

STEEL CONSTRUCTION TODAY & TOMORROW

(第 45 期, 2015 年 8 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 45 期 (2015 年 8 月) : 目录

——特刊: 第 19 届土木钢结构研究学术报告会——

第19届土木钢结构研究学术报告会	1
首都高速公路的现状与大规模更新换代	2
钢桥的性能评估与强度设计的合理化	5
采用SBHS钢材的焊接接头疲劳特性	9
耐候性钢桥的维护管理	12
政府推进国土强韧化的动向	16

日本钢铁联盟的近期活动 ----- 封底

注: 页数为英文版第 45 期的页数

中文版: ©一般社团法人日本钢铁联盟 2015

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

传真: 81-3-3667-0245

电话: 81-3-3669-4815

电邮地址: sunpou@jisf.or.jp

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

(1 页)

举行第 19 届土木钢结构研究学术报告会 —为了实现国土强韧化和大规模改造，建造坚固、耐用的桥梁—

2015 年 3 月 10 日，日本钢铁联盟（JISF）在东京都内举行了“土木钢结构研究学术报告会”。从 1995 年开始，JISF 设立了“钢结构研究、教学补助制度”，以钢结构领域的研究人员为对象，针对研究活动提供补助。本学术报告会每年举行，旨在发表相关的研究成果和促进钢结构的推广普及。

作为本补助项目的组成部分，“钢桥的合理化结构・提高耐久性研究委员会”以及作为其下属机构的 3 个分会、即“合理化结构・设计方法研究分会”、“疲劳强度研究分会”以及“耐候性钢桥维护管理讨论分会”于 2013～2014 年度成立。

近年来，为了提供在价格、性能以及质量方面具有综合优势的钢桥，技术方面的重要性日益增加。另一方面，关于对桥梁要求的性能，减轻维护管理负担和实现长寿命等尽可能降低寿命周期成本也成为重要课题。该委员会组织开展研究活动解决这些课题，并归纳总结研究成果。

本次的第 19 届土木钢结构研究学术报告会盛大热烈，与会人数达约 380 人，举行了有关该领域的研究成果及相关课题的演讲。在学术报告会上进行的演讲内容如下所示。

第 45 期 SCTT 会刊作为“第 19 届土木钢结构研究学术报告会”特刊发行，从下页开始介绍演讲及成果报告的概要。

成果报告（2）： 采用 SBHS 钢材的焊接 接头疲劳特性	名古屋大学研究生院 教授 馆石 和雄
成果报告（3）： 耐候性钢桥的维护管理	九州工业大学研究生院 教授 山口 荣辉
特别演讲： “政府推进国土强韧化 的动向”	京都大学研究生院 教授・内阁官房参与 藤井 聪

照片：学术报告会的盛况

演讲主题及演讲人

主旨演讲： “首都高速公路的现状 与大规模更新换代”	首都高速公路株式会社 取缔役执行董事 安藤 宪一
成果报告（1）： 钢桥的性能评估与强度 设计的合理化	埼玉大学研究生院 教授 奥井 义昭



JISF held its 19th Symposium on Research on Civil Engineering Steel Structures in March 2015.



(2~4 页)

主旨演讲

首都高速公路的现状与大规模更新换代

首都高速公路株式会社取缔役常务执行董事

安藤 宪一

首都高速公路的概要

首都高速公路自通车运营起已经过了 50 年。最初于 1962 年 12 月建造了京桥~芝浦的 4.5km。当时的交通量约为 11,000 台 / 天，对普通汽车收费 100 日元。(从 1962 年 12 月起在 1 年期间收费 50 日元)。

上世纪 50 年代，道路没有铺设路面，下雨后经常要从泥泞中推出汽车，道路的整建明显落后。对此，政府建立了从用户收取费用偿还用于道路建设等资金的收费道路制度（1952 年）以及道路特定财源（1953 年）机制，促进道路的整建。从 1955 年前后开始，汽车化迅速发展，在道路状况越来越差的背景下，需要建造汽车专用道路。对此，政府决定建设首都高速公路，并于 1959 年 6 月成立了首都高速公路公团。同年 5 月，国际奥委会决定举办 1964 年东京奥运会。

目前，首都高速公路的交通量约为 95 万辆 / 天。此外，与东京都 23 区内的国道、都道的总长度相比，虽然首都高速公路的长度约仅为 15%，但是行驶的车辆·公里约达 36%，货运量约达 28%，是总长度比的 2 倍以上，成为人们日常生活不可或缺的道路。

首都高速公路网的建设以及改建项目等的状况

2015 年 3 月 7 日，中央环状线（高速湾岸线~高速 3 号涩谷线）通车，首都高速公路的总长达到 310.7km。目前正在施工的区间为 18.9km，竣工后总长将达到约 330km（图 1）。

中央环状线项目从初步调查开始经过了半个多世纪终于建成。山手隧道是日本最长的公路隧道

（18.2km），在建造中运用了各种技术。其中包括地下盾构隧道扩宽技术、以及使盾构隧道之间在地下成为一体的挖通工艺。以往在建造时，采用封闭通行向一般道路迂回以及限制车道的挖掘工艺，对分支以及进出口部分进行施工，采用这种新工艺后，可将对普通道路的影响降至最小（图 2）。

关于大桥交流道，以在狭窄区间进行的交流道建设为例，在连接地下约 35m 至地上约 35m 的交流道部位，作为连接该高低差的大桥交流道，最大坡度达 7%（上升 70m 高度需要 1km）。对此我们考虑建造长 400m 的环形道路绕两周半达到 1km，呈现如照片-1 所示的形状。另外，作为环保措施对环形道路加盖封顶，利用上面的土地建造了目黑区公园。此外，由于当地居民希望再次返回原先的居住地，因此建造了两栋东京都的再开发项目大楼。施工时迁出的居民在竣工后又回到这里居住。本项目将成为今后的道路建设和城市建设的样板工程，以荣获优秀设计奖为首，得到了各方面的赞誉。

图 1 首都高速公路网

图 2 地下扩宽技术

照片 1 大桥交流道

大规模更新换代及大规模维修

首都高速公路也进入了高龄化阶段，在约 310km 的总长度中，使用已超过 40 年的结构体约占 3 成，大约半数已超过 30 年（图 3）。另外，需要精心维护管理的高架桥和隧道等结构体的比例约占 95%，并且大型车辆的交通量也非常多。

面对这种状况，“关于首都高速公路结构体的大规模更新换代的妥善方法调查研究委员会”（委员长由东京都市大学涌井史郎教授担任）成立，对今后的维护管理方针进行讨论，并于 2013 年 1 月提出了建议。我们根据建议的内容在公司内部开展讨论，于同年 12 月公布了首都高速公路更新换代计划。计划更新换代的地点定为 5 处（东品川栈桥·鲛洲

填埋区、大师桥、银座～新富町的挖掘区间、包括日本桥在内的竹桥～江戸桥、池尻～三轩茶屋（图4），用于更新换代的建造费用约为3,800亿日元。此外，大规模维修工程为55km，费用约为2,500亿日元，总费用约达6,300亿日元。

1964年东京奥运会当时建造了30km高速公路，那时开通的高速公路迎来了更新换代时期（图5）。

目前，在更新换代计划中，东品川栈桥・鲛洲填埋区已进入办理施工合同手续的阶段。为了提高耐久性和维护管理性，因此将该区间改建成离开海水水面的高架结构。另外，计划架设永久型脚手架，考虑了便于日常检修的结构。现在，该区间的交通量为约8万辆/天，由于不能妨碍通行，因此计划在新建时设置2车道的迂回线路（图6）。按照目前的设想，虽然举办下次东京奥运会时正处于施工期间，但是使用迂回道路的2车道和新建的2车道，至少可以避免通过目前受损部分的道路，考虑采用这种方针。目前，为了2015年度动工的各项工作正在逐步进行。

图3 通车后的使用年数比例（截至2015年4月）

图4 大规模更新换代及大规模维修区间

图5 1964年东京奥运会时通车的区间及大规模更新换代区间

图6 东品川栈桥・鲛洲填埋区的更新换代示意图

Fig. 1 Network of Metropolitan Expressway

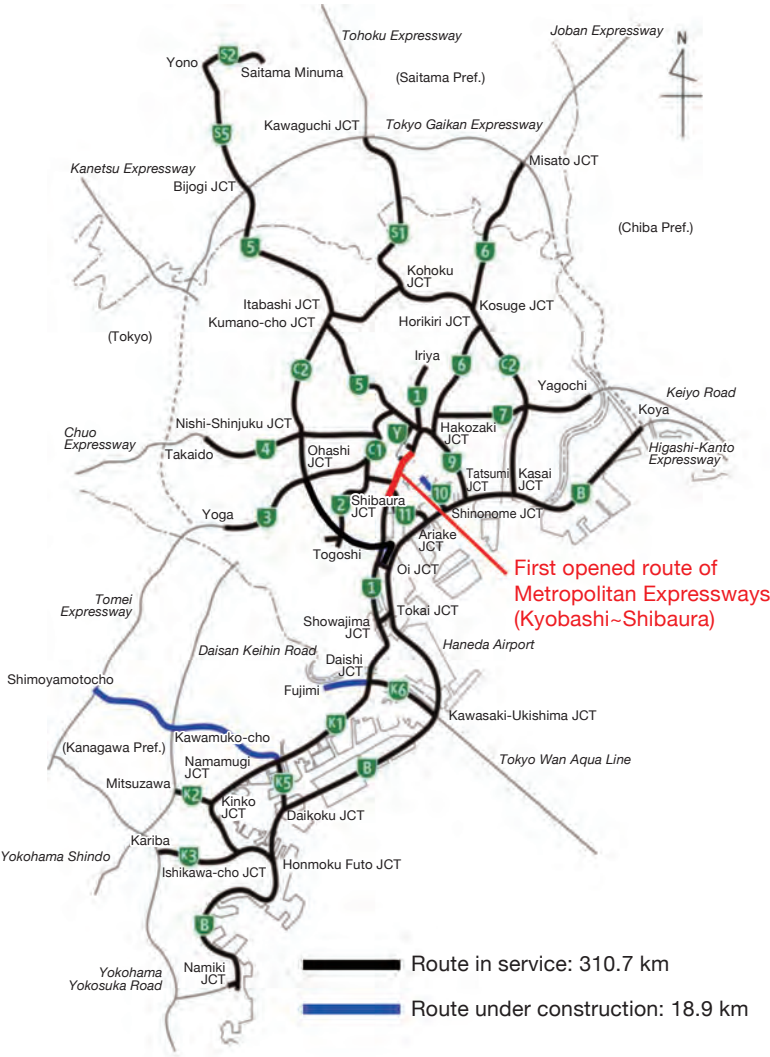


Fig. 2 Underground Shield Tunnel Width Expansion Technology

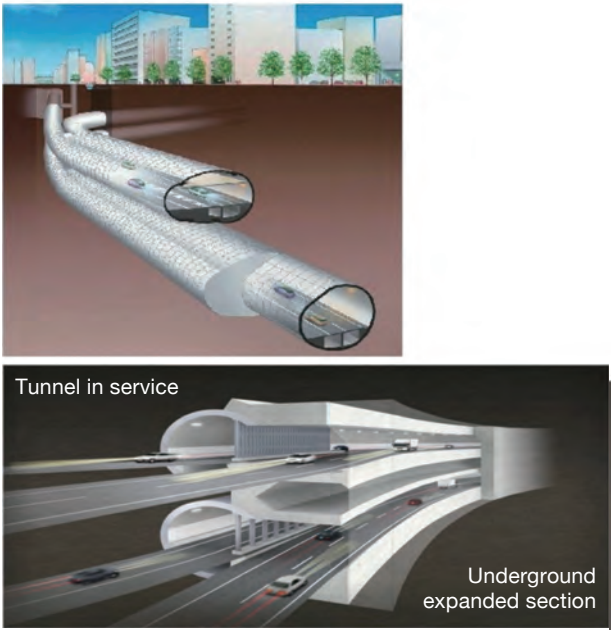


Photo 1 Full view of Ohashi Junction

Fig. 3 Lapse of Years since Opening of Expressway Lines (as of April 2015)

