

STEEL CONSTRUCTION TODAY & TOMORROW

(第 43 期，2014 年 12 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、規範以及先進的專案實例、最新施工技術及材料等。

為了更便於中國的讀者理解這些內容，我們以文章部分為中心編輯了中文版，與英文版一併提供。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 43 期（2014 年 12 月）：目錄

專輯：建築物的抗風性能

日本的抗風設計、抗風性能評估的發展過程 -----	1
關於建築物因強風受損以及減少受損的考慮 -----	4
建築基準法的風荷載規範 -----	6
與高層建築風致搖動相關的可居住性能 -----	9
阿部野HARUKAS的抗風設計-----	11
高強度螺栓連接工藝-----	15
日本鋼鐵聯盟的活動-----	封底

注：頁數為英文版第 43 期的頁數

中文版：©一般社團法人日本鋼鐵聯盟 2014

郵遞區號 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>

(1~3 頁)

日本的抗風設計、抗風性能評估的發展過程

東北大學研究生院教授
植松 康

建築基準法·施行法令的制定

日本於 1950 年制定了《建築基準法·施行法令》，規定了設計建築物時採用的風荷載計算公式，是首次制定的法律規定。對風荷載 P 採用以下公式計算。

$$P = C \cdot q \cdot A \quad (1)$$

在上式中， C = 風力係數， A = 建築物或代表該部分的面積 (m^2)。 q 是風壓，由式 (2) 定義。此外，風力係數 C 表示“外壓係數 - 內壓係數”，沒有將外壓係數與內壓係數分離。

$$q = 60 \sqrt{h} \quad (kg/m^2) \quad (2)$$

在上式中， h 是距離地基面的高度 (m)。1934 年發生室戶颱風時在室戶岬觀測站距離地面 15m 高度的觀測鐵塔上觀測的最大瞬間風速約為 63m/s，成為上式的基礎。對最大瞬間風速的垂直分佈按與距離地面高度的 1/4 次方成正比設定，代入上述觀測值做出規定。也就是說，發生颱風等強風時的最大瞬間風速垂直分佈的冪指數為平均風速值的 1/2 左右，因此上述冪指數 1/4 相當於將平均風速冪指數視為約 1/2。當時在全球尚無這樣大的數值先例，並沒有反映實際狀態。然而日本當時還沒有特別高的建築物，因此在結構設計上幾乎沒有風荷載為主要因素的建築物，所以沒有發生實質性問題。另外，風力係數 C 幾乎都是採用均勻流的風洞試驗結果，並沒有正確反映氣流紊亂的效應。式 (2) 是在以下的背景下規定的。

(a) 當時，室戶颱風是日本觀測史上未曾有的颶

風，因此只要採用這種程度的數值，就能夠對於未來的颶風實現基本上安全的設計，存在這種預期。

(b) 颶風與地震不同，能夠在某種程度預測，因此可採取抗擊颶風的對策。此外，考慮到經濟性能，認為即使對風荷載的數值設定略有不足也不會發生嚴重問題。

隨著建築物向高層化發展，對風荷載計算方法的重審

在日本經濟高度成長時期，隨著電視向一般家庭的普及，1954 年 6 月，日本第一座高度為 180m 的大型電視塔在名古屋市落成。在該塔的設計時提出了式(2)存在的問題，參考世界各國的事例，對最大瞬間風速的垂直分佈進行了重審，如下式所示，將冪指數設定為 1/8。

$$q = 120 \sqrt[4]{h} \quad (kg/m^2) \quad (3)$$

在名古屋電視塔落成後也進行了實際測定。實證表明，發生暴風時的測定結果與式(3)比較一致。因此，式(3)在此後拉開高層建築帷幕的時代發揮了重要作用。

1963 年對建築基準法進行修改，日本第一座名副其實的超高層建築“三井霞關大廈”(地上 36 層，高 156m) 落成，進入了超高層建築的時代。另外，作為 1964 年舉辦的東京奧運會賽場、主跨距為 126m 的“國立室內綜合體育館”建成，也可稱為進入了大空間結構的時代。建築物的這種高層化、大跨距化使固有頻率降低，風的動態效應增大。即對結構體動態回應中的共振成分的作用(共振效應)增大。另一方面，隨著建築物的規模擴大，因規模效應的荷載降低。對於小規模建築物，雖然發生最大瞬間風速時的荷載效應(例如作用於結構構件的應力強度)也達到最大，但是對於大型建築物，由於作用於建築物各部分的風壓不會同時達到最大峰值，因此最大瞬間風速時的荷載效應不會達到最大。在這種背景下，正確理解風對建築物的影響的

時機成熟，開始展開風的紊流結構、風洞試驗規範、風壓的實際狀況以及風致振動等許多方面的調查和研究。

隨著超高層建築物的出現，確立幕牆的抗風設計規範、尤其是確立玻璃板的抗風壓性能試驗規範以及幕牆的水密性試驗規範成為當務之急。那時，伊勢灣颱風（1959年）以及第2室戶颱風（1961年）等日本觀測史上最大級颱風相繼襲來，對屋頂及外牆等外部構件造成了嚴重損壞。外部構件的破壞不僅限於其本身，很多也成為引發嚴重結構性損壞的導火索，從而提出了外部構件的防災和安全設計的重要性。在這種形勢下，1971年首次對外部構件的抗風設計做出規定，制定了《建設省通知109號》。其主要內容為以下兩點。

(a) 關於設計用風壓，將屋頂構件用與幕牆用分開，採用下式計算。

$$\textcircled{1} \text{ 屋頂構件用： } q = 120\sqrt[4]{h} \quad (\text{kg/m}^2) \quad (4)$$

\textcircled{2} 高度超過 31m 的建築物室外幕牆：

$$\text{對於 } h \leq 16\text{m, } q = 60\sqrt{h} \quad (\text{kg/m}^2) \quad (5a)$$

$$\text{對於 } h > 16\text{m, } q = 120\sqrt[4]{h} \quad (\text{kg/m}^2) \quad (5b)$$

(b) 指定屋簷、房檐、山牆突瓦、壁面拐角等局部風壓領域，對其設計用風力係數採用 $C = -1.5$ 。

將式(5a)與式(5b)進行比較如圖 1 所示。兩個公式在高度 16m 處相交，設計用風壓在任何高度均選擇了較小一側的數值。

圖 1 設計用風壓的比較

為了獲得更合理的風荷載計算方法而開展的工作

風絕不會均勻地刮過來，風速也在時間上和空間上不規則地變動。根據概率及統計論針對該風速隨時間和空間的變動對建築物的回應產生的影響進行評估，加拿大的 Davenport 於 1967 年提出了將其

