

Input & Output: 结构时程分析的 输入和输出若干问题探讨

王亚勇 (yayongwang@sina.com)

中国建筑科学研究院

一、结构时程分析的输入地震动准则

1、输入地震加速度记录数量

- (1) **2+1**: 二组天然记录和一组人工合成加速度时程，取计算结果**包络值**。
- (2) **5+2**: 五组天然记录和二组人工合成加速度时程，取计算结果**平均值**。

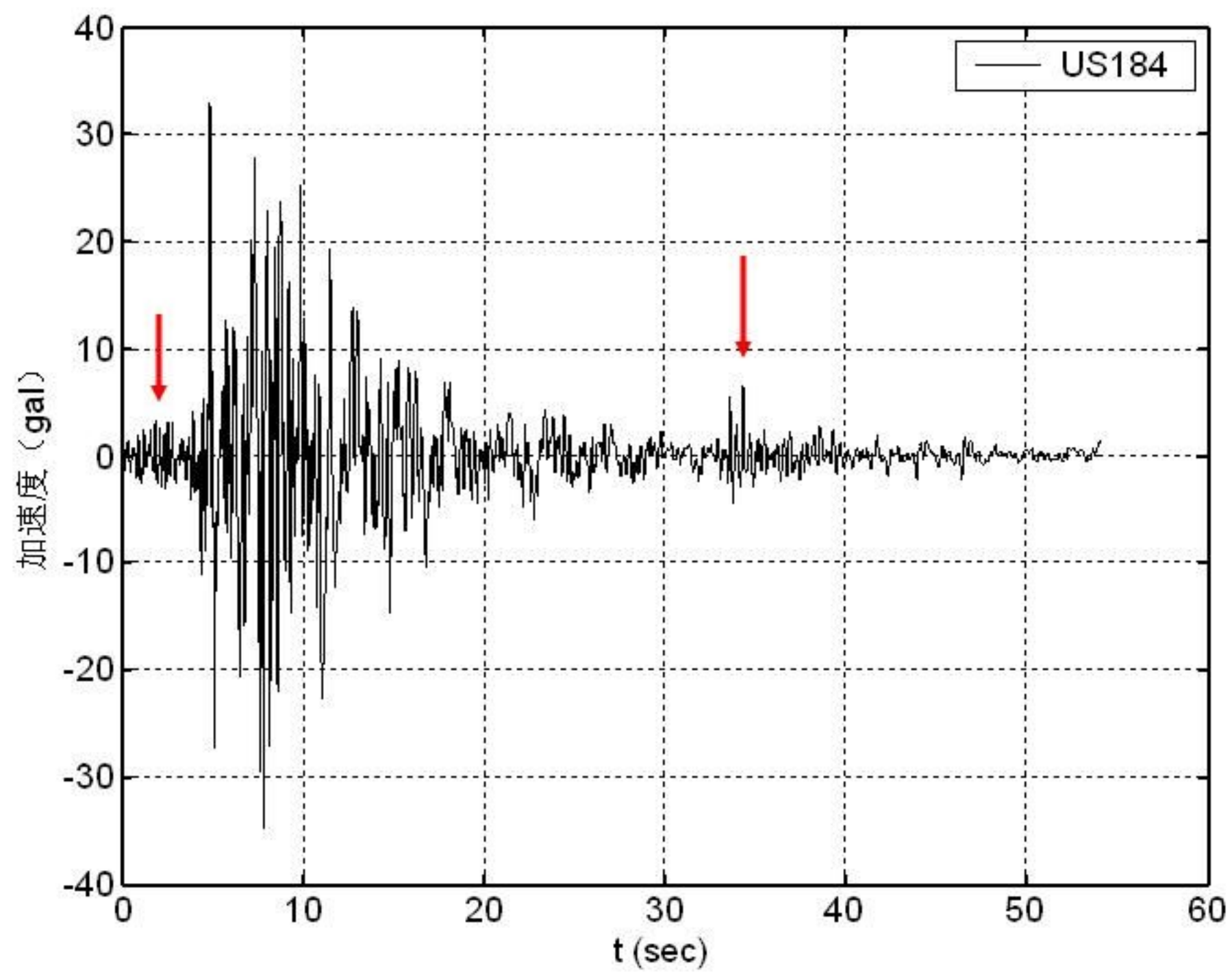
2、输入地震加速度记录选择和检验

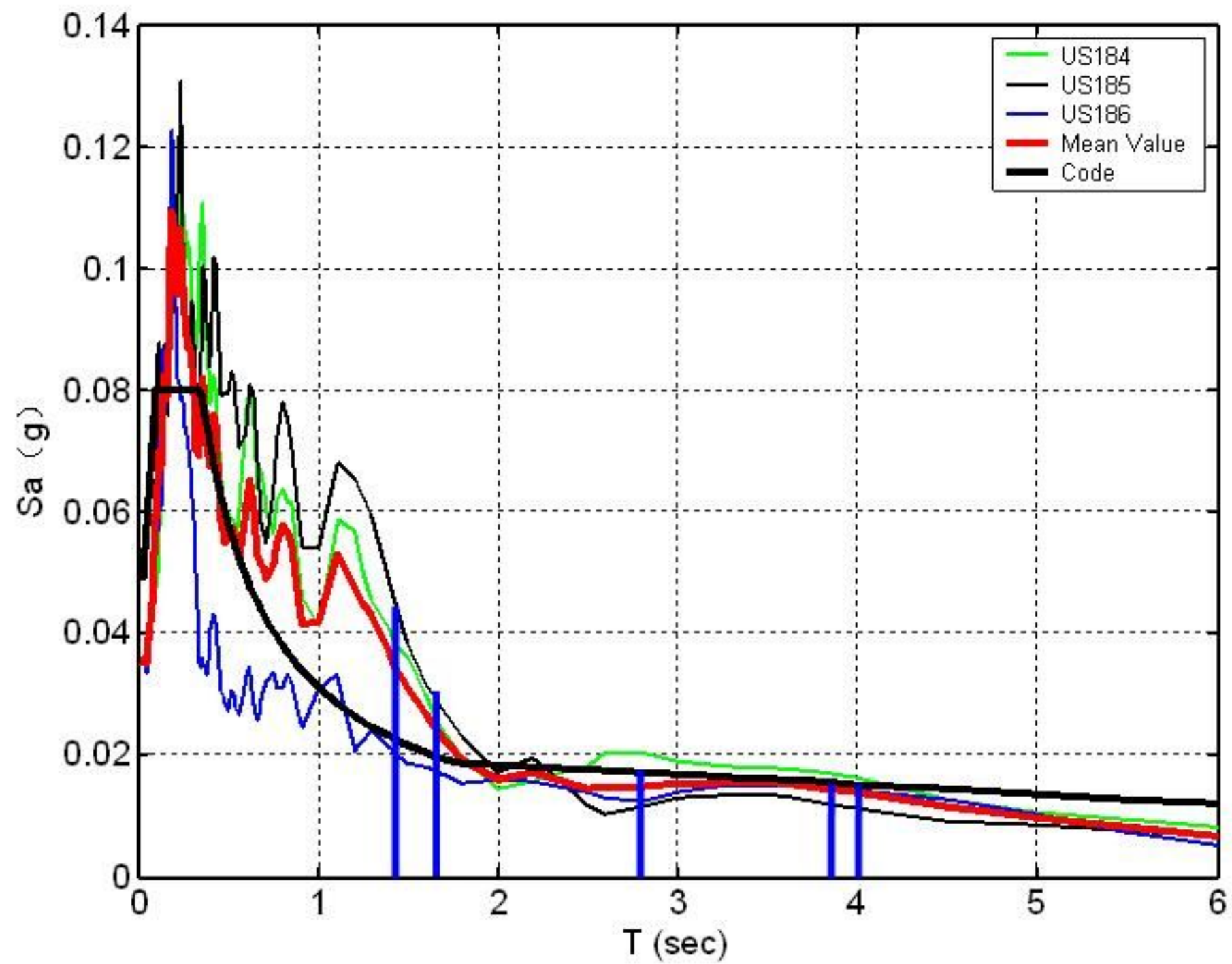
- (1) **选择（数据库操作员）**：对应场地、反应谱与规范目标谱相比，统计意义相符（主要周期点的谱值相差 $\pm 20\%$ ）；与结构周期 T 有关；

