

钟善桐

白国良

主编

BEAM-TO-COLUMN FRAME CONNECTIONS OF
TALL-BUILDING COMPOSITE STRUCTURES
ANALYSIS AND DESIGN

高层建筑组合结构 框架梁柱节点分析与设计



人民交通出版社
China Communications Press

钟善桐
白国良
主编



高层建筑组合结构 框架梁柱节点分析与设计



人民交通出版社

China Communications Press

内 容 提 要

本书理论联系实际,分析了高层建筑组合结构框架梁柱节点的性能,阐述了节点的构造、设计方法和施工特点,同时还介绍了一些节点的试验成果并做了一定的分析,针对性和实用性较强。

本书适用于土建科研、设计、施工技术人员使用,也可作为研究生及大专院校学生参考用书,还可用作企事业单位中、高级技术人员培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

高层建筑组合结构框架梁柱节点分析与设计/钟善桐,
白国良主编. —北京:人民交通出版社, 2006.7
ISBN 7-114-06051-3

I.高... II.①钟... ②白... III.高层建筑-组合
结构-梁-节点-研究 IV.TU973

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 066441 号

书 名: 高层建筑组合结构框架梁柱节点分析与设计

著 作 者: 钟善桐 白国良

责任编辑: 邵 江

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010)85285656,85285838,85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×960 1/16

印 张: 13.25

字 数: 213 千

版 次: 2006 年 7 月第 1 版

印 次: 2006 年 7 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-114-06051-3

印 数: 0001—4000 册

定 价: 25.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



前言 QIANYAN

自从改革开放以来,高层建筑在我国各大城市相继出现,如北京、上海、广州、深圳等。这类高层建筑中,既有钢结构和钢筋混凝土结构,也有钢和混凝土的混合结构。根据我国当前的市场经济规律,采用混合结构的高层建筑占了很大一部分。

这些混合结构框架柱中有钢管混凝土柱,也有型钢(钢管)混凝土柱;而框架梁有钢梁、钢筋混凝土梁和型钢(钢管)混凝土梁等多种类型。这些梁和柱的连接更是种类繁多,既有合理的节点构造,也出现一些片面强调施工方便和节约材料的不尽合理的构造。

众所周知,框架的梁和柱是组成结构的骨干,受到设计者的重视,但把梁柱组合在一起的节点,其重要性并不亚于构件。如果节点发生破坏,梁柱构件再坚固,整个结构也必然破坏,甚至坍塌,这样的事故已屡见不鲜。当遭到强烈地震灾害袭击时,此类破坏尤为多见。1994年美国加州北岭(Northridge)大地震和1995年日本阪神(Kobe)大地震的震后调查报告表明,很多高层建筑中的梁柱节点破坏严重,造成了建筑物的严重损坏,甚至倒塌。由此可见,高层建筑中梁柱框架节点的设计应予以十分重视,必须保证满足强柱弱梁、节点更强的设计原则。

本书强调框架梁柱节点的设计必须满足框架设计中采用的力学模型。如假定梁柱节点为刚接或铰接时,节点的设计必须达到刚接或铰接的要求;否则,在使用中节点发生破坏将难以避免。更应提醒注意的是,要防止强调施工方便和节省材料的片面性,这违背了节点应更强的设计



原则。美国加州北岭大地震和日本阪神大地震的惨痛教训值得我们引以为戒。

本书从分析节点的工作性能出发,阐述了节点的合理构造和设计,包括钢管混凝土柱、型钢混凝土柱与钢梁、钢筋混凝土梁以及型钢混凝土梁的连接节点。同时,还介绍了一些节点的试验结果,并对一些试验结果作了一定的分析,可供设计工作者参考。

本书第一章、第四章的第一节由钟善桐编写,第三章、第四章的第二节(包括第一章第七节之二中“型钢混凝土节点的计算”)由白国良编写,第二章由杨春和吴轶编写。

符 号

材料指标:

