

STEEL CONSTRUCTION TODAY & TOMORROW

(No. 57 Agustus 2019)

Publikasi Bersama Federasi Besi dan Baja Jepang dan
Masyarakat Konstruksi Baja Jepang

Versi Bahasa Indonesia

Versi Bahasa Inggris *Steel Construction Today & Tomorrow* diterbitkan tiga kali dalam setahun dan disirkulasikan ke seluruh dunia kepada para eksekutif, perusahaan perdagangan industri, dan organisasi administratif yang berminat. Tujuan utama publikasi ini adalah memperkenalkan standar dan spesifikasi mengenai konstruksi baja, contoh-contoh proyek konstruksi mutakhir, teknologi dan material konstruksi mutakhir dan lainnya di bidang konstruksi bangunan dan keteknik-sipil. Agar pembaca Indonesia dapat memahami artikel yang ada, disiapkan versi Bahasa Indonesia yang berisi teks saja, dan dilampirkan pada versi Bahasa Inggris. Terkait foto, ilustrasi dan tabel, pada halaman terakhir tiap artikel dilampirkan versi Bahasa Inggrisnya.

Juga, bila dibutuhkan konfirmasi teknis ataupun rincian yang lebih teknis dari sebuah teks, silakan merujuk ke publikasi versi Bahasa Inggris.

No. 57 Agustus 2019: Isi

Artikel Fitur: Tren Teknologi Terkini pada Struktur Pelabuhan

Garis Besar Revisi Standar Teknis dan Komentar untuk Fasilitas Pelabuhan di Jepang _____ 1

Pemeliharaan Infrastruktur, Renovasi dan Manajemen—Penelitian dan Pengembangan Program Pemerintah di Jepang _____ 5

Pemeliharaan, Renovasi dan Manajemen

Infrastruktur—Pengembangan Sistem Manajemen

Life-cycle untuk Fasilitas Pelabuhan: Kerangka Kerja Terintegrasi dari Inspeksi ke Penilaian _____ 7

Studi Pendahuluan Tiang Pancang Pipa Baja untuk Fondasi Tiang Pancang di Asia Tenggara _____ 9

Penilaian Durabilitas Jangka Panjang dari Berbagai Material Konstruksi Logam dengan Uji Eksposur di Okinotorishima dan Teluk Suruga _____ 12

Topik Khusus

Proposal Kondusif untuk “Membangun Ketahanan Nasional” Menggunakan Struktur Baja _____ 15

Penyampaian Perkuliahan di Forum SEAISI _____
Sampul Belakang

Nomor halaman mengacu pada versi Bahasa Inggris terbitan No. 57.

Versi Indonesia: ©Federasi Besi dan Baja Jepang 2019

Federasi Besi dan Baja Jepang

3-2-10 Nihonbashi-Kayabacho, Chuo-ku, Tokyo

103-0025, Jepang

Fax: 81-3-3667-0245 Telpon: 81-3-3669-4815

Alamat surat: sunpou@jisf.or.jp

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

Artikel Fitur

Tren Teknologi Terkini pada Struktur Pelabuhan

(Halaman 1~4)

Tren Teknologi Terkini pada Struktur Pelabuhan (1)

Garis Besar Revisi Standar Teknis dan Penjelasan untuk Fasilitas Pelabuhan di Jepang

Oleh Masafumi Miyata, Kementerian Pertanahan, Infrastruktur, Transportasi dan Pariwisata (Adjunct Professor, Sekolah Pascasarjana Manajemen, Kyoto University), dan Takashi Niimura, Kementerian Pertanahan, Infrastruktur, Transportasi dan Pariwisata

Pendahuluan

Standar Teknis dan Penjelasan untuk Fasilitas Pelabuhan di Jepang (selanjutnya disebut “*Standar Teknis*”) dianggap sebagai “Alkitab” untuk desain pemecah gelombang dan fasilitas pelabuhan lainnya di Jepang. Pada bulan May 2018, standar tersebut direvisi secara keseluruhan (selanjutnya disebut “TSCPHF2018”) untuk pertama kali selama 10 tahun. Garis besar *Standar Teknis* dan berikut revisinya diperkenalkan dalam dua bagian berikut:

- Garis besar *Standar Teknis*; evaluasi TSCPHF2018; dan publikasi *Standar Teknis* versi Bahasa Jepang/Bahasa Inggris
- Revisi utama pada TSCPHF2018

Garis besar Standar Teknis, Evaluasi TSCPHF2018 dan versi Bahasa Jepang/ Bahasa Inggris

• Garis besar *Standar Teknis*

Undang-Undang Pelabuhan (Artikel 56-2-2) di Jepang menetapkan bahwa “infrastruktur saluran air, instalasi pelabuhan pelindung, fasilitas tambat (mooring), dan infrastruktur pelabuhan lainnya yang ditentukan oleh pesanan kabinet (selanjutnya disebut “infrastruktur pelabuhan” sesuai dengan *Standar Teknis*) harus dibangun, diperbaiki, dan dirawat untuk memenuhi *Standar Teknis*”

Konten dari *Standar Teknis* ditetapkan oleh Peraturan Menteri dan pemberitahuan publik terkait untuk menetapkan *Standar Teknis*. Konten yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri terdiri dari alasan mengapa fasilitas diperlukan (tujuan) dan kinerja yang

harus ditunjukkan oleh fasilitas (persyaratan kinerja). Isi dari pemberitahuan publik adalah ketentuan yang secara konkret menggambarkan persyaratan kinerja (ketentuan kinerja). (Lihat Gbr. 1). Selanjutnya, *Standar Teknis* memberikan kriteria interpretasi untuk Peraturan Menteri dan pemberitahuan publik menggunakan pemberitahuan resmi dan menggambarkan sebagai tindakan referensi yang mengkonfirmasi apakah fasilitas tersebut memenuhi ketentuan kinerja atau tidak (verifikasi kerja).

Standar Teknis sebelum direvisi menetapkan bahwa hanya kinerja yang ditunjukkan oleh infrastruktur pelabuhan yang mengacu pada *Standar Teknis* dan merupakan kerangka kerja yang tidak menetapkan proses dari desain menjadi hasil desain. Dalam kerangka *Standar Teknis* yang ditentukan oleh kinerja teknis ini, hanya tujuan, persyaratan kinerja, dan ketentuan kinerja yang harus diamati, sementara metode verifikasi kerja adalah opsional, dan oleh karena itu hal ini menjadi mungkin bagi para desainer untuk memperkenalkan berbagai metode desain berdasarkan pertimbangan mereka sendiri.

Gbr. 1 Struktur Hukum *Standar Teknis dan Komentar untuk Fasilitas Pelabuhan*

• Evaluasi TSCPHF2018

TSCPHF2018 adalah dokumen teknis (total 2,218 halaman) yang diawasi oleh Biro Pelabuhan dari Kementerian Pertanahan, Infrastruktur, Transportasi dan Pariwisata. Garis besar dari konten tersebut ditunjukkan pada Tabel 1.

Di dalam TSCPHF2018, ketentuan *Standar Teknis*, “interpretasi” dan “komentar” diterbitkan. “Interpretasi” menunjukkan konsep praktis yang harus dipertimbangkan dengan baik pada tahap penerapan praktis dari *Standar Teknis* dan kontennya yang sangat direkomendasikan di dalam penerapan (konten yang akan diamati dalam hal organisasi nasional) dibahas. Selain itu, di dalam “komentar”, dua hal diterbitkan—informasi teknis yang berfungsi sebagai referensi pada tahap pelaksanaan konstruksi, peningkatan atau pemeliharaan fasilitas mengacu pada *Standar Teknis*, dan contoh metode desain yang mana dianggap standar pada tahap tersebut. Akan tetapi, dikarenakan sesi “komentar” merupakan opsional, itu memungkinkan desainer untuk mengadopsi metode desain lain berdasarkan penilaian mereka sendiri.

Tabel 1 Garis Besar Konten Standar Teknis dan Komentar untuk Fasilitas Pelabuhan di Jepang (Direvisi pada tahun 2018)

• **Publikasi *Standar Teknis* Versi Bahasa Jepang/Bahasa Inggris**

Tabel 2 menunjukkan publikasi terkini dari *Standar Teknis* versi Bahasa Jepang/Bahasa Inggris. Versi Bahasa Jepang pertama dikeluarkan pada tahun 1979, dan sejak saat itu versi revisi dikeluarkan kurang lebih setiap 10 tahun. Versi Bahasa Inggris dikeluarkan setiap dua tahun setelah publikasi dari setiap versi Bahasa Jepang.

Versi Bahasa Inggris sejauh ini telah digunakan pada desain banyak fasilitas pelabuhan yang dibangun menggunakan Bantuan Pembangunan Resmi Jepang (ODA). Dikarenakan TSCPHF2018 versi Bahasa Inggris akan tersedia gratis dari situs web penerbit, pembaca yang tertarik sangat direkomendasikan untuk mengacu pada hal tersebut. TSCPHF2018 versi Bahasa Inggris dijadwalkan untuk dipublikasikan pada bulan Maret 2020.

Tabel 2 Sejarah *Standar Teknis* (Versi Bahasa Jepang dan Versi Bahasa Inggris)

Garis Besar Revisi Utama *Standar Teknis* 2018

• **Konten Revisi yang berkaitan dengan Penguatan Daya Saing Internasional**

Dalam rangka untuk meningkatkan efisiensi transportasi laut, ketentuan terkait dimensi kapal diperbaharui sehingga mengikuti tren menuju peningkatan ukuran wadah penampung dan kapal pesiar, dan, sesuai dengan tren tersebut, revisi juga dibuat berkaitan dengan peralatan tambahan untuk fasilitas tambatan seperti tiang tambat dan bahan fender. Revisi tersebut memungkinkan respons terhadap dimensi kapal dari kapal kontainer dengan kapasitas muatan sebesar 220,000 TEU atau lebih dan kapal pesiar dengan kapasitas muatan adalah 220,000 GT atau lebih pada saat operasi dan sedang dalam perbaikan. Selanjutnya, untuk memperkirakan skala area tambatan, rentang deskripsi diperbesar sehingga analisis trek yang diterapkan AIS dapat digunakan sebagai referensi dalam tambatan.

Selanjutnya, rentang deskripsi diperbesar berkaitan dengan langkah untuk mencegah crane rusak yang disebabkan oleh angin dan kecelekaan yang terjadi selama kapal menambat atau pergi. Diharapkan revisi ini tidak hanya akan mendorong penerimaan

kapal-kapal berukuran besar tetapi juga menjamin keselamatan dan meningkatkan efisiensi operasi bongkar/muat dan berkontribusi untuk memperkuat dan mengamankan persaingan internasional industri Jepang.

Selain itu, dalam revisi terakhir, peralatan bongkar/muat yang bergerak ditambahkan pada infrastruktur kapal mengikuti *Standar Teknis*, dan berbagai tindakan digabungkan berkaitan dengan persyaratan kinerja, ketentuan kinerja, dan pencegahan bahaya yang diperlukan untuk menjamin fungsi pelabuhan aman dan efisien (Gbr. 2). Diantara peralatan bongkar/muat yang bergerak yang disebutkan disini adalah *rubber-tired gantry cranes* (RTG), *automated guided cargo vehicles* (AGV) dan *straddle carriers*.

Gbr. 2 Gambar Pengoperasian Mesin Bongkar Muat yang Bergerak

• **Isi revisi yang berkaitan dengan Pemeliharaan dan Penanggulangan dana Pensiun**

Pada saat dana pensiun berkelanjutan infrastruktur sosial dibangun setelah masa pertumbuhan ekonomi yang tinggi, item pemeliharaan yang pertimbangannya harus dibuat pada tahap desain dijelaskan, seperti pemasangan lubang inspeksi dan catwalk (Gbr. 3) yang kondusif untuk memelihara fasilitas pelabuhan secara akurat. Lebih lanjut, berbagai tindakan yang memperpanjang masa pakai dengan pengenalan material struktur yang memiliki durabilitas dan kinerja tinggi dan itu memperkenalkan konstruksi sementara berskala besar yang kondusif untuk mengamankan keselamatan dalam pembangunan fasilitas. Selanjutnya, penerapan teknologi informasi dan komunikasi (ICT) dan data tiga dimensi/three-dimensional data pada proses serial dari desain dan konstruksi sampai pemeliharaan dipromosikan. Untuk tujuan ini, sistem standar teknis yang baru diformulasikan yang bertujuan untuk memperkuat hubungan kolaboratif antara desain, konstruksi dan pemeliharaan dan sesuai untuk umur pemeliharaan.

Gbr. 3 Contoh Desain dengan Mempertimbangkan Pemeliharaan (Inspeksi Jembatan/Catwalk diterapkan pada Demarga tipe Jacket)

• **Konten Revisi berkaitan dengan Metode Desain**

Pada situasi dimana populasi bekerja diperkirakan menurun, bagaimana meningkatkan produktivitas di

tempat adalah masalah yang mendesak, dan karenanya ide-ide tertentu yang dilibatkan pada peningkatan produktivitas dijelaskan secara keseluruhan pada *Standar Teknis*. Dalam hal ini, metode desain berdasarkan reliabilitas (metode desain faktor parsial) digabungkan pada TSCPHF2007. Sejak diperkenalkan, sementara desain dan pendekatan lain mencapai kemajuan, metode desain berbasis reliabilitas memberikan satu keprihatinan—pekerjaan desain menjadi lebih kompleks. Untuk mengatasi situasi seperti itu, metode desain faktor parsial diperiksa ulang pada revisi saat ini.

Secara khusus, revisi telah dibuat dari metode desain faktor parsial yang ada berdasarkan pada pendekatan faktor material dimana material dan parameter desain individu lainnya dikalikan dengan faktor parsial, menjadi metode desain faktor parsial berdasarkan beban dan pendekatan faktor ketahanan dimana material dan parameter desain individu lainnya dikalikan dengan faktor parsial yang masing-masing terintegrasi pada hal ketahanan dan pembebanan (Gbr. 4). Salah satu keunggulan penting yang dikutip untuk penggunaan metode desain faktor parsial berdasarkan pendekatan faktor beban dan ketahanan adalah bahwa desainer yang menangani perincian desain praktis dapat dengan mudah menggambarkan perilaku struktur yang paling mungkin hingga ke tahap akhir desain. Tujuan utama dari revisi metode desain faktor parsial saat ini adalah untuk meningkatkan efisiensi pekerjaan desain dan untuk menciptakan lingkungan yang mendorong pengenalan lebih lanjut terkait ide-ide bebas dan teknologi baru. Silakan lihat referensi untuk detail revisi pada pendekatan desain faktor beban.

Sementara itu, dalam analisis reliabilitas, Simulasi Monter Carlo/Monter Carlo Simulation (MCS) diterapkan sebagai pengganti metode reliabilitas tingkat pertama yang konvensional (FORM). Hal ini dikarenakan pengenalan analisis reliabilitas melalui MCS menawarkan banyak keuntungan: Penggabungan yang mudah dari distribusi probabilitas opsional, respons yang mudah terhadap berbagai masalah yang terlibat pada nonlinear yang kuat, dan kemungkinan untuk menciptakan lingkungan dimana desain berdasarkan reliabilitas tahap 3 dapat dengan mudah diterapkan selama kursus peningkatan desain tipe struktur baru atau fasilitas yang sudah ada. Sebagai tambahan untuk keunggulan ini, MCS dinilai sebagai sarana yang memiliki ekstensibilitas yang besar di masa mendatang.

Dalam perhitungan faktor parsial, hasil MCS juga

diterapkan. Dengan hasil MCS, faktor parsial dapat dengan mudah dihitung dengan menerapkan hubungan posisi antara nilai karakteristik (nilai yang berhubungan dengan gaya resultan masing-masing dari item pembebanan dan item ketahanan) dan titik desain (titik dimana keruntuhan paling sering terjadi) dan kemudian membagi ordinat titik desain dengan koordinat nilai karakteristik (Gbr. 5).

