

STEEL CONSTRUCTION TODAY & TOMORROW

(第 45 期, 2015 年 8 月)

日本鋼鐵聯盟與日本鋼結構協會會刊

中文版

STEEL CONSTRUCTION TODAY & TOMORROW

是每年出版 3 期的英文版刊物, 面向全球各相關企業與部門發行。本刊物的目的是介紹建築、土木工程領域的鋼結構相關規格、規範以及先進的項目實例、最新施工技術及材料等。

爲了更便于中國的讀者理解這些內容, 我們以文章部分爲中心編輯了中文版, 與英文版一並提供。有關文中的圖表與照片, 我們僅翻譯、刊載了標題。有關具體內容, 請參照英文版。另外, 也請參照英文版確認技術性說明和具體內容。

第 45 期 (2015 年 8 月) : 目錄

—特刊: 第 19 屆土木鋼結構研究學術報告會—

第19屆土木鋼結構研究學術報告會-----	1
首都高速公路的現狀與大規模更新換代-----	2
鋼橋的性能評估與強度設計的合理化-----	5
採用SBHS鋼材的焊接接頭疲勞特性-----	9
耐候性鋼橋的維護管理-----	12
政府推進國土強韌化的動向-----	16

日本鋼鐵聯盟的近期活動----- 封底

注: 頁數爲英文版第 45 期的頁數

中文版: ©一般社團法人日本鋼鐵聯盟 2015

郵政編碼103-0025

東京都中央區日本橋茅場町3-2-10

一般社團法人 日本鋼鐵聯盟

傳真: 81-3-3667-0245

電話: 81-3-3669-4815

電郵地址: sunpou@jisf.or.jp

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

(1 頁)

舉行第 19 屆土木鋼結構研究學術報告會 —為了實現國土強韌化和大規模改造，建造堅固、耐用的橋梁—

2015 年 3 月 10 日，日本鋼鐵聯盟（JISF）在東京都內舉行了“土木鋼結構研究學術報告會”。從 1995 年開始，JISF 設立了“鋼結構研究、教學補助制度”，以鋼結構領域的研究人員為對象，針對研究活動提供補助。本學術報告會每年舉行，旨在發表相關的研究成果和促進鋼結構的推廣普及。

作為本補助項目的組成部分，“鋼橋的合理化結構・提高耐久性研究委員會”以及作為其下屬機構的 3 個分會、即“合理化結構・設計方法研究分會”、“疲勞強度研究分會”以及“耐候性鋼橋維護管理討論分會”于 2013~2014 年度成立。

近年來，為了提供在價格、性能以及質量方面具有綜合優勢的鋼橋，技術方面的重要性日益增加。另一方面，關於對橋梁要求的性能，減輕維護管理負擔和實現長壽命等盡可能降低壽命周期成本也成為重要課題。該委員會組織開展研究活動解決這些課題，並歸納總結研究成果。

本次的第 19 屆土木鋼結構研究學術報告會盛大熱烈，與會人數達約 380 人，舉行了有關該領域的研究成果及相關課題的演講。在學術報告會上進行的演講內容如下所示。

第 45 期 SCTT 會刊作為“第 19 屆土木鋼結構研究學術報告會”特刊發行，從下頁開始介紹演講及成果報告的概要。

演講主題及演講人

主旨演講： “首都高速公路的現狀與大規模更新換代”	首都高速公路株式會社 取締役執行董事 安藤 憲一
成果報告（1）： 鋼橋的性能評估與強度設計的合理化	埼玉大學研究生院 教授 奧井 義昭

成果報告（2）： 采用 SBHS 鋼材的焊接接頭疲勞特性	名古屋大學研究生院 教授 館石 和雄
成果報告（3）： 耐候性鋼橋的維護管理	九州工業大學研究生院 教授 山口 榮輝
特別演講： “政府推進國土強韌化的動向”	京都大學研究生院 教授・內閣官房參與 藤井 聰

照片：學術報告會的盛況



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



(2~4 頁)

主旨演講

首都高速公路的現狀與大規模更新換代

首都高速公路株式會社取締役常務執行董事

安藤 憲一

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)。

上世紀 50 年代，道路沒有鋪設路面，下雨後經常要從泥濘中推出汽車，道路的整建明顯落後。對此，政府建立了從用戶收取費用償還用于道路建設等資金的收費道路制度（1952 年）以及道路特定財源（1953 年）機制，促進道路的整建。從 1955 年前後開始，汽車化迅速發展，在道路狀況越來越差的背景下，需要建造汽車專用道路。對此，政府決定建設首都高速公路，並於 1959 年 6 月成立了首都高速公路公團。同年 5 月，國際奧委會決定舉辦 1964 年東京奧運會。

目前，首都高速公路的交通量約為 95 萬輛 / 天。此外，與東京都 23 區內的國道、都道的總長度相比，雖然首都高速公路的長度約僅為其 15%，但是行駛的車輛·公裏約達 36%，貨運量約達 28%，是總長度比的 2 倍以上，成為人們日常生活不可或缺的道路。

首都高速公路網的建設以及改建項目等的狀況

2015 年 3 月 7 日，中央環狀線（高速灣岸線~高速 3 號澀谷線）通車，首都高速公路的總長達到 310.7km。目前正在施工的區間為 18.9km，竣工後總長將達到約 330km（圖 1）。

中央環狀線項目從初步調查開始經過了半個多世紀終於建成。山手隧道是日本最長的公路隧道（18.2km），在建造中運用了各種技術。其中包括地

下盾構隧道擴寬技術、以及使盾構隧道之間在地下成為一體的挖通工藝。以往在建造時，採用封閉通行向一般道路迂回以及限制車道的挖掘工藝，對分支以及進出口部分進行施工，採用這種新工藝後，可將對普通道路的影響降至最小（圖 2）。

關於大橋交流道，以在狹窄區間進行的交流道建設為例，在連接地下約 35m 至地上約 35m 的交流道部位，作為連接該高低差的大橋交流道，最大坡度達 7%（上升 70m 高度需要 1km）。對此我們考慮建造長 400m 的環形道路繞兩周半達到 1km，呈現如照片-1 所示的形狀。另外，作為環保措施對環形道路加蓋封頂，利用上面的土地建造了目黑區公園。此外，由於當地居民希望再次返回原先的居住地，因此建造了兩棟東京的再開發項目大樓。施工時遷出的居民在竣工後又回到這裏居住。本項目將成為今後的道路建設和城市建設的樣板工程，以榮獲優秀設計獎為首，得到了各方面的贊譽

圖 1 首都高速公路網

圖 2 地下擴寬技術

照片 1 大橋交流道

大規模更新換代及大規模維修

首都高速公路也進入了高齡化階段，在約 310km 的總長度中，使用已超過 40 年的結構體約占 3 成，大約半數已超過 30 年（圖 3）。另外，需要精心維護管理的高架橋和隧道等結構體的比例約占 95%，並且大型車輛的交通量也非常多。

面對這種狀況，“關於首都高速公路結構體的大規模更新換代的妥善方法調查研究委員會”（委員長由東京都市大學湧井史郎教授擔任）成立，對今後的維護管理方針進行討論，並於 2013 年 1 月提出了建議。我們根據建議的內容在公司內部開展討論，于同年 12 月公布了首都高速公路更新換代計劃。計劃更新換代的地點定為 5 處（東品川棧橋·鮫洲填埋區、大師橋、銀座~新富町的挖掘區間、包括日本橋在內的竹橋~江戶橋、池尻~三軒茶屋）（圖 4），

用于更新換代的建造費用約為 3,800 億日元。此外，大規模維修工程為 55km，費用約為 2,500 億日元，總費用約達 6,300 億日元。

1964 年東京奧運會當時建造了 30km 高速公路，那時開通的高速公路迎來了更新換代時期（圖 5）。

目前，在更新換代計劃中，東品川棧橋・鮫洲填埋區已進入辦理施工合同手續的階段。爲了提高耐久性和維護管理性，因此將該區間改建成離開海水水面的高架結構。另外，計劃架設永久型腳手架，考慮了便于日常檢修的結構。現在，該區間的交通量爲約 8 萬輛 / 天，由于不能妨礙通行，因此計劃在新建時設置 2 車道的迂回線路（圖 6）。按照目前的設想，雖然舉辦下次東京奧運會時正處于施工期間，但是使用迂回道路的 2 車道和新建的 2 車道，至少可以避免通過目前受損部分的道路，考慮采用這種方針。目前，爲了 2015 年度動工的各项工作正在逐步進行。

