

世茂锦绣长江A2地块5号楼超限高层结构设计

戴志锋

中南建筑设计院股份有限公司

摘要: 本文主要是针对世贸锦绣长江A2地块5号楼超限高层建筑, 根据自然条件, 采用静力弹性分析、弹性时程分析以及静力弹塑性分析, 对上部主体结构选型与计算展开详细的设计研究, 明确设计性能目标、设计计算参数以及采用的构造加强措施, 研究了地基基础设计方案, 通过多个不同的角度, 增强了对超限高层结构设计的具体分析与研究。

关键词: 世贸锦绣长江; 超限高层; 结构设计; 结构分析

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.01.101

一、工程概况

武汉世茂锦绣长江A2地块在实际的施工调查与分析中, 也因其位于汉阳区, 东临滨江大道, 西到鹦鹉小道, 南与马鹦路相接, 北邻腰路堤路强大的地理优势, 本工程为4、5号楼及酒店裙房和连为一体的大地下室。主要项目有:

1) 世贸锦绣长江A2地块4号楼作为超高层住宅之一, 其地上层数也基本达到了52层左右, 建筑高度170.0m, 属于是一种超高的建筑物。

2) 世贸锦绣长江A2地块5号楼主要用于酒店以及服务式公寓的建设, 楼层也以及达到了46层左右的高度。楼内平均占地长度也能够很好地达到56.6m, 平面最大宽度则为20.7m, 局部屋面标高180.00m, 为超B级高层建筑。

3) 酒店裙房为4层, 平面最大尺寸约为80×146m, 建筑最大高度20.0m。

4) 4、5号楼大地下室为三层, 将4、5号楼、酒店裙房连为一个整体。

4号楼、5号楼以及酒店裙房之间标高±0.000以上设缝断开, 形成各自独立的单元。

以上工程概况的实际内容, 只是对世贸锦绣长江A2地块超限高层结构设计的具体阐述。

二、设计依据

(一) 现行国家规范及相关标准。

(二) 业主方提供的本工程结构设计资料:

中南勘察设计院2007年12月15日提出的《武汉世茂锦绣长江项目A2地块4、5号楼以及对其地下室应用情况的实际检测^[1]。

三、自然条件

(一) 地质条件

在详细地掌握岩土工程勘察报告书内容之后, 也能够更进一步地了解到:

1) 主要土(岩)层自上而下分布:

土岩层在实际的分布过程当中, 从表层到深层也是有一定规律的, 主要就是按照杂填土、淤泥质土、粉质黏土、粉质黏土夹粉土、-1粉砂夹粉土、-2粉细砂、-3

细砂、-4中粗砂、中粗砂夹卵石、残积土、-1泥岩强风化、-2泥岩中风化几个物质由浅入深进行排布的^[2]。

2) 不良地质现象及稳定性

根据对勘探资料的详细了解, 也能够很好的掌握到不同位置地质资料的差异性。拟建场地内未发现断裂、岩溶等影响场地稳定性的不良地质现象, 即拟建场区稳定性良好。

3) 水文地质条件

世贸锦绣长江A2地块地下水成分也是比较固定的, 比较常见的就是上层滞水、承压水。

4) 场地地震效应

工作技术人员需要对施工现象抗震设计的实际情况进行了解, 这样也就能够对施工位置进行有效设计, 避免出现比较严重的地震问题, 影响群众的生命健康安全。

武汉市在实际的抗震设计与管理工作中, 也应该更进一步地保证建筑抗震设防烈度在6度左右。并且, 在武震办[2007]4号文件当中, 也更进一步地将世贸锦绣长江A2地块作为三B场地。

拟建场地可不考虑地震液化。

(二) 地震作用

1、在建筑工程施工现场当中, 为更好地保证地震治理工作的有效性, 也应该加强对抗震参数的详细掌握与了解^[3]。

(1) 抗震设防烈度: 6度; 场地特征周期: $T_g = 0.33s$; 结构弹性阻尼比0.05;

(2) 水平地震影响系数最大值 α_{max} :

