结构嵌固端的选取及设计措施研究

林小丹

重庆市设计院有限公司 重庆 400015

【摘　要】嵌固端仅为一种计算假设，在不同的情形下有较大的差异。有些情形下，嵌固端很难确定，仅采用某一种假设模型进行计算和分析，常常无法覆盖全部不利情形。根据已有的震害资料，大部分工程都是以地面为基础，较少有较大的地下结构损伤。因此，在嵌固情况未明的情况下，通过提出不同的嵌固假设模式，并采用最不利的方法对其进行包络设计，以保证结构的安全。

【关键词】结构嵌固端；嵌固端选取；嵌固端设计

引言

所谓的嵌固端，就是指在这个位置上的结构部件是不能移动的。该结构除能承受弯矩、轴力及剪力外，其水平及垂直位移几乎为零。按照抗震概念进行设计，就是希望在地震时，使结构中的垂直构件发生塑性变形。这就需要嵌固端具有充分的面内刚度，并能从理论上约束两个横向构件的水平平移，从而实现对基础剪力的有效转移。在此基础上，本文提出了一种新的抗震设计方法，即在设计阶段，嵌固端应具有一定的面外刚度，这样就可以从理论上对竖向构件绕垂直轴角位移进行约束。

1 与嵌固端相关的技术问题

1.1.大底盘多塔楼

大底盘的多塔大都是商住两用建筑，并且因为商业和住宅的不同，对柱网有不同的需求，所以经常需要设置结构转换层。如果大型底盘的商业建筑层数较少（例如只有 1-2 层），并且将其转换层设置在大底盘屋面标高的位置，则可将其作为塔体初始计算时的嵌固端。这是建立在两方面的基础上的：①由于是大底盘，其楼面面积必然要比塔的投影面积大，加之在大底盘屋面设置了转换层，所以大底盘的楼面刚度要比塔体大得多。②转换层以上多为剪力墙，为保证上部和下部的抗侧刚度接近，需对原有剪力墙进行加厚或增设新剪力墙，以保证塔下较大的底盘部位抗侧刚度。所以，大底盘的多塔建筑都是作为一个整体来考虑的，它的嵌固端并没有在结构的初算中选定在大底盘屋盖的标高上。

1.2.首层楼面的活载

一层楼面（或地下室顶板）是结构的嵌固端，在正常情况下，活载通常不会很大，就算用作商用，活载也只有 3.5kN/m2，但是，在设计时，必须将施工期间可能发生的施工荷载计算在内，而首层梁板构件通常取 8.0-10.0kN/m2 的活载。当高层建筑的主楼盖到两层以上时，一楼的一层就不可避免的变成了一个工地，或者是用来堆放物料，或者是用来做钢筋的；即使对货车来说，即使是临时荷载，它的地面活载也必须取很高（这一活载只作用在这一楼层的梁板上，而不是在垂直构件上的柱子上）。

1.3.单层地下室

在只设置单层地下室、底层为自然地基筏基或桩筏基础的情况下，一般以底层为基础，而不是一层底层，这样既可发挥底层“无限”的刚度，又可为一层楼板预留较大空间，或采用无梁板式楼板，从而为一层楼板的柔性构造形式提供了便利；均不会对结构的计算精度产生影响[1]。同时，设计规范中对地下一层的抗震设防要求与上一层相同，因此，将其作为地下室的嵌固端，不仅不会增加工程成本，而且具有良好的经济效果。虽然单层地下室是一种常见的基于桩基的梁板结构，但通常仍将其底部作为结构的嵌固端，只有在抗震设防等级较高的地下室中，才有可能将其作为结构的嵌固端。所以，建议将其用作上部结构的嵌固端。

1.4.高层建筑的基础埋深

在对高层建筑的嵌固端进行研究时，不可避免地涉及到地基埋深的问题。对于高层建筑地基的埋深，现行规范中有“自然或复合基础宜 1/15，桩基宜为 1/18”的定量描述，但该规则只考虑了建筑的总高度，不考虑其他影响。

