

关于结构位移比的问题探讨

任瑞

贵州省交通规划勘察设计研究院股份有限公司

摘要: 位移比为结构整体计算控制指标, 本文从位移比的概念出发, 详细探究了其定义中规定水平力的具体含义, 并对结构位移比计算和刚性楼板假定的关系作出了探讨及对设计工作提出了一些建议。

关键词: 位移比; 规定水平力; 刚性楼板假定

一、位移比的相关概念

位移比全称为扭转位移比, 是结构设计中非常重要的控制性指标, 其主要限制的是结构平面规则性, 历次地震灾害表明平面不规则的建筑在地震中损害很大, 平面不规则结构中一个重要的不规则类型即为位移比超限, 在《建筑抗震设计规范》(以下简称抗规)及《高层混凝土结构设计规程》(以下简称高规)中均有涉及, 且在《抗规》3.4.3条正文部分对其概念作出了相应的表达, 即为在具有偶然偏心的规定水平力作用下, 楼层两端抗侧构件的弹性水平位移或层间位移的最大值与平均值的比值。

(一) 规定水平力

规定水平力在《高规》3.4.5条说明中被表述为“规定水平地震作用”, 可采用阵型组合后的楼层地震剪力换算的水平作用, 并应考虑偶然偏心。规定水平力的换算原则为取该楼层楼面、下两层的地震剪力差的绝对值。从规范的字面上来理解, 该规定水平力为其上、下两楼层的地震剪力之差。回想采用底部剪力法计算楼层剪力的过程, 首先求出总水平地震作用标准值, 其次按楼层的重力荷载代表值与楼层所在高度综合求出每层的水平地震作用标准值, 最后水平地震作用标准值求得相应楼层剪力, 具体为: 楼层剪力 V_{i-1} 等于上层楼层剪力 V_i 加本层水平地震作用标准值 F_i 。按照规范字面理解, 规定水平力 $F=V_{i-1}-V_i$, 即为楼层水平地震作用标准值 F_i 。那规范上所描述的规定水平力就是楼层水平地震作用标准值吗? 答案是否定的。如果如此简单, 规范大可不必换一个完全不同的名字。细读此定义, 楼层地震剪力前的限定词为“采用阵型组合后的”, 寻遍《抗规》及《高规》中有关内容会发现: 找不到各阵型水平地震作用标准值的组合公式, 能组合的只有作用效应。所以, 规定水平力定义中描述的楼层地震剪力实则为剪力效应, 并不是由楼层水平地震作用标准值求得的作用。《高规》3.4.5及《抗规》3.4.4的条文说明均对该剪力效应作出了进一步的要求, 即为不采用各阵型位移的CQC组合计算, 可以避免有时候CQC计算的位移出现在楼盖边缘的中部而非角部。

二、规范对位移比的相关要求

(一) 对刚性楼板假定

《高规》5.1.5提出: 计算高层建筑内力和位移时, 可以假定楼板在自身平面内为无限刚, 在设计过程中应采取有效措施来满足这一假定。因为现阶段的建筑楼屋面大多数为现浇板, 或带现浇层的装配式楼板, 进行内力计算时, 可以将其看做水平放置的深梁, 具有很大的面内刚度, 因此可以认为其在自身平面内无限刚。计算分析和工程实践均证实, 采用刚性楼板这一假定能满足绝大多数结构的精度需要。同时应采取必要手段来满足这一假定, 如选取合适的平面体型, 对削弱的楼层采取加强措施等。当楼板平面狭长, 开大洞、局部变窄时, 楼板在平面内刚度有很大削弱或不均匀变化, 楼板在面内的变形亦会影响结构抗侧刚度较小构件的内力及位移等, 这种情况下应考虑楼板在平面内的变形, 依据实际情况, 可按全楼或分层甚至分块考虑。

控制位移比实则为控制结构平面规则性, 应从整体上把握, 因此, 位移比应按照刚性楼板假定要求计算。依据《抗规》

3.4.4条说明, 按国外规范或约定, 当楼盖周边的端位移不超过其平均值2倍时可称其为刚性楼盖, 超过2倍则属于柔性楼盖范畴, 故刚性楼盖并不是刚度无限大, 计算扭转位移比时, 楼盖刚度可视情况而定, 不必限于刚度无限大假定。对于此条文说明, 有设计人员在计算整体指标时可能会不按照刚性楼板假定, 这是有误的。条文说明可以理解为在楼板本身具有足够刚度的情况下, 计算时是可以不必假定该楼板在平面内刚度无限大, 但根据实际情况大多数项目在某个局部或局点确实存在不能满足楼板刚度要求, 如按不假定刚性楼板的前提分析, 其位移比计算所得结果恐怕并不是设计需求的总指标, 而仅仅是一个局部的结果, 这显然与结构分析的目的不符。

对因楼板不连续或异形等原因而无法假定其在平面内无限刚的情况, 采用强刚假定计算出结果并不能真实反应结构客观状态, 按规范要求, 可视情况采取分块刚性楼板假定等措施。对于这类情况, 建议忽略位移比指标, 对楼板按实际情况考虑, 并按规范考虑扭转耦联计算扭转效应, 且保证各振型质量参与系数之和不少于90%; 采用弹性时程分析法补充计算; 另应根据实际情况考虑采用弹塑性分析方法补充计算。

(二) 两本规范对限制要求的差异

《抗规》3.4.4条提出了位移比限制要求, 表述为在具有偶然偏心的规定水平力作用下, 楼层两端抗侧力构件弹性水平位移或层间位移的最大值与对应的平均值相比, 比值不大于1.5。而《高规》对此限制有更加详细的补充说明, 最大的不同是其区分了A级和B级高度建筑, A级高度建筑位移比限值为1.5, B级高度建筑位移比限值为1.4, 另在注解中, 当层间位移角不大于限值的40%时, 可以将位移比限值放松至1.6。设计时会遇到一些多层房屋位移比超限的情况, 设计人员通常会采取默认其超限的实时, 其实这并不合理, 对于结构平面布置的规则性问题属于抗震概念设计范畴, 大原则还是应该遵守的, 不能因为房屋高度及地震烈度等原因放松要求。依据历次地震震害结果, 平面不规则建筑在地震中造成的损坏其实是相当严重的, 目前我国地震设计遵循的原则为“三水准、两阶段”, 其中第三水准要求: 在遭遇高于本地区预估设防烈度的罕遇地震时, 建筑物不至于倒塌或发生危及人员生命的严重破坏, 这也从根本上要求了设计时的基本准则。

三、合理设计满足位移比限值

依据位移比的概念及内涵, 限制位移比的关键在于能否控制结构的质量中心与刚度中心的偏移大小。框架结构的刚度与质量分布一般比较均匀, 容易满足要求。剪力墙结构可能会出现刚心与质心偏移较大的情况, 此种情况应密切与建筑方案配合, 使剪力墙的布置能够尽量均匀, 保证质心和刚心的偏移不至过大。另外针对坡地建筑中裙房单侧挡土情况, 其质心与刚心偏移是非常大的, 这时, 一方面可以在对应的正面增加剪力墙平衡两端刚度, 另一方面更建议按照《抗规》说明设置单独支挡结构。

参考文献

[1] 建筑抗震设计规范(GB50011-2010) [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.

[2] 高层建筑混凝土结构技术规程(JGJ3-2010) [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.

作者简介:

任瑞, 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