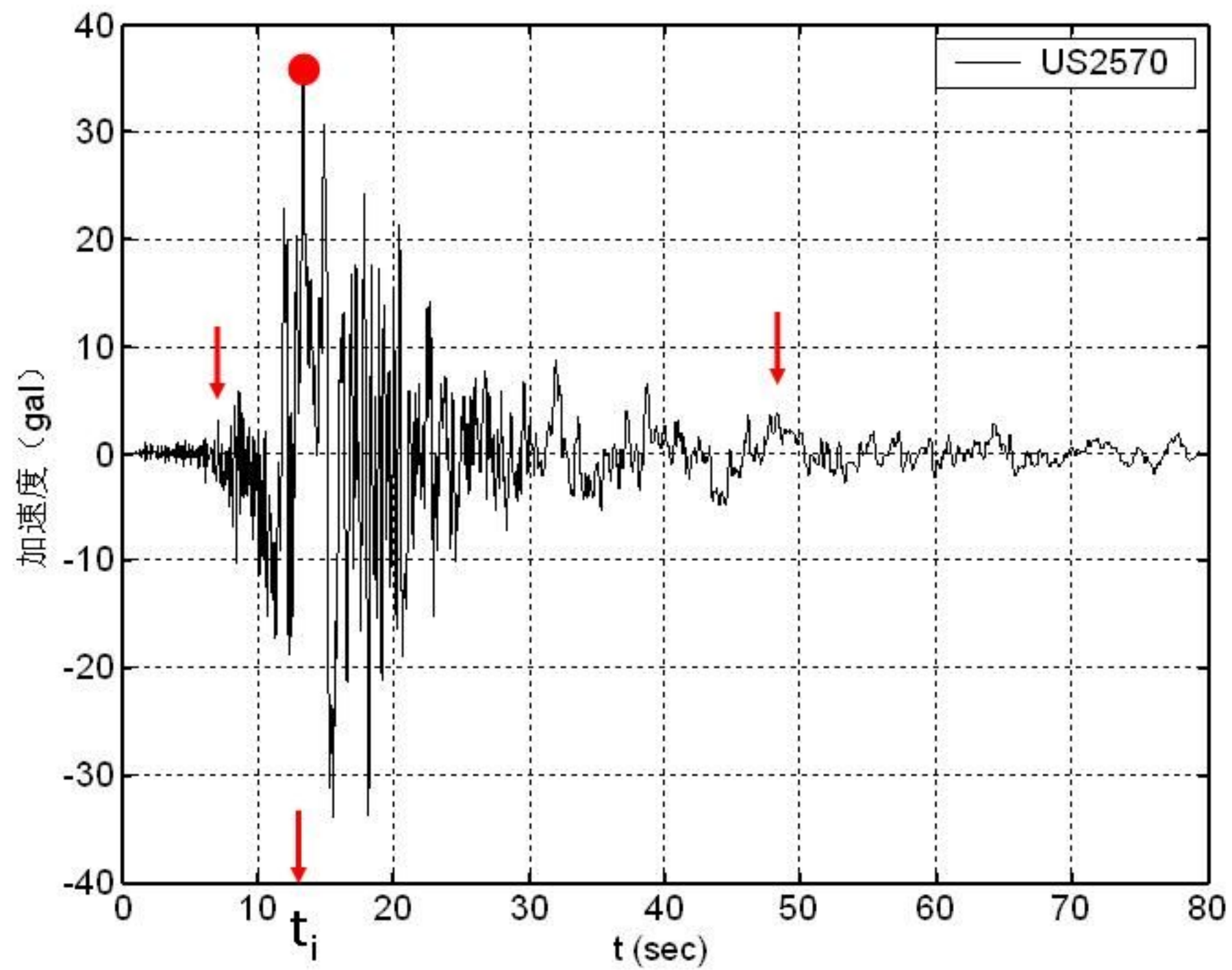
有效持续时间 = $(5 \sim 10) T$

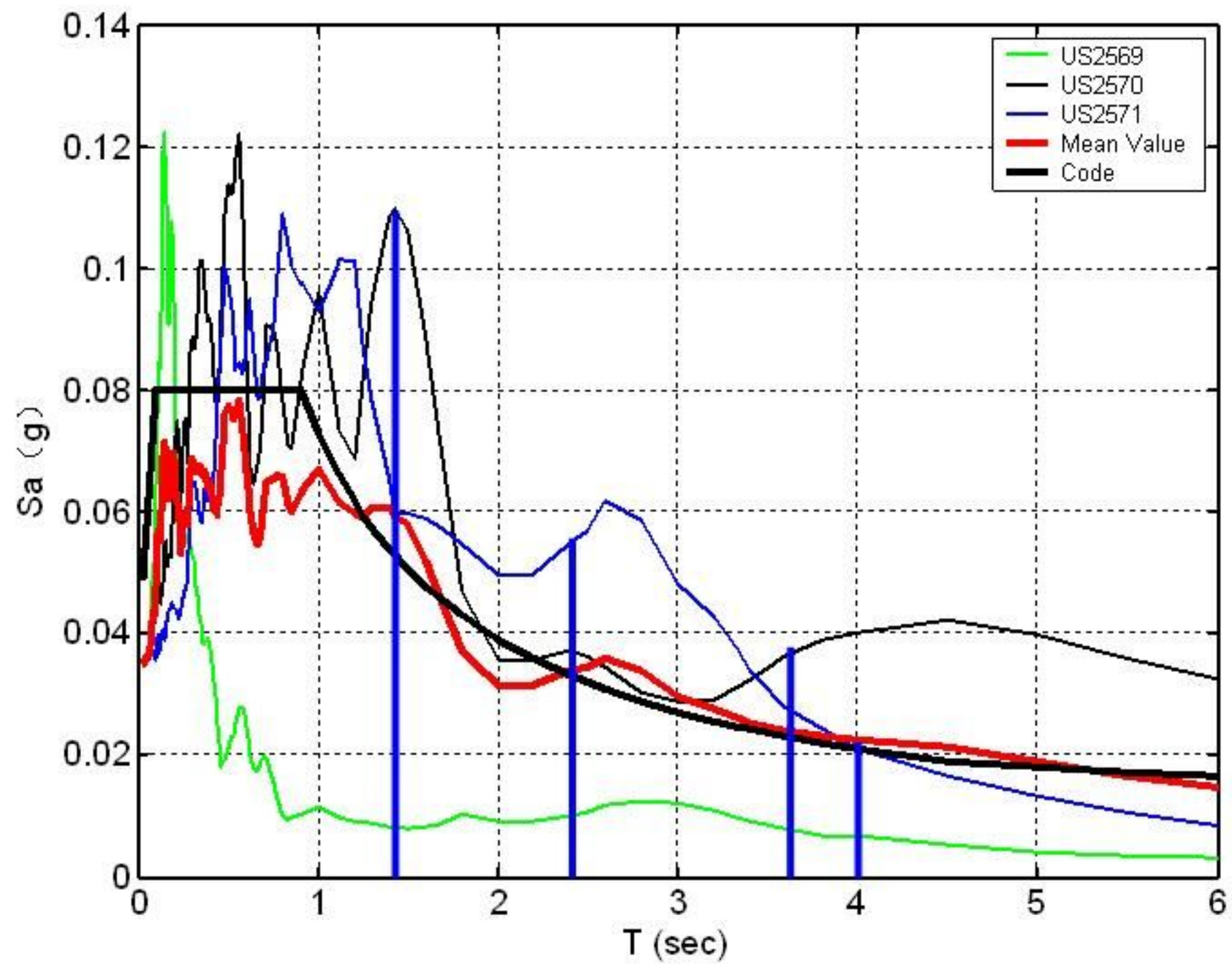
- (2) **检验（结构设计人）**：时程分析计算的底部总剪力与CQC相比（单组 $\pm 35\%$ ，多组平均 $\pm 20\%$ ） $\frac{PS_v}{S_a}$

- (3) (拟速度谱与加速度谱的平滑处理)









二、小震弹性时程分析输出 (结构响应:弯矩、剪力、位移)

1、结构底部总剪力

- $V_0 = \sum V_i \quad (i=1,2,\dots,m)$
- $V_0 = \sqrt{\sum V_i^2}$
- $V_0 = \text{Max} \quad (V_{0j}, t_j = t_1, t_2, \dots, t_n) \quad ?$

