

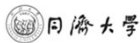
# 既有建筑结构的安全性分析



同济大学土木工程学院

张伟平

2017.10

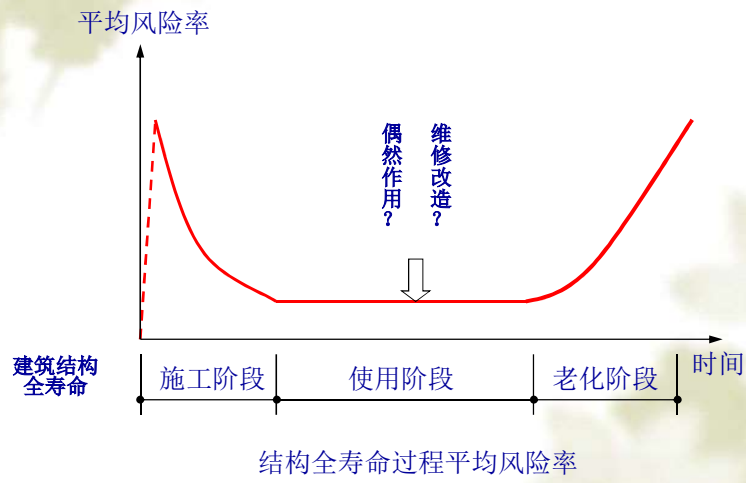


# 既有建筑结构的安全性分析

- 一、建筑结构的全寿命维护
- 二、与结构设计的区别
- 三、关于荷载取值的讨论
  - 3.1 房屋使用荷载调查分析的内容
  - 3.2 恒荷载的确定
  - 3.3 活荷载的取值
- 四、关于结构分析的讨论
  - 4.1 结构图纸的测绘与复核
  - 4.2 开裂混凝土构件刚度的调整
  - 4.3 结构分析模型的建立
- 五、关于结构分析结果评定的讨论
  - 5.1 基于配筋面积的承载能力评价方法
  - 5.2 锈蚀构件承载能力的评价
  - 5.3 受弯构件的现场荷载试验



# 一、建筑结构的全寿命维护



同济大学

# 一、建筑结构的全寿命维护

## 使用阶段



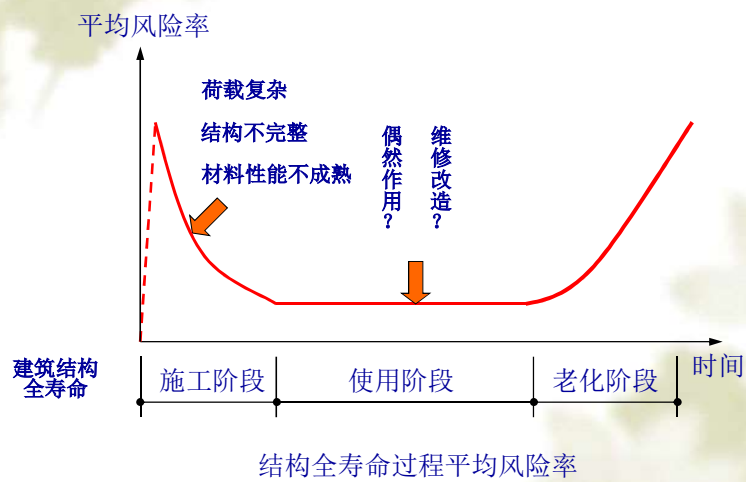
# 一、建筑结构的全寿命维护

## 使用阶段



同济大学

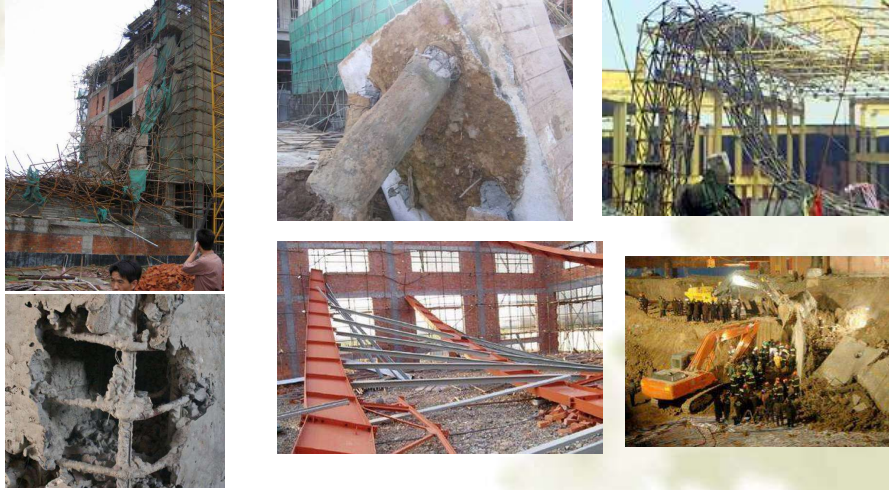
# 一、建筑结构的全寿命维护



同济大学

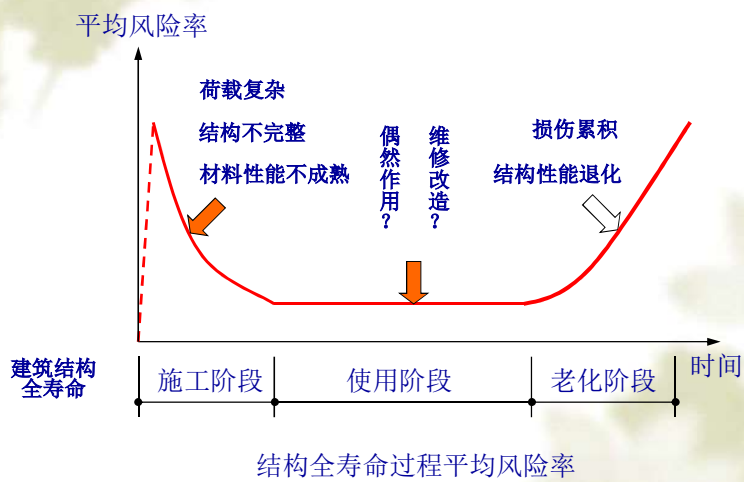
# 一、建筑结构的全寿命维护

## 施工阶段



同济大学

# 一、建筑结构的全寿命维护



同济大学



## 一、建筑结构的全寿命维护

### 老化阶段（混凝土结构）



同济大学

## 一、建筑结构的全寿命维护

### 老化阶段（砌体结构）



同济大学

## 一、建筑结构的全寿命维护

### 老化阶段（钢结构）



同济大学

## 一、建筑结构的全寿命维护

### 老化阶段（木结构）



同济大学

## 一、建筑结构的全寿命维护

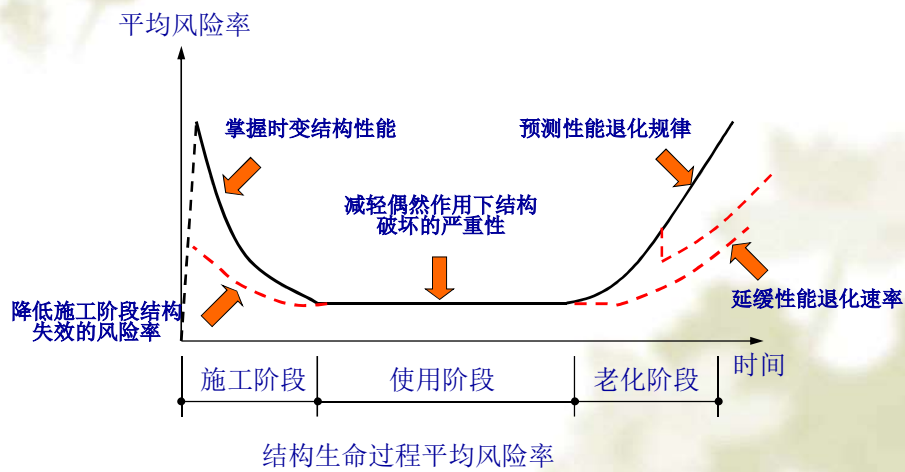
### 问题？

如何保证建筑结构在整个生命过程中安全、可靠？

如何延长建筑结构的使用寿命？

## 一、建筑结构的全寿命维护

### 对策



## 二、与结构设计的区别

结构可靠性——结构在规定的时间内、规定的条件下完成预定功能的能力

序号	项目	结构设计	结构鉴定
1	对象/结构	尚未存在	已经存在
2	规定的时间	设计使用年限	目标使用期
3	规定的条件	正常设计 正常施工 正常使用维护	设计已成事实 施工已成事实 过去/将来使用
4	预定功能	承载能力极限状态 正常使用极限状态	建筑物重要性变化 使用环境发生变化

按照结构设计的思路进行建筑结构的可靠性鉴定？



## 二、与结构设计的区别

以混凝土结构构件为例——构件的承载力评定等级

构件类别	$R/\gamma_0 S$			
	$a_u$ 级	$b_u$ 级	$c_u$ 级	$d_u$ 级
主要构件	$\geq 1.0$	$\geq 0.95$ $< 1.0$	$\geq 0.9$ $< 0.95$	$< 0.9$
次要构件	$\geq 1.0$	$\geq 0.9$ $< 1.0$	$\geq 0.85$ $< 0.9$	$< 0.85$





## 二、与结构设计的区别

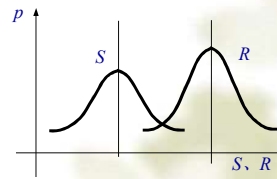
### 以混凝土结构构件为例----构件的承载力评定等级

$$\gamma_0(\gamma_G C_G G_k + \gamma_{Q1} C_{Q1} Q_{1k} + \sum \gamma_{Qi} C_{Qi} \psi_{Ci} Q_{ik}) \leq R\left(\frac{f_{sk}}{\gamma_s}, \frac{f_{ck}}{\gamma_c}, a_k, \dots\right)$$

荷载的变异性  
材料强度的变异性  
施工误差  
等因素的影响

$\beta$   $\Rightarrow$

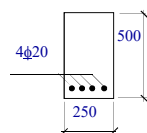
$\gamma_G=1.2$   
 $\gamma_Q=1.4$   
 $\gamma_s=1.1$   
 $\gamma_c=1.35$



已有房屋结构  
是否合适?

## 二、与结构设计的区别

### 以混凝土结构构件为例----构件的承载力评定等级



实测混凝土强度  $f_{cu}=25\text{Mpa}$ ，钢筋强度  $f_s=340\text{Mpa}$ ，  
保护层厚度为40mm。截面上作用的弯矩为  $M=180\text{kN}\cdot\text{m}$

取  $\gamma_s=1.0$ ， $\gamma_c=1.0$ ，算得  $M_{uk}=172.45\text{kM}\cdot\text{m}$ ；  
取  $\gamma_s=1.1$ ， $\gamma_c=1.35$ ，算得  $M_u=153.08\text{kM}\cdot\text{m}$ ；

$M_{uk}/M=0.96 > 0.95$ ，评为  $b_u$  级；  
 $M_u/M=0.85 > 0.90$ ，评为  $d_u$  级。

?

## 二、与结构设计的区别

有必要基于既有结构目标使用期内的荷载概率模型以及既有结构的抗力特点，经过可靠性计算，重新调整荷载和抗力的分项系数，建立与设计规范相协调的既有结构构件承载能力和正常使用性能验算的极限状态表达式。

## 二、与结构设计的区别

### 既有建筑结构的目标可靠指标

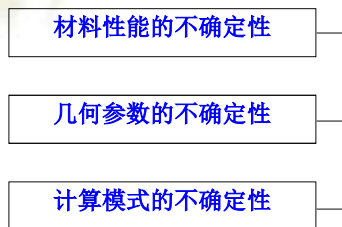
理论上应根据各种结构的重要性、失效后果、破坏性质和经济指标等因素以优化方法分析确定

在现阶段，设计中采用的目标可靠指标是通过“校准法”反演计算得到的，共分为2.7、3.2、3.7、4.2四个等级。

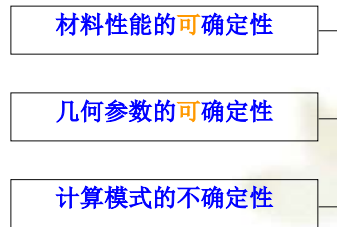
既有结构构件目标可靠指标取值，不同学者持有不同观点，这里仍采用设计规范的规定值

## 二、与结构设计的区别

□ 既有建筑结构的抗力  
 拟建建筑结构设计



既有建筑安全分析



$$R = \Omega_p \cdot R_p = \Omega_p \cdot R(f_{ci}, a_i)$$



$$\delta_R = \sqrt{\delta^2_{\Omega_p} + \delta^2_{R(f,a)}} = \delta_{\Omega_p}$$

$$\mu_R = \mu_{\Omega_p} R(f, a)$$

□ 既有建筑结构的效应      计算模型+荷载

## 二、与结构设计的区别

承载力极限状态表达式

沿用分项系数表达方法

$$\gamma_0 (\gamma_G S_{G_k} + \gamma_{Q1} S_{Q_{1k}} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} \psi_{ci} S_{Q_{ik}}) \leq R(f, a, \dots) / \gamma_R$$



$$\gamma_0 (\gamma_G C_G G_k + \gamma_{Q1} C_{Q1} Q_{1k} + \sum \gamma_{Qi} C_{Qi} \psi_{ci} Q_{ik}) \leq R\left(\frac{f_{sk}}{\gamma_s}, \frac{f_{ck}}{\gamma_c}, a_k, \dots\right)$$