圖 3 通車後的使用年數比例（截至 2015 年 4 月）

圖 4 大規模更新換代及大規模維修區間

圖 5 1964 年東京奧運會時通車的區間及大規模更新換代區間

圖 6 東品川棧橋・鮫洲填埋區的更新換代示意圖

Fig. 1 Network of Metropolitan Expressway

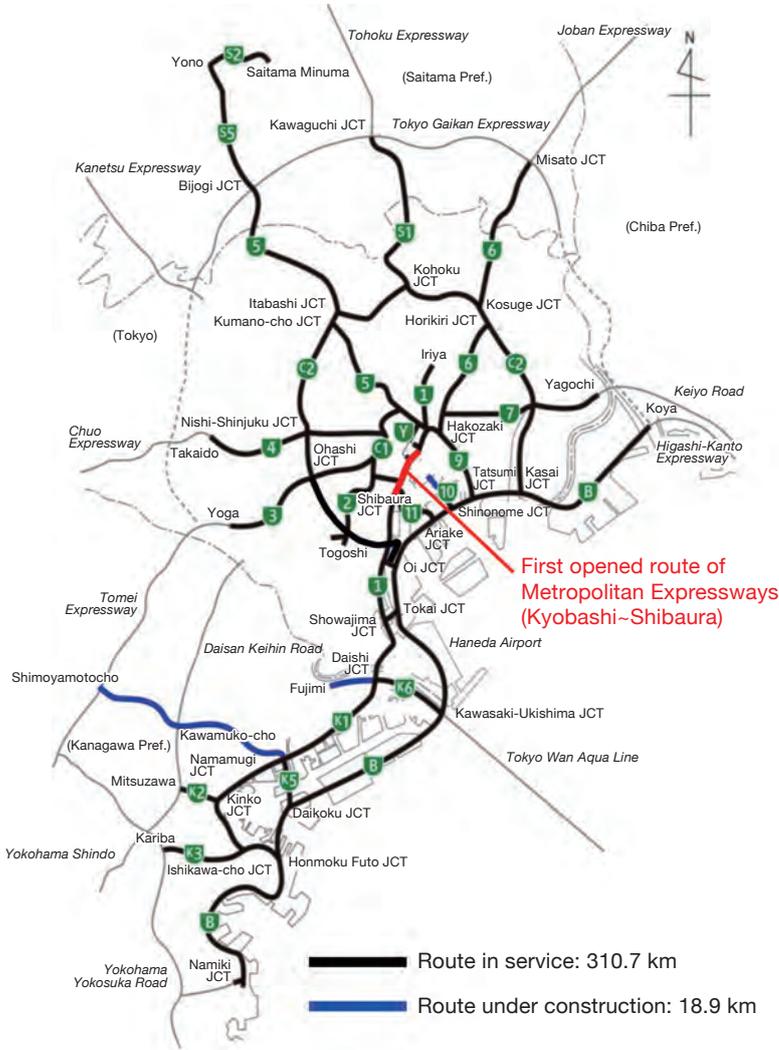


Fig. 2 Underground Shield Tunnel Width Expansion Technology

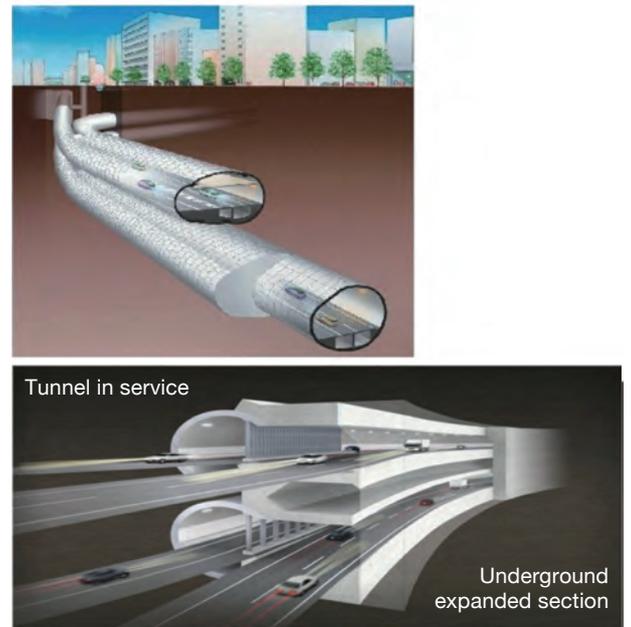


Photo 1 Full view of Ohashi Junction

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

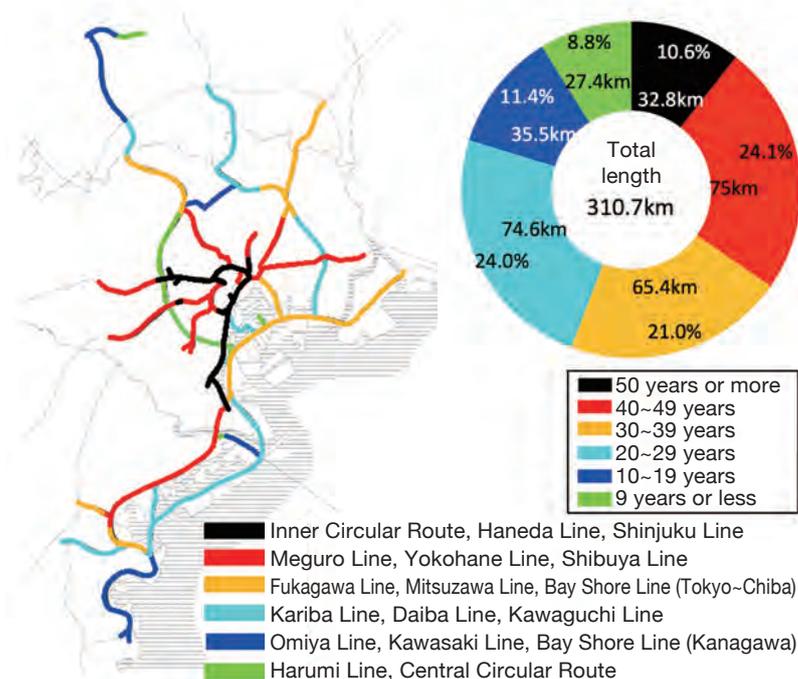


Fig. 4 Expressway Sections subject to Large-scale Renewal

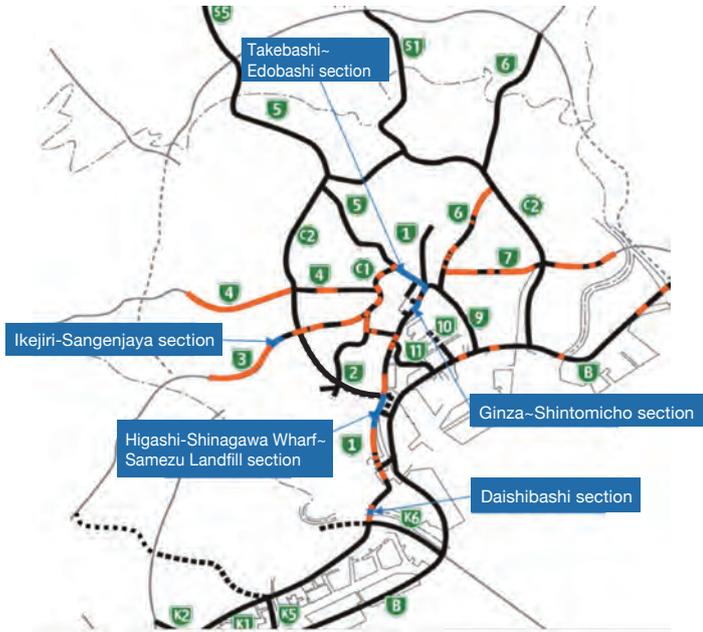


Fig. 5 Expressway Sections Opened to Traffic in Tokyo Olympic Games 1964 and Location of Large-scale Renewal Sections

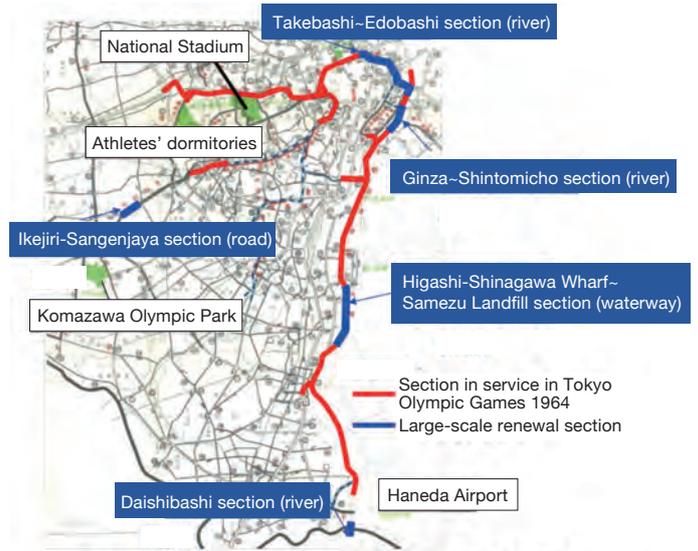


Fig. 6 Image of Renewal of Higashi-Shinagawa~Samezu Landfill Section



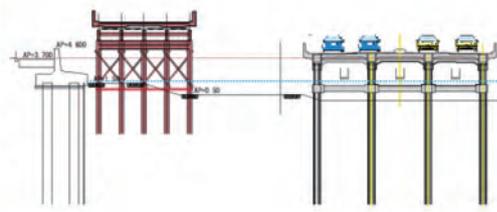
Present state



After large-scale renewal (image)



Temporary detour



Detour under construction (image)

(5~8 頁)

成果報告 (1)

鋼橋的性能評估與強度設計的合理化

埼玉大學研究生院教授

奧井 義昭

前言

爲了進一步提高鋼橋的競爭力，橋梁合理化結構與提高耐久性委員會・合理化結構與設計方法研究會進行了分析和實驗，收集用于討論新的設計標準以及修改設計標準的依據。具體的討論項目如下所示。

- (1) 承壓鋼板承載力的合理化
- (2) 工字鋼梁抗彎及抗剪承載力的討論
- (3) 性能核對設計方法及先進的審核用解析方法的討論
- (4) 高強度螺栓摩擦型連接的合理化
- (5) SBHS 鋼材殘余應力測定與鋼構件的殘余應力對強度產生的影響

本文概要介紹上述 (1) ~ (4) 項目的內容。

承壓鋼板承載力的合理化

我們對承壓鋼板的強度設計公式進行了重新討論[2]。進行重新討論的背景爲以下 3 點。

- (1) 現行的道路橋技術標準的基準承載力規定是根據彈性壓屈理論和上世紀 70 年代實施的實驗數據制定的，許多數據以 10mm 左右板厚的薄板結果爲基礎。然而目前的鋼橋經常采用最大板厚放寬到 100mm 的厚板。
- (2) 雖然橋梁用高性能鋼材 SBHS500 和 SBHS700 于 2008 年被納入日本工業標準 (JIS)，但是現行標準沒有考慮高性能鋼材的數據。
- (3) 根據可靠性設計理論計算安全系數已成爲全球先進設計標準的發展趨勢，因此，需要提供臨界強度的離差等概率數據。

爲了解決這些問題，我們采用有限元分析以及蒙特卡羅模擬獲得承壓鋼板臨界強度的統計數據 (平均值、標準偏差)。

無加強板 (4 邊簡支) 的解析模型如圖 1 所示。假設面外方向的初始變位形狀爲正弦波形，殘余應力爲如圖所示的分布形狀。蒙特卡羅模擬將初始變位最大值 W_0 和抗壓殘余應力 σ_{rc} 作爲概率變量考慮，例如，作爲初始變位的概率密度函數采用圖 2 發生隨機數，計算臨界強度。在蒙特卡羅模擬的各次嘗試中，由于每次進行有限元分析比較麻煩，所以采用響應曲面法以縮短計算時間。

4 邊簡支板的蒙特卡羅模擬的結果與現行的承載力曲線以及以往的研究結果[3、4]的比較如圖 3 所示。對自由突出板也進行同樣的討論[5]。運用這些討論的結果，可合理確定部分安全系數，我們期待在下次修改技術標準時應用這些討論結果。

圖 1 無加強板 (4 邊簡支) 的解析模型

圖 2 采用蒙特卡羅模擬的初始變位的概率密度分布

圖 3 蒙特卡羅模擬的結果 (μ = 平均值, σ = 標準偏差) 與道路橋技術標準 (JSFB) 的比較

工字鋼梁強度計算公式的合理化

對采用橋梁用高性能鋼材 (SBHS500、SBHS700) 的工字鋼梁進行承載力試驗，驗證對采用 SBHS 鋼材鋼梁的適用性以及設計公式的妥當性。抗彎試件的略圖如圖 4 所示。采用 4 點彎曲加載，試件中央的板塊爲試驗板塊。抗彎試件的各項參數如表 1 所示。對 SBHS500M 和 700M 兩個試件進行了試驗。

通過試驗獲得的荷載—變位曲線如圖 5 所示。圖中， P_n 爲 AASHTO LRFD 的公稱設計抗彎承載力時的荷載， P_y 爲發生凸緣屈服彎矩時的荷載。經確認，SBHS500M 和 700M 兩個試件均超過了 AASHTO LRFD 的公稱設計抗彎承載。AASHTO LRFD 的鋼材使用範圍爲屈服強度 485N/mm²，本次使用的 SBHS500 和 700 雖然都不屬於適用範圍，但

