

# ETABS 中剪力墙建模与剖分常见问题剖析

筑信达 吴文博

剪力墙具有抗侧刚度大，整体性好，以及不错的承载力，是设计人员经常使用的一种结构体系。但是剪力墙在程序建模与分析时，也较为复杂，本文列举几类工程常见问题与大家共同探讨。

## 1. 剪力墙剖分

一般来说，有限元网格剖分的尺寸大小、剖分形状以及剖分疏密会对计算的精度及准确性产生很大的影响。在 ETABS 中，对墙采用的默认剖分是对直墙不剖分，对曲线墙采用矩形网格剖分。默认的剖分设置对于高宽比较大的单片墙不会造成太大的精度损失，但是对于双臂墙（连梁由壳单元模拟），在很多情况下并非很合理。此时，ETABS 还提供了自动的矩形划分，可以更加精细的划分网格，获取更加精确的结果。

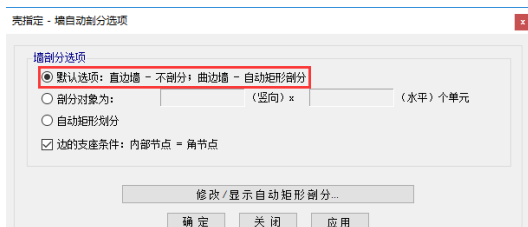


图 1 墙默认剖分选项

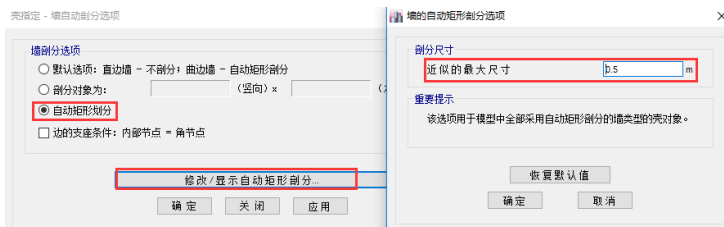
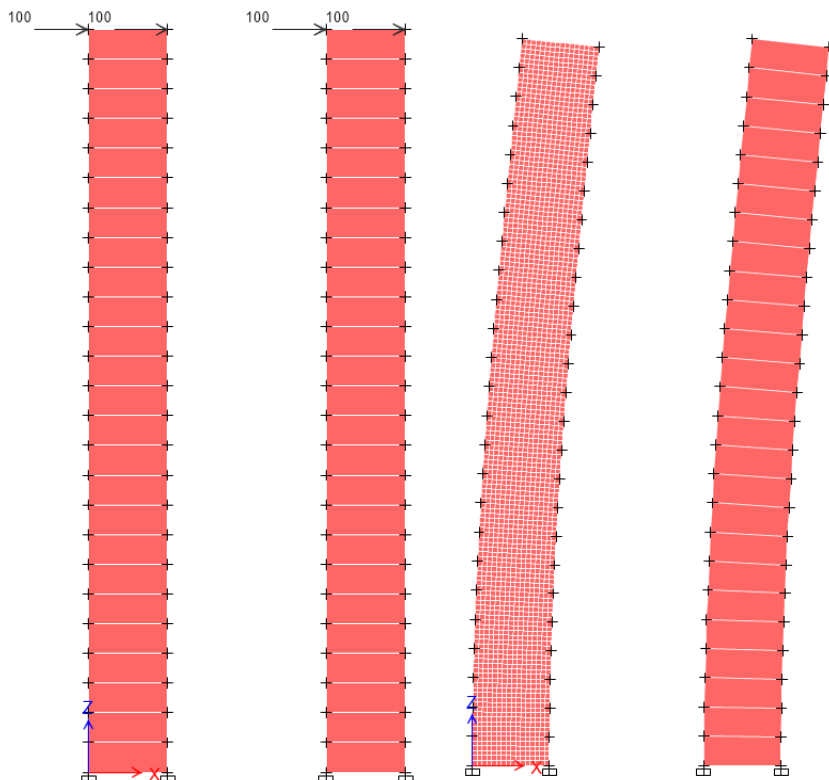


