构造柱、拉结钢筋应符合相关规范的要求。
2. 砌体墙与框架优先采用柔性连接。
3. 消能器与墙体之间应设置不小于10mm的水平缝。

消能部件与砌体围护构造2									???	
??			??			??			?	113



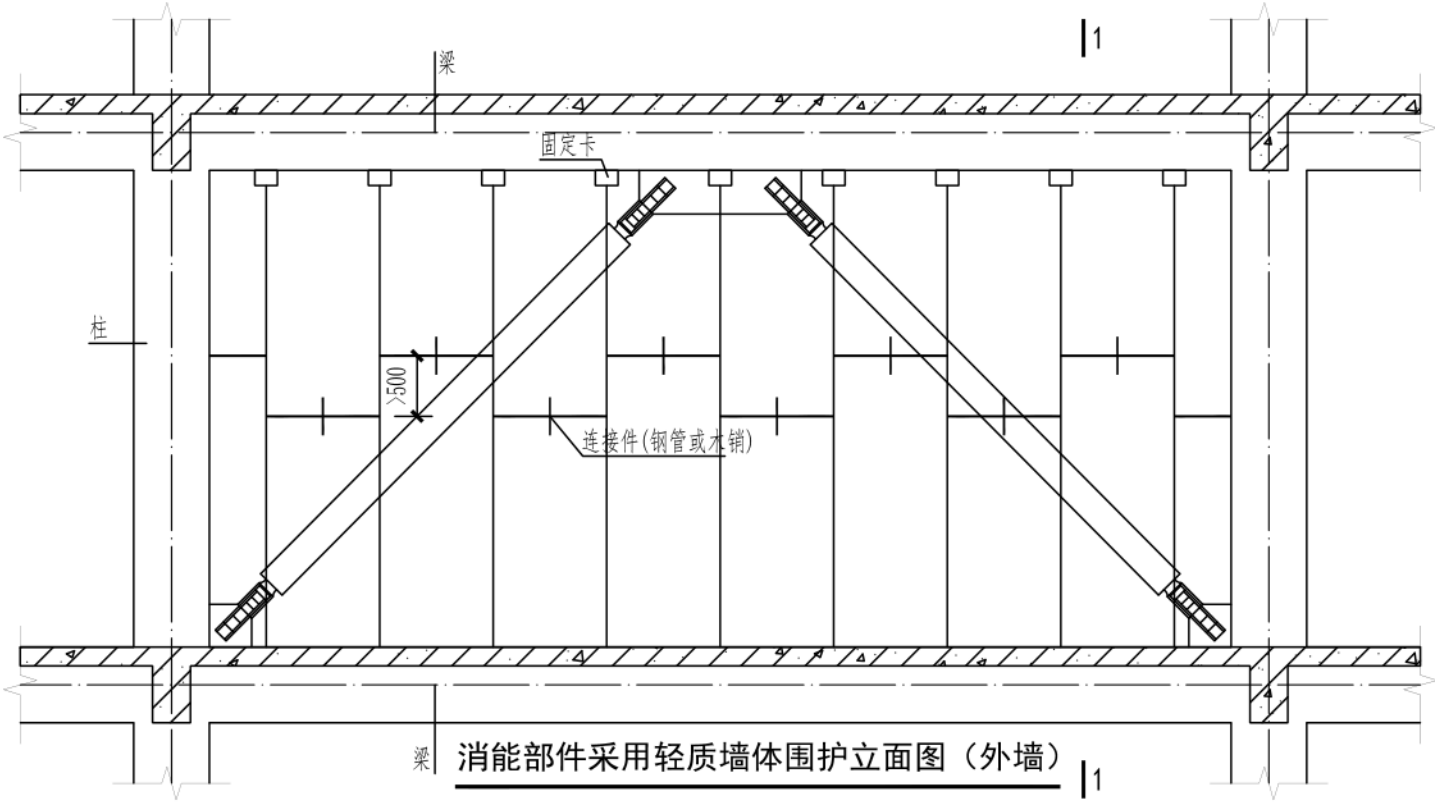
消能部件采用条板围护立面图（外墙）



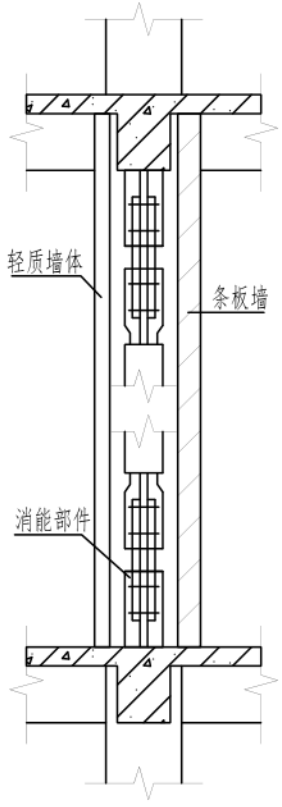
消能部件采用条板围护平面图（外墙）

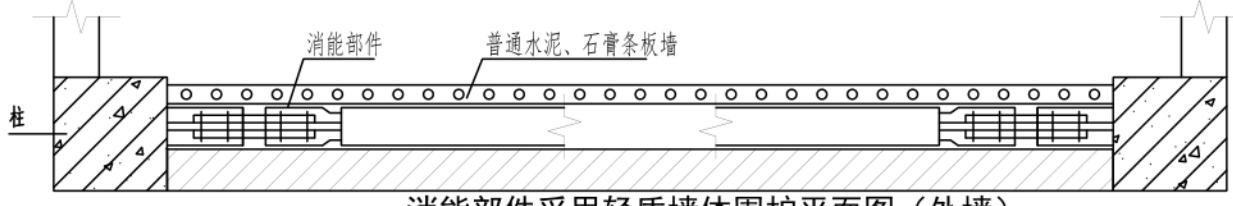
注：1. 条板墙可采用蒸压加气混凝土板材填充墙或其他适用于寒冷地区的条板墙。
2. 消能器与墙体之间应设置不小于10mm的水平缝。
3. 节能措施及做法详设计。