表明對於 SBHS500 和 700 也可使用通常的鋼材抗彎承載評估公式。

SBHS700M 試件加載後的狀況如照片 1 所示。崩潰方式為凸緣局部壓屈。

圖 4 採用橋梁用高性能鋼材的試件概要圖

表 1 試件的實測尺寸

圖 5 抗彎試驗結果（荷載－變位曲線）

照片 1 SBHS700 試件在試驗後的變形

運用先進的解析方法實現設計合理化

在橋梁設計中，需要妥善評估構件發生的應力。作為通常的設計，根據梁理論採用骨架結構分析得出構件的斷面應力和構件內部的應力分布。但是近年來，採用以 FEM 為首的先進結構解析可較為簡便地完成，這種環境已經完善，因此我們對採用先進的解析方法實現設計的合理化進行了討論。

以下是以如圖 6 所示的剛性構架橋墩處拐角部位為對象的討論結果。關於剛性構架拐角部位的應力分布，我們知道因受剪力滯後的影響，按照梁理論得到的應力分布與實際的應力分布有很大不同。

在以下的討論中，我們對 (a) 採用殼單元的有限元分析法、(b) 奧村、石澤方法、(c) 恒定剪切流板 (The constant shear flow panels) 的 3 種方法進行了比較討論。這裏，奧村、石澤方法是運用梁理論和應力集中系數考慮剪力滯後影響的方法，在日本的實際設計中經常採用。另一方面，採用恒定剪切流板理論的方法是僅承載剪切應力的板單元以及僅承擔隨其外周彎曲產生的垂直應力的梁單元構成的採用恒定剪切流板單元的解析方法。與採用殼單元的有限元解析相比，具有計算量較少等在實際業務中的優點。

梁的下凸緣的法向應力的分布比較結果如圖 7 所示。在該圖中，紅線是採用恒定剪切流板的解析結果，藍線是採用殼單元的結果，黑線是採用梁理論的公稱應力，以△符號表示的是用奧村、石澤方法求出的梁腹正上方的應力。作為採用殼單元的有

限元解析，為了獲得在一定程度上正確的應力分布，需要進行單元分割，將單元尺寸細分為 25mm 以下，然而採用恒定剪切流板的解析如圖 6 所示，即使分割的單元較粗也能夠獲得精度良好的解析結果。

圖 6 恒定剪切流理論的剛性構架拐角部位模型

圖 7 拐角部位下凸緣的應力分布比較

高強度螺栓摩擦型連接的合理化

近年來，構件向大型化和厚板化發展，接頭部分也呈現配置多列螺栓的傾向。然而鋼板的表面處理和厚板化以及螺栓的多列配置對高強度螺栓摩擦型連接接頭的承載力產生的影響並不十分明確。對此，關於對接觸面塗敷無機富鋅塗料的高強度螺栓摩擦型連接接頭的厚板化以及多列化對滑動系數產生的影響，我們進行了試驗和解析討論。

試驗的狀況如照片 2 所示，考慮該試驗和摩擦滑動，採用 FEM 解析（參照圖 8）對厚板多列接頭的滑動系數的降低效果進行了討論。

照片 2 厚板、多列高強度螺栓摩擦型連接接頭的滑動承載力試驗

圖 8 螺栓接頭的有限元模型

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

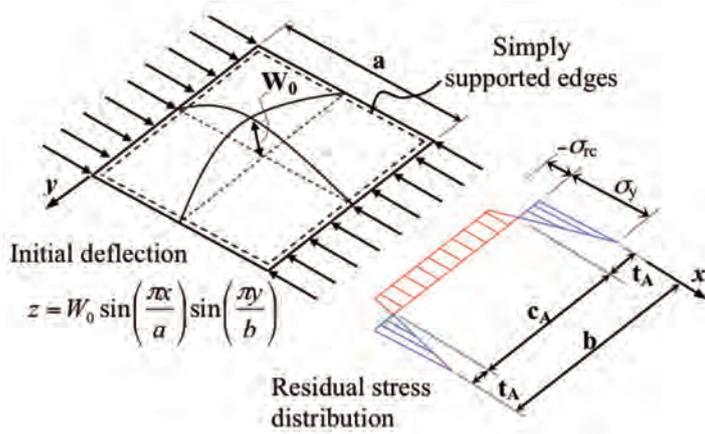


Fig. 2 Probability Density Function of Initial Deflection Used for Monte Carlo Simulations

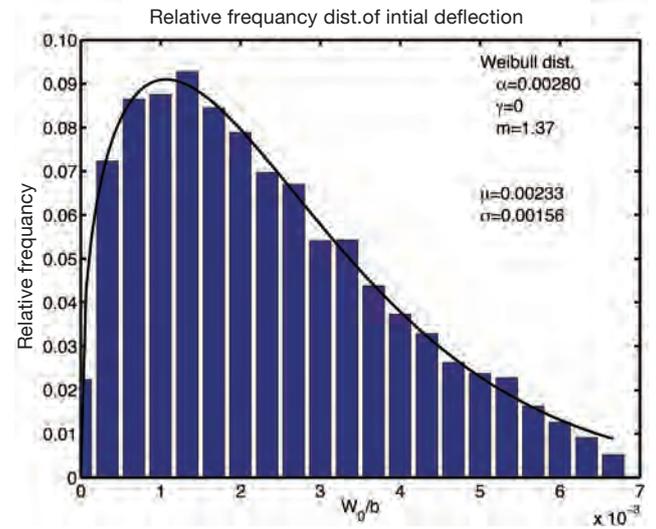


Fig. 3 Comparison between Monte Carlo Simulation Results (μ =average value, σ =standard deviation) and Load-bearing Curve in Specifications for Highway Bridges (JSHB)

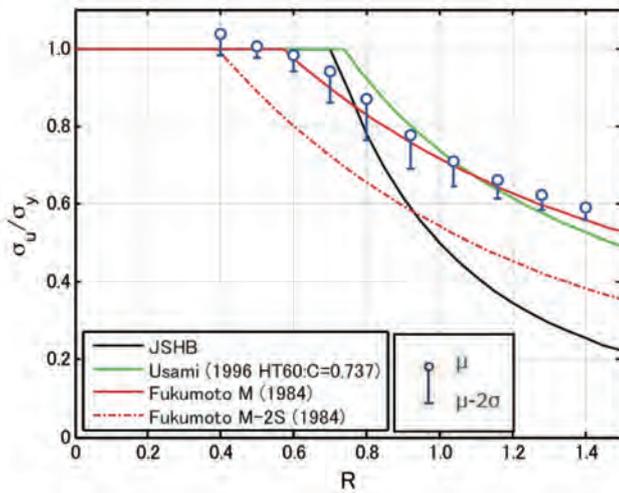


Fig. 4 Bending Test Specimens Using SBHS (Steels for Bridge High Performance Structures)

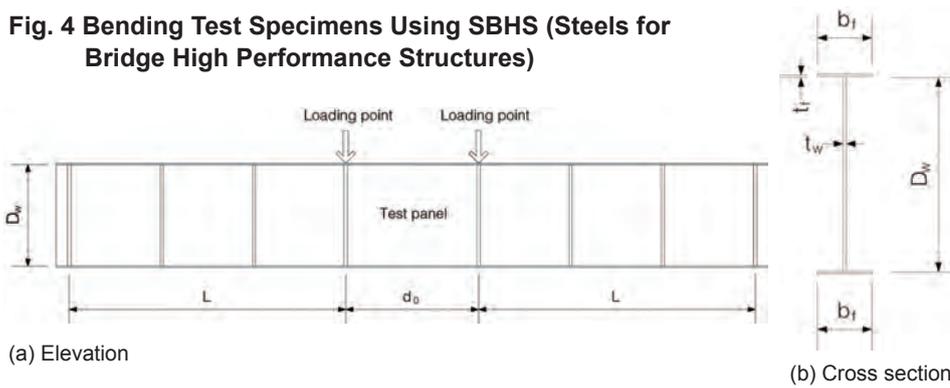


Table 1 Dimensions of Test Specimens

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)

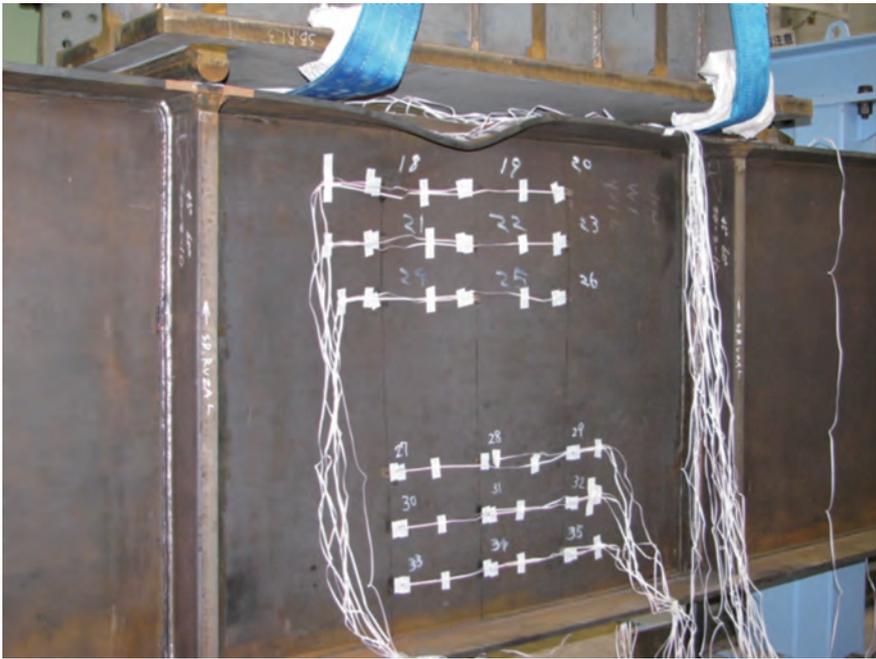
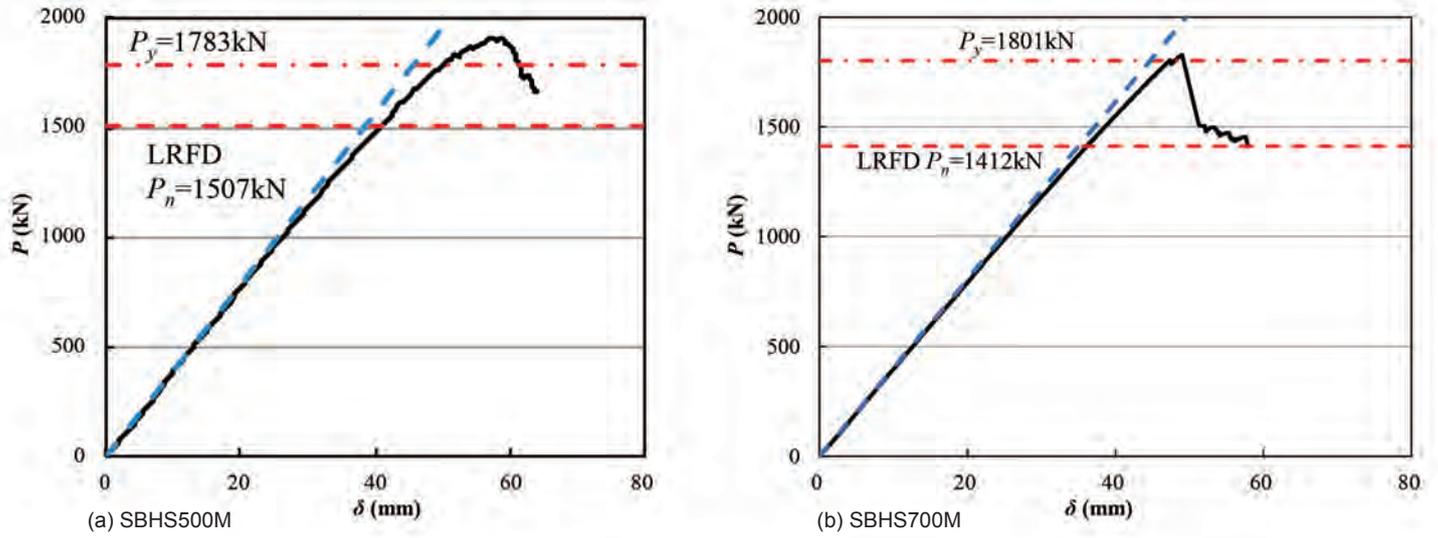


