

# STEEL CONSTRUCTION TODAY & TOMORROW

(第 31 期, 2010 年 11 月)  
日本钢铁联盟与日本钢结构协会会刊

## 中文版

*STEEL CONSTRUCTION TODAY & TOMORROW* 是每年出版 3 期的英文版刊物, 面向全球各相关企业与部门发行。本刊物的目的是介绍建筑、土木工程领域的钢结构相关规格、规范以及先进的项目实例、最新施工技术及材料等。

为了更便于中国的读者理解这些内容, 我们以文章部分为中心编辑了中文版, 与英文版一并提供。有关文中的图表与照片, 我们仅翻译、刊载了标题。有关具体内容, 请参照英文版。另外, 也请参照英文版确认技术性说明和具体内容。

## 第 31 期 (2010 年 11 月) : 目录

钢架结构的技术动向和展望 ..... 1~2

### 特刊: 东京天空树

创造超越时空的景观 ..... 3~4

结构概要 ..... 5~9

建筑施工 ..... 10~13

高强度钢管 ..... 14~15

建筑结构用 CFT 钢管柱 ..... 16~18

东南亚钢结构研讨会 ..... 封 4

(1~2 页)

## 钢架结构的技术动向和展望

千叶工业大学名誉教授  
森田耕治

### 抗震结构的普及

对在 2000 年度至 2006 年度上半年期间设计的 60m 以上高度钢架结构超高层建筑采用的抗震装置及免震装置的比例如图 1 所示。使用的各种减震器的比例如图 2 所示。

关于采用的减震器种类, 作为滞回型减震器, 具有使用屈服点下限值(抗拉强度的下限值)为 80(200)、205(300) N/mm<sup>2</sup>的低屈服点钢材的钢板抗震墙、间柱及部分 Y 形支撑的剪切屈服板以及低屈服点钢材、将 SN490B 用于支撑材料的压屈加劲支撑等, 各年度的采用比例为超过 40%至不足 65%。作为粘性型减震器, 具有通过粘性材料的剪切变形吸收能量、以及采用油缸和活塞机构的油减震器等, 各年度的采用比例为不足 30%至超过 40%。此外, 新型减震器的开发在积极推进, 在设计中采用的倾向增加。

对于中低层钢架结构建筑, 根据建筑物的用途及重要程度, 使极限地震的设计用输入地震动强度的设定大于一般建筑物, 采用降低损伤程度的设计条件时, 对骨架采用滞回型减震器等控制骨架损伤的设计方法, 以这些措施为主。在其普及方面, 适用于中低层钢架结构建筑, 进一步开发灾后修复性好的减震器、以及减震器与骨架施工性良好的配合细节的开发等将成为重要课题。

图 1 采用了减震装置、免震装置建筑物的比例

图 2 各种减震器的比例

### 钢材的高强度化、多样化

除了屈服点下限值(抗拉强度下限值)为 235(400)、325(490)、355(520)、440(590) N/mm<sup>2</sup>的常规钢材之外, 最近, 关于屈服点下限值(抗拉强度下限值), 作为钢板及圆形钢管为 385(550)、400(490) (但是钢板为  $f_{HAZ} \leq 0.58$ )、440(590) (但是钢板为 SA440 的常规钢材)、500(590)、630(780)、700(780) (但是仅限钢板 H-SA700) N/mm<sup>2</sup>级钢, 作为方型钢管为 385 (550)、400(490) (但是  $f_{HAZ} \leq 0.58$ )、440(590) N/mm<sup>2</sup>级钢的钢材获得了大臣的认可, 虽然也包含