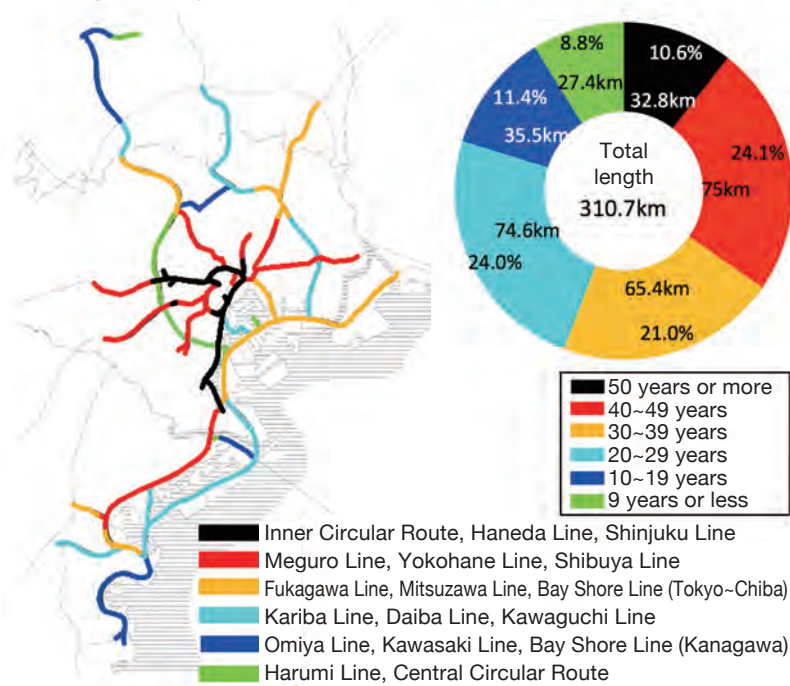


Fig. 4 Expressway Sections subject to Large-scale Renewal

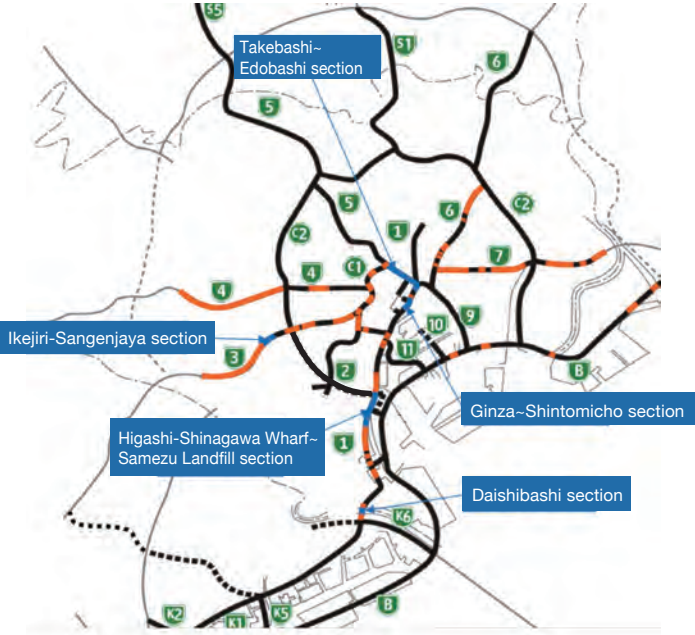


Fig. 5 Expressway Sections Opened to Traffic in Tokyo Olympic Games 1964 and Location of Large-scale Renewal Sections

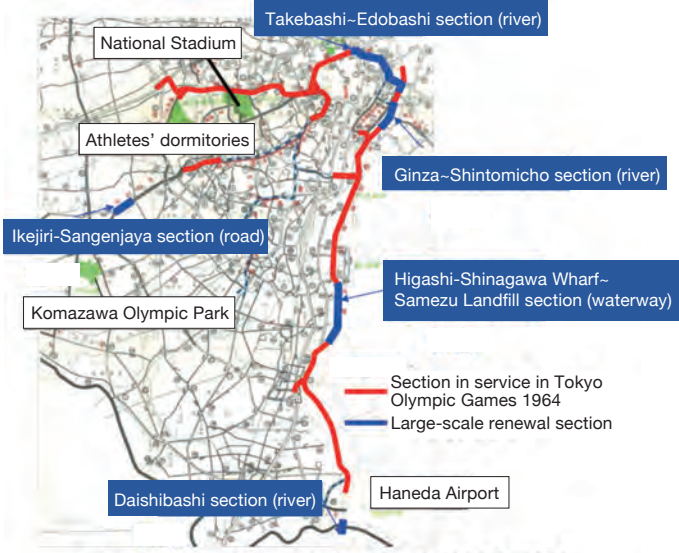


Fig. 6 Image of Renewal of Higashi-Shinagawa~Samezu Landfill Section



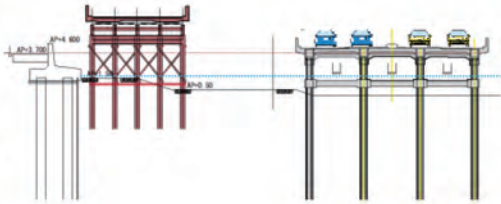
Present state



After large-scale renewal (image)



Temporary detour



Detour under construction (image)

(5~8 页)

成果报告 (1)

钢桥的性能评估与强度设计的合理化

埼玉大学研究生院教授

奥井 义昭

前言

为了进一步提高钢桥的竞争力,桥梁合理化结构与提高耐久性委员会・合理化结构与设计方法研究会进行了分析和实验,收集用于讨论新的设计标准以及修改设计标准的依据。具体的讨论项目如下所示。

- (1) 承压钢板承载力的合理化
- (2) 工字钢梁抗弯及抗剪承载力的讨论
- (3) 性能核对设计方法及先进的审核用解析方法的讨论
- (4) 高强度螺栓摩擦型连接的合理化
- (5) SBHS 钢材残余应力测定与钢构件的残余应力对强度产生的影响

本文概要介绍上述 (1) ~ (4) 项目的内容。

承压钢板承载力的合理化

我们对承压钢板的强度设计公式进行了重新讨论[2]。进行重新讨论的背景为以下 3 点。

- (1) 现行的道路桥技术标准的基准承载力规定是根据弹性压屈理论和上世纪 70 年代实施的实验数据制定的,许多数据以 10mm 左右板厚的薄板结果为基础。然而目前的钢桥经常采用最大板厚放宽到 100mm 的厚板。
- (2) 虽然桥梁用高性能钢材 SBHS500 和 SBHS700 于 2008 年被纳入日本工业标准 (JIS),但是现行标准没有考虑高性能钢材的数据。
- (3) 根据可靠性设计理论计算安全系数已成为全球先进设计标准的发展趋势,因此,需要提供临界强度的离差等概率数据。

为了解决这些问题,我们采用有限元分析以及蒙特卡罗模拟获得承压钢板临界强度的统计数据(平均值、标准偏差)。

无加强板 (4 边简支) 的解析模型如图 1 所示。假设面外方向的初始变位形状为正弦波形,残余应力为如图所示的分布形状。蒙特卡罗模拟将初始变位最大值 W_0 和抗压残余应力 σ_{rc} 作为概率变量考虑,例如,作为初始变位的概率密度函数采用图 2 发生随机数,计算临界强度。在蒙特卡罗模拟的各次尝试中,由于每次进行有限元分析比较麻烦,所以采用响应曲面法以缩短计算时间。

4 边简支板的蒙特卡罗模拟的结果与现行的承载力曲线以及以往的研究结果[3、4]的比较如图 3 所示。对自由突出板也进行同样的讨论[5]。运用这些讨论的结果,可合理确定部分安全系数,我们期待在下次修改技术标准时应用这些讨论结果。

图 1 无加强板 (4 边简支) 的解析模型

图 2 采用蒙特卡罗模拟的初始变位的概率密度分布

图 3 蒙特卡罗模拟的结果 (μ = 平均值, σ = 标准偏差) 与道路桥技术标准 (JSFB) 的比较

工字钢梁强度计算公式的合理化

对采用桥梁用高性能钢材 (SBHS500、SBHS700) 的工字钢梁进行承载力试验,验证对采用 SBHS 钢材钢梁的适用性以及设计公式的妥当性。抗弯试件的略图如图 4 所示。采用 4 点弯曲加载,试件中央的板块为试验板块。抗弯试件的各项参数如表 1 所示。对 SBHS500M 和 700M 两个试件进行了试验。

通过试验获得的荷载—变位曲线如图 5 所示。图中, P_n 为 AASHTO LRFD 的公称设计抗弯承载力时的荷载, P_y 为发生凸缘屈服弯矩时的荷载。经确认, SBHS500M 和 700M 两个试件均超过了 AASHTO LRFD 的公称设计抗弯承载。AASHTO

LRFD 的钢材使用范围为屈服强度 485N/mm^2 ，本次使用的 SBHS500 和 700 虽然都不属于适用范围，但表明对于 SBHS500 和 700 也可使用通常的钢材抗弯承载评估公式。

SBHS700M 试件加载后的状况如照片 1 所示。崩溃方式为凸缘局部压屈。

图 4 采用桥梁用高性能钢材的试件概要图

表 1 试件的实测尺寸

图 5 抗弯试验结果（荷载—变位曲线）

照片 1 SBHS700 试件在试验后的变形

运用先进的解析方法实现设计合理化

在桥梁设计中，需要妥善评估构件发生的应力。作为通常的设计，根据梁理论采用骨架结构分析得出构件的断面应力和构件内部的应力分布。但是近年来，采用以 FEM 为首的先进结构解析可较为简便地完成，这种环境已经完善，因此我们对采用先进的解析方法实现设计的合理化进行了讨论。

以下是以如图 6 所示的刚性构架桥墩处拐角部位为对象的讨论结果。关于刚性构架拐角部位的应力分布，我们知道因受剪力滞后的影响，按照梁理论得到的应力分布与实际应力分布有很大不同。

在以下的讨论中，我们对（a）采用壳单元的有限元分析法、（b）奥村、石泽方法、（c）恒定剪切流板（The constant shear flow panels）的 3 种方法进行了比较讨论。这里，奥村、石泽方法是运用梁理论和应力集中系数考虑剪力滞后影响的方法，在日本的实际设计中经常采用。另一方面，采用恒定剪切流板理论的方法是仅承载剪切应力的板单元以及仅承担随其外周弯曲产生的垂直应力的梁单元构成的采用恒定剪切流板单元的解析方法。与采用壳单元的有限元解析相比，具有计算量较少等在实际业务中的优点。

