

(TBSA 程序系列资料)

版权所有，不得引用翻印

多高层建筑结构计算模型的建立 及相关问题的说明

赵西安 李 丹 著

中国建筑科学研究院高层建筑技术开发部

TBSA程序系列资料

版权所有，不得引用翻印

多高层建筑结构计算模型的 建立及相关问题的说明

赵西安 李 丹 著



中国建筑科学研究院高层建筑技术开发部

前 言

多层及高层建筑结构空间分析程序TBSA至1992年6月已有五百余用户,计算了大量工程。在使用过程中,用户对如何加深对程序的理解、具体问题的处理办法等,希望有更详细的说明。考虑到目前新的《高层规程》已实施,许多技术人员初接触高层建筑结构设计,有必要对高层建筑结构计算、配筋、构造上的问题作更深入的说明。

本书讨论的问题不仅涉及TBSA程序的运用,而且带有共同性,对设计人员进行实际工程设计,也有参考价值。欢迎读者提出宝贵的意见。

作 者

1992年6月

目 录

第一章 TBSA程序总信息中若干系数取值的说明 F	
一、坐标转角 Angle 及材料的自重 WT	F
二、考虑耦连振动指示 $\text{KK}(7)$	2
三、考虑施工分层加载选择 $\text{KK}(8)$	2
四、箍筋间距 S_c 、 S_b	3
五、梁端弯矩调幅系数 BEK	3
六、连梁刚度折减系数 BEC	3
七、梁刚度放大系数 BEZ	4
八、梁跨中弯矩增大系数 BKO	4
九、梁扭矩折减系数 BET	5
十、周期折减系数 TZ	5
十一、地震力调整系数 TE	6
十二、层重计算信息 PST	6
第二章 计算简图的确定 7	
绪言	7
一、地下室的计算	8
二、剪力墙的输入	9
三、带边框剪力墙的输入	10
四、局部开洞剪力墙的处理	12
五、局部整体剪力墙的处理	14
六、小端头墙肢	15
七、柱—剪力墙的连接	15
八、梁柱连接不在形心	16
九、静、活荷载问题	17

十、框支剪力墙的处理	18
十一、转换层的处理	21
十二、上下层剪力墙的连接	22
十三、剪力墙简化的基本原则	23
十四、梁输入注意事项	24
十五、建筑物顶上有两个或多个小塔楼	25
十六、大底盘多塔楼建筑	26
十七、结构局部错层的计算	27
十八、裙房的计算	28
十九、结构计算模型选取时应注意的问题	28
二十、结构标准层的选定	29
第三章 TBSA截面设计的限值条件	31
一、框架梁	31
二、框架柱	31
三、剪力墙	32
第四章 三维空间分析方法与简化计算方法的差别	34
一、次梁的端部弯矩	35
二、梁的受扭问题	37
三、邻近剪力墙的框架柱轴力	39
第五章 弯扭耦合振动分析	40
一、建筑物的空间振动	40
二、简化的平面振动振型分解方法	41
三、弯扭耦合振动振型的决定	41
四、弯扭耦合振动的扭转振型	42
五、弯扭耦合振型分解方法与平移振动振型分解 方法结果的比较	44
第六章 工程中一些问题的处理方法	47
一、结构转换层	47
二、楼面错层	51

三、密肋板及平板楼盖	52
四、多塔楼大底盘结构	53
五、固定端的位置	54
六、框支剪力墙有限元分析时荷载的选用	55
七、连梁的设计	57
第七章 配筋与输出结果补充说明	59
绪言	59
一、垂直荷载作用下支座弯矩的调幅	59
二、柱子配筋	60
三、梁的配筋	62
四、剪力墙的配筋	62
五、柱在竖向荷载作用下内力分析	64
六、杆件及节点力的平衡	66
七、框剪结构中柱轴压比的调整	68
八、选筋问题	68
第八章 按新规范与老规范计算结果的比较	69
一、概述	69
二、一般情况	71
三、原因	72
四、小结	73
第九章 计算结果正确性的大致判断	74
一、自振周期	74
二、振型曲线	75
三、地震力	75
四、水平位移特征	76
五、内外力平衡	77
六、对称性	78
七、渐变性	78
八、合理性	78