2、第*i*楼层剪力

- (1) 刚性楼盖*i*: 平动 V_i
- (2) 刚性楼盖*i*: 平动+转动 $=V_i + r_i \theta_i$
- (3) 弹性楼盖*i*:

- 取节点*k*的最大值

$$V_i = \text{Max}(V_k, k=1, 2, \dots, m)$$

- 以不同节点*k*的质量 M_k 加权平均得

$$V_i = \frac{\sum_{k=1}^m M_k V_k}{\sum_{k=1}^m M_k}$$

3、不同时刻j不同楼层i剪力

(1) $V_i^{\max}$ 发生在什么时刻?

不同时刻 t_j , 第i楼层的剪力:

$$V_{ij} = \sqrt{\sum V_{ij}^2} = \sqrt{\sum \left(\frac{\sum_{k=1}^m M_k V_{ki}}{\sum_{k=1}^m M_k} \right)^2} \quad t_j = t_1, t_2, \dots, t_n$$

(2) 地震动加速度有正负, 结构响应取绝对值?

(3) 结构响应滞后于地震地面加速度。

4、不同地震波L: 三组取包络, 七组取平均, 如何取?

三、大震弹塑性时程分析输出 (结构响应: 弯矩、剪力、位移)

1、底部总剪力

(1) 大震弹塑性/小震弹性

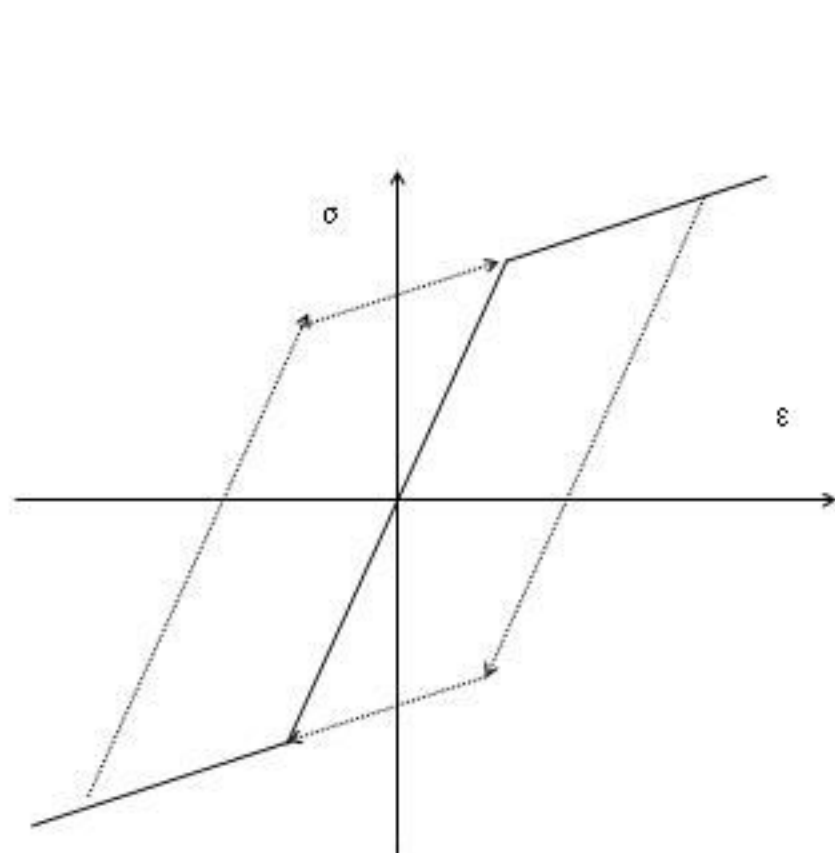
$$\frac{V_0^{\text{大震弹塑性}}}{V_0^{\text{小震弹性}}} = 3 \sim 5 ?$$