- f_y ——钢材屈服强度;
- f_{ck} ——混凝土轴心抗压强度标准值;
- f_{cu} ——混凝土立方体抗压强度;
- $f、f_s$ ——钢材抗拉、抗压强度设计值;
- f_v ——钢材抗剪强度设计值;
- f_t ——梁端负弯矩钢筋的抗拉强度设计值;
- f_l ——加强环板钢材的抗拉强度设计值或插筋的抗压强度设计值;
- f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值;
- f_{sc} ——钢管混凝土的组合抗压强度设计值;
- f_{sc}^v ——钢管混凝土的组合抗剪强度设计值;
- f_r ——梁的翼缘或钢筋的抗拉强度设计值;
- f_v^w ——角焊缝的抗剪强度设计值;
- f_v^b ——高强度螺栓抗剪强度设计值;
- f_{ybk} ——梁的纵向钢筋抗拉强度标准值;
- f_{yav} ——缀材抗拉强度设计值;
- f_{yv} ——箍筋抗拉强度设计值;
- f_{ya} ——节点区型钢腹板的抗拉强度设计值;
- $E(E_s)$ ——钢材弹性模量;
- E_c ——混凝土弹性模量。

内力和应力:

- $M、V$ ——梁端弯矩、剪力值;
- V_{max} ——最大剪力;
- N ——轴向压力;
- T ——扭矩;
- M_p ——梁的塑性弯矩;
- $N_0、M_0$ ——节点的抗压、抗弯承载力设计值;
- $T_0、V_0$ ——节点的抗扭、抗剪承载力设计值;
- $T_t、T_c$ ——梁翼缘的拉力、压力;
- $N_{x,max}$ —— x 方向由最不利效应组合产生的最大拉力;



- N_y —— y 方向与 $N_{x,\max}$ 同时作用的拉力；
 V_n ——节点的抗剪强度；
 V_{wn} ——钢梁腹板的抗剪强度；
 V_t ——钢管的抗剪强度；
 V_{csn} ——节点区混凝土的抗剪强度；
 P_y ——屈服荷载；
 P_u ——极限荷载；
 $P_{\max}$ ——破坏荷载和所有加载循环时对应的峰值荷载；
 P_i ——第 i 次加载循环时对应的峰值荷载；
 σ_M ——弯应力；
 τ ——剪应力；
 τ_f ——角焊缝剪应力；
 τ_N ——轴向力引起的角焊缝剪应力；
 τ_M ——弯矩引起的角焊缝剪应力。

几何尺寸：

- A_s, A_c ——钢管、混凝土的截面面积；
 A_{sc} ——钢管混凝土柱的截面面积；
 A_f ——梁的翼缘面积；
 A_t ——梁端全部负弯矩钢筋的面积；
 A_{sb} ——梁端纵向钢筋的总截面面积；
 A_{sh} ——缀材面积；
 r_{co} ——混凝土的外半径；
 D, t ——钢管的直径和厚度；
 D_1, D_2 ——环板内、外直径；
 b_s, t_1 ——环板的宽度、厚度；
 b_2, t_2 ——加劲肋的宽度、厚度；
 b_f ——翼缘的宽度；
 h_b ——钢梁的高度；
 h_1 ——梁腹板或牛腿肋板的高度；
 t_w, h_{ww} ——型钢腹板的厚度、高度；
 b_j, h_j ——节点截面的宽度、高度；
 b_e ——钢管壁参加加强环受力的有效宽度；
 d, d_0 ——高强度螺栓直径、孔洞直径；



- c ——加强环板控制截面的宽度；
 h_f, l_f ——角焊缝的高度、计算长度；
 L ——柱的计算长度；
 L_b ——梁的跨度；
 L_a, L_{aE} ——混凝土规范、抗震规范规定的钢筋的锚固长度；
 v ——梁的挠度；
 v_1 ——按悬臂梁计算的梁的挠度；
 v_2 ——梁柱轴线夹角改变产生的挠度；
 Δ_b, Δ_r ——半刚接、刚接连接框架的侧移变形；
 Δ_y ——屈服位移；
 Φ, Φ_p ——梁端转角、塑性转角；
 I_n ——梁的截面惯性矩；
 W_{sc} ——钢管混凝土柱的截面模数；
 i_b, i_c ——梁、柱的线刚度；
 R_b ——节点的刚度；
 K_ϕ ——连接的转动刚度；
 θ ——梁端转角；
 S ——箍筋或缀材的间距。

计算系数：

- ξ ——套箍系数；
 $\alpha(\rho_s)$ ——含钢率；
 γ_v ——钢管混凝土柱剪力作用系数；
 β ——加强环双向拉力的比值；
 K_6 ——抗震加强系数；
 λ_i ——强度退化系数；
 γ_{RE} ——抗震承载力调整系数。