Photo 1 Deformation of SBHS700M specimen after loading

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

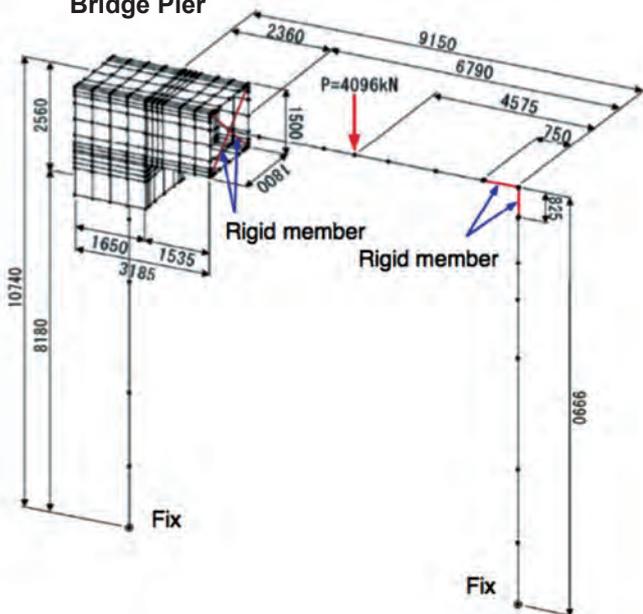


Fig. 7 Comparison of Stress Distributions at Corner Section of Lower Flange

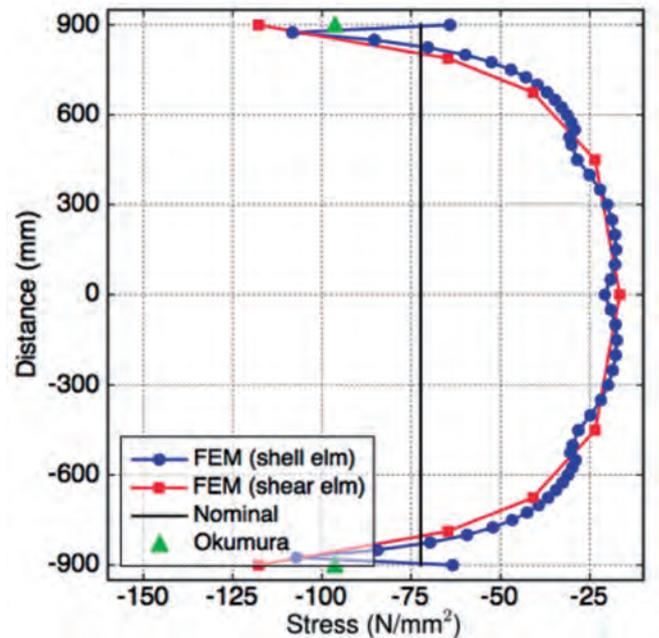
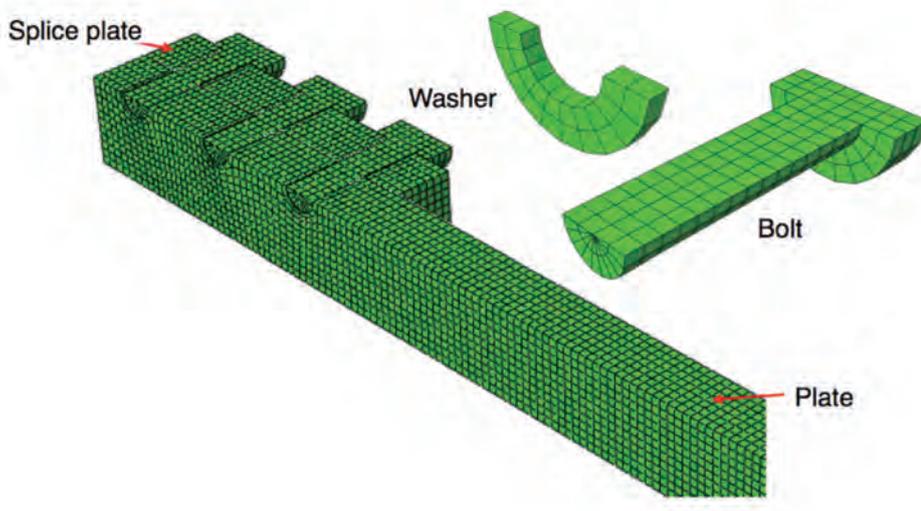




Photo 2 Slip strength test for multiple-row high-strength bolt friction joint with heavier plate thickness

Fig. 8 Finite Element Analysis Model of Bolt Joints



(9~11 頁)

成果報告 (2)

採用 SBHS 鋼材的焊接接頭的疲勞特性

名古屋大學研究生院教授

館石 和雄

前言

SBHS 鋼材是 JIS 于 2008 年制定的橋梁用高屈服點鋼板。除了如表 1 所示的屈服點以及抗拉強度高之外，由于其焊接性良好，因此可省略或減少預熱。採用 SBHS 鋼材可期待在施工、運輸以及架設等各方面降低成本。

另一方面，採用 SBHS 鋼材時，因構件的薄板化使活荷載應力相對增加，所以設想在疲勞方面會產生問題。然而採用 SBHS 鋼材的焊接接頭的疲勞特性並不十分明確，尤其是有關 SBHS700 的數據幾乎沒有資料。對此，我們對採用 SBHS 鋼材的焊接接頭的疲勞特性進行了基本討論。

表 1 SBHS 鋼材的機械特性 (JIS G 3140)

疲勞裂紋擴展特性的評估

針對 SBHS 鋼材的裂紋擴展特性，我們通過對緊湊拉伸試件的疲勞裂紋擴展試驗進行了調查。裂紋擴展試驗按 ASTM 進行。

經試驗獲得的裂紋擴展速度與應力擴大系數範圍 ΔK 的關係如圖 1 所示。圖中的曲線表示普通鋼的平均值和離差範圍，SBHS 鋼的結果在普通鋼試驗結果的離差範圍內，表明 SBHS 鋼的裂紋擴展特性與普通鋼幾乎相同。

圖 1 裂紋擴展試驗結果

焊接殘余應力的測定

以圖 2 所示的小型試件 (SBHS500、SBHS700) 和圖 3 所示的桁架試件 (SBHS700) 的外表面角板

焊接接頭為對象，採用切斷法以及 X 射線衍射法測定距焊趾 2mm 位置的殘余應力。測定結果如圖 4 所示。作為小型試件，SBHS500、SBHS700 均發生了相當于屈服點約 5~7 成的拉伸殘余應力。作為桁架試件，發生了相當于屈服點約 8~9 成左右的拉伸殘余應力，是高于小型試件的較大數值。對此我們認為是焊接時限制程度的差別所致。

圖 2 焊接接頭試驗 (SBHS500、SBHS700)

圖 3 桁架試件 (SBHS700)

圖 4 殘余應力的測定結果

對小型試件的疲勞試驗

我們對採用 SBHS 鋼制作的小型外表面角板焊接接頭試件進行了疲勞試驗。試件的形狀如圖 2 所示。對應力比取 0。

疲勞試驗的結果如圖 5 所示，表示了對採用普通鋼和 SBHS 鋼制作的外表面角板焊接接頭進行試驗結果和以往的疲勞試驗結果，我們幾乎看不到不同種類鋼材的疲勞強度差。SBHS 鋼的外表面角板焊接接頭的結果分布在 E 等級周圍，符合現行的疲勞設計規範。

圖 5 小型接頭試件的疲勞試驗結果

對桁架試件的疲勞試驗

我們對如圖 3 所示的跨距為 6,000mm 的大型桁架的疲勞試件進行了疲勞試驗。鋼的種類為 SBHS700，並對部分焊趾使用砂輪或噴丸進行焊趾處理。

疲勞試驗的結果如圖 6 所示。將裂紋從焊道向母材擴展 10mm 時 (總長為 40mm~50mm) 的循環次數作為疲勞壽命表示。在該圖上也表示以往對桁架試件進行的疲勞試驗結果 (但是為裂紋長度 20mm~40mm 的循環次數)。焊接狀態接頭的疲勞強度結果符合日本鋼結構協會規定的 G 等級，與普通鋼的疲勞強度相同。因為試驗在處理後的焊趾未

發生裂紋的階段結束，所以無法比較不同處理方法的差別，但是疲勞試驗結果超過 E 等級，與未處理的 G 等級相比，疲勞強度提高了 2 級以上。

圖 6 桁架試件的疲勞試驗結果

採用砂輪打磨提高疲勞強度的效果

鋼材的疲勞強度隨著靜態強度的提高而增加。通過砂輪打磨焊趾部位有可能影響鋼材的疲勞強度。對此，我們制作了外表面角板焊接接頭試件，按相同處理條件進行砂輪打磨，討論疲勞強度的提高效果與鋼材強度的關係。

採用的鋼材為 SM490、SBHS700、SBHS500，試件的形狀如圖 7 所示。焊接角板的目的在于防止從焊道部分發生疲勞裂紋，採用端部周邊焊對 50mm 的範圍進行完全滲透焊。

對各種類的鋼材按處理半徑為 3mm 以上、處理深度為 0.5mm 的方法進行處理。焊趾部位（或者加工部位）的半徑與角度的測定結果如圖 8 所示，打磨深度的頻度分布如圖 9 所示，基本上按相同的形狀進行處理。

我們對這些試件進行了在外表面彎曲應力作用下的疲勞試驗。應力比取 0.1 以下。焊接狀態試件的疲勞裂紋均從主板側的焊趾處發生。作為砂輪打磨的試件，SM490、SBHS500 試件均從砂輪處理部位開始、SBHS700 試件均從角板側的焊趾部位開始發生裂紋。

疲勞試驗的結果如圖 10 所示。疲勞壽命是裂紋從焊道向母材擴展 10mm 時的循環次數。對於焊接狀態試件，未發現不同種類鋼材的疲勞強度差，可以確認焊接接頭的疲勞強度對鋼材強度的非依存性。另一方面，採用砂輪處理的試件疲勞強度隨著鋼材強度的增加而提高，呈現對鋼材強度的依存性。特別是 SBHS700 試件，疲勞裂紋並不是發生在打磨部位而是變成在角板側的焊趾部位發生，獲得了顯著的提高疲勞強度效果。