(2) 大震“等代弹性”/大震弹塑性

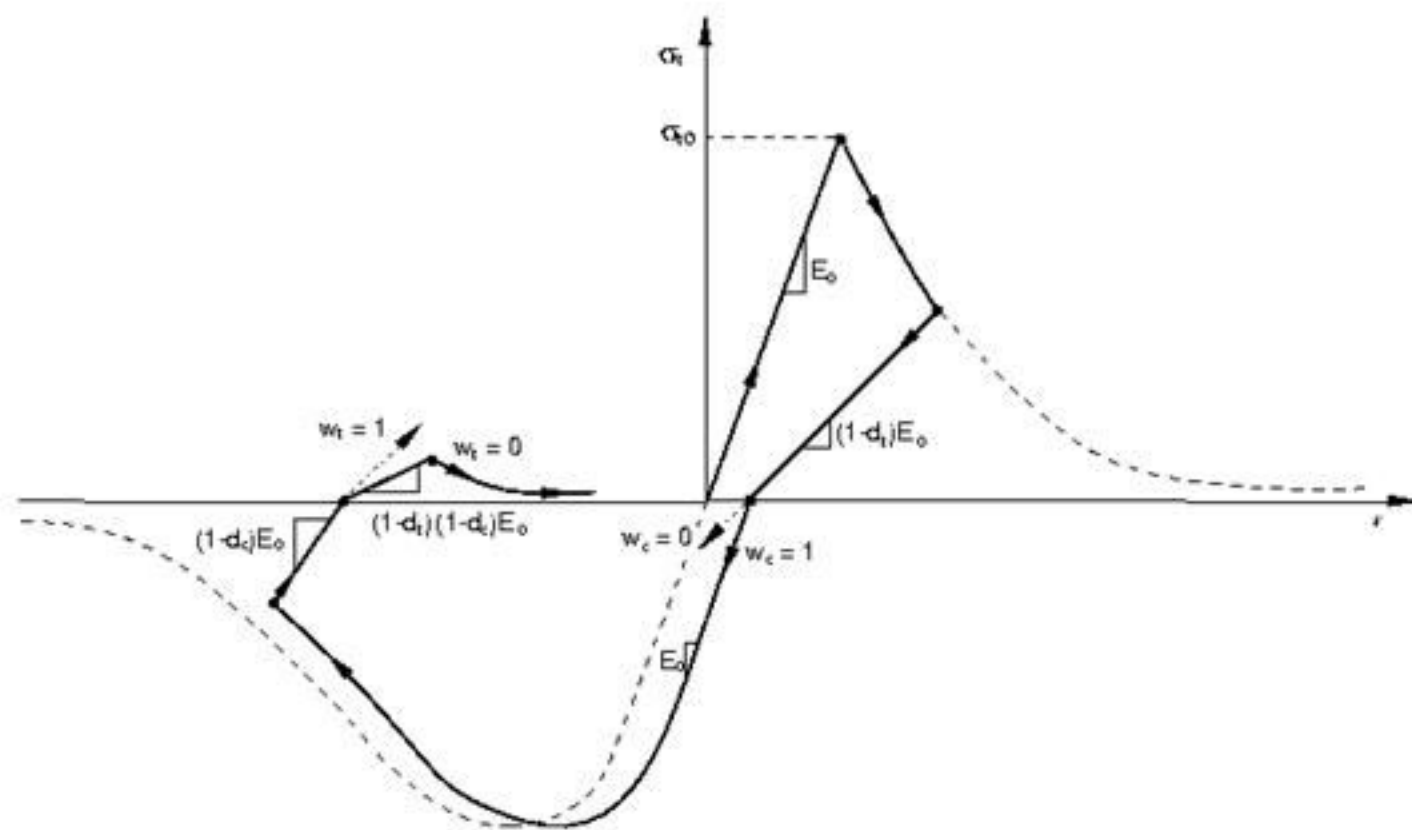
$$\frac{V_0^{\text{大震等代弹性}}}{V_0^{\text{大震弹塑性}}} = 1.5 \sim 2.0 ?$$

2、构件“内力”