## 二、与结构设计的区别

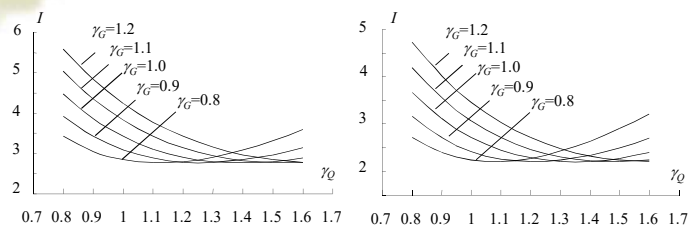
### 荷载分项系数

#### ➤ 荷载分项系数的确定

- 考虑了45组可能的  $\gamma_G$  (0.8~1.2) ,  $\gamma_Q$  (0.8~1.6) 取值
- 考虑了14种有代表性的结构构件
- 考虑了不同的荷载效应常用比值 $\rho$
- 综合考虑了  $S_G + S_L$ (办公楼)、 $S_G + S_L$ (住宅)、 $S_G + S_W$  (风) 三种简单组合情况
- 以累计相对误差最小为原则

## 二、与结构设计的区别

### 荷载分项系数

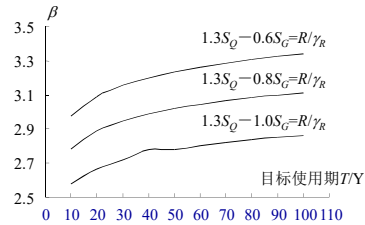


永久荷载和可变荷载效应同号时,  $\gamma_G = 1.0$ 、 $\gamma_Q = 1.3$



## 二、与结构设计的区别

### 荷载分项系数



永久荷载和可变荷载效应异号时,  $\gamma_G=0.6$ 、 $\gamma_Q=1.3$

## 二、与结构设计的区别

### 抗力分项系数及承载力分级标准

序号	结构构件种类		抗力分项系数			$R/\gamma_0\gamma_R S$ 分级标准	
			$\beta$	$\beta-0.25$	$\beta-0.5$	$b_u$	$c_u$
1	混凝土构件	轴心受拉	1.128	1.089	1.054	0.966	0.934
2		轴心受压	1.231	1.186	1.143	0.963	0.929
3		大偏压	1.143	1.104	1.067	0.965	0.933
4		受弯	1.128	1.089	1.054	0.966	0.934
5		受剪	1.570	1.495	1.424	0.952	0.907

## 二、与结构设计的区别

### □ 既有建筑结构计算分析的特点：

- (1) 计算模型符合实际情况；  
结构尺寸取经现场复核或实测的尺寸；  
考虑加固后刚度的变化；  
考虑钢筋锈蚀、结构开裂的影响；  
考虑相邻构件的共同作用；  
考虑非结构构件的贡献或影响。
- (2) 材料强度取实测值；
- (3) 荷载按实际调查分析结果取值；  
考虑地基相对不均匀沉降的影响；
- (4) 耐久性评估时考虑时间因素、环境作用。

## 三、关于荷载取值的讨论

### 3.1 房屋使用荷载调查分析的内容

- (1) 房屋楼面恒荷载的调查分析
- (2) 墙体材料和构造的调查分析
- (3) 建筑使用功能的调查（活荷载）
- (4) 大型设备荷载及其布置的调查
- (5) 集中堆载情况的调查分析
- (6) 局部振动荷载的调查与检测
- (7) 吊车荷载及其超载情况的调查
- (8) 工业厂房楼面吊载情况的调查分析
- (9) 地坪堆载的调查分析
- (10) 地基相对不均匀沉降的检测
- (11) 环境温度、材料收缩的调查
- (12) 施工荷载的调查

## 二、关于荷载取值的讨论

### 3.2 恒荷载的确定

现场实测的样本应具有代表性，试样切取方法和材料力学性能检测试样切取类似，抽样数不应少于5个，对试样按标准方法烘干称量后按下列规定确定荷载标准值。

当其效应对结构不利时：

$$g_k = \mu_g + k\sigma_g$$

$g_k$ ——材料或构件单位自重的标准值；

$\mu_g$ ——试样按标准方法烘干称量后得到的样本单位自重平均值；

$\sigma_g$ ——试样按标准方法烘干称量后得到的样本单位自重标准差；

$k$ ——与抽样数量 $n$ 有关的推定系数，见后表



## 三、关于荷载取值的讨论

### 3.2 恒荷载的确定

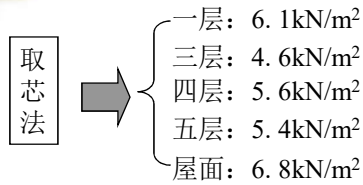
抽样数量      推定系数

$n$	$k$	$n$	$k$	$n$	$k$	$n$	$k$
5	0.95	10	0.58	15	0.45	20	0.39
6	0.82	11	0.55	16	0.44	25	0.34
7	0.73	12	0.52	17	0.42	30	0.31
8	0.67	13	0.49	18	0.41	35	0.29
9	0.62	14	0.47	19	0.40	40	0.27



### 三、关于荷载取值的讨论

#### 3.2 恒荷载的确定



### 三、关于荷载取值的讨论

#### 3.3 活荷载的确定——一般做法

调查建筑实际使用功能，按《建筑结构荷载规范》(GB50009)的规定取值。

功能	活荷载	功能	活荷载	功能	活荷载
商店	3.5	咖啡店	2.0	厕所	2.0
储藏室	4.0	办公室	2.0	商务中心	2.0
会议室	3.0	商务大堂	2.0	餐厅大堂	2.5
厨房	4.0	果汁吧	2.0	护肤中心	2.5
美发沙龙	2.5	玻璃屋酒吧	2.0	电梯机房	7.0
消防楼梯	3.5	阳台	2.5	走廊、门厅	2.5



### 三、关于荷载取值的讨论

#### 3.3 活荷载的确定——现场调查

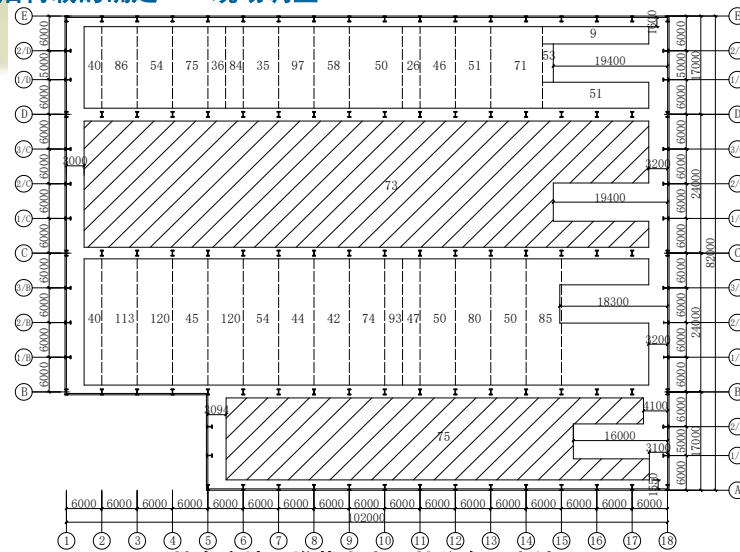


某仓库地面堆载情况

同濟大學

### 三、关于荷载取值的讨论

#### 3.3 活荷载的确定——现场调查

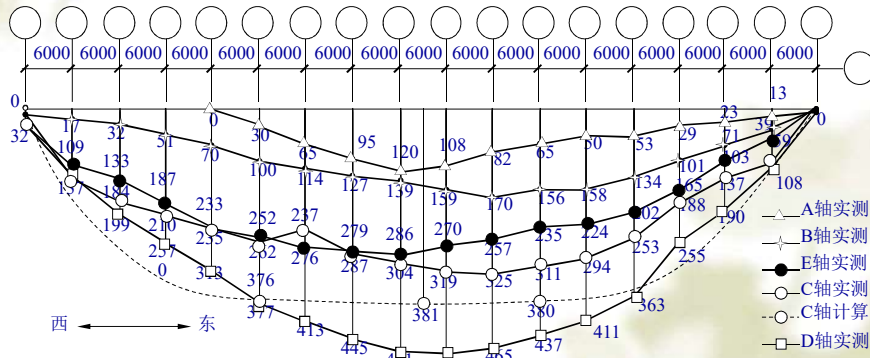


某仓库地面堆载大小及其分布调查结果

同濟大學

### 三、关于荷载取值的讨论

#### 3.3 活荷载的确定——现场调查



同濟大學

### 三、关于荷载取值的讨论

#### 3.3 活荷载的确定——现场调查



某金工车间堆载情况

同濟大學

### 三、关于荷载取值的讨论

#### 3.3 活荷载的确定——基于目标使用期的修正

根据可接受的概率 $p$ ，由可变荷载在目标使用期内最大值概率分布的某个分位值确定可变荷载的标准值。



民用建筑的楼（屋）面活荷载的标准值应先按《建筑结构荷载规范》（GB50009）的规定取值，再考虑该结构或构件的目标使用期 $T$ ，乘以表中所列的修正系数予以修正



目标使用期 $T$ (年)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
修正系数 $k_{tt}$	0.85	0.91	0.95	0.98	1.00	1.02	1.03	1.05	1.06	1.07

注：对表中未列出的中间值，可按线性插值确定，当 $T < 10$ 年时，按 $T = 10$ 年确定。



### 三、关于荷载取值的讨论

#### 3.3 活荷载的确定——基于目标使用期的修正

对于风荷载和雪荷载，取既有建筑物的目标使用期作为确定基本风、雪压的重现期。



目标使用期 $T$ (年)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
基本风压	0.40	0.46	0.50	0.52	0.55	0.56	0.57	0.58	0.59	0.60

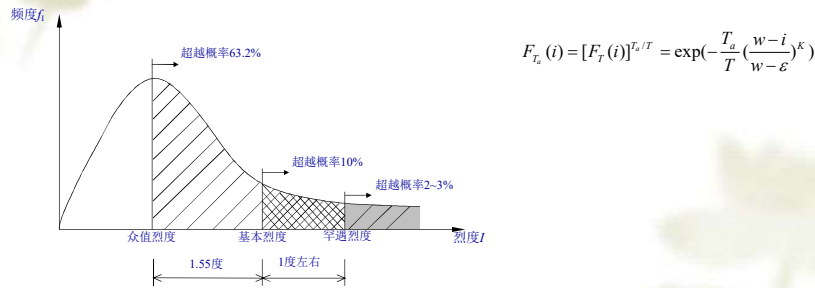
目标使用期 $T$ (年)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
基本雪压	0.100	0.145	0.172	0.190	0.200	0.217	0.227	0.235	0.243	0.250

注：对表中未列出的中间值，可按线性插值确定，当 $T < 10$ 年时，按 $T = 10$ 年确定。



### 三、关于荷载取值的讨论

#### 3.3 活荷载的确定——基于目标使用期的修正



$$F_{\tau}(i) = [F_T(i)]^{\tau/T} = \exp\left(-\frac{T}{T} \left(\frac{w-i}{w-e}\right)^k\right)$$

不同目标使用期结构的抗震设防烈度

目标使用期(年)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
基本烈度	7	5.89	6.37	6.65	6.85	7.00	7.13	7.24	7.34	7.42	7.49
	8	6.89	7.37	7.65	7.85	8.00	8.13	8.24	8.34	8.42	8.49
	9	7.99	8.48	8.73	8.89	9.00	9.09	9.15	9.21	9.25	9.29

### 三、关于荷载取值的讨论

#### 3.3 活荷载的确定——基于目标使用期的修正

地震作用应按上海市工程建设规范《建筑抗震设计规程》(DBJ08-9-2003)的方法确定。对7度设防区，相应于不同目标使用期，水平地震影响系数的最大值可按下表确定。



目标使用期T(年)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
多遇地震	0.036	0.055	0.066	0.074	0.080	0.090	0.099	0.107	0.114	0.119
罕遇地震	—	0.343	0.413	0.463	0.500	0.552	0.596	0.636	0.668	0.696

注：对表中未列出的中间值，可按线性插值确定，当T<10年时，按T=10年确定。



### 三、关于荷载取值的讨论

#### 3.3 活荷载的确定——基于目标使用期的修正

对7度设防区，相应于不同目标使用期，时程分析所用地震加速度时程曲线的最大值按下表确定。



目标使用期 $T$ (年)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
多遇地震	16	24	29	32	35	40	43	47	50	52
罕遇地震	—	137	165	185	200	221	239	255	269	280

注：对表中未列出的中间值，可按线性插值确定，当 $T < 10$ 年时，按 $T = 10$ 年确定。

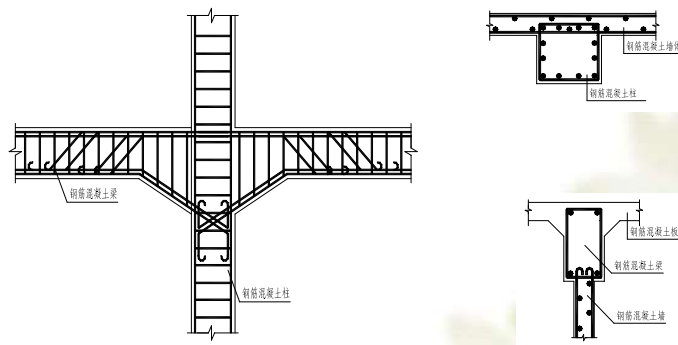
### 四、关于结构分析的讨论

#### 4.1 结构图纸的测绘与复核

- 结构体系的确认
- 承重构件与非承重构件的判别
- 承重构件材料的判别
- 主要构件截面尺寸与配筋情况的检测
- 混凝土保护层厚度的检测
- 连接结点构造的检测
- 完成结构平面布置图、构件详图等测绘与复核

