

# STEEL CONSTRUCTION TODAY & TOMORROW

(第 41 期，2014 年 3 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。

為了更便於臺灣和香港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 41 期 (2014 年 4 月) : 目錄

——特刊：日本鋼結構協會——

---

業績獎表彰：

東京晴空塔	1
超高層建築的封閉型拆除工藝	2
澀穀Hikarie	3
緊湊截面的鋼連續合成桁架橋	4
論文獎	5-6

專輯：針對特大海嘯的措施

對抗擊海嘯發揮作用的鋼結構建築技術	7-8
直立浮上式防波堤	9-10
鉸鏈閘門式海嘯防災減災設施	11-12
結合當地特點的海嘯避難對策	13
海嘯避難大樓：ARCH-SHELTER	14
海嘯對策大樓“T-Buffer”	15
海嘯避難大樓等的結構設計方法	16

環太平洋鋼結構會議

鋼結構研討會2013

日本鋼結構協會國際委員會委員長的致辭

-----17  
-----18  
----- 封底

---

注：頁數為英文版第 41 期的頁數

中文版：©一般社團法人日本鋼鐵聯盟 2013

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>

## 日本鋼結構協會業績表彰

(第 1 頁) 協會獎

### 東京晴空塔的設計與施工

獲獎單位：日建設計、大林組等 7 家公司

東京晴空塔是應東京的 6 家廣播電視公司的要求，在東京都墨田區建造的建築。東京晴空塔的塔高 634m，作為自立式電波塔堪稱世界第一高度。

作為形態概念，東京晴空塔融入了日本刀的“弧線”，並且運用在日本傳統建築的立柱上體現的“凸形”手法進行設計，將這種概念以立面表現，同時，該塔採用了基底為正三角形、在 300m 的高度以圓形變化的平面形狀，是極為複雜的形態結構。

作為建築方案，在 350m 和 450m 的高度各設一座觀景台，從高度約 500m 以上開始，用於設置各電視臺等的廣播天線。

此外關於寬高比，因受場地條件限制而採用了 1：9.3，造型非常纖細，所以建築的基礎將承受由地震及強風造成的巨大推力和拉力的作用。因為這個緣故，本建築採用了鋼骨鋼筋混凝土結構的地下連續牆樁，以更高的安全度承載該建築。塔的上部採用了鋼管桁架結構，通過分支接頭連接大截面高強度鋼管，因無加固板而呈現優雅的外觀。

對於地震及颱風等，在將裝有 GPS 的氣球升空進行上空風速調查，並進行場地微震陣列調查等，根據這些現場調查結果，編制模擬風力波形和場地波形進行安全性驗證，即使與在日本建造的一般超高層建築相比，也保證了更高的結構安全性。另外，關於地震，該專案開發並採用了稱為“芯柱抗震”的抗震系統，致力於降低地震力的作用。

圖：芯柱抗震系統基礎概要圖

照片：東京晴空塔的外觀

(第 2 頁) 業績獎

### 超高層建築的封閉型拆除工藝 “TECOREP (Taisei Ecological Reproduction System) 系統”

獲獎單位：大成建設

許多超高層建築位於大都市的建築密集地區。在近年來的城市再開發項目中，即使對於超過 100m 的超高層建築，拆除重建的項目在逐漸增加，拆除工藝也成為再開發項目的一個課題。對此，為了減少施工對附近環境的影響，提高拆除施工的安全性，同時也降低環境負荷，大成建設開發了稱為“TECOREP 系統”的拆除工藝，已應用于高 105m 的辦公大樓和 140m 的超高層酒店的拆除施工。

“TECOREP 系統”的特點是有效利用原有的頂層軀體，構建帽子形狀的封閉空間結構體，在其內部進行拆除施工。對建築物從最頂層開始逐層向下推進拆除作業，一個樓層的拆除施工結束後，通過液壓起重裝置操作支撐“帽子”結構的臨時立柱，可以安全迅速地移動封閉空間。此外，“TECOREP 系統”具備發電功能，在向地面運送拆除物時，垂直運送系統發電，可實現節能減排。

大成建設對拆除日本最高的超高層建築（140m 的超高層酒店）應用了本工藝，確認了這種技術的實效性。由於在封閉空間內進行拆除施工，減少了無法作業的天數從而縮短了工期，並且實現了降低噪音（20dB 以上）和減少粉塵的發生（90%以上）等，在保證放心和安全的周圍環境方面發揮了重要作用。此外，從保證施工安全性的角度考慮，在封閉空間進行施工獲得了無法用數值表示的顯著效果。

照片：“TECOREP 系統”向下移動時的施工狀況

“TECOREP 系統”的內部狀況

正在拆除的高層酒店

(第 3 頁) 業績獎

## 澀谷 Hikarie 的設計和施工

獲獎單位：日建設計、東急設計諮詢公司聯合企業集團、東急、大成建設聯合企業集團

澀谷 Hikarie 被視為澀谷車站周邊再開發群的領軍專案。本建築物的高度約為 185m，是超高層綜合性建築，將商業、娛樂、文化以及商務等不同性質的用途融為一體，致力於創造新型文化和生活方式。

