

中 国 建 筑 科 学 研 究 院 联 合 召 开
中国建筑学会建筑结构学术委员会高层建筑结构学组

第十届全国高层建筑结构学术交流会论文集

1988年6月3日—8日

山东·青岛

第 四 卷

1988年6月·北京

中 国 建 筑 科 学 研 究 院 联合召开
中国建筑学会建筑结构学术委员会高层建筑结构学组

第十届全国高层建筑结构学术交流会论文集

1988年6月3日—8日

山东·青岛

第 四 卷

1988年6月·北京

第十届全国高层建筑结构学术交流会议论文集

第四卷

目 录

93. 北京新世纪饭店结构设计·····	程懋堃	(835)
94. 高层结构分析的样条单元法·····	范 重等	(847)
95. 从现场振动量测分析轻质材料填充的高层建筑的动力性能·····	陈志鹏等	(856)
96. 底层大空间剪力墙结构体系的模型振动台试验与理论分析·····	傅平均等	(868)
97. 深圳市荔景大厦的计算机计算与分析·····	顾红霞等	(876)
98. 设有人工滞后钢筋混凝土高层框架结构的减震设计·····	瞿伟廉等	(887)
99. 设置多个积极TMD的高层建筑风振反应的减振设计·····	瞿伟廉等	(893)
100. 框架结构非线性动力时程分析的一个方法·····	梁启智等	(900)
101. 框架—轻板结构向高层建筑发展的探索·····	武惠文等	(913)
102. 玻璃钢轻型屋盖在东方饭店工程中的应用·····	范毓莲	(925)
103. 高层钢结构建筑中栓钉焊的工艺与应用·····	蔡海潮等	(934)
104. 高层建筑(空间结构形式)的温度应力·····	蔡益铄等	(945)
105. 高层建筑计算机分析前处理的指示矩阵法·····	李亚玲等	(956)
106. 上海某二十层高层住宅超短桩基础设计及地基液化问题·····	冯克康	(965)
107. 高层建筑框架、框—剪结构分析的传递矩阵法·····	樊小卿	(975)
108. 等腰三角形筒体—剪力墙结构体系设计——西都大厦工程·····	伍 焊	(988)
109. 福建省物资贸易中心大楼的结构设计·····	陈义侃	(999)
110. 动力缩减技术·····	钱若军等	(1011)
111. 厦门海滨大厦结构设计·····	李 琳	(1019)
112. 箱基动力特性分析·····	扶长生	(1030)
113. 异形斜交平面高层建筑箱形基础设计·····	罗殿朴	(1036)
114. 高层建筑振动控制技术·····	黄杰民等	(1049)
115. CAD在高层建筑结构设计中的应用·····	林立岩	(1058)
116. 网架楼盖在高层建筑中的应用·····	姚发坤	(1069)
117. 高层建筑结构抗震消能设计法·····	周福霖等	(1080)
118. 太原第一热电厂锅炉炉架直接动力法计算·····	阎善章等	(1089)
119. 弹塑性钢框筒结构简化模型及其整体稳定性·····	李青宁	(1099)
120. 中国服装研究设计中心大楼结构抗震计算初析·····	施耀新等	(1107)
121. 空间结构计算的简化方法——独柱法·····	范晋生等	(1126)

北京新世纪饭店结构设计

北京市建筑设计院

程懋堃 毛增达 刘小琴 昌景和

提 要

本文简要地介绍了新世纪饭店的结构设计,其中包括结构选型及布置、抗震分析、基础设计和高标号砼组合柱的设计。本工程在国内首次采用600号高强砼并加劲性配筋的柱子,地下室利用施工护坡桩作为外墙及框架边柱,节约大量材料。并采用后张无粘着予应力技术于24m跨大梁及楼板中。

一、工程概况

北京新世纪饭店是一座国际商业贸易性质的饭店。工程位于西苑饭店西侧,北临西直门大街,北面与首都体育馆隔路相望,占地面积22800m²,建筑总面积103500m²,包括旅馆、办公楼和商业服务——康乐中