消能部件与外墙条板围护构造									???	
??			??			??			?	114



消能部件采用轻质墙体围护立面图（外墙）

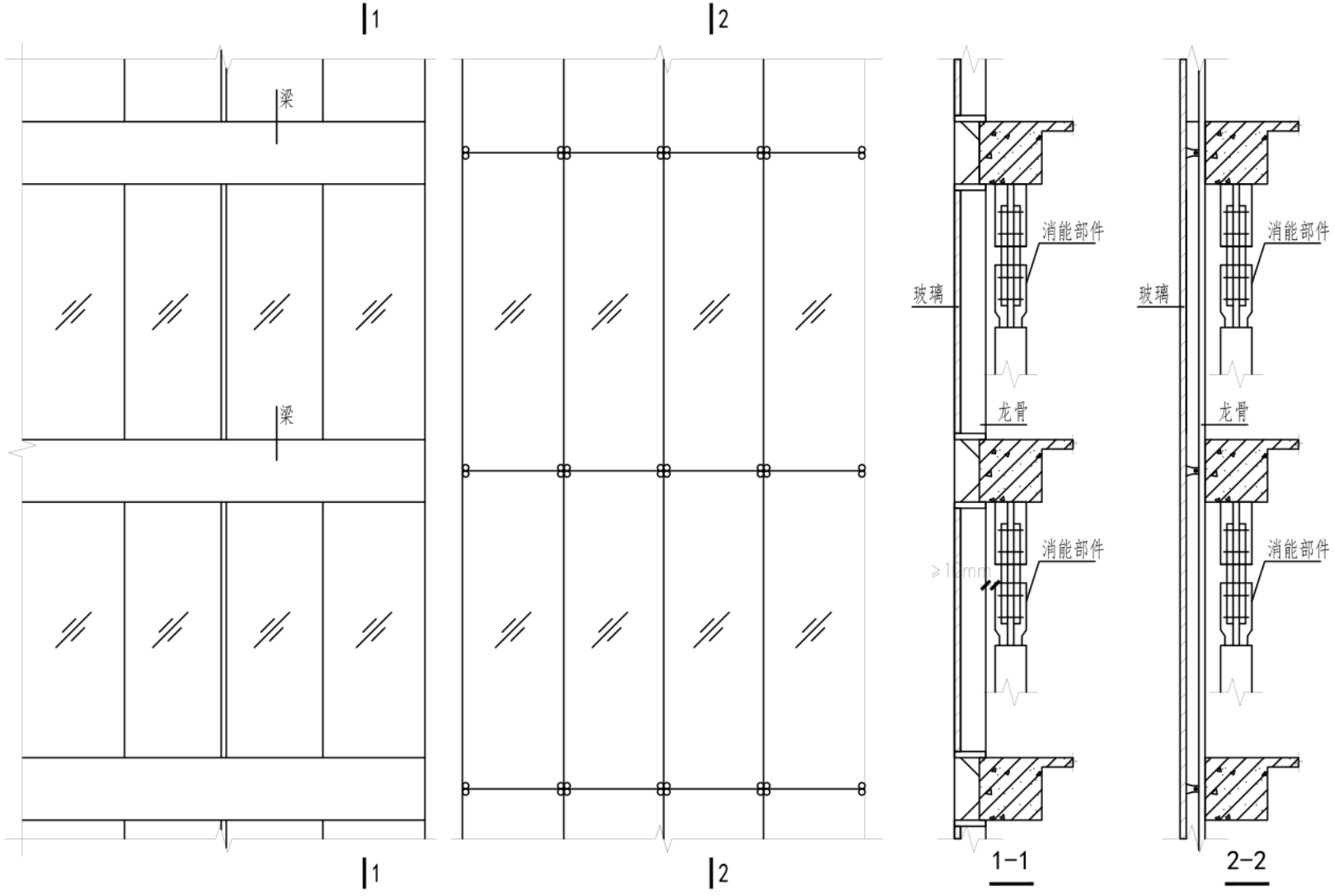




消能部件采用轻质墙体围护平面图（外墙）

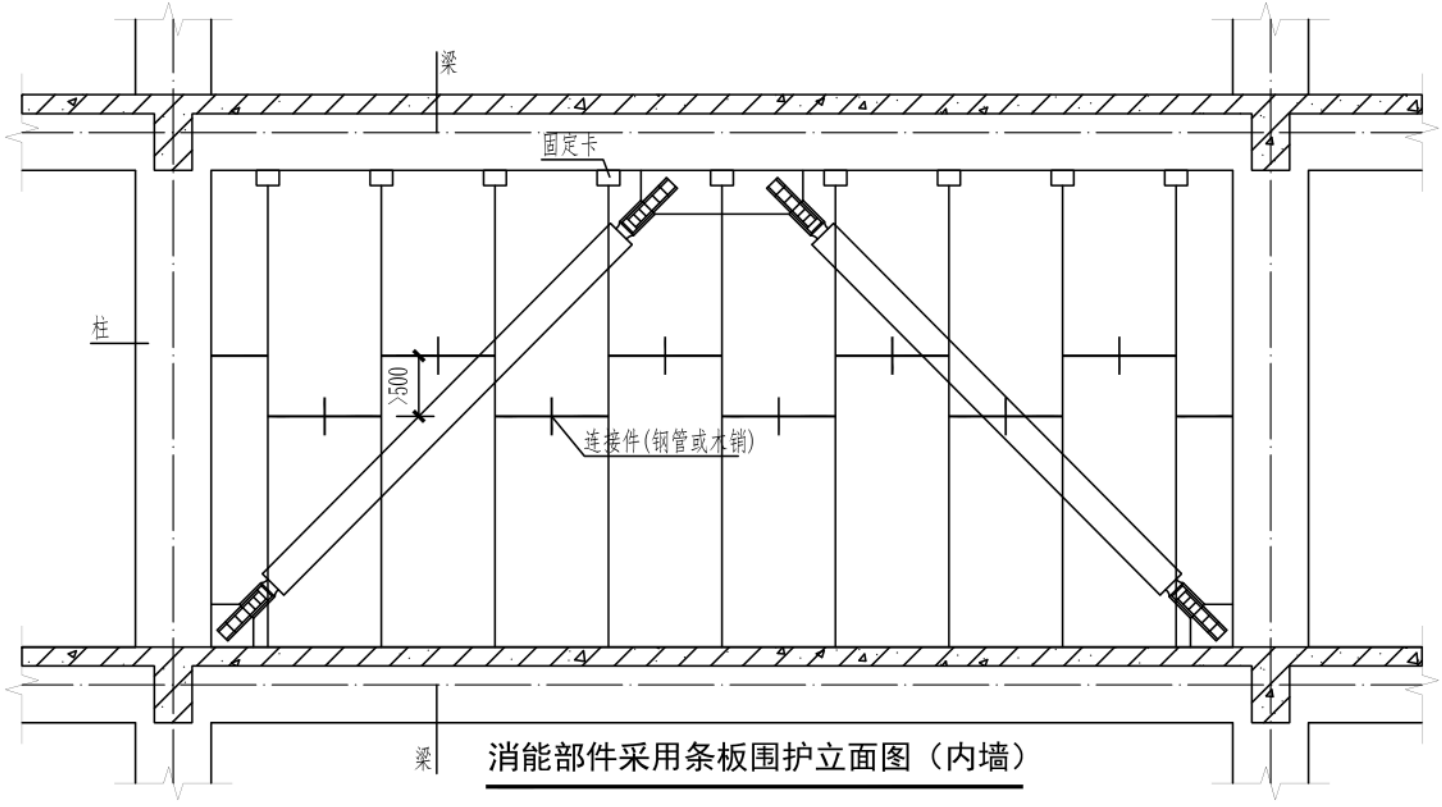
注：1. 条板墙可采用蒸压加气混凝土板材填充墙或其他适用于寒冷地区的条板墙。
2. 消能器与墙体之间应设置不小于10mm的水平缝。
3. 节能措施及做法详设计。