地震波时刻 t_j 和构件恢复力过程的时刻 $\check{t}_j$



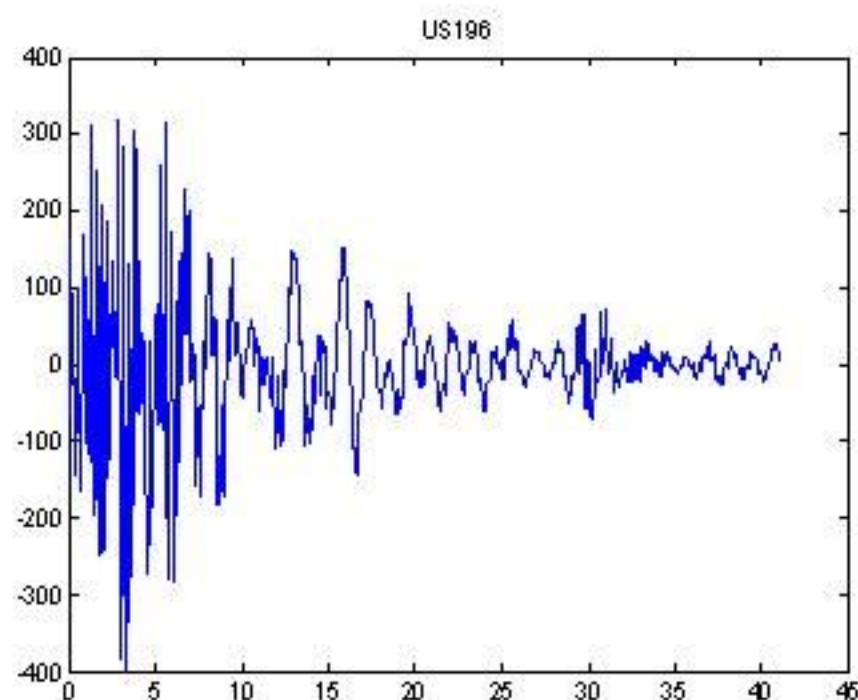
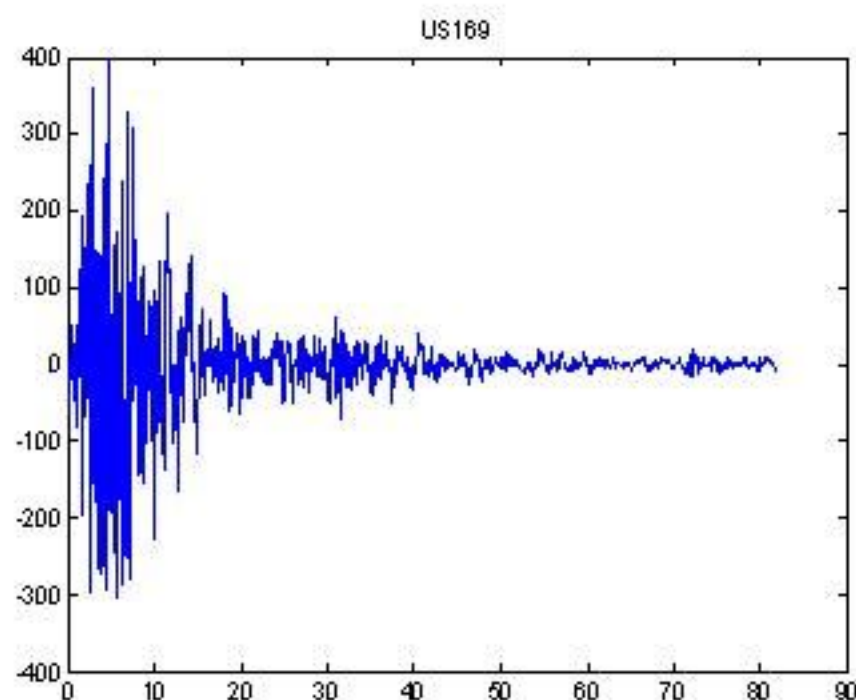
钢材的恢复力模型



混凝土的恢复力模型

3、楼层位移

- 遵循弹性时程分析准则？
- 塑性位移“可逆”与“不可逆”，在加速度时程大脉冲作用下，构件（节点）变形不可逆，结构产生永久性位移。



4、塑性铰：构件和节点

- 位置
- 损伤程度
- 应力/强度（屈服、极限）
- 内力/承载力（屈服、极限）
- 倒塌？

5、弹塑性分析不用于截面设计和配筋，只是补充变形验算。
力的计算没有意义！

谢 谢！