採用到風荷載計算公式的方案，即陣風荷載係數法（請參照圖 2）。根據該方法，按照下式計算設計用風荷載 P 。

$$P = q \times C \times G \times A \quad (6)$$

$$q = \frac{1}{2} \rho U^2 \quad (7)$$

在上式中， U 表示距離地面高度為 z 處的平均風速。 G 為陣風荷載係數，

$$G = \frac{\bar{X} + x_{\max}}{\bar{X}} = 1 + g_x \frac{\sigma_x}{\bar{X}} \quad (8)$$

但是，

\bar{X} : 平均風力導致的建築物平均移位

x_{\max} : 建築物的動態移位元最大值 ($= g_x \cdot \sigma_x$)

σ_x : 建築物的動態移位元的標準偏差

g_x : 峰值係數

將該方法與建築基準法施行法令的規定進行比較，

(a) 如果考慮風致振動，則最大瞬間風速未必產生最大風荷載（嚴密地說是應力強度及移位等的荷載效應）。

(b) 對於大規模建築物，最大瞬間風速時的瞬間陣風並不是同時作用於建築物總體。

以這種認識為基礎，針對風速的時間、空間變動特性對建築物產生的荷載效應通過概率及統計性方法進行評估，規定了產生最大荷載效應的“等價靜態風荷載”。由此可適用於在以往的結構設計中一般採用的靜態解析方法。

將式(1)與式(6)進行比較，式(1)是基於風壓為最大瞬間風速的數值，而式(6)則是基於平均風速的數值。此外，式(1)對風速的動態荷載效應按最大瞬間風速考慮，而式(6)則基於回應的最大值按陣風荷載係數 G 考慮。建築物的回應並不僅根據風速確定，同時也取決於建築物的形狀及規模、固有頻率以及衰減常數等振動特性。這些影響均在 G 的計算公式

中反映。對於小規模建築物，可以認為最大瞬間風速時產生最大荷載效應。目前，如果將最大瞬間風速與平均風速之比定義為陣風係數 G_v ，則由於風力與風速的二次方成正比，因此式(1)相當於在式(6)中 $G = G_v^2$ 。

毋庸置疑，式(6)的風荷載評估與式(1)相比明顯更加合理，被此後世界各國的標準規範採用。在日本也同樣，以獨自進行的實驗及實際測定結果等為基礎，1981年，日本建築學會根據 Davenport 的方法，對作為建築物荷載指南中的風荷載計算方法進行了修改。此後，由於提出了若干問題，因此以補充的形式於1993年再次修改。該指南具有以下特點。

- (a) 風荷載計算公式由“結構構架用”及“外部構件用”兩部分構成。這是因為結構構架與外部構件的規模及振動特性不同，因此考慮風荷載分別對其作用的機理不同。
- (b) 在各地區，考慮建築物在提供使用期間發生強風的頻度及建築物的安全性設定設計風速。也就是針對建築物要求具備的安全性設定重現期間，根據對應該重現期間的風速進行設計。此外，對該設計風速通過年平均風速進行評估。
- (c) 對設計用風壓 q_H 採用基準高度 H （通常為屋頂的平均高度）的風壓。因此，對於風荷載的垂直分佈，考慮風力係數（或風壓係數）在高度方向的分佈。
- (d) 採用概率及統計方法評估風速或風力的時間性、空間性變動的影響，以“陣風影響係數”表示。該陣風影響係數與 Davenport 定義的陣風荷載係數相同，作為風壓及風力的動態荷載效應的表示，以更加廣泛的意義被採用。
- (e) 對建設場地的颶風狀況按“地表面粗糙度”分類，將各分類具有的風的結構特點向“平均風速的垂直分佈”及“風的紊流強度的垂直分佈”反映。

後來，建築基準法施行法令也於2000年全面修改，與世界其他各國同樣，採用了使用概率及統計

方法的風荷載計算方法。雖然對可適用的建築物高度限制在60m以下等設定了若干限制進行簡化，但基本形成了日本建築學會的建築物荷載指南（1993年）。另一方面，日本建築學會積極收集最新資訊，大約每隔10年修改建築物荷載指南。2014年進行修改，目前正在推進2015年版的修改作業。考慮對風速產生的小地形的影響、風向係數及季節係數、空氣動力不穩定振動以及各風向的風荷載組合等各種因素，可詳細計算設計荷載。另外，採用數值流體的計算方法也被認可。

超高層建築物的出現提出了此前沒有考慮過的新問題。1979年的20號颱風在首都地區形成了10年不遇的強風，新宿副都心超高層建築物的隨風搖動問題受到關注。雖然建築物的搖動從結構上考慮並不會出現問題，但是由於是長時間持續的風力特有的現象，與暈船同樣，會對相當多的人產生不適和不安的感覺。以此為契機，有關高層建築物的可居住性問題被提出，1991年，日本建築學會制定了《關於建築物振動的可居住性能評估指南及該說明》。後來，採納最新見解於2004年進行了修改。在該指南中，提出了針對1年一遇的風速、從最大回應加速度與建築物固有振動頻率的關係考慮的可居住性能評估的基準。

圖2 陣風荷載係數的定義（根據建築物荷載指南（1981年版））

抗風性能評估

1998年6月對建築基準法進行修改，在保留原有對規格設計的考慮的同時，向性能規定型進行了全面轉向。對於建築物的設計，通常設定使用限界、損傷限界以及安全限界3項限界狀態，對此分別規定了設計規範。例如對於超高層建築，作為使用限界狀態考慮強風導致的振動（可居住性）。對此，根據上述日本建築學會的《關於建築物振動的可居住性能評估指南》，規定了針對1年一遇、從最大回應

加速度與建築物固有頻率的關係考慮的可居住性能評估基準。作為建築基準法·施行法令的限界耐力計算，對於損傷限界規定結構構件針對約 50 年一遇的罕見強風應保持在彈性範圍內，對於安全限界規定針對約 500 年一遇的極端罕見暴風不會倒塌。然而，關於因強風受損較多的外部構件沒有明確的規定。對此，日本建築學會于 2013 年發行了《實用建築物外部構件抗風設計手冊》，提出了具體的設計方法。



