

STEEL CONSTRUCTION TODAY & TOMORROW

(第 35 期, 2012 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 35 期 (2012 年 13 月) : 目录 —特刊: 日本钢结构协会—

JSSC 业绩奖 (2011)

HOKI (保木) 美术馆	1
名古屋市科学馆	2
机场大型屋顶滑动架设工艺	3
运用钢材重新焕发 RC 结构的魅力	4

JSSC 论文奖 (2011)	5~6
-----------------------	-----

特刊: 东日本大地震

建筑结构体的受灾状况和修复及灾后重建	7
公路桥梁	8
高速公路高架桥	9
铁路桥梁	10
港湾设施	11
钢结构建筑	12
新结构系统建筑物为修复和灾后重建发挥作用	15

特别活动、国际活动

JSSC 学术讨论会	17
获奖	18
致各位读者	封底

中文版: ©一般社团法人日本钢铁联盟 2012

邮政编码 103-0025

东京都中央区日本桥茅场町 3-2-10

一般社团法人 日本钢铁联盟

电话: 81-3-3669-4815

传真: 81-3-3667-0245

电邮地址: sunpou@jisf.or.jp

URL <http://www.jisf.or.jp>

JSSC 业绩奖（2011）

（1 页）

HOKI（保木）美术馆

获奖单位：日建设计、大林组

保木美术馆对构成美术馆部分建筑的长达 100m 钢板结构体设计了由两处支撑使下部浮起 30m 的悬臂结构，以表现“在森林中漂浮”的建筑构思。本建筑采用了从箱梁在一个方向弹出楼板和屋顶的断面结构，箱梁外壁面为平缓的弧线，对作为展示壁的内壁面进一步设计了起伏。由于 30m 悬臂支撑始端的支撑部分是楼梯，因此箱梁内壁面以楼梯两侧的足够重叠展开。作为断面结构的 2 片水平面（楼板、屋顶）和壁面采用内设 H250、C250 的双层钢板，涂装后的钢板直接成为外壁、展示壁、以及天花板的外表面。天花板设有许多小孔，用于 LED 照明和空调出风口，双层钢板内部设有配线和风管，在展示壁上使用磁铁悬挂画像。构成这座建筑的钢板既是结构体、又用于设计构思、也发挥了功能。

对于双层钢板的力学性能，通过塞焊、加强效果、以及重复剪切等实验进行确认，同时对完成的悬臂结构进行加载实验，验证其实际性能。该美术馆属于特殊建筑，在建造施工中，实现 3 维信息共享、焊接、矫正、架设精度等发挥现场第一线的技术。此外，更为重要的是很多相关人员获得了共有产品制造的乐趣和力量的感受。这是只有用钢材才能够实现的规模、轻盈性、以及功能的钢结构建筑之一。

照片 1：箱形钢板结构的外观

照片 2：悬臂支撑结构

照片 3：施工状况

照片 4：箱形钢板结构的内部

照片 5：箱形钢板结构的施工状况

（2 页）

名古屋市科学馆

获奖单位：日建设计、竹中工务店

本建筑物的特点是内设世界最大的天文馆、外径约 40m 的球体。球体被夹在基本为矩形平面形状的东西建筑物之间。球体的正下方没有柱子，以表现球体在空中漂浮。

考虑到施工工艺，对球体部分采用上半球和下半球分割的结构。上半球构成天文馆的穹顶，下半球为了使球体漂浮，设计了能够支撑约 40,000kN 球体重量的结构。

关于下部结构设计，在连接东西两栋支柱与球心的 X 形平面位置，架设支撑垂直荷载的拱架结构，在球体外壳和楼面设置桁架承载球体重量。

关于上部球体，为了减轻支撑球体的下部球体的负担，采用了系统桁架与钢管并用的复合桁架结构，实现了球体的轻量化。

在一般建筑物部分，为了有效利用空间，在跨度方向按照约 20m 的单跨刚架结构设计。由于单跨刚架的水平刚性较低，因此通过向钢架钢管柱中填充混凝土，利用钢材支撑和粘性阻尼保证刚性和耐力。

作为施工计划，首先建造东西两栋，然后建造球体。关于球体部分的施工计划，采用 31 根临时支柱支撑下部球体，架设了下部球体钢架后，通过液压装置降下。由于球体为封闭结构，所以对钢架制作及架设要求一定的精度。因此，通过采用周密的临时组装工艺、架设精度管理、以及应力测量等各种手段保证了精度。

图 1：断面

图 2：在连接支柱与球心的 X 形平面架设拱架结构

照片 1：球体结构

照片 2：外观

（3 页）

机场大型屋顶滑动架设工艺

获奖单位：鹿岛建设

关于在 2010 年 10 月投入使用的东京国际机场（羽田机场），对国际线候机楼办理登机手续大厅的大型屋顶，采用了象征富士山麓斜坡的弓形断面。该屋顶在设计上将 10 组横跨距离达 69m 支柱的立体桁架连接起来，构成 69m×162m 的大型立体钢桁架。对于该面积为 18,000m² 的屋顶，除了最北侧的 1 跨和与铁路连接的伸出部分外，采用了滑动工艺架设了 16,000m² 屋顶。

