

STEEL CONSTRUCTION TODAY & TOMORROW

(第 32 期, 2011 年 3 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 32 期 (2011 年 3 月) : 目录

特刊: 日本钢结构协会

2010 年度 JSSC 奖

采用液压支撑拆降法的高层建筑解体工艺	1
平面楼板的结构	2
桥梁用高性能钢材的开发	3
羽田机场 D 跑道	4

2010 年度 论文奖

剪切屈服先行梁	5
采用切除半圆的疲劳对策	5
1 层 1 轴偏心结构体	6
通过 XFEM 进行状态解析	6

铁路的钢合成结构

钢材-混凝土复合桥梁	7
日向市车站建筑的结构设计	11
高知车站建筑的结构设计	13
混合结构连接部分的设计	15

会议和国际活动

Anton Tedesko 颁奖	17
第 9 届太平洋钢结构会议	17
JSSC 研讨会 2010	18
致各位读者	封底

2010 年度 JSSC 奖

(第 1 页)

采用液压支撑拆降法的高层建筑解体新工艺

获奖者：鹿岛建设株式会社

通常，高层建筑从顶层开始向下解体，但是本工艺在 1 层的立柱下侧设置液压装置，然后将 1 层部分的立柱切断，降下液压装置，如此反复操作从底层开始进行大楼解体。为了保证建筑物在解体作业中的抗震安全性，在建筑物的内部另行设置钢筋混凝土结构的“芯墙”和钢架结构的“承载框架”。本工艺采用在钢架结构的 20 层办公楼解体施工中，确认了具有下列优点。

- 始终在遮盖的环境中作业，可以降低噪音，减少粉尘。
- 仅在地面附近作业，不会对近邻造成不安的影响。
- 将发生的废弃物作为资源回收处理时，便于进行分选作业。
- 关于回收利用率，与常规工艺的约 55% 相比达到了 93%。
- 包括建筑物躯体在内的回收利用率达到了 99%。
- 针对高空作业及坠落危险的安全性提高。
- 避免了使用塔吊等将材料降至地面的麻烦，提高了作业效率。

与常规工艺相比，本工艺的成本虽然增加了 5%~10%，但是工期可缩短 15% 左右。由于解体施工及早完成，因此后续的新建施工可以早日动工，竣工日期也可提前，从解体、新建的总体工程考虑，具有经济性的优点。

本次的适用对象建筑物为 20 层左右的钢架结构大厦，今后将针对提高施工效率、降低成本等进一步讨论，提高对未来超高层建筑解体的通用性。

(照片 1) 高层建筑的解体状况

(图 1) 本工艺与常规工艺的区别

(图 2) 芯墙和承载框架



(第 2 页)

采用棒钢柱及钢材质柱顶的楼板结构

获奖者：株式会社竹中工务店 新日本制铁株式会社

在建筑设计中，无论是设计师还是业主都千篇一律地不喜欢粗大的立柱，此外也有不希望在楼板下面存在突出物体的倾向。为了满足这些要求，在结构上对立柱构件采用棒钢，最大限度地实现苗条化，并且采用钢材质柱顶，设在楼板的内部（图 1）。本结构形式增强了空间的整洁性和开放感，这种工艺受到了高度评价，在各种规模及用途方面，已经有 40 多项采用实例（照片 1）。

下面就本结构不可缺少的 3 项要素技术依次介绍。

要素技术(1)：外观非常苗条的立柱

作为现代技术可实现的最苗条的立柱材料是棒钢。为了使棒钢柱在应用方面符合法令规定，新日本制铁公司于 2006 年 1 月获得了建筑结构用大径圆钢 NS-LRB400 的材料认定，对于以后的建筑基准法的修改和严格化具有划时代的意义。

要素技术(2)：棒钢柱的现场柱一柱接头

本工艺用于多层桁架时，无法避免的重要技术课题之一就是在现场的柱一柱连接部分。

连接位置无耐火被覆，只进行喷涂，因此采用楼板内连接，不暴露连接面。

关于连接方法，具有部分熔透焊接接头、无焊接的球座承压连接、采用高强度螺栓的法兰连接等各种实例（图 2）。

要素技术(3)：楼板内置型钢材质柱顶

楼板内置型钢材质柱顶（照片 2）是本工艺的基础技术。对于本结构，通过垂直及水平载荷试验以及解析讨论，明确了力学特性和破坏机理，确定了设计方法和标准。此外，本工艺还获得了财团法人日本建筑综合试验所的技术证明（GBRC 性能证明第 09-03 号），促进了推广和普及。

(图 1) 平面楼板的结构

(图 2) 楼板内连接部分例



(第 3 页)

桥梁用高性能钢材 BHS 的开发和实用化

获奖者：东京工业大学创造项目研究体代表三木千寿 / 社团法人日本钢铁联盟桥梁用钢材研究会委员长川崎博史

关于桥梁用高性能钢材 BHS

与以往相比，从进一步提高对桥梁要求的强度、

破坏韧性、焊接性、加工性、以及耐候性等性能的角度出发，将各项性能提高到最佳范围的材料，这就是“高性能钢材 BHS”。近年来，作为结构用钢材，随着热加工控制技术的进步，可实现微细的结晶组织控制，获得钢材的高强度化，提高破坏韧性，改善机械特性。此外，通过碳当量及焊接裂纹感受性成分的优化，改善了焊接性，通过最大程度减少杂质、在板材厚度方向及板材宽度方向特性等材质方面的改善等，取得了显著进步，因此，为了最大限度地运用这些性能发挥钢材的作用，开发和实用化得到推进。