目录MULU

第一章 梁柱节点的分类和构造	1
第一节 组合构件的种类和特点.....	1
第二节 组合框架结构梁柱节点的种类.....	14
第三节 梁柱刚接节点的内力分析和构造.....	23
第四节 梁柱铰接节点的内力分析和构造.....	57
第五节 梁柱半刚接节点的内力分析和构造.....	60
第六节 组合柱和梁连接节点的抗震性能.....	75
第七节 梁柱连接的试验方法和节点区承载力的计算.....	93
第八节 组合构件的施工特点.....	97
第二章 钢管混凝土柱和梁的连接节点	100
第一节 钢管混凝土柱和钢梁连接的刚接节点.....	100
第二节 钢管混凝土柱和钢梁连接的铰接节点.....	110
第三节 钢管混凝土柱和钢筋混凝土梁连接的刚接节点.....	111
第四节 钢管混凝土柱和钢筋混凝土梁连接的铰接节点.....	121
第五节 钢管混凝土柱和钢筋混凝土梁连接的半刚接节点.....	127
第三章 型钢混凝土柱和梁的连接节点	131
第一节 空腹式型钢混凝土柱和梁的连接节点.....	132
第二节 实腹式型钢混凝土柱和梁的连接节点.....	135
第四章 组合结构梁柱连接节点的试验研究	145
第一节 钢管混凝土柱和梁的连接节点的试验研究.....	145
第二节 型钢混凝土柱和梁的连接节点的试验研究.....	173
结束语	196
参考文献	198



· 第一章 ·

梁柱节点的分类和构造

第一节 组合构件的种类和特点

众所周知,从力学的观点出发,钢材的优点是:抗拉、抗压强度都很高,强度和自重比很大,属于轻质高强材料。可以用来建造跨度很大的结构和高度很高的高层建筑。缺点是:用作受压构件时,承载力常取决于稳定,抗压强度得不到充分发挥。

混凝土在力学方面的优点是:抗压性能好。缺点是:强度低,截面大,自重也大;抗拉强度很低,不能承受拉力。用作受压构件时,由于截面大,通常无稳定问题,抗压强度可以充分利用。

在钢筋混凝土受弯梁中,把钢筋放在受拉区,受压区的混凝土充分发挥了它抗压好的优点,而受拉区的钢筋也充分发挥了它很高的抗拉承载力。这样的组合使用是钢材和混凝土两种材料合理应用的范例。

对于钢筋和混凝土组成的受压构件,既发挥了混凝土抗压性能好的优点,细长的钢筋在混凝土的包裹中也保持了稳定,抗压强度得到了充分发挥。这也充分体现了两种材料组合在一起应用的好处。

由此证明:把钢材和混凝土组合在一起使用,可以充分发挥两种材料的优点,相互克服和弥补彼此的缺点,是合理使用材料的成功经验,也是结构设计的发展方向。这可归纳为一种新结构——组合结构。

钢筋混凝土结构也属于组合结构。但它出现得较早,且已形成本身的结构体系。因此,本书所提的组合结构包含的范围是:钢管混凝土结构、型钢混凝土结构和钢-混凝土组合梁三部分。



一、钢管混凝土结构^[1]

在钢管中浇灌混凝土,形成了钢管混凝土构件。这是把两种材料融合在一起而组成的组合构件。

钢管混凝土构件在承受轴心压力作用时,截面保持平面,钢管和混凝土共同受力而产生纵向变形。众所周知,材料在产生纵向变形的同时,必将产生横向变形,横向应变与纵向应变之比称泊松比或横向变形系数(钢材的泊松比以 μ_s 表示,混凝土的横向变形系数以 μ_c 表示)。

钢材的泊松比 μ_s 在弹性阶段变化很小,平均值为 0.283。进入弹塑性阶段后到屈服应力时,由 0.283 逐渐增大到 0.5,然后保持 0.5 不变(在屈服台阶阶段)。混凝土的横向变形系数 μ_c 则随纵向压应力的增大而变化,由低应力时的 0.167 到抗压强度时逐渐增大到 0.5 及更大。试验证明,在钢管混凝土中,当钢管的纵向压应力 σ_3 接近钢材的比例极限时, $\mu_c \approx \mu_s$ 。随后,随着轴心压力的增加,钢管和混凝土的应力都增加,而 $\mu_c > \mu_s$,钢管的横向变形小于核心混凝土的横向变形;这时混凝土的横向变形受到钢管的约束,由此产生了相互间的紧箍力 p 。这时,核心混凝土处于三向受压状态($\sigma'_1, \sigma'_2, \sigma'_3$),而钢管处于纵向和径向受压(σ_2, σ_3)而环向受拉(σ_1)的三向应力状态,如图 1-1 所示。