梁的下凸缘的法向应力的分布比较结果如图 7 所示。在该图中，红线是采用恒定剪切流板的解析

结果，蓝线是采用壳单元的结果，黑线是采用梁理论的公称应力，以 Δ 符号表示的是用奥村、石泽方法求出的梁腹正上方的应力。作为采用壳单元的有限元解析，为了获得在一定程度上正确的应力分布，需要进行单元分割，将单元尺寸细分为 25mm 以下，然而采用恒定剪切流板的解析如图 6 所示，即使分割的单元较粗也能够获得精度良好的解析结果。

图 6 恒定剪切流理论的刚性构架拐角部位模型

图 7 拐角部位下凸缘的应力分布比较

高强度螺栓摩擦型连接的合理化

近年来，构件向大型化和厚板化发展，接头部分也呈现配置多列螺栓的倾向。然而钢板的表面处理和厚板化以及螺栓的多列配置对高强度螺栓摩擦型连接接头的承载力产生的影响并不十分明确。对此，关于对接触面涂敷无机富锌涂料的高强度螺栓摩擦型连接接头的厚板化以及多列化对滑动系数产生的影响，我们进行了试验和解析讨论。

试验的状况如照片 2 所示，考虑该试验和摩擦滑动，采用 FEM 解析（参照图 8）对厚板多列接头的滑动系数的降低效果进行了讨论。

照片 2 厚板、多列高强度螺栓摩擦型连接接头的滑动承载力试验

图 8 螺栓接头的有限元模型

Fig. 1 Analytical Model for Non-stiffened Compression Plate (Four-side Simple Support)

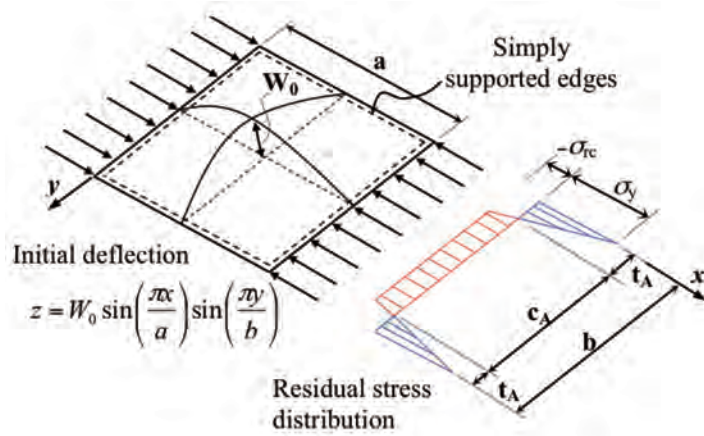


Fig. 2 Probability Density Function of Initial Deflection Used for Monte Carlo Simulations

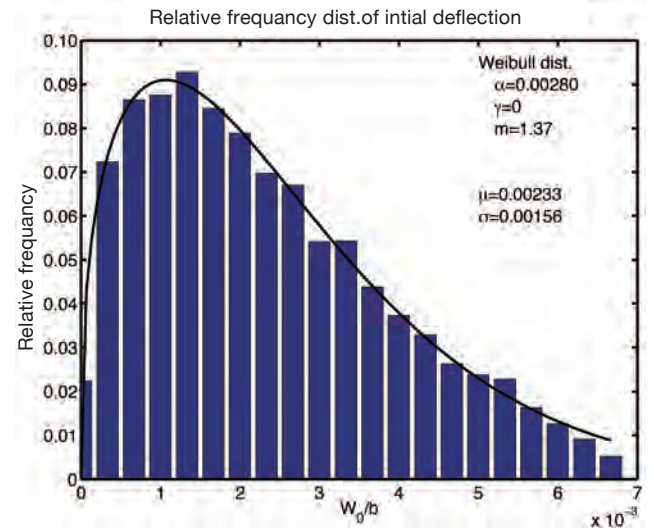


Fig. 3 Comparison between Monte Carlo Simulation Results (μ =average value, σ =standard deviation) and Load-bearing Curve in Specifications for Highway Bridges (JSHB)

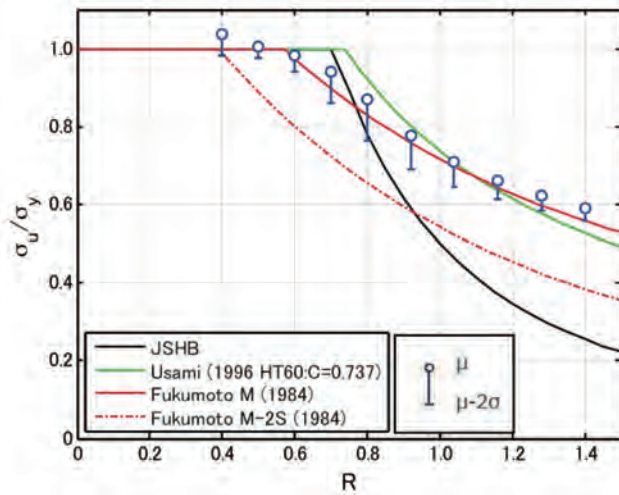


Fig. 4 Bending Test Specimens Using SBHS (Steels for Bridge High Performance Structures)

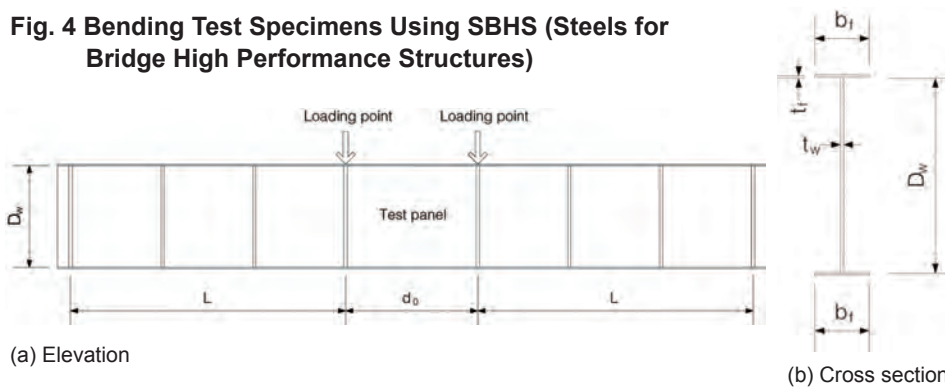


Table 1 Dimensions of Test Specimens

Name of specimen	Steel grade of specimen	b_f (mm)	t_f (mm)	D_w (mm)	t_w (mm)	d_0 (mm)	L (mm)
SBHS500M	SBHS500	250.4	12.2	900.8	9.0	1198	6199
SBHS700M	SBHS700	250.2	12.6	901.4	9.0	1195	7788

Fig. 5 Results of Bending Tests (Load-Deflection Curve)

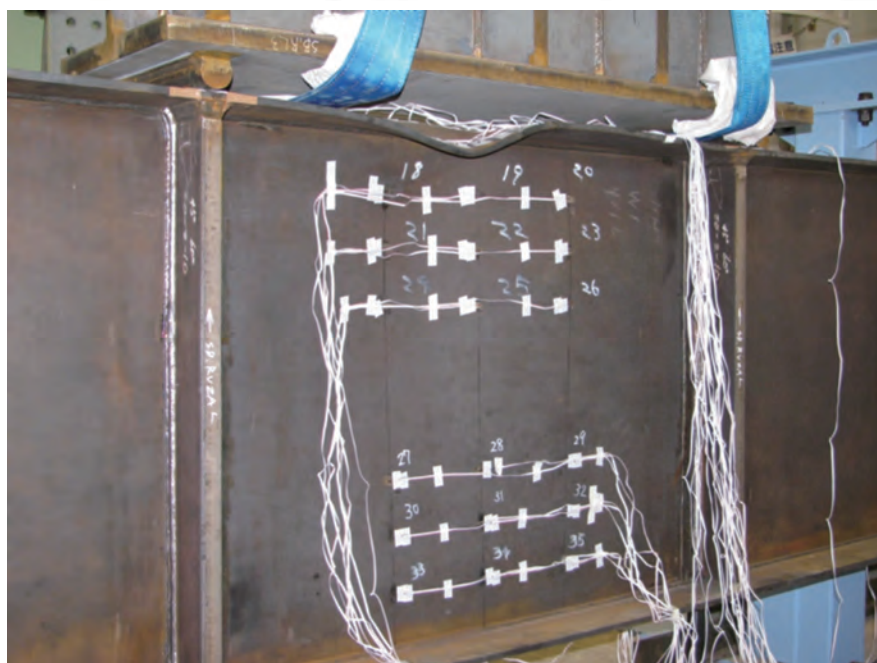
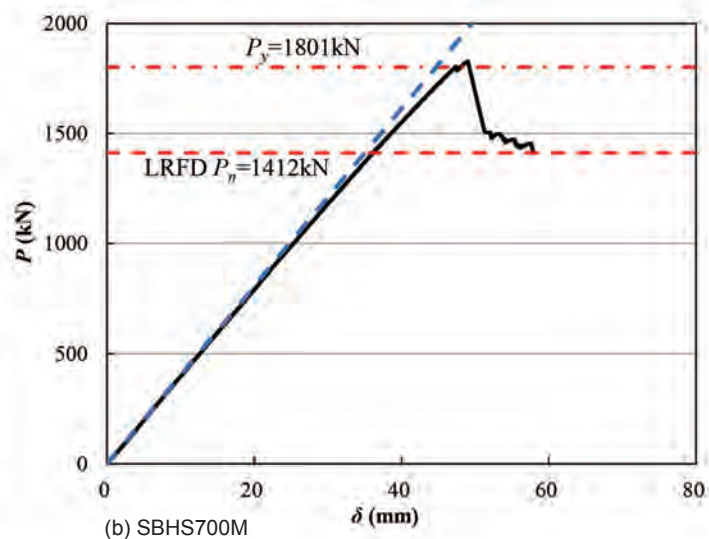
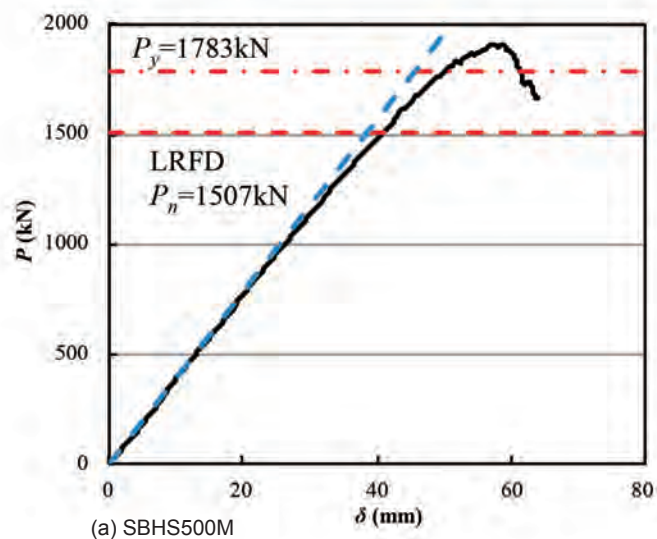