圖 7 外表面角板試件

圖 8 焊趾部位或加工部位的半徑及角度

圖 9 打磨深度

圖 10 疲勞試驗的結果

鳴謝

本項研究是“鋼橋的合理化結構・提高耐久性研究委員會”的疲勞強度研究分會開展的工作的一部分，借此機會向對這項工作給予支持的日本鋼鐵聯盟、日本鋼結構協會的相關各位表示感謝。

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

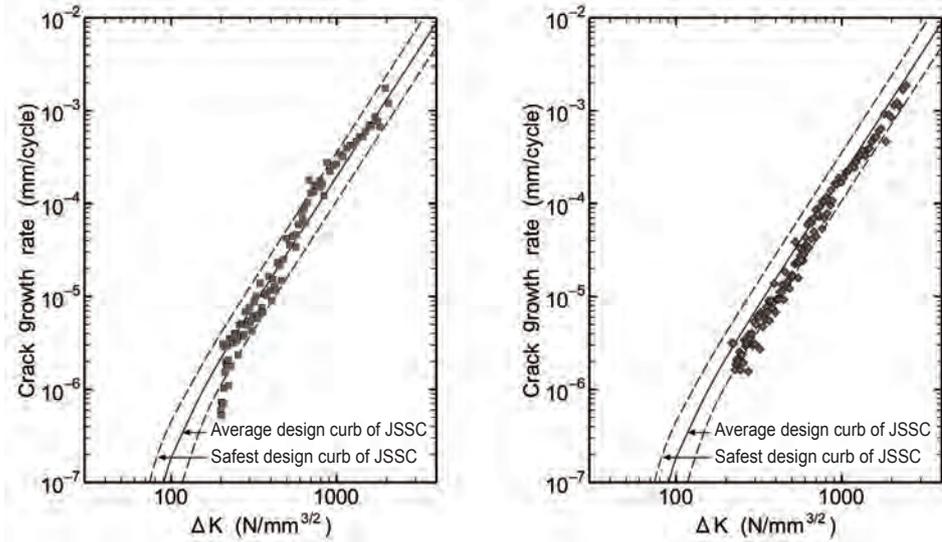


Fig. 2 Weld Joint Test Specimens (SBHS500 and SBHS700)

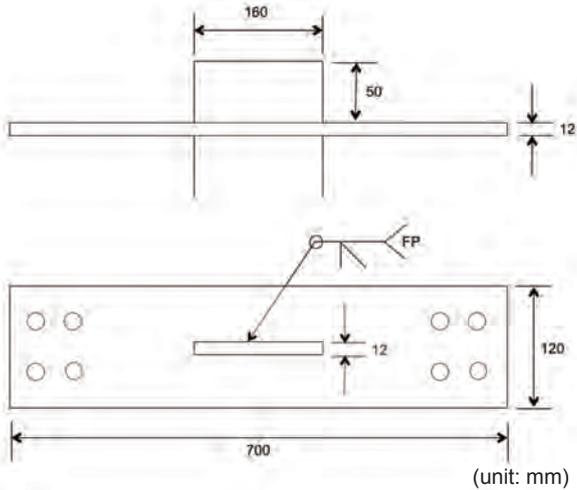


Fig. 3 Girder Test Specimen (SBHS700)

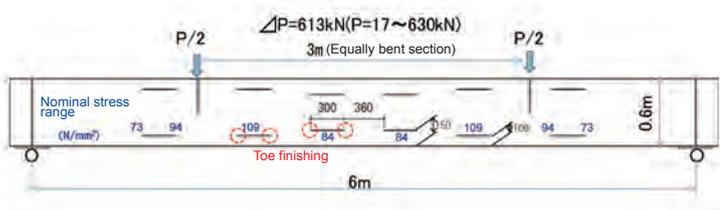


Fig. 4 Measurement Results for Residual Stress

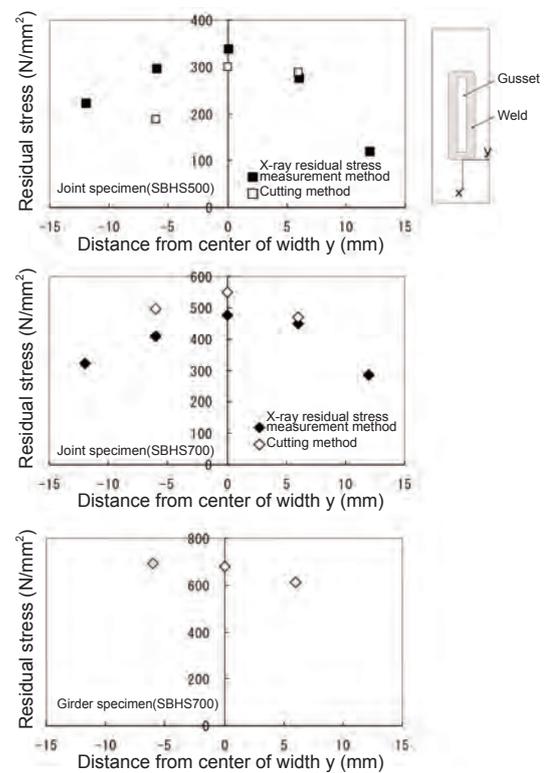


Fig. 5 Fatigue Test Results for Small-size Weld Joint Specimens

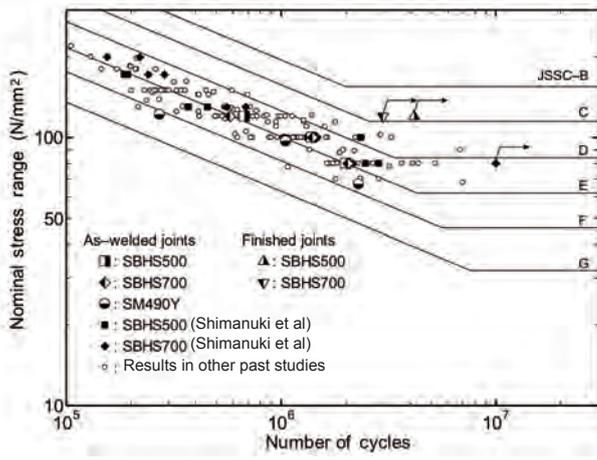


Fig. 6 Fatigue Test Results for Girder Weld Joint Specimens

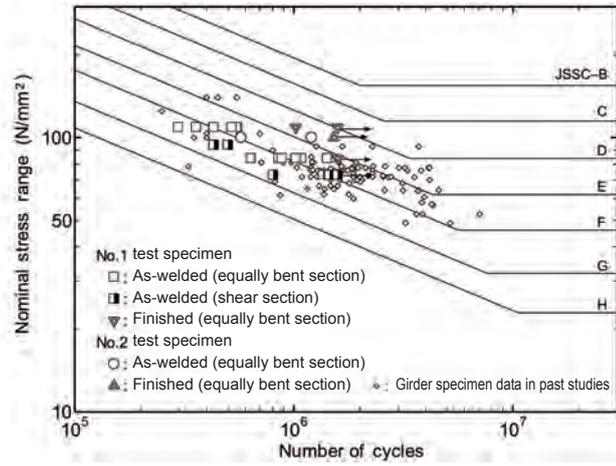


Fig. 7 Out-of-plane Gusset Test Specimens

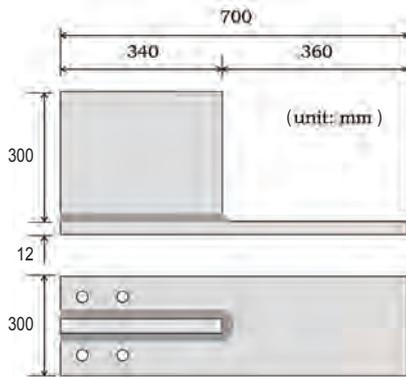


Fig. 9 Grinding Depth

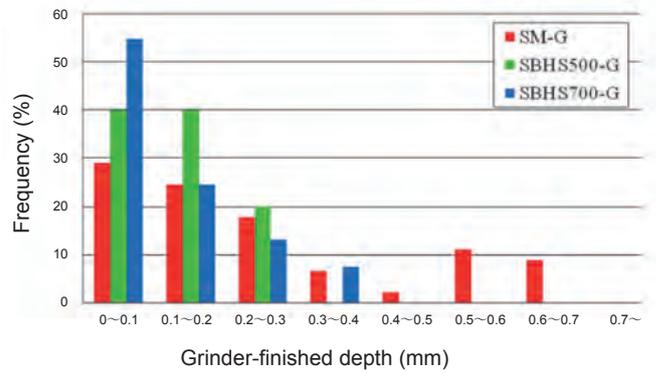


Fig. 8 Radiuses and Angles of Toe or Finished Sections

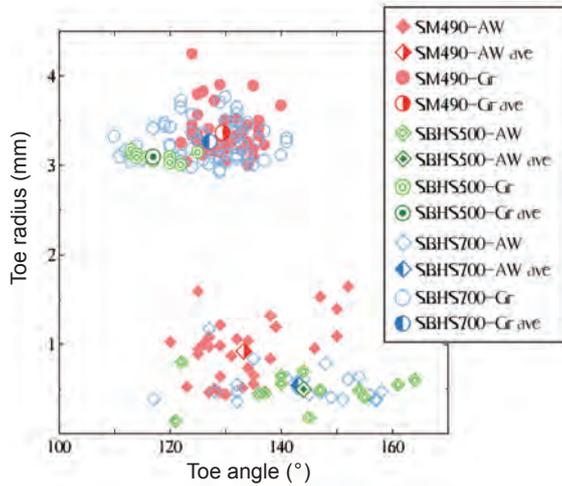
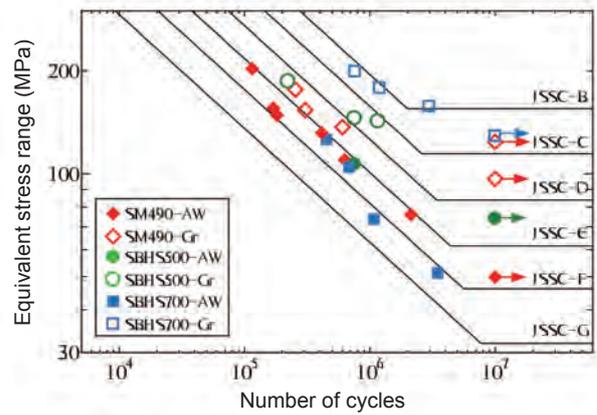


Fig. 10 Fatigue Test Results for As-welded and Finished Weld Joints



(12~15 頁)

成果報告 (3)

耐候性鋼橋的維護管理

九州工業大學研究生院 教授

山口 榮輝

爲了延長鋼橋的使用壽命，防止發生腐蝕至關重要。在這方面，塗裝雖然有效但成本很高，費用可達上部結構的大約 10%。此外，在鋼橋的使用壽命期間需要重新塗裝。尤其從壽命周期成本的角度考慮，傳統的鋼橋不具備很強的競爭力。