Gbr. 4 Perbedaan antara Pendekatan Faktor Material dan Pendekatan Faktor Pembebanan dan Ketahanan
Gbr. 5 Evaluasi Probabilitas Keruntuhan, dan Hubungan antara Titik Desain dan Nilai Karakteristik yang diaplikasikan pada Faktor Parsial Penyelesaian

Konten Revisi yang Berkaitan dengan Pencegahan Bencana dan Mitigasi

Untuk mempersiapkan bencana skala besar seperti Nankai Trough dan gempa bumi Tokyo yang diperkirakan terjadi pada waktu dekat dan berdasarkan pengetahuan dan pelajaran baru yang didapatkan dari Gempa Bumi besar Jepang Timur (Great East Japan Earthquake) pada Maret 2011, ruang lingkup deskripsi tentang pencegahan bencana dan tindakan mitigasi untuk mengurangi gempa bumi besar dan tsunami diperbesar.

Pada bidang desain seismik, kekuatan lentur tiang pipa baja yang digunakan untuk dermaga dikaji ulang. Akibatnya, desain yang memperhitungkan tiang pipa baja dapat dibuat pada tahap desain seismik untuk memberlakukan pergerakan seismik tingkat 2 (pergerakan seismik kelas terbesar). Ketika rasio diameter (D) dengan ketebalan dinding (t) meningkat, kekuatan lenturnya menjadi pendek dari momen plastik penuh yang diperoleh melalui perhitungan penampang. Lebih lanjut, ketika rasio gaya aksial meningkat, tren yang disebutkan di atas menjadi lebih jelas. Untuk itu, kinerja kekuatan lentur tiang pipa baja yang memperhitungkan efek ini diperkenalkan.

Pada desain praktis dari struktur tiang panjang pipa baja, rasio diameter terhadap ketebalan yang kecil (tiang tebal dinding tebal) diadopsi. Sebagai hasilnya, struktur pondasi tiang pancang yang sangat tahan terhadap gempa bumi dapat dirancang sehingga tidak menyebabkan penurunan kekuatan hingga kisaran kelengkungan terbesar dan pada saat yang sama juga dapat menghindari penurunan kekuatan lentur maksimum

Pada desain yang tahan terhadap tsunami, sangat perlu untuk memeriksa struktur pemecah gelombang

yang persisten. Untuk memenuhi persyaratan tersebut, kisaran deskripsi diperluas untuk mencakup metode yang menilai gaya gelombang tsunami, metode desain dimana struktur pelebaran pemecah gelombang dipasang pada bagian belakang pemecah gelombang dan pendekatan yang memperhitungkan penurunan daya dukung yang disebabkan oleh tsunami yang mengalir masuk pada fondasi pemecah gelombang (Gbr. 6). Penjelasan ini akan memungkinkan untuk mendorong tindakan pencegahan/mitigasi bencana yang efektif dan pada waktu yang bersamaan akan mengarah pada pengamanan keselamatan dan keamanan pada bagian dalam pelabuhan.

berkontribusi pada peningkatan produktivitas di lokasi dalam bidang desain, konstruksi, dan pemeliharaan.

Gbr. 6 Gambar Struktur Persisten pada Desain Tahan Tsunami

Konten Revisi yang berkaitan dengan Pertimbangan Lingkungan

Bertujuan untuk mencapai pembangunan berkelanjutan pada pelabuhan dan restorasi serta pelestarian lingkungan alami, ruang lingkup dari konten ini diperbesar—contoh praktis dari struktur tipe simbiosis makhluk hidup (fasilitas pelabuhan yang tidak hanya memiliki fungsi dasar untuk struktur pelabuhan, tetapi juga fungsi kehidupan bagi makhluk yang tinggal di daratan pasang surut dan karang pantai, (lihat Gbr. 7); teknologi resotasi alam untuk dataran pasang surut, beting dan hutan rumput laut; dan aplikasi material daur ulang yang ramah lingkungan.

Tujuan utama yang ditargetkan oleh revisi ini tidak hanya untuk memasukkan pertimbangan lingkungan ke dalam setiap fungsi pelabuhan tetapi juga untuk menciptakan lingkungan kawasan laut yang makmur dan tempat rekreasi dan relaksasi.

Gbr. 7 Contoh Tipe Struktur dari Struktur Pelabuhan tipe Simbiosis Makhluk Hidup

Konten Revisi yang berkaitan dengan Teknologi Survei

Ruang lingkup revisi diperbesar terutama berkaitan dengan teknologi survei—untuk contoh, klarifikasi hubungan antara survei dan hasil pengujian mengenai kondisi alam dan lingkungan yang diperlukan untuk desain dan penurunan kondisi desain. Secara khusus, konten teknologi terakhir dijelaskan, seperti teknologi batimetri petak yang terlibat dalam ICT yang baru-baru ini menunjukkan kemajuan penting. Tujuan utama yang ditetapkan pada revisi ini adalah untuk



Masafumi Miyata: After graduating from the Graduate School of Engineering of the Tokyo Institute of Technology in 1994, he worked at the Port and Airport Research Institute of the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (current name) and the Ministry's National Institute for Land and Infrastructure Management. He assumes his current position as Director, Port Research Department of the National Institute for Land and Infrastructure Management since 2012.



Takashi Niimura: After graduating from the Graduate School of Engineering of the Kobe University in 2003, he worked at the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism. He assumes his current position as Director for Technical Standards, Engineering Planning Division, Ports and Harbours Bureau of the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism since 2018.

Fig. 1 Legal Framework for *Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan*

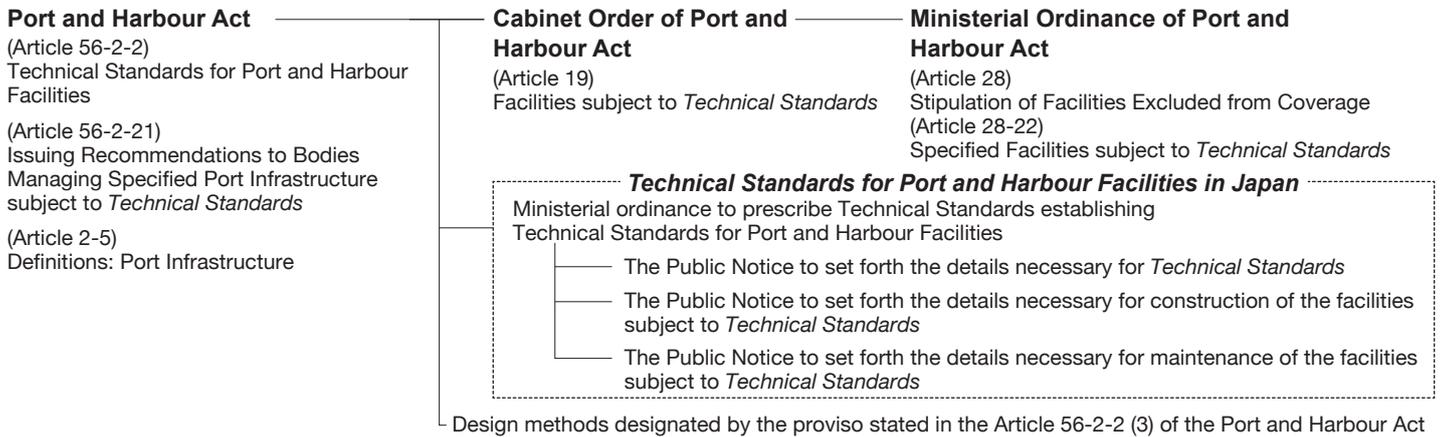


Table 1 Outline of Contents of *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan* (Revised in 2018)

Part I General	Chapter 3 Waterways and Basins
Chapter 1 General Rules	Chapter 4 Protective Facilities for Harbours
Chapter 2 Construction, Improvement, or Maintenance of Facilities Subject to the <i>Technical Standards</i>	Chapter 5 Mooring Facilities
Chapter 3 Environmental Considerations on Facilities Subject to the <i>Technical Standards</i>	Chapter 6 Port Transportation Facilities
	Chapter 7 Cargo Sorting Facilities
	Chapter 8 Storage Facilities
	Chapter 9 Facilities for Ship Service
	Chapter 10 Other Port Facilities
Part II Actions and Material Strength Requirements	Part IV Reference Technical Information
Chapter 1 General	[For Part I]
Chapter 2 Meteorology and Oceanography	Chapter 1 Major reference documents
Chapter 3 Geotechnical Conditions	Chapter 2 Reliability-Based Design
Chapter 4 Earthquakes	Chapter 3 Environmental Considerations
Chapter 5 Earth Pressure and Water Pressure	[For Part II]
Chapter 6 Ground Liquefaction	Chapter 1 Observations, Investigations and Tests
Chapter 7 Ground Subsidence	Chapter 2 Investigations and Tests after Large Earthquake with Tsunami Attack
Chapter 8 Ships	[For Part III]
Chapter 9 Environmental Actions	Chapter 1 Basic Information on Seismic Design
Chapter 10 Self Weight and Surcharge	Chapter 2 Dedicated Use Barthes
Chapter 11 Materials	Chapter 3 Planning Method of Port Transportation Facilities
Part III Facilities	Chapter 4 Tables and Charts for Design Calculations
Chapter 1 General	
Chapter 2 Items Common to Facilities Subject to the <i>Technical Standards</i>	

Table 2 History of TSCPWF (Japanese Version and English Version)

Japanese version		English version
Issue year	Pages	Issue year
1979	692	1980
1989	968	1991
1999	1,181	2002
2007	1,485	2009
2018	2,218	2020 (planned)

Fig. 3 Example of Design with Consideration to Maintenance Stage (Inspection Catwalk Applied in Jacket-type Wharf)



Installation of inspection catwalk from the design stage so as to allow for easy maintenance

Fig. 2 Image of Remote-control Operation of Movable Loading/Unloading Machinery



Fig. 4 Difference between Material Factor Approach and Load and Resistance Factor Approach

Cohesive strength C Weight W Surcharge q Shear resistance angle ϕ

$$\frac{\sum \left\{ \left[\gamma_c c'_k S + (\gamma_w W'_k + \gamma_q q_k) \cos^2 \theta \gamma_{\tan \phi'} \tan \phi'_k \right] \sec \theta \right\}}{\sum \left[(\gamma_w W_k + \gamma_q q_k) \sin \theta \right]} \geq 1.0$$

Former TSCPWF (2009) Partial factor method based on "material factor approach" where each material or individual design parameter is multiplied by the corresponding partial factor respectively

Shift to:

Revised TSCPWF (2018) Partial factor method based on "load and resistance factor approach" where each integrated value of various loads or resistance capacities is multiplied by the corresponding load factor or resistance factor respectively

(Integrated resistance term calculated by intact design parameters (characteristic values))

$$\gamma_R \sum \left\{ \left[c'_k S + (W'_k + q_k) \cos^2 \theta \tan \phi'_k \right] \sec \theta \right\} \geq 1.0$$

(Integrated load term calculated by intact design parameter (characteristic values))

$$\gamma_S \sum \left[(W_k + q_k) \sin \theta \right]$$

Fig. 5 Evaluation of Collapse Probability, and Relation between Design Point and Characteristic Value Applied in Settling Partial Factor

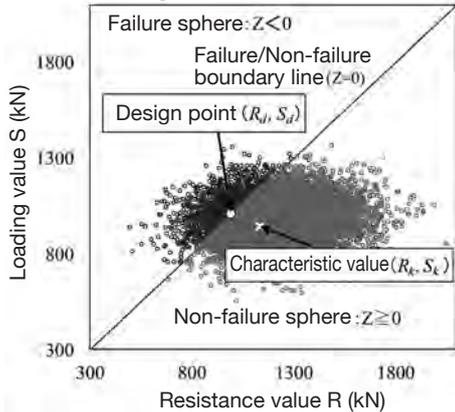


Fig. 6 Image of Persistent Breakwater in Tsunami-resistant Design

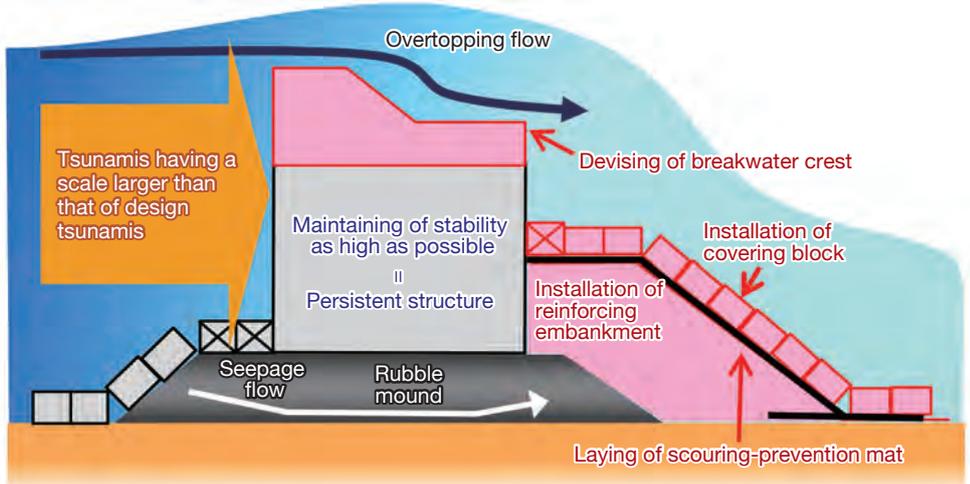
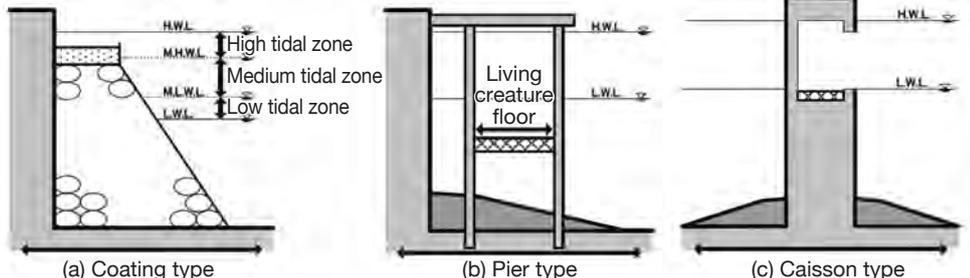


Fig. 7 Examples of Structural Types of Living Creature Symbiosis-type Port and Harbour Structures



(Halaman 5~6)

Tren Teknologi Terkini pada Struktur Pelabuhan (2)

Pemeliharaan, Renovasi dan Manajemen Infrastruktur—Penelitian dan Pengembangan Program Pemerintahan di Jepang

Oleh Yozo Fujino

Distinguished YNU Professor, Yokohama National University

Pendahuluan

Program Promosi Inovasi Strategis Lintas Departemen (SIP), dimana Dewan Sains, Teknologi dan Inovasi (CSTI) berperan sebagai *playmaker*, telah dibentuk untuk mewujudkan inovasi teknologi ilmiah. Sebagai program lintas kementerian dan lintas bidang, SIP akan bergerak maju dengan fokus pada penelitian dasar hingga komersialisasi/industrialisasi.

“Pemeliharaan, renovasi dan manajemen Infrastruktur (selanjutnya disingkat sebagai Infrastruktur SIP) adalah satu dari permasalahan yang saat ini menjadi fokus dari program tersebut. Infrastruktur teknik sipil, seperti jalan raya, jalur kereta api, pelabuhan dan bandara, mendukung kehidupan kita sehari-hari dan aktivitas sosial ekonomi. Banyak diantara hal tersebut, bagaimanapun, dibangun pada saat periode pertumbuhan ekonomi yang tinggi. Seiring bertambahnya usia, peningkatan pada pengeluaran pemeliharaan dan perbaikan, bersamaan dengan kemungkinan kecelakaan yang serius selama layanan, menjadi masalah sosial yang serius. Program ini bertujuan untuk mencegah kecelakaan dan mengurangi beban perawatan dengan membangun manajemen infrastruktur yang sistematis yang memanfaatkan teknologi informasi dan robotika paling canggih. .