关于本次采用的滑动架设工艺，将形成一体的 9m×92m 立体钢桁架通过临时滑动装置（滑动液压装置）设置在桁架支柱的顶部，在位于柱顶的临时轨道梁上，分别滑动 18m 与下一组桁架连接。连接 9 组桁架后，最终滑动的重量约达 5,000t，因此在各

支柱的顶部设置两根 PC 钢索 (28.6Φ), 作为反力利用 2 台 50t 穿心式液压起重器的行程伸缩动作, 推出 2 跨 (L=36m) 使屋顶滑动。通过内设 CPU 的控制盒对各液压起重器的行程位置及荷载状态进行比较判断, 以自动控制实现集中管理。

本建筑成功实现了前所未有规模的滑动架设, 按照预定工期胜利竣工。这项成果展示了在大型空间钢结构建设中新的可能性, 今后, 期待本次积累的专有技术将在各种建设现场进行实践和应用。

- 照片 1: 大型屋顶全景
- 照片 2: 第 5 次滑动架设
- 照片 3: 第 7 次滑动架设
- 图 1: 候机楼主楼断面

(4 页)

运用钢材重新焕发 RC 结构的魅力

获奖单位: 竹中工务店

关于建筑业所处的环境, 随着人口减少以及社会的成熟等出现了新建筑市场缩小, 并要求应对低碳社会以及防灾抗震, 需要作为优质社会资产向下一代传承。关于既有建筑物的抗震普及, 不能仅限于加固, 需要推进新的展开以提高附加价值 (重新焕发魅力)。

作为常规的抗震加固工艺, 由于在外部及内部设置 RC 墙壁及钢架支撑等, 因此往往对施工中及竣工后的使用方便性产生限制。从保证建筑物内部的功能以及持续使用、未来应对方面考虑, 从建筑物外侧进行加固 (外壳加固) 是最适当的方法。在这方面, 发挥钢材本身的魅力 (轻量、坚固) 及特性, 积极运用部件的苗条性、便捷性以及预制化, 实施应对外观设计、环境考虑、以及短工期的方案。

以下介绍重新焕发钢材魅力的实施事例。事例 1 是拆除医院内部的 RC 墙壁, 作为推进福祉的基地进行转换的事例。对设在建筑物表面的双框架采用钢格架, 创造了与周围协调、设备集中、以及高天花板、绿化、屋檐效果等综合性价值。事例 2 是对既有的 4 层 RC 结构学校进行再生的事例。采取利用中间层免震结构可在屋顶扩建 3 层建筑的工艺, 成为校区和当地的标志。事例 3 是对原有的 RC 结构百货商店进行抗震加固的事例。采用三角形 PCa 板, 保持当地民众熟悉的外观, 在发展的同时, 通过三角形框架实现强有力的再生, 升华成为有效发挥钢材承载力和优美设计的建筑。

事例 1: 通过格架型双框架的转换

事例 2: 利用中间层免震结构对既有建筑物垂直扩建的工艺

事例 3: 采用三角形框架重新焕发 RC 结构建筑物的魅力



JSSC 论文奖 (2011)

(5 页)

有关以超厚钢板为对象的多列高强度螺栓摩擦连接接头力学特性的实验性研究

获奖者: 山口隆司 (大阪市立大学研究生院) 等 3 人

近年来在钢桥领域, 作为实现结构合理化的措施, 出现了一些以往不太使用的采用 75mm 以上超厚钢板的事例。在本项研究中, 以超厚钢板高强度螺栓摩擦连接接头为对象, 将螺栓列数、滑动/屈服强度比 β 作为参数进行了滑动实验。对于试件, 设想为使用 M24 高强度螺栓连接的母板厚为 75mm 的接头, 采用了 M16 高强度螺栓、母板厚为 50mm 的缩小模型 (照片-1)。

本项实验的结果表明, 对于 12 列的接头, 并不是发生如同 4 列的接头那样的接头总体几乎同时滑动, 而是接头外侧首先滑动, 然后发生内侧滑动。

对此如图-1(a)所示, 随着列数的增加, 滑动系数降低。关于接头的屈服首先发生的 β 较大的接头, 外侧的螺栓轴力下降较大, 滑动系数随着列数增加的降低也较大。此外, 如图-1 (b)、(c) 所示, 观察发生滑动时的螺栓轴力下降量时发现, 最后出现螺栓轴力降低的中央螺栓的轴力降低率约超过 8% 后发生了主滑动。

照片 1: 实验状况

图 2: 实验结果

(a) 列数与滑动系数降低率的关系

(b) M16-12-0.72 轴力变化

(c) M16-12-1.3 轴力变化

对低韧性钢热影响部位的夏比冲击吸收能量产生影响的焊接条件

获奖者：崎野良比吕（大阪大学）

本论文以韧性非常低的“低韧性钢”为对象，通过再现焊接热影响部位（HAZ）的热影响部位试验，作为材料特性没有变化的均匀材料再现，进行夏比冲击试验。对采用的对层焊接时的热履历，通过三维非稳定热传导解析求得。由此，对低韧性钢的夏比吸收能量上升的焊接条件进行了讨论。