消能部件与外墙轻质墙板围护构造									图集号	
审核			校对			设计			页	115

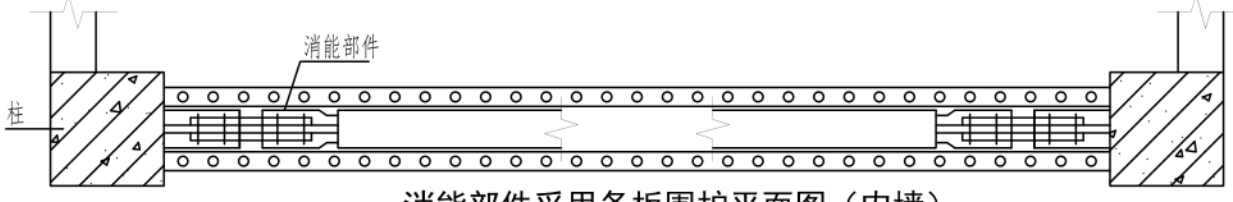


消能部件采用玻璃幕墙围护立面图

消能部件与玻璃幕墙围护构造									图集号	
审核			校对			设计			页	116



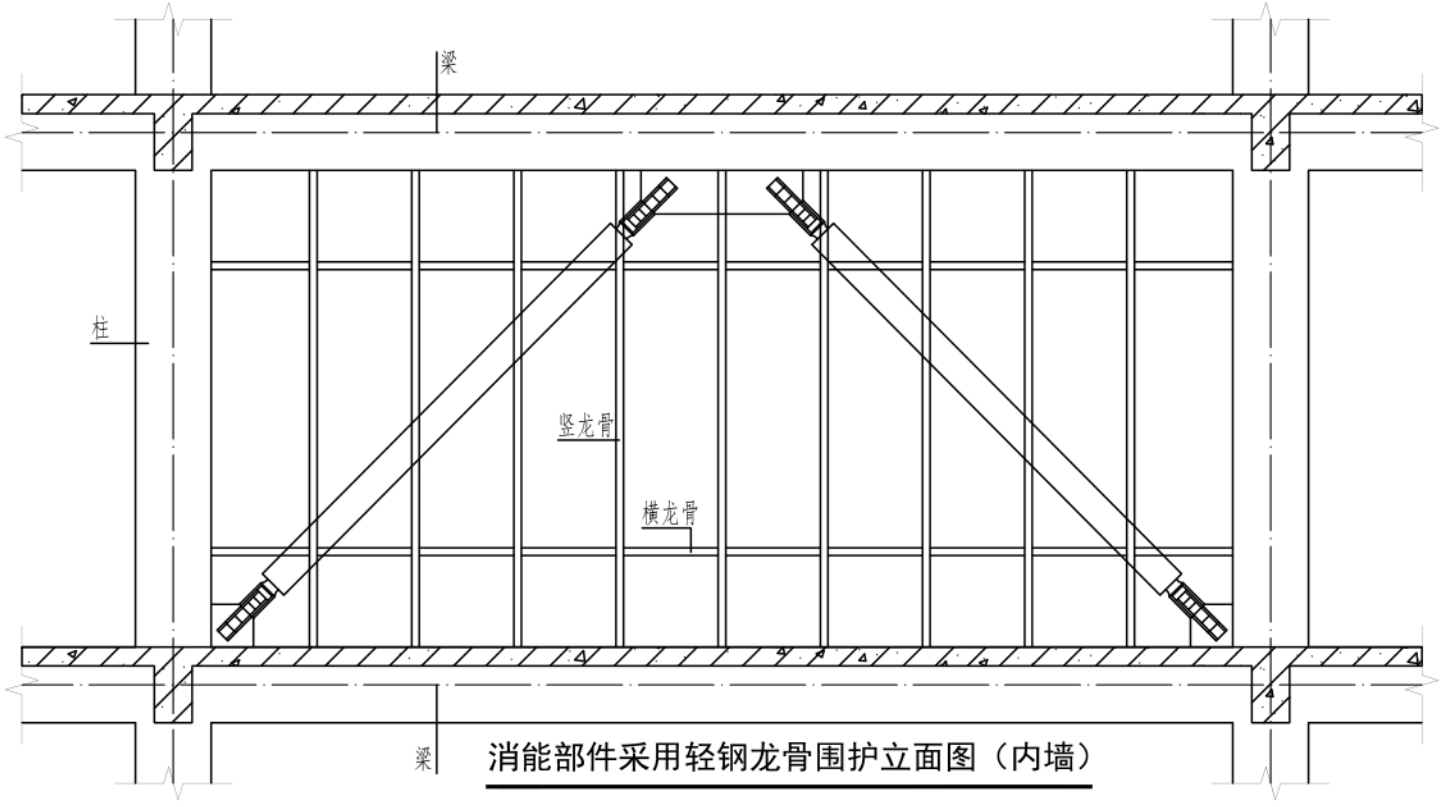
消能部件采用条板围护立面图（内墙）



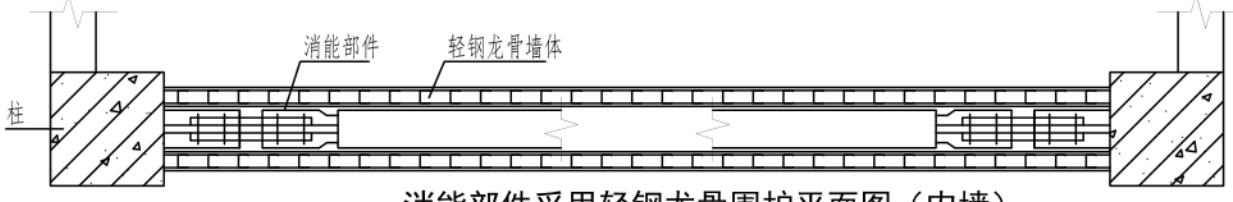
消能部件采用条板围护平面图（内墙）

注：1.条板墙可采用轻质墙体。
2.消能器与墙体之间应设置不小于10mm的水平缝。

消能部件与内墙条板围护构造									???	
??			??			??			?	117



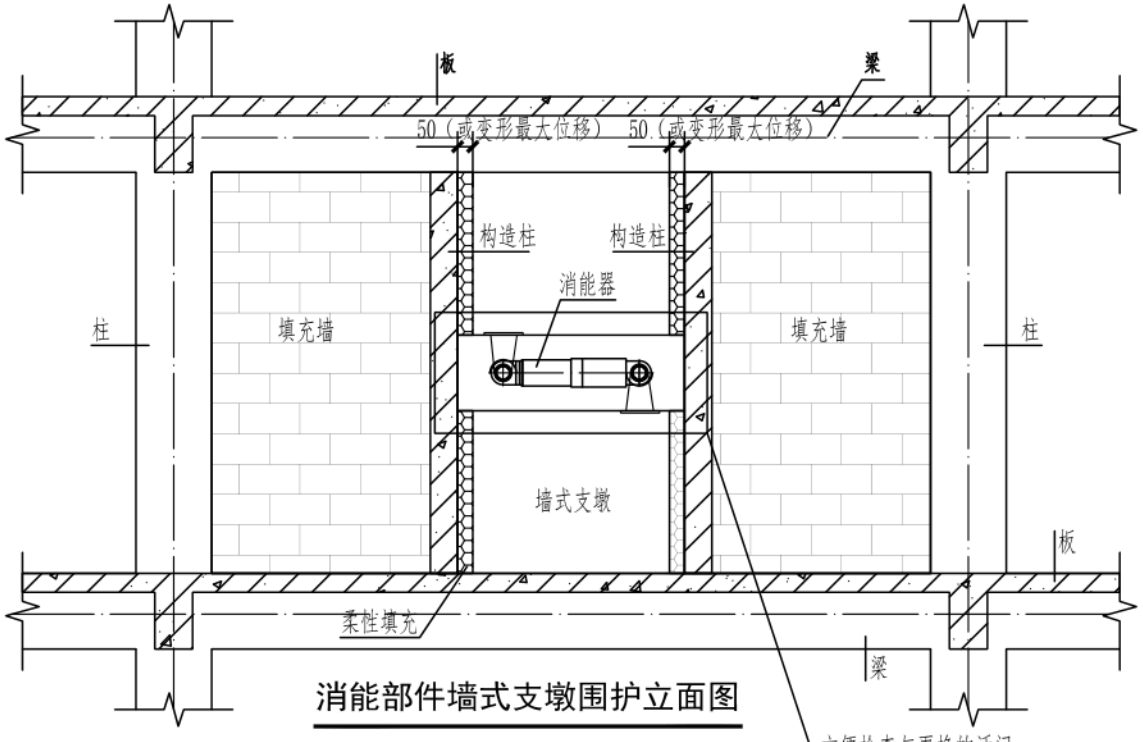
消能部件采用轻钢龙骨围护立面图（内墙）



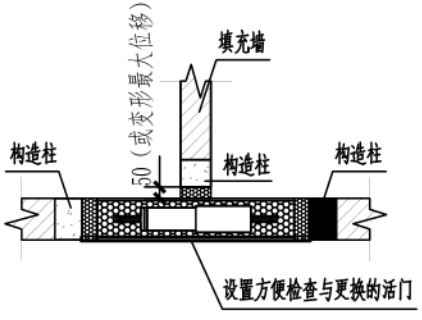
消能部件采用轻钢龙骨围护平面图（内墙）

注：1.消能器与墙体之间应设置不小于10mm的水平缝。
2.节能措施及做法详设计。

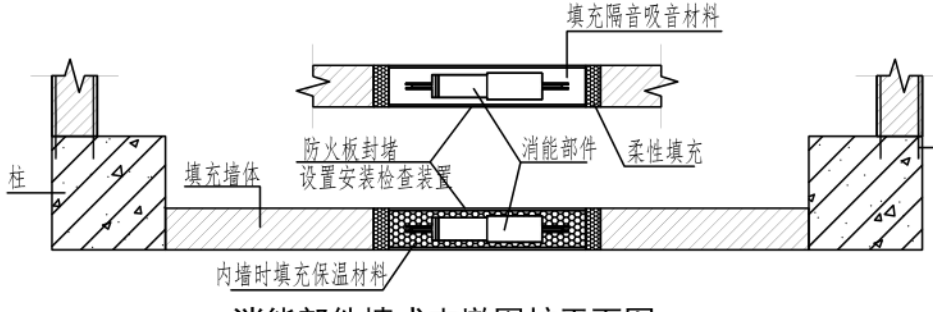
消能部件与轻钢龙骨围护构造									???	
??			??			??			?	118



消能部件墙式支墩围护立面图



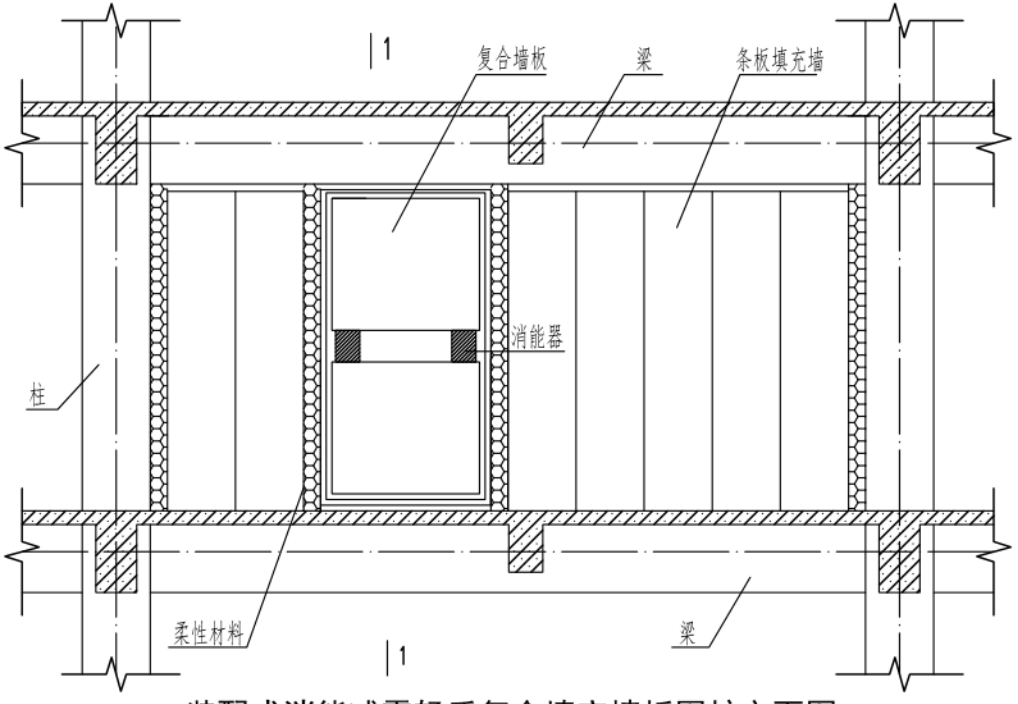
墙式支墩与垂直砌体墙连接做法

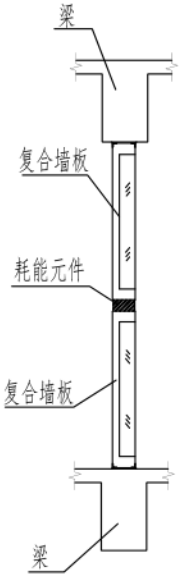


消能部件墙式支墩围护平面图

注：封堵后燃烧性能和耐火极限应满足墙体的整体要求。

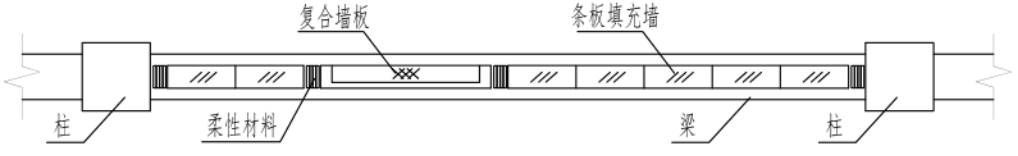
消能部件墙式支墩围护构造									图集号	
审核			校对			设计			页	119