图 2 墙矩形剖分选项

“模型一”基本信息：墙长 8m，层高 3m，共 25 层，墙厚 300mm，混凝土强度等级 C30。在墙顶作用一对水平荷载 100kN。墙体剖分情况分别为 0.5m 矩形网格和不剖分两种情况。



对象 ID	墙和楼层	标签	唯一名称
Story25	2	3	

点位移和位移角	X	Y	Z
平动, mm	73.824	0.000	-5.890
转角, rad	0.000000	0.001581	0.000000
位移角	0.001491	0.000000	

对象 ID	墙和楼层	标签	唯一名称
Story5	5	108	

点位移和位移角	X	Y	Z
平动, mm	71.513	0.000	5.684
转角, rad	0.000000	0.001424	0.000000
位移角	0.001426	0.000000	

图 3 单片墙不同剖分下变形





从结果可以看出，对于高宽比较大单片墙，变形类似于悬臂梁，并且在纵向已经做了一定尺度的划分（分为了 25 份），所以，即便不去进一步剖分，也是有着不错的计算精度的，所以对这种墙可以不划分网格或者划分较粗的网格即可。**但是对于高宽比较小的墙片上述做法就不一定合适了。**

**“模型二”基本信息：**单墙肢长均为 3m，连梁跨度 2m，高度 0.6m，其余同模型一。墙体剖分情况分别为 0.5m 矩形网格和不剖分两种情况。

在此大家应注意，连梁和墙肢在模型二中存在节点不对齐的情况（如图 4），此时在 ETABS 中可以使用自动边约束功能使网格不对齐的部位强行位移协调，保证计算模型具有足够的精度。但是要注意的是，只有当两个墙单元具有共用的边时，自动边约束功能才会起作用，图 5 中，左图是无法使用自动边约束功能的，而右图是可以的。