桥梁用高性能钢 BHS 的开发理念

- (1) 作为反映了日本钢铁制造技术进步的桥梁用高性能钢材，运用最新的热加工控制技术 (TMCP)，实现了结晶颗粒细粒化，获得了高强度、高韧性、以及良好的焊接性。
- (2) 在桥梁的制造和设计中，运用经济性能好、具备国际竞争力的钢铁材料促进钢构件的发展。如图-1 所示，通过结晶组织可以明显看到桥梁用钢材的改善。最新型桥梁用高性能钢材 BHS，是通过先进的轧制控制、冷却控制技术实现的兼顾焊接性和强度以及韧性的新型材料。

开发的着眼点

使用比现行 SM 规格的强度更高、焊接性优异的“桥梁用高性能钢”，可以实现更加轻量、高效的钢桥设计，以及通过提高焊接施工性能，实现钢桥建造的合理化。

桥梁用高性能钢 BHS 的实用化

如上所述，将桥梁用高性能钢材 BHS 的良好制作性能（焊接性能、加工性能等）与发挥高强度的新型设计组合，具有实现创新且经济的钢桥的可能性。东京港临海大桥（暂用名）运用了 BHS 钢与限界状态设计法 (LRFD) 的组合，以采用高性能钢的钢结构连续桁架桥、全焊接的格点结构（照片-1、照片-2）为首，运用各种新技术实现了经济性设计。

（图 1）用于桥梁的钢铁结晶组织的变迁

（照片 1）采用 BHS 钢材实现桁架格点部分的现场焊接

（照片 2）格点部分全部焊接后的桁架下侧构件的一次性架设

（照片 3）采用 BHS 钢材建造的东京港临海大桥（竣工构想图）

（表 1）BHS 的开发进程表



（第 4 页）

羽田机场 D 跑道：世界首创的钢导管架栈桥式机场的建设

获奖者：羽田再扩建 D 跑道建设施工联合企业体、国土交通省 关东地方整備局 东京机场整備事务所

东京国际机场（羽田机场）的第 4 条跑道（D 跑道）建设在原机场外侧的海面上，由于跑道总长的 1/3 在多摩川河口区域建造，因此采用了栈桥结构和填埋结构的复合结构，以保证水流畅通。对栈桥部分，作为跑道的基础在全球首次采用了钢导管架结构。栈桥部分是面积约为 52 万平方米的巨大平面，采用了导管架 198 座（使用钢材约 26 万吨）、钢管桩 1165 根（使用钢材约 9 万吨）的大规模制作施工，在要求实现 100 年的长期耐久性、保证水流畅通、对飞机的疲劳耐久性等诸多限制条件下，仅用了 3 年半的时间就完成了本工程的施工。

栈桥导管架的主要特点如下所示：

- (1) 导管架由上部钢桁架及下部桁架构成，对水面附近以上采用不配制桁架斜拉杆的结构，以保证水流畅通，并且极力减少下部结构对上部结构发生温度收缩的限制，实现了大平面的一体化连续结构。
- (2) 为了在 100 年的使用期间保证对约 1200 万次飞机反复起落的疲劳耐久性，在通常的设计方法基础上，对特殊部位采用 FEM 解析法，实施了疲劳核查。另外，在制造中正式采用了提高焊接部位疲劳耐久性的超声波冲击处理法 (UIT) 以及通过超声波自动探伤 (AUT) 进行非破坏检查。
- (3) 关于钢材的防腐蚀，对于上部钢桁架采用钛板包覆，并通过除湿系统进行湿度控制，在受潮汐影响和飞溅区域，采用耐海水性不锈钢衬等防腐蚀系统，实现了 LCC 及维持管理性的最佳状态。

（图 1）D 跑道总体图

（图 2）导管架结构

（图 3）上部与下部导管架的一体化

（图 4）栈桥部分的施工

（图 5）栈桥部分导管架



JSSC 2010 年度 论文奖

(第 5 页)

剪切屈服先行梁构件的反复弯曲剪切实验

获奖者：千叶大学教授 原田幸博

发生阪神大地震以后，为了防止方型钢管柱与 H 型钢梁连接部位的梁端焊接部分发生脆性破坏，保证塑性变形能力，加宽梁端法兰缓和焊接部位应力的扩宽工艺实现了实用化，并且得到普及。但是，作为相对梁高跨度较小的梁，根据采用的扩宽工艺，有时使梁构件的弯曲屈服先行于梁端连接部位破坏的构件设计发生困难，是防止梁端破坏设计中的重要课题之一。

笔者等针对上述课题，提出了防止梁端破坏设计方法的新提案，使梁腹的剪切屈服先行于梁的弯曲屈服，以缓和梁端焊接部位的应力，称为“剪切屈服先行梁”。进而使用包括梁端焊接连接部分在内的剪切屈服先行梁试件，进行一系列的反复加载实验（图 1、2），获得了采用剪切屈服先行梁防止梁端破坏设计方法妥当性的实证结果。

(图 1) 剪切屈服先行梁的终局状态例

(图 2) 剪切屈服先行梁的反复加载、变形关系例



(第 5 页)

采用切除半圆的方法解决既有钢板桥主桁架垂直加强部件上端焊接部位发生疲劳的对策

获奖者：阪神高速道路株式会社 高田佳彦

在钢桥板的疲劳裂纹中，关于桥板与主梁腹的垂直加强部件的角焊部位裂纹，认为是因垂直加强部件限制了平台的弯曲变形，在焊接部位产生了局部应力集中是主要原因。对此，在垂直加强部件上设半圆形缺口，缓和垂直方向的刚性，讨论了这种缓和焊接部位应力集中的对策措施（图-1）。