第一章 TBSA程序总信息中若干 系数取值的说明

TBSA总信息中，有一些由用户自行决定其数值的系数，这些系数提供工程设计人员对计算进行一些选择和调整，以更好地反映结构实际工作状况和调整结构的安全度。

一、坐标转角Angle及材料的自重WT

(一) 坐标转角Angle

对于复杂的平面，常常需要多方向输入地震力或风力以进行比较。在TBSA中，地震力和风力是按X向和Y向输入的，因此转变水平力输入方向就要相应转动坐标轴方向，相应地几何数据的坐标都要改变，为避免重新输入数据，TBSA自动进行坐标方向转换。这时，只需将Angle改为所需要的方向(弧度)。

Angle取逆时针转动的值时 $Angle > 0$ 。

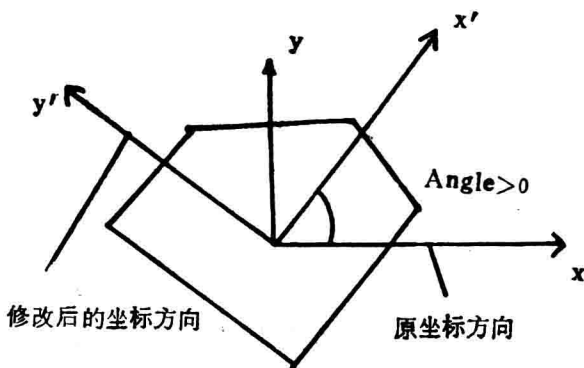


图1-1 坐标方向旋转

应当注意：调整方向之后，风力要重新输入，即要修改LO-ADS文件中相应的数据。

由于转动坐标轴后，原来对称的结构对新坐标轴不再对称，

所以计算时不能采用考虑对称性的功能。

(二) 材料的自重WT

一般钢筋混凝土结构 $WT=25\text{KN}/\text{m}^3$ ，TBSA程序考虑WT可变是因为：

1. 采用轻混凝土的结构，WT小于 $25\text{KN}/\text{m}^3$ ；

2. 在计算结构自重时，取用结构截面的几何尺寸，表面装修层重量未计入，如果需要考虑这附加的自重，可将WT加大予以反映。

二、考虑耦连振动指示KK(7)

KK(7)只对地震作用计算起作用。按常规两个方向的振动分别考虑，将平移振动的振型(1至6个)进行振型分解计算时，取 $KK(7)=0$ 。

对于体型特别复杂，按结构的空问振动振型(包括两个平移分量和扭转分量)进行振型分解计算时，取 $KK(7)=1$ 。由于考虑空问弯扭耦连振动，有时第1振型是以扭转分量为主的扭转振型，其周期远远长于平移的第一周期。通常不能将弯扭耦连计算的1、2、3周期与平移振动的1、2、3周期比较。

由于扭转周期、平动周期混合配置，所以，考虑耦连时，前9个周期大约相当于不考虑耦连的3个周期。前18个周期大约相当于不考虑耦连的6个周期的作用。

考虑弯扭耦连后，计算工作量大大增加，计算时间延长较多，希用户考虑。本部分内容详见第五章说明。

三、考虑施工分层加载选择KK(8)

这部分内容详见“编制原理”，这里主要附加说明一点，即：一般情况下，不考虑分层加载时，对轴向变形影响估计偏大，顶部楼层内力值偏大，配筋增加较多；考虑施工模拟时，轴向变形影响在中部楼层较显著，用钢量较少。而由于砼是弹塑性徐变材

料，由于长期荷载徐变的影响，在建筑物建成后，受力情况又接近于一次加载不考虑施工模拟的情况，如果计算中考虑分层加载，可能偏于不安全。

由于实际情况介乎于考虑施工模拟和不考虑施工模拟两者之间，用何种方法计算，用户应慎重考虑。

四、箍筋间距 S_c 、 S_b

由于受剪计算是对梁柱端部加密区进行的，所以箍筋间距宜按加密区间距输入。

一级框架、二级框架 S_c 、 S_b 宜按100mm考虑；三级框架和四级框架宜为150mm；非抗震框架可为200~400mm。

抗震设计的框架柱的非加密区箍筋，当为构造配筋时间距可加大一倍。

抗震设计的框架梁，如果跨中有较大的集中力，不宜放大间距。

五、梁端弯矩调幅系数 BEK

框架梁在竖向荷载作用下，梁端有较大的负弯矩，按此弯矩配的正钢筋太多，施工困难，也难以保证混凝土质量。因此，可以考虑混凝土的塑性变形内力重分布，适当减少支座负弯矩，相应增大跨中正弯矩。调幅系数 BEK 一般不小于0.8。