Photo 1 Deformation of SBHS700M specimen after loading

Fig. 6 Numerical Model of Beam-Column Connection of Bridge Pier

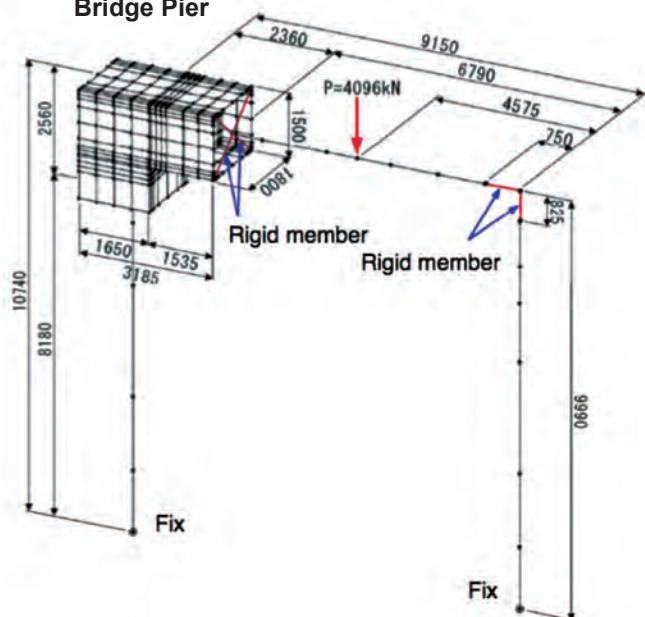


Fig. 7 Comparison of Stress Distributions at Corner Section of Lower Flange

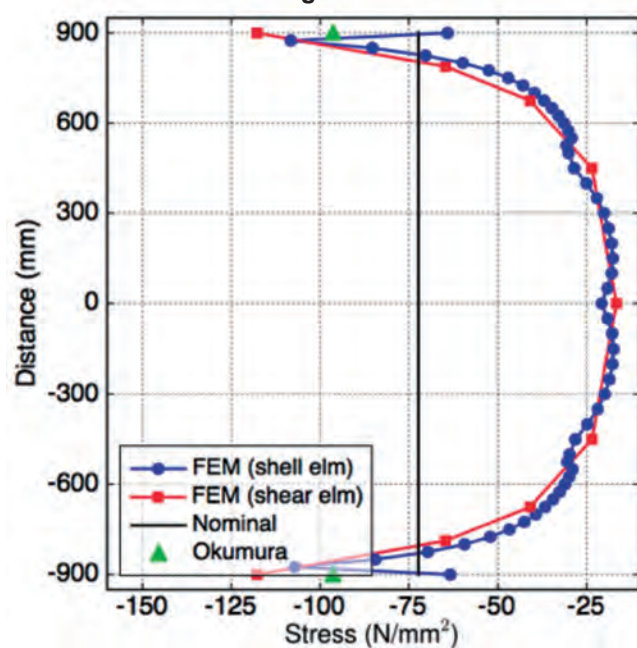
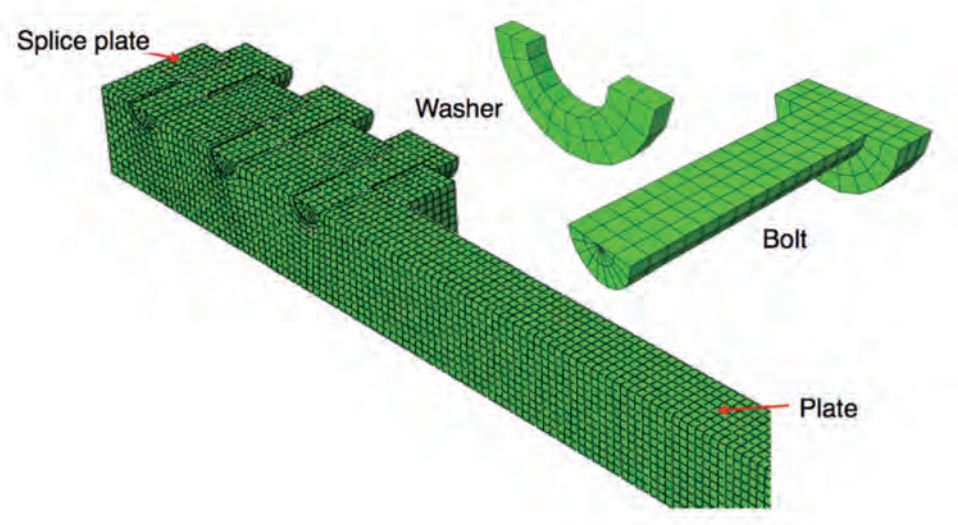




Photo 2 Slip strength test for multiple-row high-strength bolt friction joint with heavier plate thickness

Fig. 8 Finite Element Analysis Model of Bolt Joints



(9~11 页)

成果报告 (2)

采用 SBHS 钢材的焊接接头的疲劳特性

名古屋大学研究生院教授

馆石 和雄

前言

SBHS 钢材是 JIS 于 2008 年制定的桥梁用高屈服点钢板。除了如表 1 所示的屈服点以及抗拉强度高之外，由于其焊接性良好，因此可省略或减少预热。采用 SBHS 钢材可期待在施工、运输以及架设等各方面降低成本。

另一方面，采用 SBHS 钢材时，因构件的薄板化使活荷载应力相对增加，所以设想在疲劳方面会产生问题。然而采用 SBHS 钢材的焊接接头的疲劳特性并不十分明确，尤其是有关 SBHS700 的数据几乎没有资料。对此，我们对采用 SBHS 钢材的焊接接头的疲劳特性进行了基本讨论。

表 1 SBHS 钢材的机械特性 (JIS G 3140)

疲劳裂纹扩展特性的评估

针对 SBHS 钢材的裂纹扩展特性，我们通过对紧凑拉伸试件的疲劳裂纹扩展试验进行了调查。裂纹扩展试验按 ASTM 进行。

经试验获得的裂纹扩展速度与应力扩大系数范围 ΔK 的关系如图 1 所示。图中的曲线表示普通钢的平均值和离差范围，SBHS 钢的结果在普通钢试验结果的离差范围内，表明 SBHS 钢的裂纹扩展特性与普通钢几乎相同。

图 1 裂纹扩展试验结果

焊接残余应力的测定

以图 2 所示的小型试件 (SBHS500、SBHS700)

和图 3 所示的桁架试件 (SBHS700) 的外表面角板焊接接头为对象，采用切断法以及 X 射线衍射法测定距焊趾 2mm 位置的残余应力。测定结果如图 4 所示。作为小型试件，SBHS500、SBHS700 均发生了相当于屈服点约 5~7 成的拉伸残余应力。作为桁架试件，发生了相当于屈服点约 8~9 成左右的拉伸残余应力，是高于小型试件的较大数值。对此我们认为焊接时限制程度的差别所致。

图 2 焊接接头试验 (SBHS500、SBHS700)

图 3 桁架试件 (SBHS700)

图 4 残余应力的测定结果

对小型试件的疲劳试验

我们对采用 SBHS 钢制作的小型外表面角板焊接接头试件进行了疲劳试验。试件的形状如图 2 所示。对应力比取 0。

疲劳试验的结果如图 5 所示，表示了对采用普通钢和 SBHS 钢制作的外表面角板焊接接头进行试验结果和以往的疲劳试验结果，我们几乎看不到不同种类钢材的疲劳强度差。SBHS 钢的外表面角板焊接接头的结果分布在 E 等级周围，符合现行的疲劳设计规范。

图 5 小型接头试件的疲劳试验结果

对桁架试件的疲劳试验

我们对如图 3 所示的跨距为 6,000mm 的大型桁架的疲劳试件进行了疲劳试验。钢的种类为 SBHS700，并对部分焊趾使用砂轮或喷丸进行焊趾处理。

疲劳试验的结果如图 6 所示。将裂纹从焊道向母材扩展 10mm 时 (总长为 40mm~50mm) 的循环次数作为疲劳寿命表示。在该图上也表示以往对桁架试件进行的疲劳试验结果 (但是为裂纹长度 20mm~40mm 的循环次数)。焊接状态接头的疲劳

强度结果符合日本钢结构协会规定的 G 等级，与普通钢的疲劳强度相同。因为试验在处理后的焊趾未发生裂纹的阶段结束，所以无法比较不同处理方法的差别，但是疲劳试验结果超过 E 等级，与未处理的 G 等级相比，疲劳强度提高了 2 级以上。

图 6 桁架试件的疲劳试验结果

采用砂轮打磨提高疲劳强度的效果

钢材的疲劳强度随着静态强度的提高而增加。通过砂轮打磨焊趾部位有可能影响钢材的疲劳强度。对此，我们制作了外表面角板焊接接头试件，按相同处理条件进行砂轮打磨，讨论疲劳强度的提高效果与钢材强度的关系。

采用的钢材为 SM490、SBHS700、SBHS500，试件的形状如图 7 所示。焊接角板的目的在于防止从焊道部分发生疲劳裂纹，采用端部周边焊对 50mm 的范围进行完全渗透焊。

对各种类的钢材按处理半径为 3mm 以上、处理深度为 0.5mm 的方法进行处理。焊趾部位（或者加工部位）的半径与角度的测定结果如图 8 所示，打磨深度的频度分布如图 9 所示，基本上按相同的形状进行处理。

我们对这些试件进行了在外表面弯曲应力作用下的疲劳试验。应力比取 0.1 以下。焊接状态试件的疲劳裂纹均从主板侧的焊趾处发生。作为砂轮打磨的试件，SM490、SBHS500 试件均从砂轮处理部位开始、SBHS700 试件均从角板侧的焊趾部位开始发生裂纹。

疲劳试验的结果如图 10 所示。疲劳寿命是裂纹从焊道向母材扩展 10mm 时的循环次数。对于焊接状态试件，未发现不同种类钢材的疲劳强度差，可以确认焊接接头的疲劳强度对钢材强度的非依存性。另一方面，采用砂轮处理的试件疲劳强度随着钢材强度的增加而提高，呈现对钢材强度的依存性。特别是 SBHS700 试件，疲劳裂纹并不是发生在打磨部

位而是变成在角板侧的焊趾部位发生，获得了显著的提高疲劳强度效果。

图 7 外表面角板试件

图 8 焊趾部位或加工部位的半径及角度

图 9 打磨深度

图 10 疲劳试验的结果

鸣谢

本项研究是“钢桥的合理化结构・提高耐久性研究委员会”的疲劳强度研究分会开展的工作的一部分，借此机会向对这项工作给予支持的日本钢铁联盟、日本钢结构协会的相关各位表示感谢。

Table 1 Mechanical Properties of SBHS (Steels for Bridge High Performance Structures)			
Grade	Plate thickness (mm)	Yield point or proof strength (N/mm ²)	Tensile strength (N/mm ²)
SBHS500 SBHS500W	$6 \leq t \leq 100$	500 or more	570~720
SBHS700 SBHS700W	$6 \leq t \leq 75$	700 or more	780~930