本建築物的中層部分設有約 2000 個坐席的劇場，高層部分和低層部分的平面形狀不同，成為結構設計中的課題。

通常，如果將不同用途的空間疊加，由於立柱無法上下貫穿，因此大多採用建造大型構架承受垂直負荷和水準負荷的方法解決。然而作為本計畫，通過力求實現設計與結構的合理性，不是採用特殊結構，而是將通用性較高的技術組合實現了高度安全性的設計。在結構設計方面採取了以下措施。

- 由於存在無立柱的大空間劇場，因此將不上下貫通的立柱保留在最低限度（4 根）。
- 從劇場的上部開始立起 4 根立柱，設計了以桁架高度達兩個樓層的超級桁架實現承載。
- 在劇場的兩側，設置了一對上下貫通的混凝土填充焊接箱形截面（CFT）立柱——“主立柱”。加大超級桁架的構件截面，雖然該影響使立柱構件的彎曲應力增加，但是採用了高剛性、高承載力的主立柱予以解決。
- 以主立柱為首的內柱採用了 CFT 立柱，減少了在發生大地震時承受巨大附加軸力的外柱所承擔的剪切應力。

照片：外觀

圖：結構計畫的概要圖

(第 4 頁) 特別獎

## 採用緊湊截面的鋼連續合成桁架橋

獲獎單位：東日本高速公路株式會社

高速公路公司對於高速公路橋的鋼橋建造考慮設有 PC 橋板的少量主桁架以及 PC 橋板與鋼樑合成效果，實現了連續合成化等結構設計的創新。因此，實現的鋼連續合成 2 主桁架橋是非常簡捷的形式，為了進一步實現合理化而有必要採用新的設計思路。對此，東日本高速公路株式會社按照充分運用鋼材性能的設計思路，在日本國內首次對公路橋採用了緊湊截面的設計，致力於進一步實現結構的合理化。這座橋樑就是金谷鄉高架橋。

在以往的鋼連續合成 2 主桁架橋以正彎矩為主的跨距中央部位，中立軸位於距橋板較近的位置，梁腹基本上為承受拉伸的狀態，但是在部分殘留的壓縮區域，擔心可能發生壓曲的不穩定現象。

對此作為新的設計思路，如果可構成不發生壓曲而達到全塑性狀態的截面，則壓縮基本上由橋板承載，形成鋼材承受拉伸的狀態，可以實現發揮鋼結構與混凝土結構的特點、不會出現急劇崩潰的合理截面。緊湊截面設計的思路就是考慮這種最大限度發揮構件性能的合理化截面。

在金谷鄉高架橋採用了這種緊湊截面設計，實現了減少鋼材重量和降低桁架高度，在不影響結構性能的前提下實現了經濟性好、等高桁架的苗條結構。

圖：緊湊截面設計的思路

比例的比較

鋼材重量的比較

照片：緊湊截面設計“金谷鄉高架橋”

(第 5~6 頁) 論文獎

## 關於針對鋼臺面板的擴展裂紋而增加臺面板厚度的效果

獲獎者：土木研究所 村越 潤

通過實驗和分析結果，討論臺面板的厚度對正交鋼臺面板疲勞耐久性的影響，從而提高結構細節對於臺面板裂紋的疲勞耐久性。

獲獎者對厚度為 16/19mm 的臺面板與厚度為 6/8mm 的肋骨組合的原尺寸試件進行了輪轉疲勞試驗（圖 1），並通過有限元分析明確了臺面板厚度對肋骨-臺面板焊接接頭局部應力的影響（圖 2）。

圖：輪轉試驗機的試驗狀況

D12U6 和 D19U6 的變形以及主應力向量圖

## 關於常規型斜撐的位移回應抑制效果的研究

獲獎者：JFE 土木工程建築株式會社 林田 洋幸 等其他 2 人

本項研究討論了將常規型斜撐作為抗震構件運用的可能性。圖 1 是對承載力相等的有斜撐構架與純框架結構有關最大層間位移角的全層最大值的比較。在抗震設計中設定的層間位移角較小的範圍，有斜撐構架與純框架結構相比變形較小。在構架的承載力不變的條件下，斜撐的承載力負擔率與各層的最大層間位移角的全層最大值的關係如圖 2 所示。根據圖 2，增加了承載力負擔率後，呈現回應緩慢減少、此後超過了一定的承載力負擔率後急劇增加的傾向。回應急劇增加的原因是向特定層的變形集中，本文提出了承載力負擔率上限值的計算公式方案，以避免發生變形集中。在圖 2 的例中，該數值如點劃線所示。