讨论结果表明，对于在本项研究中使用的低韧性钢，1次焊接时，虽然作为FGHAZ及ICHAZ夏比吸收能量上升，但CGHAZ始终较低。然而对于多层焊接，在超过熔焊线部分最高到达温度1350℃后，如果到达温度承受880℃的热循环，0℃时的夏比吸收能量大幅上升到70J以上。

由此可见，焊接不仅可使钢材的夏比吸收能量降低，通过焊接热输入的管理及后热处理，具有可使低韧性钢材的夏比吸收能量上升的可能性。

图 1：采用的钢材的夏比迁移曲线

图 2：最高到达温度后的到达温度的影响

(a) 再现焊接热循环

(b) 最终焊接到达温度与夏比吸收能量的关系

(6 页)

关于梁端混合连接部位的梁腹高强度螺栓连接部位的力学特性研究

获奖者：佐藤由悟（日铁住金建材株式会社）

对于钢结构建筑物的梁端连接部位，具有以高强度螺栓连接梁腹，对梁法兰采用现场焊接连接的梁端混合连接工艺。目前，梁腹高强度螺栓摩擦连接部位的力学特性尚未明确。本项研究旨在掌握有关梁端混合连接处的梁腹高强度螺栓连接部位的力学特性，为梁端混合连接部位的力学特性评估积累必要的基础资料，以柱的宽厚比及高强度螺栓的配置为参数，进行了弹塑性有限元分析。

根据分析结果，得出了柱的宽厚比越小、以及螺栓数量越多，负担梁腹连接部位的弯矩越大的倾向，柱的宽厚比与螺栓配置对梁腹高强度螺栓连接部位的力学特性产生影响。在梁腹高强度螺栓连接部位发生滑动时与最大承载力时，对各高强度螺栓的应力分布进行比较，发现应力分布随柱的宽厚比和螺栓配置各不相同。

图 1：梁腹承载弯矩与梁部件角度的关系

图 2：B62-Dt22 发生滑动时的梁腹高强度螺栓连接

部位的应力分布

图 3：B62-Dt22 最大承载力时的梁腹高强度螺栓连接部位的应力分布

图 4：按照现行设计方法构想的梁腹高强度螺栓连接部位的应力状态

各变量在钢结构柱梁连接部位的高低不同对桁架倒塌特性产生的影响

获奖者：桑原进（大阪大学研究生院）

在一般情况下，大量采用左右梁高相等、法兰位置对齐的标准型柱梁连接部位的桁架，但是由于性能方面的要求以及为了减轻钢架重量的目的，也存在左右梁体的梁高及法兰位置不同的连接部位（请参照图 1），这种桁架称为高低不同桁架。高低不同桁架存在如图 2 所示的数个崩溃机构。

本项讨论根据塑性分析法，对各崩溃机构形成时的承载力计算公式提出方案，并且通过承载方式的参量计算，讨论作用于桁架承载力的各变量的影响。根据获得的结果，结合柱、桁架的断面形状，明确了设计时应讨论的崩溃机构。

图 1：高低不同桁架

图 2：高低不同桁架的各种崩溃机构



特刊

东日本大地震：建筑结构体的受灾状况和修复及灾后重建

(7 页)

序言

JSSC 国际委员会委员长 长井正嗣

2011 年 3 月 11 日下午 2 时 46 分，在日本发生了东北地区太平洋近海地震，地震和海啸造成了特大灾害。日本政府将这次地震灾害称为“东日本大地震”。根据截至 2011 年 11 月 10 日的统计，遇难人数达 15,836 人，至今仍有 3,650 人下落不明。在本次震灾中，与地震动本身相比，海啸造成的灾害极为严重。

本次地震属于海洋板块型地震，震度为 7.0，震级为里氏 9.0 级，记录了日本观测史上的最高等级。震源位于东北地区三陆近海约 130km、深 24km 处，

分布在从三陆近海至茨城县近海的南北 500km、东西 200km 大范围的断层带，遭到了 3 次连续性破坏（请参照图-1）。

观测的加速度最大值为 2,933gal（宫城县栗原市），在 19 处观测点测量到超过 2,000gal 的特大加速度。加速度响应波谱如图-2 所示，虽然发生了大地震但建筑物受地震的损坏较小，这是因为与建筑物及公共设施等的主周期相比，以较短周期的 0.3-0.5 秒为主加速度响应波谱的影响较大。此外，还可以列举在阪神大地震（1995 年）以后，实施了针对大地震的抗震加固等措施。在其他方面，作为本次地震的特点，摇动时间较长，观测到超过 20 秒的长周期成分。

在这次地震中，海啸造成的灾害极为惨重。最高达 16m 的海啸不仅对建筑物造成了毁灭性破坏，而且遇难者的 95% 是溺水死亡。此外，有报告指出，最大海啸的波浪冲击高度约达 39m。海啸及海啸发生后的惨状如照片-1 所示。另外，如照片-2 所示，在东京海湾填埋地区的大范围发生了液化现象。