(4~5 頁)

關於建築物因強風受損以及減少受損的考慮

獨立行政法人建築研究所

喜喜津仁密

前言

近來，有國內外的媒體報導巨大的龍捲風對建築物造成了損害，也產生了嚴重的社會性影響。作為日本，2012 年在茨城縣築波市、2013 年以埼玉縣越穀市等為中心在數個地區發生的龍捲風造成災害，至今仍然記憶猶新（照片 1）。另一方面，雖然颱風造成的災害容易被龍捲風的強大威力所掩蓋，但作為受災的事實也的確存在（照片 2~3）。通常，建築物受強風影響的最薄弱部位是屋頂構件、外牆構件以及開口部位等外部構件，減少這些部位的受損是強風防災的第一步。

照片 1 龍捲風造成的災害示例（2012 年築波市）

照片 2 颱風造成的災害示例（2003 年沖繩縣宮古島）

照片 3 颱風造成的災害示例（2003 年沖繩縣宮古島）

減少外部構件受損的構想

颱風帶來的強風在建築物的受風面產生迎風氣流的紊流，從而發生作用力，在屋頂面和側牆面的端部產生局部性峰值負壓。建築基準法對這些數值規定了計算方法。龍捲風通過時的陣風作用也可按颱風來考慮。然而必須注意與颱風的不同之處，尤其是當龍捲風的漩渦中心接近建築物時，因圖 1 所示的上升氣流產生的外力進一步發生作用，加劇破壞的程度。

關於強風造成的損害，可通過風力向建築物傳遞的途徑中在最薄弱的部分顯現的狀況來掌握，其中許多受損已在外部構件上得到了證實。因此，為了減少受損，重要的是首先需要在妥善掌握荷載外力的作用形態的基礎上設定設計荷載，然後考慮選擇外部構件的規格以及討論強度。

作為討論強度的構想，一般分為基於標準規格進行設計以及基於允許耐力進行設計的兩種方法。前者是從產品目錄中按照設計荷載的大小選擇標準規格（跨距、板厚等）以保證抗風壓性能，可簡化討論而不要求強度計算；後者是根據耐力試驗結果計算各部分的允許耐力進行性能驗證的方法（照片 4）。這時，以鋼板材質的屋頂及外牆為例，在計算允許值時作為安全率一般設定 2.0 以上的數值。根據這些討論的結果，在設計上考慮諸如加大板厚、減小固定間隔及支撐部件的間隔等，可期待達到減小受災可能性的目的。

另外，對於規模較大的生產設施及商業設施等，往往要求具備保障財產及其功能的用途。如果具備這些用途的設施受損，屋頂構件等的脫落及飛散，結果導致雨水浸入造成室內的設備等受損，進而也可能出現設施功能總體癱瘓。作為內部空間具備高度性能化的重要用途的建築物，即使結構軀體健全，也存在因屋頂構件等的脫落及飛散而導致重大經濟損失的可能性。根據設施的重要性，對外部構件也同樣，以超過建築基準法規定的設計用重現期間增加荷載，驗證抗風壓性能，從而減少受損。

目前，雖然在通常的抗風設計中沒有考慮龍捲風造成的外力，但是上述構想對龍捲風也具有一定的效果。

此外，對於外部構件的討論一般委託施工單位及產品製造廠家進行，責任分擔也容易模糊不清，因此充分實現承擔設計施工總體工作的設計部門、施工單位以及產品製造廠家之間有關強度等的資訊共用不可或缺。有關最近的受災情況，也有報告指出存在因老化顯著而導致耐力下降以及改建方法不正確的情況。這些事例表明，為了減少受損，也必須考慮外部構件的妥善維護以及對改建採取的措施。

圖 1 龍捲風產生的荷載外力的作用形態
照片 4 折板屋頂連接部位的耐力試驗示例



(6~8 頁)

建築基準法的風荷載規範

國土技術政策綜合研究所

奧田泰雄

前言

建築基準法是規範日本所有建築物的法律，制定了最低標準。該法在第 1 條中指出，“本法律制定有關建築物的場地、結構、設備以及用途的最低標準，致力於保護國民的生命、健康以及財產，以此實現增進公共福祉的目的”。2000 年，對建築基準法施行法令及其通知等進行了重大修改，有關風荷載的規定（施行法令及通知）也在建築學會建築物荷載指南及該說明（1993 年）的基礎上進行了大幅度修改。對於在 1950 年制定建築基準法後的 50 年期間不變的日本全國統一的風荷載，考慮地區及

周圍狀況等規定了風荷載。另外，2007 年也對建築基準法施行規則進行了修改，規定了此前在建築確認時免除的外部構件的結構計算書提交義務。另一方面，日本建築學會於 1981 年出版建築物荷載指南及該說明以來，大約每隔 10 年進行修改，2015 年 2 月將出版最新版本。

關於日本的建築物抗風設計的基準，以下我們主要介紹建築基準法以及建築物荷載指南及該說明對風荷載規定的概要。另外，關於外部構件的建築材料，業界團體按照建築基準法的風荷載規定歸納了指南，所以也介紹這些內容。

建築基準法的風荷載規定

日本建築學會的建築物荷載指南及該說明的風荷載規定反映了最新的研究成果，大約每隔 10 年進行修改。與此相比，建築基準法的風荷載規定自 1950 年制定以來，基本上沒有進行重大的修改。然而根據建築基準法於 1998 年的修改（建築基準的性能規範化），2000 年，對建築基準法施行法令及相關通知進行了大幅度修改或設定了新的內容。關於風荷載規定，根據建築物荷載指南及該說明（1993 年）進行了大幅度修改，對於在 1950 年制定建築基準法後日本全國幾乎統一規定的風荷載，反映地區及周圍狀況和建築物的結構特性等，規定了更加合理的風荷載。具體內容如下所示。

- ① 結構構架用風荷載及外部構件用風荷載的明確化
- ② 基準風速 V_0 的採用
- ③ 地表面粗糙度分類的採用
- ④ 陣風影響係數的採用
- ⑤ （限界耐力計算中的）兩個荷載指標（損傷限界和安全限界）的設定
- ⑥ SI 單位化
- ⑦ 風力係數等的充實