了具有结构设计方法认可条件的钢材, 但屈服点强度从 235 N/mm<sup>2</sup>级到 700N/mm<sup>2</sup>级分布在较广范围。另外, 作为屈服点强度从 325N/mm<sup>2</sup>级到 440N/mm<sup>2</sup>级的钢板, 开发了大输入热量焊接对策钢材。此外, 这些钢材的屈服点下限值为 325N/mm<sup>2</sup>以上, 利用对板厚 40mm 以上厚板采用水冷型热加工控制工艺 (TMCP)、或者在第一次淬火后继续进行双相域淬火及回火处理(QQ'T)制造的钢材。但是, 在这些钢材中, 对于拉伸强度的下限值为 780N/mm<sup>2</sup>级钢, 可期待焊接施工性良好、焊接金属对于母材不会欠匹配、以及可保证韧性值的各种焊接材料的进一步开发。另外, 对于这些钢种的钢材及焊接部位的机械特性等的统计数据, 需要作为设计资料进行整理。

用于钢架系超高层建筑支柱的最高强度(抗拉强度的下限值)的钢材比例如图 3 所示。如果对这些钢材按制造工艺分类, 轧制钢材的 325(490)N/mm<sup>2</sup>级钢为 30%左右, TMCP 钢材的 325(490)、355(520)、385(550) N/mm<sup>2</sup>级以及 QQ'T 钢材的 440(590) N/mm<sup>2</sup>级钢约为 70%。此外, 最近 QQ'T 钢材的 630(780) N/mm<sup>2</sup>级钢作为具有大跨度的超高层建筑、考虑了塑性范围的重复特性的钢板抗震墙, 另外, 将弹性限界作为设计条件的厚壁大断面混凝土填充钢管柱被采用。除了在本刊介绍的在建东京天空树项目采用的 630(780) N/mm<sup>2</sup>级钢之外, 适材、适地采用了多种厚壁大断面圆形钢管。

图 3 柱的钢材最大强度

对于结构部件, 根据设计所要求的性能, 在这些多样化钢材中妥善选择, 有望实现结构设计自由度的大幅度扩展。钢架结构是最适合创造自由空间的结构类型, 可以期待通过钢架结构实现新型空间的需求。

### 结构设计人员与钢架构件制造公司的协作

作为钢架构件制造公司, 具有能够以厚壁大断面采用高强度钢材部件按三维、高精度制造复杂配合的结构钢架构件的公司, 以及主要制造成型方型钢管柱 H 梁刚架结构钢架构件的公司, 这些公司分别积累了制造专有技术, 并且不断提高保证钢架构件质量的能力水准。这是在各企业开展企业活动的基础上, 由社团法人全国钢构件工业协会及社团法人钢构件建设业协会不断推进的技术开发和普及活

动以及技术人员培训活动发挥了重要作用。

设计人员与钢架构件制造公司定期进行技术信息交流，加深合作关系，将来自钢架构件制造公司有关钢架构件制造的技术性提案积极地反映到设计中，实施便于制造的钢架构件设计，由此可期待建筑钢结构的设计和制造技术的进一步发展。

此外，作为钢架构件制造公司，包括对低碳社会作出贡献的认识，在焊接施工中通过修改焊缝标准减少焊接量以及焊接修整等，并且推进产品搬运较少的顺畅制造工序管理等推进强化节能制造活动。对此，设计人员、施工公司必须开展协作，及早决定有关设计变更、工艺变更以及修整、设备、临时设置构件等相互配合的详细内容，避免对钢架构件制造工序造成影响。

东京天空树的钢架构件详细设计和制造是结构设计人员与钢架构件制造公司技术人员合作的良好实例，是通过结构设计人员的先进设计技术、与钢架构件制造公司的高超制造技术和钢架构件质量保证能力的协同作业实现的。



## 特刊：东京天空树

(3~4 页)

### 创造超越时空的景观

株式会社日建设计  
设计部门设计合作者  
吉野繁

东京的东部面向隅田川的业平桥、押上一带，曾经是江户文化繁荣昌盛的地区。东武铁道公司制定了该塔的建设计划，于 2005 年 2 月将本项目向广播事业单位和墨田区提出。本项目起步时，客户首先提出的要求是希望在该地区建造“超越时空的景观”。在此后的设计期间，我们始终不断寻求实现该主题的手法。