Tidak seperti produk yang diproduksi secara massal, seperti kendaraan dan komputer, infrastruktur adalah produk tunggal yang dirancang, dibangun, dan diproduksi sendiri-sendiri. Kondisi awal infrastruktur sangat beragam bergantung pada waktu dan kondisi pada saat dibangun. Akibatnya, selain perbedaan lingkungan penggunaan, kecepatan kerusakan infrastruktur juga bervariasi. Beberapa infrastruktur yang sudah digunakan selama berpuluh tahun dapat menimbulkan resiko kecelakaan yang lebih tinggi akibat kerusakan. Untuk memungkinkan manajemen pemeliharaan infrastruktur yang efektif dan efisien dan untuk membangun sistem infrastruktur yang aman dan

terlindungi, oleh karena itu penting untuk memiliki teknologi yang dapat mendiagnosis dan mengambil tindakan secara tepat dengan memeriksa jumlah infrastruktur secara terpisah di lokasi masing-masing. Penting juga untuk meminimalkan bahaya dan risiko yang berkaitan dengan penanganan manual di tempat kerja.

Untuk manajemen infrastruktur yang dijalankan oleh pemerintahan daerah, pengurangan biaya juga merupakan sudut pandang yang penting. Saat ini, infrastruktur sedang dibangun di seluruh Asia; bagaimanapun, pemeliharaan menjadi masalah besar. “SIP infrastruktur” bertujuan untuk memperkenalkan teknologi canggih baru yang menarik ke dalam jajaran teknologi manajemen infrastruktur. Contoh spesifik meliputi sebagai berikut: dukungan dari atau penggantian dengan robot untuk inspeksi infrastruktur; deteksi kerusakan di tempat di dalam beton; inspeksi terowongan dan jembatan dengan sensor mobile yang tidak memerlukan kontrol lalu lintas; teknologi untuk mendeteksi kerusakan/deformasi tanggul sungai, bendungan, dan pelabuhan; teknologi estimasi deteriorisasi yang sangat akurat untuk beton; mengembangkan material reparasi yang sangat tahan lama; teknologi manajemen infrastruktur yang efektif menggunakan pemrosesan big data, dan kecerdasan buatan (*artificial intelligence*).

Stok infrastruktur Jepang diperkirakan lebih 800 triliun yen. Infrastruktur harus berfungsi selama beberapa abad. Tanggungjawab kita untuk masa depan adalah untuk menciptakan platform informasi infrastruktur dan meneruskan infrastruktur yang dapat digunakan dengan aman dengan beban pemeliharaan minimum kepada generasi mendatang. Tujuan “Infrastruktur SIP” adalah untuk membangun sistem dan kita akan bekerja keras untuk mencapai hal tersebut.

Garis Besar

Di Jepang, di tengah penuaan infrastruktur, risiko yang muncul dari kecelakaan serius seperti kecelakaan terowongan Sasago pada tahun 2012 dan peningkatan pengeluaran pemeliharaan dan perbaikan adalah topik yang menjadi perhatian. Manajemen infrastruktur yang sistematis memanfaatkan teknologi baru sangat penting baik untuk mencegah kecelakaan berdasarkan pada sistem pemeliharaan preventif dan meminimalkan biaya siklus hidup infrastruktur dalam kondisi keuangan yang ketat dan penurunan jumlah insinyur yang terampil. Khususnya, teknologi yang

memanfaatkan ICRT paling canggih di dunia diharapkan untuk menciptakan peluang bisnis baru pada pasar pemeliharaan infrastruktur yang ada dan untuk menawarkan peluang ekspansi bisnis ke negara-negara di Asia yang menghadapi masalah serupa.

Untuk mencapai hal ini, kita akan meningkatkan standar pemeliharaan dengan menggunakan pemeliharaan preventif berbiaya rendah sementara menekankan perlunya untuk mencocokkan kebutuhan pemeliharaan infrastruktur dengan pengembangan teknis, dan mengembangkan teknologi baru menjadi teknologi yang lebih menarik yang dapat digunakan secara langsung di lapangan. Dengan mencapai hal ini, kita bermaksud untuk berkontribusi pada revitalisasi regional, serta menjaga infrastruktur internal yang penting dengan standar tinggi sambil mendukung berbagai aktivitas ekonomi regional. Selain itu, kami akan menciptakan pasar pemeliharaan yang menarik dan berkelanjutan dan membangun basis untuk ekspansi ke luar negeri berdasarkan pada contoh regional yang telah sukses.

Gbr. 1 Penelitian dan Pengembangan SIP untuk Teknologi Pemeliharaan, Renovasi, dan Manajemen

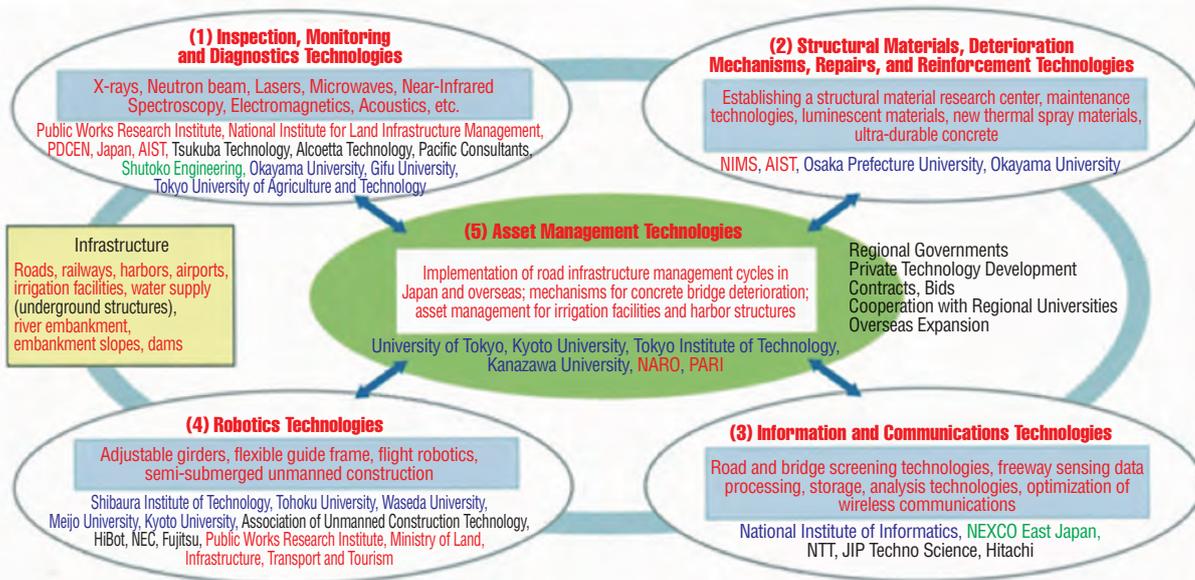
(Catatan: Dikarenakan penulis sedang melakukan pemeriksaan ulang pada sebagian teks, maka disarankan bagi pembaca untuk merujuk pada versi Bahasa Inggris untuk konten akhir.)



Yojo Fujino: After receiving the Ph. D from the University of Waterloo, Canada, he became Assoc. Professor in 1982 and Professor in 1990 of the Faculty of Engineering, the University of Tokyo. He assumed his current position as Distinguished YNU Professor of the Institute of Advanced Science, Yokohama National University in 2014. He received the Japan Academy Prize in 2019. He serves as the Program Director of the Cross-Ministerial Strategic Innovation Promotion Program (SIP) of the Cabinet Office.



Fig. 2 SIP Research and Development for Infrastructure Maintenance, Renovation, and Management Technologies



*Infrastructure Operations and Management Overview (participating organizations as of November 13, 2014)

Fig. 3 Drones Being Developed in SIP for Inspection of Bridge Girders and Piers

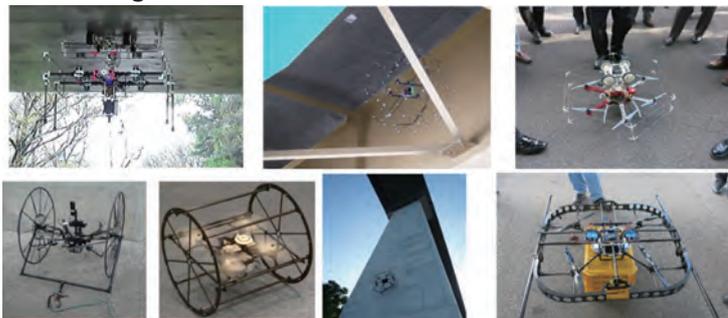
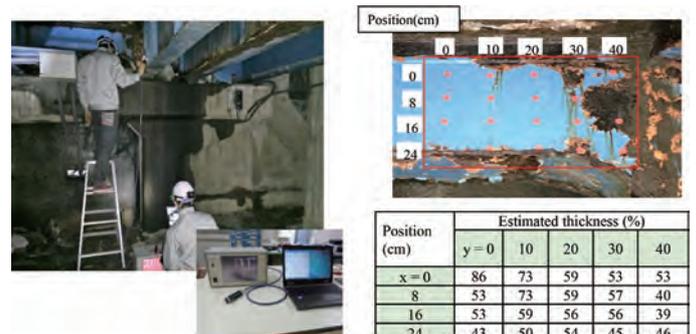


Fig. 4 Bridge Corrosion Investigation Using ELECT



(Halaman 7~8)

Tren Teknologi Terkini pada Struktur Pelabuhan (3)

Manajemen, Renovasi dan Pemeliharaan Infrastruktur SIP—Pengembangan Sistem Manajemen *Life-Cycle* untuk Fasilitas Pelabuhan: Kerangka Terintegrasi dari Inspeksi ke Penilaian—

Oleh Ema Kato

Institut Penelitian Pelabuhan dan Bandara

SIP (Program Promosi Inovasi Strategis Lintas Departemen) dan Sistem LCM untuk Fasilitas Pelabuhan

Untuk mewujudkan pemeliharaan strategis fasilitas pelabuhan, penulis sedang melanjutkan pemeriksaan yang bertujuan untuk membangun sistem *life-cycle management* (LCM) untuk fasilitas yang ditunjukkan pada Gbr. 1 dan meningkatkan teknologi dasar yang terlibat di dalamnya. Sistem LCM memiliki dua tujuan utama: implementasi yang pasti terkait pekerjaan kolaborasi antara masing-masing tahap perencanaan, desain, konstruksi, pemeliharaan, demolisi dan pembaruan fasilitas pelabuhan; dan peningkatan teknologi dasar seperti untuk inspeksi, diagnosis, prediksi, penilaian dan penanggulangan dalam tahap pemeliharaan fasilitas pelabuhan.

Penulis terlibat dalam mempromosikan proyek penelitian pada FY2014~2018 berjudul “Pengembangan sistem *life-cycle management* untuk fasilitas pelabuhan: Kerangka kerja terintegrasi dari inspeksi sampai penilaian” untuk memeriksa teknologi inspeksi dan diagnosis serta pendekatan manajemen aset yang ditargetkan untuk dermaga. Dari hasil yang diperoleh pada proyek penelitian ini, dua teknologi diperkenalkan sebagai berikut—sensor PTC, sensor pemantauan yang ditargetkan pada perlindungan korosi lapisan petrolatum yang diterapkan pada struktur baja pelabuhan, dan SAMSWING, sistem inspeksi yang dapat memungkinkan pemantauan jarak jauh dari sensor.

Gbr. 1 Sistem *Life-Cycle Management* untuk Fasilitas Pelabuhan

Sensor (Nakabohtec Corrosion Protecting Co., Ltd.)

Inspeksi dan diagnosis untuk perlindungan korosi lapisan petrolatum masih bergantung pada pengamatan

visual dari tutup pelindung dan material untuk memperbaiki tutup pelindung pada substruktur baja. Ketika deformasi diamati pada bagian ini, permukaan baja diamati secara langsung setelah melepas sebagian pelindung korosi. Dalam penelitian ini, suatu pendekatan telah dikembangkan yang secara kuantitatif menilai kinerja perlindungan korosi lapisan petrolatum menggunakan sensor PTC. Selain itu, ambang pemeliharaan (arus kumulatif 0.018 A·hr) diusulkan untuk menilai penurunan kinerja perlindungan korosi (Lihat Gbr. 2)

Gbr. 2 Garis Besar Sensor PTC

SAMSWING (Perusahaan Toa)

SAMSWING (sensor-aided maintenance system with information technology/Sistem pemeliharaan berbantuan sensor dengan teknologi informasi) adalah sistem pemeliharaan yang membuka data sensor kepada pengguna (organ konstruksi dan administrasi pelabuhan, insinyur profesional) pada situs web. Ini dikembangkan oleh Perusahaan Toa pada tahun 2004. SAMSWING memiliki dua fitur dalam hal kinerja: kinerja yang secara otomatis mengirimkan peringatan kepada pengguna ketika sensor mendeteksi kelainan, dan kinerja yang menunjukkan dengan mengomentari situs web hasil penilaian abnormal yang dibuat oleh insinyur profesional dan penanggulangan yang akan diambil.

Dalam penelitian ini, sistem SAMSWING yang ada telah diperbaiki untuk memungkinkan penerapan sistem yang ditingkatkan pada empat jenis sensor yang menilai daya tahan beton bertulang (reinforced concrete), dua jenis sensor yang mengkonfirmasi kondisi perlindungan korosi pada tiang pipa baja (satu dari dua sensor adalah sensor PTC yang disebutkan di atas) dan sensor pengukur lingkungan (suhu, kelembaban, tinggi dan kecepatan gelombang, dll). (Lihat Gbr. 3)

Gbr. 3 Garis Besar SAMSWING

Promosi Teknologi Inspeksi yang Ditingkatkan

Untuk menyebar dan membangun secara tegas teknologi inspeksi yang ditingkatkan, penting untuk mengkonsolidasikan dasar yang memperkenalkan teknologi-teknologi ini sementara pada waktu bersamaan mempertimbangkan fitur-fitur sistem pemeliharaan yang berlaku untuk fasilitas pelabuhan. Untuk itu, kita berupaya untuk merefleksikan teknologi

inspeksi ini pada *Pedoman Inspeksi dan Diagnosis Fasilitas Pelabuhan* (Direvisi sebagian pada Juli 2018) dan pedoman pemeliharaan lainnya diterbitkan dan diawasi oleh Biro Pelabuhan dari Kementerian Pertanahan, Infrastruktur, Transportasi dan Pariwisata. Upaya tambahan yang sedang dipromosikan adalah menyebar teknologi yang dikembangkan ini pada kursus pelatihan nasional dan pertemuan perkuliahan untuk staf di bawah kendali langsung Kementerian dan untuk administrator pelabuhan.

Sementara itu, pedoman pemeliharaan yang disebutkan diatas telah dipersiapkan dengan mengasumsikan penerapannya pada fasilitas pelabuhan pada layanan pada area yang lebih luas di Jepang. Mereka hanya menunjukkan rencana pemeliharaan standar yang diperlukan untuk menjaga kinerja setiap fasilitas dan standar teknologi berkaitan dengan tindakan inspeksi, diagnosis dan pemeliharaan.

Untuk pemeliharaan praktis dari fasilitas pelabuhan, perlu rencana pemeliharaan dikerjakan dengan memperhitungkan rencana layanan, kondisi lokasi, material struktur yang diterapkan dan kondisi konstruksi yang khas untuk masing-masing fasilitas, dan rencana kerja yang terus diimplementasikan. Dalam implementasinya, semakin sedikit biaya dan pekerja, semakin lebih baik. Untuk mencapai tujuan-tujuan ini, sangat penting untuk mengimplementasikan pekerjaan kolaboratif antara masing-masing tahap perencanaan, desain, konstruksi dan pemeliharaan fasilitas pelabuhan yang akan dibangun di masa depan.

Emi Kato: After graduating from the School of Engineering of the Tokyo Institute of Technology in 1997 and receiving the degree of Ph. D from the University of Tokyo in 2002, she entered the Port and Airport Research Institute (PARI). She served as chief researcher at PARI's Life Cycle Management Research Center in 2007 and assumed her current position as group leader at PARI's Structural Engineering Department in 2013. Her specialization is concrete engineering.

