



钢 结 构 论 坛

本栏目由中华钢结构论坛 www.okok.org 协办

编者按:工程计算机软件的出现,使工程师们摆脱了繁琐的手工运算,可以通过更为精确的方法来估算结构的各项性能。但是这并不等于降低了对工程师的要求;相反,工程师们在熟练掌握各种软件操作技能的同时,还必须清楚地了解其所建计算模型与真实结构之间的差异。或者说,必须对软件计算结果的准确性做出判断。本文就工程中常用的 SAP2000 有限元分析软件为例,对其中的一些技术细节加以探讨,希望以此来引起大家对前面所谈问题的关注。

话题:SAP2000 在钢结构设计中的若干问题探讨

(整理:Eddiechen; 审核: skyland)

话题 id = 5817, 6560, 24439, 26755, 7668, 1556

1 关于桁架杆端铰接的处理

yangjunr/2002 - 03 - 17:

模拟桁架杆件之间的铰接,说明书中指出可以通过修改抗弯刚度为 0 来实现。请问各位:大家是通过杆端约束释放(release)还是通过修改抗弯刚度来处理铰接的?

懒骨头/2002 - 3 - 1:

不能用放松自由度的方法模拟桁架,放松自由度的前提是要保证结构不是几何可变的。我个人认为可以使用折减抗弯刚度来模拟桁架结构。但应该注意,如果没有根据不要折减剪切面积,因为考虑剪切影响时单元刚度矩阵要除 $(1 + 12EI/GA I^2)$, 式中的 A 为剪切面积。如果把 A 折减到很小(正常情况是不可能的),这个修正系数将是很大的,计算结果是不对的。

另外应该注意:在模拟桁架单元时不能将一根杆划分为两个及以上的单元,因为桁架单元只有一个自由度,中间节点在三维分析中将本来一个自由度投影为三个自由度,二维分析中将本来一个自由度投影为两个自由度,总刚阵是奇异的,运行时不是除零计算中止就是得到大位移结果(因舍入误差而不出现除零,除一个很小的数得到大位移结果)。

hare/2002 - 3 - 1:

结构中,交叉撑的两个杆件在中点设断点相连需注意:

- 1) 程序计算的计算长度不对(不影响分析,但用程序设计截面时需修正计算长度,否则偏不安全)。
- 2) 释放断点处端弯矩,会出现几何瞬变。
- 3) 不释放,则程序假定 4 杆刚接(而不单是被断开的构件连续),要构造保证之。

towerdesign/2004 - 9 - 4:

建议处理办法:

- 1) 十字交叉处不要设置节点,让两个杆无节点通过。截面设计时注意长细比修正。
- 2) 主杆有平面节点时作为梁单元计算。截面设计时忽

略弯矩,仍然按照二力杆设计。

3) 添加一个截面很小的杆件支撑住这个平面节点。

4) 施加平面外约束,或者一个很小的弹簧。线性分析时两者的结果内力是正确的,变形有问题。非线性分析会有问题。

5) 设计时改变布置方案不要让平面节点出现。

无论什么方法,牢记我们是在简化实际结构,所以要注意分析计算结果和实际结构的差异。

法师/2003 - 11 - 7:

我觉得在 SAP 里用 release 实现铰接来模拟桁架是最正宗的办法。因为所谓桁架,实际上是刚架的一种特例,即在节点处不能传递弯矩的刚架。但在处理桁架时要正确理解释放的是哪个自由度、局部坐标与整体坐标的关系(即局部 2 轴、3 轴与整体坐标的关系)等,这些地方弄不好,就容易出现几何可变的结构。

设抗弯刚度为 0 只是一个变通的办法,我不知道采用这种办法,杆件的自重如何考虑,是不是只能将杆件的自重设为 0 了? 如果某个杆件中间作用有一个横向力如何办?