心三大部分。北部为 35 层国际旅游用旅馆（简称北楼），南部为 17 层出租办公楼（简称南楼），南北楼均设有地上三层裙房，北部裙房为商业服务用，南部裙房为康乐中心，南北楼之间是绿化地带和内部通道。地上三层均设有天桥连接南北楼裙房。地下部分南北楼及裙房联成一片，共两层，作为机房、车座及其它内部用房。北楼建筑总高度约为 111 m。南楼总高度约为 71 m。（图一至图五）。

二、结构选型及布置

工程按 8 度抗震设防，全部采用钢筋砼结构。按结构类型分成三个部分：北楼、南楼及裙房。高层与低层结构之间不设防震或沉降缝，但在高低层之间，于低层部分处留出后浇施工缝，待高层主体结构完成后再浇灌施工缝。近年来，很多工程实践证明高低层间不设缝是可行的，有利于建筑布置及简化建筑结构的构造处理。

1. 北楼采用框架——剪力墙体系结构。利用中心 22.8 m 边长的三角形筒体作为主要抗震构件，并辅以建筑外侧三片山墙及三角形布置的楼梯间筒体，相互用连系梁拉结共同作用承担地震力。三角形主筒外壁厚由底部 600 mm 至顶部 300 mm 逐步递减。主筒内分隔墙厚

300 mm。楼梯间筒厚300 mm。山墙剪力墙厚400 mm。考虑此墙外露且高达100 m的温度伸缩问题，外贴150 mm厚保温层及保护层。

按建筑使用要求，北楼外侧布置12根柱子，与三角形主筒构成框架——剪力墙结构体系（柱子设计另述）。由第5层至第30层为标准客房，层高为2.95 m。因此楼板不布置横梁，采用现浇后张无粘着预应力平板，板厚220 mm。标准层锯齿形外墙采用预制墙板。

2. 南楼采用框架——剪力墙结构。由于两个楼电梯间筒偏在北侧，形成刚度中心北偏，因此在南侧外墙采用壁式框架。楼电梯间筒壁厚300 mm，壁式框架壁厚400 mm。柱网尺寸为 $8 \times (7 + 8 + 8)$ m。中柱最大断面为 850×850 mm。楼板采用预应力薄板迭合楼板，预制薄板厚80 mm，现浇迭合层厚140 mm，总厚为220 mm。

3. 裙房采用框架结构。地下两层由于作车库、仓库、机房专用，又有室外填土及道路绿化等较重荷载，采用现浇密排次梁楼盖。在不规则的柱网中调整出3种标准间距便于模板定型。南楼裙房的二、三层由于康乐

用房需要，梁跨为24m，采用1.5m高的后张预应力钢筋砼大梁。北楼裙房大厅采用钢网架天窗顶盖。南北楼裙房之间采用钢板梁天桥相互连通，跨度为21m。

三、抗震分析

1. 北楼：采用正交平面杆系计算框架——剪力墙协同工作程序进行电算。由于三角形筒体外壁开有较大洞口，在电算中将筒体分解成若干带翼缘的剪力墙进行计算。计算中考虑了五个振型。计算结果：北楼总重为79800T，基底剪力为2584T。 $T_1=2.233$ ， $T_2=0.607$ ， $T_3=0.280$ ， $T_4=0.163$ ， $T_5=0.107$ 。顶点位移与建筑物总高之比 $\frac{\Delta}{H} = \frac{1}{743}$ （图六）。最大层间位移与该层层高之比 $\frac{\delta}{h} = \frac{1}{588}$ ，位于第12层至第19层之间。将三角形筒体分解成剪力墙计算，由于未考虑筒体的整体作用，同时也未考虑三个楼梯间筒体及三片山墙对刚度中心的空间作用，结构刚度的计算结果偏低，结构自振周期偏长（在筒体作整体构件分析时，计算所得 $T_1=1.52$ ， $T_2=0.410$ ， $T_3=0.176$

$\frac{\Delta}{H} = \frac{1}{909}$, $\frac{\delta}{h} = \frac{1}{725}$)。为消除地震剪力偏小的不利影响,而且考虑我国现行抗震规范规定的地震力较世界各国规范偏小很多。例如在 $T_1 = 1.5$ 秒时,约比美国小 50%,比新西兰小 100%,比日本小更多。(我国新规范对此有所更改)因此在本工程地震内力及配筋计算中将地震剪力按增加 50% 考虑。