小震作用 α_{max} 取值为0.071; 中震作用 α_{max} 取值为0.246; 大震作用 α_{max} 取值为0.493;

(3) 地面运动最大峰值加速度 a_{max} :

小震作用 a_{max} 取值为0.027g; 中震作用 a_{max} 取值为0.095g; 大震作用 a_{max} 取值为0.190g;

2、地震对于建筑物的安全性以及使用质量都有着非常直接地影响。而采用地震波的方法进行弹性时程分析, 也可以很好地将天然波取SATWE程序波库中场地卓越周期设置成为0.35s的二条地震波, 进而更好地得到最终人工波取一条地震人工模拟场地地面加速度时程曲线:

(1) 天然波TH1TG035: 地震时间为1980.6.24, 震级5.9级;

(2) 天然波TH4TG035: 地震时间为1965.4.29, 震级6.5级;

(3) 人工波USER1; 最大峰值加速度27cm/s²。

(三) 风荷载

风荷载在建筑物施工中也是比较常见的存在^[4]。

(四) 雪荷载: 场区基本雪压为0.50kN/m²。

(五) 温度作用

1) 竖向温差效应, 整体温差近似取 $\pm 15^\circ$, 局部温差近似取 $\pm 30^\circ$ 。

2) 水平温差效应, 温差近似取 $\pm 25^\circ$ 。

四、结构分类分级

建筑物结构设计的安全性, 以及安全等级合理性, 都可以很好地保证最终结构设计使用年限, 为抗震效能的整体价值提升奠定更加良好的前提条件。

五、上部结构选型

(一) 结构体系

1. 上部结构的标高设计在 -5.000 处的位置^[5]。

2. 世贸锦绣长江A2地块在实际的结构体系设计中, 主要运用的是钢筋混凝土原材料, 作为内隔墙的部分剪力墙, 在少数楼层处开大门洞, 需做结构加强处理。超高层建筑物在实际的施工中, 也应该保证对现浇钢筋混凝土梁板结构的有效运用。

3. 世贸锦绣长江A2地块5号楼在实际的施工中, 也应该更加全面地保证楼高与占地宽度比值在 8.5 , 并且加强对超过B级高度的钢筋混凝土高层建筑结构比例进行合理的调整, 结构抗震等级须通过性能设计确定。

(二) 5号楼结构布置与结构规则性

1、5号楼的结构平面形状简单、规则, 平面长度满足高规要求, 无平面突出部分; 对于建筑物结构布置的合理性开展, 也需要加强对其刚度与承载力的合理设计, 这样才能够更好地避免安全问题的出现;

2、5号楼结构平面扭转不规则, 处于可控制范围, 无其他平面不规则情况。

3、5号楼的结构竖向个别楼层由于层高变化过大, 造成层刚度比不满足规范要求, 因此5号楼结构竖向有刚度突变的가규칙情况。

(三) 5号楼结构超限情况

为更加全面地了解建筑物结构超限的实际情况, 也需要在《超限高层建筑工程抗震设防管理规定》《超限高层建筑工程抗震设防专项审查技术要点》等的指导下进行工作, 在更为完善的政策规定与引导下, 建筑物施工设计的合理性推进也需要对B级高度规定的详细了解, 属超限高层建筑工程。

(四) 结构抗震性能设计要求

1、结构抗震性能目标

在对建筑物工程施工管理实际情况了解的过程中, 也应该积极地借鉴相关的参考文件, 保证其抗震能力的提升;

(1) 在等级较低的地震作用下, 建筑物本身也不会受到比较严重的影响, 有着很好的安全性;

(2) 中等等级地震的作用, 会使得建筑物薄弱位置以及重要位置受到损耗, 出现一些裂缝, 在有效的技术修理引导下, 也能够很好地保证其运用的有效性;

(3) 如果地震等级较高, 对于建筑物结构的破坏也就更加严重, 对于建筑物内部群众的生命健康安全有着非常严重的威胁。只有在更加有效的技术帮助下, 才能够保证其安全性。

2、结构抗震性能要求

(1) 性能水准1:

在地震等级相对较小的前提条件下, 为更好地保证建筑物结构弹性设计的合理性, 工作人员应该更进一步地加强对抗震承载力和层间位移的要求; 对结构计算的正确与合理性, 也能够为最终抗震承载力调整系数提供引导;

(2) 性能水准2:

在中等级地震的作用下, 建筑物内部相对薄弱的位置以及施工环节都会受到或多或少的影响, 因此, 积极地加强对地震作用效应和抗震承载力按强度标准值计算, 可以很好的满足群众的生活的基本要求; 通过非线性的结构计算方式, 也能够避免一些比较严重破坏问题出现的可能性;

(3) 性能水准3:

地震等级较高的过程当中, 非线性的结构计算方式, 也能够对建筑物相对薄弱位置进行有效的预防, 这也很好地为竖向构件不发生剪切等脆性破坏奠定了基础。时刻加强对抗震治理能力的重视, 也可以满足建筑物工作的基本需求。

六、地下室与地基基础设计

(一) 地下室结构

1、地下室的建筑与施工主要采用的就是钢筋混凝土结构, 现浇混凝土梁板结构主要也是被应用在底板当中, 墙体结构以及底板施工的合理性, 都需要考虑抗浮作用、上部结构嵌固要求和地下室侧限要求等。

2、4、5号楼大地下室平面超长超大, 采取设施工后浇带、加强结构构造配筋、改善混凝土性能等综合措施。世贸锦绣长江A2地块4、5号楼地下室与周边地下室在实际的施工中, 也需要工作人员对其沉降观测情况确定后浇带封闭时间, 进一步的减少沉降差异对结构的不良影响。

(二) 地基基础结构

对于岩土工程勘察报告书的深入了解, 也能够认识到世贸锦绣长江A2地块建筑中筏板式承台及直径 1000mm 的钻孔灌注桩, 桩端持力层为泥岩中风化, 根据岩层埋深的不同, 桩端进持力层内 $1\sim 8\text{m}$, 单桩抗压承载力特征值为 7600kN 。

七、结构分析计算

(一) 结构分析采用程序

超高层建筑物的有效施工与设计, 需要对其内部结构进行合理的软件设计以及三维分析。

MIDAS (中文版) 结构分析软件。

(二) 结构分析计算

1、结构弹性静力分析

在等级较低地震的作用下, 积极地加强对SATWE弹性静力结构的分析, 并且对其基本模型进行深入的研究, 也能够保证楼板假定平面内为刚性板。地震的不可预测性, 也需要建筑物设计过程当中, 对其结构进行分析更为精准的计算, 这对于地震的有效预防有着很好的帮助, 在双向水平地震和单向水平地震作用的影响下, 结构弹性静力也会发生明显的变化。

2、结构弹性时程分析

针对建筑行业发展的实际情况, 加强对小型地震

结构弹性时程作用的分析，已经逐渐地成了非常重要的存在。在更为完善数据信息引导下，地震波步长为0.02s。结构阻尼比为0.05。为使时程分析得到的底部剪力满足高规第3.3.5条规定，每条地震波的地震剪力需适当放大。在具体的数据信息计算中，加强对不同曲线基本数值的详细掌握，也可以为最终计算结果的有效性提升，提供良好的引导与帮助。

3、结构温度作用分析

采用SATWE做结构温度作用分析。根据本工程特点和程序能力，计算结构竖向整体温差效应，温差近似取±15°，并考虑徐变应力松弛系数0.3。

4、结构弹塑性静力分析

在地震等级相对较高的情况下，积极的加强对其结构静力的弹塑性分析与研究，也能够很好滴为最终能力谱法抗震性能结构的提升提供引导。尤其是在水平推覆力的有效运用过程当中，不断地加强对模态分布、风荷载分布、常量加速度分布等的详细了解与掌握，以及在Push over法建立结构的帮助下，可以更加精准地找出结构性能点。

中震作用下进行构件性能较分析，允许个别部位出性能较，根据结构根据塑性较所处的状态，判断结构构件是否满足设定的抗震性能水准。

震级较高的地震出现，会导致建筑物结构变形：

a) 层间位移角：弹塑性层间位移角限值在抗震中的实际变化情况：

b) 结构变形：也正是因为结构塑性较位置分布的差异性，才会导致最终出现一些结构相对薄弱的位置。只有更为深入地了解塑性较的状态，才能够更好的满足大震作用性能水准的要求。