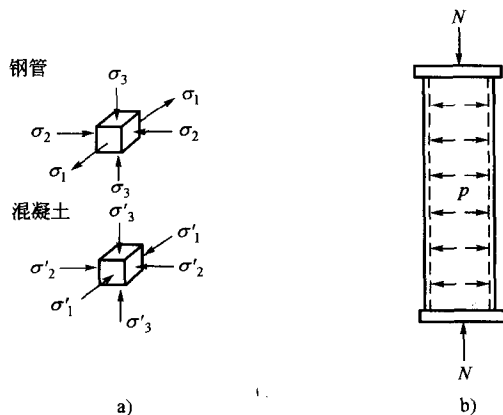


图 1-1 管内混凝土三向应力状态

由混凝土抗压试验可见,达到抗压强度时,试块纵向开裂,呈脆性破坏。混凝土的抗压强度越高,脆性就越显著。但钢管内的混凝土由于受到钢管的约束,属于三向受压应力状态,三向受压混凝土不但纵向抗压强度得到提



高,而且弹性模量也得到提高,并增加了塑性,工作性能起了质的变化。

图 1-2 为混凝土的本构关系示意图。图中曲线①为三向受压时,纵向应力与应变的关系;当径向应力为零时,纵向应力与应变的关系为曲线②;当径向和环向应力皆为零时,得单向应力状态下的纵向应力与应变的关系,如图中曲线③所示。由此可见,钢管内的混凝土由于受到钢管的约束,而处于三向受压时,其抗压强度和弹性模量都有很大的提高。

对于钢管来说,在纵向轴心压力作用下,属于异号应力场;如果忽略不大的径向压应力,可按纵向受压(σ_3)、环向受拉(σ_1)来考虑。图 1-3 所示为 Mises 屈服椭圆,第四象限为纵向受压环向受拉时的应力状态。由于环向拉应力的存在,其纵向抗压强度将下降,小于单向受压时的屈服应力。但钢管是薄钢管,单向受压时,其稳定承载力受管壁局部缺陷的影响很大,远远低于理论临界应力计算值。当管内填入混凝土后,由于混凝土的密贴,充分保证了钢管不会发生局部屈曲,可使折算应力达到钢材的屈服强度,由此得以充分发挥钢材的强度承载力。

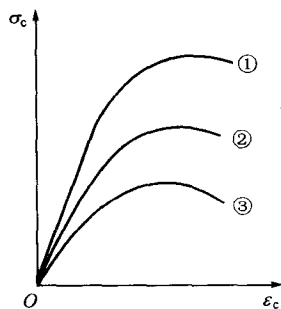


图 1-2 混凝土应力和应变关系示意图

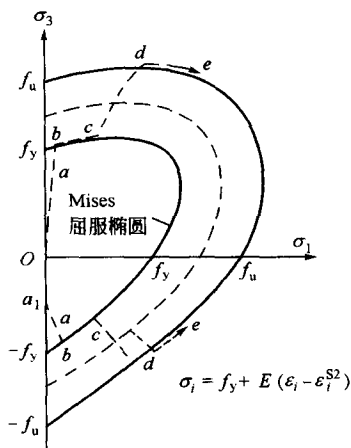


图 1-3 Mises 屈服椭圆

由此可见,钢管混凝土构件中混凝土和钢材消除了彼此的弱点,充分发挥了二者的强度承载力,可以说是钢管和混凝土两种材料的最佳组合利用。

此外,由于核心混凝土的存在,使构件的抗火性能大大提高,也使钢管遭受环境腐蚀的接触面减少了一半。对于管内混凝土而言,由于承载力的提高,比钢筋混凝土构件约可减少 1/2 甚至更多的混凝土。不但节约了大量混凝土,而且减轻了结构自重,减小了对基础的压力及地震反应,将取得



十分明显的经济效益。

众所周知,混凝土立方体试块在均布压力作用下,如果在上、下两面涂上油脂,消除摩擦力,则在试件纵向压缩变形的同时,产生横向拉伸变形。由于混凝土的抗拉强度很低,试件将开裂成片状破坏。若试件两端面不涂油脂,由于摩擦力的作用,相当于两端有了箍的作用,试件将呈锥形破坏。