圖 1：有斜撐構架與純框架結構的比較

圖 2：各層的最大層間變形角的最大值

## 將變厚度鋼板用於梁翼的梁端焊接連接部位以提高塑性變形能力防止斷裂的設計工藝

獲獎者：京都大學 吹田 啟一郎等其他 5 人

為了防止鋼結構框架的梁端焊接連接部位的斷裂，提高塑性變形能力，獲獎者提出了將使用可變軋軋機製造的變厚度鋼材用於梁翼以增大樑端的梁翼厚度的工藝方案。通過各種試驗確認變厚度鋼板的材料特性，採用實物尺寸 T 字形柱梁連接部位試件，與等截面梁及擴寬梁進行比較，驗證了增厚梁翼的變形能力的大小。此外，獲獎者提出了採用有限元分析方法分析弧形缺口底的應變集中，有效防止斷裂的增厚梁翼的形狀和尺寸確定方法的方案。這種方法尤其對於採用焊接部位的品質管制困難、力學條件嚴格的混用連接的現場焊接方式連接時提高變形性能有效。

增厚梁翼

圖 1 增厚梁翼工藝

圖 2 試驗後的試件

圖 1：工字截面鋼試件

圖 2：工字截面鋼體積損失的預測結果

## 運用靜電場解析通過 FSM 預測鋼構件減厚量的方法

獲獎者：名古屋大學 廣畑 幹人等其他 2 人

目前的研究提出了一種方法，運用靜電場解析通過 FSM 預測鋼構件因腐蝕造成的體積減少。

為了通過 FSM 預測現有橋樑構件的體積減少，需要瞭解從建造時起直到目前的電位差長期性變化

(經時性)。然而，我們無法對建造階段的健全狀態測定長期性變化。為了解決這個問題，獲獎者進行參數模擬，採用靜電場分析來考慮各種體積減少的類型，得出了準確預測體積減少的曲線。

如圖 1 所示，將測定電位差的電極和感測針設置在工字截面鋼構件的梁腹。對測定的電位差變化量作為相對初期電位差千分率(FC 值)評估。在圖 2 中，紅線圍起的範圍是隨意的體積損失(250×40mm)。同時，在開始試驗之前，採用各種體積損失模式進行分析，求出可預測試件體積損失的曲線。試驗和分析結果如圖 2 所示。對於圖中以符號表示的試驗結果，通過本項研究得到的體積損失預測曲線能夠以較高的精度進行預測。因此，本項研究獲得的結果提出了有效預測體積損失方法的方案。

圖 1 增厚梁翼工藝

照片 1 試驗後的試件



## 專輯：針對特大海嘯的措施

(第 7~8 頁)

### 專輯前言

距東日本大地震發生已經過去 3 年，人們期待加速災區的復興重建。

作為日本，從生命和財產的巨大損失中吸取教訓，構建安全、放心的社會成為緊要課題。本次我們以特大海嘯為著眼點，介紹幾項對災害可防患於未然的鋼結構建築工藝。

## 對抗擊海嘯發揮作用的鋼結構建築技術及工藝的介紹

日本鋼鐵聯盟 土木委員會幹事 片山 英治、建築委員會委員長 藤澤 一善

東日本大地震發生後，為了災區的迅速恢復和復興、並且致力於提高日本的防災水準，日本鋼鐵聯盟提出了採用鋼結構建築實現“高抗災能力的社會資本整備”的方案。以下我們從抗擊海嘯的觀點出發，介紹對防災和減災發揮作用的鋼結構建築技術和工藝。

### 對抗擊海嘯發揮作用的鋼結構建築技術和工藝

#### ◆採用鋼管板樁及鋼管樁對現有沉箱碼頭(防波堤)的加固工藝

在現有的沉箱碼頭(或防波堤)的前面設置打入鋼管板樁的結構，不但可以提高抗震性能，還可以預期防止因海嘯(回流)沖刷沉箱底基，這種加固工藝的示意圖如圖-1 所示。作為加固材料，除了鋼管板樁之外也可以考慮採用鋼管樁，如果主要預期發揮對洪流的加固效果，也可以考慮在沉箱的背面設置鋼結構的變化方式。

#### ◆採用鋼管板樁的防波堤加固工藝

如圖-2 所示，這種工藝發揮現有高潮堤壩作用，並且在背面新設由鋼管板樁支撐的胸牆(護牆)，在加高防波堤頂端高度的同時，產生抗擊海嘯的結構韌性。這種工藝的特點是，在新建海嘯高潮堤壩時，由於無須對現有防波堤進行大規模改造，因此能夠以較短的工期完成，即使在作業場地受到限制的狹窄處也能夠施工。

#### ◆採用雙重鋼板樁的越堤對策工藝

採用雙重鋼板樁加固對於防止發生海嘯等高水位時的越堤破壞效果如圖-3 所示。本工藝的特點是，由於堤壩內設有雙重式鋼板樁，不僅抗震性能(抗液化)優異，而且即使因越堤導致坡面崩潰，也可以保持壩體高度，減少淹水。

