

# 整体预应力框架抗侧力结构的探讨

白羽, 李斯焘

(昆明理工大学 建筑工程学院, 云南 昆明 650224)

**摘要:** 将预应力的概念引入整体框架结构中, 构造整体预应力抗侧力结构, 以提高框架结构抗侧力性能. 在预应力作用下, 一方面充分发挥钢管混凝土柱抗轴向力的储备, 另一方面发挥预应力筋抗侧力. 文中建立了整体预应力抗侧力结构的理论和分析方法, 并对其动力特性及抗侧力特性性能进行初步分析比较.

**关键词:** 预应力; 框架结构; 抗侧力; 钢管混凝土; 动力特性

**中图分类号:** TU375 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2004)04-0156-03

## Exploration into a New Pre - Stress Structure for the Resistant Horizontal Force

BAI Yu, LI Si-tao

(Faculty of Architectural Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650224, China)

**Abstract:** The pre - stress concept is used to establish a new structure to resistant horizontal force, and construct the whole pre - pressed frame structure to improve the frame structure's capacity of resistance horizontal force. In this case, the axial force capability of the steel and concrete can be exerted and the pre - stressed steel bar can be assisted to resist the horizontal force.

**Key words:** pre - stress; frame structure; resist horizontal force; steel tube concrete; dynamic characteristic

### 0 引言

现代预应力技术在我国自“八五”技术纲要中被列为重点开发与推广项目以来, 已取得了长足的进步. 现已能大规模生产高强度低松弛预应力钢丝和钢绞线, 成功地开发了大吨位锚固体系和张力设备, 金属螺旋管(波纹管)及留空技术, 无粘结预应力混凝土成套技术, 以及预应力混凝土结构设计的研究与实践, 大大地推动了我国现代预应力技术从单个预制构件发展为预应力结构的新阶段. 并具有明显的节约钢材、增大结构跨度、减少结构自重、提高使用功能、综合社会经济效益好等优点.

预应力混凝土工程不断发展表现在: (1) 高层建筑混凝土楼盖; (2) 大面积大柱网预应力混凝土结构; (3) 大型预应力混凝土建筑物.

科学理论和关键技术的重大进展主要为:

1) 预应力混凝土结构设计理论及其应用, 主要有以下几方面: (1) 裂缝控制及设计方法; (2) 预应力混凝土连接机构次弯矩及对承载力计算影响; (3) 采用后张预应力及时增大伸缩缝间距的施工工艺; (4) 锚固端的设计及构造; (5) 预应力混凝土框架结构设计分析软件.

2) 预应力混凝土结构分析软件.

3) 后张预应力混凝土质量保证体系和质量控制.

研究前景: 积极开展新材料、新工艺的开发研究, 如加强对非金属预应力筋材料的研究, 积极推广体外

**收稿日期:** 2004-06-17. **基金项目:** 云南省自然科学基金和云南省科技攻关项目的资助(项目编号: 2001E0021M, 2002IT05, 2001 NG45).

**第一作者简介:** 白羽(1964.8~), 男, 副教授. 主要研究方向: 防灾减灾工程. **E-mail:** baiyu@public.km.yn.cn

预应力束,用于结构的加固维修和建造桥梁工程,以及扩大对新型防腐材料、绿色高性能混凝土的开发研究和应用等.

从国内外的研究和应用来看,预应力在建筑结构中主要针对单向竖向受力的梁板构件结构,对建筑的抗侧力结构仍未开展研究和应用.

本研究针对钢筋混凝土框架结构的侧向抗力较柔的特点,引入预应力的概念,在框内对角加设预应力钢筋(或钢绞线),并预加预应力,由此,在侧向力作用下,双向对角的预应力钢筋(或钢绞线)都能参与工作,从而达到增强框架侧向抗力.以往增强框架结构侧向抗力主要靠在框架中增加刚性(钢或钢筋混凝土)的斜支撑,如采用在框内对角加设预应力钢筋,具有相同的效果.另一方面,可以方便地调整不同框架内的预应力钢筋数量来达到调整结构的动力性态,从而达到构造整体预应力抗侧力新结构的目的.对已有的结构在加设整体预应力抗侧力筋的初步试算,得到的结果可减少侧向位移.我国新的抗震规范实施以来,地震区的框架结构在多层房屋中的应用受到了一定的限制,往往采用框架剪力墙结构而增加造价,如该种新结构能够实施,将能提高框架结构的抗侧力,并开发了预应力的新用途.

### 1 整体预应力框架抗侧力结构的原理

框架体系中的某一榀或几榀的柱间部分和全部添加预应力钢筋(或钢绞线),这样,跟纯框架(或框架剪力墙)相比,所施加的预应力杆件部分地起到了抗侧力的作用,增加了结构的抗侧力效果.以下以二层单跨框架为例,详述结构的抗侧原理.

假设结构为二层的单跨的钢筋混凝土框架结构.二层无预应力钢筋(或钢绞线)结构见图 1.

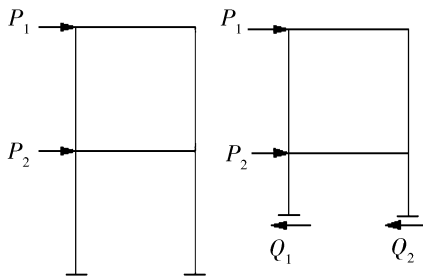


图 1 无拉钢筋(或钢绞线)结构  
Fig. 1 No steel cable structure

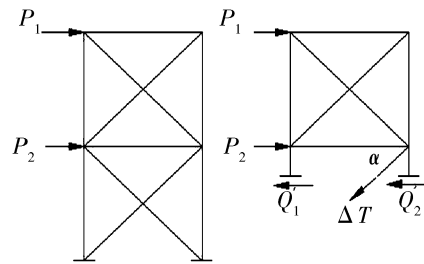


图 2 有拉钢筋(或钢绞线)结构(无预应力)  
Fig. 2 No pre-stress steel cable structure

有:  $P_1 + P_2 = Q_1 + Q_2$  (1)

$Q_1, Q_2$  为结构侧移产生的柱剪力.