本工程同时用时程分析法作地震动态分析计算作为校核。输入了三条地震波:(1)1940 年美国 EL CEN-TRO 地震波,(2)1952 年美国 TAFT 地震波,(3)1976 年 11 月我国宁河地震波。

从计算结果看,三角形主筒几乎承担全部地震剪力,特别是在三个角部及洞口两侧应力集中,因此布置较多纵筋,并且不允许设备、电气管道再穿越这些部位的墙体。三个楼梯间筒及三片山墙虽然内力很小,但考虑空间整体作用,它们也将承担一定地震剪力,因此在墙的转角及端部部位集中配置了一部分钢筋。三角形主筒与三个楼梯间筒之间的三根连系梁,由于建筑层高的限制,梁高只允许做到 550 mm。并且还要在梁内穿越风道及消防管道,因此将梁宽加宽到 1 m。计算中有意降低连

系梁的刚度，当有较大地震时，首先使连系梁出现塑性铰。

2 南楼，计算结果：横向 $T_1 = 1.177$ ，
 $T_2 = 0.230$ ， $T_3 = 0.097$ ，纵向
 $T_1 = 1.290$ ， $T_2 = 0.288$ ， $T_3 = 0.121$
 横向最大层间位移与该层层高之比 $\frac{\delta}{h} = \frac{1}{774}$ 。纵向
 $\frac{\delta}{h} = \frac{1}{794}$ 。顶点位移与建筑物总高之比横向 $\frac{\Delta}{H} = \frac{1}{1024}$ 。

在抗震计算中，周期及位移的计算按砼筒体整体考虑，但是筒体配筋计算时将筒体分解成带翼缘的剪力墙进行计算，地震力偏小，配筋偏低。同时考虑到结构刚度偏心存在扭转，因此在设计中将地震力按增大 20% 考虑。

中柱最大轴向力为 1580 T。采用 600 号高强度砼。

四、基础设计：

本工程基础持力层为卵石层， $[R] = 40 \text{ T/m}^2$ （高层部分），局部为细粉砂层， $[R] = 25 \text{ T/m}^2$ （部分裙房）。基础深度为地面以下约 15 m 左右。南北楼高层均采用筏式整体基础，基础底板南楼为 1 m 厚，北楼为 1.1 m 厚。基础梁南楼为 $1 \times 3 \text{ m}$ ，北楼为

1. $2 \times 3.5 \text{ m}$ 。裙房采用独立柱基。

高低层相连处不设沉降缝或防震缝，采用下列三个措施控制由于不均匀沉降产生的不利影响：1. 高低层处设后浇施工缝，待高层主体结构完成后再浇灌。2. 扩大高层部分筏基面积，降低地基压力。北楼实际地基压力为 47.5 T/m^2 ，南楼为 35 T/m^2 。同时提高裙房单独柱基的承载力，按 60 T/m^2 进行基础设计。3. 裙房与高层相邻的柱基处设置 $0.5 \times 1.2 \text{ m}$ （南楼）及 $0.5 \times 1.5 \text{ m}$ （北楼）的基础拉梁以调整沉降差。裙房其它部位的柱基由于地基比较好不设置基础拉梁。仅在地面砼垫层中沿柱网设置构造配筋。

由于地下水位较深，仅考虑地表水渗漏，因此地下室采用有组织盲沟排水做法。

施工开挖前，在建筑外围采用 $\varnothing 800 \text{ mm}$ 护坡桩，桩间设钢丝网喷射砼层，护坡桩兼作挡土及地下室外墙，裙房部分护坡桩又利用作为框架边柱，桩柱合一，节省大量材料（图七、图八）。