Fig. 1 Life-Cycle Management System for Port and Harbor Facilities¹⁾

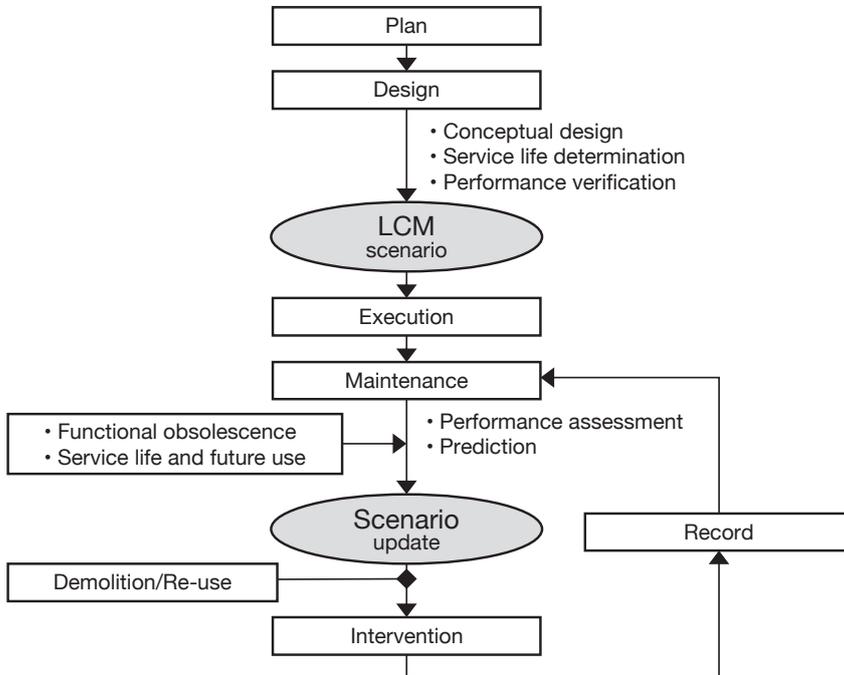


Fig. 2 PTC Sensor and Petrolatum Lining System

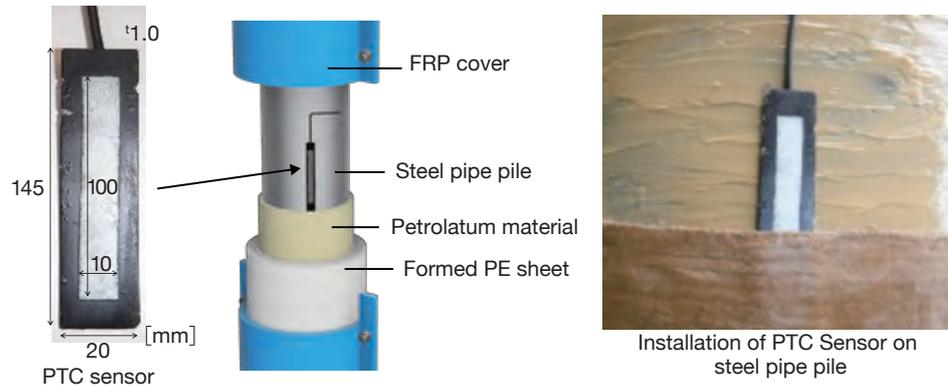
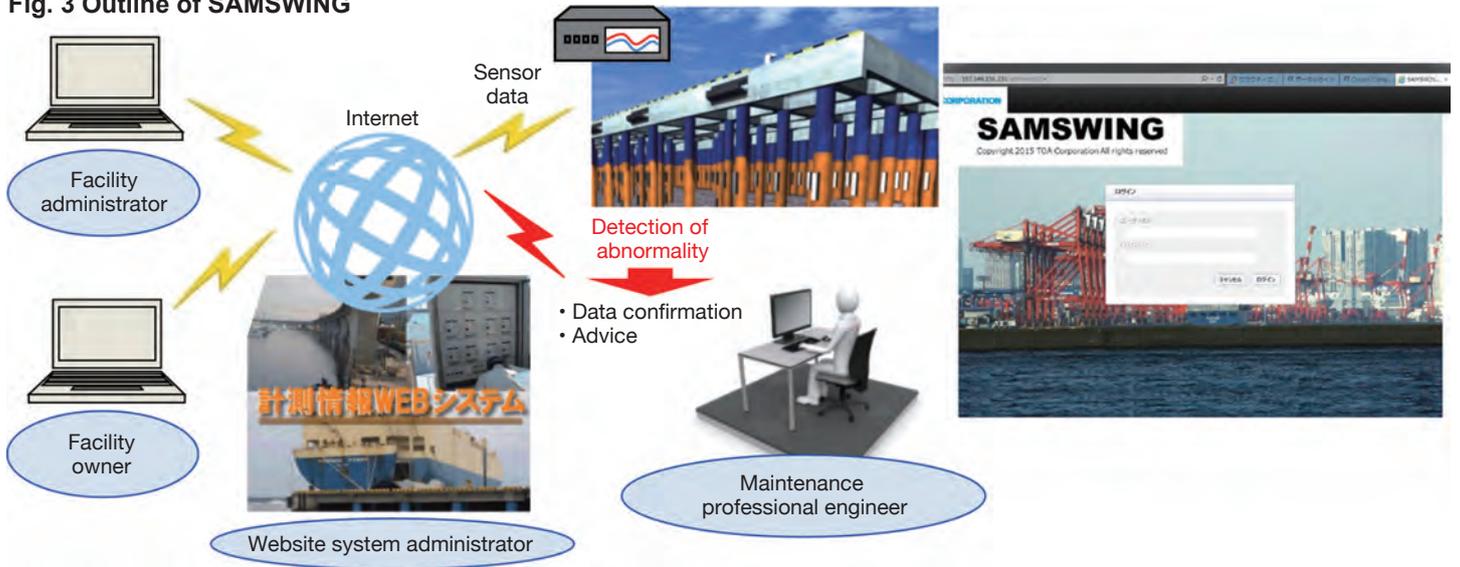


Fig. 3 Outline of SAMSWING



(Halaman 9~11)

Tren Teknologi Terkini pada Struktur Pelabuhan (4)

Studi Pendahuluan Tiang Pancang Pipa Baja untuk Fondasi Tiang Pancang di Asia Tenggara

Oleh Yoshiaki Kikuchi

Professor, Tokyo University of Science

Pendahuluan

Tiang pancang beton telah digunakan sebagai fondasi di negara-negara Asia Tenggara. Namun, ketika mempertimbangkan ketersediaan tiang pancang yang berdiameter besar dan panjang, kekhawatiran terkait korosi tiang pancang beton yang diaplikasikan di area pelabuhan dan redundansi untuk penekukan tiang pancang yang akan diaplikasikan pada dermaga, diharapkan bahwa aplikasi tiang pancang pipa baja akan meningkat di masa depan di negara-negara Asia Tenggara. .

Dalam penelitian ini, target utama diarahkan pada tiga bidang berikut:

- Perbandingan metode estimasi untuk daya dukung tiang vertikal yang diaplikasikan di Jepang, US dan negara-negara di Uni Eropa. Metode ini kemungkinan akan diterapkan di negara-negara Asia Tenggara;
- Pemeriksaan pada mekanisme bantalan tiang pancang pipa baja terbuka (open-ended steel pipe piles); dan
- Pemahaman tentang kondisi desain dan konstruksi di negara-negara Asia Tenggara yang berkaitan dengan bagaimana kapasitas daya dukung dinilai

Konten Studi

Tabel 1 membandingkan daya dukung statis representatif yang diaplikasikan untuk memperkirakan ketahanan tiang pada arah aksial. Secara umum diterima bahwa daya dukung tiang pancang diperiksa dengan membagi elemen tahanan tiang pancang menjadi ketahanan poros (shaft resistance) dan ketahanan ujung tiang (pile toe resistance) sementara kondisi tanah diperiksa dengan membaginya menjadi tanah berpasir dan tanah kohesif. Oleh karena itu, dalam kondisi ini, perbandingan internasional metode estimasi daya dukung tiang relative mudah dibuat. Diantara kondisi ini, perbedaan metode estimasi untuk ketahanan ujung tiang pada tanah berpasir sangat mempengaruhi hasil perkiraan untuk daya dukung tiang, yang oleh karenanya harus diuji.

Sementara metode estimasi untuk ketahanan ujung tiang pada tanah berpasir di US (USACE: US Army

Corps of Engineers) dan negara-negara EU (EC7: Eurocode 7) adalah metode teoritis, metode di Jepang (JSPH: Standar Teknis dan Komentar untuk Fasilitas Pelabuhan di Jepang) adalah metode empiris.

Bagaimanapun, seperti dapat dilihat pada Gbr. 1, perbedaan antara koefisien daya dukung tiang yang diterapkan di US dan negara-negara EU mencapai sekitar dua kali lipat pada sudut friksi internal yang lebih tinggi, dan dengan demikian saat ini tidak bisa dikatakan bahwa metode teoritis ini tidak selalu unggul dibandingkan lainnya.

Mengenai metode estimasi daya dukung ujung tiang pancang, metode yang didasarkan pada teori ekspansi berongga (cavity expansion theory) juga dikenal, dan persamaan berikut diusulkan oleh Yasufuku.

(Persamaan: Mengacu pada Versi Bahasa Inggris)

Gbr. 2 menunjukkan perbandingan empat nilai estimasi dari daya dukung ujung tiang pada tanah berpasir, yang didapatkan menggunakan persamaan yang dijelaskan pada JSPH, USACE dan EC7 dan berdasarkan pada teori ekspansi berongga. Pada gambar tersebut, sementara sudut friksi internal diperlukan untuk mendapatkan koefisien daya dukung, nilai yang diestimasi dengan menggunakan metode Jepang (metode JSPH untuk memperkirakan sudut ketahanan geser menggunakan nilai N). Menurut hasil perbandingan tersebut, EC7 memiliki kecenderungan untuk menilai daya dukung secara berlebihan, dan JSPH memiliki kecenderungan di mana perubahan daya dukung terhadap arah kedalaman tidak bisa ditunjukkan.

Selanjutnya, Gbr. 3 menunjukkan perbandingan antara nilai ketahanan ujung tiang yang diukur dan dihitung. Dapat dipahami dari Gbr. 3(a) bahwa EC7 memiliki kecenderungan terhadap penilaian yang berlebihan dan bahwa JSPH atau teori ekspansi berongga berfungsi sebagai metode estimasi yang relative sesuai. Akan tetapi, seperti yang ditunjukkan pada Gbr. 3(b), ketika diameter tiang melampaui 1,000 mm, nilai yang diukur menjadi jauh lebih kecil dibandingkan dengan nilai yang dihitung, dan efek dari penyumbatan sebagian tanah di dalam tiang pipa menjadi jelas. Dari hasil perbandingan ini, menjadi perlu untuk memeriksa metode yang lebih rasional yang memperkirakan ketahanan ujung tiang pancang yang terbuka seperti tiang pancang baja. Ketahanan ujung tiang pancang yang terbuka R_{open} akan didemonstrasikan dengan total ketahanan ujung R_p dari

bagian tiang pancang yang substansial dan gaya friksi R_f antara permukaan internal tiang pancang dan tanah di dalam tiang pancang tersebut (Gbr. 4). Dalam hal ini, bagaimana menilai dengan tepat R_f menjadi tugas yang paling penting. Ketika asumsi Yamahara digunakan, tekanan tanah vertikal s_v di dalam tiang pancang pada bagian terpisah x ke arah aksial dari ujung tiang pancang pada tahap di mana tiang pancang ditanamkan sampai z diekspresikan pada persamaan berikut.

(Persamaan: Mengacu pada Versi Bahasa Inggris)

Pada persamaan ini, masalah yang paling kritis adalah nilai μK_h tidak diketahui. Kemudian, ditetapkan untuk mendapatkan nilai tersebut dengan percobaan. Percobaan dilakukan dengan mempenetrasi tiang pancang dengan diameter terluar 50 mm dan ketebalan dinding 2, 3 dan 4 mm sampai tanah berpasir kering (kepadatan relative $D_r=80\%$).

Sebagai hasil dari percobaan ini, μK_h di dalam tiang pancang pada penetrasi 100 mm diperkirakan seperti ditunjukkan pada Gbr. 5. Dipelajari dari hasil percobaan bahwa μK_h memiliki dua kecenderungan: semakin dekat ke ujung tiang pancang, maka μK_h menjadi semakin besar, dan semakin tinggi dari ujung tiang pancang, maka μK_h menjadi semakin kecil. Juga dipelajari bahwa μK_h tidak berubah bahkan ketika ketebalan dinding berubah. Selain itu, dikarenakan koefisien friksi μ memiliki nilai sekitar 0.5, diketahui bahwa K_h di sekitar ujung tiang pancang memiliki nilai sekitar 7~10. Di masa depan, percobaan akan dibuat dengan mengubah diameter tiang pancang dan kepadatan tangan untuk memeriksa bagaimana perubahan ini akan mempengaruhi K_h .

Survey dilakukan pada delapan proyek fondasi tiang pancang di enam negara yang dilakukan di negara-negara Asia Tenggara. Fasilitas pelabuhan yang diselesaikan dalam delapan proyek ini adalah seluruhnya dermaga. Standar yang diterapkan untuk menghitung daya dukung tiang pancang adalah tiga dari Standar British, dua masing-masing dari spesifikasi API dan Standar Teknis Jepang (JSPH), dan satu dari Insinyur Angkatan Darat US (US Army Corps of Engineers). Alasan mengapa jumlah standar tidak sesuai dengan jumlah proyek adalah bahwa baik JSPH maupun Standar British diterapkan dalam satu proyek.

Tabel 2 menunjukkan kondisi tanah dan uji pembebanan yang dilakukan. Pada semua 8 proyek ini, uji pembebanan dinamis jamak (plural dynamic loading tests) diimplementasikan. Oleh karena itu, uji

pembebanan statis atau cepat juga diimplementasikan pada sebagian proyek tersebut. Mengingat kondisi tanah, tampaknya apakah kondisi tanah baik atau buruk belum tentu menjadi faktor penentu apakah uji pembebanan akan dilakukan atau tidak. Mengenai uji pembebanan statis, tampaknya hal tersebut dapat dilaksanakan, sebagai suatu peraturan, sesuai dengan kebijakan untuk mengkonfirmasi peraturan daya dukung dua kali lipat beban yang bekerja. Hanya ada satu proyek dimana desainnya direvisi sebagai hasil dari uji pembebanan ini. Pada prinsipnya, tampaknya uji pembebanan dilakukan untuk mengetahui kesesuaian desain.

Selain itu, uji pembebanan dilakukan untuk pengontrolan kedalaman pergerakan tiang pancang. Untuk pengontrolan kedalaman pergerakan tiang pancang, sementara formula Hiley diterapkan, formula-formula tersebut direvisi oleh setiap lokasi tiang pancang sebagai berikut: Pada saat memulai pemancangan, baik uji beban statis dan dinamis keduanya diimplementasikan, dan hasil uji dikorelasikan dengan formula Hiley untuk merevisi formula control kedalaman mesin tiang pancang. Kemudian, uji pembebanan dinamis diterapkan biasanya 20% dari total tiang yang digerakkan, dan pekerjaan pemancangan dilakukan pada waktu yang bersamaan untuk mengkonfirmasi apakah daya dukung tiang pancang yang ditentukan aman. Sistem pekerjaan pemancangan ini umumnya diterapkan di sebagian besar negara.

Ketika tiang pancang pipa baja berdiameter besar akan diaplikasikan di masa mendatang, dianggap bahwa tingkat penyumbatan tanah di dalam ujung tiang pancang terbuka (open-ended pipe piles) akan sangat mempengaruhi estimasi daya dukung tiang pancang. Oleh karena itu, perlu untuk mengusulkan metode yang bisa memperkirakan dengan benar daya dukung tiang pancang yang terbuka sehingga tiang pancang pipa baja tersebut akan mudah untuk diterapkan bahkan di negara-negara Asia Tenggara.