#### ◆採用新型結構系統的建築物

採用具備 780N/mm<sup>2</sup> 級抗拉強度鋼材(H-SA700)和抗震結構，可承受地震烈度達 7 度的特大地震，通過完善這種新型結構系統建築物的

理念，如圖-4 所示，可以建造使海嘯及洪水的波動力通過的加高街區以及積層型工業設施。

#### ◆鋼結構防災基地大樓

圖-5 是抗震、抗海嘯安全性優異、可將空間用於多種功能、具備成為地區振興標誌的底層架空柱結構的鋼結構防災基地大樓。採用超過預測海嘯浪高的底層架空柱結構，對底層架空柱部分採用高承載力和高剛性的混凝土填充鋼管（CFT）柱，不僅提高了抗擊海嘯的安全性，而且上部結構採用具備防壓曲支撐的抗震鋼結構，也提高了抗震性能。另外，通過採用大跨距提供靈活的空間，在發生緊急情況時也可用於多種用途。

\* \* \* \* \*

以上介紹了在日本國內開發的技術和工藝，對於太平洋沿岸各國，我們期待也能夠對構建放心、安全的環境作出貢獻。

圖 1：採用鋼管板樁、鋼管樁對現有沉箱碼頭進行加固的工藝

圖 2：採用鋼管板樁對防波堤進行加固的方法

圖 3：採用雙重鋼管樁的越堤對策效果

圖 4：採用新型結構系統的建築物

圖 5：鋼結構防災基地大樓

（第 9~10 頁）

### 全球首創——直立浮上式防波堤的開發

大林組 小林 真，港灣空港技術研究所 有川太郎，三菱重工鋼結構工程公司 木原 一禎，東亞建設工業 井上 博士，新日鐵住金工程公司 笠原 宏紹

“直立浮上式防波堤”將按多列配置的鋼管平時下沉設置在航道部分等的海底，僅當海嘯或高潮襲來等緊急狀態時，使上部鋼管浮上以保護港灣內設施等，是全新理念的活動式防波堤（請參照圖 1）。

在 2011 年 3 月 11 日發生的東北部太平洋近海

地震中，常規形式的防波堤對減輕受災發揮的作用得到了證實。採用本防波堤不會妨礙船舶航行，但具備可防止海嘯洪流從航道部分湧入的功能。

本文說明這種防波堤的概要，以及為了討論和驗證技術要點進行的水力實驗和現場實證試驗。

#### 結構概要與浮上機構

如圖 2 所示，本防波堤採用了套管結構，上部鋼管插入下部鋼管的內側，浮上時向上部鋼管內送入壓縮空氣，下沉時通過遠端操作打開放氣閥完成。浮上後的水準力（波力等）的傳遞由上、下鋼管重疊的部分完成。

#### 水力模型實驗

通過水力實驗，確認了對海嘯的遮蔽效果。在獨立法人港灣空港技術研究所的大規模波動底基綜合水渠（長 184m、深 12m、寬 3.5m）按 1/5 的比例設置防波堤模型進行了實驗。實驗狀況如照片 1 所示。

實驗結果表明，透過率為 0.25~0.3，因此具備足夠的遮蔽效果。

#### 現場實證試驗

2006 年 9 月至 2009 年 5 月，在靜岡縣沼津港進行了現場實證試驗。試驗裝置由 1 組上部鋼管（ $\phi$  1.422m L=14.75m）以及下部鋼管（ $\phi$  1.600m L=16.75m）構成。此外在其兩側，設置了固定於海底的兩根鋼管（ $\phi$  1.422m）（照片 2）。以下說明主要試驗項目和試驗結果。

#### ◆可移動（浮上、下沉）試驗

通過從蓄壓罐送氣以及經排氣閥排氣，進行了浮上及下沉動作試驗。浮上動作從開始送氣起以 200 秒完成。反復操作了 100 次浮上、下沉，其動作狀況穩定，證實了送氣系統的可靠性。

#### ◆波浪回應試驗

在上部鋼管浮上的狀態下，呈現了對波浪的回

應。試驗結果表明，將上部鋼管作為浮體進行搖動解析可預測回應。

#### ◆ 附著生物及鋼材腐蝕等的調查

設置 1 年後再次使上部鋼管浮上，沒有發現鋼管側面附著生物或可造成影響的鋼材腐蝕（照片 3）。對此認為是由於上部鋼管設在下部鋼管的內部，處於曝光量和溶解氧極少（2ppm 以下）環境下的緣故。

#### 正在推進的實際應用

以上介紹了直立浮上式防波堤的結構概要和波浪防禦效果以及浮上、下沉系統的性能實證狀況。目前，在設想發生南海、東南海地震時將造成特大海嘯的和歌山下津港，採用本防波堤的防災計畫正在推進。