耐候性鋼材的性能獨特，在其表面上致密地形成精細的鏽層抑制腐蝕的擴展：隨著鏽層的增長，腐蝕速度逐漸降低到從工程的觀點考慮無實際損傷的程度。耐候性鋼橋的長期變化狀況如照片 1 所示。耐候性鋼橋不需要塗裝，與傳統鋼橋相比可降低很多成本。因此近年來，耐候性鋼橋越來越受到歡迎。然而，隨著耐候性鋼橋數量的增加，有報告反映了意想不到的腐蝕狀況。

根據這種情況，日本鋼結構協會的鋼橋的合理化結構・提高耐久性研究委員會下屬的耐候性鋼橋維護工作小組 (WG) 于 2012 年成立。該小組的成員由各領域的工程技術人員構成，範圍包括建築業者、橋梁的所有者以及專業學者。工作小組首先審查了耐候性鋼橋的近期檢查結果。同時，關於耐候性鋼橋的維護，面向橋梁的所有者和橋梁工程技術人員準備了問卷調查。根據由此獲得的信息，工作小組對耐候性鋼橋的維護問題開展了工作。本文說明這些工作的概要。

照片 1 耐候性鋼橋

耐候性鋼橋的性能

* 評估

由于耐候性鋼橋的性能可能不如預期，因此我們對該性能進行檢查。對此，將腐蝕的狀況按 5 級

分類評估。5 級分類標準的概要如表 1 所示。3 級以上的性能爲滿意，耐候性鋼材不應出現 1 級和 2 級腐蝕，一旦發現則應引起重視。對於 2 級腐蝕，建議經常檢查。對 1 級需要進一步調查，確定橋梁是否需要修理。

由于橋梁屬於大型結構，耐候性鋼橋的腐蝕狀況不一定均等，各部分會有所不同，尤其可以發現靠近梁端的腐蝕狀況往往與普通部分的腐蝕狀況明顯不同。

我們採用稱爲膠帶試驗的方法評估腐蝕狀況。在該試驗中，將膠帶與耐候性鋼貼緊。膠帶試驗結果的範例如圖 1 所示。檢查取下的鏽粒，按照表 1 的 5 個等級劃分腐蝕狀況。

表 1 腐蝕狀況等級的標準

圖 1 膠帶試驗

* 性能

日本橋梁協會 (JBA) 公布了近期對耐候性鋼橋性能的調查結果。在被檢查橋梁中，86% 的狀態良好，呈現 3 級及以上的腐蝕狀況，其余橋梁的腐蝕狀況爲 1 級或 2 級。我們開展調查以確定性能不良的原因，結果表明在那些發生異常腐蝕狀況橋梁中，68% 受到漏水影響，32% 位于靠近其他橋梁或傾斜的天然地基的位置。梁端的狀況差別很大：31% 的橋梁存在 1 級或 2 級狀態的梁端。發現大約 80% 的這些梁端受到漏水的影響。

受交通荷載的影響，伸縮縫是最容易受到損壞的橋梁構件之一。破損的伸縮縫導致漏水，使梁端經常暴露于潮濕，結果降低了耐候性鋼材在梁端的性能。

調查還發現，防凍劑使耐候性鋼橋的性能劣化速度提高了約 10%。該速度在普通部分和梁端相同。此外還發現，如果有防凍劑存在，漏水呈現導致影響加重的趨勢，加速異常腐蝕狀況的擴展。

問卷調查

我們進行了問卷調查歸納耐候性鋼橋需要解決的問題，以下是其中的一些意見。

- 需要研究的技術文件過多，對此應進行合並與編輯，形成某種經審定的文件。
- 耐候性鋼橋有其獨特的結構細節，然而某些細節的效果不明確，難以在設計中應用。
- 評估耐候性鋼橋的性能較為困難。需要一套有關腐蝕狀況的良好示例照片。
- 難以發現耐候性鋼材的裂紋。
- 有三分之一的地方政府部門曾對耐候性鋼橋進行過維修。許多這些橋梁採用了塗裝。對其中的一些鋼橋採用鋼板加固。由於這些鋼構件表面的腐蝕嚴重，因此他們不明確如何進行相關的基礎材料的控制或調整。需要一套關於耐候性鋼橋的維修指南。

防凍劑的影響

我們對 9 座耐候性鋼橋受防凍劑的影響進行了調查，即從 2014 年 12 月開始的防凍劑不同用量和交通量的狀況。這些橋梁的地點遠離海岸，因此可排除空氣中鹽分的影響。典型的調查狀況如照片 2 所示。

雖然該項目正在進行，並未獲得很多結果，但包括預先調查的一些觀測表明：防凍劑的影響隨著與使用防凍劑現場的距離增加按指數形式顯著降低；即使在最後一次使用防凍劑後，其影響仍會持續大約兩個半月；發現防凍劑對最外側梁的外表面影響較大；防凍劑在相距較近、平行的橋梁之間的沈積物數量非常大。防凍劑沈積物的變化結果如圖 2 所示。

照片 2 防凍劑的調查狀況

圖 2 防凍劑的沈積物

腐蝕狀況的量化標準

腐蝕狀況是耐候性鋼材的性能指標。因此，腐蝕狀況的評估對於耐候性鋼橋的維護至關重要。作

為目前的方法，我們根據外部鏽蝕的表面，按照表 1 的標準進行評估。在可行的前提下，雖然這種方法簡單，但對於保證評估結果的客觀性卻非常困難，因此應對標準進一步量化。

我們嘗試採用圖像分析進行改善，尤其分析了膠帶上的鏽蝕顆粒，獲得了表示腐蝕狀況的各種數據。該數據包括鏽蝕顆粒的最大尺寸（圖 3 (a)）、鏽蝕顆粒最小尺寸的最大值（圖 3 (b)）以及鏽蝕顆粒的密度等。為此，我們選出 27 片各種腐蝕狀況的鏽蝕顆粒膠帶。我們也請在耐候性鋼橋的檢查方面富有經驗的橋梁工程技術人員評估腐蝕狀況。

從日常維護的角度考慮，最重要的信息是腐蝕狀況是否需要引起注意。由於需要注意 1 級或 2 級的腐蝕狀況，因此我們的嘗試目標是確定 2 級或更加嚴重的腐蝕狀況。本次研究的範圍不包括將腐蝕狀況分類為 5 級。

通過對兩組圖像分析和專家評估的結果進行認真審查，我們獲得了初步結論：如果鏽蝕顆粒的最小尺寸的最大值超過 9mm，則需要注意該腐蝕狀況。

圖 3 鏽蝕顆粒

補充文件

為了有助於進行腐蝕狀況的評估，我們準備了補充材料。我們檢查了 28 座位於不同地點、發生各種腐蝕狀況的橋梁，獲得 190 組數據，涵蓋了所有可能的腐蝕狀況。每組取樣包括許多信息：鋼材表面的三維照片（立體 3D 照片）、膠帶試驗結果、概觀照片、鏽層厚度以及諸如與海岸的距離等其他相關數據。

疲勞裂紋

在工作小組開展工作的過程和進行的檢查中，發現了既有橋梁的疲勞裂紋。裂紋周圍的鏽蝕顏色較淡（照片 3）。由於在美國也有同樣的觀察結果，因此鏽蝕的顏色可能成為發現疲勞裂紋的線索。

照片 3 疲勞裂紋

進一步提供相關技術，從而使耐候性鋼橋作為市政基礎設施保持良好的狀態。

發生腐蝕的梁的承載能力

異常腐蝕經常在梁端發現。梁端承受集中荷載，是承載的反作用。因此，梁端的腐蝕會對橋梁的安全造成威脅。在這個背景下，我們對腐蝕導致承載能力的降低進行了具體數值的調查，包括在各種腐蝕模式下對主梁端和端橫梁的研究。計算表明，不僅腐蝕的尺寸和深度、而且腐蝕的位置也是造成劣化的因素。例如，在支承外側（圖 4）的梁發生的腐蝕具有較大的影響，因此如果發現則應予以充分注意。

圖 4 發生腐蝕的主梁的承載能力

塗裝維修

有關耐候性鋼橋的維修存在難點：難以從耐候性鋼材的表面清除鏽層，並且難以清除鹽分沈積。然而，由於這些清除工作非常重要，所以耐候性鋼橋的維修作業需要更長的時間。

工作小組有機會調查了耐候性鋼橋的維修作業。關於表面處理方法的有效性，在得到橋梁所有者的同意後，我們在這項實際的維修作業中獲得了寶貴的現場維修作業數據。

根據該數據，工作小組建議採用以下方法：首先使用電動工具進行清除，然後進行噴砂處理，接下來用水沖洗，重複進行兩次，最後進行表面噴砂。

數據表明，即使對於 1 級腐蝕狀況，包括小於 50mg/m² 的鹽分沈積在內，這種方法可以獲得滿意的結果。此外，我們還了解到對於 2 級腐蝕狀況可減少噴砂的次數。

結語

一般而言，大部分的日本耐候性鋼橋的狀態良好，但也有一些未達到預期的要求。因此，維護工作非常重要。以上介紹的工作小組的工作將有助於解決有關維護作業的若干問題。這些工作仍將持續，



(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 μm
4	Average size of about 1 mm; fine and uniform	Less than about 400 μm
3	Average size of 1-5 mm	Less than about 400 μm
2	Average size of 5-25 mm	Less than about 800 μm
1	Formation of rust layer	Larger than about 800 μm