Tabel 1 Perbandingan Internasional dari Persamaan Estimasi Daya Dukung Tiang Pancang Statis

Gbr. 1 Perbandingan Koefisien Daya Dukung Tiang Pancang antara Eurocode 7 dan US Army Corps of Engineers (Baik nilai batas atas USACE-U dan nilai batas bawah USACE-L ditentukan di dalam US Army Corps of Engineers)

Gbr. 2 Perbandingan Hasil Estimasi untuk Daya Dukung Ujung Tiang Pancang pada kasus Nilai N

tanah=50

Gbr. 3 Perbandingan antara Ketahanan Ujung Tiang Pancang Terukur dan Ketahanan Ujung Tiang Pancang Terhitung

Gbr. 4 Ketahanan Ujung Tiang Pancang dari Tiang Pancang yang Terbuka (Open-ended Piles)

Gbr. 5 μK_h yang Diperkirakan sepanjang arah aksial tiang pancang

Tabel 2 Kondisi Tanah dan Uji Pembebanan yang Diterapkan

Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari studi ini dirangkum sebagai berikut:

- Ketika tiang pancang pipa baja digunakan dengan diameter 1,000 mm atau lebih rendah, sementara metode Jepang (JSPH) maupun teori ekspansi berongga dapat dikatakan sebagai metode yang tepat yang memperkirakan daya dukung ujung tiang pancang bahkan tanpa mempertimbangkan tingkat penyumbatan tanah pada ujung tiang pancang, metode yang ditentukan dalam Eurocode 7 yang memiliki kecenderungan dimana daya dukung ujung tiang pancang dinilai secara berlebihan.
- Karena hal tersebut, ketika memeriksa daya dukung tiang pancang yang terbuka, perlu untuk memeriksa mekanisme yang memanifestasikan gaya friksi permukaan internal tiang pancang. Dalam pemeriksaannya di dalam penelitian ini, konsep oleh Yamahara diaplikasikan. Namun, ketika mengikuti konsep ini, hal tersebut menjadi jelas bahwa pertimbangan harus dibuat pada fakta bahwa koefisien tekanan tanah di dalam tiang pancang berubah sepanjang arah aksial tiang pancang. Dalam hal ini, pemeriksaan berikutnya akan diperlukan.
- Sebagai hasil dari survey contoh penerapan tiang pancang pipa baja di negara-negara Asia Tenggara, diketahui bahwa standar desain EU, US dan Japan diterapkan. Lebih lanjut, hal ini menjadi jelas bahwa kombinasi penggunaan berbagai uji pembebanan dibuat untuk mengetahui desain dan untuk mengimplementasikan kontrol pekerjaan pemancangan. Untuk mempromosikan penerapan tiang pancang pipa baja di negara-negara Asia Tenggara, penting dipertimbangkan untuk menyediakan metode yang memungkinkan estimasi daya dukung yang sangat tepat bahkan untuk tiang pancang pipa baja yang berdiameter besar.



Yoshiaki Kikuchi: After finishing the master's course at the University of Tokyo in 1983, he entered the Ministry of Transport (currently Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism: MLIT). Then, he worked at MLIT's Port and Airport Research Institute. He assumed his current position as Professor, Faculty of Science and Technology of the Tokyo University of Science in 2012. His specialization is geotechnical engineering and geo-environmental engineering.

Table 1 International Comparison of Static Bearing Capacity Estimation Equations for Steel Pipe Piles

		Technical Standards and Commentaries for Port and Harbor Facilities in Japan (JSPH)	Eurocode 7 (EC7)	US Army Corps of Engineers (USACE)
Sandy soil ground	Toe resistance q_p (kN/m ²)	300N	$N_{q_s} \sigma'_{v0}$	$N_q \sigma'_{v0}$
	Shaft resistance q_s (kN/m ²)	2N	$K_s \sigma'_{v0} \tan \delta$	$K_s \sigma'_{v0} \tan \delta$
Cohesive soil ground	Toe resistance q_p (kN/m ²)	$6c_u$	$9c_u + \sigma'_{v0}$	$9c_u$
	Shaft resistance q_s (kN/m ²)	c_u	αc_u	αc_u

Notes

N: SPT-N value; c_u : shear strength of the ground; N_q : bearing capacity coefficient; σ'_{v0} : effective over burden pressure; K_s : earth pressure coefficient; α : adhesion factor; δ : shaft friction angle between pile and ground

Fig. 1 Comparison of Bearing Capacity Coefficients between Eurocode 7 and US Army Corps of Engineers

(Both upper limit value USACE-U and lower limit value USACE-L are specified in US Army Corps of Engineers)

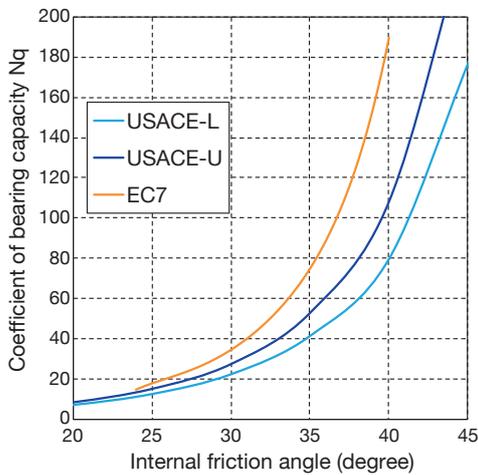


Fig. 2 Comparison of Estimation Results for Pile Toe Bearing Capacity in the Case of N Value of Ground=50

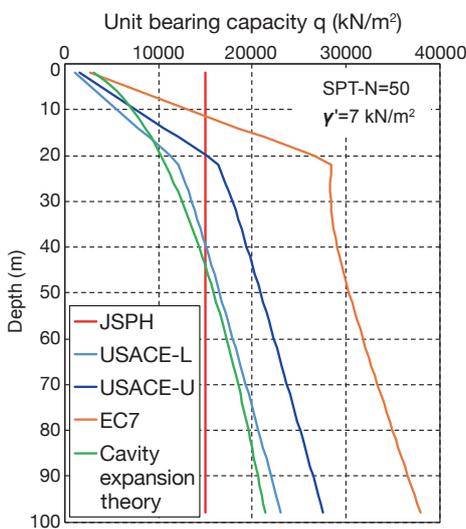


Fig. 3 Comparison between Measured Pile Toe Resistance and Calculated Pile Toe Resistance

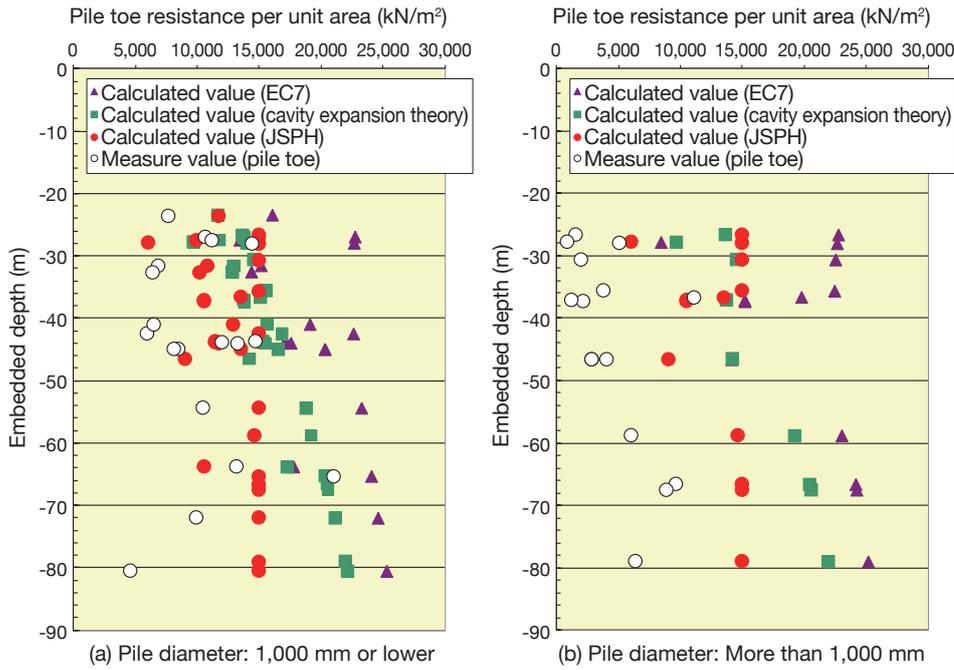


Fig. 4 Pile Toe Resistance of Open-ended Piles

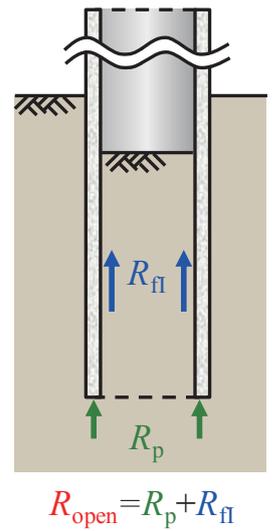


Fig. 5 Estimated μK_t along Pile Axial Direction ($z=100$ mm)

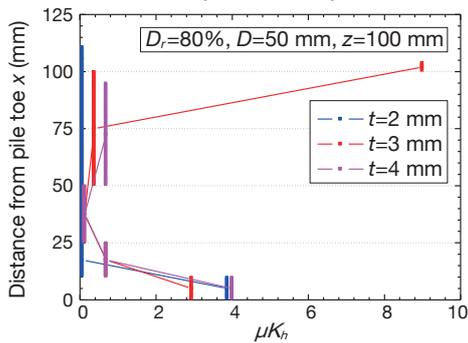


Table 2 Ground Conditions and Loading Tests Applied

Project number	Loading tests applied			Ground condition
	Static loading test	Rapid loading test	Dynamic loading test	
1	○		⊙	Solid cohesive soil
2			⊙	Good
3		○	⊙	Bad
4	⊙	⊙	⊙	Cohesive soil
5	○		⊙	Soft
6	○		⊙	Sandy soil
7	○		⊙	Sandy soil
8	○		⊙	Hard cohesive soil/Soft rock

Note: ⊙: Plural tests, ○: Singular test

(Halaman 12~14)

Tren Teknologi Terkini pada Struktur Pelabuhan (5)

Penilaian Durabilitas Jangka Panjang dari Berbagai Material Konstruksi Logam dengan Uji Eksposur di Okinotorishima dan Teluk Suruga

Oleh Tomonori Tomiyama

Institut Penelitian Pekerjaan Umum

Okinotorishima, sebuah atol yang terletak di ujung paling selatan Jepang, terletak di zona tropis, dimana tidak hanya suhu, kelembaban dan radiasi matahari tetapi juga arus pasang surut dan ketinggian gelombang yang tinggi. Selanjutnya secara terus menerus mengalami percikan air laut. Dalam hal ini, lingkungan korosif di sana lebih ketat daripada wilayah laut daratan Jepang.

Untuk mengembangkan teknologi perlindungan korosi yang menargetkan struktur baja lepas pantai dan untuk menilai durabilitas jangka panjangnya, Institut Penelitian Pekerjaan Umum (Public Works Research Institute) dan Federasi Besi dan Baja Jepang bersama-sama melakukan uji eksposur atmosfer lepas pantai untuk material konstruksi logam selama 19,5 tahun di Okinotorishima (Gbr. 1). Sejalan dengan ini, untuk memahami durabilitas jangka panjang dari material-material ini di area laut di sekitar daratan, mereka juga melakukan uji eksposur atmosfer lepas pantai selama 24 tahun di Fasilitas Penelitian Teknik Kelautan di Teluk Suruga (Gbr. 1), dipasang 250 m di lepas pantai Yaizu, Shizuoka Pref. Dalam artikel ini, hasil uji eksposur antara dua lingkungan korosif berbeda dibandingkan dan dipelajari.

Gbr. 1 Gambaran Umum Lokasi Uji Eksposur

Metode Uji Eksposur

Pada kedua lokasi, total 28 jenis material dalam kelompok A~D dipaparkan (Tabel 1). Spesimen uji bentuk pelat (plate-shaped) dengan ukuran 210×30~75 mm dan ketebalan 1.2~9 mm dipersiapkan. Spesimen uji diekspos pada sudut 5° (60°) menggunakan rak eksposur yang menghadap ke arah selatan dengan tinggi 15 m (13 m) dari permukaan laut (nilai di dalam kurung menunjukkan nilai yang ada di Teluk Suruga) Tabel 2 menunjukkan kondisi lingkungan utama pada kedua lokasi, dan Tabel 3 menunjukkan item survei berdasarkan material.

Tabel 1 Daftar Spesimen Uji yang Digunakan untuk Uji Eksposur

Tabel 2 Kondisi Lingkungan Utama pada Lokasi Uji Eksposur (Implementasi Uji Eksposur: Zona Atmosfer Laut)

Tabel 3 Item Survey Utama pada Uji Eksposur

Hasil Uji dan Studi Eksposur

• Baja Karbon Biasa/Ordinary Carbon Steel (Kelompok A)

Setelah uji eksposur, setelah korosi sumur (pitting corrosion) ditemukan pada permukaan dari banyak specimen di Okinotorishima, hampir tidak ada korosi sumur yang ditemukan di Teluk Suruga. Selanjutnya, ketika menghitung laju korosi menggunakan *corrosion loss* setelah eksposur, sementara laju di Okinotorishima sebesar 0.18 mm/a, di Teluk Suruga ada 0.015 mm/a, yang berarti bahwa laju korosi di Okinotorishima 12 kali dibandingkan di Teluk Suruga.

• Baja Tahan Karat/Stainless Steel (Kelompok B)

Di Teluk Suruga, korosi sumur kecil terjadi dan korosi retak terjadi di celah antara mesin cuci insulasi dan specimen untuk specimen kecuali B-07, yang keduanya tidak dinilai sebagai kehilangan korosi (corrosion loss) yang signifikan. Sementara itu, di Okinotorishima, korosi sumuran kecil dan korosi retakan terjadi untuk setiap jenis material baja tahan karat (crevice corrosion), yang menunjukkan tren kedalaman korosi yang lebih tinggi daripada di Teluk Suruga.

Kedalaman korosi sumur maksimum pada bagian umum specimen dan kedalaman korosi retak pada celah washer-specimen disusun menggunakan nomor ekivalen ketahanan pitting (PREN: $[Cr(\%)]+[3.3 \times Mo(\%)]+[16 \times N(\%)]$), dan dipelajari dari hasil penyusunan bahwa ada korelasi kehilangan antara kedalaman korosi sumur maksimum atau kedalaman korosi retak maksimum dan PREN (Gbr. 2 dan 3).

Pada hasil penyusunan di Teluk Suruga, ketika PREN 30 atau lebih, baik kedalaman sumur maksimum maupun kedalaman korosi retak mencapai 100 µm atau kurang. Sementara itu, di Okinotorishima, ketika PREN 30 atau lebih, kedalaman korosi sumur maksimum pada bagian umum mencapai 100 µm atau kurang seperti halnya di Teluk Suruga, tetapi ketika PREN pada 40 atau lebih, kedalaman korosi retak maksimum mencapai 100 µm atau kurang.

Sementara perbedaan kedalaman korosi sumur

maksimum diantara Teluk Suruga dan Okinotorishima sedikit, kedalaman korosi retak maksimum di Okinotorishima jelas lebih tinggi daripada di Teluk Suruga. Alasan untuk fenomena ini tampaknya disebabkan oleh suhu rata-rata yang lebih tinggi, hingga 11 °C, dan waktu lembab yang lebih lama di Okinotorishima dibandingkan di Teluk Suruga.

