

# 结构周期折减系数的确定

杨杞

合肥市规划设计研究院

**摘要:**在工程项目设计过程中,地震力的大小会受到结构周期折减系数的影响,从而直接影响结构设计的计算结果。在本文论述内容中,将探讨结构周期折减系数,并罗列出影响结构周期折减系数的因素,以期能够在结构计算时,对结构周期折减系数进行较为合理的取值,从而提高民用建筑框架结构设计的合理性。

**关键词:**结构设计;自振周期;周期折减系数

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.08.104

## 一、前言

民用建筑结构设计时,地震力的大小直接影响结构设计计算结果,而地震力的大小与建筑结构地震影响系数有着密切的关联。通过分析地震影响系数曲线,可以判断:结构周期对地震系数产生影响,进而对影响地震力大小产生影响。

## 二、结构自振周期的折减

首先来看现行的《建筑抗震设计规范》(2016年版)第5.1.5条给出的地震影响系数曲线:<sup>[1]</sup>

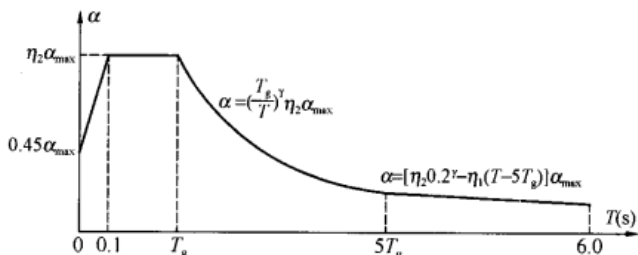


图 5.1.5 地震影响系数曲线

$\alpha$ —地震影响系数;  $\alpha_{\max}$ —地震影响系数最大值;  
 $\eta_1$ —直线下降段的下降斜率调整系数;  $\gamma$ —衰减指数;  
 $T_g$ —特征周期;  $\eta_2$ —阻尼调整系数;  $T$ —结构自振周期

除了特殊规定以外,建筑结构的阻尼比应取0.05,地震影响系数曲线的阻尼调整系数取1.0,形状参数应符合下列规定:

- 1) 周期小于0.1s的区段为直线上升段。
- 2) 水平段,从0.1s至特征周期区段,应采用最大值( $\alpha_{\max}$ )。
- 3) 从特征周期至其数值的5倍的区段为曲线下降段,其衰减指数取0.9。
- 4) 从特征周期的5倍至6s的区段为斜率不变的下降

段,斜率调整系数采用0.02。

我们知道,场地特征周期 $T_g$ 是在常规抗震设计中,通过分析地震影响系数曲线,来反映震中距、地震震级和场地类别等因素的下降段起始位置所对应的周期值,场地的特征周期与覆盖层厚度、剪切波速、场地地震分组等有关,与结构体系无关。所以结构自振周期 $T$ 的大小影响地震影响系数。

由于非结构因素的作用和模型简化对于测算的影响,多层钢筋混凝土框架结构在测算时,其自振周期在弹性阶段实际值小于计算值<sup>[2]</sup>。高规4.3.16条明确指出:在对高层结构进行整体计算分析时,因为未考虑非承重结构构件的刚度影响,而导致计算的自振周期比实际周期值长,按这一周期值计算出的地震力就会相对偏小。故必须要考虑非承重墙体在计算时对刚度的影响,对自振周期予以适当的折减。在对框架结构进行设计时,如果仅把填充墙荷载加载到模型中,而没有考虑填充墙刚度,那么结构自振周期将变大,相应的地震力将会偏低,导致构造安全性降低<sup>[3]</sup>。

因此,无论是采用经验判断还是理论公式计算,无论是采用软件计算还是简化模型手算,结构在折减后的计算周期就是设计时所采用的实际周期(又叫“设计周期”)。设计周期=计算周期\*折减系数。如果没有对折减系数进行合理的取值,则会导致结构设计不合理,从而造成不必要的浪费、甚至影响结构的安全性。综上所述,折减系数的确定,在钢筋混凝土框架结构设计中至关重要。

添加周期折减系数就是为了充分考虑非承重墙刚度在测算时对结构自振周期所造成的影响。因为构件周期值较小,往往刚度较大,构件吸收的地震力也较大。如果不做周期折减,则结构可能会不安全。由于填充墙的存在,在弹性阶段时,结构的刚度会很大(未考虑填充墙的刚度),由此刚度测算所求得的结构自振周期,会使计算刚度比实际刚度小,计算周期比实际周期大,若以该计算周期来计算地震力,会使得地震力偏小,使结构出现安全隐患,因此合理的对地震力进行放大也是不可或缺的。

