

关于超限审查中一个要求的琢磨

自己做的项目不多，所以喜欢没事瞎琢磨。2013年12月看到微博上的一个问题。

@碧野牛得草:抓重点//@缪六华:转发微博

◆
@王-立军

超限审查三板斧：今年审查的超限项目，突出的感受是对内筒外框结构的三项要求，1 内筒剪力墙约束边缘构件，做的轴压比0.25的高度，2 外框层剪力按0.2Qo和1.5Vf,max较大值调整，3 内筒中震不屈服拉弯计算，墙肢平均拉应力不大于2ftk。大家怎样看？

当时是早晨起来还躺在床上，脑子没转过来，就顺手就第三条写一句自己的理解：

第三条是否理解为小震作用下保持混凝土截面不开裂保持弹性？// @碧野牛得草:抓重点
//@缪六华:转发微博

◆
@王-立军

超限审查三板斧：今年审查的超限项目，突出的感受是对内筒外框结构的三项要求，1 内筒剪力墙约束边缘构件，做的轴压比0.25的高度，2 外框层剪力按0.2Qo和1.5Vf,max较大值调整，3 内筒中震不屈服拉弯计算，墙肢平均拉应力不大于2ftk。大家怎样看？

第一个反应把中震想成提高一度计算，地震作用放大一倍，那么小震不就是减小一倍，墙肢平均拉应力就不会大于2ft，想当然是件很搞的事情。

后来开始清醒过来，好像不是这么回事，既然想当然过，那就继续琢磨一下，第三条如果写成计算公式大概是这样：

$$\frac{2.85F - N}{A} \leq 2ftk$$

其中F是小震作用下引起轴力标准值，2.85是中震作用与小震作用比值，N是结构重力荷载代表值，A是截面面积，ftk就不说啦。

$$F \leq \frac{2ftk * A + N}{2.85}$$

将上值代入小震计算则是：

$$\frac{1.3F - N}{A} \leq ft$$

$$\frac{1.3 * \frac{2ftk * A + N}{2.85} - N}{A} \leq ft$$

$$\frac{2.6ftk * A - 1.55N}{2.85 * A} \leq ft$$

上式中 1.3 是地震作用分项系数，重力荷载代表值分项系数按有利因素取 1.0，另外 ftk 与 ft 的计算关系大约是 1.4 倍，最后推出很无聊的一个结果

$$\frac{N}{A} \geq 0.50ft$$

以 C50 为例 $ft=1.89\text{N/mm}^2$ ， $fc=23.1\text{N/mm}^2$ ，则

$$\frac{N}{A} \geq 0.04fc$$

即结构重力代表值轴压比大于 0.05，很容易满足的，这只能说明墙体在正常使用状态下不能是受拉状态。

继续琢磨，换一种思路，受拉区这样，小震下受压区如何？

$$\frac{1.3F + 1.2N}{A} \leq fc$$

$$\frac{1.3 * \frac{2ftk * A + N}{2.85} + 1.2N}{A} \leq fc$$

$$\frac{2.6ftk * A + 4.72N}{2.85 * A} \leq fc$$

$$\frac{N}{A} \leq \frac{2.85 * f_c - 2.6f_{tk}}{4.72}$$

以 C40 为例 $f_{tk}=2.39\text{N/mm}^2$, $f_c=19.1\text{N/mm}^2$, 则

$$\frac{N}{A} \leq 0.535f_c$$

以 C50 为例 $f_{tk}=2.64\text{N/mm}^2$, $f_c=23.1\text{N/mm}^2$, 则

$$\frac{N}{A} \leq 0.541f_c$$

以 C60 为例 $f_{tk}=2.85\text{N/mm}^2$, $f_c=27.5\text{N/mm}^2$, 则

$$\frac{N}{A} \leq 0.546f_c$$

以 C70 为例 $f_{tk}=2.99\text{N/mm}^2$, $f_c=31.8\text{N/mm}^2$, 则

$$\frac{N}{A} \leq 0.552f_c$$

上述数值大约为 $0.55f_c$, 重力荷载代表值作用下的轴力设计值是 1.2 分项系数, 则轴压比小于约 $0.66f_c$ 。

这样比较似乎没什么意义, 高规中对墙肢轴压比限制, 一般这种项目会是一级抗震等级, 限制值均比上述要求低。

7.2.13 重力荷载代表值作用下, 一、二、三级剪力墙墙肢的轴压比不宜超过表 7.2.13 的限值。

表 7.2.13 剪力墙墙肢轴压比限值

抗震等级	一级 (9 度)	一级 (6、7、8 度)	二、三级
轴压比限值	0.4	0.5	0.6

注: 墙肢轴压比是指重力荷载代表值作用下墙肢承受的轴压力设计值与墙肢的全截面面积和混凝土轴心抗压强度设计值乘积之比值。

对于常规理解, 不屈服状态是指抗拉强度不能超过混凝土轴心抗

拉标准值，即公式表达为：

$$\frac{2.85F - N}{A} \leq f_{tk}$$

按上述路子推一下得出：

$$\frac{N}{A} \leq \frac{2.85 * f_c - 1.3f_{tk}}{4.72}$$

以 C40 为例 $f_{tk}=2.39\text{N/mm}^2$ ， $f_c=19.1\text{N/mm}^2$ ，则

$$\frac{N}{A} \leq 0.569f_c$$

看来按这个路子是推不出来什么结论的。再换一种思路， $2f_{tk}$ 换算成力值到底是多少，C40 大约为 4.78N/mm^2 ，300mm 厚的墙体每延米计算值是 1434000N/mm^2 ，如果拉力由钢筋承担，需要 HRB400 级钢筋面积是 $1434000/400=3585\text{mm}^2$ 配筋率是 1.2%，如果 $2f_{tk}$ 分别由混凝土和钢筋承担，则配筋率大约是 0.6%，如果采用 C70 混凝土，配筋率更高，这样看已经达到柱的配筋比率，这样理解还是有些不明确。

不知道这个要求到底是什么来路，从个人理解，目前的中震计算依然采用弹性计算方法，控制不超过 $2f_{tk}$ ，是在混凝土结构中布置钢筋或钢材的情况下，墙体仍处于弹性范围，不知是否正确。

关于这个问题，我曾经有过一个想法，在墙体竖向增加预应力是否更好一些，从前面乱写的推导来看，混凝土轴压力还是有潜力的， $2f_{tk}$ 一般是 f_c 的 20%，通过预应力解决拉力问题，但不一定增加压力，因为压力和预应力方向一致，压力来的时候，预应力是放松的。

我印象中，规范中出现 $2f_{tk}$ 的地方，正好是预应力部分，具体条文在混凝土规范 2012 年版第 10.1.11 条：

10.1.11 对制作、运输及安装等施工阶段预拉区允许出现拉应力的构件，或预压时全截面受压的构件，在预加力、自重及施工荷载作用下（必要时应考虑动力系数）截面边缘的混凝土法向应力宜符合下列规定（图 10.1.11）：

$$\sigma_{ct} \leq f'_{tk} \quad (10.1.11-1)$$

$$\sigma_{cc} \leq 0.8f'_{ck} \quad (10.1.11-2)$$

- 3 当有可靠的工程经验时，叠合式受弯构件预拉区的混凝土法向拉应力可按 σ_{ct} 不大于 $2f'_{tk}$ 控制。