二层有拉钢筋(或钢绞线)结构(无预应力)见图 2.

由于预应力钢筋(或钢绞线)属柔性材料不能承受压力,因此不考虑其受压作用,从而有:

$P_1 + P_2 = Q'_1 + Q'_2 + \Delta T \cos \alpha$  (2)

$\Delta T$  为结构侧移产生的钢筋(或钢绞线)

拉力.

二层有预应力钢筋(或钢绞线),预应力张拉力为  $T$ ,见图 3. 有:

$P_1 + P_2 = Q''_1 + Q''_2 + (T + \Delta T') \cos \alpha - (T - \Delta T') \cos \alpha = Q''_1 + Q''_2 + 2\Delta T' \cos \alpha$  (3)

对三种结构,施加相同的  $P_1, P_2$ ,则比较(1)式,(2)式,(3)式,显然:

$Q''_1 + Q''_2 < Q'_1 + Q'_2 < Q_1 + Q_2$

若采用相同的柱截面,预应力拉杆结构使柱顶产生的侧移减小,拉杆产生明显的抗侧移效果.最主要

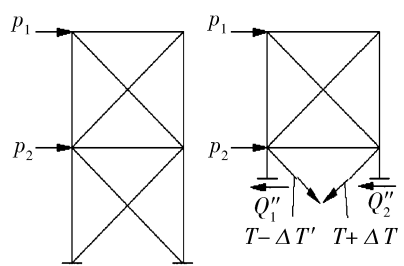


图 3 有预应力钢筋(或钢绞线)结构  
Fig. 3 Pre-stress steel cable structure

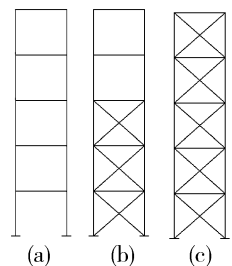


图 4 分析模型  
Fig. 4 Analysis model

的是由于存在预应力,在变方向水平荷载(地震或风荷)作用下,两方向预应力钢筋(或钢绞线)都能够参与工作。

若采用不同截面,在结构产生相同位移条件下,加入预应力钢筋(或钢绞线)的结构的构件截面将小于不施加拉杆的结构,从而可节省材料。

## 2 整体预应力框架抗侧力结构算例

以下为一抗侧力有限元计算比较实例。

该模型为一五层平面结构,各参数如下。跨度:6 m,层高:3.3 m,柱截面:450 mm × 450 mm,梁截面:250 mm × 500 mm,梁柱混凝土为 C40,弹性模量为  $3.25 \times 10^{10}$  N/m<sup>2</sup>。拉杆为预应力钢筋  $\Phi = 20$  mm,弹性模量为  $2.05 \times 10^{11}$  N/m<sup>2</sup>。

有限元分析软件采用 SAP2000,分析平面为 X-Z 平面,对 Y 方向固定。在烈度为八度的二类场地条件下对该结构做时程分析。输入地震波为 EL-Centro 波,时程分析中,地震波加速度幅值放大系数取 2.192,即最大加速度峰值为 0.7 g。分析模型如图 4 所示。(a)为无预应力筋结构,(b)为三层加预应力筋结构,(c)为五层加预应力筋结构。

分析结果如下表:

表 1 结构基本周期(s)

Tab.1 Basic cycle of structure

无预应力筋	三层加预应力筋	五层加预应力筋
0.613	0.453	0.419

表 2 结构顶点最大位移(m)

Tab.2 Maximal top displacement of structure

无预应力筋	三层加预应力筋	五层加预应力筋
0.020 1	0.015	0.0114

相对无预应力筋结构,三层加预应力筋结构顶点最大位移减少 25.4%;五层加预应力筋结构顶点最大位移减少 43.3%。

## 3 结论

从以上分析可以看出整体预应力抗侧力框架结构具有以下的主要优点:

- 1) 整体预应力抗侧力框架结构具有较好的抵抗侧向力作用下的侧向位移的能力;
- 2) 对结构进行不同布置的预应力钢筋,可以改变结构的动力特性,从而满足不同的结构要求。

须进一步研究的方面:

- 1) 建立整体预应力抗侧力框架结构的理论计算模型,对其抗侧力机理和性能做进一步的分析;
- 2) 应用有限元程序对其进行全面的计算分析,在预应力施加后及侧向静动荷载作用下的内力分析,并对比未采用前的各项抗力性能指标;
- 3) 预应力钢筋的分布对动力特性的影响;
- 4) 预应力钢筋对框架结构梁柱构件的受力影响;
- 5) 对整体预应力抗侧力框架结构进行模型试验研究;
- 6) 对整体预应力抗侧力框架结构的构造及施工方法进行初步探讨。

### 参考文献:

- [1] 李国平.预应力混凝土结构设计原理[M].北京:人民交通出版社,2000.1~50.
- [2] 袁驷,张跃,如继平.21世纪土木工程学科的发展趋势[M].北京:科学出版社,1997.46~53.
- [3] 沈聚敏,周锡元,等.抗震工程学[M].北京:建筑工业出版社,2000.87~141
- [4] 陆赐麟.预应力钢结构学科的新成就及其在我国的工程实践[J].土木工程学报,1999,32(3):3~10.
- [5] 孙伟民,胡晓明,等.预应力砌体抗震性能的试验研究[J].建筑结构学报,2003,24(6):25~31.