以框架结构为例,基本自振周期 $T_1$ 的计算公式如

下：

$$T_1 = 1.7T^* (uT)^{0.5}$$

式中：

$uT$ ——以 $G_i$ （集中施加于各层楼面处的重力荷载）

在作为该楼层水平荷载而测算求得的结构顶点位移；

$T^*$ ——考虑非承重墙对结构基本自振周期影响的折减系数。

如此一来，填充墙的刚度也被考虑之后， $T_1$ 会减小，根据抗震规范第5.1.4条，水平地震力影响系数如下：

$$\alpha_1 = (T_g/T_1)^{0.9} \alpha_{max}$$

$$F_{ek总} = \alpha_1 G_{eq}$$

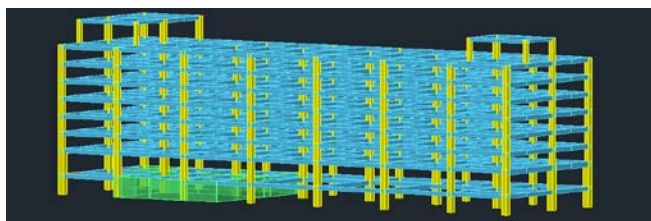
可以得出 $T_1$ 减小， $\alpha_1$ 变大，会导致 $F_{ek}$ 变大，地震力作用变大，这部分地震力由框架（梁柱）承担，则构件配筋变大，结构出现安全隐患。

下面对某多层框架结构周期折减前后地震作用效应部分计算结果进行比较。该工程地下局部1层、地上7层，设计参数见表1：

表1 某多层框架结构设计参数

抗震设防烈度	地震加速度	设计地震分组	场地类别	特征周期
7度	0.1g	第一组	II类	0.35s

在软件中建立的三维模型轴测图如下：



现分别对上述结构的周期折减系数取1.0和0.7，其计算结果如表2、表3所示。

表2 X向地震作用下的计算结果

	结构自振周期 (s)	基底剪力 (KN)	层间位移角
周期折减系数取1.0	1.2487	1490.46	1/1128
周期折减系数取0.7	1.2487	2035.10	1/825

表3 Y向地震作用下的计算结果

	结构自振周期 (s)	基底剪力 (KN)	层间位移角
周期折减系数取1.0	1.3139	1440.14	1/954
周期折减系数取0.7	1.3139	1963.77	1/696

从计算结果可以看出：两者的差别是比较大的。

当然，按照地震影响系数曲线，当结构周期在乘以周期折减系数后，仍然位于地震影响系数曲线的水平段时（在0.1s到特征周期之间），地震影响系数保持不变。

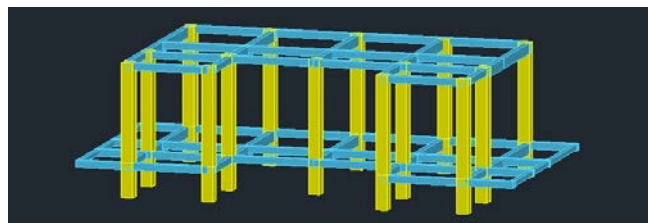
以下为工程实例：该工程地上1层，设计参数见表

4：

表4 工程案例设计参数

抗震设防烈度	地震加速度	设计地震分组	场地类别	特征周期
8度	0.2g	第一组	III类	0.45s

其结构三维轴测图如下：



现分别对上述结构的周期折减系数取1.0和0.7，其计算结果如表5、表6所示。

表5 X向地震作用下的计算结果

	结构自振周期 (s)	基底剪力 (KN)	层间位移角
周期折减系数取1.0	0.3914	522.65	1/630
周期折减系数取0.7	0.3914	522.77	1/718

表6 Y向地震作用下的计算结果

	结构自振周期 (s)	基底剪力 (KN)	层间位移角
周期折减系数取1.0	0.3649	533.98	1/630
周期折减系数取0.7	0.3649	534.00	1/718

从计算结果可以看出：两者没有差别。

所以这种情况下，周期折减系数的取值对结构计算的结果没有影响。

### 三、影响结构自振周期折减系数的因素

影响框架结构周期折减系数的因素主要有以下几点：填充墙的刚度大小、填充墙的数量、填充墙与框架之间的连接方式。

不同材料的填充墙的刚度是不同的。采用轻钢龙骨轻质板材作为填充墙，其刚度显然比用空心砖墙或砌体作为填充墙的刚度小，周期折减系数应提高。

框架结构里填充墙的多少，直接影响结构的刚度大小，周期折减系数取值需相应调整。

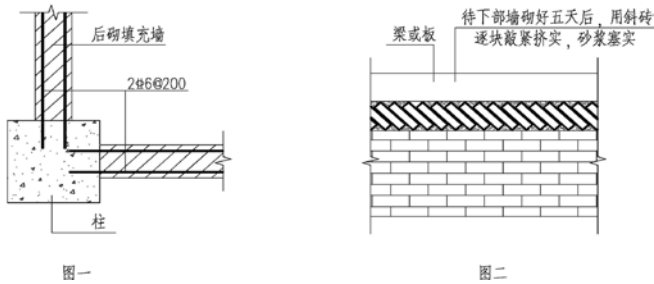
填充墙的刚度会起作用的原因如下：

如果把填充墙全部换成相同重量的物体放在相应位置，刚度不可能是一样的，是因为填充墙与框架柱、框架梁等构件之间存在拉结，所以刚度会发挥作用。

墙与框架拉结，使框架受到单位水平位移的力，墙才会发生作用，整个体系的水平刚度才会提高。这就是所谓的填充墙与框架之间的刚性连接，也就是不脱开的做法。这种做法在施工时方便快捷，整个框架结构会受