在 FEM 解析中，由于缺口使发生应力在平台侧焊趾处减少到 1/2 左右、在垂直加强部件侧焊趾处减少到 1/3 左右。

在使用试件进行的疲劳试验中，切除半圆前发生的裂纹（图-2）在切除施工后进展减慢，基本上

停止。此外，有关对贯穿平台的裂纹采用止裂孔的情况，得到了裂纹没有继续进展的结果。作为对实际桥梁的钢桥板进行切除半圆施工前后的实际应力，在平台侧降低到 40% 左右，在垂直加强部件侧减低至 30% 左右。

由此可见，因切除半圆改善了焊接部位的应力状态，提高了疲劳耐久性，并且对已经发生的裂纹也具有抑制进展的效果。

(图 1) 切除半圆

(图 2) 发生裂纹及对破坏的疲劳强度



(第 6 页)

关于 1 层 1 轴偏心结构体的地震时浮起状态的基础实验

获奖者：国土技术政策综合研究所 石原直

笔者等针对浮起产生的降低地震响应效果进行了研究，为了掌握迄今尚未明确的偏心影响，进行了振动台实验。

设定试件（图 1）时的注意事项为：[1] 建筑结构的刚性地面假定的成立，[2] 保证立柱对着地时的撞击和冲击的刚性和承载力，[3] 试件尺寸的缩小与适度的固有频率的兼顾等。试件由刚性柱和柔性梁构成，作为最单纯形式采用了 1 层的 4 根立柱的结构。

试件分为无偏心（N）及短边方向 1 轴偏心（E）两种，E 模型的偏心率的设定偏大，为 0.48。短边方向的周期为 0.45 秒（N）及 0.54 秒（E）。

如图 2 所示，取短边构面的平均变形角 Rm （乘以 ω^2 实现基准化）为横轴，表示最大响应值。由此可见，平均剪切力基本相同，而与有无偏心及地震波无关，以及扭曲角达到顶点等。

(图 1) 试件

(图 2) 对于平均变形角 Rm 的最大响应值



(第 6 页)

通过 XFEM 对 3 维结构体的板厚贯通疲劳裂纹进展状态的评估

获奖者：东京大学工学院副教授 柴沼一树

年久的钢桥有很多发生了疲劳裂纹的报告，查明原因和维护管理的合理化成为紧急课题。如果可有效地对疲劳裂纹的进展状态进行模拟，将能够有效解决这些课题。

扩展有限元法(XFEM)是可将裂纹按要素实现独立模型化的方法，在本项研究中，通过采用将解决了XFEM近似的完整性问题的PU-XFEM用于通用FEM解析软件，对方便且有效地进行疲劳裂纹进展模拟，进行了解析代码的开发。

此外，对板梁桥中间横梁及Bulb Rib钢面板模拟试件发生的疲劳裂纹进行进展模拟，确认了解析代码的有效性。上述成果大幅度推动了有效进行疲劳裂纹进展解析工具的构筑。

(图1) PU-XFEM的裂纹模型化

(图2)数值模拟和疲劳试验的疲劳传递结果的比较



铁路的钢合成结构

(第7页)

钢合成结构与铁路设施

日本的铁路建设

日本的铁路总长达20,000km，由6家铁路客运公司和1家铁路货运公司运营，这些公司是在1987年对原国家拥有的日本国营铁路进行了分立民营化改革后成立的。在这些铁路线路中，约有2,200km是高速客运线网络，称作“新干线”。与常规铁路系统的窄轨线路相比，新干线是一种先进的铁路系统。例如，新干线基本上采用了标准轨距和新型信号控制系统。第一条长度为515km的新干线于举办东京奥运会的1964年通车，在世界上开创了第一条高速铁路。从此，新型高速铁路在稳步建设，一直发展到今日。

日本的国土狭小，只有美国的1/25，但却拥有1.2亿人口。在这种情况下，新干线的建设经常在施工场地方面受到严苛条件的限制。尤其就跨越河流、道路、以及铁路的桥梁而言，这些桥梁的结构取决于如何架设桥梁的说法并不过份。由于钢材出色的施工性能，所以选择以钢材为主的桥梁结构的机会增加。

本文将介绍两项内容。首先，以松原线路桥为例进行介绍，该桥是在严苛条件下建造的钢材-混凝土复合桥。

其次，以作为铁路车站建筑的日向市站和高知站为例进行介绍，这两座车站采用了钢-木复合结构进行了重建(这两座车站都是既有线铁路车站)。

高速铁路的钢材-混凝土复合桥

—在严苛条件下建造桥梁—

日本的新干线项目

如上所述，日本的新干线建设在持续展开。新干线线路的概要如图1(a)所示。图中的红线表示近期在建设的新干线。东北新干线向日本北方的延伸线路于2010年12月完成，九州新干线向日本南部的延伸线路预定将于2011年3月完成。这些新线路的开通意味着从日本本州的北部到九州的南部的所有地区均由高速铁路连接起来，因此，日本全国的交通便利性将得到显著提高(注：连通北海道的的新干线将于2015年完成)。

在这些新干线线路的建设中，对于苛刻的建设条件往往选择钢桥。松原线路桥是近年来在新干线桥梁建设中最困难的桥梁，以下进行重点说明。

松原线路桥

•建设地点和结构概要

由于受到建设场地和工期的限制，松原线路桥的建设条件在九州新干线桥梁工程中最为苛刻。如图1(b)所示，九州新干线计划于2011年3月通车。松原线路桥的建设地点靠近既有线路的大型车站。

图2(a)是该桥的鸟瞰图。新线路通往久留米市中心，该城市人口约300,000人，面积约200km²。建设地点位于高度工业化地区和人口稠密的居民区之间。因此，本社会基础设施不得不在正常运行的既有线路上方及周围的狭小场地建设。此外，施工现场的工作空间非常有限，周围挤满了楼房，距离既有线路的轨道非常近。由于这些原因，如图2(b)所示，松原线路桥的结构形式选择了钢材-混凝土复合桥和钢桥门架支柱。

