

门式刚架厂房设计中砌体围护墙体的考虑

门式刚架厂房设计中砌体围护墙体的考虑

吴海楠

(中国建筑科学研究院有限公司 北京构力科技有限公司 北京 100013)

[摘要] 门式刚架轻型钢结构房屋是钢结构厂房中最常见的类型之一，由于其结构重量轻，经济性好的特点广受业主和设计人员的欢迎，设计中其受力特点明确，带有明显的主要受力方向，使得二维模型下就能够满足一般的工程要求，《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》GB51022-2015中对于规范的适用范围中取消了旧版协会规程中的所规定的“轻质外墙”这一限制条件，同时增加了砌体墙作为外围护墙体时，应如何考虑的条文，本文就现行规范对于砌体围护墙体的考虑在软件中如何实现，以及实现中所遇到的问题进行一一阐述。

[关键词] 门式刚架；砌体墙；围护结构；附加质量

0 前言

《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》GB51022-2015中取消了一直以来对于门式刚架中必须使用轻质外墙的限制条件，同时对于围护墙体为砌体墙时，也需要考虑其对于地震作用的影响，下面会就砌体外墙在软件中应该如何考虑，考虑砌体墙重量后对计算的影响以及笔者的看法进行说明。

1 相关规范条文

《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》(GB51022-2015) (以下简称门式刚架规范)

中对于规范的适用范围给出详细的条件，具体条文如下：总则1.0.2 本规范适用于房屋高度不大于18m，房屋高宽比小于1，承重结构为单跨或多跨实腹门式刚架、具有轻型屋盖、无桥式吊车或有起重量不大于20t的A1~A5工作级别桥式吊车或3t悬挂式起重机的单层钢结构房屋。可以看到现行规范已经完全取消了门式刚架中轻质外墙的硬性要求。

同时门式刚架规范第6.2.4条规定“当采用砌体墙做围护墙体时，砌体墙的质量应沿高度分配到不少于两个质量集中点作为钢柱的附加质量，参与刚架横向的水平地震作用计算”

2 模型与软件实现

在门式刚架的围护墙体采用砌体墙时，一般采用非嵌砌砌体（砌在钢柱外侧的砌体），也就是砌体墙荷载由本身的条形基础或地拉梁连接钢柱独基传给地基的，其自重并不作用在刚架柱顶和柱中，砌体墙本身与柱身一般采用柔性连接，因此不需要在恒载中布置这部分重量，该部分质量只参与到确定地震作用时的重力荷载代表值 G_{eq} 统计上，在门式刚架二维设计程序中提供了附加质量的功能，可在“补充数据”->“附加重量”中定义墙重量，然后布置到相应节点上，如下图所示：首先在左右柱的柱中点处各增加一个节点，然后在左右柱的柱顶和柱中四个节点处分别布置导算到相应位置的附加点荷载值即可实现规范对于考虑砌体墙附加质量的要求。



图1 附加重量的输入

3 考虑墙重量前后对比

下面以一单跨双坡门式刚架说明二者在结果中上差异，该厂房跨度为26.2米，檐口高度为6.9米，分别按照下面两图考虑砌体外墙的附加质量，将两侧墙体平均分配到柱中点和柱顶位置，每个节点附加重量各116kN。



图2 考虑两个质点的附加重量

另一个模型不考虑附件质量，其他参数均保持一致

两个模型的对比结果见下表：

考虑附加重量前后主要结果对比 表1

模型	不考虑附加重量	附加重量平均分到柱中点和柱顶
计算振型数	1	3
基底剪力	9.181	23.12
柱顶位移	1/343	1/158
地震作用下柱顶弯矩	33.3	71.4
柱面外稳定最大应力比	0.65	0.83
柱面外稳定最大应力比控制组合	恒活组合	恒活组合
梁最大应力比	0.94	0.94
梁最大应力比控制组合	恒活组合	恒活组合

通过上表中的两个模型对比我们可以发现，由于增加了柱中节点，需要增加振型数以满足要求，与地震作用相关的指标，基底剪力，柱顶位移在考虑前后会存在较大差异，在考虑了砌体墙的附加质量之后，柱顶位移结果直接变为不满足。

梁应力比由于受恒活荷载作用组合控制没有变化，同时我们又发现柱应力比发生了明显变化，但其控制组合为恒活荷载作用组合，与我们所考虑的附加重量的地震作用没有关系，符合轻型房屋的受力特点，控制截面尺寸的柱面外稳定应力比变化的原因需要进一步进行分析，两个模型除了是否考虑了附加墙重量之外的区别之外，为了考虑墙重量而增加的节点也是二者的差异，所以为了找出柱应力产生变化的原因，我们有必要在不考虑附加重量的模型中的柱中增加两个节点，然后与不考虑附加质量的模型进行比较，找出柱面外稳定应力比差异大的原因。