本专辑介绍下列建设领域的受灾状况以及为了修复和灾后重建所做出的努力。

- 公路桥梁
- 高速公路高架桥
- 铁路桥梁
- 港湾设施
- 钢结构建筑

最后，介绍针对大地震对策提出的建议——“新结构系统建筑物对大地震的灾后重建发挥作用”。

- 图 1：震中示意图（地图）
- 图 2：加速度响应波谱
- 照片 1：海啸发生后的惨状
- 照片 2：地面发生的液化化

（8 页）

公路桥梁

国土技术政策综合研究所 玉越隆史

在东日本大地震中，海啸冲垮了许多沿海地区及河流地区的公路桥梁（图 1）。但在确认了海啸浪高大幅度超过桥梁上部结构位置的地区，也存在许多没有被冲垮的桥梁。另外，也有虽然桥梁本体没有被冲垮、但桥梁区间前后的土方工程部分被海啸冲垮的情况（图 2）。目前，各有关方面正在对因海啸冲垮桥梁的受灾机理进行调查和研究。

关于地震动造成的损害，根据吸取兵库县南部

地震的教训强化了抗震性的技术标准（1996 年以后的公路桥梁示方书）建造的桥梁以及按照该要求进行抗震加固的桥梁，没有发现导致可能塌落等致命性的灾害。另一方面，关于未加固的桥梁，发现了上部结构的压曲及破坏（图 3）、以及桥墩及支撑部分的损伤等在以往的大规模地震中也出现的损伤。此外，即使桥梁本体的损伤较轻，因桥台连接处回填部分的沉降形成的高低差对地震发生后交通功能的迅速修复造成影响的事例也较多。

因本次地震，在沿岸地区的大范围发生了液化，也发现了房屋等受到损坏。但是作为公路桥梁，按照采用了液化化应对设计后的技术标准（1971 年抗震设计指导方针以后的技术标准）建造的桥梁，没有发现因液化化造成的显著损坏。但是，在按照此前标准建造的桥梁中，有的发生了损坏。

地震发生后，立即进行了路面高低差的修补、坍塌路堤的修复、瓦砾的清除、以及设置应急组装桥（图 4）等，保证紧急运输道路的畅通，然后在被冲垮的桥梁区间设置临时桥梁，对损伤的桥梁进行应急修复施工等。至目前为止，除了海啸受灾地区和核电站事故受灾地区以外，主要公路交通网基本上恢复了功能。今后，将继续针对长期性恢复进行讨论，施工将在各方面加速推进。

- 照片 1：桥梁上部结构被冲走
- 照片 2：桥梁前后的土方工程部分被冲垮
- 照片 3：椰格尔式下承拱桥的上横系杆的损伤
- 照片 4：应急组装桥

（9 页）

高速公路高架桥

东日本高速道路株式会社 金田数男

2011 年 3 月 11 日 14 时 46 分前后，以三陆近海为震源，发生了日本观测史上最大规模的里氏 9.0 级特大地震。关于该地震，在宫城县栗原市观测到震度为 7 等，在从东北地区至关东地区的大范围，观测到了强烈的摇动。关于在高速公路检测的震度，在北关东高速公路的水户南立体交叉道，观测到最大震度为 6.3，在东北高速公路的大和立体交叉道、泉立体交叉道、以及仙台东部高速公路的仙台东立体交叉道，观测到震度为 6.2。

在仙台东部高架桥附近的东北地区太平洋近海地震的加速度响应波谱如图 1 所示。在观测到震度为 6.2 的仙台东立体交叉道以及 K-NET 仙台为 1 秒左右，与设计用等级 2（II 型）的标准加速度响应波

谱为相同程度。另外，关于在其他高速公路观测的地震动，在短周期侧（0.2~0.5 秒左右）存在加速度响应波谱峰值的地点较多。以下介绍作为高速公路中的钢桥遭受典型损坏的仙台东部高架桥的受损状况和应急修复状况。

仙台东部高架桥位于仙台东部高速公路的仙台東立体交叉道~仙台北立体交叉道之间，开通于2001年，是桥长4,390m的连续高架桥。其中损伤较大的区间是4跨连续箱梁钢桥（P52~P56）、以及2跨连续I梁钢桥（P56~P58）的两部分。作为支点条件，全部桥墩在桥轴方向和桥轴直角方向均对于2级地震动时为弹性支撑，在桥轴直角方向设置了连接保护器（1级）。

仙台东部高架桥的损伤状况如照片-1~3所示。在本次地震中，在伸缩缝部位的P52及P56发生了橡胶支撑的断裂，几乎在全部桥墩发生了连接保护器的断裂或变形。作为桥梁上部结构的残留变位，在P52桥墩位置发生了桥轴直角方向约15cm的错位，在P56桥墩位置发生了桥轴直角方向约50cm、垂直方向约40cm的错位，推断发生了超过橡胶支撑断裂应变的变形。另外，P56桥墩的伸缩装置在桥轴直角方向留下了接触痕迹。箱梁的橡胶支撑高于I梁的橡胶支撑，由于在桥轴直角方向的可变形量较大，因此存在I梁侧被箱梁侧的变形拖累而发生了橡胶支撑断裂的可能性。另外，在伸缩缝部位，由于在桥轴方向设计了防止桥身坍塌的结构，因此桥梁上部结构没有发生桥身坍塌。