六、连梁刚度折减系数 BEC

连梁跨度较小，截面高度大，刚度大，因而计算的弯矩、剪力很大，常常剪压比大、超筋严重。除尽量加宽洞口、加高洞口、减小梁高外，可以利用 BEC 降低连梁刚度，以相应减少连梁的内力，为避免连梁开裂过大，此系数不宜过小，最小值为0.55，该系数对所有连梁均起作用。

在墙肢平面内的梁作为连梁，与剪力墙肢垂直相交的梁不作

为连梁。

如果一端与剪力墙相连，另一端与框架相连的梁想作为一般框架处理，不作为连梁进行刚度折减，则该梁的宽度可填为负值，这样，即使所有其他连梁刚度折减后，这根梁也可以不折减。

七、梁刚度增大系数BEZ

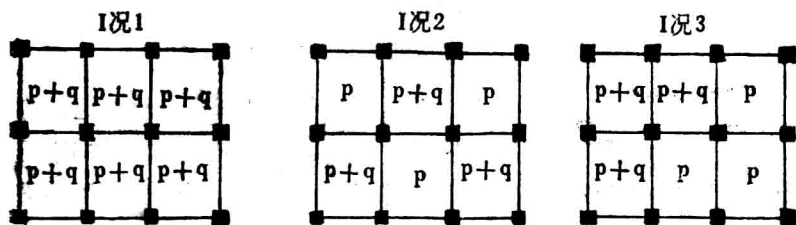
框架梁按矩形部分输入截面尺寸并计算其刚度。楼板作为翼缘，实际刚度大于按矩形部分的刚度，为此，可以利用这系数来考虑翼缘的作用。按一般工程的经验，装配式楼板的作用不考虑， $BEZ=1$ ；现浇楼板的作用可以考虑， BEZ 取大于1的数值，但一般不大于2。

八、梁跨中弯矩增大系数BKO

按照《高层规程》的规定，高层建筑结构活载不考虑不利分布，按满布计算。当活荷载较大或进行多层结构计算时，可以通过加大梁的跨中弯矩来考虑活荷载不利分布的影响。

多层建筑而且活荷载较大时， BKO 宜取较大的数值。

由于TBSA自动导荷载非常方便，计算速度也较快，所以，当活荷载不利分布必须考虑时，可以计算几种荷载情况，取较大配筋值来设计(图1-2)



注：p-恒载，q-活载

图1-2 考虑活载不利分布进行多工况计算

九、梁扭矩折减系数BET

在进行内力计算时，只考虑了梁的矩形部分参与工作，计算出来的扭矩 T 全部作用在矩形梁上。实际上由于存在现浇楼板，现浇楼板的支撑作用减少了梁的扭转角度，楼板以其自身刚度分担了一部分扭矩，使梁的扭矩比计算值有所减少。

其次，在进行截面设计时，只考虑了矩形部分，实际上，楼板作为翼缘，在受扭计算中是起相当大的作用的，它承担了一部分扭矩而减轻了梁矩形部分的负担，因而梁的受扭配筋可适当减少。

所以，矩形部分的截面扭矩设计值，可以将计算的扭矩乘以小于1的系数。一般来说，现浇楼板的折减系数可以小至0.5~0.6，装配式楼板的作用不予考虑。这个系数对梁的抗扭安全度影响很大，取用时宜慎重考虑。