Fig. 1 Test Results for Crack Growth

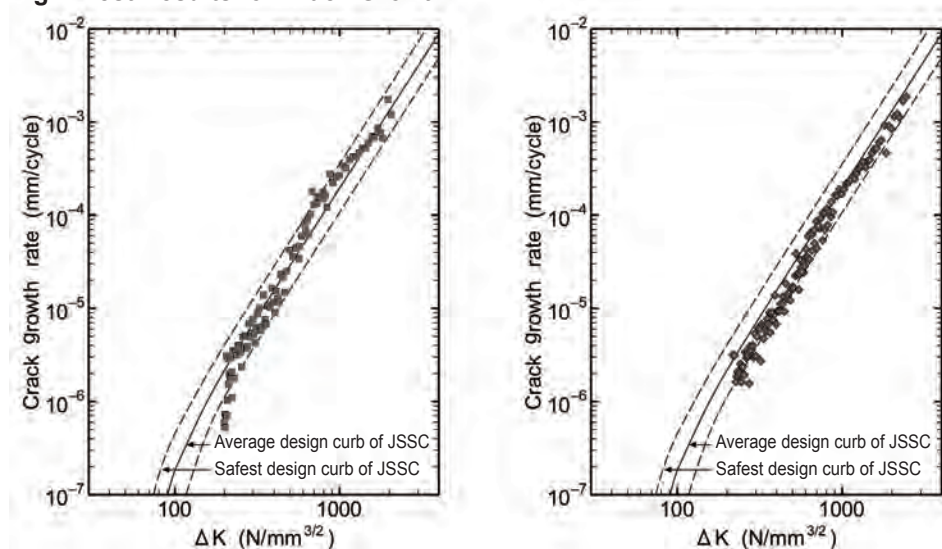


Fig. 2 Weld Joint Test Specimens (SBHS500 and SBHS700)

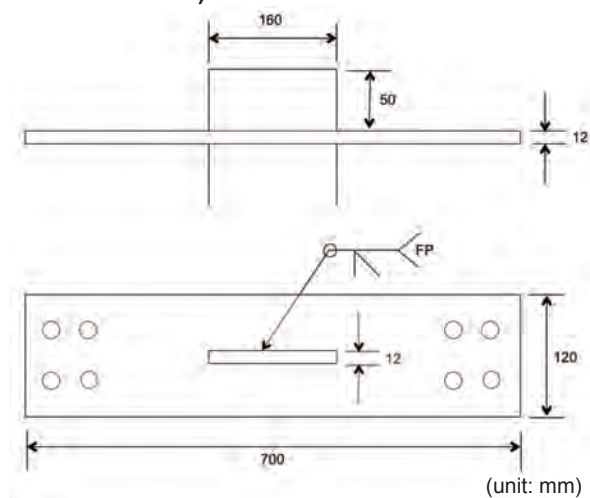


Fig. 3 Girder Test Specimen (SBHS700)

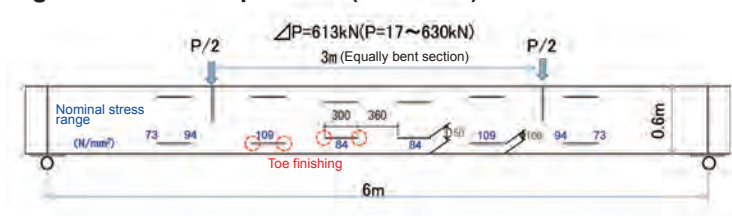


Fig. 4 Measurement Results for Residual Stress

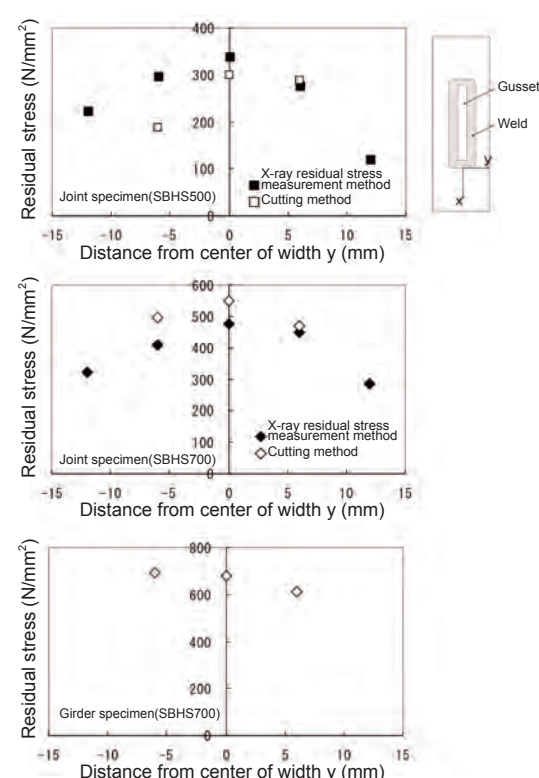


Fig. 5 Fatigue Test Results for Small-size Weld Joint Specimens

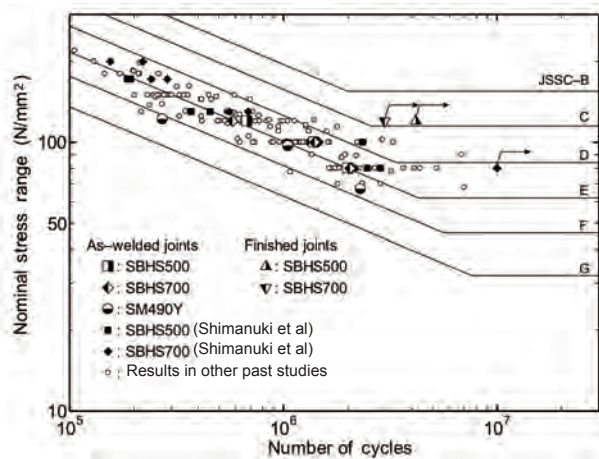


Fig. 6 Fatigue Test Results for Girder Weld Joint Specimens

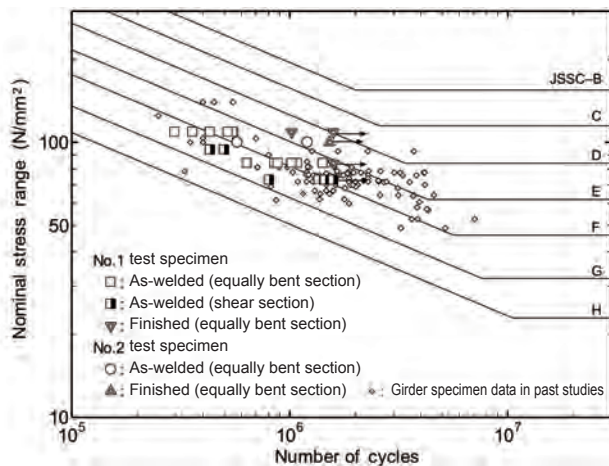


Fig. 7 Out-of-plane Gusset Test Specimens

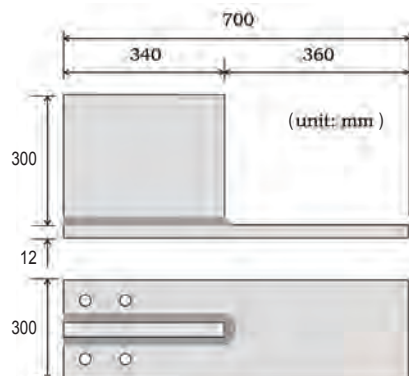


Fig. 9 Grinding Depth

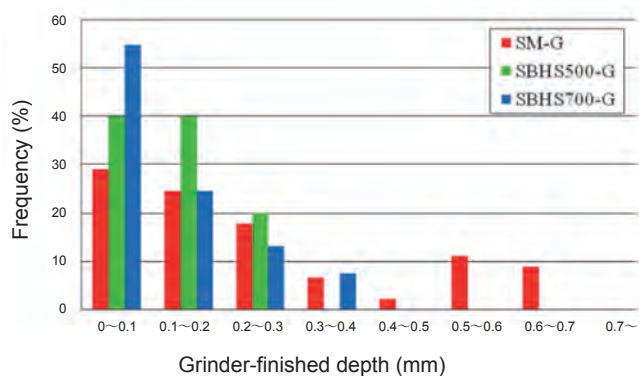


Fig. 8 Radiuses and Angles of Toe or Finished Sections

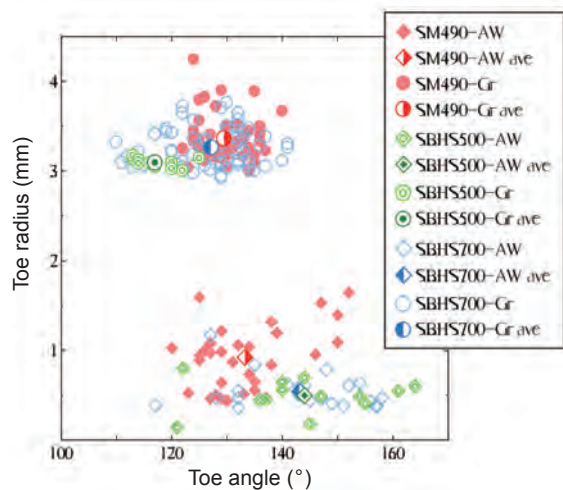
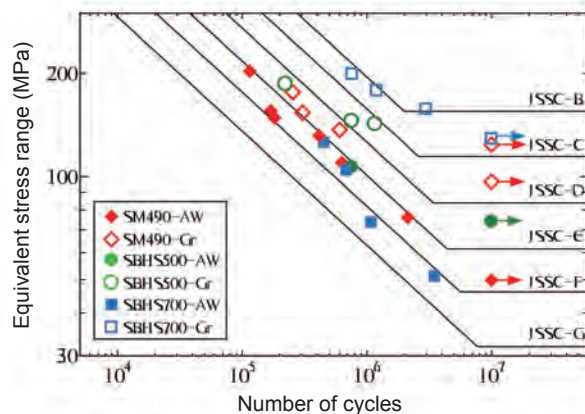


Fig. 10 Fatigue Test Results for As-welded and Finished Weld Joints



(12~15 页)

成果报告 (3)

耐候性钢桥的维护管理

九州工业大学研究生院 教授
山口 荣辉

为了延长钢桥的使用寿命，防止发生腐蚀至关重要。在这方面，涂装虽然有效但成本很高，费用可达上部结构的大约 10%。此外，在钢桥的使用寿命期间需要重新涂装。尤其从寿命周期成本的角度考虑，传统的钢桥不具备很强的竞争力。

耐候性钢材的性能独特，在其表面上致密地形成精细的锈层抑制腐蚀的扩展：随着锈层的生长，腐蚀速度逐渐降低到从工程的观点考虑无实际损伤的程度。耐候性钢桥的长期变化状况如照片 1 所示。耐候性钢桥不需要涂装，与传统钢桥相比可降低很多成本。因此近年来，耐候性钢桥越来越受到欢迎。然而，随着耐候性钢桥数量的增加，有报告反映了意想不到的腐蚀状况。

根据这种情况，日本钢结构协会的钢桥的合理化结构・提高耐久性研究委员会下属的耐候性钢桥维护工作小组（WG）于 2012 年成立。该小组的成员由各领域的工程技术人员构成，范围包括建筑业者、桥梁的所有者以及专业学者。工作小组首先审查了耐候性钢桥的近期检查结果。同时，关于耐候性钢桥的维护，面向桥梁的所有者和桥梁工程技术人员准备了问卷调查。根据由此获得的信息，工作小组对耐候性钢桥的维护问题开展了工作。本文说明这些工作的概要。

照片 1 耐候性钢桥

耐候性钢桥的性能

* 评估

由于耐候性钢桥的性能可能不如预期，因此我

们对该性能进行检查。对此，将腐蚀的状况按 5 级分类评估。5 级分类标准的概要如表 1 所示。3 级以上的性能为满意，耐候性钢材不应出现 1 级和 2 级腐蚀，一旦发现则应引起重视。对于 2 级腐蚀，建议经常检查。对 1 级需要进一步调查，确定桥梁是否需要修理。