圖 1：直立浮上式防波堤示意圖

圖 2：直立浮上式防波堤的結構模式圖

照片 1：水力模型實驗

照片 2：現場實證實驗

照片 3：附著生物的狀況

（第 11～12 頁）

### 鉸鏈閘門式海嘯防災減災設施

日立造船株式會社 仲保 京一

2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分，發生了以宮城縣近海為震源的東北部太平洋近海地震，該地震產生了特大海嘯，對北海道、東北地區以及關東地區太平洋沿岸的較大範圍造成了巨大災害。該地震發生在白天，儘管在海嘯襲來之前有一些時間可以逃離，然而因地震災害造成的混亂和正常化偏見、以及資訊傳遞不良等使得第一時間的避難行動遲緩，結果增加了因海嘯傷亡的人數。另一方面，雖然認識到海嘯的危險，但不少人也因水閘及防洪閘關閉而向海的方向移動，因而遇難。在內閣府於 2012 年

8 月 29 日公佈的資料中明確提出，“迅速避難是最為有效和重要的抗擊海嘯對策”，“應將對策定位於力求確保全部迅速避難”，指出了今後要求的針對海嘯的防災減災設施的方向。

作為“鉸鏈閘門式海嘯防災減災設施”的開發目標，首先與上述方向保持一致，在發生萬一的情況下能夠可靠發揮作用，並且減少對日常生活的影響，盡可能減輕維護管理的負擔，本文將介紹該設施的特點和預期的效果以及最新開發的狀況。

#### 鉸鏈閘門式海嘯防災減災設施的概要

鉸鏈閘門式海嘯防災減災設施是將已經實際在河流等設置了很多的鉸鏈閘門與翻板閘門結合實現的“無動力、且無須人工作業”的阻水設備。常規型鉸鏈式閘門的特點如圖 1 所示，鉸鏈設在閘門的上方，利用閘門前後的水位差自動開閉。另一方面，翻板閘門如圖 2 所示，鉸鏈設在閘門的下方，通過驅動裝置改變閘門的角度控制流量。鉸鏈閘門式海嘯防災減災設施與翻板閘門同樣，在閘門下方設置轉動中心，與鉸鏈閘門相同，這種機構利用海嘯、高潮和洪水等產生的閘門前後的水位差，使閘門立起或倒下。

#### 對海嘯防波堤的應用

##### ◆ 設施概要

圖 3 是鉸鏈閘門式海嘯防波堤的設置示意圖。本設施由以“閘門”和放置閘門的“箱體”以及閘門立起時將閘門上部的負荷向箱體傳遞的“拉杆”為主要構件構成。沿著防波堤方向並排設置一系列閘門，以底部轉軸為中心轉動立起，形成連續的防波堤。閘門浮上所需要的浮力由平時向閘門空氣室供氣保證，設在箱體的掛鉤鉤住閘門前端，使閘門通常不會浮上。預測將發生海嘯時，鬆開掛鉤，閘門通過自身的浮力浮起，使前端高出水面。此後利用海嘯造成的水流上升形成的水位差，以無動力方式將閘門立起到規定的高度（角度）。作用於閘門的負

荷通過拉杆和底部轉軸向箱體基礎傳遞，並通過箱體與毛石基的摩擦阻力等保持設施的穩定性。

#### ◆設施的特點和預期的效果

本設施的特點是“由於在現有防高潮線的外側設置，因此防護範圍較廣”、“閘門浮上的所需浮力在平時蓄積完成”以及“海嘯波力不會影響閘門動作”，因此可預期發揮以下效果。

- ①即使在遭受最大規模的海嘯襲擊時，也可以推遲開始淹水的時間，增加避難時間。
- ②無須複雜的機械裝置，可降低建設費用，維護管理的負擔也較小。
- ③利用海嘯造成的水位上升，可附加自動封閉水路的功能，即使通信基礎設施受災也能夠可靠發揮作用。

#### ◆最新的開發狀況

本設施從 2003 年度開始開發。此後，通過各種實驗等致力於掌握基本性能和提高性能，在 2009 年度基本上完成了實用化所必要的室內實驗，從 2010 年度開始至 2012 年度，由日立造船、東洋建設、五洋建設 3 家公司開展實際海域試驗，進行本設施基本性能和可靠性驗證。

實際海域試驗的狀況如照片 1 所示。本試驗得到了靜岡縣的大力支援，借用燒津漁港內的水域，以確認①浮上動作和倒伏動作的可靠性、②倒伏狀態下的穩定性、③維護管理的可靠性與安全性為目的實施試驗。

關於本試驗，2011 年 2 月設置試驗裝置，在至 2013 年 3 月的約 2 年期間，進行了 151 次浮上倒伏操作以及 14 個月的長期倒伏試驗，得出了動作的可靠性和倒伏狀態的穩定性沒有問題的結論。此外，在試驗期間，對設備狀態進行常時監視，收集與各種操作相關的資料，並且派出潛水夫進行定期觀測和更換部件，檢驗了水下作業的可靠性和安全性。另外，本開發專案組於 2013 年 10 月發表了試驗結果<sup>1)</sup>，有關詳細內容請參照這些資料。

