## DINO 结构分析笔记(1)

### 时程分析选取地震波的问题

### 时程分析选取地震波的问题

在高层结构分析当中,地震作用的计算,主要采用振型分解反应谱法。其中,振型分析反应 谱法的原理就是先对结构进行模态分析,得到每个周期与振型,进而求出各阶模态的周期在 反应谱曲线中对应的地震影响系数值(该值可以理解为这一周期的结构响应),然后对全部 振型对应的结构响应进行组合,得到最终的结构响应。对超过一定高度的结构,振型分解反 应谱法算出来的响应往往反应不了高阶振型的影响,主要是对顶部的构件,因此需要进行时 程分析。这是高层结构需要进行时程分析的原因,而大跨度结构需要振型分析的原因则略有 不同。

与反应谱法相对应的是时程分析法。时程分析法,就是用一个特定的地震波,作为加速度场激励作用,直接计算结构受到激励作用后的响应。那么,除了地震波时程,结构的响应还与 刚度、质量、阻尼等因素相关。反应谱法的结果是稳定的:如果结构是不变的,输入一定的 反应谱后,只能得到一个响应。而时程分析则与选取的地震波有关,地震波的选取,很大程 度影响时程分析的结果。

我国规范对选取地震波,有两项重要的规定: (1)地震波的反应谱的形状在结构特征周期 附近与规范规定的反应谱要在统计意义上吻合; (2)时程分析得到来的结构反应中的基底 剪力,单条波不少于规范的65%,多条波平均值不少于规范的80%。规范上述两项规定是 出于以下考虑:地震波要充分反应场地特征,如Ⅱ类场地,对应的场地周期是一定的,选 取的地震波要接近Ⅱ类场地谱的形状;我们称经过折减后的结构周期为折减后周期,该值 及小于该值的附近周期段涵盖了结构的前几阶的周期值,其反应谱参与的成分最高,如果选 取的地震波在周期段财与规范反应谱吻合,那么通过计算后,结构的响应非常有可能自动满 足规定(2),当然也体现了规定(1)的要求了。

那么,如何合理地选取地震波呢?首先我们要确定地震波的来源: PEER 的地震波数据库 提供了大量强震记录,这些地震波涵盖了各类场地、经过基线调整、严格复核,最重要的是 该数据库提供了强大的搜索功能——只要输入目标反应谱,系统会搜索到一定样本数量的地 震波,用以匹配目标反应谱,使得样本的平均反应谱与目标反应谱在一定周期范围内的均方 差最小。在这个基础上,再通过 ETABS 程序进行批量计算,选出基底剪力满足规范要求的 地震波就可以了。总的来说,选择地震波的思路就是"先选后试"。这里的"地震波"指的是天 然波,人工波不需要选取,由安评报告获得,如果是科研分析,可以自己拟合生成人工波。 进行时程分析时,两组选波方法: (1)3组波,1组人工波+2组天然波,(2)7组波,2 组人工波+5组天然波。要注意的是,采用双向地震波时,人工波的两个方向的组合系数是 1.0+0.85,而天然波只对主波进行倍数A的放大,使其峰值达到规范规定小震、中震或大震 的峰值,而次方向波也按倍数A放大,倍数A不再采用0.85进行调整。

PEER 选取天然波的网站为:

<u>http://peer.berkeley.edu/peer\_ground\_motion\_database/spectras/new</u>,如下图所示。 点取"select

models to generate target spectrum"(选取生成地震波目标谱方式),由于我们不是采用美国 反应谱做设计,所以一般采用自定义反应谱"user defined spectrum"。

首先把规范反应谱或者场地反应谱的曲线值采用多线段表示出来,保存为 EXCEL 表格,存储格式为 CSV 格式(CSV 格式为带逗号分隔的数据文本)。为了使格式正确导入,建议在网站上下载 CSV 的样版格式,点击"Download Example file(.csv)",向网站导入曲线后得到如图 1(a)所示的结果。



图 1 PEER 强震数据库选波示意图

在搜索地震波的页面有几个参数需要输入。如图 1(b)所示,网站找波的依据为输入一个周期 段,周期段内吻合的地震波会被选取出来。本文建议取两个周期段,一个是结构第一周期的 折减周期,第二个是场地平台段的中点对应的周期。两个周期点的加权系数均为 1。程序选 取后,会出现很多组地震波,建议选取 10 组至 20 组导出,然后再放入 ETABS 进行试算, 将基底剪力满足规范要求的地震波作为最后选波的结果。



	Mode	Period	UX	UY	UZ	RZ	•
•	1	3.464934	0.490284	0.010887	0.000000	0.498829	
	2	3.098362	0.005728	0.566754	0.000000	0.427518	
	3	2.646398	0.174761	0.298285	0.000000	0.526953	
	4	1.007715	0.762640	0.004048	0.000000	0.233311	
	5	0.801457	0.004384	0.283110	0.000000	0.712506	
	6	0.731554	0.079201	0.136004	0.000000	0.784795	
	7	0.509875	0.684940	0.001695	0.000000	0.313365	
	8	0.375625	0.020540	0.163950	0.000000	0.815510	
	9	0.358140	0.048340	0.069430	0.000000	0.882231	
	10	0.320987	0.500702	0.002677	0.000000	0.496620	
	11	0.315255	0.063589	0.044772	0.000000	0.891640	
	12	0.292327	0.063380	0.047340	0.000000	0.889280	
	13	0.265079	0.062974	0.189261	0.000000	0.747765	
	14	0.247554	0.067682	0.205001	0.000000	0.727316	
	15	0.246452	0.089716	0.062669	0.000000	0.847615	
	16	0.238021	0.087747	0.070750	0.000000	0.841503	
	17	0.226521	0.031396	0.311489	0.000000	0.657115	
	18	0.221967	0.360342	0.001039	0.000000	0.638619	-

#### 图 2 ETABS 模型及模态分析结果

现在以某剪力墙结构为例,该结构7度设防,场地土类别为II类,设计地震分组为第一组,周期折减系数取0.9,其ETABS模型及模态分析结果如图2所示。则在选波时,0.225s~3.119s周期段对应的权重为1,地震波选取结果如图1(c)、(d)所示。

接下来在 ETABS 定义时程函数和时程工况,如图 3 所示。在定义时程函数时,选择"Function From File"选项, ETABS 提供了"要跳过的标题行"、"每行要跳过的前缀字符"、"每行点数" 等参数设置,便于读取各种格式的文件。对于从 PEER 强震数据库下载的地震波文件,需要 事先获取点数(NPTS)、时间间隔(DT)和前缀字符数等信息,再如图 3(a)中设置时程函 数。在定义时程工况时,需要对地震波的峰值进行调整,其中,比例系数=规范要求地震加 速度峰值/地震波的峰值,换算时需要注意单位一致;此外,还需要定义阻尼,由于 ETABS 中时程分析采用的时模态积分法,因此只提供了定义模态阻尼的设置,对于一般的钢筋混凝 土结构,所有振型的阻尼比均取为 0.05;其它的参数设置如图 3(b)所示。



<sup>(</sup>a)

图 3 ETABS 中时程函数及时程工况设置

计算完成后,在 ETABS 中通过【文件】->【打印表格】->【结构总信息】等按钮,可以查看结构在各个工况下的楼层力。整理振型分解反应谱法和时程分析法的结果,如图 4 所示,该地震波时程分析的基底剪力不小于反应谱法计算结果的 80%,则认为该地震波满足规范的要求。

<sup>(</sup>b)

# since dinochencom



图 4 振型分解反应谱法和时程分析法结果对比