SAP 是一个通用的结构分析程序,在求杆系结构的内力时,程序编制是不会把结构区分为刚接还是铰接,平面还是三维,这和 STS 中的平面桁架功能不一样。在 SAP 里所有的杆件的每个节点一开始都有 6 个自由度(即考虑成三维刚接),然后再根据自由度的是否释放来删除刚度矩阵中的项。如果自由度的删除不正确,造成矩阵奇异,结构就是可变的了。

现在的 SAP2000 里加了一些前处理,模型输入里有各种模板,比如当你选择平面桁架建模时,程序自动把相关的自由度限制或释放了。以前用旧版本 SAP 时,所有的自由度都要用户自己考虑的。

脚手架/2004 - 5 - 1:

SAP 里的 release 就是为了释放杆端弯矩,使其只能够传递轴力,这就是桁架杆的模型,由于没有弯矩,因此也就没有剪力了,是完全的二力杆。用 release 实现铰接来模拟桁架是正确的。改变抗弯刚度来模拟桁架存在若干问题:首先是变形问题,既然抗弯刚度为 0,其弯曲变形必然与实际不符合,而桁架的二力杆的抗弯刚度是不为 0 的, SAP 计算的

变形结果与实际一致;其次,release 释放杆端弯矩后,杆的自重均匀分配给两端,而抗弯刚度为 0 的梁,其两端还会有自重产生的弯矩,对于桁架,节点弯矩是无法得到平衡的;SAP 的抗弯刚度的修正有其实际意义,特别在板单元中更是如此,大家可以建一个简单的板模型,试着通过改变板厚和修正抗弯刚度就会发现其中的差别。

2 关于板壳单元的模拟问题

kirinxu/2003-3-24:

最近建了一个框架模型,想分析受力的同时,还想分析大跨度楼板的温度应力。现在有几个问题请教一下:

1) 用 shell 单元模拟楼板,划分网格后梁单元也需要分段吗? 如果只划分 shell,几个 shell 放在一个梁上,结果 shell 和梁变形不一致,这样楼板荷载似乎只传到梁的两端,这不叫传递到梁上吧? 如果把梁也进行分段,好象变形才一致,但这样岂不是要把所有板下的梁都划分成很小的段? 这和一个梁有没有区别? 到底哪种方法对?

2) 模拟楼板的时候,到底是用 shell 还是 plate? 我在实际模型中好象看不出 shell 和 plate 的区别? 还有 thick plate,到底应该有什么区别呢?

3) 很多软件在计算时,都假设楼层刚度无限大,在 SAP2000 里需不需要将 shell 刚度放大呢?

4) 如果屋盖采用彩钢板,应该只起传递荷载的作用,是不是还用 shell 模拟? 把刚度取很小,还是厚度取很小?

风中的沙粒/2003-3-24:

1) 梁分成 5 段来算和分成 1 段算是一样的,在这个实例里如果不分就会变形不协调,因此当然要分。你可以做个实验,在没有 shell 单元的情况下,把梁多分几段,分析所得的内力没什么不同(影响的应该是设计部分)。

2) 关于刚性楼板,加不加都行,加的话对于程序可以减少未知量,这样计算时间大大减少;前提是符合计算假设,SAP2000 的刚性楼板需人工干预。

3) 若是与其他软件作比较,可按 TBSA 的分法,用 shell 单元更好,只是划分网格很麻烦。

kirinxu/2003-3-26:

谢谢风兄的帮助,我对第一个问题弄清楚了,对另外三个问题还想再追问几句:

1) 就是原来的第二个问题,楼板我是一定要加的,因为我还要考虑楼板的温度应力。但是如果不加刚片,如何使得一层内的柱节点满足假设? 再有,如果要加刚片,到底是用 shell,还是 plate 或 thick plate?

2) 为什么 shell 的网格划分比较麻烦? 它和 plate 的网格划分有什么区别?

3) “无限刚的楼板”和“只做传递面荷载作用的虚面”,到底如何设置?

风中的沙粒/2003-3-26):

你可能没明白刚片指的是什么,它只是一种约束,并不是实体(单元),确切的讲是一组约束。shell、plate、thick plane

是一类,都是面单元,自由度一样,传力有一定差别。既然是面单元,网格划分当然也一样。

stone/2003-4-26:

我通常这样做:设定一种材料,弹性模量为 10^{-9} (认为无穷小),shell 中定义 bend 和 membrane 的 thick 为 1mm,然后在上面积加 pressure,这样即可认为只传递荷载而不参与结构工作。

傻子不傻/2001-12-5:

用 SAP2000 时间不算短,但一直以来只用它来计算一些小构件。原因就是有些概念始终搞得不是太清楚。比如关于 shell 中有几个特别搞不清楚:

1) plate、membrane 二者分别指什么,有什么区别,一般分别可用来模拟什么?