### 在传统街区建造东京天空树

东京天空树®耸立在东京都墨田区的业平桥、押上地区，四周被浅草、向岛等传统街区环抱，是东武线、地铁、以及水上巴士等往来交通的枢纽。这座铁塔是发射地面数字广播信号等的电波塔，并且期待与具有浓郁江户文化色彩的观光胜地浅草配

合，成为振兴传统街区和其文化的地标。对此，我们就铁塔与该地点的地势建立密切关联进行了讨论。建造的计划地点位于由超越时代孕育着悠久历史的隅田川、荒川、以及在南侧东西分布的铁路及干线道路等交通轴所围起的三角形地势中心。将这 3 条城市轴线相交形成各种“大道”集中的焦点作为本塔的位置。本塔面对这些大道，从正面迎接人们的到来，对底部考虑了三角形平面结构。

这种采用 3 足建立在基础上的结构体令人联想起在古代中国的礼仪中使用的鼎（采用 3 足可在任何地点自立），给人以稳定感。此外，三角形是在该地点能够获得本塔最大底部宽度的形状，并且能够以最少的构件数量获得稳定的结构。另外，关于减少对周围地区的压迫感等也加以考虑。另一方面，对于上部展望台，考虑到来访的民众希望看到自己住处的心愿，重视 1 周 360 度都能够看到关东地区的性能，因此认为采用圆形最为适当。对于安装天线的部分，采用圆形便于在任何方向的安装，为了在受到外力时使结构保持稳定，圆形也具有能够对来自各方向的外力以良好的平衡应对的理由。所以在平面上，从低层部分的三角形向高层部分过渡到圆形逐渐变化，诞生了世界上史无前例的本塔形状。

### 变化的铁塔形状

从三角形向圆形的变化，在铁塔的设计中诞生了存在于日本传统文化的“弯曲”以及“外展”的形状。低层部分的三角平面在距离地面约 300m 处变为圆形，从侧面看，源自三角形顶点的线条分别从地面向着地上 300m 描绘出柔和的凹形圆弧。该棱线犹如日本刀所呈现的“弯曲”形状。此外，源自 3 个边部分的线条勾勒出柔和的“外展”凸形圆弧。这些造型与寺院建筑列柱所具有的中央逐渐凸出的形状相同。看上去虽然简单，但本铁塔的曲面非常复杂。

### 超越时空

世界上著名的铁塔一般建造在诸如埃菲尔铁塔位于明确的城市轴线上、以及诸如伦敦 CN 塔和上海电视塔等位于湖畔及海滨的位置。

作为在平面以相似形状展现的铁塔风景，矗立在地面上作为立面形状的“远景”、以及从底部向上看去以天空为背景的“近景”，给人们留下对该塔的记忆。

另一方面，东京天空树在隅田川对岸的“远景”，

将成为在记忆中留下的代表性风景。此外，在来自传统街区各个方向的“大道”至铁塔下的“近景”之间，产生了从三角形向圆形变容的“弯曲”以及“外展”的独特形状和变化。随着观察地点的不同，呈现各种景观的铁塔与在街区空间萌发的传统街区的“粹”以及江户街区风土文化所具有的自由、变化、以及个性联动，不但创造了铁塔单独的新风景，而且可以期待实现汇集了传统街区个性的风景。

我们在继承了日本的传统美感和地域文化的同时，运用先进技术和史无前例的设计手法建造这座铁塔，在该地区创建了新的风景，这不正是对“超越时空的景观”主题的一个体现吗？

图：东京天空树的建设地点

图：东京天空树立面图

照片：东京天空树俯瞰图



(5~9 页)