對防洪閘門的應用

#### ◆最新開發狀況

應用于防洪閘門時確認水流導致的動作狀況如照片 2 所示。防洪閘門型設施從 2009 年度起開發，在防止閘門急劇立起、倒伏動作的同時，致力於保證針對行駛車輛的強度和耐久性。2011 年度完成了通過實證試驗設備檢驗在實際現場的耐久性，並完成了在水流發生水池的動作確認。2013 年 5 月完成了改進設計的第一台實際設備的設置。

#### ◆設施的特點和預期的效果

防洪閘門型設施的工作原理與海底設置型設施相同。由於閘門隨著淹水而自然立起，因此可以預期以下效果。

- ①無須操作閘門，因此不妨礙避難行動。
- ②即使在電力及通信基礎設施嚴重受災的情況下，也能夠可靠發揮功能。
- ③因為閘門可在平時打開，所以對日常生活的影響較小，在發生緊急情況時，可作為避難通道利用到最後一刻。
- ④設備結構簡單，不易發生故障，同時也便於保養，因此維護管理的負擔較小。

高適用性

本文以利用自然力動作為特點介紹了鉸鏈閘門式海嘯防災減災設施。雖然單靠本設施無法防止所有海嘯災害，但是如果能夠對構建放心、安全的社會貢獻微薄之力，我們將感到非常榮幸。

圖 1：鉸鏈閘門概要圖

圖 2：起伏閘門概要圖

圖 3：鉸鏈閘門式海嘯、高潮防波堤示意圖

照片 1：實際海域試驗裝置的設置

照片 2：應用于防洪閘門時的水流動作確認

(第 13 頁)

結合當地特點的海嘯避難對策

發生東日本大地震時，因特大海嘯導致沿岸地區受災嚴重，並奪去了許多人的生命。目前，有關部門提出了採用將硬體和軟體措施組合構成的多重防禦手段推進和實現海嘯防災地區建設的要求。竹中工務店運用高精度模擬技術和豐富的防災建築經驗，結合當地特點推進海嘯防災地區的建設。

### 海嘯避難地區計畫

海嘯的發生狀況在很大程度上受到地區的局部地形、河流以及市區狀況的影響。因此，海嘯避難地區計畫應根據市區的詳細狀況，通過分析海嘯沖岸（圖 1）和避難模擬預測，分層制定避難設施的功能配置計畫非常重要。

### 避難設施的功能和配置

將避難設施歸納為 3 個層級，可考慮如圖 2 所示的配置。

#### ◆1 次海嘯避難設施

步行弱者可在開始避難後 15~20 分鐘內到達，以救護支援為前提，保證維持生命最低限度的功能。

#### ◆2 次海嘯避難設施

具備可最低保證 3 天左右的生命維持功能，在救護支援下可保持 1 個月左右的生活功能。

#### ◆3 次海嘯避難設施

涵蓋廣闊區域，保持應急電源、通訊功能以及緊急醫療功能。發揮作為當地行政的派出機構的功能。

### 海嘯避難設施方案

作為本文的結尾，以下介紹 2 次避難設施的方案。（圖 3、圖 4）

#### ◆高抗震、高抗浪設施

在設定海嘯浪高以上的高度設置免震層，採用中間層免震結構，在建築物的端部設置可讓波浪通過的圓形 RC 芯結構。建築物的中央部分採用高強

度鋼架懸吊結構。

#### ◆地區防災基地設施

以從平時、受災時到復興時期的自立性和可變性為目的，保證防災倉庫、能源以及通信，並且附帶避難線路的網路等。

圖 1：海嘯沖岸解析例

圖 2：海嘯避難設施（1 次~3 次功能）配置概念圖

照片 1：海嘯避難大樓方案的外觀

（第 14 頁）

### 海嘯避難大樓：ARCH-SHELTER

清水建設 渡邊 泰志

通過媒體的影像等我們可以瞭解，2011 年 3 月 11 日發生的東日本大地震造成的海嘯破壞力遠遠超過了地震。以下以高度為 20m 的海嘯外力為前提，介紹一項海嘯避難大樓的解決對策。

### 建築物概要

·層數：B0-7F-P1

·結構：

拱牆部分：RC 結構。內樓部分：S 結構（免震結構）

·建築面積：1450 m<sup>2</sup>

·總建築面積：拱牆：3631 m<sup>2</sup>。內樓：6019 m<sup>2</sup>

·建築物高度：約 34m

本建築物可對今後在日本全國各沿海地區開展業務的企業、以及在沿岸地區擁有難以向高地轉移的現有街區的自治體的要求等提供一項解決方案。

### 結構概要

本建築物 1 層兩側的芯結構以外的部分採用底層架空柱方式，遭受海嘯襲擊時，海水可在這裏通過，減小對建築物的作用力（圖-2、圖-3）。為了有效抵禦海嘯外力，對外側採用平面的橢圓形狀，在其外側設置陽臺，採用附帶翼板兼作避難通道的 RC