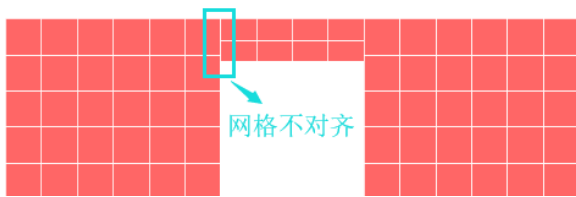


图 4 墙剖分网格不对齐

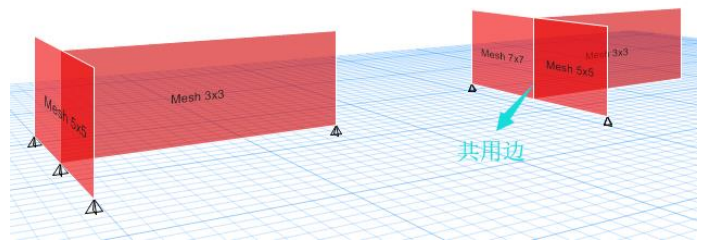


图 5 共用边

计算结果如下：

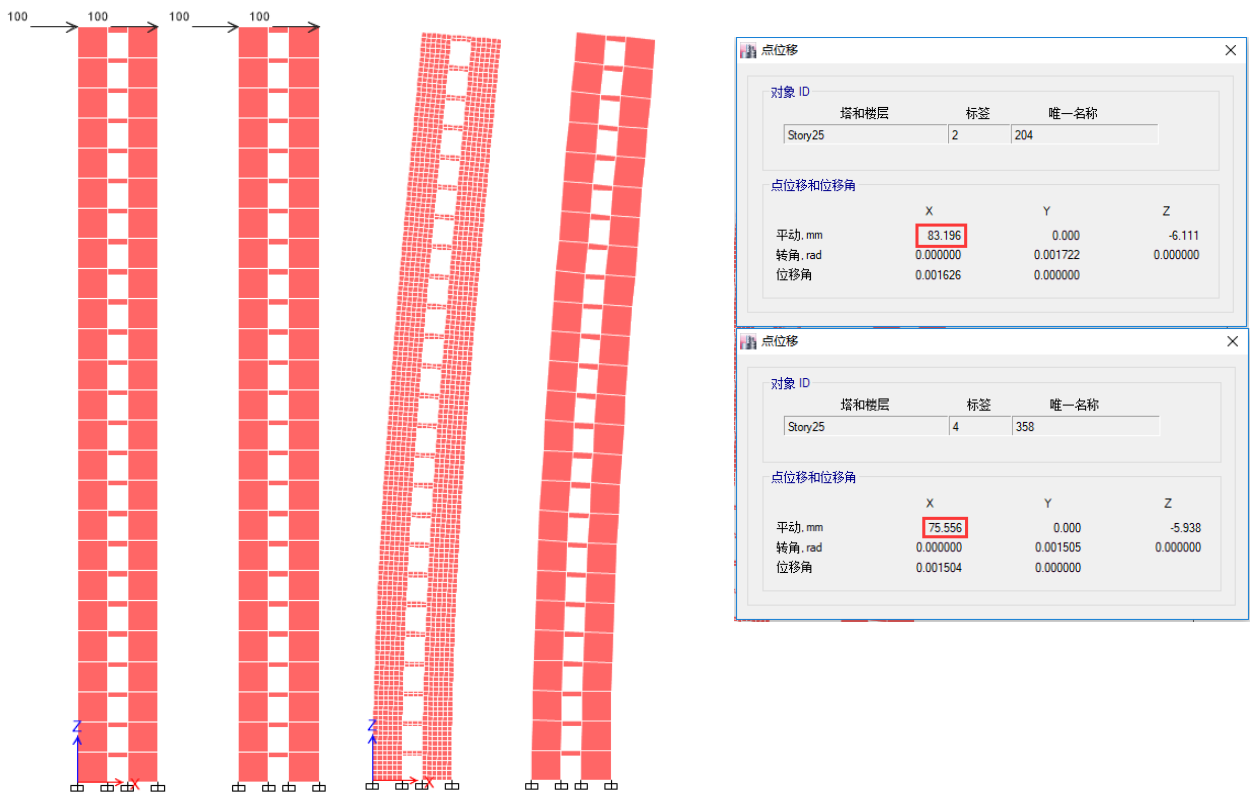


图 6 双肢墙不同剖分尺寸下变形

从计算结果中可以明显看出，剖分对计算结果产生了较大的影响。未剖分的墙体变形更小，刚度更大，同时计算精度也偏差较大，无法满足工程需要。

对比模型一的结论，我们可以很自然地推测：是否连梁的剖分对计算结果的影响较大？就此我们做了另一组对比模型。

**“模型三”基本信息：**建立两个双肢墙，同模型二，其中一个模型仅对墙肢剖分（剖分尺寸 0.5m），而另一个仅对连梁进行剖分。





图 7 双臂墙不同剖分形式下变形

从上述结果证明了我们的推测，仅剖分墙肢的计算结果较不剖分的计算结果更加精确一些，但是仍然无法达到我们的计算要求。而仅剖分连梁的计算结果 80.43mm 与整体剖分的计算结果 83.20mm 已经比较接近，因此，如果我们需要控制单元数量的话，细分连梁会得到更加精确的结果。

## 2. 连梁的模拟

在 ETABS 中，用户可以采用壳单元和框架单元去模拟连梁，如果用户使用壳单元模拟连梁，按照前文介绍进行合理的剖分是可以得到合理的计算结果；但是如果使用框架单元模拟连梁时，有一些情况是需要注意的。

由于壳单元同时具备膜的面内刚度和板的面外刚度，其节点也同时具有平动自由度和转动自由度，故壳单元与框架单元可以通过节点直接连接。但是，两者交点处绕壳平面法向的转动刚度不足，会造成结构刚度偏柔。为了避免上述问题，ETABS 会自动将连梁（框架单元）在墙梁交点处向内延伸至壳单元（墙肢）的相邻节点处（也称为“埋设梁”），同时释放连梁延伸端的轴力、弯矩和扭矩而仅保留剪力。注意，“埋设梁”是程序自动处理的，不需要用户绘制。