Gbr. 2 Hubungan antara Kedalaman Korosi Sumur Maksimum pada Bagian umum dan PREN dari Baja Tahan Karat

Gbr. 3 Hubungan antara Kedalaman Korosi Retak Maksimum di Celah Washer-Specimen dan PREN dari Baja Tahan Karat

• Logam Nonferrous (Kelompok C)

Tidak ada korosi termasuk korosi sumur pada bagian umum dan korosi retak pada celah washer-specimen terlihat untuk titanium murni (C-01) di kedua lokasi. Mengenai tembaga (C-02) dan logam campuran aluminium (C-03), sementara kehilangan masa akibat korosi tidak ditemukan, korosi sumur pada celah washer-specimen terlihat. Tidak mungkin untuk memahami dengan jelas tren perbedaan tingkat antara korosi sumur dan korosi retak yang terjadi akibat perbedaan lingkungan korosi.

• Pelat Baja Berlapis dan Berbaris/Coated and Lined Steel Plates (Kelompok D)

—Pelapisan logam/Metallic Coating

Sementara pembentukan produk-produk korosi terlihat pada aluminized stainless steel plate (D-01) di kedua lokasi pengujian, lapisan pelapis aluminium tetap ada, dan dengan demikian dianggap bahwa pelat memiliki kinerja pelindung korosi yang baik bahkan pada saat penyelesaian uji eksposur (Gbr. 4(a)). Sementara itu, sementara lapisan pelat baja galvanis hot-dip/ hot-dip galvanized steel plate (D-02) tetap ada pada uji eksposur di Teluk Suruga, itu hampir menghilang pada uji di Okinotorishima (Gbr. 4(b)).

Mengenai pelat baja yang disemprot campuran logam zinc-aluminium/zinc-aluminum alloy-sprayed steel plate (D-03) dan pelat disemprot aluminium/aluminum-sprayed plate (D-04), sementara pembentukan produk korosi terlihat, lapisan yang disemprotkan tetap, dan dengan demikian dianggap bahwa kedua pelat ini memiliki kinerja perlindungan korosi yang baik bahkan pada saat penyelesaian uji eksposur (Gbr. 4 (c) dan (d)). Ketebalan film zinc-aluminum alloy-sprayed steel setelah eksposur

ditingkatkan dari ketebalan sebelum eksposur disebabkan oleh pembentukan produk korosi. Tingkat kenaikan di Teluk Suruga lebih tinggi dibandingkan di Okinotorishima. Demikian pula ketebalan film pelat baja yang disemprotkan aluminium/ aluminum-sprayed steel plate meningkat dikarenakan eksposur, tetapi perbedaan peningkatan ketebalan film antara Teluk Suruga dan Okinotorishima tidak jelas.

—Polymer Lining and Heavy-duty Coating

Pada kedua lokasi pengujian, pelat baja berlapis polietilen/polyethylene-lined steel plate (D-05) menunjukkan pengelupasan lapisan polietilen dari sudut pelat dikarenakan kualitas yang mungkin lebih rendah daripada material penutup ujungnya, dan sehingga pelat dikeluarkan dari target penilaian. Pada pelat baja berlapis polimer lainnya (D6~D10), lapisan yang dilapisi tetap ada pada semua pelat. Sementara resistensi isolasi (resistivitas volume) dari lapisan yang dilapisi menurun dikarenakan eksposur, mereka menunjukkan resistensi isolasi yang tinggi sebesar $10^{10}\Omega/\text{cm}$ atau lebih—nilai yang dilaporkan ketika tidak ada korosi yang terjadi pada material baja ketika coating—pada kedua lokasi pengujian dan pada setiap jenis material baja, dan sehingga dianggap mempertahankan kinerja perlindungan korosi bahkan pada saat penyelesaian uji eksposur (Gbr. 5). Karena turunnya resistensi isolasi disebabkan eksposur di Okinotorishima lebih besar dibanding di Teluk Suruga, diasumsikan bahwa Okinotorishima berada di lingkungan yang lebih keras yang menyebabkan deteriorasi lapisan yang berlapis/dilapisi.

Adalah pelat baja berlapis poliuretan/polyurethane-lined steel plate yang menunjukkan nilai tertinggi dalam hal kehilangan film rata-rata tahunan (perbedaan ketebalan film sebelum dan sesudah eksposur-tahun eksposur), dan kehilangan di Okinotorishima 1.5 kali lipat dibandingkan di Teluk Suruga, dimana hampir bertepatan dengan rasi iradiasi matahari 1.3 (Gbr. 6). Pada tipe pelat baja berlapis lainnya, kehilangan di Okinotorishima lebih besar daripada di Teluk Suruga, tetapi menurut hasil pengujian, kehilangan film hanya resin epoksi/ acrylic silicone resin-coated steel plates lebih besar di Teluk Suruga daripada di Okinotorishima.

Gbr. 4 Gambar Potongan SEM dari Pelat Baja Berlapis Logam

Gbr. 5 Ketahanan Isolasi (Resistivitas Volume) dari Polymer Lining and Heavy-duty Coating

Gbr. 6 Kehilangan Ketebalan Film dari Lapisan dan

Pelapis Polimer (Tabel bawah: Total kehilangan/lokasi)

Hasil Test Eksposur yang Berguna

Uji eksposur atmosfer lepas pantai dilakukan pada dua lokasi dengan lingkungan korosif yang berbeda, dan ini menunjukkan dari hasil uji untuk laju korosi baja karbon biasa bahwa lingkungan korosif di Okinotorishima lebih keras dibandingkan di Teluk Suruga. Dari hasil uji tersebut, berkenaan dengan baja tahan kerat (stainless steel), logam nonferrous dan material berlapis logam (metallic-coated material) tidak termasuk material galvanis, tidak ada perbedaan yang signifikan dalam deteriorisasi korosi yang disebabkan oleh lingkungan korosif dan mereka menunjukkan ketahanan korosi yang tinggi. Berkaitan dengan pelapisan organik (organic lining) dan pelapis pelindung korosi yang berat (heavy-duty corrosion-protection coating), sementara dilihat dari nilai ketahanan isolasi (resistivitas volume) bahwa ketahanan korosi dijaga, penurunan ketahanan isolasi lebih besar terjadi di Okinotorishima.



Tomonori Tomiyama: After receiving Dr. Eng. from the Tokyo Institute of Technology, he entered the Public Works Research Institute (PWRI) in 2003 and served as Senior Researcher at PWRI's Advanced Materials Research Team in 2007. He assumed his current position as Senior Researcher at PWRI's Materials and Resources Research Group in 2015. His main research fields cover durability of polymeric materials and anti-corrosion engineering for steel structures.

Table 1 A List of Test Specimens Used for Exposure Tests

Group	Type of materials	Specimen No.
A: Ordinary carbon steel		
	Ordinary carbon steel (SS400)	A-01
B: Stainless steel		
Austenitic type	18Cr-8Ni (SUS304)	B-01
	17Cr-12Ni-2.5Mo (SUS316L)	B-02
	19Cr-13Ni-3.5Mo (SUS317L)	B-03
	18Cr-13Ni-3Mo-0.15N	B-04
	20Cr-25Ni-5Mo-Ti	B-05
	20Cr-17Ni-4.5Mo-N-L.C	B-06
	20Cr-18Ni-6Mo-0.7Cu-0.2N (SUS312L)	B-07
	25Cr-13Ni-0.9Mo-0.3N (SUS317J2)	B-08
	25Cr-22Ni-4.5Mo-0.2N	B-09
	22Cr-23Ni-5Mo-1.5Cu-0.2N	B-10
Dual-phase type	25Cr-6Ni-3.5Mo-0.2N (SUS329J4L)	B-11
	25Cr-7Ni-3.5Mo-0.5Cu-0.16N (SUS329J4L)	B-12
Ferritic type	19Cr-2Mo-Ti-Nb-Zr (SUS444)	B-13
	26Cr-4Mo	B-14
C: Nonferrous metal		
Titanium	Titanium [JIS H 4600 TP35H(KS50)]	C-01
Copper	Copper [C-1220]	C-02
Aluminum alloy	Aluminum alloy [5083]	C-03
D: Coated/lined steel plate		
Metallic coating	Aluminized stainless steel plate	D-01
	Hot-dip galvanized steel plate	D-02
	Zinc-aluminum alloy-sprayed steel plate	D-03
	Aluminum-sprayed steel plate	D-04
Polymer lining	Polyethylene-lined steel plate	D-05
	Polyurethane-lined steel plate	D-06
	Ultra high build epoxy resin-lined steel plate	D-07
Heavy-duty corrosion-protection coating	(Epoxy resin/polyurethane resin)-coated steel plate	D-08
	(Epoxy/fluororesin)-coated steel plate	D-09
	(Epoxy resin/acrylic silicone resin)-coated steel plate	D-10

Table 2 Main Environmental Conditions at Exposure Test Sites (Implementation of Exposure Test: Marine Atmospheric Zone)

Exposure test site	Location	Annual average			Annual time of wetness (ISO 9223)	Sunlight radiation index (setting Suruga Bay as 1.0)
		Temp. (°C)	Seawater temp.(°C)	Humidity (%)		
Okino-torishima	20°25'N 136°5'E	27.2*	28*	73*	4476 hrs	1.3
Suruga Bay	34°47'N 138°19'E	16.6**	21**	67**	1392 hrs	1.0

Note: Data *JAMSTEC (2001) ** Japan Meteorological Agency (2001)

Table 3 Major Survey Items at Exposure Tests

Survey item	Ordinary carbon steel (A)	Stainless steel (B)	Non-ferrous metal (C)	Coated/lined steel plate (D)		
				Metallic coating	Polymer lining	Heavy-duty coating
Appearance observation	○	○	○	○	○	○
Mass loss	○	○	○	○		
Local corrosion depth	○	○	○			
Film thickness				○	○	○
Insulation resistance (volume resistivity)					○	○
Coating section observation (SEM)				○	○	○

Fig. 1 Overview of Exposure Test Sites

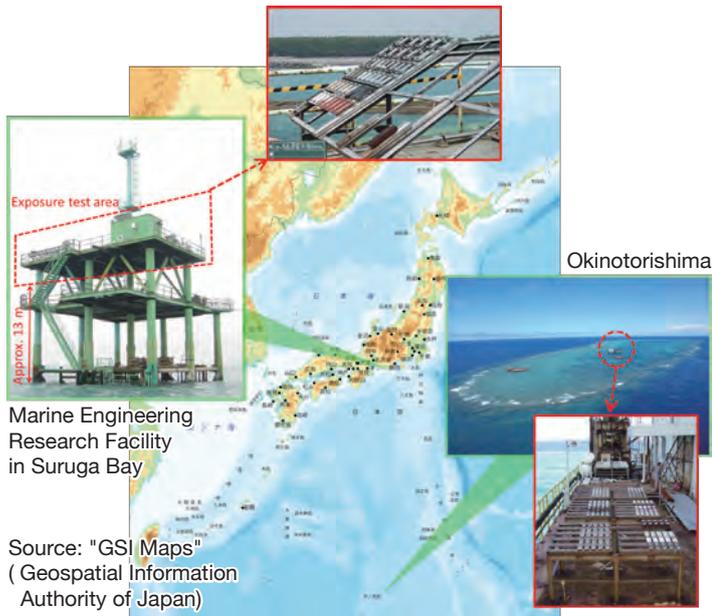


Fig.2 Relation between Maximum Pitting Corrosion Depth at General Section and PREN of Stainless Steel

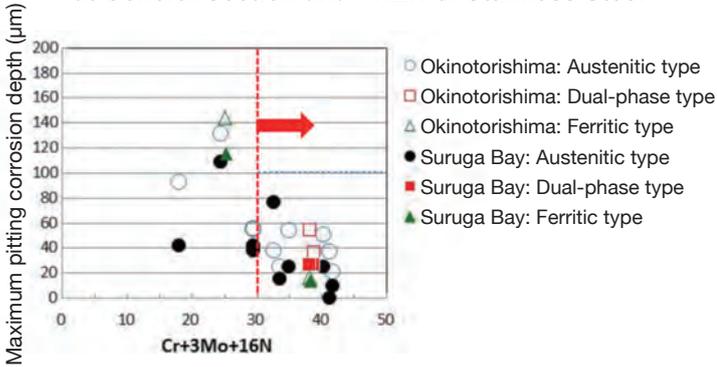


Fig. 3 Relation between Maximum Crevice Corrosion Depth at Washer-Specimen Gap and PREN of Stainless Steel

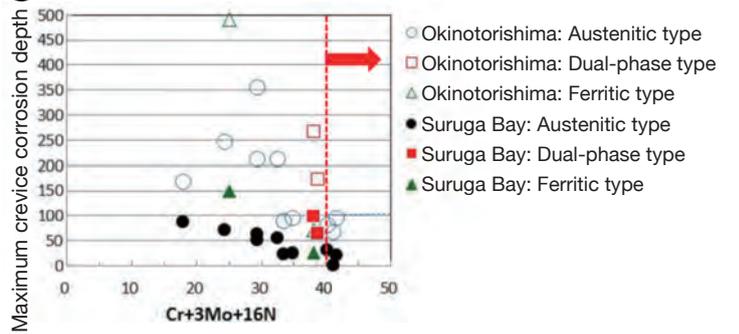
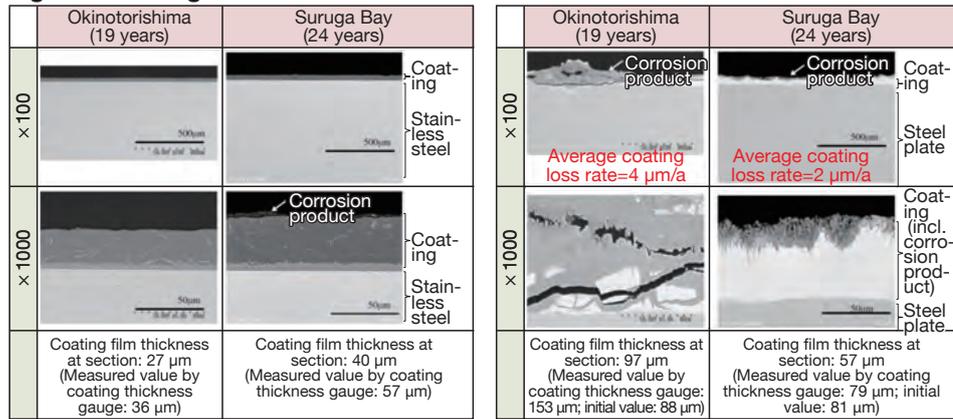
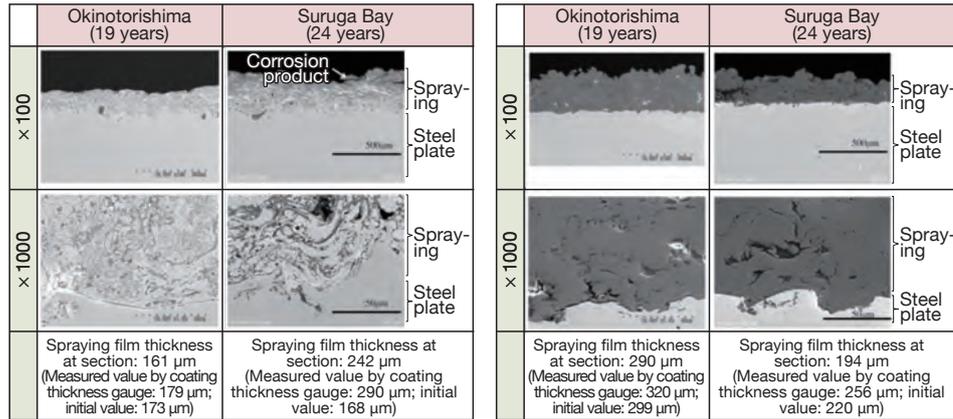


Fig. 4 SEM Images of Sections of Metallic-coated Steel Plates



(a) Aluminized stainless steel plate

(b) Hot-dip galvanized steel plate



(c) Zinc-aluminum alloy-sprayed steel plate

(d) Aluminum-sprayed steel plate

Fig. 5 Insulation Resistance (Volume Resistivity) of Polymer Lining and Heavy-duty Coating

