

# 大震作用下的结构整体刚度曲线

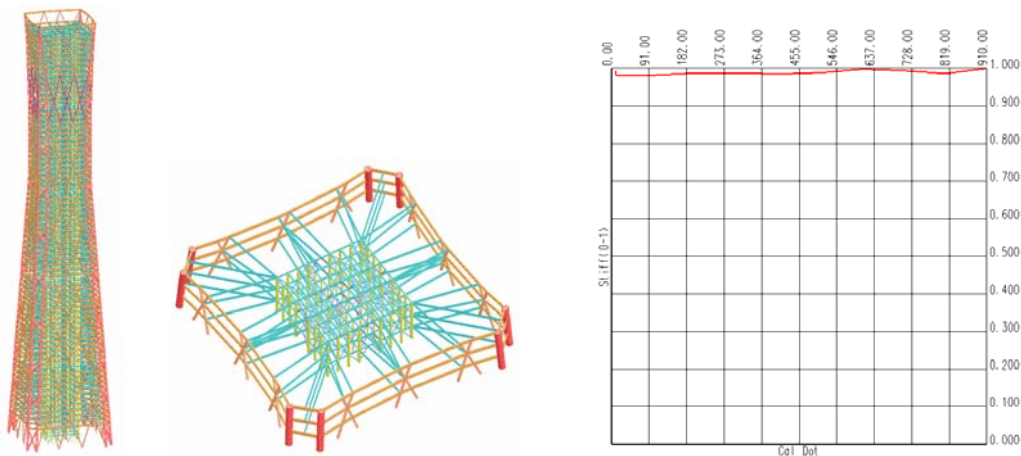
谢靖中 (佳构 STRAT 软件)

在结构大震弹塑性时程分析过程中,结构总体刚度  $K$  是动力响应中的主导因素。相比较质量  $M$ (恒定不变)、阻尼  $C$ (与  $K$ 、 $M$  比例相关),总体刚度  $K$  的变化是地震波作用的直接结果,也直接影响结构的动力响应的大小,反映结构大震下的性能。正因为这个原因,我们希望知道结构在大震作用下刚度的变化情况。

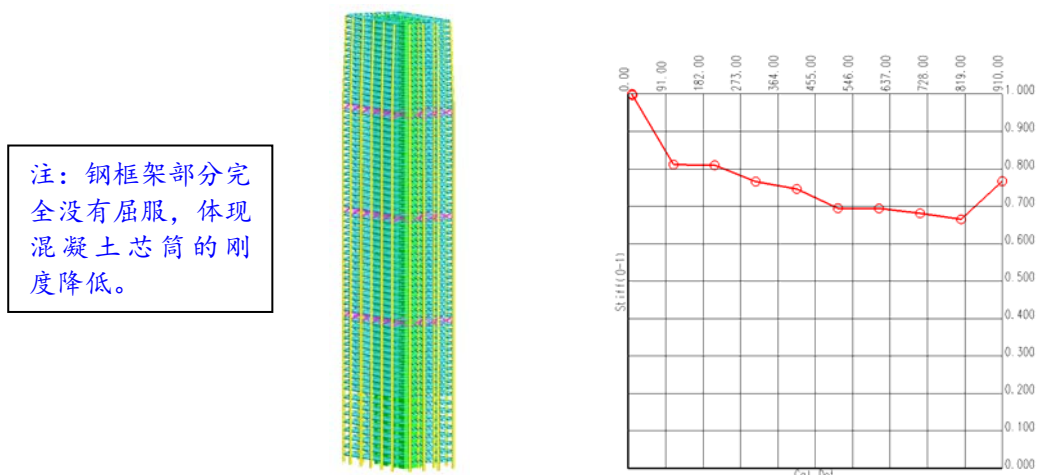
STRAT 软件首次通过定期计算结构自振频率,得到结构在大震作用下的刚度曲线。刚度曲线具有如下特点: 1) 通过结构自振频率得到,不基于任何假定,是客观量; 2) 排除了地震波的因素(不同于能量曲线),直接映结构本身的特点。

刚度曲线具有波动性。建筑结构在大震作用下,结构局部或构件局部屈服进入塑性,结构总体刚度降低是基本趋势。但由于地震波作用的反复性,构件内的截面、截面内的纤维,屈服后仍有卸载、再加载的过程。无论钢、混凝土材料,卸载、再加载刚度均大于屈服后刚度(骨架线刚度),其中钢材料的卸载刚度在多数本构模型中,甚至与弹性刚度相同。在一个整体结构,各部位、各构件、甚至构件内各个截面,屈服、卸载、再加载等过程交替出现,刚度频繁变化,这导致结构总体刚度的波动性(见图 1~5)。