## 四、关于结构分析的讨论

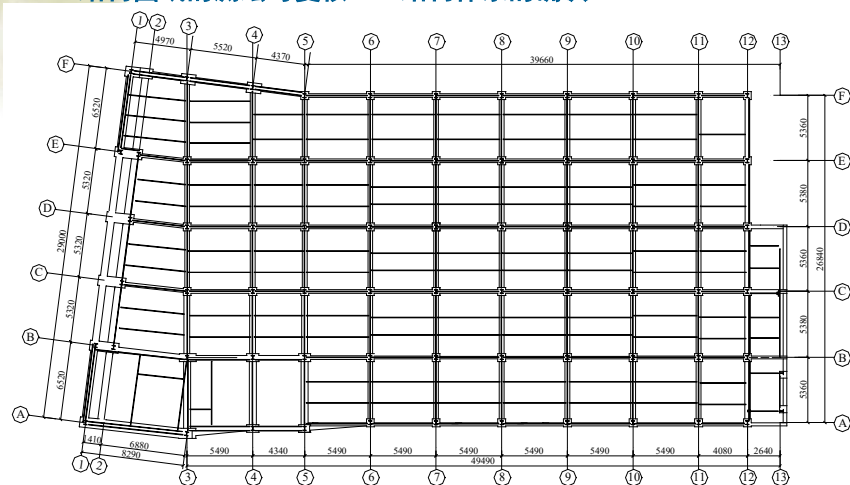
### 4.1 结构图纸的测绘与复核——结构体系的确认



同济大学

## 四、关于结构分析的讨论

### 4.1 结构图纸的测绘与复核——结构体系的确认

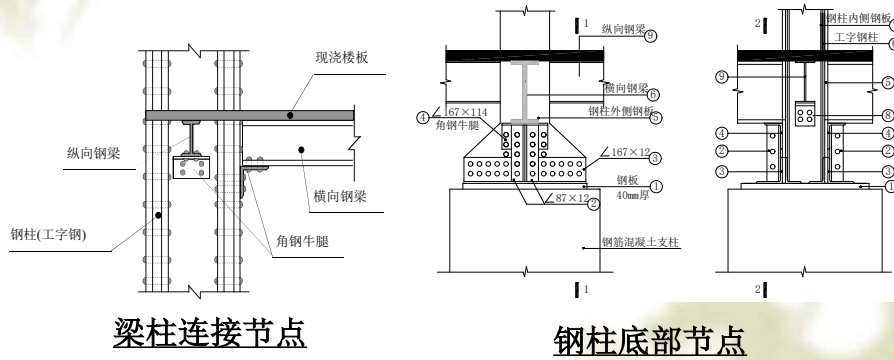


标准层结构平面布置示意图

同济大学

## 四、关于结构分析的讨论

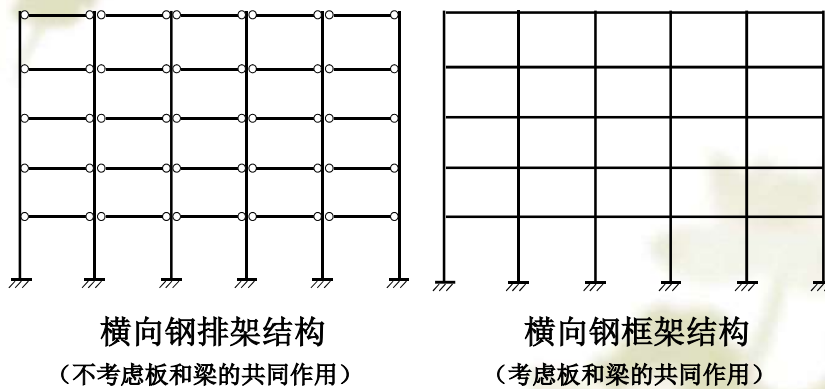
### 4.1 结构图纸的测绘与复核——结构体系的确认



同济大学

## 四、关于结构分析的讨论

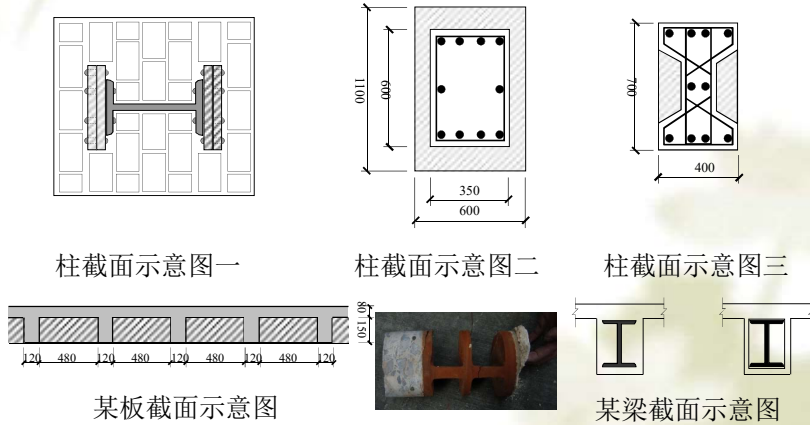
### 4.1 结构图纸的测绘与复核——结构体系的确认



同济大学

## 四、关于结构分析的讨论

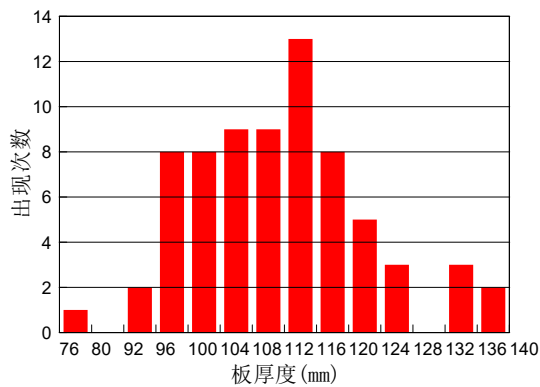
### 4.1 结构图纸的测绘与复核——结构构件材料的确定



同济大学

## 四、关于结构分析的讨论

### 4.1 结构图纸的测绘与复核——构件截面尺寸的取值



平均值为110.7mm，标准差为11.1mm

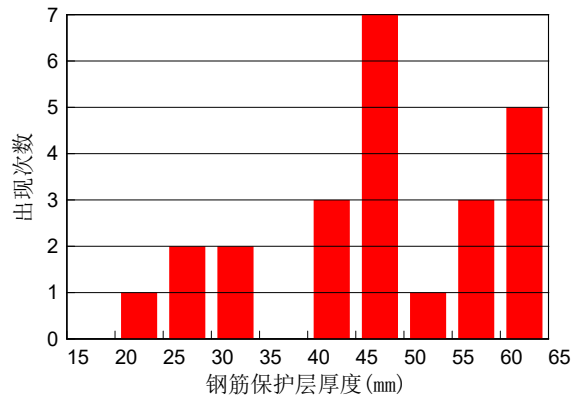
$$h_k = \mu_h - k\sigma_h$$

某高层建筑楼板实测厚度分布情况

同济大学

## 四、关于结构分析的讨论

### 4.1 结构图纸的测绘与复核——构件截面尺寸的取值



平均值为46.4mm，标准差为6.7mm

$$h_c = \mu_c + k\sigma_c$$

某高层建筑楼板保护层厚度分布情况

同济大学

## 四、关于结构分析的讨论

### 4.2 开裂混凝土构件刚度的调整

既有钢筋混凝土构件在经历了一段使用期后，构件的受拉区有可能出现裂缝



裂缝的出现将对该构件的截面刚度产生影响  
(用刚度退化定义损伤)



对钢筋混凝土超静定结构，截面刚度的变化不仅影响结构的变形性能，还会影响到构件间的内力分布

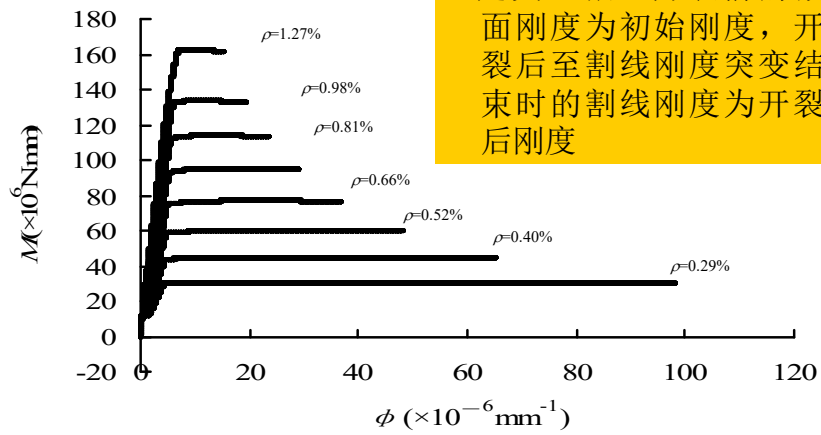


有必要对裂缝出现后构件的刚度进行调整！！

同济大学

## 四、关于结构分析的讨论

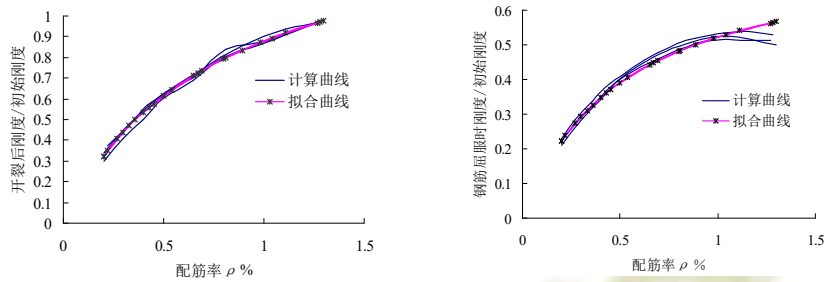
### 4.2 开裂混凝土构件刚度的调整



同济大学

## 四、关于结构分析的讨论

### 4.2 开裂混凝土构件刚度的调整



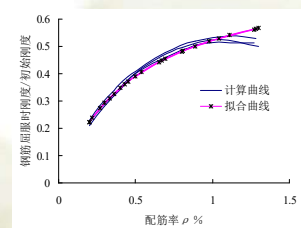
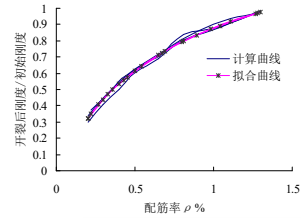
同济大学



## 四、关于结构分析的讨论

### 4.2 开裂混凝土构件刚度的调整

混凝土 强度 等级	函数关系式			
	$\frac{B_2}{B_0} = \frac{1}{a_2 + \frac{b_2}{\rho}}$		$\frac{B_1}{B_0} = \frac{1}{a_1 + \frac{b_1}{\rho}}$	
	(上限)		(下限)	
	$a_1$	$b_1$	$a_2$	$b_2$
C20	0.65	0.49	1.27	0.65
C25	0.63	0.56	1.15	0.77
C30	0.61	0.65	1.10	0.88
C50	0.59	0.84	1.06	1.15