## 东京天空树的结构概要

株式会社日建设计  
庆伊道夫、小西厚夫、加贺美安男、  
渡边一成、中西规、江坂佳贤

高度达 634m 的“东京天空树®”于 2008 年 7 月在东京墨田区动工。该塔计划于 2012 年春开业，成为地面数字广播用铁塔，同时作为实现“富足的社会”的标志而建设。

### 东京天空树计划的概要

#### ■计划地点的概要和设施配置计划

本计划地点为押上、业平桥站的周边地区，基本上位于墨田区的中心。来自上野、浅草经由吾妻桥地区到达本地区的中心轴线，与来自锦丝町站周边地区至曳舟站周边地区的南北轴线在这里交叉。

设施配置计划分为 3 个区域（图 1），包括主要作为商业店铺（地区利用）的西街区、作为商业店铺（观光利用）和办公室的铁塔街区、以及东街区。铁塔设置在计划地点的中央，将成为具备巡回游览性和繁华的综合设施核心。

图 1：总体配置图

### 设计载荷与设计目标

#### ■风载荷

##### 1. 针对自然风高度方向特性的设定

由于本塔南侧约 8km 是东京湾，以及塔高达 634m，因此考虑反映周围街区地表面粗度的地表面分阶层不可能十分发达，所以采用粗度区分 II。

分阶层高度设定存在于计划建筑物的上侧，对于平均风速剖面，采用建筑物载荷准则、该解说（日本建筑学会 2004 年版，以下简称“学会准则”）的幂次定律分布对于 ZG 以上高度也可外插计算了平均风速。

对于风的强度、风的紊乱在高度方向的分布，与平均风速剖面同样，对 ZG 以上高度也可外插学会准则。但是，对于风的紊乱，作为最低 10% 设定了下限。

##### 2. 设计中预测的暴风和设计用风载荷的设定

设计中预测的暴风如表 1 所示。对于各级暴风对计划建筑物作用的风力，对 2 级暴风按照图 2 的步骤计算等价静态风载荷，然后对 1 级和 3 级，按照与基本风速的 2 次方成正比计算。

表 1：暴风级别的再现期间和相当于基本风速的平均风速

图 2：能谱的比较

#### ■地震载荷

##### 1. 地震时结构安全性的讨论方针

由于塔高达 634m，高次模式及构件的轴伸缩影响较大，因此通过在通常的超高层建筑设计中进行的“响应层剪切力的包络载荷”定义设计用地震载荷并不适当。为此，铁塔在地震时的结构安全性如表 2 所示。

对采用地震波按构件级别实施时间响应解析，对全部构件均验证了安全性。

##### 2. 采用地震动

关于设计用地震动的选定，除了在通常的超高层大楼设计中采用的预告波、观测波以外，设想所谓长周期地震及内陆型垂直下方地震在附近发生的情况，制作所谓模拟地震波进行了讨论。对于采用地震波的部分响应能谱如图 3 所示。

表 2：采用地震波

图 3：能谱的比较

## ■设计目标

关于铁塔的设计如表 3 所示，对于 2 级的地震及风载荷，除了连接部位等以外，按照构件应力在弹性范围内设计。

此外，有关结构安全性，在上述设计目标以外，作为电波塔用途所必要的结构性能在此省略。

表 3：设计目标

## 上部结构的设计

### 1. 关于架构计划

在中央配置钢筋混凝土结构的圆筒形楼梯室（心柱），以围在周围的方式配置内包电梯及 EPS 等钢构架塔芯（中塔、内塔）。其外侧由钢管构成桁架结构，在平面上从底部的正三角形向圆形变化。

在底部的正三角形的角部配置由 4 根主构件构成、成为鼎桁架的桁架，并且如图 5 所示，采用在水平面连接该桁架的结构。对于地震力及风载荷，主要通过该鼎桁架及外周架构（外塔）承受。（图 4）