Fig. 1 Scotch Tape Test



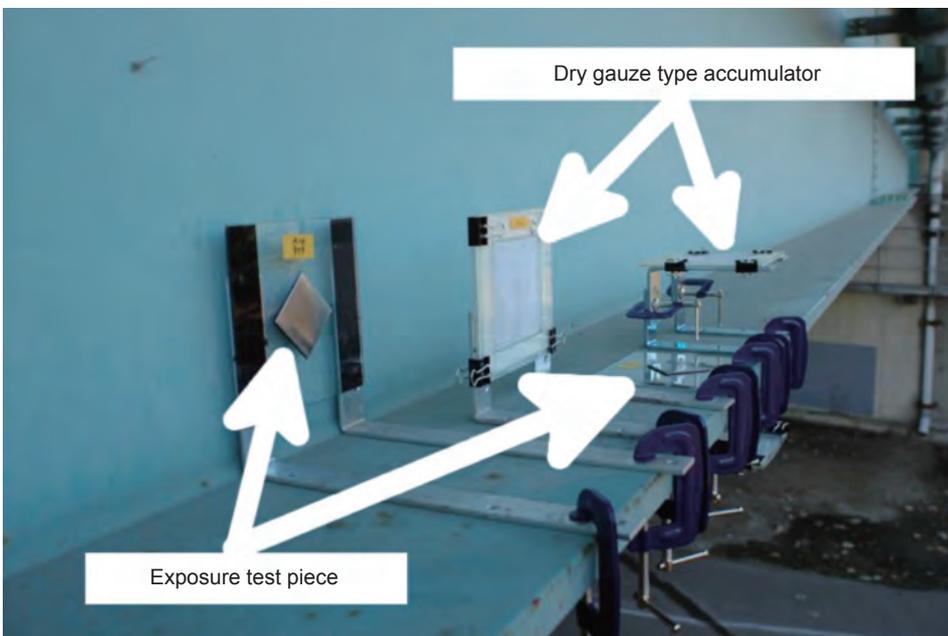


Photo 2 Survey setup for de-icing agent

Fig. 2 Deposition of De-Icing Agent

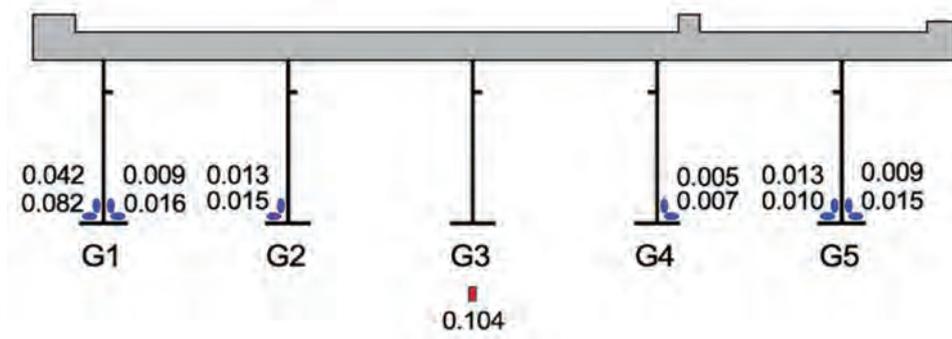


Fig. 3 Rust Particle

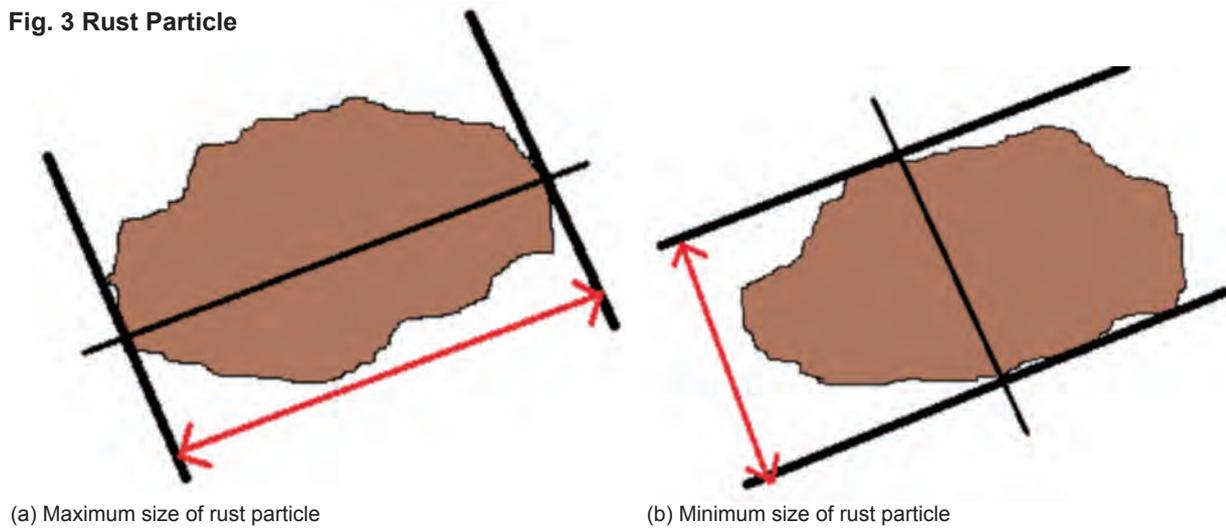
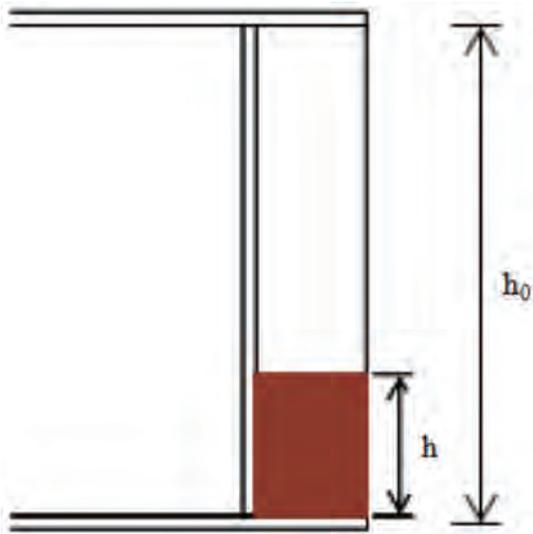


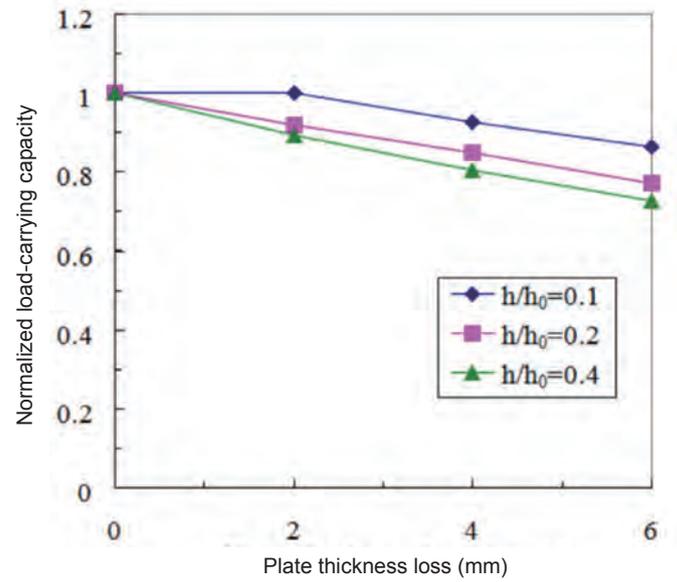


Photo 3 Fatigue crack

Fig. 4 Load-Carrying Capacity of Corroded Main Girder



(a) Location of corrosion



(b) Deterioration of load-carrying capacity

(16~18 頁)

特別演講

國土強韌化的推進與今後的展望

京都大學研究生院教授・內閣官房參與

藤井 聰

目前，日本遭受史無前例自然災害的風險明顯增加。半個多世紀以來，我們建設了高度複雜、各種要素有機融合的巨大文明社會，並且在預料將發生關東平原及南海海槽地震、富士山噴發的可能受災地等曾在歷史上多次持續發生過巨大災害的地區，以超高密度的方式集中構建了現代文明社會的樞紐設施，形成了巨大城市帶(Megalopolis)。(參見圖 1)

圖 1 預測將發生的大地震

國土強韌化的推進概要

以這種認識為背景，為了打破堪稱絕望性的目前現狀，盡可能減少將要發生的史無前例的大災大難對日本未來的破壞性影響，避免陷入因受災而無法恢復的深刻局面，日本國政府從 2015 年起開始推進“國土強韌化”對策。

關於國土的強韌化，自安倍內閣于 2012 年 12 月成立以來，在內閣中設立擔當大臣，同時在內閣官房設立推進室，以推進室為中心在全部省廳展開工作。

在政府推進這項工作的同時，國會也反復進行討論，2013 年 12 月制定了《國土強韌化基本法》。該基本法闡明在內閣設立以總理大臣為中心的推進本部，規定了“優先”于國內所有行政計劃制定“國土強韌化基本計劃”的義務。(參見圖 2)

在制定這項計劃時，政府設定了 45 項“嚴重事態”，將其中首先應緊急採取對策的重要事態規定為“重點項目”，即表 1 中的 15 個項目。

圖 2 作為“優先計劃”的國土強韌化基本計劃示意

圖

表 1 政府規定為應緊急應對的 15 項嚴重事態

15 項嚴重事態與國土強韌化

這 15 項嚴重事態都是以發生巨大地震等各種自然災害為前提歸納的，為了採取對策，包括堤壩整建和抗震加固以及液狀化對策等硬件方面的措施、以及推進防災教育和風險溝通和 BCP (Business Continuity Plan, 即企業可持續發展計劃) 等軟件方面的措施等，所有省廳和所有民營機構領域都必須從各個角度考慮制定綜合性對策。

然而，為了避免發生這些事態，“緩和東京一極集中”和“形成分散型國土”是必須從根本上落實的最重要任務。這是因為通過這些緩和集中和實現分散，考慮到 1) 不僅可以從根本上減輕發生首都直下型地震的受災程度、2) 可“保存”受災後的日本國家實力、3) 並且實現更加迅速的救援、恢復、復興的 3 個理由，將成為非常有效的強韌化對策，此外，4) 通過提高各地區的活力，對地區強韌化也將做出巨大貢獻，在這些方面可期待獲得良好結果。

根據這些認識，內閣會議于 2014 年 6 月根據基本法通過了國土強韌化基本計劃，闡明了應推進“緩和東京一極集中”和“形成分散型國土”的宗旨。

在這種緩和東京一極集中的同時，為了實現建設自律、分散、協調型國土的目標，當然需要從具有促進作用的稅制、補助、支援的方法到調整各種新機制等的“軟件對策”，同時，對其產生促進的“硬件對策”也十分重要。(參見圖 3)

圖 3 “國土強韌化”的基本目標和推進方法

“地區強韌化計劃”

另一方面，在中央政府制定基本計劃規定了強韌化方向後，向全國的自治體積極建議提出有關制定“地區強韌化計劃”的方針。目前，半數以上的都道府縣在具體推進這項制定工作。

(參見圖 4)

同時，政府也在推進各自治體開展的地區強韌化與地區創生協作的討論。如果能夠實現地區創生，自然會提高發生災害時的強韌性，同時，確保發生災害時的強韌性在平時會對地區經濟帶來各種益處。此外，作為國土強韌化最重要課題的緩和東京一極集中，毋庸置疑將會直接促進地區創生。

圖 4 公布了推進（包括預定）制定國土強韌化地區計劃的地方公共團體

作為國家項目的“推進國土強韌化”

目前，政府不僅在中央和地方政府的層次推進，而且促進“民營機構”的強韌化對策，以及面向青少年開展“防災城市建設及國家建設學習”活動，在學校教育領域貫徹國土強韌化和地區強韌化的理念。此外，關於開展國際協作也正在進行討論。通過這些方法，以中央政府為中心，地方政府、民營機構以及全部國民與各相關外國開展各種方式的協作，將推進國土強韌化作為國家項目貫徹落實。