同济大学

## 四、关于结构分析的讨论

### 4.2 开裂混凝土构件刚度的调整

实测中如发现钢筋混凝土构件开裂（由弯曲引起的垂直裂缝），可根据裂缝的开展情况确定合适的刚度比对开裂截面的抗弯刚度进行适当调整。



当裂缝宽度为0.05mm时，  
取 $B_1/B_0$

当裂缝宽度为0.3mm时，  
取 $B_2/B_0$

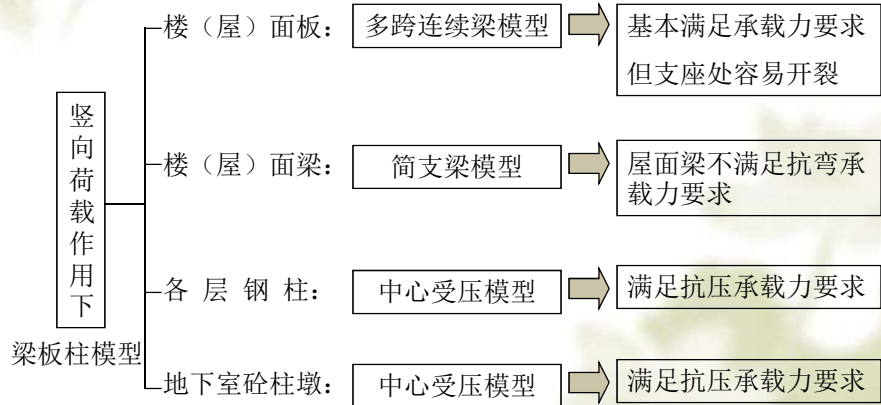


裂缝宽度介于0.05mm和0.3mm  
之间时，按线性插值确定

同济大学

## 四、关于结构分析的讨论

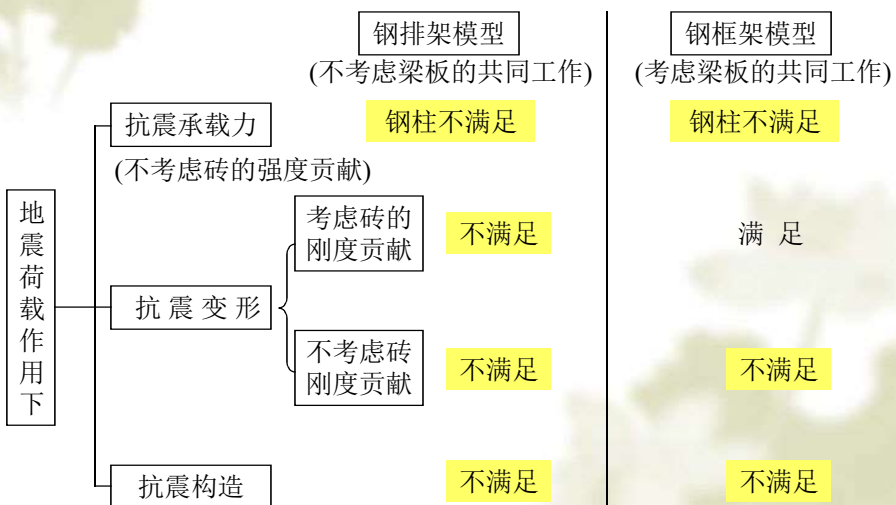
### 4.3 计算模型的选取——结构体系的确认



同济大学

## 四、关于结构分析的讨论

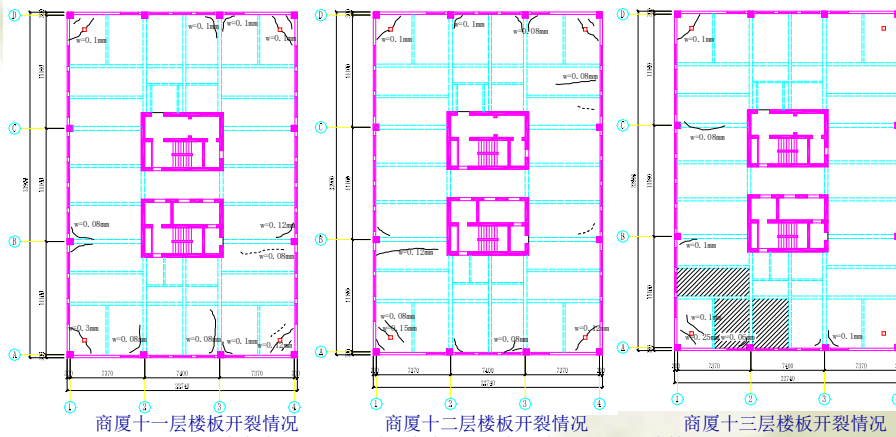
### 4.3 计算模型的选取——结构体系的确认



同济大学

## 四、关于结构分析的讨论

### 4.3 计算模型的选取——施工阶段结构安全性分析

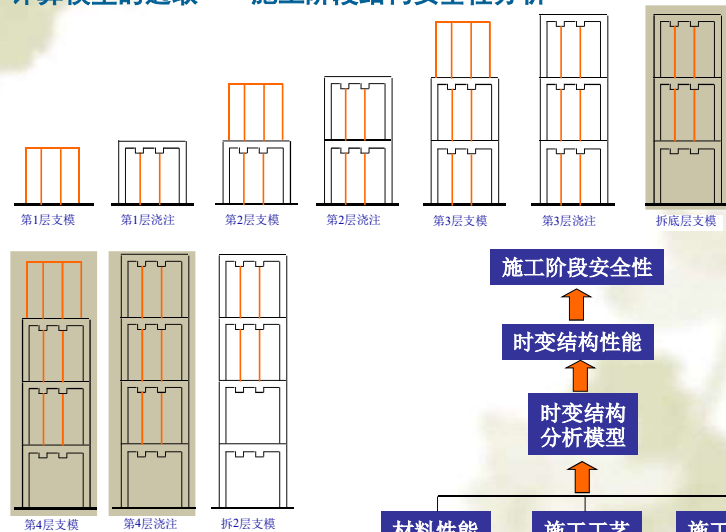


损伤情况



## 三、关于结构分析的讨论

### 3.3 计算模型的选取——施工阶段结构安全性分析

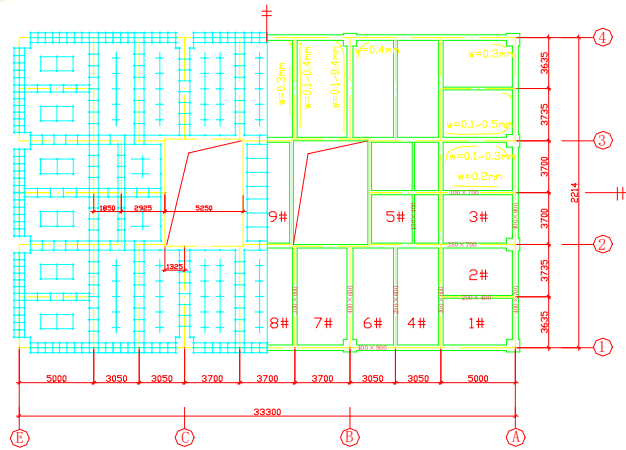


基本原理



## 四、关于结构分析的讨论

### 4.3 计算模型的选取——施工阶段结构安全性分析



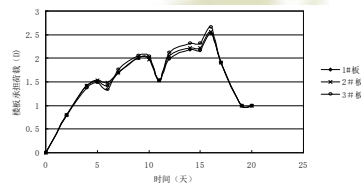
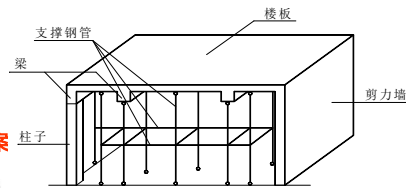
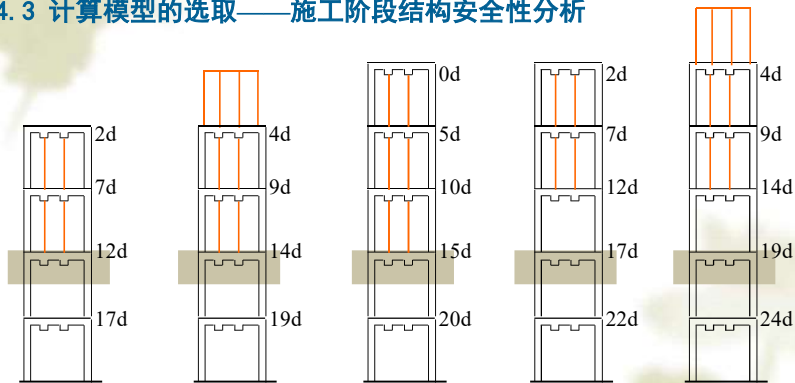
柱尺寸1000×1000，钢管支架直径48厚3.5，混凝土设计强度等级C35

**支撑方案** 标准层的施工周期为5天，采用钢管组合模板，支撑层数为三层，楼板平台模板支撑钢管的间距为1m，主梁模板支撑钢管的间距为0.8m。



## 四、关于结构分析的讨论

### 4.3 计算模型的选取——施工阶段结构安全性分析

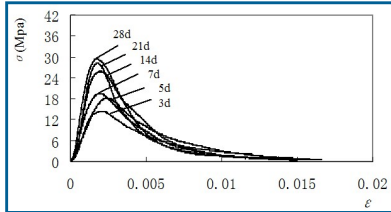


钢筋混凝土楼板面承受的荷载



## 四、关于结构分析的讨论

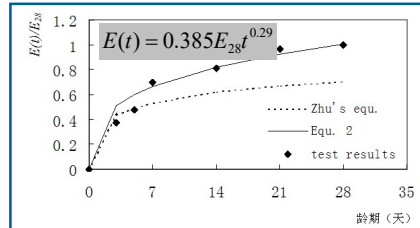
### 4.3 计算模型的选取——施工阶段结构安全性分析



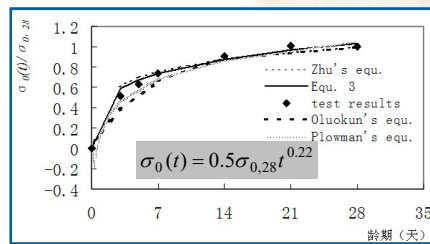
应力-应变关系



同济大学



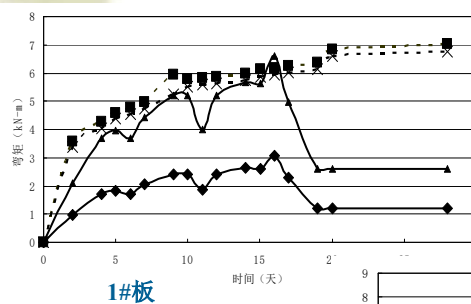
混凝土相对弹性模量



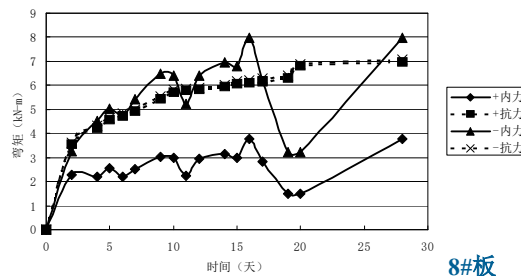
混凝土相对峰值应力

## 四、关于结构分析的讨论

### 4.3 计算模型的选取——施工阶段结构安全性分析



1#板



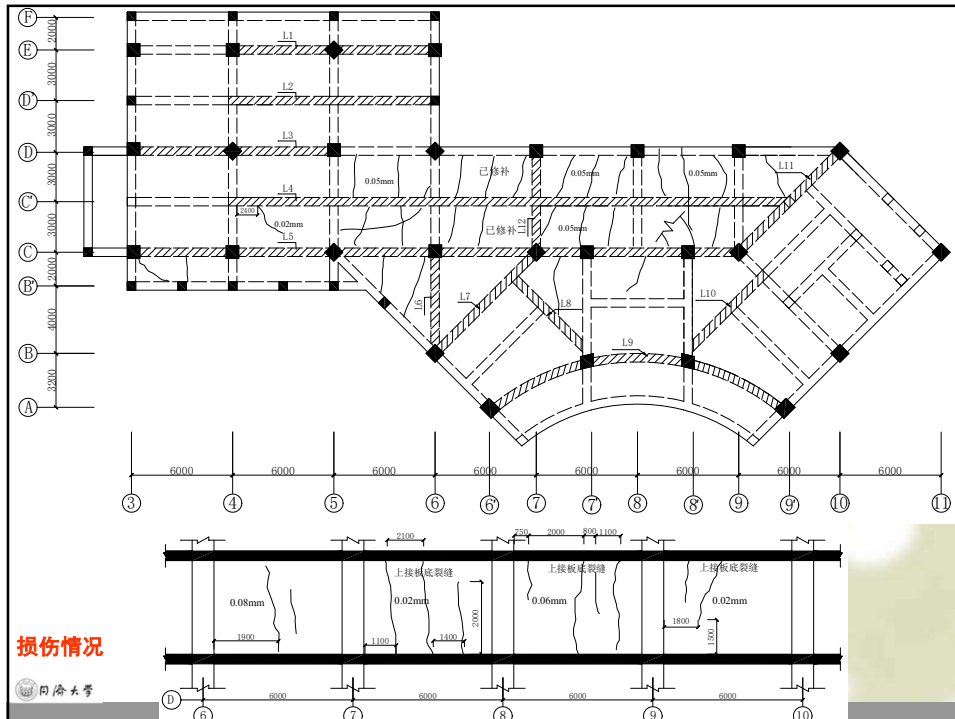
8#板

同济大学

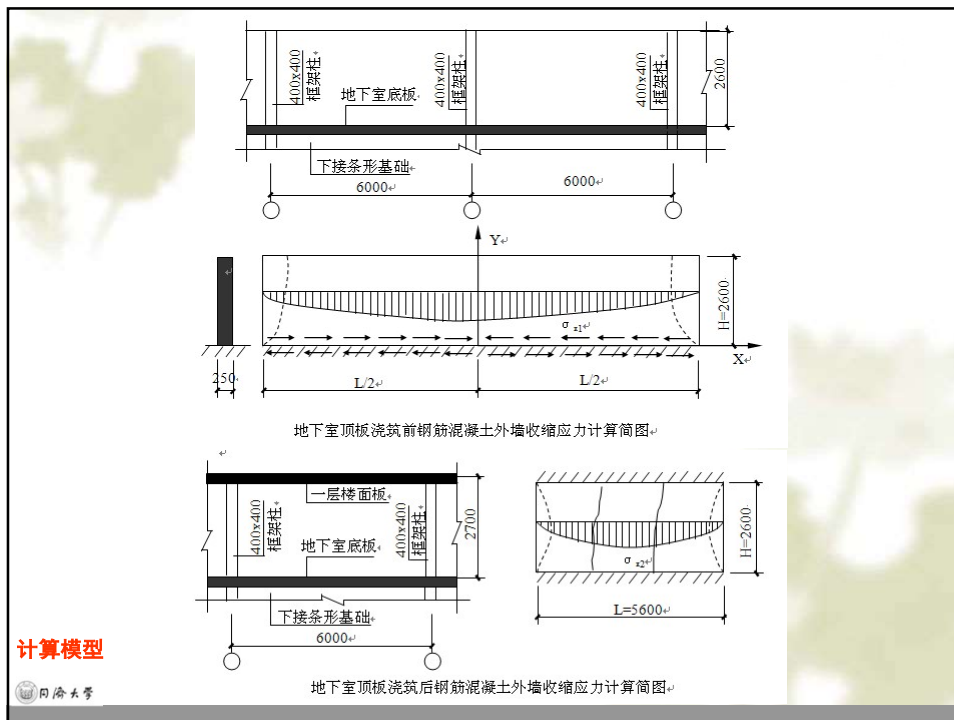
## 四、关于结构分析的讨论

### 4.3 计算模型的选取——材料收缩与温度

天津大学







**计算模型**

同济大学

1999年10月8日无缝连续浇筑地下室底板、墙板混凝土（共计450m<sup>3</sup>），并且在当天完成；当日最高气温为24℃，最低气温为16℃，平均气温为20℃。