曲面牆結構，內樓的 1 層和 2 層之間採用免震層的 S 結構中間層免震結構。作為遭受海嘯襲擊時的浮力對策，基礎採用了板式基礎＋樁基礎結構。

#### 討論概要

設定的海嘯浪高為 20m，通過水力實驗和 VOF（Volume of Fluid，流體體積）解析（圖-4）計算作用于建築物的水壓力和浮力，進行結構討論。對上部結構、基礎結構設計的構件承載力均大於作用應力（圖-4）。

照片 1：外觀透視圖

圖 1：結構的構成

圖 2：結構的概要

圖 3：水力實驗、解析結果

（第 15 頁）

### 海嘯對策大樓 “T-Buffer”

大成建設 渡邊 征晃

“T-Buffer”是具備海嘯避難功能、並且設定和計畫日常作為辦公室等一般用途的新型海嘯對策大樓。“T-Buffer”的特點是對部分立柱允許發生損傷，採用了對海嘯的波壓以及漂流物的衝撞具備冗餘性的設計。

該建築物的結構特點是，設在建築物中央部分的芯結構承重牆承受垂直負荷以及地震和海嘯負荷，1 層的外周立柱僅支撐外部裝飾材料，不承受建築物的垂直負荷。對於海嘯形成的波壓以及漂流物的衝撞力，外周立柱作為緩衝柱（Buffer Column）承受負荷，防止承重牆發生致命性損傷，並且力求在海嘯發生後及早恢復建築物的功能。在結構上，萬一因波壓及漂流物的衝撞等使 1 層的外周立柱發生損傷，垂直負荷由配置在上層外周部位的帶式構架和最頂層的懸吊構件支撐建築物。基礎採用樁基礎以及抗沖刷的板式基礎。

對 1 層的層高設定超過設計淹水深度，如果超過了 1 層，2 層以上也可與 1 層同樣發揮作用，所以可應對各種海嘯浪高。此外，牆壁的開口部位設置防水門等，具備向上層的避難通道以及避難所的功能，是能夠保護生命和建築免遭海嘯危害的“海嘯對策大樓”。

照片 1：外觀透視圖

圖 1：結構模型

圖 2：斷面圖

圖 3：平面圖

（第 16 頁）

### 海嘯避難大樓等的結構設計方法

鹿島建設 館野 公一

2011 年 3 月 11 日發生了東北部太平洋近海地震，對東北及關東地區造成了巨大損失。遇難及下落不明者約達 2 萬人，10 萬多座房屋全損或被沖走，其大部分是被海嘯破壞的。

在海嘯到達之前難以到高地避難的地區，作為緊急避難場所要求指定“海嘯避難大樓”，為此，必須確認針對海嘯的結構安全性。

國土交通省作為 2011 年度建築基準整建促進專案，根據東日本大地震受災區域的受災調查結果分析，對設計用海嘯負荷提出了具體方案，將其成果向與海嘯避難大樓等結構條件有關的暫行方針（國土交通省 2011 年 11 月 17 日）反映。本文將概要介紹暫行方針提出的海嘯避難大樓等的結構設計方法。

#### 海嘯避難大樓等的結構設計方法

以下按照海嘯避難大樓的結構設計流程依次說明。

##### ◆適用範圍的確認

首先，確認屬於適用範圍的建築物。作為海嘯

避難大樓的條件，對於新建應具備符合建築基準法的抗震性，對於現有建築物應符合抗震診斷基準。

#### ◆海嘯波力的計算

其次是計算海嘯波力。暫行方針提出的海嘯波壓如圖 1 所示。設計淹水深度  $h$  的海嘯衝擊建築物時產生的波壓相當於設計淹水深度  $h$  的  $a$  倍深度的靜水壓。這是參考朝倉等的水力模型實驗結果設定的公式，根據東日本大地震的受災調查結果，明確了不同的地點條件的受災程度存在差異。對此在暫行方針中作為“水深係數  $a$ ”採用，如果在建築物與海岸之間沒有可預期降低海嘯效果的遮擋物體，該地區設定為 3.0，對於有遮擋物體的地區，在距離海岸線 500m 的範圍設定為 2.0，更近的地區設定為 1.5。

#### ◆浮力的計算

照片 1 是位於觀測到 15m 淹水深度的女川町的旅館（3 層 RC 結構），在距離原先建設地點約 70m 的位置翻倒。我們認為是由於海嘯造成的水準力和急劇的水位上升產生的浮力、以及液態化導致的被沖走和翻倒。為了防止這種損害，需要妥善考慮浮力進行結構設計。

#### ◆結構構架的設計以及滑動和翻倒的討論

進行結構構架的設計時，檢查建築物的水準承载力應大於海嘯負荷。根據海嘯負荷的波壓分佈，通過負荷增量分析求出水準承载力，並且也同時考慮浮力。另外，針對海嘯負荷進行基礎的設計，防止發生滑動和翻倒，有時需要打樁。此外，對於照片 2 的因沖刷導致的傾斜、以及照片 3 的漂流物也需要考慮應對措施。