到填充墙刚度的影响。

抗规13.3.4和高规6.1.5均规定了填充墙与框架拉结的措施，图一所示为柱内延伸出的拉筋（施工柱时预留）；图二为填充墙与框架刚性连接时，最后一皮斜砌，以便与框架梁顶紧）。



在钢筋混凝土结构中的砌体填充墙设计时，所需要注意的问题如表7所示：

填充墙在施工时采用完全脱开做法，其刚度就不会起作用（此时的折减系数为1）。不过这种做法费用较高，施工过程繁琐，虽然理念先进，但在实际工程中很少使用<sup>[4]</sup>。（图1示：填充墙与框架柔性连接示意）

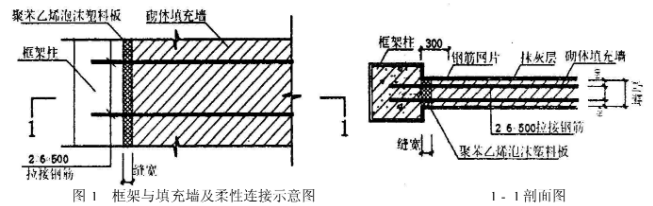


表7 填充墙设计的注意事项

注意事项	
一	在布置刚性非承重墙体时，应避免结构强度和刚度分布上的突变；如果是非对称布置均匀的围护墙，应考虑两侧高度和质量的不对称对主体结构产生的不利影响。
二	尽量避免填充墙在平面和竖向的非均匀对称的布置，避免短柱和薄弱层的出现。在构造中，由于砌筑砌体填充墙容易使框架柱形成短柱，结构设计和施工时应当采取适当的加强措施，箍筋应按短柱要求全高加密。
三	砌体的砂浆强度等级需要高于或等于M5，实心块体的强度需高于MU2.5；空心块体的强度等级需高于MU3.5；墙顶应与框架梁密切结合。
四	填充墙应沿框架柱全高每隔五至六米应设2Φ6的拉筋，拉筋从墙内延伸的长度，6、7度时宜全长贯通，8、9度时应全长贯通。
五	墙长大于5m时，墙顶与梁宜设置拉结；当墙长超过8m或超出层高的2倍时，应布置间距不大于4m的钢筋混凝土构造柱，填充墙开有门洞或窗洞且宽度大于2m时，洞边应设钢筋混凝土构造柱；当墙的高度大于4m时，墙体半高处应设置与柱连接，且需沿墙全长贯通的钢筋混凝土水平系梁。
六	砌体女儿墙在通道、人流等出入口处，应与主体结构锚固；对于非出入口无锚固的女儿墙，其高度在6~8度时不超过0.5m，9度时应有锚固。防震缝处女儿墙应留有足够宽度，缝两侧的自由端应予以加强。
七	人流通道和楼梯间的填充墙，应采用钢筋网砂浆面层加强。

#### 四、结构自振周期折减系数的合理取值

高规4.3.17规定，建筑填充墙砌体墙，则框架结构周期折减系数可取0.6~0.7。若是采用脱开做法（柔性连接）的填充墙或刚度很小的轻质砌体作为填充材料，可对周期折减系数进行适当增大。

若建筑填充墙与框架是刚性连接，但材料是混凝土空心砌块，砌块容重小于1200kg/m<sup>3</sup>，刚度较小，填充墙的数量也不多，周期折减系数也可适量放大。

对于开敞式建筑物，没有任何隔墙，周期折减系数取1.0。填充墙是轻钢龙骨轻质墙体，墙刚度很小，周期折减系数在取值时也可以比规范偏大。只要填充墙刚度的影响足够小，折减系数的值就可以酌情放大，在保证安全的前提下节约成本。

#### 五、结语

结构自振周期受到诸多因素的影响，又因为在实际工程中，多层钢筋混凝土框架结构的设计复杂且多样，抗震规范难以给出一个精确的折减系数值。在诸多文献和工程案例中可以总结出：将填充墙刚度对自振周期的

影响考虑进来时，折减系数通常取0.6~0.7，而结构自振周期会随着填充墙的数量和开洞情况的改变而发生变化，取值范围可以扩大到0.5~0.9。以上都是默认填充墙材料为黏土实心砖时的取值范围。当填充墙材料的刚度足够小（轻质材料或空心砖等）时，不可套用实心砖为填充墙的取值经验，对于黏土实心砖以外的墙体，应根据具体材料使用情况来重新确定折减系数。

#### 参考文献

[1] 中华人民共和国国家标准.《建筑抗震设计规范》（2016年版）GB50011-2010.北京：中国建筑工业出版社，2016

[2] 张维斌. 混凝土结构设计问答[M]. 中国建筑工业出版社，2014.

[3] 中华人民共和国行业标准.《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3-2010.北京：中国建筑工业出版社，2010

[4] 刘立. 带砌体填充墙框架的结构抗震性能有限元分析[D]. 西南交通大学，2013.