2) thick plate、thin plate 又有什么区别,分别用来做什么?

3) shell 来模拟板的的话,怎样处理才能使荷载自动导至梁柱上,是不是可以不管?

Lixx/2001-12-5:

plate 是平板,membrane 是膜,两者的区别应该是有无面外刚度。如板厚较大,板的剪切变形不能忽略时用 thick plate(厚板单元),比如厚板转换层;否则可用 thin plate(薄板单元)。再有,只要在 shell 上加了面荷载,就可以传到支座上。

懒骨头/2002-4-20:

thickness of membrane 的作用是:1)用于计算壳元或膜元的面内刚度;2)用于计算自重和质量(动力)。thickness of bending 的作用是用于计算板或壳单元的面外刚度。

一般来说,这两种厚度是相等的。SAP2000 把它们分开是考虑到某些特殊的结构(如波纹板)分析的需要。

3 关于索单元的模拟问题

civil fans/2003-4-27:

SAP2000 中索单元采用 frame、cable 单元,需要注意三个问题:1) 最好采用非线性分析;2) 设定单元失效模式(通过设定压力限定值为零来实现);3) 释放掉全部转动约束。

采用 release,只要方法得当,是不会引起求解困难的。关键有两个原则:1)约束释放不能让结构进入刚体运动;2)应该事先定义铰接特性,SAP 自带的铰接定义是不能满足工程分析的。

另所谓只拉单元,实际上就是索单元,SAP2000 中可以采用 frame、cable 单元。

laodao/2003-5-10:

只拉单元和索单元可不是一个概念。索是几何非线性,而只拉单元就不一定非得几何非线性了,比如我用钢筋作支撑,可以是单拉杆,但绝不是索。

civil fans/2003-5-11:

我认为实际上有限元理论中,判断索单元和杆单元并非只是一个几何非线性特征,它并非是充分必要条件。只拉单

元就是只能受拉不能受压的单元,一根压杆也可以出现单拉状态,但它的有限元模型肯定不能用只拉单元描述。在有限元理论中,只有单拉性能的构件通常都是采用索单元模拟,一旦受压,这种单元将退出工作。

我不知道你所说的钢筋支撑是单拉支撑还是具有双向受力特性的拉压杆支撑,但我敢肯定地说,如果你的钢筋支撑只是受拉,那选择单元模型应该是索单元。

并非绳索才是索单元,当构件长细比超过一定限值,只能考虑其受拉特性时,那便是索单元。大跨度悬索桥的主缆常常粗得吓人,但它就是索单元。更何况,非线性也是有强弱的。

wizard/2003-5-11:

SAP2000 里索单元似乎没有考虑其独有的物理非线性特性(应力刚度效应),所以可能索与杆在分析中假定应该是一样的。

应力刚度效应(stress stiffening effect)指材料的刚度随其受力的变化而变化的效应。普通的索材多是由多股冷拉钢丝拧结而成的,股间空隙随索受力增大而减小,从而导致其刚度增大。

civil fans/ 2003-05-11:

应力刚化效应并非索独有的特性,包括梁板等构件一样有应力刚化效应,SAP 中的确好像是没有考虑应力刚化效应,但这并非说 SAP 中的索单元不是索单元,索与普通杆的区分通常只是体现在拉压工作特性上。一根钢管,当长度达到足够长,比如长细比超过 300,那就可以简化为索单元。依据索的非线性强弱,还包括两节点索单元,三节点等参元,四节点等参元等等。

wizard/2003-5-11:

实际工程计算中忽略梁板等构件的应力刚度效应结果影响不会很大,这样的差别对工程师而言是可以接受的,而索的应力刚度效应往往对结果有较大影响。这一点用简单的索的本构关系实验就可以证明。

civil fans/ 2003-05-11:

纠正一下,应力刚化效应是指构件的面外刚度随面内应力影响而变化的一种物理特性。详细说明可以参考《非线性有限元》(詹先义,重庆大学出版社)。其实,经典弹性力学理论在讲述沙丘理论时也有所讲述,充气肥皂泡就是一个典型的应力刚化例子。

wenjin/2004-11-20:

通过一些例题的实际操作,我认为有几点需要注意:

- 1) 将索的抗弯刚度设为极小值。
- 2) 需作索的非线性分析,在作索的非线性分析需要打开大变形的选项。
- 3) 加载需要分步加载,先加载预应力,再加载其他荷载。
- 4) 在 V9 版本里面,可以直接用应变来直接模拟预应力,不用降温也可以。