五、高标号砼组合柱设计

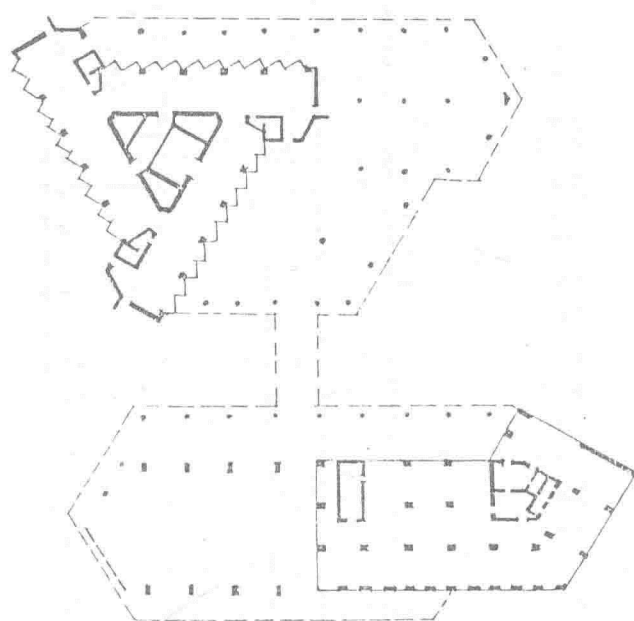
北楼框架——剪力墙结构的抗震计算中，虽然中间三角形主筒几乎承担全部地震剪力。但根据规范要求协

同工作计算所得总框架每层承受的最小地震力

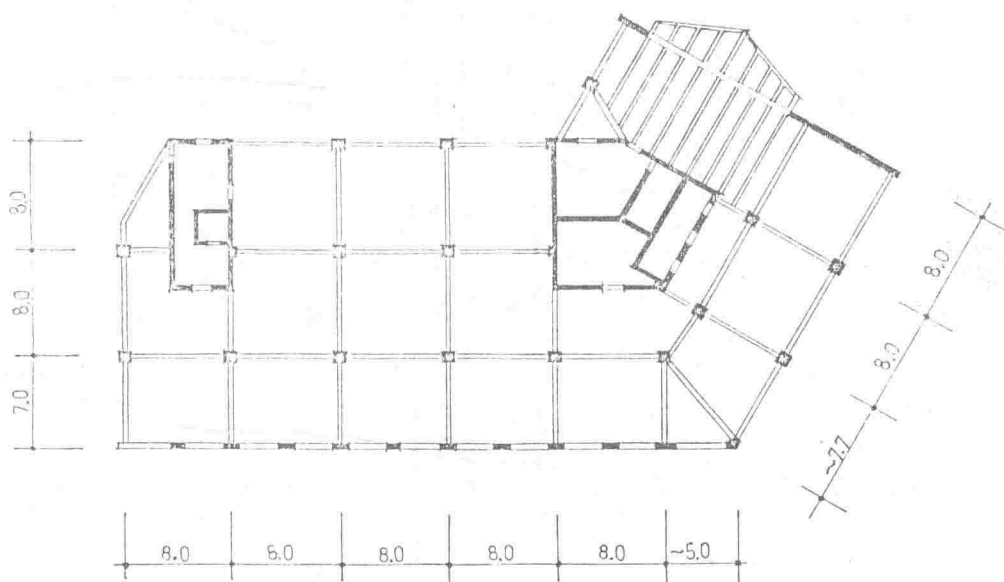
$Q_K < 0.2 Q$ 时, Q_K 应取下式中较小值, $1.5 Q_{Kmax}$ 或 $0.2 Q_0$ 。设中 Q_0 为结构基底剪力。

因此北楼 12 根柱子, 每根柱子最大轴向力为 2056 T, 地震组合最大弯矩为 173 T—m, 并按正交方向的 30% 地震组合弯矩进行双向偏心受压进行计算。由于建筑使用要求, 柱断面不能做得很大。标准层柱断面为 800×800 mm, 地下室及 1~4 层和夹层为 900×900 mm。若采用普通砼柱, 柱的轴压比很高, 大大影响框架结构的延性。因此十层以下柱子采用 600 号高强砼, 以上各层随轴向力递减采用 500 号、400 号及 300 号砼。但下部柱的轴压比仍达 0.78。因此采用下列措施保证框架柱的安全及延性:

