

第五章 框架-剪力墙 (筒体) 结构设计

当高层建筑层数较多且高度较高时，如仍采用框架结构，则其在水平力作用下，截面内力增加很快。这时，框架梁柱截面增加很大，并且还产生过大的水平侧移。为解决上述矛盾，通常的做法是在框架体系中，增设一些刚度较大的钢筋混凝土剪力墙，使之代替框架承担水平荷载，于是就形成了框架-剪力墙结构体系。

框架-剪力墙结构中，框架主要用以承受竖向荷载，而剪力墙主要用以承受水平荷载，两者分工明确，受力合理，取长补短，能更有效地抵抗水平外荷载的作用，是一种比较理想的高层建筑体系。

框-剪结构既能为建筑使用提供较大的平面空间，又具有较大的抗侧力刚度，所以框-剪结构是高层建筑中最常见的结构体系之一。框-剪结构可应用于多种使用功能的高层房屋，如办公楼、宾馆、公寓、图书馆、教学楼、试验楼、医院等。

框-剪结构的分析计算方法可大致分为下列三类：

(1) 空间三维分析方法：

把剪力墙视作薄壁杆件、带刚域的杆件或平板条元，按结构体系空间变形的三维协调条件

进行分析。该方法可以考虑杆件的弯曲、剪切和轴向变形，包括楼板变形的影响，也可以采用刚性楼板的假设以便简化。水平荷载的偏心作用所产生的建筑物扭转效应，已自动包含在计算结果中，无须另行计算。但其计算工作量大，需用容量相当大的电子计算机进行。

(2) 平面结构空间协同工作分析方法：

这个方法假定整个结构体系由各向的平面结构组成，然后按结构体系水平变形的二维协调条件进行分析。显然，在两榀平面结构相交处，其竖向变形是不协调的。故其计算结果的精度稍逊于空间三维分析方法。该方法的其他性能则与空间三维分析方法基本相同。同样，由于计算工作量大，需用电子计算机进行。

(3) 结构体系沿主轴方向平移的分析法（侧移法）：

该方法将整个结构体系在各主轴方向进行平面结构分析，水平荷载的偏心作用所产生的建筑物扭转效应，则用近似的分层分析考虑其附加效应。这个方法计算工作量最小，利用现成公式或图表曲线用手算即可解决问题。对于比较规则的结构体系，应用该方法可获得满意结果。本章专门阐述该方法的原理。

第一节 框-剪结构的分类和计算简图

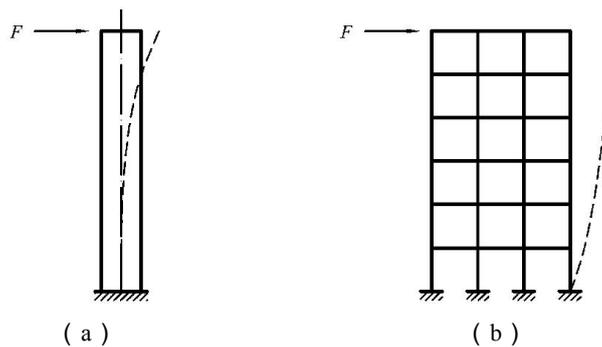
一、框架-剪力墙（筒体）结构的受力特点

在框架-剪力墙结构中，框架和剪力墙同时承受竖向荷载和侧向力。在竖向荷载作用下，框架和剪力墙分别承担其受荷范围内的竖向力，受荷范围的确定与楼盖结构的布置有关。

在水平荷载作用下，框架和剪力墙是变形特点不同的两种结构，当用平面内刚度很大的楼盖将两者组合在一起组成框架-剪力墙结构时，框架与剪力墙在楼盖处的变形必须协调一

致，即两者之间存在协同工作问题。

在水平荷载作用下，单独剪力墙的变形曲线如图 5.1 (a) 中虚线所示，以弯曲变形为主；单独框架的变形曲线如图 5.1 (b) 中虚线所示，以剪切变形为主。但是，在框架-剪力墙结构中，框架与剪力墙是相互连接在一起的一个整体结构，故其变形曲线介于弯曲型与剪切型之间。因此，侧向力在框架和剪力墙之间的分配，不但与框架和剪力墙之间的刚度比有关，而且还随着高度而变化。图 5.1 (c)、(d) 中绘出了三种侧移曲线及其相互关系。由图 5.1 可见，框架和剪力墙对整个结构侧移曲线的影响，沿结构高度方向是变化的。在结构下部，剪力墙的位移比框架小，墙将框架向左拉，框架将墙向右拉，故而框架-剪力墙结构的位移比框架的单独位移小，比剪力墙的单独位移大；在结构上部，剪力墙的位移比框架大，框架将墙向左推，墙将框架向右推，因而框架-剪力墙结构的位移比框架的单独位移大，比剪力墙的单独位移小。框架与剪力墙之间的这种协同工作是非常有利的，它使框架-剪力墙结构的侧移大大减小，且使框架与剪力墙中的内力分布更趋合理。