震灾发生后，立即设置了排架（照片-3），焊接新的垂直加固材料进行梁体加固，并且采用鞍座设置了紧急临时支撑。然后实施梁体矫正，使用液压起重机将梁体恢复到原先位置进行临时支撑（照片-4），制作和重新设置最初设计的橡胶支撑进行应急修复。作为在本修复中推进的计划，将在设计时考虑橡胶支撑断裂的原因。

图 1: 加速度响应波谱

照片 1: 橡胶支撑的损伤 (P56)

照片 2: 地震后的残留变位 (P56)

照片 3: 架设的排架

照片 4: 临时支撑的状况

(10 页)

铁路桥梁

东日本旅客铁道株式会社 野泽伸一郎

本次在东北地区发生的太平洋近海地震，在大

范围地区对铁路也造成了灾害。关于东北新干线，在从大宫到岩手沼宫内的约500km区间，发生了电杆及RC高架桥支柱折损等灾害。照片1是位于仙台站终点方向、跨距为73m的合成梁——花京院桥梁的销轴支撑的损坏状况。销轴虽然从中央断裂，但在修复时仍然使用该销轴，将梁体和支撑恢复到原先位置，另外在桥轴直角方向安装了限制移动装置。虽然在4月7日也发生了较大的余震，但是东北新干线从地震发生后第49天的4月29日开始全线恢复通车。

关于既有线铁路，在从东北地区到关东地区的大范围也发生了灾害。位于鹿岛线鹿岛神宫站的第一宫中陆桥梁体的错位如照片2所示。在箱梁断面的钢制上承板梁有约60度的斜角。虽然发生了被认为斜角梁因水平地震动造成的转动，但是作为防止桥身坍塌措施采用了梁座扩宽，因此没有发生梁体坍塌。除了因海啸受灾的线区外，既有线铁路基本上在4月下旬之前恢复通车。

海啸造成了严重的灾害。如照片3所示，尽管八户线大滨川桥梁的4跨约10m跨距的钢制上承板梁在海啸中被冲走，但是因为损伤较轻，因此再次用于修复施工。虽然更换了部分部件，但是对于几乎所有的变形进行加热矫正，于2011年12月架设到原先的位置。八户线计划于2012年春全线恢复通车。关于其他在海啸中受灾的线区，计划将与国家及地方政府的城市建设融为一体展开灾后重建。

照片 1: 销轴支承的损伤和梁体错位

照片 2: 斜角梁的错位

照片 3: 海啸将梁体冲走

照片 4: 修复梁体的架设

(11 页)

港湾设施

空港港湾研究所 岩波光保

2011年3月11日，以东北地区太平洋近海为震源，发生了里氏9.0级海沟型特大地震，由此导致发生了前所未有规模的特大海啸，袭击了东日本沿岸，造成了特大灾害。港湾设施也同样，在从青森县到千叶县的大范围，发生了防波堤、码头、以及栈桥等结构体的损伤、坍塌、移动、以及被冲走等灾害。

本次震灾在地震动方面，不仅观测到至今为止在港湾地区的强震观测史上最大的加速度等，而且除了特大的地震动之外，持续时间较长也是另一个特点。此外关于海啸，由于遭受超过了在防灾设施

的设计中预想规模的海啸袭击（图 1），包括港湾设施在内的土木结构体及建筑物发生了特大灾害（照片 1）。

其中，作为特征性的港湾钢结构体的受灾，发生了钢板桩式码头前面钢板桩的连接脱落、板桩墙坍塌的情况（照片 2~3）。对于这些事例，推测由于地震动造成了钢板桩及裙板发生了损伤，然后受到海啸的浮升力以及流体力的作用所致，可称为是典型的地震与海啸导致的综合性灾害。

另外，在本次地震中，作为通常的防波堤不仅在八户港、久慈港、宫古港、相马港等因海啸损坏，而且作为海啸防波堤建造的釜石港及大船渡港的湾口防波堤也发生了特大损坏。

今后，为了可靠保证人员及财产不会受到如此特大海啸的危害，如何建造防波堤以及防潮堤等防灾设施极为重要。设想的海啸规模与对防灾设施要求的性能表的一例如表 1 所示[1]。由此可见，对于 1 级海啸，要求可靠地保护人身安全及财产，并且对结构体也避免发生损伤。另一方面，对于诸如本次海啸那样的最大级 2 级海啸，当然需要保护人身安全，但对于结构体要求避免发生毁灭性损坏，具备防止发生严重次生灾害的“坚固性”。对于 2 级海啸，不仅采取设施建造等防灾对策，而且也必须同时采取避难设施、线路的保证、以及警报系统的强化等软件性对策。