由于桥梁属于大型结构，耐候性钢桥的腐蚀状况不一定均等，各部分会有所不同，尤其可以发现靠近梁端的腐蚀状况往往与普通部分的腐蚀状况明显不同。

我们采用称为胶带试验的方法评估腐蚀状况。在该试验中，将胶带与耐候性钢贴紧。胶带试验结果的范例如图 1 所示。检查取下的锈粒，按照表 1 的 5 个等级划分腐蚀状况。

表 1 腐蚀状况等级的标准

图 1 胶带试验

* 性能

日本桥梁协会（JBA）公布了近期对耐候性钢桥性能的调查结果。在被检查桥梁中，86% 的状态良好，呈现 3 级及以上的腐蚀状况，其余桥梁的腐蚀状况为 1 级或 2 级。我们开展调查以确定性能不良的原因，结果表明在那些发生异常腐蚀状况桥梁中，68% 受到漏水影响，32% 位于靠近其他桥梁或倾斜的天然地基的位置。梁端的状况差别很大：31% 的桥梁存在 1 级或 2 级状态的梁端。发现大约 80% 的这些梁端受到漏水的影响。

受交通荷载的影响，伸缩缝是最容易受到损坏的桥梁构件之一。破损的伸缩缝导致漏水，使梁端经常暴露于潮湿，结果降低了耐候性钢材在梁端的性能。

调查还发现，防冻剂使耐候性钢桥的性能劣化速度提高了约 10%。该速度在普通部分和梁端相同。此外还发现，如果有防冻剂存在，漏水呈现导致影响加重的趋势，加速异常腐蚀状况的扩展。

问卷调查

我们进行了问卷调查归纳耐候性钢桥需要解决的问题，以下是其中的一些意见。

- 需要研究的技术文件过多，对此应进行合并与编辑，形成某种经审定的文件。
- 耐候性钢桥有其独特的结构细节，然而某些细节的效果不明确，难以在设计中应用。
- 评估耐候性钢桥的性能较为困难。需要一套有关腐蚀状况的良好示例照片。
- 难以发现耐候性钢材的裂纹。
- 有三分之一的地方政府部门曾对耐候性钢桥进行过维修。许多这些桥梁采用了涂装。对其中的一些钢桥采用钢板加固。由于这些钢构件表面的腐蚀严重，因此他们不明确如何进行相关的基础材料的控制或调整。需要一套关于耐候性钢桥的维修指南。

防冻剂的影响

我们对 9 座耐候性钢桥受防冻剂的影响进行了调查，即从 2014 年 12 月开始的防冻剂不同用量和交通量的状况。这些桥梁的地点远离海岸，因此可排除空气中盐分的影响。典型的调查状况如照片 2 所示。

虽然该项目正在进行，并未获得很多结果，但包括预先调查的一些观测表明：防冻剂的影响随着与使用防冻剂现场的距离增加按指数形式显著降低；即使在最后一次使用防冻剂后，其影响仍会持续大约两个半月；发现防冻剂对最外侧梁的外表面影响较大；防冻剂在相距较近、平行的桥梁之间的沉积物数量非常大。防冻剂沉积物的变化结果如图 2 所示。

照片 2 防冻剂的调查状况

图 2 防冻剂的沉积物

腐蚀状况的量化标准

腐蚀状况是耐候性钢材的性能指标。因此，腐蚀状况的评估对于耐候性钢桥的维护至关重要。作为目前的方法，我们根据外部锈蚀的表面，按照表 1 的标准进行评估。在可行的前提下，虽然这种方法简单，但对于保证评估结果的客观性却非常困难，因此应对标准进一步量化。

我们尝试采用图像分析进行改善，尤其分析了胶带上的锈蚀颗粒，获得了表示腐蚀状况的各种数据。该数据包括锈蚀颗粒的最大尺寸（图 3（a））、锈蚀颗粒最小尺寸的最大值（图 3（b））以及锈蚀颗粒的密度等。为此，我们选出 27 片各种腐蚀状况的锈蚀颗粒胶带。我们也请在耐候性钢桥的检查方面富有经验的桥梁工程技术人员评估腐蚀状况。

从日常维护的角度考虑，最重要的信息是腐蚀状况是否需要引起注意。由于需要注意 1 级或 2 级的腐蚀状况，因此我们的尝试目标是确定 2 级或更加严重的腐蚀状况。本次研究的范围不包括将腐蚀状况分类为 5 级。

通过对两组图像分析和专家评估的结果进行认真审查，我们获得了初步结论：如果锈蚀颗粒的最小尺寸的最大值超过 9mm，则需要注意该腐蚀状况。

图 3 锈蚀颗粒

补充文件

为了有助于进行腐蚀状况的评估，我们准备了补充材料。我们检查了 28 座位于不同地点、发生各种腐蚀状况的桥梁，获得 190 组数据，涵盖了所有可能的腐蚀状况。每组取样包括许多信息：钢材表面的三维照片（立体 3D 照片）、胶带试验结果、概观照片、锈层厚度以及诸如与海岸的距离等其他相关数据。

疲劳裂纹

在工作小组开展工作的过程和进行的检查中，发现了既有桥梁的疲劳裂纹。裂纹周围的锈蚀颜色

较淡（照片 3）。由于在美国也有同样的观察结果，因此锈蚀的颜色可能成为发现疲劳裂纹的线索。

照片 3 疲劳裂纹

发生腐蚀的梁的承载能力

异常腐蚀经常在梁端发现。梁端承受集中荷载，是承载的反作用。因此，梁端的腐蚀会对桥梁的安全造成威胁。在这个背景下，我们对腐蚀导致承载能力的降低进行了具体数值的调查，包括在各种腐蚀模式下对主梁端和端横梁的研究。计算表明，不仅腐蚀的尺寸和深度、而且腐蚀的位置也是造成劣化的因素。例如，在支承外侧（图 4）的梁发生的腐蚀具有较大的影响，因此如果发现则应予以充分注意。

图 4 发生腐蚀的主梁的承载能力

涂装维修

有关耐候性钢桥的维修存在难点：难以从耐候性钢材的表面清除锈层，并且难以清除盐分沉积。然而，由于这些清除工作非常重要，所以耐候性钢桥的维修作业需要更长的时间。

工作小组有机会调查了耐候性钢桥的维修作业。关于表面处理方法的有效性，在得到桥梁所有者的同意后，我们在这项实际的维修作业中获得了宝贵的现场维修作业数据。

根据该数据，工作小组建议采用以下方法：首先使用电动工具进行清除，然后进行喷砂处理，接下来用水冲洗，重复进行两次，最后进行表面喷砂。

数据表明，即使对于 1 级腐蚀状况，包括小于 $50\text{mg}/\text{m}^2$ 的盐分沉积在内，这种方法可以获得满意的结果。此外，我们还了解到对于 2 级腐蚀状况可减少喷砂的次数。

结语

一般而言，大部分的日本耐候性钢桥的状态良好，但也有一些未达到预期的要求。因此，维护工作非常重要。以上介绍的工作小组的工作将有助于解决有关维护作业的若干问题。这些工作仍将持续，进一步提供相关技术，从而使耐候性钢桥作为市政基础设施保持良好的状态。



(a) Two months old



(b) One year old



(c) 17 years old



(d) 22 years old

Photo 1 Weathering steel bridge

Table 1 Criteria for Corrosion-State Level

Level	Description of rust particle	Rust thickness
5	Fine but non-uniform	Less than about 200 μ m
4	Average size of about 1 mm ;fine and uniform	Less than about 400 μ m
3	Average size of 1-5 mm	Less than about 400 μ m
2	Average size of 5-25 mm	Less than about 800 μ m
1	Formation of rust layer	Larger than about 800 μ m