1999年10月19日浇筑地下室顶板（一层楼面板），并于当日完成。

1999年10月20日拆地下室外墙模板。

1999年11月2日开始回填基础土方。

浇筑地下室顶板前（11天）钢筋混凝土外墙的收缩应变为

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= 3.24 \times 10^{-4} (1 - e^{-0.01t}) M_1 M_2 \dots M_n \\ &= 3.24 \times 10^{-4} (1 - e^{-0.11}) \times 0.55 = 1.856 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

忽略温度变化影响，地下室外墙由于混凝土材料收缩产生的拉应力为

$$\begin{aligned} \sigma_{s1} &= \varepsilon_1 \times E_c(t) \left(1 - \frac{1}{ch \sqrt{\frac{C_x}{H \cdot E_c(t)} \times \frac{L}{2}}}\right) \\ &= \varepsilon_1 \times E_c \times (1 - e^{-0.09t}) \left(1 - \frac{1}{ch \sqrt{\frac{C_x}{H \cdot E_c(1 - e^{-0.09t})} \times \frac{L}{2}}}\right) = 0.506 \text{Mpa} \end{aligned}$$

浇筑地下室顶板后钢筋混凝土外墙的收缩应变为

$$\begin{aligned} \varepsilon_2 &= 3.24 \times 10^{-4} (1 - e^{-0.01t}) M_1 M_2 \dots M_n - \varepsilon_1 \\ &= 3.24 \times 10^{-4} (1 - e^{-0.01 \times 430}) \times 0.55 - 1.856 \times 10^{-5} = 15.722 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

墙体中因此产生的拉应力为

$$\sigma_{s2} = \varepsilon_2 \times E_c \left(1 - \frac{1}{ch \sqrt{\frac{2C_x}{H \cdot E_c} \times \frac{L}{2}}}\right) = 0.713 \text{Mpa}$$

**计算分析**

同济大学

浇筑地下室顶板后，气温降低 1℃ 在墙体中产生的拉应力为

$$\sigma_{\Delta T=1} = \alpha \times \Delta T \times E_c \left( 1 - \frac{1}{ch \sqrt{\frac{2C_x}{H \cdot E_c} \times \frac{L}{2}}} \right) = 0.045 \text{Mpa}$$

在侧向土压力作用下，钢筋混凝土墙体内侧水平方向也将产生拉应力。

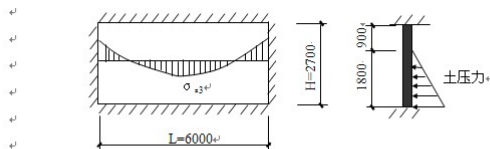


图 13 在侧向土压力作用下钢筋混凝土外墙内力计算简图

不考虑侧向土压力的影响，当环境温度从施工当日温度（平均 20℃）降低 12℃ 以上时，钢筋混凝土墙中水平方向的拉应力  $\sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{\Delta T=1} \times \Delta T = 1.75 \text{Mpa}$ ，超过其抗拉强度，从而产生竖向裂缝。

根据国家标准《混凝土结构设计规范》（GBJ11-89）第 6.1.1 条规定，现浇地下室墙体每隔 30m 应设伸缩缝。如果不设伸缩缝，而施工时在 4~10 轴间设一后浇带，图 11 中墙体计算长度可以缩短，收缩应力也相应减小。以 24000mm 长度计算，该阶段钢筋混凝土墙内产生的收缩拉应力只有 0.287Mpa。地下室顶板浇筑后混凝土收缩应力、温度变化引起的应力也将因约束减小而降低 20~40%，此时，钢筋混凝土墙体一般不会出现开裂现象。

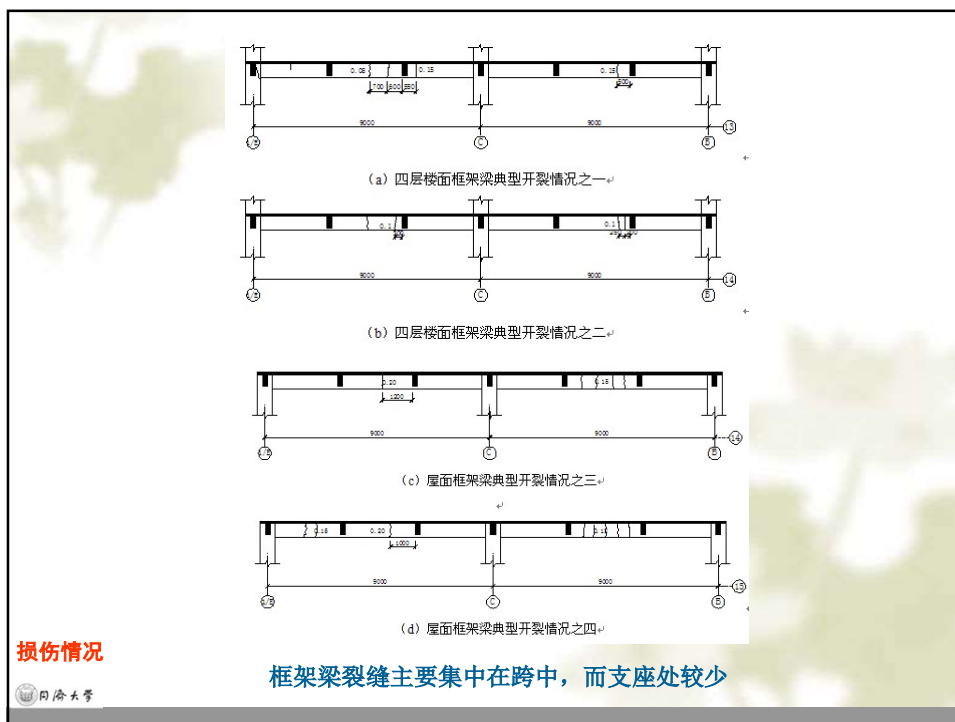
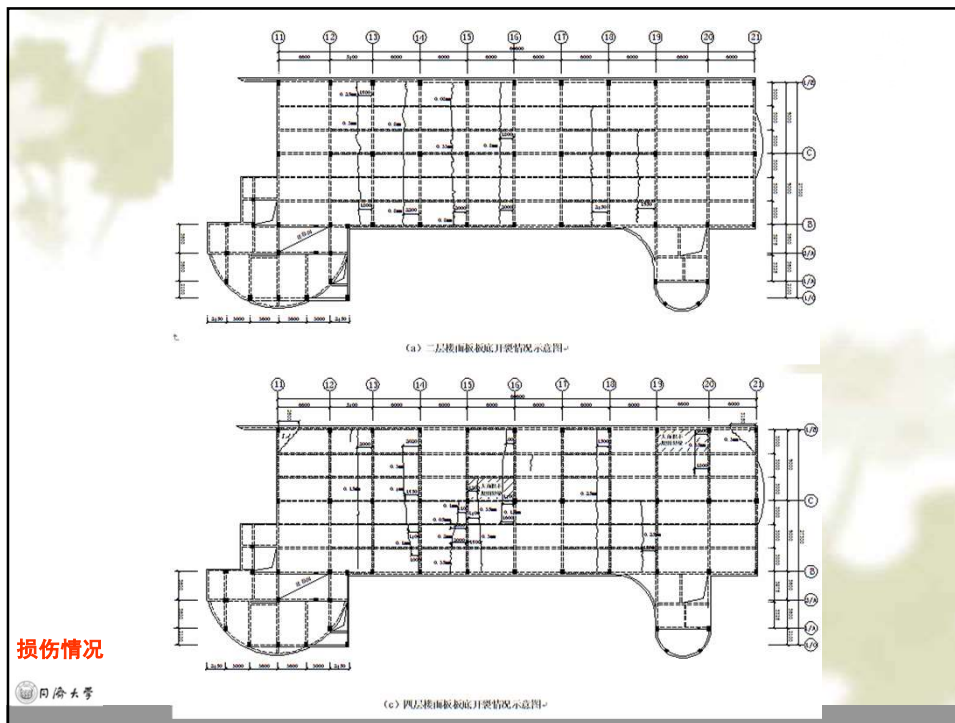
## 计算分析

同济大学

## 四、关于结构分析的讨论

### 4.3 计算模型的选取——不均匀沉降的影响

同济大学



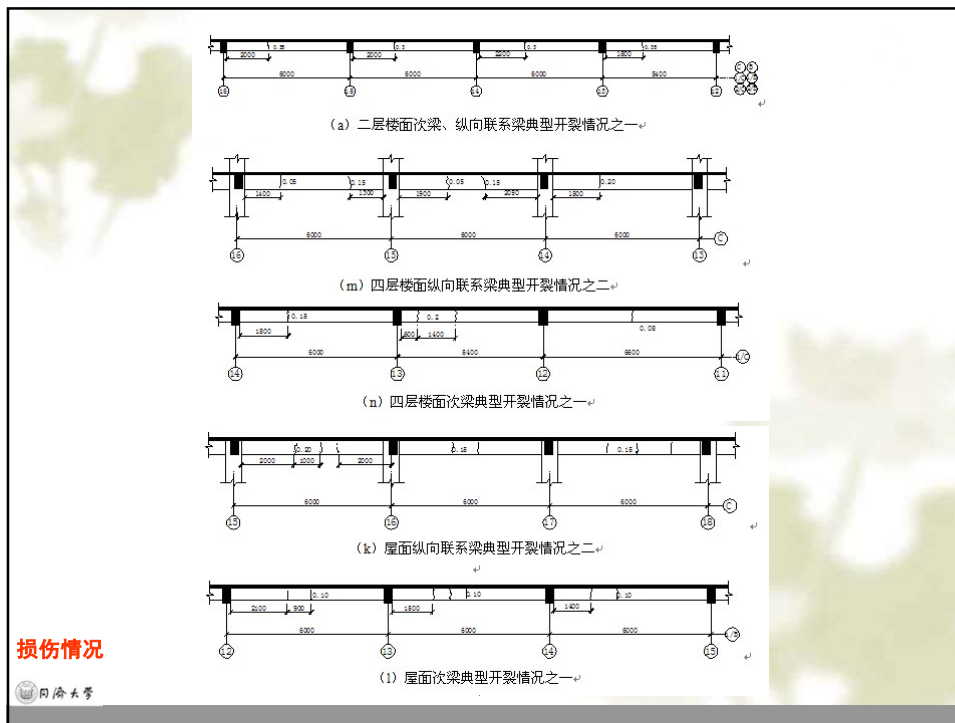


图 框梁抗裂度及其承载能力的计算

验算截面部位	13 轴楼面框架梁			13 轴屋面框架梁		
	跨中	C 轴支座	1E 轴支座	跨中	C 轴支座	1E 轴支座
截面尺寸 (mm)	300x800			300x800		
底部钢筋	5 $\Phi$ 25	5 $\Phi$ 25	5 $\Phi$ 25	5 $\Phi$ 20	5 $\Phi$ 20	5 $\Phi$ 20
顶部钢筋	2 $\Phi$ 25	11 $\Phi$ 25	8 $\Phi$ 25	2 $\Phi$ 25	6 $\Phi$ 25	2 $\Phi$ 25+20
开裂弯矩 (kN.m)	98.1	-128.1	-113.1	89.0	-103.1	-89.4
极限弯矩 (kN.m)	545.7	-1151.0	-878.9	355.5	-659.0	-364.3
恒载弯矩 (kN.m)	168.4	-317.0	-226.1	209.2	-372.8	-176.2
最大弯矩* (kN.m)	427.7	-777.9	-531.9	250.6	-452.0	-244.6

\*指在“恒+活”作用下产生的弯矩，但考虑活荷载的不利分布。

即使在恒荷载作用下，楼（屋）面框架梁支座处负弯矩、跨中正弯矩已超过其相应的开裂弯矩。

梁顶有框架梁两侧附近的楼板作为翼缘共同工作，其实际开裂弯矩比计算开裂弯矩要大，这也是**框架梁裂缝主要集中在跨中，而支座处较少**的原因。

### 计算分析

同济大学

1/C 轴楼（屋）面次梁在正常使用荷载作用下抗裂度及其承载能力的计算

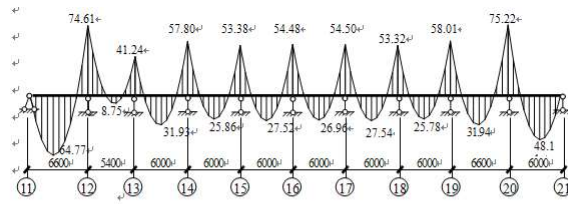
验算截面部位	楼面次梁边跨		楼面次梁中跨		屋面次梁边跨		屋面次梁中跨	
	跨中	支座	跨中	支座	跨中	支座	跨中	支座
截面尺寸 (mm)	250x550		250x550		250x550		250x550	
底部钢筋	4 $\Phi$ 25	4 $\Phi$ 25	4 $\Phi$ 20	4 $\Phi$ 20	4 $\Phi$ 20	4 $\Phi$ 20	3 $\Phi$ 16	3 $\Phi$ 16
顶部钢筋	2 $\Phi$ 20	2 $\Phi$ 20 2 $\Phi$ 25	2 $\Phi$ 20	2 $\Phi$ 20 2 $\Phi$ 25	2 $\Phi$ 16	4 $\Phi$ 16	2 $\Phi$ 16	4 $\Phi$ 16
开裂弯矩 (kN.m)	42.1	-39.7	37.3	-39.7	37.3	-34.2	32.8	-34.2
极限弯矩 (kN.m)	281.3	-241.6	188.2	-234.0	185.9	-119.7	89.8	-119.7
恒载弯矩 (kN.m)	64.8	-75.2	31.9	-57.8	73.9	-84.7	38.0	-61.3
恒+活弯矩(kN.m)	204.3	-228.8	137.7	-189.3	100.1	-113.6	57.6	-86.7