算出来的结果跟手算的结果基本是一致的,所以用

SAP2000 来分析索是完全实用的,也是准确的。

4 SAP2000 是否可以自动更换设计截面?

hu/2002-04-12:

当计算时显示说所作用的荷载已经超出了所选截面的承载能力后,该怎么办? 是自己手动改变截面后再计算,还是 SAP2000 能够自动更换截面,然后再计算呢?

lixx/2002-04-13:

你说的两种方法都可以,不过如果要想让 SAP2000 自动选择截面的话要做一些设置,在《SAP2000 TUTORIAL MANUAL》和《SAP2000 QUICK TUTORIAL》中有详细的介绍,简单来说步骤如下:

- 1) 在 define section 中选择所有可用的截面;
- 2) 在 "add I / wide flange" 下拉菜单中选择 "add autoselect", 并选择可供程序选用的截面(比如你希望下弦杆管直径不小于 200,那就只选择直径为 200 以上的钢管),针对不同的构件可以定义多个 autoselect 截面;
- 3) 将需要程序自动选择截面的杆件赋为 autoselect 截面;
- 4) 进行结构分析;
- 5) 进行截面设计;
- 6) 使用 design - > update analysis sections 更新结构分析所用的截面;
- 7) 如对计算结果不满意则从第 4 步重新开始,否则可用 design - > replace auto w / optimal sections 将截面设计所用截面设定为杆件截面,这个命令会将最终选定的截面定义为杆件的截面,替换杆件 autoselect 截面的定义;
- 8) 进行最后一次结构分析和截面设计,查看杆件的应力比。

注意:1) SAP2000 自动选择截面时是以应力比不超过 1 进行控制的,如果设计人员要求杆件应力比不得超过小于 1 的数(如 0.9),则可在材料强度中输入折减后的强度 $0.9f_y$ 。

2) SAP2000 中截面设计(design)中的截面不会自动转为结构分析中的杆件截面,如果在 design 菜单中对杆件进行了任何修改都要用 update analysis sections 命令对结构分析的杆件截面进行更新。

3) 进行第一次结构分析时不能选择考虑 P-Delta 效应的迭代计算,因为此时程序还没有为 autoselect 截面的杆件选择截面,其刚度不存在,迭代计算会报告结构失效。进行第二次结构分析时就可以考虑 P-Delta 效应了。

5 关于 SAP2000 的局部、整体坐标问题

dlk9603/2001-10-21:

在 SAP2000 中选择截面和布置荷载的时候,所指的 1, 2, 3 方向如何和整体的 X, Y, Z 方向联系起来,而且荷载布置的时候 assign > shell static load > uniform > uniform load direction 的几个选项分别指的是什么? 还有交点约束的 1, 2, 3 又是指的什么?

fish/2001-10-21:

对框架来说,构件的长度方向为 1 轴,构件截面强轴为 2,弱轴为 3。

okok/2001-10-21:

构件的局部坐标系 1,2,3 和结构整体坐标系 X、Y、Z 的关系,非常重要,你得仔细看说明书,书中有详细图解。释放杆端内力时,使用局部坐标系,施加支座约束等时,使用整体坐标系。对于构件,1 轴沿构件轴线由始节点指向终节点。2 轴和 3 轴好象没有明确规定,只要其轴线的定义与界面特性定义一致即可。相应的,内力输出时,也是和轴线的假定一致。

tsingzh/2002-04-07:

在 SAP2000 里面,所有的阿拉伯字母都是表示局部坐标, X, Y, Z 表示整体坐标。局部坐标方向可以在单元上显示,整体坐标在主窗口内有显示。荷载输入窗口里方向表示中: local 表示局部坐标系; global 表示整体坐标系; gravity 表示重力方向,一般与负 Z 方向一致。你可以先施加荷载,然后使之显示出来,确定方向正确否。至于 1,2,3 与 X, Y, Z 关系,可参考说明或帮助里的相关图示。

节点约束中的 1,2,3 同样是指节点的局部坐标方向,可以让图形显示。可以通过改变节点局部坐标系的方向,施加斜向支承。

懒骨头/2002-04-07:

你定义的截面信息与局部坐标应该一致,软件不会因为你的截面的强轴、弱轴为你决定局部坐标系的。如果担心局部坐标与截面不对应,可以打开 show extrusions 开关,看看构件到底是怎样摆放的。

日出东方/2002-04-08:

在建立模型以后最好在 view - set elements - frame 中选中 local axes,根据模型中显示的红,白,蓝三个局部坐标(分别对应 1,2,3 轴),对照 frame section 中设置的 2,3 轴的方向校核一下,尤其对柱的强弱轴的设定一定要准确。

lsx/2002-05-24:

框架单元:

1 轴沿杆方向,2,3 轴在垂直于杆轴平面内。1-2 平面竖直;除非杆件竖直(2 轴沿 + X 方向),否则 2 轴一般为 + Z 方向;3 轴水平,即处于 X - Y 平面内。截面特性中 1 轴沿单元轴线,一般 2 轴为弱轴、3 轴为强轴,但并非必须如此。

壳单元:

3 轴为壳单元平面的法向。3-2 平面竖直;除非单元水

平(2 轴沿 + Y 方向),否则 2 轴一般为 + Z 方向;1 轴水平,即处于 X - Y 平面内。

节点与自由度:

局部坐标轴用于定义节点自由度、约束、特性、节点荷载和表达输出,1,2,3 轴默认与 X, Y, Z 轴相同。

刚片约束:

3 轴为平面法向轴,1,2 轴程序自动任意在平面内选择,因为平面轴的实际方向并不重要,只有法向方向影响约束方程。

lixx/2002-06-27:

请看我的译文:

1) 缺省方向

局部坐标系的轴 2,3 的缺省方向是由轴 1 与整体坐标系的 Z 轴的关系决定的:

- 局部坐标系 1-2 轴所在平面必须垂直,即与 Z 轴平行;
- 局部坐标系轴 2 正方向指向上(+ Z),当单元垂直时轴 2 正方向为与 X 轴平行且指向 X 轴正向;
- 局部坐标系轴 3 永远是水平的,即在 X - Y 平面内。
- 当单元的局部坐标轴 1 与 Z 轴夹角的正弦值小于 0.001 时,程序即认为单元是垂直的。

e. 单元局部坐标轴 2 与垂直轴的夹角与局部坐标轴 1 与水平面的夹角相同。由此可知,水平放置单元的局部坐标轴 2 为垂直向上的。

2) 坐标角度

框架单元坐标角度 ang,用于定义与缺省方向不同的单元方向。其定义是由缺省方向的单元轴 2,3 绕轴 1 正方向旋转至当前单元方向的角度。当单元局部坐标轴指向用户时,正的坐标角度表示轴 2,3 为逆时针转动。

对于垂直单元来说,ang 是局部坐标轴 2 与水平轴 + X 的夹角。否则,ang 是局部坐标轴 2 与包含局部坐标轴 1 的垂直平面的夹角。

3) 局部坐标系

截面特性是参照单元的局部坐标系定义的。定义截面特性使用的局部坐标系定义如下:

- 局部坐标 1 轴沿单元纵轴,垂直于单元截面并通过截面上两根中性轴的交点;
- 局部坐标 2,3 轴平行于截面中性轴,通常 2 轴取截面的长边(高度)方向,3 轴取截面的短边(宽度)方向,但并非强制要求如此。

美国棒材市场走势平稳前景看好

结构钢材和棒材的厂商声称:新年以后,市场逐步回暖。同时,结构钢市场的需求量也不断的放大。但是,由于国内和进口的钢筋消费量减少,钢筋需求恢复相对较慢。而 2、3 月份,市场将继续回暖。在 2 月份的第一周,纽柯公司将重新制定 3 月份的废钢附加费,其最终的决定将对市场产生重要的影响。

同时,1 月份的价格稳定对以后的市场走强已经奠定了良好的基础。12 月份和 1 月份作为消费淡季,市场价格、运费能如此保持稳定,等到 2、3 月份消费旺季,市场将会更好。总之,在未来几个月,预计美国长材市场价格将会有所上扬。

SAP2000在钢结构设计中的若干问题探讨

作者: www.okok.org
作者单位:
刊名: [钢结构](#)
英文刊名: [STEEL CONSTRUCTION](#)
年, 卷(期): 2005, 20(1)
引用次数: 0次

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_gjg200501025.aspx

下载时间: 2010年5月6日