在钢管内的混凝土,因四周受到钢管的约束,在轴心压力的作用下,混凝土或剪切破坏或被压碎。但是,混凝土的抗压强度高于抗剪强度,显然应该先受剪破坏。如果钢管对混凝土的约束力很强,则将抑制混凝土,直到混凝土被压碎。

管内混凝土究竟以何种形式破坏,近似地可用套箍系数来衡量,套箍系数 $\xi = A_s f_y / (A_c f_{ck}) = \alpha f_y / f_{ck}$ 。这里, A_s 和 A_c 分别是钢管和混凝土的面积, f_y 和 f_{ck} 分别是钢材和混凝土的抗压强度标准值。 $\alpha = A_s / A_c$ 是含钢率。笼统地说,套箍系数 ξ 大时,钢管对内部混凝土的约束力很大,抑制了混凝土的剪切破坏,钢管混凝土短试件将以压曲呈腰鼓形破坏。套箍系数 ξ 较小时,钢管对内部混凝土的约束力不大,钢管混凝土短试件将以上下交错鼓凸而剪切破坏。

不过,套箍系数的变化还要看是钢管的承载力 $A_s f_y$ 分子的变化,还是混凝土的承载力 $A_c f_{ck}$ 分子的变化。因为混凝土抗压强度的提高,伴随着混凝土本身脆性的提高;这时套箍效应的提高效应就减小了。因而,由套箍系数的大小来推断钢管混凝土的整体性能,只能是相对的,是在常用的含钢率范围内的近似关系。

对圆钢管混凝土构件整体来说,套箍系数 $\xi \geq 1$ 的轴压短柱 ($L/D = 3 \sim 3.5$, 此处 L 和 D 分别为构件的计算长度和直径),经分析和试验证明,荷载和变形关系全曲线具有很好的塑性性能,且无下降段。试件大都呈腰鼓形破坏,少数为剪切破坏(图 1-4)。在反复循环荷载作用下,可只控制构件的长细比,可不限轴压比。对高层和超高层建筑来说,这种长细比的限制常可得到满足。可见,圆钢管混凝土构件的抗震性能很好,远胜于钢筋混凝土柱,也优于钢柱。因为,在高层建筑中的钢柱,虽采用了厚钢板,其厚度甚至于超过 100mm,但在强烈的地震作用下,钢柱的组成板件还会发生局部屈曲而导致钢柱破坏;因此,也要限制轴压比。

除此以外,钢管混凝土柱中采用的钢板厚度较薄,即使达到三、四百米高度的超高层建筑,采用的钢管厚度也不会超过 40~50mm,不要求有 Z 向性能保证的钢材,因此钢材的价格较低,且加工和焊接也都较易,节省了加工费用。

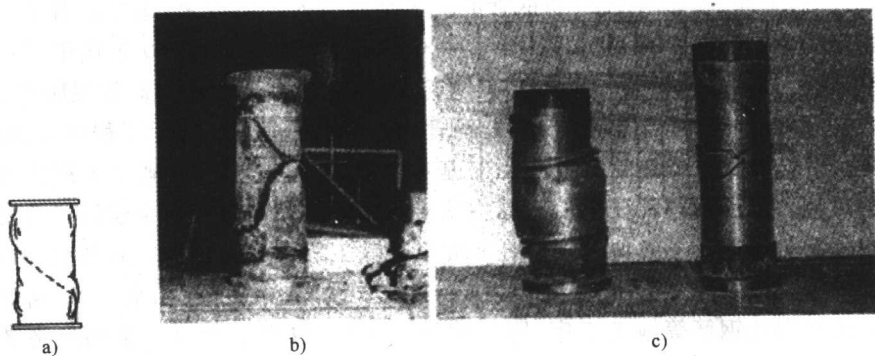


图 1-4 圆钢管混凝土轴压短试件的破坏形式

总之,钢材与混凝土组合成钢管混凝土构件,不但充分发挥了两种材料的优点,相互弥补了对方的弱点,而且还显示了新的优异的工作性能:抗压强度高、塑性性能好、抗震性能优异。堪称是一种优质、高强、经济合理的构件。

钢管混凝土构件之所以具有上述突出的优点,其根本原因是在轴心压力作用下,钢材与混凝土之间产生了相互作用的紧箍力的缘故。当然,这种构件适宜用作轴心受压构件或小偏心受压构件,不宜用于受拉,也不宜用来受弯。对于大偏心受压构件,可采用双肢、三肢、四肢或更多肢的格构式构件,把偏心压力转变为轴心力,才能使钢管混凝土发挥其优点和长处。