实际应用表明,对于混凝土占主体的结构,大震下的刚度下降明显,且波动相对较小(见例 2~5),而钢材料占主体结构,往往刚度下降并不明显,有时波动很大(见例 1)。

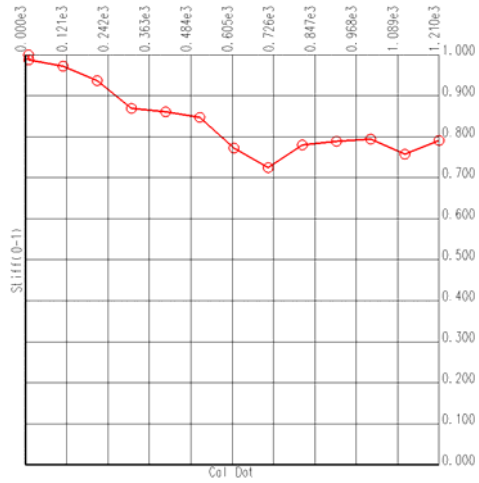
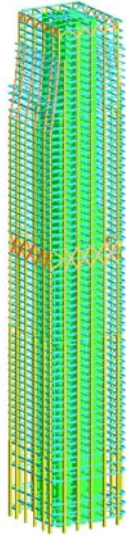


例 1: 钢框撑(主承重柱为钢管混凝土), 70 层 328m。最大层侧移角 1/161。刚度降低很小

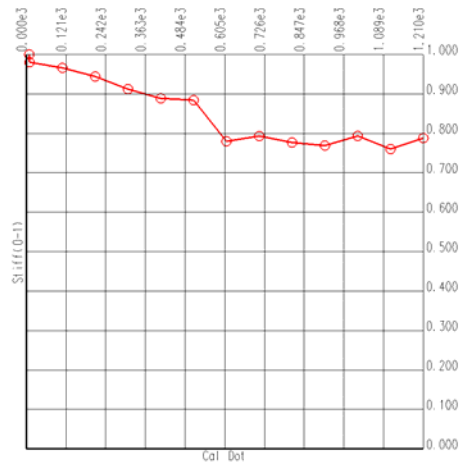
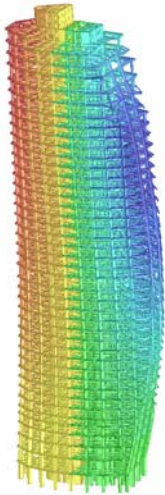


注: 钢框架部分完全没有屈服,体现混凝土芯筒的刚度降低。

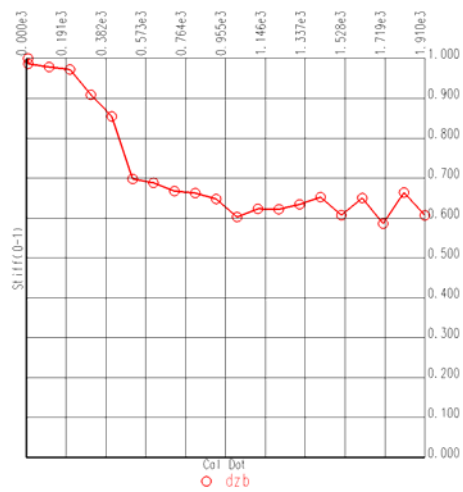
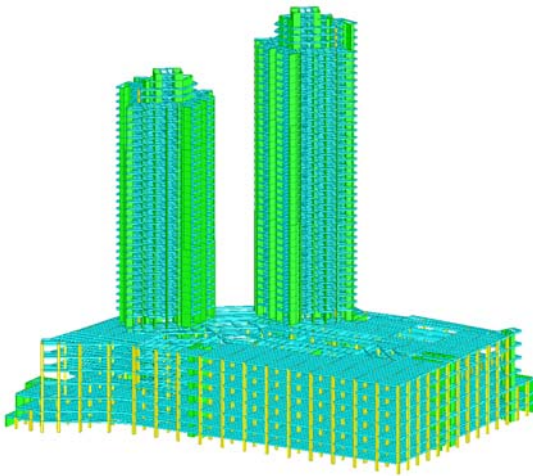
例 2: 钢框-筒结构(钢管混凝土主+钢梁), 68 层 297m。最大层侧移角 1/284。



例 3：型钢柱-钢梁，混凝土芯筒，65层 308m



例 4：型钢混凝土框-筒结构，43层 182m，最大层侧移角 1/310



例 5：混凝土框架-剪力墙结构，49层。最大层侧移角 1/149