•松原线路桥的结构

图2(c)是松原线路桥的结构概要。该桥由一系列的钢材-混凝土复合箱梁桥构成，桥长1,243m，是日本现有铁路中最长的线路桥。上部结构由1架简支箱梁、4架3跨连续箱梁、以及两架4跨连续箱梁构成。简支箱梁采用单箱结构，腹板高3.5m、梁长85m以跨越宽阔的道路。其他连续箱梁采用双平行箱结构，腹板高2.8m、梁长60m。下部结构包括

16 架钢桥门架支柱和 6 座钢筋混凝土支柱，钢桥门架的跨度约为 25m 以跨越既有线路。

图 1 日本的铁路
图 2 松原线路桥

• 空间和时间的限制

松原线路桥的上部结构需要在既有铁路线的上方架设。既有铁路线的运营非常繁忙，每天需要通过 340 多列列车。在如此狭小的场地，我们不但需要完成箱梁和支柱的架设施工，还要完成上部结构的构件组装等准备作业。此外，在既有铁路线上方的架设施工需要每次在 200 分钟内的夜间施工完成。在这种情况下，工程安排和管理十分重要，因为作业时间不允许延长，任何微小的失误或事故都会对既有铁路的运营造成严重影响。

• 桥门架支柱横梁的平衡旋转工艺

架设桥门架支柱的横梁时，如果使用诸如起重机排架方法等常规架设工艺，在既有铁路线的周围无法获得足够的工作空间。大型构件架设工艺也无法采用，因为这种方法需要宽阔的道路供大型起重机进入现场。此外，如上所述，还要求在极短的夜间工作时段完成架设作业。

平衡旋转工艺是针对该建设施工新开发的方法，能够在上述条件下完成横梁的架设。平衡旋转工艺的概要如图 3 所示。在与既有铁路线平行的位置事先组装横梁。

图 4 是旋转装置。如图 4 (a) 所示，对完成了组装的横梁连接配重后，横梁由枢轴垫座支撑。然后，通过旋转装置在环形柱上将横梁水平旋转。如图 4 (b) 所示，在狭小位置旋转时，使用连接叉液压装置与小型装置的组合，通过液压夹紧装置的反作用，产生旋转方向的力。两台连接叉液压装置的对称设置，可通过少量的外力进行控制。

旋转后，横梁与既有铁路线另一侧的立柱连接。桥门架支柱的现场连接主要采用焊接完成，但对旋转后的横梁接合处采用螺栓连接以缩短在既有铁路线上方的作业时间。

横梁的组装施工如图 5 (a) 所示。旋转施工如图 5 (b) 所示。横梁的旋转仅需要 30 分钟。

图 3 平衡旋转工艺
图 4 旋转装置
图 5 钢架支柱横梁的架设

• 上部结构的曳进架设工艺

如上所述，现场没有足够的场地采用排架工艺或大型起重机架设上部结构。由于需要较长的时间和在现场侧面设置作业区域，因此横向移动架设工艺也无法采用。对此，我们采用了曳进架设工艺架设主桁。

上部结构的架设施工概要如图 6 所示。首先，将建设工程一分为二：595m 部分和 648m 部分。对于各部分，上部结构于白天在组装场地与已架设的相邻上部结构组装。然后，将组装好的主梁于夜晚从组装场地拉出。考虑到景观美化、节省钢材、以及便于曳进，主梁采用焊接工艺进行现场连接。

为了进行连续曳进，对组装后的主梁进行临时相互连接（图 7 (c)）形成两大构件。如图 7 (a) 和 (b) 所示，连接后的主梁从两个部分推向桥梁的中央。总曳进长度在日本铁路桥梁中堪称最长，并且也是包括高速公路桥的日本箱梁桥中最长的长度。采用履带的曳进装置如图 7(d) 所示，该装置可在 120 分钟内曳进各跨度的主梁。主梁呈半径为 5,000m 的弯曲，该装置可控制上部结构的安装位置。为了保证施工的安全和准确性，我们在施工中实时监控架设力、位置、以及反作用力，并且在施工的各个阶段与构架分析的计算数值进行核对。架设完成后，切断临时连接，将主梁落到指定位置图 7(e)。组装 1 跨主梁的施工大约需要 1 个月的时间。1 跨主梁的曳进施工需要 1 个夜晚，合计需要 21 个夜晚。安装施工的总工期为 14 个月。

图 6 上部结构的曳进架设
图 7 上部结构的曳进架设（照片）

结语

关于近年来的新干线高速铁路建设，由于受到苛刻的周围条件限制，设计中的主要关注点已经从结构本身转移到了架设方法。采用平衡旋转工艺和曳进架设工艺，我们安全、按期地成功完成了松原线路桥的建设，没有对既有铁路线路的运行造成影响。在日本的建桥史上，开创了在既有运输线路上方连续建造如此长度桥梁的先例。

由于环境保护和能源效率方面的优势，铁路的应用得到了振兴。自从 1964 年创造了第一条新干线以来，许多国家已建成了高速铁路，也有许多国家正在计划建设高速铁路。在人口稠密地区建造线路桥的需求也在增加。我们确信，日本在建造松原线路桥中取得的经验将对许多铁路规划人员提供相当大的帮助。

我们将继续努力，扩大具备优异的施工性能和高耐久性的钢构件的应用范围。



(第 11 页)

JR 日向市车站建筑的结构设计

川口 卫
法政大学名誉教授
株式会社川口卫结构设计事务所代表

我们对日向市车站建筑的结构设计进行了两项新的尝试。

第一项尝试是采用了“木材+钢材的混合结构”。采用这种结构形式，将宫崎县特产的杉木作为视觉感良好的结构材料使用，同时对覆盖车站建筑空间的屋顶构件能够赋予强度、刚性、耐久性、以及轻盈的造型。这是仅靠层压木材无法实现的设计。