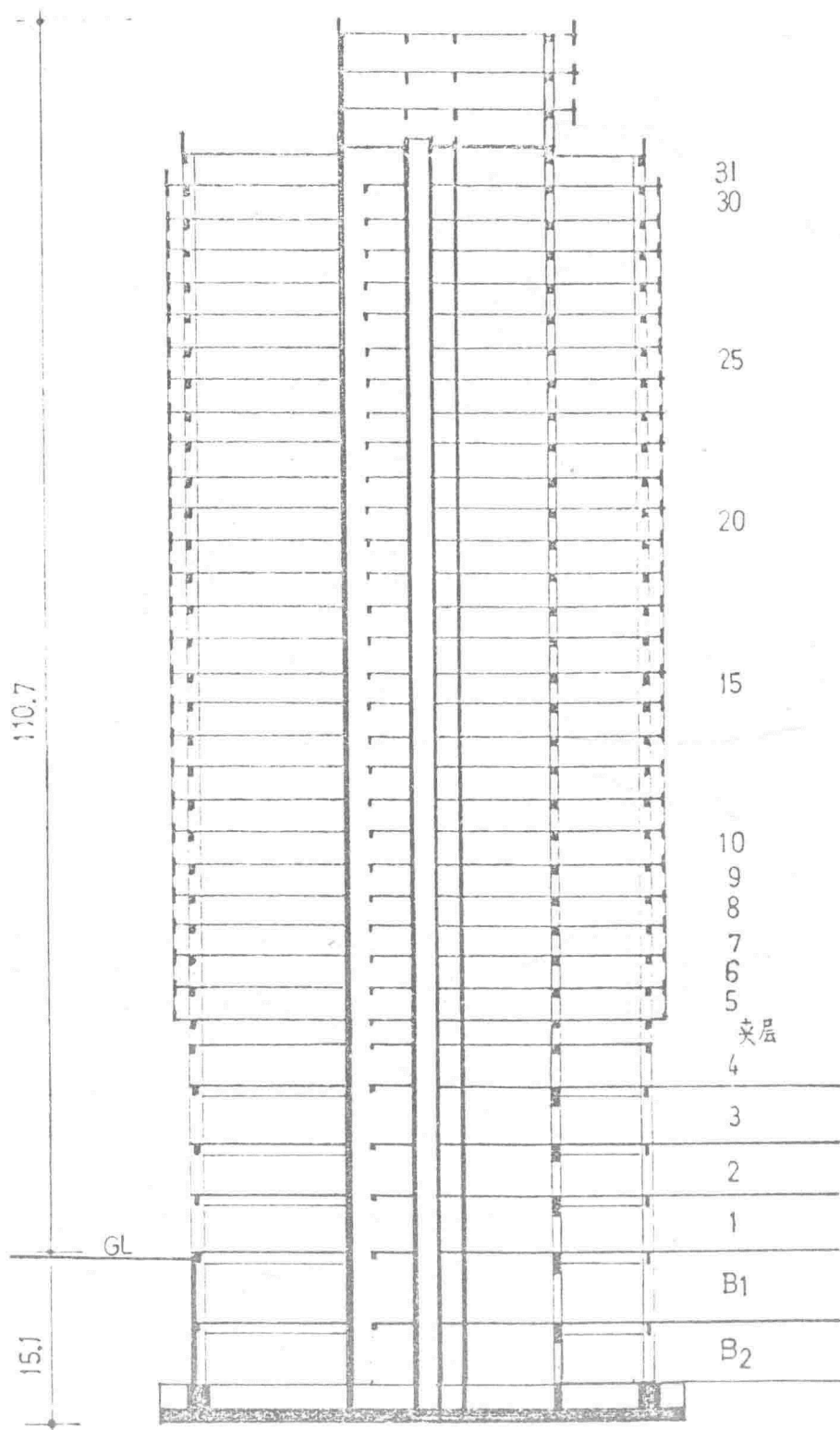
1. 配置劲性钢筋, 在四层以下柱内配置了焊接钢板柱, 断面为 450×450 mm, 板厚 3.2~1.2 mm;
2. 增加含箍率, 按螺旋形方式配置, 以加强柱的横向约束, 改善柱砼的强度和变形性能, 提高柱子的延性;
3. 适当提高柱子设计的安全度。采用上述措施克服由于高标号砼可能带来的砼脆性破坏的不利影响(图九)。