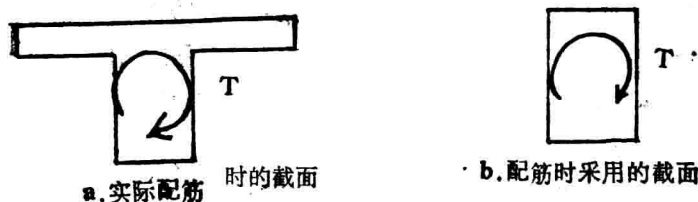


图1-3 梁截面受扭计算

十、周期折减系数TZ

在TBSA计算中，只有梁、柱、剪力墙参与了结构的刚度，以此刚度来计算结构的自振周期，再进一步计算其地震作用。

实际工程中，框架结构和框架—剪力墙结构常有刚度很大的填充砖墙，使其实际刚度远大于计算刚度，实际周期比计算周期短，如果不考虑这一因素，计算出来的地震力小于实际值，偏于不安全。

因此，在计算地震作用之前，必须考虑填充砖墙刚度对周期的影响，对计算周期予以折减。

框架结构如果砖墙很多，TZ值可取为0.6~0.7，砖墙少时可取0.7~0.8；框剪结构可取为0.7~0.8；剪力墙结构的周期可以不折减。

TBSA程序输出文件TBSA3.OUT中，输出的周期是未经折减的计算值。在计算地震作用时，才进行折减。

十一、地震力调整系数TE

这是给结构负责人留的一个调整系数，通过这个系数可以将计算出来的地震力予以缩小或放大，从而调整抗震设计的安全度。

当TE取小于1时，地震力缩小；TE取大于1时，地震力放大。

一般情况下，不必通过TE调整地震力。确有理由时，才予以考虑。

十二、层重计算信息 PST

在计算地震力时，《高层规程》允许对楼层活荷载予以折减（一般折减50%）。但是高层建筑的活载较小（一般1.5~2.5KN/m²），仅竖向荷载的10%~15%，折减值并不大，而且为了留出一定的安全度，TBSA中对活荷载不予折减。

如果用户想对活载进行折减，可以利用PST系数，一般可按下式取值：

$$PST = \frac{\text{活荷载} \times 50\% + \text{恒荷载}}{\text{活荷载} + \text{恒荷载}}$$

PST只对地震力计算起作用，不影响竖向荷载下的内力计算。用户如果在静力计算时也想考虑活荷载折减，请直接输入折减后的楼面荷载。

第二章 计算简图的确定

绪 言

应用任何计算程序计算一幢建筑工程，作内力与配筋计算，首先要清楚所采用程序的基本编制原理及适用范围，否则在分析使用过程中，求得的结果与实际受力情况将有较大的差异。清楚了所使用程序的适用范围后，则需对所要计算的结构进行适当的简化，确定计算简图，使之满足所使用程序的限制。比如，平框程序只适用于刚度分布均匀，平面布置很简单的结构。空间协同分析程序则不能很好地解决筒体或平面布置复杂的框剪结构的计算。在确定计算简图时，必须满足下述两点。

首先，确定的计算简图必须反映实际工程的受力和变形。也就是说，所确定的计算简图如不能反映真实结构的受力则所确定的计算简图是失败的。因为根据所确定的不适当的计算简图求出的内力、位移和实际结构的内力位移相差太远。

其次，确定的计算简图需满足所采用程序的力学假定，或近似的满足。也就是说计算简图的确定应和程序所采用的力学假定一致。如果所采用的程序基本单元是杆系单元，则所确定的计算简图必须由杆系结构组成，否则计算出的结果将与实际情况有较大的差异，程序在处理中也会引入较大的误差。

上述两条，第一比第二条更为重要。掌握了上述两条原则，就可对所计算工程作出正确的计算简图，求得较精确的计算结果。

多层与高层建筑结构空间分析程序TBSA的基本单元是空间杆元，包括梁单元，柱单元和开口薄壁杆件单元。根据建筑结构的实际受力情况，引入了楼板平面内刚度无限大的假定。对于绝大多数建筑物，这个假定和其受力特性是一致的，也就是说这

个假定的引入满足建筑结构计算要求，能反映建筑物的真实受力。另外引入的一个假定是楼板平面外刚度为零。

用户在使用TBSA程序时，可根据上述的基本单元和假定，确定所要计算的结构简图。

一、地下室的计算

首先要强调的是TBSA主要用于上部结构的计算。通常我们不推荐用TBSA计算地下室。但因为现在对地下部分结构计算程序较为缺乏，而且上部结构传力到下部结构时其力的取值常常较为麻烦，很多用户常常将地下室部分和上部结构一起计算。为了