另一项尝试是采用了“变截面层压木材”。虽然弯曲相同截面获得的弯曲层压木材的事例较多，但是像这种在本车站建筑中采用的变截面层压木材的方法，不仅在车站建筑、而且在一般建筑中也实属少见，是我们完成的新尝试。

建筑的概要

日向市位于宫崎县北部，是该地区的林业中心。气象条件虽然属于温暖地区，但是经常遭受台风的危害。

对车站建筑、高架铁路、以及城市建设进行城市性及建筑方面的讨论，对日向市车站建筑提出了符合作为日向市标志的视觉透过性和轻盈的设计要求，因此如图一1所示，决定了跨度约为 17.2m、屋顶面积约为 2,000m²、覆盖特快列车全长 110m 的木结构全顶型车站屋顶计划方案。此外，在车站高架线路的东西两侧，设计了深度为 7~11m 的檐篷与高架线路连接。在结构上，通过与高架线路的连接，使檐篷对于强风及地震等水平方向外力具有足够的稳定性，由轻盈的支柱支撑。檐篷自身是 2 列钢管柱上的桁架及 H 型钢梁为支撑构件、以及在跨度方向采用的木材质屋架结构。设置本檐篷在设计上对车站总体形成了稳定的形态。(照片 1、2)

(图 1) 车站建筑断面图

(照片 1) 外观

(照片 2) 站台内部

结构的形式和特点

如同日向市车站建筑那样，作为在高架铁路外缘设置立柱的全顶型车站建筑屋顶，在外侧存在场地边界、在内侧存在列车限界线的空间限制。在这些限制条件下，形成木材+钢材的混合结构，并且为了保证强风及地震时的刚性和强度，采用怎样的结构系统成为重要的课题。

为了解决这个课题，经过对各种方案的讨论，决定对梁材以上部分设置采用了宫崎县产杉木的层压木材、下部结构设置 H 型钢立柱和钢管拉条的混合架构。架构的桁架延伸方向间隔为 3m。

在木结构部分的跨距中央，作为造型设计了圆筒形状的屋顶。为了构成这种形状的屋顶，需要采用拱形部件。将水平梁材用作承受推力的要素，积极地作为拱形发挥作用，减轻水平梁材跨度中央作为拱形构件的负担，形成了轻盈的构件。水平材以下的结构由 H 型钢立柱 (H-300×150×6.5×9) 及钢管拉条 (114.3φ×6.0) 构成。对层压木材梁与拱形交点部分用立体构成的钢管拉条支撑，在跨距方向采用拉条结构、在桁架延伸方向采用支撑结构的设计。

在垂直载荷下，通过采用上述的木制拱形构件和钢管拉条结构，无论哪个构件都不会发生较大的弯矩。然而对于地震、强风等水平载荷，木制梁将发生较大的弯矩 (图 2)。因此，应对梁采用能够合理抵抗这种弯矩的形态。为了使用层压木材能够合理地加工成这种变截面构件，我们采用了如图 3 所示的方法。

首先，1) 采用一般的方法制作 S 形构件，2) 按直线切断分成 2 等份，3) 进行上下换位紧密接触，在上下缘处另外粘接直线形的层压木材，然后在两个构件的最小断面位置切断，4) 在切断位置将两个构件在现场连接完成梁的制作。

将采用这种方法制作的部件运到现场 (照片 3)，吊起后安装钢管拉条，完成全部构件 (照片 4)。

采用这种方法实现的构件，无论在跨距方向还是桁架延伸方向，不仅对垂直载荷、而且对水平载荷均具有足够的强度和刚性。

在作为全顶型车站建筑屋顶限制条件较多的空间，虽然采用强度和刚性较低的杉木层压木材，通过适材适用地使用材料形成混合结构，实现了满足建筑和结构要求的构件。

(图 2) 水平外力产生的梁的弯矩

(图 3) 变截面弯曲层压木材的制造工艺概念图

(照片 3) 在地面组装层压木材大梁

(照片 4) 将层压木材吊起



(第 13 页)

JR 高知车站建筑的结构设计

川口 卫
法政大学名誉教授
株式会社川口卫结构设计事务所代表

高知市是林业发达的高知县的中心城市。气象条件虽然属于温暖地区，但是经常遭受台风的危害，因此在结构设计上考虑强风的影响十分重要。

作为高知站的基本设计，采用了在离开高架线路的站前广场建造的北口檐篷（钢架钢筋混凝土刚架结构）、以及从该檐篷上遮盖到高架线路南端的拱顶形大型构件。

本设计以使用高知县产的杉木材料为前提条件进行。

此外，在高架线路的南侧设置了深度为 13.5m 的钢材质檐篷。该南口的檐篷设计与高架线路连接，在发生地震及强风时等由高架结构提供对水平外力的稳定性，因此采用的轻盈的立柱支撑的结构。

结构概要

本车站建筑的屋顶采用了跨距约 39.0m、长度约 60m 的拱顶形状，最高高度为 23.4m。构成拱顶、间距为 4.5m 的拱形上弦构件从北口站前广场的北口檐篷向上伸展。在南侧，因为要求在保持既有线路运行的条件下进行施工，因此弧形构件的支脚部分不降到地面，而由高架线路南端部分支撑。

此外，在高架线路南侧，为了保证列车的建筑限界，对膝部采用“<”形弯曲形状，在整体上呈现非对称的拱形（图 1、照片 1）。下弦构件设在上弦两根构件的中央，在终端附近分为两根与拱形上弦构件连接，因受列车的建筑限界影响，在高架线路南侧端部，下弦构件在上弦构件折点附近与上弦构件连接，在东西 3 构面设置了延伸到钢拱脚部分的支撑（照片 2）形成连续。