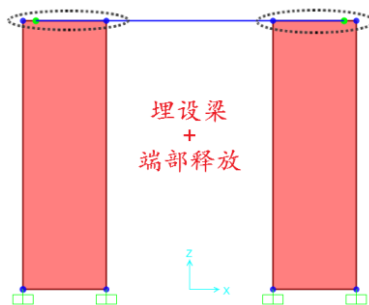


图 8 ETABS 自动的“埋设梁”示意图

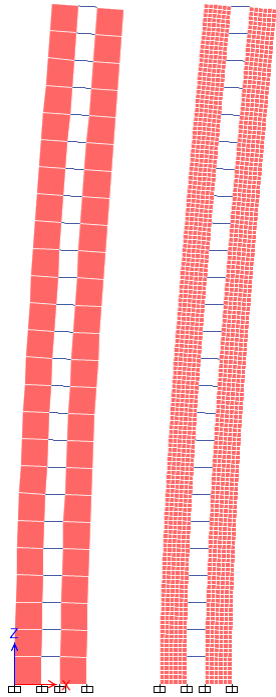
由于 ETABS 自动添加的埋设梁仅深入到相连的剖分单元内，所以如果剖分的单元越小，相应的连接刚度也越小，因此，在不做其他处理的情况下，不建议对墙肢剖分。

**“模型四”基本信息：**建立两个双臂墙，连梁采用框架单元模拟，尺寸为 300X600,其余同模型二。其中一个模型对墙肢





剖分（剖分尺寸 0.5m），而另一个不剖分。



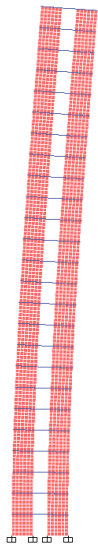
点位移			
对象 ID			
塔和楼层	标签	唯一名称	
Story25	36	105	
点位移和位移角			
平动, mm	X	Y	Z
	81.819	0.000	-6.038
转角, rad	0.000000	0.001584	0.000000
位移角	0.001582	0.000000	

点位移			
对象 ID			
塔和楼层	标签	唯一名称	
Story25	6	463	
点位移和位移角			
平动, mm	X	Y	Z
	98.673	-1.774E-11	-6.406
转角, rad	0.000000	0.001810	0.000000
位移角	0.001867	0.000000	

图 9 框架模拟连梁时不同剖分尺寸下变形

从计算结果来看，墙肢不剖分的模型中位移 81.82mm 更加接近于精确解 83.20mm，而如果墙肢进行剖分的话，变形明显增加，这是由于连梁与墙肢连接刚度减小导致的。

如想得到更加精确的结果还可以人为添加埋设梁，再对墙体进行剖分。如图 10 所示，此时与精确结果已相差无几。



点位移			
对象 ID			
塔和楼层	标签	唯一名称	
Story25	2	184	
点位移和位移角			
平动, mm	X	Y	Z
	83.015	-7.442E-12	-6.068
转角, rad	0.000000	0.001573	0.000000
位移角	0.001606	0.000000	

图 10 手动添加埋设梁后的变形

除了 ETABS 自动“埋设梁”的设置方式，还可以依据连梁的跨高比、楼板位置等情况设置其他形式的埋设梁，如图 11。具体可参考 CSI 知识库内容：<https://wiki.csiamerica.com/display/perform/Modeling+of+coupling+beams+in+shear+walls>。

另外需要注意的是，SAP2000 在处理框架与壳单元的连接时，并未做自动“埋设梁”的处理，需要用户手动完成，详细内容可参考筑信达知识库内容：<http://www.cisec.cn/Support/knowledgeBase/knowledgeBaseMenu.aspx?menuid=671>。