建築基準法與建築物荷載指南及該說明的不同

◆建築基準法與建築物荷載指南及該說明的原則

雖然現行建築基準法的風荷載規定基於建築物荷載指南及該說明(1993年),但是建築基準法與建築物荷載指南具有根本性的不同。建築基準法具備法律約束力,因此對於法律規定的事項不允許做出不同的判斷。另外,由於規定了表示最低基準的荷載指標,無法低於該指標但允許超過該指標的設計。另一方面,建築物荷載指南及該說明不具備法律約束力,提出的是設計部門為了設計結構的構想及指標,對於荷載指標可由設計部門選擇(對於基本值,按100年出現1次,通過換算係數可由設計部門選擇任意的荷載指標)。如上所述,雖然建築物荷載指南及該說明自身不具備如同建築基準法那樣的法律約束力,但關於特殊形狀的建築物的風力係數、地形產生的風的增速、高度超過60m的超高層建築物的振動回應等在建築基準法中沒有明確規定具體的評估方法等事項,大多參照建築物荷載指南及該說明採用,可以說其作用是對建築基準法的風荷載規定的補充。

◆建築基準法與建築物荷載指南及該說明中的風荷載規定的具體差異

① 結構構架用風荷載及外部構件用風荷載的明確化

2000年修改之前的基準部分共用結構構架用和外部構件用風力係數,沒有明確區分結構構架用風荷載及外部構件用風荷載。作為2000年修改後的基準,參照建築物荷載指南及該說明,更加明確地區分結構構架用風荷載及外部構件用風荷載,制定了各自的施行法令和相關通知。結構構架用風荷載是作用於建築物總體的風力,因風向而不同。而外部構件用風荷載是作用於屋頂構件等外部構件部分(面積為 $1\sim 5\text{m}^2$ 左右)的風力,在總體風向中呈現正負的最大值。因此,單位面積的風壓存在外部構件用風荷載 \geq 結構構架用風荷載的關係。

② 基準風速 V_0 的採用

2000年修改之前的基準對風壓 q 規定為 $60\sqrt{h}$, 是日本全國幾乎一律的風荷載。作為2000年修改後的基準,對風壓 q 根據基準風速 V_0 、地表面粗糙度分類,按風速垂直分佈、陣風影響係數等規定,同時也考慮了地區及周圍狀況和建築物的結構特性等因素。基準風速 V_0 如圖1所示,按“根據以往發生的颱風記錄,對應風災的程度以及風的性質為 $30\sim 46\text{m/s}$ ”規定,根據全國氣象部門年最大風速記錄換算成50年一遇的風速值(地表面粗糙度分類II、高度10m、10分鐘的平均風速),按2000年當時的市町村劃分,以9個地區表示。由此可將地區的強風特性向設計風速反映。

圖1 基準風速 V_0 圖

③ 地表面粗糙度分類的採用

關於地表面粗糙度分類,建築物荷載指南及該說明採用如表1所示的5項分類和照片,供設計部門判斷選擇。另一方面,建築基準法也有與建築物荷載指南及該說明基本相同的風速垂直分佈(圖2),但建築基準法為了盡可能排除模糊,通過如表2所示的地區,明確劃分地表面粗糙度的分類。由於地表面粗糙度分類I和IV將由特定行政廳按照規則做出規定,因此在大部分地區採用地表面粗糙度分類II或III(表2)。

表1 建築物荷載指南中的地表面粗糙度分類與地表面的狀況

圖2 建築基準法規定的風速垂直分佈

表2 建築基準法規定的地表面粗糙度分類

④ 陣風影響係數的採用

陣風影響係數 G_r 是參照建築物荷載指南及該說明在2000年修改時採用的,考慮到風的紊流以及建築物的規模和結構特性等,根據地表面粗糙度分類

和建築物的高度規定了陣風影響係數 G_r 的數值。另一方面，建築物荷載指南及該說明採用由設計部門考慮風的紊流及建築物的規模和結構特性等使用計算公式求出其數值的方法。

⑤ (限界耐力計算中的) 兩個荷載指標 (損傷限界和安全限界) 的設定

作為 2000 年修改前的建築基準，主要採用允許應力度等的計算以及維持水準耐力的計算。作為 2000 年修改後的基準，新採用了限界耐力計算。對於限界耐力計算，設置損傷限界和安全限界兩個評估基準，分別設定了各自的荷載指標。風荷載採用兩次荷載指標重現期間大致為 50 年和 500 年的荷載，對應安全限界的荷載為損傷限界荷載的 1.6 倍。

⑥ SI 單位化

2000 年修改前的基準採用了工程單位制，參考 JIS 的 SI 單位制 (1991 年)，建築基準法也採用了 SI 單位制。此前的工程單位制採用品質 (kg) 和力 (kgf) 的含糊表述，造成了混亂和誤解。而 SI 單位制對品質 (kg) 和力 (N) 明確區分，具有 $1\text{kgf} = 1\text{kg} \times g$ (重力加速度) $\div 9.8\text{N}$ 的關係。作為結果，以往對風壓等採用 kgf/m^2 表示，作為 SI 單位制則為 N/m^2 ，成為約 9.8 倍的數值。另外，建築物荷載指南及該說明於 2004 年採用了 SI 單位制。

⑦ 風力係數等的充實

2000 年修改之前，對建築物採用 2 維斷面，圖示風力係數及風壓係數，本次改成了 3 維表示。另外，通過自 2008 年開始的建築基準整備促進補助金事業，實施新的風洞試驗等，獲得了四坡屋頂、屋頂看板、陽臺扶手等的風力係數，設計部門從 2013 年開始可以參照。

業界團體的抗風設計指南

關於建築物的外部構件 (屋頂、外牆、開口部

位)，雖然規定了建築確認時由設計部門提供結構計算書的義務，然而外部構件的設計施工往往委託專門的施工單位，為此，外部構件的業界團體自主制定了以下指南等。這些資料對於設計部門及專案單位及專案經理根據建築基準法的風荷載規定核對外部構件的抗風性能發揮了作用。

① 屋頂構件

- 1) 社團法人全日本瓦工事業聯盟等：瓦頂標準設計·施工指南，2001 年。
- 2) NPO 法人住宅外裝技術中心：住宅屋頂用裝飾石板屋面 屋頂抗風性能 設計施工指南，2002 年。
- 3) 社團法人日本金屬屋頂協會，社團法人日本鋼結構協會：鋼板材質屋頂構建工藝標準 SSR2007。
- 4) 社團法人日本銅中心：修改 銅板屋頂構建工藝手冊，2004 年。
- 5) 社團法人日本建築學會：建築施工標準規格書及該說明 JASS12 屋頂施工，2004 年。