图 4：架构图

图 5：平面图

### 2. 使用的钢材

用于铁塔主要构件的钢材如表 4 所示。在本次设计中，不仅由于结构体的高度高，而且因场地的原因，铁塔的宽高比相当大，因此地震时及台风时作用于各构件的断面力较大。为此，需要采用高强度、截面积较大的构件。由于同样原因，该构件的连接方法也以焊接为前提。此外，由于 1 个构件的重量较大，因此针对运输、起重条件，选择了将部件分割在现场交货，通过现场焊接连接该部件的工艺。为此，必须使用不仅强度高、韧性高、而且包括预热等问题在内的焊接性能也优异的钢材。本次使用的屈服强度为 400N/mm<sup>2</sup>以上的钢材，满足了这些性能的要求，而且是获得了国土交通大臣认定用于东京天空树建设的钢材。

表 4：钢架结构材料的使用部位及板厚

### 3. 分枝接头的设计

关于鼎桁架及外塔等柱构件、支撑构件、水平构件，这些构件以 3 维连接形成结合部位，作为构件断面使用钢管，并且对其结合部位采用了如图 6 所示的分枝接头。采用分枝接头的理由是，外形美

观以及在防锈方面的弱点较少。但是如同本次使用的高强度钢材大断面分枝接头的安全确认也有不适用于日本建筑学会的《钢管桁架结构设计准则》的情况，因此以 API（American Petroleum Institute，美国石油学会）的标准为基础，通过日本建筑学会准则及 FEM 解析补充，对焊接部位等进行了强度确认。

关于该分枝接头的弹性极限应力讨论，对于风载荷通过设计用风载荷（静态载荷）进行了讨论；对于地震载荷，由于静态设计用地震载荷没有定义，因此根据时间解析，逐步进行了分枝接头的弹性极限应力讨论。此外，对于考虑了风、地震的疲劳讨论也对全部接头进行，验证了安全性。疲劳讨论的流程图如图 7 所示。

图 6：分枝接头

图 7：分枝接头疲劳的讨论流程

## 基础设计

### ■场地的基础概要

本计划地点位于由隅田川和荒川围起的东京低地，表层地形分类为砂洲～后背湿地，但目前，计划地点周围的表层部分是大范围人工填埋的地形。计划地点附近的地质以包括江户川层及舍人层的上总层群为基础，由洪积层的东京砾层、东京层、埋没段丘砾层、埋没粘土层以及地表附近冲积层的有乐町层构成。有乐町层的层厚为 25～30m 左右，上部主要以厚度 5m 左右的弱砂质土层为主体，下部以粘性土为主体。

### 1. 基础调查概要

本次实施的基础调查如下所示。

- 钻探调查
- 现场透水试验
- 孔内水平载荷试验
- 室内土质试验
- PS 检层
- 常时微动测定
- 微动阵列探查

钻探调查获得的部分土质柱状图如图 8 所示。

#### ①基础的主周期

关于观测到的基础主周期，1 秒以上的长周期为 7.0 ～ 9.0 秒、3.0～4.0 秒，不足 1.0 秒为 0.4～0.5 秒、0.6 ～ 0.7 秒。

#### ②微动阵列探查结果

关于地震基础（ $v_s \geq 3000\text{m/sec}$ ）的深度推定约为 2.5km。

图 8：土质柱状图

## 2. 基础结构的设计

关于铁塔的基础，以 GL-35m 以下的坚固洪积砂砾层为支撑层，由具备高应力和刚性的 RC 地下连续墙桩和现场浇筑桩构成。尤其是对塔本体底部部分如图 9 所示，配置了通常的 RC 地下连续墙桩，并且在鼎桁架下部配置了 SRC 地下连续墙桩。关于 SRC 地下连续墙，作为带指节地下连续墙具备非常大的抗拉应力，前端位置为 GL-50m。另外，在墙桩内部配置 H 形钢，增加了墙体自身的抗拉应力。关于带指节地下连续墙，在本场地进行实物尺寸实验，确认了抗拉应力。