钢管混凝土构件以圆形的应用最多,也有采用方形、六边形和多边形等截面的。显然,方形和多边形截面的构件在轴心压力作用下,核心混凝土的向外横向变形使各个边产生弯曲变形。因而,各边所受的紧箍力较小,分布又不均匀。因此,由紧箍效应产生的一系列优异性能也较差,抗压承载力也就较低。所以,以圆钢管混凝土构件的组合性能最好,由圆形到多边形到方形,优异性能逐渐下降,而以方钢管混凝土构件的组合性能最差,见图 1-5。

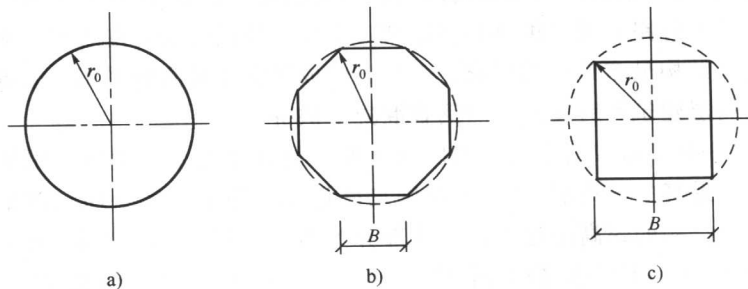


图 1-5 圆形、八边形和方形截面形式



自 20 世纪 60 年代中期钢管混凝土结构引入我国以来,迄今已有半个世纪。它在我国的应用和发展历经两个阶段^[1],即 20 世纪 60 年代中期到 80 年代中期的应用推广阶段和 20 世纪 80 年代中期迄今的提高发展阶段。

在应用推广阶段中,主要是把钢管混凝土结构应用于实际工程中,同时进行一些圆钢管混凝土轴心受压时基本性能的试验研究,以确保工程的安全可靠。最早应用钢管混凝土结构的实际工程是鞍山第三冶金建设工业公司预制构件厂制管车间的框架柱和北京地铁工程中的站台柱。后者由于钢管混凝土柱的承载力高,截面小,增加了地下的有效使用空间;而且,不需要支模和绑扎钢筋等施工工序,因而缩短了工期,取得了十分显著的经济效益。从此,钢管混凝土结构在我国得到了推广和应用,被广泛用于单层工业厂房柱,高炉和锅炉构架柱,多层工业厂房柱和送变电构架柱等,工程遍及全国各地的冶金工业、造船工业、机械工业和电力工业等部门,总数达到上百个工程。

自 20 世纪 80 年代中期开始,随着我国改革开放政策的实施,钢管混凝土结构在我国的发展进入了提高发展阶段。在此阶段中,1985 年和 1988 年在我国举行了两次有关钢管混凝土结构的国际学术讨论会,并于 1988 年组建成立了国际钢-混凝土组合结构合作研究协会,我国当选为第一和第二届主席国。在国内,1986 年建立了中国钢结构协会下的钢-混凝土组合结构分会;到 2006 年,国际协会已在世界各地先后举行了八次国际学术讨论会,而国内协会也已在全国各地先后举行了十次学术讨论会。这些学术讨论会的举行,对促进钢管混凝土结构在国内外的的发展起了相当大的作用。

在此阶段,钢管混凝土结构除继续在工业建筑物中得到进一步的推广应用外,还进入了高层建筑和公路与城市拱桥建设中,而且发展十分迅速。迄今为止,采用钢管混凝土柱的高层和超高层建筑已达 60 多幢;采用钢管混凝土拱的公路和城市拱桥则多达 200 多座。我国已成为在工程中应用钢管混凝土结构最多最广的国家。而且还建成了世界最高的采用钢管混凝土柱的超高层建筑和跨度最大的钢管混凝土拱桥。

如 1999 年建成的深圳赛格广场大厦^[2]是迄今为止全世界采用钢管混凝土柱的最高的超高层建筑,是我国自己设计和施工的第一座全部采用钢管混凝土结构的超高层建筑。塔楼部分为地下 4 层,地上 72 层,地上至屋顶高 291.6m(不计旗杆);裙房为地下 4 层,地上 10 层;总建筑面积 175000m²。裙房和塔楼中的全部柱子都采用了圆钢管混凝土柱,包括塔楼