Fig. 1 Scotch Tape Test



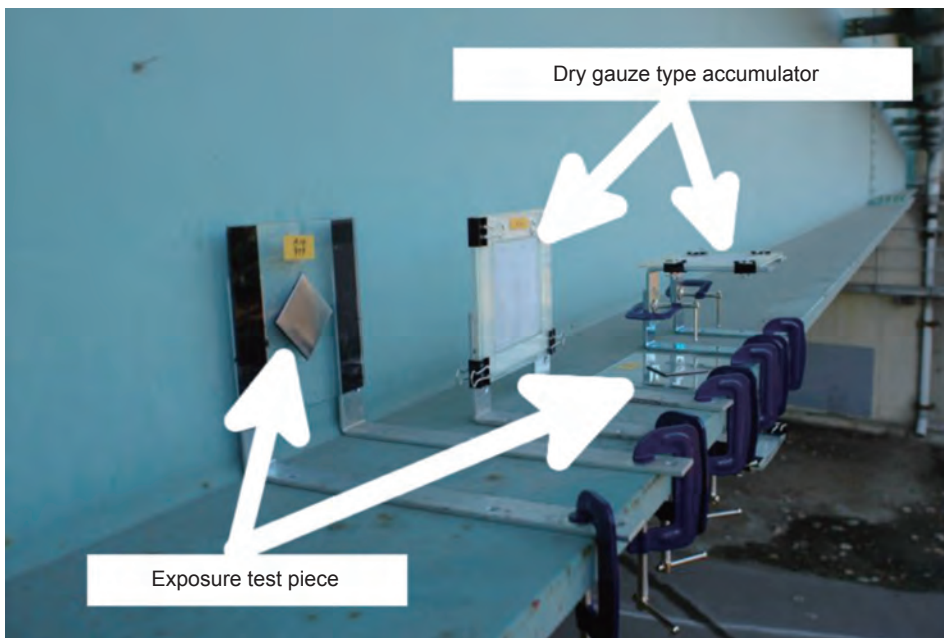


Photo 2 Survey setup for de-icing agent

Fig. 2 Deposition of De-Icing Agent

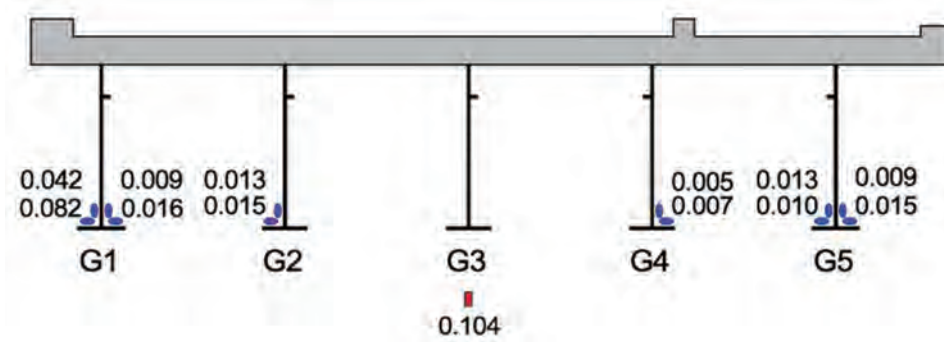


Fig. 3 Rust Particle

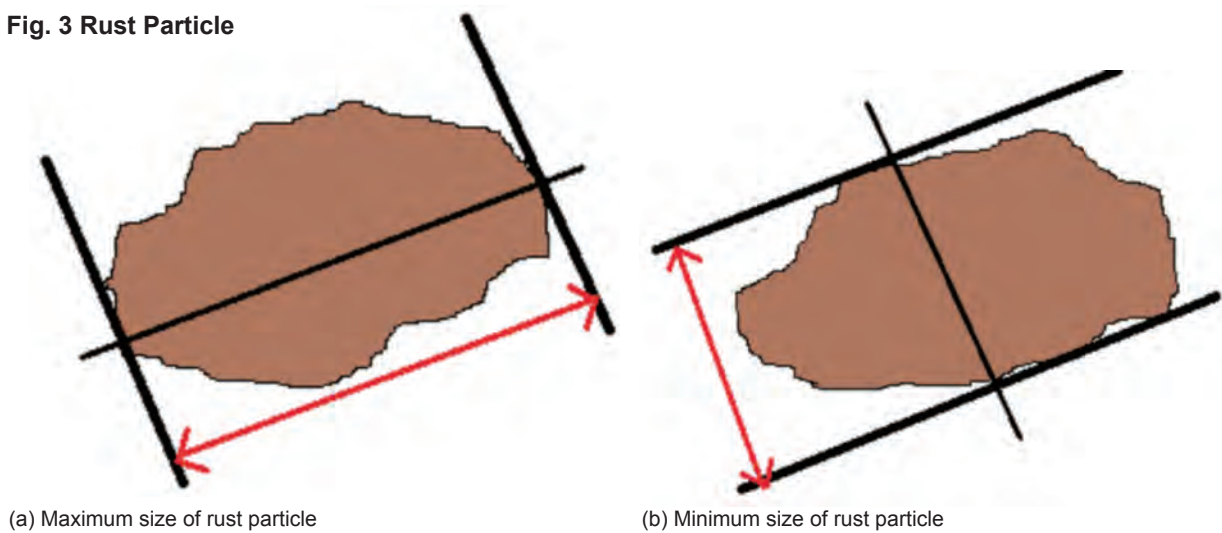
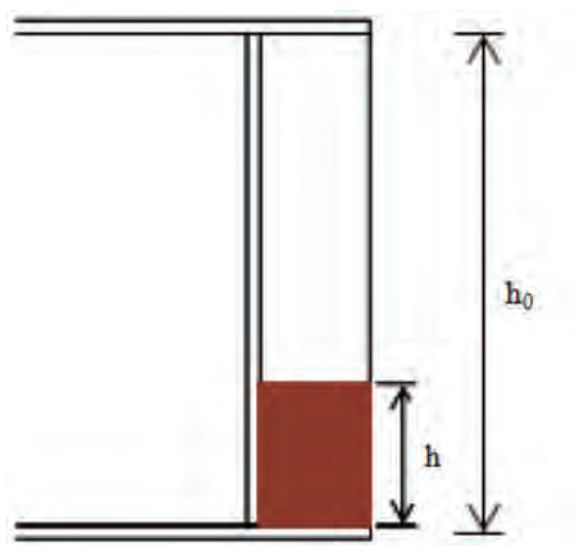


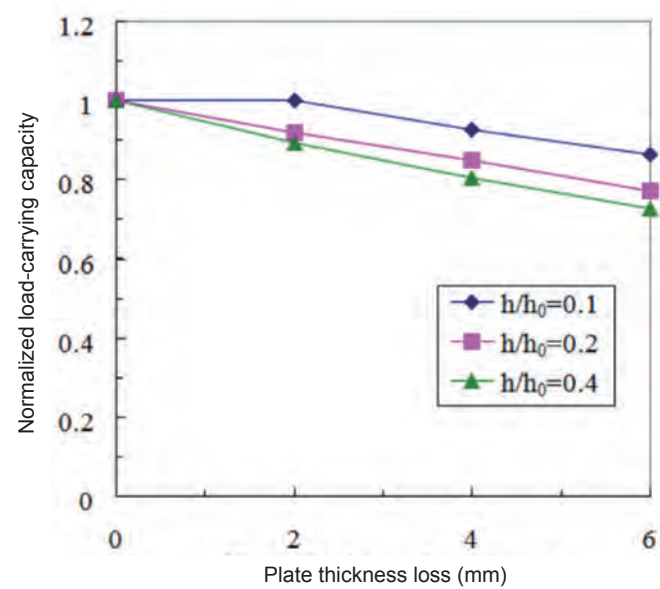


Photo 3 Fatigue crack

Fig. 4 Load-Carrying Capacity of Corroded Main Girder



(a) Location of corrosion



(b) Deterioration of load-carrying capacity

(16~18 页)

特别演讲

国土强韧化的推进与今后的展望

京都大学研究生院教授・内阁官房参与

藤井 聪

目前，日本遭受史无前例自然灾害的风险明显增加。半个多世纪以来，我们建设了高度复杂、各种要素有机融合的巨大文明社会，并且在预料将发生关东平原及南海海槽地震、富士山喷发的可能受灾地等曾在历史上多次持续发生过巨大灾害的地区，以超高密度的方式集中构建了现代文明社会的枢纽设施，形成了巨大城市带(Megalopolis)。(参见图 1)

图 1 预测将发生的大地震

国土强韧化的推进概要

以这种认识为背景，为了打破堪称绝望性的目前现状，尽可能减少将要发生的史无前例的大灾大难对日本未来的破坏性影响，避免陷入因受灾而无法恢复的深刻局面，日本国政府从 2015 年起开始推进“国土强韧化”对策。

关于国土的强韧化，自安倍内阁于 2012 年 12 月成立以来，在内阁中设立担当大臣，同时在内阁官房设立推进室，以推进室为中心在全部省厅展开工作。

在政府推进这项工作的同时，国会也反复进行讨论，2013 年 12 月制定了《国土强韧化基本法》。该基本法阐明在内阁设立以总理大臣为中心的推进本部，规定了“优先”于国内所有行政计划制定“国土强韧化基本计划”的义务。(参见图 2)

在制定这项计划时，政府设定了 45 项“严重事态”，将其中首先应紧急采取对策的重要事态规定为“重点项目”，即表 1 中的 15 个项目。

图 2 作为“优先计划”的国土强韧化基本计划示意图

表 1 政府规定为应紧急应对的 15 项严重事态

15 项严重事态与国土强韧化

这 15 项严重事态都是以发生巨大地震等各种自然灾害为前提归纳的，为了采取对策，包括堤坝整建和抗震加固以及液化对策等硬件方面的措施、以及推进防灾教育和风险沟通和 BCP (Business Continuity Plan, 即企业可持续发展计划) 等软件方面的措施等，所有省厅和所有民营机构领域都必须从各个角度考虑制定综合性对策。

然而，为了避免发生这些事态，“缓和东京一极集中”和“形成分散型国土”是必须从根本上落实的最重要任务。这是因为通过这些缓和集中和实现分散，考虑到 1) 不仅可以从根本上减轻发生首都直下型地震的受灾程度、2) 可“保存”受灾后的日本国家实力、3) 并且实现更加迅速的救援、恢复、复兴的 3 个理由，将成为非常有效的强韧化对策，此外，4) 通过提高各地区的活力，对地区强韧化也将做出巨大贡献，在这些方面可期待获得良好结果。

根据这些认识，内阁会议于 2014 年 6 月根据基本法通过了国土强韧化基本计划，阐明了应推进“缓和东京一极集中”和“形成分散型国土”的宗旨。

在这种缓和东京一极集中的同时，为了实现建设自律、分散、协调型国土的目标，当然需要从具有促进作用的税制、补助、支援的方法到调整各种新机制等的“软件对策”，同时，对其产生促进的“硬件对策”也十分重要。(参见图 3)

图 3 “国土强韧化”的基本目标和推进方法

“地区强韧化计划”

另一方面，在中央政府制定基本计划规定了强韧化方向后，向全国的自治体积极建议提出有关制

定“地区强韧化计划”的方针。目前，半数以上的都道府县在具体推进这项制定工作。

（参见图 4）

同时，政府也在推进各自治体开展的地区强韧化与地区创生协作的讨论。如果能够实现地区创生，自然会提高发生灾害时的强韧性，同时，确保发生灾害时的强韧性在平时会对地区经济带来各种益处。此外，作为国土强韧化最重要课题的缓和东京一极集中，毋庸置疑将会直接促进地区创生。

图 4 公布了推进（包括预定）制定国土强韧化地区计划的地方公共团体

作为国家项目的“推进国土强韧化”

目前，政府不仅在中央和地方政府的层次推进，而且促进“民营机构”的强韧化对策，以及面向青少年开展“防灾城市建设及国家建设学习”活动，在学校教育领域贯彻国土强韧化和地区强韧化的理念。此外，关于开展国际协作也正在进行讨论。通过这些方法，以中央政府为中心，地方政府、民营机构以及全部国民与各相关外国开展各种方式的协作，将推进国土强韧化作为国家项目贯彻落实。

Fig. 1 Megathrust Earthquakes Forecasted to Occur in Japan

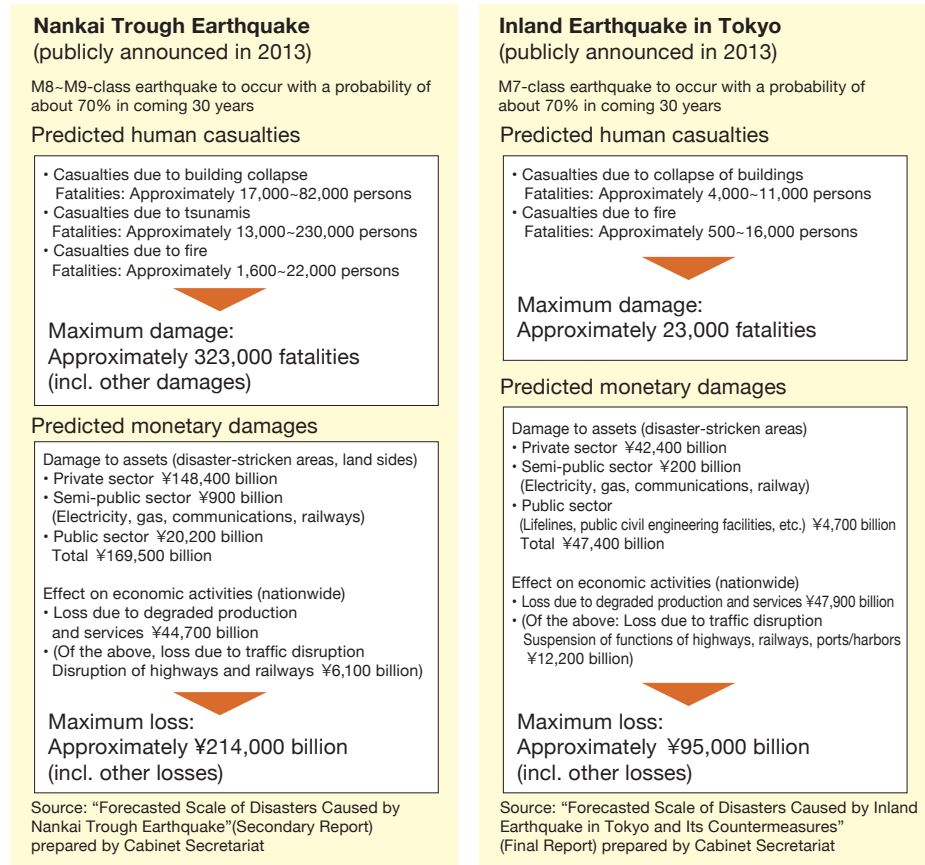


Fig. 2 Image of “Fundamental Plan for Building National Resilience” to Be Promoted as Priority Plan