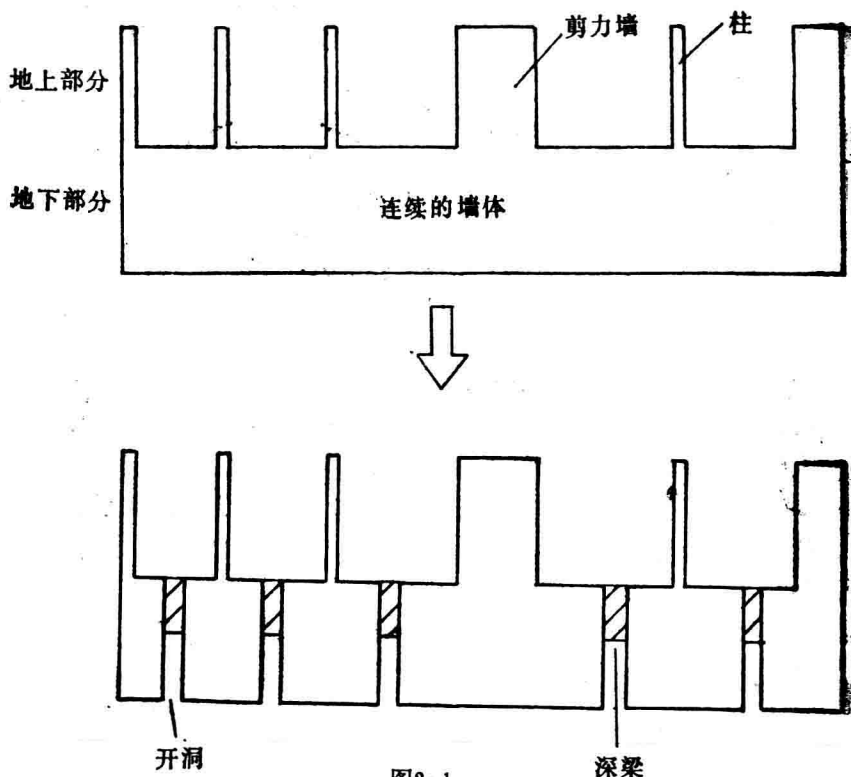


图2-1

使用户能正确的使用TBSA程序，这里提出一种简化算法。但这里要说明的是，用TBSA计算得到的地下结构计算结果仅作为设计参考，不能作为设计依据。建议用户最好用适当的程序进行地下结构的计算。

地下室的外墙常常是连续的整体墙体，其横截面尺寸远大于其纵截面尺寸，是一箱体结构而不是一杆系结构。要用杆系程序来计算，必须对其作适当简化。简化的原则是将连续的墙体切割开分成多段墙体，形成一杆系结构(满足杆系程序的假定)，然后将切割开的墙体再用深梁连接(反映结构的实际受力情况)，使其变形仍为一整体变形，受力互相关连。如图2-1所示。

开洞宽度通常取30~50cm，连接被分割墙段的深梁，梁高通常取1/2~1层高(当前层)。对计算结果处理时忽略深梁的计算结果，将分割开的各段墙体的暗柱配筋加起来，重新分配。最后还要考虑侧向土压力的影响，将整体计算得到的配筋加上侧向土压力作用下求得的配筋作为地下室外壁体的配筋。

二、剪力墙的计算

在建筑结构中，由剪力墙组成的薄壁柱是主要的抗侧力结构。在实际受力过程中，侧向力的分配原则是刚度大的构件承受的侧向力大。单独一片横截面为 $0.2 \times 8m$ 的剪力墙其抗弯刚度是截面为 $0.5 \times 1m$ 柱抗弯刚度的204.8倍。而由多肢剪力墙组成的薄壁柱其抗弯刚度更大。所以在结构设计时，剪力墙的长度不宜大于8m。而且当多肢剪力墙联在一起，形成较大的薄壁柱时，应适当的开结构洞加以分开。TBSA为防止上述现象的产生，限制一薄壁柱其所含的剪力墙墙肢段应小于20肢。如有些薄壁柱所含墙肢数过多时，应将其分成两个或多个薄壁柱，如图2-2一薄壁柱，输入时分成两个薄壁柱输入更好，分开的两薄壁柱中间用深梁连在一起。