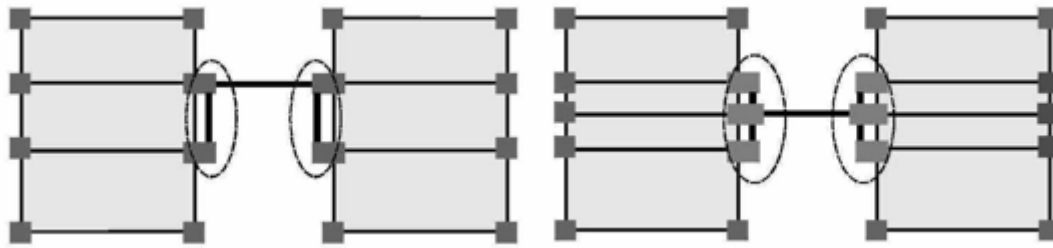


图 11 “埋设梁”的其他设置方法

### 3. 剪力墙支座的模拟

通常情况下，剪力墙基础多为条形基础、筏板基础或桩筏基础等形式，因此墙底部的约束形式应为线约束而非点约束。在 ETABS 中，可以对剪力墙内部的剖分点施加约束，从而近似模拟线约束。

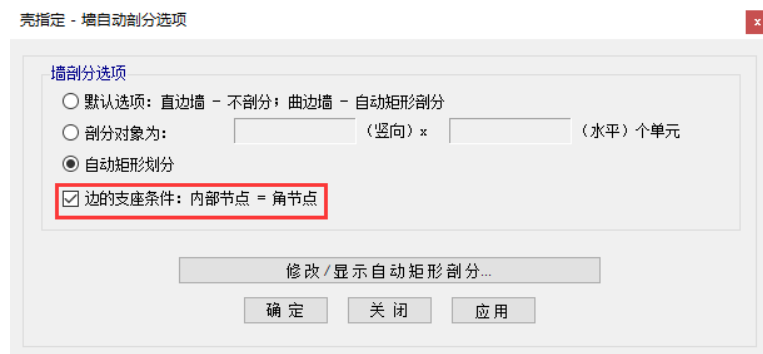


图 12 剪力墙底部约束

**“模型五”基本信息：**墙长 8m，层高 3m，共 10 层，墙厚 300mm，混凝土强度等级 C30。在墙顶作用一对竖向荷载 100kN。墙体剖分为 0.5m，分为勾选“边的支座条件”和不勾选两种情况。

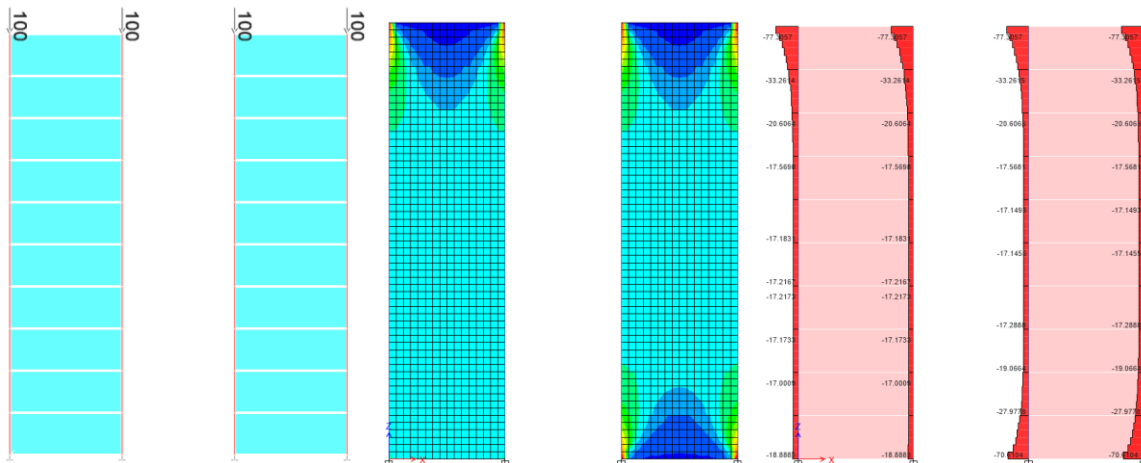


图 13 不同底部约束下的剪力墙应力图和端柱的内力图

从以上计算结果可以看出，若不设置边支座，竖向力只能通过角部的两个点支座传递给基础，此时剪力墙的 S22 应力呈现出拱传力的特征，中间应力小，应力集中与两端，而端柱因与剪力墙变形协调，所以会造成柱轴力异常大，且随剖分尺寸减小大幅增加。设置边支座后，竖向力可以通过底部的边支座均匀的传递给基础，会得到更加符合实际的结果。