1-1

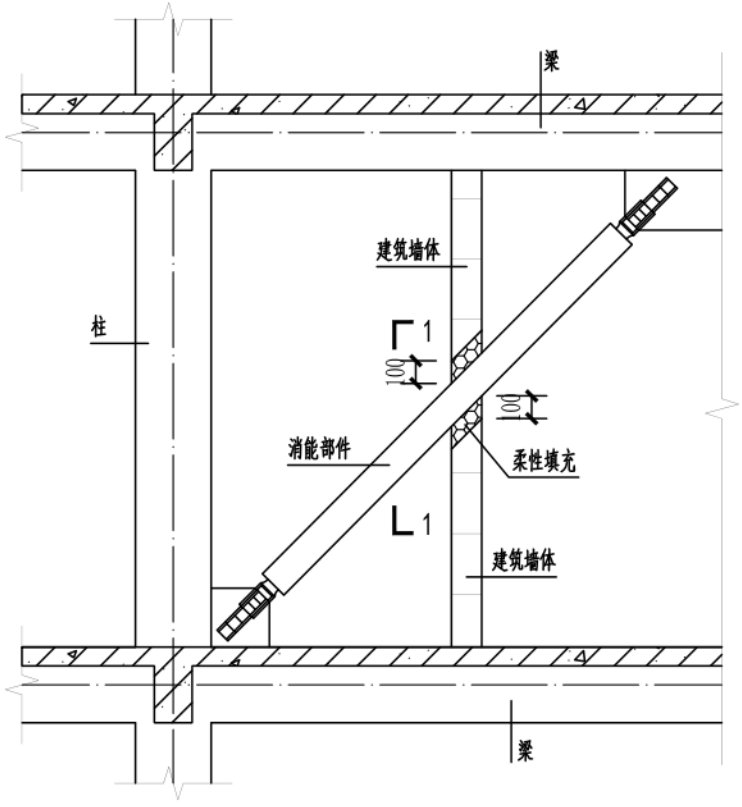
装配式消能减震轻质复合填充墙板围护立面图



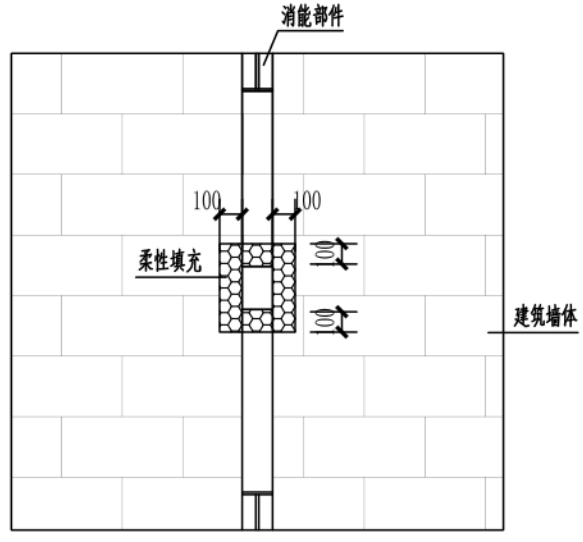
装配式消能减震轻质复合填充墙板围护平面图

注：消能器与墙体之间应设置的水平缝不小于消能器罕遇地震下的位移，且不小50mm。

装配式消能减震轻质复合填充墙板围护构造									???	
??			??			??			?	120

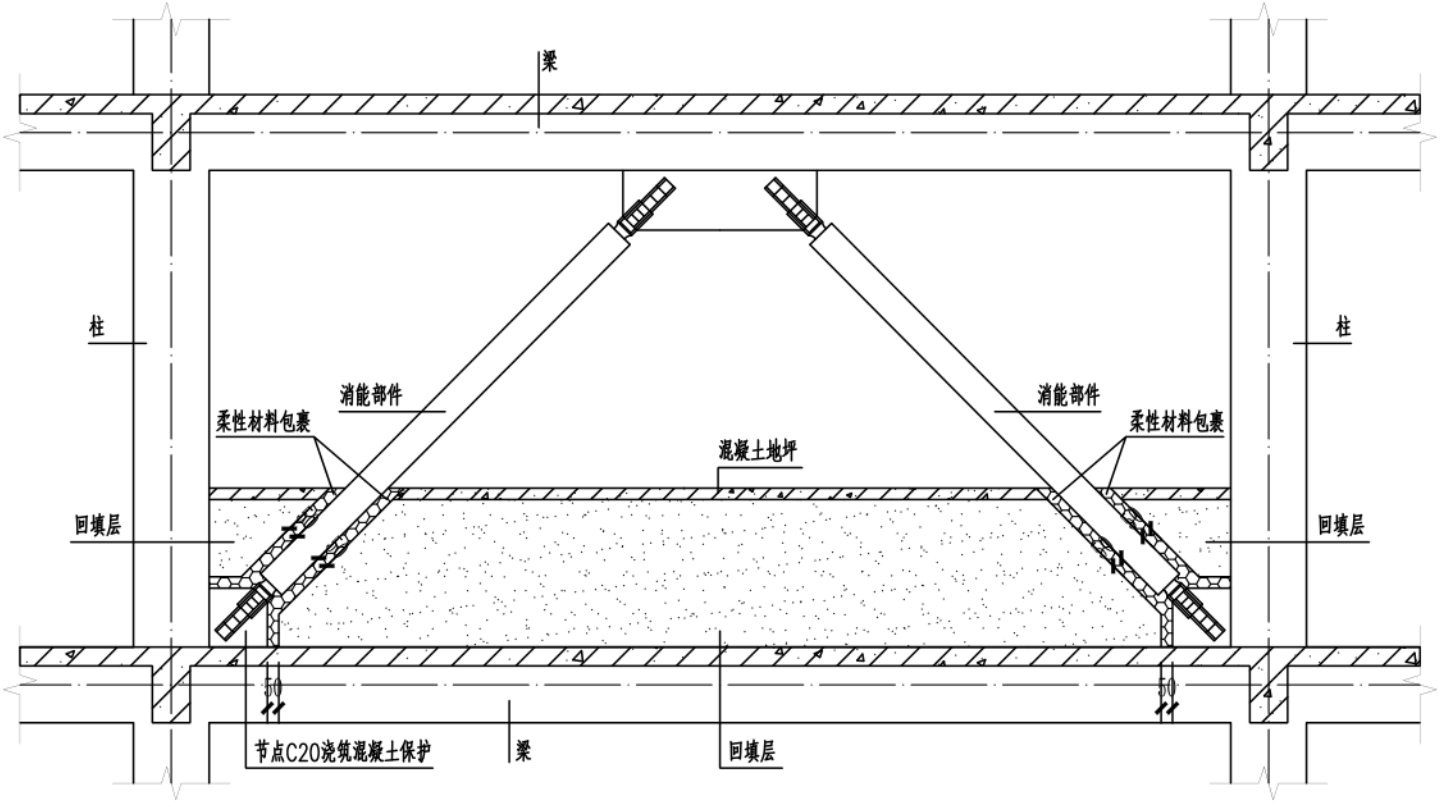


消能部件垂直穿越墙体构造



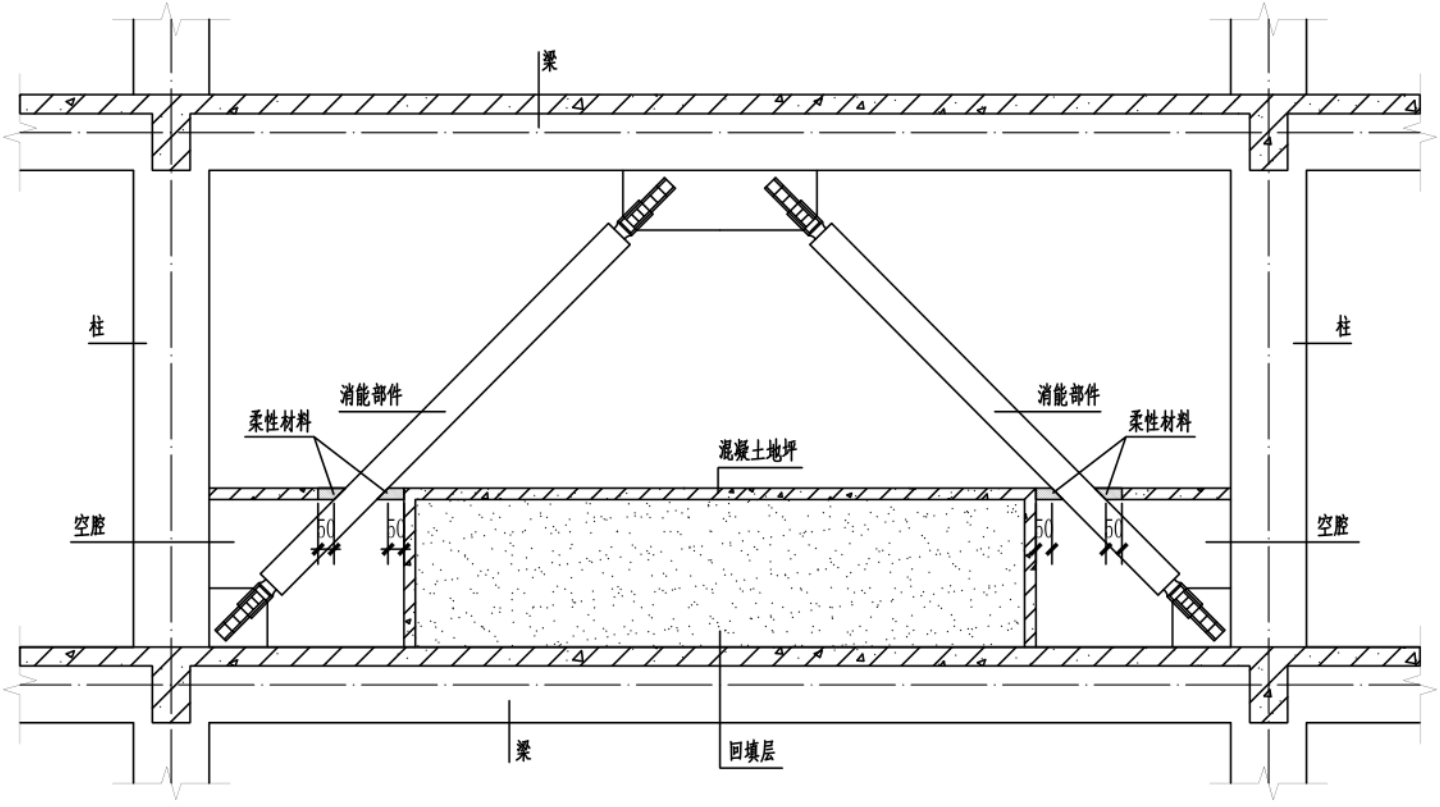
1-1

消能部件垂直穿越墙体构造									图集号	
审核			校对			设计			页	121



消能部件穿越室内回填层立面图（一）

消能部件穿越室内回填层构造1									图集号	
审核			校对			设计			页	122



消能部件穿越室内回填层立面图（二）

消能部件穿越室内回填层构造2									???		
??			??			??			?	123	

消能器部件的维护与更换

1 一般要求

1.1 消能部件子分部工程竣工验收前，应提交由设计、消能器厂家、施工等单位共同编写的使用维护手册；

1.2 消能器的维护检查可根据检查时间或时机可分为常规检查、定期检查和应急检查，并满足下列要求：

(1)常规检查应至少每年进行 1 次，可由减震建筑管理方或使用方实施，可采用目测检查的方法；

(2)消能部件应根据消能器的类型、使用期间的具体情况、消能器设计工作年限和设计文件要求等进行定期检查，可采用目测检查或仪器测试检验的方法；定期检查应委托专业机构实施。设计无要求时，在竣工验收后正常使用的第 3 年、第 5 年、第 5 年以后每 5 年进行 1 次定期检查；

(3)当发生地基不均匀沉降、地震、强风、火灾、洪涝等可能损伤消能器及其相关部件的灾害后，应及时进行应急检查，应急检查宜采用目测检查、仪器测试检验结合抽样检验，应委托专业机构实施；

(4)所有消能器在二次装修时应进行检查；

(5)消能器达到设计工作年限时应进行抽样检验，根据检验结果采取相应的措施；

(6)抽样检验时，应从结构中抽取在役的典型消能部件，对其基本力学性能进行试验检测，检测内容应反映其性能参数的变化，并可推定其后续工作年限；

(7) 维护检查结果应由减震建筑管理方或使用方存档保管。

1.3 当消能器表面出现破损、锈蚀，不影响使用性能时，应及时进行修复;影响使用性能时，应及时更换。

1.4 消能部件的防腐要求应符合国家现行标准《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251和《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205等的有关规定。

1.5 消能器经过火灾高温环境后，应对消能器进行全面检查和抽样检验，以判定继续使用或更换，抽样检验数量不应低于过火范围内消能器总数的10%且不应少于1件。火灾后应对消能器进行基本力学性能和耐久性能检测，其指标与设计值偏差超过 15%时应进行更换。

2 消能器部件的维护

减震建筑除对建筑一般维护项目进行检验、检查外，还应对减震建筑特有的项目进行检验、检查，检查项目包括消能器、连接件及相关构造措施。检查内容及维护方法应符合表2.1的规定。

表2.1 消能器检查内容及维护处理方法

检查项目	检查内容		检查方法	维护方法