恒荷载作用下楼面次梁中跨跨中正弯矩略小于其开裂弯矩，而屋面次梁中跨跨中正弯矩已超过其开裂弯矩，这是**屋面次梁跨中竖向裂缝较多，而楼面次梁跨中竖向裂缝较少**的原因。

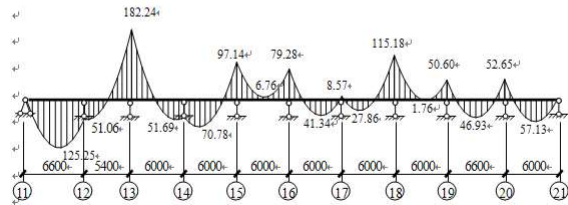
尽管恒荷载作用下楼（屋）面次梁支座处负弯矩均已超过其计算开裂弯矩，但由于梁顶有次梁两侧附近的楼板作为翼缘共同工作，其实际开裂弯矩比计算开裂弯矩要大，因此**支座处负弯矩裂缝较少**。

### 计算分析

同济大学



(a) 1/C 轴楼面次梁在恒荷载作用下的弯矩计算结果 (kN.m)



(b) 1/C 轴楼面次梁在恒荷载和不均匀沉降共同作用下的弯矩计算结果 (kN.m)

1/C 轴楼面次梁的部分计算结果示意图

由于相对不均匀沉降作用，(1) 15~16跨、18~19跨出现了次梁全长为负弯矩，即全梁梁顶受拉；(2) 13轴、18轴支座附近梁顶负弯矩分布变长，接近半跨，甚至超过半跨。

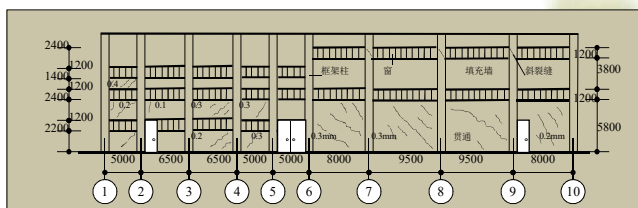
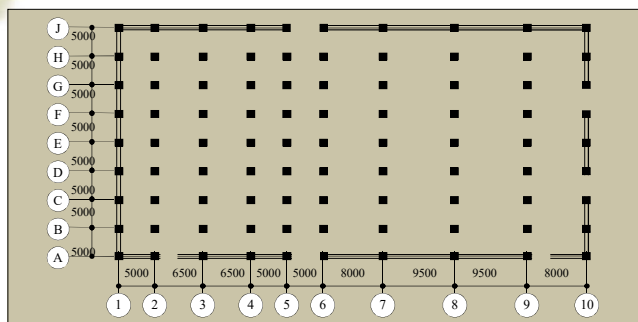
在正常使用荷载作用下楼面次梁顶部钢筋的延伸长度就不能满足要求，在顶部钢筋截断处附近（离1/3跨附近）混凝土中产生的集中拉应力超过其抗拉强度，从而产生裂缝。

至于楼板，作为翼缘共同参与楼面次梁的抗力作用，由于楼面次梁之间距离较小，因此

此楼面板中裂缝与次梁相连，而且往往形成连续裂缝。

### 三、关于结构分析的讨论

#### 3.3 计算模型的选取——非结构构件的影响



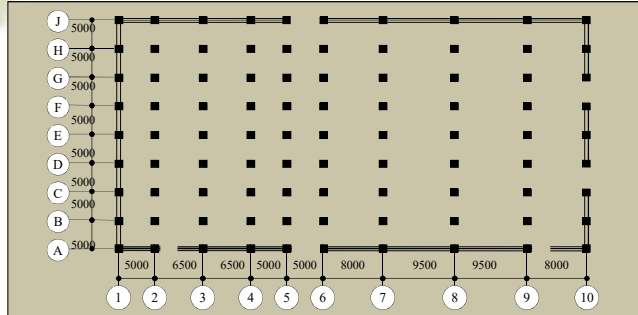
损伤状况

同济大学



## 四、关于结构分析的讨论

### 4.3 计算模型的选取——非结构构件的影响



1~6轴间为生产车间，放置生产机械

6~10轴为仓库，堆放塑料粒子，底层 $17.9\text{kN/m}^2$ ；二层 $11.9\text{kN/m}^2$ ，局部 $18.7\text{kN/m}^2$ 。

地基土的分类及其主要物理力学指标

层次	土层名称	厚度 (m)	层底深度 (m)	容重 ( $\text{kN/m}^3$ )	压缩模量 (Mpa)	容许承载力 (kpa)
1	填土	1.2	1.2	18.4	—	—
2	粉质粘土	2.3	3.5	19.6	49.2	110
3	淤泥质粉质粘土	6.4	9.9	18.1	37.6	75
4	淤泥质粘土	未揭穿	—	17.5	24.0	60

荷载调查

同济大学

## 四、关于结构分析的讨论

### 4.3 计算模型的选取——非结构构件的影响

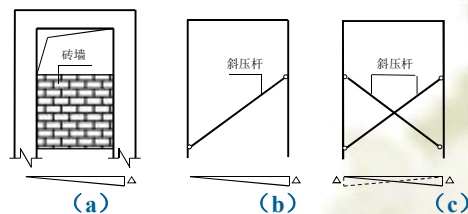
砖填充墙框架受力特点：

第一阶段：从开始加载到墙体沿与框架接触面出现周边裂缝

第二阶段：从出现周边裂缝起到墙体中出现对角斜裂缝

第三阶段：从出现对角斜裂缝起，直至破坏。

实际工程中，由于砖墙与框架柱的接触面很难真正密实，加上结硬时收缩等因素，周边裂缝出现的时间比试验结果早得多。实际建筑物中大部分填充墙处于第二工作阶段。



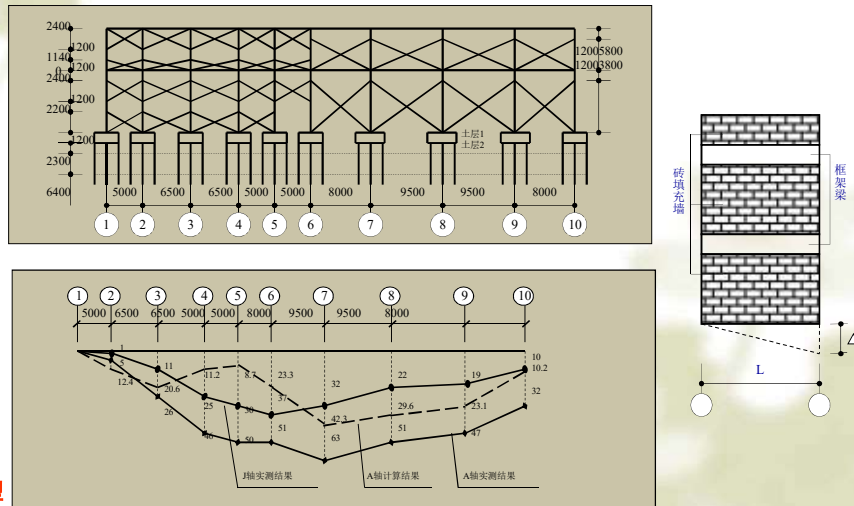
砖填充墙与框架柱共同作用的简化模型

计算模型

同济大学

## 四、关于结构分析的讨论

### 4.3 计算模型的选取——非结构构件的影响



计算模型

同济大学

## 四、关于结构分析的讨论

### 4.3 计算模型的选取——非结构构件的影响

#### A轴纵向框架柱的抗剪承载力验算

柱顶	轴力 (kN)		剪力 (kN)		抗剪承载力(kN)	
	实测沉降下	理论沉降下	实测沉降下	理论沉降下	实测沉降下	理论沉降下
6轴	188.3	174.4	140.6	126.2	197.1	176.2
7轴	124.2	129.0	330.3	418.7	172.7	173.1
8轴	225.3	155.7	318.9	272.3	179.8	174.9
9轴	119.5	103.9	665.3	358.0	172.4	171.3
10轴	162.8	195.6	34.2	86.0	175.4	177.7

#### A轴框架柱间填充墙的抗剪承载力验算 (单位: MPa)

位置	1~2轴	2~3轴	3~4轴	4~5轴	5~6轴	6~7轴	7~8轴	8~9轴	9~10轴
剪应力1	1.03	3.21	3.49	0.82	0.20	1.46	1.21	0.41	1.82
剪应力2	0.20	1.53	2.44	1.03	1.44	0.61	1.01	0.31	1.10
剪应力3	2.55	1.26	1.64	1.13	2.38	2.39	0.53	0.82	2.90
抗剪强度	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15

计算结果

注：“剪应力1”、“剪应力2”分别为按A轴、J轴实测相对不均匀沉降值计算的结果；  
“剪应力3”为按相对不均匀沉降理论值计算的结果。

同济大学



## 五、关于结构分析结果的评定

### 5.1 基于配筋面积的承载力评定

$R/\gamma_0\gamma_R S$			
a <sub>s</sub> 级	b <sub>s</sub> 级	c <sub>s</sub> 级	d <sub>s</sub> 级
≥1.0	≥0.95且<1.0	≥0.90且<0.95	<0.90

a<sub>s</sub>级：既有结构构件的可靠度达到目标可靠指标  $\beta$ ，其验算表征为  $R/(\gamma_0\gamma_R S) \geq 1.0$ 。对该类构件，不必采取措施。

b<sub>s</sub>级：既有结构构件的可靠度没有达到目标可靠指标  $\beta$ ，但尚可达到或超过相当于工程质量下限的可靠度水平。即可靠指标  $\beta_s = \beta - 0.25$ ，该类结构构件仍可继续使用，验算表征为  $b \leq R/(\gamma_0\gamma_R S) < 1.0$ （其中  $b$  值需根据可靠性分析结果确定）。对该类构件，可不采取措施。

c<sub>s</sub>级：既有结构构件的可靠度没有达到目标可靠指标  $\beta$ ，其可靠指标已超过工程质量下限，但未达到随时有破坏可能的程度，因此，其可靠指标的下浮可按构件的失效概率增大一个数量级估计： $\beta - 0.5 \leq \beta_s < \beta - 0.25$ 。该类结构构件的验算表征为  $c \leq R/(\gamma_0\gamma_R S) < b$ （其中  $c$  值需根据可靠性分析结果确定）。对该类构件，应采取措。

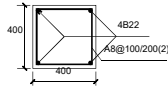
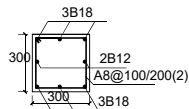
d<sub>s</sub>级：既有结构构件的可靠指标的下降已超过 0.5，其失效概率大幅提高，结构构件可能处于危险的状态，验算表征为  $R/(\gamma_0\gamma_R S) < c$ 。对该类构件，必须立即采取措施。

## 五、关于结构分析结果的评定

### 5.1 基于配筋面积的承载力评定

#### 配筋面积比不等于承载力等级

某矩形截面柱，计算高度为3000mm，截面尺寸 $b \times h = 300 \times 300 \text{mm}$ ，混凝土强度等级为C30( $f_c = 14.3 \text{N/mm}^2$ )，纵筋为HRB335钢筋(钢筋强度设计值 $f_y = 300 \text{N/mm}^2$ )，箍筋为HPB300钢筋，保护层厚度 $c = 30 \text{mm}$ ，截面承受的轴向压力设计值为 $N = 1700 \text{kN}$ 。



$$\rho = A_s / (bh) = 0.01948 = 1.95\% < 3\%;$$

$$l_s / b = 3000 / 300 = 10, \text{ 取稳定系数 } \varphi = 0.98;$$

$$N_{cu} = 0.9\varphi(f_c A + f_y A_s') = 1598977.8 \text{N} = 1598.98 \text{kN}.$$

$$R / (\gamma_0 S) = 1598.98 / (1.0 \times 1700) = 0.94.$$

承载力等级为 $c_u$ 级。

$$A_s'_{\text{计算}} = 2134.79 \text{mm}^2$$

$$A_s' / A_s'_{\text{计算}} = 0.82 < 0.90.$$

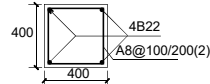
同济大学

## 五、关于结构分析结果的评定

### 5.1 基于配筋面积的承载力评定

#### 满足承载力要求的配筋解不唯一

柱A2和柱A3截面尺寸均为 $b \times h = 400 \times 400 \text{mm}$ ，计算高度3850mm，混凝土强度等级为C25( $f_c = 11.9 \text{N/mm}^2$ )，各配四根B22mm的角筋( $A_{sx} = A_{sy} = 760 \text{mm}^2$ )，钢筋强度设计值 $f_y = 300 \text{N/mm}^2$ )，箍筋为HPB300钢筋，保护层厚度 $c = 30 \text{mm}$ 。