照片 1：被海啸冲上码头的船舶

照片 2：钢板桩式码头的毁坏

照片 3：海啸防波堤的受灾

图 1：海啸浪高的调查结果

表 1：对设想的海啸要求的性能设定例

（12~14 页）

钢结构建筑

国土技术政策综合研究所 西山功

前所未有的大地震

2011 年 3 月 11 日发生了以三陆近海为震源的 2011 年东北地区太平洋近海地震（里氏震级 9.0），是在东北地区所在的北美板块与向其下方潜入的太平洋板块的交界处发生的逆断层型地震，刷新了日本观测史上的记录。截至 11 月 14 日，遇难人数超过 15,000 人，全部损坏的住宅等的数量超过 12 万户。根据气象厅气象研究所提供的震源模型（图 1），震源区域为岩手、宫城、福岛、茨城各县的近海、南北长约 450km、东西宽约 150km 的范围，在这些县

的大范围区域，记录了气象厅震度等级 6。本文针对钢结构建筑物，说明地震动及海啸灾害的概要以及修复和灾后重建的工作。

图 1：气象厅气象研究所的震源模型

钢结构建筑物的受灾概要

◆地震动导致的受灾

在距离震中最近的仙台市实施了外观调查，几乎没有发现诸如倒塌等重大损坏，主要为非结构部件脱落（照片 1）的程度。作为结构躯体的损坏，只有露出桩脚的破损以及支撑的压曲及破坏等定型性损坏。作为 1995 年在兵库县南部地震中成为问题、在梁端法兰扇形缺口附近发生的脆性断裂（照片 2）几乎没有出现。在调查结果中也几乎没有出现这种脆性破坏。

我们对结构形式为工厂及仓库的类型、可进行建筑物内部调查、属于公共建筑的学校体育馆（与宫城县相比在气象厅震度等级上基本相同的茨城县内的 65 栋建筑）进行了调查。作为明显受到损坏的有 RC 结构柱子与钢架屋顶的连接部位（支撑部位）的损伤（照片 3）。在仙台市的调查中发现的非结构部件脱落、尤其是天花板掉落（照片 4）也较为显著。此外，也发现了垂直支撑的压曲以及连接部位的破坏、屋顶面水平支撑的挠曲、压曲、断裂、以及桩脚混凝土发生裂纹等定型性损坏。

总而言之，这些现象可以考虑以短周期成分为主的本次地震动对不同种类结构之间的连接部位施加了局部性力、以及在特大地震中地震动的持续时间较长且多次反复有关。

作为距离震源 700km 以上的大阪超高层建筑，也出现了因共振持续 10 分钟以上摇动的长周期地震动问题（图 2）。国土技术政策综合研究所与国土交通省协作，已经在震灾发生前公布了长周期地震动对策试行方案。通过本次地震进一步进行验证，目前正在推进作业，致力于及早制定具备实效性的标准。关于在南海海沟发生的特大地震，被认为将由于长周期地震动成分在附加体上得到放大，是迫在眉睫的紧要课题。虽然上述超高层建筑物的设计固有周期为 5.3 秒，但实际上却与主周期为 7 秒的地震动发生共振，也暴露出建筑物模型化的问题。

照片 1：非结构部件的脱落

照片 2：梁端法兰的断裂例（阪神大地震）

照片 3：支撑部分的损伤

照片 4：天花板掉落

图 2: 大阪的高层钢结构建筑物对长周期地震动的响应。

◆海啸造成的灾害

海啸对建筑物产生的荷载效应可分为海啸波压、冲刷、浮力、以及漂流物的冲撞等。海啸波压如同在 RC 结构墙壁上描绘的那样，是形成屈服机理（照片 5）的力。对于钢结构建筑物，造成了桩脚焊接部位断裂（照片 6）。海啸海水的流动产生的冲刷使基础周围发生较大的下挖，导致建筑物总体发生倾斜（照片 7）。关于因浮力造成的翻倒，作为外装饰材料先被破坏、建筑物内部难以保留空气的钢结构建筑物与 RC 结构不同，仅限于罕见的事例（照片 8）。关于漂流物的冲撞，可以从钢柱的残留变形状况（照片 9）了解。

关于海啸波压，内阁府制定了指导方针（图 3），提出了将设计浸水深度的 3 倍高度设定静水压视为仅对建筑物单侧作用的简易方法。作为对在本次地震中遭受海啸损害建筑物的验证（图 4）结果，针对 3 倍的数值为 0.6~1 倍左右。这可能是由于建造了防波堤等，虽然部分遭受到破坏，但发挥了降低流速的效果。本次作为新提案的暂行指导方针，即使在估测如上所述的防波堤等效果的情况下也采用 2 倍的数值为最终提案。即便如此也存在较大的余量，这是由于考虑到制定防灾地图（设想浸水深度地图）时海啸浪高模拟的不确定性，因此迫切希望提高解析的技术。

照片 5: 在 RC 结构墙壁上形成的屈服机理

照片 6: 桩脚焊接部位的断裂

照片 7: 因冲刷造成倾斜的 RC 结构建筑物

照片 8: 因浮力造成翻倒的钢结构建筑

照片 9: 因漂流物的冲撞造成的损伤

图 3: 基于内阁府指导方针的海啸波压计算方法

图 4: 表明根据现场调查数据反算的海啸载荷效应的数值

关于修复和灾后重建

在本次地震中遭受海啸灾害的许多地区，经历了明治三陆大海啸以及昭和三陆地震海啸等灾害。关于修复和灾后重建，当然应该吸取以往的这些教训，将城市（村镇）搬迁到高地，但是为了有效利用设想浸水的大片土地，应存在发挥工程作用的方法。使下层开放、采用底层架空柱型结构尽可能避免海啸波压，采用牢固的桩支撑以防止被冲刷翻倒等，即使在该地区也能够实现可抗击海啸的可靠建

