

关于建筑结构嵌固端的问题探讨

任瑞

贵州省交通规划勘察设计研究院股份有限公司

摘要:嵌固端的合理选取对结构设计的合理性至关重要,文章从嵌固端的概念出发,分析嵌固端的理论要求,另外结合规范条文应证其提出的合理性,最后讨论在设计过程中对于不同情况下嵌固端设置的要求及设计时应采取的构造要求。

关键词:嵌固端;顶板嵌固;刚度比

一、结构嵌固端的相关概念

结构嵌固端,从字面理解即为结构的嵌固部位。从内涵上来说对于结构的嵌固端意味着在地震水平作用下,嵌固部位及以下的结构,可能包含地下室,基础等,将随土体一起运动,与土体不产生相对运动,但嵌固端以上结构会与嵌固端及嵌固端以下结构产生相对运动。从力学概念来说,该运动包含了水平位移及竖向位移,此外还有转角。

二、概念上对于结构嵌固端的要求

从概念上出发,结构嵌固端控制的核心要素即为相对运动,相对运动意味着变形。在力学概念中当某个物体的刚度无限大时,那么这个物体在力的作用下是不会产生形变的,所以从嵌固端的概念上来看,首先就是要控制刚度,只有把刚度控制好了才能限制相对运动或变形。但是仅限制刚度是否能满足要求呢?答案是否定的。因为刚体虽为不发生形变的物体,但是在一定条件下,要么外力小到一定范围,要么刚体足够强,强到很大的外力也无法破坏这个刚体。控制外力到一个足够小的范围显然是不科学,也是很难实现的,因此,从另一方面来说我们只能把刚体做到足够强,这在客观上是可以实现的,所以,对嵌固端的另外一个要求即为对其强度的要求。

三、规范对嵌固端的相关要求

对于在设计中常出现的地下室顶板嵌固的情况,规范上对其作为上部结构嵌固端的基本要求亦是从刚度与强度方面提出的。

(一) 限制水平位移及传力连续性

从限制水平位移方面来看,《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3-2010(以下简称高规)中12.2.6条要求地下室外周应采用级配砂石、灰土、砂土作为回填料,并应严格分层夯实,《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011中第8.4.24条对其有更加准确的要求一回填时应先清除杂物,在相对的两侧或者四周同时回填,并分层压实,对回填土的压实系数提出大于等于0.94的要求,而从此条的条文说明里面亦能得到如下信息:回填土的质量能显著影响结构的埋置作用,若无法保证填土和地下室外墙间的紧密联系,将会减弱土对其的约束作用,降低侧土对地下结构的阻抗。因此,应注意地下室周边回填土的压实要求。

另一方面,规范对传力的连续性也有很严格的要求。《建筑抗震设计规范》GB50011-2010(以下简称抗规)中6.1.14条对此有较为完整的表述:地下室顶板作为嵌固端时应避免开设大洞及采用错层;在上部结构一定范围(通常为3跨或20米)内应采用现浇梁板结构;板厚不小于18公分(密梁时可适当减薄),及应采用双层双向配筋,且配筋率不小于0.25%。依据其条文说明,此要求为限制地下室板的平面内刚度,以保证地下室顶板能有效传递地震基底剪力。

(二) 限制上下部结构的相对刚度

对于上下部结构相对刚度的要求在结构设计规范中是一个非常重要的概念,从地下室顶板作为上部结构嵌固端这一情况出发,多本规范都有一致要求。《抗规》6.1.14条及《高规》5.3.7条均要求:当地下室顶板作为上部结构嵌固部位时,相关范围(通常为3跨或20米)内,地下一层与首层的侧向刚度比不宜小于2。应该说明的是此处的侧向刚度比为等效剪切刚度,具体要求可参照《高规》附录E。在实际使用过程中,有部分设计人员对《高规》5.3.7条与3.5.2条第二款的表述会混淆。根据规

范条文说明及从字面及概念上的理解,其实此两条的要求不是针对同一回事,前者是对嵌固端,后者针对的是嵌固层,通常来说,嵌固层为结构的首层,即为嵌固端的上一层。且嵌固层针对的结构类型和采用的刚度比计算方法均与嵌固端的有差异,故设计时应仔细理解并合理采用。

(三) 限制破坏时的失效顺序

如前所述,作为上部结构的嵌固端,应具有足够的强度,要保证在地震作用下嵌固端后于上部结构的破坏,换言之则可以表述为地震作用下,塑性铰应出现在首层竖向构件的底部。因此《高规》12.2.1第三款及《抗规》6.1.14第三款均有比较一致的表述:地下一层的柱子截面每侧纵向钢筋或总纵筋面积除了要满足计算要求外,还不应少于上一层相对应的钢筋面积的1.1倍;地下室顶板梁端部的面筋和底筋均按计算值的1.1倍采用;地下室顶板梁柱节点部位,地上一层对应的柱子下端实配受弯承载力不应大于地下室顶板左右梁端截面及下柱上端同一方向实配的受弯承载力之和的1.3倍。

四、设计时对嵌固端的合理选取

嵌固端的选取是结构设计中的重要一环,能否合理的选取结构嵌固端对结构的安全性及经济性都有重要影响,因此应该做到客观合情。

设计时对于地下室顶板是否能作为嵌固的一个初步判别条件为其是否为全埋地下室,只有地下室全埋时才能作为结构嵌固端计算,经过此项判别后一般会考察上下部结构的刚度比,如果相关范围内,其刚度比亦能满足规范要求,那毫无疑问,在计算分析时应将该地下室顶板作为嵌固来考虑,后续设计也应按照嵌固的构造要求。

在实际过程中可能遇到较多的情况为地下室顶板不能完全满足作为嵌固端的要求,特别是对刚度比的限制不满足要求时(较常见),那么这种情况下,是否就不按嵌固来计算分析呢?从规范对于相关范围内刚度比的要求来看,如果不能满足刚度要求,那么在一定程度上下部结构确实会和上部结构发生协调运动,但是这个协调运动的程度确实是不好把握的,如果依然严格按照规范来做,不把此地下室顶板作为嵌固端来考虑其实是不全面的。在这种情况下,通常的处理方式为选择此顶板作为嵌固端与嵌固端继续上移计算两者的计算配筋取包络,并且对顶板梁柱节点的设计应按嵌固端的要求来做。

对于坡地建筑,通常是只有两面或三面临土,特殊时还会出现单面临土,这些情况下,建筑上定义的地下室已经与结构抗震要求的全埋地下室有很大的不同,将这些种类的地下室作为裙房来考虑是更合理的选择。但是,从地震作用的特点来看,因为地震必将伴随着地面的往复运动,如果临土方向与地震振动方向一致时,该方向的土体依然会对上部结构产生一定的约束作用,因此在设计中,还是建议按构造加强。另外因为这种情况下结构传力已经不对称,特别是单面临土时刚度分布也非常不均匀,按《抗规》6.1.4条说明宜单独设立支挡结构。

参考文献

- [1]GB50011-2010 建筑抗震设计规范.北京:中国建筑工业出版社,2010
- [2]GB50007-2011 建筑地基基础设计规范.北京:中国建筑工业出版社,2012
- [3]JGJ3-2010高层建筑混凝土结构技术规程.北京:中国建筑工业出版社,2010

作者简介:

任瑞,男,汉族,贵州遵义人,硕士研究生,研究方向:高层建筑结构抗震设计。