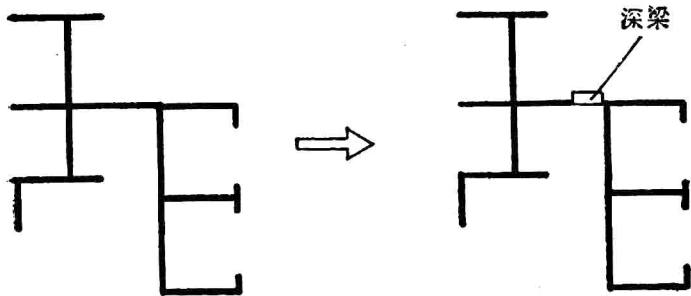


图2-2

三、带边框剪力墙的输出

带边框的剪力墙就是剪力墙肢的一端或两端墙肢交点上设有框架柱，如图2-3所示：

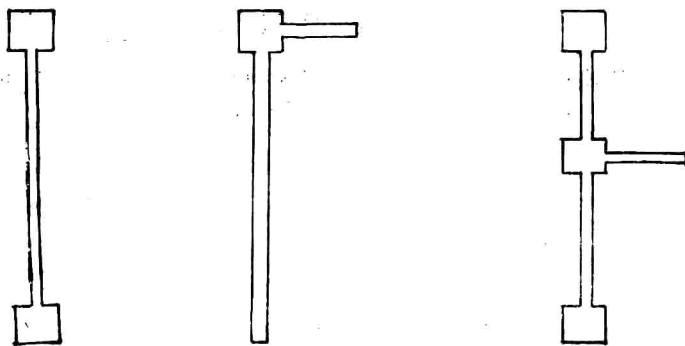


图2-3

对这种剪力墙的输出通常有两种方法，一是忽略边框柱的影响，如图2-4：

另一种方法比较麻烦一些，即将边框柱作为一段墙肢输入，

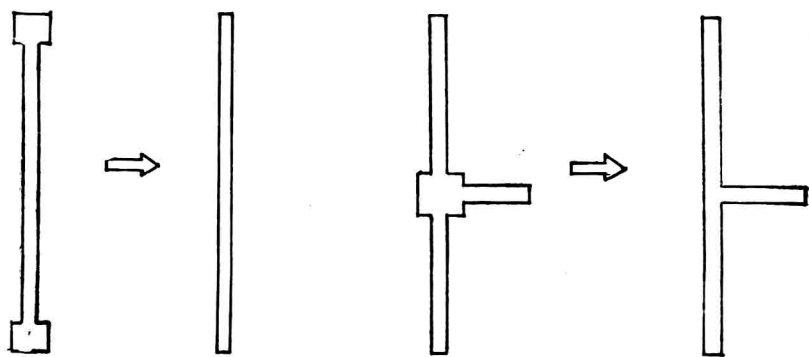


图2-4

相应的墙肢厚度取柱的宽度，如图2-5示：

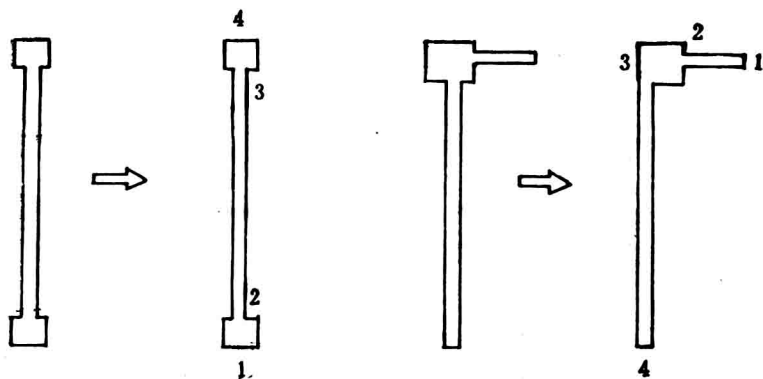


图2-5

通常应按上述两种方法处理带边框的剪力墙。下面图2-6这种处理方法是错误的。

这是因为带边框的剪力墙是一整体受力构件，而按照两个柱，一片墙输入计算，图形上看起来和实际结构一致，但受力上