图 9：桩的说明图

## 3. 向桩可靠传递抗拉力的 SRC 基础结构

如图 10 所示，上部的钢架结构铁塔对基础部分作用以巨大的弯曲和剪切力，因此结合其平面形状，配置了内设钢板墙的钢架钢筋混凝土墙。钢板墙的板厚为 40mm 和 22mm，钢筋混凝土的壁厚为 2700mm 及 1900mm。

图 10：基础结构

## 心柱抗震的概要

本塔采用了如图 11 所示的抗震系统，尤其降低地震时的响应。即钢筋混凝土的心柱与其外侧的钢架结构部分离开 125m 以上的高度，对该部分采用了利用心柱重量（质量）的质量附加机构的抗震系统。在高度 125m 以下，通过钢材使心柱与其外侧部分形成一体化，在高度 125m 以上，通过设置油减震器控制心柱的变位，并且对塔的总体附加衰减性能。通过该心柱抗震，在发生大地震时，最大可降低 40% 左右的响应剪切力。

图 11：心柱抗震概念图



(10~13 页)

## 东京天空树的建筑施工

具备世界最高高度的自立式铁塔的建设在东京进行。高度为 634m 的东京天空树是发射地面数字广播及其他广播电波的自立式铁塔。主要设备包括天线塔、第一展望台、以及第二展望台。

关于本铁塔的形状，最下侧为三角形，由三条腿支撑，向上逐渐接近圆形，在 300m 高度成为正圆形。以下介绍在东京天空树建设中使用的最新主要建设技术及材料。

## 采用提升工艺建造 Gain（数字播放用天线）塔

最上部分的 Gain 塔在地面组装钢架结构，然后采用从塔的内部用钢丝绳提升到 634m 高度的高效“提升工艺”设置。在建造心柱之前的塔中央部分的空洞内，Gain 塔从最顶部开始组装，在提升的同时依次在下侧组装接续钢架结构。完成的 Gain 塔包括下侧的楼梯室在内，总长度超过 200m。将其提升，从塔体顶端伸出，设置在最终高度。

采用本工艺，可以省略在超过 500m 的前所未有高度的作业，保证了安全和质量。此外，与第一展望台以上的塔本体组装并行，在地面可进行 Gain 塔的组装，能够大幅度缩短工期。

## 采用滑动模板工艺建造心柱

在提升了 Gain 塔后的空洞部分建造心柱。滑动模板是将模板在“上滑”的同时连续浇筑混凝土的工艺。

采用大林组公司拥有的这项工艺，在塔中心部分的狭小空间能够以短期间构筑混凝土圆筒，因此可以将建造心柱的施工推迟，将空洞部分用于 Gain 塔的提升作业。

## 最大直径达 2.3m 的大断面钢架构件的组装

对塔体的钢架构件，采用了在建筑中罕见的大断面高强度圆形钢管。因运输的限制，该钢架构件分割为 30t 以下制作，从全国各地的工厂运至现场。使用 32t 起重能力的塔吊将运到的钢架构件吊起组装。

在底部的钢架柱中，最粗的柱构件直径达 2.3m，厚度达 10cm。该钢架柱的每米重量非常重，因此以 4m 左右的短柱加高。

## 塔体（钢管桁架）

塔体采用在柱构件和水平构件之间配置斜构件

的桁架结构。大部分钢架构件使用了管状圆形高强度钢管，连接部位采用了钢管与钢管直接焊接的“分枝接头”工艺，其特点是具有简单的形状。

### 带指节墙

支持世界第一高塔的基础桩设计采用了大林组公司开发的“带指节墙”。这是在墙形桩附加如同指节那样的凸起部分。因地震及风等发生强大的拉伸及挤压力，附带指节可使桩固定在基础中，大幅度增加了对塔的支撑力。此外，因采用了墙形结构，所以刚性高，地震时对水平力也具有很高的抵抗力。