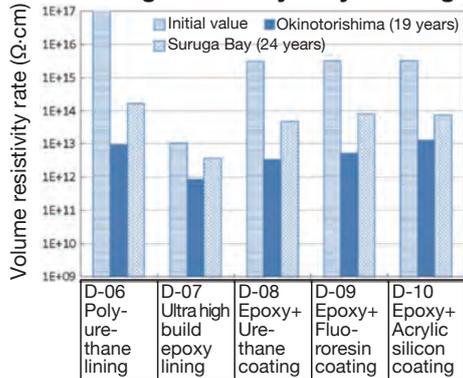
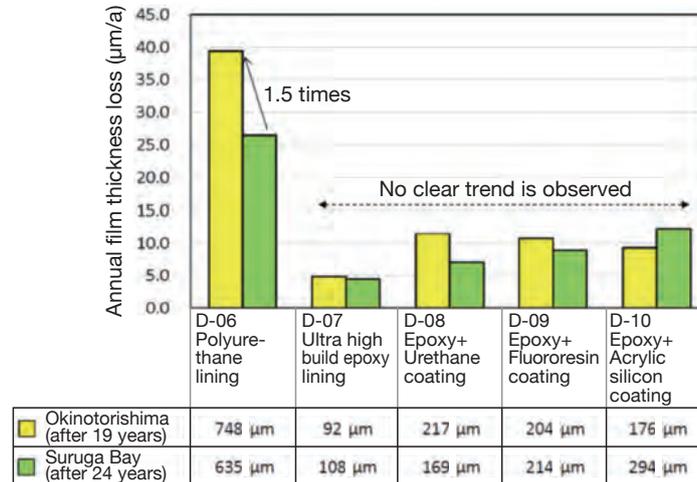


Fig. 6 Film Thickness Loss of Polymer Lining and Coating (Lower Table: Total Loss/Site)



	D-06 Polyurethane lining	D-07 Ultra high build epoxy lining	D-08 Epoxy+Urethane coating	D-09 Epoxy+Fluororesin coating	D-10 Epoxy+Acrylic silicon coating
Okinotorishima (after 19 years)	748 μm	92 μm	217 μm	204 μm	176 μm
Suruga Bay (after 24 years)	635 μm	108 μm	169 μm	214 μm	294 μm

(Halaman 15~Sampul belakang)

Topik Spesial

Proposal Kondusif untuk “Membangun Ketahanan Nasional”

Menggunakan Struktur Baja

Federasi Besi dan Baja Jepang

Dipicu oleh Gempa Bumi besar di Jepang Timur pada Maret 2011, “Undang-Undang Dasar untuk Ketahanan Nasional Berkontribusi untuk Mencegah dan Mengurangi Bencana untuk Mengembangkan Ketahanan dalam Kehidupan Warga Negara” dikeluarkan di Jepang pada Desember 2013. Selanjutnya, pada Juni 2014, kabinet Jepang menyetujui “Rencana Dasar untuk Ketahanan Nasional” sesuai dengan undang-undang dasar.

Untuk mengikuti kebijakan pemerintahan ini, Industri Baja Jepang meluncurkan Komite Ketahanan Nasional pada April 2014 di dalam Federasi Besi dan Baja Jepang. Diperuntukkan untuk biro pengembangan regional dari Kementerian Pertanian, Infrastruktur, Transportasi, dan Pariwisata dan juga pemerintah daerah, panitia sejauh ini harus mempromosikan berbagai kegiatan untuk mengusulkan teknologi dan metode struktur baja yang kondusif untuk mencegah dan mengurangi bencana alam.

Karena beragam bencana alam yang terjadi berturut-turut di Jepang, pemerintah merevisi Rencana Fundamental pada Desember 2018 melalui inspeksi darurat infrastruktur penting yang dilakukan pada November 2018, dan kabinet Jepang menyetujui “Tindakan Darurat Tiga Tahun untuk Pencegahan/Penangulangan Bencana dan Membangun Ketahanan Nasional”. Untuk mempercepat penguatan fungsi infrastruktur yang penting digunakan untuk pencegahan bencana nasional, dengan total 7 Triliun (US\$62.5 miliar) akan diinvestasi secara intensif selama tiga tahun mendatang di bawah “tindakan darurat tiga tahun”.

Bertujuan untuk berkontribusi dalam membangun ketahanan nasional melalui penerapan yang luas pada teknologi dan metode struktur baja pencegahan bencana, komite Ketahanan Nasional telah mempromosikan aktivitas yang beragam-proposal berkelanjutan dari metode dan teknologi biro pembangunan regional dan pemerintah daerah, promosi pemahaman tentang kinerja tinggi yang khas untuk struktur baja dan memahami kebutuhan yang muncul. Selanjutnya, berdasarkan pengetahuan baru yang diperoleh dari kegiatan berbagai komite penelitian dan

system subsidi untuk penelitian dan pelatihan struktur baja dari Federasi Besi dan Baja Jepang, panitia berusaha keras untuk memeriksa konten proposal untuk berbagai tugas dan untuk lebih mengatur dan memperkaya data terkait. Garis besar dari proposal ini diperkenalkan di bawah ini:

Strategi Nasional untuk Meningkatkan Infrastruktur Sosial yang Tahan Bencana

Kementerian Pertanian, Infrastruktur, Transportasi, dan Pariwisata mempromosikan langkah-langkah positif untuk tidak hanya restorasi dan reskonstruksi daerah-daerah Jepang timur yang dilanda gempa bumi besar tetapi juga persiapan untuk bencana alam yang serius yang diperkirakan akan terjadi dalam waktu dekat seperti gempa bumi besar dan banjir besar Tokai, Tonankai dan Nankai. Selain itu, Kementerian sedang menangani pembaharuan saham infrastruktur sosial yang memburuk dan penguatan serta promosi langkah-langkah pencegahan bencana. Secara khusus, empat langkah berikut yang sedang dipromosikan:

- Promosi perkuatan seismik dan penanggulangan tsunami untuk fasilitas publik (tanggul, jembatan, jalan raya, fasilitas pelabuhan, fasilitas bandara, fasilitas kereta api, fasilitas sungai, rumah, bangunan, dll)
- Penguatan pemeliharaan preventif dan pembaharuan penanggulangan pengendalian banjir (tiga kawasan metropolitan utama di Tokyo, Osaka dan Nagoya dan kota-kota besar di daerah banjir)
- Penguatan langkah-langkah pencegahan bencana di daerah di mana banjir serius dan kerusakan yang disebabkan oleh pasir terjadi.
- Pengamanan keamanan rumah dan bangunan (promosi perkuatan seismik, konstruksi bangunan evakuasi tsunami)

Teknologi dan Metode Struktur Baja Kondusif untuk Meningkatkan Infrastruktur Sosial yang Tahan Bencana

Produk baja memiliki kinerja tinggi yang memenuhi kebutuhan untuk kualitas yang sangat stabil dan ketangguhan serta kemampuan kerja yang tinggi yang diperlukan untuk bahan konstruksi. Struktur baja yang menggunakan produk baja yang berkinerja tinggi ini menawarkan keuntungan berikut:

- Memungkinkan untuk mengurangi persyaratan konstruksi di lokasi
- Memungkinkan untuk dibangun pada lokasi ramai dan sempit serta tanah lunak dikarenakan penerapan

struktur baja ringan yang disediakan oleh penggunaan produk baja.

- Fleksibel dalam hal desain seperti desain struktur melengkung
- Fleksibel dan sederhana dalam penggunaan gabungan antara beton, kayu, kaca dan bahan struktur lainnya
- Memungkinkan untuk menghasilkan jarak dan struktur yang fleksibel dengan pertimbangan dibayarkan untuk lansekap.

Memaksimalkan kinerja yang ditawarkan oleh produk baja, Federasi Besi dan Baja Jepang menyajikan proposal yang dapat memungkinkan peningkatan dan pembangunan infrastruktur sosial tahan bencana sebelumnya dengan menerapkan teknologi dan metode struktur baja yang tinggi dalam hal kinerja pencegahan bencana, keunggulan aplikasi dan ramah lingkungan. Contoh-contoh umum dijelaskan di bawah ini:

Proposal Teknologi dan Metode Struktur Baja untuk Meningkatkan Fasilitas Publik yang Tahan Bencana dan Berbasis Pencegahan Bencana

Tabel 1 dan Gbr. 1 menunjukkan teknologi dan metode pencegahan bencana yang menggunakan struktur baja, yang diusulkan oleh Federasi Besi dan Baja Jepang (JISF), diantaranya adalah:

- Peningkatan fasilitas publik yang tahan bencana dan berbasis pencegahan bencana (bangunan sistem struktur yang baru yang menggunakan bahan struktur inovatif, bangunan struktur baja digunakan sebagai basis pencegahan bencana, platform buatan manusia yang tahan gempa/tsunami, fasilitas sekolah dengan struktur baja)
- Rumah tahan gempa (rumah dengan struktur utama baja, dll)
- Pemulihan awal dan peningkatan fasilitas pelabuhan dan pantai, tindakan tahan gempa/tsunami (metode pembaharuan fasilitas pelabuhan dengan menggunakan produk baja, metode perkuatan seismik untuk dermaga, dinding pantai dan pemecah gelombang menggunakan produk baja, dinding pantai pemotong air menggunakan tiang pipa baja dan tiang pancang, water-cutting off revetments employing steel pipe piles and sheet piles, metode tahan terhadap air pasang/tsunami menggunakan produk baja).
- Pembaharuan, peningkatan, dan perkuatan seismik jembatan (Jembatan dengan menggunakan baja berkinerja tinggi, metode perkuatan untuk pondasi jembatan yang sudah ada menggunakan tiang pancang pipa baja)
- Tindakan likuifaksi daratan (pengukuran untuk

likuifaksi revetment/dinding pantai di area pantai, tindakan likuifaksi dan gempa menggunakan tiang pancang baja)

- Tindakan penghijauan dan pengendalian banjir (Bendungan pengendali aliran puing yang permeable menggunakan produk baja, tindakan pencegahan land-slide/pergerakkan tanah menggunakan produk baja)

Dengan memafaatkan hubungan kolaboratif dengan “Japanese Society of Steel Construction” dan organisasi lainnya yang terkait dan sistem ikatan industri-akademia-pemerintah, JISF telah mengembangkan teknologi penguatan struktur baja yang melindungi daratan nasional dari bencana alam dan mitigasi. Untuk itu, JISF menganggap bahwa teknologi dan metode ini tidak hanya akan memungkinkan realisasi pembuatan kota yang proaktif yang sangat tahan terhadap bencana dan kondusif untuk mempromosikan pengembangan industri tetapi juga akan berkontribusi untuk restrukturisasi Jepang yang aman dan terjamin.

Tabel 1 Usulan Teknologi dan Metode Struktur Baja yang Tahan terhadap Bencana
Gbr. 1 Penerapan Metode dan Teknologi Struktur Baja yang Tahan terhadap Bencana

Contoh Teknologi dan Metode Penanggulangan yang Menarik Perhatian

Di biro pengembangan regional dan pemerintahan daerah di mana Komite Ketahanan Nasional sejauh ini telah mempromosikan kegiatan usulan, mereka tidak hanya peduli dengan pembangunan fasilitas baru tetapi juga metode pemeliharaan untuk fasilitas yang sudah ada serta perbaikan dan penguatannya. Lebih lanjut, dikarenakan kerusakan banjir yang berskala besar baru-baru ini dan sering terjadi di Jepang, pentingnya penanggulangan terhadap kerusakan semakin meningkat. Beberapa teknologi dan metode yang berkaitan erat dengan yang di atas diperkenalkan di bawah ini:

• Teknologi Pemeliharaan untuk Struktur Baja Pelabuhan

Struktur baja pelabuhan terkena lingkungan yang sangat korosif. Oleh karena itu, untuk menjamin kinerja yang lebih tinggi dibandingkan kinerja yang diperlukan, teknologi diperlukan yang menekan korosi produk baja dan secara tepat menilai soundnessnya, dan metode pemeliharaan dan perbaikan diperlukan

yang mengembalikan produk baja yang rusak dan kinerja perlindungan korosi ke tingkat aslinya, contohnya seperti yang ditunjukkan pada Gbr. 2, 3 dan 4 dan diperkenalkan sebagai berikut:

—Metode perlindungan korosi

Perlindungan korosi lapisan: Metode perlindungan korosi dengan produk baja yang ditutup secara langsung dengan bahan pelapis untuk menutup faktor-faktor korosi. Ini diklasifikasikan ke dalam coating, organic/inorganic lining dan petrolatum lining dan diterapkan sebagian besar di daerah pasang surut rendah (L.W.L.) atau daerah yang lebih tinggi.

Perlindungan korosi katodik: Metode perlindungan korosi dimana arus perlindungan korosi terus menerus dipasok dari sumber eksternal ke produk baja. Dua metode yang digunakan: metode sumber daya anodik dan eksternal, yang diterapkan terutama di zona bawah laut dan terendam.

—Metode Perbaikan dan Penguatan

Dalam hal member struktur baja tulangan: metode dimana loss sections diperkuat dengan menggunakan pelat baja atau beton bertulang.

Dalam hal tindakan perlindungan korosi yang keseluruhan diperbaiki: metode perbaikan di lokasi yang menggunakan penutup mortar, lapisan petrolatum, dan pelapisan tipe pengerasan bawah air.

Dalam hal tindakan perlindungan korosi perbaikan secara sebagian: Metode yang melapisi kembali bagian poliuretan yang rusak dengan memperbaiki poliuretan

Gbr. 2 Jenis Langkah-Langkah Perlindungan Korosi untuk Struktur Baja Pelabuhan

Gbr. 3 Contoh Penilaian Soundness untuk Struktur Baja Pelabuhan

Gbr. 4 Contoh Perbaikan dan Penguatan Struktur Baja Pelabuhan

• Tindakan untuk Mengontrol Aliran Puing Menggunakan Pipa Baja

Dengan tindakan pengendalian aliran puing-puing menggunakan pipa baja, lingkungan aliran pegunungan (kemiringan yang terus menerus dari dasar sungai) dipertahankan sementara mempertahankan ruang penangkapan dengan melewati tanah dan mengalirkan air melalui struktur baja pengontrol aliran puing selama waktu normal, dan pada saat terjadinya aliran puing, aliran puing dan kayu apung/driftwood ditangkap secara pasti dengan memisahkan aliran puing menjadi air yang mengalir dan kayu apung, contohnya ditunjukkan pada Foto 1. Di antara fitur utama adalah:

—Menangkap aliran puing

Dalam mengatur pipa baja vertikal dan lateral, ruang tangkap diatur 1.5 kali diameter maksimum dari konglomerat di tempat; demonstrasi kapasitas penyerapan dampak tinggi dalam hal serangan langsung oleh aliran puing; dan penangkapan aliran puing yang pasti.

—Penangkapan kayu apung/driftwood yang diterbangkan bersama dengan pasir/batu

Menangkap driftwood yang efektif dengan memisahkan aliran puing menjadi air mengalir dan driftwood

—Retensi ruang penangkapan

Retensi ruang penangkapan dengan mengalirkan tanah melalui ruang penangkapan selama waktu normal dikarenakan adopsi struktur tipe permeabel

—Pelestarian lingkungan pegunungan

Struktur ramah lingkungan yang mengamankan lereng berkelanjutan untuk dasar sungai tanpa membagi aliran pegunungan

Setelah terjadinya aliran puing, perlu untuk memulihkan kinerja struktur baja kontrol aliran puing ke tingkat semula, dan dengan demikian tindakan perbaikan dan langkah penguatan yang diterapkan bergadung pada tingkat kerusakan member pipa baja. Gbr. 5 menunjukkan penilaian soundness dari struktur baja kontrol aliran puing/debris flow-control steel structures dan langkah-langkah perbaikannya.