筑物。

有关建造海啸防灾地区的法案由内阁通过（10 月底），面向修复和灾后重建的工作进一步积极开展。不仅在建筑领域，也希望发挥各领域的综合力量推进。

（15~16 页）

建议：让“新结构系统建筑物”为东日本大地震灾后重建发挥作用

社团法人 新都市房屋协会

一般社团法人 日本钢铁联盟

社团法人 日本钢结构协会

“新结构系统建筑物”是在内阁府、经济产业省、国土交通省、文部科学省、总务省的协作和支持下，由新都市房屋协会、日本钢铁联盟、以及作为日本钢结构协会会员的日本国内主要钢铁公司和建设公司等，在 2004 年~2008 年合作推进的项目。

新高强度钢

新开发“具有普通钢约 2 倍强度的钢材”，发挥①不同建筑物用途、建筑物性能的合理复合性；②内部空间结构的大幅度可变性；③部件的再次使用性的 3 项特性，以实现长寿命建筑物的实用化为开发的目标。

对长寿命建筑物最优先要求的性能是在寿命期间内对于最大规模的震度 7 级地震的超抗震性，以及对于震度 7 级地震在弹性范围内承受，受灾后仍可继续使用，将这些要求作为开发的条件。

现行建筑法规规定的一般性建筑物的抗震性能是，对于震度为 5 级以上的地震，允许发生塑性范围的变形，但不允许倒塌。与此（一般性建筑物的抗震性能）相比便可知道“新结构系统建筑物”设定的目标（抗震性能）是怎样的高水准（请参照图 2）。

如果不惜成本，制造“具有普通钢约 2 倍强度的钢材”并不困难。然而本次的开发是具备市场竞争力的“2 倍强度”，为了实现这个目标，不增加（原料成本昂贵的）稀有金属等合金元素的添加量，并且也省略或简化称为 QT 处理（加热、冷却的反复）的热处理（淬火回火），运用作为目前最先进的厚板制造技术的热加工控制（TMCP）技术，开发成功了具备目标规格的钢材。该（新开发的钢材的）制造过程十分节能、节省资源，实现了建造 CO₂ 排放量较少建筑物的钢材（请参照图 3）。

新结构系统建筑物

抗灾能力强、长寿命、内部空间可变、并且可随意增减部件的“新结构系统建筑物”超越了常规建筑物的概念，可建造将城市基础设施融为其一部分的街区型建筑物。

在本次东日本大地震中，由大地震引发的特大海啸在大范围彻底毁坏了位于从东北到关东地区太平洋沿岸的许多渔港、农村、市区。不仅是建筑物，而且连作为其基础的城市基础设施的地基、道路、上下水道、煤气、电力、以及通信网也全部遭到破坏。

对于堪称国难的这次特大灾害，希望将国家全力以赴开展的“新结构系统建筑物”成果运用到灾后重建（请参照图4）。

将“新结构系统建筑物”用于灾后重建可发挥以下优点。

- ①“具有普通钢约2倍强度的钢材”实现了细而强壮的柱列构成的排架结构，能够以下侧的空间承受海啸的巨大破坏力，可在上部建造能够安全防灾的建筑空间。
- ②无须等待进行土建施工的城市基础设施的完成再着手建设，可同时完成城市基础设施和建筑物。
- ③首先满足应急性建筑需求，随着灾后重建的推进，可结合地区的实际情况改变内部空间，实现周密的阶段性建设。

“新结构系统建筑物”在作为原先要求性能的“对于震度7的弹性（对于震度为7级的地震，可在弹性范围承受的性能）”的基础上，在“抗海啸性（对于海啸产生外力的承受能力）”方面也比其他结构方式优越，对于这种结构可承担东日本大地震灾后重建事业所具备的高适用性（请参照图5~7），希望进行广泛宣传。

- 图1：采用新结构系统建筑物建成的街区
- 图2：新结构系统建筑物的抗震性能
- 图3：新高强度钢材的经济合理性
- 图4：新结构系统建筑物在城市建设中的作用
- 图5：物流中心的标准模型
- 图6：地区基地的标准模型
- 图7：密集街区的标准模型



特别活动、国际活动

（17页）

JSSC 学术讨论会

从2004年开始，日本钢结构协会与各事业委员会等的活动成果进行综合性、功能性协作，以提供会员及钢结构相关方面相互交流的机会为目的，每年举办钢结构学术研讨会。

在宣传和普及委员会的指导下，为了实现学术研讨会内容的充实而进行企划和讨论，2011年度的学术研讨会于11月17日和18日两天在东京时尚城举办。

如研讨会的日程所示，在会员、相关委员会、相关团体等的协助下，举行了特别演讲、不锈钢会议、关于ISO/TC167最新动向的报告、工程会议、业绩表彰、以及获奖演讲和学术会议等多项活动。