表、图、照片

(10 页)

表：项目概要

图：立面图

照片：建设中的东京天空树（2009 年春）

(11 页)

图：结构概要

图：提升工艺

照片：建设中的东京天空树（2009 年秋）

(12 页)

图：滑动模板工艺

图：使用的巨大钢管

图：分枝接头

照片：建设中的东京天空树（2010 年春）

(13 页)

图：带指节墙

照片：建设中的东京天空树（2010 年东）

照片：建设中的东京天空树（2011 年春）



(14~15 页)

## 用于东京天空树的高强度钢管

作为东京天空树，对塔的本体采用了 490N/mm<sup>2</sup>级以及 500N/mm<sup>2</sup>级圆形钢管。此外，对东京天空树最高部分的 Gain 塔，采用了国内最高强度（780N/mm<sup>2</sup>级）的建筑用圆形钢管。另外，最大板厚达 80mm 的 780N/mm<sup>2</sup>级厚壁圆形钢管在日本首次

用于建筑结构。钢管的概要如表 1 所示。

表 1 钢管的概要

使用的钢管尺寸外径为 500~2300mm，壁厚为 19mm~100mm，在塔的本体最下部分，钢管的外径达 2300mm、壁厚达 100mm。这些钢管采用了 UOE、板卷钢管或轧卷钢管工艺制造。关于各种钢管的制造工艺，其中的一例采用如图 1、2 的方法制造。

UOE 钢管的制造工艺如图 1 所示，将钢板裁成规定的宽度，然后加工坡口，使用 U 压力机加工成 U 形，再使用 O 压力机压成 O 形，清洗坡口部分，进行临时焊接。此后，对内外面采用埋弧焊工艺焊接，然后采用机械扩管机将钢管加工成规定的尺寸。

板卷钢管或轧卷钢管工艺主要用于制造其他工艺难以完成的厚壁或大外径钢管，其制造工序如图 2 所示。在钢板的端面加工坡口，使用压力机压弯端部，然后使用轧辊或压力机成型为完整的圆筒形，采用埋弧焊焊接接头完成制造。根据板厚及外形，可选择冷加工、温加工、热加工的各种制造方法。

图 1: UOE 工艺

图 2: 板卷钢管及轧卷钢管工艺

对用于这些钢管的钢板，预估制管加工产生的材质变化对钢板进行处理，采用 TMCP 热加工控制以及高性能炉的热处理工艺制造。

TMCP 是 Thermo Mechanical Control Process 的缩写，也称为加工热处理。这是将压延厚板时的压延温度和压下方式的控制，与根据需要采用的压延后的冷却方法进行组合制造最佳材质的工艺。JIS 的例子如图 3 所示。

各高炉厂家开发了各自的 TMCP，各公司的热加工控制技术名称如表 3 所示。

表 2 各钢铁公司的 TMCP 名称

除了高强度外，通常难以与强度兼顾的高韧性（母材、焊接部位）也得到了保证。另外，通过实现低预热温度下的焊接等、以及提高焊接施工性，也考虑了高空焊接作业的环境。

这些钢材具备防止焊接裂纹、高韧性化等优异特性，适用于超高层建筑以及大跨度建筑，并且可实现构件的小断面化和薄壁化，也可以对提高设计性和设计自由度发挥作用。此外，削减了运输及加

工成本，缩短了现场工期等，对降低成本也可做出贡献。

图3 热加工控制 (JIS G0201)



(16~18页)

## 采用了高强度钢和高强度混凝土的CFT柱

在《Steel Construction Today & Tomorrow》第28期中，我们以特刊介绍了“采用革新型结构材料，开发新结构系统建筑”。在该项目中，我们通过实验调查了由高强度钢材和高强度混凝土组合构成的CFT柱的结构特性，确认了与既往设计方法的关系。