② 外牆

- 1) 社團法人日本建築學會：建築施工標準規格書及該說明 JASS27 幹法外牆施工，2004 年。
- 2) 日本窯業外裝材料協會：窯業系護牆板及標準施工 第 2 版，2009 年。提高住宅的品質和耐久性與外牆通氣構建工藝，2001 年。
- 3) 日本金屬護牆板工業會：日本金屬護牆板工業會施工手冊，2008 年。
- 4) 擠壓成型水泥板協會：ECP 施工標準規格書，2010 年。
- 5) 社團法人日本建築學會：建築施工標準規格書及該說明 JASS21 ALC 牆板施工，2005 年。
- 6) ALC 協會：ALC 牆板結構設計指南及該說明，2004 年。ALC 薄型牆板設計施工指南及該說明，2002 年 10 月。ALC 安裝構建標準及該說明，2004 年。

- 7) 社團法人日本建築學會：建築施工標準規格書及該說明 JASS14 幕牆施工，1996 年。
 - 8) 社團法人幕牆、防火開口部位協會：幕牆性能標準，2006 年。
 - 9) 預製混凝土系統協會：設計手冊、預應力混凝土幕牆計算示例暫行修改版。
- ③ 開口部位（門、窗玻璃等）
- 1) 日本百葉窗、門協會：百葉窗、升降卷門的抗風壓強度計算標準，2003 年。
 - 2) 社團法人日本建築學會：建築施工標準規格書及該說明 JASS17 玻璃施工，2003 年。

總結

我們將建築基準法的風荷載相關規定與日本建築學會建築物荷載指南及該說明進行比較，說明其概要內容。此外，我們還介紹了建築物的外部構件業界團體的指南。



(9~10 頁)

與高層建築風致搖動相關的可居住性能

風工學研究所
中村修

眾所周知，高層建築因風產生搖動問題。發生風致搖動後，將出現不安、不舒適以及類似暈船的現象等而產生問題，從而降低建築物的品質。此外，如果發生進一步的劇烈搖動將引發恐慌，也可能導致更加嚴重的後果。由於社會環境、個人之間的差異等，對建築物搖動的感受各不相同，沒有客觀性判斷的標準，相關各國的基準也各不相同。另外，如果建立了即使搖動也可放心的認識，會消除不

安，對搖動的感受也會遲鈍。

以下概要介紹建築物會因風產生怎樣的搖動、對搖動是如何感受的、各國對此怎樣應對以及採取了哪些措施。

建築物因風產生的振動

關於風致建築物的振動，低層建築物以風力方向的振動為主，對於高層建築，是由水準方向兩種成分（風力方向及與風力成直角方向）的平移振動以及因扭轉產生的回轉振動的合成，非常複雜。因為是在隨時間及空間發生不規則變化的外力作用下產生的隨機振動，因此是各種振動頻率成分回應波的合成，無法僅用單一的振動頻率表示。然而作為普通的高層建築等，主要呈現平移振動的 1 次固有頻率成分。尤其是關於在這裏作為評估對象採用的加速度波形，如圖 1 所示，可視為僅有隨機的、且伴隨較為平緩調幅的 1 次固有頻率的諧振蕩。在實際上，雖然以兩個方向的平移振動和扭轉振動的合成呈現，但是這兩個較大的振動具有在扭轉振動和平移振動之間交替出現的傾向，平移兩種成分與扭轉振動的最大回應同時出現的情況幾乎不存在。因此，即使認為希望分別獨立考慮的任何一個最大加速度值與合成的振動最大加速度值基本一致，也不會有大的差異。另外，如果振動方向的固有頻率不同，則因振動頻率產生的振動感受程度不同，所以宜按照各振動方向進行評估。

圖 1 建築物屋頂的加速度隨時間的變化

振動的感受

雖然人體對振動的感受及感覺與移位元、速度、加速度以及加加速度等密切相關，然而對於哪些能夠最為妥善地表示振動的感受及感覺，實際上我們並不十分瞭解。雖然根據作為物件的振幅等也產生差異，但在此對以風為物件產生的搖動討論可居住性能時，大多採用加速度。雖然較多採用加速

度沒有可靠的依據，但可以說作為人的振動感受，來自地面的輸入振動對身體的反應產生較大影響。但是，在考慮可居住性方面，如果建築物的搖動較多，可考慮單一週期的振動，因此相互通過頻率存在比例關係，無論採用哪個振動，實質上都會相同。

討論加速度與平均感受閾的關係示例如圖 2 所示。這些討論的依據是在實驗室以及強風時對實際建築物的主要調查結果，均對問卷調查結果進行了統計學評估。圖中表示存在個人差異的感受閾的平均值、或 50% 的感受概率。對此，例如在圖 2 中頻率為 0.2Hz 附近出現 5cm/s^2 的峰值加速度，這表示感受具有 5cm/s^2 的峰值加速度、頻率為 0.2Hz 的振動時有 50% 的人們感受振動。關於平均感受閾，雖然不同的討論機構也產生差異（圖中符號之差），儘管是不同機構的結果，但顯示出波動較少的共通性質。也就是說，振動的感受取決於頻率，呈現在 1~3Hz 附近最容易感受的傾向。

圖 2 平均振動感受閾

各國的標準

關於風致搖動問題，各國採用標準化應對的示例較多。對典型基準示例進行比較的結果如圖 3 所示。雖然也有些國家採用標準偏差而不是加速度的峰值，但在此換算成為峰值表示。這些標準規定在各自重現期間的峰值加速度在數值上不得超過如圖 3 所示的建築物固有頻率。但是日本的標準為 10、30、50、70、90% 的感受概率圖線，重現期間為 1 年的數值設定在哪一條感受概率圖線上則由設計部門選擇。一般以 50% 的感受概率為目標進行設計。另外，澳大利亞的標準提供了數個重現期間的數值。如果重現期間較短，考慮日常性振動；如果重現期間較長，考慮對很少發生的大振幅的情況。對於哪種程度期間的強風是否做出規定，根據各國的社會環境及思考方法而各不相同。