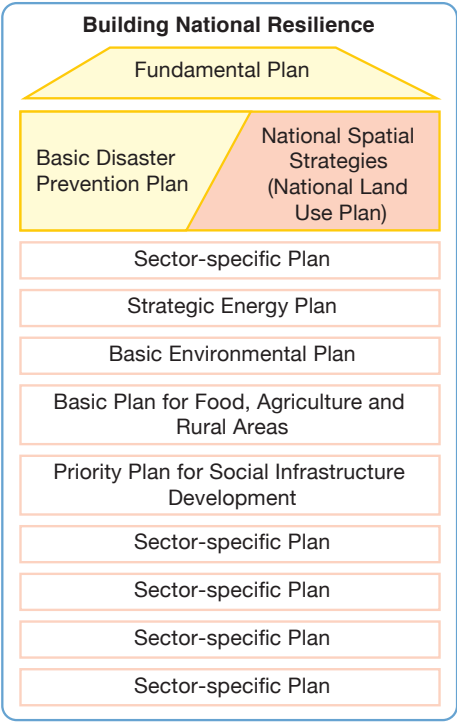


Table 1 Fifteen Serious Situations Cited by the Government as Requiring Rapid Measures
• Collapse of high-rise and other buildings in urban areas and outbreak of large fires in such areas • Prodigious loss of life due to tsunamis • Prodigious loss of life because of inadequate transmission of information • Absolute lack of rescue and emergency activities by self-defense forces, the police, fire fighters, etc. • Increase in fatalities due to insufficient supply of food and other necessities to disaster-stricken areas • Prolonged inability to use telephones and radios • Suspension of energy supply • Suspension of energy supply to domestic industries • Significant reduction of national economic productivity • Suspension of food supply • Disruption of transportation arteries connecting eastern and western parts of the country • Disaster-induced dysfunction of central government • Prolonged inundation of towns due to extensive flooding • Occurrence of terrible disasters due to large-scale volcanic eruptions, etc. • Devastation of farmland and forests that account for 80% of national land area

Fig. 3 Fundamental Goals of the “Building National Resilience” Initiative and Related Promotion Efforts

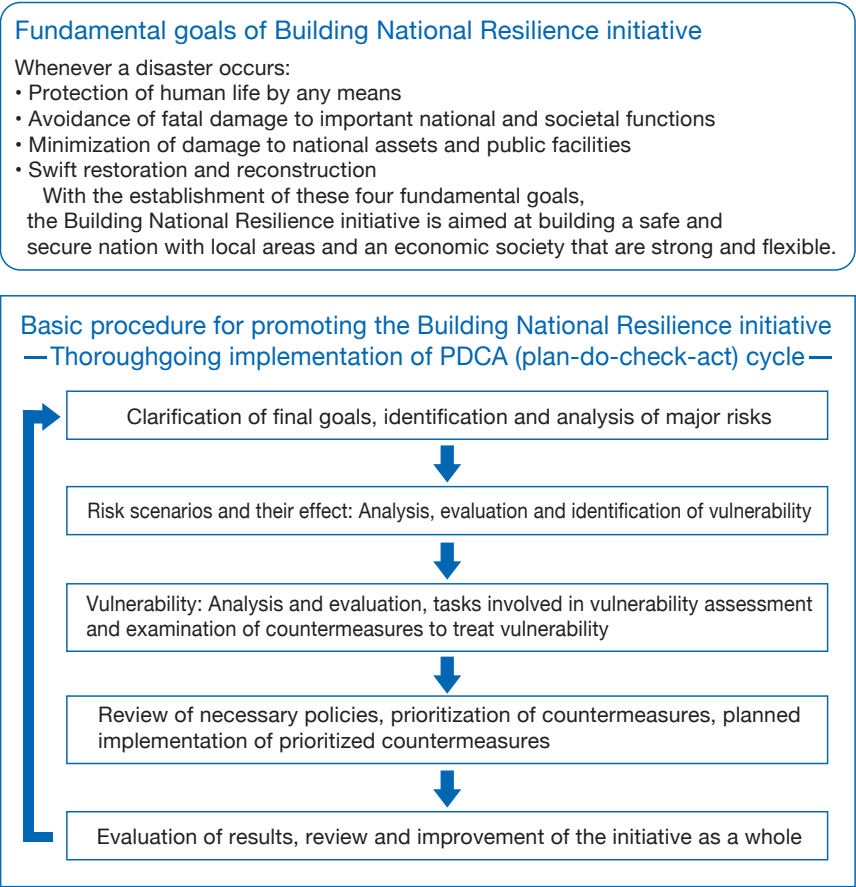


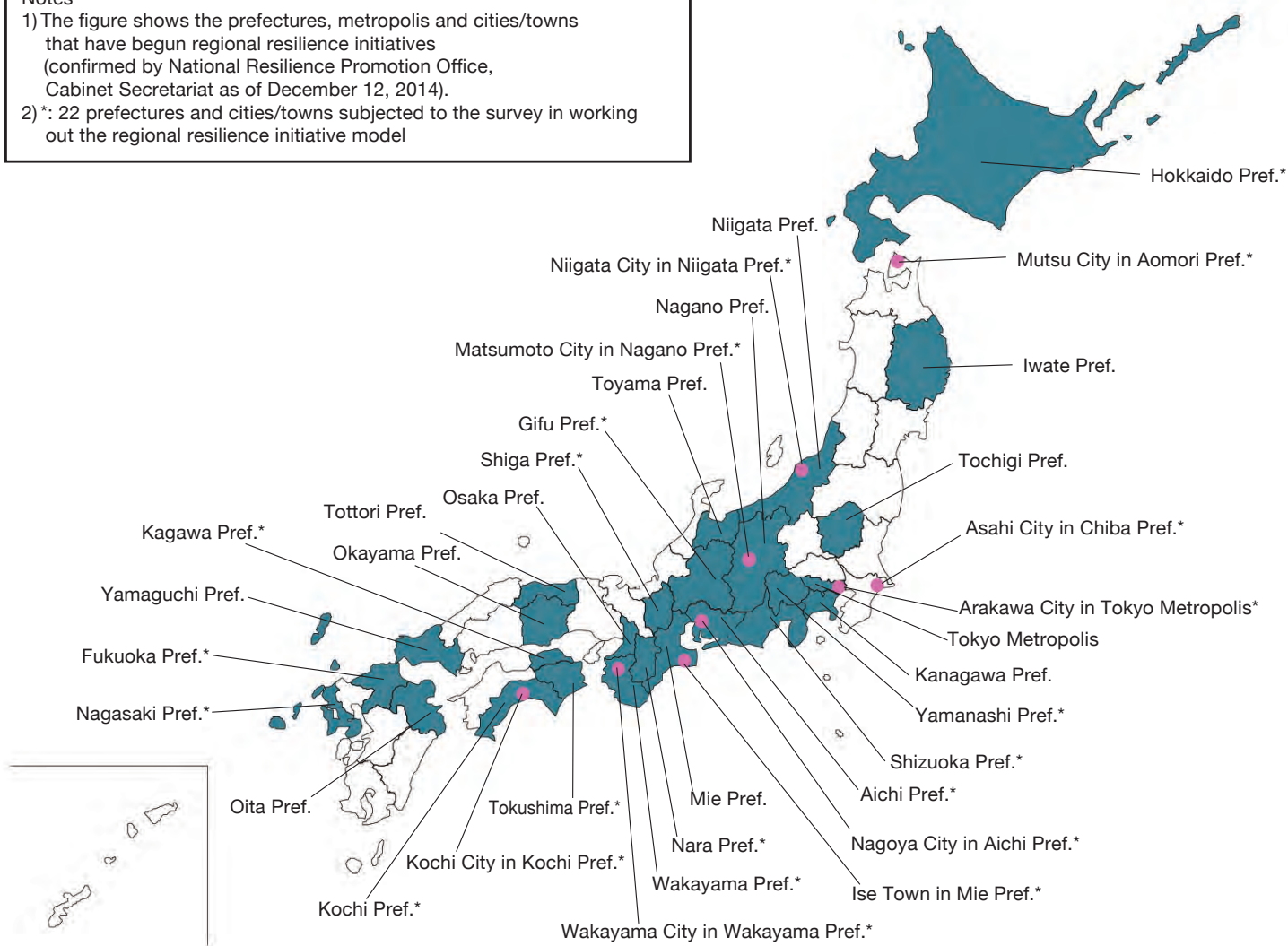
Fig. 4 Local Governments to Publicly Announce Start of Effort to Work Out “Building Regional Resilience” Initiatives (incl. planning stage)

As of December 12, 2014: 25 prefectures, 1 metropolis and 9 cities/towns

Notes

1) The figure shows the prefectures, metropolis and cities/towns that have begun regional resilience initiatives (confirmed by National Resilience Promotion Office, Cabinet Secretariat as of December 12, 2014).

2) *: 22 prefectures and cities/towns subjected to the survey in working out the regional resilience initiative model



（封底）

日本钢铁联盟的近期活动

在柬埔寨举行钢结构会议

2014 年 12 月 4 日，日本钢铁联盟（JISF）与柬埔寨市政工程与交通部（MPWT）和柬埔寨技术学院（ITC）在金边联合举行了以“2014 钢结构最新技术”为主题的会议。在会议上，围绕港湾、桥梁以及建筑等主题，两国的专家发表了 5 项演讲，大约 120 名工程技术人员及学生参加的会议。同时，两国的高层人员举行了研讨会（小组会议），针对柬埔寨的钢结构普及现状及课题交换了意见。本次是继 2012 年之后 JISF 在柬埔寨主办的第二次会议。另外，JISF 还计划于 2015 年 12 月在该国举行会议。

照片 会议的盛况

在泰国举办地震研讨会

2015 年 2 月 12 日、13 日，日本钢铁联盟（JISF）与泰国钢铁协会在曼谷联合举办了以“日本的抗震设计规范和抗震技术”为主题的研讨会。这是针对 2014 年 5 月在泰国发生地震后人们对建筑物的抗震技术日益增加的关心，作为日本—泰国经济协作协定的协作事业的项目之一所策划的活动。在研讨会上，泰国的 3 名专家和来自日本的 2 名专家发表了有关抗震设计和抗震技术的演讲，与会者达 80 多名。此外，JISF 还计划于 2015 年 9 月在曼谷与 ISIT 联合举办有关钢结构的研讨会。

照片 演讲人

开设东南亚地区事务所

日本钢铁联盟（JISF）在马来西亚首都吉隆坡开设了“东南亚地区事务所”，开业典礼于 2015 年 4 月 28 日举行，并随后开始了日常业务。该事务所是日本钢铁行业开展协作的联系窗口，通过构建与

东盟地区各国钢铁团体等的人员往来渠道，收集广泛的信息，并且为了促进对日本钢铁行业的理解而开展各项活动。

日本钢铁联盟 东南亚地区事务所

马来西亚 50470 吉隆坡

Suite 8-1 & 8-2, Level 8, Menara CIMB, No.1, Jalan Stesen Sentral 2,

电话: +60-3-2298-8307

传真: +60-3-2298-8201

照片 开业典礼和市川专务理事致辞



Conference on “Recent Technologies for Steel Structures 2014” held in Phnom Penh



Lecture delivery by General Manager Dr. Yasushi Ichikawa of Nippon Steel & Sumikin Engineering Co., Ltd.

Lecture delivery by Staff Manager Yukio Murakami, JFE Steel Corp.

Greeting by Acting President Pairojana Meethawee, Iron and Steel Institute of Thailand

Lecture delivery by Advisor Nuttapon Suttitum, Iron and Steel Institute of Thailand



Opening ceremony and greeting by Executive Director Yuzo Ichikawa of JISF at the opening ceremony