拱形的最大高度为 2.8m，上下弦采用格架部件进行立体组装。除了“<”形部分之外，上弦构件采用层压木材（杉木），下弦构件及斜拉杆采用钢管。

(图 1) 车站建筑断面图

(照片 1) 车站建筑的外观

(照片 2) 大屋顶的内部

结构系统和其特点

作为木结构的连接部位，在一般情况下，与压缩应力的传递相比，拉伸、弯曲的传递效率较差。因此，虽然对以承受压缩应力为主的上弦构件决定采用杉木层压木材，（150×900/2 片结构），但是对南侧拱折曲位置的较大弯曲应力采用了 H 型钢（H-800×250×16×25：变截面），对以承受拉伸荷载为主的下弦构件、斜拉杆采用了钢管（下弦：190.7φ×23、斜拉杆：114.3φ×15、及 114.3φ×9）。

如上所述，对木材不擅长承受较大拉伸及弯矩的处理采用由钢材提供辅助的方法，适材适用地使用木材和钢材，实现了混合结构。

由于本建筑立体组装的斜拉杆也发挥了屋顶面内支撑、抗震支撑的作用，可将作用于结构体的风荷载、发生地震时的水平外力在跨度方向、桁架延伸方向均顺利地、向高架线路结构传递。

为了使层压木材的上弦构件与钢构件之间实现顺利的力传递，我们特别进行了详细设计。层压木材拱构件的北侧脚部承受垂直荷载时发生压缩应力，但如果发生地震及风荷载，可能发生拉伸应力，需要将该应力安全地向柱脚的地脚部件传递。对此，通常的连接方法是向层压木材插入开有许多孔的钢板，然后向这些孔插入螺栓及冲钉等钢棒，通过这些钢棒的剪切、弯曲实现木材与钢板之间的力传递。然而我们在这里没有选择该方法，而是向在木构件上开出的长方形孔插入厚钢板，在木构件的外侧使用螺栓将该钢板与地脚部件紧固的方法（图 2、照片 3）。采用这种连接工艺，可以有效发挥木材的巨大承压能力。

对于层压木材与格架部件之间的连接也按照同样的考虑进行细节处理。在连接格架部件的钢板上焊接十字形凸起部件，在层压木材上事先开出对应的形状，然后使用层压木材夹住凸起部件。对于钢板与层压木材采用与上述北侧脚部类似的方法，通过螺栓连接（图 3、照片 4）。

(图 2) 北侧柱脚组装图及详细图

(照片 3) 北侧柱脚

(图 3) 层压木材与格架连接组装图及详细图



(第 15 页)

钢混合结构连接部分的设计

福山大学 南 宏一

混合结构连接部分的设计指南

混合结构是不同种类材料合成的构件、以及各种结构构件及结构系统适材适用地混合构建结构体的结构形式。与常规的结构形式相比，这种结构可以提高结构体的安全性、生产性、经济性、以及与建筑空间及景观有关的结构形态的自由度等。关于这种混合结构的连接部分，由于是连接各种材料、结构构件及结构系统形成结构体，因此提出了许多连接方法的方案，但是因为有关混合结构的连接部分的共通性、或基础性应力传递模型等的结构性能评估方法尚未形成，所以目前还依赖于通过实验进行结构安全性的验证。

对此，作为“混合结构的连接部分设计准则编制分会”，以制定建筑及土木工程两个领域由钢材与混凝土构成的混合结构连接部分相关的共通性、或基础性结构性能评估方法（承载力、变形性能、以及应力传递等）为目的，作为第一阶段，对各领域的既往技术及设计规范类进行整理和讨论，并且讨论可适用于今后将采用于各种连接部分的建筑及土木工程共通的定位等结构性能评估方法，编制了《混合结构连接部分设计指南》。本指南由以下3个部分构成：

第1部分 建筑、土木工程领域共通的混合结构连接部分（定位、紧固）

第2部分 建筑领域的混合结构连接部分

第3部分 土木工程领域的混合结构连接部分

以下对我们编制的指南进行概要说明。

第1部分 建筑、土木工程领域共通的混合结构连接部分

对混合结构进行了定义和分类。混合结构可总体分为“合成结构”和“混合结构”。“合成结构”是由“合成部件”构成的结构体的总称，“合成部件”指钢材及混凝土的异种材料在断面上形成一体化的部件。另一方面，“混合结构”是将异种材料连接形成的结构体的总称。

此外，作为建筑、土木工程结构的类似连接部分，以轴连接部分和轴直角连接部分为例，对建筑和土木工程结构中的设计方法进行了比较。轴连接部分的载荷传递机构分为(1)由杠杆力产生的承压力和摩擦力实现的传递机构、以及(2)通过定位的传递机构两类，在建筑中以(1)、在土木工程中以(2)的传递机构为主。这主要是因为由钢部件的刚性及

RC 部件的束缚力产生的阻力机构发生变化，作为较厚断面、束缚力较高的建筑结构，以(1)的传递机构为主，做为较薄断面、束缚力较低的土木工程结构，以(2)的传递为主。

另一方面，梁柱连接部分的载荷传递机构分为(1)充分考虑束缚力形成混凝土压缩束和承压强度的传递机构、(2)束缚力不充分时的定位和剪切加固钢材的传递机构两类，在建筑中以(1)、在土木工程中以(2)的传递机构为主。但是如果扩大各结构的适用范围，采用考虑相互特点的传递机构也比较有效。