#### 合作研究的推進

本文概要介紹了海嘯避難大樓等的結構設計方法。相關的說明資料以及設計實例已在建築防災協會的網站上公佈，有關詳細內容，請參照該網站。今後，作為建築基準整建促進項目，本公司計畫與東京大學生產技術研究所開展合作研究，通過水力

模型實驗和類比等驗證開口對降低海嘯波力的效果以及浮力發生的機理等，討論設計用海嘯負荷的合理化。

圖 1：海嘯的波壓

照片 1：翻倒、沖走的建築物

照片 2：傾斜的建築物

照片 3：漂流的船舶



#### JSSC 的活動和國際會議

（第 17 頁）

#### 環太平洋鋼結構會議（PSSC2013）

環太平洋鋼結構會議（PSSC）是由美國、澳大利亞、加拿大、中國、智利、日本、韓國、墨西哥、新西蘭以及新加坡共 10 個國家的鋼結構協會主辦的國際會議。第 1 屆會議於 1983 年在新西蘭召開，此後每隔 3 年由成員國輪執主辦，本次是第 10 屆會議，10 月 9 日至 11 日，在新加坡的聖淘沙島舉行了為期 3 天的會議（照片 -1、2）。

除了 10 個成員國之外，來自歐洲、印度以及南非等世界各地的約 300 名各界人士出席了會議。會議的首日發表了 13 篇主旨演講（表 -1），來自日本的京都大學防災研究所所長中島正愛教授發表了演講。主旨報告的主要內容包括進展性坍塌、歐洲鋼結構規範等各國的最新建設事例。

會議的第 2 天和第 3 天，分 4 個部分進行了合計 207 篇論文發表和活躍的討論。日本發表了 48 篇論文，僅次於中國發表的 60 篇，這兩個國家合計發表的論文約占總體的半數（圖 -1）。關於論文的分類，有關抗震的內容為 40 篇，占總體的 20%。在其他方面，有關設計、新技術以及連接部位等的發表內容較為突出（圖 -2）。

關於計畫於 3 年後的 2016 年舉辦的下一屆 PSSC，決定由中國舉辦，這是中國繼上次於 2010 年舉辦後的第 3 次舉辦，鮮明地展現了以鋼結構為首的中國建設產業的蓬勃發展。

照片：PSSC 的狀況

表 1：主旨演講一覽表

圖 1：各國發表的論文篇數

圖 2：發表論文的分類

(第 18 頁)

## JSSC 鋼結構研討會 2013

為了使各事業委員會的活動成果建立綜合、有機的聯繫，向會員以及鋼結構相關單位提供交流的機會，從 2004 年開始，日本鋼結構協會每年舉辦“鋼結構研討會”，今年於 11 月 14 日～15 日舉行。

今年會議進行的內容如議程所示，並且通過展覽介紹了業績表彰專案。

本次研討會為期兩天，約有 800 多人參加，成為與鋼結構相關的研究人員以及技術人員相互交流和收集資訊的重要機會。

圖：鋼結構研討會的會議議程

照片：鋼結構研討會的相關活動



(封底)

## 國際委員會委員長的致辭

日本鋼結構協會國際委員會委員長 杉山 俊幸

(山梨大學研究生院 教授)

從 2009 年的第 26 期開始，社團法人日本鋼結構協會 (JSSC) 國際委員會籌畫了每年發行 1 次會刊。鋼結構協會自成立以來開展有關鋼結構的調查

研究和技術開發，致力於推進鋼結構的普及和技術改進，並且向國際組織的活動提供協助。

此外，隨著 2010 年度與不銹鋼建築結構協會合併，除了碳鋼之外，還將內容的範疇擴展到了耐腐蝕性能優異的不銹鋼領域，我們將進一步擴展全球化交流。

與上次同樣，本期首先介紹了由鋼結構協會評選的業績獎和論文獎，然後介紹了有關由環太平洋 10 國參加的鋼結構會議 PSSC 的 JSSC 研討會報告等活動。

另外，作為本期專輯，我們根據面向日本國內的第 13 期 JSSC 期刊歸納的內容，吸取發生於 2011 年 3 月 11 日、以東日本為中心的特大地震和海嘯造成災害的東日本大地震的教訓，設定了“針對特大海嘯的措施～構建放心、安全的社會～”的內容。

為了實現標準類與國際化接軌，國際委員會積極開展與海外相關團體進行技術資訊交流和人員交流。作為其中的一環，雖然本刊每年發行 1 次，但是我們力求通過本刊介紹協會的活動、以及日本的建設動向、計畫、設計和與建設相關的技術及技術開發資訊，今後仍將積極開展這方面的交流。

有關本期的內容，如果各位讀者需要獲取更詳細的資料，請與本刊事務局衫穀 ([h.sugitani@jssc.or.jp](mailto:h.sugitani@jssc.or.jp)) 洽詢。

照片：業績獎獲獎專案