

# 汶川大地震引发 建筑结构设计者的思考

中国建筑西南设计研究院有限公司



2008.7.23

# 技术方面

- 参加省、市、区政府建筑物安全应急评估 150余人次  
参加全国、省、市重大技术和标准研讨会
- 对我院在灾区的设计项目进行回访检查 200余项
- 对20余个市(县)乡镇建筑震害技术考察 250余人次

# 我院人员震害考察的主要地区



成都 都江堰  
 青城山镇  
 向峨  
 彭州  
 龙门山镇  
 通济  
 小渔洞  
 白鹿镇  
 德阳 绵竹  
 什邡  
 汉旺  
 红白镇  
 岷底  
 莹华  
 洛水  
 北川  
 安县  
 广元  
 汶川

院结构专业委员会分别对框架结构、框-剪结构、砖混结构、底框结构、高耸及出屋面塔楼、维护结构及填充墙、防震缝、工业厂房、钢结构以及农民自建房等不同的结构形式房屋震害进行了有针对性地调查，另外还注意到了地震作用方向性、断裂带对建筑震害的影响以及建筑选址不同造成的震害。

# 思考

- 一、 现行设计规范能实现强柱弱梁吗
- 二、 如何考虑框架、框剪结构中填充墙对整体结构的刚度贡献
- 三、 怎样合理设计框架、框剪结构中的隔墙
- 四、 建议提高规范最低配筋水准
- 五、 受小震影响的地区建筑物隔墙损坏修复问题
- 六、 加强框架结构的强度和延性
- 七、 设计规范中缺少中震、大震的量化计算
- 八、 楼梯破坏
- 九、 用户二次装修造成的结构抗震能力降低
- 十、 建筑材料、施工管理问题
- 十一、 抗震缝问题
- 十二、 农民自建房抗震问题
- 十三、 设置了构造柱和圈梁的教学楼屹立在强震区
- 十四、 大震后各震区的PGA值应尽早公布
- 十五、 建议适当提高城市设防标准



# 一、现行设计规范能实现强柱弱梁吗











## 建议

- 所有框架梁柱节点均应符合  $\Sigma M_c = 1.2 \Sigma M_{bua}$ ，应考虑现浇板、双筋、超配筋的影响。
- 提高底层框架柱的抗弯、抗剪能力。
- 提高框架柱节点配箍率（低于ACI标准）  $\rho_{\min ACI} / \rho_{\min GB} \approx 1.6$
- 提高砼抗剪能力（低于ACI标准）ACI砼抗剪能力是中国标准的1.2~1.5倍
- 建议框架柱加密区箍筋采用焊接封闭箍，限用单拉钩。

## 二、如何考虑框架、框剪结构中填充墙对整体结构的刚度贡献











中国建筑西南设计研究院有限公司



## 填充隔墙布置不当引起框架结构严重破坏

目前，规范及现有计算手段无法量化分析隔墙对结构刚度的影响，尤其对于当隔墙布置不均匀所造成的对整体结构的上下刚度，水平刚度不均匀性缺乏定量计算。我们认为这是个非常重要的问题，必须认真考虑，否则在今后的地震中，类似的悲剧还会重演。