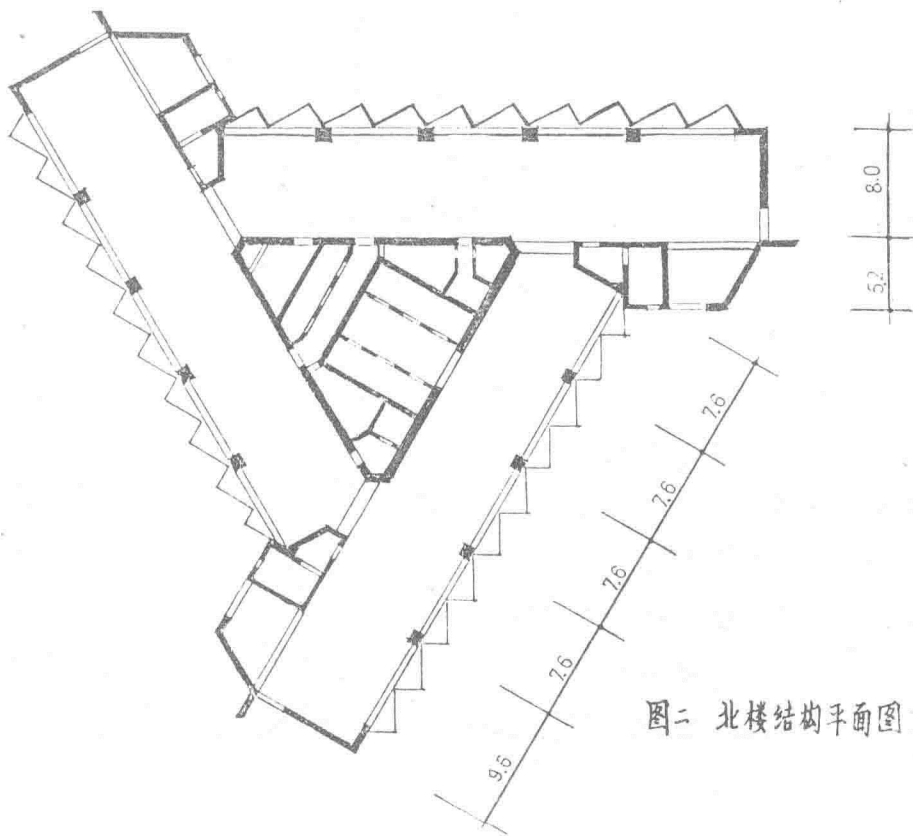
图一 平面示意



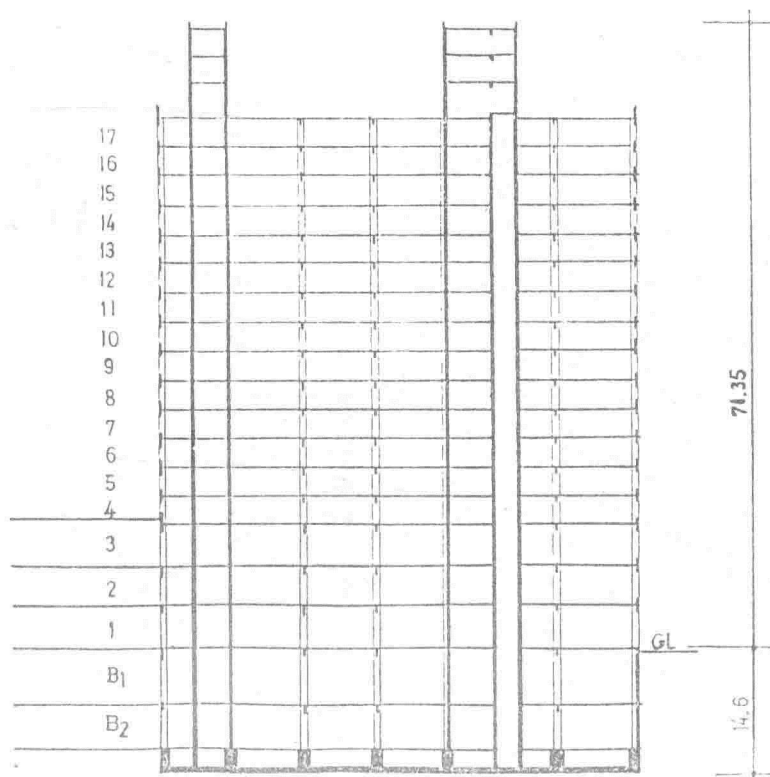
图二 南楼结构平面



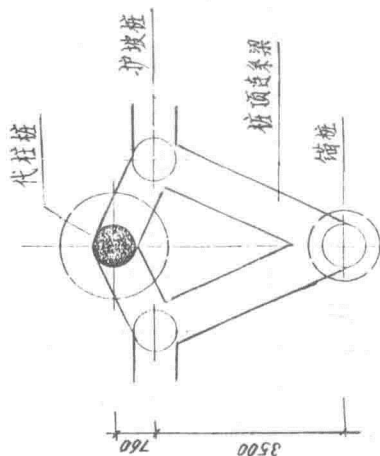
图三 北楼剖面



图二 北楼结构平面图

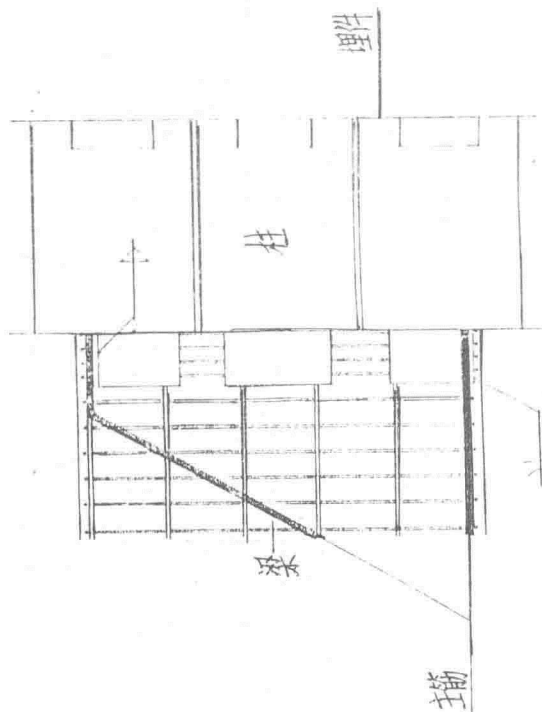


图五 南楼剖面

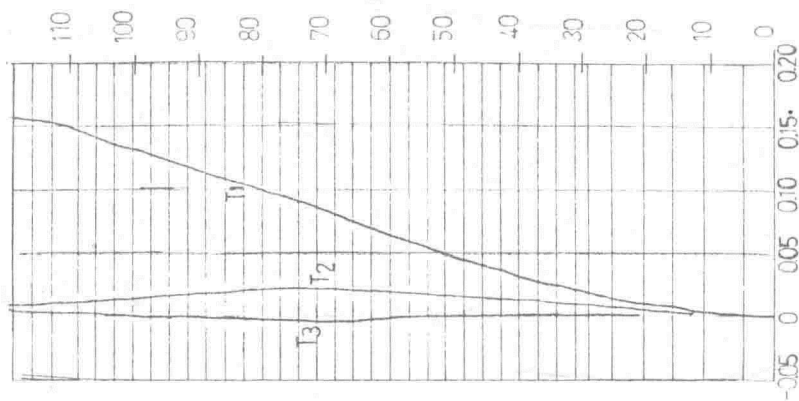


图七 锯房布桩平面示意

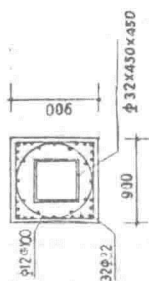
2 × 1600



图八 锯房梁桩节点大样



图六 北桩位投图



图三 北楼剖面

高层结构分析的样条单元法

范 重 龙双球

清华大学土木系

摘 要

本文针对高层建筑结构的特点,提出一种适用于高层建筑结构分析的样条单元。这种样条单元既有样条函数插值整体连续性强、待定系数少、逼近精度高的特点,又有通常有限单元使用方便灵活、适用性强的优点。这种单元可以广泛地应用于高层结构的力学分析,能以较少的计算量获得精度较高、光滑性好的解答,而且可以很方便地处理具有各种不规则几何形式开洞和边界条件的结构体系。