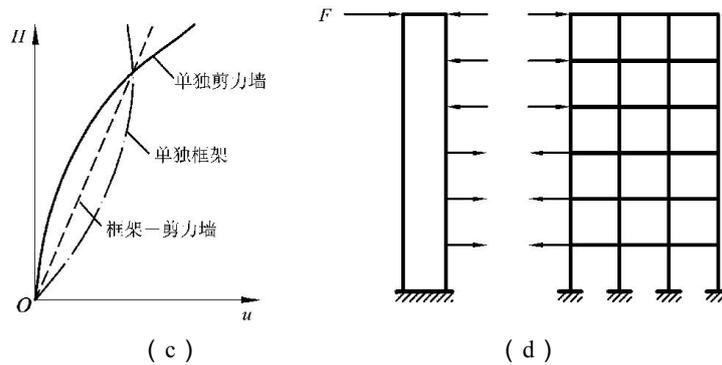


图 5.1 框架与剪力墙的协同工作

二、框架-剪力墙（筒体）结构的计算假定与计算简图

1. 框架-剪力墙（筒体）结构的计算假定

框架-剪力墙结构体系作为平面结构来计算，在结构分析中一般采用如下假设：

(1) 楼板在自身平面内的刚度为无限大。这保证了楼板将整个结构单元内的所有框架和剪力墙连为整体，不产生相对变形。现浇楼板和装配整体式楼板均可采用刚性楼板的假定。

此外，横向剪力墙的间距宜满足表 1.5 的要求。采用这一假设，当结构体系沿主轴方向产生平移变形时，同一层楼面上各点的水平位移相同。

(2) 房屋的刚度中心与作用在结构上的水平荷载（风荷载或水平地震作用）的合力作用点重合，在水平荷载作用下房屋不产生绕竖轴的扭转。当结构体型规整、剪力墙布置对称均匀时，结构在水平荷载作用下可不计扭转的影响。

(3) 不考虑剪力墙和框架柱的轴向变形及基础转动的影响。

(4) 假定所有结构参数沿建筑物高度不变。如有不大的改变，则参数可取沿高度的加权平均值，仍近似地按参数沿高度不变来计算。

2. 框架-剪力墙（筒体）结构的分类与计算简图

在以上基本假定的前提下，计算区段内结构在水平荷载作用时，处于同一楼面标高处各片剪力墙和框架的水平位移相同。此时，可将结构单元内所有剪力墙综合在一起，形成一榀假想的总剪力墙，总剪力墙的弯曲刚度等于各榀剪力墙弯曲刚度之和；把结构单元内所有框架综合起来，形成一榀假想的总框架，总框架的剪切刚度等于各榀框架剪切刚度之和。

按照剪力墙之间和剪力墙与框架之间有无连梁，或者是否考虑这些连梁对剪力墙转动的约束作用，框架-剪力墙结构可分为下列两类：

(1) 框架-剪力墙铰接体系：

对于图 5.2 (a) 所示结构单元平面，框架和剪力墙是通过楼板的作用连接在一起的。因楼板在平面外的转动约束作用很小而予以忽略，可以把楼板简化为铰接连杆。则总框架与总剪力墙之间可按铰接考虑，其横向计算简图如图 5.2 (b) 所示。在总框架与总剪力墙之间的每个楼层标高处，有一根两端铰接的连杆。这一列铰接连杆代表各层楼板，把各榀框架和剪