消能器	黏滞消能器、黏滞阻尼墙	漏油、阻尼材料泄露、产生明显的损伤 、变形	观察、尺量	更换消能器
	金属屈服型消能器	产生明显的损伤、变形	观察、尺量	更换消能器
	摩擦消能器	摩擦材料磨损、脱落,接触面施加压力的装置松弛，产生明显的损伤、变形	观察、尺量	更换相关材料、压力装置，更换消能器
	屈曲约束支撑	芯材外露，产生明显的损伤、变形	观察、拉线尺量	更换消能器
	黏弹性消能器	黏弹材料老化、龟裂、产生明显的损伤、变形	观察、尺量	更换消能器
消能器与主体结构或消能子结构连接部位	螺栓松动、焊缝损伤、焊缝开裂、销轴变形		观察、小锤敲击，卡尺测量	拧紧螺栓、补焊，更换销轴
消能器外露金属面、摩擦面;消能器、连接件表面涂装	黏滞消能器导杆、摩擦消能器外露摩擦面出现腐蚀、表面污垢硬化结斑结块;被涂装金属表面外露、锈蚀或损伤，防腐或防火涂装出现裂纹、起皮、剥落、老化等		观察	及时清除；重新涂装
消能器周围构造	限制、阻碍消能器正常工作的障碍物		观察	及时清除

3 消能器部件的更换

3.1 更换的消能器应与原消能器的性能参数一致,且需经原设计单位或有资质的设计单位复核确认;消能部件更换作业时需严格记录消能减震器所在位置、更换部位、更换原因(地震、强风、火灾等)、产品供给单位、承接更换作业的企业及操作人员等。

3.2 消能器的施工工法与工程之间具有很强的联系。在施工过程中，先进行支撑构件的拆除和清理，然后根据实际情况选取合适的新支撑构件进行更换和安装。采取的技术措施包括支撑构件的定位、固定和连接方式的选择，以及材料的选取和加固措施的施工等。这些措施和方法都可以根据具体工程进行调整和优化，以保证施工的质量和效果。

3.3 消能部件更换施工应结合主体结构、消能部件类型及现场施工条件编制包含拆卸和安装方法、步骤及顺序的专项施工方案；当消能部件既承受水平剪力、又承担竖向压力时，消能部件的更换施工尚应编制卸载专项方案。

3.4 消能部件更换施工的拆卸和安装顺序，应由建设单位、设计单位、施工单位和消能器生产厂家等共同确定。

常见的更换的流程图如下：

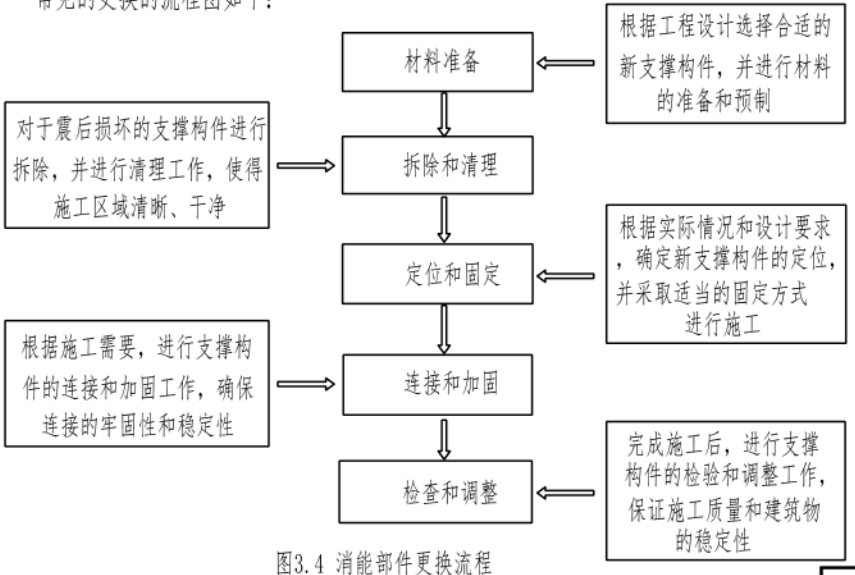


图3.4 消能部件更换流程

4 消能减震墙板的检测与维护

4.1 消能减震墙板的定期检测应包含下列项目：

(1)墙板整体、单元板块间有无变形、错动、松动，如有，应对墙板及相连主体结构进一步检测；

(2)墙体是否存在开裂或破损；

(3)墙体与主体结构节点连接件是否出现锈蚀、连接是否可靠；

(4)密封胶有无脱胶、开裂、气泡，密封胶条有无脱落、老化等损坏现象；

(5)设置在有防水需求位置的墙体的防水系统是否完整。

4.2 消能减震墙板的保养和维修应符合下列规定：

(1)当发现门、窗启闭不灵或附件损坏等现象时，应及时修理或更换；

(2)当发现密封胶或密封胶条脱落或损坏时，应及时修补与更换；

(3)当发现墙体与主体结构节点连接件锈蚀时，应及时除锈补漆或采取其他防锈措施。

4.3 定期检查发现消能减震墙板局部损坏但不影响墙体构件整体性能时，可采用局部维修或更换损坏部位的方式；当影响到墙体构件整体性能时，应更换损坏的墙体。

4.4 灾后检查和修复应符合下列规定

(1)当消能减震墙板遭遇地震、火灾后，应有专业技术人员对墙体进行全面检查，并根据损坏程度指定处理方案，及时处理；

(2)对于装配式减震墙板或阻尼填充墙，地震后出现沿耗能减震元件发展的墙体裂缝时，可仅对此处附近的墙体表面进行铲除并重新修补；若接缝处出现墙体裂缝时，需铲除接缝处墙体表面腻子层，对接缝处密封胶进行检查，必要时对密封胶进行修复或更换，然后再重新修补此处腻子层；