按配筋面积评定柱 A2、A3 的承载力

柱	最不利组合下 $N$ (kN)	最不利组合下 $M_x$ (kN-m)	最不利组合下 $M_y$ (kN-m)	设计软件给出配筋		实际配筋 $A'_{sx} = A'_{sy}$ ( $\text{mm}^2$ )	评定 结果
				x 向配筋 ( $\text{mm}^2$ )	y 向配筋 ( $\text{mm}^2$ )		
A2	-497.2	25.4	136.3	400	1000	760 < 1000	不安全
A3	-489.8	25.1	134.1	400	900	760 < 900	不安全

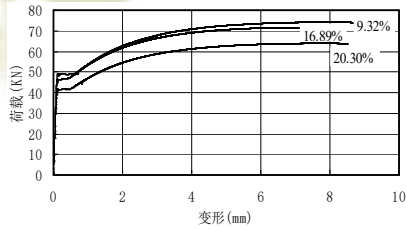
按承载力评定柱 A2、A3 的承载力等级

柱	实际配筋 $A_{sx} = A_{sy}$ ( $\text{mm}^2$ )	最不利 组合下 $N$ (kN)	最不利 组合下 $M_x$ (kN-m)	截面抵抗 弯矩 $M_m$ (kN-m)	最不利 组合下 $M_y$ (kN-m)	截面抵抗 弯矩 $M_{pm}$ (kN-m)	评定 等级
A2	760	-497.2	25.4	153.1	136.3	153.1	$a_u$
A3	760	-489.8	25.1	152.3	134.1	152.3	$a_u$

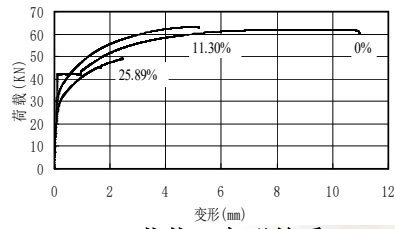
同济大学

## 五、关于结构分析结果的评定

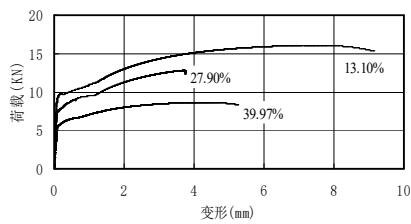
### 5.2 锈蚀钢筋混凝土构件承载能力的评定



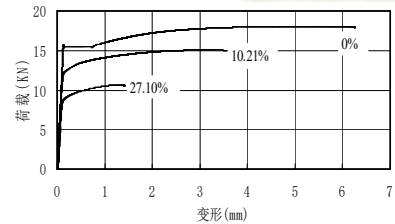
$\phi 14$ 荷载—变形关系



$\phi 12$ 荷载—变形关系



$\phi 8$ 荷载—变形关系



$\phi 6$ 荷载—变形关系



锈蚀钢筋的力学性能 (荷载—变形关系)

## 五、关于结构分析结果的评定

### 5.2 锈蚀钢筋混凝土构件承载能力的评定

锈蚀钢筋的力学性能 (破坏形态)



未锈



锈蚀



未锈



锈蚀



## 五、关于结构分析结果的评定

### 5.2 锈蚀钢筋混凝土构件承载能力的评定

锈蚀钢筋的力学性能（确定型本构关系）

$$\sigma_{sc} = \begin{cases} E_{s0}\varepsilon_{sc} & (\varepsilon_{sc} \leq f_{yc}/E_{s0}) \\ f_{yc} & (f_{yc}/E_{s0} \leq \varepsilon_{sc} \leq \varepsilon_{shc}) \\ f_{yc} + \frac{\varepsilon_{sc} - \varepsilon_{shc}}{\varepsilon_{suc} - \varepsilon_{shc}}(f_{uc} - f_{yc}) & (\varepsilon_{sc} > \varepsilon_{shc}) \end{cases}$$

界限锈蚀率

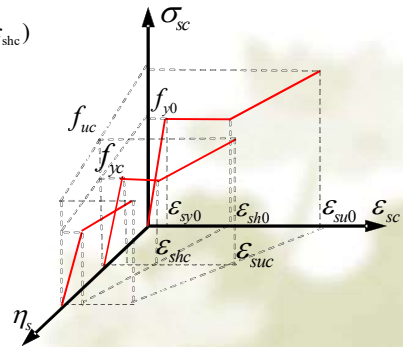


光圆钢筋:

10%~15%

变形钢筋:

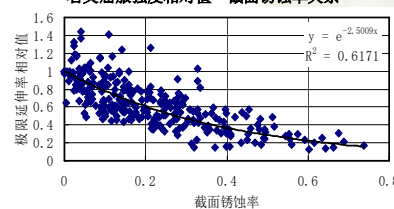
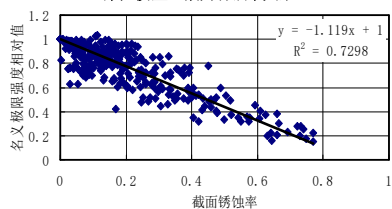
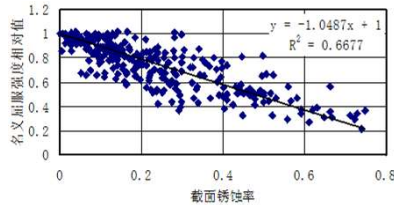
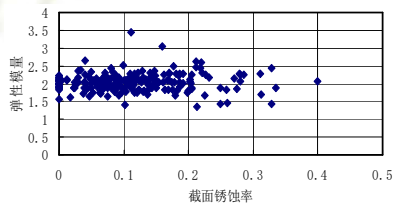
20%~30%



## 五、关于结构分析结果的评定

### 5.2 锈蚀钢筋混凝土构件承载能力的评定

锈蚀钢筋的力学性能（力学指标）





## 五、关于结构分析结果的评定

### 5.2 锈蚀钢筋混凝土构件承载能力的评定

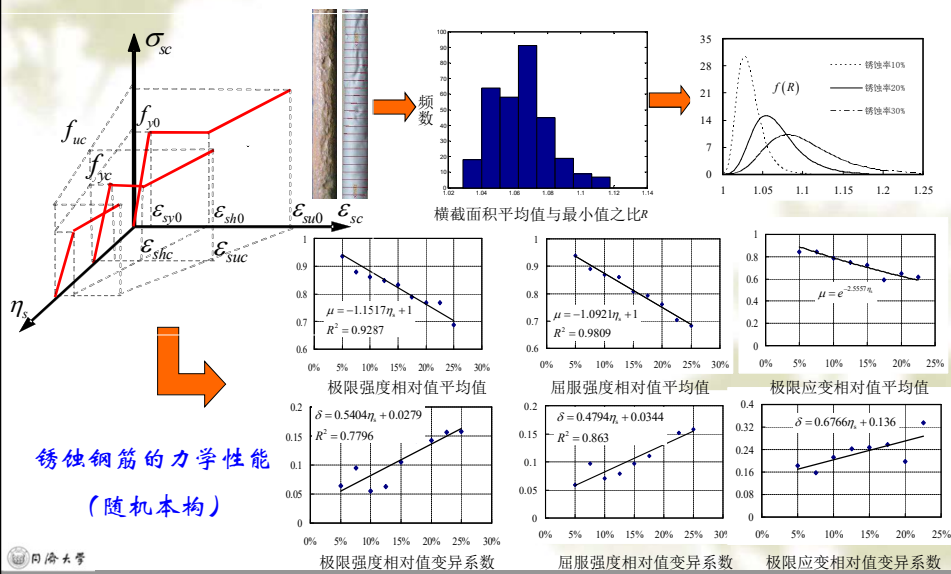
锈蚀钢筋的力学性能（力学指标）

模型	$f_{yc}$ $f_{uc}$	$\varepsilon_{suc}$	$\eta_{s,cr}$	适用条件
CM1	$f_{yc} = \frac{1-1.049\eta_s}{1-\eta_s} f_{y0}$ $f_{uc} = \frac{1-1.119\eta_s}{1-\eta_s} f_{u0}$	$\varepsilon_{suc} = e^{-2.501\eta_s} \varepsilon_{su0}$	变形:30% 光圆:15%	试验室电化学加速 锈蚀
CM2	$f_{yc} = \frac{1-1.121\eta_s}{1-\eta_s} f_{y0}$ $f_{uc} = \frac{1-1.202\eta_s}{1-\eta_s} f_{u0}$	$\varepsilon_{suc} = e^{-3.736\eta_s} \varepsilon_{su0}$	变形:20% 光圆:10%	实际工程混凝土中 钢筋锈蚀

同济大学

## 五、关于结构分析结果的评定

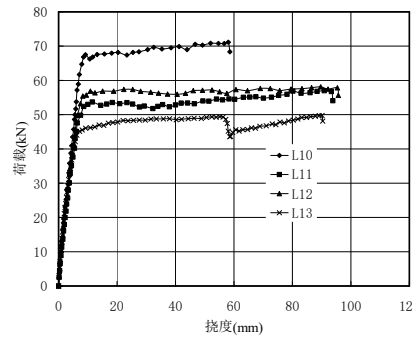
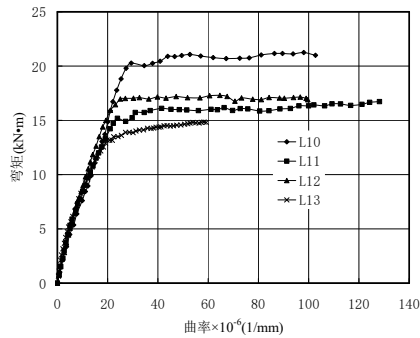
### 5.2 锈蚀钢筋混凝土构件承载能力的评定



## 五、关于结构分析结果的评定

### 5.2 锈蚀钢筋混凝土构件承载能力的评定

锈蚀钢筋混凝土梁的受弯性能（荷载-变形关系）

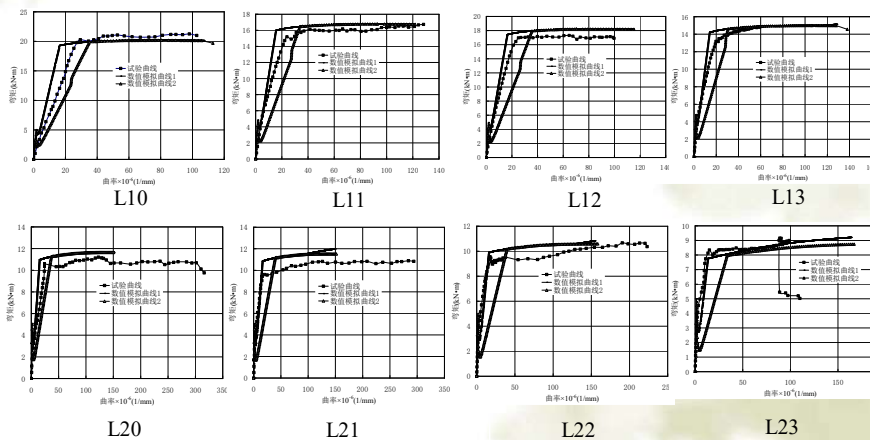


同济大学

## 五、关于结构分析结果的评定

### 5.2 锈蚀钢筋混凝土构件承载能力的评定

锈蚀钢筋混凝土梁的受弯性能（数值模拟）

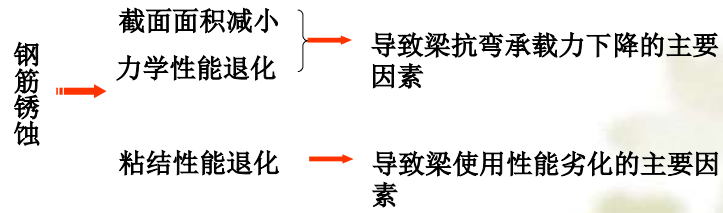


同济大学

## 五、关于结构分析结果的评定

### 5.2 锈蚀钢筋混凝土构件承载能力的评定

#### 锈蚀钢筋混凝土梁的受力性能退化机理



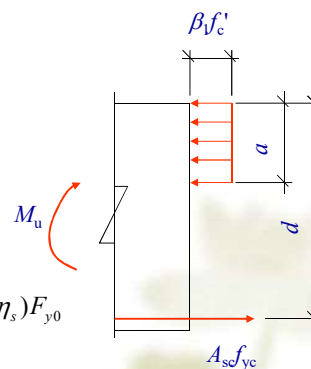
## 五、关于结构分析结果的评定

### 5.2 锈蚀钢筋混凝土构件承载能力的评定

#### 锈蚀梁的抗弯承载力 (计算方法)

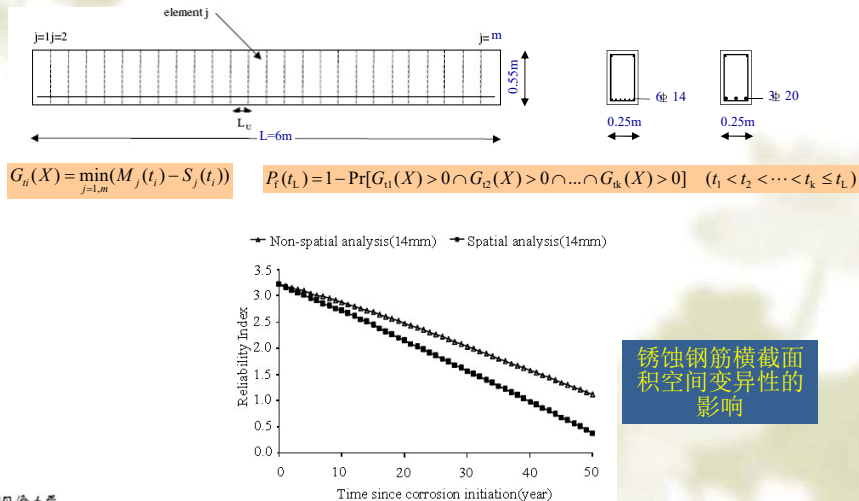
$$M_u = \beta_1 f'_c b a \left( d - \frac{a}{2} \right) \quad a = \frac{f_{yc} A_{sc}}{\beta_1 f'_c b}$$

$$F_{yc} = f_{yc} A_{sc} = \frac{1 - 1.121 \eta_s}{1 - \eta_s} f_{y0} (1 - \eta_s) A_{s0} = (1 - 1.121 \eta_s) F_{y0}$$