在座谈展示部分，进行了业绩表彰的介绍，并采用了移动式装置进行展示，在会场使许多与会者能够亲眼目睹这些内容。除了各委员会的宣传之外，还通过邮件进行事前宣传等，因此提前报名者约为350人，包括当日接待的参加者在内，两天期间的合计参加人数约达1,000人，作为钢结构相关的研究人员以及技术人员的宝贵交流机会和信息收集机会发挥了作用。

下次的“钢结构学术研讨会2012”计划于2012年11月15日和16日举行。

图：学术研讨会的会议日程

- 照片：高梨会长致词
- 业绩表彰
- 特别演讲
- 联谊会

东京大学名誉教授高梨晃一（JSSC 会长）：荣获日本建筑学会大奖

东京大学名誉教授（社团法人）日本钢结构协会会长高梨晃一先生荣获了2011年日本建筑学会大奖。

本奖项是日本建筑学会的最高荣誉奖。长期以来，高梨先生在钢结构相关的塑性设计、抗震设计、限界状态设计领域，领导着日本的研究工作，并且通过在国际上也获得高度评价的标准等的制定，对实用化做出了贡献并建立了功绩，赢得了高度评价。

照片：获奖的高梨教授（右侧）

东京工业大学名誉教授和田章：荣获 CTBUH “Fazlur Khan 奖章”

东京工业大学名誉教授和田章先生荣获 2011 年 CTBUH (Council on Tall Buildings and Urban Habitat) 的“Fazlur Khan 奖章”。

Fazlur R. Kahn 先生对高层建筑的钢管结构系统进行开发和实践，主持设计了从上世纪 60 年代开始不断建造、以汉考克中心(John Hancock Center, 芝加哥)等为代表的超高层建筑，“Fazlur Khan 奖章”是为了赞誉他的功绩而设立的奖项。和田章先生长期广泛开展建筑技术、抗震工程方面的研究（抗震结构、损伤控制设计等）并推进其实用化，对日本及世界超高层建筑的结构设计、抗震设计的发展做出了贡献，在世界上得到了高度评价。

照片：获奖的和田教授（左）和获奖纪念演讲

东京大学教授藤野阳三：荣获 2011 年 ASCE “The Robert H. Scanlan 奖章”

东京大学教授藤野阳三先生荣获 2011 年美国土木学会 (ASCE) Robert H. Scanlan 奖章。

Scanlan 奖章是为了纪念 Robert H. Scanlan 教授在应用力学领域做出的毕生贡献，由 ASCE 的应用力学部门 (Engineering Mechanics Institute) 于 2002 年设立的奖项。该奖项是根据在理论和实践两方面做出的学术性贡献，对于在应用力学领域取得了卓越功绩的个人授予的荣誉，一般在结构力学、风力工程学、气动弹性力学领域进行评选。本奖项不仅与国籍无关，而且也不限是否为 ASCE 的会员，是非常开放的奖项。作为日本学者，京都大学名誉教授松本胜先生、加州大学教授筱塚正宣先生曾获得该奖。

本次获奖是对藤野先生长期以来对桥梁力学、风对结构体的影响、结构体的健全性评估、以及主动和被动控制技术领域做出巨大贡献的高度肯定。

照片：获奖的藤野教授（中央）和 Scanlan 夫妇

（封底）

致各位读者

JSSC 国际委员会委员长 长井正嗣
（长冈技术科学大学教授）

首先，我向在东日本大地震中受灾的广大民众表示慰问。我们将与从事日本钢结构业务相关的各方面协作，对灾后重建工作提供最大限度的支援。此外，我们得到了海外诸多国家的大力支援，在此表示由衷地感谢。

从 2009 年第 26 期开始，社团法人日本钢结构协会 (JSSC) 国际委员会制定了每年出版 1 期的企划。钢结构协会自从成立以来，开展有关钢结构的调查研究及技术开发，促进钢结构的普及和技术进步，并且与国际组织展开协作。

另外，随着 2010 年度与不锈钢建筑结构协会的合并，本刊的内容不仅限于碳钢，而且也涉及耐腐蚀性优异的不锈钢，致力于向全球广泛传播。

与上次同样，本期首先介绍由钢结构协会评选的业绩奖和论文奖。作为专辑登载了“东日本大地震”、作为国际活动一环的 2011 年度 JSSC 会长高梨先生荣获建筑学会大奖、藤野先生荣获美国土木学会 Robert Scanlan 奖章、和田先生荣获 CTBUH 学会 Fazlur Khan 奖章、以及在会员、相关委员会和团体支援下每年举行的 JSSC 学术研讨会报告等活动。

国际委员会积极开展标准的国际化应对、与海外相关团体的技术信息交流、以及人员交流。作为其中的一环，我们今后仍将每年 1 次通过本刊介绍协会活动，并且介绍与日本的建设动向、计划、设计、以及建设相关的技术及技术开发信息。

各位读者如果希望获得有关登载内容的详细信息等，请向担当事务局杉谷 (h.sugitani@jssc.or.jp) 洽询。