圖 3 不同國家高層建築的可居住性標準的比較

對策

為了減小風致搖動，雖然可採用提高剛性的方法，但通過圖 2、3 可以得知，在低頻領域（1Hz 以下），即使採取措施提高建築物的剛性，由於提高頻率後將更容易感受，所以有時不會提高可居住性能。因此，採用提高衰減的方法較多。對此，可居住性主要以低振幅指標為對象，因此即使為低振幅也需要採取有效的方法。目前，許多高層建築設置了防振裝置。

此外，作為建築計畫方面的考慮，有根據使用目的及使用頻度採用計畫樓層以及平面位置的方法。另外，為了防止通過聽覺及視覺引發的振動感受，採用分隔牆等二次構件防止吱吱叫的聲音以及防止百葉窗和吊燈的搖動等也是對策方法之一。



（11~14 頁）

基於性能的 300m 立體城市的抗風設計

竹中工務店

平川恭章

建築物和結構概要

阿部野 HARUKAS（以下簡稱 HARUKAS）高度為 300m，是日本最高的超高層大樓，於 2014 年 3 月竣工（照片 1）。

大阪是日本的代表性城市，也是全球排名第 7 位的大都市，這座建築物坐落在大阪的阿部野。近年來，阿部野地區的發展迅速，吸引了眾多關注。

HARUKAS 是一座超高層立體城市，建築總面積約為 $212,000\text{m}^2$ 。這座高聳入雲的摩天大樓由地上 60 層、地下 5 層構成，提供多種功能：終點站、百

貨商店、藝術博物館、辦公室、酒店、展望台以及停車設施等。在世界上的任何國家，沒有一座建造在車站上方的建築具備這種規模。

日本是全球的地震和颱風多發國家之一。這座建築採用了基於性能的抗震設計，有關詳細內容歸納於參考資料 1。本文著重介紹對 HARUKAS 進行的基於性能的抗風設計。

強風吹過建築物時，在建築物的背風面產生卡門渦流，造成建築物在與風向成直角方向的搖動。卡門渦流的狀態如圖 1 所示，與一個完整的長方體建築物相比（左側），HARUKAS 可將卡門渦流效應降至最小（右側）。

高達 300m 摩天大樓在抗風設計方面對氣動特性的性能要求極為嚴苛。HARUKAS 是採用了“退縮階梯”型的建築物，這種建築物形狀具備出色的氣動性能，可有效降低因卡門渦流導致的、作用於建築物的傾翻力矩。

如圖 2 所示，HARUKAS 的上層建築由 3 個“模組”構成，在北側形成了退縮階梯。下部模組用於百貨商店，中部模組用於辦公室，上部模組用於酒店。在上部模組的內部中央，設有大型中庭。在模組之間、以及在上部模組的頂部設有轉換桁架層。為了提高水準和抗扭剛度以應對大地震和強風的作用，在轉換層和中部模組設有巨型桁架懸臂梁。

HARUKAS 共採用了 4 種減震器，包括粘性減震器和遲滯阻尼減震器，主要設在下部模組的四角、中部模組的中核周圍以及上部模組的中庭周圍，以吸收地震或風力產生的能量。此外，在第 56 層安裝了兩種品質減震器（AMD 和 ATMD），主要用來改善上部模組中的酒店的可居住性。有關針對風荷載的可居住性評估將在以下詳細介紹。

採用懸臂梁和抗剪螺栓的堅固結構有助於降低建築物的自振週期，防止發生氣動力學不穩定的振動（搖動產生更大搖動的現象），這種現象很可能由具有較長週期的柔性建築物產生。另外，採用振動控制減震器提高減震性能，以抑制由強風造成的建

築物搖動，可在較短的時間內達到穩定。

照片 1 西北方向的景色

圖 1 卡門渦流的狀況

圖 2 結構規劃

抗風設計的概要

在為本座建築物開發基於性能的抗風設計時研究的設計風速、條件以及其他項目如表 1 所示。

表 1 抗風設計的研究專案

風洞試驗的概要

為了確定作用於本建築物的風壓，我們進行了風壓測定試驗。為了該目的進行風洞試驗的模型比例為 1/500，建模範圍為半徑 700m（照片 2）。在亞克力材質的模型中設置了大約 600 個測定點測定風壓。

採用頻譜模態回應分析計算基底剪力，僅考慮第一模式。在對應 500 年一遇的“級別 2”風速下的基底剪力與風向之間關係如圖 3 所示。風向角為 85°、即接近東西（X）方向時，在南北（Y）方向、即建築物的較窄側出現最大基底剪力（圖 3(b)）。

照片 2 風洞試驗

圖 3 基底剪力與風向之間的關係

風荷載的計算

風向角為 175°和 85°、基底剪力達到最大時，全部樓層的 X 方向和 Y 方向的風荷載分別如圖 4 所示，可將“級別 2”與地震荷載進行比較。

在 X 方向的全部樓層、以及在 Y 方向除幾個較低樓層以外的絕大部分樓層，地震荷載均超過了風荷載。關於截面設計，作為外部荷載建立了包含兩種類型的荷載。

圖 4 風荷載與地震荷載之間的比較

空氣動力學不穩定振動的研究

通過風壓測定計算的卡門渦流產生的頻率與建築物的固有振動頻率（0.169Hz）一致時，Y 方向的風速為 97.7m/秒，是 500 年一遇風速（66.6m/秒）的 1.4 倍以上。

由於建築物的寬度在 Y 方向隨建築物的高度變化，在對應與 90°和 270°風向正交的方向形成較大的風壓區域，因此該建築物在結構上不易發生空氣動力學不穩定振動。

然而，鑒於上部模組較薄，可能會發生扭轉振動，因此我們進行了氣動振動試驗。試驗採用了 5 個集中品質 3 維模型，具備與設計數值相同的品質、特徵值以及阻尼（對於平移模式為 0.03，對於扭轉模式為 0.014）（照片 3）。如圖 5 所示，試驗結果證實了空氣動力學不穩定振動在小於 1.2 倍的 500 年一遇設計風速時不會發生。

照片 3 空氣動力學振動試驗

圖 5 空氣動力學振動試驗

可居住性的評估

本建築物的上部模組用於建造酒店，對此需要提供舒適的可居住性，對於級別 H-3011（約 30% 的居住者感覺搖動）、1 年一遇的風速保持回應加速度小於約 3cm/s²。為了這個目的，我們在 56 層設置了兩種主動品質阻尼器，降低強風時的回應加速度。