### 三、怎样合理设计框架、框剪结构中的填充墙

- 填充墙材料的选择

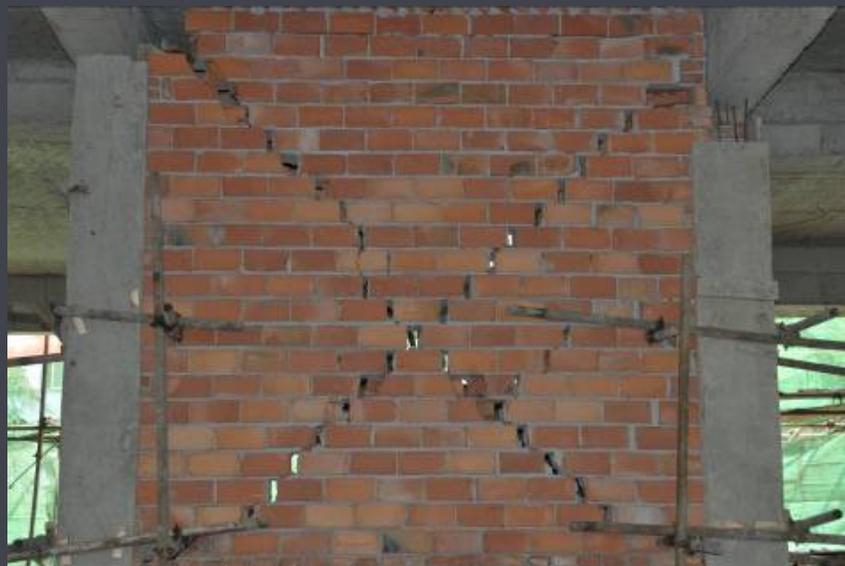
空心砖、轻质墙板

- 填充墙与主体结构之间的连接构造

强连接、弱连接



填充墙  
有利：耗能



填充墙

不利：引起结构构件破坏



填充墙

不利：引起结构构件破坏



填充墙

不利：引起结构构件破坏





填充墙破坏



# 填充墙破坏

怎样合理设计框架、框剪结构中的填充墙



## 逃生通道楼梯间处填充墙垮塌



- 填充墙强连接      利：耗能作用  
                            弊：刚度参与整体工作不明确  
                            对结构构件造成破坏  
                            自身破坏严重
- 填充墙弱连接      利：不影响主体结构  
                            弊：保证自身稳定的连接构造复杂
- 轻质墙板也许是高层、超高层建筑的选择。
- 重视作为重要逃生通道的楼梯间过道的隔墙围墙稳定性，  
    建议采用钢筋砼墙或配筋砌体。

## 四、建议提高规范最低配筋水准

- 我国框架柱加密区最小配箍率与ACI标准相比

$$\rho_{\min\text{ACI}} / \rho_{\min\text{GB}} \approx 1.6$$

我国受弯构件最小配筋率与ACI标准相比

$$\rho_{\min\text{ACI}} / \rho_{\min\text{GB}} \approx 2.0$$

- 从以上数据可看出，我国的砼配筋率水平相比美国标准较低。
- 建议提高最低配筋水准：由于市场经济，追求低含钢率，导致很多建筑都仅仅只满足规范各项最低标准，各项最低标准叠加，必然导致安全度低，加之目前的施工低价中标，也就是叠加施工最低标准，这样的建筑物要抵抗地震作用是会出现能力不足的可能性，所以建议规范提高最小配筋标准，以能保证设防区的结构有一定的安全度。