(3)对于装配式金属消能减震复合墙板，地震后应着重检查与减震耗能元件相接触的墙体部位，对损坏处进行修补。此外，需对减震耗能元件进行检查，必要时进行更换。

4.5 消能减震墙板施工流程

消能减震墙板施工流程见下图：

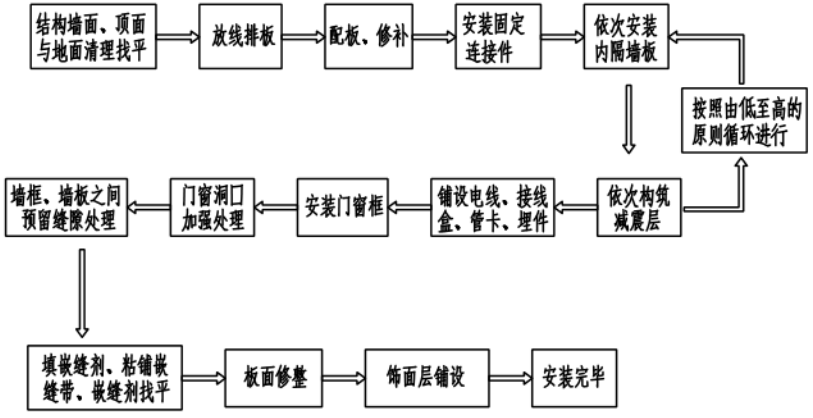


图4.5 消能减震墙板施工流程

消能减震墙板的检测与维护									图集号	
审核			校对			设计			页	126

4 减震建筑标识的验收与维护

4.1 减震标识的类型、材质、规格、数量及安装位置应符合设计文件的有关要求；

4.2 标识安装方式可根据项目实际情况采用螺栓连接、铆钉连接或粘接，保证安装稳固、耐久。安装完成后不应被遮挡；

4.3 标识维护内容应与建筑工程减震维护内容统筹，编写维护手册，交付时一并提供给使用方或管理方安全责任人。

4.4 标识作为减震工程维护内容的重要组成部分，竣工验收后，还应对减震标识进行检查，并应符合下列规定：

(1)标识不应被遮挡、涂污、发生异常变形、破损、脱落或无法辨认；

(2)检查方法宜采取观察或尺量；

(3)维护方法宜进行清洗或更换。

4.5 在建筑使用期内，标识出现变形、损坏、丢失时，使用方或管理方应及时进行更换或补充。

4.6 典型减震标识见下图。



减震层标识一



减震层标识二



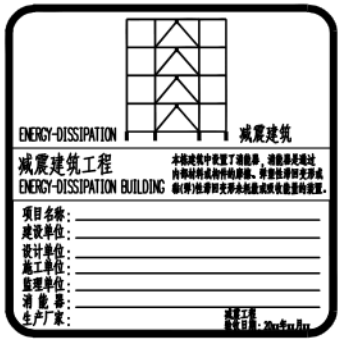
减震缝标识



连接标识



减震缝标识



建筑工程减震主标识

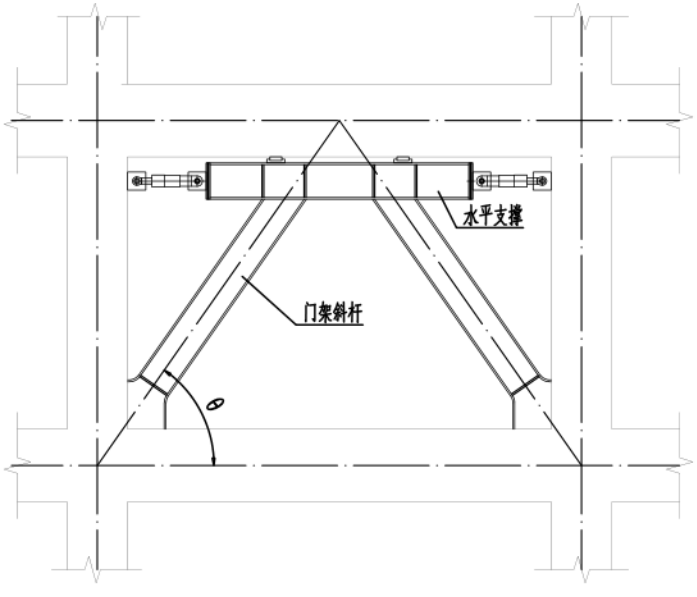
减震建筑标识的验收与维护									图集号	
审核			校对			设计			页	127

算例1 消能器门架支承构件计算

1 计算参数

门架斜杆长度为4.6m，采用黏滞阻尼器，阻尼器阻尼系数1000kN·s/m，阻尼器工作时最大输出阻尼力F_{dmax}=750kN，行程±50mm，门架斜杆采用Q235B，钢材强度设计值f=205MPa，弹性模量E=2.06×10^5N/mm^2，门架斜杆与框架梁夹角θ=55°，cosθ=0.57。结构基本自振周期T_f=1.24s。构件示意如下图所示。

门架斜杆及水平支撑截面均选用焊接H型钢，截面尺寸H600×300×15×30。



消能器门架支承示意

2 门架斜杆截面验算

2.1 强度验算及截面选用

单侧所需承载力应满足下式：

$$N \geqslant 1.2F_{dmax}/2\cos\theta$$

式中：N为单侧斜向支撑的承载力；F_{dmax}为消能器工作时最大输出阻尼力。

根据承载力要求，斜杆支撑所需要面积为A=N/f；

本算例中一跨门架内布置了2个黏滞阻尼器，故斜杆支撑所需要的面积为A≥2×1.2×750×1000/(2×0.57)/205=7702mm^2。

门架斜杆选择焊接H型钢 H600×300×15×30，截面面积为26100mm^2，大于计算所需面积。斜杆支承强轴和弱轴的截面回转半径分别为i_x=252.2mm，i_y=72mm。

2.2 门架支承斜杆稳定性验算

1）门架支承斜杆的整体稳定性应满足下式要求：

$$1.2F_{dmax}/(2\cos\theta\cdot\varphi\cdot A)\leqslant f$$

门架支承斜杆在平面内和平面外的杆端均按铰接计算，计算长度系数μ=1.0。焊接H型截面分类取为b类。

本算例中门架斜杆截面为H型钢。长细比为λ_x=1.0×4600/252.2=18.24；λ_y=1.0×4600/72=63.89，经查表得稳定系数φ=0.786。

本算例中一跨门架内布置了2个黏滞阻尼器，故整体稳定验算为：

2×1.2×750×1000/(2×0.57×0.786×26100)=76.97MPa<205MPa

所选截面满足整体稳定验算需求。

消能器门架支承构件计算									图集号	
审核			校对			设计			页	128

2）门架支承斜杆的局部稳定性应满足下式要求：

翼缘：$\frac{b}{t}=(10+0.1\lambda)\sqrt{\frac{235}{f_y}}$

腹板：$\frac{h_0}{t}=(25+0.5\lambda)\sqrt{\frac{235}{f_y}}$

代入可得：

翼缘：142.5/30=4.75＜16.389；

腹板：540/15=36＜56.945；

所选截面满足局部稳定要求。

3 水平支撑截面验算

3.1 强度验算及截面选用

水平支撑所需承载力应满足下式：

$$N\geqslant 1.2F_{dmax}$$

式中：N为水平支撑的承载力；F_{dmax}为消能器工作时最大输出阻尼力。

根据承载力要求，水平支撑所需要面积为A=N/f；

本算例中一跨门架内布置了2个黏滞阻尼器，故水平支撑所需要的面积为

$A\geqslant 2\times 1.2\times 750\times 1000/205=8780.5mm^2$。

水平支撑选择焊接H型钢 H600×300×15×30，截面面积为$26100mm^2$，大于计算所需面积。水平支撑强轴和弱轴的截面回转半径分别为i_x=252.2mm，i_y=72mm。

3.2 水平支撑稳定性验算

（1）水平支撑的整体稳定性应满足下式要求：

$$1.2F_{dmax}/(\varphi\cdot A)\leqslant f$$

根据对称原则，水平支撑在平面内和平面外的杆端按一端刚接，一端铰接计算，计算长度系数μ=2.0。水平支撑长度l=1.75m。焊接H型截面分类取为b类。

本算例中门架斜杆截面为H型钢。长细比为$\lambda_x=1.0\times 3500/252.2=13.88$；$\lambda_y=1.0\times 3500/72=48.61$，经查表得稳定系数$\varphi$=0.863。

故水平支撑整体稳定验算为：

$2\times 1.2\times 750\times 1000/(0.863\times 26100)=79.91MPa<205MPa$

所选截面满足整体稳定验算需求。

（2）水平支撑的局部稳定性应满足下式要求：

翼缘：$\frac{h_0}{t}=(25+0.5\lambda)\sqrt{\frac{235}{f_y}}$

腹板：$\frac{b}{t}=(10+0.1\lambda)\sqrt{\frac{235}{f_y}}$

代入可得：

翼缘：142.5/30=4.75＜16.389；

腹板：540/15=36＜56.945；

所选截面满足局部稳定要求。

4 门架支承刚度验算

单侧门架支承在阻尼器往复变形方向的刚度K_b宜符合下式要求：

$$K_b\geqslant(6\pi/T_1)C_v$$

式中：T_1为结构基本自振周期；C_v为阻尼器阻尼系数。

其中，门架斜杆支撑在消能器往复变形方向的刚度K_b根据下式确定：

$$K_b=2\cos^2\theta\cdot K$$

式中，K为门架斜杆单侧的轴向刚度，θ为门架斜杆与水平方向夹角。

门架斜杆支撑的刚度为：

$$K_{b1}=2\times 0.57^2\times 2.06\times 10^5\times 26100/4600=759503kN/m$$

水平杆在消能器往复变形方向的刚度K_{b2}为：

$$K_{b2}=2.06\times 10^5\times 26100/3500=1536171kN/m$$

斜杆与水平杆的串联刚度K_b为：

$$K_b=K_{b1}K_{b2}/(K_{b1}+K_{b2})=508228kN/m$$

故门架支承刚度验算结果如下；

$$K_b=508228kN/m\geqslant(6\pi/1.24)\times 1000=15201kN/m$$

所选截面满足门架支承刚度要求。

消能器门架支承构件计算									图集号	
审核			校对			设计			页	129

算例2 节点板计算

1 计算参数

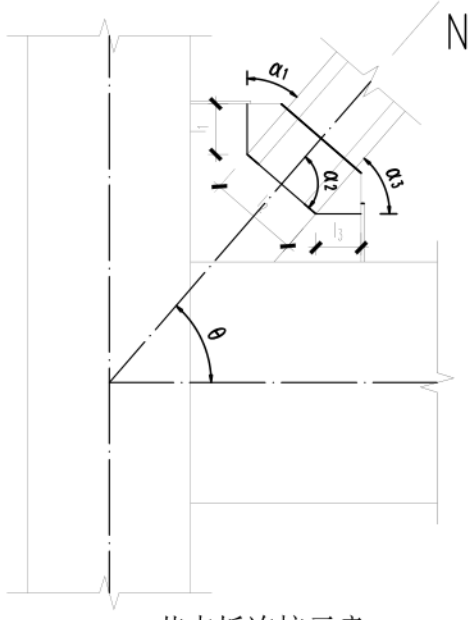
消能器工作时最大输出阻尼力F_{dmax}=5500kN，斜杆与水平方向夹角θ=49°，cosθ=0.66。斜杆采用Q355B钢材，强度设计值f=290MPa，斜杆腹板厚度50mm，宽度为300mm。