柱中增加节点的模型如下图：

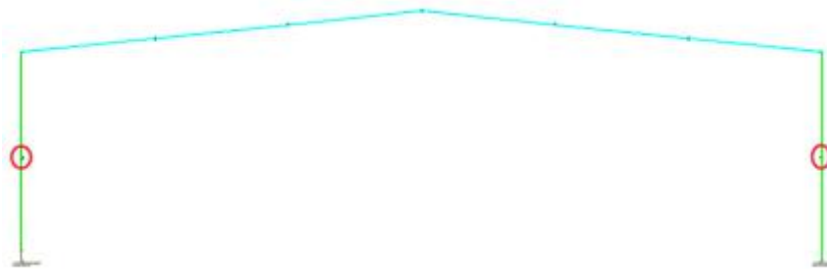


图3 柱中增加节点的模型简图

两个模型对比的结果见下表：

只加节点模型与不考虑附加质量模型柱面外稳定应力比结果对比 表2

模型	不考虑附加质量只增加节点	不考虑附加质量不增加节点
柱大端控制轴力	115.89	115.89
柱面外长细比 λ_y	97	97
柱面外稳定最大应力比控制弯矩（大端弯矩/小端弯矩）	474.18/237.09	474.43/0
柱面外稳定最大应力比	0.55	0.83
柱面外稳定最大应力比控制组合	恒活组合	恒活组合

对比后发现，两个模型柱面外稳定应力比仍是恒活荷载作用组合的结果，两个模型的柱应力比结果是一致的，故前面提到的是否考虑附加墙重量差异不是附加质量分布造成的，那么是什么原因造成的呢？仔细分析是由于增加节点后，柱段按照门式刚架规范要求实腹钢面外按照压弯构件进行验算，根据7.1.5-1公式进行计算，即

$$\frac{N_1}{\eta_x \eta_y \varphi_y A_e f} + \left(\frac{M_1}{\varphi_b \gamma_x W_e f} \right)^{1.3-0.3k_\sigma} \leq 1$$

从公式中可以看出加不加节点存在的差异，增加节点前后公式中的轴力项差异并不大，下面我们主要看弯矩项的差异。

1) 公式的弯矩项中的弯矩程序读取各柱段大端弯矩，加节点后柱大端弯矩 M_1 取值会发生微小变化。

2) 在确定柱受弯稳定系数 φ_b 时，会用到柱两端截面的弯矩比 k_m ，加节点后柱端截面位置发生变化，尤其是整根柱与两段柱各截面位置变化后，原本存在反弯点柱段弯矩变为同向或原来整段柱两端弯矩同向由于柱分段后出现反弯点的情况都导致该比值 k_m 数值甚至符号发生变化，进而引起稳定系数 φ_b 的变化。

3) 弯矩项中的指数项 k_σ 即小端截面压应力除以大端截面压应力得到的比值 k_σ 也与弯矩比 k_m 的变化相关，且柱分段后截面发生变化，截面模量取值也与没有节点是有区别的，进而影响稳定应力的弯矩项指数的确定，影响弯矩项的稳定应力。

综上，我们可以看到，采用两种模型考虑砌体墙附加重量对于柱的结果影响较大，但另我们感到意外的是，造成这种差异的原因并不是由于地震作用效应的变化引起的，而是由于柱中增加节点后，柱端计算截面及面外稳定应力计算模式发生变化导致的。

其实从概念上讲，对于地震烈度不高，房屋高度不高的以及高宽比不大的门式刚架而言，将附加质量放在柱顶就能够满足工程设计精度的要求，结合砌体墙与钢柱的柔性连接措施，笔者认为在柱中没有出现集中荷载以及没有出现集中约束（如夹层梁板）时，在柱中增加节点设置计算截面反而不利于门式刚架经济性的把控，我们来尝试一下，将砌体墙的附加重量完全放到柱顶节点，其结果又会怎样呢？



图4 附加重量放在全部柱顶模型简图

两个模型对比的结果见下表：

表3 附加质量不同位置时模型主要结果对比

模型	附加质量全部配到柱顶	附加质量平均分配到柱中点和柱顶
计算振型数	1	3
基底剪力	20.97	23.12
柱顶位移	1/150	1/158
地震作用下柱顶弯矩	76	71.4
柱面外稳定最大应力比	0.65	0.83
梁最大应力比	0.94	0.94

通过对比,我们发现,除了因为增加节点所引起的柱面外稳定应力差异之外,其他结果几乎是完全一致的,所以在抗震设防烈度不大,不太高的以及高宽比不大的门式刚架,将砌体墙附加质量放到柱顶在分析和计算上是可行的。

4 总结

通过本文的对于门式刚架轻型房屋采用砌体作为围护墙体时,其附加质量应该如何软件中实现,已经考虑与不考虑附加质量进行对比和分析,我们认识到:

- 1) 在二维设计中,可以通过程序中的附加重量功能,将其布置到节点上实现规范对于砌体墙重量参与水平地震作用计算的要求。
- 2) 在考虑与不考虑附加质量对比中我们发现,附加重量影响对于结构的基底剪力、柱顶位移影响明显。
- 3) 对于抗震设防烈度不大,不太高的以及高宽比不大的门式刚架,其柱面外稳定应力的变化是由于柱中增加节点造成的,与附加重量的施加没有直接关系。
- 4) 在柱中没有出现集中荷载以及没有出现集中约束时,笔者认为可以尝试将附加质量加到柱顶考虑。

参考文献

- [1] GB51022-2015, 门式刚架轻型房屋钢结构设计规范[S].北京: 中国建筑工业出版社, 2016
- [2] CECS102:2002, 门式刚架轻型房屋钢结构设计规程[S].北京: 中国计划出版社, 2012
- [3] 陈友泉. 魏潮文. 门式刚架轻型房屋钢结构设计与施工疑难问题释义[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009