只有當其頻率與建築物的固有頻率同步大約 6 秒時，這兩種主動品質阻尼器才動作。設在東側的一個主動品質阻尼器（AMD）採用了常規懸擺。另一個設在西側的主動調諧品質阻尼器（ATMD）採用了常規懸擺與倒擺的組合，以盡可能縮短懸擺的長度（2.2m），防止超過天花板的高度（圖 6）。

如圖 7 所示，對該建築物較窄側（南北、Y 方向）採用品質阻尼器，使酒店客房的可居住性得到

改善。由於建築物較寬側（東西、X 方向）的振動足夠小，無需設置品質阻尼器。

在每年發生數次到十幾次經常性強風時，可將建築物較短方向的搖動加速度降低到大約一半，保證了該建築物高檔次的可居住性。

圖 6 主動調諧品質阻尼器的機理

圖 7 55 層酒店客房的可居住性評估

照片 4 HARUKAS 的頂部

基於性能的抗風設計的總結

本節介紹了日本首座 300m 高建築物的基於性能的抗風設計。該建築物的結構、上層建築系統以及各種減震裝置有機地整合，保證了對風荷載的高度安全性和舒適性。



（15~18 頁）

鋼材的利用技術

高強度螺栓連接工藝的概要

日本鋼鐵聯盟

建築用鋼材研究會

作為連接鋼構件的高強度螺栓連接工藝，一般採用摩擦力連接及預拉力連接。高強度螺栓可分為高強度六角螺栓及扭剪型高強度螺栓，根據使用環境，除了採用普通鋼材外，還有經熱鍍鋅處理的螺栓以及採用耐火鋼、耐候性鋼、不銹鋼鋼材的螺栓。通常使用的螺栓直徑有 M16、M20、M22、M24，部分製造廠家還生產 M27 及 M30 的粗徑螺栓。

目前，一般使用的高強度螺栓為 F10T（抗拉強度為 1,000N/mm²），熱鍍鋅高強度螺栓為 F8T（抗拉強度為 800N/mm²）。以往曾有 F13T（抗拉強度為

1,300N/mm²) 的螺栓，但因發生滯後破壞問題而禁止使用。另外，在 JIS B1186 規定的 F8T、F10T、F11T (抗拉強度為 1,100N/mm²) 中，F11T 在實際上禁止使用。此外，在日本建築學會的《高強度螺栓連接設計施工指南》中沒有記載 F11T。

目前通常使用的高強度螺栓如表 1 所示。

表 1 通常使用的高強度螺栓

高強度螺栓的種類

◆高強度六角螺栓

用於連接普通鋼材的高強度六角螺栓的規格為 JIS B 1186 (摩擦力連接用高強度六角螺栓、六角螺母、墊圈的套件)，規定由 1 根螺栓、1 個螺母、兩個墊圈構成套件 (照片 1)。這是因為除了作為構成套件的部件的機械性能、形狀、尺寸之外，為了保證發生軸力而作為套件的規格。根據套件的機械性能，分為 1 類 (F8T)、2 類 (F10T)、3 類 (F11T) 3 種，但是 1 類 (F8T) 的連接效率較差並且也沒有獲得 JIS 表示許可的工廠，而 3 類 (F11T) 發生過滯後破壞問題，因此目前不再使用，僅使用在獲得 JIS 表示許可工廠製造的 2 類 (F10T)。此外，根據套件的扭矩數值，分為 A 類及 B 類兩種。

關於製造螺栓的鋼材，一般採用向低碳鋼添加鉻 (Cr)、硼 (B) 元素的材料；關於螺母，一般採用機械結構用碳鋼；關於墊圈，一般採用機械結構用碳鋼、或向低碳鋼添加錳 (Mn) 或硼 (B) 元素的材料 (表 2)。

照片 1 高強度六角螺栓套件

表 2 用於高強度螺栓、螺母以及墊圈的鋼材化學成分示例 (%)

◆扭剪型高強度螺栓

日本鋼結構協會規格 (JSS II 09) 對扭剪型高強度螺栓規定，由 1 根螺栓、1 個螺母及 1 個墊圈構

成套件，套件僅分兩個類別 (S10T)，等級表示為 S10T，以區別於高強度六角螺栓 (F10T) (照片 2)。這種螺栓的形狀特點是螺栓頭部為圓形，螺栓的前端設有帶斷裂槽的梅花頭，其優點是梅花頭被扭斷後即獲得規定的軸力、以及施工完成後可方便地確認等。此外，規格對扭剪型高強度螺栓規定了套件的緊固軸力，常溫下的套件螺栓緊固軸力如表 3 所示。

這種扭剪型高強度螺栓不是 JIS 規格品，螺栓製造廠家需要獲得國土交通大臣的一般認定。

照片 2 扭剪型高強度螺栓套件

表 3 扭剪型高強度螺栓的預應力 (常溫下)

◆熱鍍鋅高強度螺栓

連接以防鏽和防腐蝕為目的對普通鋼材採用熱鍍鋅的鋼構架時，使用熱鍍鋅高強度六角螺栓 (照片 3)。關於熱鍍鋅高強度六角螺栓套件，由於 JIS 規格沒有規定，建築基準法中也沒有規定 F 值等，因此螺栓製造廠家作為“熱鍍鋅高強度螺栓連接”，根據建築基準法第 37 條獲得國土交通大臣的一般認定，按照 JIS 規格製造螺栓。螺栓、螺母以及墊圈的鍍層採用 HDZ55 (附著量為 550g/m² 以上)，螺母在熱鍍鋅前採用加大絲錐加工。

通常對於熱鍍鋅高強度螺栓，由於熱鍍鋅溫度高於 F10T 高強度螺栓的回火溫度，因此考慮到強度降低和滯後破壞問題，從而設定為 F8T 的強度。但是應用下述超高強度螺栓技術、具備 F12T 級高強度的產品也進入了實用化階段。

關於摩擦面的處理，鍍鋅後略微進行噴砂處理，使表面粗糙度達到 50 微米 Rz 以上。如果採用噴砂外以外的特殊處理，應進行滑動力試驗確認摩擦面。

照片 3 熱鍍鋅高強度螺栓

高強度螺栓連接的設計及施工

◆高強度螺栓的公稱強度

高強度螺栓（F10T、S10T）的摩擦連接及預拉連接的公稱強度由建築基準法施行法令規定，熱鍍鋅高強度螺栓（F8T）規定由國土交通大臣認定。各種公稱直徑螺栓的公稱強度如表 4 所示。