“采用革新型结构材料，开发新结构系统建筑”项目使用革新型结构材料等，实现主架构对于7级震度的地震也保持在弹性范围内的钢结构系统，作为钢材的特性提高节省资源性、降低环境负荷、以及保证高抗震性，换句话说，开发具备安全、放心的建筑结构、以及长寿命的建筑物。

### 新型800N/mm<sup>2</sup>钢材

为了实现新结构系统架构，使用高强度钢材行之有效。由于在弹性范围，对构架无须要求屈服比等在塑性范围下的严酷条件，通过高强度可减少钢材用量，实现轻量化，降低成本。运用高强度CFT柱，进一步合理地实现主架构对于7级震度的地震也保持在弹性范围内的钢结构系统，能够提供更加舒适的空间。

作为7级震度弹性结构用800N/mm<sup>2</sup>级钢材，我们以以往2倍强度的钢材为目标，运用革新型制造技术，通过①降低合金量和②省略制造工序，能够实现经济合理性并且有利于环保的高强度化，进而通过高强度化削减钢材用量降低环境负荷。800N/mm<sup>2</sup>级钢材的规格概要如表1所示。

表1 H-SA700 钢材的规格概要

### 高强度CFT钢管柱的结构特性

我们对800N/mm<sup>2</sup>级高强度钢材与100~150N/mm<sup>2</sup>级高强度混凝土组合构成的CFT柱结构特性进行了实验性调查，确认了与既往设计方法的关系。(照片1、2)

- 关于实验弹性极限应力，基本上可以采用既往计算方法评估。
- 随着弹性限度（屈服时）的增加，发生的容许弹性极限应力变形也比普通钢材大。
- 方型CFT柱的束缚效果仅可适用于焊接组装柱。
- 在严酷条件下（宽厚比较大的高轴力），需要考虑混凝土强度的降低等问题。(图1)
- 对于冷加工成型柱，宽厚比较大时以及45度方向加载时，需要考虑拐角R部分的形状和材质。(图2)

照片1 高强度CFT柱的实验状况

照片2 高强度CFT柱的最终状况

图1 基于轴力比、宽厚比的 $c\gamma_U$ 值的处理

图2 基于宽厚比的拐角R部分的处理

### 高强度CFT钢管柱的高周期疲劳特性

根据长期使用的构想，我们对在中小地震以及强风时反复多次的响应导致的弹性范围结构性能的变动、以及各周期水平刚性变动进行了实验性调查。

(图3)可以认为对建筑物总体的水平刚性和轴刚性的影响较少。

图3 高强度CFT柱的水平刚性降低率~起振周期的关系

### 在都心周边地区建造的高抗震中层办公楼的讨论例

我们设定了运用新结构系统建筑物特性的5种建筑用途，验证了开发的新技术效果和适用性。其中，在都心周边地区建造的高抗震中层办公楼的讨论中，采用了高强度CFT钢管柱。(图4、5)

建筑物的两侧设有芯部，在该芯部重点配置抗震支撑，处理地震力的大部分。此外，在中央配置高强度CFT柱、在外周配置高强度细柱，实现了跨度达22m的灵活性高的开放空间。

图4 在都心周边地区建造的高抗震中层办公楼的外观

图5 结构系统的构成

(封底)

举办2010东南亚钢结构建设  
研讨会 / 进修会



为了钢结构在东南亚各国的普及，开拓日本制造的建设用钢材的市场，从 2002 年度开始，社团法人日本钢铁联盟海外事业委员会共举办了 8 次东南亚钢结构建设研讨会。在 2010 年度，将重点集中在印度尼西亚和越南两个国家，在两国土木工程钢结构相关的政府和学界人员的协助下，并获得了当地日本大使馆的支持，研讨会于 11 月 9 日和 11 月 12 日分别在雅加达和河内举办。以下介绍该研讨会的概要。

表：研讨会概要