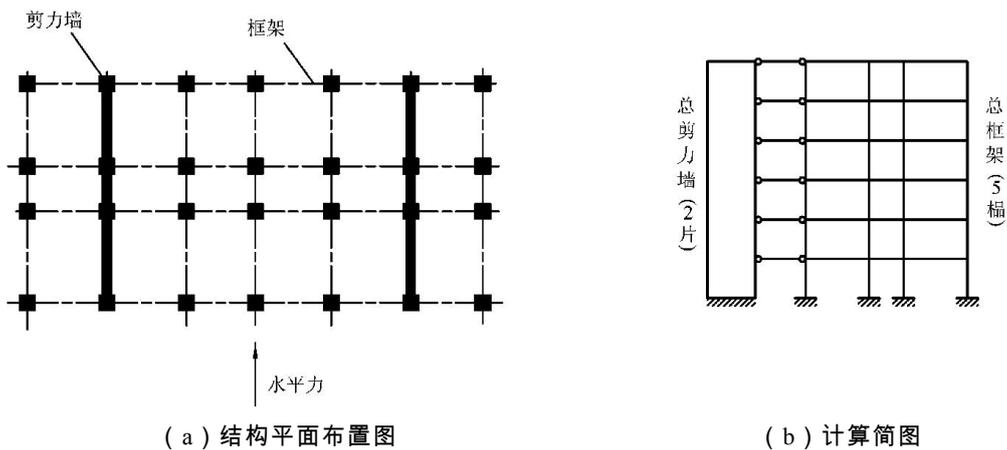


图 5.2 框架-剪力墙铰接体系

力墙连成整体，共同抗御水平荷载的作用。图 5.2 中总剪力墙包含 2 片剪力墙，总框架包含

了 5 榀框架，连杆代表刚性楼盖的作用，它将剪力墙与框架连在一起，同一楼层标高处，有相同的水平位移。这种连接方式或计算简图称为框架-剪力墙铰接体系。

(2) 框架-剪力墙刚接体系：

当墙肢之间有连梁或墙肢与框架柱之间有连系梁相连，如图 5.3 (a) 所示，连系梁对剪力墙有明显的约束作用，可视为刚接，框架与总连杆间用铰接，表示楼盖连杆的作用。连系梁对柱也有约束作用，但此约束作用已反映在柱的抗侧刚度 D 中，则应采用如图 5.3 (b) 所示的计算简图，这种连接方式或计算简图称为框架-剪力墙刚接体系。

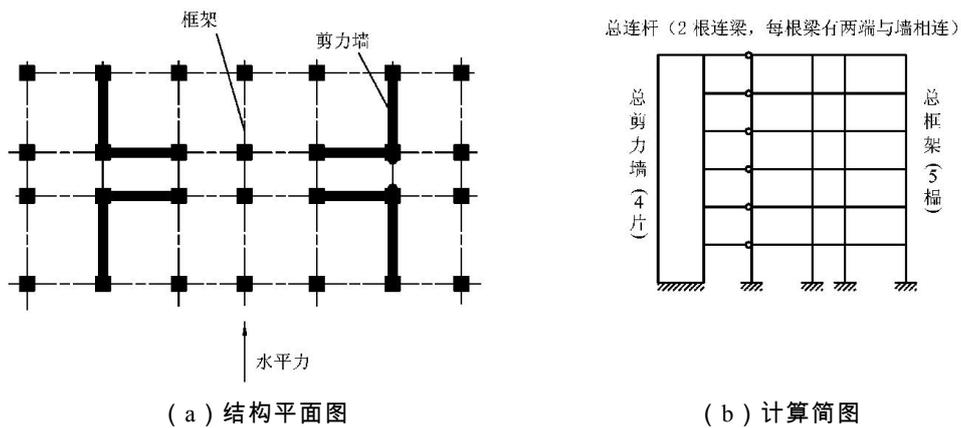


图 5.3 框架-剪力墙刚接体系

该体系包含总剪力墙、总框架和总刚性连杆。此连杆连接剪力墙和框架，图 5.3 中的总连系梁刚度为所有连梁和连系梁刚度之和。

图 5.3 (b) 中，被连接的总剪力墙包含 4 片墙，总框架包含 5 榀框架；总连杆中包含 2 根连梁，每根梁由两端与墙相连，即 2 根连梁的 4 个刚接端对墙肢有约束弯矩的作用。

计算地震力对结构的影响时，纵、横两个方向均需考虑。计算横向地震力时，考虑沿横向布置的剪力墙和横向框架；计算纵向地震力时，考虑沿纵向布置的剪力墙和纵向框架。取

墙截面时，另一方向的墙可作为翼缘，取一部分有效宽度，取法见本书第四章。