中心的 $21\text{m} \times 21\text{m}$ 的抗震核心筒也是由 28 根圆钢管混凝土柱密排组成。图 1-6 所示为竣工后的照片。

迄今为止,我国已建成的采用钢管混凝土柱的高层和超高层建筑主要集中在广州、深圳、福州、天津和湛江等城市,其他城市也有,如北京、上海、厦门、武汉、重庆、哈尔滨和昆明等。我国采用钢管混凝土柱的高层建筑还在不断增加中。

《钢管混凝土结构设计施工规程》(CECS 28:90)中对采用钢管混凝土结构的抗震等级的规定如表 1-1 所列。同时还对采用钢管混凝土结构



图 1-6 深圳赛格广场大厦

高层建筑的最大适用高度也做了规定。表 1-2 是楼盖为钢筋混凝土梁板,框架柱为钢管混凝土柱时的高层建筑的最大适用高度。表 1-3 是楼盖为压型钢板组合楼盖,框架柱为钢管混凝土柱时的高层建筑的最大适用高度。

钢管混凝土结构的抗震等级

表 1-1

结 构 体 系		烈 度										
		6			7			8			9	
框架	高度(m)	≤30	>30		≤30	>30		≤30	>30		≤35	
	框架	四	三		三	二		二	一		一	
框架- 剪力墙	高度(m)	≤60	>60 ≤140	>140	≤60	>60 ≤130	>130	≤60	>60 ≤100	>100	≤50	>50
	框架	四	三	二	三	二	一	二	一	一	一	特一
	钢筋混凝土剪力墙	三		二	二		一	一		特一	一	特一
	钢管混凝土剪力墙	三		二	二		一	一		特一	一	特一
	部分框支剪力墙											
部分 框支 剪力 墙	高度(m)	≤80	>80 ≤120	>120	≤80	>80 ≤100	>100	≤80		>80	—	
	非底部加强 部位剪力墙	四	三	二	三	二	一	二		一		
	底部加强 部位剪力墙	三	二	一	二		一	一		特一		
	框支层框架	二		一	二		特一	一		特一		



续上表

结构体系			烈 度							
			6		7		8		9	
筒体	框架- 核心 筒	高度(m)	≤150	>150	≤130	>130	≤100	>100	≤70	>70
		框架	三	二	二	一	一	一	一	特一
		钢筋混凝 土核心筒	二	二	二	一	一	特一	一	特一
		钢骨混凝 土核心筒	二	二	二	一	一	特一	一	特一

- 注:1. 框架的抗震等级适用于钢筋混凝土梁和钢筋混凝土柱和钢管混凝土柱;
2. 建筑场地为Ⅰ类时,除6度外可按表内降低一度所对应的抗震等级采取抗震构造措施,但相应的计算要求不应降低;
3. 接近或等于高度分界时,应允许结合房屋不规则程度及场地、地基条件确定抗震等级。

钢筋混凝土楼盖钢管混凝土结构的最大适用高度(m) 表 1-2

结构体系		非抗震设计	抗震设防烈度			
			6	7	8	9
框架		80	70	65	55	35
框架-钢筋混凝土剪力墙		220	180	170	140	50
框架-钢骨混凝土剪力墙		240	210	190	160	60
部分框支剪力墙		150	140	120	100	不应采用
筒体	框架-钢筋混凝土核心筒	240	200	180	140	70
	框架-钢骨混凝土核心筒	260	230	200	160	80

- 注:1. 建筑物高度指室外地面至顶层屋面高度,不包括突出屋面的电梯机房、水箱、构架等高度,当室外地面有不同标高时,以低点计;
2. 表中框架指采用钢管混凝土柱的框架;
3. 表中高度适用于沿结构全高框架采用钢管混凝土柱的建筑,仅底部若干层采用钢管混凝土柱时,最大适用高度应降低;
4. 部分框支剪力墙结构指地面以上有部分框支剪力墙的剪力墙结构,其框支柱为钢管混凝土柱;
5. 平面和竖向均不规则的建筑或位于Ⅳ类场地的建筑,表中数值宜降低20%采用;
6. 乙类建筑可按本地区抗震设防烈度确定适用的最大高度;
7. 甲类建筑,6、7、8度时宜按本地区设防烈度提高一度后符合本表的规定,9度时应专门研究;
8. 房屋高度超过表中数值时,结构设计应有可靠依据,并采取有效措施。