2 结构嵌固端的选取及设计的措施

2.1.无地下室嵌固端的条件

将地基（承台）表面用作结构的嵌固端，充分发挥了地基“无限”刚度的作用。在此基础上，通过在基础纵向和横向各增加一根刚度较大的地基梁，将其连接在一起，使其具有充分的刚度而不发生相对位移，并能承担或平衡梁柱的弯矩，实现了嵌固端的假设。一楼的总高度通常是从地基顶开始的[2]。当采用刚性地面作为结

构的嵌固端时，通常地基（承台面）的标高与第一层地面之间存在一段距离，如果没有设置地基抗拉梁或者在地面上设置地基梁，由于其刚度太小，无法达到嵌固端的要求；在楼面标高位置设置刚性楼面，以作为结构的嵌固端。

2.2.有地下室嵌固端的条件

地下室顶部是否为地下室的嵌固端，必须符合以下两点：（1）地下室必须是一个整体，也就是四周都是土，如果三面都是土，就不符合要求。建筑地下室顶板高度不得高于户外结构顶板高度，通常其高度不得超过地下室楼层高度的 1/3。地下室顶部不能开大洞，地面结构相应区域的屋顶均需使用现浇梁板结构。它的楼面厚度不能少于180毫米，混凝土的强度等级不能低于C30。在此基础上，提出了一种新的抗震设计方法，即：采用有限元分析方法，建立了一种基于有限元分析方法的抗震设计方法。（2）地下室相关范围的楼层侧向刚度不应小于相应楼层结构侧向刚度的 2 倍。目前普遍采取的措施是增加地下室顶梁受弯承载能力，同时增加柱顶承载力[3]。在此基础上，提出了一种基于有限元分析方法，并对该方法进行了验证。地下室顶板在满足上述两个条件后，不仅可以约束竖向构件的平动位移，而且还可以约束转角的位移，使其能够满足嵌固端的要求。在地下室顶板无法达到嵌固端的条件下，仅可通过地基“无限”刚度将其嵌固端向地基顶移，从而达到设计的目的。

2.3.地下室嵌固端概念的规范理解

只有在嵌固端部确定后，才能有效地解决由于地基约束不确定所引起的地面结构计算误差，确保地面结构计算结果的唯一性。而现行规范中所采用的响应谱为地震动，而非地震动响应谱。地下结构的地震动作用通常很小，而地面结构所受的地震动大部分来自于地面结构的垂直部分，而地下结构自身并没有产生震动。对于高层建筑，地下室顶部为嵌固端，其抗震水平不应降低，而对其下方则不作抗震设计，它可以按地震设防水准逐级递减。因此，本文认为现行规范中所给出的响应谱并不能很好地应用于地下工程。对于有地基的地下室，采用地基顶部做嵌固端的设计，提出了确定嵌固端和设计端端点的概念。“嵌固端”是一种对结构进行分析的假设，其目的是通过对节点的刚度、承载力进行调节，使其在预定位置产生塑性铰[4]。高层建筑地下室受地基土的影响，其上部结构会出现刚度突变，在地震作用下，上部结构的塑性铰有可能从地基顶移至地下室顶板以上。这明显违反了规格及设计目的。但由于土体水平抗力系数的比值系数 m 的不确定，造成了上部结构计算结果的不唯一性，而且，m 的大小与后期基坑周围土体回填的质量密切相关，如果 m 的取值过低，则整体结构的刚度将会变得更加脆弱，整体的地震作用也会变弱。这给整栋大楼带来了极大的安全隐患。

3 结束语

总之，在进行结构分析和计算时，必须先确定嵌固端部。地基的型式、地基的深度、结构的布局等。嵌固端的合理选择是结构模型计算的重要内容之一，它直接影响到结构抗侧刚度、内力分配和各种设计参数的准确性，直接影响到建筑工程造价。因此，本文就结构嵌固端的确定进行了讨论，以期为工程设计提供借鉴。

【参考文献】

[1]荀士佐.地下室顶板开洞对高层建筑结构嵌固端的影响研究[J].砖瓦,2023,(07):64-66.

[2]张红光,郝露露.不平衡侧限条件下结构的嵌固端分析[J].建筑科技,2021,5(03):75-76.

[3]李兴兵,雷雨润.高层结构嵌固端的分析及设计探讨[J].建筑技术开发,2020,47(07):11-12.

[4]周建民. 带地下室结构高层建筑嵌固端选取问题探究[J].科技视界,2018,(35):172-173.