一、概 述

近年来,高层建筑结构在我国得到了很大发展。剪力墙结构是一种常见的高层建筑结构体系,与框架结构相比,它充分利用墙体在平面内的刚度,从而大大提高了结构的抗侧能力。Beck[1], Rosman[2], Coull 和 Pusi[3]用简化计算方法分析剪力墙结构,将连梁等效为沿高度均匀分布的链杆,用位移协调条件建立墙体的内力微分方程,将微分方程的解绘制成曲线用于设计。一般说来,由于简化计算方法都利用了一些基本假定,使用范围比较局限。随着电子计算机的发展普及,有限元法已成为结构分析中常用的有效工具。Girigavallahan[4]用三角形单元与矩形单元分析了双肢剪力墙在水平荷载下的内力与位移,使用了相当密集的网格。通常,用有限元法需要求解大型联立代数方程组,此外数据准备工作量也很可观。为了有效地减少计算量,必须根据结构的实际变形特点,构造新的单元。MacLeod[5]提出一种带结点转动自由度的矩形单元,用来解决平面应力单元与梁单元的衔接。Al-Machaidi[6]在结构总势能泛函中引入拉氏乘子,处理连梁与墙肢交接处的变形协调条件。文献[7]根据厚梁理论将连梁的剪切变形做为独立变量,因此在此矩形单元内引入转动自由度 $\psi = \frac{\partial u}{\partial y}$,从而合理地解决了平面单元与连梁连接问题。Chan 和 Cheung[8]提出一种高阶矩形单元,单元内横向为二结点线性插值,

纵向采用六结点 5 次多项式插值，单元高即为整个结构的高度，仅用很少几个单元就能分析整个结构，然而，一般说来，高阶多项式插值的数值稳定性差。Cheung[9] 提出结构分析的有限条法，大大减少了计算自由度。有限条法很适宜计算具有规则形式的结构，而在处理象有不规则开洞这类剪力墙结构（图 1）时，常常遇到麻烦。

本文在文献[10]的基础上，提出一种能广泛适用于高层建筑结构分析的样条单元。

样条单元是指单元上的位移是用样条函数在局部单元上插值而成的，各待定系数代表结点位移值或位移的导数值，位移在单元及由单元集合而成的整个区域上按样条函数变化。我们可以根据具体问题的特点，适当地选择单元在两个方向样条插值的次数，用较低次的样条函数、较少的自由度获得精度较高、光滑性较好的解

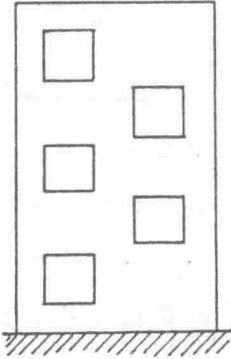


图 1

答。由于样条插值是在局部单元上完成的，所以象通常有限元法一样，样条单元能方便地处理各种开洞与约束条件。

二、平面应力样条单元

样条单元是指，插值函数是样条函数，插值过程在单个单元内完成，各待定系数代表结点处的函数值及导数值。对于高层建筑结构，竖向尺度往往比横向尺度大得多，所以建立单元分片样条插值时，适当地选择横、竖两个方向样条插值的次数，能有效地减少计算工作量。

1. 样条分段插值

设一两结点一维单元，在结点 i 处的函数值与导数值为 $u_i^a (i=1, 2, a=0, 1, \dots, d-1)$ ，其中 d 表示样条分段插值的次数，

$$u_i^a = D_x^a u(x_i), \quad D_x^a \text{ 表示对 } x \text{ 的 } a \text{ 阶导数。}$$

位移 u 的样条分段插值可以表示为

$$u = \sum_{i=1}^2 \sum_{a=0}^{d-1} ND_i^a(x) u_i^a$$

样条基函数 $ND_i^a(x)$ 由两点样条 Hermite 插值构成， $ND_i^a(x)$ 定义如下：