2 节点板验算

2.1 强度验算

根据《建筑消能减震技术规程》（JGJ297-2013）7.4.2条，节点板在抗拉、抗剪作用下的强度应按下列公式计算：

$$\sigma=\frac{N}{\sum(\eta_i A_i)}\le f \qquad \eta_i=\frac{1}{\sqrt{1+2(\cos\alpha_i)^2}}$$



节点板连接示意

式中：N为作用于节点板上的消能器作用力，取1.2F_{dmax}；

A_i为第i段破坏面的截面积，$A_i=t\,l_i$；当为螺栓连接时应取净截面面积；

η_i为第i段的拉剪折算系数；

f为钢材的抗拉和抗剪强度设计值；

α_i为第i段破坏线与拉力轴线的夹角；

t为节点板厚度；

l_i为第i段破坏段的长度，应取板件中最危险的破坏线的长度。

本算例中：节点板上所受消能器作用力N=1.2×5500=6600kN；节点板厚t=50mm；破坏线长度l_1=150mm，α_1=49°；破坏线长度l_2=300mm，α_2=90°；破坏线长度l_3=167mm，α_3=41°；

代入上述公式可得：η_1=0.73；η_2=1.00；η_3=0.68；

σ=6600×1000/（50×150×0.73+50×300×1.00+50×167×0.68）=252.4MPa<290MPa

2.2 稳定性验算

根据《建筑消能减震技术规程》（JGJ297-2013）7.4.3条，节点板c/t不大于15$\sqrt{}$（235/f_y）时，可不进行稳定验算。

本算例中：c=210mm，t=50mm，c/t=4.2<15$\sqrt{}$（235/355）=12.2，满足稳定性要求。

消能器门架节点板计算									图集号	
审核			校对			设计			页	130

算例3 悬臂墙计算

1 计算参数

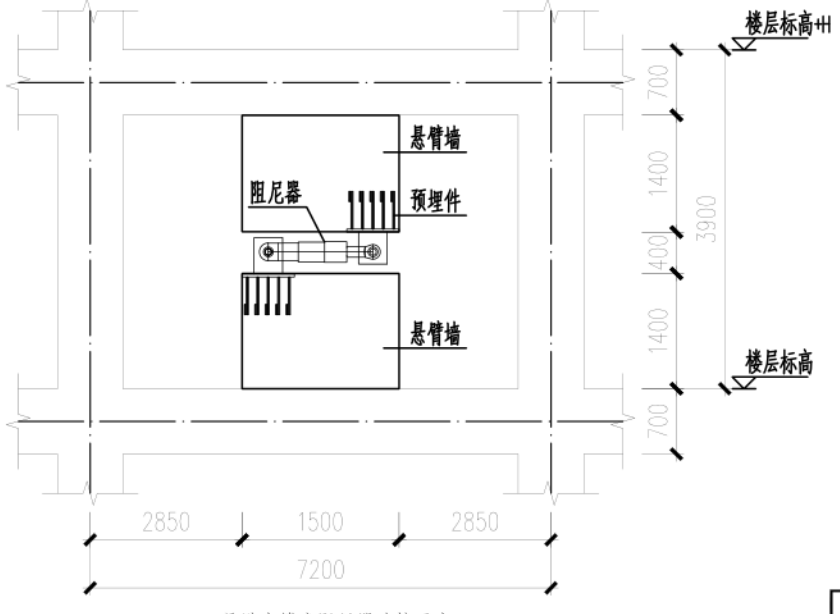
悬臂墙支承式消能器悬臂支墩长1.6m，层高3.9m，墙厚b=200mm，$a_s=a_s'$=150mm，钢筋等级HRB400，f_y=360MPa；混凝土等级为C30，f_c=14.3MPa，混凝土弹性模量E=3.15×10^4MPa。

根据《建筑消能减震技术规程》(JGJ297-2013)7.1.6条规定：与位移相关型或速度相关型消能器相连的预埋件、支撑、支墩、剪力墙及节点板的作用力取值应为消能器在设计位移或设计速度下对应阻尼力的1.2倍。

验算内力值：V=max(设计值×1.2，极限值)；

M=V×hw。

其中：hw为阻尼器出力位置至悬臂墙墙根的距离，当上下悬臂墙不对称时，应取较大值。



悬臂支撑式阻尼器连接示意

本工程阻尼器设计出力228kN，取230kN。

悬臂墙设计内力：V=230×1.2=276kN

M=276×(1.4+0.2)=441.6kN·m

2 刚度验算

悬臂墙截面惯性矩：

$I=(0.2\times1.5^3)/12=0.05625m^4$

悬臂墙弯剪刚度：

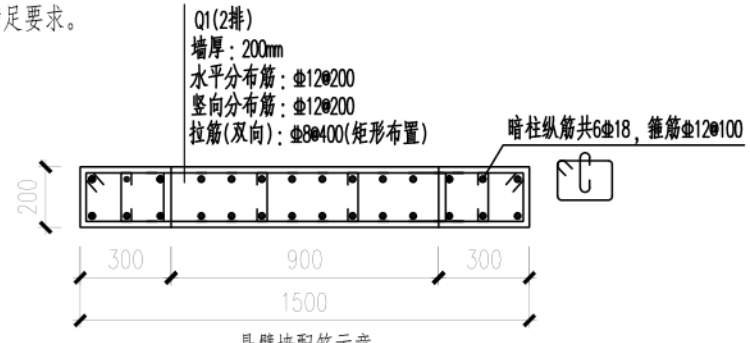
$K=1/[1.4^3/(12\times3.15\times10^7\times0.05625)+1.2\times1.4/(0.4\times3.15\times10^7\times0.2\times1.5)]=1.74\times10^6$kN/m,满足《建筑消能减震技术规程》(JGJ297-2013)6.3.1条规定。

3 受弯计算

根据《混凝土结构设计规范》GB50010-2010(2015版)第6.2.14条规定，悬臂墙暗柱配筋计算如下：

$$As=As'\geq\frac{M}{\gamma_{RE}f_y(h-a_s-a'_s)}$$

代入数据计算可得：$A_s=A_s'\geqslant441.6\times10^6/[0.85\times360\times(1500-150-150)]=1203mm^2$，暗柱(200×300)配筋6_18，实配面积$A_s=1526mm^2$，满足要求。



悬臂墙配筋示意

悬臂墙配筋连接件及预埋件的计算									图集号	
审核			校对			设计			页	131

4 受剪计算

根据《混凝土结构设计标准》GB50010-2010(2015版)第11.7.3~11.7.4条规定，受剪计算如下：

(1)受剪截面验算

剪跨比大于2.5时：

$$V \le \frac{1}{\gamma_{RE}}(0.20\beta_c f_c b_w h_{w0})$$

剪跨比不大于2.5时：

$$V \le \frac{1}{\gamma_{RE}}(0.15\beta_c f_c b_w h_{w0})$$

剪跨比λ=M/Vhw0=470.4×10^6/[360×10^3×(1500-150)]=0.97<2.5

设计剪力V=336kN<[0.15×1.0×14.3×200×(1500-150)]×10^{-3}/0.85=681kN

故，悬臂墙受剪截面满足要求。

(2)抗剪承载力验算

根据《混凝土结构设计标准》GB/T 50010第11.7.4条，悬臂墙抗剪承载力可按下式计算：

$$V \le \frac{1}{\gamma_{RE}}[\frac{1}{\lambda-0.5}(0.4f_t b_w h_{w0}) + 0.8f_{yv}\frac{A_{sh}}{s}h_{w0}]$$

其中：剪跨比λ小于1.5时取1.5，大于2.2时取2.2.