并且，对墙体底部添加线约束后，结构刚度会有所增加。对于高宽比较大的墙肢影响不大，但是对高宽比较小的墙肢影响较大。



#### 4. 剪力墙弹塑性分析的模拟

在 ETABS 中，模拟剪力墙的非线性行为可以使用分层壳或者墙铰。当分层壳单元或墙铰单元与框架单元（连梁通常模拟为框架单元）相连时，程序均不会自动添加“埋设梁”，需要用户进行手动添加，添加的方法可以参考本文第 2 节的内容。在剖分方面，墙铰是属于一个整体的，应视为一个构件，不可再进行剖分，如果想调节铰的位置，只能对墙进行分割处理后再指定墙铰，如图 14。而对于分层壳则与普通壳单元相似，剖分尺寸越小，计算结果也会越精细，但是对于分层壳而言，计算量非常巨大，并且很小的剖分会造成应力集中现象比较明显，进而导致分析收敛比较困难，因此并不建议使用很小的剖分尺寸。如图 15 所示，更小的剖分尺寸确实可以得到更加精细的应力分布或应变分布，但是也会造成更加集中的应力或应变分布，这些应力或应变对评价整个墙体的损坏状态意义不大，一般情况下，1m~2m 的网格剖分足矣。

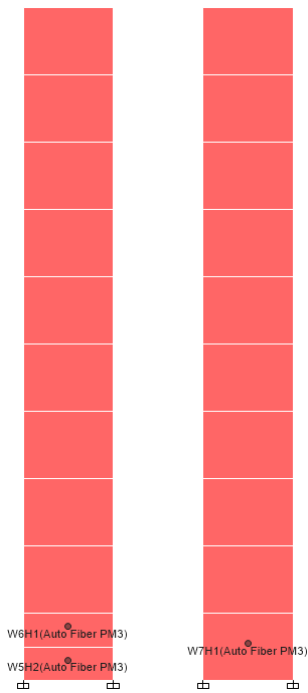


图 14 墙铰布置

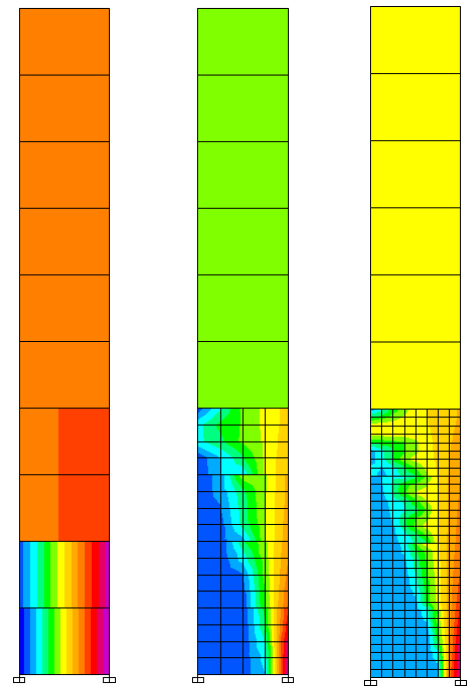


图 15 不同剖分尺寸下分层壳应力

#### 5. 结语

当剪力墙采用壳单元模拟时，采用合理的剖分尺寸是必要的，通常 1m 左右的网格即可。特别是对于双肢墙，连梁宜采用更加精细的剖分，这样可以在有限的剖分数量下，得到更加精确的结果。

当连梁采用框架单元模拟时，默认的条件下，墙体不剖分反而会得到更加准确的结果。如果想得到更加精确的结果，可以手动添加“埋设梁”后再对墙肢剖分。

设置剪力墙的边支座可以得到更加准确的应力传递路径，也会对结构刚度有所增加。

当分层壳或墙铰与框架单元（连梁）相连时，应手动添加“埋设梁”。分层壳宜采用适当的网格剖分，1m~2m 的网格剖分即可，墙铰单元不可剖分，但可分割。