此外，我们介绍了作为连接部分传递要素的附着（自然附着和定位）与承压相关的设计方法，并且对采用数值解析评估定位的负荷分担方法归纳了参考资料。

第2部分 建筑领域的混合结构连接部分

对目前日本建筑学会等作为设计规范类建立的内容进行系统整理，作为最新的研究成果，介绍了实验性研究成果及结构性能评估方法。

我们将 SRC 结构、钢管混凝土结构、CFT 结构、合成梁、复合梁及 RC 柱·钢架梁混合结构的连接部分作为对象。关于 SRC 结构，对柱梁连接部分（图 1）、柱脚、接头、以及作为连接部分基础性状的附着进行了整理和讨论。关于钢管混凝土结构，一般作为柱构件，分为向钢管内浇筑混凝土的填充型、在钢管外部包裹 RC 的被覆型、以及这两者组合的被覆填充型（图 2）3 种。然而近年来，填充型作为 CFT 结构正在成为一种结构形式，因此在这里以被覆型及被覆填充型的柱梁连接部分为对象。关于 CFT 结构，由于优异的结构特性和经济性，近年来较多用于高层建筑物等，在本指南中，对柱梁连接部分（图 3）、柱脚、接头、以及附着进行了整理和讨论。

此外，作为复合梁，对钢架梁及 RC 板采用带头销子（定位）形成一体化、采用 T 形断面梁的合成梁、以及对梁构件的长端部分采用 RC 结构（SRC 结构）、对中央部分采用钢架结构的梁的连接部分，介绍了应力传递机构等的设计。此外，作为对近年来适材适用地采用多样化异类构件的混合结构，就 RC 柱-钢架梁结构连接部分的结构性能及设计方法进行了整理和讨论（图 4）。

（图 1）SRC 结构：柱梁连接部分

（图 2）钢管混凝土结构：柱梁连接部分

（图 3）CFT 结构：柱梁连接部分

（图 4）RC 柱-钢架梁混合结构：柱梁连接部分

第 3 部分 土木工程领域的混合结构连接部分

有关以合成梁及合成柱等为对象的设计标准，已经由土木学会等制定，因此我们以在这些结构之外近年来采用事例增加的新型混合结构为对象，根据对连接部分的最新研究成果及采用事例，介绍结构性能评估方法。

对象结构为复合断面梁、混合桥梁、上下部分一体型桥梁、以及复合基础。关于复合断面梁，以作为上下 PC 板对梁腹采用钢桁架及波形钢板的钢桁架梁腹 PC 桥、以及波形钢板梁腹 PC 桥（图 5）为对象。此外，关于混合桥梁，将复合斜拉桥、复合矮塔斜拉桥、以及混合梁桥等的钢梁与混凝土梁在桥轴方向连接的桥梁结构作为对象。另外，关于上下部分一体型桥梁（图 6），将钢梁与 RC 桥墩刚性连接的混合刚架桥梁作为对象。最后，复合基础是钢柱（合成柱）与 RC 桩基础连接的一柱一桩式复合基础结构。对各种对象结构的连接形式进行分类，介绍了各种连接形式的设计方法。

（图 5）波形钢板梁腹 PC 桥

（图 6）上下部分一体型桥梁

设计指南：综合性连接部分指南的构架

本委员会对各领域的既有技术及设计标准和规范进行了整理和讨论，归纳成为设计指南。本设计指南虽然没有成为能够全部对应今后可能采用的混合结构连接部分结构设计的设计指南，但对目前的规范进行整理实现了系统化，并且也归纳了今后的课题，提出了综合性的连接部分指南的构架。

今后，我们需要制定针对新型连接部分的方案无须实验即可评估结构性能的结构设计规范。



会议和国际活动

（第 17 页）

JSSC 高梨晃一会长荣获 IABSE 颁发的 2010 年度 Anton Tedesko 奖

IABSE 基金的代表向高梨晃一先生颁奖

Anton Tedesko 奖是对在推动结构工程学的发展方面取得的杰出业绩，由 IABSE 基金授予的重要奖项。该奖首先是表彰对结构工程学的发展做出的巨大贡献，其次是颁发 25,000 瑞士法郎，用于将海外

的一名年轻有为的研究学者邀请到其他国家、并在具有实力的企业进行实习和研究的费用。2010 年 9 月，高梨晃一先生被誉为“对结构工程学做出了杰出贡献和作为培育了众多年轻技术人员的恩师”，由 IABSE 基金授予了具有特殊名誉的本奖项。此外，选出了来自秘鲁的 27 岁研究学者 Lourdes Ana Maria Cardenas Paredes 女士，计划来到东京开始学习。

高梨先生在东京大学、千叶大学、以及工学院大学指导了许多学生，取得了丰硕的研究成果。这些研究以塑性设计和抗震设计为中心，从实验和解析两方面推进，诸多毕业生活跃在世界各地，其研究成果对钢结构在全球的顺利发展做出了巨大贡献。

高梨先生曾在 4 年期间担任了日本建筑学会构造委员会委员长、在 8 年期间担任了日本建筑中心超高层建筑物评定委员会委员长、以及作为委员长推动从两年前新开始的国家资格结构设计一级建筑师的设立等，在结构工程学领域也对社会做出了巨大贡献。最近，有关“新结构系统建筑物的研究开发”的政府与相关省合作的大型项目得到推进，并且在 IABSE 的论文集 SEI 中也进行了阐述。

从 1973 年在里斯本举办的研讨会开始，高梨先生在 IABSE 主办的研讨会及年会上发表了大量论文，并且发表了应邀演讲和主题演讲等，推动了 IABSE 的发展。此外，高梨先生对 IABSE 的委员会活动也做出积极贡献，在达沃斯、罗马、以及神户等举办的研讨会上，也发挥了积极作用。