Foto 1 Contoh langkah-langkah kontrol aliran

puing/debris flow-control menggunakan pipa baja

Gbr. 5 Penilaian Soundness dan Metode Perbaikan

untuk Tindakan Kontrol Aliran Puing Menggunakan Pipa Baja

• Penerapan Baja Tahan Cuaca/Weathering Steel pada Konstruksi Jembatan

Dalam baja tahan cuaca/weathering steel, lapisan karat padat terbentuk pada permukaannya pada tahap awal aplikasi, dan lapisan pelindung ini menahan perkembangan korosi lebih lanjut. Memanfaatkan lapisan karat pelindung ini, baja tahan cuaca menunjukkan ketahanan korosi yang tinggi tanpa pelapisan. Foto 2 menunjukkan contoh penerapan baja tahan cuaca untuk jembatan. Keunggulan aplikasi utama adalah:

—Pengurangan biaya lifecycle: Penghapusan recoating

—Pengurangan beban lingkungan: Penerapan tanpa lapisan

—Harmonisasi dengan lingkungan: Dengan bergilirnya

waktu, lapisan karat pelindung menghasilkan penampilan yang berharmonisasi dengan alam.

Untuk terus menunjukkan sifat yang khas pada baja tahan cuaca, perlu untuk melakukan inspeksi secara berkala terhadap lapisan karat dan membuat penilaian soundness sehingga kondisi karat yang baik dapat dipertahankan. Tingkat soundness lapisan karat dinilai menggunakan peringkat penampilang bervariasi dari 1 sampai 5 tergantung pada kondisi karat. Dengan peringkat 3~5, kondisi karat dinilai baik, dengan peringkat 2, pengamatan lanjutan diperlukan; dan dengan peringkat 1, inspeksi terperinci dilakukan, dan saat dibutuhkan, perbaikan harus dilakukan. Gbr. 6 menunjukkan contoh penilaian soundness dari baja tahan cuaca/weathering steel. .

Foto 2 Penerapan jembatan baja tahan cuaca/weathering steel bridge di daerah pegunungan terpencil

Gbr. 6 Contoh Penilaian Tingkat Soundness dari Baja Tahan Cuaca/Weathering Steel

• Metode Perkuatan Tanggul Menggunakan Tiang Pancang Baja/ Steel Sheet Piles

Dengan metode ini, faktor keruntuhan timbunan yang terjadi selama banjir dan gempa ditutup dengan menggerakkan tiang pancang baja ke dalam lereng timbunan sehingga keruntuhan timbunan dapat dicegah. Gbr. 7 menunjukkan contoh perkuatan timbunan menggunakan tiang pancang baja. Langkah-langkah spesifik:

—Tindakan pencegahan terhadap kebocoran di dasar tanggul

Dalam hal dimana tanah di bawah tanggul terdiri dari pasir dan kerikil, ketika permukaan air tinggi berlanjut, tanggul menyebabkan keruntuhan yang disebabkan oleh penetrasi aliran air ke dasar tanggul. Tiang pancang dipasang ke dalam lereng tanggul untuk menghalangi penetrasi aliran air masuk ke dalam tanah sehingga keruntuhan tanggul dapat dicegah.

—Tindakan pencegahan terhadap limpasan dan rembesan timbunan

Untuk memutus siklus keruntuhan tanggul—erosi kemiringan tanggul disebabkan oleh limpasan→menurunkan tinggi tanggul→meningkatkan limpasan→meningkatkan keruntuhan, penurunan tanggul akibat limpasan dicegah dengan menggerakkan tiang pancang pada kedua sisi tanggul sehingga keruntuhan tanggul dicegah. Pergerakkan tiang ke dalam tanggul juga efektif dalam mencegah rembesan

ke dalam tanggul.

—Penanggulangan terhadap likuefaksi yang terjadi selama gempa bumi

Deformasi tanah pada lapisan tanggul yang dilikuefaksi secara efektif dilakukan dengan tiang pancang baja yang ditanamkan ke dalam lapisan non-likuefaksi di sekitar kemiringan tanggul, sehingga menunjukkan efek penekanan keruntuhan tanggul yang terjadi selama gempa bumi.

Gbr. 7 Contoh Penguatan Tanggul Menggunakan Tiang Pancang Baja

Fig. 2 Type of Corrosion-protection Measures for Port/Harbor Steel Structures

Coating, lining, cladding			Cathodic protection
<p>Coating</p>  <p>Coating</p>	<p>Organic lining</p>  <p>Polyurethane lining</p>	<p>Metal cladding</p>  <p>Titanium cover</p> <p>Highly corrosion-resistant stainless steel cover</p>	 <p>Anodic system</p>

Fig. 3 Examples of Assessment of Soundness of Port/Harbor Steel Structures

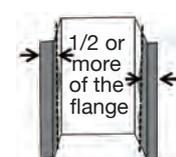
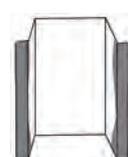
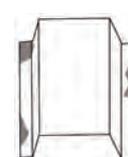
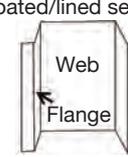
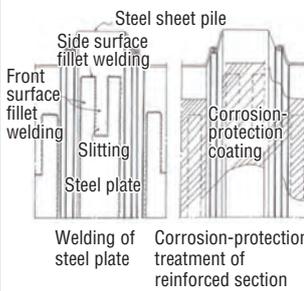
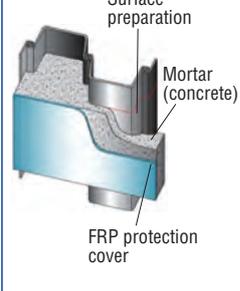
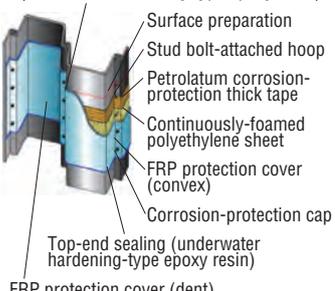
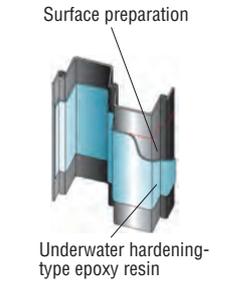
	Loss of function ← Deterioration level → Maintaining of function			
	Entire repair	Partial repair	No need for repair	No need for repair
<p>Application condition of corrosion-protection measures</p> <p>Lining corrosion-protection (example of urethane-lined steel sheet pile)</p>  <p>1/2 or more of the flange</p> <p>Peeling-off and loss of lined material are notable, steel product is exposed, and rusting occurs</p>	 <p>Damage that reaches steel product occurs in part of corrosion-protection measure, and occurrence of rusting is judged</p>	 <p>Many damages that do not reach steel product are observed</p>	 <p>Web</p> <p>Flange</p> <p>Nearly no change from initial condition is seen, and lined section shows sound condition</p>	
<p>Cathodic corrosion-protection (example of anodic system)</p>  <p>Example in which anode completely disappears</p>	 <p>Whether or not the corrosion-protection electric potential (-800 mV) is maintained</p>		 <p>Anode in initial conditions</p>	

Fig. 4 Examples of Repair and Reinforcement of Port/Harbor Steel Structures

In the case of reinforcement of steel member	In the case of entire repair of corrosion-protection measure			In the case of partial repair of corrosion-protection measure
<p>Reinforcement using steel plate</p>  <p>Steel sheet pile</p> <p>Side surface fillet welding</p> <p>Front surface fillet welding</p> <p>Slitting</p> <p>Steel plate</p> <p>Welding of steel plate</p> <p>Corrosion-protection treatment of reinforced section</p>	<p>Mortar coating method</p>  <p>Surface preparation</p> <p>Mortar (concrete)</p> <p>FRP protection cover</p> <p>Mortar is filled inside FRP protective cover</p>	<p>Petrolatum coating method</p>  <p>Top-end sealing (underwater hardening-type epoxy resin)</p> <p>Surface preparation</p> <p>Stud bolt-attached hoop</p> <p>Petrolatum corrosion-protection thick tape</p> <p>Continuously-foamed polyethylene sheet</p> <p>FRP protection cover (convex)</p> <p>Corrosion-protection cap</p> <p>Top-end sealing (underwater hardening-type epoxy resin)</p> <p>FRP protection cover (dent)</p> <p>Steel member is coated with petrolatum and covered with FRP buffer material</p>	<p>Underwater hardening-type coating method</p>  <p>Surface preparation</p> <p>Underwater hardening-type epoxy resin</p> <p>Steel member is coated with underwater hardening-type epoxy resin</p>	<p>Repair method using repairing polyurethane</p>  <p>Repairing polyurethane is coated on polyurethane coating-deteriorated section</p>

Note: Source of information on Figs. 2, 3 and 4—Extraction and compilation of data from:

- 1) Manual for Corrosion Protection and Repair of Port and Harbor Steel Structures (1999, 2009), Coastal Development Institute of Technology
- 2) Handbook on Practical Applications of Port and Harbor Steel Structures, Research Working Group on Corrosion Protection and Repair



During ordinary time: Passing of earth and sand and running water



Condition of capturing of debris flow



Photo 1 Examples of debris flow-control measures using steel pipes



Photo 2 Application of weathering steel bridge in remote mountainous area

Fig. 5 Soundness Assessment of and Repair Methods for Debris Flow-control Measures Using Steel Pipes
Inspection and Soundness Assessment

Damage level	Performance-deteriorated level and definition	Repair measure	Judgement (hollow pipe)
Level 1: Sound	No lowering of performance compared to the level at completion and no obstacle in use	No need for repair	Deformation rate of steel pipe: less than 10% of steel pipe diameter
Level 2: Damaged	Lowering of member durability and fears for lowering of performance compared to the level at completion	Examination of need for repair by means of structural verification	Deformation rate of steel pipe: 10% or more to less than 40% of steel pipe diameter
Level 3: Collapsed	Loss of performance and impossible to demonstrate performance when design load subsequently works	Sure implementation of repair	Deformation rate of steel pipe: 40% or more of steel pipe diameter

*Extraction from Design Handbook on Steel Erosion-control Structures, Sabo & Landslide Technical Center

<p>Level 1 Deformation rate: $D_0/D < 10\%$</p>	<p>Before debris removal</p>	<p>After debris removal</p> <p>Because of no damage, service is continued without repair</p>
<p>Level 2 Deformation rate: $10\% \leq D_0/D < 40\%$</p>	<p>*Extraction from the website of Research Group on Erosion-control Steel Structure</p>	<p>Structural verification is conducted, and the section in which occurrence stress surpasses yield stress is repaired by welding two semicircular-divided steel pipes on damaged section</p>
<p>Level 3 Deformation rate: $D_0/D \geq 40\%$</p>	<p>*Extraction from Design Handbook on Steel Erosion-control Structures, Sabo & Landslide Technical Center</p>	<p>Damaged section is on-site cut and repaired by on-site welding factory-manufactured new members</p>

Fig. 6 Examples of Assessment of Soundness of Weathering Steel (Examples of bridge with lapse of more than 10 years after erection)

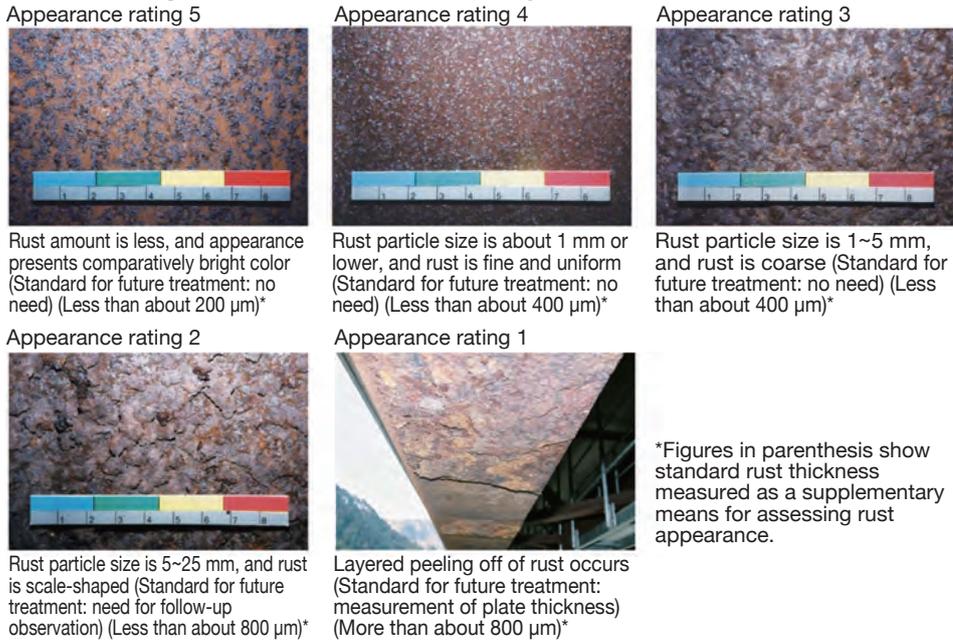
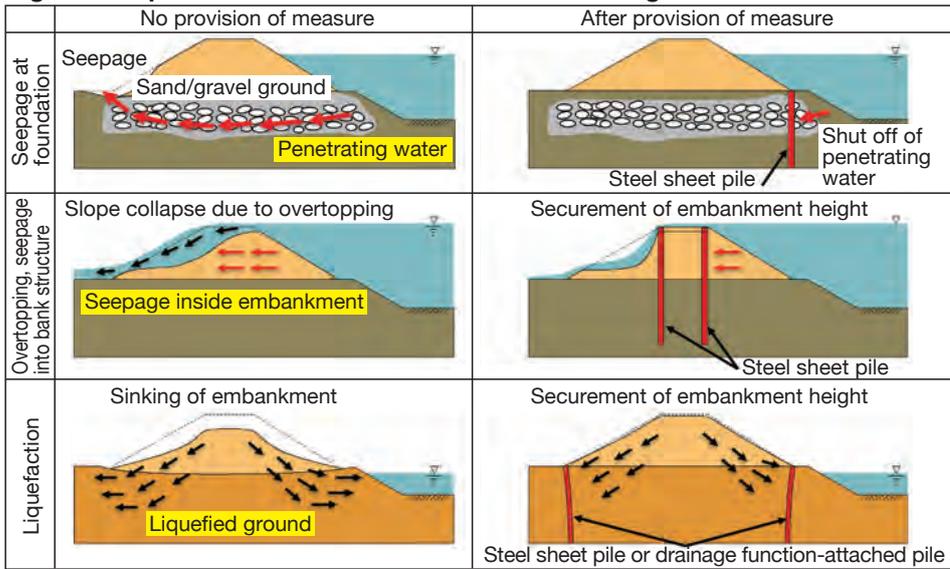


Fig. 7 Examples of Embankment Reinforcement Using Steel Sheet Piles



(Sampul Belakang)

Pekerjaan JISF

Penyampaian Perkuliahan pada Forum SEAISI

South East Asia Iron and Steel Institute (SEAISI) mengadakan 2018 ASEAN Iron and Steel Sustainability Forum di kota Ho Chi Minh city di Vietnam pada 26 November 2018, dimana Federasi Besi dan Baja Jepang (JISF) mengirimkan Dr. Masahide Takagi dari Kor Nippon Steel Corporation (sebelumnya disebut Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation) untuk berpartisipasi pada pertemuan perkuliahan. Dr. Masahide menyampaikan perkuliahan berjudul “Pengenalan Weathering Steel & Aplikasi Aktual untuk Struktur Jembatan.”

Perkuliahan disampaikan sebagai jawaban atas permintaan dari Sub-Komite SEAISI pada Aplikasi Baja di Sektor Konstruksi. Ini adalah satu perkuliahan yang disampaikan pada sesi berjudul “Konstruksi Baja: Pengembangan dan Aplikasi” di forum. Pada perkuliahan tersebut, beragam aspek dari weathering steel diperkenalkan—sifat-sifat spesifik, tren pada aplikasi konstruksi baja di Jepang, kehatia-hatian yang harus diperhatikan pada aplikasi, inspeksi kondisi korosi dan pendekatan perbaikan untuk bagian yang terkorosi dan contoh aplikasi yang praktis. JISF berpartisipasi pada sub-komite sebagai pengamat.