Fig. 1 Megathrust Earthquakes Forecasted to Occur in Japan

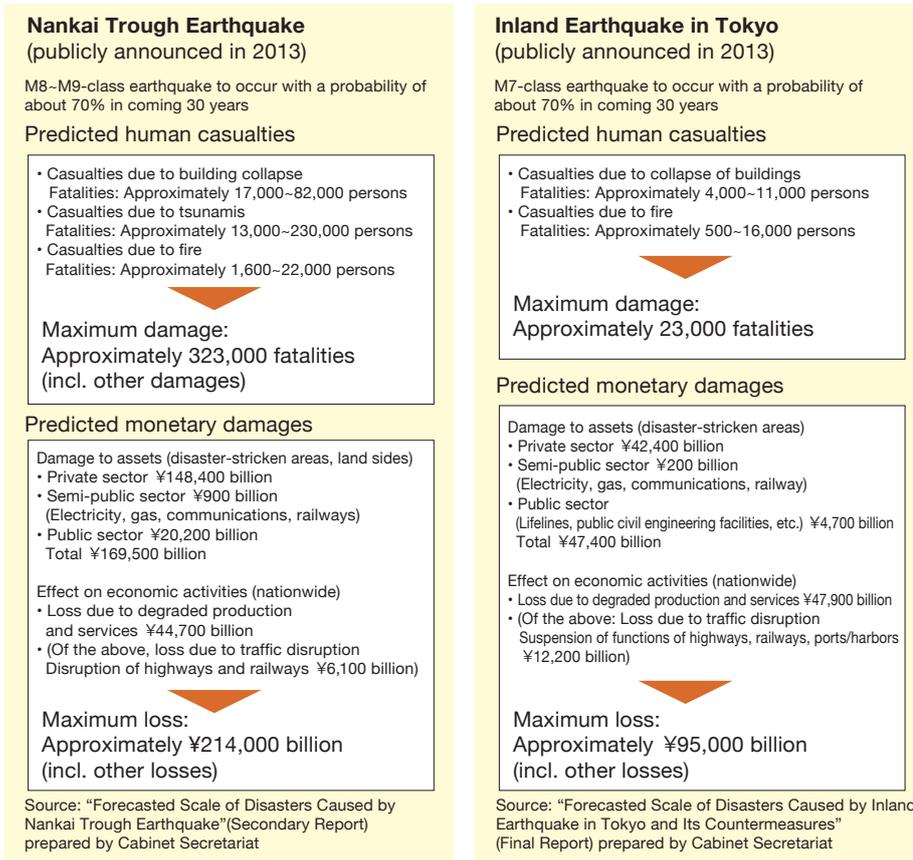


Fig. 2 Image of "Fundamental Plan for Building National Resilience" to Be Promoted as Priority Plan

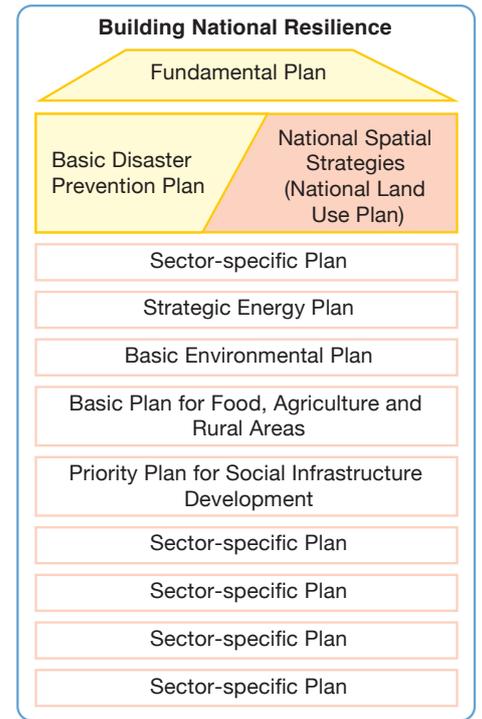


Table 1 Fifteen Serious Situations Cited by the Government as Requiring Rapid Measures

- 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

Fundamental goals of Building National Resilience initiative

Whenever a disaster occurs:

- Protection of human life by any means
- Avoidance of fatal damage to important national and societal functions
- Minimization of damage to national assets and public facilities
- Swift restoration and reconstruction

With the establishment of these four fundamental goals, the Building National Resilience initiative is aimed at building a safe and secure nation with local areas and an economic society that are strong and flexible.

Basic procedure for promoting the Building National Resilience initiative —Thoroughgoing implementation of PDCA (plan-do-check-act) cycle—

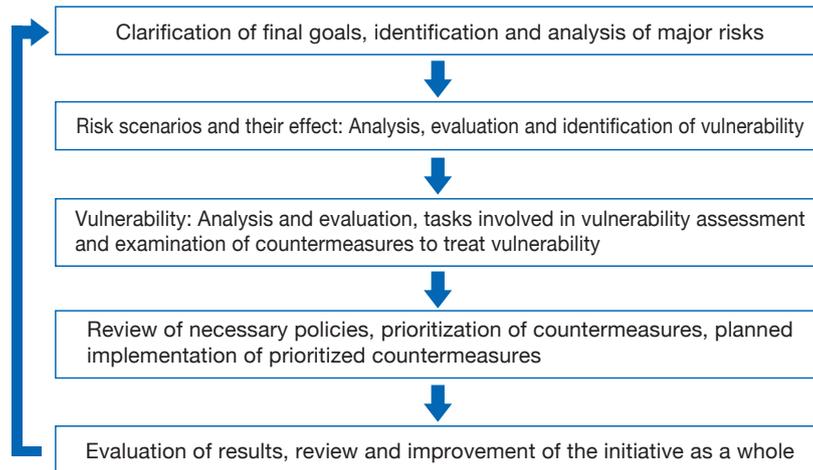
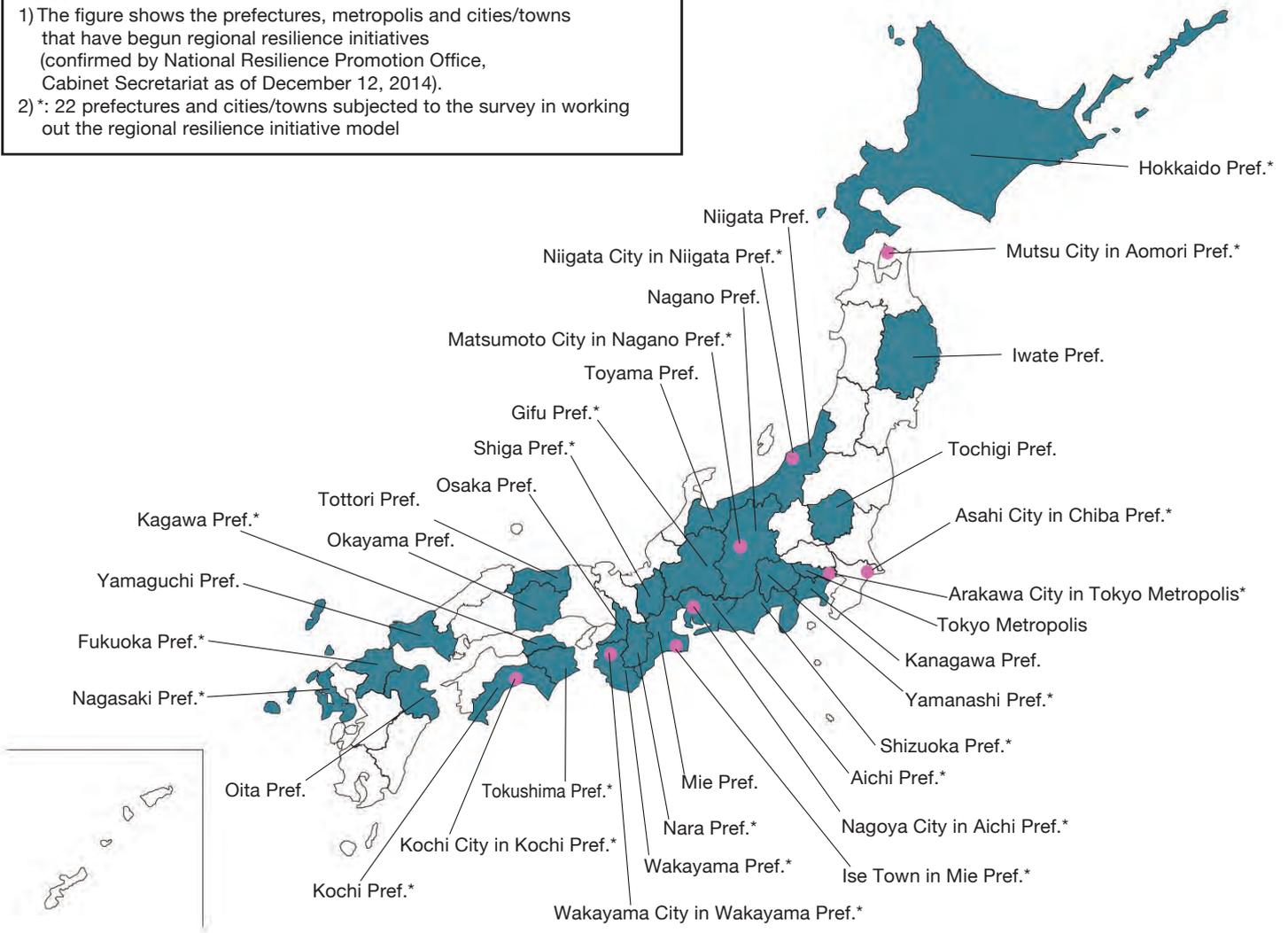


Fig. 4 Local Governments to Publicly Announce Start of Effort to Work Out “Building Regional Resilience” Initiatives (incl. planning stage)

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)

日本鋼鐵聯盟的近期活動

在柬埔寨舉行鋼結構會議

2014年12月4日，日本鋼鐵聯盟(JISF)與柬埔寨市政工程與交通部(MPWT)和柬埔寨技術學院(ITC)在金邊聯合舉行了以“2014 鋼結構最新技術”為主題的會議。在會議上，圍繞港灣、橋梁以及建築等主題，兩國的專家發表了5項演講，大約120名工程技術人員及學生參加的會議。同時，兩國的高層人員舉行了研討會(小組會議)，針對柬埔寨的鋼結構普及現狀及課題交換了意見。本次是繼2012年之後JISF在柬埔寨主辦的第二次會議。另外，JISF還計劃于2015年12月在該國舉行會議。

照片 會議的盛況

在泰國舉辦地震研討會

2015年2月12日、13日，日本鋼鐵聯盟(JISF)與泰國鋼鐵協會在曼谷聯合舉辦了以“日本的抗震設計規範和抗震技術”為主題的研討會。這是針對2014年5月在泰國發生地震後人們對建築物的抗震技術日益增加的關心，作為日本-泰國經濟協作協定的協作事業的項目之一所策劃的活動。在研討會上，泰國的3名專家和來自日本的2名專家發表了有關抗震設計和抗震技術的演講，與會者達80多名。此外，JISF還計劃于2015年9月在曼谷與ISIT聯合舉辦有關鋼結構的研討會。

照片 演講人

開設東南亞地區事務所

日本鋼鐵聯盟(JISF)在馬來西亞首都吉隆坡開設了“東南亞地區事務所”，開業典禮于2015年4月28日舉行，並隨後開始了日常業務。該事務所是日本鋼鐵行業開展協作的聯系窗口，通過構建與東盟地區各國鋼鐵團體等的人員往來渠道，收集廣泛

的信息，並且為了促進對日本鋼鐵行業的理解而開展各項活動。

日本鋼鐵聯盟 東南亞地區事務所

馬來西亞 50470 吉隆坡

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

電話: +60-3-2298-8307

傳真: +60-3-2298-8201

照片 開業典禮和市川專務理事致



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 Suttitam, Iron and Steel Institute of Thailand



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