## 五、受小震影响的地区（成都市）建筑物隔墙损坏修复问题



## 六、加强框架结构的强度和延性





- 相同层数的框架结构破坏较砖混严重（同地区）。
- 垮塌的框架结构承载力明显不够，延性差，极短的时间内倒塌。
- 框架结构的抗震防线不够，建议设支撑。

## 七、设计规范中缺少中震、大震的量化计算

对于中震可修、大震不倒的设防目标，设计中缺少量化分析，对状态目标不清楚（例如构件强度破坏程度和变形程度），震害显示强度水准和延性水准不够，应加强性能化设计。

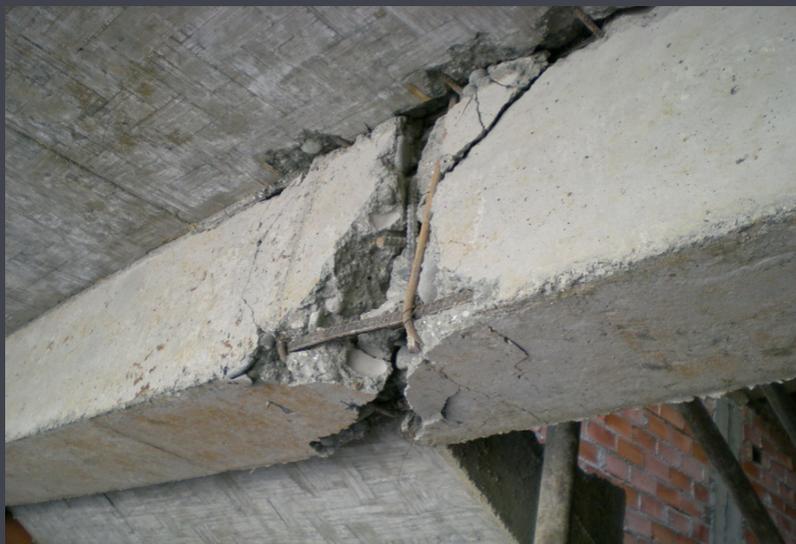
## 八、楼梯破坏



# 梯板破坏



# 梯梁破坏



## 九、用户二次装修造成的结构抗震能力降低



# 十、抗震缝问题



# 十一、建筑材料、施工管理问题

## 冷加工钢材导致楼梯断裂



# 箍筋设置问题



## 施工缝处破坏



## 十二、农民自建房抗震问题



### 十三、设置了构造柱和圈梁的教学楼屹立在强震区

彭州白鹿九年制学校

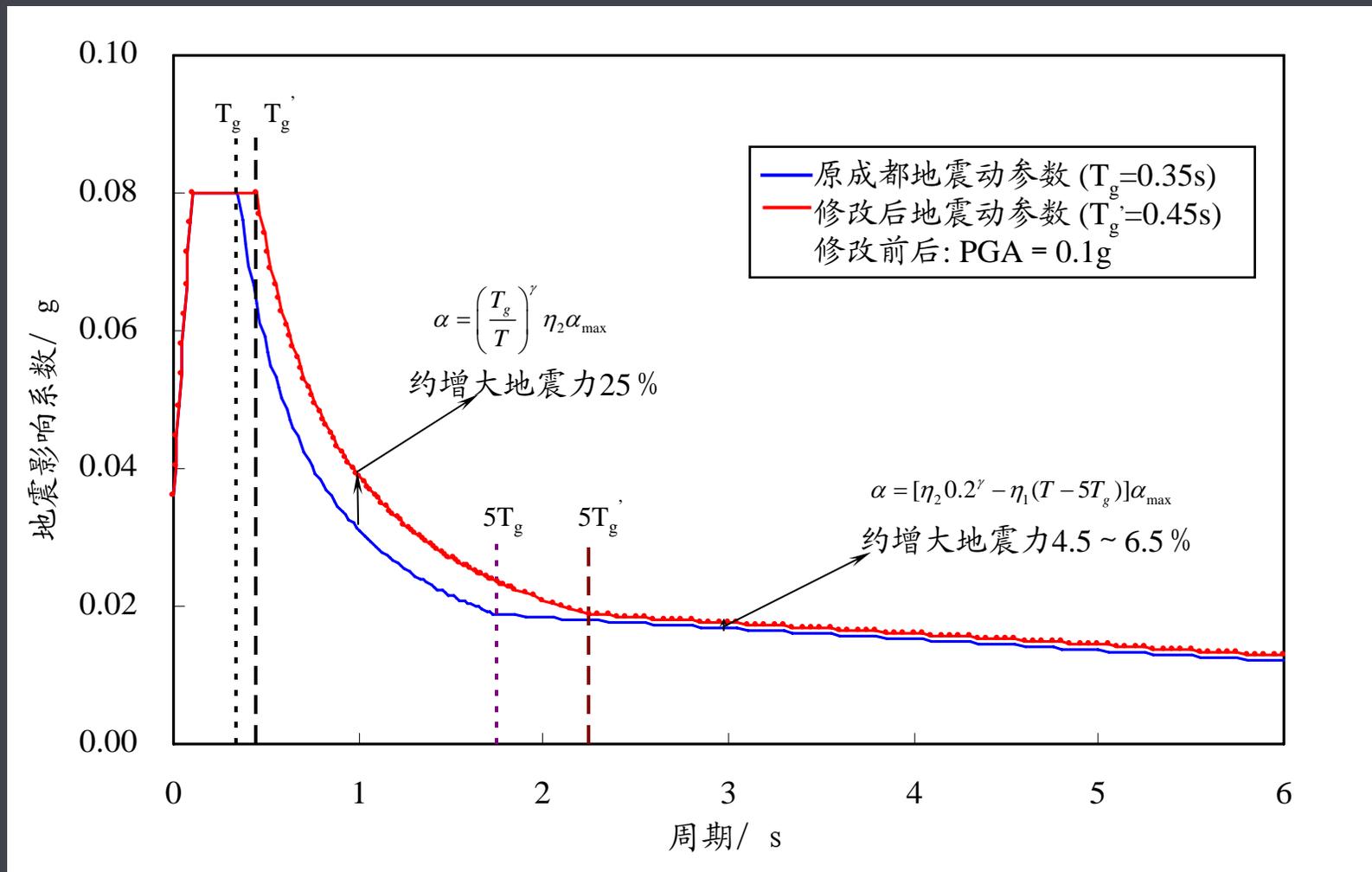


都江堰紫坪铺学校

## 十四、大震后应将各震区的PGA值尽早公告

PGA值是大震发生后反映各地区震害严重程度的最重要数据，可在第一时间指导救援力量的投入，可对已损建筑物的设计进行评判，可对设防标准及规范的修订完善起到重要作用。它是公共数据，应尽早公告给大家。但遗憾的是直至今日，5·12大地震已过去数日，我们尚未看见各震区的PGA值，这让专业人员很难对现有设计及标准提出合理判断和建议。

# 十五、建议适当提高城市设防标准



## 建议适当提高城市设防标准

随着城市建设和国民经济迅速发展，房屋建设标准不断提高，但主体结构造价在房屋总费用中的比例并不大。初估，办公楼等公共建筑中结构占房屋总费用（不含地价）比例约为25%。设防烈度由7度提到8度，每平方米用钢量增加不超过20kg，约160元 / m<sup>2</sup>，用钢量造价约增加2%-3%，住宅增加5%-7%。如果包含昂贵的地价和豪华装修及奇异造型增加的费用，所占比例更小。为什么人们可以接受豪华装修和奇特造型增加的高昂费用，而不能接受为了提高抗震安全度，为了保障生命且增幅并不大的费用呢？

建议对城市建筑的主体结构、装修、机电所占费用比例作深入系统分析，为合理制订设防标准提供依据。

# 我院在灾区设计的建筑震害情况



都江堰水利管理局

# 我院在灾区设计的建筑震害情况

绵阳机场



# 我院在重灾区的建筑震害情况



绵阳中医院



# 我院在重灾区的建筑震害情况

绵阳绵洲酒店



# 我院在重灾区的建筑震害情况



德阳体育馆

# 谢谢！