世贸锦绣长江A2地块在实际的建筑工程施工中，主要采用的就是Midas 技术。在具体的地震应力分析中对于结构静力弹塑性的分析，水平推覆力的有效运用，都可以很好的保证最终中震作用性能水准。

地震等级的变化，主要就是在结构形状变化过程中，产生的不同评价方式与类型：

a) 层间位移角：弹塑性层间位移角限值满足抗震规范规定；

b) 结构变形：结构塑性较分布的合理性，会影响到建筑物的实际使用价值。并且在了解到塑性较状态的实际情况之后，也可以对结构构件进行有效的检验。

八、结构计算结果

(一) 弹性静力分析

1) 不同楼层的合理比例，都需要在弹性静力分析下开展。

2) 最大加速度满足风荷载的规范要求。

(二) 弹性时程分析

弹性时程的有效分析，需要在顶层地震结构计算放大的情况下开展。

(三) 弹塑性静力分析

1) 如表1所示：

表1 结构弹塑性静力分析

楼号	X向模态分布		Y向模态分布		X向风荷载分布		Y向风荷载分布		X向常量加速度分布		Y向常量加速度分布	
	M1+	M1-	M2+	M2-	Wx+	Wx-	Wy+	Wy-	Ax+	Ax-	Ay+	Ay-
5	大塑 中弹	大塑 中塑	大塑 中弹	大塑 中弹	大塑 中弹	大塑 中塑	大塑 中弹	大塑 中弹	大塑 中弹	大塑 中塑	大塑 中弹	大弹

注：大弹-大震弹性，大塑-大震塑性，中弹-中震弹性，中塑-中震塑性。

2) Pushover结果特点：

a) 能力谱曲线的变化是逐渐递减的，也表明了在其在抗倒塌能力中的优势。

b) 在不同环境影响下，能力曲线谱也会发生变化，与地震等级也是有比较大关联的。

3) 综上，本工程满足性能目标D的要求

九、计算结果分析与结构设计措施

1) 计算结果基本满足规范要求。

2) 结构弹性分析中，风荷载效应影响最大，起控制作用，由于建筑物高宽比偏大，结构侧向刚度偏小，结构侧向位移已接近规范的限值。

3) 温度效应在结构中不起控制作用，但是在设计中仍应对温度效应以及徐变效应采取一定的构造措施。

4) 顶层建筑构架采用强度高、重量轻的钢结构，减轻结构重量，减小结构反应。

结语：

世茂锦绣长江A2地块5号楼为超B级高层建筑，通过弹性静力分析、弹性时程分析以及结构抗震性能分析，确定各构件的抗震措施，保证了结构的安全性及经济

性；本工程于2016年左右竣工，沉降观测等数据结果良好，成为长江边独具特点的超高层建筑。

参考文献

[1] 吴传伟. 基于性能化设计方法的某超限高层建筑结构设计[J]. 建筑工程技术与设计, 2020 (14): 762.

[2] 陈瑛. 上海某超限高层住宅装配式剪力墙结构设计[J]. 建筑结构, 2022, 52 (S2): 23-28.

[3] 刘振文, 胡雪瀛, 刘涛, 李汝伟, 陈婷婷, 唐小云, 万卓明. 某带有大跨度连体的超限高层结构设计[J]. 建筑结构, 2022, 52 (S2): 46-50.

[4] 毛俊杰. 上海某X形超限高层建筑结构设计及分析[J]. 建筑结构, 2022, 52 (S2): 16-22.

[5] 杜鹏, 张福启, 蒋世林, 王欲秋. 某高烈度区大高宽比超限高层剪力墙结构设计[J]. 建筑结构, 2022, 52 (S2): 35-40.

作者简介：戢志锋，1971.3，男，汉，湖北武汉，大学本科，一级注册结构工程师，研究方向：结构设计，超高层，钢结构，混凝土结构，地基基础。