關於表 4 中的熱鍍鋅高強度螺栓的抗剪強度，設滑動係數為 0.40，按照抗剪強度 = 0.40 × Bo（螺栓的設計抗拉強度）計算。另外，高強度螺栓（F10T、S10T）的抗剪強度是按照滑動係數為 0.45 計算的。該 F10T、S10T 的抗剪強度及抗拉強度與日本建築學會的《鋼結構設計規範》相同。

表 4 高強度螺栓的公稱強度（長期）

◆緊固施工

緊固高強度螺栓時，對每 1 組螺栓連接按照以下步驟進行：初擰→標記→終擰。此外，下述的超高強度螺栓的施工要領與高強度螺栓基本相同，但初擰的扭矩不同。

（1）初擰

關於初擰，對高強度六角螺栓、扭剪型高強度螺栓以及不銹鋼高強度螺栓按照表 5 的扭矩緊固，對熱鍍鋅高強度螺栓按照表 6 的扭矩緊固。

表 5 高強度螺栓的初擰扭矩

表 6 熱鍍鋅高強度螺栓的初擰扭矩

（2）標記

初擰後，對所有螺栓做出通過螺栓、螺母、墊圈及構件的標記。

（3）終擰

以組為單位完成初擰和標記後，轉動螺母進行終擰。對於高強度六角螺栓，按照規定的扭矩獲得標準螺栓張力。對於扭剪型高強度螺栓，使用專用電動扳手緊固，直到梅花頭的斷裂槽被扭斷。

對於熱鍍鋅高強度螺栓以及不銹鋼高強度螺

栓，以完成初擰和標記後為起點，將螺母轉動 120°。

（4）檢查

終擰結束後，目視檢查螺栓的剩餘長度及螺母的轉動量，確認施工是否正常。關於終擰時螺母的轉動量，對於採用扭矩法緊固到螺栓彈性範圍的標準螺栓張力的高強度六角螺栓和扭剪型高強度螺栓，雖然根據初擰的程度存在一定的變化，但僅為數十度左右。

另一方面，採用扭轉螺母法緊固至接近螺栓強度區域的熱鍍鋅高強度螺栓和不銹鋼高強度螺栓，螺母的轉動量為 120°（規定的轉動量）左右。與高強度六角螺栓和扭剪型高強度螺栓相比，熱鍍鋅高強度螺栓和不銹鋼高強度螺栓在緊固後的應力鬆弛較大，因此需要對此估測，將緊固螺栓的張力提高到螺栓屈服範圍。

完成緊固後進行目視檢查，如果檢查初擰後做出的標記發現螺栓與墊圈等一同轉動、螺栓杆轉動而被擰緊、或者螺母的轉動量異常、以及螺栓的剩餘長度過長或過短，應更換新的螺栓組。

這時，不得再次使用曾用過的高強度螺栓。

（5）施工管理

為了確認摩擦面的處理以及緊固方法是否正確完成，對高強度螺栓在總體上建立了日本鋼結構協會 建築鋼構件品質管制機構制定的“建築高強度螺栓連接管理技術者資格制度”，並且對熱鍍鋅高強度螺栓及不銹鋼高強度螺栓建立了“高強度螺栓施工技術者的資格制度”，該施工管理人員按照施工管理要領進行施工管理。由於這些人員精通高強度螺栓的施工管理，因此如果有具備資格的人員參與一般的高強度螺栓的施工，將會進一步保證可靠的施工品質。

高強度螺栓的近期動向

如上所述，通常使用的高強度螺栓的強度等級降低到 F10T 級，這是因為 F11T 以上的高強度螺栓無法消除發生滯後破壞的危險性。

然而隨著近年來鋼構件向大型化、高強度化發展，作為目前一般使用的 F10T，所需連接的連接構件以及螺栓數量過大，高強度螺栓連接部位的緊湊化、也就是高強度螺栓的更加高強度化的需求增加。為此，部分製造廠家克服了隨著高強度化產生的滯後破壞問題，開發了抗拉強度為 $1,400\text{N/mm}^2$ 級的扭剪型超高強度螺栓，在熱鍍鋅產品方面也同樣，開發了抗拉強度為 $1,200\text{N/mm}^2$ 級的超高強度六角螺栓，並實現了這些產品的實用化。

◆扭剪型超高強度螺栓

通過開發耐滯後破壞特性優異的鋼材以及採用緩和應力集中的螺紋形狀等進行改善，實現了扭剪型超高強度螺栓（照片 4）。基本形狀和尺寸採用日本鋼結構協會規格（JSS II 09），實現了以往螺栓（S10T）約 1.5 倍的高設計強度，螺栓連接的尺寸是以往的 2/3，實現了緊湊化。為此，可以降低施工費用，縮短工期，以高效率完成省力化施工等，具有很多優點，在使用大型構件的超高層大廈以及柱間跨距較大的購物中心、樓板重量較大的工廠及倉庫等建築領域採用的實例增加。超高強度螺栓的示例如表 7 所示。

照片 4 扭剪型超高強度螺栓

表 7 超高強度螺栓的示例



（封底）

日本鋼鐵聯盟的活動

編制介紹鋼結構建造技術、資料的資料集
（日文、英文）

——有關詳細內容，請參照本刊英文版——

請對讀者問卷調查提供協助

本刊《Steel Construction Today & Tomorrow》由日本鋼鐵聯盟與日本鋼結構協會聯合編著，每年出版 3 期，是唯一定期發行的英文期刊，主要以亞洲各國的建築相關人員為物件，介紹與日本的鋼結構相關的技術資訊。為了準確瞭解讀者的需求，進一步發揮本刊的作用，我們將在發行 2014 年度的 3 期期刊時進行讀者問卷調查。問卷調查表格可通過以下方法獲得。

* 日本鋼鐵聯盟的網站

問卷調查表格登載在日本鋼鐵聯盟的網站上，可直接填寫回答。您可通過以下方法方便地流覽。

1. 通過檢索網站輸入“JISF”搜索。
2. 在日本鋼鐵聯盟的英語網站上點擊橫幅廣告。
3. 點擊 Questionnaire。

* 通過傳真回答

對於定期訂戶，我們將隨本刊送上問卷調查表格，請在表格中填寫回答。

通過問卷調查將進一步發揮本刊的作用，從而對日本的鋼鐵行業與貴國的相互發展做出貢獻。我們期待著您的積極回答。