（第 17 页）

第 9 届太平洋钢结构会议·北京

太平洋钢结构会议（Pacific Structural Steel Conference，简称 PSSC）是由美国、澳大利亚、加拿大、中国、智利、日本、韩国、墨西哥、新西兰、以及新加坡 10 国参加的有关钢结构的国际会议。第一次会议于 1986 年举行，此后每 3 年举行一次。本次是第 9 届会议，由中国钢结构协会主办，于 10 月 20 日至 22 日的 3 天在北京举行。

虽然智利和墨西哥两国没有出席，但是来自英国、南非、以及香港的代表参加，与会者超过 600 名，论文数量达到了 266 篇。在会议上进行了主题演讲和口头发表，涵盖了桥梁和建筑物的设计、结构、建造、材料、维护、以及新技术等许多方面，各国之间进行了最新技术信息的交流。

在会议召开之前举行的太平洋钢构造协议会（Pacific Council of Structural Steel Association，简称

PCSSA)上,决定由新加坡担任下届 2013 年的会议东道主。

(照片)会场状况

(第 18 页)

JSSC 研讨会 2010

在会员、相关委员会、以及相关团体的协助下,本协会于 11 月 18 日、19 日两天举办了研讨会。在专题展示部分进行了业绩表彰。约有 500 多人参加了本次研讨会,钢结构相关的研究人员及技术人员汇聚一堂,进行了技术交流和信息收集。以下介绍研讨会的日程和主要演讲内容。

不锈钢材料发挥的作用

目前,作为优异的环保性能之一,对社会资产结构体提出了长期耐久性的要求。

由于不锈钢材料自身具备优异的耐腐蚀性,作为可在严酷的腐蚀环境及维护管理困难的环境等各种环境下保持健全性的材料受到关注,被许多社会资产结构体所采用。

本会议将“不锈钢材料发挥的作用”作为议题,从材料的视点介绍了“不锈钢材料的世界(不锈钢的定义、特点、用途的多样性等)”,然后对在实际采用了不锈钢材料的“能源相关设施”、“不锈钢钢筋”、“建筑设计外部装饰”、以及“土木工程和建筑结构体”等领域的应用例进行了介绍等。

工程技术会议(技术·标准委员会)

“高强度螺栓连接技术”

本会议说明了高强度连接分会的设置目的和活动内容,在介绍了确立高强度螺栓连接的综合性技术和实用化的美国发展史、以及日本参考美国推进的高强度螺栓连接发展进程后,关于最近的技术课题,以高强度螺栓摩擦连接为中心,介绍了超高强度螺栓、高滑动系数化、螺栓孔前面的应力传递、局部性破碎破坏承载力评估等内容,以及高强度螺栓的施工工艺、导入张力、摩擦承载力和摩擦面处理与摩擦系数的关系评估及高强度螺栓的施工工艺(关于承载力点法)。

学术会议(第 18 届 钢结构年度论文报告集发表会)

从 1993 年开始,本协会每年发行 1 期《钢结构年度论文报告集》,并且举行“学术会议”进行发表论文和报告的演讲,向与钢结构相关的研究人员和

技术人员以及学生提供进行发表和交换信息的机会,深受各方面的好评。本年度举行第 18 届会议,与往常同样,除了举行演讲会之外,还进行了每年一次的“优秀发表”的表彰。

特别演讲:足尺钢架结构建筑物的振动破坏实验

以 2007 年通过 E-Defense 进行的足尺 4 层钢架结构体的完全破坏实验为主题,针对在准备阶段对起振及检测的方法进行了哪些讨论、在实验当天做出了怎样的决定等,围绕在世界上首次成功地完成在振动台上进行足尺建筑物破坏实验的过程,说明了通过论文等无法了解的内容——“实验的经验是如何积累的”。除了大型振动台实验之外,东京工业大学副教授山田 哲发表了演讲,提供了在有关钢结构新的实验挑战中可作为参考的资料。

(照片 1) 致辞: JSSC 高梨会长

(照片 2) 特别演讲

(照片 3) 联谊会



(封底)

致各位读者

国际委员会委员长
长冈工业大学 教授
长井正嗣

从 2009 年第 26 期开始,日本钢结构协会(JSSC)、国际委员会企划了每年 1 次的会刊发表。自从成立以来,钢结构协会从事有关钢结构的调查研究和技术开发,提高钢结构的普及和技术进步,并且向国际组织提供了协作。

此外,随着去年与不锈钢建筑结构协会的合并,除了碳钢之外,我们也将包含耐腐蚀性能优异的不锈钢的内容,积极向全球推进展开。

与前期同样,本期首先介绍了由钢结构协会评选的业绩奖和论文奖。然后,作为最近的委员会报告,登载了“混合结构连接部分设计方法调查研究分会报告”。此外,作为国际活动的一环,介绍了 JSSC 会长高梨先生荣获 IABSE 颁发的 2010 年度 Anton Tedesko 奖、由环太平洋 10 国参加的钢结构国际会议 PSSC、以及在会员、相关委员会、以及相关团体的协助下每年举办的 JSSC 研讨会报告等活动。

另外,作为本期特集内容,考虑到今后新兴国

家将进一步推进基础设施的建设，因此设定了“铁路的钢合成结构（桥梁（土木工程）/ 车站建筑（建筑）”内容，向各国介绍日本铁路的钢结构体的现状。

国际委员会积极进行标准的国际化对应、与海外相关团体的技术信息交换以及人才交流。作为其中的一部分，虽然本刊每年发行 1 次，但我们将继续通过本刊介绍协会的活动、以及日本的建设动向、计划、设计和建设相关的技术及技术开发信息。

有关本刊的内容，如果各位读者需要获取更详细的资料，请与本刊事务局衫谷（h.sugitani@jssc.or.jp）洽询。