## 五、关于结构分析结果的评定

### 5.2 锈蚀钢筋混凝土构件承载能力的评定



## 五、关于结构分析结果的评定

### 5.3 既有建筑受弯构件的现场荷载试验

#### 试验目的

当需要通过试验检验既有混凝土结构受弯构件，或对结构的理论计算模型进行验证时，可进行非破坏性的现场荷载试验。

- 配筋信息不全，预制构件型号不明
- 损伤构件
- 计算理论不完善

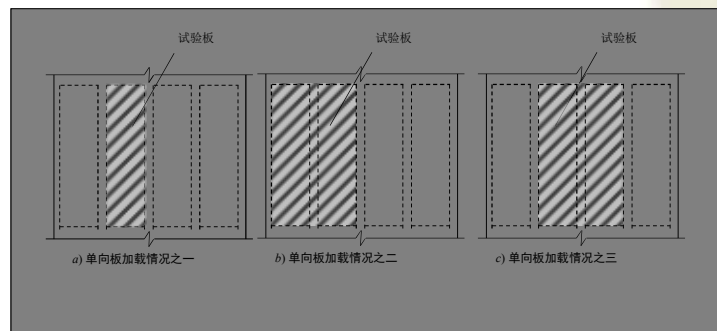
对于大型复杂钢结构体系也可进行非破坏性现场荷载试验，检验结构的性能。

## 五、关于结构分析结果的评定

### 5.3 既有建筑受弯构件的现场载荷试验

#### 加载方式（混凝土结构）

现场试验一般采用均布加载。均布荷载一般用荷重块（可以采用现场经计量后的袋砂、袋石子、袋水泥或砖块等）。荷重块应按区格成垛堆放，垛与垛之间的间隙不宜小于50mm，以免形成拱作用。



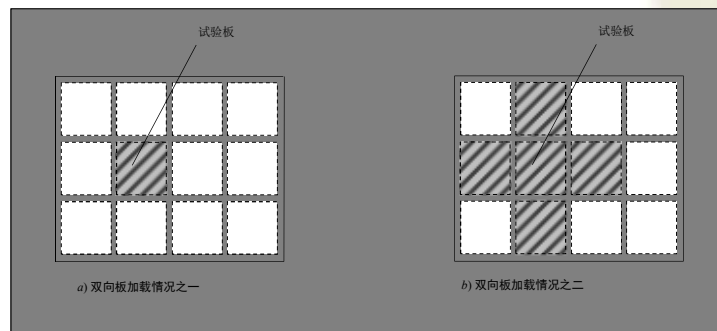
同济大学

## 五、关于结构分析结果的评定

### 5.3 既有建筑受弯构件的现场载荷试验

#### 加载方式（混凝土结构）

现场试验一般采用均布加载。均布荷载一般用荷重块（可以采用现场经计量后的袋砂、袋石子、袋水泥或砖块等）。荷重块应按区格成垛堆放，垛与垛之间的间隙不宜小于50mm，以免形成拱作用。



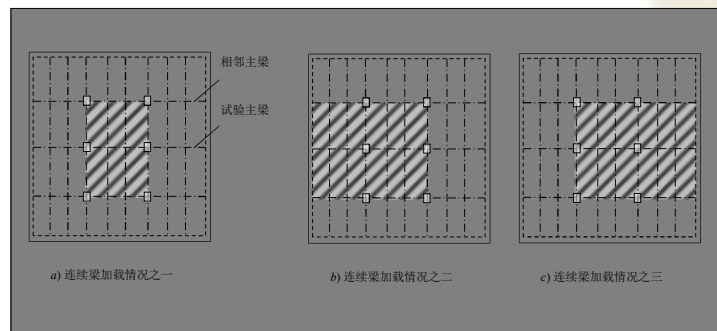
同济大学

## 五、关于结构分析结果的评定

### 5.3 既有建筑受弯构件的现场载荷试验

#### 加载方式（混凝土结构）

现场试验一般采用均布加载。均布荷载一般用荷重块（可以采用现场经计量后的袋砂、袋石子、袋水泥或砖块等）。荷重块应按区格成垛堆放，垛与垛之间的间隙不宜小于50mm，以免形成拱作用。



同济大学

## 五、关于结构分析结果的评定

### 5.3 既有建筑受弯构件的现场载荷试验

#### 加载方式（混凝土结构）

对小型构件（如混凝土预制板）还可根据自平衡原理，设计专门的反力装置，利用千斤顶进行集中加载。



若试验荷载与目标使用期内的荷载形式不同，应按荷载等效原则换算。

同济大学

## 五、关于结构分析结果的评定

### 5.3 既有建筑受弯构件的现场载荷试验

#### 数据采集与现象观察（混凝土结构）

每级加、卸载完成后，应持续10~15min；在最大试验荷载作用下，应持续30min。在持续时间内，应观察试验构件的反应。持续时间结束时，应观察并记录各项读数。

构件的挠度可用百分表、位移传感器、水平仪等进行观测。

## 五、关于结构分析结果的评定

### 5.3 既有建筑受弯构件的现场载荷试验

#### 承载力检验（混凝土结构）

试验时的最大荷载值（包括自重）取目标使用期内的荷载验算值(目标使用期内的荷载验算值取荷载的标准值乘以荷载分项系数)的1.55倍。

↓  
将在后面详细讨论



## 五、关于结构分析结果的评定

### 5.3 既有建筑受弯构件的现场荷载试验

#### 承载力检验（混凝土结构）

当在规定的荷载持续时间内出现下表的破坏标志之一时，说明构件不能满足承载力要求，应取本级荷载值与前一级荷载值的平均值作为其承载力检验荷载的实测值，并根据表中建议的方法推算构件在目标使用期内能够承受的荷载验算值。

破坏形态	破坏标志		能承受的荷载验算值
受弯破坏	受拉主筋处的最大裂缝宽度达1.5mm，或挠度达到跨度的1/50	热轧钢筋	承载力检验荷载实测值/1.20
		钢丝、钢绞线、热处理钢筋	承载力检验荷载实测值/1.35
	受压区混凝土破坏	热轧钢筋	承载力检验荷载实测值/1.30
		钢丝、钢绞线、热处理钢筋	承载力检验荷载实测值/1.45
	受拉主筋拉断		承载力检验荷载实测值/1.50
受剪破坏	腹部斜裂缝宽度达到1.5mm，或斜裂缝末端受压混凝土剪压破坏		承载力检验荷载实测值/1.40
	沿斜截面混凝土斜压破坏，受拉主筋在端部滑脱或其他锚固破坏		承载力检验荷载实测值/1.55

同济大学

## 五、关于结构分析结果的评定

### 5.3 既有建筑受弯构件的现场荷载试验

#### 承载力检验（混凝土结构）

当在规定的荷载持续时间结束后出现下表破坏标志时，说明构件在目标使用期内的荷载作用下，能满足承载力要求，应取本级荷载作为其承载力检验荷载实测值。

破坏形态	破坏标志		能承受的荷载验算值
受弯破坏	受拉主筋处的最大裂缝宽度达1.5mm，或挠度达到跨度的1/50	热轧钢筋	承载力检验荷载实测值/1.20
		钢丝、钢绞线、热处理钢筋	承载力检验荷载实测值/1.35
	受压区混凝土破坏	热轧钢筋	承载力检验荷载实测值/1.30
		钢丝、钢绞线、热处理钢筋	承载力检验荷载实测值/1.45
	受拉主筋拉断		承载力检验荷载实测值/1.50
受剪破坏	腹部斜裂缝宽度达到1.5mm，或斜裂缝末端受压混凝土剪压破坏		承载力检验荷载实测值/1.40
	沿斜截面混凝土斜压破坏，受拉主筋在端部滑脱或其他锚固破坏		承载力检验荷载实测值/1.55

同济大学

## 五、关于结构分析结果的评定

### 5.3 既有建筑受弯构件的现场载荷试验

#### 受弯构件挠度检验（混凝土结构）

$$a_s^0 \leq [a_s]$$

$$[a_s] = \frac{M_k}{M_q(\theta - 1) + M_k} [a_f]$$

$a_{s0}$ ----目标使用期内荷载标准值作用下构件挠度实测值；

$[a_s]$ ----挠度允许值；

$[a_f]$ ----按《混凝土结构设计规范》（GB50010）确定的受弯构件的挠度限值；

$M_k$ ----目标使用期内按荷载标准组合计算的弯矩值；

$M_q$ ----目标使用期内按荷载准永久组合计算的弯矩值；

$\theta$ ----考虑荷载长期作用对挠度增大的影响系数，按《混凝土结构设计规范》（GB50010）确定。

## 五、关于结构分析结果的评定

### 5.3 既有建筑受弯构件的现场载荷试验

#### 受弯构件抗裂度检验（混凝土结构）

$$q_{cr}/q_k \geq 1.05$$

主要是考虑现场试验为短期加载，实际结构长期受荷，故而引入5%的余量

$q_{cr}$ ----试验中实测的开裂荷载（包括自重）；

$q_k$ ----目标使用期内的荷载标准值（包括自重）。

## 五、关于结构分析结果的评定

### 5.3 既有建筑受弯构件的现场载荷试验

#### 裂缝宽度检验（混凝土结构）

$$w_{s,\max}^0 \leq [w_{\max}]$$

$w_{s,\max}^0$ ----目标使用期内荷载标准值下，受拉主筋处的最大裂缝宽度实测值（mm）；

$[w_{\max}]$ ----构件的最大裂缝宽度允许值，按下表取用。

设计要求的最大裂缝宽度限值	0.2	0.3	0.4
$[w_{\max}]$	0.20	0.25	0.30

## 五、关于结构分析结果的评定

### 5.3 既有建筑受弯构件的现场载荷试验

#### 钢木结构的现场荷载试验

对大型复杂钢结构体系以及木结构体系，现场试验荷载不宜超过正常使用短期荷载标准值，根据试验与理论分析结果综合评价结构的性能。

## 五、关于结构分析结果的评定

### 5.3 既有建筑受弯构件的现场载荷试验

实例一



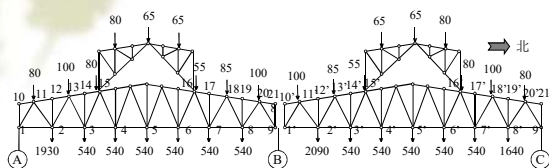
- (1) 楼面活荷载标准值为 $1.5\text{kN/m}^2$ ，未作用在现有楼板上的恒荷载标准值为 $0.2\text{kN/m}^2$ 左右。
- (2) 试验楼板在标准组合下的荷载值（即荷载标准值，不考虑楼板自重和板底粉刷）为 $1.7\text{kN/m}^2$ 。
- (3) 基本组合下的荷载值（即设计值）计算时，恒荷载分项系数取1.2，并考虑现有楼板自重标准值（100mm厚现浇楼板和12mm厚板底粉刷，近似取 $2.8\text{kN/m}^2$ ）的20%；活荷载分项系数取1.4，即基本组合下的荷载值为 $2.9\text{kN/m}^2$ 。
- (4) 根据国家标准《混凝土结构施工质量验收规范》（GB 50204-2002）有关技术规定，达到承载能力极限状态时受压区混凝土破坏的受弯构件，其承载力检验系数取1.3，
- (5) 承载力检验荷载计算值为 $3.77\text{kN/m}^2$ 。
- (6) 鉴于堆载试验时不能考虑活荷载不利布置的影响，加载荷载取“承载力检验荷载计算值 $\times 1.1$ ”，即取 $4.15\text{kN/m}^2$ 。



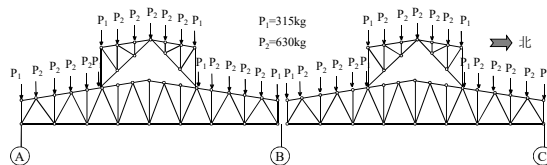
## 五、关于结构分析结果的评定

### 5.3 既有建筑受弯构件的现场载荷试验

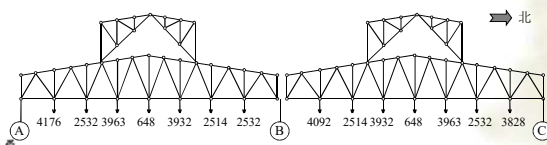
实例二



改造后钢屋架结点吊载示意图（标准值，单位：kg）



屋面活荷载作用下的屋架结点荷载（标准值）



屋架下弦结点试验荷载示意图（单位：kg）



结构安全评定 **不等于** 结构计算分析!



清华大学

谢谢!

清华大学