代入数据：设计剪力V=336kN≤(1/0.85)×{[1/(1.5-0.5)]×[0.4×1.43×200×(1500-150)]+0.8×360×(Ash/s)×(1500-150)}

计算可得悬臂墙水平配筋$A_{sh}/s \ge 0.337$。

悬臂墙实配水平钢筋Φ12@200,2排：$A_{sh}/s=1.13$，满足要求。

5 预埋件计算

本工程阻尼器设计出力278kN，取280kN。

预埋件设计内力：V=280×1.2=336kN

M=336×0.2=67.2kN·m

(1)预埋件锚筋根数计算

根据《混凝土结构设计标准》GB/T 50010第9.7.1条规定，预埋件锚板厚度取值如下：锚筋直径为25mm，0.6×25=15mm；锚筋间距120mm，120/8=15mm，锚板厚度取20mm。

根据《混凝土结构设计标准》GB/T 50010第9.7.2条规定，预埋件在拉力、剪力及弯矩共同作用下，所需锚筋面积应满足：

$$A_S \ge \frac{V}{\alpha_r \alpha_v f_y} + \frac{N}{0.8\alpha_b f_y} + \frac{M}{1.3\alpha_r \alpha_b f_y z}$$

$$\alpha_v = (4.0 - 0.08d)\sqrt{\frac{f_c}{f_y}}$$

当α_v大于0.7时，取α_v=0.7；

$$\alpha_b = 0.6 + 0.25\frac{t}{d}$$

其中：f_y为锚筋抗拉强度设计值，不大于300MPa；

N为法向拉力或法向压力设计值，法向压力设计值不应大于0.5fcA，此处，A为锚板面积；

M为弯矩设计值；

α_r为锚筋层数的影响系数；当锚筋按等间距布置时：两层取1.0；三层取0.9；四层取0.85;五层取0.75。

α_v为锚筋的受剪承载力系数；

d为锚筋直径；

α_b为锚板的弯曲变形折减系数；

t为锚板厚度；

z为沿剪力作用方向最外层锚筋中心线间的距离。

悬臂墙配筋连接件及预埋件的计算									图集号	
审核			校对			设计			页	132

代入相关数据计算可得：

$\alpha_v=(4-0.08\times 25)\times\sqrt{(14.3/300)}=0.44$；

$\alpha_b=0.6+0.25\times 20/25=0.8$；

$A_s\geqslant 336\times 10^3/(0.75\times 0.44\times 300)+67.2\times 10^6/(1.3\times 0.75\times 0.8\times 300\times 600)=3873mm^2$

根据《混凝土结构设计标准》GB50010-2010(2015版)第11.1.9条规定，直锚锚筋截面面积增大25%，故$A_s\geqslant 1.25\times 3873=4841mm^2$。

实配锚筋10Φ25，面积$A_s=4906mm^2$，满足要求。

(2)锚筋锚固长度计算

预埋钢筋采用一侧贴焊锚筋的机械锚固形式(贴筋长度为5d)，根据《混凝土结构设计标准》（GB50010-2010）（2015年版）第8.3.1条、第11.1.7条、第11.1.9条规定，其长度计算公式为：

$$l_{ab}=\alpha\frac{f_y}{f_t}d$$

$$l_a=\zeta_a l_{ab}$$

$$l_{aE}=\zeta_{aE} l_a$$

其中：

l_{ab}为受拉钢筋的基本锚固长度；

l_a为受拉钢筋的锚固长度；

l_{aE}为受拉钢筋的抗震锚固长度；

f_y为钢筋的抗拉强度设计值；

f_t为混凝土的轴心抗拉强度设计值，当混凝土强度等级高于C60时，按C60取值；

d为钢筋公称直径；

ζ_a为锚固长度修正系数；

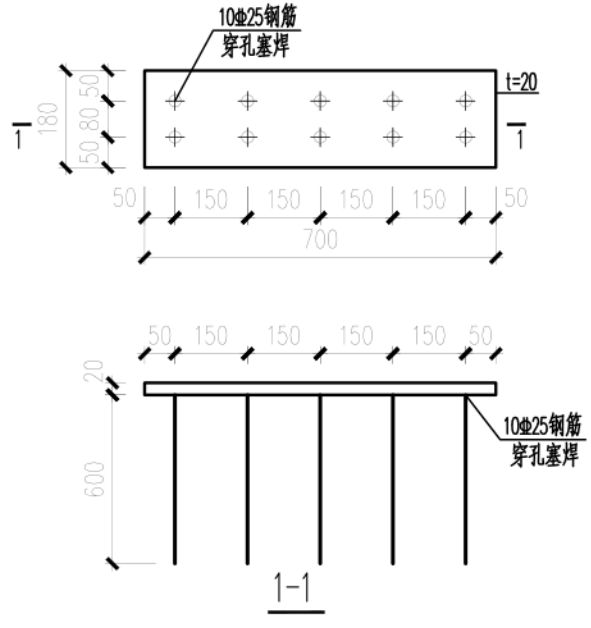
ζ_{aE}为抗震锚固长度修正系数；

α为锚固钢筋的外形系数。

代入相关数据计算可得：

$l_{aE}=1.1\times 1.15\times 0.8\times 0.6\times 0.14\times(360/1.43)\times 25=535mm$；

预埋钢筋锚固长度取600mm。



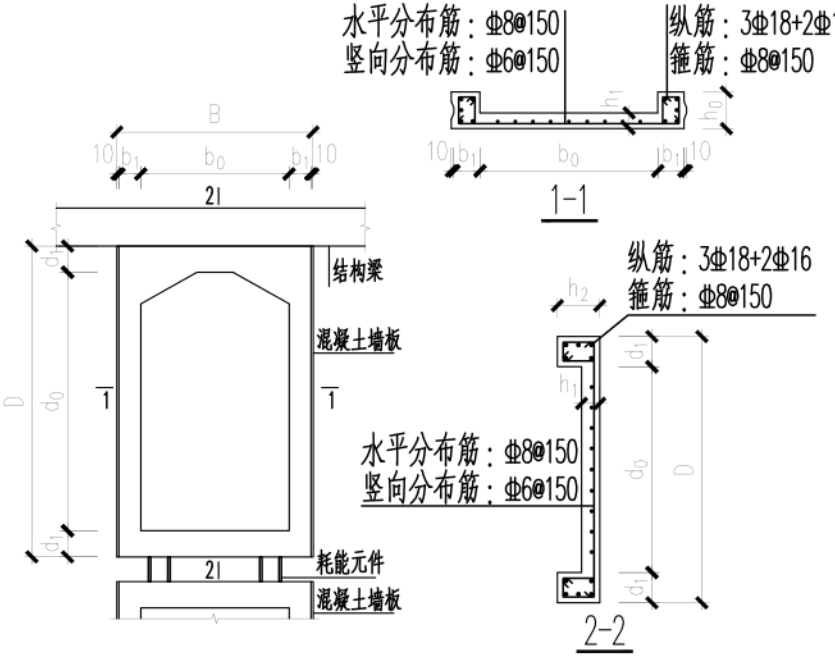
预埋件配筋示意

悬臂墙配筋连接件及预埋件的计算									图集号	
审核			校对			设计			页	133

算例4 装配式消能减震轻质复合墙板计算

1 计算参数

装配式消能减震轻质复合墙板（后简称“减震墙板”）墙板宽度B为900mm，左、右肋柱宽度b_1为100mm，厚度h_0为160mm，板宽b_0为680mm，厚度h_1为60mm，墙板上、下肋梁宽度h_2为160mm，高度d_1为120mm，墙板高度D为1700mm。耗能元件高度150mm。



装配式消能减震轻质复合填充墙构造示意

本工程金属阻尼器设计出力63.44kN，初始刚度16.77kN/mm。

减震墙板设计内力：V=63.44×1.2=76.13kN。

2 刚度计算

根据减震墙板构造形式，减震墙板按全高槽型截面计算刚度。

减震墙板截面惯性矩：

$$I=\{hB^3-(h_f-h_0)\cdot[B-2(b_f+10)]^3\}/12=0.0071m^4$$

减震墙板弯剪刚度：

$K=1/(D^3/3EI+DB^2/8GI)=103.0kN/mm$，大于金属阻尼器初始刚度的6倍（6×16.77=100.63kN/mm），满足《建筑消能减震技术规程》(JGJ297-2013)7.3.3条规定。

3 受剪计算

验算时，考虑剪力完全由于肋墙腹板完全承担，根据《混凝土结构设计标准》GB50010-2010(2015版)第11.7.3~11.7.4条规定，受剪计算如下：

(1)受剪截面验算

剪跨比大于2.5时：

$$V\le\frac{1}{\gamma_{RE}}(0.20\beta_c f_c b_w h_{w0})$$

剪跨比不大于2.5时：

$$V\le\frac{1}{\gamma_{RE}}(0.15\beta_c f_c b_w h_{w0})$$

装配式消能减震轻质复合墙板计算									图集号	
审核			校对			设计			页	134

剪跨比λ=M/Vhw0=0.17＜2.5

设计剪力V=76.13kN＜(0.15×1.0×14.3×60×680)×10^{-3}/0.85=103kN

故减震墙板受剪截面满足要求。

(2)抗剪承载力验算

根据《混凝土结构设计标准》GB50010-2010(2015版)第11.7.4条，悬臂墙抗剪承载力可按下式计算：

$$V \le \frac{1}{\gamma_{RE}}\left[\frac{1}{\lambda - 0.5}(0.4 f_t b_w h_{w0}) + 0.8 f_{yv}\frac{A_{sh}}{s} h_{w0}\right]$$

其中：剪跨比λ小于1.5时取1.5，大于2.2时取2.2。减震墙板实配水平钢筋Φ8@150。

代入数据：设计剪力V=76.13kN≤[1/(1.5-0.5)]×(0.4×1.43×60×680)+0.8×360×(50.3/150)×680=89.0kN。

减震墙板受剪承载力满足要求。

4 受弯计算

考虑弯矩产生的拉压力完全由墙板两端的肋柱钢筋承担。单个前肋柱截面尺寸为160x100mm，纵筋为3Φ18+2Φ16。

本工程金属阻尼器出力导致的弯矩所产生的拉力为：76.13×1.7/(0.9-0.2)=161.8kN。

肋柱实配钢筋可承担的拉力为：Asf$_y$=414kN＞184.9kN。

故减震墙板受弯承载力满足要求。